

**Université de Poitiers**  
**Faculté de Médecine et Pharmacie**

ANNEE 2013

Thèse n°

**THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN  
MEDECINE**

(Décret du 16 janvier 2004)

Présentée et soutenue publiquement le 19 juin 2013 à Poitiers par

**Mademoiselle Hélène MOUNIOS**

**Mesure non invasive et continue de  
l'hémoglobine (Hb) : Evaluation de la précision  
de la Co-Oxymétrie pulsée (SpHb) avant et  
après ajustement *in vivo*.**

**COMPOSITION DU JURY**

**Président** : Monsieur le Professeur Bertrand DEBAENE

**Membres** : Monsieur le Professeur Olivier MIMOZ

Monsieur le Professeur Jean-Pierre RICHER

**Directeur de thèse** : Monsieur le Docteur Benoît GIRAUD



LISTE DES ENSEIGNANTS DE MEDECINE

Professeurs des Universités-Praticiens Hospitaliers

1. AGIUS Gérard, bactériologie-virologie
2. ALLAL Joseph, thérapeutique
3. BATAILLE Benoît, neurochirurgie
4. BENSADOUN René-Jean, oncologie - radiothérapie
5. BRIDOUX Frank, néphrologie
6. BURUOGA Christophe, bactériologie - virologie
7. CARRETIER Michel, chirurgie générale
8. CHEZE-LE REST Catherine, biophysique et médecine nucléaire
9. CHRISTIAENS Luc, cardiologie
10. CORBI Pierre, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
11. DAGREGORIO Guy, chirurgie plastique et reconstructrice
12. DEBAENE Bertrand, anesthésiologie réanimation
13. DEBIAIS Françoise, rhumatologie
14. DORE Bertrand, urologie
15. DUFOUR Xavier, Oto-Rhino-Laryngologie
16. EUGENE Michel, physiologie
17. FAURE Jean-Pierre, anatomie
18. FRITEL Xavier, gynécologie-obstétrique
19. FROMONT-HANKARD Gaëlle, anatomie et cytologie pathologiques
20. GAYET Louis-Étienne, chirurgie orthopédique et traumatologique
21. GICQUEL Ludovic, pédopsychiatrie
22. GILBERT Brigitte, génétique
23. GOMBERT Jean-Marc, Immunologie
24. GOUJON Jean-Michel, anatomie et cytologie pathologiques
25. GUILHOT-GAUDEFROY François, hématologie et transfusion
26. GUILLET Gérard, dermatologie
27. GUILLEVIN Remy, radiologie et imagerie médicale
28. HADJADJ Samy, endocrinologie et maladies métaboliques
29. HANKARD Régis, pédiatrie
30. HAUET Thierry, biochimie et biologie moléculaire
31. HERPIN Daniel, cardiologie
32. HOUETO Jean-Luc, neurologie
33. INGRAND Pierre, biostatistiques, Informatique médicale
34. IRANI Jacques, urologie
35. JABER Mohamed, cytologie et histologie
36. KARAYAN-TAPON Lucie, oncologie
37. KEMOUN Gilles, médecine physique et réadaptation (détachement)
38. KITZIS Alain, biologie cellulaire
39. KLOSSEK Jean-Michel, Oto-Rhino- Laryngologie
40. KRAMPS Jean-Louis, chirurgie générale
41. LECRON Jean-Claude, biochimie et biologie moléculaire
42. LEVARD Guillaume, chirurgie infantile
43. LEVILLAIN Pierre, anatomie et cytologie pathologiques
44. MAGNIN Guillaume, gynécologie-obstétrique (surnombre)
45. MARCELLI Daniel, pédopsychiatrie (surnombre)
46. MARECHAUD Richard, médecine interne
47. MAUCO Gérard, biochimie et biologie moléculaire
48. MENU Paul, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
49. MEURICE Jean-Claude, pneumologie
50. MIMOZ Olivier, anesthésiologie - réanimation
51. MORICHAU-BEAUCHANT Michel, hépato-gastro-entérologie
52. NEAU Jean-Philippe, neurologie
53. ORIOT Denis, pédiatrie
54. PACCALIN Marc, gériatrie
55. PAQUEREAU Joël, physiologie
56. PERAULT Marie-Christine, pharmacologie clinique
57. PERDRISOT Remy, biophysique et médecine nucléaire
58. PIERRE Fabrice, gynécologie et obstétrique
59. POURRAT Olivier, médecine interne
60. PRIES Pierre, chirurgie orthopédique et traumatologique
61. RICO Jean-Baptiste, chirurgie vasculaire
62. RICHER Jean-Pierre, anatomie
63. ROBERT René, réanimation
64. ROBLOT France, maladies infectieuses, maladies tropicales
65. ROBLOT Pascal, médecine interne
66. RODIER Marie-Hélène, parasitologie et mycologie
67. SENON Jean-Louis, psychiatrie d'adultes
68. SILVAIN Christine, hépato-gastro-entérologie
69. SOLAU-GERVAIS Elisabeth, rhumatologie
70. TABU Jean-Pierre, radiologie et imagerie médicale
71. TOUCHARD Guy, néphrologie
72. TOURANI Jean-Marc, oncologie
73. WAGER Michel, neurochirurgie

**Maîtres de Conférences des Universités-Praticiens Hospitaliers**

1. ARIES Jacques, anesthésiologie - réanimation
2. BEBY-DEFAUX Agnès, bactériologie - virologie
3. BEN-BRIK Eric, médecine du travail
4. BOURMEYSTER Nicolas, biologie cellulaire
5. CASTEL Olivier, bactériologie - virologie - hygiène
6. CATEAU Estelle, parasitologie et mycologie
7. CREMNITER Julie, bactériologie - virologie
8. DAHYOT-FIZELIER Claire, anesthésiologie - réanimation
9. DIAZ Véronique, physiologie
10. FAVREAU Frédéric, biochimie et biologie moléculaire
11. FRASCA Denis, anesthésiologie - réanimation
12. GUILLARD Olivier, biochimie et biologie moléculaire
13. HURET Jean-Loup, génétique
14. JAAFARI Nematollah, psychiatrie d'adultes
15. LAFAY Claire, pharmacologie clinique
16. LEVEZIEL Nicolas, ophtalmologie
17. MIGEOT Virginie, santé publique
18. ROY Lydia, hématologie
19. SAPANET Michel, médecine légale
20. THILLE Arnaud, réanimation
21. TOUGERON David, hépato-gastro-entérologie

**Professeur des universités de médecine générale**

GOMES DA CUNHA José

**Professeur associé des disciplines médicales**

SCEPI Michel, thérapeutique et médecine d'urgence

**Maîtres de Conférences associés de Médecine générale**

BINDER Philippe  
BIRAULT François  
FRECHE Bernard  
GIRARDEAU Stéphane  
GRANDCOLIN Stéphanie  
PARTHENAY Pascal  
VALETTE Thierry

**Professeur certifié d'Anglais**

DEBAIL Didier

**Maître de conférences des disciplines pharmaceutiques enseignant en médecine**

MAGNET Sophie, bactériologie - virologie

**Professeurs émérites**

1. BECQ-GIRAUDON Bertrand, maladies infectieuses, maladies tropicales
2. DABAN Alain, oncologie radiothérapie
3. FAUCHERE Jean-Louis, bactériologie - virologie
4. GIL Roger, neurologie
5. LAPIERRE Françoise, neurochirurgie

**Professeurs et Maîtres de Conférences honoraires**

1. ALCALAY Michel, rhumatologie
2. BABIN Michèle, anatomie et cytologie pathologiques
3. BABIN Philippe, anatomie et cytologie pathologiques
4. BARBIER Jacques, chirurgie générale (ex émérite)
5. BARRIERE Michel, biochimie et biologie moléculaire
6. BEGON François, biophysique, Médecine nucléaire
7. BOINOT-Catherine, hématologie - transfusion
8. BONToux Daniel, rhumatologie (ex émérite)
9. BURIN Pierre, histologie
10. CASTETS Monique, bactériologie - virologie - hygiène
11. CAVELLIER Jean-François, biophysique et médecine nucléaire
12. CHANSIGAUD Jean-Pierre, biologie du développement et de la reproduction
13. CLARAC Jean-Pierre, chirurgie orthopédique
14. DESMAREST Marie-Cécile, hématologie
15. DEMANGE Jean, cardiologie et maladies vasculaires
16. FONTANEL Jean-Pierre, Oto-Rhino Laryngologie (ex émérite)
17. GOMBERT Jacques, biochimie
18. GRIGNON Bernadette, bactériologie
19. JACQUEMIN Jean-Louis, parasitologie et mycologie médicale
20. KAMINA Pierre, anatomie (ex émérite)
21. LARSEN Christian-Jacques, biochimie et biologie moléculaire
22. MAIN de BOISSIERE Alain, pédiatrie
23. MARILLAUD Albert, physiologie
24. MORIN Michel, radiologie, Imagerie médicale
25. PATTE Dominique, médecine Interne
26. PATTE Françoise, pneumologie
27. POINTREAU Philippe, biochimie
28. REISS Daniel, biochimie
29. RIDEAU Yves, anatomie
30. SULTAN Yvette, hématologie et transfusion
31. TALLINEAU Claude, biochimie et biologie moléculaire
32. TANZER Joseph, hématologie et transfusion (ex émérite)
33. VANDERMARCO Guy, radiologie et imagerie médicale

## **REMERCIEMENTS :**

**A Monsieur le Professeur Bertrand Debaene,**

Vous me faites l'honneur de présider ce jury.

