

## THÈSE

Pour l'obtention du grade de  
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE POITIERS  
UFR de médecine et de pharmacie  
Centre d'investigation clinique - CIC (Poitiers)  
(Diplôme National - Arrêté du 25 mai 2016)

École doctorale : Biologie-santé - Bio-santé (Limoges)  
Secteur de recherche : Recherche clinique, innovation thérapeutique, santé publique

Présentée par :  
Daniel Aiham Ghazali

### **Relation stress - performance et effet de la répétition de séances de simulation sur le stress et la performance d'une équipe pluri-professionnelle lors de la prise en charge médicale d'une urgence vitale**

Directeur(s) de Thèse :  
Denis Oriot

Soutenue le 12 décembre 2016 devant le jury

#### Jury :

Président	<b>Gérard Mauco</b>	Professeur et praticien hospitalier, Université de Poitiers
Rapporteur	<b>Patrick Plaisance</b>	Professeur et praticien hospitalier, Université Denis Diderot, Paris
Rapporteur	<b>Vicki LeBlanc</b>	Professor, DIME, University of Ottawa, Canada
Membre	<b>Denis Oriot</b>	Professeur et praticien hospitalier, Université de Poitiers
Membre	<b>Olivier Mimoz</b>	Professeur et praticien hospitalier, Université de Poitiers
Membre	<b>Bruno Riou</b>	Professeur, Université P. et M. Curie, Paris
Membre	<b>Pierre Hausfater</b>	Professeur et praticien hospitalier, Université P. et M. Curie, Paris

#### **Pour citer cette thèse :**

Daniel Aiham Ghazali . *Relation stress - performance et effet de la répétition de séances de simulation sur le stress et la performance d'une équipe pluri-professionnelle lors de la prise en charge médicale d'une urgence vitale* [En ligne]. Thèse Recherche clinique, innovation thérapeutique, santé publique. Poitiers : Université de Poitiers, 2016. Disponible sur Internet <<http://theses.univ-poitiers.fr>>



## THÈSE

Pour l'obtention du Grade de  
DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE POITIERS  
(Diplôme National - Arrêté du 7 août 2006)

Ecole Doctorale : BioSanté

Secteur de Recherche : Recherche clinique, innovation thérapeutique, santé publique

Présentée par :

**Daniel Aiham GHAZALI**

\*\*\*\*\*

**Relation stress – performance et effet de la répétition de séances de simulation sur le stress et la performance d'une équipe pluri-professionnelle lors de la prise en charge médicale d'une urgence vitale**

\*\*\*\*\*

Directeur de Thèse : Professeur Denis Oriot

\*\*\*\*\*

Soutenue le 12 décembre 2016 devant la Commission d'Examen

\*\*\*\*\*

### JURY

Professeur Gérard Mauco	Président du Jury	Université de Poitiers
Professeur Vicki LeBlanc	Rapporteur	Université d'Ottawa
Professeur Patrick Plaisance	Rapporteur	Université de Paris 7
Professeur Bruno Riou	Membre du jury	Université de Paris 6
Professeur Pierre Hausfater	Membre du jury	Université de Paris 6
Professeur Olivier Mimoz	Membre du jury	Université de Poitiers
Professeur Denis Oriot	Directeur de Thèse	Université de Poitiers
Dr Stéphanie Ragot	Co-directeur de Thèse	Université de Poitiers

# SOMMAIRE

<b>LISTE DES ABREVIATIONS.....</b>	<b>12</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>14</b>
<b>1. MOTIVATIONS.....</b>	<b>16</b>
1.1. Rapport entre la pratique des urgences de l'adulte et la survenue d'urgences vitales de l'enfant.....	16
1.2. Pédagogie par simulation en médecine et son importance pour les pathologies peu fréquentes .....	16
<b>2. AVANT-PROPOS.....</b>	<b>18</b>
2.1. Physiologie du stress .....	18
2.1.1. Voie catécholaminergique du stress.....	19
2.1.2. Axe corticotrope d'expression du stress.....	21
2.1.3. Expression psychologique du stress .....	24
2.1.4. Test des outils de mesure des marqueurs de stress en simulation.....	26
2.1.4.1. Outils de mesures des paramètres électro-physiologiques du stress.....	26
2.1.4.2. Outils de mesure des paramètres biologiques du stress.....	28
2.1.4.3. Outils de mesure des marqueurs psychologiques du stress .....	31
2.2. Simulation appliquée à la médecine d'urgence .....	31
2.2.1. Médecine d'urgence et urgences vitales .....	31
2.2.2. Définition de la simulation.....	32
2.2.3. Modèles et choix du modèle en simulation.....	33
2.2.4. Stress en simulation et utilisation d'éléments « stressseurs » .....	34
2.2.5. Evaluation d'un processus pédagogique et pyramide de Kirkpatrick.....	35
2.2.6. Validation d'un outil de mesure de la performance clinique en équipe .....	36
<b>3. INTRODUCTION .....</b>	<b>38</b>
3.1. Stress et performance d'équipe en simulation d'urgences.....	38
3.2. Stress et performance : champs inconnus et non-explorés .....	39
3.2.1. Mesures objectives et subjectives des marqueurs de stress.....	39
3.2.2. Performances techniques et non techniques du leader et de l'équipe en condition de stress.....	40
3.2.3. Effet de la répétition des simulations sur le stress et la performance .....	40
3.2.4. Hypothèses de recherche .....	42
3.3. But de la recherche.....	42
<b>4. OBJECTIFS.....</b>	<b>43</b>

4.1. Objectif principal .....	43
4.2. Objectifs secondaires .....	43
<b>5. METHODES.....</b>	<b>44</b>
5.1. Etude.....	44
5.1.1. Typologie et choix du plan expérimental.....	44
5.1.2. Lieu de l'étude .....	45
5.1.3. Calendrier de l'étude .....	45
5.1.4. Accord des instances.....	45
5.2. Population de l'étude .....	45
5.2.1. Critères d'inclusion .....	46
5.2.2. Critères de non inclusion .....	46
5.2.3. Critères d'exclusion au cours de l'étude.....	46
5.2.4. Nombre de sujets nécessaires .....	47
5.2.5. Recrutement .....	47
5.3. Intervention.....	48
5.3.1. Formation initiale des médecins seniors et juniors.....	48
5.3.2. Séances de simulation .....	48
5.3.3. Enregistrement vidéo .....	48
5.3.4. Observateurs et évaluation .....	48
5.3.5. Mannequin et scénarios .....	49
5.3.6. Stress.....	49
5.4. Comparaisons.....	50
5.4.1. Constitution des groupes par randomisation.....	50
5.4.2. Compérateurs .....	51
5.5. Outils d'évaluation et critères de jugement.....	51
5.5.1. Outils d'évaluation.....	51
5.5.1.1. Mesures de stress.....	51
5.5.1.2. Scores des performances techniques et non-techniques .....	53
5.5.2. Critère de jugement principal.....	54
5.5.3. Critères de jugement secondaires .....	54
5.6. Schéma général de l'étude .....	54
5.7. Analyse statistique.....	55
5.8. Evaluation de ce programme de recherche en simulation .....	57
5.8.1. Auto évaluation.....	57

5.8.2. Évaluation MERSQI .....	57
<b>6. RESULTATS .....</b>	<b>58</b>
6.1. Diagramme de flux et problèmes survenus pendant l'étude.....	58
6.1.1. Diagramme de flux.....	58
6.1.2. Problèmes particuliers durant l'étude.....	59
6.1.2.1. Grossesse .....	59
6.1.2.2. Consultation de cardiologie.....	59
6.2. Description de la population d'étude.....	59
6.2.1. Caractéristiques sociodémographiques.....	59
6.2.1.1. Age .....	59
6.2.1.2. Sexe.....	60
6.2.1.3. Expérience professionnelle au SAMU.....	60
6.2.2. Caractéristiques physiologiques de la population avant la première séance de simulation .....	60
6.2.2.1. Evaluation de la fréquence cardiaque et de la variabilité du rythme sinusal .....	60
6.2.2.2. Evaluation du cortisol salivaire .....	62
6.2.2.3. Evaluation du score de STAI .....	62
6.3. Résultats obtenus lors de la première séance de simulation.....	62
6.3.1. Description du stress lors de la première séance .....	62
6.3.1.1. Evaluation des différents marqueurs de stress lors de la simulation.....	62
6.3.1.2. Recherche d'une influence du statut des participants sur les paramètres de stress..	65
6.3.1.3. Recherche d'une influence du sexe des participants sur les paramètres du stress....	67
6.3.1.4. Corrélation entre les marqueurs de stress lors de la première séance de simulation	69
6.3.2. Description de l'état de confiance en soi et du sentiment d'insatisfaction des participants lors de la première séance de simulation .....	71
6.3.2.1. Etat de confiance en soi avant la simulation .....	71
6.3.2.2. Sentiment d'insatisfaction après la simulation .....	72
6.3.3. Description de la performance lors de la première séance.....	72
6.3.3.1. Valeurs initiales des performances techniques et non techniques lors de la 1ère séance .....	72
6.3.3.2. Corrélation entre les différentes mesures de performance.....	74
6.3.4. Association entre performance et stress (objectif principal) .....	75
6.3.5. Synthèse des résultats de la première séance de simulation.....	79
6.4. Effet de la répétition de la simulation sur le stress (premier objectif secondaire).....	80
6.4.1. Holter des 24h.....	80

6.4.1.1. Comparaisons intergroupes.....	80
6.4.1.2. Recherche d'une influence du statut et du sexe des participants sur les paramètres du stress.....	81
6.4.2. Répétition des neuf séances dans le groupe expérimental.....	83
6.4.2.1. Effet sur les mesures électro-physiologiques.....	83
6.4.2.1.1. Analyse de la fréquence cardiaque.....	83
6.4.2.1.2. Analyse de la variabilité du rythme sinusal dans le domaine temporel.....	84
6.4.2.1.3. Analyse de la variabilité du rythme sinusal dans le domaine spectral.....	85
6.4.2.2. Effet sur les mesures de cortisol salivaire.....	86
6.4.2.3. Effet sur les mesures de STAI.....	88
6.4.2.4. Effet sur les mesures de SOM, d'état de confiance et de sentiment d'insatisfaction.....	90
6.4.3. Comparaison entre les deux groupes lors des scénarios communs.....	91
6.4.3.1. Comparaison des mesures électro-physiologiques.....	91
6.4.3.1.1. Fréquence cardiaque.....	92
6.4.3.1.2. Analyse de la variabilité du rythme sinusal dans le domaine temporel.....	92
6.4.3.1.3. Analyse de la variabilité du rythme sinusal dans le domaine spectral.....	93
6.4.3.2. Comparaison des mesures de cortisol salivaire.....	94
6.4.3.3. Comparaison des mesures de STAI.....	94
6.4.3.4. Comparaison des paramètres de SOM, de l'état de confiance et du sentiment d'insatisfaction.....	95
6.4.4. Recherche d'une influence du statut et du sexe des participants sur les paramètres du stress.....	97
6.4.4.1. Comparaison des mesures électro-physiologiques.....	97
6.4.4.1.1. Comparaison en fonction du statut.....	97
6.4.4.1.2. Comparaison en fonction du sexe.....	98
6.4.4.2. Comparaison des mesures de cortisol salivaire.....	98
6.4.4.2.1. Comparaison en fonction du statut.....	98
6.4.4.2.2. Comparaison en fonction du sexe.....	99
6.4.4.3. Comparaison des mesures de STAI selon le statut et le sexe.....	100
6.4.4.3.1. Comparaison en fonction du statut.....	100
6.4.4.3.2. Comparaison en fonction du sexe.....	100
6.4.4.4. Comparaison des paramètres de SOM, de l'état de confiance et du sentiment d'insatisfaction.....	101
6.4.4.4.1. Comparaison en fonction du statut.....	101
6.4.4.4.2. Comparaison en fonction du sexe.....	102

6.4.5.	Recherche d'un état de stress post-traumatique (ESPT).....	103
6.4.6.	Synthèse des résultats relatifs à l'effet de la répétition des simulations sur le stress ...	105
6.5.	Effet de la répétition sur la performance (deuxième objectif secondaire).....	106
6.5.1.	Répétition des 9 séances de simulation dans le groupe expérimental .....	106
6.5.2.	Comparaison entre les deux groupes lors des trois scénarios communs.....	107
6.5.3.	Corrélation entre les scores de performance .....	108
6.5.4.	Synthèse des résultats relatifs à l'effet de la répétition des simulations sur la performance .....	111
6.6.	Évolution comparée du stress et de la performance (troisième objectif secondaire).....	112
6.6.1.	Corrélation entre scores de performances et mesures de stress.....	112
6.6.2.	Corrélation entre les scores de performance et les mesures de SOM, de l'état de confiance en soi et du sentiment d'insatisfaction .....	115
6.6.3.	Synthèse des résultats de l'évolution comparée du stress et de la performance.....	118
6.7.	Evaluation du réalisme des simulations et questionnaires d'auto-évaluation .....	119
6.7.1.	Evaluation du degré de réalisme .....	119
6.7.2.	Analyse du questionnaire d'auto-évaluation.....	119
<b>7.</b>	<b>DISCUSSION.....</b>	<b>122</b>
7.1.	Rappel des résultats .....	122
7.2.	Limites de l'étude .....	123
7.2.1.	Inclusion.....	123
7.2.2.	Traitement des données .....	123
7.2.3.	Suivi des participants .....	124
7.2.4.	Biais de confusion .....	124
7.3.	Population de l'étude .....	125
7.4.	Stress et ses composantes.....	125
7.4.1.	Paramètres de stress en simulation .....	125
7.4.2.	Liens entre les différents paramètres de stress .....	127
7.5.	Performance et ses relations avec le stress .....	129
7.5.1.	Performance en simulation .....	129
7.5.2.	Lien entre stress et performance.....	131
7.6.	Effet de la répétition des simulations.....	133
7.6.1.	Effet de la répétition sur le stress.....	133
7.6.2.	Effet de la répétition sur la performance .....	134
7.6.3.	Lien entre stress et performance lors de la répétition des simulations.....	136
7.7.	Validité externe .....	139

<b>8. CONCLUSION .....</b>	<b>141</b>
<b>9. REFERENCES .....</b>	<b>143</b>
<b>10. VALORISATION DE LA RECHERCHE.....</b>	<b>163</b>
10.1. Liste des publications et communications .....	163
10.1.1. Publications adressées.....	163
10.1.2. Publications internationales .....	163
10.1.3. Publication nationale .....	163
10.1.4. Liste de communications orales et posters à des congrès et colloques.....	164
10.2. Bourse de recherche en simulation SFMU / LAERDAL .....	166
10.3. Publications .....	167
10.3.1. Internationales.....	167
10.3.2. Nationales .....	201
10.4. Communications.....	210
10.4.1. Internationales.....	210
10.4.1.1. IPSSW 2015, International Pediatric Simulation Symposia and Workshops, Vancouver, Canada; 2015.....	210
10.4.1.2. IPSSW 2014, 6th International Pediatric Simulation Symposia and Workshops, Vienna, Austria; 2014 .....	214
10.4.1.3. IPSSW 2013, 5th International Pediatric Simulation Symposia and Workshops, New York, USA; 2013 .....	218
10.4.2. Nationales .....	219
<b>11. ANNEXES.....</b>	<b>220</b>
11.1. Démarches administratives .....	220
11.2. Organisation des séances de simulation haute-fidélité .....	231
11.3. Outils d'évaluation du stress et de la performance .....	238
11.4. Auto-évaluation et évaluation du programme de recherche .....	246

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Effets de la stimulation du système sympathique et parasympathique sur les organes ...	20
Tableau 2 : Analyse du cortisol salivaire (nmol/l) avant et après une séance de simulation par différentes méthodes de dosage .....	28
Tableau 3 : Schéma général de l'étude .....	55
Tableau 4 : Années d'expérience professionnelle au sein du SAMU .....	60
Tableau 5 : Caractéristiques électro physiologiques des participants durant le sommeil profond (T1) selon le groupe (n = 48).....	61
Tableau 6 : Caractéristiques électro physiologiques des participants durant le sommeil profond (T1) selon le statut (n = 48).....	61
Tableau 7 : Caractéristiques électro physiologiques des participants durant le sommeil profond (T1) selon le sexe (n = 48) .....	61
Tableau 8: Mesures objectives et subjectives de stress (moyenne et écart-type) au cours du temps et comparaison (n = 48).....	63
Tableau 9 : Comparaison des mesures objectives et subjectives de stress (moyenne et écart-type) et de leurs variations relatives entre le groupe expérimental et le groupe contrôle .....	64
Tableau 10 : Recherche d'un effet statut sur les différents paramètres de stress sur l'ensemble de la population d'étude (moyenne et écart-type) .....	65
Tableau 11 : Comparaison des variations dans le temps des paramètres de stress selon le statut sur l'ensemble de la population d'étude .....	66
Tableau 12 : Comparaison des mesures objectives et subjectives de stress (moyenne et écart-type) et de leur variation relative selon le sexe.....	68
Tableau 13: Corrélations entre les paramètres de stress aux différents temps de la simulation .....	69
Tableau 14: Corrélations entre les variations relatives des paramètres de stress entre les différents temps de la simulation .....	71
Tableau 15 : Etat de confiance en soi avant simulation et sentiment d'insatisfaction après simulation selon le statut.....	72
Tableau 16 : Performances techniques et non-techniques dans les groupes expérimental et contrôle lors de la première séance de simulation .....	73
Tableau 17: Corrélations entre scores de performances et mesures de stress.....	78
Tableau 18 : Comparaison des paramètres du Holter des 24h lors des scénarios communs.....	81
Tableau 19 : Etude de l'effet statut et de l'effet sexe sur les paramètres du Holter.....	82
Tableau 20 : Analyse par ANOVA pour mesures répétées de la variation relative du cortisol salivaire dans le temps pour le groupe expérimental .....	87

Tableau 21 : Valeurs de p correspondant aux tests post-hoc de Scheffe pour comparaison 2 à 2 des évolutions des scores de STAI T2 et T4 dans le groupe expérimental .....	89
Tableau 22 : Résultats des comparaisons 2 à 2 des scores du sentiment d’insatisfaction (test post-hoc de Scheffe).....	91
Tableau 23 : Comparaison du taux moyen de cortisol salivaire (moyenne et écart-type) entre le groupe expérimental et le groupe contrôle.....	94
Tableau 24 : Comparaison des paramètres subjectifs (scores sur 10) d’évaluation entre les deux groupes au cours des scénarios communs.....	96
Tableau 25 : Résultats des tests comparant la variation de la fréquence cardiaque et de sa variabilité du rythme sinusal dans le temps lors des 9 séances de simulation en fonction du statut dans le groupe expérimental.....	97
Tableau 26 : Résultats des tests comparant la variation relative de la fréquence cardiaque et de la variabilité sinusale dans le temps lors des 9 séances de simulation en fonction du sexe dans le groupe expérimental .....	98
Tableau 27 : Résultat des tests évaluant les différences de variation relative du cortisol salivaire dans le temps en fonction du sexe dans le groupe expérimental .....	99
Tableau 28 : Performances techniques et non-techniques dans les groupes expérimental et contrôle (moyenne ± écart-type).....	107
Tableau 29 : Corrélations entre les scores des performances techniques et non-techniques .....	109
Tableau 30 : Corrélations entre les variations relatives des scores des performances techniques et non-techniques lors des trois scénarios communs .....	109
Tableau 31 : Corrélations entre les variations relatives des scores de performance et des paramètres de stress entre le scénario initial et le scénario intermédiaire .....	112
Tableau 32 : Corrélations entre les variations relatives des scores de performance et des paramètres de stress entre le scénario intermédiaire et le scénario final .....	113
Tableau 33 : Corrélations entre les variations relatives des scores de performance et des paramètres de stress entre le scénario initial et le scénario final .....	114
Tableau 34 : Corrélations des variations relatives de scores de performance et le SOM et le ressenti des participants entre le scénario initial et le scénario intermédiaire.....	116
Tableau 35 : Corrélations des variations relatives de scores de performance et le SOM et le ressenti des participants entre le scénario intermédiaire et le scénario final.....	117
Tableau 36 : Corrélations des variations relatives de scores de performance et le SOM et le ressenti des participants entre le scénario initial et le scénario final.....	117
Tableau 37 : Degré de réalisme des séances de simulation (cas clinique, environnement et mannequin) .....	119

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Effet du stress aigu au niveau cérébral .....	18
Figure 2 : Voies de la de la synthèse des stéroïdes incluant celle de la production du cortisol .....	22
Figure 3 : Voie de régulation hypothalamo-hypophyso-surrénalienne du cortisol .....	23
Figure 4 : Variations du cortisol plasmatique (nmol/L) au cours de la journée. ....	24
Figure 5 : Paramètres électro-physiologiques de stress lors d'un exercice de laparoscopie en simulation.....	27
Figure 6 : Dosage d'un antigène par ELISA compétition .....	29
Figure 7 : Dosage de cortisol salivaire par ELISA .....	30
Figure 8 : Contrôle qualité des dosages de cortisol salivaire .....	31
Figure 9 : Classification de la simulation .....	33
Figure 10 : Modèle d'évaluation pédagogique à quatre niveaux de Kirkpatrick appliqué au domaine de la simulation médicale.....	36
Figure 11 : Lien entre performance et stress (arousal).....	38
Figure 12 : Modélisation de la performance et interaction avec le stress.....	40
Figure 13 : Hypothèses (Modèle 1 et 2) d'effet de la répétition de la simulation sur la relation stress / performance .....	41
Figure 14 : Eléments de l'intervention et corrélations recherchées.....	44
Figure 15 : Fréquence de répétition des séances de simulation sur un an.....	50
Figure 16 : Déroulement d'une séance de simulation et mesures de stress .....	53
Figure 17 : Box-plot utilisés pour représenter certaines données de l'étude.....	56
Figure 18 : Diagramme de flux de la population de l'étude.....	58
Figure 19 : Principales corrélations entre les variations relatives des paramètres électro-physiologiques du stress .....	70
Figure 20 : Scores de performances techniques et non-techniques.....	73
Figure 21 : Corrélations entre les scores des performances techniques et non-techniques durant la 1 <sup>ère</sup> séance de simulation .....	75
Figure 22 : Corrélations entre performance et stress au cours de la simulation.....	77
Figure 23 : Différences selon le sexe pour les paramètres de Holter .....	82
Figure 24 : Analyse de la variation relative de la fréquence cardiaque après la simulation (T4) et durant le débriefing (T5) dans le groupe expérimental au cours des 9 séances de simulation.....	83
Figure 25 : Analyse de la variation relative du PNN50 la veille de la simulation (T1) et après le débriefing (T6) dans le groupe expérimental.....	85

Figure 26 : Analyse de la variation relative du ratio BF/HF la veille de la simulation (T0), après la simulation (T4), durant le débriefing (T5) et après le débriefing (T6) dans le groupe expérimental ...	86
Figure 27 : Analyse de la variation relative du cortisol salivaire entre le niveau post débriefing (T6) et l'état de base (T0) dans le groupe expérimental .....	87
Figure 28 : Effet de la répétition des simulations sur les scores de STAI dans le groupe expérimental	88
Figure 29 : Evolution des mesures de SOM, de confiance en soi et de sentiment d'insatisfaction dans le groupe expérimental .....	90
Figure 30 : Comparaison de la variation relative de la fréquence cardiaque entre les deux groupes lors des scenarios communs .....	92
Figure 31 : Comparaison de la variation relative du PNN50 entre les deux groupes lors des scenarios communs .....	93
Figure 32 : Comparaison de la variation relative du ratio BF/HF entre les deux groupes lors des scenarios communs .....	93
Figure 33 : Comparaison des scores de STAI entre les deux groupes lors des scenarios communs.....	95
Figure 34 : Comparaison des paramètres subjectifs (scores sur 10) d'évaluation entre les deux groupes au cours des scenarios communs.....	96
Figure 35 : Evaluation du taux de cortisol salivaire ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) selon le statut lors du scénario intermédiaire dans le groupe expérimental.....	99
Figure 36 : Score de STAI au cours du temps lors des 9 séances de simulation en fonction du statut dans le groupe expérimental.....	100
Figure 37 : Analyse du score de STAI au cours du temps lors des 9 séances de simulation selon le sexe dans le groupe expérimental.....	101
Figure 38 : Etat de confiance, sentiment d'insatisfaction et de stress maximal ressenti lors des 9 séances de simulation en fonction du statut dans le groupe expérimental .....	102
Figure 39 : Sentiment de stress ressenti maximal durant la simulation (SOM T3) au cours du temps lors des 9 séances de simulation en fonction du sexe dans le groupe expérimental .....	103
Figure 40 : Evolution du score de l'IES-R et de celui du PCLS au cours du temps lors des 9 séances de simulation dans le groupe expérimental.....	104
Figure 41 : Evolution des scores de performances techniques et non-techniques au cours du temps lors des 9 séances de simulation dans le groupe expérimental.....	106
Figure 42 : Comparaison des variations relatives par rapport au scénario initial des scores de performances techniques et non-techniques entre le groupe expérimental et le groupe contrôle..	108
Figure 43 : Corrélations entre les scores de BAT et de CTS lors des scénarios intermédiaire et final..	110
Figure 44 : Corrélations entre les variations relatives des performances non-techniques du leader et de l'équipe.....	110

Figure 45 : Corrélation négative entre le score de STAI post-simulation et les scores de performance .....	115
Figure 46 : Réponses au questionnaire d'auto-évaluation à 1 an (n = 42).....	120
Figure 47 : Distribution des réponses des participants concernant la fréquence souhaitée de répétition des séances de simulation.....	121
Figure 48 : Loi de Yerkes et Dodson selon le niveau de difficulté des tâches.....	132
Figure 49 : Evolution de la loi de Yerkes et Dodson lors de la répétition des simulations .....	138

## LISTE DES ABREVIATIONS

ACTH : Hormone adrénocorticotrope (Adrénocorticotrophic Hormone)

BAT : Behavioral Assessment Tool

BF/HF : Ratio basse fréquence / haute fréquence

bpm : Battements par minute

CBG : Transcortine (Cortisol Binding Protein)

CRF : Corticolibérine (Corticotrophin Releasing Factor)

CRM : Crisis Resource Management

CS : Cortisol salivaire

CTS : Clinical Teamwork Scale

DASS : Depression Anxiety Stress Scale

DESC : Diplôme d'Etude Spécialisé Complémentaire

DU-GUP : Diplôme Universitaire des Gestes d'Urgence en Pédiatrie

EIA : Enzyme Immuno Assay

ELISA : Enzyme-linked immunosorbent assay

EMS : Emergency Medical Services

EPILS : European Pediatric Immediate Life Support

ESPT : Etat de stress post-traumatique

FC : Fréquence cardiaque

HAS : Haute Autorité de Santé

IDE : Infirmier(e) Diplômé(e) d'Etat

IES-R : Impact of Event Scale-Revised

IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale

MERSQI : Medical Education Research Study Quality Instrument

mn : Minute

ms : Milliseconde

NA : Non applicable

PCLS : Post-Traumatic Check-List Scale

PNN50 : proportion (%) de paires d'intervalles NN successifs différant de plus de 50 ms sur la totalité des NN

PSS : Perceived Stress Scale

PTSD : post-traumatic stress disorder

RIA : Radio-Immuno-Assay

SAMU : Service d'Aide Médicale d'Urgence

SAUV : Service d'Accueil des Urgences Vitales

SMUR : Services Mobiles d'Urgence et de Réanimation

SNA : Système nerveux autonome

SOM : Stress-O-Meter

STAI : State Trait Anxiety Inventory

TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale

TMB : 3,3',5,5'-tétraméthylbenzidine

VIO : Voie intra-osseuse

VR : Variation relative

VRS : Variabilité du rythme sinusal

## RESUME

Introduction : La gestion d'une urgence vitale requiert la réalisation de gestes techniques et une communication entre les soignants en condition de stress. La simulation permet cet enseignement en sécurité.

Objectif : Analyser l'association entre stress et performance et l'effet de la simulation répétée.

Méthodes : Deux groupes expérimental et contrôle de 6 équipes pluri-professionnelles de SAMU (n = 48), avaient respectivement 9 (1/6 semaines) et 3 (1/6 mois) simulations, avec 3 scénarios communs : initial, intermédiaire à 6 mois, final à 1 an. Le stress a été évalué par la fréquence cardiaque et sa variabilité, le cortisol salivaire et des paramètres psychologiques (échelles de : stress aigu STAI et SOM ; stress post-traumatique IES-R et PCLS) ; la performance technique par les scores de pose de voie intra-osseuse (VIO), de performance globale (TAPAS) ; la performance non-technique par les scores BAT du leader, CTS de l'équipe.

Résultats : Le stress augmentait durant la simulation ( $p < 0,02$ ) et baissait lors du débriefing ( $p < 0,01$ ) quelle que soit la fréquence de répétition, sans stress post-traumatique. Les performances étaient corrélées entre elles ( $p < 0,001$ ) avec un lien étroit entre les scores BAT (leader) et CTS (équipe) ( $R^2 = 0,93$ ). Stress et performance n'étaient pas corrélés. La performance était supérieure dans le groupe expérimental dès le scénario intermédiaire pour les scores techniques (TAPAS :  $p = 0,02$ , VIO :  $p = 0,03$ ) et pour tous les scores lors du scénario final (TAPAS et IO :  $p = 0,01$ , CTS :  $p = 0,03$ , BAT :  $p = 0,02$ ).

Conclusion : La répétition de séances de simulation toutes les 6 semaines apportait un bénéfice majeur. La performance d'équipe était liée à celle du leader.

Mots-clés : Stress ; Electrophysiologie ; Holter ; Fréquence cardiaque ; Variabilité du rythme sinusal ; Cortisol Salivaire ; Psychologie ; Etat de stress post-traumatique (ESPT) ; Performance ; Echelles ; Simulation ; Urgence ; Leader ; Travail d'équipe.

## **ABSTRACT**

**Introduction:** The management of a life-threatening event by caregivers requires technical and non-technical skills under stress conditions. Simulation-based education allows this training in a safe environment.

**Objective:** To analyze the association between stress and performance and the effect of repeated simulation.

**Methods:** Two experimental and control groups of 6 MDTs of EMS (n=48) had respectively 9 (1session/6 weeks) and 3 (1session/6 months) simulations with 3 common sessions: initial, intermediate after 6 months, and final session after 1 year. Stress was assessed by heart rate and variability, salivary cortisol and psychological parameters (acute stress: STAI and SOM, and PTSD: IES-R and PCLS). The technical performance was evaluated by Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale (IO), overall performance (TAPAS); non-technical performance by BAT score for leader and CTS score for teamwork.

**Results:** Stress increased during simulation ( $p < 0.02$ ) and decreased during debriefing ( $p < 0.01$ ) regardless of the frequency of repetition. There was no PTSD. The performances were correlated between each other ( $p < 0.001$ ) with a strong link between the non-technical performance of leader and team ( $R^2 = 0.93$ ). Stress and performance were not correlated. The performance was higher in the experimental group during the intermediate scenario for technical scores (TAPAS:  $p = 0.02$ , IO:  $p = 0.03$ ) and for all scores during the final scenario (TAPAS and IO:  $p = 0.01$  CTS:  $p = 0.03$ , BAT:  $p = 0.02$ ).

**Conclusion:** The benefit was greater when performing simulations every six weeks in terms of technical and non-technical performance. The team performance was linked to the leader performance.

**Keywords:** Stress; Electrophysiology; Holter; Heart rate; Heart rate variability; Salivary cortisol; Psychology; Post-traumatic stress disorder (PTSD); Performance; Scale; Simulation; Emergency; Leader; Teamwork.

# 1. MOTIVATIONS

Notre expérience professionnelle de médecin urgentiste travaillant auprès de patients adultes en intra-hospitalier et de patients adultes et pédiatriques en extrahospitalier a été la source de nos motivations. Par ailleurs la découverte de la simulation et de ses possibilités pédagogiques nous a convaincu de sa place fondamentale en médecine d'urgence et de l'important potentiel de recherche que cela représentait.

## 1.1. Rapport entre la pratique des urgences de l'adulte et la survenue d'urgences vitales de l'enfant

Le stress peut être un élément positif et améliorer la performance, mais s'il devient excessif, il devient délétère et source d'erreurs. La relation qui lie la performance au stress décrite par Yerkes et Dodson en 1908 est représentée par une courbe en U inversé (Yerkes et Dodson 1908). Dans le livre « To err is human », l'erreur humaine apparaît comme la principale pourvoyeuse d'échec de performance (Kohn 2000). Elle risque de survenir de façon plus importante si l'équipe d'urgence est confrontée à une situation rare. En 2015, il y a eu en France 379 460 interventions SAMU – SMUR (Service d'Aide Médicale d'Urgence – Services Mobiles d'Urgence et de Réanimation) dites « primaires » (intervention hors structure hospitalière), dont seulement 33 454 correspondaient à la prise en charge d'un patient de moins de 18 ans soit (8.82%) (DREES 2015). Ces interventions pédiatriques représentant moins de 10% de l'activité des équipes d'urgence de SAMU – SMUR, formées et habituées à la prise en charge des urgences de l'adulte, risquent fort de devenir des événements stressants. En conséquence, les équipes de SAMU – SMUR doivent être préparées et entraînées à ce type d'interventions avant d'y être confrontées afin de préserver la sûreté du patient.

## 1.2. Pédagogie par simulation en médecine et son importance pour les pathologies peu fréquentes

Depuis Hippocrate, *primum non nocere* représente le principe de non malfeasance au patient qui doit guider la relation médecin-malade (Traité des Epidémies d'Hippocrate datant de 410 av. J.C.). La simulation répond à cette exigence éthique et fait partie intégrante de la politique de sûreté du patient (Ziv 2000), permettant par l'entraînement une amélioration de la performance (Cook 2011). La simulation (mot emprunté au XIV<sup>e</sup> siècle au latin classique « simulare » avec les sens de « représenter exactement », « imiter »), est une technique pédagogique et non une technologie qui

peut être utilisée afin d'améliorer la performance (Gaba 2004). La simulation permet de se préparer aux événements rares par l'anticipation, la coordination et la maîtrise du travail en équipe. En 1998, Gaba rappelait que ce principe de non malfeasance s'appliquait également à l'enseignement de la médecine où le patient ne doit pas être « du matériel docimologique » (Gaba 1998). Comme dans tous les domaines dits à haut risque, la répétition améliore les compétences et la confiance en soi (Jha 2001). C'est ainsi, que s'est développée la simulation en médecine comme outil pédagogique dans la formation initiale pour que la première expérience de l'apprenant ne soit jamais sur le patient (Granry 2012). L'enseignement par simulation existait de longue date, puisqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle en France, Madame Angélique Du Coudray enseignait alors partout en France à la demande de Louis XV l'art de l'accouchement grâce à son mannequin de simulation (Hayrapetian 2015). Cependant, ce n'est que récemment que la simulation s'est développée dans le domaine de la formation initiale pour les gestes (Tjomsland 2002), les algorithmes, les prises en charges complexes et le travail d'équipe (Howard 1992). Elle s'est également développée dans le domaine de la formation continue pour combler la perte mémorielle (Langhan 2009), actualiser les algorithmes de prise en charge (Levine 2008) et pratiquer des gestes peu usités (Ghazali 2012). Dans ce contexte, la simulation trouve tout son sens dans la formation continue des soignants. Elle permet de maintenir les connaissances et les compétences pour la prise en charge en équipe pluri-professionnelle de situations complexes à haut risque (Lateef 2010).

## 2. AVANT-PROPOS

Comme Hans Selye a pu le dire « *Without stress, there would be no life* », le stress représente cette ambiguïté entre l'adaptation à une tâche et le risque d'en être débordé. Nous envisagerons ici brièvement les mécanismes physiologiques du stress, les marqueurs les plus fréquemment utilisés et leur condition de mesure.

### 2.1. Physiologie du stress

Le stress est un mot anglais qui représente « l'ensemble des perturbations biologiques et psychiques provoquées par une agression quelconque sur l'organisme » (Larousse 2016). Il trouve ses origines dans la métallurgie, désignant le comportement d'un métal soumis à des forces de pression, d'étirement ou de torsion et transposé à la régulation hormonale des émotions chez l'animal par le physiologiste américain Cannon en 1914 (Chidiac 2010). Le physiologiste Seyle a décrit en 1936 (Seyle 1936) le « syndrome général d'adaptation » puis le dénommait « stress » en 1950 tel que nous l'entendons aujourd'hui (Seyle 1984). Le stress aigu génère une perturbation importante de l'homéostasie du corps dans un but d'adaptation à une situation donnée (Figure 1).

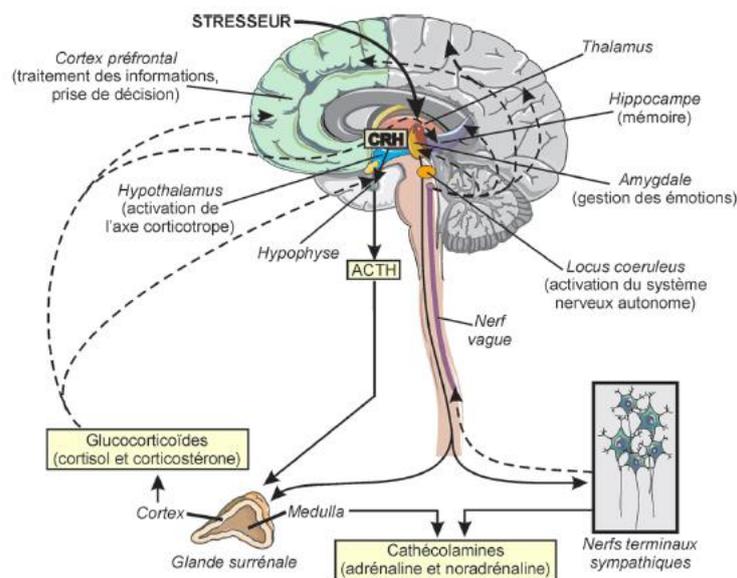


Figure 1 : Effet du stress aigu au niveau cérébral (d'après INSERM 2011)

Cette modification de l'homéostasie peut être appréhendée par des mesures électro-physiologiques du système nerveux autonome et des mesures biologiques du système endocrinien.

Au niveau du système nerveux autonome il existe une libération massive de noradrénaline dans les terminaisons nerveuses sympathiques (axe catécholaminergique). Cette modification de l'état physiologique se traduit par une stimulation du système sympathique avec notamment une tachycardie et une augmentation de la pression artérielle.

Le stress agit également sur le système endocrinien par l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien. Il est à l'origine d'une augmentation de la libération d'ACTH (Adrénocorticotrope Hormone) par l'hypophyse, déclenchant une libération de cortisol par la corticosurrénale. Les hormones libérées permettent la production de substrats énergétiques utilisés par les muscles. En laboratoire, le stress peut être provoqué par des tâches physiques, mentales ou psychosociales (Kajantie 2006).

Une étude réalisée sur les équipes de SAMU (Service d'Aide Médicale d'Urgence) a montré qu'après la survenue d'un stress aigu lors d'une intervention médicale, la présence de symptômes de répétitions chez les membres de l'équipe indiquait que certaines interventions pouvaient avoir un impact psychologique sans pour autant provoquer de désorganisation psychique (Laurent 2007). Au niveau professionnel, ce stress est décrit comme la « résultante de transactions inadéquates entre la personne et le contexte de travail » (Rasclé 2001). Certains facteurs de stress professionnels sont spécifiques à la médecine d'urgence comme « le paradoxe potentiellement stressant existant entre la nécessité d'une expertise sans faille et la prise de conscience de ses propres limites » (Girault 1989). Ces facteurs associés à l'imprévisibilité des situations rencontrées accroissent la nécessité de vigilance (Girault 1989). Ce retentissement psychique peut être appréhendé par des échelles de stress et d'anxiété.

### **2.1.1. Voie catécholaminergique du stress (expertise collective INSERM 2011)**

Le système nerveux végétatif ou autonome (SNA) est responsable des fonctions automatiques, non soumises au contrôle volontaire. Les nerfs qui le constituent interviennent dans la régulation des fonctions vitales internes. Ils contribuent à l'équilibre de notre milieu intérieur (homéostasie) en coordonnant des activités comme la digestion, la respiration, le rythme cardiaque, l'excrétion ou la sécrétion d'hormones. Le SNA, qui est principalement sous le contrôle de l'hypothalamus, se subdivise en deux voies dont les fonctions diffèrent (Tableau 1) :

- le système nerveux sympathique ou orthosympathique est ergotrope. Son activation prépare l'organisme à l'activité physique ou intellectuelle. Devant un stress important, il met en place la

réponse permettant la fuite ou la lutte : il dilate les bronches, accélère l'activité cardiaque et respiratoire, dilate les pupilles, augmente la pression artérielle et la sécrétion de sueur.

- le système nerveux parasympathique est trophotrope. Son activation entraîne un ralentissement général des fonctions de l'organisme afin de conserver l'énergie et stimule la fonction digestive.

<b>Organe</b>	<b>Stimulation sympathique (efférences)</b>	<b>Stimulation parasympathique (efférences)</b>
<b>Cœur</b>	Chronotrope + sur le nœud sinusal (tachycardie) Inotrope + (augmentation de la contractilité cardiaque) Dromotrope + (augmentation de la conduction auriculo-ventriculaire) Lusitrope + (augmentation de la relaxation)	Chronotrope - sur le nœud sinusal (bradycardie), Inotrope - (baisse de la contractilité cardiaque) Dromotrope - (baisse de la conduction auriculo-ventriculaire) Lusitrope - (baisse de la relaxation)
<b>Vaisseaux</b>	Constriction → augmentation de la pression artérielle	Dilatation → diminution de la pression artérielle
<b>Poumons</b>	Bronchodilatation	Bronchoconstriction
<b>Tube digestif</b>	Diminution de la motricité Contraction des sphincters Inhibition des sécrétions digestives	Augmentation de la motricité Relaxation des sphincters Stimulation des sécrétions digestives
<b>Œil</b>	Mydriase	Myosis
<b>Foie</b>	Glycogénolyse, hyperglycémie	
<b>Adipocytes</b>	Lipolyse	
<b>Glandes sudoripares</b>	Stimulation des glandes exocrines → sudation	
<b>Glandes lacrymales</b>	Inhibition de la sécrétion de larmes	Stimulation de la sécrétion de larmes
<b>Glandes salivaires</b>	Sécrétions d'un faible volume de salive, riche en mucus	Sécrétions d'un grand volume de salive, riche en enzymes
<b>Médulesurrénale</b>	Stimulation de la sécrétion d'adrénaline et de noradrénaline	
<b>Pancréas endocrine</b>	Inhibition de la sécrétion d'insuline, stimulation de la sécrétion de glucagon	Stimulation de la sécrétion de l'insuline et du glucagon (baisse de la glycémie)
<b>Pancréas exocrine</b>	Inhibition de la sécrétion exocrine	Stimulation de la sécrétion exocrine
<b>Activité cérébrale</b>	Augmentation de la vigilance	
<b>Vessie</b>	Relaxation de la vessie, contraction du sphincter	Contraction de la paroi vésicale, relaxation du sphincter (évacuation)

Tableau 1 : Effets de la stimulation du système sympathique et parasympathique sur les organes

Les afférences du système nerveux autonome au niveau cardio-vasculaire (sino-aortique, carotidiennes et de la veine cave) transmettent des informations provenant des barorécepteurs, des chémorécepteurs et des nocicepteurs. Cette stimulation engendre des modifications au niveau de la

variabilité du rythme sinusal (VRS) et de la conduction, de l'inotropisme, de la vasomotricité coronarienne, du tonus vasomoteur et du baroréflexe de la pression artérielle. De ce fait, l'étude de leur modulation permet d'analyser le stress. Les techniques d'analyse non invasive de cette activité du SNA cardiaque, font appel à la mesure de la pression artérielle, de la fréquence cardiaque et au traitement du signal ECG, par l'analyse du domaine temporel et/ou spectral de la VRS. Les modalités de cette méthode, précisées par un consensus d'experts « Task Force » européens et nord-américains (Task Force 1996), sont basées sur le recueil d'un signal continu, battement à battement, des intervalles RR (appelés également NN) détectés sur l'ECG (analyse temporelle), et sur sa décomposition par application de la transformation rapide de Fourier (fast Fourier transform = FFT) (analyse spectrale). Plusieurs paramètres pour analyser les intervalles NN existent. Une des méthodes repose sur l'analyse du NN50, défini comme étant le nombre de cycles sinusaux successifs (intervalles NN) dont la durée diffère de plus de 50 ms. Le PNN50, souvent utilisé, correspond à la proportion de NN50 sur les NN totaux, exprimée en pourcentage (Bilchick 2006). La variation dans le domaine temporel est un signal périodique constitué principalement par trois sinusoïdes primaires et correspondant à trois domaines fréquentiels. Les puissances spectrales sont calculées dans ces trois zones d'intérêt :

- < 0,04 Hz : « very low frequency » (VLF) représente les activités du système rénine angiotensine aldostérone et de la thermorégulation

- 0,04 à 0,15 Hz : « low frequency » ou basse fréquence (LF ou BF) représente les fluctuations dépendantes du baroréflexe, comportent une composante à la fois sympathique et parasympathique

- 0,15 à 0,40 Hz : « high frequency » ou haute fréquence (HF) représente les oscillations respiratoires dues à la réponse parasympathique à la stimulation des récepteurs pulmonaires sensibles à l'étirement. Ils comportent une composante essentiellement parasympathique.

Les deux composantes du SNA cardiaque sont ainsi, de façon classique, individualisées : le tonus parasympathique, à travers la mesure des puissances spectrales HF, et le tonus sympathique, à travers le rapport BF/HF, dénommé également « balance sympatho-vagale » (Eckberg 1997). En condition de stress, il y a une augmentation de la fréquence cardiaque, une baisse du PNN50 (Lucini 2002) et une augmentation du ratio BF/HF (Minakushi 2013).

### **2.1.2. Axe corticotrope d'expression du stress**

Le cortisol est une hormone stéroïde cortico-surrénalienne dont le principal rôle est d'intervenir dans le métabolisme des glucides, des protéines et des lipides. Le cortisol est une molécule à 4 cycles

carbonés. Il est synthétisé par les cellules de la zone fasciculée de la surrénale à partir du cholestérol (Figure 2, d'après Häggström 2014). L'enzyme clé responsable de la synthèse du cortisol est la 11 $\beta$ -hydroxylase.

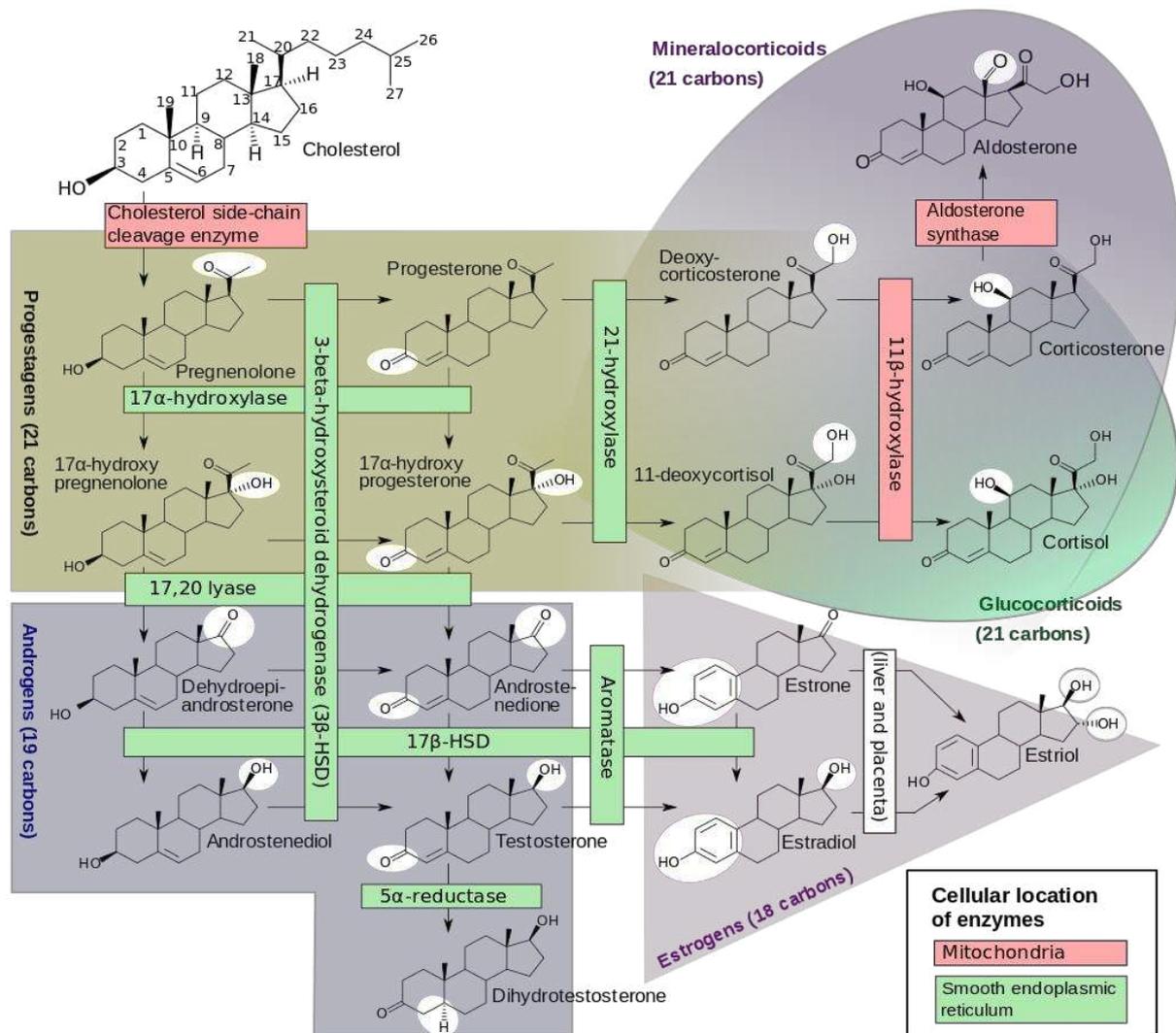


Figure 2 : Voies de la de la synthèse des stéroïdes incluant celle de la production du cortisol (Häggström M, Richfield D, 2014)

Son excrétion est régulée au niveau de l'hypothalamus par la corticolibérine (CRH), appelée aussi CRF (corticotrophin releasing factor) qui stimule l'hypophyse. Celle-ci sécrète alors l'hormone adrénocorticotrope (ACTH) qui stimule les glandes surrénales. Le cortisol est alors excrété. Sa sécrétion est pulsatile à raison de 10 à 20 pics/jour pour une production journalière d'environ 15mg. Il existe un rétrocontrôle inhibiteur par le cortisol sur l'hypothalamus et l'hypophyse (Figure 3).

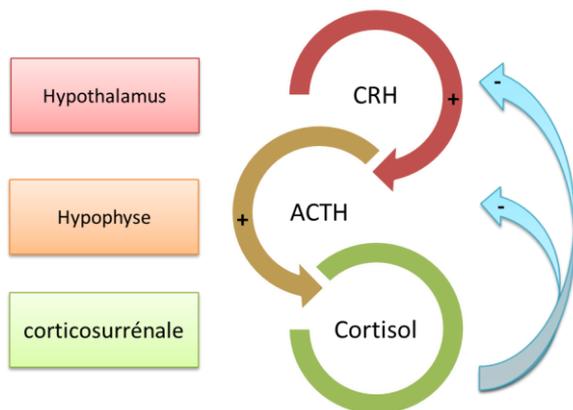


Figure 3 : Voie de régulation hypothalamo-hypophysio-surrénalienne du cortisol

Légende : ACTH : hormone adrénocorticotrope ; CRH : corticolibérine

Le cortisol est sécrété immédiatement après sa synthèse, sous forme libre. Sa demi-vie est d'environ 80 à 90 mn. Pour son transport, le cortisol est peu soluble dans l'eau. Dans le plasma, il se lie à 90-97% à deux protéines porteuses : une globuline, la transcortine ou cortisol binding protein (CBG) pour (80 à 90%), et l'albumine dont l'affinité est plus faible et qui n'en transporte que 5 à 10% (Hammond 1991). Au niveau des organes d'élimination du cortisol (foie et rein) et des tissus cibles, il se produit donc en permanence un déplacement des molécules de cortisol de sa forme liée à sa forme libre, en fonction de sa dégradation ou de son utilisation. La forme libre est active parce qu'elle franchit les membranes cellulaires. Certains liquides biologiques ne contiennent pas de protéines porteuses du cortisol (urine, salive) et reflète la fraction libre du cortisol plasmatique. Le dosage du cortisol salivaire et du cortisol libre urinaire permettent de ce fait d'explorer l'axe corticotrope. En plus de contribuer à la réaction de stress, le cortisol agit sur le métabolisme glucidique (hyperglycémie, insulino-résistance), protidique (anabolisant dans le foie et catabolisant dans le squelette et la peau) et lipidique (lipolyse). Il a des propriétés anti-inflammatoires, antiallergiques, immunosuppressives et minéralocorticoïdes (rétention H<sub>2</sub>O et Na, excrétion K).

L'ACTH a une sécrétion circadienne et pulsatile (Axelrod 1984). En conséquence, la sécrétion du cortisol suit un rythme nyctéméral (Figure 4). Elle est maximale le matin à 08h00 pour anticiper la consommation d'énergie à venir durant la journée, puis elle décroît peu à peu en soirée, car il n'est pas nécessaire de faire une réserve d'énergie durant la phase de sommeil, pour être minimale à minuit (Bourne 2003).

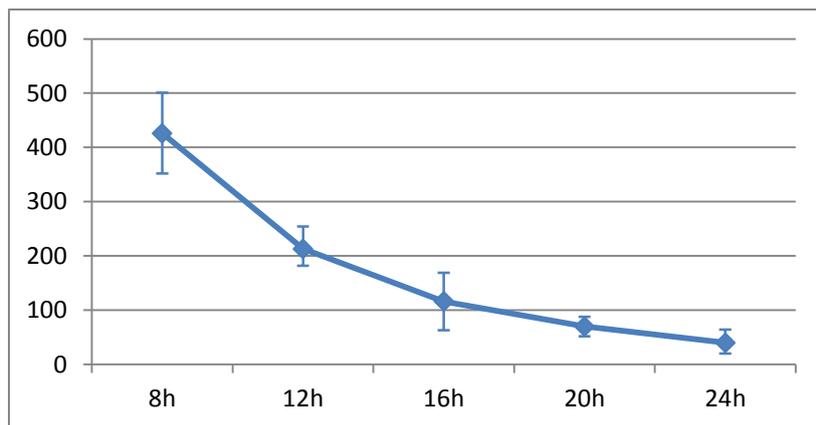


Figure 4 : Variations du cortisol plasmatique (nmol/L) au cours de la journée (graphique construit à partir des valeurs données par Szymanowicz 2011).

Son rythme peut être perturbé avec augmentation de son taux par le stress (facteurs chimiques, physiques, physiologiques ou psychosociaux), le manque de sommeil, la dénutrition, l'altération de l'état de santé, l'exercice physique intense (Kanaley 2001).

### 2.1.3. Expression psychologique du stress

Une distinction entre stress et traumatisme psychique doit être faite. Le premier est bio-neuro-physiologique et le second est psychologique avec des registres différents (Chidiac 2010). Le stress correspond à une mobilisation des ressources énergétiques tandis que le trauma correspond à une effraction dans les défenses psychiques. Le stress résulte de l'interaction de la demande face à un évènement, de la perception de sa propre aptitude de gestion de la situation et de la perception de l'importance d'être capable de faire face à cette demande (McGrath 1976). Sur le plan clinique, lorsque les ressources sont suffisantes par rapport à la demande, la situation est évaluée comme un challenge et la réponse face à un agent stressant est une réaction de stress adapté sans trauma associé. En revanche, lorsque la demande est supérieure aux ressources la situation est évaluée comme une menace et conduit à une réaction de stress dépassé (Tomaka 1993). L'évènement agressant est alors vécu comme un trauma avec risque de développement ultérieur d'une pathologie psychotraumatique (Chidiac 2010), un état de stress post-traumatique (ESPT ou PTSD, post-traumatic stress disorder) pouvant alors apparaître une semaine et un mois plus tard. La réponse en cas de stress adapté génère une « focalisation de l'attention, mobilisation de l'énergie et incitation à l'action ». En contrepartie, des symptômes neuro-végétatifs (tachycardie, transpiration, bouffées de chaleurs, etc.) et une anxiété accompagnent la réaction de stress. En cas de stress inadapté ou

dépassé ou si la situation est trop prolongée, violente, intense ou répétée, et surtout chez des personnes inexpérimentées, la réponse se manifeste alors de 4 façons (Crocq 1989) :

- « une réaction de sidération » (immobilisme et désarroi à l'arrivée sur le terrain),
- « une réaction d'agitation » (fébrilité des gestes, manque de cohérence de l'activité et absence de coordination avec les autres membres de l'équipe),
- « une réaction de fuite panique » (abandon de poste ou actions inutiles chez des soignants fragiles)
- « une réaction automatique » : « *pilotage automatique* » (exécution de façon automatique des gestes sans émotion).

Dans ce contexte, le stress peut alors provoquer une altération des processus cognitifs (Kirschbaum 1996, Wolf 2003). De nombreuses échelles ont été développées pour évaluer le stress aigu (Harvey 2010). Parmi ces échelles, le State Trait Anxiety Inventory (STAI) développé par Spielberger (Spielberger 1983) est une échelle couramment utilisée en clinique (Hull 2011, Arora 2010a) et en simulation (Harvey 2010, Wetzel 2010, Arora 2010b). Cette échelle a l'avantage d'avoir été validée en français (Bruchon-Schweitzer 1993). Elle permet de mesurer indépendamment l'anxiété-état (STAI-A) ou "situationnelle" et l'anxiété-trait (STAI-B) ou "générale" (Bruchon-Schweitzer 1993). La Perceived Stress Scale (PSS) et sa version PSS-10, la plus recommandée du fait de ses qualités psychométriques les plus satisfaisantes (Lee 2012) est également utilisée en situation réelle (Yang 2002) et en simulation (Harvey 2012). D'autres échelles sont également utilisées comme la Depression Anxiety Stress Scale (DASS) en 42 items ou sa version courte en 21 items (DASS-21) (Antony 1998). Certains auteurs font appel à des échelles de Likert pour évaluer le stress en clinique (Metzenthin 2009, Laurent 2013) et en simulation (Leblanc 2008, Hunziker 2012, Clarke 2014), à des échelles visuelles analogiques en clinique (Langelotz 2008, Metzenthin 2009) et en simulation (Girzadas 2009, Hulsman 2010, Keitel 2011, Kharasch 2011, McGraw 2013) ou encore à des échelles numériques de (0 à 10), le Stress-O-Meter (SOM) en clinique (Dawson 2014) et en simulation (Wetzel 2011).

Des échelles pour diagnostiquer l'état de stress post-traumatique ont également été développées. A une semaine, il peut être dépisté grâce à l'échelle d'IES-R (Impact of Event Scale-Revised) (Brunet 2003) et à un mois à l'aide de l'échelle PCLS (Post-Traumatic Check-List Scale). L'échelle IES-R a été créée par Weiss et Marmar en 1996, construite à partir de l'échelle d'Impact de l'événement d'Horowitz en 1979, et traduite et validée en français par Brunet en 2003. L'IES-R mesure la présence de stress traumatique lié à des événements violents. La version initiale de l'Échelle d'Horowitz comprenait deux dimensions : les conduites d'évitement et de répétition associées à la symptomatologie traumatique. En 1996, Weiss et Marmar ont ajouté une troisième dimension :

l'hyperactivité neurovégétative. Vingt-deux items évaluent ainsi l'intensité de chaque symptôme, selon une échelle de Likert en 4 points d'« extrêmement » à « pas du tout ». Elle a été validée auprès de nombreuses victimes d'accidents ou d'agressions diverses. Elle différencie bien les sujets en état de stress aigu de ceux présentant un état de stress post-traumatique. Un score de 22 indiquerait un stress aigu et un score de 36 suggérerait la présence d'un ESPT, sans toutefois poser un diagnostic (Brunet 2003). Son évaluation s'applique dans les 7 jours suivant un événement « stressant ». L'échelle de PCLS est un auto-questionnaire développé par Weathers (Weathers 1991) et validé en français par Yao (2003). L'échelle est composée de 17 items correspondant aux 3 symptômes principaux de l'ESPT : la répétition (items 1 à 5), l'évitement (items 6 à 12) et l'hyperactivité neurovégétative (items 13 à 17). Les participants évaluaient leurs symptômes sur une échelle de Likert en 5 points en se basant sur le mois précédent. Le score total varie de 17 à 85 et le score seuil de 44/85 atteste de la présence d'un ESPT.

#### **2.1.4. Test des outils de mesure des marqueurs de stress en simulation**

Les études en simulation manquent d'homogénéité dans l'analyse des marqueurs de stress (Bong 2016) et peu d'entre elles proposent une analyse concomitante du système endocrinien et du système nerveux autonome, associées à la composante psychologique du stress (Arora 2010a). Une telle approche multimodale des voies du stress est pourtant suggérée (Laurent 2013), combinant mesures objectives et subjectives des marqueurs de stress. Les données de la littérature suggèrent un mécanisme complexe des voies du stress avec des résultats contradictoires concernant les variations et les corrélations entre ces différents marqueurs. Certains auteurs ont trouvé une augmentation des mesures subjectives et objectives des marqueurs du stress (McGraw 2013), alors que d'autres ont conclu à une variation partielle voire négligeable des paramètres de stress (Hulsman 2010). Nous avons donc testé des outils de mesures du stress que nous avons validés pour notre laboratoire, préalablement au travail de recherche.

##### **2.1.4.1. Outils de mesures des paramètres électro-physiologiques du stress**

L'étude du système nerveux autonome en simulation est habituellement basée sur l'analyse hémodynamique (fréquence cardiaque et pression artérielle) et l'analyse temporelle de la VRS (PNN50) à partir du Holter (Bong 2010). Il n'y a pas de traitement du signal ECG par analyse spectrale (ratio BF/HF) en simulation permettant ainsi une approche plus approfondie du stress. Nous avons donc réalisé une étude préliminaire incluant des internes de chirurgie, munis de Holter alors qu'ils étaient évalués sur des exercices de laparoscopie en simulation (Figure 5) (Ghazali 2016a).

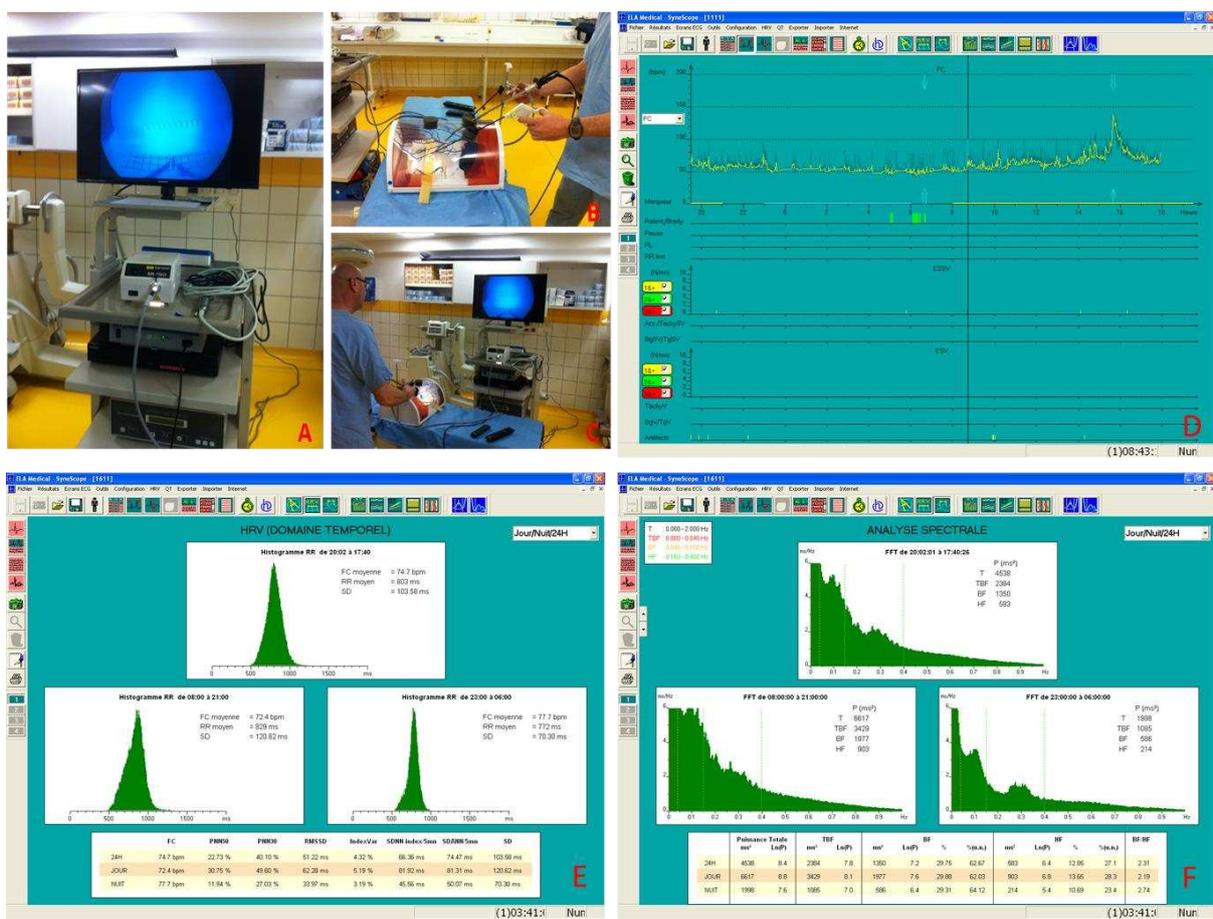


Figure 5 : Paramètres électro-physiologiques de stress lors d'un exercice de laparoscopie en simulation

Légende : A : Colonne de laparoscopie ; B : Modèle de pelvi-trainer ; C : Exercice en simulation ; D : Holter des 24h ; le pic observé à 16h correspond à la séance de simulation ; E : Domaine temporel de la variabilité du rythme sinusal (périodes des 24h, de jour et de nuit) ; F : Domaine spectral de la variabilité du rythme sinusal (périodes des 24h, de jour et de nuit).

En simulation, les internes de chirurgie présentaient tous une modification de leurs paramètres électro-physiologiques, rendant compte d'un stress, différant selon le niveau d'expérience des internes (1<sup>ère</sup> ou 2<sup>e</sup> année d'internat). Il y avait une corrélation prévisible entre la fréquence cardiaque et la VRS. La VRS semblait plus sensible que la fréquence cardiaque tel que le suggérait Bohm, et mieux corrélée à la performance (Bohm 2001).

### 2.1.4.2. Outils de mesure des paramètres biologiques du stress

Parmi les différents marqueurs biologiques de stress, nous avons choisi la mesure du cortisol salivaire. Ce dernier a été évalué sur des participants à l'enseignement du Diplôme Universitaire des Gestes d'Urgence en Pédiatrie (Université de Poitiers) et qui n'ont pas participé par la suite à ce projet de recherche. Nous avons testé trois méthodes de dosage du cortisol salivaire sur 12 participants avant simulation et après débriefing : dosage par RIA (Radio-Immuno-Assay, basé sur l'utilisation d'un isotope radioactif) avec un kit du laboratoire Beckman®, par EIA (Enzyme Immuno Assay, reposant sur une Enzyme-linked immunosorbent assay basée sur l'immunofluorescence par compétition) avec un kit IBL International®, et par un automate Roche® (Tableau 2). L'objectif était de trouver quelle méthode était la plus fiable lors d'une analyse au laboratoire de Biochimie du CHU de Poitiers.

Participants	RIA Beckman®		EIA IBL®		Automate Roche®	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
P1	< seuil	< seuil	12,9	4,6	10,2	2,2
P2	< seuil	< seuil	6,3	3,7	8,35	5,4
P3	< seuil	< seuil	10,1	9,9	8,2	4,6
P4	< seuil	< seuil	3,1	4,9	5,6	5,5
P5	< seuil	tube cassé	3,5	tube cassé	6,4	tube cassé
P6	< seuil	< seuil	4,9	5,1	6,4	3,9
P7	< seuil	< seuil	3,5	4,9	12,4	7,8
P8	< seuil	< seuil	6,3	10,8	4,4	3,9
P9	< seuil	< seuil	8,2	5,4	7,9	5,9
P10	< seuil	< seuil	7,6	8,7	6,2	7,3
P11	< seuil	< seuil	6,1	7,4	8,5	7,3
P12	< seuil	< seuil	5,5	9,6	5,6	8,1

Tableau 2 : Analyse du cortisol salivaire (nmol/l) avant et après une séance de simulation par différentes méthodes de dosage (Ghazali 2013)

Légende : EIA : Enzyme Immuno Assay ; P1 à P12 : Participants 1 à 12 ; RIA : Radio Immuno Assay

Par la méthode RIA, la concentration était sous le seuil de détection. La concentration (en nmol/l) du cortisol salivaire était avant simulation de  $6,50 \pm 2,88$  par EIA vs.  $7,51 \pm 2,28$  avec l'automate ( $p = 0,35$ ) et après débriefing  $6,81 \pm 2,53$  par EIA vs.  $5,63 \pm 1,88$  avec l'automate ( $p = 0,23$ ). En revanche, la moitié des analyses par automate a dû être recommencée du fait d'un problème de prélèvement dans la pipette. Ainsi, le choix s'était porté sur la méthode EIA avec les kits IBL®.

La deuxième constatation que nous avons pu faire lors de cette étude préliminaire, était l'absence de variation de type avant/après ( $p = 0,78$ ). Ceci était en opposition avec le sentiment de stress évalué par le score de SOM (de 0 à 10) (Dawson 2014) par les participants qui passait de  $3,9 \pm 2,0$  avant simulation à  $7,4 \pm 1,0$  pendant la simulation ( $p < 0,0001$ ). Nous avons alors émis l'hypothèse d'une augmentation du taux de cortisol durant la simulation puis d'une baisse durant le débriefing standardisé (Rudolph 2008) jusqu'à un niveau proche de celui qui était présent avant la simulation et suggérant à tort une absence de variation significative du taux de cortisol. Nous avons donc décidé de réaliser une étude plus approfondie en simulation en effectuant les prélèvements la veille de la simulation au repos, avant la simulation, après la simulation et après le débriefing. Selon Dulmen, les mesures de stress basées sur le cortisol devraient être répétées, les prélèvements devant être fait lors d'une journée de repos en plus du jour avec élément stressant et au même moment (Dulmen 2007). La mesure la veille de la simulation, au repos, est importante car la valeur qui précède l'évènement stressant est également plus élevée que celle au repos, témoignant de l'anticipation cognitive des participants (Maso 2002).

Le principe de la méthode ELISA utilisée est un test immuno-enzymatique sur phase solide reposant sur la notion de compétition (Figure 6).

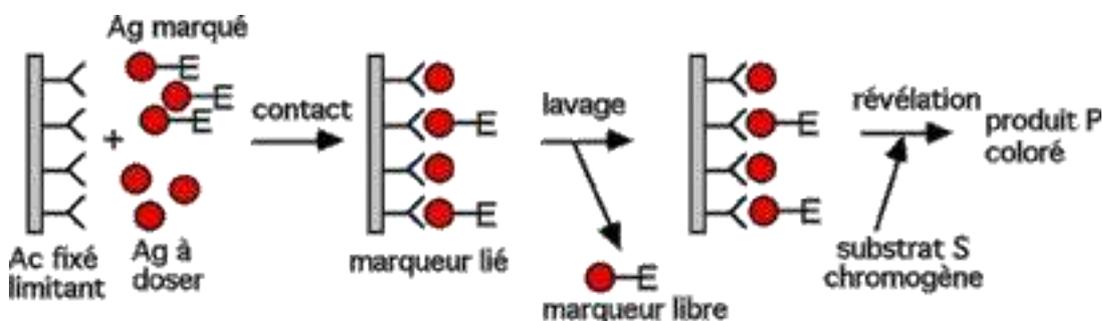


Figure 6 : Dosage d'un antigène par ELISA compétition (Lafont 2005)

La méthode de dosage que nous avons adoptée était validée (Westermann 2004) et préconisée par le fournisseur IBL international®, Hamburg, Germany (IBL international 2015). Les échantillons de salive sont centrifugés 10 min à 2000-3000 x g et congelés à  $-20^{\circ}\text{C}$  pour être conservés. Pour les dosages, et après décongélation, 50 $\mu\text{l}$  de chaque étalon, contrôle et échantillon sont déposés dans les puits et associés à 100 $\mu\text{l}$  d'enzyme conjuguée. Antigènes recherchés et antigènes marqués entrent alors en compétition pour se fixer aux anticorps coatés dans les puits. Après une incubation

pendant 2h à température ambiante sur agitateur orbital à 500 rpm, une série de 4 lavages successifs est réalisée avec 250µl de tampon de lavage dilué. Une incubation de 30 min à température ambiante sur un agitateur orbital à 500 rpm est faite après ajout de 100µl de substrat chromogène TMB (3,3',5,5'-tétraméthylbenzidine). La révélation est alors obtenue après ajout de 100µl de solution d'arrêt TMB, permettant un changement de couleur du bleu vers le jaune de la solution. La lecture de la densité optique est alors faite dans les 15 min à 450 nm (Figure 7). La concentration en antigènes recherchés est inversement proportionnelle à l'intensité lumineuse. Un contrôle systématique des étalons et des contrôles est fait grâce aux gammes d'étalonnage fournies avec le kit (figure 8).

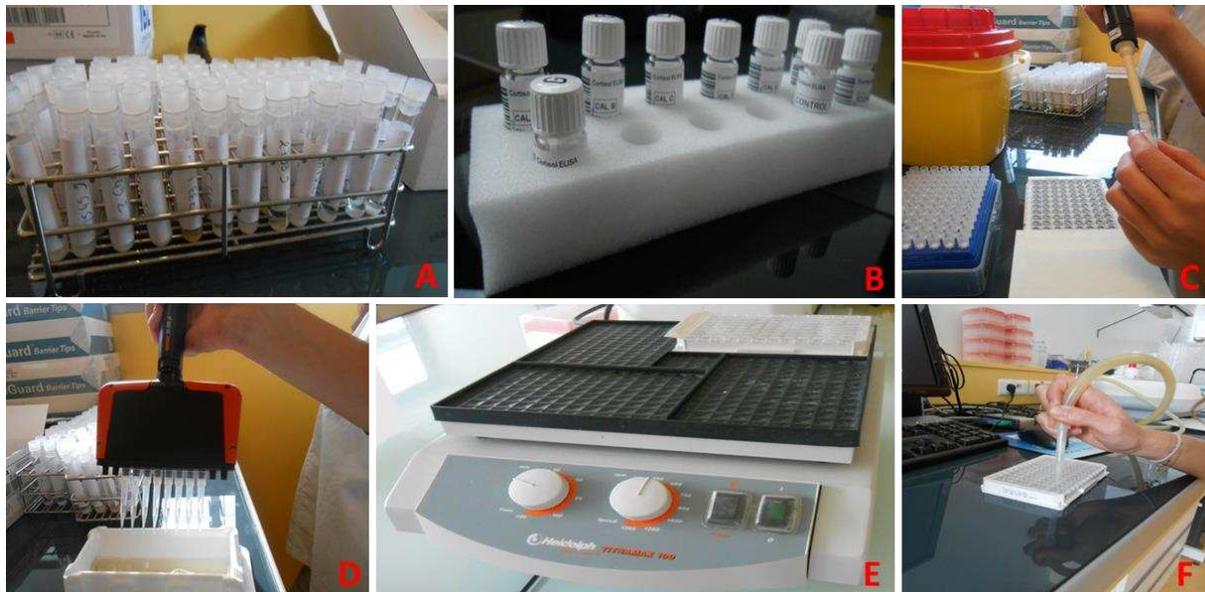


Figure 7 : Dosage de cortisol salivaire par ELISA

Légende :

A : Echantillons de salive ; B : Standards et contrôles ; C : Prélèvement des échantillons ; D : Dépôts dans les puits ; E : Phases d'incubation ; F : Lecture des densités optiques

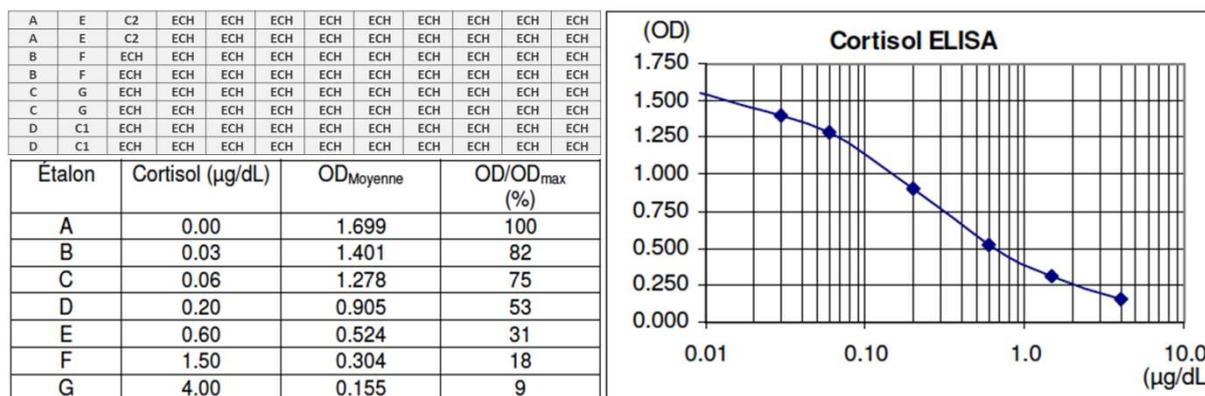


Figure 8 : Contrôle qualité des dosages de cortisol salivaire (courbe d'étalonnage issue du manuel IBL International)

Légende : A à G : Gamme d'étalonnage à partir des standards ; C1 et C2 : Contrôles ; ECH : Echantillons de salive ; OD : Densité optique

### 2.1.4.3. Outils de mesure des marqueurs psychologiques du stress

Au cours de l'étude préliminaire menée pour l'analyse du cortisol salivaire décrite ci-dessus, les 12 participants réalisaient une prise en charge en simulation haute-fidélité d'un scénario de nourrisson en état de choc. Nous avons recherché le niveau de stress ressenti sur une échelle numérique, le SOM (Stress-O-Meter), évalué de 0 à 10 (Dawson 2014). Il y avait une augmentation du score de SOM pendant la simulation ( $7,4 \pm 1,0$ ) en comparaison à celui d'avant la simulation ( $3,9 \pm 2,0$ ),  $p < 0,0001$ .

## 2.2. Simulation appliquée à la médecine d'urgence

### 2.2.1. Médecine d'urgence et urgences vitales

La médecine d'urgence pourrait être définie comme la médecine de l'inattendu. Cependant, dans cet univers de l'inattendu, du fait de l'exigence morale du médecin vis-à-vis de son patient, « l'imprévoyance et l'improvisation sont inacceptables » (G. Huault 1969). La lutte contre l'imprévoyance passe par l'anticipation et celle de l'improvisation, par la codification. Cette vision faisait référence aux compétences médicotéchniques de médecine d'urgence. Or la connaissance médicale ne se borne pas à un savoir théorique exhaustif et un savoir-faire pratique médicotéchnique. La médecine d'urgence repose également sur l'aptitude à développer une compétence pour le travail en équipe et un savoir-être relationnel vis-à-vis de l'équipe soignante, des patients et des familles. La médecine d'urgence, même en reposant sur une forte composante

médicotechnique, appartient selon David Gaba à ce modèle holistique de la médecine (Irani 2000). Ainsi, la sûreté d'un patient en urgence vitale dépend de la performance d'équipe, que nous pouvons modéliser en trois composantes : la réalisation de gestes techniques et thérapeutiques, l'application d'algorithmes de prise en charge et le travail d'équipe. Ce travail d'équipe correspond à une compétence non-technique qui fait appel en urgence aux principes de gestion d'une situation de crise (Crisis Resource Management, CRM). Les principes de CRM incluent : le leadership, la répartition des tâches, la qualité de la communication (avec utilisation du double-check), la prise de décision, l'anticipation et la planification, l'appel d'aide, la réévaluation de la situation et la priorisation (Owen 2006). La médecine d'urgence est une spécialité qui, dans la gestion des urgences vitales, implique une demande très importante en termes de qualité du travail médicotechnique et relationnel avec de multiples interactions au sein d'une équipe pluri-professionnelle en temps limité. Ces contraintes peuvent être une source importante de stress avec son risque d'erreur. Ces prises en charge en condition de stress répété, peuvent affecter durablement les équipes d'urgence. Cette notion de psychotrauma des équipes d'urgence, « des humains faillibles », a trouvé un écho auprès des cliniciens à la fin du 20e siècle, suite à l'expérience de catastrophes telles que celles du terrorisme (Chidiac 2010). Les médecins, infirmiers et ambulanciers des SAMU – SMUR sont confrontés quotidiennement à des situations imprévisibles et brutales nécessitant la prise de décisions importantes et rapides. Cette réalité professionnelle expose les intervenants à « des situations d'agression et de menace multiples, intenses et répétées » susceptibles d'entraîner des réactions immédiates de stress dépassé et de véritable traumatisme psychique (Laurent 2007) pouvant même conduire jusqu'à un état de stress post-traumatique (Laposa 2003, Laurent 2014). En ce sens, la simulation apparaît essentielle à cette discipline à haut risque. Elle est un des moyens pédagogique pour améliorer la performance en apportant un enseignement en condition de stress. En 2009, le sénat américain a reconnu la simulation comme la méthode pédagogique standard pour les formations médicales initiale et continue en médecine d'urgence (Forbes 2009).

### **2.2.2. Définition de la simulation**

La Haute Autorité de Santé (HAS) a repris la définition de la simulation médicale donnée par la Society for Simulation in Healthcare. Elle correspond à « l'utilisation d'un matériel (comme un mannequin ou un simulateur procédural), de réalité virtuelle ou d'un patient standardisé, pour reproduire des situations ou des environnements de soin, dans le but d'enseigner des procédures diagnostiques et thérapeutiques et de répéter des processus, des concepts médicaux ou des prises de décision par un professionnel de santé ou une équipe de professionnels » (Granry 2012). La médecine d'urgence a permis de démontrer le bénéfice de la simulation dans l'apprentissage de la

physiologie, de la sémiologie, des gestes pratiques, du travail en équipe et de la communication (Chakravarthy 2011). Par ailleurs, la simulation devient un paradigme pédagogique en Amérique du Nord : 91% des programmes de formation des internes en médecine d'urgence utilisent la simulation et cela, à raison de plus de 10 heures par mois et par interne dans la moitié des cas (Okuda 2008). Elle permet l'enseignement des situations et des gestes rares chez les professionnels de santé (Shefrin 2010). Le champ d'application de la simulation va de l'utilisation de task-trainers – simulateurs dédiés à une seule tâche – jusqu'à la réalisation de scénarios en équipe d'une situation complexe de SAUV (Service d'Accueil des Urgences Vitales) pour atteindre un objectif complexe de travail en équipe. Ce vaste domaine d'utilisation fait de la simulation un outil d'évaluation formative et normative des soignants (Epstein 2007).

### 2.2.3. Modèles et choix du modèle en simulation

Plusieurs modèles de simulation existent. Une liste exhaustive a été proposée permettant de distinguer la simulation organique et non-organique (Chiniara 2007) (Figure 9).

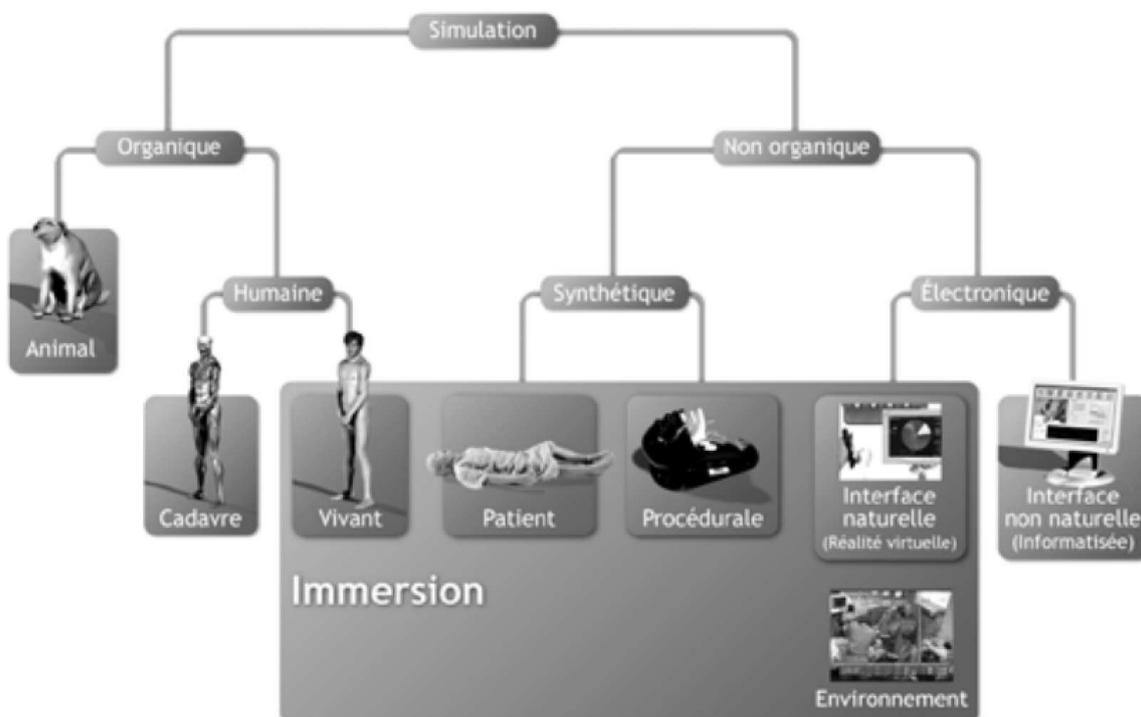


Figure 9 : Classification de la simulation proposée par Chiniara à partir de celle de Ziv et adoptée par la PennState University ([www.hmc.psu.edu](http://www.hmc.psu.edu))

Le simulateur patient synthétique basse ou haute-fidélité, de taille réelle allant du nourrisson à l'adulte, est réaliste (Meller 1997). Le mannequin haute-fidélité reproduit des fonctions physiologiques telles que la respiration (bruits et auscultation), la circulation (auscultation cardiaque et palpation de pouls), la transpiration, la réponse neurologique (conscience, mobilité, pupilles). Il permet la réalisation de gestes techniques telles que la ventilation, l'intubation, la perfusion (voie périphérique ou intra-osseuse par exemple), l'exsufflation pleurale. Il est piloté à distance par le superviseur grâce à un programme informatique dédié, obéissant à un scénario préétabli et qu'il est possible de moduler en temps réel en fonction des actions réalisées. Selon la technologie utilisée, la réponse du mannequin peut être directe suite à l'injection virtuelle de médicaments par exemple ou déclenchée à distance par le superviseur, lorsqu'une action est décelée. Son utilisation a pour but d'établir un univers de simulation en immersion, dont le réalisme peut être amélioré par optimisation de l'environnement utilisé. Il permet alors aux équipes de vivre des situations simulées extrêmement proches de la réalité clinique (HAS 2013).

#### **2.2.4. Stress en simulation et utilisation d'éléments « stressseurs »**

Le stress en simulation vient pour une partie de l'observation visuelle directe par des observateurs et/ou par vidéo (Andreatta 2010) et pour l'autre part par la simulation en elle-même. La simulation peut générer du stress de différentes façons : en ayant pour objectif la réalisation d'un geste chronométré (Poolton 2011), en réalisant un scénario beaucoup trop complexe pour des apprenants novices, ou encore par un environnement et un matériel inconnu. Lorsqu'il y a une volonté de réaliser un scénario lors duquel les participants ressentiront un stress, tous ces paramètres cités doivent être pris en compte et contrôlés afin que le stress mesuré soit uniquement celui recherché. Ainsi, lors du briefing (phase précédant la simulation servant à présenter l'environnement d'apprentissage aux participants ainsi que le début du scénario), un temps doit être dédié à la découverte de l'environnement et du simulateur. Les participants doivent être prévenus si la séance est filmée et l'objectif de l'évaluation expliqué (évaluation non offensante et ne jugeant pas un individu mais une performance). Un environnement sécuritaire sans interférence avec des éléments extérieurs au programme, permet également de limiter le stress « non-contrôlé » de la simulation. L'encadrement de tous ces facteurs permet de codifier le stress recherché et de pouvoir analyser un objectif en termes de stress prévisible. Ce stress recherché peut venir d'un haut degré de réalisme du mannequin et de son environnement, par la présence codifiée d'intervenants extérieurs et d'un niveau de difficulté croissant. S'il apparaît que le niveau de stress doit être mesuré et que les « agents stressseurs » soient contrôlés pour éviter d'altérer le processus pédagogique d'apprentissage et la performance, il est tout de même essentiel d'introduire un certain degré de stress pour

optimiser ce même processus pédagogique et donc la performance médicale (Bong 2016). Le recours à des « agents stressseurs » est essentiel en pédagogie et notamment en simulation, à condition que le niveau de stress soit maîtrisé. L'impact du stress sur le processus pédagogique dépend de la phase mémorielle impliquée dans l'apprentissage lors de l'exposition à ce stress (Wolf 2008). Le stress peut interférer de manière bénéfique ou délétère avec la mémoire à court-terme, le travail de mémorisation, la consolidation mémorielle et la restitution de compétences (Bong 2016). La mémorisation d'informations à court terme (mémoire sensorielle), peut être améliorée par un certain degré de stress tandis qu'un excès de stress peut conduire à occulter des informations essentielles et amenant le leader, voire l'équipe, à envisager un diagnostic erroné avec une prise en charge inadaptée (effet tunnel) (Staal 2004). Le travail de mémorisation et d'intégration d'informations simultanées est également amélioré ou altéré par le stress selon qu'il est adapté ou excessif (Bong 2016). La consolidation mémorielle est améliorée en cas de stress (Cahill 2003) mais n'est possible que si le travail de mémorisation est efficient et donc en absence de stress excessif (Bong 2016). De la même manière, la restitution des éléments mémorisés est affectée par le niveau de stress en étant inhibée lorsqu'il devient trop important (Kuhlmann 2005).