Pour la qualité de votre enseignement durant ces cinq années passées et j'espère à venir pour mes successeurs,

Pour votre écoute malgré mes doutes,

Soyez assuré de mon profond respect.

**A Monsieur le Professeur Olivier Mimoz,**

Vous m'avez fait l'honneur de me confier ce travail,

Pour votre écoute et votre disponibilité, avec toute la patience qu'il m'est nécessaire,

Pour mon apprentissage initial de la réanimation au sein de votre service,

Soyez assuré de ma sincère gratitude.

**A Monsieur le Professeur Jean-Pierre Richer,**

Vous avez accepté de juger ce travail,

Soyez assuré de mes remerciements les plus sincères

**A Monsieur le Docteur Benoît Giraud,**

Tu as accepté de diriger cette thèse avec toute la difficulté que cela pouvait représenter,

Pour le perfectionnisme qui te caractérise,

Pour avoir fait de moi la reine du tableau Excel,

Sois assuré de ma sincère reconnaissance.

**Aux équipes de mes premiers pas d'anesthésiste**, à Saintes avec Jean-Pierre, François, Dominique, Olivier puis à Niort avec Jean, Kit, Noureddine, Richard, et toute leurs équipes qui m'ont faite découvrir ce métier inconnu et laisser m'entraîner à l'écho sur cuisse de dinde en salle de réveil. Merci d'avoir aidé ses balbutiements et créé l'envie de le pratiquer.

**A l'équipe de Réanimation Chirurgicale**, au Dr Petitpas (à noter que l'écriture est sans faute) pour son enseignement, son écoute, sa disponibilité aux jérémiades, son guide de déontologie médicale. A Leila qui m'a tant faite peur mais qui m'a permise d'apprendre la réanimation. A Didier pour ses connaissances, son calme en toute circonstance et son clin d'œil. A Hoda, pour son exactitude dans tout, son état d'esprit et sa sincérité. Aux infirmiers (Elo, Karelle, Anne, Elsa, Guillaume, Emilie,...), aides-soignants (Fred, Guillaume...) et agents (Kikine bien sûr,...) qui ont adouci ce stage, notamment la longue période de la « grotte ». A Mme Plumereau !

**A l'équipe de Réanimation médicale**, ce stage m'a permise de me rappeler pourquoi j'avais choisi cette spécialité. Un passage rempli de bons souvenirs sans doute lié à mes co-internes, nos chefs (Véro, Anne, Jean-Pierre, Delphine), et Mr Robert dont les gardes étaient pleines d'enseignement et d'histoires annexes.

**A l'équipe de salle de réveil**, de jour comme de nuit, leur conversation, leur aide et leur café.

**Aux anesthésistes de chacun de mes stages**, parce qu'ils m'auront transmis leurs connaissances et pour l'ambiance souvent. Mentions spéciales pour la viscérale et le café préparé - avec amour et tradition - par Louis, partagé avec Nathalie, Marie-Suzanne, Danielle et Karine ; la cardio – tho ; le BU, Anne, Sophie, Loupec, Laurent pour l'année passée ensemble finalement ; la gynécologie, merci pour votre accueil et le temps laissé.

**A mes chers IADES**, Elo nouvelle version, Gégé, Isabelle, Laurent, ...

**A Marie-Suzanne**, pour cette douloureuse première garde qui m'a parue si longue et toutes celles qui ont suivi avec joie.

**A Denis**, merci de ta gentillesse caractéristique, de ta disponibilité et de tes mouchoirs. Je n'oublie pas ce que je te dois, notamment du chocolat et du champagne.

**A Anne**, ta franchise, ton honnêteté quoi qu'il en coûte sont parmi tes plus grandes qualités. Je n'oublierai pas tes remontées de bretelle qui m'ont tant marquées parce que c'était toi, la « crème des femmes » selon Franck, selon Franck...

**A Loupec**, merci d'avoir supporté tant de questions et de mauvaises blagues avec stoïcisme, jusqu'à un certain point... Merci pour ton enseignement et ta motivation irréprochables et indiscutables. Quand même il faudra bien que j'écrive le mot clé : banane !

**A mes co-internes : Karen, Franck et Flavie, Duf et Zaz.** Aujourd'hui indispensables, nous avons appris à nous connaître, parfois non sans mal. Merci pour ces années de stage, de soutien et de bonne tranche de rires, parfois noirs...

S'y associent Rémi et Touqui, les importés. Merci Rémi pour ta chorégraphie sur Dalida, tes coups épigastriques et ta finesse. Merci Touqui pour avoir repris la pire garde que tu aies faite, grand urgentiste de petite taille.

**Aux plus jeunes,** superPhiphi, Louis Marie et les autres bien sûr et pour la plupart.

**A Karen Catherine,** oui, des débuts difficiles mais ça n'a pas duré ? Merci pour ces cinq années d'internat bien que pictavien en grande partie. Pour ton écoute, tes soirées pâtes devenues tartes salées (nouvelle spécialité) ont permis d'adoucir ce séjour. Merci aussi pour ces vacances au soleil qui ont certainement réveillées mon âme d'exploratrice de l'extrême, ou pas... Affaire à suivre !

**A Franck,** pour ta bienséance et tes craquages, ta candeur et ton cynisme, Shakira et Johnny Hallyday, et faire cohabiter tous ces éléments chez une même personne.

**A Duf,** pour ces souvenirs de stage, de thé, de times up et même d'aventurier du rail, de sushis...

**A Thomas *Bigoudi* Kerforne,** ce surnom te va si bien après avoir dépassé le premier souvenir du teckel... Merci pour ta gentillesse - à nuancer cependant des moments où tu as envie de m'embêter (ce que je refuse)-, ta présence.

**A Matthieu,** mon co-interne préféré bien sûr. Malgré une incompréhension réciproque et répétée...

**A Bettina,** pour son lapin et son cheese-cake, pour son aide et pour avoir été bonne élève en neurasthénie. Mais non, je ne poserai plus tes cathés.

**A mes anesthésistes préférés de La Rochelle,** François – Guillaume et Romain pour ces repas, ces verres en terrasse et leur acolytes.

**A Gégé,** pour nous avoir sauvé la peau en Inde grâce à ses rappels de sécurité électrique et hygiénique, pour sa zen attitude.

**A Elo,** pour sa découverte de Poitiers par ses resto, ses bars et ses boutiques ; pour sa bonne humeur éternelle.

**A Amélie, Make, Coco, Maït,** pour ces bières et ces repas partagés ensemble. Oui Make je voterai pour toi lors des prochaines municipales.

**A mon père**, pour sa patience parfois, sa foi en ses enfants malgré tout ; et ses enseignements, dans des domaines aussi variés et importants que le cyclisme sans les petites roues, la natation sans la ceinture avec le dernier flotteur.

**A ma mère**, pour son amour de mère juive parfois et pour nous avoir appris à regarder les choses autrement.

**A mon frère**, mon poulet, mon préf, Edgard François Poulet Cruel qui résume si bien ce que tu es et mon attachement.

**A mes sœurs**, exigeantes chacune dans leur domaine et à leur manière, envers moi comprise.

**A mon grand-père**, pour ses facéties, son entêtement envers tous et cependant sa sagesse dans tout. Tu resteras un exemple.

**A Julie** et sa famille formidable. Nous avons grandi ensemble malgré les disputes la récré, le départ pour nos études, la vie anglo-saxonne. Merci pour nos week-ends régressifs, nos dimanches gâteaux, notre découverte des films d'horreurs, nos méchantes blagues dont je porte encore la responsabilité, nos conversations philosophiques niveau primaire et le reste.

**A Ju**, merci pour cette adorable filleule que tu m'as apportée mais aussi pour nos bavardages pendant les cours, notre départ pour les Amériques, etc. Désolée pour mon incompréhension sur tes annonces de grandes nouvelles si tôt le matin et mon absence peut être, pour certains moments. A Oliv, formidable papa de la non moins formidable Nao.

**A mes amies bordelaises**, j'espère que la vie nous rapprochera finalement. AL, tu es la pionnière du mouvement « maternité ». Cette annonce a retenti comme le glas de notre jeunesse et l'enterrement de ces soirées -terrace en K-Way en écoutant Interpol- mais ce choix te va si bien. Claire dont la phrase fétiche est « c'est cool », notre chère angoissée... 2<sup>ème</sup> du mouvement, je souhaite un départ rapide de Paris ! Enfin si possible... Marie, 1<sup>ère</sup> mariée et dernière accouchée ! Merci pour ton sens de la tradition mais l'ironie que tu y mets, comme pour pas mal de choses en fait. J'admire aussi tes talents de déco, de fabrications en tout genre, moins celui de la cuisine pour ne citer que les pâtes fourrées. Mais ceci restera un détail.

**A Choup**, pour m'avoir faite réviser le bestiaire occidental lors de voyages, balades, conversations téléphoniques. Quel merveilleux voisin tu as été et ami.

**A Danielle, best IADE**, pour sa gentillesse et ses cancans.

**A tous ceux que je n'aurais pas cités**, par oubli, ou pas.

# Sommaire

<b>I-</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	9
<b>II-</b>	<b>MATERIEL ET METHODES</b> .....	11
	<b>A . Critères d'évaluation</b> .....	11
	1. Critère d'évaluation principal.....	11
	2. Critères d'évaluation secondaires .....	11
	<b>B . Inclusion</b> .....	11
	<b>C . Calibration in vivo</b> .....	12
	<b>D . Intervention</b> .....	13
	<b>E. Fiches techniques</b> .....	13
	<b>F . Analyses statistiques</b> .....	14
	1 . Détermination du biais moyen, de la précision et des limites de concordance par rapport à HbLabo .....	14
	2 . Comparaison des biais .....	14
	3 . Influence de l'index de perfusion et de l'utilisation de vasopresseurs sur la précision de la SpHb .....	15
	4 . Influence de la précision sur la décision transfusionnelle .....	15
	5 . Calcul du nombre de sujets nécessaires.....	17
<b>III -</b>	<b>RESULTATS</b> .....	18
	<b>A. Population</b> .....	18
	<b>B. Calibration</b> .....	19
	<b>C. Hémoglobines testées</b> .....	19
	<b>D. Détermination du biais moyen, de la précision et des limites de concordance par rapport à HbLabo</b> .....	19
	<b>E. Comparaison des biais</b> .....	22
	<b>F. Influence de la précision sur la décision transfusionnelle</b> .....	22
	<b>G. Facteurs pouvant influencer la SpHb</b> .....	24
<b>IV –</b>	<b>DISCUSSION</b> .....	25
<b>V –</b>	<b>CONCLUSION</b> .....	36
<b>VI –</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	37
<b>VII –</b>	<b>RESUME</b> .....	41
<b>SERMENT</b>	.....	42

# I- INTRODUCTION :

Lors des chirurgies à risque hémorragique, l'anesthésiste a besoin d'un monitoring étroit de l'Hémoglobine (Hb) afin d'éviter toute erreur transfusionnelle par défaut ou par excès, source de morbidité.

Le risque en cas de retard transfusionnel est une délivrance en oxygène altérée avec souffrance tissulaire, souffrance d'autant plus importante que l'anémie est aiguë et donc mal tolérée. Or il n'existe pas en routine de système de monitoring permettant de dépister l'inadéquation de perfusion et d'oxygénation des tissus. Pour l'apprécier indirectement, les outils mis à notre disposition sont : la pression artérielle, la fréquence cardiaque, la saturation en oxygène, la diurèse, le taux d'hémoglobine.

Malgré de nombreuses études, il n'existe pas de seuil transfusionnel évident lors de situations d'hémorragie aiguë. Cependant, des recommandations pour l'aide à la décision ont été émises en 2006 par l'American Society of Anesthesiology [1]. Celles-ci présentent un accord fort pour considérer qu'une transfusion est indispensable en dessous de 6 g/dL d'Hb et inutile au dessus de 10 g/dL. Entre 6 et 10 g/dL d'Hb, la décision est fonction du terrain du patient, de l'estimation des pertes sanguines et des signes de mauvaise tolérance. En France, les seuils transfusionnels émis par l'AFSSAPS lors des recommandations de 2002 [2] sont de 7 g/dL chez le sujet sain, 8-9 g/dL chez le patient atteint de maladie cardiovasculaire, âgé et/ou en sepsis sévère et de 10 g/dL dans le contexte de cardiopathie ischémique instable.

Ces seuils sont remis en question par plusieurs études [3 - 7] pour lesquelles une stratégie transfusionnelle plus restrictive n'augmentait ni la mortalité, ni la survenue de complications cardiovasculaires. Alors qu'un retard transfusionnel augmente la morbi-mortalité [8] et qu'une transfusion en excès fait courir le risque de complications infectieuses et non infectieuses [3,4], la mesure du taux d'hémoglobine est un élément majeur dans la décision transfusionnelle.

La mesure de l'hémoglobine au laboratoire (HbLabo) est la mesure de référence mais elle nécessite un prélèvement sanguin et le délai important d'obtention du résultat pourrait entraîner un retard à la décision.

De manière délocalisée et immédiate, deux types d'appareils de mesure de l'Hb existent : les Co-Oxymètres et les hémoglobinomètres. Cependant, ils nécessitent un prélèvement sanguin et sont donc invasifs et discontinus.

Contrairement aux méthodes invasives, la Co-Oxymétrie pulsée (SpHb) permet une surveillance continue de l'Hb. Plusieurs études ont déjà évalué ses performances dans les services d'urgence [9,10], de réanimation [11-14] et au bloc opératoire [12,15 - 25] avec des résultats contrastés.

Sa précision est influencée par plusieurs paramètres tels que le taux d'Hb [18, 24], les conditions hémodynamiques, l'utilisation de vasopresseurs ou de colloïdes [18, 23 - 26]. Une amélioration de cette précision a été observée lorsque la SpHb était ajustée de manière rétrospective sur la première valeur d'Hb au laboratoire (HbLabo) [24] suggérant qu'une partie du biais entre HbLabo et SpHb est constant et lié au patient.

La société Masimo® a ainsi proposé récemment un ajustement manuel de la SpHb sur son moniteur, au lit du malade, permettant une visualisation de la SpHb ajustée en direct. En raison du délai d'obtention des résultats, un ajustement au bloc opératoire à partir d'HbLabo semble difficile. L'HemoCue® sur sang artériel (HcueArt) permet une mesure d'Hb rapide et précise comparée à HbLabo [23, 27 - 29]. L'ajustement au bloc opératoire à partir d'HcueArt semble être la solution la plus adaptée pour cet ajustement « *in vivo* ».

Les objectifs de cette étude sont premièrement d'évaluer l'influence de l'ajustement prospectif « *in vivo* » de la SpHb sur le biais et la précision de la mesure, et deuxièmement de comparer les performances de la SpHb après ajustement *in vivo* aux méthodes invasives disponibles (HemoCue artériel et capillaire, et gaz du sang).

## **II- MATERIEL ET METHODES :**

Cette étude prospective et observationnelle a été conduite de décembre 2011 à mars 2013 au sein du Centre Hospitalo – Universitaire de Poitiers après avis favorable du comité de protection des personnes OUEST III (ID RCB : 2012 – A003774-39).

### **A – Critères d'évaluation :**

#### **1. Critère d'évaluation principal :**

Biais moyen, précision (1 déviation standard (DS)) et limites de concordances ( $\pm 2DS$ ) des différentes méthodes de mesure déportées de l'hémoglobine par rapport à la méthode de référence (HbLabo).

#### **2. Critères d'évaluation secondaires :**

Pourcentage des points présents dans les Zone A, B et C de la grille d'erreur proposée par Morey *et al* [30] évaluant rétrospectivement le risque d'erreur transfusionnelle pour chaque méthode testée.

### **B – Inclusion :**

Après information puis recueil oral du consentement, les patients majeurs chez qui une intervention à risque hémorragique était programmée ont été inclus.

Chaque patient a été équipé de deux voies veineuses périphériques, d'un électro-cardioscope, d'un capteur de saturation pulsée en oxygène (SpO<sub>2</sub>), d'un cathéter artériel en position radiale et d'un capteur Masimo® (R2-25, Révision G) relié à son moniteur (Masimo® Radical 7, version du logiciel : 7.8.0.1). Cet appareil permet le monitoring continu et non invasif de l'hémoglobine totale mais aussi celui de la SpO<sub>2</sub>, la fréquence cardiaque et l'index de perfusion (IP), indicateur de la perfusion locale.

Le capteur digital était positionné selon les recommandations du fabricant. Afin de limiter les interférences lumineuses, un doigtier opaque recouvrait le capteur. La position du capteur était contrôlée afin d'obtenir un index de perfusion initial supérieur à 1. Par la suite, la position du capteur n'était pas modifiée au cours du recueil.

## **C – Calibration in vivo :**

La calibration in vivo a été effectuée après une période d'équilibration du signal de Co-Oxymétrie pulsée de 15 minutes, avant l'incision, en situation hémodynamique stable. Un échantillon de sang artériel a été prélevé pour réaliser trois HemoCues et une mesure au laboratoire. L'index de perfusion et l'utilisation de vasopresseur ont été relevés.

La moyenne de ces trois mesures d'HcueArt a été considérée comme la valeur de référence permettant la calibration de la SpHb.