#### **2.2.5. Evaluation d'un processus pédagogique et pyramide de Kirkpatrick**

L'apprentissage par simulation, comme toute pédagogie, doit être rigoureusement évalué car cela permet de distinguer une activité ludique d'une activité pédagogique (Ghazali 2012). Le modèle de Kirkpatrick représente la méthode la plus utilisée d'évaluation pédagogique. Donald Kirkpatrick a proposé une évaluation en quatre niveaux (Kirkpatrick 1959) :

- Le premier niveau (Réactions) identifie les réactions des participants à la formation et leur degré de satisfaction. Les méthodes utilisées sont les fiches d'évaluation de la formation, les questionnaires, les entretiens.
- Le second niveau (Apprentissage) mesure l'apprentissage des utilisateurs au niveau des connaissances, des compétences et de l'attitude (savoir, savoir-faire, savoir-être). Elle se fait comme pour le niveau 1 par auto-évaluation mais aussi par hétéro-évaluation (grâce à des échelles d'évaluation validées).
- Le troisième niveau évalue les changements dans le comportement des individus à leur poste de travail suite à la formation. C'est le changement des pratiques professionnelles. Il peut être estimé par auto-évaluation mais est réalisé par hétéro-évaluation.

- Le quatrième niveau a pour but d'évaluer l'impact clinique sur le patient des conséquences de l'apprentissage. Il se fait par les mesures objectives de marqueurs cliniques de mortalité et/ou de morbidité.

Une formation donnée doit être évaluée au minimum par le niveau 1 de Kirkpatrick. A contrario, le niveau 4 est très rarement évalué lors des formations par simulation du fait de sa complexité (Figure 10).

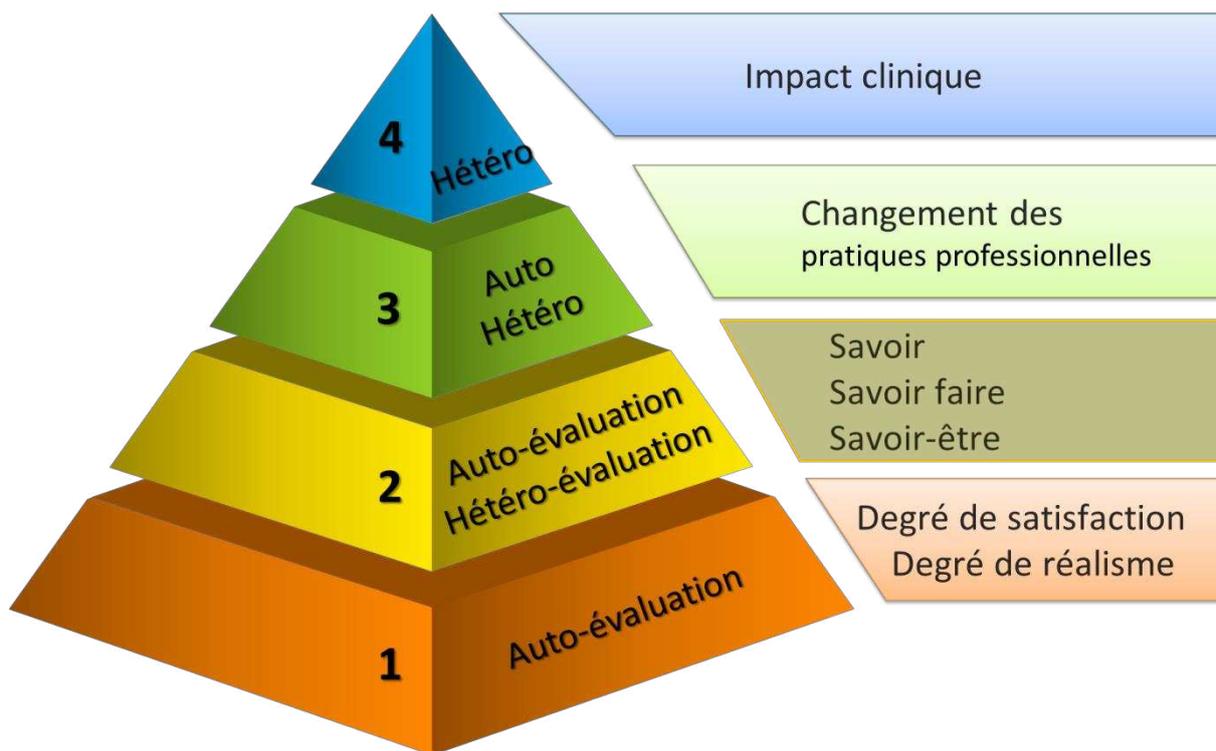


Figure 10 : Modèle d'évaluation pédagogique à quatre niveaux de Kirkpatrick appliqué au domaine de la simulation médicale (Ghazali 2016b, d'après Kirkpatrick 1959)

### 2.2.6. Validation d'un outil de mesure de la performance clinique en équipe

Devant l'absence d'outil d'évaluation de la performance technique d'équipe, nous avons développé et validé une échelle d'évaluation. Il existe des échelles d'évaluation d'une procédure sur le plan technique (Vassillou 2006, Oriot 2012, Jordan 2016, Jaffer 2015, Aoun 2015). Il existe également des échelles d'évaluation des compétences non-techniques individuelles (Anderson 2010) ou en équipe (Sevdalis 2012). Ce n'était pas le cas pour la performance technique globale d'équipe. Afin de l'étudier, nous avons donc créé un outil d'évaluation dont certains paramètres psychométriques ont

été mesurés lors de ce programme de recherche. Il s'agit de l'échelle Team Average Performance Assessment Scale (TAPAS) (Oriot 2016). Cette échelle est basée sur la prise en charge en équipe d'un patient quel que soit son âge (du nourrisson à l'adulte) selon l'algorithme ABCDE recommandé en cas d'urgences vitales (ACLS 2015, PALS 2012, PHTLS 2014, ATLS 2012, Thim 2012) ; c'est-à-dire la gestion des voies aériennes (Airways), de la ventilation (Breathing), de l'hémodynamique (Circulation), de l'état neurologique (Disability) et de l'exposition (Exposure). L'échelle TAPAS est constituée de 129 items cotés de 0 à 2 et répartis en six sections (Préparation et les 5 sections de l'algorithme ABCDE). C'est une échelle validée pour l'utilisation en simulation. L'analyse de cette échelle a montré une bonne cohérence interne avec un coefficient  $\alpha$  de Cronbach à 0,745, une excellente reproductibilité avec un coefficient de corrélation intra-classe à 0,862. La comparaison inter-observateur était très bonne (coefficient = 0,838,  $p = 0,001$ ,  $r^2 = 0,64$ ) avec une discordance de moins de 7% et une absence de différence des variances (Oriot 2016).

### 3. INTRODUCTION

Notre expérience clinique de médecin urgentiste et celle d'instructeur en simulation, nous ont amené à considérer la possibilité d'explorer en recherche la relation stress – performance lors d'un travail d'équipe en simulation et de tester l'effet de la répétition des séances de simulation sur cette relation.

#### 3.1. Stress et performance d'équipe en simulation d'urgences

La « *human function curve* » a dérivé de la loi de Yerkes et Dodson pour expliquer le principe de stress adapté et inadapté et son impact sur la performance (Figure 11) (Nixon 1976).

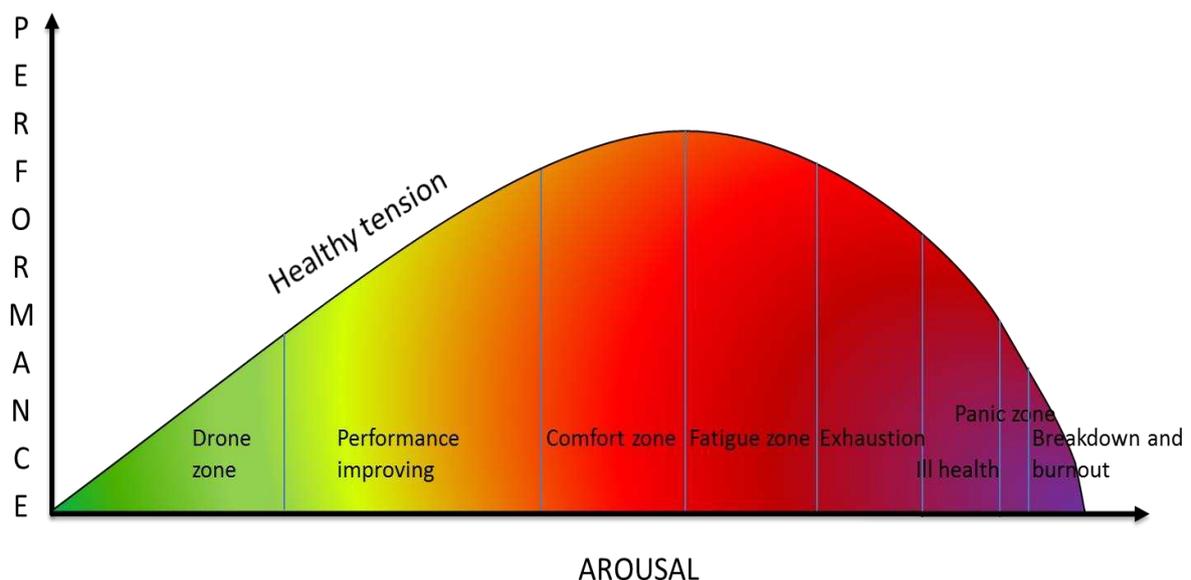


Figure 11 : Lien entre performance et stress (arousal) (Ghazali 2016c)

Cette théorie s'applique en médecine d'urgence et plusieurs études l'ont démontré (Bong 2016). Elle s'applique également en simulation de situations d'urgences cliniques. Le stress module la performance et le principe de stress adapté ou inadapté permet d'expliquer des liens parfois contradictoires entre stress et performance. Sous certaines conditions de stress, la performance technique peut être améliorée (Keitel 2011). A l'inverse, un excès de stress conduit à une baisse de performance (McGraw 2013). De même, la performance non-technique pourrait être améliorée ou

altérée par le stress, mais peu d'études ont analysé ce lien (Bong 2016). La relation entre performance et stress n'est pas encore totalement élucidée.

### **3.2. Stress et performance : champs inconnus et non-explorés**

#### **3.2.1. Mesures objectives et subjectives des marqueurs de stress**

Il n'y a pas d'homogénéité dans le choix des marqueurs de stress selon les études et la recherche de corrélation n'est pas systématique. Selon les études, la variation des marqueurs de stress est différente voire contradictoire. Les différences entre les types de simulation, de schéma d'étude, de modèle choisi, du niveau des participants et bien d'autres facteurs encore, pourraient intervenir pour expliquer cette hétérogénéité de résultats. Dans certaines études le cortisol augmentait franchement (Müller 2009), faiblement (Valentin 2015) ou même pas du tout (Van Dulmen 2007, Wetzel 2011). De même, au niveau psychologique, le score du STAI par exemple, augmentait (Arora 2010b) ou diminuait (Leotsakos 2014) selon les études, pour le même champ de la simulation. Des études sur la médecine d'urgence trouvaient une auto-évaluation du stress augmentée (Kharasch 2011) ou inchangée (Clarke 2014).

Par ailleurs, la relation exacte entre les différentes voies du stress n'est pas totalement élucidée, ce qui pourrait expliquer une possible ou une absence de corrélation entre les voies du stress selon les études. De plus, peu d'études proposent une analyse multiparamétrique des différentes voies du stress en même temps. Parmi celles qui le font, certaines ne recherchent pas de corrélation entre les voies du stress. Ainsi, la relation des paramètres électro-physiologiques du stress (incluant fréquence cardiaque et variabilité du rythme sinusal) aux autres paramètres de stress, est très variable selon les études. Dans certains cas, une forte corrélation a été retrouvée (Arora 2010a), alors que dans d'autres cas elle n'était que partielle (Noto 2005) ou inexistante (Hunziker 2012). Une seule étude s'est intéressée au stress au cours du débriefing et a mis en évidence une baisse des marqueurs biologiques, électro-physiologiques et psychologiques du stress (Hunziker 2012).

Pour ce qui est de la survenue d'un ESPT, aucune étude en simulation n'en a fait son évaluation. L'impact de la répétition du stress ressenti en simulation est inconnu.

### 3.2.2. Performances techniques et non techniques du leader et de l'équipe en condition de stress

La relation entre stress et performance non-technique n'a été que très peu étudiée alors que la loi de Yerkes et Dodson devrait s'appliquer, tout comme celle entre le stress et la performance technique (Bong 2016). Le stress altère la gestion de la situation de crise (CRM) en affectant la prise de décision, en générant une perte attentionnelle et en diminuant l'interaction entre le leader et son équipe (Leblanc 2009). A notre connaissance aucune étude n'a étudié en même temps l'effet du stress sur la performance technique et non-technique. De ce fait, il n'est pas possible actuellement de savoir si ces deux performances, liées entre elles sont affectées de la même manière par la réaction de stress. La performance du leader et celle de l'équipe, les performances techniques et non-techniques sont en général étudiées séparément et donc sans la possibilité d'appliquer un stress similaire pour en comparer l'impact. En d'autres termes, les données de la littérature ne permettent pas de dire pour un niveau de réaction de stress donné lors d'une simulation, sur quelle composante de la performance le stress intervient et s'il intervient de la même façon (Figure 12).

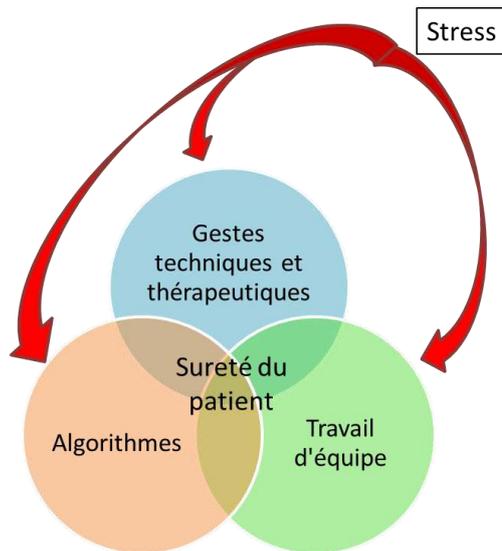


Figure 12 : Modélisation de la performance et interaction avec le stress

### 3.2.3. Effet de la répétition des simulations sur le stress et la performance

Après une séance de simulation, l'entraînement préserve les compétences (Andresen 2008) et l'entraînement systématique des équipes en simulation améliore la performance (Sevdalis 2013). Il contribue ainsi au maintien de la sûreté du patient (Morey 2002). Un proverbe populaire russe dit

« La répétition est la mère de l'apprentissage ». Cependant, si l'idée d'une amélioration de la performance pourrait paraître acquise par la répétition, la fréquence de répétition de la simulation est en fait inconnue. Elle pourrait varier de six semaines à six mois (Kuduvalli 2008). Il y a un manque d'homogénéité dans les fréquences de répétition choisies par les différents protocoles d'études pour mettre en évidence une amélioration des performances techniques et non-techniques (Christenson 2007, Cordero 2013, Picard 2015). De ce fait, il n'y a pas à notre connaissance de fréquence optimale de répétition des simulations.

L'effet de la répétition de la simulation sur le stress n'est pas connu. Est-ce que la répétition de la simulation abaisse le niveau de stress ? Si une diminution de la réaction de stress existe, se fait-elle de façon globale en affectant toutes les dimensions de l'expression du stress ou bien est-elle partielle affectant plus les mesures objectives ou subjectives des paramètres du stress ? Cette réflexion amène à une deuxième question : est-ce que la performance augmente concomitamment à une baisse du stress ? Ce qui sous-entendrait qu'il y ait un déplacement d'un niveau de stress dépassé vers un niveau de stress adapté sur la courbe de Yerkes et Dodson ? Est-ce que la performance augmente avec un même niveau de stress, sous-entendu que la courbe de Yerkes et Dodson serait décalée (Figure 13) ?

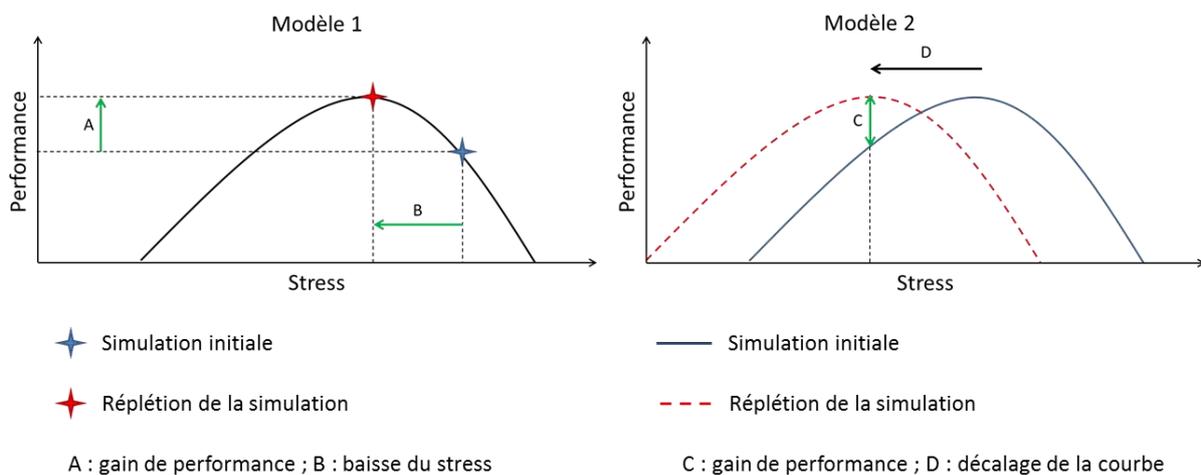


Figure 13 : Hypothèses (Modèle 1 et 2) d'effet de la répétition de la simulation sur la relation stress / performance

Une interrogation apparaît également sur l'impact de cette exposition à un stress répété. Cette question pose l'hypothèse de la genèse d'un ESPT suite à la répétition d'entraînements de situations

d'urgences en simulation tel qu'il a été décrit pour les situations réelles d'urgence. La recherche d'un éventuel ESPT n'a jamais été réalisée en simulation.

#### **3.2.4. Hypothèses de recherche**

La simulation haute-fidélité est source de stress et les études préliminaires que nous avons réalisées le suggèrent. Notre hypothèse était donc que le niveau de stress le jour de la simulation serait supérieur à celui de la veille au repos. Nous supposons qu'au cours de la session, le stress augmenterait avec la simulation et diminuerait après le débriefing.

Nous avons également formulé l'hypothèse que la répétition des simulations permettrait une diminution du stress et une augmentation de la performance. Du fait d'un briefing et d'un débriefing adapté et standardisé (Rudolph 2008), nous ne pensions pas que la répétition des simulations – et donc le stress répété – puisse engendrer un ESPT. Nous pensons que les performances techniques et non-techniques seraient améliorées par la répétition des séances.

#### **3.3. But de la recherche**

Le but de cette recherche était d'étudier le lien entre stress et performance d'une équipe pluri-professionnelle lors de la prise en charge médicale d'une urgence vitale en simulation et d'analyser l'effet de la répétition de séances de simulation sur le stress et la performance.

## **4. OBJECTIFS**

### **4.1. Objectif principal**

L'objectif principal était d'analyser l'association entre stress et performance après description de ces paramètres dans le modèle choisi.

### **4.2. Objectifs secondaires**

Les objectifs secondaires étaient de :

- 1- Mesurer l'effet de la simulation répétée sur le stress
- 2- Mesurer l'effet de la simulation répétée sur les performances techniques et non-techniques
- 3- Comparer l'évolution du stress et de la performance

## 5. METHODES

### 5.1. Etude

#### 5.1.1. Typologie et choix du plan expérimental

Ce programme de recherche nommé Sim-Stress était une étude prospective, randomisée, contrôlée, avec comparaison de deux groupes de participants, dont les fréquences d'entraînement en simulation différaient sur une période d'un an. Une évaluation des performances et du stress a été réalisée avec recherche de corrélation entre eux (Figure 14) (Ghazali 2016d).

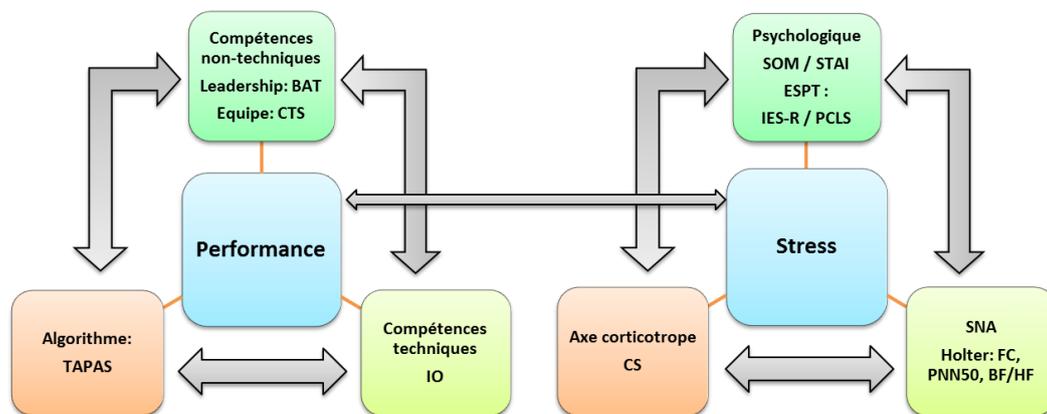


Figure 14 : Eléments de l'intervention et corrélations recherchées (d'après Ghazali 2016d)

Légende :

Scores de performances : BAT: Behavioral Assessment Tool, CTS : Clinical Teamwork Scale, IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale, TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale.

Paramètres de stress : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0.04-0.15Hz) et haute fréquence (0.15-0.45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; CS : cortisol salivaire ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) ; FC : fréquence cardiaque (bpm) ; IES-R : Impact of Event Scale-Revised ; PCLS : Post-Traumatic Check-List Scale ; ESPT : état de stress post-traumatique ; PNN50 : proportion (%) de paires d'intervalles NN successifs différant de plus de 50 ms sur la totalité de l'enregistrement ; SOM : Stress-O-Meter (échelle de stress numérique de 0 à 10) ; STAI : State-Trait Anxiety Inventory.

↔ Corrélation potentielle

### **5.1.2. Lieu de l'étude**

L'étude s'est déroulée dans l'ABS-Lab – Laboratoire de Simulation de l'UFR de Médecine et Pharmacie de Poitiers sous l'égide du CIC – INSERM #1402. Le laboratoire est muni d'un environnement ad hoc : SAUV (Service d'Accueil des Urgences Vitales) simulé, mannequin SimNewB<sup>®</sup> (Laerdal<sup>®</sup>), système d'acquisition et de restitution.

### **5.1.3. Calendrier de l'étude**

Il a été prévu un an pour obtenir les autorisations de recherche, un an pour la réalisation des expérimentations et deux ans pour réaliser et exploiter les analyses.

### **5.1.4. Accord des instances**

Nous avons obtenu au préalable du lancement de l'étude l'accord de différentes instances. Tout d'abord le projet a été validé par le Centre d'Investigation Clinique CIC – INSERM #1402 (ancien INSERM #802) (Annexe 1). L'Agence Nationale de Sécurité du Médicament (ANSM) a donné son autorisation d'essai clinique ne portant pas sur un produit de santé (n° 2013-A00648-37) et la réalisation de cette étude en tant que recherche biomédicale (Annexe 2). Le CHU de Poitiers a par conséquent accepté d'être promoteur de l'étude (Annexe 3). L'agrément pour réaliser cette recherche biomédicale au sein de la Faculté de Médecine de Poitiers a été accordé par l'Agence Régionale de la Santé (ARS) de la Région Poitou-Charentes par arrêté n° 2013-000108 en date du 28 janvier 2013 (Annexe 4). Après obtention de ces accords, un dossier a été déposé auprès du Comité de Protection des Personnes (CPP) III de la région Ouest et a été enregistré sous le numéro 13.05.16 (Annexe 5).

De plus, en vue de la publication des résultats, un enregistrement de l'étude a été réalisé sur le site ClinicalTrials.gov ; le protocole a été validé et enregistré sous le n° NCT02424890 (Annexe 6).

## **5.2. Population de l'étude**

Nous avons constitué des équipes pluri-professionnelles composées de quatre membres : un médecin urgentiste senior, un médecin junior (interne de médecine d'urgence), un(e) infirmier(e) diplômé(e) d'Etat (IDE) et d'un ambulancier(ère) SMUR, formant habituellement les équipes de SAMU en France.

### **5.2.1. Critères d'inclusion**

Les critères d'inclusion réunissaient :

- Le consentement libre et éclairé ; toutes les inclusions des participants ont été anonymisées ; la participation s'était faite sur la base du volontariat.
- L'accord écrit pour l'évaluation par vidéo
- Les caractéristiques pour chacune des quatre personnes de l'équipe :
  - o Médecin senior ayant une expérience professionnelle de moins de sept ans et ayant validé le Diplôme Universitaire des Gestes d'Urgence en Pédiatrie (DU-GUP) après 2010.
  - o Médecin junior : interne inscrit au DESc (Diplôme d'Etude Spécialisé Complémentaire) de médecine d'urgence, ayant également validé le DU-GUP
  - o Infirmier(e) ayant une expérience professionnelle de moins de sept ans dans un SAMU et ayant obtenu l'EPILS (European Pediatric Immediate Life Support) agréé par le Conseil Européen de Réanimation
  - o Ambulancier(e) ayant une expérience professionnelle de moins de sept ans dans un SAMU

### **5.2.2. Critères de non inclusion**

- Antécédents médicaux et/ou psychiatriques pouvant influencer l'état de stress
- Antécédents cardiaques ou neurologiques convulsivants
- Porteur de pacemaker
- Participant prenant des médicaments cardiotropes et/ou des bronchodilatateurs  $\beta$ 2-mimétiques (modification possible des paramètres électrophysiologies cardiaques)
- Non-respect des horaires d'évaluation pouvant influencer les paramètres étudiés

### **5.2.3. Critères d'exclusion au cours de l'étude**

- Grossesse
- Troubles du rythme cardiaque graves
- Souhait d'abandon d'un des membres de l'équipe (dans ce cas toute l'équipe devait être exclue de la recherche)

#### **5.2.4. Nombre de sujets nécessaires**

Le nombre de sujets nécessaires a été calculé pour répondre à l'objectif principal de l'étude, la mise en évidence du stress, ainsi que d'une relation entre stress et performance. Le but était de mettre en évidence une relation entre stress et performance telle que le coefficient de corrélation atteigne au moins la valeur de 0,50. Pour un risque de 1ère espèce de 5%, avec une puissance de l'ordre de 90% en situation bilatérale, le nombre de sujets à inclure était de 46 (Proc POWER, SAS). Ainsi 12 équipes de quatre personnes ont été constituées, chaque équipe comprenant les représentants de chaque statut (un médecin senior, un médecin junior (interne), un(e) infirmier(e) et un(e) ambulancier(e)). Pour répondre aux objectifs secondaires, les équipes ont été réparties en deux groupes randomisés – expérimental et contrôle. L'effectif de 12 personnes dans chacune des catégories professionnelles permettait de pouvoir mettre en évidence une différence de 2,1 points du score de performance de pose de voie intra-osseuse (IO) sur 20 points (Oriot 2012), sachant que l'écart-type de ce score a été décrit à 1,02 dans une étude antérieure. En revanche, nous ne disposons pas de renseignements suffisants dans la littérature pour évaluer le nombre de sujets nécessaires à la mise en évidence d'une différence sur la variabilité des différents scores. La puissance de notre étude pour les questions correspondant aux objectifs secondaires a été calculée a posteriori à partir des données réellement observées.

#### **5.2.5. Recrutement**

Des critères d'inclusion stricts ont été utilisés afin d'obtenir une population homogène. Les médecins et les internes étaient issus de la région Poitou-Charentes ( $1,8.10^6$  habitants). Ils avaient tous eu le DU-GUP après 2010, afin d'avoir les mêmes bases théoriques sur les pathologies de l'urgence vitale de l'enfant et leur prise en charge conforme aux recommandations de l'European Resuscitation Council (Biarent 2010) et de l'American Heart Association (Kleinman 2010). Les IDE et ambulanciers étaient uniquement issus du SAMU de Poitiers, habitués à la prise en charge de nourrissons lors de transferts secondaires avec les réanimateurs pédiatriques dans toute la région Poitou-Charentes. Ainsi, et du fait de la rareté des interventions primaires en extrahospitalier, cette restriction au SAMU de Poitiers avait pour but d'avoir un niveau homogène parmi les paramédicaux. Du fait du risque de refus, une liste exhaustive d'individus pour chacun des quatre statuts a été établie. Les participants ont été contactés par un mail afin d'apporter des informations sur l'étude et d'exposer les critères d'inclusion et de non-inclusion. Les participants éligibles à l'étude et acceptant de participer, ont été conviés à une réunion d'information. Tous ont signé un formulaire de consentement avant le début des séances de simulation comme l'impose la loi sur la Recherche Biomédicale. Une première randomisation a permis de constituer les 12 équipes en répartissant les médecins puis les internes

puis les IDE et enfin les ambulanciers dans chacune des équipes. Suite à une deuxième randomisation, chaque équipe a été associée à un numéro de 1 à 12. Les équipes 1 à 6 faisaient partie du groupe expérimental et les équipes 7 à 12 constituaient le groupe contrôle.

### **5.3. Intervention**

#### **5.3.1. Formation initiale des médecins seniors et juniors**

Tous les médecins seniors et juniors ont eu, préalablement à la recherche, une formation identique sur la mise en place d'une voie intra-osseuse chez le nourrisson (cours théorique et pratique sur task-trainer) avec évaluation théorique et pratique avec l'échelle d'évaluation d'observation mise au point au Laboratoire de Simulation (Oriot 2012). Tous avaient validé en simulation (mannequin de basse fidélité) la pose d'une voie intra-osseuse sans éléments de stress surajoutés (ou à faible niveau de stress).

#### **5.3.2. Séances de simulation**

Toutes les séances se déroulaient le même jour de la semaine et à 14h00 afin de respecter le cycle circadien du cortisol. De même, il était exigé de chaque participant de ne pas travailler la veille de la simulation afin d'avoir un temps de sommeil profond permettant de définir les paramètres de base. Le déroulement de la séance était standardisé afin d'avoir les mêmes conditions pour l'évaluation des performances. A 14h00 la séance débutait par un briefing de 15 minutes, suivi de la simulation d'une durée de 25-30 minutes (dernière action après 25 mn sans dépasser 30 mn), puis se terminait par un débriefing de 30 à 45 minutes. A l'issue de la séance une pause goûter était proposée jusqu'à 17h00.

#### **5.3.3. Enregistrement vidéo**

Toutes les séances de simulation ont été filmées (Annexe 7), de façon à avoir une relecture des actions et des interventions réalisées pendant le scénario (évaluation selon les échelles d'évaluation).

#### **5.3.4. Observateurs et évaluation**

Deux observateurs indépendants parmi huit ont évalué les scores de performances techniques et non-techniques durant les simulations (Annexe 7). Les huit observateurs étaient des médecins

urgentistes (n = 4), pédiatres (n = 3) et réanimateur (n = 1). Tous étaient issus du laboratoire de simulation de Poitiers et avaient reçu une formation à la simulation et une formation au débriefing. Ils ont tous testé les échelles d'évaluation avant utilisation au cours de simulations. Les deux observateurs étaient choisis de manière aléatoire et ne savaient pas quelle équipe était évaluée jusqu'au jour de la simulation. Par ailleurs les observateurs ne connaissaient pas le groupe de randomisation des équipes. De même les équipes ne savaient pas qui étaient les observateurs avant le début de la simulation. La moyenne entre les scores des deux observateurs a été utilisée comme valeur de référence. La reproductibilité inter-observateur a été vérifiée pour l'échelle du TAPAS qui a été validée au cours de cette étude. Toutes les séances de simulation ont été suivies d'un débriefing, mené selon la méthode du « good judgment » de Rudolph (Rudolph 2006, Rudolph 2008).

### **5.3.5. Mannequin et scénarios**

Un mannequin haute-fidélité SimNewB<sup>®</sup> (Laerdal<sup>®</sup>) a été utilisé (Annexe 8) pour toutes les simulations mettant en scène un nourrisson en état de choc qui évolue vers un choc décompensé, amenant les équipes à le prendre en charge avec nécessité de poser une voie intra-osseuse pour assurer l'administration d'expansion volémique et/ou de médicaments, en accord avec les recommandations. Neuf scénarios d'état de choc chez le nourrisson parmi 18 ont été tirés au sort : quatre scénarios de choc hypovolémique (déshydratation aiguë par 3<sup>e</sup> secteur, acidocétose diabétique, diabète insipide, brûlures graves), un scénario de choc hémorragique par traumatisme sévère, un choc anaphylactique, deux scénarios de choc cardiogénique (troubles du rythme cardiaque, tamponnade). La présentation des scénarios est donnée en Annexe 9.

### **5.3.6. Stress**

En utilisant en simulation haute-fidélité le modèle d'un nourrisson en état de choc, nous nous attendions à une augmentation des paramètres de stress chez tous les participants (Girzadas 2009). De plus, le stress a été rajouté aux scénarios de différentes manières : scénarios réalistes inspirés de cas cliniques réels et vécus avec dégradation de l'état clinique (hypoxémie, choc décompensé, convulsions, arrêt cardiaque) (Annexe 10). La recherche d'un haut degré de réalisme pour simuler la prise en charge a permis également de créer une situation de stress. Le réalisme de chaque simulation a systématiquement été évalué. Il a été permis par l'aménagement de la salle de simulation en une salle de SAUV simulée (Annexe 7), la préparation du mannequin et de son environnement (Annexe 8), ainsi que l'utilisation d'un sac d'interventions SMUR pédiatrique (Annexe 11) et d'un chariot d'urgence (Annexe 12) semblables à ceux utilisés en situation réelle. Enfin,

l'introduction d'agents stressants a été réalisée de différentes manières : alarmes, intervenants extérieurs (entrée intempestive de parents simulés ou d'un soignant simulé freinateur) (Annexe 10). Le nombre d'agents stressants augmentait au fur et à mesure des 9 scénarios. Lors du premier scénario, le stress venait uniquement des alarmes du scope et d'un environnement inconnu. Par la suite, s'ajoutaient des dysfonctionnements liés au matériel à résoudre. Lors du troisième scénario, le stress était lié à gestion de la présence parentale en plus de la prise en charge de l'enfant. Pour le quatrième scénario, la difficulté venait des multiples appels d'aide pour gérer la situation de crise. Lors du cinquième scénario (scénario intermédiaire, commun aux deux groupes), un élément freinateur (soignant externe) intervenait. A partir du septième scénario, l'équipe était confrontée à la demande incessante d'informations par les parents. Lors du neuvième scénario, l'équipe était confrontée à une famille qui ne souhaitait pas de réanimation et opposante aux soins (Annexe 10).

## 5.4. Comparaisons

### 5.4.1. Constitution des groupes par randomisation

Les 12 équipes ont été réparties par tirage au sort en deux groupes de 6 équipes chacun, un groupe expérimental et un groupe contrôle. Les deux groupes avaient trois scénarios communs à six mois d'intervalle : initial, intermédiaire à six mois et final à un an. Le groupe expérimental avait en plus trois scénarios entre les scénarios initial et intermédiaire et trois autres entre les scénarios intermédiaire et final. Ainsi le groupe expérimental avait au total neuf séances de simulation en un an (une simulation toutes les six semaines) et le groupe contrôle avait trois séances de simulations en un an (une simulation tous les six mois) (Figure 15).

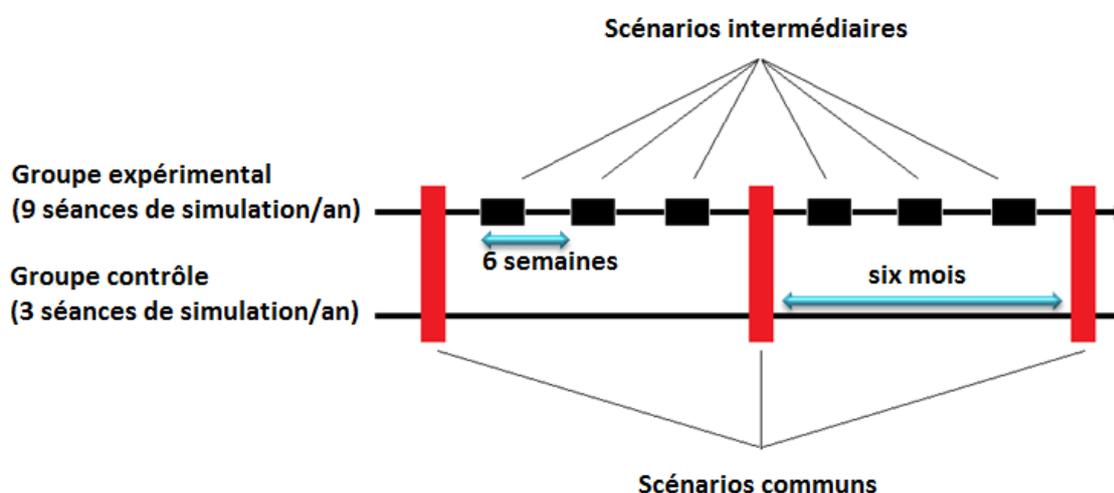


Figure 15 : Fréquence de répétition des séances de simulation sur un an

### **5.4.2. Comparsateurs**

Dans un premier temps, le stress et la performance ont été mesurés lors du scénario initial afin d'attester de l'absence de différence au sein des groupes. Dans un second temps, l'effet de la simulation répétée sur l'évolution du stress et des performances techniques et non-techniques a été étudié en comparant le niveau de stress et les scores de performance techniques et non-techniques pour les neuf séances de simulation du groupe expérimental. De plus, une comparaison a été réalisée pour différentes variables entre le groupe expérimental qui bénéficiait de 3 scénarios intermédiaires entre chaque scénario commun, et le groupe contrôle lors des scénarios communs (initial, intermédiaire et final). Une corrélation statistique entre stress et performances a été recherchée lors de chaque scénario commun.

## **5.5. Outils d'évaluation et critères de jugement**

### **5.5.1. Outils d'évaluation**

#### **5.5.1.1. Mesures de stress**

Les mesures de stress comprenaient l'analyse de variables appartenant aux deux systèmes complémentaires : l'axe catecholaminergique (système nerveux autonome) et l'axe corticotrope (axe hypothalamo-hypophysio-surénalien). Elles reposaient également sur les mesures de variables psychologiques du stress. Ainsi le stress a été évalué de 3 façons différentes (Figure 16) :

- Electro-physiologique : mesures de la fréquence cardiaque, et de la variabilité du rythme sinusal dans le domaine temporel et spectral chez chaque participant par monitoring Holter des 24h (boîtier d'enregistrement ELA Medical®, SORIN group, France). L'analyse des enregistrements Holter a été réalisée sur le logiciel (ELA médical Synescope® version 3.10, SORIN group, France) par un seul et même opérateur. La « baseline » a été déterminée lors du sommeil profond et correspond à la période de fréquence cardiaque la plus basse. Des analyses ont été faites sur la période des 24h. De plus, des analyses de sept périodes de 15 minutes ont été réalisées : quatre autour du moment de prélèvement du cortisol (veille de la simulation, avant la simulation, après la simulation et après le débriefing) et trois autres, durant la simulation, le débriefing et 30 minutes après le débriefing, soit sept temps d'analyses (T1 à T7). Au total 288 Holvers ont été analysés.
- Biologique : mesures du cortisol salivaire par technique ELISA sur phase solide basée sur le principe de compétition (Lequin 2005) la veille de la simulation, avant la simulation, après la

simulation et après le débriefing, soit quatre mesures à chaque simulation et pour chaque participant (T0 à T3). Au total 1152 analyses ont été réalisées.

- Psychologique : mesures de stress grâce à l'utilisation de l'échelle du State-Trait Anxiety Inventory (STAI) basée sur 20 items (Annexe 13) (Spielberger 1983) en même temps que les mesures de cortisol. En raison d'un temps hors simulation restreint et de la multiplicité des mesures, la forme STAI-A a été utilisée. Les participants évaluaient l'intensité de chacun des 20 items sur une échelle de Likert en 4 classes, le score variant de 20 à 80. Plus celui-ci était élevé, plus le niveau d'anxiété (donc de stress) du participant était important. Les niveaux de stress ont été quantifiés la veille de la simulation, avant la simulation, après la simulation et après le débriefing, soit quatre mesures à chaque simulation et pour chaque participant (T0 à T3). Au total, 1152 échelles STAI ont été analysées. Des mesures subjectives de stress grâce à l'échelle numérique (de 0 à 10) du Stress-O-Meter (SOM) (Dawson 2014) ont été utilisées lors du débriefing pour rechercher le niveau de stress avant la simulation et le score maximum durant la simulation. Par ailleurs l'état de confiance en soi avant le début de la simulation ainsi que le sentiment d'insatisfaction en fin de simulation étaient des éléments également recherchés à l'aide d'une échelle numérique de (0 à 10). Cette évaluation se faisait pour les 4 participants de l'équipe en aveugle l'un de l'autre. La survenue d'un ESPT a été recherchée une semaine après la simulation à l'aide de l'échelle de stress IES-R (Impact of Event Scale-Revised) (Brunet 2003) et à un mois à l'aide de l'échelle de stress PCLS (Post-Traumatic Check-List Scale) (Weiss 1997). Ces deux questionnaires (Annexes 14 et 15) ont été envoyés par mail aux participants avec si besoin une relance par mail à J1 puis téléphonique à J2.

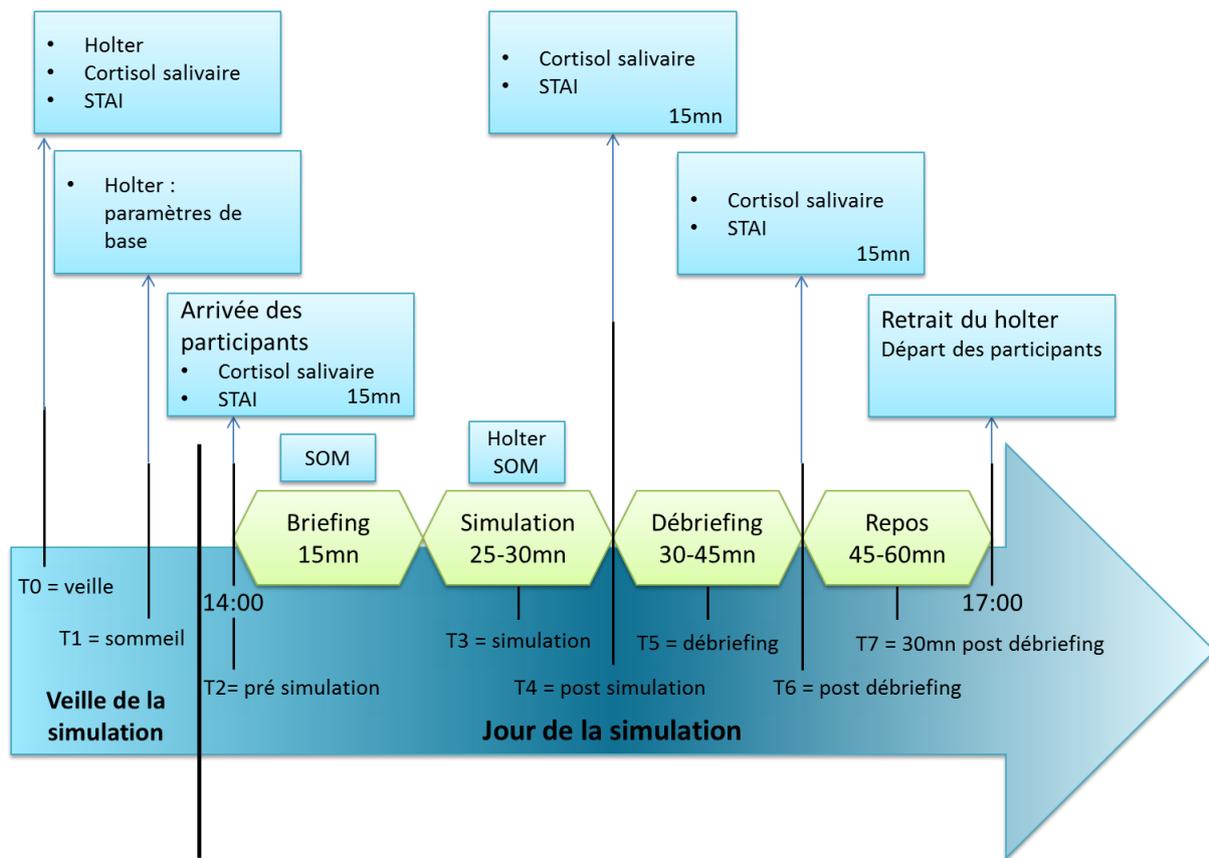


Figure 16 : Déroulement d'une séance de simulation et mesures de stress (Ghazali 2016d)

Légende : SOM : Stress-O-Meter ; STAI : State-Trait Anxiety Inventory.

### 5.5.1.2. Scores des performances techniques et non-techniques

Les performances techniques et non-techniques ont été systématiquement évaluées par deux observateurs indépendants à l'aide d'échelles validées. Le score obtenu, était la moyenne des scores des deux observateurs. Les mesures de performances techniques reposaient sur les scores de performance clinique globale d'équipe à l'aide de l'échelle TAPAS (Team Average Performance Assessment Scale) (Annexe 16), validée et publiée à cet effet (Oriot 2016). Nous avons aussi évalué en parallèle de la performance clinique globale de l'équipe, la performance lors de la réalisation d'un geste technique précis par un médecin. Nous avons choisi la pose de la voie intra-osseuse dont l'échelle (Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale) était validée (Annexe 17) (Oriot 2012). Les mesures de performances non-techniques reposaient sur l'évaluation du leadership (médecin senior) par l'échelle de BAT (Behavioral Assessment Tool) (Annexe 18) (Anderson 2010) et celle du travail d'équipe par l'échelle de CTS (Clinical Teamwork Scale) (Annexe 16) (Guise 2008).

### **5.5.2. Critère de jugement principal**

Le critère de jugement principal était l'analyse de la corrélation entre stress et performance. Cela impliquait de mesurer le stress en simulation dans ses 3 composantes, électro-physiologique, biologique et psychologique. Nous attendions un niveau similaire dans les deux groupes initialement avec une augmentation du niveau de stress avec les 3 types de mesures pour tous les participants et au cours de toutes les simulations. A la fin de la séance, nous attendions une baisse du niveau de stress. Cela impliquait également le calcul des scores des performances technique et non-technique avec un niveau initial similaire dans les deux groupes.

### **5.5.3. Critères de jugement secondaires**

Nous supposons que les paramètres de stress baisseraient davantage dans le groupe expérimental du fait de la plus grande fréquence de répétition des simulations. En parallèle, nous supposons que les performances initialement similaires dans les deux groupes, progresseraient davantage dans le groupe expérimental pour devenir significativement supérieures après répétition des simulations pendant un an. Nous attendions une corrélation entre performance du leader et de l'équipe du fait de l'interaction entre les différents membres ; en revanche, les voies du stress étant relativement indépendantes, nous ne savions pas si une corrélation entre les paramètres de stress eux-mêmes serait également retrouvée. Nous nous attendions toutefois à trouver une corrélation entre les variations de certains paramètres de stress et les performances au cours du temps.

## **5.6. Schéma général de l'étude**

L'étude comprenait des mesures ponctuelles de performance et de stress durant la séance de simulation. Des mesures de stress ont été faites la veille de la simulation par l'investigateur principal (déplacement dans les villes de résidence des participants). Les questionnaires de l'état de stress post-traumatique étaient envoyés aux participants par mail à distance de la simulation (Tableau 3).

Variables		Veille T0	Sommeil T1	Pré- sim T2	Sim T3	Post- sim T4	Débrief T5	Post- débrief T6	30 mn Post- débrief T7	H1	S1	M1
Performance	Performance globale TAPAS				X							
	Geste technique IO				X							
	Leadership (BAT)				X							
	Travail en équipe (CTS)				X							
Stress	Cortisol salivaire	X		X		X		X				
	Holter – FC, PNN50, BF/HF	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	STAI	X		X		X		X				
	IES-R										X	
	PCLS											X

Tableau 3 : Schéma général de l'étude

Légende : BAT : Behavioral Assessment Tool ; BF/HF : ratio entre basse fréquence (0.04-0.15Hz) et haute fréquence (0.15-0.45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; CS : cortisol salivaire ; CTS : Clinical Teamwork Scale; IES-R : Impact of Event Scale-Revised ; FC : fréquence cardiaque ; IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale ; PCLS: Post-traumatic Check-List Scale ; PNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage; SOM: Stress-O-Meter ; STAI: State Trait Anxiety Inventory ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale ; Temps : H : heure ; M : mois ; S : semaine ; T : temps ; H1 : une heure après le débriefing ; M1 : un mois après la simulation ; S1 : une semaine après la simulation.

### 5.7. Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel Statview® version 4.5 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Les scores ont tous été normalisés sur 100. Les variables quantitatives (âge, années d'expérience professionnelle, scores, valeurs du cortisol salivaire, de la fréquence cardiaque, PNN50, ratio BF/HF) ont été décrites par la moyenne et l'écart-type. Les variables qualitatives (sexe, statut professionnel) ont été résumées par l'effectif brut et le pourcentage correspondant pour chacune des modalités. La normalité de la distribution pour chacun des paramètres a été recherchée à l'aide du test de Kolmogorov-Smirnov.

Les paramètres quantitatifs ont été comparés entre hommes et femmes par un test t de Student ou par un test non paramétrique U de Mann-Whitney si nécessaire. La comparaison des paramètres quantitatifs entre les différents statuts (médecins seniors, médecins juniors, infirmiers, ambulanciers)

a été réalisée par le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis du fait du faible effectif pour chaque statut.

La comparaison des paramètres quantitatifs entre les différents temps de mesure a été effectuée grâce à une ANOVA pour mesures répétées. Les variations entre 2 temps ont été décrites par la variation relative ((valeur finale-valeur initiale)/valeur initiale) après la première séance de simulation et pour analyser l'évolution des paramètres entre la première séance de simulation et les suivantes. Les variations relatives des paramètres de stress et des scores de performances étaient comparées entre les deux groupes (expérimental et contrôle) par un test t de Student ou un test U de Mann-Withney.

La comparaison de type avant / après entre deux temps a été réalisée par t-test pour séries appariées.

La comparaison entre les deux groupes, expérimental et contrôle, lors des scénarios communs reposait sur l'utilisation d'un test t de Student pour séries non appariées.

Un degré de signification  $p < 0,05$  a été considéré comme significatif.

Les box-plots représentés dans les figures pour décrire certaines variables quantitatives ont été réalisés sous le logiciel Statview® (version 4.5) ; les éléments représentés sont indiqués dans la figure ci-dessous (Figure 17).

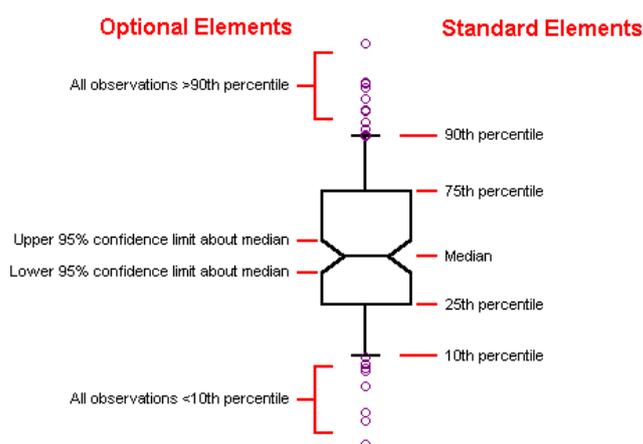


Figure 17 : Box-plot utilisés pour représenter certaines données de l'étude (schéma issu de l'aide de Stateview®, SAS Institute Inc., Cary, NC)

## **5.8. Evaluation de ce programme de recherche en simulation**

### **5.8.1. Auto évaluation**

Un questionnaire d'auto-évaluation de ce programme de recherche a été envoyé aux participants par courrier électronique 6 mois après la fin du programme avec deux rappels au maximum. L'objectif était d'évaluer l'impact pédagogique sur les participants (niveaux 1, 2 et 3a de la pyramide de Kirkpatrick) des simulations haute-fidélité d'urgence vitale pédiatrique pré-hospitalière de l'enfant. La mise en forme technique du questionnaire (Annexe 19) a été réalisée à l'aide de l'application Google Forms®. Les données saisies par les professionnels répondant à ce questionnaire ont été implémentées de manière automatique dans un tableau Excel. Après nettoyage de la base de données, elles ont été importées dans le logiciel IBM SPSS version 20 pour la réalisation de l'analyse statistique. Les taux de réponses ont été exprimés en pourcentage et la note de satisfaction sur 10 en moyenne et déviation standard.

### **5.8.2. Évaluation MERSQI**

Nous avons autoévalué le programme de recherche Sim-Stress à l'aide de l'échelle Medical Education Research Study Quality Instrument (MERSQI). Elle évalue une recherche en pédagogie médicale en 10 items avec un score compris entre 0 et 18 au maximum (Annexe 20). Selon Reed (Reed 2007), les études utilisées pour valider l'échelle utilisée avaient obtenu des scores entre 5 et 16 avec une moyenne de  $9,95 \pm 2,34$ . L'évaluation de notre étude a donné un score MERSQI de 14/18.

## 6. RESULTATS

### 6.1. Diagramme de flux et problèmes survenus pendant l'étude

#### 6.1.1. Diagramme de flux



#### CONSORT 2010 Flow Diagram

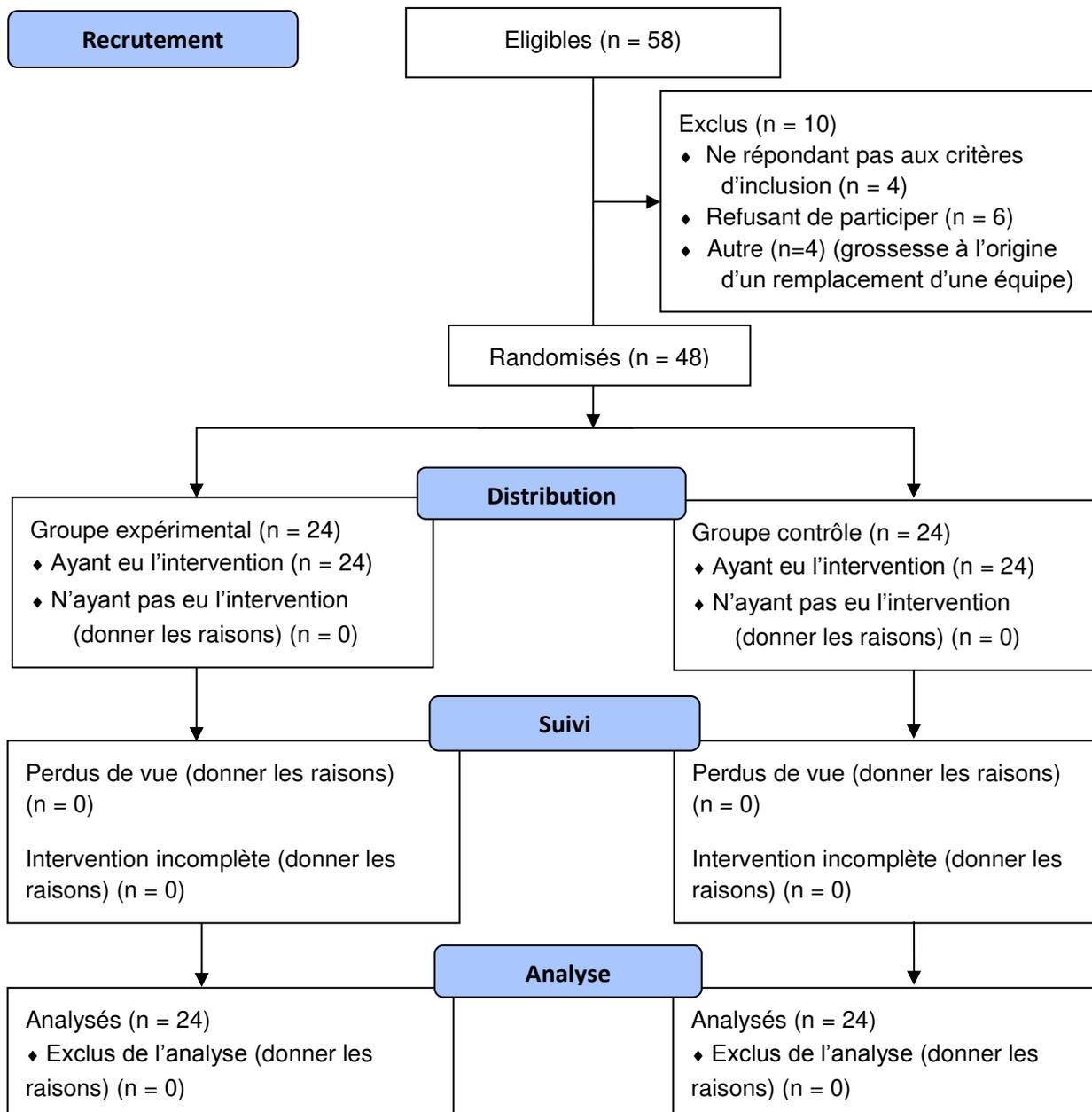


Figure 18 : Diagramme de flux de la population de l'étude

## **6.1.2. Problèmes particuliers durant l'étude**

### **6.1.2.1. Grossesse**

Une participante du groupe contrôle a rapporté être enceinte après la 1<sup>ère</sup> séance et une nouvelle équipe a dû être constituée à partir du pool de remplaçants. Ce remplacement a modifié la répartition hommes – femmes avec 25 hommes et 23 femmes avant modifications vs. 26 hommes et 22 femmes après modification. Cette différence de répartition n'était pas significative ( $p = 0,84$ ).

### **6.1.2.2. Consultation de cardiologie**

Un contrôle systématique de tous les Holters a été réalisé juste après chaque enregistrement par un cardiologue à la recherche de troubles du rythme. Il a permis de déceler chez un des participants appartenant au groupe expérimental, une salve de tachycardie ventriculaire non soutenue en période nocturne et totalement asymptomatique. Par ailleurs, il a également été décelé chez deux participants la présence de nombreuses extrasystoles ventriculaires sur un de leurs enregistrements holter. L'un appartenait au groupe expérimental et l'autre au groupe contrôle. Ces trois participants ont eu une consultation de cardiologie avec le rythmologue référent de l'étude, une échographie cardiaque, une épreuve d'effort ainsi qu'une IRM cardiaque. Les explorations réalisées étaient toutes normales et un rapport d'autorisation à la poursuite de la recherche a été transmis à l'investigateur principal. Le participant ayant présenté une salve de tachycardie ventriculaire, n'a pas présenté de récurrence sur les autres tracés. Les extrasystoles ventriculaires des deux autres participants n'ont pas gênés l'interprétation des résultats.

## **6.2. Description de la population d'étude**

### **6.2.1. Caractéristiques sociodémographiques**

#### **6.2.1.1. Age**

Quarante-huit participants ont été inclus. Pour le personnel médical, l'âge moyen des médecins urgentistes était de  $32 \pm 9$  ans ; celui des internes de  $29 \pm 8$  ans. Pour le personnel paramédical, l'âge moyen était  $42 \pm 13$  ans pour les infirmier(e)s et de  $47 \pm 16$  pour les ambulancier(e)s.

### 6.2.1.2. Sexe

Les 48 participants de l'étude étaient composés de 26 hommes (54,2%) et de 22 femmes (45,8%). Le groupe expérimental était composé de 11 hommes (45,8%) et 13 femmes (54,2%) et le groupe contrôle était composé de 14 hommes (58,3%) et 10 femmes (41,7%). La répartition dans les deux groupes était similaire ( $p = 0,39$ ).

### 6.2.1.3. Expérience professionnelle au SAMU

Le nombre d'années d'expérience (hors internes considérés comme étudiants) était de  $5,03 \pm 1,78$ . Il était de  $4,94 \pm 1,83$  pour le groupe expérimental vs.  $5,11 \pm 1,78$  pour le groupe contrôle ( $U = 151,0$ ,  $p = 0,73$ ). Le niveau d'expérience était comparable pour toutes les catégories professionnelles dans la population de l'étude ( $H(3, 45) = 2,99$ ,  $p = 0,22$ ). De plus, il ne différait pas entre les deux groupes quel que soit le statut (Tableau 4).

	Groupe expérimental	Groupe contrôle	Test U de Mann-Whitney	p
<b>Médecins</b>	$4,2 \pm 1,9$	$4,5 \pm 2,2$	15,5	0,69
<b>Internes</b>	NA	NA	NA	NA
<b>Infirmier(e)s</b>	$4,8 \pm 2,4$	$5,5 \pm 1,4$	16,5	0,81
<b>Ambulancier(e)s</b>	$5,8 \pm 0,8$	$5,3 \pm 1,9$	18,0	> 0,99

Tableau 4 : Années d'expérience professionnelle au sein du SAMU

Légende : NA : non applicable.

## 6.2.2. Caractéristiques physiologiques de la population avant la première séance de simulation

### 6.2.2.1. Evaluation de la fréquence cardiaque et de la variabilité du rythme sinusal

Les Holters étaient posés la veille de la simulation (T0). Les paramètres électro-physiologiques relevés durant le sommeil profond et reflétant l'état physiologique de base (T1) étaient comparables entre les 2 groupes (Tableau 5) et également d'un statut professionnel à l'autre (Tableau 6).

	<b>Groupe expérimental</b>	<b>Groupe contrôle</b>	<b>p</b>
<b>FC</b>	64,88 ± 10,51	66,07 ± 9,57	0,49
<b>pNN50</b>	19,17 ± 17,52	19,63 ± 14,50	0,92
<b>BF/HF</b>	3,00 ± 1,25	3,08 ± 1,89	0,87

Tableau 5 : Caractéristiques électro physiologiques des participants durant le sommeil profond (T1) selon le groupe (n = 48)

Légende : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; FC : fréquence cardiaque (bpm) ; pNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage.

	<b>Médecins</b>	<b>Internes</b>	<b>Infirmier(e)s</b>	<b>Ambulancier(e)s</b>	<b>p</b>
<b>FC</b>	65,8 ± 7,6	66,1 ± 10,8	64,2 ± 11,3	65,9 ± 10,9	0,91
<b>pNN50</b>	18,9 ± 16,0	24,0 ± 18,1	19,5 ± 17,5	15,2 ± 12,3	0,51
<b>BF/HF</b>	3,2 ± 1,7	3,1 ± 1,3	2,9 ± 1,3	2,9 ± 2,0	0,69

Tableau 6 : Caractéristiques électro physiologiques des participants durant le sommeil profond (T1) selon le statut (n = 48)

Légende : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; FC : fréquence cardiaque (bpm) ; pNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage.

Cependant, l'état physiologique de base différait selon le sexe pour les caractéristiques électro-physiologiques durant le sommeil profond (Tableau 7).

	<b>Hommes</b>	<b>Femmes</b>	<b>p</b>
<b>FC</b>	60,02 ± 8,20	71,40 ± 8,25	<b>0,0001</b>
<b>pNN50</b>	24,35 ± 16,74	14,02 ± 13,31	<b>0,02</b>
<b>BF/HF</b>	3,59 ± 1,70	2,45 ± 1,22	<b>0,006</b>

Tableau 7 : Caractéristiques électro physiologiques des participants durant le sommeil profond (T1) selon le sexe (n = 48)

Légende : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; FC : fréquence cardiaque (bpm) ; pNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage.

### **6.2.2.2. Evaluation du cortisol salivaire**

L'échantillon de salive pour le dosage du cortisol salivaire (CS) a été recueilli la veille de la simulation (T0) au repos afin de déterminer l'état de base des participants. Il était de  $0,13 \pm 0,10$  µg/dl dans la population globale. Le taux de CS était comparable dans les deux groupes  $0,11 \pm 0,09$  dans le groupe expérimental vs.  $0,15 \pm 0,07$  dans le groupe contrôle ( $p = 0,13$ ). Il n'y avait pas non plus de différence selon le statut :  $0,16 \pm 0,10$  pour les médecins,  $0,14 \pm 0,7$  pour les internes,  $0,10 \pm 0,9$  pour les IDE et  $0,11 \pm 0,05$  pour les ambulanciers ( $H(3, 45) = 5,86$ ,  $p = 0,12$ ). Enfin, le taux de CS ne différait pas entre les hommes ( $n = 26$ ) et les femmes ( $n = 22$ ), respectivement de  $0,12 \pm 0,08$  et de  $0,13 \pm 0,08$  ( $p = 0,61$ ).

### **6.2.2.3. Evaluation du score de STAI**

Aucun état d'anxiété n'a été retrouvé la veille (T0). Le score normalisé sur 100 du STAI T0 était de  $39,75 \pm 7,94$ . Il était comparable entre les deux groupes, expérimental et contrôle, respectivement de  $39,79 \pm 5,26$  et de  $39,71 \pm 10,06$  ( $p = 0,97$ ). Il n'y avait pas de différence entre les différents statuts :  $39,08 \pm 4,87$  pour les médecins,  $43,92 \pm 9,19$  pour les internes,  $37,08 \pm 9,88$  pour les IDE et  $38,92 \pm 5,98$  pour les ambulanciers ( $p = 0,07$ ). Les hommes et les femmes ne différaient pas non plus pour ce score,  $39,20 \pm 6,14$  vs.  $40,35 \pm 9,64$  ( $p = 0,62$ ).

## **6.3. Résultats obtenus lors de la première séance de simulation**

### **6.3.1. Description du stress lors de la première séance**

#### **6.3.1.1. Evaluation des différents marqueurs de stress lors de la simulation**

Le niveau de stress augmentait entre la veille de la simulation et le début de la simulation. Puis il continuait d'augmenter entre le début de la simulation et la fin de la simulation, avant de diminuer entre la fin de la simulation et la fin du débriefing. Pour les paramètres électro-physiologiques, la baisse apparaissait une demi-heure après la fin du débriefing. Pour le cortisol salivaire et les échelles de stress psychologique, une baisse immédiate après la fin du débriefing était observée. L'analyse de la variation des paramètres de stress lors de la séance de simulation au cours du temps est donnée pour la population globale (tableau 8). Les variations de paramètres de stress ne différaient pas entre les deux groupes (Tableau 9).

Paramètres	T2	T4	T6	T7	ANOVA F(3, 44)	Comparaison T2 vs. T4	Comparaison T4 vs. T6	Comparaison T6 vs. T7
CS	0,27 (0,14)	0,36 (0,24)	0,25 (0,15)	ND	9,8 p = 0,001	<b>p = 0,02</b>	<b>p = 0,007</b>	NA
FC	76,0 (9,9)	85,8 (12,4)	85,7 (11,7)	74,5 (8,6)	91,7 p < 0,001	<b>p &lt; 0,001</b>	p = 0,99	<b>p &lt; 0,001</b>
pNN50	16,3 (15,9)	9,4 (8,4)	10,1 (9,5)	15,8 (12,9)	15,9 p < 0,001	<b>p &lt; 0,001</b>	p = 0,98	<b>p = 0,01</b>
LF/HF	4,5 (2,8)	6,3 (3,4)	6,1 (3,1)	5,9 (3,7)	19,6 p < 0,001	<b>p &lt; 0,001</b>	p = 0,94	p = 0,99
STAI	48,3 (12,2)	56,4 (16,6)	40,6 (7,9)	ND	35,8 p < 0,001	<b>p &lt; 0,001</b>	<b>p &lt; 0,001</b>	NA
SOM	5,2 (2,1)	7,2 (1,8)	ND	ND	NA	t(47) = -5,98 <b>p &lt; 0,001</b>	NA	NA

Tableau 8: Mesures objectives et subjectives de stress (moyenne et écart-type) au cours du temps et comparaison (n = 48)

Légende : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; CS : cortisol salivaire ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) ; FC : fréquence cardiaque (bpm) ; NA : non applicable ; ND: non déterminé ; pNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage ; SOM : Stress-O-Meter, STAI : State-Trait Anxiety Inventory ; T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ; T6 : post-débriefing ; T7 : 30 mn après le débriefing.

Les valeurs sont exprimées en moyenne et écart-type, la comparaison au cours du temps a été réalisée par ANOVA pour mesures répétées et le post-hoc test de Scheffe. La comparaison de type avant / après a été réalisée par t-test pour mesures appariées.

Mesures	Groupe expérimental (n = 24)	Groupe contrôle (n = 24)	Test U de Mann-Whitney	p
CS T2	0,28 (0,14)	0,27 (0,14)	281,5	0,89
CS T4	0,39 (0,29)	0,34 (0,18)	283,0	0,92
CS T6	0,27 (0,19)	0,23 (0,10)	282,0	0,90
FC T2	74,35 (12,17)	77,72 (10,91)	238,0	0,30
FC T4	84,25 (13,11)	87,43 (11,74)	225,0	0,19
FC T6	86,93 (10,05)	84,55 (13,26)	258,5	0,54
pNN50 T2	16,63 (14,95)	15,93 (13,64)	285,0	0,95
pNN50 T4	11,23 (10,11)	7,64 (6,05)	240,0	0,32
pNN50 T6	9,55 (9,76)	10,71 (9,54)	266,0	0,65
BF/HF T2	4,53 (2,76)	4,44 (2,82)	317,0	0,54
BF/HF T4	12,82 (3,58)	11,21 (3,35)	281,5	0,89
BF/HF T6	6,62 (3,19)	5,52 (2,90)	215,0	0,19
STAI T2	49,04 (10,68)	47,50 (13,80)	248,5	0,42
STAI T4	57,46 (15,02)	55,29 (12,28)	264,5	0,63
STAI T6	40,46 (5,17)	40,67 (10,10)	238,5	0,31
SOM T2	5,67 (1,86)	4,45 (2,23)	218,0	0,15
SOM T4	7,83 (1,58)	6,50 (1,87)	171,5	<b>0,02</b>
VR CS (T4-T2)/T2	0,28 (0,58)	0,69 (1,26)	250,0	0,43
VR CS (T6-T4)/T4	-0,25 (0,16)	-0,27 (0,18)	265,0	0,64
VR CS (T6-T2)/T2	-0,05 (0,47)	0,20 (0,98)	252,5	0,46
VR FC (T4-T2)/T2	0,31 (0,19)	0,34 (0,17)	267,0	0,66
VR FC (T6-T4)/T4	0,05 (0,05)	-0,03 (0,01)	203,0	0,08
VR FC (T6-T2)/T2	0,36 (0,22)	0,29 (0,22)	242,0	0,34
VR PNN50 (T4-T2)/T2	-0,18 (0,84)	-0,46 (0,22)	225,0	0,19
VR PNN50 (T6-T4)/T4	-0,66 (2,23)	4,62 (17,33)	221,0	0,17
VR PNN50 (T6-T2)/T2	-0,21 (0,77)	-0,08 (0,71)	273,0	0,76
VR BF/HF (T4-T2)/T2	1,34 (1,35)	1,53 (1,70)	287,0	0,98
VR BF/HF (T6-T4)/T4	0,21 (0,63)	0,06 (0,67)	246,0	0,52
VR BF/HF (T6-T2)/T2	1,71 (2,06)	1,15 (1,23)	227,0	0,30
VR STAI (T4-T2)/T2	0,20 (0,35)	0,21 (0,32)	271,5	0,73
VR STAI (T6-T4)/T4	-0,25 (0,19)	-0,24 (0,20)	261,0	0,58
VR STAI (T6-T2)/T2	-0,15 (0,17)	-0,11 (0,20)	257,5	0,53
VR SOM (T4-T2)/T2	0,76 (1,66)	0,58 (0,76)	275,0	0,98

Tableau 9 : Comparaison des mesures objectives et subjectives de stress (moyenne et écart-type) et de leurs variations relatives entre le groupe expérimental et le groupe contrôle

Légende : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; CS : cortisol salivaire ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) ; FC : fréquence cardiaque (bpm) ; PNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage ; SOM : Stress-O-Meter ; STAI : State-Trait Anxiety Inventory ; T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ; T6 : post-débriefing ; VR : variation relative.

### 6.3.1.2. Recherche d'une influence du statut des participants sur les paramètres de stress

Les paramètres de stress (tableau 10) et les variations dans le temps de ces paramètres (tableau 11) ne différaient pas de façon significative selon le statut du participant. Cette analyse a été réalisée sur la population globale et les deux groupes séparément (données non montrées).

Paramètres	Médecins (n = 12)	Internes (n = 12)	Infirmier(e)s (n = 12)	Ambulancier(e)s (n = 12)	H (3, 45)	p
CS T2	0,35 (0,21)	0,27 (0,09)	0,25 (0,09)	0,25 (0,09)	2,58	0,46
CS T4	0,44 (0,30)	0,29 (0,10)	0,43 (0,33)	0,30 (0,12)	2,10	0,55
CS T6	0,24 (0,10)	0,24 (0,10)	0,32 (0,25)	0,20 (0,08)	1,86	0,60
FC T2	75,83 (9,50)	76,96 (11,59)	75,23 (13,34)	76,13 12,81	0,40	0,94
FC T4	87,44 (10,00)	89,18(16,74)	85,08 (12,40)	81,67 (9,51)	1,71	0,63
FC T6	87,43 (13,27)	88,28 (10,56)	83,68 (12,27)	83,57 (11,28)	1,24	0,74
pNN50 T2	20,79 (12,97)	19,50 (15,83)	14,69 (17,33)	10,14 (7,76)	3,81	0,28
pNN50 T4	11,60 (8,97)	9,12 (7,00)	9,78 (11,55)	7,25 (5,56)	1,84	0,61
pNN50 T6	12,89 (13,97)	10,30 (5,56)	10,74 (11,18)	6,58 (4,19)	1,77	0,62
BF/HF T2	4,14 (3,13)	4,42 (3,46)	3,92 (2,15)	5,46 (2,16)	3,15	0,37
BF/HF T4	5,20 (2,81)	6,01 (3,72)	6,14 (3,26)	8,04 (3,63)	4,78	0,19
BF/HF T6	6,19 (2,62)	4,95 (2,35)	5,54 (2,71)	7,46 (4,04)	3,84	0,28
STAI T2	52,75 (14,07)	49,67 (11,77)	47,17 (11,24)	43,50 (11,25)	3,51	0,32
STAI T4	59,33 (15,91)	52,08 (10,70)	55,67 (15,69)	58,42 (12,00)	1,67	0,64
STAI T6	39,75 (4,79)	44,67 (9,23)	38,00 (9,84)	39,83 (6,10)	7,04	0,07
SOM T2	5,08 (2,07)	5,67 (1,07)	5,08 (2,78)	5,00 (2,26)	0,25	0,97
SOM T4	7,50 (1,78)	7,08 (1,73)	7,50 (1,98)	6,58 (1,93)	2,13	0,53

Tableau 10 : Recherche d'un effet statut sur les différents paramètres de stress sur l'ensemble de la population d'étude (moyenne et écart-type)

Légende : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; CS : cortisol salivaire ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) ; FC : fréquence cardiaque (bpm) ; PNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage ; SOM : Stress-O-Meter ; STAI : State-Trait Anxiety Inventory ; T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ; T6 : post-débriefing ; VR : variation relative.

Paramètres	Médecins (n = 12)	Internes (n = 12)	Infirmier(e)s (n = 12)	Ambulancie(e)rs (n = 12)	H (3, 45)	p
VR CS (T4-T2)/T2	0,38(0,69)	0,17 (0,56)	0,79 (1,30)	0,61 (1,22)	2,53	0,47
VR CS (T6-T4)/T4	-0,35 (0,21)	-0,20 (0,11)	-0,22 (0,15)	-0,28 (0,17)	4,94	0,18
VR CS (T6-T2)/T2	-0,16 (0,42)	-0,06 (0,51)	0,40 (1,18)	0,10 (0,74)	2,09	0,55
VR FC (T4-T2)/T2	0,34 (0,20)	0,36 (0,19)	0,34 (0,17)	0,26 (0,16)	2,23	0,53
VR FC (T6-T4)/T4	0,003 (0,14)	0,01 (0,18)	-0,01 (0,13)	0,03 (0,10)	0,44	0,93
VR FC (T6-T2)/T2	0,35 (0,27)	0,37 (0,27)	0,33 (0,21)	0,28 (0,12)	1,11	0,78
VR PNN50 (T4-T2)/T2	-0,19 (0,68)	-0,50 (0,46)	-0,59 (0,23)	0,01 (1,02)	3,96	0,27
VR PNN50 (T6-T4)/T4	0,04 (0,62)	8,00 (24,27)	2,20 (4,47)	0,32 (0,96)	2,13	0,55
VR PNN50 (T6-T2)/T2	-0,10 (0,90)	-0,18 (0,85)	-0,24 (0,77)	-0,05 (0,76)	0,60	0,90
VR BF/HF (T4-T2)/T2	0,85 (1,11)	1,42 (1,61)	1,43 (1,12)	2,05 (2,02)	2,96	0,40
VR BF/HF (T6-T4)/T4	0,35 (0,59)	0,13 (0,85)	0,04 (0,60)	0,02 (0,58)	3,35	0,34
VR BF/HF (T6-T2)/T2	1,32 (1,68)	0,92 (0,97)	1,52 (1,64)	1,91 (2,25)	1,98	0,58
VR STAI (T4-T2)/T2	0,17 (0,35)	0,09 (0,30)	0,18 (0,19)	0,40 (0,40)	5,53	0,14
VR STAI (T6-T4)/T4	-0,29 (0,20)	-0,12 (0,20)	-0,29 (0,18)	-0,29 (0,16)	6,31	0,10
VR STAI (T6-T2)/T2	-0,20 (0,22)	-0,08 (0,16)	-0,19 (0,13)	-0,05 (0,19)	5,39	0,15
VR SOM (T6-T4)/T4	0,71 (0,94)	0,31 (0,42)	1,05 (2,35)	0,66 (0,97)	0,62	0,89

Tableau 11 : Comparaison des variations dans le temps des paramètres de stress selon le statut sur l'ensemble de la population d'étude

Légende : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; CS : cortisol salivaire ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) ; FC : fréquence cardiaque (bpm) ; PNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage ; SOM : Stress-O-Meter ; STAI : State-Trait Anxiety Inventory ; T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ; T6 : post-débriefing ; VR : variation relative.

### **6.3.1.3. Recherche d'une influence du sexe des participants sur les paramètres du stress**

Les paramètres de stress étaient comparables pour les deux sexes avant simulation. Cependant ils différaient durant la simulation. Cette différence concernait aussi bien les mesures électro-physiologiques, le cortisol salivaire que les mesures de stress psychologique. Le niveau de stress électro-physiologique était plus important chez les femmes qui présentaient une fréquence cardiaque significativement plus élevée que celle des hommes en T4, après simulation ( $p = 0,005$ ) et en T6, après débriefing ( $p = 0,03$ ). En revanche, il y avait un retour plus rapide vers l'état de base chez les femmes, comme le montre la variation relative du rapport BF/HF qui était négative chez les femmes mais positive chez les hommes ( $p = 0,03$ ) ; de plus le rapport BF/HF était significativement plus bas chez les femmes que chez les hommes ( $p = 0,007$ ).

De même, la baisse du taux de cortisol entre la fin de la simulation et la fin du débriefing était plus importante chez les femmes, s'exprimant par une baisse plus importante de la variation relative du cortisol ( $p = 0,03$ ).

Le ressenti psychologique était également plus important chez les femmes avec à la fois un score de STAI plus élevé à T4 ( $p = 0,0004$ ) et une baisse plus importante de la variation relative du score de STAI entre T4 et T6 ( $p = 0,02$ ).

Ces résultats sont en faveur d'une hausse des paramètres de stress plus importante chez les femmes mais avec un retour vers l'état de base plus rapide. Toutes les comparaisons selon le sexe pour les mesures de stress et leur variation relative sont données dans le tableau 12.

Mesures	Hommes (n = 26)	Femmes (n = 22)	U-test de Mann-Whitney	p
CS T2	0,29 (0,14)	0,26 (0,13)	259,5	0,56
CS T4	0,34 (0,23)	0,39 (0,25)	201,5	0,08
CS T6	0,21 (0,8)	0,30 (0,19)	254,0	0,49
FC T2	72,60 (9,50)	79,78 (12,61)	209,0	0,11
FC T4	81,26 (10,94)	90,82 (12,21)	152,0	<b>0,005</b>
FC T6	82,34 (12,49)	89,44 (9,74)	186,0	<b>0,03</b>
pNN50 T2	17,76 (13,88)	14,67 (14,59)	240,0	0,33
pNN50 T4	10,71 (7,55)	8,06 (9,28)	198,0	0,06
pNN50 T6	10,59 (7,99)	9,63 (11,19)	214,0	0,13
BF/HF T2	4,91 (2,67)	4,02 (2,85)	154,0	0,17
BF/HF T4	6,42 (3,13)	6,27 (3,80)	272,5	0,76
BF/HF T6	7,25 (3,18)	4,70 (2,31)	149,0	<b>0,007</b>
STAI T2	46,64 (10,94)	50,04 (13,53)	242,0	0,35
STAI T4	50,72 (10,67)	62,52 (14,01)	150,0	<b>0,004</b>
STAI T6	40,00 (6,08)	41,17 (9,67)	287,0	0,99
SOM T2	5,36 (1,68)	5,04 (2,48)	273,0	0,76
SOM T4	6,76 (1,71)	7,61 (1,90)	199,0	0,07
VR CS (T4-T2)/T2	0,25 (0,57)	0,74 (1,28)	234,0	0,27
VR CS (T6-T4)/T4	-0,31 (0,17)	-0,21 (0,15)	181,0	<b>0,03</b>
VR CS (T6-T2)/T2	-0,17 (0,37)	0,33 (1,00)	198,5	0,07
VR FC (T4-T2)/T2	0,37 (0,19)	0,28 (0,15)	193,0	0,05
VR FC (T6-T4)/T4	0,02 (0,14)	0,004 (0,14)	262,0	0,60
VR FC (T6-T2)/T2	0,39 (0,24)	0,27 (0,19)	205,0	0,08
VR PNN50 (T4-T2)/T2	-0,37 (0,52)	-0,27 (0,84)	284,0	0,94
VR PNN50 (T6-T4)/T4	0,30 (1,24)	5,18 (17,69)	212,0	0,11
VR PNN50 (T6-T2)/T2	-0,38 (0,53)	0,11 (0,97)	211,0	0,11
VR BF/HF (T4-T2)/T2	1,09 (1,39)	1,82 (1,60)	195,0	0,06
VR BF/HF (T6-T4)/T4	0,34 (0,74)	-0,09 (0,45)	176,0	<b>0,03</b>
VR BF/HF (T6-T2)/T2	1,51 (1,87)	1,33 (1,50)	257,0	0,70
VR STAI (T4-T2)/T2	0,12 (0,26)	0,30 (0,37)	197,0	0,06
VR STAI (T6-T4)/T4	-0,18 (0,18)	-0,32 (0,19)	171,5	<b>0,02</b>
VR STAI (T6-T2)/T2	-0,11 (0,20)	-0,15 (0,16)	254,0	0,49
VR SOM (T4-T2)/T2	0,38 (0,49)	1,00 (1,83)	241,0	0,47

Tableau 12 : Comparaison des mesures objectives et subjectives de stress (moyenne et écart-type) et de leur variation relative selon le sexe

Légende : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; CS : cortisol salivaire ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) ; FC : fréquence cardiaque (bpm) ; PNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage ; SOM : Stress-O-Meter ; STAI : State-Trait Anxiety Inventory ; T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ; T6 : post-débriefing ; VR : variation relative.

#### 6.3.1.4. Corrélation entre les marqueurs de stress lors de la première séance de simulation (Ghazali 2016e)

A l'exception d'une corrélation entre le PNN50 et le CS à T2 et entre FC et CS à T6, il n'y avait aucune corrélation entre les marqueurs de stress électro-physiologiques, biologique et psychologique (Tableau 13).

	T2		T4		T6	
	Rho	p	Rho	p	Rho	p
FC / PNN50	-0,53	<b>0,0002</b>	-0,60	<b>&lt; 0,0001</b>	-0,55	<b>0,0002</b>
FC / BF/HF	0,32	<b>0,02</b>	-0,03	0,84	-0,07	0,65
FC / CS	-0,11	0,43	0,30	<b>0,04</b>	0,43	<b>0,004</b>
FC / STAI	0,22	0,21	0,33	<b>0,02</b>	0,23	0,12
FC / SOM	0,11	0,42	0,18	0,21	NA	NA
PNN50 / BF/HF	-0,48	<b>0,001</b>	-0,47	<b>0,001</b>	-0,39	<b>0,008</b>
PNN50 / CS	0,31	<b>0,03</b>	0,06	0,67	-0,07	0,61
PNN50 / STAI	-0,01	0,95	-0,11	0,45	-0,23	0,11
PNN50 / SOM	-0,12	0,41	-0,01	0,92	NA	NA
BF/HF / CS	-0,01	0,94	-0,18	0,22	-0,05	0,72
BF/HF / STAI	-0,12	0,41	-0,02	0,91	0,09	0,53
BF/HF / SOM	0,05	0,74	-0,26	0,07	NA	NA
CS / STAI	0,14	0,33	0,33	<b>0,02</b>	0,04	0,76
CS / SOM	-0,19	0,20	0,23	0,11	NA	NA
STAI / SOM	0,52	<b>0,0004</b>	0,52	<b>0,0003</b>	NA	NA

Tableau 13: Corrélations entre les paramètres de stress aux différents temps de la simulation

Légende : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; CS : cortisol salivaire ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) ; FC : fréquence cardiaque (bpm) ; PNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage ; SOM : Stress-O-Meter ; STAI : State-Trait Anxiety Inventory ; T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ; T6 : post-débriefing.

Toutefois, de manière prévisible, nous avons observé une forte corrélation entre la fréquence cardiaque et sa variabilité sinusale. Il y a avait également une corrélation très forte entre les données de variabilité sinusale issues de l'analyse dans le domaine temporel (PNN50) et celles issues de l'analyse dans le domaine spectral (BF/HF) (Figure 19). Par ailleurs, concernant le stress psychologique, les scores de STAI et de SOM étaient également fortement corrélés.

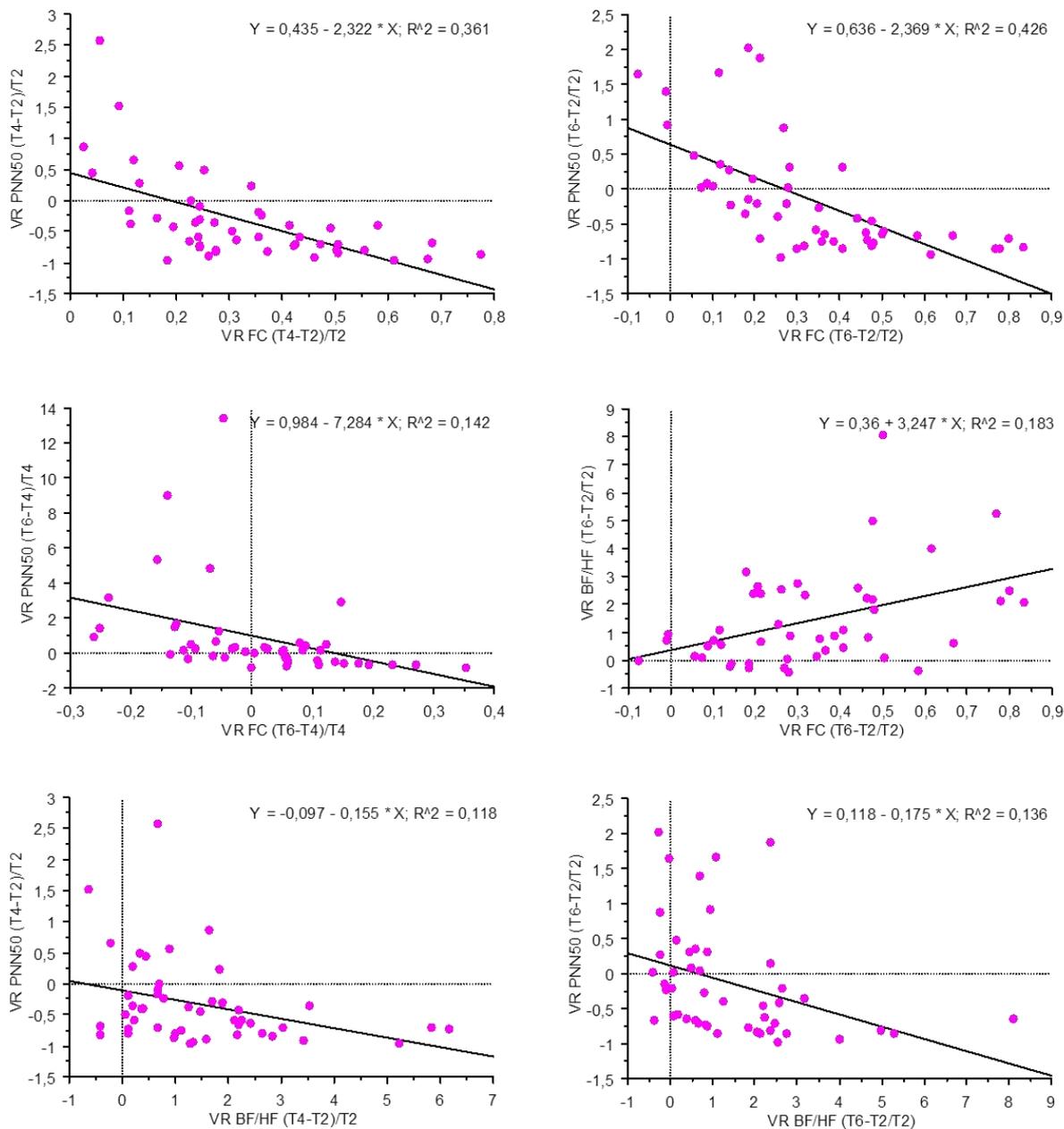


Figure 19 : Principales corrélations entre les variations relatives des paramètres électro-physiologiques du stress

Légende : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; FC : fréquence cardiaque (bpm) ; PNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage ; T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ; T6 : post-débriefing ; VR : variation relative.

L'étude des variations dans le temps montrait que les variations relatives de fréquence cardiaque et des paramètres de variabilité sinusale étaient corrélées de T2 à T4, de T4 à T6 et de T2 à T6. Deux

autres corrélations entre variations relatives ont été retrouvées : entre T0 et T4 pour le CS et le STAI, et entre T4 et T6 pour le CS et le BF/HF (Tableau 14).

Aucune autre corrélation n'a pu être mise en évidence entre les variations des différents marqueurs de stress (Tableau 14). Ces résultats semblaient donc être en faveur d'associations entre marqueurs du même système, mais montraient des variations dans le temps différentes pour les trois systèmes électro-physiologique, biologique et psychologique.

Corrélation	Entre T2 et T4		Entre T4 et T6		Entre T2 et T6	
	Rho	p	Rho	p	Rho	p
VR FC / VR PNN50	-0,64	< 0,0001	-0,62	< 0,0001	-0,74	< 0,0001
VR FC / VR BF/HF	0,01	0,96	0,20	0,17	0,38	0,01
VR FC / VR CS	-0,08	0,60	-0,13	0,37	0,01	0,93
VR FC / VR STAI	0,25	0,09	-0,08	0,59	-0,03	0,86
VR FC / VR SOM	-0,15	0,30	NA	NA	NA	NA
VR PNN50 / VR BF/HF	-0,38	0,009	-0,56	0,0002	-0,50	0,0008
VR PNN50 / VR CS	0,06	0,67	0,03	0,85	-0,07	0,62
VR PNN50 / VR STAI	-0,05	0,75	-0,10	0,51	-0,01	0,92
VR PNN50 / VR SOM	-0,01	0,93	NA	NA	NA	NA
VR BF/HF / VR CS	0,21	0,16	0,01	0,98	0,41	0,006
VR BF/HF / VR STAI	0,10	0,51	0,11	0,47	0,06	0,38
VR BF/HF / VR SOM	-0,03	0,85	NA	NA	NA	NA
VR CS / VR STAI	0,33	0,02	0,29	0,05	-0,12	0,31
VR CS / VR SOM	-0,01	0,94	NA	NA	NA	NA
VR STAI / VR SOM	0,13	0,37	NA	NA	NA	NA

Tableau 14: Corrélations entre les variations relatives des paramètres de stress entre les différents temps de la simulation

Légende : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; CS : cortisol salivaire ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) ; FC : fréquence cardiaque (bpm) ; NA : non applicable ; PNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage ; SOM : Stress-O-Meter ; STAI : State-Trait Anxiety Inventory ; T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ; T6 : post-débriefing ; VR : variation relative.

### 6.3.2. Description de l'état de confiance en soi et du sentiment d'insatisfaction des participants lors de la première séance de simulation

#### 6.3.2.1. Etat de confiance en soi avant la simulation

Lors du débriefing, l'état de confiance en soi avant de débiter la simulation (T2) a été évalué. Le score moyen (sur 10) était  $5,69 \pm 1,87$ . Il était comparable dans les deux groupes :  $5,62 \pm 1,92$  pour le

groupe expérimental et  $5,75 \pm 1,82$  pour le groupe contrôle,  $t(46) = -0,23$ ,  $p = 0,82$ . Aucune différence n'a été constatée selon le statut (Tableau 15) ou le sexe : il était de  $5,26 \pm 2,09$  pour les femmes vs.  $6,08 \pm 1,58$  pour les hommes,  $t(dll 46) = -1,54$ ,  $p = 0,13$ .

### 6.3.2.2. Sentiment d'insatisfaction après la simulation

Lors du débriefing, l'évaluation du sentiment d'insatisfaction (sur 10) en fin de simulation (T4) était de  $6,31 \pm 2,22$ . Il était de  $6,71 \pm 2,24$  dans le groupe expérimental et de  $5,92 \pm 2,19$  dans le groupe contrôle,  $t(dll 46) = 1,24$ ,  $p = 0,22$ . Aucune différence n'a été constatée selon le statut (Tableau 15) ou le sexe : il était de  $6,78 \pm 2,19$  pour les femmes vs.  $5,88 \pm 2,20$  pour les hommes,  $t(dll 46) = 1,42$ ,  $p = 0,16$ .

Paramètres	Médecins (n = 12)	Internes (n = 12)	Infirmier(e)s (n = 12)	Ambulancier(e)s (n = 12)	H (3, 45)	p
Confiance	$6,17 \pm 1,59$	$5,17 \pm 16,64$	$5,42 \pm 2,07$	$6,00 \pm 2,17$	1,96	0,58
Insatisfaction	$6,00 \pm 2,86$	$6,58 \pm 1,44$	$6,00 \pm 2,59$	$6,67 \pm 1,92$	0,50	0,92

Tableau 15 : Etat de confiance en soi avant simulation et sentiment d'insatisfaction après simulation selon le statut

### 6.3.3. Description de la performance lors de la première séance

#### 6.3.3.1. Valeurs initiales des performances techniques et non techniques lors de la 1ère séance

Pour la performance technique, les scores (sur 100) étaient de  $44,6 \pm 18,1$  pour le TAPAS et  $65,6 \pm 14,4$  pour la pose de voie intra-osseuse. En ce qui concerne la performance non-technique, les scores étaient de  $50,3 \pm 18,5$  pour le CTS et de  $49,5 \pm 22,0$  pour le BAT (Figure 20). La moyenne des scores de pose de voie intra-osseuse avait une plus faible dispersion autour de la moyenne (21,9%) que pour les autres scores (36,8% à 44,4%).

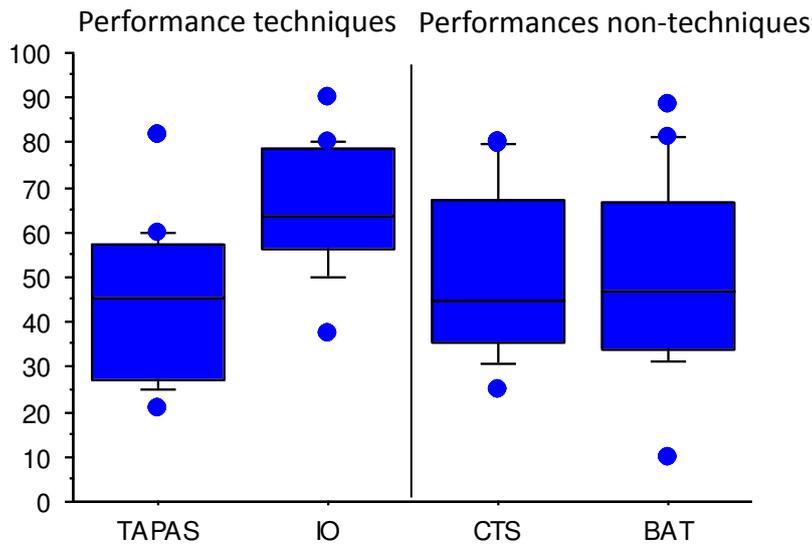


Figure 20 : Scores de performances techniques et non-techniques

Légende : BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale ; IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale.

La comparaison entre les deux groupes n'a révélé aucune différence lors de la première séance de simulation (Tableau 16).

Scores	Groupe expérimental	Groupe contrôle	p
TAPAS	45,1 ± 16,6	42,3 ± 16,0	0,75
IO	60,4 ± 14,9	70,8 ± 12,5	0,23
CTS	46,0 ± 18,3	54,8 ± 21,2	0,52
BAT	45,8 ± 21,8	56,4 18,9	0,38

Tableau 16 : Performances techniques et non-techniques dans les groupes expérimental et contrôle lors de la première séance de simulation

Légende : BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale ; IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale.

### **6.3.3.2. Corrélation entre les différentes mesures de performance (Ghazali 2016f)**

Il y avait une forte corrélation entre la performance du leader, évaluée par le score de BAT et les performances techniques et non-techniques du travail en équipe (Figure 21). Ainsi le score du BAT était corrélé au score du TAPAS ( $r = 0,73$ ,  $p < 0,0001$ ) et au score du CTS ( $r = 0,97$ ,  $p < 0,0001$ ), avec un lien étroit pour ce dernier ( $R^2 = 0,93$ ). Il existait également une corrélation entre le score du TAPAS et celui du CTS ( $r = 0,78$ ,  $p < 0,0001$ ). L'étude de ces associations montrait qu'un score du BAT de plus de 60 sur 100, permettait d'obtenir des scores de CTS et du TAPAS de plus de 50/100. Le score de performance de la pose de voie intra-osseuse (IO) était faiblement corrélé aux autres scores du BAT ( $r = 0,34$ ,  $p = 0,02$ ), du TAPAS ( $r = 0,37$ ,  $p = 0,01$ ) et du CTS ( $r = 0,31$ ,  $p = 0,03$ ).

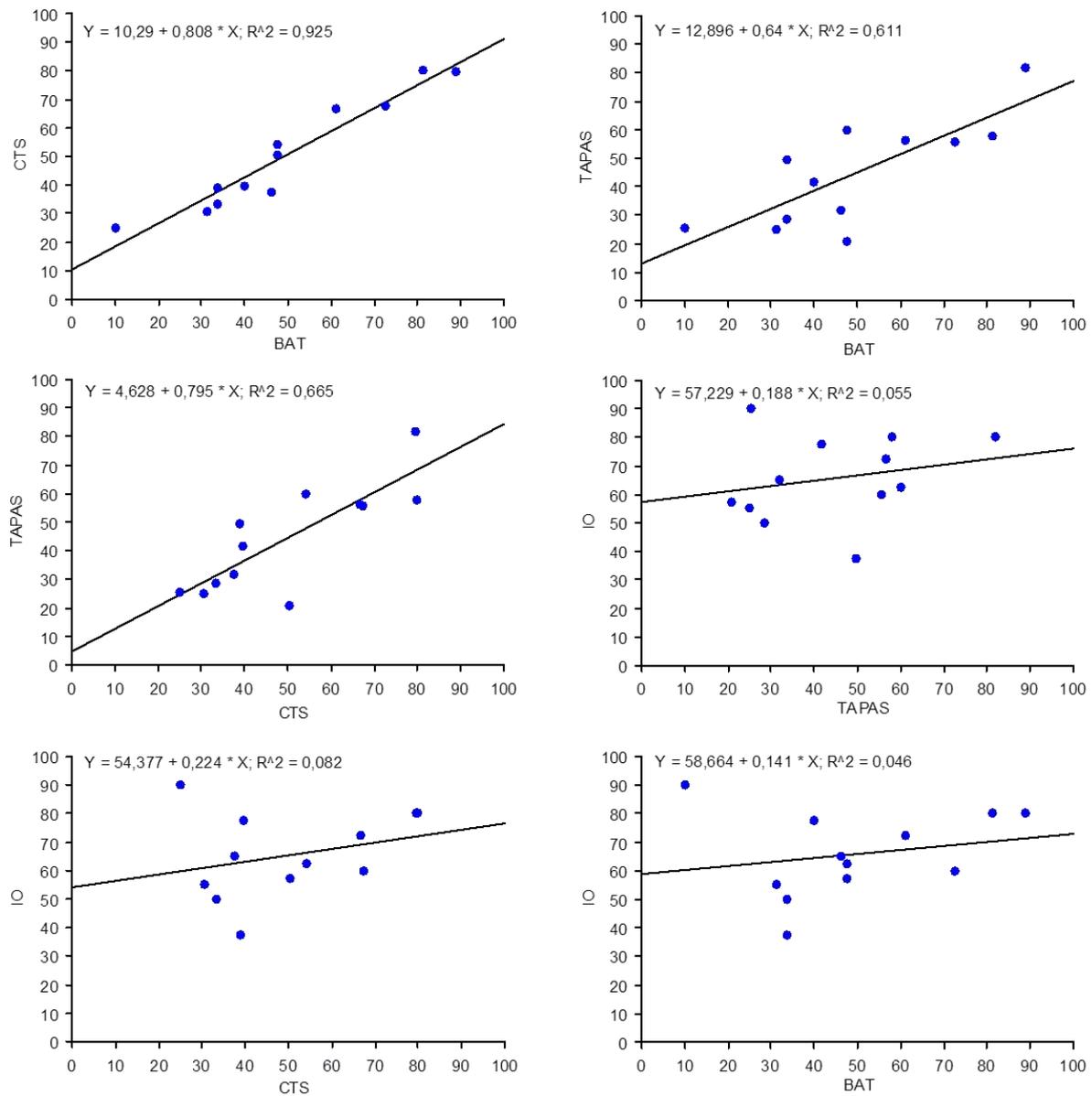


Figure 21 : Corrélations entre les scores des performances techniques et non-techniques durant la 1<sup>ère</sup> séance de simulation

Légende : BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale ; IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale.

#### 6.3.4. Association entre performance et stress (objectif principal) (Ghazali 2016f)

La performance du leader était inversement corrélée au sentiment d'insatisfaction, déterminé après la simulation ( $r = -0,54, p = 0,03$ ). Plus la performance était basse et plus le sentiment d'insatisfaction était important. Il en était de même pour le travail d'équipe : plus la performance d'équipe était

basse et plus le sentiment d'insatisfaction de l'équipe était élevé ( $r = -0,55, p < 0,001$ ). Le score de CTS reflétant la performance non-technique était également inversement corrélé au sentiment de stress (SOM) avant de débiter la simulation : plus le stress (SOM moyen de l'équipe) avant la simulation était important et plus la performance d'équipe (CTS) était basse ( $r = -0,30, p = 0,03$ ). A l'inverse, le score de CTS était positivement corrélé à l'état de confiance en soi : plus l'état de confiance en soi dans l'équipe était élevé et plus la performance d'équipe était importante ( $r = 0,45, p = 0,001$ ). La performance technique de l'équipe, évaluée par le score de TAPAS, était également corrélée à l'état de confiance en soi au sein de l'équipe ( $r = 0,45, p = 0,002$ ) et inversement corrélée au sentiment d'insatisfaction ( $r = -0,51, p < 0,001$ ). Ces corrélations sont présentées Figure 22. Ni l'état de confiance en soi, ni le sentiment d'insatisfaction n'étaient corrélés au score de performance de la pose de voie intra-osseuse.

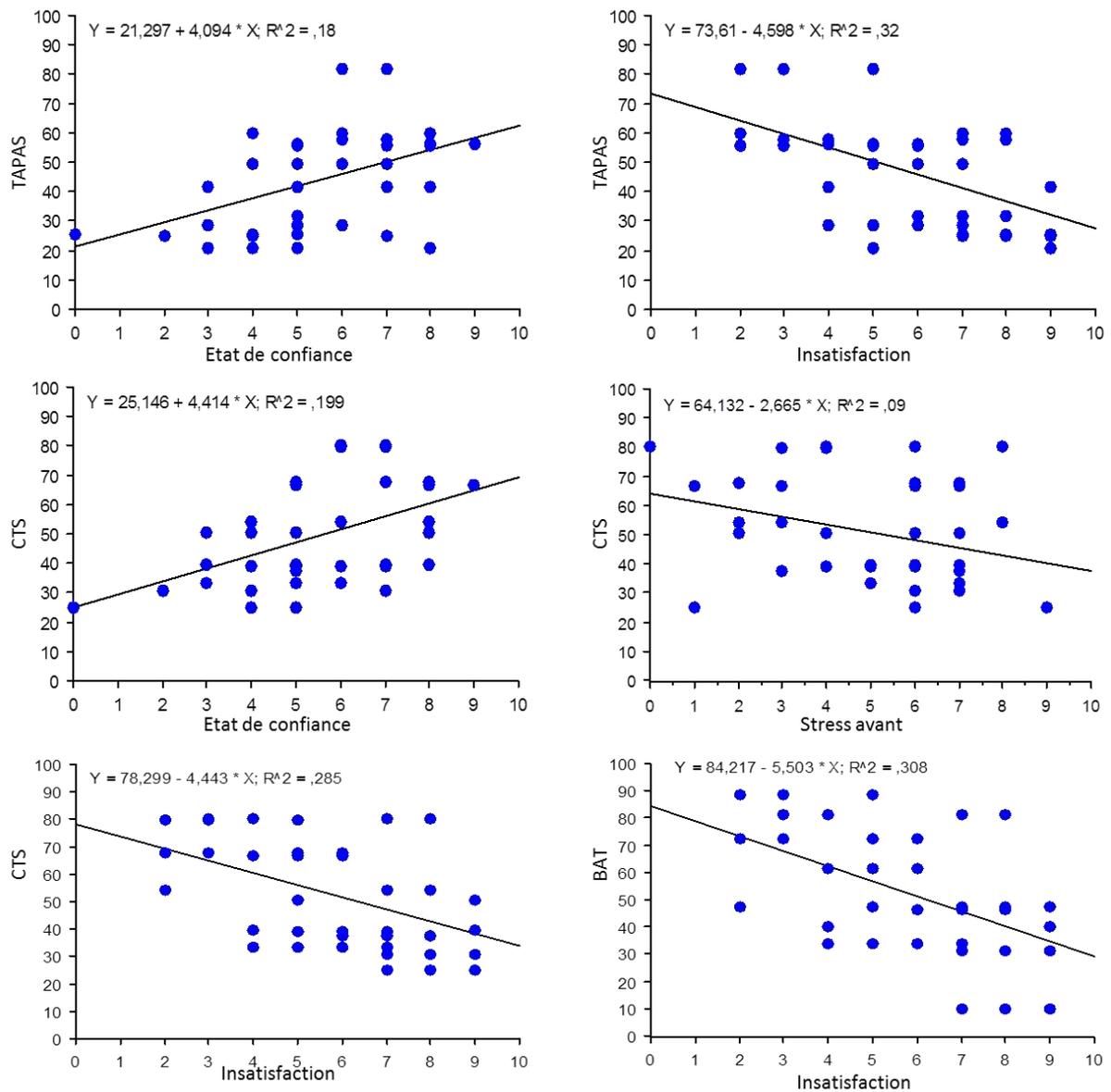


Figure 22 : Corrélations entre performance et stress au cours de la simulation

Légende : BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale.

Les scores de performances techniques et non-techniques n'étaient pas corrélés aux marqueurs objectifs de stress biologique (cortisol salivaire) et électro-physiologiques (fréquence cardiaque, pNN50 et ratio BF/HF) et ni au score de STAI (Tableau 17).

	TAPAS		IO		CTS		BAT	
	Rho	p	Rho	p	Rho	p	Rho	P
<b>FC T2</b>	-0,23	0,11	-0,06	0,67	-0,20	0,18	-0,24	0,10
<b>FC T4</b>	-0,04	0,77	-0,12	0,41	-0,10	0,49	-0,08	0,59
<b>PNN50 T2</b>	0,13	0,39	-0,12	0,42	0,02	0,88	0,08	0,59
<b>PNN50 T4</b>	0,02	0,87	-0,04	0,77	0,01	0,95	-0,01	0,93
<b>BF/HF T2</b>	0,11	0,47	-0,10	0,50	0,11	0,48	0,11	0,48
<b>BF/HF T4</b>	-0,03	0,86	-0,07	0,63	-0,02	0,88	-0,01	0,93
<b>CS T2</b>	0,10	0,51	-0,19	0,19	0,33	0,74	0,06	0,71
<b>CS T4</b>	0,07	0,63	0,11	0,44	-0,25	0,80	-0,10	0,50
<b>STAI T2</b>	0,164	0,27	-0,08	0,57	0,04	0,81	0,08	0,57
<b>STAI T4</b>	0,094	0,53	-0,02	0,90	-0,19	0,21	-0,19	0,19

Tableau 17: Corrélations entre scores de performances et mesures de stress

Légende :

Performances : BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale ; IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale.

Mesures de stress : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; CS : cortisol salivaire ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) ; FC : fréquence cardiaque (bpm) ; PNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage ; STAI : State-Trait Anxiety Inventory ; T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation.

### 6.3.5. Synthèse des résultats de la première séance de simulation

La première séance a permis d'objectiver que :

Pour le stress

- La simulation augmentait le stress, attesté par des marqueurs appartenant aux trois composantes du stress : fréquence cardiaque et variabilité du rythme sinusal, cortisol salivaire, STAI et SOM
- Une décroissance du stress était objectivée au moment du débriefing pour tous les paramètres (un peu plus tardive pour ceux du Holter)
- La réaction de stress était la même dans les deux groupes
- Il n'y avait aucune différence liée au statut à l'intérieur des équipes
- Il y avait une réaction de stress plus importante chez les femmes, mais avec un retour à l'état de base plus rapide que pour les hommes
- Ni les paramètres de stress, ni leur variation relative n'étaient corrélés entre eux. La seule corrélation constatée – mais prévisible – était celle entre la fréquence cardiaque et sa variabilité du rythme sinusal et entre les domaines temporel et spectral de la variabilité du rythme sinusal.

Pour la performance

- Les scores de performances étaient similaires dans les deux groupes
- Les performances techniques et non-techniques étaient corrélées entre elles avec un lien particulièrement étroit entre performance non-technique du leader et celle de l'équipe
- Les corrélations entre le score de pose de voie intra-osseuse et les autres scores étaient moins fortes que les corrélations des score du TAPAS, du BAT et du CTS entre eux
- La performance était corrélée à l'état de confiance en soi avant la simulation et inversement corrélée au sentiment d'insatisfaction après la simulation
- La performance non-technique était inversement corrélée au sentiment de stress (SOM) avant la simulation
- Performance et stress n'étaient pas corrélés

## **6.4. Effet de la répétition de la simulation sur le stress (premier objectif secondaire)**

### **6.4.1. Holter des 24h (article en cours)**

#### **6.4.1.1. Comparaisons intergroupes**

Deux cent quatre-vingt-huit Holters ont été analysés sur la période des 24h afin d'évaluer l'impact de la répétition des simulations (Tableau 18).

La fréquence cardiaque et le paramètre issu de l'analyse dans le domaine temporel (PNN50) ne différaient pas entre les 2 groupes et ne variaient pas de façon significative au cours du temps. Il n'y avait pas non plus de différence pour le rapport BF/HF des 24 heures. Le ratio BF/HF de la période diurne présentait par contre une évolution différente dans le temps entre le groupe expérimental et le groupe contrôle, attestée par une interaction statistique significative entre le temps et le groupe ( $p = 0,04$ ). En période nocturne les variations du ratio BF/HF étaient significatives au cours du temps ( $p = 0,01$ ), sans qu'une différence entre groupe expérimental et groupe contrôle ne puisse être mise en évidence ( $p = 0,37$ ). Un test post-hoc de Scheffe montrait une différence au niveau des scénarios intermédiaire et final.

	Groupe expérimental			Groupe contrôle			ANOVA p
	Initial	Intermédiaire	Final	Initial	Intermédiaire	Final	
<b>FC 24h</b>	72,34 ± 7,75	71,24 ± 10,19	71,59 ± 10,09	72,24 ± 7,51	71,70 ± 7,26	71,03 ± 7,76	a = 0,98 b = 0,45 c = 0,11
<b>PNN50 24h</b>	14,61 ± 10,65	15,92 ± 13,53	16,45 ± 12,03	15,45 ± 10,72	15,55 ± 10,98	16,04 ± 13,02	a = 0,99 b = 0,68 c = 0,87
<b>BF/HF 24h</b>	3,53 ± 1,36	3,98 ± 1,99	3,60 ± 1,57	3,78 ± 1,76	4,01 ± 2,13	4,35 ± 2,27	a = 0,48 b = 0,21 c = 0,24
<b>FC diurne</b>	78,03 ± 7,49	77,13 ± 10,37	77,33 ± 10,98	79,30 ± 7,21	79,26 ± 8,49	77,91 ± 7,99	a = 0,54 b = 0,68 c = 0,81
<b>PNN 50 (%) Diurne</b>	11,95 ± 8,60	12,79 ± 13,53	14,74 ± 11,32	11,94 ± 9,81	12,62 ± 9,63	11,80 ± 9,55	a = 0,68 b = 0,55 c = 0,40
<b>BF/HF Diurne</b>	4,70 ± 2,32	5,18 ± 3,21	4,55 ± 2,27	4,89 ± 2,05	4,72 ± 2,12	5,64 ± 3,42	a = 0,69 b = 0,62 c = 0,04
<b>FC nocturne</b>	66,23 ± 10,03	64,71 ± 12,25	65,51 ± 11,23	64,46 ± 9,72	62,78 ± 9,26	63,10 ± 10,34	a = 0,42 b = 0,54 c = 0,97
<b>PNN 50 (%) Nocturne</b>	17,86 ± 16,11	19,05 ± 10,52	20,03 ± 16,63	20,94 ± 15,92	20,62 ± 15,67	23,61 ± 22,07	a = 0,53 b = 0,48 c = 0,89
<b>LF/HF Nocturne</b>	2,93 ± 1,26	3,48 ± 1,99*	3,21 ± 1,39*	3,15 ± 1,86	4,05 ± 2,95*	3,92 ± 2,86*	a = 0,37 b = 0,01 c = 0,60

Tableau 18 : Comparaison des paramètres du Holter des 24h lors des scénarios communs

Légende : a : effet du groupe ; b : effet du temps ; c : effet de l'interaction (groupe x temps) ; \* différence significative avec le test post-hoc de Scheffe ( $p < 0.05$ ).

BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; FC : fréquence cardiaque (bpm) ; PNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage.

Les données sont exprimées en moyenne et écart-type.

#### 6.4.1.2. Recherche d'une influence du statut et du sexe des participants sur les paramètres du stress

Il n'y avait pas d'effet statut quel que soit le paramètre de stress analysé (Tableau 19). En revanche, on notait une différence selon le sexe au cours du temps.

La fréquence cardiaque des 24h, de la période diurne et de la période nocturne était significativement plus élevée chez les femmes que les hommes (Figure 23, Tableau 19). Le ratio BF/HF en période diurne était plus élevé chez les hommes (Figure 23, Tableau 19), globalement sur l'ensemble de la période ; cependant les comparaisons 2 à 2 des temps par des tests post-hoc de

Scheffe n'ont pas retrouvé de différence significative. Il n'y avait pas de différence pour les autres paramètres du Holter (Tableau 19).

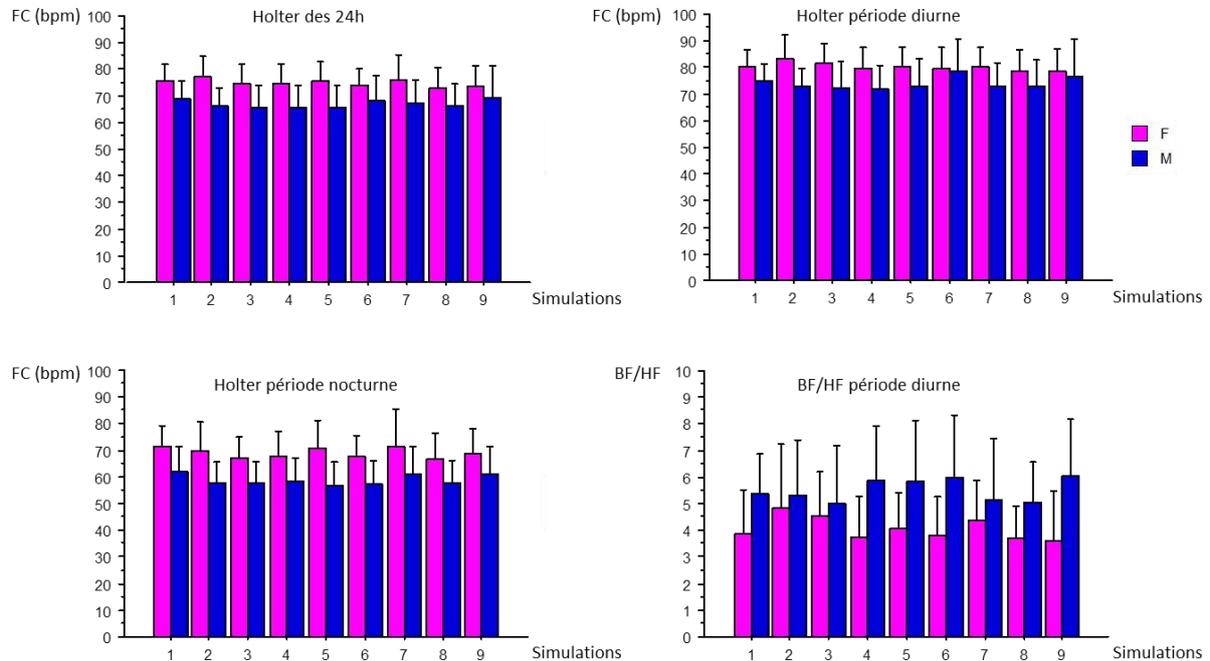


Figure 23 : Différences selon le sexe pour les paramètres de Holter

Légende : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; FC : fréquence cardiaque (bpm).

	Effet statut (F =)	p	Effet sexe (F =)	p
<b>FC 24h</b>	0,23	0,88	8,03	<b>0,01</b>
<b>PNN50 24h</b>	0,99	0,42	1,51	0,23
<b>BF/HF 24h</b>	1,88	0,17	3,21	0,09
<b>FC Diurne</b>	0,38	0,78	4,46	<b>0,04</b>
<b>PNN50 Diurne</b>	0,66	0,58	1,34	0,26
<b>BF/HF Diurne</b>	0,67	0,58	4,80	<b>0,04</b>
<b>FC Nocturne</b>	0,24	0,86	11,01	<b>0,004</b>
<b>PNN50 Nocturne</b>	0,94	0,44	1,12	0,30
<b>BF/HF Nocturne</b>	2,62	0,08	1,39	0,25

Tableau 19 : Etude de l'effet statut et de l'effet sexe sur les paramètres du Holter

Légende : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; FC : fréquence cardiaque (bpm) ; PNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage.

## 6.4.2. Répétition des neuf séances dans le groupe expérimental (Ghazali 2016g)

### 6.4.2.1. Effet sur les mesures électro-physiologiques

L'effet de la répétition des neuf séances a été étudié pour la fréquence cardiaque, PNN50 et BF/HF. Le Holter a été analysé à sept temps différents en comparaison avec l'état de base en période de sommeil profond (T1) : Veille de la simulation (T0), en pré-simulation (T2), durant la simulation (T3), en post-simulation (T4), durant le débriefing (T5), en post-débriefing (T6) et 30 minutes après le débriefing (T7).

#### 6.4.2.1.1. Analyse de la fréquence cardiaque

La fréquence cardiaque de base, c'est-à-dire à T1, en période de sommeil profond, n'était pas modifiée d'une séance à l'autre ( $F = 0,69$ ,  $p = 0,70$ ).

L'évolution au cours des neuf séances de simulation a montré une augmentation significative de la fréquence cardiaque à T4 ( $F = 5,02$ ,  $p < 0,0001$ ). Le test post-hoc de Scheffe retrouvait une différence entre les 2<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> séances ( $p = 0,035$ ), entre les 2<sup>e</sup> et 9<sup>e</sup> ( $p = 0,028$ ), les 3<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> séances ( $p = 0,017$ ), et entre les 3<sup>e</sup> et 9<sup>e</sup> séances ( $p = 0,014$ ) (Figure 24).

Une diminution significative au cours des séances a également été retrouvée à T5 ( $F = 5,65$ ,  $p < 0,0001$ ). Le test post-hoc de Scheffe retrouvait une différence entre la 1<sup>ère</sup> et les suivantes : 2<sup>e</sup> ( $p = 0,005$ ), 3<sup>e</sup> ( $p = 0,001$ ), 5<sup>e</sup> ( $p = 0,013$ ), 7<sup>e</sup> ( $p = 0,002$ ) et 8<sup>e</sup> ( $p = 0,005$ ) séances (Figure 24).

Aucune autre différence entre séances n'a été retrouvée sur les autres temps T2, T3, T6, T7.

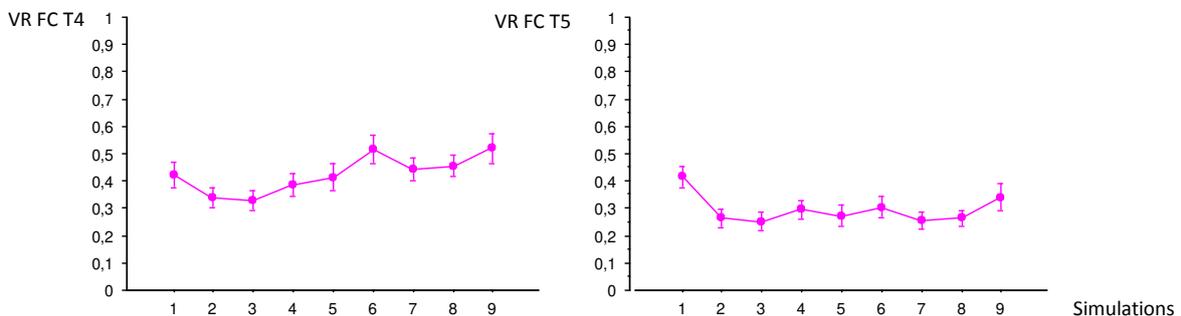


Figure 24 : Analyse de la variation relative de la fréquence cardiaque après la simulation (T4) et durant le débriefing (T5) dans le groupe expérimental au cours des 9 séances de simulation

Légende : FC : fréquence cardiaque ; T4 : post-simulation ; T5 : débriefing ; VR : variation relative.

#### 6.4.2.1.2. *Analyse de la variabilité du rythme sinusal dans le domaine temporel*

La variable PNN50 de base, c'est-à-dire à T1 en période de sommeil profond, n'était pas différente d'une simulation à l'autre ( $F = 0.96$ ,  $p = 0.47$ ).

Nous nous sommes ensuite intéressés aux différences entre les 9 séances concernant les variations relatives des valeurs de PNN50 calculées entre le temps T1 et les autres temps. Des différences entre séances ont été trouvées pour :

- La variation relative de PNN50 entre T0 et T1 : on observait une diminution jusqu'à la 5<sup>e</sup> séance puis une augmentation par la suite à l'exception du dernier scénario ( $F = 3,79$ ,  $p = 0,0004$ ). Les comparaisons deux à deux par des tests post-hoc de Scheffe ont permis de retrouver une différence entre les 5<sup>e</sup> et 8<sup>e</sup> séances ( $p = 0,032$ ) (Figure 25)
- La variation relative de PNN50 entre T4 et T1 : elle différait globalement et significativement entre les séances d'après le test de l'ANOVA pour mesures répétées ( $F = 2,57$ ,  $p = 0,01$ ) dans le sens d'une diminution de cette variation à partir de la 2<sup>ème</sup> séance. Cependant les comparaisons deux à deux par des tests post-hoc de Scheffe n'ont pas permis de trouver de différence entre séances.
- La variation relative de PNN50 entre T5 et T1 : la différence entre séances était significative d'après le test de l'ANOVA pour mesures répétées ( $F = 3,46$ ,  $p = 0,001$ ), la variation augmentait à partir de la 5<sup>ème</sup> séance. Les comparaisons deux à deux par des tests post-hoc de Scheffe ne retrouvaient là encore pas de différence significative.
- La variation relative de PNN50 entre T6 et T1 : la différence entre séances était significative ( $F = 2,88$ ,  $p = 0,005$ ), elle diminuait à partir de la 2<sup>ème</sup> séance et les comparaisons deux à deux permettait de mettre en évidence une différence significative entre la 2<sup>ème</sup> et la 9<sup>ème</sup> séance ( $p = 0,038$ ) (Figure 25).

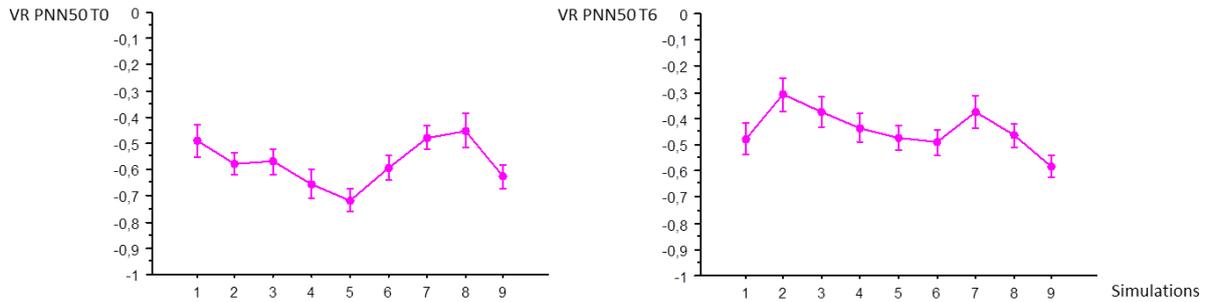


Figure 25 : Analyse de la variation relative du PNN50 la veille de la simulation (T1) et après le débriefing (T6) dans le groupe expérimental

Légende : PNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage ; T0 : veille de la simulation ; T6 : post-débriefing ; VR : variation relative.

#### 6.4.2.1.3. Analyse de la variabilité du rythme sinusal dans le domaine spectral

L'étude des variations relatives du ratio BF/HF entre l'état de base T1 et les autres temps a montré des différences inter-séances significatives pour :

- La variation relative BF/HF entre T0 et T1. Cette variation différait entre les séances ( $F = 5,19$ ,  $p < 0,0001$ ) ; une augmentation jusqu'à la 5<sup>e</sup> séance puis une baisse excluant le dernier scénario pouvaient être observées. Les comparaisons des séances deux à deux ont mis en évidence des différences significatives entre les 1<sup>ère</sup> et 4<sup>e</sup> séances ( $p = 0,04$ ) et les 1<sup>ère</sup> et 5<sup>e</sup> ( $p = 0,04$ ) (Figure 26).
- La variation relative BF/HF entre T2 et T1. Elle différait globalement entre les 9 séances ( $F = 3,70$ ,  $p = 0,0005$ ) avec une augmentation nette à partir de la 4<sup>ème</sup> séance ; cependant les tests de Scheffé n'ont pas permis de retrouver ces différences.
- La variation relative BF/HF entre T4 et T1. Comme précédemment la différence inter-séances était significative ( $F = 4,24$ ,  $p = 0,0001$ ) avec une augmentation de cette variation à partir de la 4<sup>e</sup> séance. Le test de Scheffé rapportait une différence significative entre 3<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> séances ( $p = 0,04$ ) (Figure 26).
- La variation relative BF/HF entre T5 et T1. La différence inter-séances était significative ( $F = 3,75$ ,  $p = 0,0004$ ) ; on observait une augmentation entre les 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> séances puis une baisse excluant le dernier scénario. Les 2<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> séances ainsi que les 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> séances différaient significativement ( $p = 0,01$  et  $p = 0,03$ , respectivement) (Figure 26).

- La variation relative BF/HF entre T6 et T1. Les résultats étaient identiques à ceux de la variation entre T1 et T4 : une différence inter-séances significative ( $F = 3,0$ ,  $p = 0,003$ ) dans le sens d'une augmentation à partir de la 4<sup>e</sup> séance et une différence statistiquement significative d'après le test de Scheffé entre les 3<sup>e</sup> et 9<sup>e</sup> séances ( $p = 0,04$ ) (Figure 26).
- La variation relative BF/HF entre T7 et T1. Comme pour la variation T1 T2 différence inter-séances était mise en évidence ( $F = 3,24$ ,  $p = 0,002$ ) avec une augmentation à partir de la 4<sup>ème</sup> séance ; sans confirmation avec les comparaisons deux à deux.

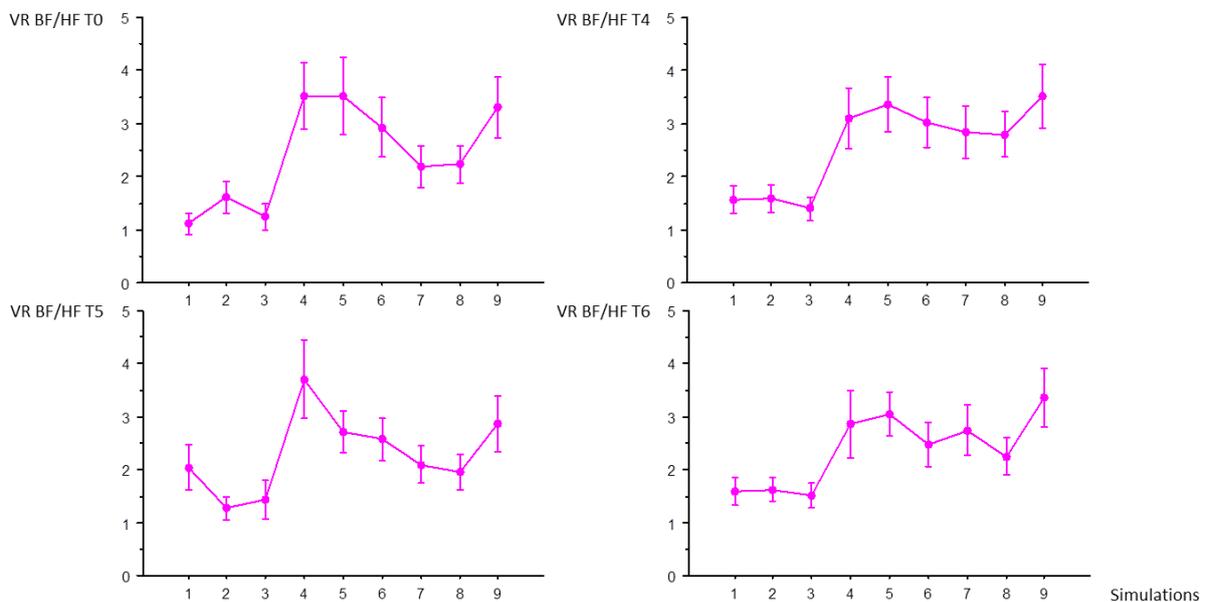


Figure 26 : Analyse de la variation relative du ratio BF/HF la veille de la simulation (T0), après la simulation (T4), durant le débriefing (T5) et après le débriefing (T6) dans le groupe expérimental

Légende : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; T0 : veille de la simulation ; T4 : post-simulation ; T5 : débriefing ; T6 : post-débriefing ; VR : variation relative. VR BF/HF Tx correspond à la différence entre la valeur de BF/HF à Tx et la valeur de BF/HF à T1, cette différence étant rapportée à la valeur de BF/HF à T1 et exprimée en %.

#### 6.4.2.2. Effet sur les mesures de cortisol salivaire

L'analyse du cortisol salivaire a été réalisée la veille de la simulation (T0), en pré-simulation (T2), en post-simulation (T4) et en post débriefing (T6).

L'étude des variations relatives du cortisol entre T0 et les autres temps a permis de mettre en évidence une différence entre les séances de simulation seulement pour la variation relative entre T0

et T6 (Ghazali 2016g) : elle diminuait de manière significative au fur et à mesure de la répétition des simulations ( $F = 4,17$ ,  $p = 0,0001$ ), (Tableau 20).

Variation relative du cortisol salivaire	F	p
VR (T2-T0)/T0	1,60	0,15
VR (T4-T0)/T0	1,82	0,08
VR (T6-T0)/T0	4,17	<b>0,0001</b>
VR (T4-T2)/T2	1,06	0,39
VR (T6-T2)/T2	0,90	0,49
VR (T6-T4)/T4	1,22	0,29

Tableau 20 : Analyse par ANOVA pour mesures répétées de la variation relative du cortisol salivaire dans le temps pour le groupe expérimental

Légende : Temps : T0 : état de base ; T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ; T6 : post-débriefing ; VR : variation relative.

Les tests post-hoc de Scheffe ont montré des différences significatives entre la 1<sup>ère</sup> et la 6<sup>e</sup> séance ( $p = 0,004$ ), la 1<sup>ère</sup> et la 8<sup>e</sup> séance ( $p = 0,008$ ) et entre la 1<sup>ère</sup> et la 9<sup>e</sup> séance ( $p = 0,013$ ) dans le sens d'une baisse du stress biologique après la première séance (Figure 27).

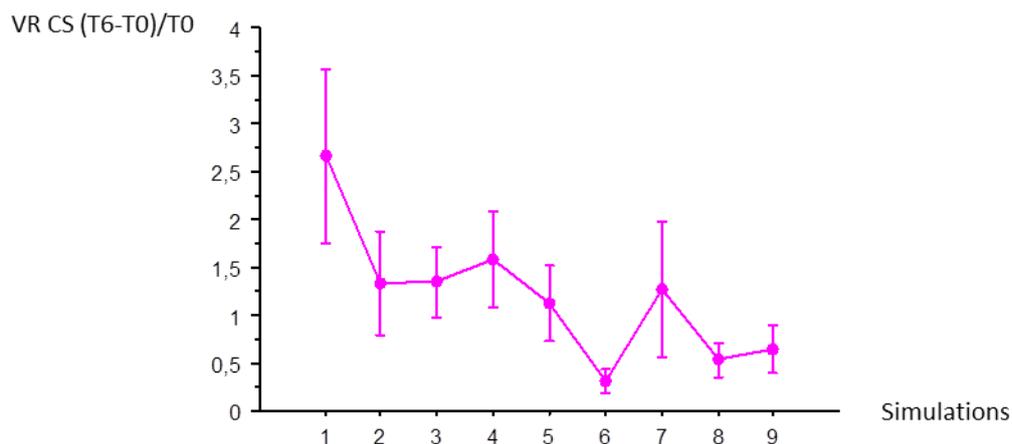


Figure 27 : Analyse de la variation relative du cortisol salivaire entre le niveau post débriefing (T6) et l'état de base (T0) dans le groupe expérimental

Légende : CS : cortisol salivaire ; Temps : T0 : Veille (état de base) ; T6 : post-débriefing ; VR : variation relative.

### 6.4.2.3. Effet sur les mesures de STAI

Le score de STAI T0 (veille de la simulation) ne différait pas significativement entre les 9 séances ( $F = 0,80$ ,  $p = 0,60$ ), tout comme le score de STAI à T6 (post débriefing) ( $F = 0,99$ ,  $p = 0,44$ ). En revanche, le STAI T2 (avant simulation) diminuait au cours du temps ( $F = 1,88$ ,  $p = 0,049$ ) à partir de la 7<sup>e</sup> séance. Le STAI T4 (après simulation) diminuait également au cours du temps ( $F = 4,31$ ,  $p < 0,0001$ ) à partir de la 5<sup>e</sup> séance (Figure 28). Les résultats des comparaisons deux à deux (test post-hoc de Scheffe) sont reportés dans le Tableau 21.

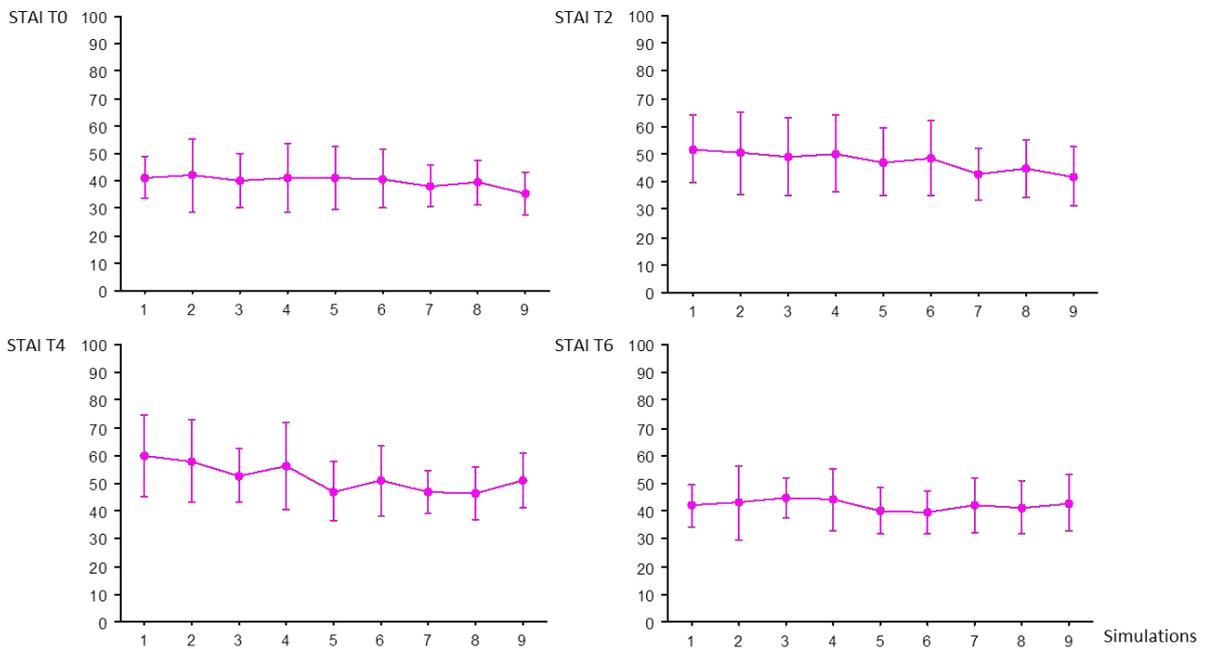


Figure 28 : Effet de la répétition des simulations sur les scores de STAI dans le groupe expérimental

Légende : STAI : State-Trait Anxiety Inventory (score normalisé de 0 à 100, en moyenne et écart-type) ; temps T0 : veille de la simulation ; T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ; T6 : post-débriefing.

Comparaison des séances deux à deux	STAI T2, p	STAI T4, p
1, 2	0,73	0,59
1, 3	0,46	0,05
1, 4	0,67	0,33
1, 5	0,21	<b>0,0003</b>
1, 6	0,39	<b>0,009</b>
1, 7	<b>0,01</b>	<b>0,0002</b>
1, 8	<b>0,048</b>	<b>0,0001</b>
1, 9	<b>0,007</b>	<b>0,01</b>
2, 3	0,69	0,13
2, 4	0,93	0,65
2, 5	0,36	<b>0,002</b>
2, 6	0,60	<b>0,04</b>
2, 7	<b>0,04</b>	<b>0,001</b>
2, 8	0,11	<b>0,0007</b>
2, 9	<b>0,02</b>	<b>0,04</b>
3, 4	0,76	0,29
3, 5	0,60	0,10
3, 6	0,91	0,57
3, 7	0,09	0,08
3, 8	0,23	<b>0,049</b>
3, 9	<b>0,049</b>	0,58
4, 5	0,40	<b>0,007</b>
4, 6	0,67	0,10
4, 7	<b>0,046</b>	<b>0,005</b>
4, 8	0,13	<b>0,003</b>
4, 9	<b>0,02</b>	0,11
5, 6	0,68	0,28
5, 7	0,24	0,91
5, 8	0,50	0,78
5, 9	0,15	0,27
6, 7	0,12	0,23
6, 8	0,28	0,18
6, 9	0,06	0,98
7, 8	0,62	0,86
7, 9	0,77	0,23
8, 9	0,43	0,17

Tableau 21 : Valeurs de p correspondant aux tests post-hoc de Scheffe pour comparaison 2 à 2 des évolutions des scores de STAI T2 et T4 dans le groupe expérimental

Légende : STAI : State-Trait Anxiety Inventory ; temps T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation.

**6.4.2.4. Effet sur les mesures de SOM, d'état de confiance et de sentiment d'insatisfaction**

La valeur de ces indices est présentée Figure 29 pour les différentes séances de simulation.

Nous n'avons pas mis en évidence de différence inter-séance du score de SOM, ni pour SOM T2, c'est-à-dire avant simulation ( $F = 0,92$ ,  $p = 0,151$ ) ni pour SOM T3, c'est-à-dire le niveau maximum pendant la simulation ( $F = 1,70$ ,  $p = 0,101$ ).

L'état de confiance en soi avant la simulation est également resté stable dans le temps ( $F = 1,39$ ,  $p = 0,204$ ).

En revanche, le sentiment d'insatisfaction après simulation diminuait de manière très significative ( $F = 8,69$ ,  $p < 0,0001$ ) à partir de la 5<sup>e</sup> séance ; les résultats des comparaisons deux à deux sont donnés dans le tableau ci-dessous (Tableau 22).

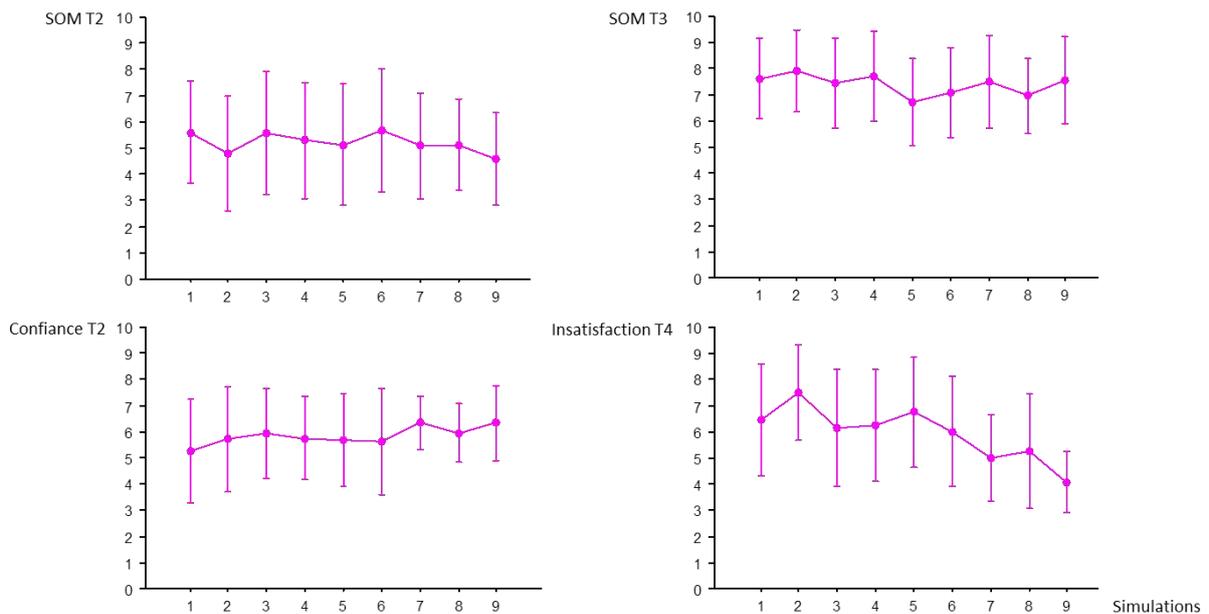


Figure 29 : Evolution des mesures de SOM, de confiance en soi et de sentiment d'insatisfaction dans le groupe expérimental

Légende : SOM : Stress-O-Meter ; T2 : pré simulation ; T3 : pendant la simulation ; T4 : post-simulation.

Comparaison des séances deux à deux	Sentiment d'insatisfaction (p)
1, 2	0,804
1, 3	> 0,999
1, 4	> 0,999
1, 5	> 0,999
1, 6	0,998
1, 7	0,358
1, 8	0,636
1, 9	<b>0,040</b>
2, 3	0,494
2, 4	0,589
2, 5	0,967
2, 6	0,316
2, 7	<b>0,017</b>
2, 8	<b>0,009</b>
2, 9	<b>&lt; 0,0001</b>
3, 4	> 0,999
3, 5	0,994
3, 6	> 0,999
3, 7	0,682
3, 8	0,896
3, 9	<b>0,025</b>
4, 5	0,998
4, 6	> 0,999
4, 7	0,589
4, 8	0,839
4, 9	<b>0,015</b>
5, 6	0,976
5, 7	0,127
5, 8	0,316
5, 9	<b>0,001</b>
6, 7	0,839
6, 8	0,967
6, 9	0,059
7, 8	> 0,999
7, 9	0,897
8, 9	0,682

Tableau 22 : Résultats des comparaisons 2 à 2 des scores du sentiment d'insatisfaction (test post-hoc de Scheffe)

### 6.4.3. Comparaison entre les deux groupes lors des scénarios communs (Ghazali 2016g)

#### 6.4.3.1. Comparaison des mesures électro-physiologiques

La comparaison entre les deux groupes a été faite au cours des trois scénarios communs. Il s'agissait de la séance initiale (1<sup>ère</sup> séance), de la séance intermédiaire (5<sup>e</sup> séance pour le groupe expérimental et 2<sup>e</sup> pour le groupe contrôle) et de la séance finale (9<sup>e</sup> séance pour le groupe expérimental et 3<sup>e</sup>

pour le groupe contrôle). La comparaison a été faite à sept temps différents en comparant l'état de base (T1) avec : la veille de la simulation (T0), en pré-simulation (T2), durant la simulation (T3), en post-simulation (T4), durant le débriefing (T5), en post-débriefing (T6) et 30 minutes après le débriefing (T7).

#### 6.4.3.1.1. Fréquence cardiaque

La variation relative de la fréquence cardiaque calculée entre l'état de base et les autres temps était comparable entre les deux groupes aux sept temps analysés et ceci quel que soit le scénario : initial ( $F = 0,01$ ,  $p = 0,92$ ), intermédiaire ( $F = 0,05$ ,  $p = 0,82$ ) et final ( $F = 0,02$ ,  $p = 0,89$ ) (Figure 30).

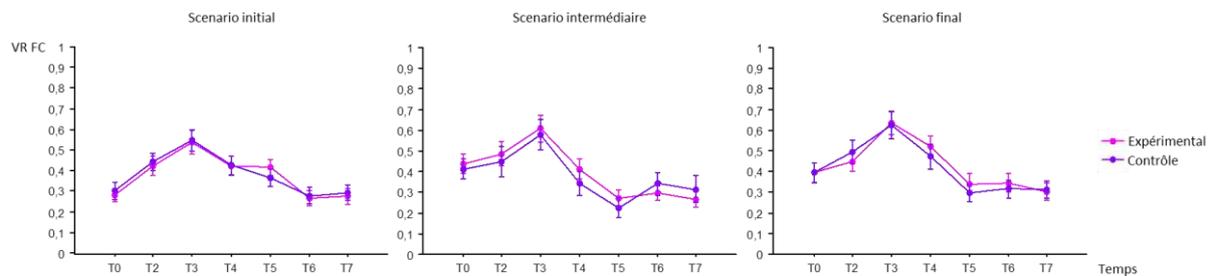


Figure 30 : Comparaison de la variation relative de la fréquence cardiaque entre les deux groupes lors des scénarios communs

Légende : FC : fréquence cardiaque ; Temps : T0 : Veille de la simulation ; T2 : pré-simulation ; T3 : durant la simulation ; T4 : post-simulation ; T5 : durant le débriefing ; T6 : post-débriefing ; T7 : 30 minutes après le débriefing ; VR : variation relative entre T1 et les autres temps.

#### 6.4.3.1.2. Analyse de la variabilité du rythme sinusal dans le domaine temporel

Aucune différence entre les deux groupes n'a été trouvée pour la variation relative du PNN50 sur l'ensemble des sept temps analysés et ceci quel que soit le scénario : initial ( $F = 0,30$ ,  $p = 0,58$ ), intermédiaire ( $F = 2,44$ ,  $p = 0,13$ ) ou final ( $F = 0,52$ ,  $p = 0,48$ ) (Figure 31).

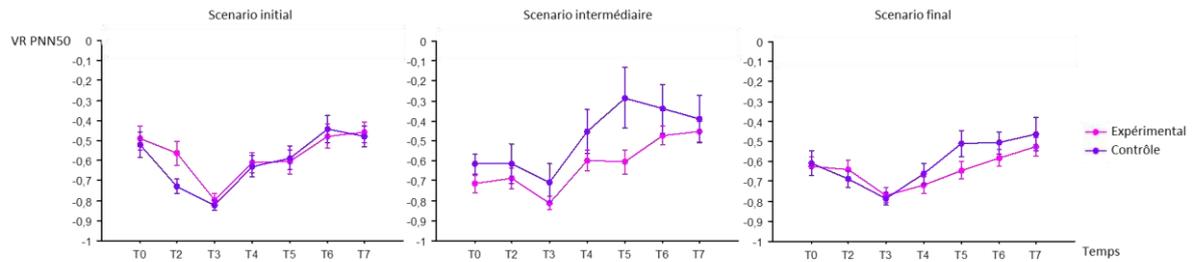


Figure 31 : Comparaison de la variation relative du PNN50 entre les deux groupes lors des scénarios communs

Légende : PNN50 : Nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage ; Temps : T0 : Veille de la simulation ; T2 : pré-simulation ; T3 : durant la simulation ; T4 : post-simulation ; T5 : durant le débriefing ; T6 : post-débriefing ; T7 : 30 minutes après le débriefing ; VR : variation relative entre T1 et les autres temps.

#### 6.4.3.1.3. Analyse de la variabilité du rythme sinusal dans le domaine spectral

L'analyse dans le domaine spectral (paramètre BF/HF) a fourni les mêmes conclusions : absence de différence entre groupes aux sept temps analysés quel que soit le scénario : initial ( $F = 1,10$ ,  $p = 0,30$ ), intermédiaire ( $F = 3,35$ ,  $p = 0,08$ ) et final ( $F = 1,85$ ,  $p = 0,18$ ) (Figure 32).

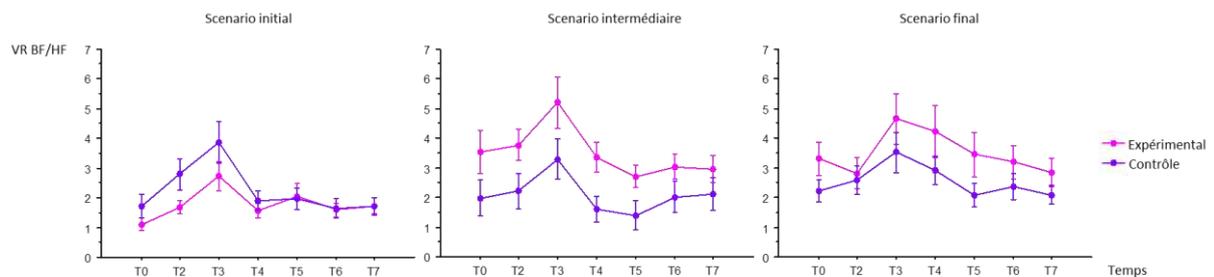


Figure 32 : Comparaison de la variation relative du ratio BF/HF entre les deux groupes lors des scénarios communs

Légende : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; Temps : T0 : Veille de la simulation ; T2 : pré-simulation ; T3 : durant la simulation ; T4 : post-simulation ; T5 : durant le débriefing ; T6 : post-débriefing ; T7 : 30 minutes après le débriefing ; VR : variation relative entre T1 et les autres temps.

#### 6.4.3.2. Comparaison des mesures de cortisol salivaire

La comparaison des valeurs du cortisol salivaire entre les deux groupes a été faite au cours des trois scénarios communs – initial, intermédiaire et final – aux quatre temps (veille de la simulation (T0), pré-simulation (T2), post-simulation (T4) après débriefing (T6)). Les variations relatives entre T0 et les autres temps ont également été comparées.

Aucune différence n’a pu être mise en évidence entre les groupes aussi bien pour les taux de cortisol salivaire que pour leur de variation relative (Tableau 23).

	Scenario initial			Scenario intermédiaire			Scenario final		
	Groupe expérimental	Groupe contrôle	p	Groupe expérimental	Groupe contrôle	p	Groupe expérimental	Groupe contrôle	p
<b>CS T0</b>	0,14 (0,08)	0,15 (0,11)	0,51	0,14 (0,09)	0,14 (0,10)	0,92	0,16 (0,11)	0,21 (0,13)	0,21
<b>CS T2</b>	0,27 (0,14)	0,28 (0,14)	0,89	0,23 (0,10)	0,26 (0,10)	0,48	0,26 (0,13)	0,27 (0,13)	0,68
<b>CS T4</b>	0,38 (0,29)	0,33 (0,18)	0,97	0,37 (0,18)	0,46 (0,23)	0,13	0,43 (0,23)	0,51 (0,37)	0,86
<b>CS T6</b>	0,26 (0,20)	0,23 (0,10)	0,74	0,20 (0,11)	0,21 (0,10)	0,45	0,21 (0,10)	0,24 (0,14)	0,68
<b>VR T2, T0</b>	4,96 (7,88)	1,49 (2,41)	0,24	1,58 (2,69)	2,27 (4,12)	0,80	1,12 (1,62)	0,74 (1,12)	0,48
<b>VR T4, T0</b>	6,39 (10,55)	1,79 (1,95)	0,34	3,58 (5,28)	5,01 (7,06)	0,36	2,53 (3,40)	1,94 (2,25)	0,62
<b>VR T6, T0</b>	2,61 (4,44)	0,95 (1,31)	0,63	1,12 (0,39)	1,69 (0,74)	0,97	0,65 (0,25)	0,45 (0,19)	0,55
<b>VR T4, T2</b>	0,43 (0,91)	0,49 (1,13)	0,85	0,61 (0,53)	0,98 (0,95)	0,36	0,68 (0,58)	1,16 (1,32)	0,89
<b>VR T6, T2</b>	0,04 (0,89)	0,04 (0,71)	0,99	-0,12 (0,04)	-0,20 (0,08)	0,70	-0,11 (0,08)	-0,06 (0,10)	0,90
<b>VR T6, T4</b>	-0,30 (0,17)	-0,27 (0,19)	0,59	-0,43 (0,26)	-0,51 (0,22)	0,35	-0,45 (0,24)	-0,44 (0,26)	0,67

Tableau 23 : Comparaison du taux moyen de cortisol salivaire (moyenne et écart-type) entre le groupe expérimental et le groupe contrôle

Légende : CS : cortisol salivaire ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) ; T0 : veille de la simulation ; T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ; T6 : débriefing ; VR : variation relative entre T0 et les autres temps.

#### 6.4.3.3. Comparaison des mesures de STAI

La comparaison des mesures de STAI entre les deux groupes a été faite au cours des trois scénarios communs – initial, intermédiaire et final – à quatre temps différents : la veille de la simulation (STAI T0), en pré-simulation (STAI T2), en post-simulation (STAI T4) et après le débriefing (STAI T6). Aucune différence entre les deux groupes n’a pu être mise en évidence à l’exception du STAI en pré-simulation (T2) qui était significativement plus élevé dans le groupe expérimental que dans le groupe contrôle lors du scénario intermédiaire ( $p = 0,029$ ) (Figure 33).

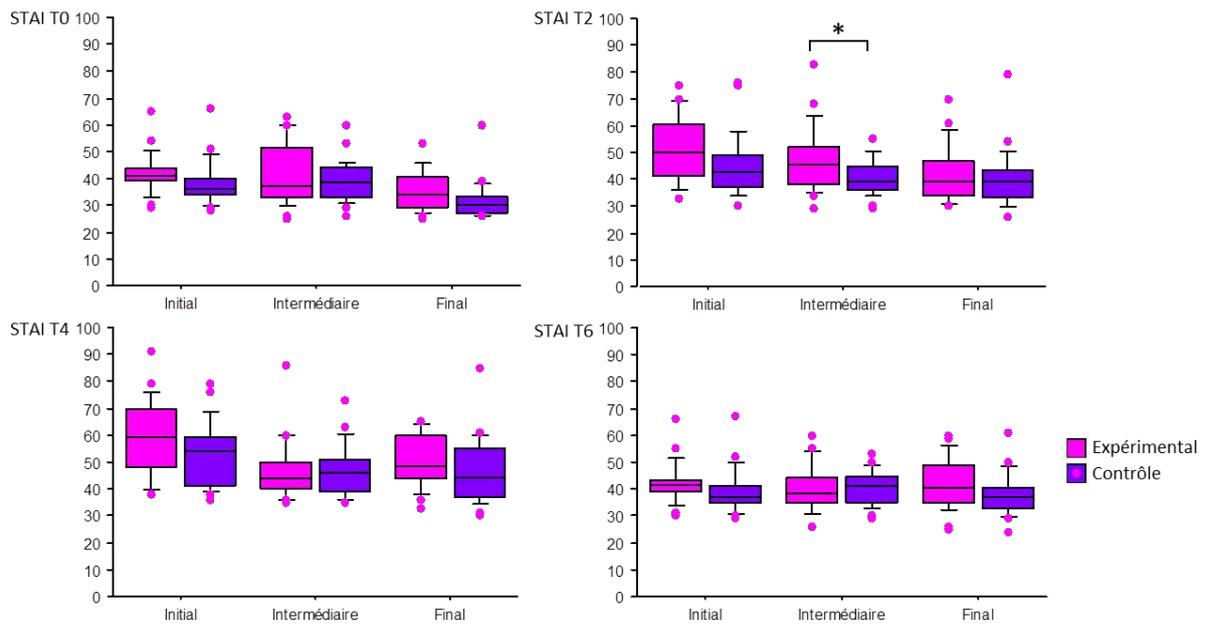


Figure 33 : Comparaison des scores de STAI entre les deux groupes lors des scénarios communs

Légende : STAI : State-Trait Anxiety Inventory (score normalisé de 0 à 100, en moyenne et écart-type) ; temps T0 : veille de la simulation ; T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ; T6 : post-débriefing

#### 6.4.3.4. Comparaison des paramètres de SOM, de l'état de confiance et du sentiment d'insatisfaction

La comparaison deux à deux lors des scénarios communs a montré une diminution significative du score concernant le sentiment d'insatisfaction après simulation dans le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle lors du scénario final ( $4,08 \pm 1,18$  vs.  $5,58 \pm 1,53$ ,  $p = 0,001$ ). Aucune autre différence entre les deux groupes n'a été mise en évidence (Figure 34, Tableau 24).

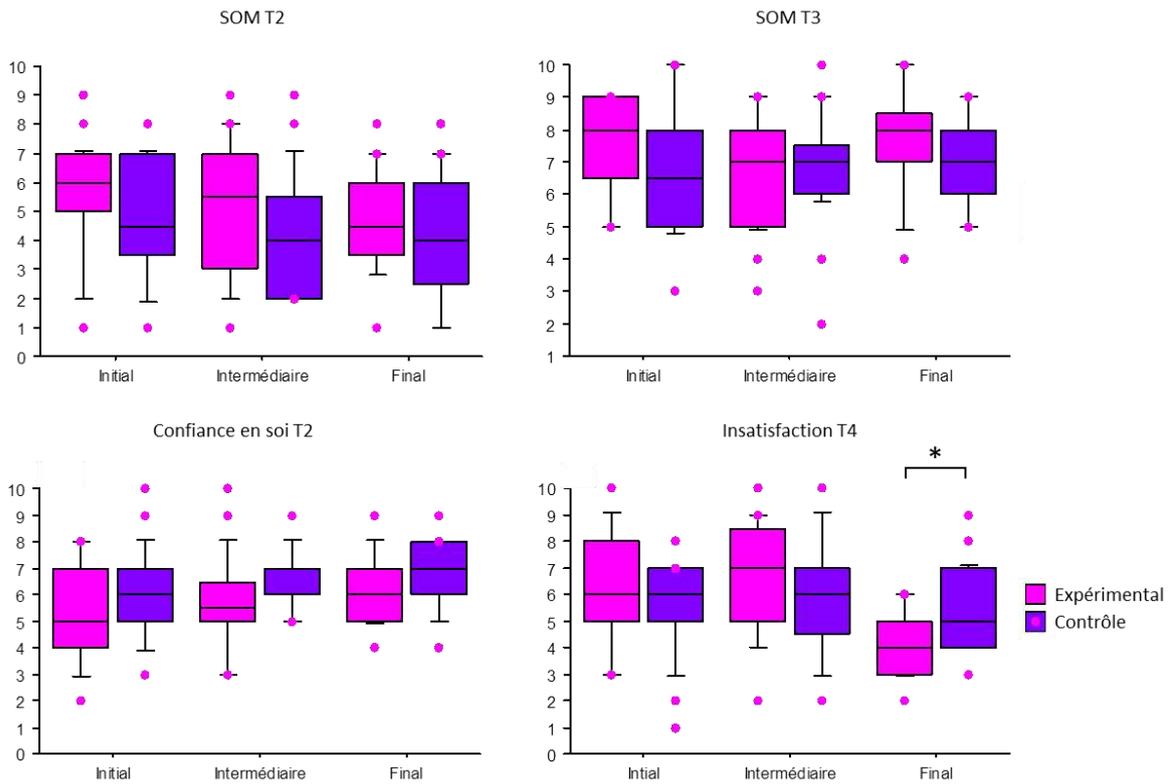


Figure 34 : Comparaison des paramètres subjectifs (scores sur 10) d'évaluation entre les deux groupes au cours des scénarios communs

Légende : \*  $p < 0,05$  ; SOM : Stress-O-Meter ; T2 : pré simulation ; T3 : pendant la simulation ; T4 : post-simulation.

	Scénario initial			Scénario intermédiaire			Scénario final		
	Groupe expérimental	Groupe contrôle	P	Groupe expérimental	Groupe contrôle	p	Groupe expérimental	Groupe contrôle	p
<b>Confiance T2</b>	5,25 ± 1,98	6,12 ± 1,68	0,13	5,67 ± 1,76	6,42 ± 1,18	0,09	6,33 ± 2,06	6,79 ± 1,74	0,23
<b>SOM T2</b>	5,58 ± 1,94	4,83 ± 2,18	0,27	5,13 ± 2,31	4,09 ± 2,02	0,14	4,58 ± 1,79	4,17 ± 2,26	0,56
<b>SOM T3</b>	7,63 ± 1,56	6,71 ± 2,01	0,11	6,71 ± 1,68	6,79 ± 1,61	0,96	7,54 ± 1,67	6,92 ± 1,32	0,12
<b>Insatisfaction T4</b>	6,46 ± 2,15	5,50 ± 1,69	0,11	6,75 ± 2,11	5,88 ± 2,29	0,18	4,08 ± 1,38	5,58 ± 2,34	<b>0,001</b>

Tableau 24 : Comparaison des paramètres subjectifs (scores sur 10) d'évaluation entre les deux groupes au cours des scénarios communs

Légende : SOM : Stress-O-Meter (score de stress de 0 à 10) ; T2 : pré simulation ; T3 : pendant la simulation ; T4 : post-simulation.

#### 6.4.4. Recherche d'une influence du statut et du sexe des participants sur les paramètres du stress

##### 6.4.4.1. Comparaison des mesures électro-physiologiques

###### 6.4.4.1.1. Comparaison en fonction du statut

La comparaison entre les différents statuts de la variation relative des mesures électro-physiologiques aux différents temps T0, T2, T3, T4, T5, T6 et T7 par rapport à l'état de base (T1) a été faite sur l'ensemble des neuf séances dans le groupe expérimental (Tableau 25). La variation relative de la fréquence cardiaque différait entre les statuts pour les temps de T2 à T7. Les tests post-hoc de Scheffe montraient que la différence se situait systématiquement entre les internes (niveau de FC le plus élevé dans l'équipe) et les ambulancier(e)s (niveau de FC le plus bas dans l'équipe) pour les temps T2 à T6 ( $p < 0.05$ ). Aucune différence n'était retrouvée lors des comparaisons 2 à 2 pour les temps T0 et T7. Aucune différence n'a été retrouvée pour la VRS, tant dans le domaine temporel que spectral.

	VR FC		VR PNN50		VR BF/HF	
	F	p	F	p	F	p
<b>T0</b>	3,06	0,06	0,05	0,99	1,10	0,37
<b>T2</b>	4,20	<b>0,02</b>	1,26	0,32	0,76	0,53
<b>T3</b>	4,09	<b>0,02</b>	0,55	0,65	0,47	0,71
<b>T4</b>	4,68	<b>0,01</b>	1,01	0,41	1,55	0,23
<b>T5</b>	4,43	<b>0,01</b>	1,26	0,32	0,91	0,45
<b>T6</b>	4,19	<b>0,02</b>	0,99	0,42	1,62	0,22
<b>T7</b>	3,98	<b>0,03</b>	1,47	0,26	0,36	0,78

Tableau 25 : Résultats des tests comparant la variation de la fréquence cardiaque et de sa variabilité du rythme sinusal dans le temps lors des 9 séances de simulation en fonction du statut dans le groupe expérimental

Légende : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; FC : Fréquence cardiaque ; PNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage ; Temps : T0 : Veille de la simulation ; T2 : pré-simulation ; T3 : durant la simulation ; T4 : post-simulation ; T5 : durant le débriefing ; T6 : post-débriefing ; T7 : 30 minutes après le débriefing ; VR : variation relative.

#### 6.4.4.1.2. Comparaison en fonction du sexe

La comparaison entre hommes et femmes sur l'ensemble des 9 séances a été faite à sept temps différents par rapport à l'état de base (T1) : la veille de la simulation (T0), en pré-simulation (T2), durant la simulation (T3), en post-simulation (T4), durant le débriefing (T5), en post-débriefing (T6) et 30 minutes après le débriefing (T7). Aucune variation dans le temps ne différait en fonction du sexe du participant (Tableau 26).

	VR FC		VR PNN50		VR BF/HF	
	F	p	F	p	F	p
<b>T0</b>	0,70	0,41	1,30	0,27	1,00	0,33
<b>T2</b>	0,72	0,13	0,10	0,76	0,09	0,77
<b>T3</b>	0,22	0,64	0,01	0,94	0,32	0,58
<b>T4</b>	0,33	0,57	0,01	0,93	0,13	0,73
<b>T5</b>	0,46	0,51	0,09	0,77	0,05	0,82
<b>T6</b>	0,37	0,55	0,13	0,73	0,25	0,62
<b>T7</b>	0,28	0,60	4,35	0,06	0,14	0,71

Tableau 26 : Résultats des tests comparant la variation relative de la fréquence cardiaque et de la variabilité sinusale dans le temps lors des 9 séances de simulation en fonction du sexe dans le groupe expérimental

Légende : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; FC : Fréquence cardiaque ; PNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage ; Temps : T0 : Veille de la simulation ; T2 : pré-simulation ; T3 : durant la simulation ; T4 : post-simulation ; T5 : durant le débriefing ; T6 : post-débriefing ; T7 : 30 minutes après le débriefing ; VR : variation relative entre T1 et les autres temps.

#### 6.4.4.2. Comparaison des mesures de cortisol salivaire

##### 6.4.4.2.1. Comparaison en fonction du statut

La comparaison a été faite à quatre temps différents dans le groupe expérimental : état de base c'est-à-dire la veille de la simulation (T0), en pré-simulation (T2), en post-simulation (T4), en post-débriefing (T6). Un effet statut significatif pour le taux de cortisol a été mis en évidence en pré-simulation (T4) lors du scénario intermédiaire ( $H = 8,2$ , ddl 3,  $p = 0,04$ ), avec une différence entre médecins et infirmier(e)s dans le sens de taux plus élevés chez les médecins ( $p = 0,02$ ) (Figure 35).

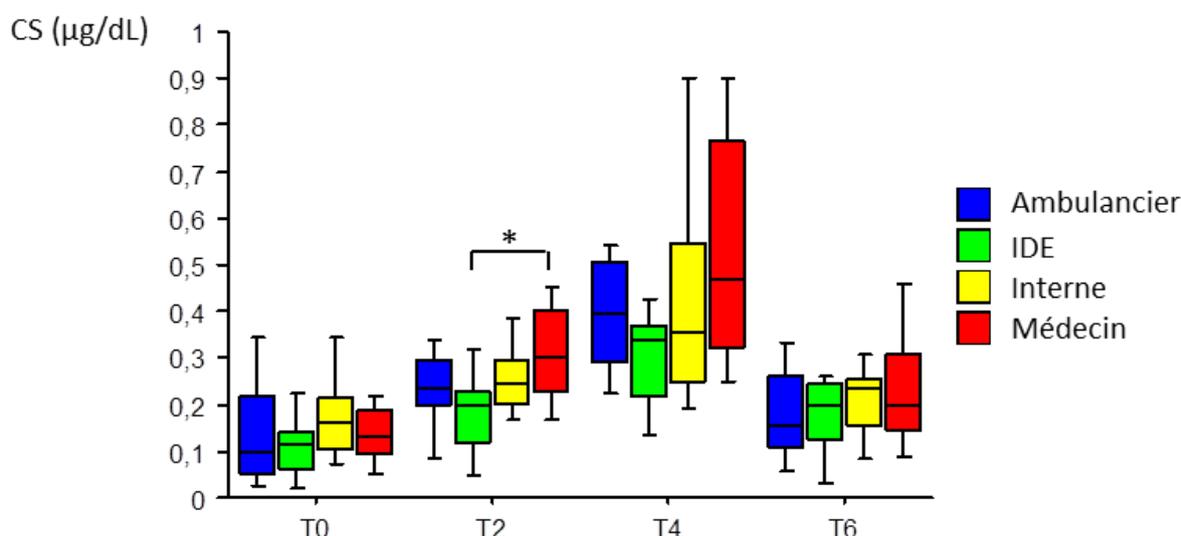


Figure 35 : Evaluation du taux de cortisol salivaire ( $\mu\text{g/dl}$ ) selon le statut lors du scénario intermédiaire dans le groupe expérimental

Légende : \*  $p < 0,05$  ; CS : cortisol salivaire ( $\mu\text{g/dl}$ ) ; Temps : T0 : état de base ; T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ; T6 : post-débriefing.

#### 6.4.4.2.2. Comparaison en fonction du sexe

La comparaison en fonction du sexe a été faite à quatre temps différents : état de base c'est-à-dire la veille de la simulation (T0), en pré-simulation (T2), en post-simulation (T4), en post-débriefing (T6). Il n'y avait aucune différence significative pour les mesures de cortisol salivaire comme pour leur variation relative entre T0 et les autres temps (Tableau 27).

Variation relative du cortisol salivaire	F	p
VR (T2-T0)/T0	1,77	0,20
VR (T4-T0)/T0	1,60	0,69
VR (T6-T0)/T0	< 0,01	0,97
VR (T4-T2)/T2	1,88	0,18
VR (T6-T2)/T2	0,02	0,89
VR (T6-T4)/T4	0,08	0,78

Tableau 27 : Résultat des tests évaluant les différences de variation relative du cortisol salivaire dans le temps en fonction du sexe dans le groupe expérimental

Légende : Temps : Temps : T0 : état de base ; T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ; T6 : post-débriefing ; VR : variation relative par rapport à T0.

### 6.4.4.3. Comparaison des mesures de STAI selon le statut et le sexe

#### 6.4.4.3.1. Comparaison en fonction du statut

La comparaison des scores STAI entre les différents statuts aux différents temps T0, T2, T4, T6 sur l'ensemble des neuf séances dans le groupe expérimental a permis de mettre en évidence un effet statut pour STAI T0 ( $F = 4,61$ ,  $p = 0,004$ ) et STAI T6 ( $F = 5,04$ ,  $p = 0,002$ ), les internes ayant des scores plus élevés (Figure 36).

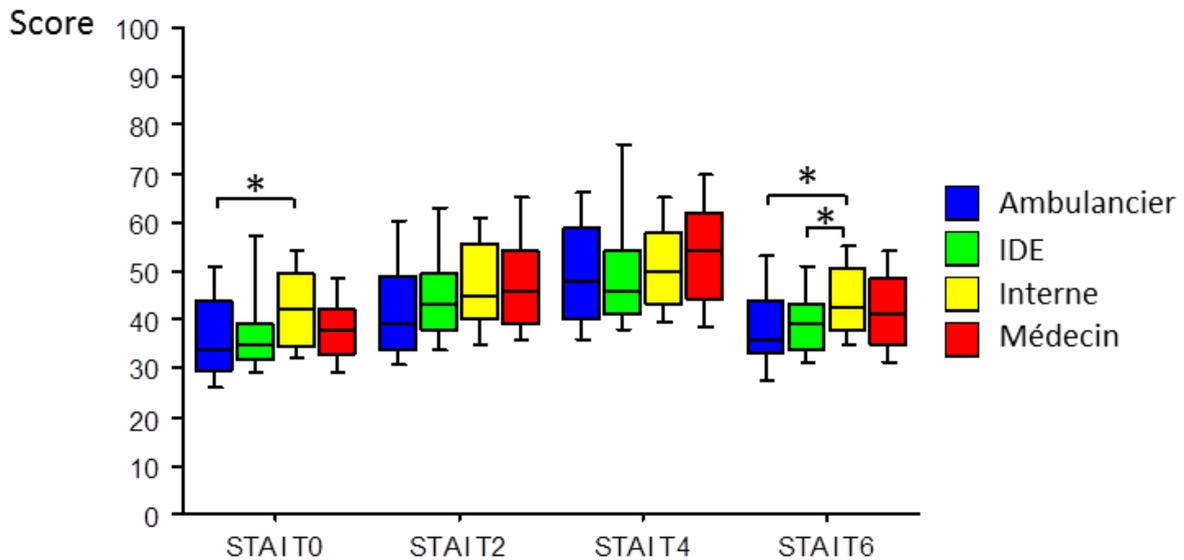


Figure 36 : Score de STAI au cours du temps lors des 9 séances de simulation en fonction du statut dans le groupe expérimental

Légende : \*  $p < 0,05$  (Recherche de différence deux à deux avec un test post-hoc de Scheffe) ; STAI : State-Trait Anxiety Inventory (score normalisé de 0 à 100 ; en moyenne et écart-type) ; temps : T0 : veille de la simulation ; T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ; T6 : post-débriefing.

#### 6.4.4.3.2. Comparaison en fonction du sexe

Un effet sexe a été montré pour le STAI T4 ( $F = 7,11$ ,  $p = 0,008$ ) portant sur la première séance (Figure 37). Il n'y avait pas de différence selon le sexe pour les STAI T0 ( $F = 0,01$ ,  $p = 0,93$ ), STAI T2 ( $F = 3,21$ ,  $p = 0,07$ ) et STAI T6 ( $F = 1,27$ ,  $p = 0,26$ ).

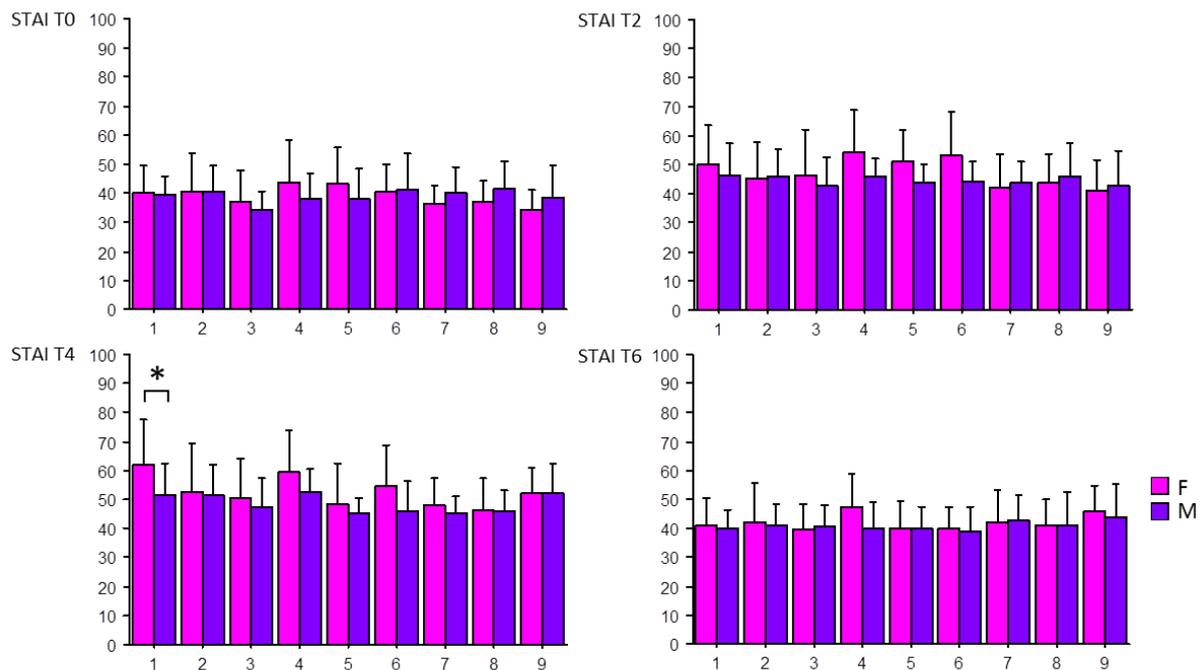


Figure 37 : Analyse du score de STAI au cours du temps lors des 9 séances de simulation selon le sexe dans le groupe expérimental

Légende : \*  $p < 0,05$  (Recherche de différence deux à deux avec un test post-hoc de Scheffe) ; STAI : State-Trait Anxiety Inventory (score normalisé de 0 à 100 ; en moyenne et écart-type) ; temps : T0 : veille de la simulation ; T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ; T6 : post-débriefing.

#### 6.4.4.4. Comparaison des paramètres de SOM, de l'état de confiance et du sentiment d'insatisfaction

##### 6.4.4.4.1. Comparaison en fonction du statut

Une analyse en fonction du statut dans l'équipe a été réalisée pour les niveaux de stress ressenti avant simulation (SOM T2) et maximal pendant la simulation (SOM T3), pour l'état de confiance en soi avant de commencer la simulation (T2), et pour le sentiment d'insatisfaction après la simulation (T4). Pour SOM T3, une interaction statistique entre scénario et statut ( $F = 1,73$ ,  $p = 0,03$ ) n'a pas permis d'exploiter le résultat de l'effet statut sur les paramètres SOM ; on peut simplement observer que les variations d'un scénario à l'autre n'étaient pas identiques chez les différentes catégories de participants (Figure 38). Pour les autres paramètres, il n'y avait pas de différence selon le statut pour SOM T2 ( $F = 0,60$ ,  $p = 0,62$ ), pour l'état de confiance en soi ( $F = 1,01$ ,  $p = 0,41$ ) et pour le sentiment d'insatisfaction ( $F = 0,28$ ,  $p = 0,84$ ) (Figure 38).

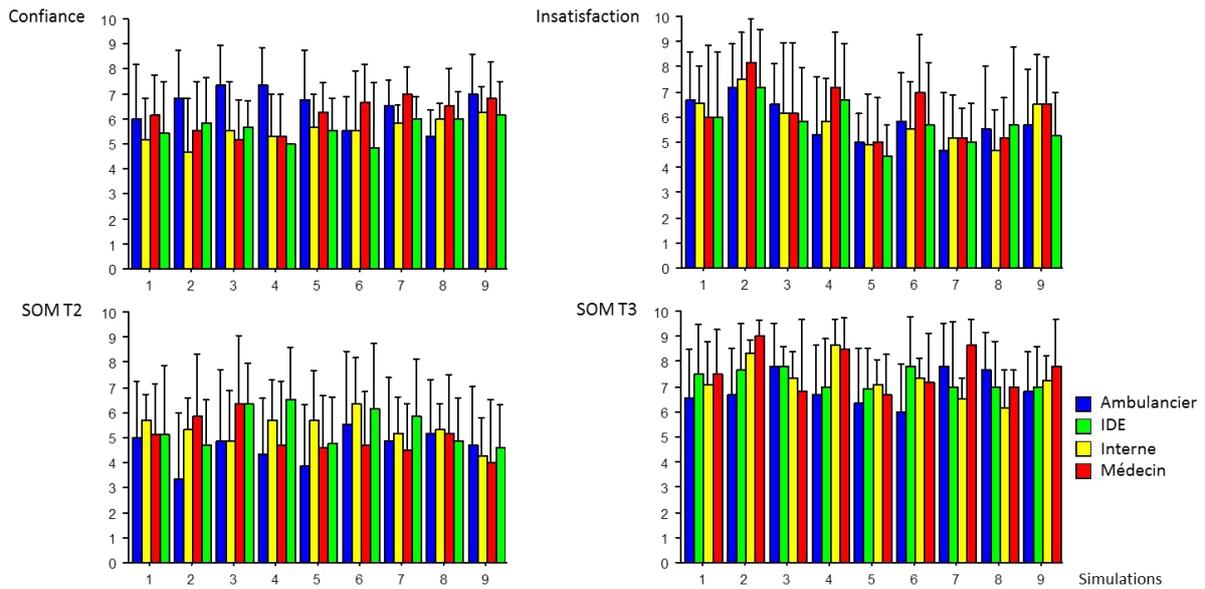


Figure 38 : Etat de confiance, sentiment d’insatisfaction et de stress maximal ressenti lors des 9 séances de simulation en fonction du statut dans le groupe expérimental

Légende : Confiance : état de confiance en soi (0 à 10) avant la simulation ; Insatisfaction : sentiment d’insatisfaction (de 0 à 10) durant la simulation ; SOM T2 : stress (0 à 10) ressenti avant la simulation ; SOM T3 : stress (0 à 10) maximal ressenti durant la simulation.