La valeur de SpHb affichée au moment du prélèvement a été notée (SpHb<sub>pré</sub>). La correction de la valeur de la SpHb s'effectuait ensuite sur le moniteur de telle sorte que la valeur affichée était la SpHb ajustée in vivo (SpHb<sub>in vivo</sub>).

Les valeurs de SpHb étaient obtenues à partir de SpHb<sub>in vivo</sub> de façon rétrospective en déduisant la différence entre SpHb et HcueArt au moment de la calibration.

La valeur obtenue au laboratoire à partir du prélèvement artériel effectué lors de la calibration permettait d'effectuer un ajustement rétrospectif de la SpHb sur HbLabo. Les valeurs de SpHb ainsi ajustée étaient notées SpHb<sub>post</sub>.

La SpHb<sub>in vivo</sub> et la SpHb<sub>post</sub> permettait d'évaluer l'influence de la calibration in vivo, à partir d'HcueArt et d'HbLabo.

## **D – Intervention :**

Simultanément, à chaque fois que le praticien jugeait utile de mesurer l'Hb, on réalisait un prélèvement de sang capillaire sur la 4ème goutte obtenue après ponction cutanée d'un doigt ou d'une oreille analysé par HemoCue ® (HcueCap), un prélèvement de sang artériel analysé de manière extemporanée par HemoCue (HcueArt) et un Co-Oxymètre déporté (Siemens RapidPoint 405, HbGDS). La valeur de référence (HbLabo) était obtenue secondairement, après envoi de cet échantillon de sang artériel au laboratoire central d'hématologie (Sysmex XT-2000i, HbLabo). Au même moment, la valeur affichée par le moniteur Masimo ® était notée : SpHbin vivo.

Le premier temps de mesure était réalisé après l'incision chirurgicale, à distance de la calibration. Le recueil des données était réalisé jusqu'à la fin de l'intervention.

A chaque temps de mesure, l'index de perfusion et l'utilisation de vasopresseurs étaient également relevés

## **E– Fiches techniques :**

L'hémoglobinomètre HemoCue ® (Hb201+, Angelholm, suède) est un appareil portable permettant la mesure de l'hémoglobine par réaction d'azide-méthémoglobine à partir d'un prélèvement sanguin recueilli dans une micro cuvette. Il ne nécessite aucune calibration.

Le Co-Oxymètre déporté (Siemens ® Rapidpoint 405, Munich, Allemagne) mesure l'hémoglobine à partir d'un prélèvement artériel, il est calibré quotidiennement par le laboratoire.

L'automate d'hématologie Sysmex ®XT 2000i (Roche ® Diagnostics, Paris, France) mesure l'hémoglobine par colorimétrie en utilisant le laurylsulfate de sodium. Il est calibré quotidiennement sous le contrôle du laboratoire central. Selon le fabricant, l'intervalle de confiance annoncé est de  $\pm 0,2$  g/dL par rapport à la technique internationale de référence mesurant le taux d'Hb à partir de l'absorbance de la cyanméthémoglobine

## **F - Analyse statistique :**

Les données qualitatives ont été exprimées en effectif et pourcentage. Les données quantitatives ont été exprimées en moyenne et écart-type si elles suivaient une loi normale de distribution sinon en médiane et 25-75<sup>ème</sup> percentile.

Le seuil de significativité des tests statistiques a été fixé au risque de première espèce à 5%.

### **1. Détermination du biais moyen, de la précision et des limites de concordance par rapport à HbLabo :**

La précision des Hb testées (Hbtestées) par rapport à HbLabo a été évaluée selon la méthode de Bland et Altman [31]. Le biais moyen (moyenne des différences entre l'HbLabo et l'Hbtestées), la précision ( $\pm 1$  DS) et les limites de concordance (biais moyen  $\pm 2$ DS) ont ainsi été déterminés pour SpHbpré, SpHbin vivo, SpHbpost, HcueArt, HcueCap, et HbGDS.

Compte tenu de la variabilité du nombre de mesures par patient, un ajustement a été réalisé pour ne pas créer d'effet patient. Le biais et la précision ont donc été déterminés en utilisant une technique de combinaison des variances inter et intra-individuelles [32].

### **2. Comparaison des biais :**

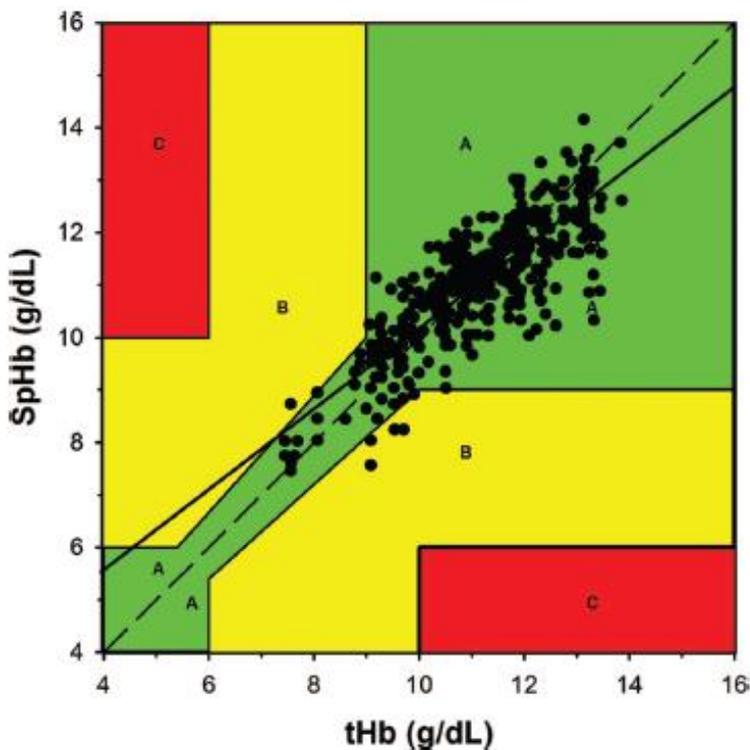
Les biais de SpHbpré, SpHbin vivo, SpHbpost, HcueArt, HcueCap, et HbGDS par rapport à HbLabo ont été comparés par une analyse de variance avec test post-hoc de Newman-Keuls.

### 3. Influence de l'index de perfusion, d'HbLabo et de l'utilisation de vasopresseurs sur la précision de la SpHb :

La précision absolue de la SpHb a été comparée en analyse univariée à la valeur de l'IP et à la valeur d'HbLabo par un test de corrélation et à l'utilisation de vasopresseurs (oui/non) par un test t de Student.

### 4. Influence de la précision des mesures d'Hb sur la décision transfusionnelle :

Afin d'évaluer rétrospectivement l'influence de la précision de chaque méthode de mesure de l'hémoglobine sur la décision transfusionnelle, la grille d'erreur en 3 zones de Morey *et al* (30) a été utilisée.



L'ordonnée représente les valeurs d'Hb testées (ici SpHb) et l'abscisse les valeurs d'Hb de référence.

L'erreur transfusionnelle est estimée par la répartition des points de comparaison dans trois zones : Zone A (verte), B (jaune), C (rouge).

La zone A représente l'erreur acceptable, 95% des points devraient s'y trouver.

Figure 1 : grille d'erreur selon Morey *et al* (30)

Dans cette représentation, les valeurs d'Hb fournies par la méthode testées sont comparées aux valeurs du laboratoire. Les points de comparaison sont répartis en trois zones d'erreur. Ces trois zones ont été déterminées pour tenir compte de l'importance de l'erreur en fonction du niveau d'Hb auquel elle survient. Les limites de ces 3 zones ont été établies à partir de recommandations américaines sur la transfusion érythrocytaire [1]. Cette grille est représentée sur la **Figure 1**.

**Zone A** : elle doit accueillir 95 % des points. Le choix de 95 % est basé sur un risque accepté de première espèce de 5%.

Elle se divise en 3 parties :

- une partie supérieure ( $Hb_{\text{Labo}} \text{ et } Hb_{\text{testée}} > 10 \text{ g/dL}$ )
- une partie inférieure ( $Hb_{\text{Labo}} \text{ et } Hb_{\text{testée}} < 6 \text{ g/dL}$ )

Dans ces deux parties, la décision transfusionnelle n'est pas affectée par le biais. La transfusion est en effet indispensable en dessous de 6g/dL et parfaitement inutile au dessus de 10g/dL.

- une partie étroite, située entre les deux précédemment décrites, correspond à la zone de décision transfusionnelle. L'écart toléré dans cette zone critique est faible et fixé à 10 %. Ce seuil s'explique par le fait que 10 % corresponde à 1 g/dL d'un taux d'Hb de 10 g/dL (limite de transfusion supérieure) ; et, en cas de décision transfusionnelle, le plus petit apport possible est un culot globulaire, soit un apport d'environ 1 g/dL.

**Zone C** : c'est la zone d'erreur thérapeutique majeure représentant un risque pour le patient sans bénéfice potentiel.

Dans sa partie haute : la nouvelle méthode donne une valeur supérieure à 10 g/dL alors que la valeur réelle est inférieure à 6 g/dL. Il existe donc un risque de retard transfusionnel avec risque de défaillance d'organe.

Dans sa partie inférieure : la nouvelle méthode donne une valeur inférieure à 6 g/dL alors que la valeur réelle est supérieure à 10 g/dL exposant au risque de transfusion inutile.

Elle ne doit accueillir aucun point.

**Zone B** : c'est une zone d'erreur significative.

Elle est située entre la zone A et la zone C.

Elle doit accueillir moins de 5 % des points.

## 5. Calcul du nombre de sujets nécessaires :

En utilisant la méthode décrite (Statistical methods Bland [33]), l'intervalle de confiance à 95% (IC 95%) et les limites de concordance ont été calculés par la formule  $\sqrt{3 \cdot s^2 \cdot n - 1}$ , où  $s$  est l'écart-type des différences entre les mesures effectuées par les deux méthodes et  $n$  la taille de l'échantillon. Pour un écart-type des différences entre les deux méthodes de 1 g/dL, un échantillon de 120 mesures donne un IC 95% de  $\pm 0.30 s$ . Considérant que 3 mesures seront effectuées par patient en moyenne, au moins 30 patients devraient être inclus

La gestion des données a été réalisée avec un tableur Excel (Microsoft Office Excel 2007; Microsoft Corp.) et l'analyse statistique a été effectuée avec le logiciel GraphPad Prism version 5.00 pour Windows, GraphPad Software, San Diego California USA.

# III - RESULTATS :

## A – Population :

Trente quatre patients ont participé à l'étude, l'un d'entre eux a été exclu devant un indice de perfusion inférieur à 1 dès l'inclusion. Cent trois prélèvements ont donc été effectués chez 33 patients dont les caractéristiques sont résumées dans le **tableau 1**.

**Tableau 1 : caractéristiques des patients**

Âge (ans), médiane [25p-75p]	63 [56 / 68]
Sex Ratio Homme / femme, n (%)	24 / 9 (73 / 27)
Chirurgie, n	
Reprise PTH / PTG	10
Chirurgie hépatique	7
Rachis	5
Anevrisme de l'aorte abdominale	5
Néphrectomie	3
Prostatectomie – Bricker	2
Chirurgie méningiome	1
Pertes sanguines estimées (mL) , médiane [25p – 75p]	500 [300 – 1152]
Transfusion érythrocytaires, n (%)	16 (48)
Volume remplissage horaire (mL), médiane [25p – 75p]	953 [750 – 1246]

## B – Calibration :

Les paramètres recueillis lors de la calibration sont présentés **tableau 2**.

Le délai médian entre la calibration et la première mesure était de 60 minutes [60 - 65].

**Tableau 2 : paramètres à la phase de calibration**

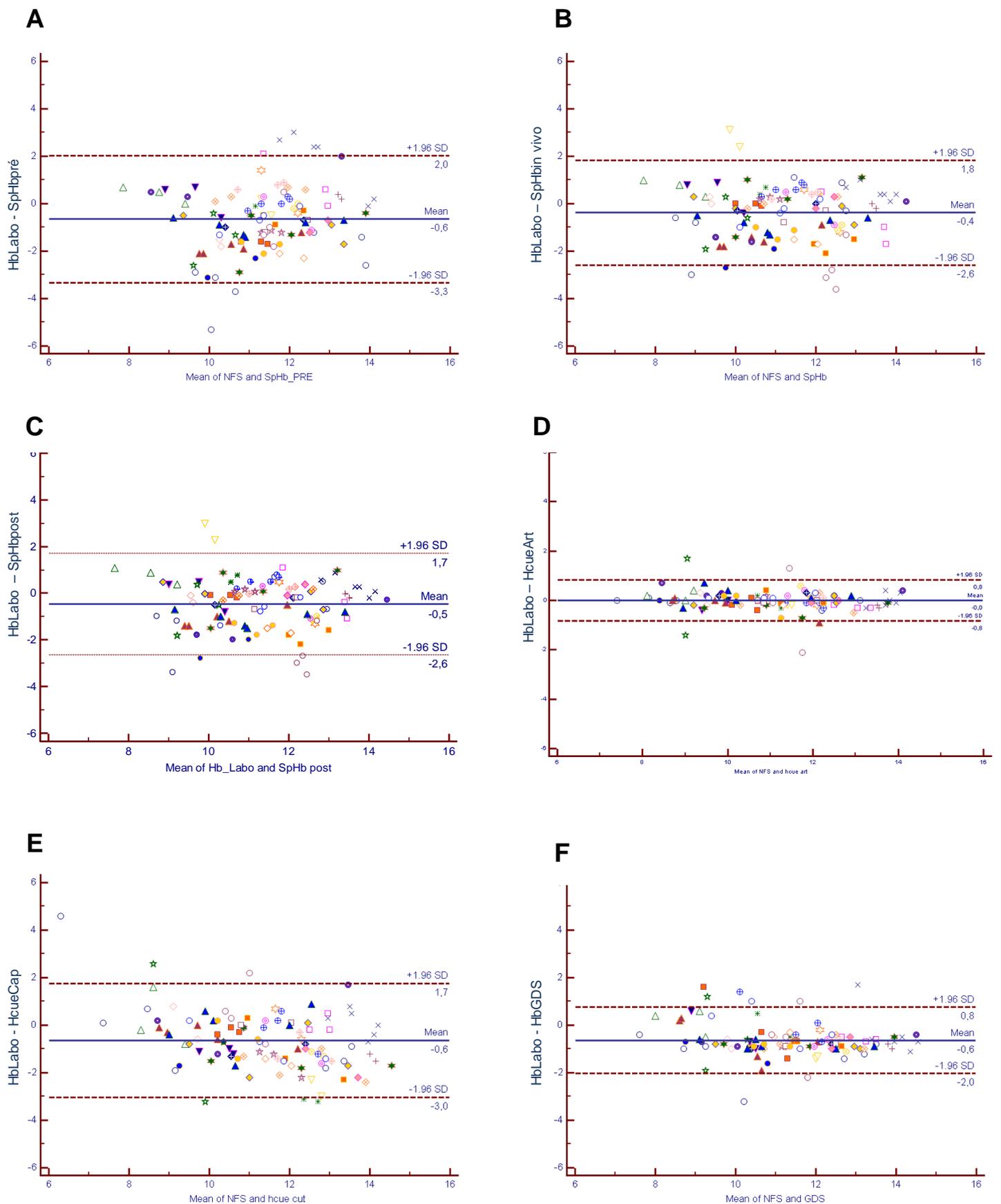
<b>Hb</b> médiane [25p – 75p]			<b>Biais</b> ± précision		<b>IP</b> Médiane [25p – 75p]	<b>Vasopresseur</b> (%)
NFS	HcueArt	SpHb pré	Hcue Art / NFS	SpHb / NFS		
12,3 [11,6- 13,2]	12,3 [11,5 – 13,1]	12,6 [11,6 – 13,3]	0,1 ± 0,2	-0,2 ± 1,1	6,1 [4,4 – 7, 3]	27

## C - Hémoglobines testées :

Deux à sept mesures (médiane [25p – 75p] 3 [2 - 4]) ont été réalisées par patient. L'HbLabo était comprise entre 7,4 et 14,2 g/dL : 11,4 [10,2 – 12,4] dont 21,4 % (22/103) étaient inférieures à 10 g/dL et moins de 1% (1/103) était inférieures à 8 g/dL.

## D – Détermination du biais moyen, de la précision et des limites de concordance par rapport à HbLabo :

Les représentations de Bland et Altman des quatre méthodes testées comparées à la méthode de référence sont représentées en **figure 2**. Par rapport à HbLabo, le biais moyen (± précision) était de – 0,6 (± 1,3) g/dL pour la SpHb avant ajustement, – 0,4 (± 1,1) g/dL pour la SpHb après ajustement in vivo ; -0,5 (± 1,1) pour la SpHb ajustée a posteriori, 0 (± 0,4) g/dL pour HcueArt ; -0,6 (± 1,2 g/dL) pour HcueCap et -0,6 (± 0,7) g/dL pour HbGDS.



**Figure 2** : représentations de Bland et Altman ajustées SpHbpré (A), SpHbin vivo (B), SpHbpost (C), HcueArt (D), HcueCap (E), HbGDS (F). Le biais est représenté par la ligne pleine, les limites d'agrément ( $\pm 1,96$  DS) par les lignes en pointillé. Chaque point représente une mesure, chaque couleur représente un patient.

**Tableau 3 : résultats résumés des Bland et Altman ajustés**

	<b>SpHb pré</b>	<b>SpHb in vivo</b>	<b>SpHb post</b>	<b>Hcue Art</b>	<b>Hcue Cap</b>	<b>HbGDS</b>
<b>Biais</b>	- 0,6	- 0,4	- 0,5	0	-0,6	-0,6
<b>précision</b>	1,3	1,1	1,1	0,4	1,2	0,7

Les différences absolues des valeurs d'Hbtestée comparées à la méthode de référence sont représentées dans le **tableau 4**.