#### 6.4.4.4.2. Comparaison en fonction du sexe

Une analyse en fonction du sexe des participants a été réalisée pour les niveaux de stress ressenti avant simulation (SOM T2) et maximal pendant la simulation (SOM T3), pour l’état de confiance en soi avant de commencer la simulation (T2) et le sentiment d’insatisfaction après la simulation (T4). Il existait une différence hommes-femmes pour le score de SOM maximal durant les simulations ( $F = 6,61$ ,  $p = 0,02$ ). A l’exception de la 1<sup>ère</sup> séance, les femmes avaient un niveau plus élevé de stress sans significativité retrouvée avec un test post-hoc de Scheffe (Figure 39).

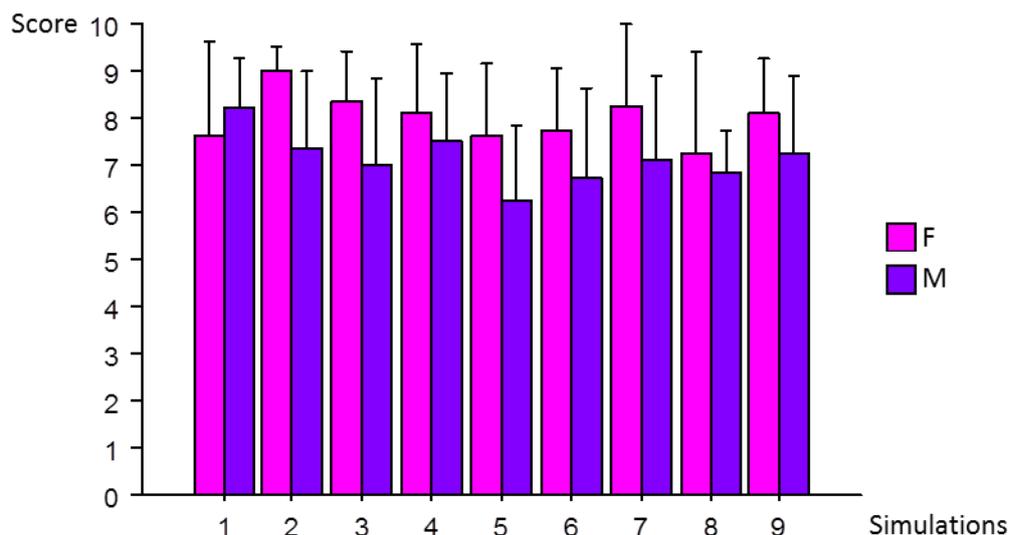


Figure 39 : Sentiment de stress ressenti maximal durant la simulation (SOM T3) au cours du temps lors des 9 séances de simulation en fonction du sexe dans le groupe expérimental

#### 6.4.5. Recherche d'un état de stress post-traumatique (ESPT)

Aucun ESPT n'a été décelé après les séances de simulation malgré le stress généré lors des séances et quelle que soit la fréquence de celle-ci. Toutefois, dans le groupe expérimental, une diminution significative de l'IES-R a été observée ( $F = 4,92$ ,  $p < 0,0001$ ). Le test post-hoc de Scheffe retrouvait une différence entre la 1<sup>ère</sup> séance et les suivantes à partir de la 5<sup>e</sup> séance (Figure 40). Le score du PCLS est resté inchangé ( $F = 1,06$ ,  $p = 0,39$ ) (Figure 40). Aucune variation n'était présente dans le groupe contrôle pour le score de l'IES-R ( $F = 2,86$ ,  $p = 0,07$ ), comme pour celui du PCLS ( $F = 0,86$ ,  $p = 0,42$ ). A noter également qu'à partir de la 5<sup>e</sup> séance, les écart-types diminuaient et il y avait moins d'hétérogénéité entre les individus pour les deux scores de l'IES-R et du PCLS (Figure 40). Il n'y avait pas d'effet statut, ni pour le score de l'IES-R ( $F = 2,10$ ,  $p = 0,10$ ) ni pour celui du PCLS ( $F = 2,16$ ,  $p = 0,09$ ). Aucune différence n'apparaissait selon le sexe pour le score de l'IES-R ( $F = 0,58$ ,  $p = 0,80$ ) et celui du PCLS ( $F = 0,48$ ,  $p = 0,87$ ).

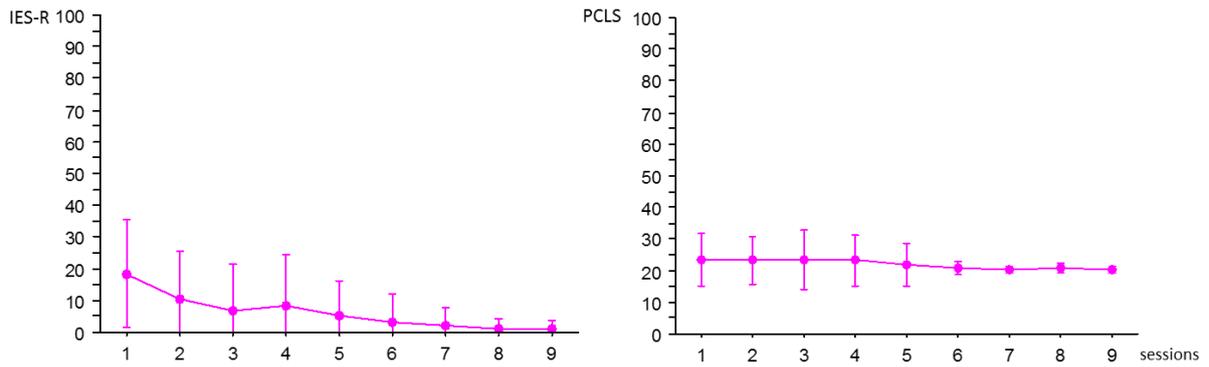


Figure 40 : Evolution du score de l'IES-R et de celui du PCLS au cours du temps lors des 9 séances de simulation dans le groupe expérimental

Légende : IES-R : Impact of Event Scale – Revised ; PCLS : Post-traumatic Check-List Scale.

#### 6.4.6. Synthèse des résultats relatifs à l'effet de la répétition des simulations sur le stress

La répétition des séances de simulation a permis d'objectiver pour le stress :

- Pour toutes les séances, le niveau de stress augmentait durant la simulation et baissait après le débriefing
- Le niveau des paramètres électro-physiologiques de stress augmentait en post-simulation (entre la 2<sup>e</sup> et la 4<sup>e</sup> séance selon les paramètres). Il diminuait durant le débriefing (entre la 4<sup>e</sup> et la 5<sup>e</sup> séance selon les paramètres)
- La variation relative du cortisol salivaire diminuait après le débriefing à partir de la 2<sup>e</sup> séance de simulation
- Le score de STAI en pré-simulation (T2) diminuait à partir de la 7<sup>e</sup> séance et le score de STAI en post-simulation (T4) diminuait après la 5<sup>e</sup> séance. Le stress ressenti avant simulation (SOM T2) et le stress maximal durant la simulation (SOM T3) sont restés inchangés
- L'état de confiance avant la simulation ne variait pas
- Le sentiment d'insatisfaction baissait à partir de la 5<sup>e</sup> séance de simulation
- Il n'y avait aucune différence entre les deux groupes sauf pour la variabilité du rythme sinusal des 24h (dans sa partie nocturne) et le sentiment d'insatisfaction. La VRS baissait dès le scénario intermédiaire et le sentiment d'insatisfaction était moindre lors du scénario final dans le groupe expérimental
- Il n'y avait pas d'effet statut ni d'effet sexe majeur
- Aucun ESPT n'a été décelé. Toutefois le score d'IES-R à une semaine, diminuait dans le groupe expérimental alors qu'il ne variait pas pour le groupe contrôle

## 6.5. Effet de la répétition sur la performance (deuxième objectif secondaire)

### 6.5.1. Répétition des 9 séances de simulation dans le groupe expérimental

Au cours du temps, il y avait une amélioration significative des scores de performances techniques et non-techniques (Figure 41). Ainsi, pour la performance technique, il y avait une augmentation significative du TAPAS ( $H = 16,0$ ,  $p = 0,04$ ) et du score de performance lors de la pose de voie intra-osseuse ( $H = 17,3$ ,  $p = 0,03$ ). Pour les performances non-techniques, il y avait une augmentation du score CTS ( $H = 21,2$ ,  $p = 0,007$ ) et du score BAT ( $H = 17,4$ ,  $p = 0,03$ ). Du fait du faible effectif on ne pouvait faire des comparaisons entre séances.

Les meilleures performances ont été observées lors du dernier scénario pour lequel la totalité des leaders avaient un score de BAT supérieur à 60/100 (minimum 62,5/100 ; maximum 97,5/100) et toutes les équipes avaient un score supérieur à 50/100 pour le TAPAS (minimum : 50/100 ; maximum : 65,5/100) et le CTS (minimum : 51/100 ; maximum : 77,5/100). Pour le geste technique de pose de voie intra-osseuse, toutes les équipes avaient un score supérieur à 75/100.

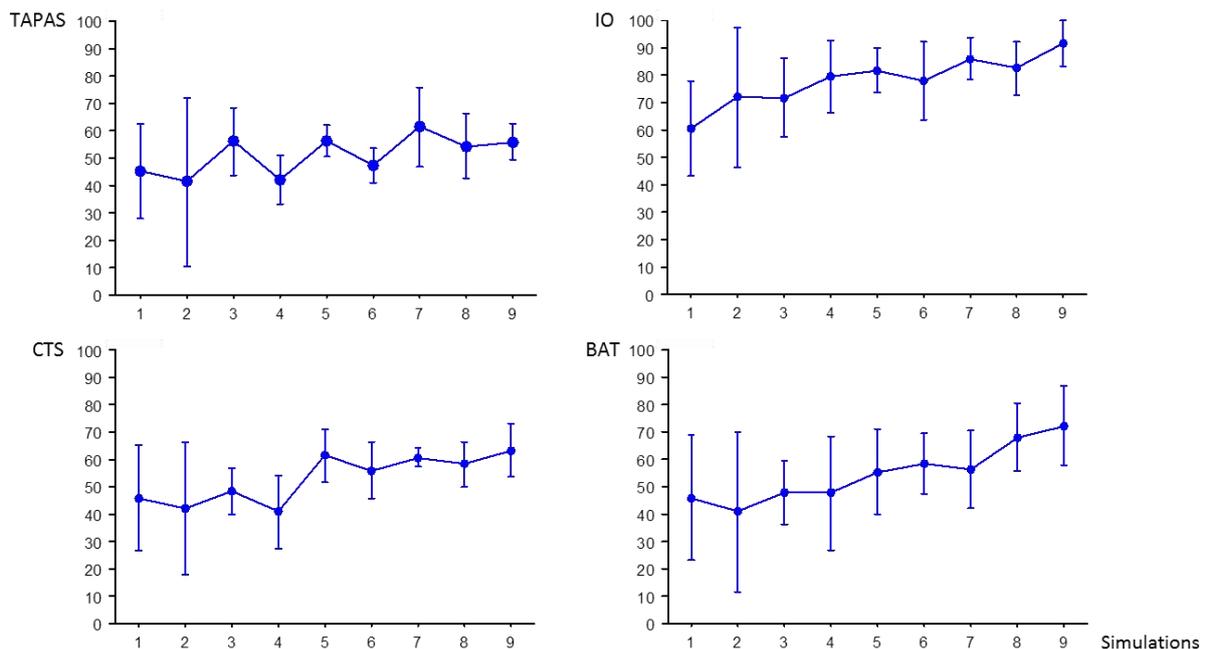


Figure 41 : Evolution des scores de performances techniques et non-techniques au cours du temps lors des 9 séances de simulation dans le groupe expérimental

Légende : BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale ; IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale.

### 6.5.2. Comparaison entre les deux groupes lors des trois scénarios communs

Les scores de performances techniques et non-techniques des équipes du groupe expérimental et du groupe contrôle lors des trois scénarios communs sont donnés dans le tableau 28. Les variations relatives des performances entre scénario initial et intermédiaire et entre scénario initial et final ont été analysées dans les deux groupes (Figure 42). Un progrès constant était observé dans le groupe expérimental, tandis que les scores de performances restaient stables dans le groupe contrôle. Pour le groupe contrôle, tous les scores de performances étaient comparables au cours des trois séances réalisées : TAPAS (H = 1,54, p = 0,46), IO (H = 1,18, p = 0,55), BAT (H = 1,09, p = 0,58), CTS (H = 0,96, p = 0,62).

La comparaison entre les groupes a révélé une différence significative dès le scénario intermédiaire pour les deux scores de la performance technique, TAPAS (p = 0,02) et pose de la voie intra-osseuse (p = 0,03) en faveur du groupe expérimental. Pour la performance non-technique, il n'y avait pas de différence entre les deux groupes lors de ce scénario intermédiaire : CTS (p = 0,05), BAT (p = 0,38). Lors du scénario final, tous les scores du groupe expérimental étaient significativement supérieurs à ceux du groupe contrôle : IO (p = 0,01), TAPAS (p = 0,01), CTS (p = 0,03) et BAT (p = 0,02).

Scores	Scénario	Groupe expérimental (n = 12)	Groupe contrôle (n = 12)	U-test de Mann-Whitney	p
<b>TAPAS</b>	Initial	45,1 ± 16,6	42,3 ± 16,0	16,0	0,75
	Intermédiaire	56,2 ± 5,5	36,6 ± 11,5	4,0	<b>0,02</b>
	Final	55,8 ± 6,3	31,2 ± 10,3	2,0	<b>0,01</b>
<b>IO</b>	Initial	60,4 ± 16,4	70,8 ± 12,5	10,5	0,23
	Intermédiaire	81,7 ± 7,7	65,4 ± 17,5	4,5	<b>0,03</b>
	Final	91,7 ± 8,0	62,9 ± 16,2	2,0	<b>0,01</b>
<b>CTS</b>	Initial	46,0 ± 18,3	54,8 ± 21,2	14,0	0,52
	Intermédiaire	61,3 ± 9,1	44,2 ± 15,7	6,0	0,05
	Final	63,2 ± 9,3	47,2 ± 13,1	5,0	<b>0,03</b>
<b>BAT</b>	Initial	45,8 ± 21,8	56,5 ± 18,9	12,5	0,38
	Intermédiaire	55,4 ± 14,9	45,4 ± 24,1	12,5	0,38
	Final	72,3 ± 13,8	51,2 ± 14,3	4,0	<b>0,02</b>

Tableau 28 : Performances techniques et non-techniques dans les groupes expérimental et contrôle (moyenne ± écart-type)

Légende : BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale ; IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale.

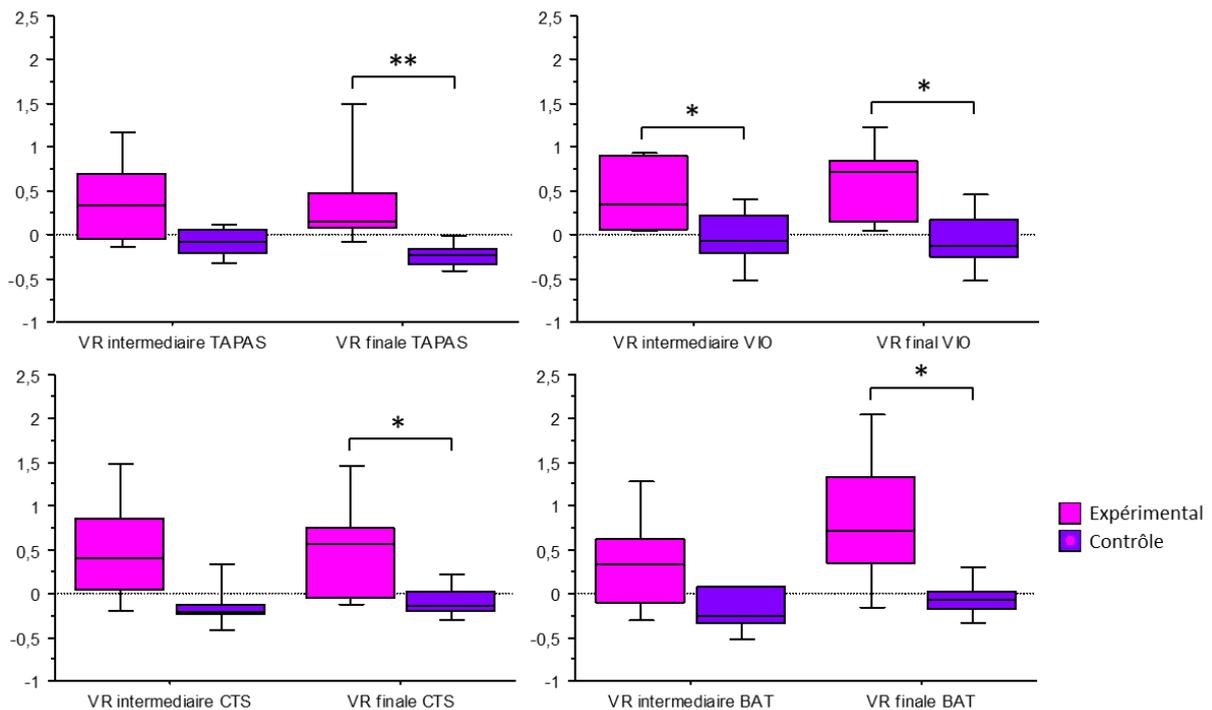


Figure 42 : Comparaison des variations relatives par rapport au scénario initial des scores de performances techniques et non-techniques entre le groupe expérimental et le groupe contrôle

Légende :

\*  $p < 0,05$  ; \*\*  $p < 0,001$  ; BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale ; IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale, VR : variation relative.

### 6.5.3. Corrélation entre les scores de performance

La corrélation entre les scores des performances a été recherchée pour les scénarios intermédiaire et final. Une corrélation des variations des performances entre les scénarios initial et intermédiaire, initial et final, et intermédiaire et final, a également été recherchée.

Une corrélation très forte a été trouvée entre les différents scores des performances techniques et non-techniques (Tableau 29). Les corrélations entre le score de pose de voie intra-osseuse et les autres scores étaient moins fortes (Tableau 29).

	Scenario initial		Scenario final	
	rho	p	rho	p
BAT / TAPAS	0,65	< 0,0001	0,69	< 0,0001
BAT / IO	0,30	0,03	0,61	< 0,0001
BAT / CTS	0,98	< 0,0001	0,93	< 0,0001
TAPAS / IO	0,69	< 0,0001	0,63	< 0,0001
CTS / IO	0,55	0,0002	0,45	0,002
CTS / TAPAS	0,65	< 0,0001	0,71	< 0,0001

Tableau 29 : Corrélations entre les scores des performances techniques et non-techniques

Légende : BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale ; IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale.

De même, des fortes corrélations ont été retrouvées dans les variations relatives des scores de performances entre le scénario initial et intermédiaire (sauf entre BAT et VIO), et entre le scénario initial et final (Tableau 30).

	Scenario initial/intermédiaire		Scenario intermédiaire/final		Scenario initial/final	
	rho	p	rho	p	rho	p
	VR BAT / VR TAPAS	0,66	< 0,0001	0,04	0,76	0,78
VR BAT / VR IO	0,18	0,20	0,12	0,41	0,66	< 0,0001
VR BAT / VR CTS	0,90	< 0,0001	0,91	< 0,0001	0,95	< 0,0001
VR TAPAS / VR IO	0,61	< 0,0001	-0,17	0,24	0,31	0,03
VR CTS / VR IO	0,45	0,002	0,25	0,09	0,57	< 0,0001
VR CTS / VR TAPAS	0,82	< 0,0001	-0,12	0,40	0,81	< 0,0001

Tableau 30 : Corrélations entre les variations relatives des scores des performances techniques et non-techniques lors des trois scénarios communs

Légende : BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale ; IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale ; VR : variation relative.

La corrélation entre les performances non-techniques du leader et d'équipe était particulièrement étroite avec  $R^2 > 0,80$  (Figure 43).

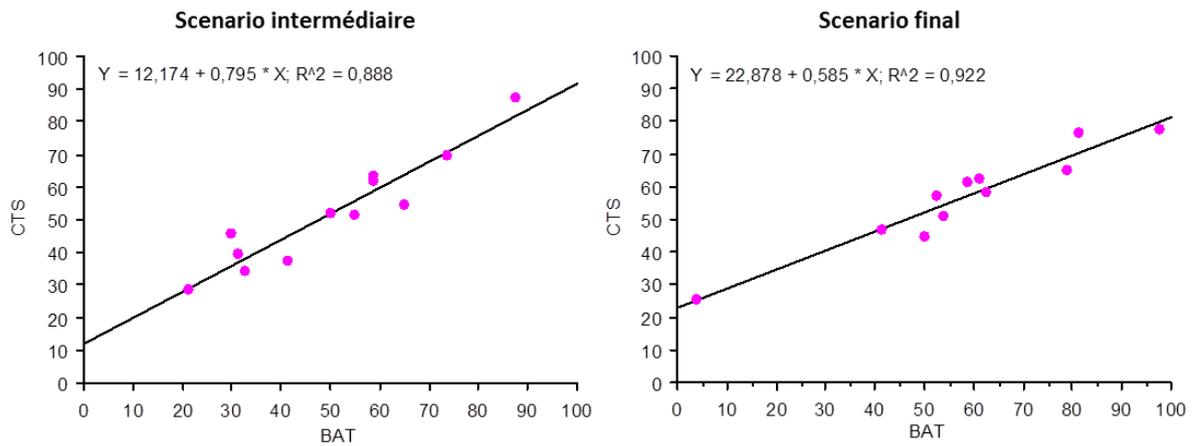


Figure 43 : Corrélation entre les scores de BAT et de CTS lors des scénarios intermédiaire et final

Légende : BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale.

L'étude des variations relatives entre deux scénarios, montrait également une excellente corrélation entre l'évolution des performances non-techniques du leader et de l'équipe ( $R^2 > 0,76$ ) (Figure 44).

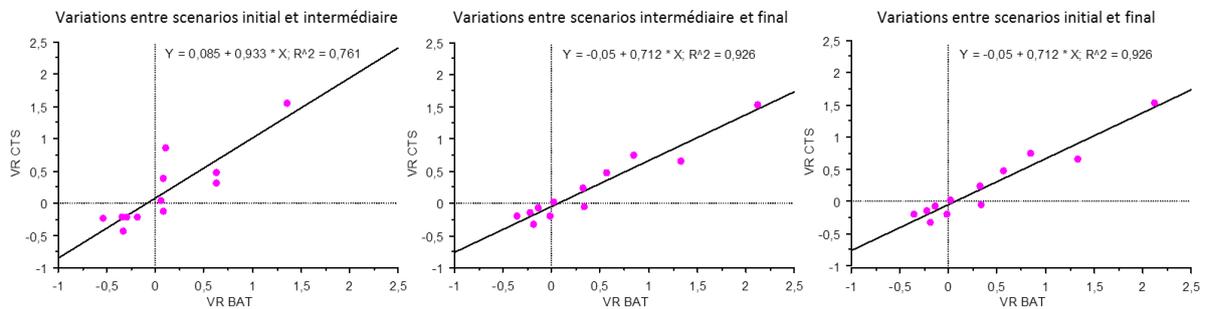


Figure 44 : Corrélation entre les variations relatives des performances non-techniques du leader et de l'équipe

Légende : BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale ; IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale, VR : variation relative.

#### 6.5.4. Synthèse des résultats relatifs à l'effet de la répétition des simulations sur la performance

La répétition des séances de simulation a permis d'objectiver que :

- La progression des scores de performance était constante au cours du temps dans le groupe expérimental, tandis qu'il n'y avait aucune progression dans le groupe contrôle
- La performance technique était meilleure dans le groupe expérimental dès le scénario intermédiaire
- Le score de pose de voie intra-osseuse était pour le groupe expérimental toujours supérieur à 75/100 à partir de la 7<sup>e</sup> séance de simulation
- Lors du scénario final, la totalité des leaders du groupe expérimental avaient un score de BAT à plus de 60/100, et les performances d'équipes (TAPAS et CTS) étaient à plus de 50/100. Ce n'était pas le cas pour le groupe contrôle
- Ce n'est que lors du scénario final qu'une différence significative en faveur du groupe expérimental était observée pour les performances non-techniques du leader et de l'équipe
- Une association très forte a été trouvée entre les différents scores de performance technique et non-technique.
- Les corrélations entre le score de pose de voie intra-osseuse et les autres scores étaient moins fortes que les corrélations des scores de TAPAS, de BAT et de CTS entre eux
- L'évolution au cours du temps montrait la persistance d'une relation particulièrement étroite entre la performance non-technique du leader et celle de l'équipe.

## 6.6. Évolution comparée du stress et de la performance (troisième objectif secondaire)

### 6.6.1. Corrélation entre scores de performances et mesures de stress

Une corrélation entre les variations relatives des mesures de stress et les variations relatives des scores de performance a été recherchée. Elle a été étudiée entre les scénarios initial et intermédiaire (Tableau 31), entre les scénarios initial et final (Tableau 32) et enfin entre les scénarios intermédiaire et final (Tableau 33).

	VR TAPAS		VR IO		VR CTS		VR BAT	
	rho	p	rho	p	rho	p	rho	p
VR STAI T2	-0,15	0,29	-0,18	0,21	-0,18	0,23	-0,16	0,28
VR STAI T4	-0,30	<b>0,04</b>	-0,27	0,05	-0,44	<b>0,002</b>	-0,46	<b>0,001</b>
VR SC T2	-0,23	0,11	0,24	0,10	0,20	0,17	0,08	0,56
VR SC T4	0,24	0,10	0,20	0,17	0,21	0,14	0,22	0,14
VR FC T2	-0,05	0,73	-0,16	0,28	-0,08	0,57	-0,05	0,72
VR FC T4	0,11	0,45	-0,23	0,11	0,11	0,44	0,20	0,17
VR PNN50 T2	0,06	0,69	-0,17	0,24	-0,03	0,86	-0,11	0,94
VR PNN50 T4	0,26	0,08	-0,50	0,73	0,26	0,08	0,26	0,08
VR BF/HF T2	-0,06	0,67	-0,24	0,10	-0,12	0,40	-0,08	0,56
VR BH/HF T4	-0,02	0,92	-0,30	<b>0,04</b>	-0,02	0,90	0,08	0,60

Tableau 31 : Corrélation entre les variations relatives des scores de performance et des paramètres de stress entre le scénario initial et le scénario intermédiaire

Légende :

Scores de performance : BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale ; IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale.

Paramètres de stress : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; CS : cortisol salivaire ; FC : Fréquence cardiaque ; PNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage ; STAI : State-Trait Anxiety Inventory ; temps : T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ;

VR = variation relative = (score scénario intermédiaire – score scénario initial)/score scénario initial.

	VR TAPAS		VR IO		VR CTS		VR BAT	
	Rho	p	rho	p	rho	p	rho	p
<b>VR STAI T2</b>	-0,13	0,37	0,11	0,46	0,05	0,71	-0,01	0,97
<b>VR STAI T4</b>	-0,14	0,36	-0,08	0,58	-0,09	0,54	-0,02	0,87
<b>VR SC T2</b>	0,16	0,26	0,02	0,88	-0,15	0,30	-0,07	0,65
<b>VR SC T4</b>	0,10	0,50	-0,09	0,55	-0,01	0,97	-0,002	0,98
<b>VR FC T2</b>	-0,03	0,84	-0,16	0,27	0,08	0,59	0,19	0,20
<b>VR FC T4</b>	0,11	0,47	-0,21	0,16	0,22	0,144	0,27	0,07
<b>VR PNN50 T2</b>	-0,17	0,24	-0,11	0,47	0,19	0,18	0,21	0,15
<b>VR PNN50 T4</b>	-0,09	0,56	-0,15	0,31	0,13	0,38	0,15	0,32
<b>VR BF/HF T2</b>	-0,15	0,30	0,01	0,95	0,15	0,30	0,13	0,38
<b>VR BH/HF T4</b>	-0,12	0,43	0,12	0,39	0,18	0,21	0,09	0,55

Tableau 32 : Corrélacion entre les variations relatives des scores de performance et des paramètres de stress entre le scénario intermédiaire et le scénario final

Légende :

Scores de performance : BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale ; IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale.

Paramètres de stress : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; CS : cortisol salivaire ; FC : Fréquence cardiaque ; PNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage ; STAI : State-Trait Anxiety Inventory ; temps : T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ;

VR = variation relative = (score scénario intermédiaire – score scénario initial)/score scénario initial.

	VR TAPAS		VR IO		VR CTS		VR BAT	
	rho	p	rho	p	rho	p	rho	p
VR STAI T2	-0,08	0,57	-0,21	0,16	-0,10	0,50	0,09	0,55
VR STAI T4	-0,16	0,27	-0,27	0,06	-0,19	0,20	-0,18	0,21
VR SC T2	0,25	0,09	-0,23	0,10	-0,26	0,08	-0,28	0,06
VR SC T4	0,01	0,96	-0,06	0,70	-0,02	0,90	0,01	0,96
VR FC T2	0,12	0,43	-0,08	0,59	0,04	0,79	-0,01	0,95
VR FC T4	0,30	<b>0,04</b>	-0,19	0,18	0,12	0,42	0,06	0,70
VR PNN50 T2	0,12	0,43	-0,11	0,44	0,04	0,80	-0,02	0,88
VR PNN50 T4	0,20	0,16	0,01	0,96	0,11	0,45	0,09	0,55
VR BF/HF T2	-0,01	0,96	-0,03	0,84	0,07	0,63	0,03	0,82
VR BH/HF T4	-0,12	0,39	0,11	0,43	0,02	0,90	-0,03	0,86

Tableau 33 : Corrélacion entre les variations relatives des scores de performance et des paramètres de stress entre le scénario initial et le scénario final

Légende :

Scores de performance : BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale ; IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale.

Paramètres de stress : BF/HF : ratio entre basse fréquence (0,04 - 0,15Hz) et haute fréquence (0,15 - 0,45Hz) de la variabilité du rythme sinusal ; CS : cortisol salivaire ; FC : Fréquence cardiaque ; PNN50 : nombre de cycles sinusaux successifs dont la durée diffère de plus de 50 ms exprimé en pourcentage ; STAI : State-Trait Anxiety Inventory ; temps : T2 : pré-simulation ; T4 : post-simulation ;

VR = variation relative = (score scénario intermédiaire – score scénario initial)/score scénario initial.

C'est principalement une corrélation négative pour les variations entre le scénario initial et le scénario intermédiaire des valeurs de STAI T4 (post-simulation) et des scores de performances qui a été objectivée (Figure 45). Elle était faible et n'était pas retrouvée pour la variation relative des performances avec le scénario final.

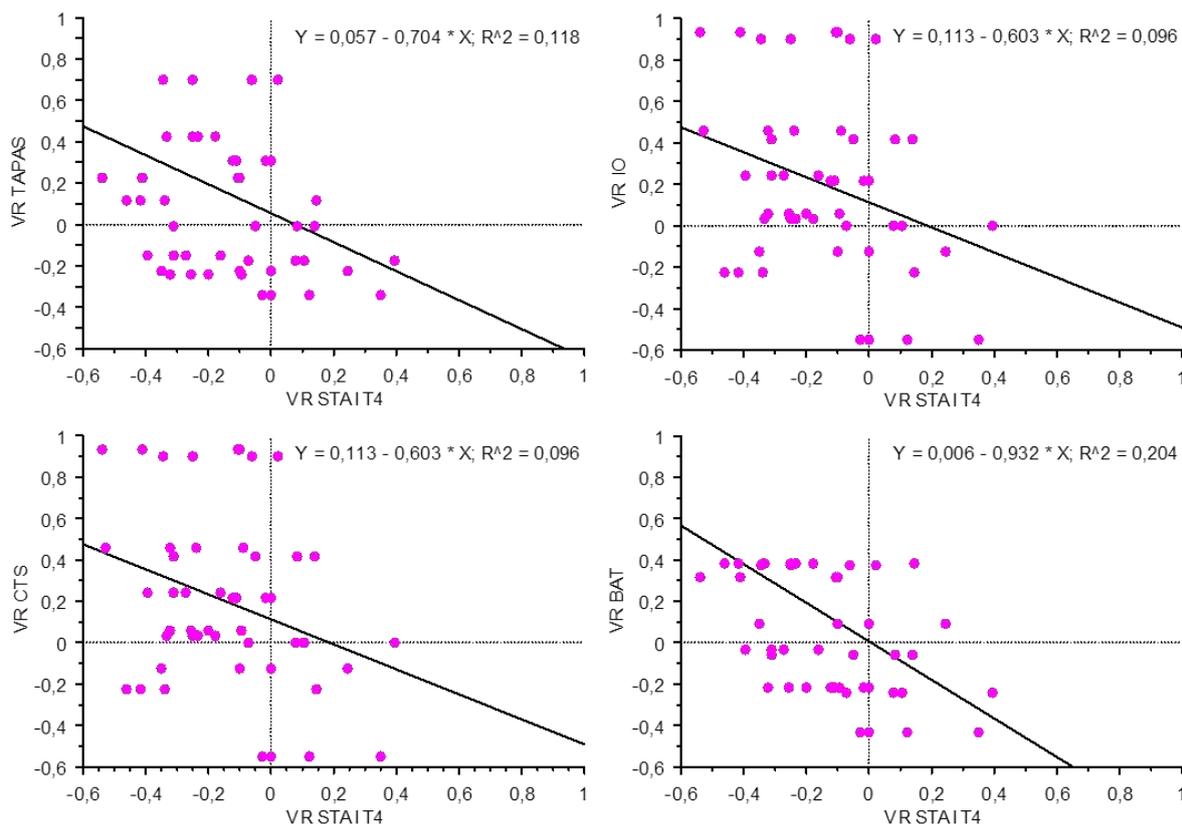


Figure 45 : Corrélation négative entre le score de STAI post-simulation et les scores de performance

Légende : Scores de performances : BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale ; IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale ; STAI : State-Trait Anxiety Inventory ; temps : T4 : post-simulation ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale ; VR : variation relative.

### 6.6.2. Corrélation entre les scores de performance et les mesures de SOM, de l'état de confiance en soi et du sentiment d'insatisfaction

Tel que cela a été analysé pour le scénario initial, une recherche de corrélation entre les scores de performances et les mesures subjectives de stress et de ressenti a été réalisée pour les scénarios intermédiaire et final. Les corrélations qui existaient lors du scénario initial, entre les scores de performance et les mesures des scores de SOM, de l'état de confiance en soi et du sentiment d'insatisfaction, n'étaient plus retrouvées.

La corrélation entre les variations relatives des mesures de stress et les variations des scores de performance a été recherchée. Elle a été étudiée entre les scénarios initial et intermédiaire (Tableau 34), entre les scénarios initial et final (Tableau 35) et enfin entre les scénarios intermédiaire et final (Tableau 36). C'est principalement une corrélation négative entre la variation des scores de BAT, de

TAPAS, de CTS et la variation relative du sentiment d'insatisfaction entre les scénarios initial et intermédiaire qui a été retrouvée. En d'autres termes, plus la progression des scores de performance entre les scénarios initial et intermédiaire était grande, plus le sentiment d'insatisfaction diminuait.

	VR TAPAS		VR IO		VR CTS		VR BAT	
	rho	p	rho	p	rho	p	rho	p
<b>VR Confiance</b>	0,16	0,26	0,073	0,50	0,06	0,70	-0,52	0,72
<b>VR SOM T0</b>	0,18	0,22	0,17	0,23	0,15	0,30	0,21	0,16
<b>VR SOM T1</b>	-0,12	0,39	0,06	0,68	0,10	0,51	-0,24	0,10
<b>VR Insatisfaction</b>	-0,42	<b>0,03</b>	0,07	0,62	-0,39	<b>0,007</b>	-0,47	<b>0,001</b>

Tableau 34 : Corrélations des variations relatives de scores de performance et le SOM et le ressenti des participants entre le scénario initial et le scénario intermédiaire

Légende :

Scores de performance : BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale ; IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale.

Mesures subjectives (auto-évaluation sur une échelle de 0 à 10) : confiance : sentiment de confiance en soi avant la simulation ; insatisfaction : sentiment d'insatisfaction à l'issue de la simulation ; SOM : Stress-O-Meter ; temps T0 : avant simulation ; T1 : après simulation ;

VR = variation relative = (score scénario intermédiaire – score scénario initial)/score scénario initial.

	VR TAPAS		VR IO		VR CTS		VR BAT	
	rho	p	rho	p	rho	p	rho	p
<b>VR Confiance</b>	-0,01	0,93	0,23	0,11	0,06	0,70	-0,08	0,57
<b>VR SOM T0</b>	0,004	0,98	-0,23	0,12	0,12	0,42	0,04	0,76
<b>VR SOM T1</b>	-0,06	0,68	0,12	0,40	0,07	0,61	0,05	0,75
<b>VR Insatisfaction</b>	0,05	0,75	-0,06	0,69	-0,10	0,47	-0,02	0,91

Tableau 35 : Corrélations des variations relatives de scores de performance et le SOM et le ressenti des participants entre le scénario intermédiaire et le scénario final

Légende :

Scores de performance : BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale ; IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale.

Mesures subjectives (auto-évaluation sur une échelle de 0 à 10) : confiance : sentiment de confiance en soi avant la simulation ; insatisfaction : sentiment d'insatisfaction à l'issue de la simulation ; SOM : Stress-O-Meter ; temps T0 : avant simulation ; T1 : après simulation ;

VR = variation relative = (score scénario intermédiaire – score scénario initial)/score scénario initial.

	VR TAPAS		VR IO		VR CTS		VR BAT	
	rho	p	rho	p	rho	p	rho	p
<b>VR Confiance</b>	0,25	0,09	-0,05	0,73	0,13	0,36	0,11	0,51
<b>VR SOM T0</b>	-0,02	0,87	-0,04	0,80	-0,09	0,53	-0,13	0,36
<b>VR SOM T1</b>	-0,16	0,29	0,06	0,66	0,03	0,84	0,01	0,93
<b>VR Insatisfaction</b>	-0,12	0,41	0,25	0,08	0,001	0,99	-0,03	0,83

Tableau 36 : Corrélations des variations relatives de scores de performance et le SOM et le ressenti des participants entre le scénario initial et le scénario final

Légende :

Scores de performance : BAT : Behavioral Assessment Tool ; CTS : Clinical Teamwork Scale ; IO : Intra-Osseous Access Performance Assessment Scale ; TAPAS : Team Average Performance Assessment Scale.

Mesures subjectives (auto-évaluation sur une échelle de 0 à 10) : confiance : sentiment de confiance en soi avant la simulation ; insatisfaction : sentiment d'insatisfaction à l'issue de la simulation ; SOM : Stress-O-Meter ; temps T0 : avant simulation ; T1 : après simulation ;

VR = variation relative = (score scénario intermédiaire – score scénario initial)/score scénario initial.

### 6.6.3. Synthèse des résultats de l'évolution comparée du stress et de la performance

L'analyse de la variation du stress et de la performance au cours du temps a permis d'objectiver une évolution différente entre stress et performance :

- Entre scénarios initial et intermédiaire, on retrouvait :
  - Une corrélation négative peu étroite entre les variations relatives des quatre scores de performance et le score de STAI post-simulation
  - Une forte corrélation négative entre les variations relatives des scores de performance et celle du sentiment d'insatisfaction après simulation
- Aucune corrélation n'existait entre scénario intermédiaire et final

## 6.7. Evaluation du réalisme des simulations et questionnaires d'auto-évaluation

### 6.7.1. Evaluation du degré de réalisme

Au cours des simulations, le degré de réalisme (de 0 à 10) a été recherché. L'analyse en fonction des deux groupes durant les scénarios communs a montré les résultats suivants (Tableau 37) :

Réalisme	Groupe expérimental	Groupe contrôle	p
Scénario initial	7,63 ± 1,56	7,83 ± 1,49	0,74
Scénario intermédiaire	7,92 ± 1,02	7,13 ± 1,26	<b>0,02</b>
Scénario final	8,08 ± 1,06	7,92 ± 1,38	0,98

Tableau 37 : Degré de réalisme des séances de simulation (cas clinique, environnement et mannequin)

### 6.7.2. Analyse du questionnaire d'auto-évaluation

Le questionnaire d'auto-évaluation était anonyme et il n'a été possible de faire une analyse comparée des groupes et des statuts.

L'évaluation de l'impact pédagogique de ce programme de recherche a été réalisée sur la population globale un an après la fin de la dernière séance de simulation selon les niveaux décrits dans la pyramide de Kirkpatrick. Le taux de réponse au questionnaire a été de 87.5 %. Tous les questionnaires étaient exploitables.

Pour le niveau 1 de Kirkpatrick : tous les participants ont été satisfaits de la formation avec un score de  $8,6 \pm 0,5$  sur 10, un score de réalisme des scénarios de 9,4 sur 10 et de 9,8 sur 10 pour le mannequin.

Pour le niveau 2 de Kirkpatrick évalué subjectivement : ce programme a permis l'acquisition de compétences théoriques pour 92% des participants et de compétences pratiques pour 97% d'entre eux. Ils ont été 86% à déclarer une augmentation de leur confiance en soi.

Pour le niveau 3 de Kirkpatrick évalué subjectivement : 98% des participants ont changé leur pratique professionnelle dans le champ des compétences non techniques (leadership, communication et travail d'équipe) et 86% d'entre eux ont changé leur prise en charge pédiatrique en urgence, aussi bien dans le domaine des gestes techniques que de l'utilisation d'algorithmes. Cette participation à ce programme de recherche a également été à l'origine de changements dans la prise en charge des

patients adultes, notamment pour la gestion de situations de crise dans 82% des cas. Les réponses aux différentes questions sont données Figure 46.

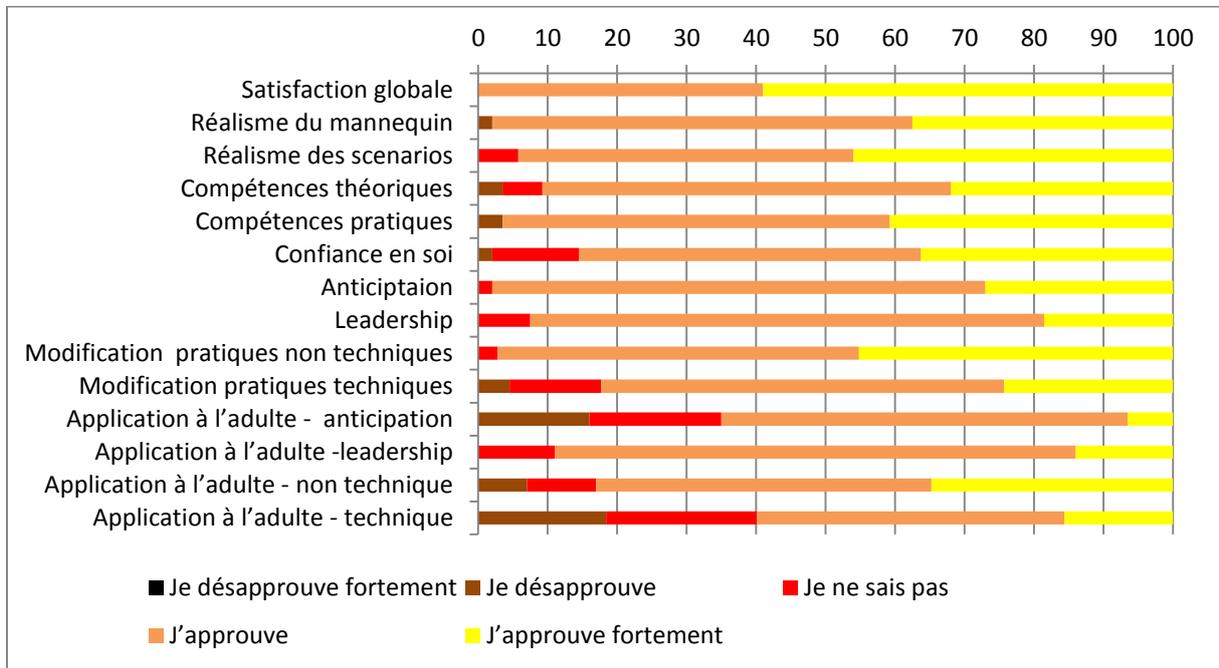


Figure 46 : Réponses au questionnaire d'auto-évaluation à 1 an (n = 42)

Interrogés sur la fréquence des séances de simulation, la quasi-totalité (98%) a souhaité la répétition des séances. Dans plus de la moitié des cas, les participants ont proposé la répétition à hauteur de 2 à 3 séances de simulation annuelles pour un maintien des acquis (Figure 47).

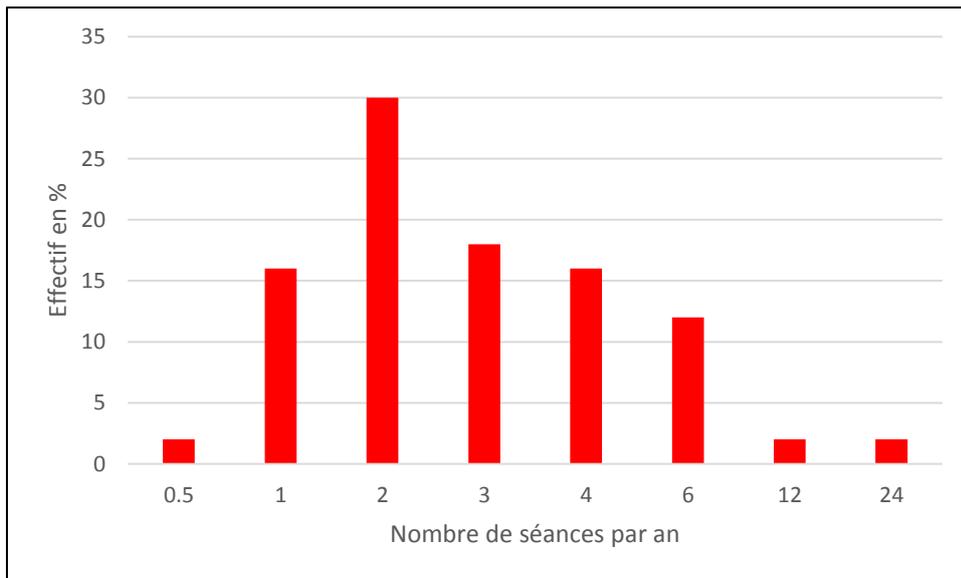


Figure 47 : Distribution des réponses des participants concernant la fréquence souhaitée de répétition des séances de simulation

## 7. DISCUSSION

### 7.1. Rappel des résultats

Cette étude prospective, randomisée, contrôlée auprès de 48 participants formant 12 équipes pluri-professionnelles du SAMU, a utilisé un modèle d'urgence vitale du nourrisson pour évaluer le stress (par des marqueurs s'intéressant aux trois composantes du stress), la performance (technique et non-technique), leur relation et leur modification respective lors de la répétition des séances de simulation.

La première séance de simulation a permis de mettre en évidence des niveaux équivalents de stress et de performance dans les deux groupes. La simulation augmentait le stress, attesté par des marqueurs appartenant aux trois composantes du stress : fréquence cardiaque et variabilité du rythme sinusal (étudiée pour la première en simulation dans le domaine temporel et spectral), cortisol salivaire, STAI et SOM. Puis une décroissance du stress était objectivée au moment du débriefing pour tous les paramètres (un peu plus tardive pour le ceux du Holter). Les performances techniques et non-techniques étaient corrélées entre elles avec un lien particulièrement étroit entre performance non-technique du leader et celle de l'équipe. A notre connaissance, il n'y a pas eu dans la littérature de recherche de corrélation entre les scores de performance du leader et performance de l'équipe. La performance était corrélée à l'état de confiance en soi avant la simulation et inversement corrélée au sentiment d'insatisfaction après la simulation. La performance n'était pas corrélée au stress (à l'exception d'une corrélation entre la performance non-technique et le sentiment de stress (SOM) avant la simulation durant le scénario initial).

L'impact de la répétition de la simulation n'a jamais été étudié à long terme. Cette étude a permis de rechercher pour la première fois l'évolution des paramètres de stress sur une période d'un an. Le stress a augmenté au niveau électro-physiologique en post-simulation. Il a baissé durant la période entourant le débriefing (du score de STAI en post-simulation, des paramètres électro-physiologiques lors du débriefing, du cortisol salivaire en post-débriefing). A notre connaissance, c'est la première étude qui retrouve une telle évolution au cours du débriefing. L'évolution des paramètres de stress était similaire dans les deux groupes et quel que soit le statut ou le genre. Il n'y avait pas de corrélation entre eux. Aucune étude n'avait encore recherché l'existence d'une corrélation entre l'échelle d'anxiété et les mesures ponctuelles de SOM. Le sentiment d'insatisfaction a baissé dans le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle à partir du scénario intermédiaire. De même, le niveau de stress évalué par le Holter des 24h a baissé à partir du scénario intermédiaire aussi bien sur la partie diurne que nocturne du nyctémère uniquement dans le groupe expérimental. Il en était de même pour le score IES-R.

La performance n'a augmenté que dans le groupe expérimental, et cela dès le scénario intermédiaire pour les performances techniques et uniquement lors du scénario final pour les performances non-techniques. Les scores de performance sont restés constants dans le groupe contrôle. Les scores de performances techniques et non-techniques étaient corrélés entre eux. Il n'y avait pas de corrélation constante entre les variations des paramètres de stress et celles des scores de performance.

## **7.2. Limites de l'étude**

Cette recherche biomédicale sur volontaires sains présentait des limites.

### **7.2.1. Inclusion**

Tout d'abord, le nombre de sujets nécessaires a été calculé pour mettre en évidence une variation du stress au cours de la simulation et analyser la relation entre stress et performance. Cependant, il ne nous a pas été possible d'évaluer *a priori* le nombre de sujets nécessaires pour décrire une variation des scores des performances du leader et celui de l'équipe, ni de rechercher un niveau de différence lié au statut. En effet, la constitution d'équipes pluri-professionnelles était une des conditions pour se rapprocher des conditions réelles de travail des équipes de SAMU. De même, et bien qu'il puisse y avoir des différences dans l'évolution des paramètres de stress selon le sexe, nous avons fait le choix de faire des équipes mixtes et d'analyser les réactions de stress selon le sexe, afin de réaliser les séances de simulation en conditions similaires à celles du travail clinique. Le tirage au sort a cependant permis d'avoir une répartition homogène hommes – femmes dans les deux groupes.

Par ailleurs, concernant le modèle utilisé et les scénarios, il n'y avait pas de scénario de défaillance neurologique ou respiratoire mais uniquement des cas de choc décompensé ou d'arrêt cardiaque imposant la pose de voie intra-osseuse, car cette performance technique était intentionnellement recherchée. Ainsi, le champ traité des urgences vitales de l'enfant traitées a été limité dans un but d'analyser un même geste technique.

### **7.2.2. Traitement des données**

Tous les participants étaient filmés et observés. Cette évaluation a pu majorer leur niveau de stress (Sogunro 1998, Quilici 2005, Leblanc 2008). Ce biais a été toutefois limité par un environnement rendu sécuritaire (Ganley 2010) par l'organisation d'un briefing et d'un débriefing systématiques pour expliquer qu'en aucun cas, il n'y avait de jugement de personnes mais une évaluation des

performances suivie d'un débriefing par bon jugement. De plus, ce type d'évaluation a été rapporté comme n'ayant aucun impact sur les scores de performances (Leblanc 2008).

Une deuxième limite, ayant pu perturber les niveaux de stress a été l'inconfort décrit par certains participants d'un port d'électrodes de Holter avec apparition de prurit en regard des électrodes. Cet effet a été réduit par la mise en place d'électrodes hypoallergéniques dès la deuxième séance pour ces participants.

Enfin, une autre limite a été le changement d'une équipe du fait de la grossesse d'une participante du groupe contrôle. Cela a modifié la composition du groupe contrôle, initialement constitué. Il a été cependant possible d'intégrer aussitôt la nouvelle équipe au groupe afin de réaliser les deux dernières séances de simulation prévues au cours de la même année (3 au total) avec le même délai entre chaque simulation.

### **7.2.3. Suivi des participants**

Une limite de l'étude concernait l'auto-évaluation de l'étude Sim-Stress par les participants. Il y a eu huit perdus de vue sur les 48 participants sans possibilité de savoir à quel groupe et à quel statut appartenaient ces participants du fait de l'anonymat. De même, le respect de cet anonymat et l'absence de question sur le nombre de répétitions réalisées ne nous ont pas permis de distinguer ni le groupe ni le statut des participants ayant répondu au questionnaire.

### **7.2.4. Biais de confusion**

L'évaluation du stress et de la performance sur une période d'un an a pu être modifiée par l'expérience acquise au cours de l'année par les participants selon leur mode d'exercice différent (temps partiel en SMUR, temps plein ou partiel en CHU ou en centre hospitalier général). Cependant le modèle choisi de l'urgence vitale du nourrisson, rare dans les interventions SMUR, limitait l'impact d'un tel biais. Durant cette formation, aucun des participants n'avait participé à d'autres enseignements par simulation, ce qui limitait également ce biais. Un autre biais de confusion possible était lié à l'absence d'homogénéité dans les expériences des paramédicaux formés dans différents services avant d'intégrer le SAMU. Ce biais était probablement mineur puisqu'aucun d'entre eux n'avait exercé dans un service de réanimation pédiatrique, de néonatalogie ou d'urgence pédiatrique avant d'intégrer le SAMU. Il n'y avait pas ce biais pour les médecins qui n'avaient connus aucun autre service et qui travaillaient de manière mixte aux urgences adultes et au SAMU.

### **7.3. Population de l'étude**

Dans la population pluri-professionnelle de l'étude, il existait une différence d'âge entre médecins et paramédicaux. Cette différence s'expliquait par le parcours des paramédicaux (IDE et ambulanciers) dans d'autres services avant d'intégrer le SAMU. Ainsi, à niveau d'expérience équivalent, les paramédicaux étaient plus âgés que les médecins urgentistes. L'expérience de moins de sept ans était un des critères d'inclusions choisis pour que les mécanismes de gestion de stress soient les mêmes entre les individus. Il a été démontré qu'une expérience professionnelle de huit ans et plus permettait d'atténuer la réaction de stress (Fisher 2000). A l'inverse, l'âge ne semble pas être un facteur de modification des paramètres de stress à l'âge adulte (Ordaz 2012).

Par ailleurs, après la première séance de simulation il a été nécessaire de changer une équipe car un participant a été exclu. Cependant ce changement n'a pas modifié la répartition hommes – femmes dans la population globale. De même la répartition hommes – femmes dans chacun des groupes était similaire.

La population incluse présentait les mêmes caractéristiques physiologiques de base dans les deux groupes du fait des critères d'inclusion stricts, ce qui a permis de comparer l'évolution de la réaction de stress et des performances sous l'effet de la répétition des simulations. Cependant, une différence attendue liée au sexe existait avec une fréquence cardiaque plus élevée chez les femmes. Cette différence a été décrite depuis longtemps dans la littérature (Chau 1988). Ainsi, certaines études en simulation n'étudiaient le stress que sur un seul genre (Noto 2005). En revanche, l'analyse que sur un des deux sexes n'aurait pas permis l'étude sur des équipes réelles de SAMU.

### **7.4. Stress et ses composantes**

#### **7.4.1. Paramètres de stress en simulation**

Dans le modèle utilisé de simulation haute-fidélité d'un nourrisson en état de choc, il y avait une augmentation de tous les paramètres de stress durant la simulation et une diminution après le débriefing. Des résultats similaires ont été rapportés pour les paramètres du système nerveux autonome incluant fréquence cardiaque et domaine temporel de la VRS ainsi que les paramètres psychologiques de stress (Hunziker 2012). En revanche, dans cette même étude le cortisol plasmatique n'était pas modifié au cours ou au décours de la simulation (Hunziker 2012). A contrario, des simulations haute-fidélité dans un même domaine d'urgences vitales pouvaient engendrer une augmentation du cortisol salivaire (Muller 2009). Dans une autre étude sur des simulations réalisées par des équipes d'urgences, la variation de cortisol salivaire était faible alors que le taux d'amylase

salivaire était augmenté (Valentin 2015). Cette hétérogénéité des résultats du cortisol salivaire lors de la réaction de stress dans une population de professionnels de l'urgence vitale pourrait s'expliquer par l'utilisation d'éléments stressseurs différents selon les études. En effet, Harvey a démontré que le taux de cortisol était différent selon l'utilisation de scénarios à bas ou au niveau de stress (Harvey 2012).

En ce qui concerne les marqueurs électro-physiologiques du stress, certaines variations étaient uniquement visibles dans le domaine spectral de la VRS. Ainsi, l'étude de la VRS en simulation devrait reposer sur l'analyse complémentaire des domaines temporel et spectral pour étudier le système nerveux autonome comme cela a été préconisé (TaskForce 1996).

L'étude de la littérature sur les paramètres psychologiques de stress en simulation, montre une grande hétérogénéité en fonction des modèles choisis et des stressseurs utilisés pour les mêmes champs étudiés. Dans le champ de la simulation de l'annonce de mauvaises nouvelles, le STAI augmentait (Hulsman 2010) ou baissait en fin de séance (Van Dulmen 2007). Dans celui de la simulation de gestes techniques comme la laparoscopie, il pouvait également augmenter (Arora 2009) ou rester inchangé (Wetzel 2011). L'échelle de STAI évalue le stress à travers l'anxiété ressentie et peut différer du sentiment de stress ressenti à un instant ponctuel, évaluée par des échelles analogiques (VAS, Visual Analogic Scale) ou numériques (SOM). Pour cette évaluation également, les données peuvent être différentes selon le modèle choisi. Dans le domaine de la médecine d'urgence, ce niveau peut être augmenté (Kharasch 2011) ou inchangé (Clarke 2014).

La baisse des paramètres de stress lors de la phase de débriefing n'a été rapportée que dans l'étude de Hunziker. Il trouvait des résultats similaires à l'exception d'une absence de variation du cortisol (Hunziker 2012). Une attention particulière à l'évolution des paramètres de stress durant le débriefing devrait être apportée dans les futures études s'intéressant au stress. En effet, le temps du débriefing est un temps essentiel au processus pédagogique (Sabei 2016, Ali L 2015) et le stress un facteur influençant cet apprentissage (Merz 2016). Ainsi l'étude des paramètres du stress devrait-elle autant porter sur la simulation que le débriefing. Cette baisse du niveau de stress durant le débriefing peut en partie être expliquée par la méthode de débriefing par « bon jugement » utilisée (Rudolph 2008). La part de variation des paramètres de stress due au repos après la simulation était difficile à évaluer avec précision du fait de l'impossibilité d'envisager un groupe ayant des séances de simulation sans débriefing. En fin de débriefing, le cortisol salivaire et le score de STAI ont diminué tandis que les paramètres électro-physiologiques de stress (baisse de fréquence cardiaque et augmentation de PNN50) ne baissaient que 30 minutes plus tard. Le ratio BF/HF restait encore élevé, soulignant un lien probablement plus complexe entre stress et VRS de la fréquence cardiaque. Le

ratio BF/HF, défini comme étant le reflet de la balance sympatho-vagale, ne pourrait probablement pas se résumer à une activation de l'activité sympathique (Eckberg 1997) et une inhibition de l'activité parasympathique (Pagani 1997). D'autres facteurs pourraient intervenir pour moduler cette balance sympatho-vagale comme le suggérait Perlitz (Perlitz 2004).

Tel que nous l'avions supposé, toutes ces variations de niveaux de stress différaient selon le sexe. Le niveau des paramètres électro-physiologiques révélait l'expression d'un stress plus élevé chez les femmes. Selon les études, le niveau de stress était plus élevé chez les femmes (Kudielka 2005; Kajantie 2006) ou chez les hommes (Stroud 2002, Dickerson 2004). Ces différences soulignent la complexité du lien entre sexe et réaction de stress (Wang 2007). Dans la présente étude, le niveau de cortisol salivaire était plus élevé chez les femmes mais il baissait plus vite que chez les hommes lors du débriefing. Cette cinétique avait été décrite par McGraw à 30 minutes du débriefing (McGraw 2013). Enfin, dans notre étude, le stress ressenti était également plus important chez les femmes, tel que cela a déjà été rapporté (Chaplin 2008).

A l'inverse, le statut n'était pas un facteur qui intervenait dans le stress, similaire chez tous les participants de l'étude. Ces résultats étaient concordants avec les données de la littérature (Girzadas 2009, Bong 2016).

#### **7.4.2. Liens entre les différents paramètres de stress**

Les paramètres de stress évoluaient tous de manière univoque dans le même sens, augmentant pendant la simulation et diminuant durant le débriefing. Toutefois, les résultats que nous avons obtenus ne retrouvaient pas de corrélation entre les différents marqueurs de stress qui exploraient les différentes voies d'expression du stress. Ces résultats confortent l'hypothèse d'une complémentarité des voies du stress avec une « réaction collective » (Ulrich-Lai 2009) de par l'élévation de tous les paramètres durant la simulation et la baisse ensuite durant le débriefing. Ces données suggèrent, cependant, une relative indépendance (Ulrich-Lai 2009) des voies du stress, se traduisant dans nos résultats par une variation différente des paramètres et une absence de corrélation. Cette hypothèse rejoint donc la théorie développée par Van De Kar sur l'indépendance des systèmes nerveux autonome et endocrinien (Van De Kar 1999). Nous ne retrouvons pas de corrélation dans leur taux d'expression (variation relative dans le temps) ni dans les temps d'expression de ces variations (temps et durée de variation des paramètres). D'autre part, il n'y avait pas de corrélation entre les paramètres électro-physiologiques et biologiques du stress et le stress ressenti. Le système nerveux autonome induit une réponse rapide traduisant un mécanisme de gestion d'une situation de crise telle qu'une urgence vitale, et s'exprime par une modulation des

paramètres électro-physiologiques et le relargage de catécholamines (Laurent 2013). L'augmentation du taux de cortisol sanguin et salivaire provient d'une cascade d'activation plus lente du système hypothalamo-hypophyso-surrénalien (Laurent 2013). Le pic de cortisol survient 30 à 40 minutes après l'introduction des stressseurs (Dickerson 2004). Il apparaît de ce fait possible de ne pas avoir de corrélation entre les différentes variations des paramètres de stress, rejoignant les résultats d'Ursin, définissant des facteurs liés au système adrénergique via le SNA et des facteurs liés au système hypothalamo-hypophysaire (Ursin 1978). Laurent a défini la variation des paramètres du système nerveux autonome comme une réponse « positive » reflétant un « effort » ou un « challenge », tandis que l'activation des composants de la cascade hypothalamo-hypophyso-surrénalienne serait une réponse « négative » reflétant un « stress dépassé » (Laurent 2013). Cette approche avait déjà été proposée (Ludenberg 1980).

L'absence de corrélation entre les variations des paramètres psychologiques de stress et les paramètres du SNA et du système endocrinien pourrait être expliquée par le rythme circadien des voies du stress. Dans une étude de Kudielka, le rythme circadien était un facteur pouvant influencer les résultats des expérimentations réalisées sur le stress. Les changements d'humeur liés à un événement stressant étaient plus facilement détectables le matin. En revanche, l'analyse des réactions de stress au cours de l'après-midi permettait de minimiser les effets liés à l'état de base présents au cours de la matinée (Kudielka 2004). Ainsi, la réaction psychologique, liée à la fois aux réponses endocriniennes et électro-physiologiques, dont les niveaux sont variables au cours de la journée, pourrait expliquer l'absence de corrélation dans les variations des différents paramètres. Au niveau même des paramètres psychologiques de stress, il n'existait pas de corrélation entre le stress évalué par l'échelle de l'anxiété STAI et le stress ressenti avant ou lors de la simulation évalué par le score du SOM. L'évaluation du stress par ces deux méthodes était différente et reposait sur le score du SOM sur un état ponctuel de stress maximal, tandis que l'échelle de STAI évaluait l'anxiété sur une période. L'intérêt de l'analyse simultanée est la possibilité d'un impact différent sur la performance : bien que l'anxiété globale puisse être d'un niveau acceptable au cours de la simulation, suggérant une absence d'altération de la performance, un stress ponctuellement trop important à un instant donné pourrait inhiber ou altérer une action. Peu d'études analysent simultanément l'anxiété globale et les mesures ponctuelles de stress ressenti. Les variations de l'anxiété globale et du stress ressenti étaient hétérogènes selon les études. Le STAI et l'échelle analogique de stress ressenti augmentaient dans l'étude d'Hulsman (Hulsman 2010) tandis que dans l'étude de Wetzel, il y avait une absence de changement pour les deux échelles du STAI et du SOM (Wetzel 2011). Cependant, du fait que les études avaient des populations et des conditions différentes, des réactions de stress différentes ont

pu en résulter sans possibilité de comparaison. . Dans ces études la corrélation entre ces paramètres psychologiques de stress n'a pas été recherchée.

Ainsi, en absence de corrélation entre les paramètres de stress, traduisant des différences de stimulation des voies du stress, il serait intéressant d'utiliser des paramètres appartenant aux différents systèmes – SNA, neuroendocrinien et stress psychologique – pour étudier le stress en simulation et son impact sur la performance.

## **7.5. Performance et ses relations avec le stress**

### **7.5.1. Performance en simulation**

Dans notre étude les performances techniques et non-techniques étaient corrélées. Cette corrélation permet d'appuyer la modélisation que nous avons proposée de la performance globale en trois entités complémentaires – les gestes techniques, les algorithmes et le travail d'équipe – permettant d'assurer la sûreté d'un patient en urgence vitale. Les bons scores obtenus pour la pose de voie intra-osseuse pouvaient s'expliquer par l'apprentissage préalable reçu par les médecins et les internes. Les scores de performance étaient équivalents initialement dans les deux groupes, cependant ils étaient variables selon les équipes. Cette dispersion importante autour de la moyenne se voyait pour la performance technique globale et surtout pour les performances non-techniques, et pourrait être liée à la complexité des compétences à acquérir. Cependant, la dispersion des scores autour de la moyenne, moins importante pour le score de pose de voie intra-osseuse, pourrait également être le reflet de l'entraînement préalable des médecins et des internes à la pose de voie intra-osseuse, ce qui n'était pas le cas pour l'apprentissage du travail en équipe.

La performance clinique globale d'équipe, évaluée par le TAPAS, requiert une gestion de l'urgence vitale basée sur l'algorithme ABCDE (ACLS 2015, PHTLS 2014, ATLS 2012, PALS 2012, Thim 2012), incluant la gestion de l'état de conscience, des voies aériennes, des états ventilatoire, circulatoire et neurologique, et de l'environnement ou exposition du patient. Une succession de plusieurs gestes d'évaluation clinique puis thérapeutiques médicotéchniques sont requis. Les performances non-techniques du leader (évaluées par le BAT) et de l'équipe (évaluées par le CTS) sont basées sur les principes de gestion d'une situation de crise (CRM) qui demandent un apprentissage en équipe. La répartition des rôles au sein de l'équipe, la communication verbale, l'entraide, l'utilisation des ressources disponibles et la prise de conscience de la situation constituent les CRM (Weinstock 2013). Dès lors le travail d'équipe semble apparaître comme un élément crucial pour la prise en charge simulée de l'urgence vitale, imposant aux membres d'une équipe d'interagir les uns avec les

autres afin de réaliser la tâche de l'équipe avec succès (Beaubien 2004). Ainsi, par un enseignement ciblé sur les équipes, il est possible d'établir une culture du travail en équipe dans un groupe de cliniciens, améliorant la sécurité des patients (Morey 2002), basée sur l'acquisition des compétences non techniques (Yee 2005). Nos résultats ont suggéré le rôle crucial du leader dans ce travail d'équipe avec un lien étroit entre la performance du leader et celle de l'équipe. En effet, un leadership, fort et efficace, paraissait absolument nécessaire pour atteindre une performance élevée : il fallait un score de BAT de 60/100 pour avoir des scores de performances techniques et non-techniques au-dessus de la moyenne. Le leader a un triple rôle : développer l'esprit de cohésion, résoudre les difficultés situationnelles et apporter une motivation au travail en équipe (Gilfoyle 2007). Les compétences requises pour être leader sont une grande perception de la dynamique d'équipe et une compréhension de l'impact des interactions personnelles et de la communication sur le fonctionnement d'une équipe (Shapiro 2008). L'étroit lien qui existait entre performance de leader et de l'équipe tend à démontrer que l'amélioration de la prise en charge pluri-professionnelle d'une urgence vitale pourrait être améliorée par une attention particulière à la formation des leaders.

Par ailleurs, il fallait attendre la 9<sup>e</sup> séance dans le groupe expérimental pour voir une augmentation des performances non-techniques alors que les performances techniques augmentaient dès la 5<sup>e</sup> séance. Une hypothèse pourrait être apportée par la théorie de la charge cognitive. La maîtrise de la technique et de ses automatismes permettrait de « décharger sa mémoire utile » pour envisager des tâches plus complexes comme la gestion d'une équipe. D'après les travaux de Miller, la capacité de mémorisation ne pouvait excéder cinq à neuf informations dans un même temps (Miller 1956). Selon Miller c'est le nombre et non la taille ou la complexité des informations qui serait le facteur limitant (Sweller 1998). Des recherches plus récentes suggèrent même un nombre d'informations mémorisées limitées à quatre en cas de confrontation à une situation nouvelle (Cowan 2014) et même à deux en cas de nécessité d'organiser ou de combiner ces informations (Young 2014, Van Merriënboer 2010). Dans l'apprentissage par simulation, la pratique permet d'intégrer ces informations pour devenir des compétences organisées dans des schémas très élaborés qui sont stockés dans la mémoire à long terme et aide à automatiser ces compétences (Dubrowski 2015). Cette automatisation permet de diminuer la charge cognitive et l'effort face aux situations rencontrées (Van Merriënboer 2010). Ainsi, l'acquisition des tâches complexes non-techniques nécessitant l'intégration de nombreuses informations inconnues et simultanées, pourrait être plus tardive dans le processus mémoriel et pédagogique par rapport aux tâches techniques plus simples. La schématisation des connaissances acquises permet, par une meilleure intégration et l'organisation de nouvelles informations, d'améliorer la performance. Elle permet également de diminuer la charge de mémoire de travail (*working memory demand*), le schéma étant traité comme un seul élément,

quel que soit le nombre d'informations qu'il contient (Sweller 1998). Ce modèle pourrait s'appliquer à l'algorithme ABCDE de prise en charge de l'urgence vitale.

### **7.5.2. Lien entre stress et performance**

Nos résultats ont montré une relation inverse entre stress ressenti (SOM) avant simulation et performance lors du scénario initial, soulignant probablement un excès de stress, c'est-à-dire un stress inadapté avec un effet possiblement délétère pour la performance. L'excès de stress de n'importe quel membre de l'équipe est reconnu pour altérer le travail d'équipe (Bong 2016). L'évaluation du stress durant les simulations est un bon indicateur du niveau requis par les participants afin d'accomplir une tâche ou résoudre la situation de crise, voire même prédire un excès de stress (Skibniewski 2015). Cet excès de stress devient délétère pour la performance (McGraw 2013). Ainsi l'analyse du stress en simulation peut-elle contribuer à moduler l'objectif souhaité durant un exercice et l'adapter au niveau des participants, en cherchant à être dans la zone optimale en termes de stress pour obtenir la performance la plus élevée possible (White 2009). Cette zone étroite (Figure 11) est située entre une grande zone où la performance ne cesse d'augmenter avec l'augmentation du stress et la zone de fatigue, qui est le début des zones de stress dépassé (Ghazali 2016c). Cette recherche de bénéfice maximal d'une séance de simulation en fonction du niveau de stress est déjà appliquée dans d'autres domaines dits à haut risque comme l'aviation (Maymand 2012). Un lien existe entre stress et performance, cependant la relation est probablement plus complexe comme le suggéraient nos résultats. En effet, tout d'abord ce lien entre stress ressenti (SOM) et performance d'équipe n'était pas étroit. D'autre part, il n'y avait pas de corrélation avec les autres paramètres de stress (électro-physiologiques, cortisol salivaire et STAI). Une des explications pourrait être liée au fait que le TAPAS évalue la performance de l'équipe et qu'il a été considéré comme le score obtenu par chaque membre de l'équipe tandis qu'il existait une grande variabilité interindividuelle des paramètres de stress. A l'inverse, il y avait une certaine homogénéité de l'état de confiance en soi et du sentiment d'insatisfaction après une simulation au sein des équipes. Ainsi, il était possible qu'un score d'équipe attribué à chaque membre de l'équipe puisse être corrélé à l'état de confiance en soi et au sentiment d'insatisfaction. Le lien entre stress et performance représenté par la loi de Yerkes-Dodson a déjà été prouvé lors de la pratique de gestes de réanimation en simulation par des étudiants (Keitel 2011) ou en laparoscopie (Arora 2010c). Mais peu de données existent sur le lien entre performance d'équipe pluri-professionnelle et stress en simulation. La progression des scores était plus rapide au cours des séances de simulation pour la pose de voie intra-osseuse. De plus, le score de performance de pose de voie intra-osseuse était moins corrélé aux autres scores (TAPAS, BAT, CTS). Outre le fait que la pose de voie intra-osseuse soit une tâche

unique, cette différence pouvait être due également au fait que tous les médecins et les internes avaient été spécifiquement formés par simulation à la pose d'une voie intra-osseuse, alors que ce n'était pas le cas pour le CRM. Mais également un lien entre le stress et la performance pour une tâche unique comme la pose de voie intra-osseuse pourrait donc être différent de celui qui peut exister entre le stress et la performance de tâches plus complexes comme le travail d'équipe. La loi de Yerkes et Dodson dans sa version originale permet de conforter cette hypothèse. Elle décrit la relation entre le stress et la performance en fonction de la difficulté de la tâche. Spence définit la difficulté de la tâche par le degré de compétition entre les réponses (Spence 1956, Spence 1958). Ainsi, pour la réalisation d'un geste technique, assimilé à une tâche unique, la relation entre le stress et la performance est linéaire. Il y a un gain de performance avec l'augmentation du niveau de stress (Diamond 2007). La performance technique globale d'équipe évaluée par le TAPAS est basée sur l'utilisation d'un algorithme précis. Elle peut être considérée comme une succession d'actes à répéter et pourrait donc augmenter comme pour la pose de voie intra-osseuse de manière rapide, avec une différence constatée entre les deux groupes dès le scénario intermédiaire. A l'inverse, la relation n'est plus linéaire lorsqu'il s'agit de la réalisation de tâches complexes comme le travail d'équipe, impliquant de nombreuses interactions, (Diamond 2007). La performance non-technique du leader est également basée sur l'interaction avec les différents membres de l'équipe mettant donc en jeu des facteurs humains. Ainsi la performance non-technique pourrait s'apparenter à des tâches complexes et son lien avec le stress prendrait l'aspect d'une courbe en « U inversé » (Figure 48) (Diamond 2007).

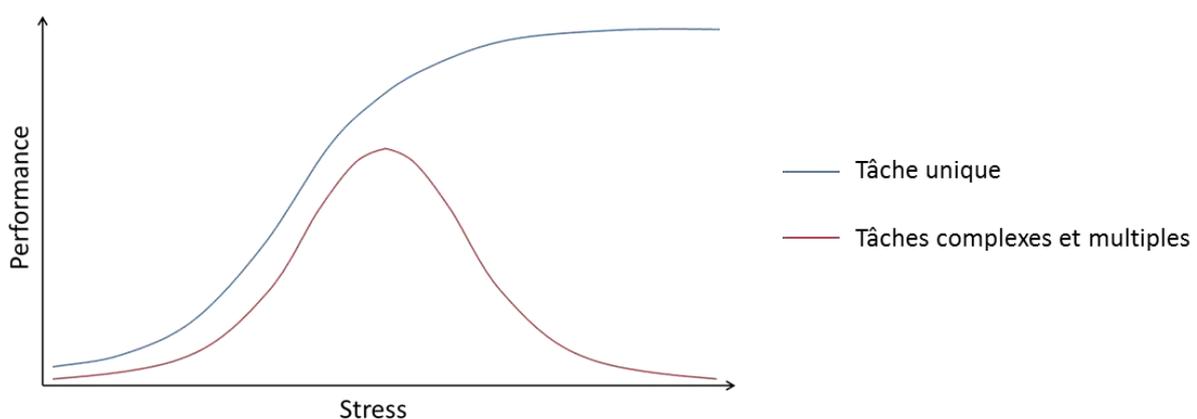


Figure 48 : Loi de Yerkes et Dodson selon le niveau de difficulté des tâches (D'après Yerkes et Dodson 1908)

## **7.6. Effet de la répétition des simulations**

Il y a eu un impact de la répétition des simulations à la fois sur le stress mais aussi sur la performance, mais de manière indépendante. Les caractéristiques des paramètres de stress et les scores de performances étant similaires dans les deux groupes lors de la séance initiale. Par conséquent, l'analyse de l'effet de la répétition des simulations dans le temps et la comparaison de l'impact de fréquence différente de répétition des séances de simulation ont été possibles.

### **7.6.1. Effet de la répétition sur le stress**

Dans notre étude, la répétition à raison d'une séance toutes les six semaines dans la groupe expérimental, se traduisait par une baisse de la variabilité du rythme sinusal pour le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle sur les 24h et une baisse du niveau du score de STAI avant simulation. A notre connaissance, aucune donnée comparable n'existe dans la littérature. Une étude récente a analysé l'impact de la répétition de trois simulations haute-fidélité successives sur une journée en anesthésie, et le stress perçu diminuait et était inversement corrélé aux scores de performance (Müller 2009, Gouin 2016). Cependant aucune étude n'a analysé l'effet sur un temps plus long. Il est possible qu'une évaluation sur une journée puisse entraîner une baisse du stress par habitude à la simulation. Cela ne préjugerait en rien des variations des paramètres de stress à plus long terme.

Dans notre étude, l'analyse des paramètres de stress sur une période d'un an a montré que l'activation des voies du stress « gardait le même profil » avec augmentation durant la simulation et baisse après le débriefing quelle que soit la fréquence des répétitions. Cependant, nos résultats étaient en faveur d'une variation différente des paramètres de stress sans corrélation entre eux. Le sentiment de stress ressenti avant simulation et maximal durant la simulation étaient inchangés au cours du temps. L'élévation des paramètres électro-physiologiques du stress durant la simulation sans majoration du stress ressenti pourrait être liée à un mécanisme d'adaptation pour augmenter la performance, en faveur d'un effet positif d'un stress adapté. Au contraire, l'ensemble des paramètres de stress baissait pendant ou au décours du débriefing : le score de STAI post-simulation, les paramètres électro-physiologiques durant le débriefing, et le cortisol salivaire post débriefing. Cette évolution des paramètres de stress lors du débriefing n'a jamais été décrite et pourrait être assimilée à une expérience positive du débriefing comme cela a été récemment suggéré (Schinners 2016).

L'exposition répétée au stress pendant un an n'a pas entraîné d'ESPT. De façon intéressante, le score d'IES-R à une semaine, diminuait dans le groupe expérimental alors qu'il ne variait pas pour le groupe

contrôle, ce qui laisserait penser que plus la simulation était répétée et mieux elle était vécue. Il n'existe aucune étude dans la littérature recherchant la possibilité d'un ESPT après simulation.

Aucune différence sur les niveaux de stress entre les deux groupes n'était retrouvée durant la simulation et le débriefing. Cela pourrait être en faveur de la mise en place de mécanisme de gestion du stress dès la répétition de la simulation. D'autres études ont émis l'hypothèse de mise en place de mécanismes de gestion du stress en simulation pour améliorer la performance. Hassan avait étudié les mécanismes de gestion de stress par le questionnaire SVF78. Il avait montré que l'inefficacité de mise en place de stratégies de gestion du stress était corrélée à une mauvaise performance technique en laparoscopie (Hassan 2006). Wetzel avait montré dans son étude qu'en simulation en dehors d'une situation de crise, un haut degré de gestion de stress améliorait significativement la performance. En situation de crise l'association entre une expérience clinique antérieure et un bas niveau de stress améliorait la performance. Il avait conclu que le niveau de stress et les mécanismes de gestion de stress influençaient la performance chirurgicale (Wetzel 2010).

Avec le temps, la différence qui existait initialement entre hommes et femmes disparaissait. Cette atténuation de l'effet lié au sexe pourrait également être en rapport avec l'expérience positive de la simulation pour les deux sexes à la suite de la première simulation. Cependant d'autres études seraient nécessaires pour confirmer ou infirmer cette hypothèse.

### **7.6.2. Effet de la répétition sur la performance**

En parallèle de ces changements relatifs au stress, il y a eu également un impact de la répétition sur la performance. L'amélioration de la pose de voie intra-osseuse et de la performance technique d'équipe a été obtenue rapidement (dès six mois) dans le groupe expérimental qui répétait toutes les six semaines, en comparaison avec le groupe contrôle qui répétait les simulations tous les six mois. En revanche, ce n'est qu'après la répétition des séances de simulation toutes les six semaines jusqu'à 12 mois, que les performances non-techniques augmentaient pour toutes les équipes du groupe expérimental. Cette progression ne concernait pas le groupe contrôle, qui n'avait qu'une simulation tous les six mois.

Les performances non-techniques du leader et de l'équipe, impliquent une interaction optimale entre les différents membres d'une équipe, ce qui est plus difficile à acquérir. Cela pourrait expliquer une amélioration par rapport au groupe contrôle plus tardive, à un an. L'amélioration de la performance par la simulation a certes déjà été décrite dans la littérature : la simulation améliore la prise en charge en équipe des patients en urgence vitale (Blum 2004, Birnbach 2008) chez l'adulte

(Shapiro 2004) comme chez l'enfant (Guilfoyle 2007, Eppich 2008). Cependant, une analyse plus détaillée permet de constater que dans ces travaux, il s'agissait d'une amélioration de la performance non-technique de l'équipe ou du leader.

Une revue de la littérature de 2001 à 2012 montrait que l'entraînement améliorait le comportement de l'équipe et par conséquent améliorait la performance clinique. Cependant aucune des études analysées n'évaluait véritablement la performance technique (Schmutz 2013). Nos résultats montrant une progression différente entre les performances technique et non-technique, suggéraient l'intérêt à évaluer aussi bien la performance technique que la performance non-technique.

Les études sur l'impact mémoriel de la simulation sur la performance des soignants ont montré que la performance était maintenue à un an pour les gestes techniques (Barzuk 2010, Boet 2011). En revanche, pour des performances plus complexes, comme la performance d'équipe ou la performance non-technique, l'acquis était maintenu pour six mois (Yang 2012). Ainsi, il est possible que la répétition à six mois et à un an des simulations dans le groupe contrôle, ait pu permettre aux équipes de maintenir un niveau stable de performance à la fois technique et non-technique mais sans l'améliorer. En effet, il a été prouvé qu'après une séance de simulation, un réentraînement préserve les compétences (Andresen 2008). La variable « fréquence de répétition » des séances de simulation apparaît importante et pourrait jouer un rôle essentiel dans le maintien des compétences. Selon les résultats que nous avons obtenus dans le groupe expérimental, la répétition des séances de simulation toutes les six semaines, permettrait une progression des performances. Kudvalli préconisait dans son étude un intervalle de répétition de six semaines à six mois (Kudvalli 2008). Cependant il existe dans la littérature une hétérogénéité des fréquences de répétition choisies : dans l'étude de Cordero, les internes en pédiatrie s'entraînaient tous les mois (Cordero 2013), pour Picard, l'entraînement des internes de radiologie était refait à six mois (Picard 2015). De même Gerard, réévaluait les procédures techniques de pose de voie intra-osseuse et de ventilation au masque par les internes de médecine générale à six mois (Gerard 2011). Nos résultats suggéraient un maintien des acquis lors d'une répétition tous les six mois, mais une nécessité d'effectuer une répétition toutes les six semaines pour obtenir une amélioration de la performance, et surtout dans le domaine des compétences non-techniques. Cette amélioration de la performance s'accompagnait d'une baisse du sentiment d'insatisfaction des participants. Nous n'avons pas retrouvé d'analyse comparable dans la littérature. Seul le sentiment de satisfaction globale après une séance de simulation était recherché (Huang 2016, Nestel 2011). Une revue de la littérature ayant analysé l'utilisation de la simulation pour l'apprentissage de procédures entre 2000 et 2010, montrait qu'il y avait un haut degré de satisfaction par rapport à l'utilisation de cette méthode d'enseignement, et

que c'était principalement le niveau 2b de Kirkpatrick qui était évalué (Nestel 2011). Cependant, aucune étude ne s'était intéressée au sentiment d'insatisfaction. Nos résultats montraient que la réussite d'une performance et le sentiment d'insatisfaction étaient inversement corrélés. Ces résultats pourraient suggérer la recherche de ce paramètre lors du débriefing pour mieux analyser la performance. En revanche, l'état de confiance ne variait pas malgré la répétition des simulations. Si les données de la littérature montrent une augmentation de l'état de confiance en soi après une séance de simulation (Braksick 2016, Agarwal 2016, Muniandy 2016, Watters 2015, Nitschmann 2014, Tofil 2014, Cooke 2008, O'Brien 2001), aucune donnée n'existe sur l'effet de la répétition de la simulation. De plus, nous n'avons pas retrouvé d'étude sur la corrélation entre les scores de performance et l'état de confiance en soi. Notre étude montrait que l'état de confiance en soi et la performance étaient corrélées lors de la session initiale. Mais la répétition à une fréquence d'une session toute les six semaines a permis une amélioration de la performance sans modification de l'état de confiance en soi. Il semblerait donc que la répétition des simulations n'ait pas d'action directe sur l'état de confiance en soi et que ce sentiment soit indépendant de l'évolution de la performance.

### **7.6.3. Lien entre stress et performance lors de la répétition des simulations**

L'analyse de l'effet de la répétition de la simulation sur le stress et la performance a permis de mieux comprendre la relation qui les lie entre eux. D'une part le stress analysé par les paramètres électrophysiologiques a augmenté sans modification du stress ressenti dès la 2<sup>e</sup> séance, et de la même manière dans les deux groupes, c'est-à-dire indépendamment de la fréquence de répétition. D'autre part, la performance augmentait dans le groupe expérimental, tandis qu'elle restait stable dans le groupe contrôle. En suivant le lien démontré entre stress et performance selon la loi de Yerkes et Dodson, une explication à ces constatations pourrait être la mise en place de mécanismes de gestion de stress dès le début de la répétition des simulations. Le stress pourrait être un phénomène d'adaptation dans le but d'améliorer la performance. Wetzel avait montré que le niveau de stress et les mécanismes de gestion de stress influençaient la performance chirurgicale en simulation (Wetzel 2010). Cette hypothèse pourrait expliquer l'élévation rapide de la performance dès la deuxième séance de simulation dans le groupe expérimental. Cela pourrait expliquer également un mécanisme d'action du stress sur la performance, sans pour autant qu'il y ait une corrélation entre les paramètres de stress et les mesures de performances. Demaria avait montré que l'apport d'agents stressants en simulation améliorait la performance lors de la réanimation d'arrêts cardiaques (Demaria 2010). Cependant, le mécanisme d'action du stress sur la performance pourrait être différent selon la fréquence de simulation. En se basant sur la théorie d'un décalage possible de la

courbe de Yerkes et Dodson vers la droite lors de l'évaluation de la performance sous certaines conditions de stress (Chaby 2015), une hypothèse pourrait permettre d'expliquer l'augmentation du stress et de la performance dans le groupe expérimental, tandis que le stress augmente sans modification de la performance dans le groupe contrôle. Cette modélisation du lien stress-performance concerne les paramètres électro-physiologiques du stress. Il n'y avait pas de modification des autres paramètres du stress durant la simulation.

L'augmentation du stress et de la performance qui a été observée dans le groupe expérimental, c'est-à-dire, lors de la répétition des simulations toutes les six semaines, pourrait être en faveur d'un déplacement sur la partie ascendante de la courbe de Yerkes et Dodson, ce qui aurait pour conséquence une augmentation de la performance associée à celle du niveau de stress (Figure 49.A). Ce schéma est en faveur de notre modèle 1 de relation entre le stress et la performance (Cf. chapitre 3.2.3). Dans ce cas, l'évolution se ferait sur la phase ascendante de la courbe, ce qui sous-entend que le niveau de stress appliqué dans cette recherche était adapté et non dépassé.

La répétition des simulations tous les six mois, pour le groupe contrôle augmentait le niveau de stress, ce qui correspondrait également à un mécanisme d'adaptation, mais associé à un niveau de performance inchangé. Cette éventualité est en faveur de notre modèle 2 avec un déplacement vers la droite de la courbe de Yerkes et Dodson (Figure 49.B). Nous n'avons pas retrouvé dans la littérature de modélisation équivalente. Celle-ci pourrait aider à mieux comprendre la relation complexe qui existe entre le stress et la performance. Elle impliquerait l'action de facteurs extrinsèques pour déplacer la courbe vers la droite. Un des facteurs pourrait être l'impact mémoriel de l'entraînement par simulation. Des entraînements trop espacés dans le temps, pourraient induire une baisse de l'impact mémoriel de l'apprentissage acquis au cours des séances précédentes. La perte des acquis après formation en simulation a déjà été décrite avec une hétérogénéité dans la durée. Blumenfeld estimait une perte de 20% des connaissances à partir de trois ans chez la moitié des participants (Blumenfeld 1998). Dans des études plus récentes, avec une évaluation plus précoce du maintien de connaissances et compétences pour les formations du personnel soignant dédiées à l'urgence, il semblerait que le déclin des acquis se produise dans un délai de trois (Smith 2008) à six mois (Semeraro 2006, Yang 2012). Par ailleurs, cette perte des acquis touche plus les tâches complexes que les plus simples (Pemberton 2013).