**Tableau 4 : comparaison des différences absolues pour les valeurs HbLabo / Hbtestée en fonction des méthodes utilisées.**

*Considérant que 21,4 % des valeurs d'HbLabo étaient inférieures à 10 g/dL*

<b>méthode</b>	<b>Hb total</b>		<b>Hb &lt; 10 g / dL</b>	
	<b>Différence &gt; 2 g/dL</b>	<b>Différence &gt; 1 g/dL</b>	<b>Différence &gt; 2 g/dl</b>	<b>Différence &gt; 1 g/dL</b>
<b>SpHb pré</b>	18%	46 %	45 %	59 %
<b>SpHb in vivo</b>	8 %	31 %	9 %	45 %
<b>SpHb post</b>	8 %	34 %	9 %	54 %
<b>Hcue Art</b>	<1 %	4 %	0	4 %
<b>Hcue Cap</b>	14 %	45 %	9 %	18 %
<b>HbGDS</b>	2 %	16 %	4 %	14 %

## **E - Comparaison des biais :**

Les biais de la SpHbpré, de la SpHbin vivo, de la SpHbpost, d'HcueCap et d'HbGDS par rapport à HbLabo ne sont pas statistiquement différents ( $p= NS$ ). Le biais d'HcueArt par rapport à HbLabo est significativement plus faible que ceux d'HbGDS ( $p<0,0001$ ), d'HcueCap ( $p<0,0001$ ), de la SpHbpré ( $p<0,0001$ ), de la SpHbin vivo ( $p<0,001$ ) et de la SpHbpost ( $<0,001$ ),

## **F - Influence de la précision sur la décision transfusionnelle :**

Les grilles d'erreur en trois zones des appareils testés sont présentées en **Figure 3**.

La zone A comprend 84,5 % des couples de valeurs avec SpHb avant calibration, 85,5 % après calibration, 82,5 % à postériori et 98,1 % avec l'HcueArt, 89,3 % avec l'HcueCap, 88,4 % avec HbGDS. Lorsque l'Hb est inférieure à 10 g/dL, cette zone comprend 85,4 % des couples des valeurs pour la SpHbpré, 87,4 % pour SpHbin vivo, 82,5 % pour SpHbpost, 98,1 % pour HcueArt, 90,3 % pour HcueCap et 90,3 % pour HbGDS.

La Zone C ne contient aucun point quelle que soit la méthode utilisée.

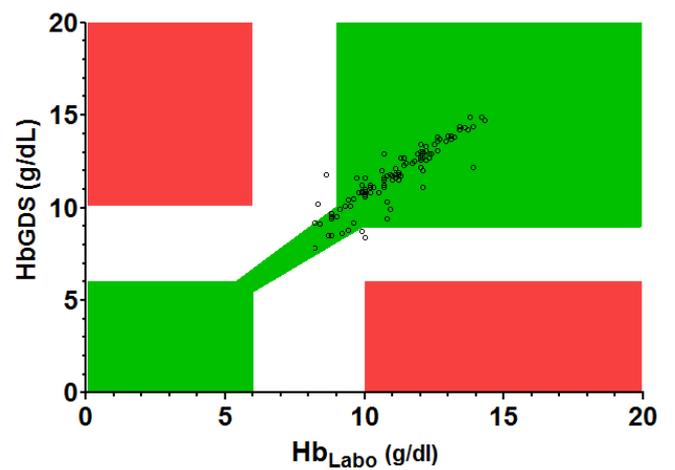
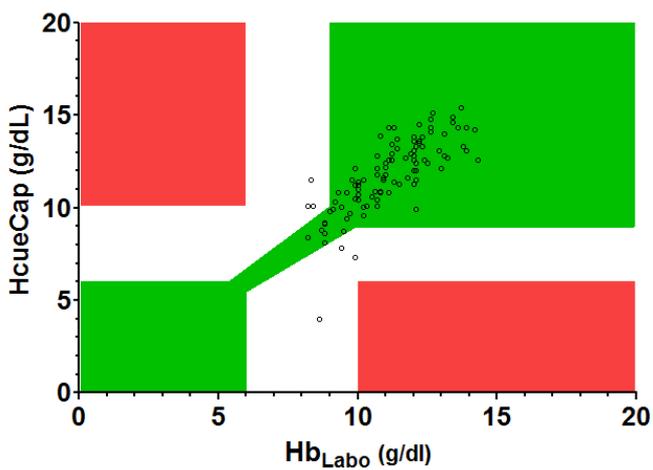
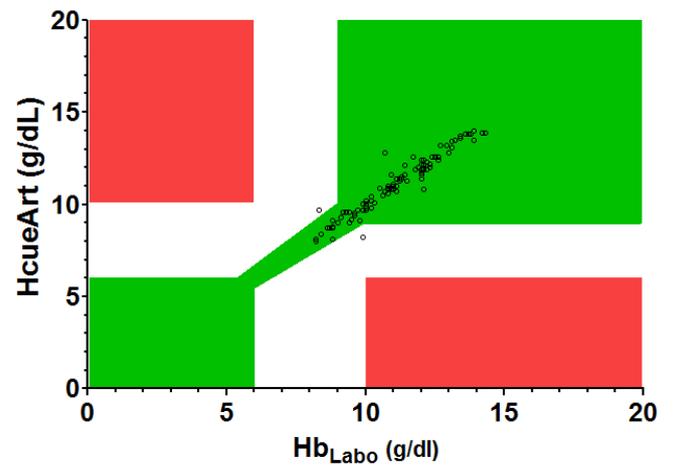
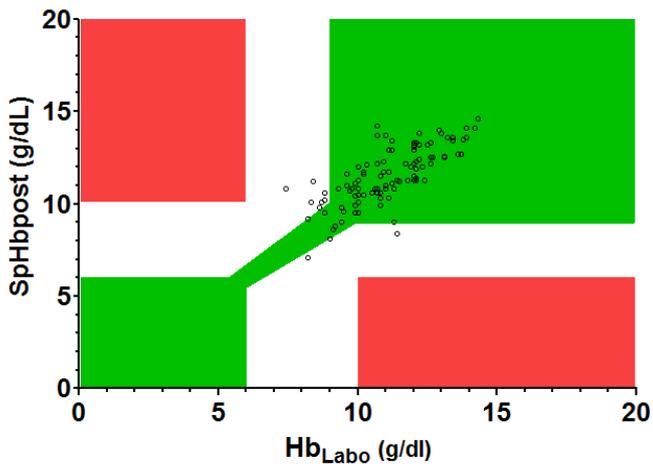
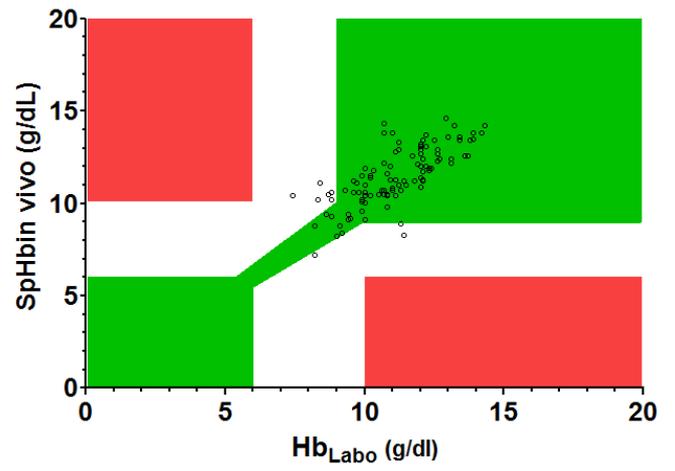
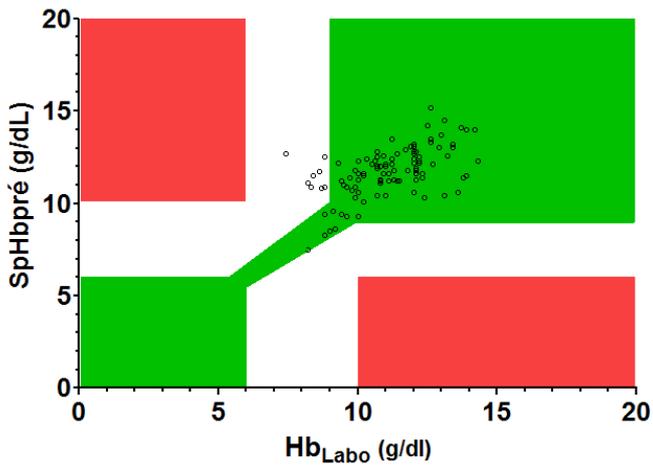


Figure 3 : grille d'erreur de Morey [30]

## **G - Facteurs pouvant influencer la mesure de la SpHb :**

Parmi les 103 mesures, 48 % étaient réalisées chez un patient recevant un vasopresseur.

L'IP [médiane (25p – 75 p)] était de 3,6 (2,1 – 5) dont 1,9 % était inférieure à 1 et 11,6 % inférieure à 1,4.

La précision absolue de la SpHb n'était pas influencée par l'utilisation de vasopresseur (NS) ni par la valeur de l'index de perfusion ( $r^2 = 0,02$ ). Une faible corrélation existe entre HbLabo et la précision de la SpHb ( $r^2 = 0,12$ ). Ainsi plus HbLabo est élevée, plus le biais entre SpHb et HbLabo devient faible.

## IV – DISCUSSION :

A notre connaissance, il s'agit de la première étude utilisant un modèle de calibration in vivo réalisée de manière prospective.

Notre étude n'a pas mis en évidence d'amélioration significative de la précision de la SpHb après calibration in vivo que l'ajustement soit réalisé à partir d'HcueArt ou à partir d'HbLabo.

Ces résultats contrastent avec l'amélioration rétrospective du biais après ajustement sur la première valeur d'HbLabo mis en évidence par Isosu *et al* [24]. Dans cette étude, les auteurs ne précisent pas les conditions dans lesquelles la calibration était effectuée, ni le délai entre le temps de calibration et le premier temps de mesure.

Dans notre étude, la calibration de la SpHb était effectuée après équilibration du signal, en l'absence de variation d'hémoglobine (avant incision), alors que l'IP mettait en lumière la qualité du signal.

De plus les temps de calibration et du premier recueil des mesures étaient bien distincts. En effet, il est permis de penser qu'en l'absence de variation d'Hb ou de SpHb, l'influence du biais rendu nul par la calibration pourrait influencer le calcul du biais moyen et de la précision effectué pour l'ensemble des mesures.

La valeur d'HcueArt utilisée comme référence était obtenue à partir d'une moyenne de 3 mesures, permettant de réduire l'influence de la variabilité de la mesure. La bonne précision de ces valeurs d'HcueArt par rapport à HbLabo est comparable à celle rapportée dans la littérature [23, 27 - 29]. L'ajustement in vivo à partir d'HcueArt était donc justifié dans le contexte du bloc opératoire où cette mesure est immédiatement disponible.

Malgré une calibration rigoureuse, l'ajustement in vivo de la SpHb ne permet donc pas d'amélioration significative de sa précision. Ce résultat remet en cause l'importance d'un éventuel biais systématique, lié au patient, dans la précision de la SpHb.

Les autres facteurs d'imprécisions suspectés comme l'IP, la valeur d'HbLabo et l'utilisation de vasopresseurs [9 - 11,14 – 16, 18 ,20, 25] pourraient jouer un rôle plus important, même si dans notre étude la corrélation entre biais et IP, et, biais et HbLabo sont faibles et que l'utilisation de vasopresseur ne semble pas influencer la précision.

Les principales études évaluant la SpHb sont résumées dans les **tableaux 5, 6, 7 et 8**.

Malgré l'utilisation de capteurs et d'un logiciel de nouvelle génération, le biais et la précision de la SpHb, avant ajustement, sont comparables à ceux retrouvés dans plusieurs études évaluant la Co-Oxymétrie pulsée au bloc opératoire lors de chirurgies hémorragiques. Lors d'interventions de chirurgie rachidienne [16, 17, 22], hépatique ou gastro-intestinale [18, 20], lors d'interventions de neurochirurgie pédiatrique [21], au cours de césariennes [25] ou en postopératoire de chirurgie cardiaque [11], la précision de la SpHb était de 1 à 2,7g/dL

Macknet *et al* [34] ont mis en évidence une meilleure précision (0,9 g/dL) de la SpHb chez le volontaire sain lors d'un protocole d'hémodilution. Ce contexte rend la comparaison difficile face à une chirurgie hémorragique durant laquelle les conditions hémodynamiques sont parfois instables, chez des patients aux antécédents de pathologies vasculaires grevant la perfusion distale.

En réanimation, Frasca *et al* [14] montraient un biais nul et une précision de 0,5 g/dL, mais les variations d'hémoglobines étaient faibles et lentes avec seulement un tiers des variations dépassant 1g/dL entre des prélèvements espacés de plusieurs heures.

Plusieurs facteurs pourraient influencer la précision de la SpHb. L'apport de solutés colloïdes pourrait ainsi diminuer la précision de la SpHb [18, 25, 26]. Cette hypothèse n'a pu être évaluée dans notre travail, les solutés cristalloïdes et colloïdes étant le plus souvent perfusés simultanément.

**Tableau 5 : Résultats des études évaluant la SpHb au bloc opératoire**

<u>Auteur</u>	<u>Version du logiciel</u>	<u>Version du capteur</u>	<u>Type de chirurgie</u>	<u>Patients / mesures</u>	<u>Biais ± précision (g/dL)</u>
<b>Lamhaut</b> 2011	7.4.0.9	Rev C	hémorragique	44/85	- 0,02 ± 1,11
<b>Causey</b> 2011	7.5.0.3	Rev C	-	25/101	0,29 ± 0,1
<b>Miller</b> 2011	-	Rev E et F	rachis	20/78	0,26 ± 1,79
<b>Berkow</b> 2011	7.6.0.1	Rev E	rachis	29/130	- 0,1 ± 1
<b>Vos</b> 2012	7.6.0.1	Rev E	hépatique	30/543	<i>Phase sans remplissage :</i> - 0,27 ± 1,06 <i>Phase remplissage :</i> - 0,02 ± 1,07
<b>Butwick</b> 2012 pré op post op H24	7.6.0.4	Rev E	césarienne	50/148	1,22 ± 1,07 0,14 ± 1,23 1,36 ± 0,97
<b>Applegate</b> 2012	-	Rev E	viscérale	91/360	0,5 ± 1,43
<b>Park</b> 2012	7.6.1.1	Rev E	neurochirurgie	40/119	0,90 ± 1,35
<b>Colquhoun</b> 2012	7.6.2.1	Rev E	rachis	20/88	- 1,27 ± 1,93
<b>Giraud</b> 2013	7.6.0.1	Rev E	hémorragique	53/219	1 ± 1,2
<b>Isosu</b> 2013	-	Rev C	chirurgie	20/92	<i>Avant ajustement :</i> 0,2 ± 1,5 <i>In vivo rétrospectif :</i> - 0,7 ± 1
<b>Skelton</b> 2013	-	-	Césarienne	137/274	- 1,09 ± 1,59
<b>Notre étude 2013</b>	<b>7.8.0.1</b>	<b>Rev G</b>	<b>hémorragique</b>	<b>33/136</b>	<b><i>Avant ajustement :</i></b> <b>- 0,6 ± 1,3</b> <b><i>Après ajustement : -</i></b> <b>0,4 ± 1,1 in vivo</b> <b>- 0,5 ± 1,1 post</b>

**Tableau 6 : résultats des études évaluant la SpHb aux urgences**

Auteur	Version du logiciel	Version du capteur	Patient / mesures	Biais précision (g/dL)
<b>Gayat</b> 2011	7.5.0.3	Rev B	276/276	1,8 ± 2,6
<b>Gayat</b> 2012	7.2.1.9	Rev B	272/272	0,56 ± 1,21

**Tableau 7 : résultats des études évaluant la SpHb en réanimation**

Auteur	Version du logiciel	Version du capteur	Lieu	Patients / mesures	Biais ± précision (g/dL)
<b>Nguyen</b> 2011	7.3.0.1	-	Réanimation de chirurgie cardiaque	14/42	-1,3 ± 1,73
<b>Nguyen</b> 2011	7.3.1.1	-	Réanimation de chirurgie cardiaque	27/61	-1,7 ± 2,04
<b>Causey</b> 2011	7.5.0.3	Rev C	Réanimation	45/159	0,3 ± 1,02
<b>Coquin</b> 2012	7.6.0.1	-	Réanimation	33/106	1 ± 1,85
<b>Frasca</b> 2011	7.6.0.1	Rev E	Réanimation	62/471	0 ± 1

**Tableau 8 : résultat de l'étude évaluant la SpHb hors clinique**

Auteur	Version du logiciel	Version du capteur	Type	Patient / mesures	Biais précision (g/dL)
<b>Macknet</b> 2010	7.2.1.1	-	Hémodilution	20/165	- 0,15 ± 0,92

Comme d'autres auteurs [10, 16, 18, 20, 21], nous avons observé une faible corrélation entre le biais de SpHb et la valeur de l'HbLabo. Le biais de la SpHb semble diminuer lorsque HbLabo augmente. Certains auteurs décrivent une surestimation dans les valeurs basses de l'Hb et une sous-estimation dans les valeurs hautes.

La précision de la SpHb semble altérée en cas de mauvaise perfusion tissulaire distal (IP bas), d'hypotension ou d'utilisation de vasopresseurs [15, 18, 20, 21, 35]. Miller *et al* [36] ont d'ailleurs montré une meilleure précision de la SpHb lorsque la perfusion distale est améliorée par vasodilatation induite par anesthésie locorégionale.