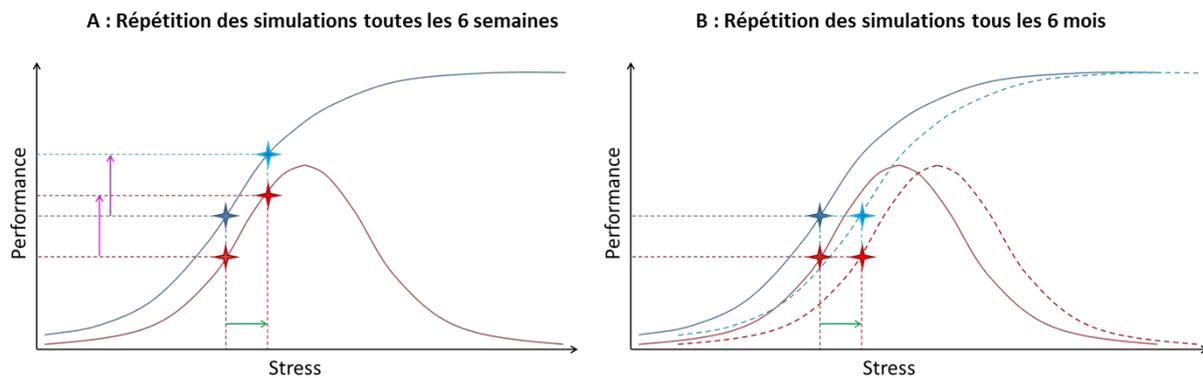


Figure 49 : Evolution de la loi de Yerkes et Dodson lors de la répétition des simulations

Légende :

- Tâche unique      - - - Réplétion d'une tâche unique
- Tâche complexe      - - - Réplétion d'une tâche complexe
- Effet de la répétition sur le stress      ↑ Effet de la répétition sur la performance
- ★ Performance pour une tâche unique      ★ Effet de la répétition sur la performance d'une tâche unique
- ★ Performance pour une tâche complexe      ★ Effet de la répétition sur la performance d'une tâche complexe

Aucune amélioration de la performance n'était observée dans le groupe contrôle. Dans le groupe expérimental, à partir de la 7<sup>e</sup> séance tous les scores de pose de voie intra-osseuse pouvaient être considérés comme satisfaisants pour toutes les équipes (> 75/100), et lors de la 9<sup>e</sup> (donc dernière) séance, tous les leaders avaient une performance de plus de 60/100 avec une performance de plus de 50/100 pour les équipes. On peut donc considérer, d'après ces résultats, que la répétition des séances de simulation pour un événement rare doit être au minimum toutes les six semaines afin de permettre une progression des équipes pour les compétences les plus complexes.

En pratique une telle répétition de simulations pour tous les soignants des urgences requerrait un temps d'investissement important de la part des formateurs et des apprenants. D'ailleurs, le questionnaire d'auto-évaluation avait révélé que les participants (quel que soit le groupe auquel ils appartenaient) souhaitaient majoritairement refaire deux ou trois séances de simulation annuelles. Cette fréquence serait probablement insuffisante pour améliorer la performance, mais reflète bien la difficulté ressentie à réaliser davantage d'entraînements en simulation dans le contexte organisationnel actuel. Il ne faut pas oublier que tous les participants de notre étude ont été inclus sur leurs jours de repos sans qu'ils soient précédés d'un jour de garde afin de ne pas modifier les paramètres de stress.

Nos conclusions seraient en faveur d'une répétition fréquente des séances de simulation, et cela mériterait une évaluation financière de l'investissement nécessaire afin d'en mesurer l'efficacité réelle auprès des patients. Cette stratégie de répétition très fréquente des séances de simulation pluri-professionnelle est déjà utilisée dans certains services américains en routine pour tous les agents d'un service, toutes les quatre semaines, avec une programmation sur le temps de travail du personnel (Pr Peter Weinstock, Pediatric Intensive Care Unit, Boston Children's Hospital).

### **7.7. Validité externe**

Le modèle que nous avons choisi pour représenter un événement clinique rare et grave était celui de la prise en charge d'un nourrisson en état de choc par des équipes d'urgences pré-hospitalières. Cependant, le champ d'application des résultats de cette étude nous semble plus large. Il peut s'étendre à la prise en charge de tout patient en urgence vitale, enfant ou adulte, et dont la gestion fait appel à un travail pluri-professionnel coordonné. Outre les urgentistes, les anesthésistes, les chirurgiens, les gynécologues-obstétriciens, les néonatalogues, les pédiatres, les cardiologues et des médecins d'autres spécialités peuvent être confrontés à la gestion d'une situation inattendue et grave, reposant sur l'utilisation optimale du savoir-faire médicotechnique associé à l'usage optimal des principes de CRM, dans un contexte de stress. Le stress a d'ailleurs été évalué initialement chez des anesthésistes comme dans l'étude de King (King 2000) et des chirurgiens, comme dans l'étude de Smith (Smith 2000) avant d'avoir été étudié dans d'autres disciplines comme la médecine d'urgence.

Quant à la performance médicale globale d'équipe, elle s'applique à tous les champs de la médecine où une prise en charge pluri-professionnelle est nécessaire pour le maintien de la sécurité du patient, comme au bloc opératoire, en service réanimation ou de soins intensifs. L'échelle du TAPAS s'applique d'ailleurs aussi bien à l'enfant qu'à l'adulte, aux urgences médicales ou traumatologiques (Oriot 2016). Enfin la troisième composante de la performance globale est la performance non technique. Celle-ci n'est pas spécifique à la médecine d'urgence et de manière plus générale à la médecine. C'est dans l'aviation que cette notion de CRM s'est développée (Hughes 2014). De même, la loi de Yerkes et Dodson, pour analyser l'effet du stress sur la performance a été étudiée chez l'Homme dans différents domaines, dont la médecine.

Ainsi, de manière générale cette modélisation de la performance et son étude en fonction du niveau de stress (adapté ou inadapté) et l'impact bénéfique de la répétition des simulations pourrait concerner toutes les disciplines médicales dites à haut risque et impliquant une interaction entre les membres de l'équipe soignante. Bien qu'il n'y ait pas eu d'analyse de la fréquence optimale de répétition, le bénéfice de la répétition de la simulation a été décrit dans différentes disciplines

médicales, comme en anesthésie (Gouin 2016, Udani 2014), en chirurgie standard (Bright 2012), en laparoscopie (Nugent 2013, Hedican 2007), en arthroscopie (Pollard 2012), en pédiatrie (Eppich 2006) ou bien encore en médecine d'urgence (Lateef 2010).

## 8. CONCLUSION

Cette étude biomédicale prospective, randomisée, contrôlée, portait sur l'analyse du stress et de la performance lors de la prise en charge d'une urgence vitale en simulation et l'impact de la répétition des séances de simulation. La simulation haute-fidélité augmentait le niveau de stress, puis il baissait durant le débriefing. La répétition des simulations sur un an avait pour effet de majorer le stress durant la simulation et de le diminuer durant le débriefing. Alors qu'il n'y avait pas d'influence de la fréquence de répétition sur les paramètres de stress, ce n'était pas le cas pour la performance. En répétant les séances tous les six mois, il n'y avait aucun progrès. Au contraire, une répétition des simulations toutes les six semaines permettait une augmentation de la performance. Dès six mois, la performance technique augmentait pour les équipes qui répétaient toutes les six semaines. Pour la performance non-technique ce n'est que lors de la dernière session, qu'elle augmentait. Les performances techniques et non-techniques étaient fortement corrélées, avec un lien particulièrement étroit entre la performance du leader et celle de l'équipe. Ces performances étaient influencées par le stress, sans cependant de corrélation directe en stress et performance.

Ces résultats ont une grande importance en termes de maintien de la sûreté d'un patient lors de la prise en charge d'une urgence vitale. En effet, si nous partons du postulat que toutes les équipes doivent réussir leur prise en charge, alors la fréquence de répétition des simulations recommandée devrait être d'au moins une séance toutes les six semaines. Ainsi, l'entraînement répété des équipes pluri-professionnelles confrontées à des situations rares d'urgence vitale permettrait d'améliorer leurs compétences. Les objectifs pédagogiques de chaque séance devraient être adaptés au niveau de stress des participants. L'évaluation du stress permettrait, en effet, d'estimer le niveau de difficulté des objectifs de manière à rester en permanence au sommet de courbe de Yerkes et Dodson et ainsi optimiser au maximum le gain de performance. L'évolution des paramètres de stress étant différente à la fois durant la simulation et durant le débriefing, une combinaison de plusieurs paramètres électro-physiologiques, biologiques et psychologique serait souhaitable, afin de mieux appréhender la réaction de stress. Par ailleurs une analyse conjointe de la performance technique et des performances non-technique du leader et de l'équipe pourrait être suggérée, leur évolution étant différente.

Par ailleurs, le lien étroit entre les performances d'équipes et celle du leader, suggérerait de renforcer l'enseignement du leadership dans le domaine de l'urgence vital pour améliorer la gestion des situations de crise dans le but d'un maintien de la sûreté du patient. Afin de confirmer cette hypothèse, des futures études pourraient évaluer par une étude randomisée l'impact de ce leadership en comparant des équipes dont le leader aurait eu au préalable une formation spécifique

et des équipes dont le leader n'en aurait pas bénéficié. De plus, les futures études devraient mesurer l'impact de l'amélioration de la performance en simulation et les changements de pratiques professionnelles en situation clinique qui en découlent ainsi que par des marqueurs de morbidité des patients réels, c'est-à-dire l'évaluation du niveau 4 de la pyramide de Kirkpatrick.

## 9. REFERENCES

1. Agarwal A, Marks N, Wessel V, Willis D, Bai S, Tang X, et al. Improving knowledge, technical skills, and confidence among pediatric health care providers in the management of chronic tracheostomy using a simulation model. *Pediatr Pulmonol* 2016;51:696-704
2. Al Sabei SD, Lasater K. Simulation debriefing for clinical judgment development: A concept analysis. *Nurse Educ Today* 2016;45:42-7
3. Ali L, Nisar S, Ghassan A. Role of debriefing as a learning tool in simulation based learning for students of preclinical years at the end of two consecutive modules-initial experience. *J Ayub Med Coll Abbottabad* 2015;27:425-9
4. American College of Surgeons. Advanced Trauma Life Support® for doctors ATLS, Student Course Manual. Ninth Edition, Library of Congress Control Number: 2012941519, 2012, Chapter 1. Chicago: American College of Surgeons; 2012
5. American Heart Association. Advanced Cardiovascular Life Support (ACLS) provider manual 2015 guidelines. Dallas: American Heart Association, Professional ed. Edition; 2015
6. American Heart Association. Pediatric Advanced Life Support (PALS): provider manual. Dallas: American Heart Association, Professional ed. Edition; 2012
7. Anderson JDM, Meckler G, Boyle K, LeFlore J, Warre J. How to use the Behavioral Assessment Tool: assessment of CRM-based behavioral skills in simulation using a validated, reliable tool. 3<sup>e</sup> congrès international de simulation pédiatrique IPSSW, Madrid, Spain 2010. <http://www.sites.uci.edu/medsim/files/2015/03/BAT.pdf>. [Consulté le 17 juin 2016]
8. Andreatta PB, Hillard M, Krain LP. The impact of stress factors in simulation-based laparoscopic training. *Surgery* 2010;147:631-9
9. Andresen D, Arntz HR, Gräfling W, Hoffmann S, Hofmann D, Kraemer R, et al. Public access resuscitation program including defibrillator training for laypersons: a randomized trial to evaluate the impact of training course duration. *Resuscitation* 2008;76:419-24
10. Antony MM, Bieling PJ, Cox BJ, Enns MW, Swinson RP. Psychometric properties of the 42-item and 21-item versions of the Depression Anxiety Stress Scales in clinical groups and a community sample. *Psychol Assessment* 1998;10:176-81

11. Aoun SG, El Ahmadieh TY, El Tecle NE, Daou MR, Adel JG, Park CS, et al. A pilot study to assess the construct and face validity of the Northwestern Objective Microanastomosis Assessment Tool. *J Neurosurg*. 2015;123:103-9
12. Arora S, Tierney T, Sevdalis N, Aggarwal, Nestel D, Woloshynowych M, et al. The Imperial Stress Assessment Tool (ISAT): A feasible, reliable and valid approach to measuring stress in the operating room. *World J Surg* 2010;34:1756-63 (2010a)
13. Arora S, Sevdalis N, Aggarwal R, Sirimanna P, Darzi A, Kneebone R. Stress impairs psychomotor performance in novice laparoscopic surgeons. *Surg Endosc* 2010;24:2588-93 (2010b)
14. Arora S, Sevdalis N, Nestel D, Woloshynowych M, Darzi A, Kneebone RL. The impact of stress on surgical performance: A systematic review of the literature. *Surgery* 2010; 147:318-30 (2010c)
15. Arora S, Sevdalis N, Nestel D, Tierney T, Woloshynowych M, Kneebone R. Managing intraoperative stress: what do surgeons want from a crisis training program? *Am J Surg* 2009;197:537-43
16. Axelrod J, Reisine TD. Stress hormones: their interaction and regulation. *Science* 1984;224:452-9
17. Barsuk JH, Cohen ER, McGaghie WC, Wayne DB. Long-term retention of central venous catheter insertion skills after simulation-based mastery learning. *Acad Med* 2010;85:S9-12
18. Beaubien JM, Baker DP. The use of simulation for training teamwork skills health care: how low can you go? *QualSaf Health Care* 2004;13:i51-6
19. Biarent D, Bingham R, Eich C, López-Herce J, Maconochie I, Rodriguez-Núñez A, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010. Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 2010;81:1364-88
20. Bilchick KC, Berger RD. Heart Rate Variability. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2006;17:691-4
21. Birnbach DJ, Salas E. Can medical simulation and team training reduce errors in labor and delivery? *Anesthesiol Clin* 2008;26:159-68

22. Blum RH, Raemer DB, Carroll JS, Sunder N, Felstein DM, Cooper JB. Crisis resource management training for an anaesthesia faculty: A new approach to continuing education. *Med Educ* 2004;38:45-55
23. Blumenfeld A, Ben Abraham R, Stein M, Shapira SC, Reiner A, Reiser B, et al. Cognitive knowledge decline after Advanced Trauma Life Support courses. *J Trauma* 1998;44:513-6
24. Boet S, Borges BC, Naik VN, Siu LW, Riem N, Chandra D, et al. Complex procedural skills are retained for a minimum of 1 yr after a single high-fidelity simulation training session. *Br J Anaesth* 2011;107:533-9
25. Bohm B, Rotting N, Schwenk W, Grebe S, Mansmann U. A prospective randomized trial on heart rate variability of the surgical team during laparoscopic and conventional sigmoid resection. *Arch Surg* 2001;136:305-10
26. Bong C, Lightdale J, Fredette M, Weinstock P. Effects of simulation versus traditional tutorial-based training on physiologic stress levels among clinicians: a pilot study. *Simul Healthc* 2010;5:272-8
27. Bong CL, Fraser K, Oriot D. Chapter 1: Cognitive load and stress in simulation. In: Grant V, Cheng A, editors. *Comprehensive healthcare simulation*. Switzerland: Springer; 2016. p. 3-17
28. Bourne LE, Yaroush RA. Stress and cognition: a cognitive psychological perspective. Final Report. National Aeronautics and Space Administration. Grant Number NAG2-1561. 2003. <https://ntsr.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20040034070.pdf>. [Consulté le 22/10/2016]
29. Braksick SA, Kashani K, Hocker S. Neurology education for critical care fellows using high-fidelity simulation. *Neurocrit Care* 2016 doi:10.1007/s12028-016-0293-3
30. Bright E, Vine S, Wilson MR, Masters RS, McGrath JS. Face validity and training benefits of a virtual reality TURP simulator. *Int J Surg* 2012;10:163-6
31. Bruchon-Schweitzer M, Paulhan I. Adaptation française de l'Inventaire d'Anxiété Trait-Etat. Forme Y (STAI Y). Paris: Les Éditions du Centre de Psychologie Appliquée; 1993
32. Brunet A, St-Hilaire A, Jehel L, King S. Validation of a French version of the Impact of Event Scale-Revised. *Can J Psychiatry* 2003;48:56-61

33. Cahill L, Gorski L, Le K. Enhanced human memory consolidation with post-learning stress: Interaction with the degree of arousal at encoding. *Learn Mem* 2003;10:270-4
34. Chaby LE, Sheriff MJ, Hirrlinger AM, Braithwaite VA. Can we understand how developmental stress enhances performance under future threat with the Yerkes-Dodson law? *Commun Integr Biol* 2015;8:e1029689
35. Chakravarthy B, Ter Haar E, Bhat SS, McCoy CE, Denmark TK, Lotfipour S. Simulation in medical school education: review for emergency medicine. *West J Emerg Med* 2011;12:461-6
36. Chaplin TM, Hong K, Bergquist K, Sinha R. Gender differences in response to emotional stress: an assessment across subjective, behavioral, and physiological domains and relations to alcohol craving. *Alcohol Clin Exp Res* 2008;32:1242-50
37. Chau NP, Dauverchai J, Meilhac B, Steffen A, Hemmi P. Ambulatory blood pressure and heart rate at 60 + 5 years. Differences between men and women. *Arch Mal Coeur Vaiss* 1988;81:1101-5
38. Chidiac N, Crocq L. Le psychotrauma, Stress et trauma : Considérations historiques. *Ann Med Psychol* 2010;168:311-9
39. Chiniara G. Simulation médicale pour acquisition des compétences en anesthésie. SFAR : Congrès national d'anesthésie et de réanimation 2007. Conférence d'actualisation, p 041-049. Paris, France 2007
40. Christenson J, Nafziger S, Compton S, Vijayaraghavan K, Slater B, Ledingham R, et al. The effect of time on CPR and automated external defibrillator skills in the Public Access Defibrillation Trial. *Resuscitation* 2007;74:52-62
41. Clarke S, Horeczko T, Cotton D, Bair A. Heart rate, anxiety and performance of residents during a simulated critical clinical encounter: a pilot study. *BMC Med Educ* 2014;14:153
42. Cook DA, Hatala R, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, et al. Technology-enhanced simulation for health professions education. *JAMA* 2011;306:978-88
43. Cooke JM, Larsen J, Hamstra SJ, Andreatta PB. Simulation enhances resident confidence in critical care and procedural skills. *Fam Med* 2008;40:165-7

44. Cordero L, Hart BJ, Hardin R, Mahan JD, Nankervis CA. Deliberate practice improves pediatric residents' skills and team behaviors during simulated neonatal resuscitation. *Clin Pediatr (Phila)* 2013;52:747-52
45. Cowan N. Working memory underpins cognitive development, learning, and education. *Educ Psychol Rev* 2014;26:197-223
46. Crocq L, Lery O. Le stress des décideurs et des sauveteurs dans les catastrophes. Extrait des comptes rendus du Congrès de psychiatrie et de neurologie de langue française. 137e session. Montréal, Canada; 1989
47. Dawson MA, Hamson-Utley JJ, Hansen R, Olpin M. Examining the effectiveness of psychological strategies on physiologic markers: evidence-based suggestions for holistic care of the athlete. *J Athl Train* 2014;49:331-7
48. Demaria S Jr, Bryson EO, Mooner TJ, Silverstein JH, Reich DL, Bodlan C, et al. Adding emotional stressors to training in simulated cardiopulmonary arrest enhances participant performance. *Med Educ* 2010;44:1006-15
49. Diamond DM, Campbell AM, Park CR, Halonen J, Zoladz PR. The temporal dynamics model of emotional memory processing: A synthesis on the neurobiological basis of stress-induced amnesia, flashbulb and traumatic memories, and the Yerkes-Dodson law. *Neural Plast* 2007;e60803
50. Dickerson SS, Kemeny ME. Acute stressors and cortisol responses: a theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychol Bull* 2004;130:355-91
51. Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (DREES) – Ministère des Affaires Sociales et de la Santé. S.A.E. Diffusion 2015. <https://www.sae-diffusion.sante.gouv.fr/sae-diffusion/recherche.htm>. [Consulté le 01/09/2016]
52. Dubrowski A. Simulation as a suitable education approach for medical training in marine and offshore industries: theoretical underpinning. *Int Marit Health* 2015;66:164-7
53. Eckberg DL. Sympathovagal balance: a critical appraisal. *Circulation* 1997;96:3224-32
54. Eppich WJ, Adler MD, McCaghie WC. Emergency and critical care pediatrics: use of medical simulation for training in acute pediatric emergencies. *Curr Opin Pediatr* 2006;19:85-95

55. Eppich WJ, Brannen M, Hunt FA. Team training: implications for emergency and critical care paediatrics. *Curr Opin Pediatr* 2008;20:255-60
56. Epstein RM. Assessment in medical education. *N Engl J Med*. 2007;356:387-96
57. Fischer JE, Calame A, Dettling AC, Zeier H, Fanconi S. Experience and endocrine stress responses in neonatal and pediatric critical care nurses and physicians. *Crit Care Med* 2000;28:3281-8
58. Forbes R, Kennedy P, Van Hollen C, Israel S, Holden T, Sestak J. Enhancing safety in medicine utilizing leading advanced simulation technologies to improve outcomes now Act of 2009 - A Bill to amend the Public Health Service Act to authorize medical simulation enhancement programs, and for other purposes. In the House of Representatives 2009 H.R. 855, 111th Cong (Feb. 9, 2009)
59. Gaba D. The future of simulation in health care. *Qual Saf Health Care* 2004;13:2-10
60. Gaba DM, Howard SK, Flanagan B, Smith BE, Fish KJ, Botney R. Assessment of clinical performance during simulated crises using both technical and behavioral ratings. *Anesthesiology* 1998;89:8-18
61. Ganley BJ, Linnard-Palmer L. Academic safety during nursing simulation: Perceptions of nursing students and faculty. *Clin Sim Nurs* 2010;8:e49-57
62. Gerard JM, Thomas SM, Germino KW, Street MH, Burch W, Scalzo AJ. The effect of simulation training on PALS skills among family medicine residents. *Fam Med* 2011;43:392-9
63. Ghazali A, Faure JP, Brèque C, Oriot D. Evaluation of stress patterns during simulated laparoscopy in residency. *Minerva Chir* 2016;71:252-61 (2016a)
64. Ghazali DA, Florac F, Rafei-Darmian I, Oriot D. Quel est le gain en compétences d'équipes pluri-professionnelles ayant suivi pendant un an un programme de formation à l'urgence vitale par simulation haute-fidélité ? *Urgences* 2016, Paris, France; juin 2016 (2016b)
65. Ghazali A, Ragot S, Oriot D. Salivary cortisol increases after immersive simulation but is not blunt after repetition of sessions. Congress of the European Resuscitation Council, Reykjavik, Iceland; Sep 2016. *Resuscitation* 2016;106S:e88-9. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2016.07.213 (abstract) (2016c)

66. Ghazali A, Ragot S, Breque C, Guechi Y, Boureau-Voultoury A, Petitpas F, et al. Randomized controlled trial of multidisciplinary team stress and performance in immersive simulation for management of infant in choc: study protocol. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2016;24:36 (2016d)
67. Ghazali DA, Ragot S, Darmian-Rafei I, Chavagnat JJ, Sosner P, Oriot D. Evaluation of stress response using psychological, biological or electrophysiological measurements during immersive simulation of life threatening events in multidisciplinary teams. *Biol Psychol* 2016 (soumis) (2016e)
68. Ghazali DA, Ragot S, Oriot D. Performance under stress conditions during multidisciplinary team immersive simulations. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2016 (soumis) (2016f)
69. Ghazali DA, Ragot S, Oriot D. Salivary cortisol increases after one immersive simulation but the repetition of sessions does not blunt it. *Ann Clin Lab Res* 2016;4:2 (2016g)
70. Ghazali A, Ragot S, Boureau-Voultoury A, Breque C, Scepi M, Oriot D. Learners salivary cortisol during high fidelity simulation: effect of debriefing. 5th International Pediatric Simulation Symposia and Workshops; New-York City, USA; April 2013
71. Ghazali A, Boureau-Voultoury A, ScépiM, Mimoz O, Oriot D. La simulation : du task-trainer au Crisis Resource Management, un défi pédagogique pour la médecine d'urgence. *Ann Fr Med Urg* 2012;2:384-92
72. Gilfoyle E, Gottesman R, Razack S. Development of a leadership skills workshop in paediatric advanced resuscitation. *Med Teach* 2007;29:e276-e283
73. Girault-Lidvan N. Burn-Out : émergence et stratégies d'adaptations, le cas de la médecine d'urgence [Thèse de Doctorat d'Université, Psychologie]. Paris: Université René Descartes; 1989
74. Girzadas DV Jr, Delis S, Bose S, Hall J, Rzechula K, Kulstad EB. Measures of stress and learning seem to be equally affected among all roles in a simulation scenario. *Simul Healthc* 2009;4:149-54
75. Gouin A, Damm C, Wood G, Cartier S, Borel M, Villette-Baron K, et al. Evolution of stress in anesthesia registrars with repeated simulated courses: an observational study. *Anaesth Crit Care Pain Med* 2016;doi:10.1016/j.accpm.2016.02.008

76. Granry JC, Moll MC. Etat de l'art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé dans le cadre du développement professionnel continu (DPC) et de la prévention des risques associés aux soins. Rapport de Mission HAS du 10 janvier 2012. [www.has-sante.fr](http://www.has-sante.fr). [Consulté le 01/09/2016]
77. Guise JM, Deering SH, Kanki BG, Osterweil P, Li H, Mori M, et al. Validation of a tool to measure and promote clinical teamwork. *Simul Healthc* 2008;3:217-23
78. Häggström M, Richfield D. "Diagram of the pathways of human steroidogenesis". *Wikiversity Journal of Medicine* 2014;1(1). DOI:10.15347/wjm/2014.005. ISSN 20018762.
79. Hammond GL, Smith CL, Underhill DA. Molecular studies of cortisol binding globulin structure, biosynthesis and function. *J Steroid Biochem Mol Biol* 1991;40:755-62
80. Harvey A, Bandiera G, Nathens AB, LeBlanc VR. Impact of stress on resident performance in simulated trauma scenarios. *J Trauma Acute Care Surg* 2012;72:497-503
81. Harvey A, Nathens AB, Bandiera G, LeBlanc VR. Threat and challenge: cognitive appraisal and stress responses in simulated trauma resuscitations. *Med Educ* 2010;44:587-94
82. HAS, Haute Autorité de Santé. Evaluation et amélioration des pratiques. Guide de bonnes pratiques en matière de simulation en santé. 2013. N° ISBN : 978-2-11-128583-5. [http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2013-01/guide\\_bonnes\\_pratiques\\_simulation\\_sante\\_format2clics.pdf](http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2013-01/guide_bonnes_pratiques_simulation_sante_format2clics.pdf). [Consulté le 24/10/2016]
83. Hassan I, Weyers P, Maschuw K, Dick B, Gerdes B, Rothmund M, et al. Negative stress-coping strategies among novices in surgery correlate with poor virtual laparoscopic performance. *Br J Surg* 2006;93:1554-9
84. Hayrapetian A, Bertino F, Shoja MM, Wood Balch M, D'Antoni A, Loukas M, et al. Female Anatomists and their biographical sketches. *Int J Hist Philos Med* 2015;5:10504
85. Hedican SP, Nakada SY. Videotape mentoring and surgical simulation in laparoscopic courses. *J Endourol* 2007;21:288-93
86. Howard SK, Gaba DM, Fish KJ, Yang G, Sarnquist FS. Anesthesia crisis resource management training: teaching anesthesiologists to handle critical incidents. *Aviat Space Environ Med* 1992;63:763-70

87. Huang Z, Li M, Zhou Y, Ao Y, Xin W, Jia Y, et al. Modified team-based learning in an ophthalmology clerkship in China. PLoS One 2016;11:e0154250
88. Hughes KM, Benenson RS, Krichten AE, Clancy KD, Ryan JP, Hammond C. A crew resource management program tailored to trauma resuscitation improves team behavior and communication. J Am Coll Surg 2014;219:545-51
89. Hull F, Arora S, Kassab E, Kneebone R, Sevdalis N. Assessment of stress and teamwork in the operating room: an exploratory study. Am J Surg 2011;201:24-30
90. Hulsman RL, Pranger S, Koot S, Fabrick M, Karemaker JM, Smets EM. How stressful is doctor-patient communication? Physiological and psychological stress of medical students in simulated history taking and bad-news consultations. Int J Psychophys 2010;77:26-34
91. Hunziker S, Semmer NK, Tschan F, Schuetz P, Mueller B, Marsch S. Dynamics and association of different acute stress markers with performance during a simulated resuscitation. Resuscitation 2012;83:572-8
92. IBL International. Cortisol saliva luminescence immunoassay. Luminescence immunoassay for the in-vitro diagnostic quantitative determination of cortisol in human saliva. Version 2015. [http://www.ibl-international.com/media/catalog/product/R/E/REA62119\\_IFU\\_en\\_Cortisol\\_Saliva\\_LUM\\_2015-01\\_sym3\\_1.pdf](http://www.ibl-international.com/media/catalog/product/R/E/REA62119_IFU_en_Cortisol_Saliva_LUM_2015-01_sym3_1.pdf). [Consulté le 16/09/2016]
93. Inserm. Stress au travail et santé : situation chez les indépendants. Rapport. Paris : Les éditions Inserm, 2011, XII-483p. (expertise collective). <http://handle.net/10608/217>. [Consulté le 21/10/2016]
94. Institute of medicine (US) Committee on Quality of HealthCare in America. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS, editors. To err is Human: Building a safer health system. Washington (DC): National Academies Press (US); 2000
95. Irani FS. The relationships among personality, stress, and situation awareness: the effect of situation awareness training. Alabama: Auburn University Edition; 2000
96. Jaffer U, Normahani P, Lackenby K, Aslam M, Standfield NJ. Validation of a novel venous duplex ultrasound objective structured assessment of technical skills for the assessment of venous reflux. J Surg Educ 2015;72:754-60

97. Jha AK, Duncan BW, Bates DW. Simulator based training and patient safety in: Making health care safer: a critical analysis of patient safety practices. Agency for health care, Research and Quality, US dept of Health and Human Services 2001, 511-8
98. Jordan A, Antomarchi J, Bongain A, Tran A, Delotte J. Development and validation of an objective structured assessment of technical skill tool for the practice of breech presentation delivery. *Arch Gynecol Obstet* 2016;294:327-32
99. Kajantie E, Phillips DI. The effects of sex and hormonal status on the physiological response to acute psychosocial stress. *Psychoneuroendocrino* 2006;31:151-78
100. Kanaley JA, Weltman JY, Pieper KS, Weltman A, Hartman ML. Cortisol and growth hormone responses to exercise at different times of day. *J Clin Endocrinol Metab* 2001;86:2881-9
101. Keitel A, Ringleb M, Schwartzes I, Weik U, Picker O, Stockhorst U, et al. Endocrine and psychological stress responses in a simulated emergency situation. *Psychoneuroendocrino* 2011;36:98-108
102. Kharasch M, Aitchison P, Pettineo C, Pettineo L, Wang EE. Physiological stress responses of emergency medicine residents during an immersive medical simulation scenario. *Disease-a-month* 2011;57:700-5
103. King PH, Pierce D, Higgins M, Beattie C, Waitman LR. A proposed method for the measurement of anesthetist care variability. *J Clin Monit Comput* 2000;16:121-5
104. Kirkpatrick DL. Techniques for evaluating training programs. *Journal of American Society of Trainings Directors* 1959;13:3-9
105. Kirschbaum C, Wolf OT, May M, Wippich W, Hellhammer DH. Stress and treatment-induced elevations of cortisol levels associated with impaired declarative memory in healthy adults. *Life Sci* 1996;58:1475-83
106. Kleinman ME, Chameides L, Schexnayder SM, Samson RA, Fran Hazinski M, Atkins DL, et al. Pediatric Advanced Life Support: 2010 American Heart Association. Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2010;122:876-908

107. Kudielka BM, Schommer NC, Hellhammer DH, Kirschbaum C: Acute HPA axis responses, heart rate, and mood changes to psychosocial stress (TSST) in humans at different times of day. *Psychoneuroendocrinology* 2004;29:983-92
108. Kuduvalli PM, Jervis A, Tighe SQ, Robin NM. Unanticipated difficult airway management in anaesthetised patients: a prospective study of the effect of mannequin training on management strategies and skill retention. *Anaesthesia* 2008;63:364-9
109. Kuhlmann S, Piel M, Wolf OT. Impaired memory retrieval after psychosocial stress in healthy young men. *J Neurosci* 2005;25:2977-82
110. Lafont R. Méthodes physiques de séparation et d'analyse et méthodes de dosage des biomolécules. UFR des sciences de la vie. 2005. <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/lafont/dosages/D3.html>. [Consulté le 02/09/2016]
111. Langelotz C, Scharfenberg M, Haase O, Schwenk W. Stress and heart rate variability in surgeons during a 24-hour shift. *Arch Surg* 2008;143:751-5
112. Langan TS, Rigby IJ, Walker IW, Howes D, Donnon T, Lord JA. Simulation-based training in critical resuscitation procedures improves residents' competence. *Can J Emerg Med Care* 2009;11:535-9
113. Laposa J, Alden L. Posttraumatic stress disorder in the emergency room: exploration of a cognitive model. *Behav Res Ther* 2003;41:49-65
114. Lateef F. Simulation-based learning: just like the real thing. *J Emerg Trauma Shock* 2010;3:348-52
115. Laurent A, Chahraoui K, Carli P. Les répercussions psychologiques des interventions médicales urgentes sur le personnel SAMU. Etude portant sur 50 intervenants SAMU. *Ann Med Psychol* 2007;165:570-8
116. Laurent A. Les équipes mobiles d'urgence et de réanimation face aux interventions potentiellement traumatiques. *Ann Med Psychol* 2014;172:457-62
117. Laurent HK, Powers SI, Granger DA. Refining the multisystem view of the stress response: Coordination among cortisol, alpha-amylase, and subjective stress in response to relationship conflict. *Physiol Behav* 2013;119:52-60

118. Le Petit Larousse Illustré 2016. Définition du mot stress. Editions Larousse 2015
119. Leblanc V, Woodrow S, Sidhu R, Dubrowski A. Moderate examination stress leads to improvements on fundamental technical skills in surgical residents. *Am J Surg* 2008;196:114-9
120. LeBlanc VR. The effects of acute stress on performance: implications for health professions education. *Acad Med* 2009;84:s25-33
121. Lee EH. Review of the psychometric evidence for the Perceived Stress Scale. *Asian Nurs Res* 2012;6:121-7
122. Leotsakos LD, Stachteia XP, Fragkiadis EM, Gogos AI, Papageorgiou CC, Mitropoulos DN. Training on surgical simulators for urological operations: stress assessment and evaluation of the educational process. *Hellenic Urology* 2014;26:58-65
123. Lequin RM. Enzyme Immunoassay (EIA)/Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA). *Clin Chem* 2005;51:2415-2418
124. Levine AI, Bryson EO. The use of multimodality simulation in the evaluation of physicians with suspected lapsed competence. *J Crit Care* 2008;23:197-202
125. Lucini D, Norbiato G, Clerci M, Pagani M. Hemodynamic and autonomic adjustments to real life stress conditions in humans. *Hypertension* 2002;39:184-8
126. Lundberg U, Frankenhaeuser M. Pituitary-adrenal and sympathetic-adrenal correlates of distress and effort. *J Psychosom Res* 1980;24:125-30
127. Maso F, Cazorla G, Godemet M, Michaux O, Lac G, Robert A. Influence d'une compétition de rugby sur le taux de cortisol salivaire. *Science et Sports* 2002;17:302-5
128. Maymand MM, Shakhsian F, Hosseiny FS. The effect of stress on flight performance. *World Appl Sci J* 2012;19:1381-7
129. McGrath JE. Stress and behavior in organizations. In Dunnette MD (Ed.), *Handbook of industrial and organizational psychology*. Chicago: Rand McNally; 1976; p. 1351-95
130. McGraw LK, Out D, Hammermeister JJ, Ohlson CJ, Pickering MA, Granger DA. Nature, correlates, and consequences of stress-related biological reactivity and regulation in Army nurses during combat casualty simulation. *Psychoneuroendocrino* 2013;38:135-44

131. Meller G. A typology of simulators for medical education. *J Digit Imaging* 1997;10:194-6
132. Merz CJ, Dietsch F, Schneider M. The impact of psychosocial stress on conceptual knowledge retrieval. *Neurobiol Learn Mem* 2016; doi: 10.1016/j.nlm.2016.08.020
133. Metzenthin P, Helfricht S, Loerbroks A, Terris DD, Haug HJ, Subramanian SV et al. A one-item subjective work stress assessment tool is associated with cortisol secretion levels in critical care nurses. *Prev Med* 2009;48:462-6
134. Miller GA. The magical number seven plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychol Rev* 1956;63:81-97
135. Minakuchi E, Ohnishi E, Ohnishi J, Sakamoto S, Hori M, Motomura M, et al. Evaluation of mental stress by physiological indices derived from finger plethysmography. *J Physiol Anthropol* 2013;32:17
136. Morey JC, Simon R, Jay DG, Wears RL, Salisbury M, Dukes KA, et al. Error reduction and performance improvement in the emergency department through formal teamwork training: evaluation results of the Med Teams project. *Health Serv Res* 2002;37:1553-81
137. Müller MP, Hansel M, Fichtner A, Hardt F, Weber S, Kirschbaum C, et al. Excellence in performance and stress reduction during two different full scale simulator training courses: a pilot study. *Resuscitation* 2009;80:919-24
138. Muniandy RK, Nyein KK, Felly M. Improving the self-confidence level of medical undergraduates during emergencies using high fidelity simulation. *Med J Malaysia* 2015;70:300-2
139. National Association of Emergency Medical Technicians (NAEMT); PHTLS: Prehospital Trauma Life Support, 8<sup>th</sup> Edition. Burlington: Jones & Bartlett Learning; 2014
140. Nestel D, Groom J, Eikeland-Husebø S, O'Donnell JM. Simulation for learning and teaching procedural skills: the state of the science. *Simul Healthc* 2011;6 Suppl:s10-3
141. Nitschmann C, Bartz D, Johnson NR. Gynecologic simulation training increases medical student confidence and interest in women's health. *Teach Learn Med* 2014;26:160-3
142. Nixon PG. The human function curve. With special reference to cardiovascular disorders: part I. *Practitioner* 1976;217:765-70

143. Nixon PG. The human function curve. With special reference to cardiovascular disorders: part II. *Practitioner* 1976;217:935-44
144. Noto Y, Sato T, Kudo M, Kurata K, Hirota K. The relationship between salivary biomarkers and state-trait anxiety inventory score under mental arithmetic stress: a pilot study. *Anesth Analg* 2005;101:1873-6
145. Nugent E, Shirilla N, Hafeez A, O'Riordain DS, Traynor O, Harrison AM, et al. Development and evaluation of a simulator-based laparoscopic training program for surgical novices. *Surg Endosc* 2013;27:214-21
146. O'Brien G, Haughton A, Flanagan B. Interns' perceptions of performance and confidence in participating in and managing simulated and real cardiac arrest situations. *Med Teach* 2001;23:389-95
147. Okuda Y, Bond W, Bonfante G, McLaughlin S, Spillane L, Wang E, et al. National growth in simulation training within emergency medicine residency programs, 2003–2008. *Acad Emerg Med* 2008;15:1113-6
148. Ordaz S, Luna B. Sex differences in physiological reactivity to acute psychosocial stress in adolescence. *Psychoneuroendocrino* 2012;37:1135-57
149. Oriot D, Bridier A, Ghazali A. Team average performance assessment scale (TAPAS): how to evaluate team clinical performance. *Health Care Curr Rev* 2016;4:164
150. Oriot D, Darrieux E, Boureau-Voultoury A, Ragot S, Scépi M. Validation of a performance assessment scale for simulated intraosseous access. *Simul Healthc* 2012;7:171-5
151. Owen H, Mugford B, Follows V, Plummer JL. Comparison of three simulation-based training methods for management of medical emergencies. *Resuscitation* 2006;71:204-11
152. Pagani M, Furlan R, Pizzinelli P, Crivellaro W, Cerutti S, Malliani A. Spectral analysis of R-R and arterial pressure variabilities to assess sympatho-vagal interaction during mental stress in humans. *J Hypertens* 1989;7 Suppl:s14-5
153. Pemberton J, Rambaran M, Cameron BH. Evaluating the long-term impact of the trauma team training course in Guyana: an explanatory mixed-methods approach. *Am J Surg* 2013;205:119-24

154. Perlitz V, Lambertz M, Cotuk B, Grebe R, Vandenhouten R, Flatten G, et al. Cardiovascular rhythms in the 0.15 Hz band: common origin of identical phenomena in man and dog in the reticular formation of the brain stem? *Pflügers Arch-Eur J Physiol* 2004;448:579-91
155. Picard M, Curry N, Collins H, Soma L, Hill J. Comparison of high-fidelity simulation versus didactic instruction as a reinforcement intervention in a comprehensive curriculum for radiology trainees in learning contrast reaction management: does it matter how we refresh? *Acad Radiol* 2015;22:1268-76
156. Pollard TC, Khan T, Price AJ, Gill HS, Glyn-Jones S, Rees JL. Simulated hip arthroscopy skills: learning curves with the lateral and supine patient positions: a randomized trial. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94:e68
157. Poolton JM, Wilson MR, Malhotra N, Ngo K, Masters RSW. A comparison of evaluation, time pressure, and multitasking as stressors of psychomotor operative performance. *Surgery* 2011;149:776-82
158. Quilici AP, Pogetti RS, Fontes B, Zantut LF, Chaves ET, Birolini D. Is the advanced trauma life support simulation exam more stressful for the surgeon than emergency department trauma care? *Clinics* 2005;60:287-92
159. Rasclé N. Facteurs psychosociaux du stress professionnel et de l'épuisement professionnel. In: Bruchon-Schweitzer M, Quintard B, editors. *Personnalités et maladies. Stress, coping et ajustement*. Paris: Dumod; 2001 ; p.221-38
160. Reed DA, Cook DA, Beckman TJ, Levine RB, Kern DE, Wright SM. Association between funding and quality of published medical education research. *JAMA* 2007;298:1002-9
161. Rudolph JW, Simon R, Dufresne RL, Raemer DB. There's no such thing as "non-judgmental" debriefing: a theory and method for debriefing with good judgment. *Simul Healthc* 2006;1:49-55
162. Rudolph JW, Simon R, Raemer DB, Eppich WJ. Debriefing as formative assessment: closing performance gaps in medical education. *Acad Emerg Med* 2008;15:1010-6
163. Schmutz J, Manser T. Do team processes really have an effect on clinical performance? A systematic literature review. *Br J Anaesth* 2013;110:529-44

164. Semeraro F, Signore L, Cerchiari EL. Retention of CPR performance in anaesthetists. *Resuscitation* 2006;68:101-8
165. Sevdalis N, Hull L, Birnbach DJ. Improving patient safety in the operating theatre and perioperative care: Obstacles, interventions, and priorities for accelerating progress. *Br J Anaesth* 2012;109:i3-i16
166. Sevdalis N. Non-technical skills and the future of teamwork in healthcare settings. The Health Foundation. 2013. <http://patientsafety.health.org.uk/resources/non-technical-skills-and-future-of-teamwork-healthcare-settings>. [Consulté le 02 juillet 2015]
167. Seyle H. *The stress of life*. New York: McGraw Hill; 1984
168. Seyle, H. A syndrome produced by diverse nocuous agents. *Nature* 1936;138:32
169. Shapiro MJ, Gardner R, Godwin SA, Jay GD, Lindquist DG, Salisbury ML et al. Defining team performance for simulation-based training: methodology, metrics, and opportunities for emergency medicine. *Acad Emerg Med* 2008;15:1088-97
170. Shapiro MJ, Morey JC, Small SD, Langford V, Kaylor CJ, Jagminas L, et al. Simulation based teamwork training for emergency department staff: does it improve clinical team performance when added to an existing didactic teamwork curriculum? *Qual Saf Health Care* 2004;13:417-21
171. Shefrin A, Khazei A, Cheng A. Teaching rare procedures: implementation and evaluation of a novel pediatric emergency medicine procedures course utilizing a web-based curriculum and high and low fidelity task trainers. *Third International Pediatric Simulation Symposia and Workshops*; Madrid, Spain; Sep 2010
172. Shinnars J, Africa L, Hawkes B. Debriefing as a Supportive Component for Registered Nurses in Transition. *J Nurses Prof Dev* 2016;32:212-8
173. Skibniewski FW, Dziuda Ł, Baran PM, Krej MK, Guzowski S, Piotrowski MA, et al. Preliminary results of the LF/HF ratio as an indicator for estimating difficulty level of flight tasks. *Aerosp Med Hum Perform* 2015;86:518-23
174. Smith KK, Gilcreast D, Pierce K. Evaluation of staff's retention of ACLS and BLS skills. *Resuscitation* 2008;78:59-65

175. Smith WD, Chung YH, Berguer R. A virtual instrument ergonomics workstation for measuring the mental workload of performing video-endoscopic surgery. *Stud Health Technol Inform* 2000;70:309-15
176. Sogunro OA. Impact of evaluation anxiety on adult learning. *J Res Dev Educ* 1998;31:109-20
177. Spence KW. A theory of emotionally based drive and its relation to performance in simple learning situations. *Am Psychol* 1958;13:131-41
178. Spenge KW, Färber IE, McFann HH. The relation of anxiety (drive) level to performance in competition and non competition paired-associated learning. *J Exp Psychol* 1956;52:296-305
179. Spielberger CD. *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (STAI)*. Consulting Psychologists Press, Palo Alto, CA; 1983
180. Staal MA. Stress, cognition, and human performance: A literature review and conceptual framework. NASA technical memorandum. 2004. [https://humanfactors.arc.nasa.gov/flightcognition/Publications/IH\\_054\\_Staal.pdf](https://humanfactors.arc.nasa.gov/flightcognition/Publications/IH_054_Staal.pdf). [Consulté le 24/10/2016]
181. Stroud LR, Salovey P, Epel ES. Sex differences in stress responses: social rejection versus achievement stress. *Biol Psychiatry* 2002;52:318-27
182. Sweller J, van Merriënboer JGG, Paas FGWC. Cognitive architecture and instructional design. *Educ Psychol Rev* 1998;10:251-96
183. Szymanowicz A. Caractéristiques immunoanalytiques du cortisol. *Immuno Anal Biol Spe* 2011;26:147-57
184. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Eur Heart J* 1996;17:354-81
185. Thim T, Krarup NHV, Grove EL, Rohde CV, Løfgren B. Initial assessment and treatment with the Airway, Breathing, Circulation, Disability, Exposure (ABCDE) approach. *Int J Gen Med* 2012;5:117-21

186. Tjomsland N, Baskett P. The Resuscitation Greats Åsmund S. Lærdal. Resuscitation 2002;53:115-9
187. Tofil NM, Morris JL, Peterson DT, Watts P, Epps C, Harrington KF, et al. Interprofessional simulation training improves knowledge and teamwork in nursing and medical students during internal medicine clerkship. J Hosp Med 2014;9:189-92
188. Tomaka J, Blascovich J, Kelsey RM, Leitten CL. Subjective, physiological, and behavioral effects of threat and challenge appraisal. J Pers Soc Psychol 1993;65:248-60
189. Udani AD, Macario A, Nandagopal K, Tanak MA, Tanak PP. Simulation-based mastery training with deliberate practice improves clinical performance in spinal anesthesia. Anesthesiol Res Pract 2014;2014:659160
190. Ulrich-Lai YM, Herman JP. Neural regulation of endocrine and autonomic stress responses. Nat Rev Neurosci 2009;10:397-409
191. Ursin H, Baade E, Levine S. Psychobiology of stress. New York: Academic Press; 1978
192. Valentin B, Grottke O, Skorning M, Bergrath S, Fischermann H, Rörtgen D et al. Cortisol and alpha-amylase as stress response indicators during pre-hospital emergency medicine training with repetitive high-fidelity simulation and scenarios with standardized patients. Scand J Trauma Resusc Emerg Med 2015;23:31
193. Van de Kar LD, Blair ML. Forebrain pathways mediating stress-induced hormone secretion. Front Neuroendocrinol 1999;20:1-48
194. Van Dulmen S, Tromp F, Grosfeld F, Ten Cate O, Bensing J. The impact of assessing simulated bad news consultations on medical students' stress response and communication performance. Psychoneuroendocrino 2007;32:943-50
195. Van Merriënboer JGG, Sweller J. Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies. Med Educ 2010;44:85-93
196. Vassilou MC, Ghitulsscu GA, Feldman LS, STanbridge D, Leffondré K, Sigman HH, et al. The MISTELS program to measure technical skill in laparoscopic surgery. Evidence for reliability. Surg Endosc 2006;20:744-7

197. Wang J, Korczykowski M, Rao H, Fan Y, Pluta J, Gur RC, et al. Gender difference in neural response to psychological stress. *Soc Cogn Affect Neurosci* 2007;2:227-39
198. Watters C, Reedy G, Ross A, Morgan NJ, Handslip R, Jaye P. Does interprofessional simulation increase self-efficacy: a comparative study. *BMJ Open* 2015;5:e005472
199. Weathers FW, Huska JA, Keane TM. The PTSD Checklist Civilian Version (PCL-C). Boston: National Center for PTSD – Behavioral Science Division. 1991. [www.mirecc.va.gov/docs/visn6/3\\_PTSD\\_CheckList\\_and\\_Scoring.pdf](http://www.mirecc.va.gov/docs/visn6/3_PTSD_CheckList_and_Scoring.pdf). [Consulté le 24/10/2016]
200. Weinstock P. Pediatric Simulation Instructor Workshop. Harvard Medical School, Boston, USA; 2013
201. Weiss DS, Marmar CR. The Impact of Event Scale - Revised. In: Wilson JP, Keane TM. *Assessing psychological trauma and PTSD*. New York: Guilford Press; 1997; p. 399-411
202. Westermann J, Demir A, Herbst V. Determination of cortisol in saliva and serum by luminescence-Enhanced Enzyme Immunoassay. *Clin Lab* 2004;50:11-24
203. Wetzel CM, Black SA, Hanna GB, Athanasiou T, Kneebone RL, Nestel D, et al. The effects of stress and coping on surgical performance during simulations. *Ann Surg* 2010;251:171-6
204. Wetzel CM, George A, Hanna GB, Athanasiou T, Black SA, Kneebone RL, et al. Stress management training for surgeons-a randomized, controlled, intervention study. *Ann Surg* 2011;253:488-94
205. White A. *From Comfort Zone to Performance Management*. Baisy-Thy, Belgium: White & MacLean Publishing; 2009
206. Wolf OT. HPA axis and memory. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 2003;17:287-99
207. Wolf OT. The influence of stress hormones on emotional memory: Relevance for psychopathology. *Acta Psychologica* 2008;127:513-31
208. Yang CW, Yen ZS, McGowan JE, Chen HC, Chiang WC, Mancini ME, et al. A systematic review of retention of adult advanced life support knowledge and skills in healthcare providers. *Resuscitation* 2012;83:1055-60

209. Yang Y, Koh D, Ng V, Lee CY, Chan G, Dong F, et al. Self-perceived work related stress and the relation with salivary IgA and lysozyme among emergency department nurses. *Occup Environ Med* 2002;59:836-41
210. Yao SN, Cottraux J, Note I, De Mey-Guillard C, Mollard E, Ventureyra V. Évaluation de l'état de stress post-traumatique : validation d'une échelle, la PCL-S. *Encephale* 2003;29:232-8
211. Yee B, Naik VN, Joo HS, Savoldelli GL, Chung DY, Houston PL et al. Non-technical skills in anesthesia crisis management with repeated exposure to simulation-based education. *Anesthesiology* 2005;103:241-8
212. Yerkes RM, Dodson JD. The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *J Comp Neurol Psychol* 1908;18:459-82
213. Young JQ, Van Merriënboer J, Durning S, Ten Cate O. Cognitive load theory: implications for medical education: AMEE Guide No. 86. *Med Teach* 2014;36:371-84
214. Ziv A, Small SD, Wolpe PR. Patient safety and simulation-based medical education. *Med Teacher* 2000;22:489-95

## **10. VALORISATION DE LA RECHERCHE**

### **10.1. Liste des publications et communications**

#### **10.1.1. Publications soumises**

- Ghazali DA, Ragot S, Oriot D. Performance under stress conditions during multidisciplinary team immersive simulations. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2016
- Ghazali DA, Ragot S, Darmian-Rafei I, Chavagnat JJ, Sosner P, Oriot D. Evaluation of stress response using psychological, biological or electrophysiological measurements during immersive simulation of life threatening events in multidisciplinary teams. *Biol Psychol* 2016

#### **10.1.2. Publications internationales**

- Ghazali A, Faure JP, Brèque C, Oriot D. Evaluation of stress patterns during simulated laparoscopy in residency. *Minerva chir* 2016;71:252-61
- Oriot D, Bridier A, Ghazali A. Team Average Performance Assessment Scale (TAPAS): how to evaluate team clinical performance. *Health Care Curr Rev* 2016;4:164
- Ghazali DA, Ragot S, Oriot D. Salivary cortisol increases after immersive simulation but is not blunt after repetition of sessions. *Resuscitation* 2016;106S:e88-9. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2016.07.213 (abstract)
- Ghazali A, Ragot S, Breque C, Guechi Y, Boureau-Voultoury A, Petitpas F, Oriot D. Randomized controlled trial of multidisciplinary team stress and performance in immersive simulation for management of infant in choc: study protocol. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2016;24:36
- Ghazali DA, Ragot S, Oriot D. Salivary cortisol increases after one immersive simulation but the repetition of sessions does not blunt it. *Ann Clin Lab Res* 2016;4:2

#### **10.1.3. Publication nationale**

- Ghazali A, Boureau-Voultoury A, Scepi M, Mimos O, Oriot D. La simulation : du task-trainer au Crisis Resource Management, un défi pédagogique pour la médecine d'urgence. *Ann Fr Med Urg* 2012;2:384-92

#### **10.1.4. Liste de communications orales et posters à des congrès et colloques**

- Ghazali DA, Oriot D. Salivary cortisol increases after immersive simulation but is not blunt after repetition of sessions. Congress of the European Resuscitation Council, Reykjavik, Iceland; Sep 2016 (poster)
- Ghazali DA, Florac F, Rafei-Darmian I, Oriot D. Quel est le gain en compétences d'équipes pluri-professionnelles ayant suivi pendant un an un programme de formation à l'urgence vitale par simulation haute-fidélité ? Urgences 2016, Paris ; juin 2016 (poster)
- Ghazali A, Ragot S, Scepi M, Oriot D. subjective or objective stress? Evolution of stress parameters during immersive simulation of multidisciplinary teams. 7<sup>th</sup> International Pediatric Simulation Symposia and Workshop, Vancouver, Canada; Mai 2015 (communication orale)
- Ghazali A, Rafei-Darmian I, Ragot S, Chavagnat Jj, Scepi M, Oriot D. Effect of repetitive immersive simulation sessions on subjective stress response of multidisciplinary teams. 7<sup>th</sup> International Pediatric Simulation Symposia and Workshop, Vancouver, Canada; May 2015 (communication orale)
- Lavillauroy L, Ghazali A, Scépi M, Oriot D. Spatiotemporal analysis of CPR in children: new criteria of quality of simulated prehospital multidisciplinary team's management. 7<sup>th</sup> International Pediatric Simulation Symposia and Workshop, Vancouver, Canada; May 2015 (communication orale)
- Ghazali A, Faure J, Millet C, Breque C, Scepi M, Oriot D. Learners' salivary cortisol and holter changes during simulated laparoscopy: preliminary results. 6<sup>th</sup> International Pediatric Simulation Symposia and Workshops, Vienna, Austria; April 2014 (communication orale)
- Ghazali A, Bridier A, Guechi Y, Boureau-Voultoury A, Scepi M, Oriot D. Team Average Performance Assessment Scale (TAPAS): how to evaluate team clinical performance. 6<sup>th</sup> International Pediatric Simulation Symposia and Workshops, Vienna, Austria; April 2014 (communication orale)
- Ghazali A, Bridier A, Guechi Y, Boureau-Voultoury A, Scepi M, Oriot D. Immersive simulation of an infant in shock: better crisis resource management, better performance. 6<sup>th</sup> International Pediatric Simulation Symposia and Workshops, Vienna, Austria; avril 2014 (communication orale)
- Ghazali A, Sosner P, Scepi M, Oriot D. Team members' stress response during immersive simulation of infant shock: preliminary results. 6<sup>th</sup> International Pediatric Simulation Symposia and Workshops, Vienna, Austria; April 2014 (poster)

- Ghazali A, Ragot S, Boureau-Voultoury A, Breque C, Scepi M, Oriot D. Learners salivary cortisol during high fidelity simulation: effect of debriefing. 5<sup>th</sup> International Pediatric Simulation Symposia and Workshops, New-York City, USA; April 2013 (poster)
- Ghazali A, Breque C, Scepi M, Oriot D. Stress and performance in real vs. fake multidisciplinary teamwork during simulation based-training. 5<sup>th</sup> International Pediatric Simulation Symposia and Workshops, New-York City, USA; April 2013 (poster)

10.2. Bourse de recherche en simulation SFMU / LAERDAL

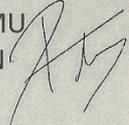


**BOURSE LAERDAL**

La Société Française de Médecine d'Urgence en partenariat  
avec LAERDAL Corporate décerne au  
**Docteur Aïham GHAZALI**  
**La somme 20 000 €**

pour la réalisation du projet de recherche  
« Effets du stress et de la simulation sur la  
performance d'une équipe lors de la prise en  
charge d'un nourrisson en état de choc »

Fait à Paris, le 09 juin 2011

Le président de la SFMU  
Dominique PATERON 

### **10.3. Publications**

#### **10.3.1. Internationales**



## Development and Assessment of an Evaluation Tool for Team Clinical Performance: The Team Average Performance Assessment Scale (TAPAS)

Denis Oriot<sup>1,2</sup>, Armelle Bridier<sup>3</sup> and Daniel Aïham Ghazali<sup>2,4\*</sup>

<sup>1</sup>Pediatric Emergency Department, University Hospital, Poitiers, France

<sup>2</sup>Simulation Laboratory, Faculty of Medicine, Poitiers, France

<sup>3</sup>Pediatric Intensive Care Unit, University Hospital, Tours, France

<sup>4</sup>Emergency Department, Pitié-Salpêtrière University Hospital, Paris, France

### Abstract

**Introduction:** Team effectiveness consists in team performance (procedures, algorithms) and team process (Crisis Resource Management - CRM). Although CRM scales and a few team performance checklists exist, to our knowledge, no team performance assessment scale covering all critical conditions in adults and children exists.

**Objective:** The objective was to develop and assess a clinical team average performance assessment scale (TAPAS) evaluating clinical performance during immersive simulation of critical conditions.

**Methods:** Three experts selected items from PALS, EPLS, NLS, ACLS, and ATLS courses. The final TAPAS included 129 items, rated 0/1/2, with a total over 100. Items were preselected according to each scenario, making the score a reflection of the percentage of the best performance for a given scenario. Psychometric analysis was tested on 159 simulations. Scenarios were acute life-threatening conditions in neonates, children and adults (medical, trauma) (SimNewB and ALS, Laerdal®). Two independent observers among a group of 8, assessed performance, and were surveyed on TAPAS ease of use. Analysis included: comparison between observers of means and SD, linear logistic regression, coefficient correlation, discordance; Cronbach alpha (CA), intra-class coefficient (ICC), and comparison at two training times.

**Results:** TAPAS score was  $46.6 \pm 15.5$  (18-83.5). Analysis showed: CA=0.745, ICC=0.862. Observers' scores were not different (means and SD), highly correlated (coefficient=0.838,  $p=0.0011$ ,  $R^2=0.64$ ), and with a discordance <7%. TAPAS scores increased after training ( $p<0.0001$ ). TAPAS were found to be easy to use.

**Conclusions:** TAPAS was a valuable team performance assessment instrument, easy to use in team simulation, in different age groups (neonatal, pediatric, adult) and critical conditions (medical, trauma).

**Keywords:** Teamwork; Clinical performance; Evaluation scale; Simulation; ABCDE algorithm; Assessment

### Introduction

Healthcare providers train as individuals, yet function as teams, thereby creating a gap between training and reality [1]. Teamwork failure is consequently a primary threat to patient safety [2]. The challenge is to distinguish team process from team performance in team-based assessment efforts and training [3]. The so-called 'global team effectiveness' relies upon two separate components: team process referring to Crisis Resource Management (CRM) principles, and team performance (technical procedures & algorithms) [4].

Simulation provides a powerful educational technique, particularly in management of emergencies. It is also used to train multi-professional teams, to identify errors and to modify behaviors in view of improving performance [5]. In fact, teamwork training constitutes a core approach to enhanced levels of quality and safety.

Team performance measurement and evaluation helps to ensure that simulation-based training for teams is systematic and effective [6]. Simulation-based training represents an opportunity to administer assessments of medical teams and to provide participants with scientifically valid and practically useful experiments [7].

Educational evaluation consists in systematic appraisal of teaching and learning quality [8]. Assessment tools are needed to assess teamwork when responding to critical events [9]. The challenge actually seems to consist largely in the fact that investigators often do not assess performance in a way that is distinct from team process. Measures often mix the two, which can be problematic. Very often, when teams are evaluated, the emphasis is put on team behavior (leadership,

communication, call for help, utilization of resources, awareness of the situation) to the detriment of team clinical performance focused on which care the patient/simulator is receiving for its survival [6,10]. While several validated scales have been published to evaluate team processes - CRM principles [6,11], clinical team performance assessment in simulation-based training often relies on scenario or situation-checklists designed to assess technical procedures performed in a specific order [11-15]. Another evaluation tool for clinical performance is the global rating scale (GRS), which assesses overall performance [16-18].

To our knowledge, there exists neither gold standard nor any evaluation scale covering all life-threatening conditions and providing objective assessment of clinical team performance.

The aim of this study was to develop and to psychometrically assess a clinical evaluation tool named Team Average Performance Assessment Scale (TAPAS), usable in simulated pediatric and adult life-threatening emergencies, and covering all the procedures and algorithms required

\*Corresponding author: Dr Daniel Aïham GHAZALI, Pitié-Salpêtrière University Hospital, 47-83 boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris, France, Tel: 33-(0)1-42-17-72-42; Fax: 33-(0)1-42-17-70-10; E-mail: [daniel.ghazali@univ-poitiers.fr](mailto:daniel.ghazali@univ-poitiers.fr)

Received April 04, 2015; Accepted April 14, 2016; Published April 21, 2016

Citation: Oriot D, Bridier A, Ghazali DA (2016) Development and Assessment of an Evaluation Tool for Team Clinical Performance: The Team Average Performance Assessment Scale (TAPAS). Health Care: Current Reviews 4: 164. doi: 10.4172/2375-4273.1000164

Copyright: © 2016 Oriot D, et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

for team performance when managing a life-threatening situation, and which could be used to assist feedback, teaching, and assessment. TAPAS may be considered as a clinical tool that can serve as a complement to teamwork evaluation. Team behavioral assessment was not in the scope of this study, but performed parallel to the use of TAPAS with a specific CRM principle assessment scale.

## Methods

### Study

This study was performed in the Simulation Laboratory of the Faculty of Medicine of Pottiers, France. It was reviewed and approved by the Institutional Research Board of the INSERM 1402 ('Institut National Scientifique Et de la Recherche Médicale', # 11-28, 2009-09-20) and the 'Comité de Protection des Personnes' (Committee for protection of persons) registered under the number 13.05.16. A written informed consent was obtained from all participants for research and video. All results were kept anonymous.

### Creation of the instrument

**Content:** Three subject-matter experts selected the items. They were specialized in Emergency Medicine (pre-hospital and in-hospital, adult and pediatrics), certified PALS, EPLS, NLS, ACLS, and ATLS. Two of them were training program instructors. Items originated in the 2010 recommendations of AHA [19-21] and ERC [22-24], and the ATLS course [25]. The content creation process was designed to cover the ABCDEs (Airway, Breathing, Circulation, Disability, and Exposure), with assessment and action items in each category, and to be used for a patient (from a neonate to an adult), presenting a medical or trauma emergency. A "setting" part was added prior to the ABCDE algorithm. Most items reflected critical management, making it easier to conserve objective terminology. Many items were included in TAPAS to cover the maximum range of possible scenarios from neonatal to adult. Items were selected because of their direct impact on patient safety [7].

For convenience and rapidity of checking while the scenario was running, items were preselected prior to a given scenario, assuming what would be performed if clinical management were optimal. Chosen items were thought to be relevant to each case. Choice of items consequently differed from one scenario to another depending on etiology, age group, situation, and what was supposed to be done according to the learning objectives. Every scenario had the same printed sheet but was customized for the specific scenario by highlighting the appropriate items to be scored. Each category contained a maximum number of preselected items according to scenario and learning objectives, differing from one scenario to another.

Scoring for each item adopted the recently proposed triple item-

by-item rating [17] aimed at assessing both quality and performance time, and relying upon three classes: not performed (0/2), performed but incorrectly done or delayed (1/2), correctly performed and in time (2/2). The sum of scores from each category constituted the total score. Total scoring was established by collecting among the selected items the ones having been rated. Dividing by maximum possible score (score of all preselected items) and multiplying by 100 gave a result over 100. TAPAS consequently gave a score over 100, equivalent to the percentage of optimal clinical performance for management of a given scenario. This method allowed us to use TAPAS for any scenario, whatever the age group and clinical situation, as long as a life-threatening condition was present.

TAPAS was designed to give a performance assessment score for a multi-professional team's approach to a simulated life-threatening situation. It covered medical and traumatic emergencies of neonates, children and adults. TAPAS deliberately avoided measures of good team practice in favor of items directly relevant to the patient's survival: team performance alone (technical procedures and algorithms). It was printed as a paper evaluation form, and represented a formative evaluation without any threshold. The results of this step gave the pre-scale of TAPAS.

**Response process:** The pre-scale was tested and modified during several stimulation-based trainings with scenarios including neonatal, pediatric, and adult life-threatening emergencies. Two populations were included (February 2010-January 2013): 228 emergency physicians during the Pediatric Emergency Procedures University course, and 57 multi-professional team providers (Emergency Department, Pottiers University Hospital). The head research investigator preselected items on the evaluation form in accordance with the relevant scenarios and learning objectives. To avoid redundancy, some items were deleted or gathered, i.e., antibiotics. Difficult scoring by observers led us to redistribute items on the evaluation form. In addition, we highlighted preselected items. By the end of the response process, the pre-scale had the desired level of precision for assessment activities and was adjusted by additions/deletions to produce the TAPAS scale. TAPAS included 129 items distributed in 6 categories. As the 129 items represented varied age groups or clinical situations, they were not rated together. Different colors and/or fonts were used to facilitate rating of trauma, neonatal, and CPR items (Supplemental Digital Content - Appendix 1). The last item in each category was "miscellaneous" making it possible to add a new treatment/management for a specific scenario.

### Psychometric testing

The different elements of the psychometric testing process are reported on Table 1.

	Population tested	Scenarios	Assessment	Variables	Results
1 <sup>st</sup> population	48 participants=12 multi-professional teams made of 4 persons: EP, PGY, RN, AD	9 scenarios (pediatric) 72 simulation sessions Played in teams of 4 persons	144 TAPAS forms filled out by 2 independent observers randomly chosen among 8	<u>Internal consistency:</u> CA (tested on 3 scenarios, played 12 times each) <u>Reliability:</u> ICC, comparison of means, comparison of variances, R <sup>2</sup>	CA=0.745 ICC=0.862 Means: O1 vs O2=NS Variances: O1 vs O2=NS R <sup>2</sup> =0.64
2 <sup>nd</sup> population	48 emergency physicians	15 scenarios (adult, pediatric, neonatal) 87 simulation sessions Played in pairs	174 TAPAS forms filled out by 2 independent observers randomly chosen among 8	Comparison of TAPAS score at different training times (at 4 months interval)	p <0.0001
Total	96 participants	24 scenarios 159 simulation sessions	318 TAPAS forms		

AD: Ambulance Driver; CA: Cronbach Alpha Coefficient; EP: Emergency Physician; ICC: Intra-class coefficient; O1: Observer 1; O2: Observer 2; NS: Not Significant; PGY: Resident; R: Square of Correlation Coefficient; RN: Nurse

Table 1: Psychometric testing process.

**Participants and simulation setting:** In France, adult emergency teams manage out-of-hospital pediatric emergencies, and most in-hospital pediatric emergencies ones in non-university hospitals, except for the neonatal ones. As recommended for psychometric testing [26], large homogeneous populations were included.

The study of internal consistency and reliability of the scale was performed during the Sim-Stress study of which the methodology is published elsewhere [27]. Twelve multi-professional teams of 4 persons were recruited (48 care providers): senior emergency physician, resident, nurse, and ambulance driver; emergency physicians were from Emergency Department and/or pre-hospital care from Poitou-Charentes hospitals (1.8 million inhabitants); residents were in Emergency Medicine internship; emergency physicians and residents were certified following Pediatric Emergency Procedures University course; nurses and ambulance drivers were from the Emergency Medical Service of the University Hospital of Poitiers with certification for EPLS or EPIIS; emergency physicians, nurses, and ambulance drivers had less than 6 years of experience. Teams were drawn by lots and remained stable throughout the sessions. A high-fidelity mannequin (SimNewB, Laerdal\*) was used. Nine scenarios were used: 4 hypovolemic shocks, 2 cardiogenic shocks, hemorrhagic shock in severe trauma, anaphylactic shock, and septic shock.

The study of comparison of scores at different training times was conducted with another population of participants: 48 emergency physicians were included and evaluated during the 1<sup>st</sup> and 5<sup>th</sup> sessions of a University course. A SimNewB and an ALS Kelly mannequin (Laerdal\*) were used. Different scenarios were used in neonates and children (cardiac arrest, acute asthma, purpura fulminans, severe trauma, hypovolemic shock, cardiogenic shock, severe intussusception, opioid-induced apnea, neonatal asphyxia and meconial aspiration) and in adults (cardiac arrest, STEMI, difficult intubation, severe trauma, ARDS). Scenarios were rehearsed several times before simulation sessions in order to limit variability-induced errors, or assessment errors due to the limits of realism. All sessions were videotaped and scenarios lasted 20 min on average, followed by a good-judgment debriefing [28,29].

**Observers:** Eight observers (1 pediatric intensivist, 3 pediatric emergency physicians, 1 anesthetist, 3 emergency physicians), were selected and received a 2-hour training in assessment with TAPAS. All were trained to simulation-based education and highly motivated in using a novel assessment tool. The assessment information given to the observers was formalized. All of 8 of them were enrolled in evaluation, but only 2 of them were randomly chosen each time among the 8, to independently assess a simulation session. As a consequence, observers 1 and 2 were always different. They did not communicate scoring to each other, and were not allowed to discuss ratings with each other. They were not instructors or research investigators. Quality of rating was assessed and a post-assessment control was established in order to ensure rating of all the preselected items by research investigators. A research assistant calculated the final score, which was unknown to observers or instructors. In parallel to TAPAS, observers rated CRM performance using the CTS – Clinical Teamwork Scale [30].

Observers were surveyed on the ease of use of TAPAS scoring with a 5-class Likert scale.

### Data analysis

Analysis was carried out on SAS 9.3 software. Descriptive analysis included percentage, mean, standard deviation (SD) of every variable.

Comparative analysis used paired Student t-test. Internal consistency of the scale was analyzed by the Cronbach alpha coefficient established on three scenarios played by 12 multi-professional teams and the relative weight of each category of the scale. Interobserver reproducibility was analyzed by intra-class coefficient (ICC), comparison of means, and linear regression analysis. Because several observers were included in the assessment, F-test was used to compare variance of scores obtained by observer 1 and observer 2. A p value of <0.05 was considered as significant.

## Results

### General findings

Three experts designed the instrument, and 8 independent observers used it. The final version of TAPAS included 129 items distributed in 6 sections. For psychometric analysis 159 simulation sessions were analyzed. Twelve multi-professional teams (48 participants) performed 72 simulation sessions (9 scenarios) over 18 months (February 2013-September 2014), meaning that 144 TAPAS evaluations were recorded (pediatric). And 48 emergency physicians carried out 87 simulations with scenarios played in pairs with 2 observations of TAPAS for each, giving 174 TAPAS evaluations (neonatal, pediatric, and adult) in February-June 2012 and in September 2012-January 2013. Mean TAPAS score was  $46.6 \pm 15.5$ , ranging from 18 to 83.5.

Survey of observers showed that TAPAS scale was found very feasible, from preselection of items, marking during simulation, to the calculation of total score (Figure 1). Furthermore, it constituted a comprehensive approach to acute life-threatening situations in neonates, children, and adults scenarios. And TAPAS was never found insufficient for assessment of an emergency scenario. Moreover, all observers were very satisfied with having used TAPAS, found its measurements to be almost "all-inclusive", and were persuaded that it simplified assessment.

### Validity analysis

Internal consistency was assessed by Cronbach alpha coefficient calculated from 3 scenarios (3 out of 9, because these were the comparisons [27]) played 12 times each. Global Cronbach alpha was 0.745 - meaning a reasonable internal consistency of the scale, and the Cronbach alpha coefficients for each section of TAPAS are given on Table 2. Furthermore, TAPAS scores were found to correlate with level of training. Comparison of TAPAS scores at different times of training showed a significant difference between the 1<sup>st</sup> stimulation (35 sessions analyzed) and the 5<sup>th</sup> (52 sessions analyzed); respectively:  $58.7 \pm 10.8$  vs.  $83.0 \pm 9.6$  ( $p < 0.0001$ ) (Figure 2).

Comparison of TAPAS scores with those of CTS showed a modest correlation: correlation coefficient=0.64,  $R^2=0.16$  in linear regression (Figure 3).

Section of TAPAS	CA coefficient
Setting	0.646
Airway	0.806
Breathing	0.718
Circulation	0.703
Disability	0.722
Exposure	0.687
Total scale	0.745

**Table 2:** Values of Cronbach alpha (CA) coefficient for each TAPAS section and the total scale.

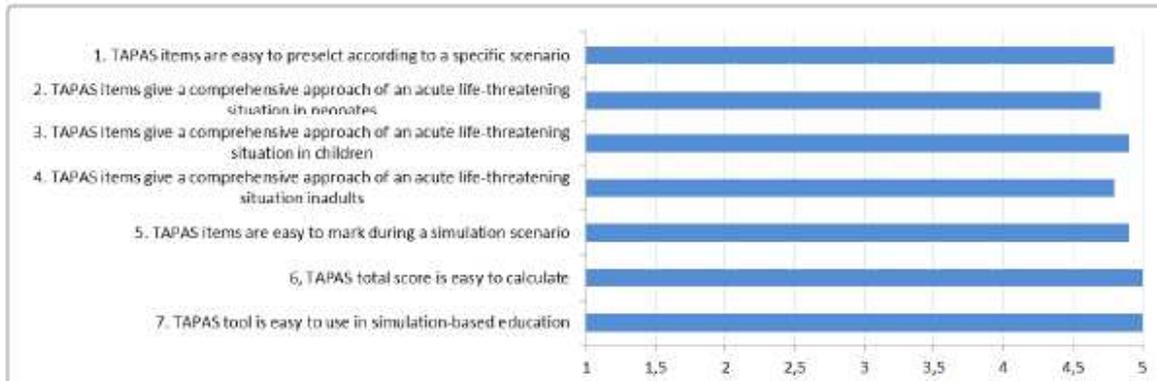


Figure 1: Results of observers' survey on the ease of use of TAPAS with answers according to a 5-class Likert scale (from 1=I strongly disagree to 5=I strongly agree).

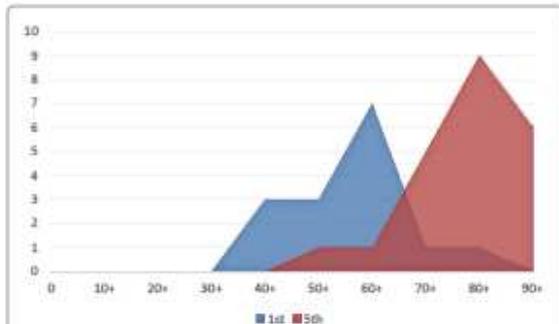


Figure 2: Distribution of mean TAPAS scores obtained at the 1st and 5th simulation sessions during the university course: 48 emergency physicians, 87 simulation sessions.

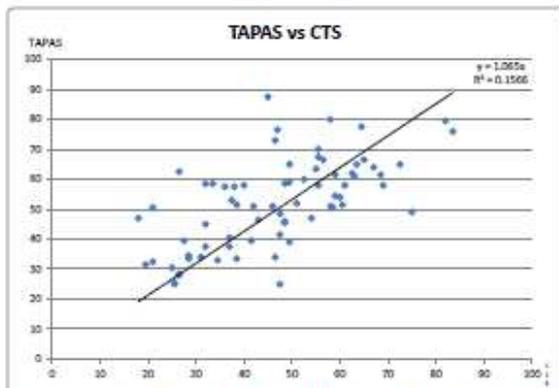


Figure 3: Correlation between TAPAS and CTS scores during the 72 simulation sessions.

### Reliability analysis

Inter-rater reproducibility was assessed in different ways. There was no difference between the mean scores of observer 1 and observer 2:  $46.3 \pm 16.9$  vs.  $47.5 \pm 15.8$  ( $p=0.66$ ). Both mean scores were highly

correlated (correlation coefficient=0.838,  $p=0.0011$ , in linear regression  $R^2=0.64$ ) (Figure 4). Finally, intra-class correlation coefficient was 0.862, which denotes high reproducibility.

Discordance between observers was precisely analyzed. Mean difference of scores between observers was  $6.9 \pm 6.4$ ; while the overall scoring discordance between observers was inferior to 7%, it varied according to sections of the scale. This numerical discordance remained minimal, and generally consisted in a 1-point difference between ratings of 1 or 2 points (and not 0 or 1) for a given item in a selected category (Setting, A, B, C, D, or E). Because discordance could be zero with regard to the opposite variation of scores, rating discordance for each item in each section was calculated. The mean number of items rated differently between observers, according to each category of TAPAS was: Setting=0.93; A=1.70; B=2.03; C=2.76; D=0.60; E=1.86. This very good reliability between observers is represented on Figure 5.

Because several observers were used as observer 1 or 2, a comparison of variance was made. Variance of scores was 290.3 (observer 1), 252.0 (observer 2), and 241.4 (mean of observer 1+2). Comparison of variances (F-test) showed no difference between observer 1 and 2 ( $p=0.55$ ). These results suggested good generalizability of TAPAS, due to its high reproducibility.

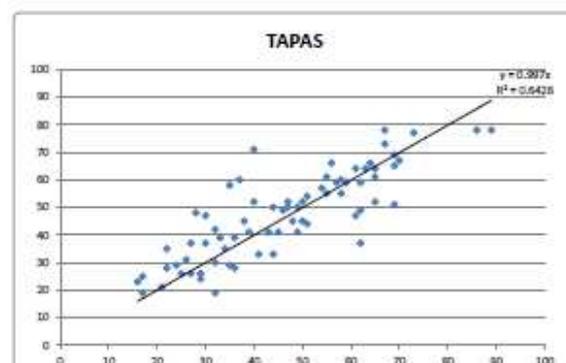


Figure 4: Relation between mean TAPAS score of observer 1 and observer 2 (72 simulation sessions).

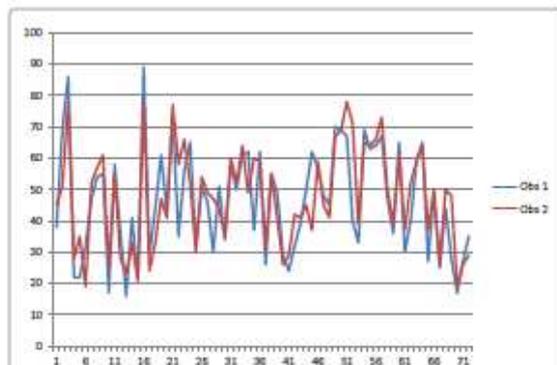


Figure 5: Results of TAPAS scores rated by the 2 observers (Obs 1 & Obs 2) during the 72 simulation sessions.

## Discussion

### Main results

We designed and assessed a clinical team average performance assessment scale, named TAPAS. It was used as an evaluation instrument during simulation-based education of life-threatening conditions in different age groups ranging from neonates to adults. Made of 129 items in 6 sections, with a total score out of 100, TAPAS could cover many scenarios of critical medical or trauma-related circumstance with high reliability and good clinical relevance. Team performance assessment with TAPAS was easy to use and well-accepted.

### Limitations

From its structure per se, TAPAS was designed and tailored for providers trained in using ABCDE (emergencies) or ABC (CPR) algorithms. It was not used by students not aware of such algorithms. The number of items to rate and the way of rating make it difficult to rate without previous training. One can expect that the accuracy of TAPAS would depend on the subjective opinion of whoever is running the scenario and picking the outcomes. This might be a limitation in very complex cases, but not in admitted managements like CPR, NLS or severe trauma, where what is expected to be done is rooted in international recommendations.

The scoring system adopted – 0/1/2 – for assessing both quality and performance time [17], inevitably implied some subjectivity in evaluating whether a procedure was “correctly” or “incorrectly” performed. Because TAPAS scope was to be used in team simulation sessions (when procedures are already known by participants and have been previously practiced on task-trainers), and because many checklists used this terminology, we did not detail each item for the exact description of required actions as we had previously done, for example, for the IO-access performance assessment scale [31]. Moreover, use of the same 0/1/2 scoring system for every item implied that all points were worth the same amount. This may not be true in reality. Furthermore the distance between 0, 1 and 2 may not be the same. For example, it is possible that late glucose is not particularly worse than early glucose in some cases, compared to late bag-mask ventilation in respiratory failure. On the other hand, another approach – 0/1 –, would have led to the risk of confusing not done and done lately.

Finally, current TAPAS is lacking in items for gynecology/obstetrics

and anesthesiology emergencies, but given the highly adjustable nature of the TAPAS frame, items pertaining to these specialties could be added in the future.

### The instrument's development and its psychometric properties (validity & reliability)

Clinical performance is most often assessed with scenario or learner-specific checklists designed to evaluate a healthcare provider [12,13,15,16,32]. Furthermore, investigators often do not assess performance in a way that is distinct from team process, and some checklists combine technical skills and behaviors in the same assessment tool mixing the two, which can be problematic [33]. As recommended, team performance was isolated from processes [4], and TAPAS dealt only with clinical performance.

In an OSCE evaluation tool – Clinical Performance Evaluation Tool, domains were too broadly defined: from data acquisition to interpersonal relations and clinical competence [34]. By contrast, TAPAS contains highly precise performance items – as recommended [7], and pre-selection ensures accuracy.

Most checklists use a 4-point Likert scale: 0) Not done; 1) Done; 2) Done well; 3) Unable to observe [35]. They may not take performance time into account [18]. Others have developed a problem-solving rating-scale with three marks 0/1/2, failing to detail the different steps of performance [36]. In contrast, a recent study proposed a checklist with the same triple item-by-item rating assessing both quality and performance time [17] that we adopted for TAPAS.

Few studies report reliability [11] or describe the validation process of assessment scales [37]. The Delphi method is commonly used for content implementation of scales [38,39] or checklists [40]. For TAPAS, it appeared simpler to ask experts to list significant items of international recommendations. Analysis of internal consistency showed significant clinical relevance. Furthermore, TAPAS had the highest inter-observer reproducibility (ICC=0.862) of the 5 reported assessment tools focusing on pediatric resuscitation in a simulated environment (although also including CRM evaluation): Ottawa Crisis Resource Management Global Rating Scale – ICC=0.61 [41], Neonatal Resuscitation Program Megacode Checklist – CA=0.70 [14], Tool For Resuscitation Assessment Using Computerized Simulation – ICC=0.80 [42], Standardized Direct Observation Tool – ICC=0.81, CA=0.95 [43], and Evaluation Tool for pediatric resident competence in leading simulated pediatric resuscitations – ICC=0.62, CA=0.81 [44].

TAPAS could not be compared to a gold standard or other validated scale covering all critical situations. And so, comparison was done at two different stages of training. A significant increase in TAPAS score after 4 months of training reflected improved clinical performance, which rendered the scale relevant for clinical performance assessment. Similarly, Brett-Fleeger found performance scores to be higher for the trainees having received the most simulation sessions [42].

Comparison of TAPAS scores with Clinical Teamwork Scale (CTS) scores (non-technical skills) gave a modest correlation. A link between behavioral teamwork and clinical performance had already been reported in medical students [45], and a recent review demonstrated that team process behaviors indeed influence clinical performance [46].

### The use of the instrument

It is crucial to assess all components of team effectiveness (team process and team performance) during simulation-based trainings with multi-professional teams using reliable and accurate assessment

tools [7]. Some team-based simulation-based trainings seem to place emphasis on CRM and consequently place performance assessment at a second level. Besides evaluation of "how the team functions" (CRM principles assessment tool), TAPAS could provide an accurate complement to the evaluation by precisely assessing the medical performance produced on a simulated patient, which is crucial in high-stakes situations. In summary, in a patient-centered care evaluation, TAPAS could provide a valid and reliable tool related to patient safety, as well as complete assessment of team effectiveness.

Though not readily quantifiable, the educational effect of assessment is appreciable [26,47]. It draws sizable benefit from trainee motivation [26]. Feedback drives learning, and in team-based simulation-based trainings, facilitated debriefings are the primary method for delivering feedback [6]. One of the main goals of assessment is "to optimize the capabilities of all learners and practitioners by providing motivation and direction for future learning" [48]. During debriefing, TAPAS could pinpoint existing shortcomings and highlight areas requiring additional efforts.

At first glance, a 129-question tool would seem very unwieldy but through quick highlighting, the tool could be tailored to a large number of ACLS/ATLS/PALS/NLS cases, and be ideal for an application. Given its preselection of highly varied items, TAPAS was flexible, easy to use, and able to cover many scenarios of medical or traumatic emergency, whatever the age group. By its plasticity, TAPAS was found to be very adjustable to any life-threatening scenario with new management according to future recommendations, since one can consider adding additional "free text" rating items.

Although TAPAS was designed to assess management of life-threatening emergencies in simulation education and research, it has not yet been applied in other (non-simulation) settings but may be simple and flexible enough to be used in a clinical setting.

## Conclusion

The TAPAS is a clinical team performance tool, designed and assessed with high clinical relevance and reliability. It is useable in many simulated critical situations ranging from neonatal to adult medical or traumatic scenarios. To our knowledge, there currently exists no other adjustable tool designed to assess clinical team performance.

TAPAS provides a detailed assessment of team clinical performance and during debriefing it can highlight performance shortcomings as specific issues requiring further improvement. As a faithful reflection of team performance, for us it has become a mandatory tool in any simulation-based training involving life-threatening emergencies. Future studies should focus on its use in novices as a training tool.

## Acknowledgments

We would like to thank Jeffrey Arsham, an American medical translator, for having reviewed the English-language text.

The authors would like to thank the Société Française de Médecine d'Urgence (French Emergency Medicine Society) for the research grant.

**Funding source:** Grant from the Société Française de Médecine d'Urgence (French Society of Emergency Medicine); ClinicalTrials.gov registration number NCT02424890

**Meetings:** This work was presented under the title "Team Average Performance Assessment Scale (TAPAS): How to evaluate team clinical performance" at the International Pediatric Simulation Symposia and Workshop, Vienna, Austria, April 2014.

## References

1. Hunt EA, Shilkofski NA, Stavroudis TA, Nelson KL (2007) Simulation: translation to improved team performance. *Anesthesiol Clin* 25: 301-319.

2. Risser DT, Rice MM, Salisbury ML, Simon R, Jay GD, et al. (1999) The potential for improved teamwork to reduce medical errors in the emergency department. The MedTeams Research Consortium. *Ann Emerg Med* 34: 373-383.

3. Brannick MT, Prince C (1997) An overview of team performance measurement. Team performance and measurement: theory, methods, and application. Mahwah, NJ, Erlbaum 3-16.

4. Fernandez R, Kozlowski SW, Shapiro MJ, Salas E (2008) Toward a definition of teamwork in emergency medicine. *Acad Emerg Med* 15: 1104-1112.

5. Overy FL, Sudikoff SN, Shapiro MJ (2007) High-fidelity medical simulation as an assessment tool for pediatric residents' airway management skills. *Pediatr Emerg Care* 23: 11-15.

6. Rosen MA, Weaver SJ, Lazzara EH, Salas E, Wu T, et al. (2010) Tools for evaluating team performance in simulation-based training. *J Emerg Trauma Shock* 3: 353-359.

7. Grand JA, Pearce M, Rensch TA, Chao GT, Fernandez R, et al. (2013) Going DEEP: guidelines for building simulation-based team assessments. *BMJ Qual Saf* 22: 436-448.

8. Wilkes M, Bligh J (1999) Evaluating educational interventions. *BMJ* 318: 1269-1272.

9. Gaba DM, Howard SK, Flanagan B, Smith BE, Fish KJ, et al. (1996) Assessment of clinical performance during simulated crises using both technical and behavioral ratings. *Anesthesiology* 89: 6-18.

10. Shapiro MJ, Gardner R, Godwin SA, Jay GD, Lindquist DG, et al. (2008) Defining team performance for simulation-based training: methodology, metrics, and opportunities for emergency medicine. *Acad Emerg Med* 15: 1088-1097.

11. Kardong-Edgren S, Adamson KA, Fitzgerald C (2010) A review of currently published evaluation instruments for human patient simulation. *Clin Simul Nursing* 6: e25-35.

12. Murray DJ, Boulet JR, Kras JF, Woudhouse JA, Cox T, et al. (2004) Acute care skills in anesthesia practice: a simulation-based resident performance assessment. *Anesthesiology* 101: 1084-1095.

13. Fehr JJ, Boulet JR, Waldrop WB, Snider R, Brockel M, et al. (2011) Simulation-based assessment of pediatric anesthesia skills. *Anesthesiology* 115: 1308-1315.

14. Lockyer J, Singhal N, Fidler H, Weiner G, Aziz K, et al. (2006) The development and testing of a performance checklist to assess neonatal resuscitation megacode skill. *Pediatrics* 118: e1739-1744.

15. Halamek LP (2013) Simulation as a methodology for assessing the performance of healthcare professionals working in the delivery room. *Sem Fetal Neonat Med* 18: 369-372.

16. McBride ME, Waldrop WB, Fehr JJ, Boulet JR, Murray DJ (2011) Simulation in pediatrics: the reliability and validity of a multisenario assessment. *Pediatrics* 128: 335-343.

17. Everett TC, Ng E, Power D, Marsh C, Tolchard S, et al. (2013) The Managing Emergencies in Paediatric Anaesthesia global rating scale is a reliable tool for simulation-based assessment in pediatric anesthesia crisis management. *Paediatr Anaesth* 23: 1117-1123.

18. Boulet JR, Murray DJ (2010) Simulation-based assessment in anesthesiology: requirements for practical implementation. *Anesthesiology* 112: 1041-1052.

19. Morrison LJ, Deakin CD, Morley PT, Callaway CW, Kerber RE, et al. (2010) Part 8: Advanced Life Support 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* 122: S345-421.

20. Kleinman ME, de Caen AR, Chamelides L, Atkins DL, Berg RA, et al. (2010) Part 10: Pediatric Basic and Advanced Life Support 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* 122: S466-515.

21. Periman JM, Wylie J, Kattwinkel J, Atkins DL, Chamelides L, et al. (2010) Part 11: Neonatal Resuscitation 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* 122: S516-538.

22. Nolan JP, Soar J, Zideman DA, Blarent D, Bossaert LL, et al. (2010) European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 1. Executive summary. *Resuscitation* 81: 1219-1276.

23. Blarent D, Bingham R, Eich C, López-Herce J, Maconochie I, et al. (2010) European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 81: 1364-1388.
24. Resuscitation Council (2015) Resuscitation Guidelines 2010. Newborn Life Support 11.
25. American College of Surgeons Committee on Trauma (2010) Advanced Trauma Life Support, Student Course Manual (9th ed.) Chicago, IL.
26. Nordini JJ, McKinley DW (2007) Assessment methods in medical education. *Teaching Teach Educ* 23: 239-250.
27. Ghazali A, Ragot S, Bréque C, Guechi Y, Boureau-Voutoury, et al. (2016) Randomized controlled trial of multidisciplinary team stress and performance in immersive simulation for management of infant in shock: study protocol. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 24: 36.
28. Rudolph JW, Simon R, Dufresne RL, Raemer DB (2006) There's no such thing as « nonjudgmental » debriefing: a theory and method for debriefing with good judgment. *Sim Healthcare* 1: 45-55.
29. Rudolph JW, Simon R, Raemer DB, Eppich WJ (2008) Debriefing as formative assessment: closing performance gaps in medical education. *Acad Emerg Med* 15: 1010-1016.
30. Guise JM, Deering SH, Kanki BG, Osterwell P, Li H, et al. (2008) Validation of a tool to measure and promote clinical teamwork. *Sim Healthcare* 3: 217-223.
31. Oriot D, Darneux E, Boureau-Voutoury A, Ragot S, Scopel M (2012) Validation of a performance assessment scale for simulated intraosseous access. *Sim Healthcare* 7: 171-175.
32. Murray DJ, Boulet JR, Avldan M, Kras JF, Henrichs B, et al. (2007) Performance of residents and anesthesiologists in a simulation-based skill assessment. *Anesthesiology* 107: 705-713.
33. Nishisaki A, Nguyen J, Colborn S, Watson C, Niles D, et al. (2011) Evaluation of multidisciplinary simulation training on clinical performance and team behavior during tracheal intubation procedures in a pediatric intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med* 12: 406-414.
34. Gordon JA, Tancredi DN, Binder WD, Wilkerson WM, Shaffer DW (2003) Assessment of a clinical performance evaluation tool for use in a simulator-based testing environment: a pilot study. *Acad Med* 78: S45-S47.
35. Koch Hall A, Pickett W, Dagnone JD (2012) Development and evaluation of a simulation-based resuscitation scenario assessment tool for emergency medicine residents. *Can J Emerg Med* 14: 139-146.
36. Devitt JH, Kurrek MM, Cohen MM, Cleave-Hogg D (2001) The validity of performance assessments using simulation. *Anesthesiology* 95: 36-42.
37. Byrne AJ, Greaves JD (2001) Assessment instruments used during anaesthetic simulation: review of published studies. *Br J Anaesth* 86: 445-450.
38. Scavone BM, Sproviero MT, McCarthy RJ, Wong CA, Sullivan JT, et al. (2006) Development of an objective scoring system for measurement of resident performance on the human patient simulator. *Anesthesiology* 105: 260-266.
39. Adler MD, Vozeniek JA, Trainor JL, Eppich WJ, Wang EE, et al. (2011) Comparison of checklist and anchored global rating scales instruments for performance rating of simulated pediatric emergencies. *Sim Healthcare* 6: 18-24.
40. Schmutz J, Eppich WJ, Hoffmann F, Helmberg E, Manser T (2014) Five steps to develop checklists for evaluating clinical performance: an integrative approach. *Acad Med* 89: 996-1005.
41. Kim J, Neillpovitz D, Cardinal P, Chiu M, Clinch J (2006) A pilot study using high-fidelity simulation to formally evaluate performance in the resuscitation of critically ill patients: The University of Ottawa Critical Care Medicine, High-Fidelity Simulation, and Crisis Resource Management I Study. *Crit Care Med* 34: 2167-2174.
42. Brett-Fleegler MB, Vinci RJ, Weiner DL, Harris SK, Shih MC, et al. (2008) A simulator-based tool that assesses pediatric resident resuscitation competency. *Pediatrics* 121: e597-603.
43. Shayne P, Gallahue F, Rinnert S, Anderson CL, Hem G, et al. (2006) Reliability of a core competency checklist assessment in the emergency department: the Standardized Direct Observation Assessment Tool. *Acad Emerg Med* 13: 727-732.
44. Grant EC, Grant VJ, Bhanji F, Duff JP, Cheng A, et al. (2012) The development and assessment of an evaluation tool for pediatric resident competence in leading simulated pediatric resuscitations. *Resuscitation* 83: 887-893.
45. Wright MC, Phillips-Bute BG, Petrusa ER, Griffin KL, Hobbs GW, et al. (2009) Assessing teamwork in medical education and practice: relating behavioural teamwork ratings and clinical performance. *Med Teach* 31: 30-38.
46. Schmutz J, Manser T (2013) Do team processes really have an effect on clinical performance? A systematic literature review. *Br J Anaesth* 110: 529-544.
47. van der Vleuten CPM, Schuwirth LW (2005) Assessing professional competence: From methods to programmes. *Med Educ* 39: 309-317.
48. Epstein RM (2007) Assessment in medical education. *N Engl J Med* 356: 387-396.

Citation: Oriot D, Bridier A, Ghazali DA (2016) Development and Assessment of an Evaluation Tool for Team Clinical Performance: The Team Average Performance Assessment Scale (TAPAS). *Health Care: Current Reviews* 4: 164. doi: 10.4172/2375-4273.1000164

#### OMICS International: Publication Benefits & Features

##### Unique features:

- Increased global visibility of articles through worldwide distribution and indexing
- Showcasing recent research output in a timely and updated manner
- Special issues on the current trends of scientific research

##### Special features:

- 700+ Open Access Journals
- 50,000+ editorial team
- Rapid review process
- Quality and quick editorial, review and publication processing
- Indexing at major indexing services
- Sharing Option: Social Networking Enabled
- Authors, Reviewers and Editors rewarded with online Scientific Credits
- Better discount for your subsequent articles

Submit your manuscript at: <http://www.omicsonline.org/submitmanuscript/>

## Team Average Performance Assessment Scale (TAPAS)

### SETTING

Maximal possible score =

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Check equipment: suction, BMV, O <sub>2</sub> , ETI, IO<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Monitor/electrodes before changing trolley<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Undressing<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Weighing (infant) | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Starting stop watch<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Drying back, withdrawal of wet drape, cap<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 No drying, plastic bag (preemie < 33 weeks)<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Miscellaneous ... |
|--|--|

### A – AIRWAY

Maximal possible score =

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Verbal R, reactivity (conscience), groan<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Upright position 30° (establish <sup>1</sup> /maintaining)<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Neck position: neutral, sniffing, extension<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Jaw-thrust & chin-lift (± head-tilt)<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Mouth: secretions, vomiting, FB<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Suction of mouth ± nose<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Extraction of a visible FB (finger sweep)<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Oral airway (if unconscious) | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Maintaining aligned cervical spine<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Neck: <b>wound, emphysema, trachea, EJV</b><br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Establish <sup>1</sup> /withdrawal rigid cervical collar<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Oxygen: O <sub>2</sub> at 10-15 L/min by HCOM<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Drugs preparation for RSI<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Tonus, breathing<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Laryngoscopy, mouth suction ± tracheal suction<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Miscellaneous ... |
|--|--|

### B – BREATHING

Maximal possible score =

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 RR, work, volume (± abdomen), oxygenation<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Oxygen: O <sub>2</sub> at 0.5-3 L/min nasal prongs<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Oxygen: O <sub>2</sub> at 10-15 L/min by HCOM<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Gastric tube<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Aerosol: Salbutamol ± Ipratropium/Epinephrine<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Betamethasone/Prednisolone PO<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Methylprednisolone 1-2 mg/kg IV<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Salbutamol IV: bolus + 0.2-1 µg/kg/min<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 MgSO <sub>4</sub> IV: bolus + 10-20 mg/kg/h<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 BMV: 5 cycles of 3" then RR=12/25-30/RR=40-60<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Drugs preparation for RSI<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Sellick maneuver<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 ETI oral/nasal: laryngoscopy=.....; trial #..... | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Checking intubation ± ETCO <sub>2</sub><br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Eschmann/stylet<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 LMA/Fast-track<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Fibroscopic intubation<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Cricothyroidotomy<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 SV-PEEP or NIV<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Needle thoracostomy<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Chest tube insertion or preparation<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Surfactant (intratracheal instillation)<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 <b>CPR: 5 BMV (3"), 1/3-2/15-2/30 or RR=10 (ETI)</b><br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Tactile stimulations (back, sole of the feet)<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Attachment of SpO <sub>2</sub> (right hand)<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Connection to O <sub>2</sub> at M .....; SpO <sub>2</sub> = .....<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Miscellaneous ... |
|--|--|

### C – CIRCULATION

Maximal possible score =

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 HR, skin, pulses, preload (liver, EJV, conj), BP<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Chest pain?<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Cardiac auscultation<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 ECG (± several traces)<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 PV access (or EJV)<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 IO access: Cook®/EZ-IO®<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Elevation of the legs<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 CVL (femoral) or Umbilical vein catheter at 5 cm<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Blood test (w. Cap. blood glucose ± Hemocue*)<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Volume infusion: 20 mL/kg NaCl 0.9% (or else)<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Ordering blood<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 PRBC Iso/O-: Pure/15 mL/Kg±10 mL/kg NaCl 0.9%<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Several vol. infusions or blood transfusions<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Dopamine, Epinephrine, Norepinephrine IV<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Dobutamine IV or Milrinone bolus + IV<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Furosemide: 0.5-1 mg/kg<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Vagal maneuvers (ice on face, others)<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Adenosine: 3-6 mg/0.1 mg/kg IV x 2-3<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Cardioversion: 1 J/kg<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Atropine<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Epinephrine IM/SC<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Pace-maker: HR=100; 10-40 mA; asynch | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Aspirin IV, Enoxaparin IV+SC, Clopidogrel PO<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Fibrinolytics: Tenecteplase or Alteplase<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 CaCl <sub>2</sub> , HCO <sub>3</sub> Na, MgSO <sub>4</sub> , KCL<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Nicardipine<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Hormonal support (adrenal insuff/myxedema)<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Blakemore tube<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Pressure, tourniquet, rapid wound repair<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Inspection/palpation of scalp<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Ordering FAST U/S<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Assess mobility of pelvis? ± pelvic sling<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Distortion of thigh? ± Donway splint<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Ordering Xrays: spine, thorax, pelvis<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 <b>CC (2 thumbs/hands, 1 hand, 2 hands)</b><br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 <b>HR during CPR=2/15-2/30 or HR=100-120 (ETI)</b><br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 <b>Checking provoked pulse</b><br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 <b>Analysis of ECG trace</b><br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 <b>Epinephrine: 1 mg/10 µg/kg = 0.1 mL/kg IV/10</b><br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 <b>Reversible causes 4H/4T (anemia/pneumo)</b><br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 <b>Several doses of epinephrine/4 min</b><br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 <b>Defibrillation: at least 150 J/ 4 J/kg</b><br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 <b>Amiodarone (5 mg/kg IV) or Lidocaine</b><br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Prostine IV<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Miscellaneous ... |
|---|--|

## Team Average Performance Assessment Scale (TAPAS)

### D – DISABILITY

Maximal possible score =

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 GCS, AVPU, pupils, abnormal mvts, pain</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Tonus, reactivity, skull, fontanel</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Diazepam PR 0.5 mg/kg / Midazolam IV 0.1 mg/kg</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Clonazepam 15-50 µg/kg IV then 100 µg/kg/d IV</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Phenytoine 20 mg/kg/15 min IV</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Phenobarbital 20 mg/kg/15 min IV</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Thiopental 3-5 mg/kg IV then 1/more mg/kg/h</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 <u>Step 1</u>: Paracetamol 15 mg/kg IV (max=1g)</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 <u>Step 2</u>: Ibuprofen, Nalbuphine, Tramadol</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 <u>Step 3</u>: Morphine, Fentanyl, Sufentanil</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Ketamine</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Naloxone 100 µg/kg IV-IM (2 mg if &gt; 5 y.o.)</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Flumazenil 30 µg/kg IV</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Upright position 30°; head straight</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 HyperBMV (2 x normal RR) for 3-5 min</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Mannitol 20% 0.5 g/kg IVL</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 HSS IV: NaCL 20% 0.5-1 mL/kg or 3mL/kg NaCL3%</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 <i>Miscellaneous ...</i></li> </ul> |
|--|--|

### E – EXPOSURE

Maximum possible score =

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Undressing, skin: injuries, purpura, dehydration</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Measurement of T°</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Covering and heating</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Cap. blood glucose ± Hemocue*</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Infusion: D5W-D10W + electrolytes/NS/RL</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Infusion rate: 421 or + or -</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Search for lumbar pastiness</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Search for bladder distention</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Foley catheter or urine collector</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Suprapubic catheter</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Urine stick ± urinalysis, urine lytes</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Tt of hyperthermia: water + fan</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Ice on head, undressed</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Therapeutic hypothermia: 33°C</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Tt of hypoglycemia: D10W 2 mL/kg/10 min</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Glucagon: 0.25 mg/kg IV, IM or SC</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Insuline drip: protocol/0.05-0.1 U/kg/h</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 ATB: C3G, Amox, Amox-Clav, ± Aminocide</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Steroids IV: Methylprednisolone/Hydrocortisone</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Tetanus antitoxin ± vaccine</li> <li><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 <i>Miscellaneous ...</i></li> </ul> |
|--|--|

In small print → specific items of neonatal life support at birth

*In read + italics → specific items of trauma*

**Highlighted in light blue → specific items of CPR**



## Resuscitation 2016, ERC Symposium on Guidelines: Abstract Presentations

### Poster Presentations

#### AP001

##### Prehospital acute coronary syndrome: How often do emergency physicians get it right?

Alexander Harald Niederhauser<sup>a</sup>, Claus-Martin Muth, Alexander Dinse-Lambracht

University Hospital Ulm, Ulm, Germany

**Purpose:** Acute coronary syndrome (ACS) is one of the main reasons for hospitalisation and death in Europe. Further, this diagnosis is often made on suspicion in a preclinical setting. The aim of the study is to analyse the positive predictive value of the ACS diagnosis made by emergency physicians in the area of Ulm, Germany.

**Materials and methods:** In this retrospective study, we used all emergency logs from 2013 (NADOKlive® protocols). Emergency physicians wrote one emergency protocol each on an obligatory basis. Inclusion criteria were: Diagnosis of ACS and/or signs of infarction in electrocardiogram. Exclusion criteria were: Emergencies within hospitals, cases with previous troponin test at the general practitioner's, missing documentation and/or death of patient on site. The next step was to compare those diagnoses with the definite diagnoses written in the medical reports of hospitals using their clinical information systems.

**Results:** See Fig. 1. Out of 5169 protocols, we selected 679 using the criteria above. Most of the patients (93.1%; 632/679) were treated by the emergency physician. Out of those, only 49.1% (310/632) actually had an ACS; 6.9% (47/679) of the patients were



not treated actively in the ambulance; 55.3% (26/47) of those untreated patients, that is, 3.8% (26/679) of all patients, effectively had an ACS. Conclusion: Our results showed that the positive predictive value of the analysed diagnosis is not high. Regarding the fact that it is often only a suspected diagnosis, early treatment is not overtreatment but is time saving and heart saving. Additionally, it is notable that the prehospital care missed the treatment in 3.8% of cases.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.07.049>

#### AP002

##### Long-term survival after acute myocardial infarction with or without out-of-hospital cardiac arrest

Simone Savastano<sup>1,\*</sup>, Gianmarco Iannopolo<sup>1</sup>, Marco Ferlini<sup>1</sup>, Gabriele Crimi<sup>1</sup>, Alessandra Repetto<sup>1</sup>, Barbara Marinoni<sup>1</sup>, Maurizio Ferrario<sup>1</sup>, Enrico Baldi<sup>3</sup>, Chiara Mosca<sup>3</sup>, Maurizio Raimondi<sup>2</sup>, Fabrizio Canevari<sup>2</sup>, Gaetano Maria De Ferrari<sup>3</sup>, Stefano De Servi<sup>3</sup>, Luigi Oltrona Visconti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fondazione IRCCS Policlinico San Matteo, Pavia, Italy

<sup>2</sup> AAT 118 AREU Lombardia, Pavia, Italy

<sup>3</sup> University of Pavia, Pavia, Italy

**Purpose:** Out-of-hospital cardiac arrest (OHCA) is a fairly common presentation of ST-elevation myocardial infarction (STEMI). Comparative data describing the real weight of OHCA on the survival rate of STEMI patients are limited to a short- or a mid-term follow-up. The primary outcome of our study was the long-term survival of STEMI patients who underwent a percutaneous coronary intervention (PCI) with or without OHCA.

**Materials and methods:** We retrospectively enrolled 742 STEMI patients treated with emergency PCI from 2011 to 2014 of whom 50 experienced an OHCA (first rhythm 95.7% FV, 4.3% asystole/PEA). Clinical and prehospital data were computed; in-hospital and 4-year mortality were calculated.

**Results:** OHCA patients had a worse clinical presentation (cardiogenic shock 24% vs. 8%,  $p < 0.001$ ). PCI was successfully performed (TIMI flow 2–3) in 88% of the OHCA patients and 93%

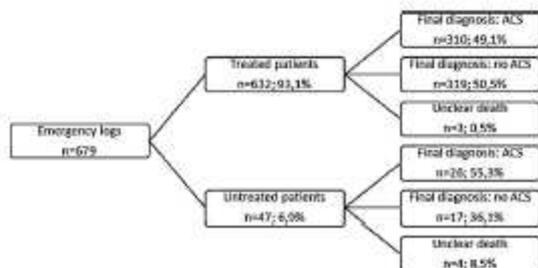


Fig. 1.

0300-9572/

- McGaghie WC, Issenberg SB, Petrusa ER, Scalese RJ. Effect of practice on standardised learning outcomes in simulation-based medical education. *Med Educ* 2006;40:792–7.
- Cheng A, Lang TR, Starr SR, Pusic M, Cook DA. Technology-enhanced simulation and pediatric education: a meta-analysis. *Pediatrics* 2014;133:e1313–23.
- Andreatta P, Saxton E, Thompson M, Annich G. Simulation-based mock codes significantly correlate with improved pediatric patient cardiopulmonary arrest survival rates. *Pediatr Crit Care Med* 2011;12:33–8.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.07.210>

#### AP163

##### Teaching A-CPR set-up strategy: Training poorly simulates reality



Jasper Koolwijk<sup>a</sup>, Igor Paulussen, Paul van Berkom, Alyssa Venema, Gerrit J. Noordergraaf

Elisabeth-TweeSteden Hospital, Tilburg, The Netherlands

**Introduction:** Despite being at-least-as-good as 'guideline' CPR, automated-CPR (A-CPR) devices have not been able to improve outcomes in clinical trials.<sup>1,2</sup> The A-CPR outcome is potentially negatively influenced by the persisting and extended time needed for set-up. Our aim was to investigate set-up times of A-CPR devices, both in training and real cases, and to determine the underlying factors.

**Methods:** We searched PUBMED for studies reporting clinical- or manikin-based trials for LUCAS (I/II)/AutoPulse set-up times. We analysed our clinical data over 2014–2015 for A-CPR set-up times. We also observed and scored our training sessions and confounders by surveying responsible team members.

**Results:** We identified 7 studies reporting set-up times for LUCAS (8 subgroups) and 10 for AutoPulse (16 subgroups). Set-up times including our own (25 of 40 LUCAS cases were found eligible) are summarized in Fig. 1. Consistent differences between training and clinical trials were clothing hindrance: difficulty in closing clips to backboard; patient's (higher and 'dead') weight; too little clearance on back-mattress; access to patient (IV-lines, cables and mattress itself) and initial malposition of the A-CPR backboard. Few studies report CRM-based issues. Team members almost unanimously reported that training poorly simulates reality: manikins are too light and their back is inflexible, clothing is never an issue and the arms are stiff and hinge poorly.



Fig. 1. Reported set-up times according to the author and sub-group for AutoPulse (left) and LUCAS (right) expressed as mean  $\pm$  1 SD (grey) and median with 25th and 75th percentiles (red); M indicates a manikin-based study.

**Conclusion:** Set-up times for A-CPR devices still exceed the accepted hands-off time and thus potentially undo benefits. Training is currently oversimplified, and unsuitable because of inappropriate manikins and training scenario set-up. Instructors need to introduce common confounders.

#### References

- Rubertsson S, et al. *JAMA* 2014;311:53–61.
- Wik L, et al. *Resuscitation* 2014;85:741–8.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.07.211>

#### AP164

##### The examination of the efficiency of simulations



Attila Pandur<sup>a</sup>, Bálint Bánfai, Balázs Radnai, Krisztina Deutsch, József Betlehem

Institute of Emergency Care and Pedagogy of Health, Faculty of Health Sciences, University of Pécs, Pécs, Hungary

Practice constitutes an important part of the health science trainings. Simulation education is indispensable in addition to the professional practice. Realising that there is a difference between the phantoms used in the training, we aimed to research which budget devices could be used to increase the efficiency of simulation for concerned students. A prospective and longitudinal study was implemented among paramedic students. Three simulations were conducted: the first was Megacode Kelly, the second was an iSTAN phantom and in the third case, the simulation was completed with siren and picture by using Megacode Kelly. During the simulations, a pre-made point-based evaluation system was used. After every situation, surveys with questionnaires were carried out to score whether the individual phantoms, ambulance car exits and the projected image improved the performance of the students. The result obtained was considered significant if  $p < 0.05$ .

The participants scored an average value of 25.8 points in the first simulation, 23 points in the second simulation, and 26 points in the third simulation. A significant difference ( $p = 0.04$ ,  $t$  test) was found between the first and second simulations. There was no significant difference between the first and third simulations ( $p = 0.84$ ) and between the second and third simulations ( $p = 0.104$ ).

The performance of the students was significantly poorer on the more lifelike phantom. It is interesting that the performance on the iSTAN phantom was evaluated to be better according to the responses of students to the questionnaires, but the results did not confirm this. The image of the patient in the third situation was considered positive by the students, but it did not improve their performance. Similar efficiency can be achieved by cost-efficient means as that achieved using lifelike phantoms.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.07.212>

#### AP165

##### Salivary cortisol increases after immersive simulation but is not blunt after repetition of sessions



Aiham Ghazali<sup>1,\*</sup>, Stéphanie Ragot<sup>2</sup>, Denis Oriot<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Emergency Department and Emergency Medical Service, University Hospital of Pitié-Salpêtrière, Paris, France

<sup>2</sup> Clinical Investigation Center INSERM – CIC1402, University Hospital of Poitiers, Poitiers, France

<sup>3</sup> Pediatric Emergency Department, University Hospital of Poitiers, Poitiers, France

**Introduction:** Exceptional interventions and resuscitation in emergency medicine generate stress. Simulated life-threatening medical conditions reproduce these situations with evidence of stress. Stress impairs clinical performance in real life and in simulation-based training (SBT). It can be apprehended by measuring salivary cortisol (SC). The aim of this study was to analyze SC level in multidisciplinary teams (MDTs) members during immersive simulation and to study its evolution over time with repetition of simulation sessions in all team members.

**Methods:** The study included 12 emergency medical service MDTs comprising 4 members each ( $n = 48$ ). Six MDTs underwent 9 simulations (experimental group) and 6 underwent 3 simulations (control group) over one year. SC was assessed by ELISA the day prior to simulation (T0), before simulation (T1), after simulation (T2), and after debriefing (T3). Variation in SC level over time was analyzed using repeated measures ANOVA. Mann–Whitney  $U$  test was used for comparison between the groups at two times, and Kruskal–Wallis test was used to study the stress response in the different status of teams. A  $p$  value  $< 0.05$  was considered significant.

**Results:** SC increased from  $0.16 \pm 0.12$  (T0) to  $0.26 \pm 0.14$  (T1). SC level continued to increase to  $0.39 \pm 0.27$  at T2 before decreasing to  $0.21 \pm 0.12$  at T3 ( $p < 0.0001$ ). SC increase was found in all team members with no status effect. SC level was not blunt after repetition of sessions regardless of the frequency of sessions.

**Conclusion:** SC increased during immersive simulation, and this variation was not blunt after repetition of simulation sessions. No status effect was found among the MDTs' members. Future study should investigate other markers of stress response and correlate them to team performance.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.07.213>

AP166

### Results of donor after cardiac death circulation activation: Recuperation of spontaneous circulation analysis



Alonso Mateos<sup>2,4</sup>, Elisabeth Coll<sup>4</sup>, Maria Padilla<sup>4</sup>, Alicia Villar<sup>1</sup>, Fernando Caballero<sup>3</sup>, Diana Monge<sup>3</sup>, Lara Picazo<sup>3</sup>, Alberto Blanco<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup> Summa 112, Madrid, Spain

<sup>2</sup> Summa 112, Universidad Francisco de Vitoria, Madrid, Spain

<sup>3</sup> Universidad Francisco de Vitoria, Madrid, Spain

<sup>4</sup> Organización Nacional de Trasplantes, Madrid, Spain

**Introduction:** The activation procedure of a potential donor after cardiac death begins after recognition of a situation in which an unrecovered PCR patient meets the criteria for donor after cardiac death. There are a number of medical and logistical conditions to be fulfilled for the potential donor to become an effective donor. The aim of this study is to describe this procedure and know the number of potential donors who can finally become effective donors.

**Method:** The study collected all activations procedure after cardiac death donor HU 12 October for 5 years (2009–2013). Data collection was performed on a website created for this purpose.

**Results:** During the study period, 641 patients who fulfilled criteria for PCR donor after cardiac death were evaluated. Among them, 310 (48.4%) were not transferred, 65.7% were initiated by the hospital and 34.2% were SEM initiative. The reasons for no transfer were most common medical contraindications (51.3%) and excess time criterion (21.6%). In the nontransported cases, the recuperation of spontaneous circulation was observed in 17 patients (5.5%).

A total of 331 patients were transferred to the hospital to donate their organs. Of these, the number of donors was 253 (76.4%); of these donors, the kidneys were extracted in 246 cases and the liver in 90 cases. Among the 77 non-donors, most cases were due to family refusal (27 cases, 8.2% of potential donors) or biological causes (16 cases, 4.8% of potential donors). There were 8 cases of recuperation of spontaneous circulation after the activation procedure initiated by the donor. Seven patients died within 24 h primaries and 1 patient was discharged.

**Conclusion:** The activation procedure of a donor after cardiac death has an efficiency of approximately 70%. Two of 3 potential donors donate at least one of their organs. Cases of spontaneous recovery pulse are anecdotal, and most often end with the death of the patient due to brain damage.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.07.214>

AP167

### Resuscitation after smoke inhalation with cyanide intoxication: An experimental approach



Jost Beelitz<sup>1</sup>, Clemens Kill<sup>1,4</sup>, Nina Vogt<sup>2</sup>, Florian Veit<sup>3</sup>, Hinnerk Wulf<sup>1</sup>, Carsten Feldmann<sup>1</sup>, Wolfgang Dersch<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Emergency Medicine, Department of Anesthesia and Critical Care, Philipps-University, Marburg, Germany

<sup>2</sup> Department of Neurosurgery, University of Giessen, Giessen, Germany

<sup>3</sup> Institute of Legal Medicine, Department of Forensic Toxicology, Justus-Liebig-University Giessen, Giessen, Germany

**Purpose of the study:** Death by fire is mainly caused by toxic smoke inhalation.<sup>1</sup> Resuscitation of fire victims may need specific antidote treatment.<sup>2</sup> We designed a realistic animal model to investigate the effects of combined inhalation of the important toxic gases carbon monoxide (CO) and hydrogen cyanide (HCN). The objective of this study was to determine the feasibility and safety of this model and the effects of Advanced Life Support on Return of Spontaneous Circulation (ROSC).

**Materials and methods:** After receiving approval from the local authorities, a smoke inhalation model for pigs (25–35 kg) was designed with a closed ventilation circuit. Oxygen, compressed air, compressed air with CO (1500 parts per million (ppm)) and compressed air with HCN (1000 ppm) cylinders were connected together with valves, allowing a multiple mixture of gas concentrations to be supplied to a Siemens Servo300 ventilator. The expiratory outlet leads to a gas suction unit. Room-air concentrations were monitored with gas detection devices for CO and HCN. Twenty-four pigs (mean weight 31 kg) underwent anaesthesia, intubation and instrumentation. Inhalational intoxication was simulated by controlled ventilation with air with CO (1500 ppm) (5 min), followed by air with CO (750 ppm) and HCN (500 ppm) (5 min) and finally HCN (1000 ppm) until cardiac arrest occurred. Resuscitation was started with 100% oxygen and chest compressions (10 min), followed by ALS according to guidelines. Additionally, 5 g hydroxycobalamin or placebo was given.

**Results:** No increase in room air concentration of CO/HCN could be observed. Cardiac arrest occurred in all pigs in a median time of 38 min (25.5/48.5). ROSC was achieved in 14/24 pigs (7 hydroxycobalamin, 7 placebo), and the median time to ROSC was 14 min (13/15.8).

**Conclusions:** This smoke inhalation model was safe and lead to cardiac arrest in all cases. The time to cardiac arrest in this model was much longer than that reported in literature.<sup>3</sup> Additional investigations are needed to re-evaluate the toxic effects of combined CO/HCN inhalation and resuscitation outcome.

### References

1. *Postgrad Med* 1987;82:63–8.
2. *Eur J Emerg Med* 2013;20:2–9.
3. *Fire Technol* 1972;8:120–30.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.07.215>

STUDY PROTOCOL

Open Access



# Randomized controlled trial of multidisciplinary team stress and performance in immersive simulation for management of infant in shock: study protocol

Daniel Aïham Ghazali<sup>1,2,3\*</sup>, Stéphanie Ragot<sup>2</sup>, Cyril Breque<sup>3</sup>, Youcef Guechi<sup>1</sup>, Amélie Boureau-Voultoury<sup>4</sup>, Franck Petitpas<sup>5</sup> and Denis Oriot<sup>3,4</sup>

## Abstract

**Background:** Human error and system failures continue to play a substantial role in adverse outcomes in healthcare. Simulation improves management of patients in critical condition, especially if it is undertaken by a multidisciplinary team. It covers technical skills (technical and therapeutic procedures) and non-technical skills, known as Crisis Resource Management. The relationship between stress and performance is theoretically described by the Yerkes-Dodson law as an inverted U-shaped curve. Performance is very low for a low level of stress and increases with an increased level of stress, up to a point, after which performance decreases and becomes severely impaired. The objectives of this randomized trial are to study the effect of stress on performance and the effect of repeated simulation sessions on performance and stress.

**Methods:** This study is a single-center, investigator-initiated randomized controlled trial including 48 participants distributed in 12 multidisciplinary teams. Each team is made up of 4 persons: an emergency physician, a resident, a nurse, and an ambulance driver who usually constitute a French Emergency Medical Service team. Six multidisciplinary teams are planning to undergo 9 simulation sessions over 1 year (experimental group), and 6 multidisciplinary teams are planning to undergo 3 simulation sessions over 1 year (control group). Evidence of the existence of stress will be assessed according to 3 criteria: biological, electrophysiological, and psychological stress. The impact of stress on overall team performance, technical procedure and teamwork will be evaluated. Participant self-assessment of the perceived impact of simulations on clinical practice will be collected. Detection of post-traumatic stress disorder will be performed by self-assessment questionnaire on the 7<sup>th</sup> day and after 1 month.

**Discussion:** We will concomitantly evaluate technical and non-technical performance, and the impact of stress on both. This is the first randomized trial studying repetition of simulation sessions and its impact on both clinical performance and stress, which is explored by objective and subjective assessments. We expect that stress decreases team performance and that repeated simulation will increase it. We expect no variation of stress parameters regardless of the level of performance.

**Trial registration:** ClinicalTrials.gov registration number NCT02424890

**Keywords:** Randomized controlled trial, Simulation, Multidisciplinary team, Performance, Stress

\* Correspondence: aïham@hotmail.com

<sup>1</sup>Emergency Department and Emergency Medical Service, University Hospital of Poitiers, 2 rue de la Miletie, Poitiers 86000, France

<sup>2</sup>INSERM—CIC1402, University Hospital of Poitiers, 2 rue de la Miletie, Poitiers 86000, France

Full list of author information is available at the end of the article



© 2016 Ghazali et al. **Open Access** This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated.

## Background

### Performance, stress, and coping mechanisms

Human error and system failures substantially contribute to adverse outcomes in health care [1]. The safety of a patient in vital distress depends on coordinated actions of providers in an algorithm defined by international recommendations [2, 3]. Performance, i.e. overall quality of care, requires that team leader and members have sufficient knowledge and master procedural skills [4], and that they effectively communicate [5] by developing non-technical skills [6]. Improved team performance and reduction of errors during teamwork have been reported in Emergency Medicine for several decades [7]. Simulation improves management of patients in critical condition, especially if it is undertaken by a multidisciplinary team (MDT) [1, 8] in adult [9] or pediatric [10, 11] cases. Systematic team training improves performance [12] and patients' safety [13] and correlation between non-technical skills and clinical performance has been established [14]. Non-technical skills are known as CRM—Crisis Resource Management—, which includes task management, teamwork, situational awareness, and decision-making [15]. Some of the CRM assessment tools used in simulation were reported by Selvadilis [16]. Simulation-based training should focus on leadership as a target because it could improve many team processes and performance [17]. Emergency teams face unexpected and unpredictable situations requiring prompt decision-making, and may develop poor management of life-threatening events because of stress [18].

Excessive stress impairs performance [19]. Stress is 'the non-specific response of the body to any demand for change' [20], defined as a 'state of real or perceived threat to homeostasis' [21]. Stressors, as threats, activate the endocrine, nervous, and immune systems, known as stress response [22]. So, stress can be measured both subjectively and objectively. It refers to psychological (perceived stress), biological, and electrophysiological modulation due to an aggression of the organism causing an emotional response—particularly acute anxiety—and impairment of cognitive processes [23, 24]. The relationship between stress and performance is described as an inverted U-shaped curve [25]. Performance is very low for a low level of stress and increases with an increased level of stress, up to a point, after which performance decreases and becomes severely impaired [26]. The Yerkes-Dodson law is applicable to technical skills in simulation. Positive association between stress and performance in high-fidelity simulation-based training has been described [27], whereas excessive stress impairs technical performance [28–30]. Stress also impairs all CRM principles [31] as well as attention, memory, decision-making, and group performance [18]. It can lead to human

errors and decrease recognition of these errors [32]. Excessive stress impairs team capabilities like communication, as the leader becomes less receptive to suggestions and fails to share the mental model [33]. When stress is intense or repeated, it might expose providers to a psychological impact [34] and the risk of post-traumatic stress disorder (PTSD) [35, 36]. PTSD usually occurs between 1 week and 1 month after a psychologically traumatic event [37], characterized by pathognomonic repetition syndrome and other non-specific symptoms.

Acute stress leads to coping mechanisms [38]. It has been shown that poor management of stress has a negative impact, particularly on performance [39]. In simulation, surgeons' stress and coping are likely to influence surgical performance [29]. However, even if the relationship between stress, coping and performance has been widely studied, to our knowledge there is no study describing concomitant changes in performance and stress during repetitive simulations. Do repeated simulations increase performance and reduce stress, or is there increased performance with the same level of stress, which would suggest coping and shift the Yerkes-Dodson curve to the left? Contradictory findings have been published on subjective and objective parameters of stress: correlation between the State-Trait Anxiety Inventory (STAI) scores and salivary amylase levels [40] but not with salivary cortisol (SC) levels [41], differences between perceived stress and objective stress measured by heart rate (HR), respiratory sinus arrhythmia, and SC [42]. Consequently, using a combination of perceived and physiological markers of stress may be more reliable than using a single measurement. Concomitant changes in objective and subjective stress parameters have been poorly studied during repeated simulation sessions. Furthermore, there is no data on the possible occurrence of a PTSD after simulation session(s) and its impact on performance whereas simulated emergency is likely to be more stressful than a similar case in real life [43].

### Rationale for a model of infant shock

Team training should improve management of infant shock as previously suggested [44, 45]. Moreover, life-threatening situations are less frequent in pediatric than in adult emergencies. Likewise, requirements for ethics may be stronger in pediatrics than in other fields of healthcare [46], which leads to high error rates to management of children in exceedingly busy and stressful workplaces [47]. Given this context, a model for infant shock may facilitate assessment of a significantly enhanced performance by repeated simulations in a stressful environment in which stress parameters are recorded during sessions. Inasmuch as it is supposed to generate

high stress, this model should optimize analysis of the benefit of repeated simulations and the relationship between stress and performance.

#### **Hypotheses and aim of the study**

We hypothesize that compared to three simulation sessions, nine simulation sessions over 1 year will have a greater effect on MDTs' technical and non-technical performance and reduce stress. We speculate that high-fidelity simulation can generate a state of acute stress (identified by objective parameters of stress) without generating post-traumatic stress disorder because the scenarios have been designed to be appropriately stressful and are followed by systematic standardized post-scenario debriefing.

To investigate some of the non-elucidated points in immersive simulation researches, the aim of this study is to explore the effect of stress on performance and the effect of repeated simulation sessions on performance and stress, with three objectives: evidence of stress, evolution of performance under stress, and evolution of stress and performance during repeated simulations.

#### **Methods and design**

##### **Design**

The design is a single-center, investigator-initiated randomized controlled trial. The study was scheduled from September 2013 to December 2015, including 12 months for the simulation sessions (December 2014 to December 2015), and followed by a data management period. Performance and stress are assessed and correlation between all the components of performance and stress, and between stress and performance will be analyzed (Fig. 1).

##### **Setting and participants**

The trial is being undertaken in the Laboratory of Simulation SiMI—INSERM 1402, Faculty of Medicine, University of Poitiers, France. Each MDT is made up of 4 persons: an emergency physician, a resident, a nurse, and an ambulance driver who usually constitute Emergency Medical Service team in France. All emergency physicians with less than 7 years of experience working in an Emergency Department of one of the hospitals in the Poitou-Charentes region (1.8 10<sup>6</sup> inhabitants) were eligible for inclusion in the trial. All healthcare providers (nurses and ambulance drivers) from the Emergency Medical System of the University Hospital of Poitiers were likewise eligible.

Inclusion criteria are: participation on a voluntary basis; being more than 18 years old; informed consent for research and video.

The constitution of a team of 4 persons relies on: 1) Emergency physicians from the Poitou-Charentes area, having obtained the University Diploma of Pediatric

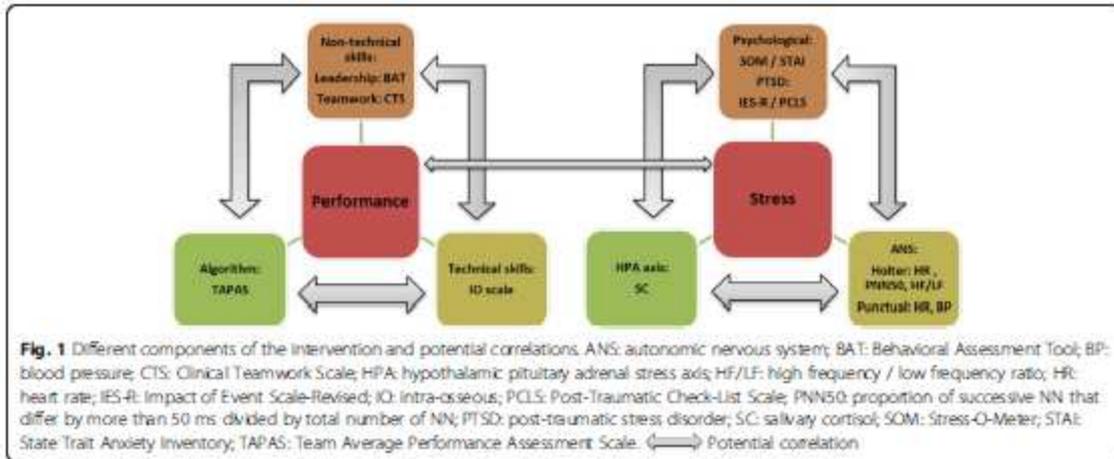
Emergency Procedures (University of Poitiers, France) after issue of the 2010 guidelines by the American Heart Association [2] and the European Resuscitation Council [3]; 2) Residents specialized in Emergency Medicine, trained in pediatric emergency procedures: clinical training in a Pediatric Emergency Unit and/or the university course; 3) Nurses belonging to the Emergency Medical Service of the University Hospital of Poitiers, with less than 7 years of experience and having obtained the European Pediatric Immediate Life Support degree over the past 2 years; 4) Ambulance drivers belonging to the Emergency Medical Service of the University Hospital of Poitiers, with less than 7 years of experience.

Non-inclusion criteria are pregnant women; past history (any disease that could induce modifications related to stress, or worsen in relation to stress) and/or psychiatric disease modifying stress response; cardiac or neurological history with convulsions; pacemaker or implantable defibrillator; treatment with medication having a potential effect on stress parameters: cardiotropic agents,  $\beta$ 2-agonist bronchodilators, steroids, hormone replacement therapy, and psychotropic agents.

This study was considered as a biomedical research on healthy volunteers by the Agence Nationale de Sécurité du Médicament (National Medication Safety Agency) and registered under the number 2013-A00648-37. The research site (Simulation Laboratory of the Faculty of Medicine of Poitiers, France) was approved by the Agence Régionale de la Santé (Health Regional Agency) of the Poitou-Charentes region of France. The study protocol, information form, and consent form were approved by the Comité de Protection des Personnes III de la région Ouest (Western France Person Protection Committee III) and were registered under the number 13.05.16. Furthermore, the registration number from ClinicalTrials.gov (a WHO-approved primary registry) is NCT02424890 [48].

##### **Recruitment**

Strict inclusion criteria were used to obtain a homogeneous professional experience and training of participants, whatever their status. For each status, an exhaustive list of personnel was used for sampling. Because of an estimated refusal rate of 50 %, we considered 24 persons of each status to be interested in the study. Participants were randomly chosen and contacted by email for presentation of the study and consent to participate. In case of agreement, a final consent form was signed before the first session. Twelve participants for each status were drawn by lots by the trial coordinator among each status population (until all consented) and randomized to form different teams. Twelve MDTs of 4 persons were constituted. Participant recruitment, treatment and analysis throughout the trial are reported on Fig. 2 [49]. A second randomization was performed on the 12 MDTs by the methodologist to

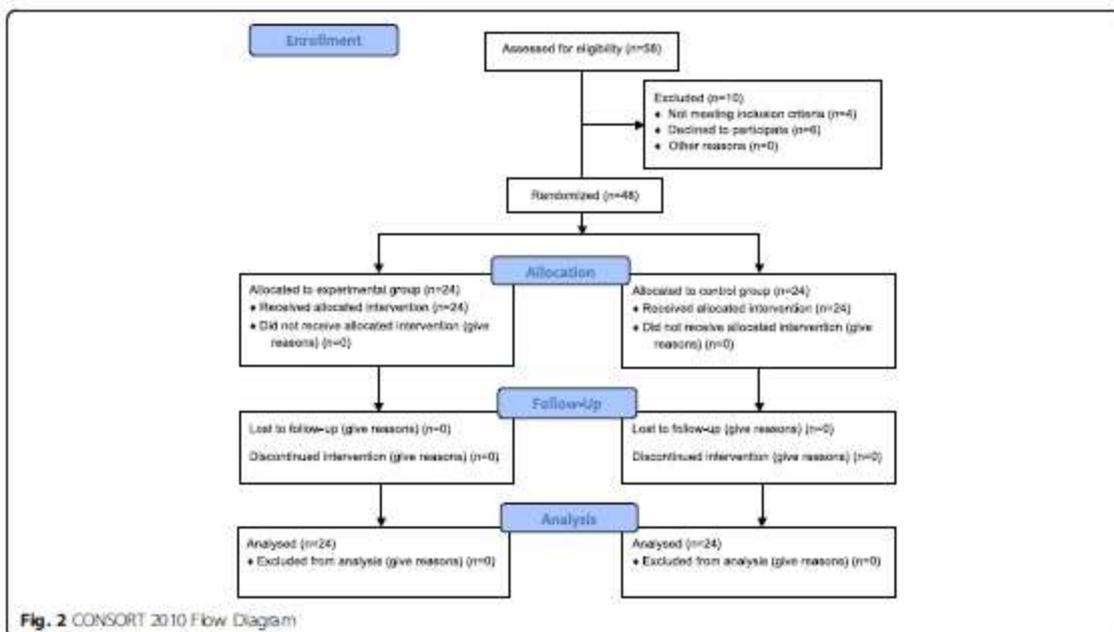


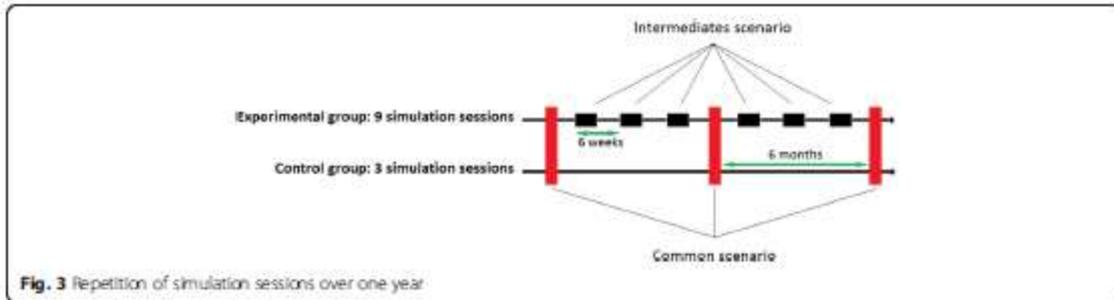
obtain the two groups: an experimental group constituted by 6 MDTs to undertake a simulation session every 6 weeks, i.e., 9 simulation sessions over 1 year, and a control group constituted by 6 MDTs to undertake a simulation session every 6 months, i.e., 3 simulation sessions over 1 year. This latter group constituted the active comparator.

**Intervention**

The repetition rate of simulation sessions is the only varying component between the 2 randomized groups (9 or 3 simulation sessions over 1 year) (Fig. 3). The scenarios

were designed using a typology of simulation, which incorporates three elements of fidelity in simulation: environmental, equipment, and psychological fidelity [50]. A high-fidelity manikin (SimNewB®, Laerdal®) from the Laboratory of Simulation of Poitiers is used to illustrate scenarios of infant shock with requirement of IO access insertion. Nine scenarios were drawn by lots among 18 cases of infant shock: 4 hypovolemic shocks, hemorrhagic shock in severe trauma, anaphylactic shock, 2 cardiogenic shocks, and septic shock. Prior to the research protocol, all emergency physicians had identical training in insertion of intra-osseous (IO) access in infants with

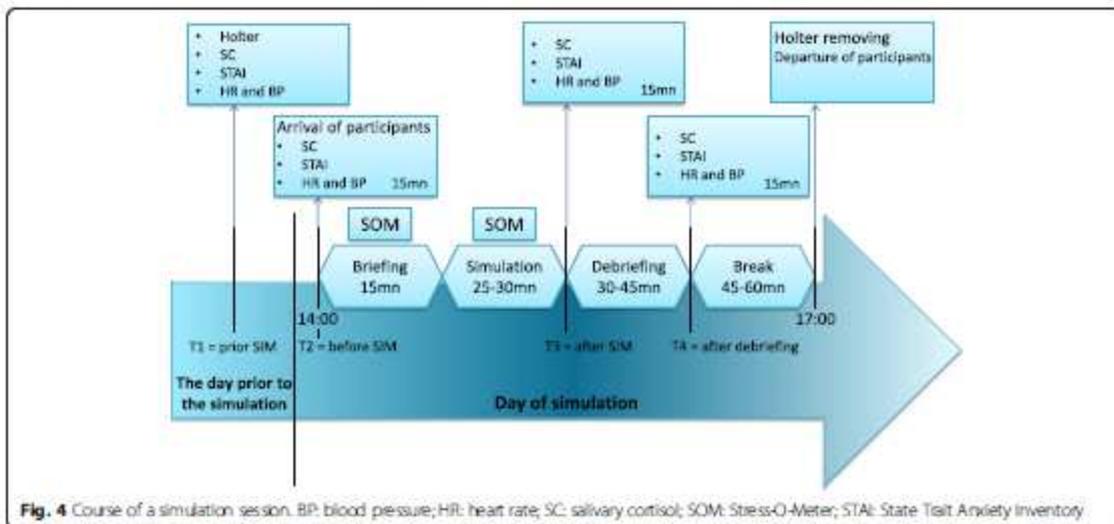




**Fig. 3** Repetition of simulation sessions over one year

performance assessment on the validated scale for simulated IO insertion developed in our Simulation Laboratory [51]. Because there exists no scale to assess clinical performance of emergency teams, our Simulation Laboratory designed and validated a team average performance assessment scale (TAPAS). Psychometric characteristics of TAPAS were calculated (publication submitted). Non-technical skills are assessed by The Clinical Teamwork Scale (CTS) for teamwork and CRM [52], and by the Behavioral Assessment Tool (BAT) for leadership [53]. All sessions are scheduled the same day of the week at 2:00 pm because of the circadian cycle of cortisol. Each simulation—lasting 25–30 min—is preceded by a briefing (15 min), and followed by a “good judgment” debriefing (30–45 min) [54]. The purpose of debriefing is to improve professional performance through facilitated (supervisor) recognition and closure of gaps in performance [55]. Moreover, three periods of 15mn are dedicated to saliva samples and data collection (HR, BP, and STAI). Then there is a 45–60mn “snack break” lasting until 5:00 pm including participants, supervisors, and the investigator to allow physiological variables to return to normal

conditions (Fig. 4). During the simulation, stressful conditions are related to different sources: scenarios themselves (hypoxia, worsening of shock, seizures, cardiac arrest), realistic environment (beeps and alarms), and the untimely irruption of simulated parents in the Emergency Room according to each scenario. Stress is assessed in 3 ways: psychological, biological and electrophysiological (Fig. 4). We considered stress assessment methods that were compatible with simulated team management of life-threatening events. Self-reporting of stress applies various scales: the Stress-O-Meter (SOM) [56] and the State-Trait Anxiety Inventory (STAI) [57], commonly used in simulation [29, 58]. PTSD is detected by the Impact of Event Scale-Revised (IES-R) on the 7<sup>th</sup> day after the event [59, 60] and the Post-traumatic Check-List Scale (PCLS) 1 month later [61]. Electrophysiological stress is assessed by HR and heart rate variability (HRV) in time and frequency domain from Holter data, and timely measurements of HR and BP. Temporal and spectral analysis of HRV [62] is based on collection of a continuous signal beat-to-beat RR interval (or NN interval, i.e. normal to normal) detected on electrocardiography



**Fig. 4** Course of a simulation session. BP: blood pressure; HR: heart rate; SC: salivary cortisol; SOM: Stress-O-Meter; STAI: State Trait Anxiety Inventory

(ECG) and its decomposition through fast Fourier transform. Time-domain method was based on the the number of interval differences of successive NN intervals greater than 50 ms and the analysis of PNN50 (the proportion of successive NN that differ by more than 50 ms divided by total number of NN) [63]. Spectral analysis (frequency domain) can differentiate the two components of cardiac autonomic nervous system: parasympathetic nerve activity, by measurement of "high frequency" (HF) spectral powers, and sympathetic nerve activity by the "low frequency" (LF)/HF ratio, also known as "sympathovagal balance" [64]. Biological stress is assessed by a non-invasive measurement of SC, a well-established biomarker of stress used in simulation [19, 65, 66].

All sessions are videotaped in order to replay them for assessment if necessary. Two independent observers (among a group of 8) evaluate each simulation session. They work in the Simulation Laboratory of the Faculty of Medicine of Poitiers and are randomly chosen. All were trained in simulation and debriefing. They assess overall team performance with respect for the algorithm and therapy, insertion of the IO access, and CRM. Mean scores between the two observers will be used as the reference value.

**Outcome measures**

The allocation was concealed from the two independent observers assessing participants and data managers. Participants are not blinded to the intervention. Data recording will be carried out after the end of all simulation sessions to avoid bias related to knowledge of data by the investigator. Table 1 provides the different evaluation times and data collection on stress. Table 2 provides an overview of variables and outcomes. It is inspired by SPIRIT 2013 guidance for clinical trial protocols [67].

The analysis will focus on: 1 primary outcome and 2 secondary outcome measures.

**Primary outcome measure: Evidence of the existence of stress**

Acute stress immediately acts on the autonomic nervous system [68], resulting in a massive release of norepinephrine in sympathetic nerve endings, and leading to tachycardia and increased blood pressure (BP). The most prolonged somatic responses to stress involve the adrenal cortical axis [69], releasing ACTH and increasing cortisol. There exist many types of stress assessment in simulation studies [70], which often use a combination of physiological markers [33], such as increased heart rate (HR) [65, 71], and BP [72], modification of HRV, increased skin conductance level [73], and increased number of eye blinks (electrooculogram) [74]. Hormones modified by stress can be measured in saliva: SC [75, 76], and salivary alpha amylase [40, 77, 78]. All participants undergo significant stress during immersive simulation [65] and perceived-stress is commonly assessed in simulation [70] based on a questionnaire [57, 79, 80] or on a self-report score [81]. However, to our knowledge, the occurrence of PTSD has not been searched during repetitive simulations. Throughout the scenarios of this study, evidence of stress is assessed in 3 ways: biological stress (SC), electrophysiological stress (Holter 24 h and punctual measures), and psychological stress. SC is measured by an ELISA kit (IBL international®, Hamburg, Germany). The microtiter plate is read at 450 nm. Holter parameters (HR, PNN50 and the ratio LF/HF) are obtained with the software Synscope® (Sorin Group®) during 24 h recording, starting the day prior to the simulation until the break after simulation. Timely measures of HR and BP are associated with this analysis. Psychological stress is assessed by self-evaluation (SOM self-rating scale, STAI) after the simulation in a calm room where participants are

**Table 1** Time schedule of measurements

Variables		Day prior	Before Sim	Sim	Post Sim	Debrief	Post debrief	H + 2	1 week	1 month
Performance	Global performance			X						
	IO access			X						
	Leadership (BAT)			X						
	Teamwork (CTS)			X						
Stress parameters	Salivary cortisol	X	X		X		X			
	Holter parameters	X	X	X	X	X	X	X		
	BP HR	X	X		X		X			
	SOM		X	X						
	STAI scale	X	X		X		X			
	BS-R scale								X	
	PCLS scale									X

Legend: BAT Behavioral Assessment Tool, BP blood pressure, CTS Clinical Teamwork Scale, BS-R Impact of Event Scale-Revised, HR heart rate, IO intra-osseous, PCLS Post-traumatic Check-List Scale, SOM Stress O-Meter, STAI State Trait Anxiety Inventory

**Table 2** Variables, research hypothesis, outcome measures and methods of statistical analysis

Measures	Research hypothesis	Variables and outcome measures	Population	Statistical test
Descriptive analysis	Homogeneity of groups	Quantitative variables Scores (/100), SC ( $\mu\text{g/dl}$ ), HR (/min), BP (mmHg), PNN50 (%), HF/LF	Total population	mean, standard deviation and / or median and interquartile range
		Qualitative variables age, sex, status, years of experience	Total population	Number and percentage
Evaluation of the effect of stress on performance	Impact of stress on performance with capabilities (stress adapted) or decreased (unsuitable stress)	Markers of biological stress (SC)	Total population	Pearson correlation coefficient (or Spearman correlation coefficient, if necessary)
		Markers of electrophysiological stress (HR, BP, PNN50, HF/LF)	Groups 1 and 2	
		Markers of psychological stress (STAI, PCLS, IES-R) Performance: overall performance scores, IO access score and scales assessing teamwork	Research of heterogeneity related to status	
Evaluation of changes in performance scores over time	Performance scores improved over time	Overall team performance, IO access performance score and scales assessing teamwork  For the whole population, linear models with mixed effects may be considered in order to take into account in the same analysis all data collected in the simulation sessions, including the development of stress management strategies in parallel to stress and repeated simulations.	Groups 1 et 2	ANOVA for repeated measures (or a non-parametric test like Kruskal-Wallis if necessary). Scheffe tests to test the difference by pair in case of significance with the ANOVA test
Evaluation of repeated simulations on performance	Improvement of performance during repeated simulations with higher scores in group 1	Score of overall performance, IO access score and score of scales assessing teamwork  Relative variation of the different scores = (final score - T0 score) / T0 score	Comparison between group 1 and 2	Student t-test and research of status and group effect by ANOVA
Evaluation of repeated simulations on stress level	Repetitive simulation-based training-related improvement in performance is not associated with a blunting of stress response in MDT members	Markers of biological stress (SC) Markers of electrophysiological stress (HR, BP, PNN50, HF/LF) Markers of psychological stress (STAI, PCLS, IES-R)	Comparison between group 1 and group 2	Student t-test or non-parametric test U of Mann-Whitney if necessary
Inter-observer reproducibility	Very good reproducibility due to the use of validated scales	Scales of assessment: Overall performance, IO access, BAT, CTS	Observers	Intra-class coefficient correlation

Legend: BAT Behavioral Assessment Tool, BP blood pressure, CTS Clinical Teamwork Scale, IES-R Impact of Event Scale-Revised, HF high frequency, HR heart rate, IO intra-osseous, LF low frequency, PCLS Post-traumatic Check-List Scale, PNN50 proportion of successive NN that differ by more than 50 ms divided by total number of NN, SOM Stress-O-Meter, SC salivary cortisol, STAI State Trait Anxiety Inventory

seated. Many scales exist to detect PTSD [59–61, 68, 82–84]. In the present study IES-R is e-mailed to participants on day 7<sup>th</sup> [60] and PCLS at 1 month [61] to detect occurrence of PTSD.

### Secondary outcome measures

#### Evaluation of the effect of stress on performance

Impact of stress on performance is assessed in three ways: TAPAS score (submitted for publication) for overall technical performance, IO access performance assessment score [51], and non-technical performance by BAT score for leadership assessment [53] and CTS score for CRM assessment [52].

#### Evaluation of the effect of repetition of simulation sessions

The evaluation of the effect of repeated stimulation sessions will be carried out by comparison of experimental group (9 simulation sessions over 1 year) versus control group (3 sessions over 1 year) (Table 2). It will be evaluated for team performance using the same assessment tools: TAPAS, IO access performance assessment scale, BAT, and CTS. The effect of repeated simulation sessions on stress will be investigated through variation of the same stress markers and by studying the development of coping. This will allow us to determine whether repeated simulation sessions, which are expected to improve performance, are actually occurring with or without a high level of stress. Occurrence of coping strategies

will be investigated by the evolution of BAT and CTS scores despite high level of stress. Participant self-assessment will be requested at 6 and 12 months after the end of simulations exploring levels 1, 2, and 3 of the Kirkpatrick model [85].

#### Statistical analysis

The number of required subjects was calculated to meet the primary objective of the study: evidence of a relationship between stress and performance. We consider a relationship between stress and performance to be significant if the correlation coefficient  $R^2$  reaches a minimum value of 0.50. For a risk of the first kind at 5 %, with a power of 90 % and a bilateral situation, the number of subjects to be included was calculated at 48 (Proc POWER, SAS). We included 12 MDTs, each of them including 1 emergency physician, 1 resident, 1 nurse, and 1 ambulance driver. This will enable us to find a difference of 2.1 points in the IO access performance assessment score (standard deviation of 1.02) [51]. A  $p < 0.05$  will be considered statistically significant.

All data will be transformed to a 100 basis, kept anonymous, and analyzed with Statview version 4.5 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Intra-class correlation coefficient will be calculated for assessment scales. Statistical analyses are given on Table 2. Quantitative variables will be described as mean, standard deviation and/or median and interquartile range. Categorical variables will be summarized by raw numbers and percentage. Relationship between stress parameters themselves and with performance scores will be assessed on the whole population and within each group with Pearson (or Spearman) correlation coefficient. Variations of performance scores will be evaluated over time by ANOVA for repeated measures (or Kruskal-Wallis test) in each group. Relative variation will be calculated as different scores ((final score—baseline score)/baseline score) to evaluate repeated simulations on performance. Comparison between groups will use Student  $t$ -test. We will look for a status effect using ANOVA. A  $p$  value  $< 0.05$  will be considered significant.

#### Discussion

##### Strengths

The originality of this study resides in three points: 1) Stress is explored by subjective and objective assessments at different times of a high-fidelity simulation session, and stress response after debriefing as well as PTSD had never previously been studied; 2) Concomitant evaluation of technical and non-technical performance, and the impact of stress on both; 3) Finally, this is the first randomized trial studying repeated simulation sessions and their impact on both clinical performance and stress. These assessments are carried out on

complete real French Emergency Medical Service teams. Few studies have been performed on real teams [86]. With regard to stress pathways, an exhaustive analyze is done, including hypothalamic pituitary adrenal axis, autonomic nervous system, and self-perceived stress as previously suggested to study stress response [87]. To our knowledge this is the first simulation study addressing the ECG signal by spectral analysis (LF/HF), allowing a more thorough approach to stress. Perceived-stress is punctually studied in simulation immediately after the session [70] with usually high level of stress [65]. However the psychological impact of repeated stressful simulations has not yet studied. We will report the first study of a potential PTSD in medical simulation domain. The results of this study will provide important findings: we expect that stress decreases performances based on technical and non-technical skills and that repeated simulations increase performance. This study will determine in which field repeated simulation sessions are accompanied by an improvement in performance (procedure, teamwork, leadership), and when it occurs.

##### Limitations

We are aware of the limitations of this protocol. The number of required subjects was calculated to provide evidence of a relationship between stress and performance. However, some comparisons may be rendered difficult due to large inter-individual variability in terms of both performance and stress. It is consequently difficult to compare groups in terms of leadership (6 vs. 6) whereas it seems easier to compare teams including all participants (24 vs. 24). However, we will be able to correlate whole teams' performance (technical and non-technical skills) to the leaders' performance. To our knowledge, no previous study has reported such correlations. It will also be possible to analyze and to correlate changes in absolute and relative variations of stress and performance over time. As regards stress response, paramedics of the French Emergency Medical System have usually spent several years in other departments (anesthesiology or emergency) before recruitment. Therefore, they are older than medical staff with the same level of experience. We have supposed that this age difference will not impact stress parameters [88]. The real challenge is the respect of schedules so as to avoid influencing the stress parameters. We obtained the consent of participants prior to their inclusion in the protocol to respect the comprehensively planned dates of simulations.

##### Discussion of study design

After an initial simulation course, skills are preserved in case of retraining [89]; intervals of repetition should range from 6 weeks to 6 months [90]. However, to our knowledge no previous study has defined the optimal frequency of repetition of simulation leading to maximal benefit at

minimal cost. Indeed, significant cost and time are known to be associated with high-fidelity simulation training [91]. There is also a lack of homogeneity in the repetition simulation sessions designed to improve procedural skills and team performance [92–94]. With this study design, the two groups cannot be compared throughout the whole period. In fact, comparison can be performed only on a common scenario. As a compromise, an intermediate scenario of the experimental group will be used to analyze the development of skills over time as well as stress parameter evolution. Pre-hospital life-threatening cases of infant with shock are sufficiently rare in clinic for the parameter of repeated simulations to be held solely responsible for observed changes.

#### Discussion of primary outcome criterion

A rise in all markers of stress during simulation of MDT management of an infant in shock should be evidenced for all participants [95]. However, literature data suggest a complex mechanism of stress pathways with contradictory conclusions in simulation domain necessitating study of subjective stress and stress response, including the hypothalamic pituitary adrenal axis and the autonomic nervous system. Some authors have found an increase of subjective and objective measures [30], whereas others have found only partial or negligible variation of stress parameters [96]. STAI might increase [66] or decrease [97] in the same field of simulation. Studies on emergency residents have found that self-reported stress increased [98] or did not [99]. There is no data for PTSD assessment in simulation. For objective markers of stress, SC was found to increase [100], to have minor variation [101] or to have no variation [102]. For electrophysiological parameters (HR, HRV, and BP), there is a lack of homogeneity in correlation with other stress parameters: correlation [66], no correlation [103], or partial correlation [41]. Stress response will be studied during simulation but also after debriefing. We have assumed that stress level will increase after simulation and decrease after debriefing using an appropriate technique [69].

#### Discussion of the intervention

The model of infant shock was chosen to study stress response and performance in repeated immersive simulation because we expect clear stress response and performance evolution. All scenarios apply the case of a decompensated shock or cardiac arrest to study the same technical skill of IO access, according to the international recommendations [2, 3]. This objectively ensures possible correlation of technical performance between different teams and over time. There is no scenario of respiratory or neurological impairment which reduces the extent of life-threatening emergencies in a child. The field of intervention is consequently

focused on only one part of the pediatric emergencies. Nevertheless, diversified clinical situations offer the possibility to have different scenarios with a common objective of IO access. Stress genesis varies in the scenario (monitoring, parental presence, external care-giver...) in order to increase realism. Repeating the same scenario would have been better in terms of focusing on the repetition of scenario as the intervention variable. Nevertheless, it would inevitably have led to a huge bias due to memory retention and creation of automatisms. So the variety of scenarios—none of them were identical—were created to develop MDT management with the same technical skills for IO access and ABCDE approach [104] as well as non-technical skills for CRM and leadership, and to generate stress in different ways.

#### Abbreviations

BAT: Behavioral assessment tool; BP: Blood pressure; CRM: Crisis resource management; CTS: Clinical teamwork scale; HF: High frequency; HR: Heart rate; HRV: Heart rate variability; IES-R: Impact of event scale-revised; IO: Intubation; LF: Low frequency; MDT: Multidisciplinary team; PCLS: Post-traumatic check-list scale; PNN50: Proportion of successive NN that differ by more than 50 ms divided by total number of NN; PTSD: Post-traumatic stress disorder; SC: Salivary cortisol; SOM: Stress-o-meter; STAI: State trait anxiety inventory; TAPAS: Team Average performance assessment scale.

#### Competing interests

The author(s) declare that they have no competing interests.

#### Authors' contributions

AG and DO: has made substantial contributions to conception and design; will perform acquisition of data, analysis and interpretation of data; and will be involved in drafting the manuscript or revising it critically for important intellectual content. SR: has made substantial contributions to conception and design; will perform analysis of data, and will be involved in drafting the manuscript or revising it critically for important intellectual content. CB: has made substantial contributions to design; will make acquisition of data. YG, ABV and FP will make substantial contributions to acquisition of data. All the authors have given final approval of the version to be published, and agree to be accountable for all aspects of the work by ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

#### Acknowledgements

The authors would like to thank the Société Française de Médecine d'Urgence (French Emergency Medicine Society) for the research grant.

We would like to thank Dr. Christine Millet, who provided significant help in analyzing SC.

We would like to thank Jeffrey Asham, an American medical translator, for having reviewed the English language text.

#### Author details

<sup>1</sup>Emergency Department and Emergency Medical Service, University Hospital of Poitiers, 2 rue de la Miletie, Poitiers 86000, France. <sup>2</sup>INSERM—CIC 402, University Hospital of Poitiers, 2 rue de la Miletie, Poitiers 86000, France. <sup>3</sup>Simulation Laboratory, Faculty of Medicine, University of Poitiers, 6 rue de la Miletie, Poitiers 86000, France. <sup>4</sup>Pediatric Emergency Department, University Hospital of Poitiers, 2 rue de la Miletie, Poitiers 86000, France. <sup>5</sup>Surgical Critical Care Unit, University Hospital of Poitiers, 2 rue de la Miletie, Poitiers 86000, France.

Received: 13 August 2015 Accepted: 17 March 2016

Published online: 25 March 2016

#### References

- Blum RH, Raemer DB, Carroll JS, Sunder N, Felstein DM, Cooper JB. Crisis resource management training for an anesthesia faculty: A new approach to continuing education. *Med Educ*. 2004;38(1):45–55.

2. Kleinman ME, Chameides L, Schexnayder SM, Samson RA, Fran Hazinski M, Atkins DL, et al. Pediatric advanced life support 2010 American Heart Association Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation*. 2010;122 Suppl 3:876–908.
3. Barent D, Bingham R, Ech C, López-Herce J, Maconochie I, Rodríguez-Núñez A, et al. European resuscitation council guidelines for resuscitation 2010. Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation*. 2010;81(10):1364–88.
4. King HB, Battles J, Baker DP, Alonso A, Salas E, Webster J, Toomey L, Salisbury M. TeamSTEPS™: Team Strategies and Tools to Enhance Performance and Patient Safety. In: Hentzen K, Battles JB, Keyes MA, Grady ML, editors. *Advances in Patient Safety: New Directions and Alternative Approaches* (Vol. 3: Performance and Tools). Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (US); 2008.
5. Rosen MA, Salas E, Wu TS, Silvestri S, Lazzara EH, Lyons R, et al. Promoting teamwork: an event-based approach to simulation-based teamwork training for emergency medicine residents. *Acad Emerg Med*. 2008;15(11):190–8.
6. Hull L, Aroca S, Aggarwal R, Dattl A, Vincent CA, Sevdalis N. The impact of non-technical skills on technical performance in surgery: A systematic review. *J Am Coll Surg*. 2012;214(2):214–30.
7. Riser DT, Rice MM, Salisbury M, Simon R, Jay GO, Bemis SD. The potential for improved teamwork to reduce medical errors in the emergency department. The MedTeams Research Consortium. *Ann Emerg Med*. 1999;34(3):373–83.
8. Birnbach DJ, Salas E. Can medical simulation and team training reduce errors in labor and delivery? *Anesthesiol Clin*. 2008;26(1):159–68.
9. Shapiro MJ, Morey JC, Small SD, Langford V, Kaylor CJ, Jagminas L, et al. Simulation based teamwork training for emergency department staff: does it improve clinical team performance when added to an existing didactic teamwork curriculum? *Qual Saf Health Care*. 2004;13(6):417–21.
10. Gilroy E, Gatesman R, Razack S. Development of a leadership skills workshop in pediatric advanced resuscitation. *Med Teach*. 2007;29(9):276–83.
11. Eppich WJ, Barmen M, Hunt FA. Team training: implications for emergency and critical care paediatrics. *Curr Opin Pediatr*. 2008;20(3):255–60.
12. Sevdalis N. Non-technical skills and the future of teamwork in healthcare settings. *The Health Foundation*. 2013. [http://patientsafety.health.org.uk/sites/default/files/resources/non\\_technical\\_skills\\_and\\_the\\_future\\_of\\_teamwork\\_in\\_healthcare\\_settings.pdf](http://patientsafety.health.org.uk/sites/default/files/resources/non_technical_skills_and_the_future_of_teamwork_in_healthcare_settings.pdf). Accessed 18 Mar 2016.
13. Morey JC, Simon R, Jay DG, Wears RL, Salisbury M, Dukes KA, et al. Error reduction and performance improvement in the emergency department through formal teamwork training: evaluation results of the Med Teams project. *Health Serv Res*. 2002;37(6):1553–81.
14. Schmutz J, Manser T. Do team processes really have an effect on clinical performance? A systematic literature review. *Br J Anaesth*. 2013;110(4):529–44.
15. Yee B, Naik VN, Joo HS, Sayedelli G, Chung DY, Houston PL, et al. Nontechnical skills in anesthesia crisis management with repeated exposure to simulation-based education. *Anesthesiology*. 2005;103(2):241–8.
16. Sevdalis N, Hull L, Birnbach DJ. Improving patient safety in the operating theatre and perioperative care: Obstacles, interventions, and priorities for accelerating progress. *Br J Anaesth*. 2012;109 Suppl 1:13–16.
17. Shapiro MJ, Gardner R, Godwin SA, Jay GO, Lindquist DG, Salisbury M, et al. Defining team performance for simulation-based training: methodology, metrics, and opportunities for emergency medicine. *Acad Emerg Med*. 2008;15(11):1088–97.
18. LeBlanc VR. The effects of acute stress on performance: Implications for health professions education. *Acad Med*. 2009;84 Suppl 1025–33.
19. Harvey A, Bandiera G, Nathens AB, LeBlanc VR. Impact of stress on resident performance in simulated trauma scenarios. *J Trauma Acute Care Surg*. 2012;72(2):497–503.
20. Selye H. A syndrome produced by diverse noxious agents. *J Neuropsychiatr*. 1998;102:30–1.
21. Smith SM, Vale WW. The role of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in neuroendocrine responses to stress. *Dialogues Clin Neurosci*. 2006;8:383–95.
22. Carrasco GA, Van de Kar LD. Neuroendocrine pharmacology of stress. *Eur J Pharmacol*. 2003;463(1–3):235–72.
23. Kirschbaum C, Wolf OT, May M, Wippich W, Hellhammer DH. Stress- and treatment-induced elevations of cortisol levels associated with impaired declarative memory in healthy adults. *Life Sci*. 1996;58(17):1475–83.
24. Wolf OT. HPA axis and memory. *Best Pract Res Clin End*. 2003;17(2):287–99.
25. Yerkes RM, Dodson JD. The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *J Comp Neurol Psychol*. 1908;18:459–82.
26. Duffy E. The psychological significance of the concept of "arousal" or "activation." *Psychol Rev*. 1957;64(5):265–75.
27. Kettel A, Ringleb M, Schwatges J, Weik U, Pickler O, Stockhorst U, et al. Endocrine and psychological stress responses in a simulated emergency situation. *Psychoneuroendocrin*. 2011;36(1):98–108.
28. Casanagh JF, Frank MJ, Allen JJ. Social stress reactivity alters reward and punishment learning. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2011;6(3):311–20.
29. Wetzel CM, Back SA, Hanna GB, Athanasiou T, Kneebone RL, Nestel D, et al. The effects of stress and coping on surgical performance during simulations. *Ann Surg*. 2010;251(1):171–6.
30. McGraw UK, Out D, Hammermeister JJ, Ohlson C, Pickering MA, Granger DA. Nature, correlates, and consequences of stress-related biological reactivity and regulation in Army nurses during combat casualty simulation. *Psychoneuroendocrin*. 2013;38(1):135–44.
31. Weinstein P. Pediatric Simulation Instructor Workshop course. Boston: Harvard Medical School; 2013.
32. Sexton JB, Thomas EJ, Helmreich LR. Error, stress, and teamwork in medicine and aviation: cross sectional surveys. *Brit Med J*. 2000;320(7237):745–9.
33. Borg CL, Fraser K, Oriot D. Cognitive Load and Stress in Simulation. In: Cheng A, Grant V, editors. *Comprehensive Healthcare Simulation: Pediatric Edition*. New York City: Springer; 2015 (in press).
34. Laurent A, Chahraoui K, Carl P. Les répercussions psychologiques des interventions médicales urgentes sur le personnel SAMU. Etude portant sur 50 intervenants SAMU. *Ann Med Psychol*. 2007;165:570–8.
35. Laposa J, Alden L. Posttraumatic stress disorder in the emergency room: exploration of a cognitive model. *Behav Res Ther*. 2003;41(1):49–65.
36. Laurent A. Les équipes mobiles d'urgence et de réanimation face aux interventions potentiellement traumatiques. *Ann Med Psychol*. 2014;172(6):457–62.
37. Yehuda R. Post-traumatic stress disorder. *N Engl J Med*. 2002;346(2):108–14.
38. Anshel MH, Anderson DL. Coping with acute stress in sport: Linking athletes' coping style, coping strategies, affect, and motor performance. *Anxiety Stress Copin*. 2002;15(2):193–209.
39. Hassan I, Weyers P, Maschaw K, Dick B, Gerdes B, Rothmund M, et al. Negative stress-coping strategies among novices in surgery correlate with poor virtual laparoscopic performance. *Br J Surg*. 2006;93(12):1554–9.
40. Takai N, Yamaguchi M, Aragaki T, Ito K, Uchihashi K, Nishikawa Y. Effect of psychological stress on the salivary cortisol and amylase levels in healthy young adults. *Arch Oral Biol*. 2004;49(12):963–8.
41. Noto Y, Sato T, Kudo M, Kurata K, Hirota K. The relationship between salivary biomarkers and state-trait anxiety inventory score under mental arithmetic stress: a pilot study. *Anesth Analg*. 2005;101(6):1873–6.
42. Oldehinkel AJ, Ormel J, Bosch NM, Bouma BMC, Van Rooij AM, Romkens JGM, et al. Stressed out? Associations between perceived and physiological stress responses in adolescents: The TRAILS study. *Psychophysiology*. 2011;48(4):441–52.
43. Qulid AP, Pogetti RS, Fontes B, Zanata LFC, Chaves ET, Binoli D. Is the Advanced Trauma Life Support simulation exam more stressful for the surgeon than emergency department trauma care? *Clinics*. 2005;60(4):287–92.
44. Sahu S, Lata I. Simulation in resuscitation teaching and training: an evidence based practice review. *J Emerg Trauma Shock*. 2010;3(4):378–84.
45. Hunt EA, Walker AR, Shaffner DH, Miller MR, Pronovost PJ. Simulation of in-hospital pediatric medical emergencies and cardiopulmonary arrests: highlighting the importance of the first 5 minutes. *Pediatrics*. 2008;121(1):e34–43.
46. Ziv A, Wolpe PR, Small SD, Glick S. Simulation-based medical education: An ethical imperative. *Acad Med*. 2003;78:783–8.
47. Kalanti K, Campbell DM. Simulation-based medical education: time for a pedagogical shift. *Indian Pediatr*. 2015;52(1):41–5.
48. Ghazali DA. Trial of multidisciplinary team stress and performance in immersive simulation for management of infant in shock. *ClinicalTrials.gov Protocol Registration and Results System*. <https://register.clinicaltrials.gov/pn/app/action/DownloadReceipt?uid=L000005&ids=74&id=50005EMJ&cc=ccq46a>. Accessed March 18 2016.
49. Moher D, Schulz KF, Altman D. The CONSORT statement: revised recommendations for improving the quality of reports of parallel-group randomized trials. *JAMA*. 2007;297(18):1877–91.
50. Power D, Henr D, O'Driscoll P, Power T, McAdoo J, Hynes F, et al. An evaluation of high fidelity simulation training for paramedics in Ireland. *Int Paramed Pract*. 2013;3(1):11–8.
51. Orriot D, Darieux E, Boureau-Voultoury A, Ragot S, Scépi M. Validation of a performance assessment scale for simulated intraosseous access. *Sim Healthcare*. 2012;7(3):171–5.

52. Guise JM, Deering SH, Karki BG, Osterwel P, Li H, Mori M, Lowe NK. Validation of a tool to measure and promote clinical teamwork. *Sim Healthcare*. 2008;3(4):217-23.
53. Anderson JDM, Meckler G, Boyle K, LeFlore J, Ware J. How to use the Behavioral Assessment Tool: assessment of CRM-based behavioral skills in simulation using a validated, reliable tool. 2010. <http://sites.uconn.edu/medsim/files/2015/03/BAT.pdf>. Accessed March 18 2016.
54. Rudolph JW, Simon R, Raemer DB, Eppich WJ. Debriefing as formative assessment: closing performance gaps in medical education. *Acad Emerg Med*. 2008;15(11):1010-6.
55. Rudolph JW, Simon R, Dufresne RL, Raemer DB. There's no such thing as "non-judgmental" debriefing: a theory and method for debriefing with good judgment. *Sim Healthcare*. 2006;1(1):49-55.
56. Dawson MA, Hanson-Ulley JJ, Hansen R, Olpin M. Examining the effectiveness of psychological strategies on physiologic markers: evidence-based suggestions for holistic care of the athlete. *J Athl Train*. 2014;49(3):331-7.
57. Spielberger CD, Gorsuch RL, Lushene R. STAI manual. Palo Alto: Consulting Psychologist Press; 1970.
58. Harvey A, Mathens AB, Bandiera G, LeBlanc VR. Threat and challenge: cognitive appraisal and stress responses in simulated trauma resuscitations. *Med Educ*. 2010;44(6):587-94.
59. Weiss DS, Marmar CR. The Impact of Event Scale - Revised. In: Wilson JP, Keane TM, editors. *Assessing psychological trauma and PTSD*. New York: Guilford Press; 1997. p. 399-411.
60. Brunet A, St-Hilaire A, Jehel L, King S. Validation of a French version of the impact of event scale-revised. *Can J Psychiatry*. 2003;48(1):56-61.
61. Weathers FW, Huska JA, Keane TM. The PTSD Checklist-Civilian Version (PCL-C). Boston: National Center for PTSD (Boston Veterans Affairs Medical Center); 1991.
62. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Eur Heart J*. 1996;17(3):354-81.
63. Blichick KC, Berger RD. Heart rate variability. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2006;17(6):691-4.
64. Eckberg DL. Sympathovagal balance: a critical appraisal. *Circulation*. 1997;96(9):3224-32.
65. Bong C, Lightdale J, Fredette M, Weinstock P. Effects of simulation versus traditional tutorial-based training on physiologic stress levels among clinicians: a pilot study. *Sim Healthcare*. 2010;5(5):272-8.
66. Arora S, Sevdalis N, Aggarwal R, Sinimanna P, Darzi A, Kneebone R. Stress impairs psychomotor performance in novice laparoscopic surgeons. *Surg Endosc*. 2010;24(10):2588-93.
67. Chan AW, Tezzaffi JM, Gatzsche PC, Altman DG, Mann H, Berlin JA, et al. SPIRIT 2013 explanation and elaboration: guidance for protocols of clinical trials. *BMJ*. 2013;346:e7586.
68. Widmaier EP, Raff H, Strang KT. Defense mechanisms of the body. In: Widmaier EP, Raff H, Strang KT, editors. *Vander, Sherman, and Luciano's Human Physiology: The Mechanisms of Body Function*. Boston: McGraw-Hill; 2004. p. 695-738.
69. Beyer Jr GS, Lating JM. The Anatomy and Physiology of the Human Stress Response. In: Beyer Jr GS, Lating JM, editors. *A Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response*. 3rd ed. New York: Springer; 2013. p. 17-51.
70. Arora S, Sevdalis N, Nestel D, Wlokoszynowych M, Darzi A, Kneebone R. The impact of stress on surgical performance: A systematic review of the literature. *Surgery*. 2010;147(3):318-30.
71. Shaw J, Brown R, Heinrich P, Dunn S. Doctors' experience of stress during simulated bad news consultations. *Pat Educ Counsel*. 2013;93:203-8.
72. Pagani M, Furlan R, Rizzinelli P, Crivellaro W, Cerutti S, Malliani A. Spectral analysis of RR and arterial pressure variabilities to assess sympatho-vagal interaction during mental stress in humans. *J Hypertens*. 1989;7(6):s14-5.
73. Boucsein W. *Electrodermal activity*. New York: Plenum Press; 1992.
74. Smith WD, Chung YH, Berguer R. A virtual instrument ergonomics workstation for measuring the mental workload of performing video-endoscopic surgery. *Stud Health Technol Inform*. 2000;70:309-15.
75. Schreiner G, Hirz A, Katschich J, Hüber B, Voigt G. Stress-related changes of saliva cortisol in VDU operators. *Int Arch Occup Environ Health*. 1990;62(4):319-21.
76. Wagner J, Cik M, Marth E, Santner B, Galitsch E, Lackner A, et al. Feasibility of testing three salivary stress biomarkers in relation to naturalistic traffic noise exposure. *Int J Hyg Environ Health*. 2010;213(2):153-5.
77. Thorne MV, Kirschbaum C, Wolf JM, Rohleder N. Acute stress responses in salivary alpha-amylase predict increases of plasma norepinephrine. *Biol Psychol*. 2012;91(3):342-8.
78. Nater UM, Rohleder N, Schlotz W, Ehret JJ, Kirschbaum C. Determinants of the diurnal course of salivary alpha-amylase. *Psychoneuroendocrinology*. 2007;32(4):392-401.
79. Lovibond SH, Lovibond PF. *Manual for the Depression Anxiety Stress Scales*. 2nd ed. Sydney: Psychology Foundation; 1995.
80. Antony MM, Bieling PJ, Cox BJ, Enns MW, Swinson RP. Psychometric properties of the 42-item and 21-item versions of the Depression Anxiety Stress Scales in clinical groups and a community sample. *Psychol Assessment*. 1998;10(2):176-81.
81. Lesage FX, Berjot S, Deschamps F. Clinical stress assessment using a visual analogue scale. *Occup Med*. 2012;62(8):600-5.
82. Marmar CR, Weiss DS, Metzler TJ. The Posttraumatic Dissociative Experiences Questionnaire. In: Wilson JP, Keane TM, editors. *Assessing psychological trauma and PTSD*. New York: Guilford Press; 1997.
83. Weathers FW, Keane TM, Davidson JRT. Clinician-administered PTSD scale: a review of the first ten years of research. *Depress Anxiety*. 2001;13(3):132-56.
84. Keane TM, Caddell JM, Taylor KL. Mississippi scale for combat-related Posttraumatic Stress Disorder: three studies in reliability and validity. *J Consult Clin Psychol*. 1988;56(1):85-90.
85. Kirkpatrick DL. Techniques for evaluating training programs. *J ASTD*. 1959;13(1):3-9.
86. Sørensen J, Van der Vleuten C, Lindichou J, Guad C, Østergaard D, LeBlanc V, et al. 'In situ simulation' versus off site simulation' in obstetric emergencies and their effect on knowledge, safety attitudes, team performance, stress, and motivation: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2013;14:220.
87. Laurent HK, Powers SJ, Granger DA. Refining the multisystem view of the stress response: Coordination among cortisol, alpha-amylase, and subjective stress in response to relationship conflict. *Physiol Behav*. 2013;119:52-60.
88. Ordaz S, Luna B. Sex differences in physiological reactivity to acute psychosocial stress in adolescence. *Psychoneuroendocrinology*. 2012;37(8):1135-57.
89. Andersen D, Amis HR, Gülling W, Hoffmann S, Hoffmann D, Kraemer R, Krause-Dietering B, Osche S, Wegscheider K. Public access resuscitation program including defibrillator training for laypersons: a randomized trial to evaluate the impact of training course duration. *Resuscitation*. 2008;76(3):419-24.
90. Kuduvali PM, Jarvis A, Tighe SQ, Robin NM. Unanticipated difficult airway management in anaesthetised patients: a prospective study of the effect of mannequin training on management strategies and skill retention. *Anaesthesia*. 2008;63(4):364-9.
91. Cooper A. High-fidelity simulation for neonatal nursing education: an integrative review of the literature. *Neonatal Netw*. 2015;34(6):345-54.
92. Christenson J, Nafziger S, Compton S, Vijayaraghavan K, Sater B, Ledingham R, et al. The effect of time on CPR and automated external defibrillator skills in the Public Access Defibrillation Trial. *Resuscitation*. 2007;74(1):52-62.
93. Cordero L, Hart BJ, Hardin R, Mahan JD, Nankervis CA. Deliberate practice improves pediatric residents' skills and team behaviors during simulated neonatal resuscitation. *Clin Pediatr (Phila)*. 2013;52(8):747-52.
94. Picard M, Curry N, Collins H, Soma I, Hill J. Comparison of high-fidelity simulation versus didactic instruction as a reinforcement intervention in a comprehensive curriculum for radiology trainees in learning contrast reaction management: does it matter how we refresh? *Acad Radiol*. 2015;22(10):1268-76.
95. Giziadas Jr DV, Delis S, Bose S, Hall J, Rechula K, Kulstad EB. Measures of stress and learning seem to be equally affected among all roles in a simulation scenario. *Simul Healthc*. 2009;4(3):149-54.
96. Hulstman RL, Pranger S, Koot S, Fabrick M, Karemaker JM, Smets EM. How stressful is doctor-patient communication? Physiological and psychological stress of medical students in simulated history taking and bad-news consultations. *Int J Psychophys*. 2010;77:26-34.
97. Leotsakos ID, Stachtea XP, Fragkiadis EM, Gogos AJ, Papageorgiou CC, Mitsopoulos DN. Training on surgical simulators for urological operations: stress assessment and evaluation of the educational process. *Hellenic Urol*. 2014;26(2):58-65.
98. Kharasch M, Aitchison P, Pettineo C, Pettineo L, Wang EE. Physiological stress responses of emergency medicine residents during an immersive medical simulation scenario. *Dis Mon*. 2011;57(11):700-5. doi:10.1016/j.disamonth.2011.08.007.

99. Clarke S, Horeczko T, Cotton D, Bair A. Heart rate, anxiety and performance of residents during a simulated critical clinical encounter: a pilot study. *BMC Med Educ.* 2014;14:153. doi:10.1186/1472-6920-14-153.
100. Müller MP, Hansel M, Fichtner A, Hardt F, Weber S, Kirschbaum C, et al. Excellence in performance and stress reduction during two different full scale simulator training courses: a pilot study. *Resuscitation.* 2009;80(3):919–24.
101. Valentin B, Grottko O, Skomring M, Bergsath S, Fischermann H, Röttgen D, et al. Cortisol and alpha-amylase as stress response indicators during pre-hospital emergency medicine training with repetitive high-fidelity simulation and scenarios with standardized patients. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2015;23:31.
102. Van Dulmen S, Tromp F, Grosfeld F, ten Cate O, Bensing J. The impact of assessing simulated bad news consultations on medical students' stress response and communication performance. *Psychoneuroendocrinology.* 2007;32(8-10):943–50.
103. Hartzler S, Semmer NK, Tschan F, Schuetz P, Mueller B, Masch S. Dynamics and association of different acute stress markers with performance during a simulated resuscitation. *Resuscitation.* 2012;83(5):572–8.
104. Thim T, Kraup NH, Grove EL, Rohde CV, Laigren B. Initial assessment and treatment with the Airway, Breathing, Circulation, Disability, Exposure (ABCDE) approach. *Int J Gen Med.* 2012;5:117–21.

Submit your next manuscript to BioMed Central  
and we will help you at every step:

- We accept pre-submission inquiries
- Our selector tool helps you to find the most relevant journal
- We provide round the clock customer support
- Convenient online submission
- Thorough peer review
- Inclusion in PubMed and all major indexing services
- Maximum visibility for your research

Submit your manuscript at  
[www.biomedcentral.com/submit](http://www.biomedcentral.com/submit)



Manuscript Number:

Title: Evaluation of stress response using psychological, biological or electrophysiological measurements during immersive simulation of life threatening events in multidisciplinary teams

Article Type: Research Paper

Keywords: stress; simulation-based education; emergency; MDT; scales.

Corresponding Author: Dr. Daniel Aiham GHAZALI, M.D.

Corresponding Author's Institution: University Hospital of Pitié-Salpêtrière

First Author: Daniel Aiham GHAZALI, M.D.

Order of Authors: Daniel Aiham GHAZALI, M.D.; Stephanie RAGOT, M.D., Ph.D.; Ivan DARMIAN-RAFEI, M.D.; Jean Jacques CHAVAGNAT, M.D.; Philippe SOSNER, M.D., Ph.D.; Denis ORIOT, M.D., Ph.D.

Abstract: Stress might impair performance in simulation-based education (SBE). This study focused on stress response during SBE in multidisciplinary teams (MDTs). The effect of sex and status of participants on stress response was investigated. Twelve emergency MDTs (n=48, 54.2% men, <7 years of experience) were recruited for an immersive simulation session. Stress was assessed by: self-reported stress (STAI, IES-R, and PCLS questionnaires, and SOM score), Holter parameters (heart rate, pNN50, and LF/HF ratio), and salivary cortisol. There was an increase in stress level for all parameters just after simulation ( $p < 0.001$ ) and a decrease after debriefing ( $p < 0.001$ ) without correlation between them. Immersive SBE produced a change in stress level in all members with no evidence for status effect but with gender difference. This study might suggest that psychological, biological and electrophysiological stress parameters evolve on independent paths. Therefore, combined evaluation should be used to assess stress response during SBE.

**Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine**  
**Performance under stress conditions during multidisciplinary team immersive simulations**  
 --Manuscript Draft--

<b>Manuscript Number:</b>	
<b>Full Title:</b>	Performance under stress conditions during multidisciplinary team immersive simulations
<b>Article Type:</b>	Original research
<b>Funding Information:</b>	
<b>Abstract:</b>	<p><b>Introduction:</b> Stress on a multidisciplinary team (MDT) during emergency management can lead to human errors. Consequently, it can impair performance and compromise patient's safety. Life-threatening events depend on technical and non-technical skills. Few data exists on concomitant assessment of technical and non-technical performance of emergency MDT and stress response.</p> <p><b>Objectives:</b> The primary objective was to study technical and non-technical performance. Secondary objectives were to assess stress response, and to measure the impact of stress on performance.</p> <p><b>Methods:</b> Performance and stress were assessed during a high-fidelity simulation. 12 MDTs of emergency medical system managed an infant in shock during a unique scenario. Technical performance was assessed by the intra-osseous (IO) access performance scale and the Team Average Performance Assessment Scale (TAPAS); non-technical performance by the Behavioral Assessment Tool (BAT) for leaders and the Clinical Teamwork Scale (CTS). Stress was evaluated by the State-Trait Anxiety Inventory (STAI), salivary cortisol (SC), and Holter parameters (heart rate (HR), pNN50, and LF/HF). Baseline time (T0) was determined during deep sleep on Holter. On the day of simulation, stress markers were measured both before (T1) and after the session (T2). Stress-O-meter (SOM) score before and during simulation, self-confidence, and feeling of dissatisfaction were taken into consideration.</p> <p><b>Results:</b> Scores (over 100) were: IO=65.6±14.4; TAPAS=44.6±18.1, BAT=49.5±22.0; CTS=50.3±18.5. There was a strong correlation between BAT and CTS (<math>p&lt;0.001</math>), and BAT and TAPAS (<math>p&lt;0.001</math>). At T0, there was no difference in Holter parameters. Between T1 and T2 SOM, STAI, SC, HR, LF/HF ratio increased, and pNN50 decreased (<math>p&lt;0.0001</math>). Performance and self-confidence were positively correlated: CTS (<math>p=0.001</math>), and TAPAS (<math>p=0.002</math>). Performance and dissatisfaction were negatively correlated: BAT (<math>p=0.033</math>), CTS (<math>p&lt;0.0001</math>), and TAPAS (<math>p&lt;0.0001</math>). CTS and SOM were negatively correlated (<math>p=0.038</math>).</p> <p><b>Conclusion:</b> There was a correlation between leader performance and team performances. During simulation stress response was rising. There was a correlation between performance and self-confidence, feeling of stress and dissatisfaction. These results suggested a relation between stress and performance.</p>
<b>Corresponding Author:</b>	Daniel Aiham Ghazali, MD POITIERS, 86000 FRANCE
<b>Corresponding Author Secondary Information:</b>	
<b>Corresponding Author's Institution:</b>	
<b>Corresponding Author's Secondary Institution:</b>	University Hospital of Pitié-Salpêtrière, Paris
<b>First Author:</b>	Daniel Aiham Ghazali, MD
<b>First Author Secondary Information:</b>	
<b>Order of Authors:</b>	Daniel Aiham Ghazali, MD Stephanie Ragot, MD, PhD Denis Oriot, MD, PhD

*Powered by Editorial Manager® and Prodxion Manager® from Aries Systems Corporation*

## Salivary Cortisol Increases after One Immersive Simulation but the Repetition of Sessions does not Blunt it

Daniel Aiham Ghazali<sup>1,2,3</sup>,  
Stéphanie Ragot<sup>2</sup> and  
Denis Oriot<sup>3,4</sup>

### Abstract

**Objective:** Simulated life-threatening medical emergencies generate stress that can be apprehended by measurement of salivary cortisol (SC). The aim of this study was to analyze SC level in multidisciplinary teams (MDTs) members during immersive simulation and to study its evolution over time with repetition of simulation sessions in all team members.

**Methods:** 48 participants constituted 12 Emergency Medical Service MDTs made up of 4 members each. Six MDTs underwent 9 simulations (experimental group) and 6 underwent 3 simulations over one year (control group). SC was assessed the day prior to simulation (T0), before simulation (T1), after simulation (T2) and after debriefing (T3). 1152 samples were analyzed by ELISA. Variation over time was analyzed using ANOVA for repeated measures. Mann-Whitney test was used for comparison between groups at two times and Kruskal-Wallis test was used to study stress response in the different status of teams. A p value <0.05 was considered significant.

**Results:** SC increased from  $0.16 \pm 0.12$  (T0) to  $0.26 \pm 0.14$  (T1). SC level continued to rise up to  $0.39 \pm 0.27$  at T2 before decreasing to  $0.21 \pm 0.12$  at T3,  $p < 0.0001$ . SC increase was found in all team members with no status effect. SC level was not blunt after repetition of sessions regardless of the frequency of sessions.

**Conclusion:** SC raised during immersive simulation and this variation was not blunt after repetition of simulation sessions. No status effect was found among the MDTs' members. Future study should investigate on other markers of stress response and correlate them to team performance.

Trial registration: ClinicalTrials.gov registration number NCT02424890

**Keywords:** Salivary cortisol, Stress, Simulation-based education, Multidisciplinary team, Emergency

- 1 Emergency Department and Emergency Medical Service, University Hospital of Pitié-Salpêtrière, Paris, France
- 2 Clinical Investigation Center INSERM-CIC1402, University Hospital of Poitiers, France
- 3 Simulation Laboratory, Faculty of Medicine, University of Poitiers, France
- 4 Pediatric Emergency Department, University Hospital of Poitiers, France

### Corresponding author:

Aiham Ghazali

 aiham@hotmail.com

Emergency Department, University Hospital of Pitié-Salpêtrière, 47-83, boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris, France.

Tel: +33(0)1.42.17.72.42

Fax: +33(0)1.42.17.70.10

**Citation:** Ghazali DA, Ragot S, Oriot D.

Salivary Cortisol Increases after One Immersive Simulation but the Repetition of Sessions does not Blunt it. Ann Clin Lab Res. 2016, 4:2.

Received: April 19, 2016; Accepted: April 28, 2016; Published: May 04, 2016

### Introduction

Stress is a major event occurring during management of life-threatening emergencies [1]. Furthermore excessive stress impairs performance [2]. Stressful situations lead to the activation of endocrine, nervous and immune systems, known as stress response [3]. Acute stress induces the hypothalamic pituitary adrenal (HPA) axis activity that generates cortisol secretion. Simulation-based education is commonly used to train multidisciplinary teams (MDTs) in the management of life-threatening situations [4-6]. Stress has been reported during

simulation and assessed by various means [7-10]. HPA activity can be apprehended by the non-invasive measurement of salivary cortisol (SC) [11]. SC has been measured in a number of stress models [12] and used in simulation [13]. The underlying learning objective for using simulation-based education is that the repetition of simulations induces an increase in healthcare providers' performance [14-16]. Therefore, because of the negative correlation described punctually between assessed stress and performance [2,17-21], one should expect a decrease in cortisol over time with a repetition of simulation sessions. However, SC, which was punctually used in simulation, has never

been assessed over time after repeated immersive simulations. Our hypothesis was that SC increased after immersive simulation and decreased after debriefing, but was blunt after a repetition of simulation sessions. The aim of the study was to analyze SC level during immersive simulation and to study its evolution over time with a repetition of simulation sessions.

## Methods

### Study

This single-center study took place in the Laboratory of Simulation-INSERM (French national health and medical research institute) #1402, Faculty of Medicine, University of Poitiers, France. Here are reported the results of the analysis of biological stress during immersive simulations of a randomized controlled trial registered by ClinicalTrials.gov under the number NCT02424890 (a WHO-approved primary registry) and published [22]. The study protocol, information form, and consent form were approved by the Comité de Protection des Personnes III de la région Ouest. All data were kept anonymous.

### Objectives

The primary objective was to evaluate SC during an immersive simulation session. Secondary objectives were to assess variation of SC level with a repetition of simulation sessions over 1 year and to compare these variations between two rhythms of sessions (every 6 weeks versus every 6 months) in all team members.

### Participants

Twelve emergency multidisciplinary teams (MDTs) of 4 persons who usually constitute the French Emergency Medical Service (EMS) teams were enrolled from the Poitou-Charentes region (France). Each MDT was made up of an emergency physician (EP), a resident (PGY), a nurse (RN), and an ambulance driver (AD). All of them had to have less than 7 years of experience in order to minimize inter-individual variability of stress response which had been described to be linked with competencies [23]. Non-inclusion criteria were pregnancy, any disease that could induce modifications related to stress, or worsen in relation to stress and/or psychiatric disease modifying stress response, treatment with medication having a potential effect on stress parameters like steroids or hormone replacement therapy. Recruitment, inclusion and exclusion criteria, and randomization were detailed in the study protocol [22]. Among the 48 participants, 26 were males (54.2%) and 22 females (45.8%). The mean age ( $M \pm SD$ ) was  $32 \pm 9$  years for EP,  $29 \pm 8$  years for PGY,  $42 \pm 13$  years for RN, and  $47 \pm 16$  years for AD. Paramedics had exercised in other departments (critical care units or emergency) before joining the EMS unlike medical staff. Therefore, there was an age difference for a same level of experience. Randomization assumed that demographic characteristics of participants were equally distributed in each group. Experience ( $M \pm SD$ ) was  $4.2 \pm 1.9$  for EP,  $4.8 \pm 2.4$  for RN,  $5.8 \pm 0.75$  for AD in experimental group and  $4.5 \pm 2.16$  for EP,  $5.5 \pm 1.4$  for RN,  $5.3 \pm 1.9$  for AD in control group. In both groups PGYs had less than one year of experience.

### Intervention

Six MDTs constituted the experimental group to undertake 9 simulation sessions over 1 year (every 6 weeks) and 6 MDTs represented the control group planned for 3 simulation sessions over 1 year (every 6 months).

The model of stress used during the simulations was a pediatric life-threatening condition, i.e. shock in an infant requiring an introsseous access insertion. The rationale for this choice relied on the fact that this model was considered as the most stressful, for different reasons: 1) Pediatric emergencies are less frequent than adults ones; 2) It is most of the time emergency physicians who take care of pediatric emergencies in France (except in tertiary hospitals where specific pediatric emergency departments exist) and their approach to pediatric emergencies is very often only didactic; 3) In France, medical assistance for out-of-hospital pediatric emergencies is provided by emergency physicians as leaders of emergency medical service teams.

In the present study, nine different scenarios were used: 4 with hypovolemic shocks, 2 with cardiogenic shocks, 1 hemorrhagic shock in severe trauma, 1 anaphylactic shock, and 1 septic shock. The high-fidelity simulation used a mannequin (SimNewB\*, Laerdal®), and scenarios were played in a simulated crash room (with all the equipment) in the Simulation Laboratory of Poitiers. Details of content of sessions and their structure were described in the study protocol [22].

### Endpoints

#### Sampling

All sessions were scheduled the same day of the week at 2:00pm because of the circadian cycle of cortisol. In fact, SC has a physiologic rhythm in normal individuals without HPA axis diseases [24] with a peak in the morning followed by a decrease over the day. The lowest level is reached at midnight before gradually increasing until morning [25]. After the onset of stressors, cortisol level peaks at 30-40 minutes [26]. Because of the SC concentrations variation, cortisol reactivity to stressful situations can differ according to time of the day [27,28]. So SC should be measured at similar times during the day to avoid potential confounding effects from inter- and intra-individual differences in the diurnal pattern of cortisol secretion [29]. This is the reason why, on each session, SC level was assessed at 4 different times: the day prior to the simulation between 15:00 and 16:00 (T0), before the simulation at 14:00 (T1), after the simulation at 15:00 (T2), and after the debriefing at 15:45 (T3). SC variation between the four times (T0, T1, T2, and T3) was compared during the 9 simulations of the experimental group. SC variation was also compared between experimental group and control group during the initial, intermediate and final simulation. A status effect was also tested both on SC and SC variations.

#### Serum cortisol determinations

SC samples were collected with a minimum of 0.5 mL of saliva after making sure that there were no oral inflammatory diseases. The participants did not eat, drink, chew gum, smoke, or brush teeth for the 30 min, and rinse mouth 5 min before sampling.

Method of enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) [30] with an ELISA kit (IBL international<sup>®</sup>, Hamburg, Germany) was used. Stored and frozen (at -20°C) saliva samples were thawed, mixed and centrifuged 10 min at 2000-3000 × g to remove particulate material. Fifty microliters of each standard, control and sample were pipetted with 100 µL of enzyme conjugate. After 2 hours incubation at 20°C on an orbital shaker at 500 rpm, they were tested with 100 µL of TMB (3,3',5,5'-tetramethylbenzidine) substrate in a standard procedure described by IBL. The substrate reaction was stopped after 30 min incubation in the same conditions. Seven standards and two controls in ranges from 0.00-4.00 µg/dL were used in the assay. Then, the microtiter plate was immediately read at 450 nm with checking the calibration curve [31]. All kit controls were found within the acceptable ranges as stated on the labels and the QC certificate. SC was given in µg/dL and relative variation of SC over time was calculated to adjust for SC inter-individual variability.

### Statistics

All data were analyzed with Statview version 4.5 (SAS Institute Inc., Cary, NC). SC was described as mean and standard deviation ( $M \pm SD$ ) and relative variation (RV) between 2 times was calculated as  $((\text{final score} - \text{initial score}) / \text{initial score})$ . Mann-Whitney test was used for comparison of SC and RV of SC between groups at two times. Kruskal-Wallis test was used for comparison of experience level, and SC between the 4 status (EP, PGY, RS, and AD) in each group and the whole population during common scenarios. RV of stress over time was analyzed using ANOVA for repeated measures, followed by a post-hoc analysis using Scheffe's test in case of significance. A p value <0.05 was considered significant.

## Results

### Primary objective

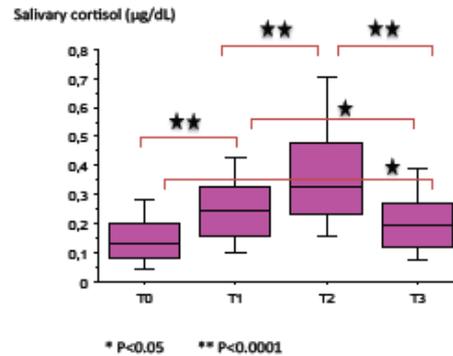
SC assessment during immersive simulation demonstrated the existence of stress. SC evolution is shown on Figure 1. SC increased from  $0.16 \pm 0.12$  at T0 to  $0.26 \pm 0.14$  at T1, and continued to rise up to  $0.39 \pm 0.27$  at T2 before decreasing to  $0.21 \pm 0.12$  at T3,  $p < 0.0001$ .

### Secondary objectives

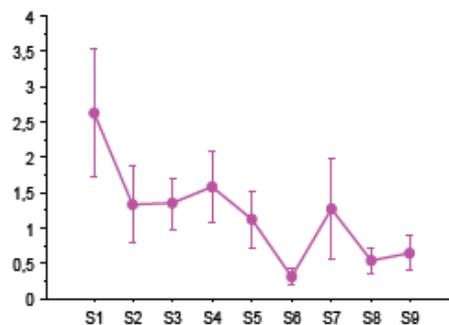
**SC variation over time:** In the experimental group (in which 9 simulation sessions were carried out), there was a significant decrease in relative variation of SC between T3 and T0 ( $p = 0.033$ ) (Figure 2). But there was no significant difference with an *a posteriori* test.

**SC variation according to group allocation:** There was no difference of SC level as well as its relative variation between experimental group leading 9 simulation sessions and the control group leading 3 simulation sessions during initial, 6-month (intermediate) and 12-month (final) sessions (Table 1).

**SC variation according to status of the participants:** There was neither difference in SC absolute level nor in relative variation during simulation according to the status in MDTs except at T1 at the intermediate session ( $p = 0.04$ ); this difference was between EP and RN according to the post-hoc test ( $p = 0.02$ ) (Figure 3).



**Figure 1** Salivary cortisol (µg/dL) assessment during immersive simulation. T0: the day prior to the simulation between 15:00 and 16:00; T1: before simulation at 14:00; T2: after simulation at 15:00; T3: after debriefing at 15:45.



**Figure 2** Relative-variation of SC over time between baseline and the end of debriefing. S1 to S9: simulation sessions from the 1<sup>st</sup> to the 9<sup>th</sup>.

## Discussion

### Main results

In an immersive simulation protocol about life-threatening situations where 12 MDTs (48 participants) animated a total of 72 simulation sessions, SC increased during the simulation scenario and decreased after the debriefing without returning to baseline. Furthermore, after the repetition of simulation sessions, this concomitant increase in SC level with simulation was not blunt. Stress response was similar regardless of the status of the members of the MDTs, except in one session.

### Limitations

We are aware of the limitations of this study. The real difficulty was the respect of time-schedule for fitting with the cortisol circadian rhythm. All simulations were conducted at the same time to

limit this effect. Another problem was the impact of life events on cortisol level independently of simulations. Conditions of recruitment in the study protocol included the obligation to be off working the day before the simulation and to have slept the night before. Moreover, participants should not have any exceptional, unusual or physical activity in the morning of the simulation. Gender difference impacts cortisol level [32], but randomization with similar distribution between males and females in the whole population and in each group limited this factor. Finally, there was an inter-individual heterogeneity of SC level with difficulty for results interpretation. However, this heterogeneity was limited by comparison of relative variation of SC concomitant of analysis of SC level. Because of this heterogeneity and the number of participants, status effect could only be analyzed on the common sessions.

### Discussion about the primary objective

Differences in age did not interfere with stress level in adults [33] unlike experience of caregivers [34]. McGraw showed that older nurses were more likely to show a larger salivary amylase

stress response than younger nurses but age did not impact SC [32]. Thus, despite the presence of an older group (IDE, AD) in the present study, analysis of biological stress was possible as well as comparisons among MDTs. SC and its relative variation increased after simulation scenario has been acted as suggested in high-fidelity simulation [7-10] and decreased after debriefing [35]. Debriefing using the good-judgment debriefing technique [36] could induce a lowering level of SC. However, SC remained higher than baseline at the end of debriefing. In a recent study, decreasing kinetics of salivary biomarkers of stress appeared different after a stressful scenario. SC remained elevated 30 min after the debriefing whereas salivary amylase (which depends on the activation of the autonomic nervous system-ANS) had already reached baseline [32]. Therefore, SC reflecting HPA axis could be associated to other stress pathways (ANS) to investigate stress pattern after debriefing.

### Discussion about secondary objectives

Surprisingly SC remained high after each simulation and stable over time regardless of the frequency of sessions. On the one hand there

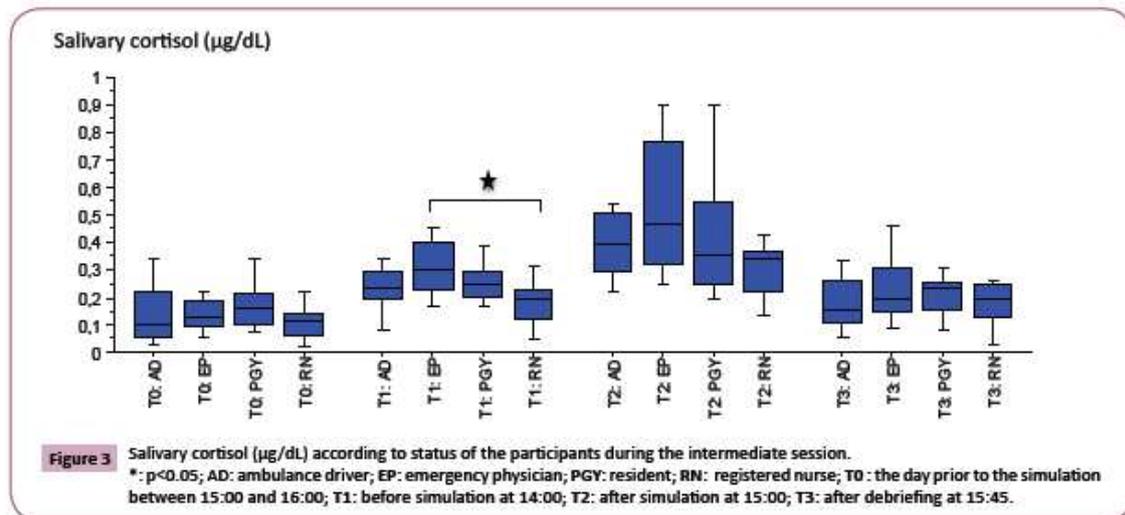


Table 1 Means (SDs) for SC and relative variation over time between experimental and control group

SC	Initial session			Intermediate session			Final session		
	Experimental group	Control group	p	Experimental group	Control group	p	Experimental group	Control group	p
T0	0.14 (0.08)	0.15 (0.11)	0.51	0.14 (0.09)	0.14 (0.10)	0.92	0.16 (0.11)	0.21 (0.13)	0.21
T1	0.27 (0.14)	0.28 (0.14)	0.89	0.23 (0.10)	0.26 (0.10)	0.48	0.26 (0.13)	0.27 (0.13)	0.68
T2	0.38 (0.29)	0.33 (0.18)	0.97	0.37 (0.18)	0.46 (0.23)	0.13	0.43 (0.23)	0.51 (0.37)	0.86
T3	0.26 (0.20)	0.23 (0.10)	0.74	0.20 (0.11)	0.21 (0.10)	0.45	0.21 (0.10)	0.24 (0.14)	0.68
RV T1, T0	4.96 (7.88)	1.49 (2.41)	0.24	1.58 (2.69)	2.27 (4.12)	0.80	1.12 (1.62)	0.74 (1.12)	0.48
RV T2, T0	6.39 (10.55)	1.79 (1.95)	0.34	3.58 (5.28)	5.01 (7.06)	0.36	2.53 (3.40)	1.94 (2.25)	0.62
RV T3, T0	2.61 (4.44)	0.95 (1.31)	0.63	1.12 (0.39)	1.69 (0.74)	0.97	0.65 (0.25)	0.45 (0.19)	0.55
RV T2, T1	0.43 (0.91)	0.49 (1.13)	0.85	0.61 (0.53)	0.98 (0.95)	0.36	0.68 (0.58)	1.16 (1.32)	0.89
RV T3, T1	0.04 (0.89)	0.04 (0.71)	0.99	-0.12 (0.04)	-0.20 (0.08)	0.70	-0.11 (0.08)	-0.06 (0.10)	0.90
RV T3, T2	-0.30 (0.17)	-0.27 (0.19)	0.59	-0.43 (0.26)	-0.51 (0.22)	0.35	-0.45 (0.24)	-0.44 (0.26)	0.67

RV: relative variation; SC: salivary cortisol; T0: baseline; T1: pre-simulation time; T2: post-simulation time; T3: post-debriefing time.

is a well-known relationship between stress and performance, and excessive stress impairs performance [2,20,32,37,38]. On the other hand, systematic MDTs training improves performance [39], patients' safety [40], and MDT's management of life-threatening emergencies [41,42]. Our hypothesis was that stress response declined over time with the repetition of sessions. Results showed there was no variation of SC over time regardless of the frequency of simulation sessions. Consequently, these findings suggest that stress response is multifactorial and depends on multiple pathways. Stress response can be explored with multiple components [43], according to the physiological axes of stress. In other words, HPA axis (leading to the increase in cortisol) seems to be a physiological response to simulated life-threatening events, whereas management of events might depend on the other axes (ANS, and immune systems) [44] or psychological stress [19,45]. Therefore, it could be of interest to consider stress markers of HPA, ANS, and psychological stress pathways not as competitive markers (and choose between them as equivalent markers), but as complementary ones. Their association could provide a comprehensive assessment of a complex response to an event where change in actions, behaviors, and communication take place within a MDT in a short period of time, for the optimal management of the simulated patient.

Moreover, a trend in decrease over time ( $p < 0.05$  for ANOVA, but not with an *a posteriori* test of Scheffe used because of a large SD) could also signify that the repetition of simulation sessions did have an impact on SC level, but not sufficiently to be detected. However, in the present study there was no difference between experimental and control group. Therefore, it would be interesting to repeat the experiment with simulation sessions more frequently in the experimental group, and with an assessment of other stress markers.

In our study, all participants-regardless of their status-expressed the same stress response except at the pre-simulation time during the intermediate session. There was no difference between the leader (EP) and team members. Similar stress response in MDT's members was previously reported [29,46]. Events may affect differently team members but impact all the team depending on the interaction between themselves [29]. Therefore, stress response should be apprehended in all members without focusing on the team leader. An evaluation of the leadership and communication within the team would be an interesting element to fully interpret SC variations among MDT's members.

Finally, we showed that the use of SC as sole stress marker, could only reveal a suspected elevation during the simulation scenario. It never returned to baseline after debriefing. After the repetition of simulations, there was no time effect, no group effect, and no status effect. For further investigations on stress during simulation sessions, we suggest to use an association of markers exploring

the different axes of stress-HPA, ANS, and psychological to fully comprehend the impact of stress on the medical emergency MDT's management.

## Conclusion

In an immersive simulation study including 72 MDTs simulation sessions, SC increased during a high-fidelity simulation of life-threatening events and decreased after the debriefing without returning to the baseline level. Contrary to our hypothesis, this SC variation was not blunt after the repetition of simulation sessions. No status effect was found among the MDTs' members. It might represent an adaptive team management of high-stakes situations. These results are highly important, showing that SC alone cannot reflect a complete approach of a stressful event. Future studies should investigate on the other axes of stress response (ANS and psychological), and correlate stress markers to team performance.

## Author's Contributions

**AG:** Has made substantial contributions to conception and design; performed analysis of salivary cortisol, acquisition of data, analysis and interpretation of data, and was involved in drafting the manuscript or revising it critically for important intellectual content.

**SR:** Has made substantial contributions to conception and design; performed analysis of data, and was involved in drafting the manuscript or revising it critically for important intellectual content.

**DO:** Has made substantial contributions to conception and design; will perform analysis and interpretation of data, and will be involved in drafting the manuscript or revising it critically for important intellectual content.

All the authors have given final approval of the version to be published, and agree to be accountable for all aspects of the work by ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work were appropriately investigated and resolved.

## Acknowledgement

The authors would like to thank the Société Française de Médecine d'Urgence (French Emergency Medicine Society) for the research grant.

We would like to thank Dr. Christine Millet, who provided significant help in analyzing SC.

We would like to thank Jeffrey Arsham, an American medical translator, for having reviewed the English language text.

## References

- 1 LeBlanc VR (2009) The effects of acute stress on performance: implications for health professions education. *Acad Med* 84: 525-33.
- 2 Harvey A, Bandiera G, Nathens AB, LeBlanc VR (2012) Impact of stress on resident performance in simulated trauma scenarios. *J Trauma Acute Care Surg* 72: 497-503.
- 3 Carrasco GA, Van de Kar LD (2003) Neuroendocrine pharmacology of stress. *Eur J Pharmacol* 463: 235-272.
- 4 Prince CR, Hines EJ, Chyou PH, Heegeman DJ (2014) Finding the key to a better code: code team restructure to improve performance and outcomes. *Clin Med Res* 12: 47-57.
- 5 Scaramuzza LA, Wong Y, Voitle KL, Gordils-Perez J (2014) Cardiopulmonary arrest in the outpatient setting: enhancing patient safety through rapid response algorithms and simulation teaching. *Clin J Oncol Nurs* 18: 61-64.
- 6 Murphy M, Curtis K, McCloughen A (2016) What is the impact of multidisciplinary team simulation training on team performance and efficiency of patient care? An integrative review. *Australas Emerg Nurs J* 19: 44-53.
- 7 Arora S, Sevdalis N, Aggarwal R, Sirimanna P, Darzi A, et al. (2010) Stress impairs psychomotor performance in novice laparoscopic surgeons. *Surg Endosc* 24: 2588-2593.
- 8 Bong CL, Lightdale JR, Fredette ME, Weinstock P (2010) Effects of simulation versus traditional tutorial-based training on physiological stress levels among clinicians: a pilot study. *Sim Healthcare* 5: 272-278.
- 9 Keitel A, Ringleb M, Schwartzes I, Weik U, Picker O, et al. (2011) Endocrine and psychological stress responses in a simulated emergency situation. *Psychoneuroendocrinology* 36: 98-108.
- 10 Müller MP, Hänzel M, Fichtner A, Hardt F, Weber S, et al. (2009) Excellence in performance and stress reduction during two different full scale simulator training courses: a pilot study. *Resuscitation* 80: 919-924.
- 11 Dorn LD, Lucke JF, Loucks TL, Berga SL (2007) Salivary cortisol reflects serum cortisol: analysis of circadian profiles. *Ann Clin Biochem* 44: 281-284.
- 12 Wagner J, Gik M, Marth E, Santner BI, Gallasch E, et al. (2010) Feasibility of testing three salivary stress biomarkers in relation to naturalistic traffic noise exposure. *Int J Hyg Environ Health* 213: 153-155.
- 13 Arora S, Tierney T, Sevdalis N, Aggarwal R, Nestel D, et al. (2010) The Imperial Stress Assessment Tool (ISAT): a feasible, reliable and valid approach to measuring stress in the operating room. *World J Surg* 34: 1756-1763.
- 14 Christenson J, Nafziger S, Compton S, Vijayaraghavan K, Slater B, et al. (2007) The effect of time on CPR and automated external defibrillator skills in the Public Access Defibrillation Trial. *Resuscitation* 74: 52-62.
- 15 Cordero L, Hart BJ, Hardin R, Mahan JD, Nankervis CA (2013) Deliberate practice improves pediatric residents' skills and team behaviors during simulated neonatal resuscitation. *Clin Pediatr (Phila)* 52(8):747-752.
- 16 Picard M, Curry N, Collins H, Soma L, Hill J (2015) Comparison of high-fidelity simulation versus didactic instruction as a reinforcement intervention in a comprehensive curriculum for radiology trainees in learning contrast reaction management: does it matter how we refresh? *Acad Radiol* 22(10): 1268-1276.
- 17 Arora S, Sevdalis N, Nestel D, Woloshynowych M, Darzi A, et al. (2010) The impact of stress on surgical performance: a systematic review of the literature. *Surgery* 147: 318-330, 330.
- 18 Smith WD, Chung YH, Berguer R (2000) A virtual instrument ergonomics workstation for measuring the mental workload of performing video-endoscopic surgery. *Stud Health Technol Inform* 70: 309-315.
- 19 Andreatta PB, Hillard M, Krain LP (2010) The impact of stress factors in simulation-based laparoscopic training. *Surgery* 147: 631-639.
- 20 Wetzel CM, Black SA, Hanna GB, Athanasiou T, Kneebone RL, et al. (2010) The effects of stress and coping on surgical performance during simulations. *Ann Surg* 251: 171-176.
- 21 Poolton JM, Wilson MR, Malhotra N, Ngo K, Masters RS (2011) A comparison of evaluation, time pressure, and multitasking as stressors of psychomotor operative performance. *Surgery* 149: 776-782.
- 22 Ghazali DA, Ragot S, Breque C, Guechi Y, Boureau-Vouloury A (2016) Randomized controlled trial of multidisciplinary team stress and performance in immersive simulation for management of infant in shock: study protocol. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 25;24(1): 36.
- 23 Aiken LH, Clarke SP, Sloane DM (2002) Hospital staffing, organization, and quality of care: cross-national findings. *Int J Qual Health Care* 14: 5-13.
- 24 Chan S, Debono M (2010) Replication of cortisol circadian rhythm: new advances in hydrocortisone replacement therapy. *Ther Adv Endocrinol Metab* 1: 129-138.
- 25 Debono M, Ghobadi C, Rostami-Hodjegan A, Huatan H, Campbell MJ, et al. (2009) Modified-release hydrocortisone to provide circadian cortisol profiles. *J Clin Endocrinol Metab* 94: 1548-1554.
- 26 Dickerson SS, Kemeny ME (2004) Acute stressors and cortisol responses: a theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychol Bull* 130: 355-391.
- 27 Kudielka BM, Schommer NC, Hellhammer DH, Kirschbaum C (2004) Acute HPA axis responses, heart rate, and mood changes to psychosocial stress (TSST) in humans at different times of day. *Psychoneuroendocrinology* 29: 983-992.
- 28 Maheu FS, Collicutt P, Kornik R, Moszkowski R, Lupien SJ (2005) The perfect time to be stressed: A differential modulation of human memory by stress applied in the morning or in the afternoon. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 29: 1281-1288.
- 29 Bong CL, Fraser K, Oriot D (2016) Cognitive Load and Stress in Simulation. In: Cheng, A., Grant, V., editors. *Comprehensive Healthcare Simulation: Pediatric Edition*. New York City: Springer (in press).
- 30 Lequin RM1 (2005) Enzyme immunoassay (EIA)/enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). *Clin Chem* 51: 2415-2418.
- 31 Siekmann L, Breuer H (1982) Determination of cortisol in human plasma by isotope dilution-mass spectrometry. Definitive methods in clinical chemistry, I. *J Clin Chem Clin Biochem* 20: 883-892.
- 32 McGraw LK, Out D, Hammermeister JJ, Ohlson CJ, Pickering MA, et al. (2013) Nature, correlates, and consequences of stress-related biological reactivity and regulation in Army nurses during combat casualty simulation. *Psychoneuroendocrinology* 38: 135-44.
- 33 Ordaz S, Luna B (2012) Sex differences in physiological reactivity to acute psychosocial stress in adolescence. *Psychoneuroendocrinology* 37: 1135-1157.
- 34 Ghazali DA, Faure JP, Breque C, Oriot D (2016) Evaluation of stress

This Article is Available In: [www.aclr.com.es](http://www.aclr.com.es)

- patterns during simulated laparoscopy in residency. *Minerva Chir.*
- 35 Hunziker S, Semmer NK, Tschan F, Schuetz P, Mueller B, et al. (2012) Dynamics and association of different acute stress markers with performance during a simulated resuscitation. *Resuscitation* 83: 572-578.
  - 36 Rudolph JW, Simon R, Raemer DB, Eppich WJ (2008) Debriefing as formative assessment: closing performance gaps in medical education. *Acad Emerg Med* 15: 1010-1016.
  - 37 Cavanagh JF, Frank MJ, Allen JJ (2011) Social stress reactivity alters reward and punishment learning. *Soc Cogn Affect Neurosci* 6: 311-320.
  - 38 Sexton JB, Thomas EJ, Helmreich RL (2000) Error, stress, and teamwork in medicine and aviation: cross sectional surveys. *BMJ* 320: 745-749.
  - 39 Sevdalis N (2013) Non-technical skills and the future of teamwork in healthcare settings. The Health Foundation. [http://patientsafety.health.org.uk/sites/default/files/resources/non\\_technical\\_skills\\_and\\_the\\_future\\_of\\_teamwork\\_in\\_healthcare\\_settings.pdf](http://patientsafety.health.org.uk/sites/default/files/resources/non_technical_skills_and_the_future_of_teamwork_in_healthcare_settings.pdf). Accessed 18 Mar 2016.
  - 40 Morey JC, Simon R, Jay DG, Wears RL, Salisbury M, et al. (2002) Error reduction and performance improvement in the emergency department through formal teamwork training: evaluation results of the Med Teams project. *Health Serv Res* 37: 1553-1581.
  - 41 Blum RH, Raemer DB, Carroll JS, Sunder N, Felstein DM, et al. (2004) Crisis resource management training for an anaesthesia faculty: a new approach to continuing education. *Med Educ* 38: 45-55.
  - 42 Birnbach DJ, Salas E (2008) Can medical simulation and team training reduce errors in labor and delivery? *Anesthesiol Clin* 26: 159-168, viii.
  - 43 Laurent HK, Powers SI, Granger DA (2013) Refining the multisystem view of the stress response: Coordination among cortisol, alpha-amylase, and subjective stress in response to relationship conflict. *Physiol Behav* 119: 52-60.
  - 44 Clarke S, Horeczko T, Cotton D, Bair A (2014) Heart rate, anxiety and performance of residents during a simulated critical clinical encounter: a pilot study. *BMC Med Educ* 14: 153.
  - 45 Hulsman RL, Pranger S, Koot S, Fabriek M, Karemaker JM, et al. (2010) How stressful is doctor-patient communication? Physiological and psychological stress of medical students in simulated history taking and bad-news consultations. *Int J Psychophys* 77: 26-34.
  - 46 Girzadas DV Jr, Delis S, Bose S, Hall J, Rzechula K, et al. (2009) Measures of stress and learning seem to be equally affected among all roles in a simulation scenario. *Simul Healthc* 4: 149-154.

# La simulation : du *Task-Trainer* au *Crisis Resource Management*, un défi pédagogique pour la médecine d'urgence

Simulation: from task-trainer to Crisis Resource Management, a teaching challenge for emergency medicine

A. Ghazali · A. Boureau-Voultoury · M. Scépi · O. Mimoz · D. Oriot

Reçu le 26 juin 2012 ; accepté le 18 septembre 2012  
© SFMU et Springer-Verlag France 2012

**Résumé** La pratique médicale inclut un savoir théorique, un savoir-faire et un savoir-être. La simulation a un bénéfice dans ces trois domaines et représente un outil pédagogique considérable pour la médecine d'urgence. Les médecins anesthésistes ont été les pionniers de la simulation médicale. La simulation est une technique pédagogique, pas une technologie. Elle permet l'acquisition d'une compétence individuelle par l'utilisation de task-trainers jusqu'à développer une performance d'équipe. Elle concerne aussi bien la formation initiale que continue et vise à comprendre et à éviter les erreurs humaines, source de manque de performance. Le domaine de l'urgence offre de nombreuses possibilités d'utilisation des task-trainers pour s'entraîner aux gestes pratiques, notamment quand ils sont rares, avec un bénéfice de la simulation par rapport à l'enseignement uniquement théorique. L'utilisation de scénarios complexes avec des mannequins haute-fidélité améliore les compétences, le comportement et les interactions interindividuelles. La communication et le travail d'équipe sont les éléments essentiels de la performance d'une gestion de situation de crise (Crisis Resource Management). L'apprentissage par simulation doit être évalué selon un processus codifié jusqu'à atteindre l'évaluation de l'impact clinique. L'extension de la simulation est liée au développement d'une recherche mesurant son impact clinique, c'est-

à-dire le passage du modèle de simulation au patient. L'essor de la simulation passe par la création de centres de simulation ainsi que la valorisation de la formation en équipe pluridisciplinaire. Les services d'urgence devraient être dans les premiers à bénéficier de cette nouvelle pédagogie. L'éthique, la technique et l'économie y seront gagnants.

**Mots clés** Médecine d'urgence · Enseignement · Simulation · Travail d'équipe · Évaluation

**Abstract** Medical practice includes theoretical knowledge, the know-how, and the "savoir-être". Simulation can be beneficial in these three domains and represents a fantastic teaching tool for emergency medicine. Anesthetists were the pioneers in medical simulation. Simulation is a teaching technique, not a technology. It allows gain in individual competency by the use of task-trainers, up to the development of a team performance. It can be used either in initial or CME, and aims the understanding and the avoidance of human errors, which are responsible for the lack of performance. Emergency medicine offers a lot of possibilities for the use of task-trainers to train oneself to procedures, especially when they are rare ones, with a benefit of simulation over didactic teaching alone. The use of complex scenarios with high-fidelity mannequins can improve competencies, behaviors and individual interactions. Communication and teamwork are essential issues of the performance and crisis resource management. Simulation-based training should be assessed according to a approved process aiming to reach the measurement of clinical impact. The spreading of simulation is linked to the development of research measuring its clinical impact and multidisciplinary team training as well. Emergency departments should be among the first to benefit of this new teaching method. Ethics, technology and economy would be the winners.

**Keywords** Emergency medicine · Teaching · Simulation · Teamwork · Evaluation

A. Ghazali · M. Scépi  
Service d'accueil des urgences, CHU de Poitiers,  
2, rue de la Milétrie, F-86021 Poitiers, France

A. Ghazali · A. Boureau-Voultoury · M. Scépi · D. Oriot (✉)  
Laboratoire de simulation, université de Poitiers,  
15, rue de l'Hôtel Dieu, F-86034 Poitiers cedex, France  
e-mail : denis.oriot@gmail.com

A. Boureau-Voultoury · D. Oriot  
Urgences pédiatriques, CHU de Poitiers, F-86021 Poitiers, France

O. Mimoz  
Département d'anesthésie-réanimation, CHU de Poitiers,  
F-86021 Poitiers, France

## Introduction

La pratique médicale ne se borne pas à un savoir théorique, fut-il exhaustif, elle inclut aussi un savoir-faire pratique par la réalisation de gestes médicotecniques permettant d'acquérir une aptitude et de développer une compétence et un savoir-être relationnel vis-à-vis de l'équipe soignante, des patients et des familles. La médecine d'urgence, même en reposant sur une forte composante médicotecnique, appartient à ce modèle holistique de la médecine. Du geste à la gestion (de la situation d'urgence) – un cheminement dans lequel la simulation permet un acquis pédagogique considérable pour la médecine d'urgence adulte et pédiatrique. En effet, le cadre de la médecine d'urgence a permis de démontrer le bénéfice de la simulation dans l'apprentissage de la physiologie, de la sémiologie, des gestes pratiques, du travail en équipe et de la communication [1]. Par ailleurs, la simulation devient un paradigme pédagogique en Amérique du Nord : 91 % des programmes de formation des internes en médecine d'urgence utilisent la simulation et cela, à raison de plus de 10 heures par mois et par interne dans la moitié des cas [2].

L'objectif de cet article est de faire le lien entre les débuts de l'utilisation de la simulation comme *task-trainer* jusqu'à son utilisation en haute-fidélité pour l'acquisition de compétences non-techniques dans le domaine de la médecine d'urgence. Nous pouvons définir un *task-trainer* comme un modèle plus ou moins complexe, utilisé en simulation pour l'apprentissage et l'entraînement à la réalisation d'une ou plusieurs tâches pratiques comme l'intubation ou la pose d'un cathéter, par exemple.

## Historique

Le premier modèle de simulation comme outil de formation individuel à la pratique de gestes techniques (*task-trainer*) fut proposé par Madame Du Coudray (1714-1789). Cette sage-femme exerça à Paris et enseigna en province « l'art des accouchements ». Elle inventa un mannequin – la machine de Madame Du Coudray – comprenant un bassin permettant de simuler la mécanique obstétricale, associé à un fœtus relié au placenta par un cordon, qui fut approuvé par l'Académie française de chirurgie en 1758. En 24 ans elle forma plus de 5000 sages-femmes au cours d'un véritable tour de France [3].

L'apprentissage par simulation n'a été réellement reconnu et utilisé que depuis quelques décennies dans les domaines dits « à haut risque humain » tels que l'aviation, l'armée ou encore le nucléaire où les exigences de sécurité sont maximales [4]. Dans le domaine médical, Åsmund S. Lærdal créa en 1960 le mannequin « Resusci Anne » connu pour son visage modelé sur le masque mortuaire d'une jeune noyée dans la Seine. Ce mannequin inaugura tout le matériel péda-

gogique pour l'enseignement des techniques de réanimation [5]. Dans les années 1980, l'aéronautique prenait conscience de l'importance des compétences non techniques dans la gestion des situations de crise [6]. Quelques années plus tard, cette idée fut reprise par le milieu médical, particulièrement en anesthésie et étendue à la médecine d'urgence [7]. Les médecins anesthésistes, confrontés à des situations complexes et à haut risque, ont été les pionniers en simulation dans le domaine médical en démontrant l'amélioration des compétences et des comportements chez les apprenants [8]. De plus, il a été rapporté que la simulation améliorerait la prise en charge des patients [9].

Toutes ces raisons contribuent à l'essor de la simulation médicale, actuellement largement répandue, voire systématisée dans les programmes pédagogiques d'Amérique du Nord [10]. En janvier 2009, cette méthode d'apprentissage a été reconnue par le Sénat américain (*The Enhancing Simulation Act of 2009*), comme la méthode standard d'apprentissage des soins d'urgence [11]. L'augmentation du nombre de publications sur la simulation en médecine montre son intérêt croissant. Une méta-analyse récente a recensé 10 903 articles concernant l'apprentissage par simulation [12]. Le 10 janvier 2012, l'HAS a édité les premières recommandations françaises en matière de simulation en médecine [13].

## Champs de la simulation

Comme le dit Gaba, « la simulation est une technique, pas une technologie » [14]. La simulation permet l'acquisition d'une compétence par l'utilisation de *task-trainers* – simulateurs dédiés à une seule tâche [15]. La compétence fait appel au savoir et au savoir-faire individuel pour atteindre un objectif simple. La simulation permet également l'amélioration de la performance, par la réalisation de scénarios en équipe. La performance fait appel à l'utilisation du savoir, du savoir-faire et du savoir-être non seulement individuel mais aussi, et surtout, collectif – en équipe –, pour atteindre un objectif complexe, comme la prise en charge d'un patient au déchocage [15].

En médecine d'urgence, deux grands axes pédagogiques sont susceptibles d'être concernés par la simulation : la formation initiale et la formation continue.

Il existe une raison éthique fondamentale pour utiliser la simulation en formation médicale initiale, comme le dit Gaba « les patients ne sont pas du matériel docimologique » ; il vaut mieux apprendre sur un simulateur plutôt que sur des patients [14]. L'HAS a repris récemment cet argumentaire avec « Jamais la première fois sur le patient » [13]. Parallèlement, les internes sont de plus en plus nombreux du fait de l'augmentation du *numerus clausus* rendant difficile l'apprentissage de gestes techniques au lit du malade. Un apprentissage sur mannequin peut alors être proposé avec une

évaluation de la performance au moyen d'échelles d'évaluation spécifiques [16,17]. Ainsi la simulation permet-elle de faire progresser l'apprenant le long de la *learning curve* (courbe d'apprentissage) d'un statut de novice à débutant puis à compétent, autorisant une translation de la pratique sur le patient. D'ailleurs, une enquête auprès de 150 patients a bien montré qu'ils acceptaient volontiers d'être le premier patient d'un interne pour la réalisation d'un geste technique s'ils savaient que cet interne a été formé préalablement en simulation pour réaliser ce geste [18]. Au cours des années d'expérience clinique le praticien atteint par la suite le statut de professionnel puis éventuellement celui d'expert [19].

La formation continue par simulation permet de combler la perte mémorielle [20], d'actualiser les algorithmes de prise en charge [21] et de pratiquer des gestes peu usités [22]. Depuis la sortie du livre « *To err is human* » du *National Institute of Medicine* américain en 1999 [23], l'erreur humaine apparaît comme la principale pourvoyeuse d'échec de performance. La simulation permet de comprendre les mécanismes qui amènent à ces erreurs, et ainsi d'en diminuer l'incidence [21]. Les dernières recommandations internationales concernant la réanimation cardiorespiratoire insistent sur l'utilisation de la simulation comme moyen pédagogique et sur la possibilité de rejouer en simulation des situations cliniques difficiles afin d'améliorer la performance [24,25]. Ainsi, la simulation fait partie intégrante de la politique de sûreté du patient [26]. De ce fait elle a un impact économique considérable, encore peu exploré dans le domaine de la médecine.

### Simulation sur *task-trainers*

La réanimation du nouveau-né à la naissance, par bien des aspects, fait figure de « laboratoire pédagogique » des prises en charge d'urgences vitales, car le temps et le lieu sont fixes, et il ne reste qu'à analyser les actions qui s'y déroulent. C'est ainsi qu'il a été rapporté en France qu'une mauvaise pratique de certains gestes d'urgence et des décisions qui les concernent lors de la réanimation d'un nouveau-né à la naissance, était pourvoyeuse d'un mauvais pronostic ultérieur [27]. Même s'il paraît souhaitable d'apprendre ces gestes de sauvetage *ex vivo* sur mannequin, comme cela se faisait depuis longtemps en Amérique du Nord [28], la majorité des pédiatres français optait, il y a une quinzaine d'années, pour d'autres moyens pédagogiques que la simulation, tels la prise de gardes [29]. Pourtant, le bénéfice de la simulation pour l'apprentissage de certains gestes d'urgence, par rapport à l'enseignement uniquement théorique, existait depuis longtemps. Il a depuis été démontré dans plusieurs autres domaines de la médecine d'urgence : l'intubation en urgence [30], l'intubation fibroscopique [31,32], l'intubation par vidéo-laryngoscope en cas de voies aériennes d'accès diffi-

cile [33,34], la mise en place d'un masque laryngé [35], la réalisation d'une thyroïdectomie [36,37], la pose d'un cathéter veineux central [38,39], d'un drain thoracique [40], d'une voie intra-osseuse chez le nourrisson [17] ou la bronchoscopie [41].

Le domaine de l'urgence offre de nombreuses possibilités pour utiliser des *task-trainers* en rapport avec les gestes pratiques réalisés. Certains gestes rarement pratiqués en clinique sont plus susceptibles d'être source d'échec ou de complications. C'est pourquoi la simulation a un grand rôle à jouer dans le maintien d'une performance élevée pour ces gestes rarement réalisés, comme la pose d'un drain thoracique ou la thyroïdectomie [22]. Néanmoins, les moyens d'évaluation des performances devraient rendre compte de l'acquisition d'un savoir-faire et pas seulement de connaissances théoriques, ce qui n'est pas toujours le cas dans les études réalisées.

### Simulation avec scénarios complexes et travail d'équipe

Peut-on encore apprendre « sur le tas », tel que cela s'entend vulgairement ? À ce jour, il existe peu d'outils pédagogiques permettant la formation à la prise en charge d'une urgence vitale. La simulation permet de mettre en scène des situations pour apprendre à les gérer et améliorer la prise en charge des patients [42]. L'utilisation de la simulation a prouvé son bénéfice dans l'amélioration des compétences et du comportement des professionnels [12,43].

Depuis 2006, nous avons trouvé (recherche sur PubMed : *education, simulation, emergency medicine*) neuf études publiées sur l'utilisation de la simulation dans la formation des internes en médecine d'urgence (Tableau 1). Parmi elles, six sont des essais randomisés contrôlés, avec comme critères de jugement principaux, soit des tests théoriques (pré- et post-test ou seulement post-test) dans cinq études, soit des réponses à un scénario joué par un logiciel, pour une étude [51]. En aucun cas il n'y a eu d'évaluation des réalisations pratiques (techniques et relationnelles), puisque celle-ci s'est limitée au domaine des connaissances. Pour autant, la communication et le travail d'équipe sont des éléments essentiels en médecine d'urgence, liés au volume d'informations et d'actions générées et décisifs dans la performance [53]. Le développement du travail d'équipe en médecine d'urgence est une nécessité pédagogique mais aussi une évidence clinique. La communication, la coordination et la collaboration sont des éléments déterminants qui sont autant de barrières au risque d'erreur [54]. Plusieurs études ont montré qu'une communication ou un travail d'équipe suboptimal pouvait être source d'erreurs et de préjudices en médecine d'urgence [55-57]. Dans son rapport annuel en 2008, le *National Institute of Medicine* américain publiait que les

programmes pédagogiques devaient former les internes à savoir comment prendre en charge leur patient en utilisant une « communication efficace » [58].

Même si la méthode de référence du travail d'équipe n'existe pas, plusieurs études ont été réalisées afin d'améliorer le travail d'équipe [59]. À notre connaissance, il n'existe qu'une seule étude randomisée étudiant l'impact de la simulation sur l'amélioration du travail d'équipe en médecine d'urgence chez l'adulte [60]. Malheureusement, dans cette étude, il n'existe pas de différence significative entre les deux groupes, même si l'on retrouve une tendance en faveur d'un meilleur travail en équipe [60]. D'autres études pré/post-simulation ont rapporté un bénéfice de la simulation sur le travail d'équipe dans la prise en charge des patients traumatisés [61].

En dehors de la médecine d'urgence, l'effet de la simulation sur le travail en équipe a été étudié dans certains domaines de la médecine, où l'urgence des décisions intervient : en réanimation en salle de naissance [62], en réanimation pédiatrique [63] et très récemment en chirurgie [64].

Même si ces études ont apporté une amélioration des comportements et de la performance des équipes, aucune n'a amélioré le devenir des patients [65]. Beaucoup font appel à des observations comportementales dont les échelles n'ont pas forcément été validées au préalable. Certaines utilisent une auto-évaluation des acquis comme seul critère de jugement [64]. Ceci montre bien la difficulté à évaluer les compétences, non seulement techniques, mais aussi en communication et en travail d'équipe, avec des échelles d'évaluation validées.

### Simulation, travail d'équipe et *Crisis Resource Management*

La performance d'une équipe en situation de prise en charge d'une urgence vitale dépend non seulement de la maîtrise de gestes techniques et du respect des algorithmes, mais aussi du travail d'équipe. « *Patient care is a team sport* », comme le dit Salas [66]. Dès qu'une situation clinique implique au moins deux acteurs, interviennent des compétences non techniques. Il s'agit du leadership, de la répartition des tâches, la qualité de la communication (avec utilisation du *double-check*), la prise de décision, l'anticipation et la planification, l'appel d'aide, la réévaluation de la situation et la priorisation [67]. Dans le contexte de l'urgence, cela peut s'étendre à la « gestion d'une situation de crise » ou *Crisis Resource Management* (CRM), comme celle de l'arrivée d'un patient en salle d'accueil des urgences vitales. Le CRM correspond à un ensemble de principes concernant les interactions interpersonnelles et les comportements qui contribuent au fonctionnement optimal d'une équipe durant une situation de crise [43]. Le CRM a été introduit en médecine par Gaba, concernant plus particulièrement l'anesthésie [68]. Mais ce n'est que

lors de la dernière décennie que s'est développé le concept de CRM en médecine d'urgence ainsi que son évaluation. Le CRM recouvre quatre grands domaines [69] :

1. *La clarification des rôles* avec identification du leader et l'attribution d'un rôle précis à chaque membre de l'équipe.

2. *La communication* claire et efficace entre un leader qui planifie les actions et les membres de l'équipe qui réaliseront des tâches après une éventuelle clarification sur l'élaboration du plan d'action. La communication permet également à chacun d'échanger les informations utiles au fonctionnement mais aussi de s'avertir de la survenue d'événements critiques.

3. *L'utilisation des ressources disponibles* inclut l'appel d'aide précoce, la répartition optimale de la charge de travail entre les membres de l'équipe et l'emploi d'un équipement approprié.

4. *La conscience de la situation* de crise repose sur l'anticipation, la planification des actions et sur l'utilisation de toutes les informations liées à la prise en charge. L'équipe doit être capable de modifier sa conscience de la situation lors de l'intégration de nouvelles données. Le leader fait un résumé synthétique et rapide de la situation pour améliorer la compréhension de l'équipe ou lors d'un appel d'aide. L'équipe réalise un briefing pour anticiper la crise et un débriefing si cette dernière se produit.

Depuis 2003, huit échelles ont été validées pour évaluer le CRM : L'*Anaesthetists' Non-Technical Skills* (ANTS) de Fletcher [70], l'*Ottawa Global Rating Scale* de Kim [71], le *Behavioral Assessment Tool* (BAT) d'Anderson [72], le *Mayo High Performance Teamwork Scale* de Malec [73], le *Team Performance During Simulated Crises Instrument* (TPDSCI) de Calhoun [74], l'échelle d'évaluation de Plant [75], le *Simulation Team Assessment Tool* (STAT) de Reid [76] et l'échelle d'évaluation de Grant [77]. Il n'y a encore que très peu d'utilisation de ces échelles en simulation ou en pratique clinique.

### Évaluation

L'apprentissage par simulation, comme tout type de pédagogie, doit être rigoureusement évalué. C'est la seule façon d'inscrire réellement la simulation dans un processus pédagogique et d'éviter l'attrait ludique. En 1967, Kirkpatrick proposa une approche hiérarchisée de l'évaluation d'un processus d'apprentissage [78]. Le niveau 1 concerne le degré de satisfaction de l'apprenant. Cet élément subjectif de satisfaction des apprenants est lié au réalisme du modèle utilisé, sans lequel il n'est pas possible d'envisager un bénéfice ultérieur de la simulation [79]. Toutes les publications médicales sur l'apprentissage par simulation mettent en avant, parallèlement à l'amélioration de la compétence et de la performance, cette notion de satisfaction des apprenants [8,80].

**Tableau 1** Formations par simulation des internes en médecine d'urgence.

ACC : apprentissage par cas cliniques ; APP : apprentissage par problèmes ; ERC : essai randomisé contrôlé ; MDC : médecine de catastrophe ; NS : non significatif ; Sim : simulation ; Théorie : présentation par diaporama.

N°	Sources	Internes	Schémas de recherche	Scénarios joués	Méthodes d'évaluation et résultats
1	Takayesu, Massachussets General Hospital, Boston, Massachussets USA, 2006 [44]	95	<b>Volontaires</b> 1 session = 2 heures	Insuffisance respiratoire Infarctus du myocarde, Trauma sévère	Autoévaluation : satisfaction (94 % excellent), répétition (91 % inclus dans le cursus) Évaluation théorique (pré-/post-test) <b>Sim &gt; APP</b> ; post-test ( $p < 0,0001$ ) ; post-prétest ( $p < 0,04$ )
2	Steadman, UCLA, Los Angeles, California, USA, 2006 [45]	31	<b>ERC</b> : Sim vs. APP 1 semaine	Dyspnée aiguë, Douleur abdominale aiguë	Évaluation théorique (pré-/post-test) <b>Sim &gt; APP</b> ; post-test ( $p < 0,0001$ ) ; post-prétest ( $p < 0,04$ )
3	Gordon, Center for Medical Simulation, Boston, Massachussets USA, 2006 [46]	38	<b>ERC</b> : Sim vs. Théorie 1 session Cross-over scénarios	Infarctus du myocarde, Asthme aigu grave	Évaluation théorique (pré-/post-test) Post-prétest : NS
4	Smolle, Université de Graz, Graz Autriche, 2007 [47]	41	<b>Volontaires</b> 1 session = 30 minutes	Trauma thoracique	Autoévaluation : satisfaction, préférée Évaluation théorique (pré/posttest) <b>Sim &gt; Théorie</b> : post- prétest +14 % ( $p < 0,001$ )
5	Schwartz, Wayne State University, Detroit, Michigan USA, 2007 [48]	102	<b>ERC</b> : Sim vs. ACC 1 mois	Douleur thoracique Arrêt cardio-respiratoire	Évaluation théorique (post-test) Post-test : NS
6	Nguyen, Loma Linda University, Loma Linda, California USA, 2009 [49]	63	<b>Cohorte prospective</b> 1 session = 5 heures (théorie puis simulation)	Syndrome septique Choc septique	Autoévaluation : confiance en soi Évaluation théorique (pré-/post-test) <b>Sim &gt; Théorie</b> : post- prétest ( $p < 0,01$ )
7	Ten Eyck, Wright State University, Kettering, Ohio USA, 2009 [50]	91	<b>ERC</b> : Sim vs. ACC 1 session = 2 semaines Cross-over sujets	Diverses urgences médicales	Autoévaluation : satisfaction, réalisme Évaluation théorique (posttest) Post-test : NS
8	Franc-Law, Alberta University, Edmonton, Alberta Canada, 2010 [51]	88	Théorie MDC pour tous <b>ERC</b> : Sim MDC vs. Sim standard	Médecine de catastrophe	Autoévaluation : satisfaction, préférée Évaluation théorique (Logiciel MDC) <b>Sim MDC &gt; Sim standard</b> : flux des patients ( $p < 0,001$ )
9	McCoy, University of California, Irvine, Orange, California USA, 2010 [52]	28	<b>ERC</b> : Sim vs. Théorie Cross-over scénarios	Infarctus, Choc anaphylactique	Évaluation théorique (post-test) <b>Sim &gt; Théorie</b> : post-test ( $p < 0,0001$ )

Le niveau 2 évalue l'acquisition de compétences théoriques et pratiques. C'est à ce niveau que se situe la quasi-totalité des critères de jugement des recherches en simulation. Huit des études retrouvées sur la formation par simulation des internes en médecine d'urgence évaluent l'acquisition des connaissances par simulation (niveau 2) en plus du degré de satisfaction des apprenants par auto-évaluation (niveau 1) [45-52].

Quant au niveau 3, il mesure le changement des pratiques professionnelles. Seules quelques publications en anesthésie [81], ou en pédiatrie [62,82,83], font état de changements des pratiques professionnelles. Enfin, le niveau 4 s'intéresse à l'impact clinique dans une population ciblée de patients (morbidité et mortalité) [78]. Actuellement, la plupart des travaux scientifiques porte sur une évaluation des niveaux 1 et 2. Celles mesurant l'impact clinique sont exceptionnelles, comme l'étude de Barsuk, en 2009, qui rapporte une diminution des infections nosocomiales sur cathéter centraux après formation par simulation [84].

Au-delà des niveaux de Kirkpatrick, comme pour tout processus pédagogique, se trouve le problème des modalités d'évaluation. Alors qu'il est facile d'évaluer de façon objective un enseignement théorique (cours magistral, etc.) par un test théorique (questions, QROC ou QCM), le problème devient beaucoup plus difficile lorsqu'il s'agit d'une performance pratique. On risque vite d'obtenir une appréciation purement subjective de l'observateur, très peu reproductible. Nous avons vu que les études de formation *pratique* par simulation des internes en médecine d'urgence montrant le bénéfice de la simulation utilisaient toutes des critères d'évaluation *théoriques*. C'est là un des défis de la pédagogie par simulation : avoir des outils d'évaluation fiables, validés et adaptés au mode d'apprentissage.

La position de l'apprenant en simulation est tout à fait différente de celle d'un étudiant assis dans un amphithéâtre. Il est acteur de sa propre formation. Des émotions sont générées ainsi qu'une certaine anxiété, même si celle-ci ne semble pas entraver l'acquisition de connaissances [85]. L'évaluation de ses compétences et de sa performance va être le fruit de l'*observation* d'un superviseur. Mais l'observation directe par un seul observateur peut être insuffisante, et l'observation à plusieurs induire des biais, car il n'est pas certain que tous observent la même chose au même moment [54]. Quant à la vidéo, il n'est pas certain non plus que la ou les caméras captent l'ensemble de la performance, surtout s'il s'agit d'une équipe [54]. Les échelles d'évaluation, même s'il s'agit de simples check-lists, doivent être validées selon un processus scientifique rigoureux [86] et obtenir une bonne reproductibilité inter-observateur pour être utilisées. À ce jour, il n'existe que deux échelles validées pour mesurer la performance d'une équipe [75,87] et deux pour mesurer la performance du leader [72,73]. La plupart de ces échel-

les ont été développées pour les anesthésistes et ne sont pas forcément transposables à toutes les équipes d'urgence.

Cependant, la démonstration absolue de la légitimité de l'apprentissage par simulation (s'il en fallait une au-delà des acquis de l'apprenant) passe par l'évaluation de l'impact clinique, en termes d'amélioration de certains marqueurs cliniques prédéfinis. C'est le niveau 4 de Kirkpatrick. Cette étape n'est pas uniquement scientifique, elle est aussi économique. En diminuant la morbidité par une amélioration de la qualité des soins – processus global du soin – on permet des économies substantielles. Ce point doit être mis en regard des coûts élevés des formateurs et des mannequins haute-fidélité et de leur maintenance dans les centres de simulation. De ce fait, l'extension du champ d'action de la simulation et du développement des centres de simulation est étroitement liée à la promotion de la recherche translationnelle, c'est-à-dire le passage du modèle au patient.

## Conclusion

Nous sommes au début de l'ère de la simulation médicale en France. Son essor doit passer par la création de centres de simulation et la valorisation de la formation en équipe pluridisciplinaire [88]. Les services d'urgence devraient être dans les premiers à bénéficier de cette nouvelle pédagogie. Les task-trainers et les mannequins haute-fidélité sont une source incroyable de possibilités pédagogiques. Il faut rapidement constituer des équipes de formateurs par simulation et impliquer les CHU et les facultés de médecine pour former l'ensemble du personnel soignant (médical et paramédical). Le récent développement professionnel continu (DPC) sera probablement très lié à la simulation. Pour la formation initiale des étudiants, la simulation devrait être intégrée dans leur cursus universitaire.

Les équipes universitaires ont un rôle important à jouer en généralisant l'enseignement par simulation. Mais elles ont aussi un rôle fondamental en recherche en simulation par l'élaboration d'échelles d'évaluation validées pour les compétences techniques et non techniques et l'étude de l'impact clinique des formations par simulation, avec ses conséquences budgétaires en micro- et macro-économie. Ainsi l'éthique, la technique et l'économie y seront gagnants. Reste à convaincre les politiques !

**Conflit d'intérêt :** les auteurs ne déclarent pas de conflit d'intérêt.

## Références

1. Chakravarthy B, Ter Haar E, Bhat SS, et al (2011) Simulation in medical school education; review for emergency medicine. West J Emerg Med 12:461-6

2. Okuda Y, Bond W, Bonfante G, et al (2008) National growth in simulation training within emergency medicine residency programs, 2003-2008. *Acad Emerg Med* 15:1113-6
3. Owen H (2012) Early use of simulation in medical education. *Sim Healthcare* 7:102-16
4. Grenvik A, Schaeffer JJ (2004) Medical simulation training coming of age. *Crit Care Med* 32:2549-50
5. Tjomsland N, Baskett P (2002) The Resuscitation Greats Åsmund S. Lærdal. *Resuscitation* 53:115-9
6. Helmreich RL, Meritt AC, Wilhelm JA (1999) The evolution of crew resource management training in commercial aviation. *Int J Aviat Psychol* 9:19-32
7. Howard SK, Gaba DM, Fish KJ, et al (1992) Anesthesia crisis resource management training: teaching anesthesiologists to handle critical incidents. *Aviat Space Environ Med* 63:763-70
8. Kurrek MM, Fish KJ (1996) Anaesthesia crisis resource management training: an intimidation concept, a rewarding experience. *Can J Anaesth* 43:430-4
9. Savoldelli GL, Naik VN, Joo HS, et al (2006) Evaluation of patient simulator performance as an adjunct to the oral examination for senior anesthesia resident. *Anesthesiology* 104:475-81
10. Issenberg SB, McGaghie WC, Hart IR, et al (1999) Simulation technology for health care professionals skills training and assessment. *JAMA* 282:861-6
11. Forbes R, Kennedy P, Van Hollen C, et al (2009) H.R. 855 (111<sup>th</sup> congress) Enhancing safety in medicine utilizing leading advanced simulation technologies to improve outcomes now Act of 2009 - A Bill to amend the Public Health Service Act to authorize medical simulation enhancement programs, and for other purposes. In the House of Representatives
12. Cook DA, Hatala R, Bridges R, et al (2011) Technology-enhanced simulation for health professions education. *JAMA* 306:978-88
13. Grany JC, Moll MC (2012) État de l'art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé dans le cadre du développement professionnel continu (DPC) et de la prévention des risques associés aux soins. Rapport de Mission HAS du 10 janvier 2012 ([www.has-sante.fr](http://www.has-sante.fr)) (dernier accès 1<sup>er</sup> Juin 2012)
14. Gaba DM, Howard SK, Flanagan B, et al (1998) Assessment of clinical performance during simulated crises using both technical and behavioral ratings. *Anesthesiology* 89:8-18
15. Epstein RM (2007) Assessment in medical education. *N Engl J Med* 356:387-96
16. Oriot D, Cardona J, Berthier M, et al (1994) La voie intra-osseuse, une voie d'abord vasculaire méconnue en France. *Arch Pédiatr* 1:684-8
17. Oriot D, Darrieux E, Boureau-Voultoury A, et al (2012) Validation of a performance assessment scale for simulated intraosseous access. *Sim Healthcare* 7:171-5
18. Graber MA, Wyatt C, Kasperek L, Xu Y (2005) Does simulator training for medical students change patient opinions and attitudes toward medical student procedures in the emergency department? *Acad Emerg Med* 12:635-9
19. Dreyfus SE (2004) The Five-Stage Model of Adult Skill Acquisition. *Bull Sci Techn Soc* 4:177
20. Langhan TS, Rigby JJ, Walker JW, et al (2009) Simulation-based training in critical resuscitation procedures improves residents' competence. *CJEM* 11:535-9
21. Levine AI, Bryson EO (2008) The use of multimodality simulation in the evaluation of physicians with suspected lapsed competence. *J Crit Care* 23:197-202
22. Shefrin A, Khazei A, Cheng A (2010) Teaching rare procedures: implementation and evaluation of a novel pediatric emergency medicine procedures course utilizing a web-based curriculum and high and low fidelity task trainers. Third International Pediatric Simulation Symposia and Workshops, Madrid, Spain
23. Kohn LT, Corrigan J, Donaldson MS (2000) Committee on Quality of Health Care in America. To err is human: building a safer health system. National Academy Press Ed, Washington DC 2000
24. American Heart Association (2010) 2010 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation* 122:S460-S933
25. European Resuscitation Council (2010) To preserve human life by making high quality resuscitation available to all. European Resuscitation Council Secretariat vzw Ed, Edegem, Belgium
26. Ziv A, Small SD, Wolpe PR (2000) Patient safety and simulation-based medical education. *Med Teacher* 22:489-95
27. Oriot D, Boussemar T, Cardona J, et al (1993) Medical errors during cardiopulmonary resuscitation of neonates. *Eur J Pediatr* 152:781
28. Oriot D, Berthier M, Cardona J, et al (1994) Plaidoyer pour une formation régionale à la réanimation du nouveau-né à la naissance. *J Gynecol Obstet Biol Reprod* 23:639-41
29. Oriot D, Nassimi A, Berthier M, et al (1996) Quels choix pédagogiques pour la formation à la réanimation du nouveau-né ? *Arch Pédiatr* 3:213-7
30. Mayo PH, Hegde A, Eisen LA, et al (2011) A program to improve the quality of emergency endotracheal intubation. *J Intensive Care Med* 26:50-6
31. Naik VN, Matsumoto ED, Houston PL, et al (2011) Fiberoptic orotracheal intubation on anesthetized patients. *Anesthesiology* 95:343-8
32. Binstadt E, Donner S, Nelson J, et al (2008) Simulator training improves fiber-optic intubation proficiency among emergency medicine residents. *Acad Emerg Med* 15:1211-4
33. Fonte M, Oulego-Erroz I, Nadkarni L, et al (2011) A randomized comparison of the GlideScope videolaryngoscope to the standard laryngoscopy for intubation by pediatric residents in simulated easy and difficult infant airway scenarios. *Pediatr Emerg Care* 27:398-402
34. Latif RK, Akca O (2011) Simulation based training of airway management with Macintosh blade and Glidescope video laryngoscope. *Minerva Anest* 77:1-3
35. Laiou E, Clutton-Brock TH, Lilford RJ, Taylor CA (2011) The effects of laryngeal mask airway passage simulation training on the acquisition of undergraduate clinical skills: a randomised controlled trial. *BMC Med Educ* 11:57
36. John B, Suri I, Hillemann C, Mendonca C (2007) Comparison of cricothyroidotomy on manikin vs. simulator: a randomised cross-over study. *Anaesthesia* 62:1029-32
37. Siu LW, Boet S, Borges BCR, et al (2010) High-fidelity simulation demonstrates the influence of anesthesiologists' age and years from residency on emergency cricothyroidotomy skills. *Anesth Analg* 111:955-60
38. Woo MY, Frank J, Curtis Lee A, et al (2009) Effectiveness of a novel training program for emergency medicine residents in ultrasound-guided insertion of central venous catheters. *Can J Emerg Med* 11:343-8
39. Dong Y, Suri HS, Cook DA, et al (2010) Simulation-based objective assessment discerns clinical proficiency in central line placement: a construct validation. *Chest* 137:1050-6
40. Jiang G, Chen H, Wang S, et al (2011) Learning curves and long-term outcome of simulation-based thoracentesis training for medical students. *BMJ Med Educ* 11:39-45
41. Blum MG, Powers TW, Sundaresan S (2004) Bronchoscopy simulator effectively prepares junior residents to competently perform basic clinical bronchoscopy. *Ann Thorac Surg* 78:287-91
42. Yee B, Naik VN, Joo HS, et al (2005) Nontechnical skills in anesthesia crisis management with repeated exposure to simulation-based education. *Anesthesiology* 103:241-8

43. Cheng A, Donoghue A, Gilfoyle E, Eppich W (2012) Simulation-based crisis resource management training for pediatric critical care medicine: a review for instructors. *Pediatr Crit Care Med* 13:197-203
44. Takayesu JK, Farrell SE, Evans AJ, et al (2006) How do clinical clerkship students experience simulator-based teaching? A qualitative analysis. *Sim Healthcare* 1:215-9
45. Steadman RH, Coates WC, Huang YM, et al (2006) Simulation-based training is superior to problem-based learning for the acquisition of critical assessment and management skills. *Crit Care Med* 34:151-7
46. Gordon JA, Shaffer DW, Raemer DB, et al (2006) A randomized controlled trial of simulation-based teaching versus traditional instruction in medicine: a pilot study among clinical medical students. *Adv Health Sci Educ Theory Pract* 11:33-9
47. Smolle J, Prause G, Smolle-Juttner FM (2007) Emergency treatment of chest trauma: an e-learning simulation model for undergraduate medical students. *Eur J Cardiothorac Surg* 32:644-7
48. Schwartz LR, Fernandez R, Kouyoumjian SR, et al (2007) A randomized comparison trial of case-based learning versus human patient simulation in medical student education. *Acad Emerg Med* 14:130-7
49. Nguyen HB, Daniel-Underwood L, Van Ginkel C, et al (2009) An educational course including medical simulation for early goal-directed therapy and the severe sepsis resuscitation bundle: an evaluation for medical student training. *Resuscitation* 80:674-9
50. Ten Eyck RP, Tews M, Ballester JM (2009) Improved medical student satisfaction and test performance with a simulation-based emergency medicine curriculum: a randomized controlled trial. *Ann Emerg Med* 54:684-91
51. Franc-Law JM, Ingrassia PL, Ragazzoni L, et al (2010) The effectiveness of training with an emergency department simulator on medical student performance in a simulated disaster. *CJEM* 12:27-32
52. McCoy CE, Menchine M, Anderson C, et al (2010) Prospective randomized crossover study of simulation vs. didactics for teaching medical students the assessment and management of critically ill patients. *J Emerg Med* 40:448-55
53. Haftel HM, Hicks PJ (2011) Assessing teamwork and communication in the authentic patient care learning environment. *Pediatrics* 127:601-3
54. Wears R, Leape LL (1999) Human error in emergency medicine. *Ann Emerg Med* 34:370-2
55. McDermott FT, Rosenfeldt JV, Laidlaw JD, et al (2004) Evaluation of management of road trauma survivors with brain injury and neurological instability in Victoria. *J Trauma* 56:137-49
56. Marsch SC, Müller C, Marquardt K, et al (2004) Human factors affect the quality of cardiopulmonary resuscitation in simulated cardiac arrests. *Resuscitation* 60:51-6
57. Wheelan SA, Burchill CN, Tilin F (2003) The link between teamwork and patients' outcomes in intensive care units. *Am J Crit Care* 12:527-34
58. National Institute of Medicine (2008) Resident duty hours: enhancing sleep, supervision, and safety. Washington DC: Institute of Medicine Press
59. Shapiro MJ, Gardner R, Godwin SA, et al (2008) Defining team performance for simulation-based training: methodology, metrics, and opportunities for emergency medicine. *Acad Emerg Med* 15:1088-97
60. Shapiro MJ, Morey JC, Small SD, et al (2004) Simulation based teamwork training for emergency department staff: does it improve clinical team performance when added to an existing didactic teamwork curriculum? *Qual Saf Health Care* 13:417-21
61. Capella J, Smith S, Philp A, et al (2010) Teamwork training improves the clinical care of trauma patients. *J Surg Educ* 67:439-43
62. Thomas EJ, Williams AL, Reichman EF, et al (2010) Team training in the neonatal resuscitation program for interns: Teamwork and quality of resuscitations. *Pediatrics* 125:539-46
63. Nishisaki A, Nguyen J, Colborn S, et al (2011) Evaluation of multidisciplinary simulation training on clinical performance and team behavior during tracheal intubation procedures in a pediatric intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med* 12:406-14
64. Beaman E, O'Brien R, Anthony A, et al (2012) Learning surgical communication, leadership and teamwork through simulation. *J Surg Educ* 69:201-7
65. Nishisaki A, Keren R, Naikami V (2007) Does simulation improve patient safety? Self-efficacy, competence, operational performance, and patient safety. *Anesth Clin* 25:225-36
66. Salas E, Diaz Granados D, Weaver SJ, King H (2008) Does team training work? Principles for health care. *Acad Emerg Med* 11:1002-9
67. Owen H, Mugford B, Follows V, Plummer JL (2006) Comparison of three simulation-based training methods for management of medical emergencies. *Resuscitation* 71:204-11
68. Gaba DM, Fish KJ, Howard SK (1994) *Crisis Management in Anesthesiology*. New York: Churchill Livingstone
69. Came B, Kennedy M, Gray T (2012) Crisis resource management in emergency medicine. *Emerg Med Australas* 24:7-13
70. Fletcher G, Flin R, McGeorge P, et al (2003) Anaesthetists' Non-Technical Skills (ANTS): Evaluation of a behavioural marker system. *Br J Anaesth* 90:580-8
71. Kim J, Neilipovitz D, Cardinal P, et al (2006) A pilot study using high-fidelity simulation to formally evaluate performance in the resuscitation of critically ill patients: The University of Ottawa Critical Care Medicine, High-Fidelity Simulation, and Crisis Resource Management I Study. *Crit Care Med* 34:2167-74
72. Anderson JM, Murphy AA, Boyle KB, et al (2006) Simulating extracorporeal membrane oxygenation emergencies to improve human performance. Part II: assessment of technical and behavioral skills. *Sim Healthcare* 1:228-32
73. Malec JF, Torsher LC, Dunn WF, et al (2007) The Mayo high performance teamwork scale: reliability and validity for evaluating key crew resource management skills. *Sim Healthcare* 2:4-10
74. Calhoun AW, Rider EA, Meyer EC, et al (2009) Assessment of communication skills and self-appraisal in the simulated environment: feasibility of multirater feedback with gap analysis. *Sim Healthcare* 4:22-9
75. Plant JL, van Schaik SM, Sliwka DC, et al (2011) Validation of a self-efficacy instrument and its relationship to performance of crisis resource management skills. *Adv Health Sci Educ Theory Pract* 16:579-90
76. Reid J, Stone K, Brown J, et al (2012) The Simulation Team Assessment Tool (STAT): Development, reliability and validation. *Resuscitation* 83:879-86
77. Grant EC, Grant VJ, Bhanji F, et al (2012) The development and assessment of an evaluation tool for pediatric resident competence in leading simulated pediatric resuscitations. *Resuscitation* 83:887-93
78. Kirkpatrick DL (1967) Education. In: Craig RL, Bittel LR, eds. *Training and development handbook*. McGraw-Hill, New-York, p.87-112
79. MacDougall CF (2010) Evaluation - the educational context. *Arch Dis Child Educ Pract Ed* 95:28-32
80. Holzman RS, Cooper JB, Gaba DM, et al (1995) Anesthesia crisis resource management: real-life simulation training in operating room crises. *J Clin Anesth*, 7:675-87

81. Russo SG, Eich C, Barwing J, et al (2007) Self-reported changes in attitude and behavior after attending a simulation-aided airway management course. *J Clin Anesth* 19:517-22
82. Baker TW, King W, Soto W, et al (2009) The efficacy of pediatric advanced life support training in emergency medical service providers. *Pediatr Emerg Care* 25:508-12
83. Turner NM, Lukkassen I, Bakker N, et al (2009) The effect of the APLS-course on self-efficacy and its relationship to behavioural decisions in paediatric resuscitation. *Resuscitation* 80:913-8
84. Barsuk JH, Cohen ER, Feinglass J, et al (2009) Use of simulation-based education to reduce catheter-related bloodstream infections. *Arch Intern Med* 169:1420-3
85. Beischel KP, Pettigrew A (2011) Anxiety as a mediating variable to learning outcomes in a human patient simulation experience: a mixed methods study. *West J Nurs Res* 33:138-9
86. Downing SM (2003) Validity: on meaningful interpretation of assessment data. *Med Educ* 37:830-7
87. Guise JM, Deering SH, Kanki BG, et al (2008) Validation of a tool to measure and promote clinical teamwork. *Sim Healthcare* 3:217-23
88. Truchot-Cardot D (2011) Place de la simulation dans les nouveaux enjeux en santé. *Actualités en pédagogie médicale SFEM Ed*, Paris 2011

## 10.4. Communications

### 10.4.1. Internationales

#### 10.4.1.1. *IPSSW 2015, International Pediatric Simulation Symposia and Workshops, Vancouver, Canada; 2015*

### IPSSW Abstract Submission 2015

*Assessment (including use and validation of measurement and assessment tools)*

IPSSW2015-1171

#### EFFECT OF REPETITIVE IMMERSIVE SIMULATION SESSIONS ON SUBJECTIVE STRESS RESPONSE OF MDTs

Aiham Ghazali<sup>1\*</sup>, Ivan Rafei-Darmian<sup>1</sup>, Stéphanie Ragot<sup>1</sup>, Jean-Jacques Chavagnat<sup>1</sup>, Michel Scépi<sup>1</sup>, Denis Oriot<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University Hospital of Poitiers, Poitiers, France

Please indicate your presentation preference: Oral presentation

Has the submitted material been presented before?: No

**Abstract Body:** Background: Stress is inherent to emergency medicine and related to exceptional interventions, sometimes causing psychotrauma (1). Simulation-based training (SBT) in immersion can reproduce situations with evidence of stress (2). Despite published studies on stress/performance (3), to our knowledge no research has studied the effect of repetitive SBT sessions on subjective stress response and the risk of post-traumatic stress disorder (PTSD).

Methods: IRB approval by the University Hospital of Poitiers, France, and INSERM-CIC 1402 (Research Institute). Single-center RCT.

Objectives: 1) To study the effect of repetitive immersive simulations on subjective stress; 2) To measure stress parameters change during a session; 3) To analyze status effect.

Twelve multidisciplinary teams (MDTs) were recruited, with 4 participants in each: an emergency physician (EP), a resident (GPY), a nurse and an ambulance driver (composition of SAMU team – French Emergency Medical Service). Six MDTs were randomized to receive 9 immersive simulations over 1 year (group A) and 6 MDTs to receive only 3 (group B). The theme was "emergency management of an infant in shock". A SimNewB (Laerdal\*) mannequin was used. Scenarios included: hypovolemia, congestive heart failure, adrenal insufficiency, burns, trauma, malaria, supraventricular tachycardia, tamponnade, and purpura fulminans.

Self-assessment of subjective stress was performed (scales): STAI (4), IES-R (5), PCLS (6), and Stress-O-Meter (SOM) (7). STAI was carried out on pre-simulation day (T0), just before simulation (T1), after it was associated with SOM (T1 & T2), and finally after debriefing (T3). IES-R was used at 7 days (T4). PCLS was used at 30 days (T5). Parameter evolution during a session was analyzed by ANOVA for repetitive variables, and status effect by ANOVA or by Kruskal-Wallis test.

Results: 48 participants were included (72 immersive simulations). STAI score decreased with repetition of sessions (group A), after the 4<sup>th</sup> session at T3 ( $p < 0.0001$ ) and the 6<sup>th</sup> session at T1 ( $p = 0.03$ ). STAI score remained unchanged during the 3 sessions of group B. One participant developed a PTSD and was referred to a psychiatrist. During the sessions, STAI increased from T0 to T1 ( $p < 0.0001$ ), T1 to T2 ( $p < 0.0001$ ) and decreased from T2 to T3 ( $p < 0.0001$ ) for all the participants. SOM score increased from T1 to T2 ( $p < 0.0001$ ). STAI scores were higher in EPs and PGYs at T0 ( $p = 0.0036$ ) and T3 ( $p = 0.013$ ). IES-R was  $6.44 \pm 1.94$  and PCLS  $21.78 \pm 5.70$ , without status effect.

Discussion/Conclusion: SBT sessions represented stressful situations for all the participants. However, repetition over 4-6 sessions/year was associated with a decrease in stress parameters. PTSD occurred only once. Self-perceived stress increased before and after simulation, and decreased after debriefing. Our results suggest that repetition of simulations could decrease subjective stress (3). Future studies should investigate objective stress parameters with regard to performance.

References: 1. Laurent A, Chahraoui K, Carli P. Les répercussions psychologiques des interventions médicales urgentes sur le personnel SAMU. Etude portant sur 50 intervenants SAMU. Ann Med Psychol 2005;165:570-8

2. Hunziker S, Laschinger L, Portmann-Schwarz S, et al. Perceived stress and team performance during a simulated resuscitation. Intens Care Med 2011;37:1473-9

3. Wetzel CM, Black SA, Hanna GB, et al. The effects of stress and coping on surgical performance during simulations. Ann Surg 2010;251:171-6

4. Spielberger C. Manual for the State-Trait Anxiety Inventory. rev. ed. Consulting Psychologists Press; Palo Alto (CA), 1983
5. Weiss DS, Marmar CR. The Impact of Event Scale - Revised. In: Wilson JP, Keane TM, editors. Assessing psychological trauma and PTSD. New York: Guilford Press; 1997, p 399-411
6. Weathers, FW, Huska, JA, Keane, TM. The PTSD Checklist Civilian Version (PCL-C) Boston, MA: National Center for PTSD. Boston Veterans Affairs Medical Center, 1991
7. Dawson MA, Hamson-Utley JJ, Hansen R, Olpin M. Examining the effectiveness of psychological strategies on physiologic markers: evidence-based suggestions for holistic care of the athlete. *J Athl Train.* 2014;49:331-7

**Disclosure of Interest:** None Declared

**Keywords:** MDT, repetitive simulation, stress

## IPSSW Abstract Submission 2015

*Assessment (including use and validation of measurement and assessment tools)*

IPSSW2015-1172

### SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF CPR IN CHILDREN: NEW CRITERIA FOR QUALITY OF SIMULATED MDT MANAGEMENT

Louise Lavillauroy<sup>1</sup>, Aiham Ghazali<sup>1</sup>, Michel Scépi<sup>1</sup>, Denis Oriot<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>University Hospital of Poitiers, Poitiers, France

**Please indicate your presentation preference:** Oral presentation

**Has the submitted material been presented before?:** No

**Abstract Body: Background:** Pediatric cardiac arrest (CA) constitutes 1.7% of pre-hospital cardiopulmonary resuscitation (CPR) (1). Pediatric recommendations emphasize the importance of role clarity and distribution of tasks (2-4); their absence could impair performance (5-7). CPR on a child is singularly stressful (8). Management of in-hospital emergencies sets the leader at the feet of the child, while 5 or 6 team members are assigned specific tasks (9,10). A French Emergency Medical System team has 4 providers: 1 emergency physician (EP), 1 junior doctor (GPY), 1 nurse (RN), and 1 ambulance driver (AD). CPR can be particularly difficult in confined spaces (small room, ambulance) (11). Recommendations specify neither who performs an action, nor how that practitioner is positioned in relation to the patient. Do there exist ideal action positions that could reduce performance impairment? The aim of this study was to design criteria for spatio-temporal analysis of simulated child CPR.

**Methods:** IRB approval from the University Hospital of Poitiers, France, and INSERM-CIC 1402 (Research Institute). Single-center RCT. The preliminary phase is reported here.

Primary objective was to design criteria for CPR spatio-temporal analysis (member/position/task/time). Secondary objective was to evaluate videos of simulated CPR according to predefined criteria. Criteria content was designed by 2 experts and sent to the French Society of Emergency Medicine mailing list (questionnaire). 8 videos of CPR were studied: 32 participants from 8 teams, SimNewB, Laerdal\* mannequin. The scenario involved a 3 m.o. infant having a tamponnade on a port-a-cath\*. Possible negative outcomes were: 1) Lack of action/non-respect of algorithm; 2) Inappropriate actions; 3) Inadequate distribution of tasks; 4) Poor spatial distribution of team members.

**Results:** Experts designed criteria for spatio-temporal analysis of pre-hospital pediatric CPR (non- shockable) with a 4-person team. Feedback (8.8%) from the mailing list was consistent with the criteria, except for 2 steps: 1) Preparation of intraosseous access and tracheal intubation could be done interchangeably by RN or AD; 2) Securing the endotracheal tube was more often described as done by the EP rather than the RN. 5/8 videos showed impaired CPR spatio-temporal organization: 9 lack of action/non-respect of algorithm; 1 delayed injection of epinephrine; 5 inadequate distributions of tasks; 3 poor spatial distribution: competition for the same action at the same time; inadequate positions: chest compressions at the head whereas BMV on the side. In 3 videos there was no impairment of CPR performance related to mismatch on spatio-temporal criteria.

**Discussion/Conclusion:** To our knowledge spatio-temporal analysis of CPR has never been reported. This preliminary study shows some improvisation in the positions of care providers during CPR. Further study should focus on broad validation of the criteria and completion of the analysis on more videos.

**References:** 1.RéAC, Registre électronique des Arrêts Cardiaques. [Consulted on Sep 21, 2014]. Access on: <http://registreac.org/>

2.Kleinman ME, Chameides L, Schexnayder SM, Samson RA, Hazinski MF, Atkins DL, et al. Part 14: Pediatric advanced life support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2010;122:S876-908

3.Biarent D, Bingham R, Eich C, López-Herce J, Maconochie I, Rodríguez-Núñez A, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 2010;81:1364-88

4.Manser T. Teamwork and patient safety in dynamic domains of healthcare: a review of the literature. *Acta Anaesthesiol Scand* 2009;53:143-51

## IPSSW Abstract Submission 2015

Assessment (including use and validation of measurement and assessment tools)

IPSSW2015-1174

### SUBJECTIVE OR OBJECTIVE STRESS? EVOLUTION OF STRESS PARAMETERS DURING IMMERSIVE SIMULATION OF MDTs

Aiham Ghazali<sup>1</sup>\*, Stéphanie Ragot<sup>1</sup>, Michel Scépi<sup>1</sup>, Denis Oriot<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University Hospital of Poitiers, Poitiers, France

Please indicate your presentation preference: Oral presentation

Has the submitted material been presented before?: No

**Abstract Body: Background:** Stress impairs clinical performance in real life (1) and in simulation-based training (SBT)

(2,3). Subjective or objective measures can be used to assess stress during SBT (4). Correlation between subjective and objective parameters of stress is not clearly defined. We hypothesized that all multidisciplinary team (MDT) members would experience stress during immersive SBT and that it would decline after debriefing. Because of their different physiological mechanisms, we did not expect a correlation between subjective and objective stress parameters.

**Methods:** IRB approval by the University Hospital of Poitiers, France, and INSERM-CIC 1402 (Research Institute). Single-center RCT. The results of the 1<sup>st</sup> 12 SBT sessions are presented here.

**Objectives:** 1) To evaluate subjective and objective stress parameters during SBT; 2) To search for a correlation between them; 3) To study status effect.

48 participants were randomized in 12 MDTs of 4 members: an emergency physician, a resident, a nurse, and an ambulance driver (French EMS team) for an immersive SBT (infant in hypovolemic shock - SimNewB, Laerdal\*). Good-judgment debriefing after each SBT. Subjective stress was assessed by STAI, and objective stress by salivary cortisol (SC) and Holter analysis. STAI and SC were measured on pre-simulation day (T0), immediately after simulation (T1), and after debriefing (T2). Holter provided: basal heart rate (HR), pNN50 (adjacent RR intervals >50ms), and LF/HF (low frequency/high frequency, i.e. spectral analysis) reflecting the autonomic nervous system (ANS).

M±SD for STAI, SC, HR, pNN50, and LF/HF and their variations (absolute=T2-T1, relative=T2-T1/T1). Evolution during SBT: ANOVA or Kruskal-Wallis. Comparison: t-test or Wilcoxon test. Correlation: Pearson's R correlation test.

**Results:** STAI increased from T0 (39.66±8.01) to T1 (48.2±12.26) (p<0.0001) and decreased at T2 (56.69±14.48) (p<0.0001). SC increased from T0 (0.13±0.03) to T1 (0.36±0.24) (p<0.0001) and decreased at T2 (0.25±0.15) (p<0.0001). HR increased from T0 (65±10) to T1 (86±11) (p<0.0001), and remained unchanged at T2 (86±12) (p=0.97). pNN50 decreased from T0 to T1 (19.4±15.9 vs 9.43±8.43, p<0.0001), and remained unchanged at T2 (10.1±9.5, p=0.57). It was similar for LF/HF: T0 to T1 (3.04±1.59 vs 6.35±3.43, p<0.0001) and T2 (6.06±3.06, p=0.57). There was no correlation between the variations of all parameters except for FC and pNN50 (p<0.0001). There was no status effect for all parameters.

**Discussion/conclusion:** Immersive SBT produced stress for all MDT members regardless of status. Subjective and objective stress parameters were not correlated as previously suggested (5). Even if the evolution of stress parameters was paralleling, there were no correlation between them. Our study suggests that psychological, biological and electrophysiological stress parameters evolve on independent paths. Combined evaluation should be used to assess stress during SBT.

**References:** 1. Sexton JB, Thomas EJ, Helmreich LR. Error, stress, and teamwork in medicine and aviation: cross sectional surveys. *BMJ* 2000;320:745-9.

2. Wetzel CM, Black SA, Hanna GB, et al. The effects of stress and coping on surgical performance during simulations. *Ann Surg* 2010;251:171-6.

3. Bong CL, Lightdale JR, Fredette ME, et al. Effects of simulation versus traditional tutorial-based training on physiological stress levels among clinicians: a pilot study. *Sim Healthcare* 2010;5:272-8.

4. Arora S, Tierney T, Sevdalis N, Aggarwal, Nestel D, Woloshynowych M, Darzi A, Kneebone RL. The Imperial Stress Assessment Tool (ISAT): A feasible, reliable and valid approach to measuring stress in the operating room. *World Journal of Surgery* 2010; 34: 1756-63.

5. Noto Y, Sato T, Kudo M, Kurata K, Hirota K. The relationship between salivary biomarkers and state-trait anxiety inventory score under mental arithmetic stress: a pilot study. *Anesthesia & Analgesia* 2005;101(6), 1873-1876.

**Disclosure of Interest:** None Declared

**Keywords:** MDT, objective stress, stress

**10.4.1.2. IPSSW 2014, 6th International Pediatric Simulation Symposia and Workshops, Vienna, Austria; 2014**

**IPSSW Abstract Submission 2014**

*Assessment (including use and validation of measurement and assessment tools)*

IPSSW2014-1107

**Learners' Salivary Cortisol And Holter Changes During Simulated Laparoscopy: Preliminary Results**

A Ghazali<sup>1</sup>, JP Faure<sup>1</sup>, C Millet<sup>1</sup>, C Brèque<sup>1</sup>, M Scèpi<sup>1</sup>, Denis Oriot<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University Hospital Poitiers, Poitiers, France

**Presentation Method:** Oral Presentation

**Please select your submission category:** Research

**Abstract Body:** Introduction: Laparoscopy simulation offers a realistic complexity of tasks and required skills (1). Pediatric laparoscopy is very stressful for young surgeons. Subjective stress has already been evaluated during laparoscopy simulation (2), but not objective parameters of stress.

Objectives: 1/ To evaluate performance of medical students (MS) and young surgeons (YS) in laparoscopy; 2/ To evaluate stress level by objective parameters before and during laparoscopy in both groups.

Methods: Study approved by Faculty IRB. 7 MS received a didactic lesson on laparoscopy and a 2-hour hands-on, and 6 YS who usually operate by laparoscopy were included. Performance was assessed by a MISTEL-derived scale (1). Times were recorded. Biological stress was assessed by salivary cortisol (SC) (ELISA) (3): 2 hours prior (T0) to simulation and immediately after session (T1). Electrophysiological stress was assessed by Holter: basal heart rate (HR) and pNN50 (differences between adjacent RR intervals that were >50ms). Stress induces a decrease in pNN50. Analysis of average SC, HR and pNN50 (M, SD) and their variation over time.

Results: Performance score was higher in YS: 47±13 vs 10.7±33(MS), p=0.03. SC was identical at T0 in both groups: 4.96±2.96(MS) vs 6.10±2.51(YS), p=0.47. At T1, it was higher in MS but not significant. But it increased from T0 to T1, only in MS, p=0.048. Basal HR was higher in YS: 96±9 vs 77±10(MS), p=0.0004. During the simulation session HR was identical in both groups: 89±12(MS) vs 94±9(YS), p=0.36. But it seemed to increase from T0 to T1, only in MS, p=0.06. Basal pNN50 was lower in YS: 5.2±5.4 vs 18.5±13.4(MS), p=0.04. During the session, pNN50 was identical in both groups, p=0.96. But it seemed to decrease from baseline to session, only in MS, p=0.06.

Discussion/Conclusion: Performance scores were higher in YS because of their experience of laparoscopy. We recorded two profiles of response to stress: the novice's one exhibits increase in stress level during the procedure, while the beginner's one evidences increase in stress level prior to the procedure, in anticipation of the procedure. Our results suggest that the impact of a simulation session on stress parameters might be different according to the experience of the learners.

**References:** References:

1. Derossis AM et al. Development of a model for training and evaluation of laparoscopic skills. *Am J Surg* 1998;175:482-7
2. Arora S et al. Stress impairs psychomotor performance in novice laparoscopic surgeons. *Surg Endosc* 2010;24:2588-93
3. Lequin RM. Enzyme Immunoassay (EIA)/Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA). *Clinical Chemistry* 2005;51:2415-8

**Disclosure of Interest:** None Declared

**Keywords:** None

## IPSSW Abstract Submission 2014

Interprofessional Education (IPE)

IPSSW2014-1154

### Team Members' Stress Response During Immersive Simulation Of Infant Shock: Preliminary Results

Aïham Ghazali <sup>1</sup>\*, Philippe Sosner <sup>1</sup>, Michel Scépi <sup>1</sup>, Denis Oriot <sup>1</sup>

<sup>1</sup>University Hospital of Poitiers, Poitiers, France

**Presentation Method:** Oral Presentation

**Please select your submission category:** Research

**Abstract Body: Introduction:** Stress may impair clinical performance and be responsible of poor medical management (1). It can be also present in simulation-based training with the same consequences (2,3). In an immersive simulation, multidisciplinary team (MDT) members may all face stress. We hypothesized that stress was more important in leaders than in other team members and that it decreased after debriefing.

**Objectives:** 1/- to objectively evaluate stress level before, during simulation, and after debriefing. 2/- to compare stress level of members of MDTs.

**Methods:** Study approved by the Clinical Investigation Center – INSERM 0802 Scientific Committee and the Faculty of Medicine Research Board. 48 participants signed informed consent and were randomized in 12 MDTs (emergency physician, nurse, and paramedic, all with < 6 years of experience, and resident) for a high fidelity simulation session (infant in hypovolemic shock – SimNewB, Laerdal\*). Each session was followed by a good-judgment debriefing. Stress was assessed by salivary cortisol (SC) and Holter analysis. A saliva sample was taken the day prior (T0) to the simulation session, immediately after the session (T1) and after debriefing (T2), to assess SC by enzyme-linked immunosorbent assay. Holter analysis provided time analysis of: basal heart rate (HR), pNN50 (differences between adjacent normal RR intervals >50ms), and spectral analysis of RR intervals LF/HF (low frequency/high frequency) reflecting the autonomic nervous system response. We calculated the average (M, SD) of SC, HR, pNN50, and LF/HF and compared their evolution over time by ANOVA and t-test.

**Results:** SC level was identical at T0 in the 12 teams regardless of the status:  $0.13 \pm 0.03$ ,  $p=0.17$ . SC significantly increased at T1 ( $0.36 \pm 0.24$ ,  $p=2.2E-8$ ) and T2 ( $0.25 \pm 0.15$ ,  $p=2.5E-6$ ). It significantly decreased between T1 and T2 ( $p=0.008$ ), independently of the status. HR increased from T0 ( $65 \pm 10$ ) to T1 ( $86 \pm 11$ ) ( $p=6.69E-14$ ), and remained unchanged during debriefing ( $86 \pm 12$ ,  $p=0.97$ ). pNN50 significantly decreased between T0 and T1 ( $19.4 \pm 15.9$  vs  $9.43 \pm 8.43$ ,  $p=0.0003$ ), and remained unchanged during debriefing ( $10.1 \pm 9.5$ ,  $p=0.71$ ). Similarly LF/HF decreased between T0 and T1 ( $3.04 \pm 1.59$  vs  $6.35 \pm 3.43$ ,  $p=7.30E-8$ ) and remained unchanged during debriefing ( $6.06 \pm 3.06$ ,  $p=0.67$ ).

**Discussion/Conclusion:** Immersive simulation in this population was a source of stress for all MDTs regardless of status. During debriefing, biological stress (SC) decreased while markers of electrophysiological stress remained high.

Future studies should investigate this dissociative state of stress (electrophysiological but not biological) and focus on the evolution of markers of stress with repetition of simulation sessions, and their relation to performance and educational possibility.

**References:** References:

**Disclosure of Interest:** None Declared

**Keywords:** EVALUATION, MDT, STRESS

## IPSSW Abstract Submission 2014

Assessment (including use and validation of measurement and assessment tools)

IPSSW2014-1192

### Immersive Simulation Of An Infant In Shock: Better Crisis Resource Management, Better Performance

Aiham Ghazali<sup>1\*</sup>, Armelle Bridier<sup>1</sup>, Youcef Guechi<sup>1</sup>, Amélie Boureau-Voultoury<sup>1</sup>, Michel Scépi<sup>1</sup>, Denis Oriot<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University Hospital of Poitiers, Poitiers, France

**Presentation Method:** Oral Presentation

**Please select your submission category:** Research

**Abstract Body: Introduction:** The safety of a patient presenting a life-threatening condition is depending upon success of technical procedures, respect of algorithms and CRM. Most of team training immersive simulations focused on CRM. Several scales have developed to evaluate CRM. Nevertheless the accuracy and effectiveness of resuscitation efforts cannot be assessed only by communication and leadership. Global rating scales and checklists have been introduced in some situations to assess clinical performance (1,2). In obstetric crisis, some authors found a correlation between a clinical efficiency score and CRM (3). To our knowledge no comparison exists to date for acute pediatric life-threatening conditions.

**Objectives:** 1/- to objectively evaluate CRM and clinical performance with an evaluation scale during immersive simulations of an infant in shock. 2/- to compare both scores.

**Methods:** Study approved by the Clinical Investigation Center – INSERM 0802 Scientific Committee and the Faculty of Medicine Research Board. 48 participants signed informed consent and were randomized in 12 MDTs (emergency physician, nurse, and paramedic, all with < 6 years of experience, and resident) for a high fidelity simulation session (infant in hypovolemic shock – SimNewB, Laerdal\*). CRM was assessed by the Clinical Teamwork Scale (CTS) (4). Clinical performance was assessed by the Team Average Performance Assessment Scale (TAPAS) we developed and validated (under review), allowing assessment of any life-threatening condition. CTS and TAPAS were assessed by two blind observers. Each session was followed by a good-judgment debriefing. Analysis included: for each score (CTS and TAPAS): mean±SD, minimum, maximum, coefficient correlation between 2 observers, discordance (%) and intra-class coefficient (ICC); correlation between CTS and TAPAS was calculated.

**Results:** 30 simulation sessions were recorded (each with 4 participants). CTS score was 45.98±15.96, from 25 to 80 (over 100) and TAPAS was 44.98±17.46 from 19.5 to 83.5 (over 100). Coefficient correlation, discordance, and ICC for CTS were: 0.72, 11.03%, and 0.717. Coefficient correlation, discordance, and ICC for TAPAS were: 0.86, 7.96%, and 0.921. Correlation between CTS and TAPAS was significant: 0.76,  $y=0.98x$ ,  $R^2=0.46$ ,  $p=0.0074$ .

**Discussion/Conclusion:** Evaluation of CRM (CTS) and clinical performance (TAPAS) was possible for each immersive simulation session. Mean scores were in the average but showed a wide range of possibilities. We observed a significant correlation between technical skills (TAPAS) and non-technical skills (CTS). We speculate there is a causative relationship between both of them. Therefore, debriefing technique should consider that participants with less than 6 years of clinical experience have not only a deficit of communication when a gap in performance is noticed.

Future studies should investigate this relation between technical and non-technical skills in much experimented professionals.

**References:** 1. Morgan PJ, Cleave-Hogg D, Guest CB. A comparison of global ratings and checklist scores from an undergraduate assessment using an anesthesia simulator. *Acad Med J* 2001;71:1053-5

2. Adler MD, Vozenilek JA, Trainor JL, Eppich WJ, Wang EE, Beaumont JL, et al. Comparison of checklist and anchored global rating instruments for performance rating of simulated pediatric emergencies. *Simul Healthc* 2011;6:18-24

3. Siassikos D, Fox R, Crofts JF, Hunt LP, Winter C, Draycott TJ. The management of a simulated emergency: Better teamwork, better performance. *Resuscitation* 2011;82:203-6

4. Guise J-M, Deering SH, Kanki BG, Osterweil P, Li H, Mori M, et al. Validation of a tool to measure and promote clinical teamwork. *Simul Healthc* 2008;3:217-23

**Disclosure of Interest:** None Declared

**Keywords:** crisis resource management, Teamwork, technical skills

## IPSSW Abstract Submission 2014

Assessment (including use and validation of measurement and assessment tools)

IPSSW2014-1199

Team Average Performance Assessment Scale (Tapas): How To Evaluate Team Clinical Performance

Aïham Ghazali<sup>1</sup>, Armelle Bridier<sup>1</sup>, Youcef Guechi<sup>1</sup>, Amélie Boureau-Voultoury<sup>1</sup>, Michel Scépi<sup>1</sup>, Denis Oriot<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University Hospital of Poitiers, Poitiers, France

**Presentation Method:** Oral Presentation

**Please select your submission category:** Research

**Abstract Body. Introduction:** The safety of a patient presenting a life-threatening condition is depending upon success of technical procedures, respect of algorithms and CRM. Several scales have developed to evaluate CRM. Global rating scales and checklists have been introduced in some situations to assess clinical performance (1,2). To our knowledge, there is no evaluation scale covering all the life-threatening conditions allowing objective assessment of clinical performance.

**Objectives:** 1/- to design and validate an assessment scale for evaluation of clinical performance during immersive simulation of life-threatening conditions.

**Methods:** Study approved by the Clinical Investigation Center – INSERM 0802 Scientific Committee and the Faculty of Medicine Research Board. We followed the criteria of Downing for validation of an evaluation scale (3). **Content** selection by 4 experts of items (given by AHA and ERC) (assessments and procedures) from APLS, EPLS, PHTLS, and ATLS courses. **Response process:** done on 228 EPs, for control of different sources of error. **Internal structure:** tested on 48 participants of 12 MDTs with internal consistency and reliability (ICC) calculated with two independent observers. **Relationship to other variables:** construct validity with 48 EPs at 1<sup>st</sup> session and 5<sup>th</sup> session of a pediatric university course. **Consequences:** without consequence for participants. Scenarios were acute life-threatening conditions (medical and trauma) in infants (SimNewB, Laerdal\*). Each session was followed by a good-judgment debriefing. Analysis included: linear logistic regression, coefficient correlation between 2 observers, discordance (%), intra-class coefficient (ICC), and comparison between 1<sup>st</sup> and 5<sup>th</sup> session (t-test).

**Results:** **Content:** scale with 6 sections and 121 items (preselected according to the scenario), belonging to the ABCDE algorithm, ranked 0 to 2, total=100. **Response process:** Some items have deleted or grouped to avoid redundancy aiming for more than 90% concordance between 2 independent observers. **Internal structure:** the total of potentially selected items being variable from one scenario to another, alpha Cronbach was impossible to calculate. Mean scores of observers were 44.10±18.82 vs. 44.86±16.76 (p=0.96), with a correlation coefficient of 0.86, p=0.0011, and y=0.9609x with R<sup>2</sup>=0.68 in linear regression. ICC was 0.921. Delta TAPAS was 7.96±5.47 between the 2 observers with a global discordance <8%. **Relationship to other variables:** scores obtained on the 1<sup>st</sup> session were significantly higher than the ones on the 5<sup>th</sup>, respectively: 58.66±10.78 vs. 83.04±9.62 (p < 10<sup>-5</sup>).

**Discussion/Conclusion:** We designed and validated (coherence, reliability, and consistency) a clinical performance assessment scale (TAPAS), used in immersive simulation of MDTs dealing with simulated pediatric emergencies. This scale can be used in children and adults as well.

**References:** 1. Morgan PJ, Cleave-Hogg D, Guest CB. A comparison of global ratings and checklist scores from an undergraduate assessment using an anesthesia simulator. *Acad Med J* 2001;76:1053-5

2. Adler MD, Vozenilek JA, Trainor JL, Eppich WJ, Wang EE, Beaumont JL, et al. Comparison of checklist and anchored global rating scales instruments for performance rating of simulated pediatric emergencies. *Simul Healthc* 2011;6:18-24

3. Downing SM. Validity: on eaningful interpretation of assessment data. *Med Educ* 2003;37:830-7

**Disclosure of Interest:** None Declared

**Keywords:** EVALUATION, team performance, technical skills

**10.4.1.3. IPSSW 2013, 5th International Pediatric Simulation Symposia and Workshops, New York, USA; 2013**

**LEARNERS SALIVARY CORTISOL DURING HIGH FIDELITY SIMULATION: EFFECT OF DEBRIEFING**

Ghazali A Emergency Department, University Hospital, Poitiers, France, Counilh A Simulation Laboratory, University of Poitiers, France, Millet C Biophysical Laboratory, University Hospital, Poitiers, France, Ragot S CIC-INSERM 0802, University Hospital, Poitiers, France, Boureau-Voultoury A Emergency Department, University Hospital, Poitiers, France, Breque C Simulation Laboratory, University of Poitiers, France, Soepi M Simulation Laboratory, University of Poitiers, France, Oriot D Simulation Laboratory, University of Poitiers, France

**Introduction**

Stress may impair performance. Therefore assessing stress during simulation sessions might be important (1). Furthermore stress might be present at different degrees according to the status and/or responsibilities of the learner.

**Objectives**

1/ Evaluation of stress during simulation sessions and after debriefing of a life-threatening pediatric case played by emergency physicians (EP); 2/ Comparison of the different levels of stress among the learners.

**Methods**

This study was approved by our Faculty of Medicine research board. 20 EP who were participants to the Pediatric Emergency Procedures university course (taking care of pre-hospital pediatric emergencies in France) were included for high fidelity scenarios of life-threatening pediatric cases (Laerdal SimNewB). They played one of the three roles of a multidisciplinary team, i.e., senior physician, resident, paramedic. Stress was assessed by auto-evaluation (during the 1st min of debriefing, on a simplified perceived stress scale, from 0-to-10; 0=no stress at all, 10=maximum stress ever felt), and measurements of salivary cortisol. A saliva sample was taken 2 hours prior to simulation session (T0), immediately after the session (T1) and after debriefing (T2), to assess basal cortisol and its evolution over time. Debriefing was performed using the good judgment method of Rudolf (3). Cortisol measurements were made by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) (2). We recorded stress levels and measured the average cortisol (M, SD), and its variation (Scheffe's method). Wilcoxon signed-rank test, Spearman test and ANOVA were used for comparisons and correlations.

**Results**

All learners experienced psychological stress: 6.95/10 (EP leaders), 6.03 (EP playing residents) and 5.72 (EP playing paramedics). Cortisol increased from T0 to T1, but this was not significant: 7.35+/-10.02 vs. 9.98+/-10.25, p=0.11. There was a trend for a higher elevation of cortisol in leaders compared to other members of team (p=0.06) and no correlation between auto-evaluation scores of stress and salivary cortisol levels (R2=0.06). Whereas, during debriefing salivary cortisol significantly decreased from 9.98+/-10.25 (T1) to 7.21+/-5.79 (T2), p=0.01.

**Conclusions**

Our results suggest that stress increased after simulation especially in leaders probably because the physicians played their own role. There was a beneficent effect of debriefing on stress, whatever the role of the learner. This study is in favor of studying stress in real multidisciplinary teams where each learner plays its own role.

**References**

1. Bong CL et al. Effects of simulation versus traditional tutorial-based training on physiologic stress levels among clinicians: a pilot study. *Sim Healthcare* 2010;5:272-8
2. Lequin RM. Enzyme Immunoassay (EIA)/Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA). *Clin Chem* 2005;51:2415-8
3. Rudolph JW et al. Debriefing with good judgment: combining rigorous feedback with genuine inquiry. *Anesthesiol Clin* 2007;2:361-76

## 10.4.2. Nationales

Congrès Urgences 2016, Société Française de Médecine d'Urgence, Paris, France; 2016

N° référence #3973

Titre : Quel est le gain en compétences d'équipes pluri-professionnelles ayant suivi pendant un an un programme de formation à l'urgence vitale par simulation haute-fidélité ?

Mots clefs : Formation, Recherche biomédicale, Simulation haute-fidélité, Auto-évaluation, Médecine d'Urgence, Compétences non-techniques, Compétences techniques, Urgence pédiatrique

Auteur principal, Auteur orateur :

- Daniel Aiham GHAZALI (Urgences, CHU La Pitié-Salpêtrière - Paris - France)

Co-auteur(s) :

- Frédéric FLORAC (Anesthésie-Réanimation chirurgicale, CHU de Poitiers - Poitiers - France)
- Ivan RAFEL-DARMIAN (Urgences - SAMU79, CH de Niort - Niort - France)
- Denis ORIOT (Urgences Pédiatriques, CHU de Poitiers - Poitiers - France)

Thème : Pédagogie

Cocher les cases requises concernant votre résumé :

Recherche biomédicale: Oui

Recherche interventionnelle en soins courant ou non-interventionnelle avec prélèvements: Non

Recherche non interventionnelle/ enquête: Oui

Recherche hors champ : recherche fondamentale, enquête de pratique, étude hors malade...: Non

Accord CP ou comité éthique: Oui

Concours DESC: Non

Votre résumé :

**Introduction** : Les urgences vitales pédiatriques représentent une minorité des urgences vitales, ce qui en fait une pratique "rare" et par définition complexe pour les professionnels de l'urgence. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'impact sur les participants (niveaux I, II et IIIa de la pyramide de Kirkpatrick) d'un programme de formation à l'urgence vitale pédiatrique pré-hospitalière par simulation haute-fidélité.

**Matériel et Méthode** : Il s'agissait d'une recherche biomédicale qui s'est déroulée pendant un an. L'évaluation de l'impact reposait sur une enquête d'opinion auprès de 48 volontaires sains (recrutés au niveau régional) constituant 12 équipes pluri-professionnelles de SMUR (Médecin urgentiste, interne, IDE et ambulancier), ainsi que 2 remplaçants (n=50). Un questionnaire a été envoyé par courrier électronique 6 mois après la fin du programme avec deux rappels au maximum. Les taux ont été exprimés en pourcentage et la note de satisfaction sur 10 en moyenne et déviation standard.

**Résultats** : Le taux de participation au questionnaire a été de 86 %. Niveau I : Tous les participants ont été satisfaits de la formation avec un score de  $8.6 \pm 0.5$ , un taux de réalisme des scénarios de 94% et de 92% pour le mannequin. Niveau II : ce programme a permis l'acquisition de compétences théoriques pour 92% des participants et de compétences pratiques pour 97% d'entre eux. Ils ont été 86% à déclarer une augmentation de leur confiance en soi. Niveau IIIa : 98% ont changé leur pratique professionnelle dans le champ des compétences non techniques (leadership, communication et travail d'équipe) et 86% pour les compétences techniques et des algorithmes. Cette formation a également été à l'origine de changements dans la prise en charge des patients adultes, notamment pour la gestion de situations de crise dans 82% des cas. La quasi-totalité (98%) a souhaité la poursuite de cet apprentissage à hauteur de 2 à 3 séances de simulation annuelles dans plus de la moitié des cas pour un maintien des acquis.

**Discussion** : L'auto-évaluation de cette formation a été excellente pour les 3 niveaux de Kirkpatrick analysés. Conformément à ce qui aurait pu être attendu, la simulation haute-fidélité a permis une amélioration des compétences prédominant dans le champ de compétences non-techniques. Cette auto-évaluation devrait être complétée d'une hétéro-évaluation de la performance afin d'étudier l'impact de cette formation sur le maintien des acquis à distance de la formation.

## **11. ANNEXES**

### **11.1. Démarches administratives**

La première année de Doctorat a aussi été consacrée à la réalisation de démarches administratives permettant de réaliser cette étude biomédicale au sein de la Faculté de Médecine de Poitiers sous l'égide de l'INSERM-CIC #1402 (ancien #802). Ces démarches ont consisté, après le soutien du Centre d'Investigation Clinique, en la reconnaissance par l'ANSM en tant que recherche biomédicale. Cette reconnaissance a permis d'obtenir l'accord de la Direction de la recherche que le Centre Hospitalo-Universitaire de Poitiers soit promoteur de l'étude. Une demande a été alors déposée auprès de l'Agence Régionale de Santé du Poitou-Charentes et acceptée, afin de pouvoir réaliser cette recherche sur volontaire sains au sein de la Faculté de Médecine de Poitiers. Enfin l'accord du Comité de Protection de la Personne a été obtenu. Au cours de l'étude, un enregistrement du protocole de recherche a été enregistré sur le site [ClinicalTrials.gov](https://clinicaltrials.gov).



**CENTRE D'INVESTIGATION CLINIQUE - CIC802**

Poitiers le 23 mars 2011

**Pr François GUILHOT**  
Coordinateur  
☎ : 05.49.44.42.91  
Fax : 05.49.44.38.03  
E-mail : [f.guilhot@chu-poitiers.fr](mailto:f.guilhot@chu-poitiers.fr)

**Pr Régis HANKARD**  
Coordinateur adjoint  
☎ : 05.49.44.49.18  
E-mail : [r.hankard@chu-poitiers.fr](mailto:r.hankard@chu-poitiers.fr)

**Dr Pierre-Jean SAULNIER**  
Médecin délégué  
☎ : 05.49.44.46.76  
E-mail : [p.j.saulnier@chu-poitiers.fr](mailto:p.j.saulnier@chu-poitiers.fr)

**Jacqueline BRUNEAU**  
Cadre supérieur de santé  
☎ : 05.49.45.49.88  
E-mail : [j.bruneau@chu-poitiers.fr](mailto:j.bruneau@chu-poitiers.fr)

**Jodite GUILHOT**  
Méthodologiste  
☎ : 05.49.44.49.14  
E-mail : [j.guilhot@chu-poitiers.fr](mailto:j.guilhot@chu-poitiers.fr)

**Stéphanie RAGOT**  
Méthodologiste  
☎ : 05.49.44.49.13  
E-mail : [s.ragot@chu-poitiers.fr](mailto:s.ragot@chu-poitiers.fr)

**Elodie ROGEON**  
Gestionnaire  
☎ : Poste : 41234  
E-mail : [e.rogeon@chu-poitiers.fr](mailto:e.rogeon@chu-poitiers.fr)

**Secrétaire**  
☎ : 05.49.44.46.89  
E-mail : [sec.cic@chu-poitiers.fr](mailto:sec.cic@chu-poitiers.fr)

Le Directeur  
aux Dr Michel Scepti et Denis Oriot

Les Dr Michel Scepti et Denis Oriot animent une recherche à l'UFR de Médecine et Pharmacie de l'université de Poitiers sur les techniques de l'apprentissage aux moyens d'outils de simulation. Cette recherche s'effectue dans les locaux de l'UFR dans une structure dédiée le Laboratoire de Simulation – SIMI-« *Simulation in Medicine institute* » non labellisé.

Poursuivant leur recherche ils souhaitent mettre en œuvre un nouveau projet intitulé « effet de la simulation sur la performance d'une équipe lors de la prise en charge d'un nourrisson en état de choc »

Le CIC 0802 est sollicité pour accompagner cette recherche. Le Dr S Ragot assurera la planification de cette recherche et en effectuera l'analyse en collaboration avec les porteurs du projet.

Cette recherche s'intègre dans l'axe 4 du CIC 0802.

L'étudiant en thèse en charge de cette étude devra s'inscrire à l'Ecole doctorale Biologie Santé en indiquant comme terrain de stage le CIC 0802.

L'avancement des travaux devra être régulièrement transmis au CIC 0802.

Toute communication ou production scientifique mentionnera obligatoirement le CIC 0802 et l'appartenance de l'étudiant en thèse à la structure Inserm.

Professeur François Guilhot  
Directeur  
CIC 0802  
Poitiers, 86021  
FRANCE



## AUTORISATION D'ESSAI CLINIQUE NE PORTANT PAS SUR UN PRODUIT DE SANTE (ESSAI-HPS)

**Nombre de pages : 1**

(Incluant la page de garde)

**Envoi par Télécopie**

Date : 13/08/13

<b>Identifiants de l'essai clinique</b>					
Titre		Effets du stress et de la simulation sur la performance d'une équipe lors de la prise en charge d'un nourrisson en état de choc			
Promoteur		CHU DE POITIERS		Réf. CPP	
Réf. Promoteur		SIM STRESS		N° ID RCB	
		2013-A00648-37		Réf. ANSM	
				<b>130970B-31</b>	
<b>Expéditeur</b>			<b>Destinataire (demandeur : nom / société / tél.)</b>		
ANSM / Direction Produit NEURHO / Equipe SYNAPS			Fanny ABRIAT CHU DE POITIERS 05.49.44.37 96		
Dossier suivi par : Julie Duvernois Tél : 33 (0) 1 55 87 33 41 / Fax : 33 (0) 1 55 87 33 32			Fax <b>05.49.44.30.58</b>		
<b>CPP destinataire en copie</b>		Ouest III (Poitiers)		Fax <b>05.49.46.12.62</b>	
				Code 7	

Vu le code de la santé publique et notamment ses articles L. 1123-8, R. 1123-32 et vu le dossier de demande d'autorisation d'essai clinique adressé à l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) ;

**L'autorisation mentionnée à l'article L. 1123-8 du code de la santé publique est accordée pour l'essai clinique cité en objet.** Cette autorisation est valable pour toute la durée de l'essai à compter de la date de la présente décision.

Toutefois, conformément à l'article R. 1123-33 du code de la santé publique, la présente autorisation devient caduque si la recherche n'a pas débuté dans un délai d'un an.

En outre, je vous rappelle notamment que pendant le déroulement de la recherche et pour ce qui concerne l'ANSM :

- toute modification substantielle du dossier initialement soumis doit faire l'objet d'une demande d'autorisation en vertu des articles L. 1123-9 et R. 1123-35 du code de la santé publique ;
- les effets indésirables graves inattendus ainsi que les faits nouveaux susceptibles de porter atteinte à la sécurité des personnes doivent être déclarés en vertu des articles L. 1123-10 et R. 1123-46 du code de la santé publique.

La chef produit, neurologie, psychiatrie, anesthésie  
Direction des médicaments en neurologie, psychiatrie, oncologie,  
rhumatologie, pneumologie, ORL, ophtalmologie, soins de suite  
**Catherine DEGUINES**

Je vous demande de transmettre toute demande d'informations complémentaires concernant ce dossier par courriel adressé à la boîte : **hps-essaiscliniques@ansm.sante.fr**. Je vous précise qu'il vous est possible d'utiliser à cet effet le système de messagerie électronique sécurisée Eudralink. Lors de l'envoi de ces dossiers, je vous demande de veiller à reporter dans l'objet du message les mentions suivantes :

- pour les MS transmises à l'ANSM pour information : **MS/ Réf ANSM du dossier**
- pour les MS soumises pour autorisation ou pour les dossiers mixtes (comportant des modifications soumises pour autorisation et d'autres pour information) : **MSA/ Réf ANSM du dossier**

**Si vous ne recevez pas toutes les pages de cette télécopie, veuillez contacter le secrétariat de la Direction Produit NEURHO / Equipe SYNAPS au : 33 (0) 1 55 87 33 41.**

**Confidentialité**

Cette transmission est à l'attention exclusive du(des) destinataire(s) ci-dessus mentionné(s) et peut contenir des informations privilégiées et/ou confidentielles. Si vous n'êtes pas le destinataire voulu ou une personne mandatée pour lui remettre cette transmission, vous êtes requis de document par erreur et toute utilisation, révélation, copie ou communication de son contenu est interdite. Si vous avez reçu cette transmission par erreur, veuillez nous en informer par téléphone immédiatement et nous retourner le message original par courrier. Merci.

**Confidentiality**

This transmission is intended to the addressee(s) listed above only and may contain preferential or/and confidential information. If you are not the intended recipient, you are hereby notified that you have received the document by mistake and any use, disclosure, copying or communication of the content of this transmission is prohibited. If you have received this transmission by mistake, please call us immediately and return the original message by mail. Thank you.



DIRECTION DE LA RECHERCHE

**Carles DE BIDERAN**  
Directeur de la Recherche  
☎ : 05.49.44.32.20  
E-mail : [carles.de-bideran@chu-poitiers.fr](mailto:carles.de-bideran@chu-poitiers.fr)

**Docteur Aiham GHAZALI**  
**Urgences**

**Pr Michel EUGENE**  
Médecin Référent  
☎ : 05 49 44 44 81  
E-mail : [m.eugene@chu-poitiers.fr](mailto:m.eugene@chu-poitiers.fr)

Dossier suivi par Véronique FERRAND-RIGALLAUD  
Responsable promotion interne  
☎ : 05 49 44 46 65  
E-mail: [veronique.ferrand-rigallaud@chu-poitiers.fr](mailto:veronique.ferrand-rigallaud@chu-poitiers.fr)

Poitiers, le 21 juin 2012

Réf : GB/VF/2012-1350

**Objet : Demande de promotion étude SIM STRESS**

Docteur,

Faisant suite à la réponse de l'AFSSAPS relative à la qualification de l'étude SIM STRESS intitulée « *Effet du stress et de la simulation sur la performance d'une équipe lors de la prise en charge d'un nourrisson en état de choc* » en recherche biomédicale hors produit de santé, je vous informe que le CHU de Poitiers accepte de se porter promoteur de ce projet de recherche sous réserve de l'obtention du financement de ce dernier.

Vous trouverez donc ci-joint le budget prévisionnel de cette recherche qui s'élève à 13 892 €.

Je vous remercie de bien vouloir m'indiquer l'origine des financements qui permettront de mettre en œuvre le projet SIM STRESS.

Le dépôt du projet au CPP et à l'AFSSAPS sera effectué par l'équipe de la promotion interne de la Direction de la recherche dès que les aspects financiers auront été validés.

Je reste bien entendu à votre disposition pour tout élément d'information complémentaire.

Je vous prie d'agréer, Docteur, l'expression de mes sentiments les meilleurs.

P/Le Directeur Général et par délégation  
Le Directeur de la Recherche

Carles DE BIDERAN

Copie: chrono Direction de la recherche  
Pr Eugène  
Pr Oriot  
Pr Robert  
Monsieur Dupeyron

**CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE POITIERS**  
I.R.F.P.S - 1<sup>er</sup> étage - Rue de la Milétrie - B.P. 577 - 86021 POITIERS CÉDEX  
Secrétariat ☎ : 05 49 44 33 89 - Télécopie : 05 49 44 30 58

Annexe 4 : Accord d'une autorisation du lieu de recherche sur volontaire sain



ARRÊTÉ n° 2013- 000100  
en date du 28 janvier 2013

autorisant un lieu de recherche  
biomédicale

**Le Directeur Général  
de l'Agence Régionale de Santé de Poitou-Charentes**

**VU** le code de la santé publique ;

**VU** la loi n°2009-879 du 21 juillet 2009 portant réforme de l'hôpital et relative aux patients, à la santé et aux territoires ;

**VU** le décret n°2010-336 du 31 mars 2010 portant création des agences régionales de santé ;

**VU** le décret du 1<sup>er</sup> avril 2010 portant nomination des directeurs généraux des agences régionales de santé et désignant Monsieur François-Emmanuel Blanc en qualité de directeur général de l'agence régionale de santé de Poitou-Charentes ;

**VU** la demande du promoteur du 17 octobre 2012, reçue à l'agence régionale de santé de Poitou-Charentes le 22 octobre 2012;

**VU** le rapport du médecin inspecteur et du pharmacien inspecteur en date du 17 décembre 2012 et les réponses apportées par le promoteur le 16 janvier 2013 ;

**ARRÊTE :**

**ARTICLE 1** : L'autorisation mentionnée aux articles L.1121-13, R.1121-13 et R.1121-14 du code de la santé publique est accordée, pour effectuer des recherches biomédicales à :

**Laboratoire de Simulation  
Centre de Don du Corps, Faculté de Médecine et de Pharmacie  
Université de Poitiers  
6 rue de ma Milétrie  
86034 Poitiers Cedex**

Placé sous la responsabilité de Monsieur le Professeur Denis ORIOT, Université de Poitiers, dans les conditions prévues à l'article 2.

**ARTICLE 2 :** Cette autorisation concerne une recherche biomédicale ayant trait à la simulation de situations de stress et de leur répercussion sur les pratiques médicales.

**ARTICLE 3 :** La présente autorisation est accordée pour une durée de cinq ans. Si aucune recherche n'est entreprise dans l'année suivant la délivrance de l'autorisation, cette dernière devient caduque, sauf motifs dûment justifiés. Toute modification ultérieure devra faire l'objet d'une nouvelle demande. La demande de renouvellement de l'autorisation sera adressée au directeur général de l'agence régionale de la santé quatre mois avant la date d'expiration de la présente autorisation.

**ARTICLE 4 :** Le directeur général de l'agence régionale de santé de Poitou-Charentes est chargé de l'exécution de ce présent arrêté qui fera l'objet d'une notification individuelle au promoteur et sera publié au recueil des actes administratifs de la préfecture de la région Poitou-Charentes.

Fait à Poitiers, le 28 janvier 2013

**Le Directeur Général de l'Agence Régionale de Santé,**

**François-Emmanuel BLANC**

  
Par déléation,  
Le Directeur des Opérations,  
Directeur Général Adjoint,

**Jean-Michel GERNAIS**

## Comité de Protection des Personnes

### QUEST III

*Agréé par arrêté ministériel en date du 31 mai 2012.*

*Constitué selon l'arrêté du Directeur Général de l'ARS Poitou Charentes en date du 25 juin 2012.*

**C.M.U. La Milétrie**  
Duvillon le Blaye – Porte 9  
2 rue de la milétrie - BP 577 - 86021 POITIERS CEDEX  
Tél : 05.49.45.21.57  
Fax : 05.49.46.12.62  
E-mail : [cpp-ouest3@chu-poitiers.fr](mailto:cpp-ouest3@chu-poitiers.fr)

DIRECTION RECHERCHE

01 AOÛT 2013

C.H.U. de POITIERS  
2e 3-668

Monsieur Carles DE BIDERAN  
Directeur de la Recherche  
CHU  
2 rue de la Milétrie  
86000 POITIERS

Poitiers, le 29 juillet 2013

**Objet :** Avis favorable  
**Référence Comité :** Protocole n°13.05.16

Monsieur le Directeur,

Le Comité a étudié lors de la réunion du 22 mai 2013, le projet de protocole suivant :

**Numéro de l'essai :** SIM STRESS

**Titre de l'essai :** « Effets du stress et de la simulation sur la performance d'une équipe lors de la prise en charge d'un nourrisson en état de choc ».

**Identité du promoteur :** CHU de Poitiers - 2 rue de la milétrie – 86000 POITIERS

**Identité de l'investigateur :** Dr Daniel Aïham GHAZALI  
Service des urgences – SAMU 86 - CHU Poitiers

**N° identification :** 2013-A00649-37 (HPS)

**Versions :**  
Lettre de saisine : 24/04/13  
Réponse : 18/07/13  
Tableau comparatif : version n°1 du 23/03/13 versus version n°2 du 16/07/13  
Formulaire de demande d'avis : 19/07/13  
Protocole : version n°2 du 16/07/13  
Résumé : n°2 du 16/07/13  
Document additionnel : 24/04/13  
Formulaire d'information : version n°2 du 16/07/13  
Formulaire de consentement : version n°2 du 16/07/13  
Attestation d'assurance SHAM n°131467 : 25/04/13  
Autorisation de lieu de recherche : 23/01/13  
Accord de promotion : 24/04/13  
Liste investigateurs : 24/04/13

*Le quorum général étant constaté,*

Mr	L.	LACOSTE	Qualifié en matière de recherche biomédicale	(T)
Mr	D.	DESSEAUVE	Epidémiologiste	(T)
Mr	J.P	DECOURT	Médecin généraliste	(T)
Mme	C.	AIGRIN	Pharmacien	(S)
Mme	M.	AUMOND-SIMONIN	Infirmière	(T)
Mr	P.	THOMAS	Qualifié en matière d'éthique	(T)
Mme	F.	BLET	Qualifiée en matière juridique	(T)
Mr	J.	MARIN	Représentant d'association de malades	(T)
Mr	D.	MAROUBY	Représentant d'association de malades	(T)

après avoir entendu le rapporteur du collège technique, le rapporteur du collège social, l'avis du méthodologiste,

CPP ont délibéré puis après avoir obtenu les informations et corrections demandées, le président et des membres, un **avis favorable** a été émis à la mise en œuvre de cette étude, en application du Code de la Santé Publique et de la réglementation en vigueur applicables aux recherches

Soyez assuré, Monsieur le Directeur, de mes sentiments les meilleurs.

**Le Vice-président  
Dr L. LACOSTE**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'L. Lacoste', written over a horizontal line.

## Trial of Multidisciplinary Team Stress and Performance in Immersive Simulation for Management of Infant in Shock

This study is currently recruiting participants.  
Verified by Poitiers University Hospital, February 2015

Sponsor:	Poitiers University Hospital
Collaborators:	
Information provided by (Responsible Party):	Poitiers University Hospital
ClinicalTrials.gov Identifier:	NCT02424890

### ► Purpose

The objective of this randomized trial is to study the effect of stress on performance and the effect of repetition of simulation sessions on performance and stress. This study is a randomized controlled trial including 48 participants who composed 12 multidisciplinary teams (MDTs). Each MDT was made up of 4 persons: an emergency physician, a resident, a nurse, and an ambulance driver who usually compose an emergency team of the French Emergency Medical Service (EMS). 6 MDTs underwent 9 simulation sessions over 1 year (Repetitive Sim Group). 6 MDTs underwent 3 simulation sessions over 1 year (Control Group). Evidence of the existence of stress was assessed in 3 ways: salivary cortisol, Holter parameters, and psychological stress questionnaires. The impact of stress on overall team performance, on technical procedure, and on teamwork, is evaluated by specific validated scales. Detection of post-traumatic stress (PTSD) is performed by self-evaluation on the 7th day and after one month. The perspective is to concomitantly evaluate technical and non-technical performance, and the impact of stress on both. This is the first randomized trial studying repetition of simulation sessions and its impact on both clinical performance and stress as explored by objective and subjective assessments. The investigators expect that stress decreases team performance and that repeated simulation increases team performance. The investigators expect no variation of stress parameters regardless of level of performance.

Condition	Intervention	Phase
Stress	MDT simulation sessions of management of life-threatening events over 1 year	N/A

Study Type: Interventional  
Study Design:

Further study details as provided by Poitiers University Hospital:

Primary Outcome Measure:

- Salivary Cortisol (SC) during high-fidelity simulation as measure of biological stress response [Time Frame: 1 year]
- Electrophysiological stress response profile made up of: Heart Rate (HR), Blood Pressure (BP), and Holter parameters (PNN50, HF/BH) during high-fidelity simulation [Time Frame: 1 year]

- Psychological stress response profile made up of: scores on State-Trait Anxiety Inventory (STAI), Impact of Event Scale - Revised (IES-R), Posttraumatic Stress Disorder Checklist Scale (PCLS) questionnaires during high-fidelity simulation [Time Frame: 1 year]

Secondary Outcome Measures:

- Effect of repetitive simulation sessions on technical skills performance profile made up of: scores of Team Average Performance Assessment Scale (TAPAS), IO access performance assessment scale [Time Frame: 1 year]
- Effect of repetitive simulation sessions on non-technical performance profile made up of: scores of Clinical Teamwork Scale (CTS), Behavioural Assessment Tool (BAT) [Time Frame: 1 year]
- Effect of repetitive simulation sessions on stress response profile made up of: SC, HR, BP, PNN50, HF/BH, STAI, IES-R, PCLS [Time Frame: 1 year]

Study Start Date: August 2013

Estimated Primary Completion Date: September 2015

Arms	Assigned Interventions
Active Comparator: Repetitive Sim Group 9 simulation sessions	MDT simulation sessions of management of life-threatening events over 1 year 9 simulation sessions over 1 year for Repetitive Sim Group and 3 simulation sessions over 1 year for Control Group
Active Comparator: Control Group 3 simulation sessions	MDT simulation sessions of management of life-threatening events over 1 year 9 simulation sessions over 1 year for Repetitive Sim Group and 3 simulation sessions over 1 year for Control Group

## ► Eligibility

Ages Eligible for Study: 18 Years and older

Genders Eligible for Study: Both

Accepts Healthy Volunteers: Yes

### Criteria

#### Inclusion Criteria:

- Multidisciplinary team made up of 4 persons:
  1. an emergency physician with less than seven years of experience ,
  2. a resident,
  3. a nurse,
  4. and an ambulance driver.

#### Exclusion Criteria:

- Past history and/or psychiatric disease that modifies stress response,
- Pacemaker or implantable defibrillator,
- Treatment with a medication having a potential effect on stress parameters.

## ► Contacts and Locations

### Contacts

Daniel A GHAZALI, MD

0033665382576

aiham@hotmail.com

Denis ORIOT, MD, PhD

0033676087896

denis.oriot@univ-poitiers.fr

### Locations

France

GHAZALI Recruiting

Poitiers, France, 86000

Contact: Daniel A GHAZALI, MD 0033665382576 aiham@hotmail.com

Investigators

Principal Investigator: Daniel A GHAZALI, MD

University Hospital of Poitiers

## More Information

Responsible Party: Poitiers University Hospital

Study ID Numbers: Sim-stress.1

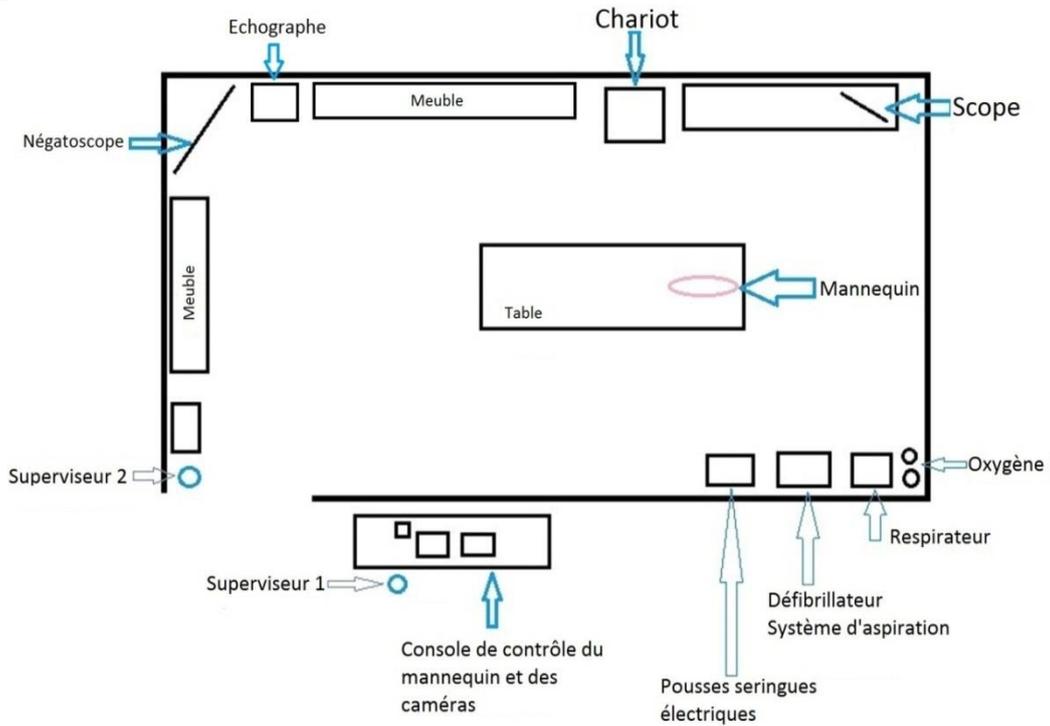
Health Authority: France: Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé

---

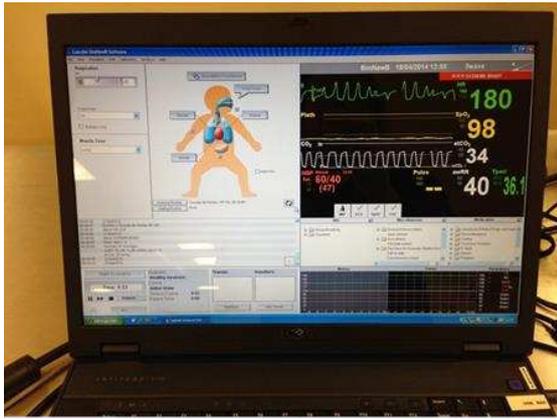
U.S. National Library of Medicine | U.S. National Institutes of Health | U.S. Department of Health & Human Services

## 11.2. Organisation des séances de simulation haute-fidélité

Annexe 7 : Photos et schéma de la salle de simulation



## Annexe 8 : Mannequin et environnement



* 20/07/2013 - [IPP CHU Pober: 1305001336, GLIMS: 2091930]			
12/01/14	11:22	Complète	Normes Unités
<b>QUALITE DU PRELEVEMENT:</b>			
Qualité du prélèvement : Sous réserve tube mal rempli.			
HtI_PMAIREMPLI : Sous réserve tube mal rempli.			
<b>SANG</b>			
<b>BIOCHIMIE GENERALE</b>			
Glycémie	0.83	0.65-1.15	g/l
Sodium	▲ 146	135-145	mmol/l
Potassium	3.9	3.5-5.0	mmol/l
Calcium	95	95-105	mmol/l
Bicarbonates	23	23-28	mmol/l
Trou ionique	24	10-24	mmol/l
Créatinine	71	44-88	µmol/l
Clairance de la créatinine (MDRD)	95.18		ml/min/1.73 m²
Interprétation MDRD : Si le patient est d'origine afro-américaine, corriger le résultat en le multipliant par 1,21.			
Interprétation (classification de la maladie rénale chronique) : Maladie rénale chronique* avec DFG normal ou augmenté, stade 1.			
DFG = débit de filtration glomérulaire * Avec marqueur d'atteinte rénale : protéinurie, hématurie, leucocyturie ou anomalies morphologiques ou histologiques ou dysfonction tubulaire, persistant plus de 3 mois.			
Ce résultat est à interpréter en fonction des données cliniques du patient.			
Urée	▲ 9.2	2.0-9.0	mmol/l
Protéines plasmatiques	▲ 92	65-79	g/l

## Annexe 9 : Liste des scenarios

- 1- Nourrisson de 3 mois. Etat de choc hypovolémique décompensé associé à une insuffisance respiratoire aiguë compensée sur 3<sup>e</sup> secteur
- 2- Nourrisson de 6 mois choc cardiogénique décompensé sur TSV avec WPW sous-jacent
- 3- Nourrisson de 1 mois1/2, origine polonaise, en France depuis 1 semaine. ISA avec état de choc hypovolémique et convulsions sur hypoglycémie dans un contexte infectieux
- 4- Nourrisson de 4 mois, de retour de Guyane avec ses parents. Etat de choc hypovolémique et septique décompensé sur défaillance multi-viscérale dans le cadre d'un paludisme (hypovolémie, anémie 4.8g/dl, IRA avec acidose métabolique) évoluant vers un ACR
- 5- Nourrisson de 3 mois victime d'un AVP éjecté. Etat de choc hémorragique sur traumatisme de foie et part vasoplégique du choc sur sidération médullaire
- 6- Enfant de 7mois, ancienne prématurée, présentant un choc anaphylactique lors de la réintroduction de protéines de lait de vache
- 7- Enfant de 6 mois, décompensation acido-cétosique avec choc sur diabète méconnu
- 8- Nourrisson de 5 mois présentant un choc hypovolémique décompensé sur brûlures graves
- 9- Nourrisson de 5 mois présentant un choc cardiogénique décompensé sur tamponnade secondaire à une complication mécanique de pose de PAC et évoluant vers un ACR

Annexe 10 : Eléments de stress durant la simulation

Soignant extérieur  
facilitateur ou freinateur

Alarmes de scope

Parent simulé



Dégradation de l'état clinique à type d'arrêt cardio-respiratoire

Annexe 11 : Photos et contenu du sac d'intervention SMU utilisé en simulation

**Sac pédiatrique**

**Oxygénothérapie et aérosols**

Lunette O2 néonate	1
pédiatrique	1
enfant	1
Masque O2 enfant	1
Masque aérosol enfant	1
Bricanyl sol.inh	2
Atrovent enfant sol.inh	2
Sérum phy 10 ml	2
Seringue 5 ml	1
Seringue 1 ml	1
Aiguille rose	2

**Sacoche médicaments**

Eau stérile 10 ml	1
Sérum phy 10 ml	2
Valproate de sodium	1
Valium 10 mg	2
Rivotril 1 mg	2
Dafalgan suppo	1 de chaque
100 - 300 - 600 mg	
Clamoxyl 500 mg	1
Ceftriaxone 1g	1
Seringue 10 ml	1
Seringue 1 ml	2
Aiguilles roses	3
Canules rectales	2
Adréraline 1 mg	2
Adréraline 5 mg	1
Atropine 0,5 mg	2
Ketamine 50 mg	1
Etomidate 20 mg	1
Atracurium 50 mg	1
Atracurium 10 mg	1
Celestène flacon	1
Solumédrol 120 mg	1
Chlorure de calcium	1



**Poche filet**

Champ stérile	1	Electrodes défibrillation	1
Pince magyll pédia	1		
Masque laryngé n°1,5	1		

**Sondes intubation :**

Sans ballonnet : 2,5 - 3 - 3,5 - 4 - 4,5	1 de chaque
Avec ballonnet : 5 - 5,5	1 de chaque

**Insufflateur**

Insufflateur enfant	1
Sac réserve	1
Tuyau O2 jetable	1
Masques taille 1-2-3	1 de chaque



**Sacoche intubation**

Mandrin intubation Ch 6	1
Piles LR6	2
Gel lubrifiant	2
Galon	2
Manche laryngo pédia	1
Moustache élasto	2

**Canules de guedel :**

taille 000 - 00 - 0 - 1 - 2	
-----------------------------	--

Lame miller n°0 usage unique	1
Lame miller n°1 usage unique	1
Lame mac n°0 usage unique	1
Lame mac n°1 usage unique	1
Embout spray	1
Seringue 10 ml	1
Xylocaine 5% spray	1

**Sonde aspiration n°8 et n°10** ..... 2 de chaque

Otoscope et embouts (5) ..... 1

Thermomètre et étuis (4) ..... 1

Abaisse-langue ..... 5

Intima G22-24 ..... 1 de chaque

+ bouchons connecteurs ..... 2

**Bétadine** ..... 1

Sac poubelle ..... 1

Boîte à aiguille ..... 1

Gants stériles n°6,5 et 8 : 1 de chaque

**Kit voie veineuse**

Garrot enfant et adulte	1
Biseptine	1
Compresses stériles	3
Cathéters : G22-G24	2 de chaque
Épicrânienne G25	1
Régulateur de débit	1
Robinet 3 voies	1
Perfuseur	1
Urgopore stérile	1
Opsite	1
Bilan sang enfant	1
Corps vacutainer	1
Raccords vaccu	2
Méprotec	1
Sac poubelle	1
Attelle	2
Bande 5 cm	1



**Kit intra osseuse**

Ch16 et Ch18	1 de chaque
Seringue de 10 ml	2
Sérum phy 10 ml	2
Gants stériles 6%	1
S	1
Aiguille rose	1
Robinet 3 voies	1
Compresses stériles	1
Bétadine alcoolique	1

Stéthoscope pédia ..... 1

Capteur SpO2 ..... 1

Brassard tension ..... 1

Bonnet ..... 1

Poche plastique ..... 1

Brassard taille 6 ..... 1

Glucometer + bandelettes + lancettes

**Kit gastrique**

**Sondes gastriques :**

Ch 06-Ch 08	1 de chaque
Ch 08- Ch 10	
double courant	1 de chaque
Seringue 10 ml	1
Adptateur seringue Luer lock	1
Moustaches	2
Gel lubrifiant	1
Compresses stériles	1
Seringue 2 ml embout SG	1



**Solutés**

B27	250 ml	1
B45	250 ml	1
Nacl 0,9%	250 ml	1
Nacl 0,9%	100 ml	1

Jun 2013

**SAMU 86**

Annexe 12 : Photos du chariot d'urgence et détails de son contenu



Tiroir 1

Isuprel	Dobutamine	Xylocaïne	Chlorure de Sodium	<u>ANTIBIOTIQUES</u> Céfazoline Amoxicilline Rocéphine Cindamycine
<u>ANTIARYTHMIQUES</u> Cordarone Krenosin	Aspégic Plavix	Solumedrol	Glucose	<u>IPP</u> Inexium Eupantol
<u>ANTIHYPERTENSEURS</u> Urapidil Nicardipine	<u>CURARES</u> Esmeron Tracurium Célocurine		<u>ANTICONVULSIVANTS</u> Gardenal Valium	Syntocinon
<u>DIURETIQUES</u> Burinex Furosémide			<u>ANTIDOTES</u> Naloxone Flumazénil	Profenid Spasfon Dafalgan
Atropine	<u>HYPNOTIQUES</u> Propofol Hypnovel Pentothal Kétamine		<u>DERIVE NITRE</u> Trinitrine Risordan Nitriderm	Polaramine Vogalène
Adrénaline Noradrénaline				Hypnovel Tranxène Risپردal Tercian Ephédrine

## Tiroir 2

Seringues 60 ml	Seringues 20 ml	Rampes	Hémocultures
Seringues 2 ml	Seringues 10 ml	Robinets	Seringue GDS
Seringues 1 ml	Seringues 5 ml	Épicrâniennes	Trocarts Lancettes

## Tiroir 3

Perfuseurs		Raccords		Poches bilan Sparadrap Biseptine Tegaderm Compresse
Cathéters - 24 G	- 20 G	Aiguilles de Cook		
	- 22 G			

## Tiroir 4

SIOT 2.5	SIOT 3	SIOT 3.5	SIOT 4	SIOT 5	Lames courbes 2 3	Guedels
Larmes artificielle Seringue 5 ml Lien					Lames Miller 00 0 1	Masques laryngés Pince de Maguil Laryngoscope

## Tiroir 5

BAVU Masques	Lunette MMC MHC Nébulisateur Brassard TA Saturomètre Electrodes	SNG Poche	Bandelette urinaire Pot BU Poche urinocol Kit sonde urinaire
-----------------	---	--------------	---

## Tiroir 6

Isonfundine NaCl 0,9%	Dextrion G5	Bicarbonate
--------------------------	-------------	-------------



**IES-R Impact of Event Scale-Revised** (*évaluation de l'impact*) (Brunet 2003)

Date :                      Equipe N°.....

Nom :                      Prénom :                      Statut : leader - interne - IDE - ambulancier/AS

Questionnaire rempli par :

*Instructions* : Voici une liste de difficultés que des personnes peuvent éprouver à la suite d'un événement ayant occasionné un stress aigu. Veuillez indiquer à quel point vous avez été bouleversé(e) par chacune de ces difficultés **au cours des 7 derniers jours** en ce qui concerne **la dernière séance de simulation**.

Dans quelle mesure avez-vous été affecté(e) ou bouleversé(e) par ces difficultés.

	0	1	2	3	4
	Pas du tout	Un peu	Moyennement	Passablement	Extrêmement
1. Tout rappel de la séance ravivait mes sentiments face à l'événement					
2. Je me réveillais la nuit					
3. Différentes choses m'y faisais penser					
4. Je me sentais irritable et en colère					
5. Quand j'y repensais ou qu'on me le rappelait, j'évitais de me laisser bouleverser					
6. Sans le vouloir, j'y repensais					
7. J'ai eu l'impression que la séance n'était jamais arrivée ou n'était pas réelle					
8. Je me suis tenu loin de ce qui m'y faisais penser					
9. Des images de la séance surgissaient dans ma tête					
10. J'étais nerveux (nerveuse) et je sursautais facilement					
11. J'essayais de ne pas y penser					
12. J'étais conscient(e) d'avoir encore beaucoup d'émotions à propos de la séance, mais je n'y ai pas fait face					
13. Mes sentiments à propos de la séance étaient comme figés					
14. Je me sentais et je réagissais comme si j'étais encore dans la séance					
15. J'avais du mal à m'endormir					
16. J'ai ressenti des vagues de sentiments intenses à propos de la séance					
17. J'ai essayé de l'effacer de ma mémoire					
18. J'avais du mal à me concentrer					
19. Ce qui me rappelait la séance me causait des réactions physiques telles que des sueurs, des difficultés à respirer, des nausées ou des palpitations					
20. J'ai rêvé de la séance					
21. J'étais aux aguets et sur mes gardes					
22. J'ai essayé de ne pas en parler					
<b>SCORE TOTAL sur 88</b>					
<b>SCORE TOTAL sur 100</b>					

Annexe 15 : PCLS (Weathers 1993)

**PCLS Post-traumatic Check List Scale** (évaluation de l'impact) (Weathers 1993)

Date : \_\_\_\_\_ Equipe N°.....  
 Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_ Statut : leader - interne - IDE - ambulancier/AS  
 Questionnaire rempli par : \_\_\_\_\_

*Instructions* : Voici une liste de difficultés que des personnes peuvent éprouver à la suite d'un événement ayant occasionné un stress aigu. Veuillez indiquer à quel point vous avez été bouleversé(e) par chacune de ces difficultés **au cours des 30 jours** qui ont suivi **la dernière séance de simulation**.

Dans quelle mesure avez-vous été affecté(e) ou bouleversé(e) par ces difficultés.

	1	2	3	4	5
	Pas du tout	Un peu	Parfois	Souvent	Très souvent
<b>Rappel mémoriel</b>					
1. Se sentir très perturbé(e) lorsque quelque chose vous rappelle l'événement					
2. Etre très perturbé(e) par des souvenirs, des pensées ou des images en relation avec l'événement					
<b>Evitement/d'effacement</b>					
3. Eviter de penser ou de parler de l'événement ou éviter des sentiments qui sont en relation avec l'événement					
4. Eviter des activités ou des situations parce qu'elles rappellent l'événement					
<b>Période nocturne</b>					
5. Avoir des difficultés pour s'endormir ou rester endormi(e)					
6. Etre perturbé(e) par des rêves répétés en relation avec l'événement					
<b>Troubles de l'humeur/irritabilité</b>					
7. Se sentir énerver ou sursauter facilement					
8. Se sentir irritable ou avoir des bouffées de colère					
<b>Réactions physiques/hypervigilance</b>					
9. Avoir des réactions physiques lorsque quelque chose rappelle l'événement : palpitations, difficultés à respirer, sueurs					
10. Etre en état de super alarme, sur la défensive, ou sur ses gardes					
<b>Réalité persistante</b>					
11. Brusquement agir ou sentir comme si l'événement se reproduisait (comme si vous étiez en train de la revivre)					
<b>Fonctions cognitives</b>					
12. Avoir du mal à se souvenir des parties importantes de l'événement					
13. Avoir des difficultés à se concentrer					
14. Se sentir comme si l'avenir était en quelque sorte raccourci					
<b>Distanciation/désintérêt</b>					
15. Perte d'intérêt dans des activités qui habituellement vous faisaient plaisir					
16. Se sentir distant(e) ou coupé(e) des autres personnes					
17. Se sentir émotionnellement anesthésié ou incapable d'avoir des sentiments pour ceux qui sont proches de vous					
<b>SCORE TOTAL sur 85</b>					
<b>SCORE TOTAL sur 100</b>					

Annexe 16 : échelles TAPAS (Oriot 2016) et CTS (Guise 2008)

**SIMULATION CHECK-LIST – Médecine/Traumato – V15 (03/11/2012)**

Date : \_\_\_\_\_ Superviseur : \_\_\_\_\_ Formation : \_\_\_\_\_ Simulation N° : \_\_\_\_\_  
 Team Leader : \_\_\_\_\_ Aides : \_\_\_\_\_  
 Scénario *informatique* utilisé : \_\_\_\_\_ SimNewB - SimJunior - SimKelly - SimMan

Histoire autour de ce scénario :

**Objectifs de la simulation :**

<i>Médicotechniques</i>	<i>Relationnels (CRM)</i>
1/-	1/-
2/-	2/-
3/-	3/-

SCORE DE CRM (Clinical Teamwork Scale) =	SCORE D'ALGORITHME =
<b>SCORE combiné DE PERFORMANCE =</b>	

**DEBRIEFING** Echelles de perception simplifiées : 0 (aucun)-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 (maximal)

Vécu	AVANT		PENDANT	APRES	
	Confiance en soi	Stress	Stress	Echec-insatisfaction	Réalisme
Leader (médecin senior/junior)					
Aide (médecin junior ou IDE)					
Aide (IDE/Puéricultrice/SF)					
Aide (AS/Auxiliaire puér/ext)					

Analyse	Médicotechnique / Algorithme	CRM / Travail d'équipe / Relationnel
Points positifs (Enoncés par l'équipe lors du débriefing)		
Points à améliorer (Repérés par le superviseur pendant la simulation)		

**Erreurs humaines** : Tunnel, fixation, perte attentionnelle, improvisation

**Conclusion**

Les messages importants à retenir : énoncés par auto-feedback (« si c'était à refaire, que feriez-vous de différent ? »)

- 1/- ...
- 2/- ...
- 3/- ...
- 4/- ...

Remarques /suggestions

**1-CRM: CLINICAL TEAMWORK SCALE** (modifié d'après Guise 2008)

**Evaluation globale du travail d'équipe :**

Inacceptable	Médiocre	Moyen	Bien	Très bien
0	1 2 3	4 5 6	7 8 9	10

**Evaluation détaillée du travail d'équipe :**

**Leader et aides :**

- Entre 0 et 10: Identification claire du leader et des aides
- Entre 0 et 10: Qualité du rôle de leader
- Entre 0 et 10: Rôles *effectifs* des aides, entraide

**Communication :**

- Entre 0 et 10: Communication calme, professionnelle
- Entre 0 et 10: Utilisation du double-check
- Entre 0 et 10: Invitation à rapporter et infos rapportées
- Entre 0 et 10: Utilisation du SBAR, I-PASS (nouveaux membres)

**Utilisation des ressources :**

- Entre 0 et 10: Appel d'aide précoce
- Entre 0 et 10: Infos (T-MIST, AMPLE, carnet de santé, F de risque)
- Entre 0 et 10: Utilisation optimale équipement/examens

**Conscience de la situation :**

- Entre 0 et 10: Anticipation et relevé des constantes
- Entre 0 et 10: Résumé verbalisé (penser tout haut)
- Entre 0 et 10: Réévaluation/priorisation

**Conscience de la famille :**

- Entre 0 et 10: Information et présence parents/famille

Score TOTAL CTS (maxi = 150)	= ...../.....	= ...../100
---------------------------------	---------------	-------------

**2-PREPARATION/INSTALLATION**

Score maximal possible =

- 2  1  0 Vérif matériel: aspi, VMF, O2, IOT, VIO
- 2  1  0 Scope avant changement de brancard
- 2  1  0 Déshabillage
- 2  1  0 Pesée (nourrisson)
- 2  1  0 Déclenchement du chronomètre
- 2  1  0 Séchage dos, retrait du charap mouillé, bonnet
- 2  1  0 Pas de séchage, Seo plastique (prématuré < 33 SA)

**3-A – AIRWAY**

Score maximal possible =

- 2  1  0 R. verbale, réactivité (conscience), rôles
- 2  1  0 Position 30° (mise en proclive ou maintien)
- 2  1  0 Position du cou : neutre, sniffing, extension
- 2  1  0 Jaw-thrust et chin-lift (± head-tilt)
- 2  1  0 Bouche : sécrétions, vomissements, CE
- 2  1  0 Aspiration de la bouche ± nez
- 2  1  0 Extraction d'un CE visible (finger sweep)
- 2  1  0 Canule de Guédel (si inconscient)
- 2  1  0 Tonus, respiration
- 2  1  0 Laryngoscopie, aspiration bouche ± endotrachéale
- 2  1  0 *Maintien du rachis cervical dans l'axe*
- 2  1  0 *Cou : plaie, emphysème, trachée, VJE*
- 2  1  0 *Retrait/mise d'un collier cervical rigide*
- 2  1  0 *Oxygène : O2 à 10-15 L/mn par MHC*
- 2  1  0 *Préparation médicaments pour l'ISR*

**4-B – BREATHING**

Score maximal possible =

- 2  1  0 FR, travail, vol pulm (+ abdo), oxygénation
- 2  1  0 Oxygène : O2 à 0,5-3 L/mn en lunettes
- 2  1  0 Oxygène : O2 à 10-15 L/mn par MHC
- 2  1  0 Sonde Gastrique
- 2  1  0 Aérosols de Salbutamol ± Atrovent\*
- 2  1  0 VMF : 5 VMF de 3" puis FR = 25-30 (FR=40-60)
- 2  1  0 Préparation des médicaments pour l'ISR
- 2  1  0 Manœuvre de Sellick
- 2  1  0 IOT/INT: laryngoscopie=.....; nb d'essais=.....
- 2  1  0 Vérification de l'intubation ± FECO2
- 2  1  0 ACR: 5 VMF (3"), 2/15 (1/3) ou FR=10
- 2  1  0 Stimulations tactiles (dos, plantes des pieds)
- 2  1  0 Mise en place de la SpO2 (main droite)
- 2  1  0 Connexion de l'O2 à M ..... ; SpO2 = .....
- 2  1  0 VS-PEP ou VNI
- 2  1  0 Exsufflation d'un pneumothorax
- 2  1  0 Drainage thoracique ou préparation
- 2  1  0 Thyroïcotomie
- 2  1  0 Surfactant intra-trachéal
- 2  1  0 Salbutamol : 0,2-1 µg/kg/mn IVSE

**5-C – CIRCULATION**

Score maximal possible =

- 2  1  0 FC, peau, pouls, préch (foie, VJE, conj), PA
- 2  1  0 Douleur thoracique ?
- 2  1  0 Auscultation cardiaque
- 2  1  0 ECG (± plusieurs tracés)
- 2  1  0 VVP (ou VJE)
- 2  1  0 VIO avec les 5 critères d'évaluation
- 2  1  0 Surélévation des mbs inférieurs
- 2  1  0 CVC (fémoral) ou Cathéter Omphalique à 5 cm
- 2  1  0 Bilan sanguin (avec Dextro\* ± HémoCue\*)
- 2  1  0 Exp. Vol. : 20 mL/kg NaCl 0,9% (ou vol. adapté)
- 2  1  0 Plusieurs exp. volémiques ou transfusions
- 2  1  0 Commande de sang
- 2  1  0 Sang O- : 15 mL/Kg + 10 mL/kg NaCl 0,9%
- 2  1  0 MCE (2 pouces/mains, 1 main, 2 mains)
- 2  1  0 FC pt RCP=2/15 ou 100 (120)/mn (IOT)
- 2  1  0 Vérification du pouls provoqué
- 2  1  0 Analyse du tracé ECG
- 2  1  0 Adrénaline 10 µg/kg = 0,1 mL/kg IV/IO
- 2  1  0 Causes réversibles 4H/4T (anémie/PNO)
- 2  1  0 Plusieurs doses d'adrénaline/4 mn
- 2  1  0 Défibrillation 4 J/kg
- 2  1  0 Amiodarone (5 mg/kg IVD) ou Lidocaïne
- 2  1  0 *Saignement déclive ?*
- 2  1  0 *Inspection/palpation du cuir chevelu*
- 2  1  0 *Demande d'un FAST-écho*
- 2  1  0 *Mobilité bassin ? ± clamp pelvien*
- 2  1  0 *Déformation cuisse ? ± Donway*
- 2  1  0 Adrénaline IM/SC

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Dopamine, Adrénaline, Noradrénaline ivse  | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Aspirine IV, Lovenox* ivisc, Plavix* po |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Dobutamine ivse ou Milrinone bolus + ivse | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Fibrinolyse : Métalyse* ou Actilyse*    |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Furosémide : 0,5-1 mg/kg                  | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 CaCL2, HCO3Na, MgSO4, KCL               |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Manœuvres vagales (glace sur le visage)   | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Pace-maker: FC=100; 10-40mA; asynch     |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Krénosin (Adénosine): 0,1 mg/kg IVD x 2-3 | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Sonde de Blakemore                      |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Cardioversion : 1 J/kg                    | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Lavages gastriques glacés               |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Atropine                                  | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Prostine                                |

#### 6-D – DISABILITY

Score maximal possible =

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 GCS, AVPU, pupilles, mvts aNx, douleur          | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Tonus, réactivité, fontanelle               |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Diazépam IR 0,5 mg/kg ou Midazolam IV 0,1 mg/kg | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Naloxone 100 µg/kg IV-IM (2mg si >5A)       |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Phénytoïne 20 mg/kg/15 mn IV                    | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Flumazénil 30 µg/kg IV                      |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Phénobarbital 20 mg/kg/15 mn                    | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Proclive 30°, tête médiane                  |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Thiopental 3-5 mg/kg puis IVSE                  | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 HyperVMF (2 x FR normale) pt 3-5 mn         |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Paracétamol 15 mg/kg IVD (7,5 mg/kg si < 1 an)  | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 NaCL 20% 1 mL/kg ou 3mL/kg NaCL3% puis IVSE |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Pallier II: Codéine, Nalbuphine, Tramadol       | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Mannitol 20% 0,5 g/kg IVL                   |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Pallier III : Morphine, Fentanyl, Sufentanil    | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Kétamine                                    |

#### 7-E – EXPOSURE

Score maximal possible =

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Déshabillage, peau: lésions, purpura, déshydraté | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Tt hyperthermie: eau + ventilateur      |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Prise de la T°                                   | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Glace sur la tête, découvert            |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Couvrir et réchauffer                            | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Hypothermie thérapeutique à 33°C        |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Paracétamol 15 mg/kg IVD (7,5 si < 1 an)         | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Tt hypoglycémie : G10% à 2 mL/kg        |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Dextro et/ou Hémocue*                            | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Glucagon : 0,25 mg/kg IV, IM ou SC      |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Perf: G5%-G10% polyionique ou NaCL 0,9%          | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 ATB : C3G, Amox, Amox-Clav, ± Aminoside |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Débit de la perf: 421 ou + ou -                  | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Prednisolone 1 mg/kg IVD                |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Recherche d'un empatement lombaire               | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Hydrocortisone 1 mg/kg (25 mg/m2)       |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Recherche d'un globe vésical                     | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 (Séro)-Vaccination antitétanique        |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 Sonde vésicale ou poche à urines                 |   |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 0 BU ± prélèvement ECBU, Iono urinaire             |   |

**Score d'algorithme** = Points obtenus/maximum de points algorithme possibles

$$= \quad / \quad = \dots\dots\dots /100$$

En petits caractères → items spécifiques de réa à la naissance

En rouge + italique → items spécifiques de traumatologie

En encadré → items spécifiques de RCP



Annexe 18 : BAT – Behavioural Assessment Tool (*évaluation du leadership*) (Anderson 2010)

Date :                      Equipe N°.....      **Leader** → Nom :                      Prénom :                      Superviseur :

Score	0 (novice)	1	2 (compétent)	3	4 (expert)
<b>1-Connaissance de l'environnement</b>	Désorienté, environnement non familier; Ne pose pas de question		L'environnement semble un peu familier; Pose quelques questions		Connaît très bien l'environnement; Répond aux questions des autres
<b>2-Anticipation des problèmes</b>	Non préparé pour le cas; Ne demande rien aux autres		Pose 2-3 questions; connaît certains éléments; Ne reconnaît pas une situation prévisible		Pose les questions pertinentes; Comprend tous les éléments prévisibles de la situation
<b>3-Identification du rôle de leader</b>	Ne s'identifie pas clairement comme leader; Reste en arrière; manque d'assurance		S'identifie comme leader après question; prend en charge quand demandé de le faire; mauvaise coordination		S'identifie comme responsable du patient et leader de l'équipe; Coordonne toutes les activités; inspire confiance
<b>4-Communication avec les membres de l'équipe</b>	N'énonce pas clairement les problèmes; Voix trop basse ou trop forte; Demandes non adressées particulièrement aux acteurs		Identifie correctement les problèmes mais ne communique pas clairement aux autres; voix audible par tous; Le plus souvent écoute les interlocuteurs, les nomme et demande de l'aide		Définit les solutions; parle clairement en spécifiant les interlocuteurs; Encourage la coopération; écoute les autres; clarifie les propos ambigus
<b>5-Délégation des tâches</b>	Essaie de tout faire tout seul; ne reconnaît pas les aides potentielles; ne fait rien ou trop peu quand son aide est demandée; Demande trop aux autres sans guidance adéquate		Délègue les tâches de façon appropriée; Assigne des tâches mais pas de façon optimale		Assigne clairement des tâches aux aides de façon spécifique; Reconnaît quand les aides sont débordés et les assiste ou délègue à quelqu'un d'autre; Donne une supervision appropriée
<b>6-Perception clinique</b>	Semble préoccupé par les détails mais ne perçoit pas l'essentiel de la situation clinique; ne priorise pas; Facilement distrait; incapable de limiter les informations futiles ou le bruit de fond		Reconnaît l'essentiel de la situation clinique; Capable de limiter la majorité des détails inutiles; Evite les erreurs de fixation		Conscient des détails et organise la PEC globale du patient; Ne se distrait pas; priorise correctement; Evite les erreurs de fixation
<b>7-Utilisation de toutes les informations</b>	De se sert pas des éléments anamnestiques dans l'approche clinique du patient; lent à reconnaître les situations urgentes; Ne réévalue pas; persiste dans le sens original alors qu'il faut le modifier		Insère des données anamnestiques dans la PEC; réévalue souvent; Interprète la plupart des éléments cliniques correctement		Insère toutes les données anamnestiques dans la PEC; interprète correctement les données cliniques; Réévalue en permanence l'état clinique ou quand il existe une discordance; reconnaît rapidement les changements
<b>8-Utilisation des moyens disponibles</b>	Ne reconnaît pas les compétences des autres; N'imagine pas des alternatives possibles en cas de manque de matériel ou de personnel		Utilise les compétences des autres la plupart du temps; Peine avec le manque de matériel ou de personnel adéquat mais résout finalement à les problèmes		Sollicite et incorpore les compétences des autres; Réagit au manque de matériel ou de personnel adéquat en identifiant des solutions alternatives
<b>9-Reconnaissances des limites/appeal d'aide</b>	N'arrive pas à reconnaître ses propres limites; ne demande aucune aide; Tente d'aller au-delà de ses propres compétences avec un risque pour le patient; pas d'appel d'aide		Reconnaît ses limites en connaissance ou habileté mais tarde à demander de l'aide		Reconnaît à temps ses propres limites en connaissances et habileté et demande rapidement de l'aide; Appel d'aide demandé de façon appropriée
<b>10-Comportement professionnel</b>	Engage des conversations inutiles; commentaires inappropriés; jurons, vulgarité; montre très peu d'intérêt pour le confort du patient; Approche brutale de la famille ou inappropriée; devient vite défensif; supervision autoritaire		Garde les conversions inutiles minimales; langage professionnel le plus souvent; Considère la famille avec empathie; supervise de façon non autoritaire		Ne s'engage dans aucune conversation inutile; langage et approche toujours professionnels; Attitude empathique pour le patient et sa famille; reconnaît le langage non verbal et y répond de façon appropriée; supervise sans jugement
<b>TOTAL sur 40</b>					
<b>TOTAL sur 100</b>					

## 11.4. Auto-évaluation et évaluation du programme de recherche

Annexe 19 : Questionnaire d'auto-évaluation de l'étude Sim-Stress

### Evaluation de votre participation à l'étude Sim-Stress

\*Obligatoire

1. **Vous êtes : \***

Une seule réponse possible.

- Médecin    Après avoir répondu à la dernière question de cette section, passez à la question 5.
- Interne    Après avoir répondu à la dernière question de cette section, passez à la question 5.
- Infirmier    Après avoir répondu à la dernière question de cette section, passez à la question 13.
- Ambulancier    Après avoir répondu à la dernière question de cette section, passez à la question 21.

2. **Combien d'années d'expérience aviez-vous au lancement du début de l'étude Sim-Stress (février 2013) ? \***

.....

3. **Aviez-vous déjà reçu avant Sim-Stress une formation à l'urgence pédiatrique ? \***

Une seule réponse possible.

- Oui
- Non

4. **Si oui, cette formation comprenait-elle un apprentissage par simulation ?**

Une seule réponse possible.

- Oui
- Non

5. \*

Une seule réponse possible par ligne.

	Je désapprouve fortement	Je désapprouve	Je ne sais pas	J'approuve	J'approuve fortement
Je suis satisfait de la formation Sim-Stress	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le mannequin haute fidélité utilisé était réaliste	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Les scénarios étaient réalistes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**6. Au cours de l'étude SIM-STRESS, j'ai acquis sur la prise en charge des urgences vitales de l'enfant : \***

*Une seule réponse possible par ligne.*

	Je désapprouve fortement	Je désapprouve	Je ne sais pas	J'approuve	J'approuve fortement
- des compétences théoriques	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- des compétences pratiques	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- plus de confiance en moi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**7. Cette formation a changé ma pratique professionnelle chez l'enfant pour : \***

*Une seule réponse possible par ligne.*

	Je désapprouve fortement	Je désapprouve	Je ne sais pas	J'approuve	J'approuve fortement
- l'anticipation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- les gestes techniques	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- les algorithmes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- le travail en équipe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- la communication	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- le leadership	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**8. Cette formation a changé ma pratique professionnelle chez l'adulte pour : \***

*Une seule réponse possible par ligne.*

	Je désapprouve fortement	Je désapprouve	Je ne sais pas	J'approuve	J'approuve fortement
- l'anticipation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- les gestes techniques	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- les algorithmes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- le travail en équipe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- la communication	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- le leadership	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**9. La répétition des séances de simulation est nécessaire après l'étude. \***

*Une seule réponse possible par ligne.*

	Je désapprouve fortement	Je désapprouve	Je ne sais pas	J'approuve	J'approuve fortement
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. **Quelle fréquence annuelle d'entraînement par simulation à la prise en charge des urgences vitales de l'enfant, jugez-vous nécessaire pour votre pratique professionnelle ? \***

.....

11. **Quelle note de qualité, donneriez-vous à cette formation ? \***

*Une seule réponse possible.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
minimum	<input type="radio"/>	maximum									

12. **Avez-vous des suggestions pour la formation ?**

.....

.....

.....

.....

.....

Annexe 20 : Echelle d'évaluation MERSQI d'un programme de recherche en simulation (Reed 2007)

Domain	MERSQI Item	Studies, No. (%) <sup>a</sup>	Score		Mean (SD)	
			Item	Maximum Domain	Item	Domain
Study design	1. Study design			3	1.28 (0.47)	1.28 (0.47)
	Single group cross-sectional or single group posttest only	140 (66.7)	1			
	Single group pretest and posttest	33 (15.7)	1.5			
	Nonrandomized, 2 group	31 (14.8)	2			
	Randomized controlled trial	6 (2.9)	3			
Sampling	2. No. of institutions studied			3	0.84 (0.46)	1.90 (0.65)
	1	135 (64.3)	0.5			
	2	8 (3.8)	1			
	>2	67 (31.9)	1.5			
	3. Response rate, %				1.06 (0.44)	
	Not applicable	30 (14.3)				
	<50 or not reported	60 (33.3) <sup>b</sup>	0.5			
50-74	39 (21.7) <sup>b</sup>	1				
≥75	81 (45.0) <sup>b</sup>	1.5				
Type of data	4. Type of data			3	1.91 (0.99)	1.91 (0.99)
	Assessment by study participant	114 (54.3)	1			
	Objective measurement	96 (45.7)	3			
Validity of evaluation instrument <sup>c</sup>	5. Internal structure			3	0.25 (0.44)	0.69 (0.93)
	Not applicable	25 (11.9)				
	Not reported	138 (74.6) <sup>d</sup>	0			
	Reported	47 (25.4) <sup>d</sup>	1			
	6. Content				0.29 (0.45)	
	Not applicable	25 (11.9)				
	Not reported	132 (71.4) <sup>d</sup>	0			
	Reported	53 (28.6) <sup>d</sup>	1			
	7. Relationships to other variables				0.15 (0.36)	
	Not applicable	25 (11.9)				
Not reported	157 (84.9) <sup>d</sup>	0				
Reported	28 (15.1) <sup>d</sup>	1				
Data analysis	8. Appropriateness of analysis	29 (13.8)		3	0.66 (0.35)	2.58 (0.65)
	Data analysis inappropriate for study design or type of data	181 (86.2)	0			
	Data analysis appropriate for study design and type of data		1			
	9. Complexity of analysis	58 (27.6)			1.72 (0.45)	
	Descriptive analysis only	152 (72.4)	1			
Beyond descriptive analysis		2				
Outcomes	10. Outcomes	102 (48.6)		3	1.44 (0.50)	1.44 (0.50)
	Satisfaction, attitudes, perceptions, opinions, general facts	41 (19.5)	1			
	Knowledge, skills	62 (29.5)	1.5			
	Behaviors	5 (2.4)	2			
	Patient/health care outcome		3			
<b>Total Score</b>				<b>18</b>		<b>9.95 (2.34)</b>

Abbreviation: MERSQI, medical education research study quality instrument.  
<sup>a</sup>Percentages may not total 100 due to rounding.  
<sup>b</sup>Percentage based on the 180 studies without a "not applicable" rating for the "response rate" items.  
<sup>c</sup>Applies to a new or referenced instrument.  
<sup>d</sup>Percentage based on the 185 studies without a "not applicable" rating for the "validity of evaluation instrument" items.