Cependant, comme d'autres auteurs [9, 10, 13, 15, 19, 21, 23, 34 ], nous n'avons pas retrouvé d'influence de l'IP ou des vasopresseurs [13, 15, 23] sur la SpHb. L'influence de l'IP est rendue négligeable dans notre étude par la faible proportion d'IP bas avec 98,1 % d'IP supérieurs à 1 et 88,4 % supérieurs à 1,4.

L'influence des conditions hémodynamiques est cependant remise en question par deux études. La précision de la SpHb ne varie pas significativement avant ou après une phase d'expansion volémique lors d'intervention de chirurgie pédiatrique [21]. En chirurgie hépatique, la précision de la SpHb ne varie pas entre les phases de restriction volémique et les phases d'expansion volémique [18].

Pour un patient, aucun signal SpHb n'a pu être recueilli malgré plusieurs essais de positionnement du capteur. D'autres auteurs rapportent également des difficultés d'obtention du signal [23] ou plusieurs épisodes de pertes ou d'altération du signal lors du monitoring [14, 28].

L'utilisation de vasopresseur pourrait favoriser la perte de ce signal SpHb [19]. Nous n'avons pas relevé la fréquence de cette occurrence dans notre étude.

Dans notre étude, malgré sa précision limitée, la SpHb, avec ou sans ajustement, seule méthode non invasive et continue, est aussi précise qu' Hcucap.

Ces résultats sont différents de ce qui a été précédemment décrit lors de chirurgie hémorragique [15] et de choc hémorragique d'origine digestive [13]. En effet, dans cette dernière étude, les biais  $\pm$  précision étaient de  $1 \pm 1,9$  pour la SpHb contre  $0,4 \pm 1$  avec l'Hcucap. De plus, avec une erreur acceptable définie par une différence à 15 % avec HbLabo, le groupe SpHb n'accueillait que 43 % des valeurs contre 85 % pour le groupe Hcucap avec une différence significative ( $p < 0,05$ ). La première étude [15] rapportait une différence significative des biais  $\pm$  précision de  $0 \pm 1,1$  pour la SpHb contre  $-0,2 \pm 0,7$  pour l'Hcucap. De plus le pourcentage de différence absolue supérieure à 1 g/dL avec l'Hb de référence était plus important dans le groupe SpHb (46 %) que le groupe HemoCue (16 %) avec une différence significative ( $p < 0,05$ ).

De nombreuses études ont été réalisées aux urgences, en réanimation et au bloc opératoire pour évaluer la fiabilité de l'Hcucap. Nos résultats sont concordants avec ce qui a été précédemment décrit [13-16, 23, 28, 29, 35, 37 - 43] et résumés dans le **tableau 9**.

**Tableau 9 : principales publications évaluant le biais et la précision de l'Hcucap**

<b>Auteur</b>	<b>Lieu</b>	<b>Patients/mesures</b>	<b>Biais ± DS (g/dL)</b>
<b>Munoz M <i>et al</i> 2005</b>	Urgences	247 / 247	0,0 ± 0,3
<b>Mc Nulty SE <i>et al</i> 1995</b>	Chirurgie	25 / 90	-0,1 ± 0,2
<b>Jaeger M <i>et al</i> 1996</b>	Chirurgie	12 / 48	0,8 (ND)
<b>Lardi AM <i>et al</i> 1998</b>	Chirurgie	13 / 52	0,0 ± 0,2
<b>Teli M <i>et al</i> 2002</b>	Chirurgie	67 / 67	-0,2 (ND)
<b>Munoz-Gomez M <i>et al</i> 2003</b>	Chirurgie	37 / 37	0,3 ± 1,4
<b>Gupta A <i>et al</i> 2008</b>	Chirurgie	30 / 30	0,0 ± 0,2
<b>Zhou X <i>et al</i> 2009</b>	Chirurgie	69 / 69	-0,2 ± 1
<b>Miller RD <i>et al</i> 2011</b>	Chirurgie	20 / 78	0,3 ± 1,8
<b>Lamhaut L <i>et al</i> 2011</b>	Chirurgie	44 / 85	-0,2 ± 1,1
<b>Giraud B <i>et al</i> 2013</b>	Chirurgie	56 / 219	0,5 ± 0,5
<b>Munoz-Gomez M <i>et al</i> 2003</b>	Réanimation	43 / 43	0,5 ± 1,3
<b>Gehring H <i>et al</i> 2002</b>	Réanimation	50 / 50	0,1 ± 0,4
<b>Van de Louw A <i>et al</i> 2007</b>	Réanimation	94 / 94	-0,1 ± 0,8
<b>Seguin P <i>et al</i> 2010</b>	Réanimation	79 / 150	-1,1 ± 2,4
<b>Mimoz O <i>et al</i> 2011</b>	Réanimation	198 / 1166	0,2 ± 0,8
<b>Frasca D <i>et al</i> 2011</b>	Réanimation	62 / 471	-0,3 ± 0,7
<b>Coquin J <i>et al</i> 2012</b>	Réanimation	33 / 111	0,4 ± 1

Une partie des discordances entre les études pourrait s'expliquer par la qualité du prélèvement, la manipulation du prélèvement et la réalisation ou non d'un moyennage des résultats.

Les résultats sont en effet améliorés par un remplissage correct des micro-cuvettes comme le suggère Rippmann *et al* [46] chez qui 68 % de la variabilité des résultats seraient en rapport avec celui – ci. La manipulation idéale serait alors de n'utiliser qu'un volume de sang restreint, sans bulle au niveau de la micro-cuvette [39, 47]. Un autre élément est de préférer un échantillon de sang total plutôt qu'une goutte directement prélevée [48, 49]. De plus, les conditions de conservation des micro-cuvettes sont rapportées, l'humidité altérerait la précision de mesure [50]. L'étude de Lamhaut *et al* [15], forte des observations notées par Conway [48] et Rippmann [46], avait réalisé une moyenne de plusieurs HcueCap permettant d'avoir de meilleurs résultats de biais et précision comparés à notre étude. Un dernier élément serait la présence d'œdème comme le souligne Seguin [28] dans une étude portant sur 79 patients de réanimation. Cet œdème est décrit comme seul facteur de risque de discordance entre l'HbLabo et l'Hcue avec un Odd-ratio de 6,65, IC 95% (1,99 ± 22,21) p = 0,0009. Chez nos patients, compte tenu des durées d'intervention, il n'y avait pas d'œdème cliniquement constaté mais une expansion volémique importante était réalisée (médiane : 953 ml/h). Celle-ci pourrait être responsable d'un passage interstitiel d'eau venant biaiser nos prélèvements et affecter la précision des HcueCap.

La précision de l'HemoCue est d'ailleurs significativement améliorée lorsque l'on s'affranchit de ces éléments de biais en réalisant un HemoCue sur sang total (veineux ou artériel) [16, 23, 25, 28, 29]. Les biais et précision sont représentés dans le **tableau 10**.

**Tableau 10 : Biais ± précision comparés sur HcueCap et HcueArt**

	HcueCap	HcueArt
Seguin <i>et al</i>	1,1 ± 2,4	0,1 ± 1,0
Mimoz <i>et al</i>	0,2 ± 0,8	- 0,1 ± 0,5
Giraud <i>et al</i>	0,5 ± 0,5	0,2 ± 0,2

Ces données sont en accord avec les résultats retrouvés dans notre étude ( $0 \pm 0,4$ ). Parmi les méthodes de mesure de l'Hb directement disponible au bloc opératoire, l'HcueArt est la méthode invasive la plus fiable dans notre étude.

Concernant la mesure d'HbGDS, les résultats de notre étude ( $0,7 \pm 0,7$ ) montrent un biais et une précision inhabituels comparés aux résultats précédents chez Rivas Chirino *et al* ( $0,3 \pm 0,5$ ) [51], Ray *et al* ( $-0,4 \pm 0,3$ ) [52] et King *et al* ( $0,2 \pm 0,7$ ) [53]. Cependant Gehring [54], dans son analyse comparant cinq appareils, avait mis en évidence cette variabilité avec des biais allant de  $-0,8$  à  $0,3$  et des précisions allant de  $0,1$  à  $1,2$ . De plus, deux études [14, 23] réalisées sur le même appareil avaient également mis en évidence des biais systématique de  $0,9$  et  $0,8$ , la précision de  $0,6$  et  $0,3$  indiquant une faible variabilité de la mesure. Il s'agit probablement d'une erreur de calibration interne de l'appareil utilisé. De part ces éléments probablement, l'absence de différence significative du biais avec la SpHb devient difficilement interprétable.

Pour replacer l'ensemble de ces analyses dans un contexte clinique, la grille d'erreur de Morey *et al* [30] a permis d'évaluer de manière rétrospective l'influence que pourraient avoir les erreurs de mesure sur la décision transfusionnelle. Nos résultats montrent à nouveau la fiabilité des valeurs d'HcueArt. Concernant les autres méthodes, aucune ne contient moins de 5 % des valeurs, mais aucune n'a conduit à d'erreur transfusionnelle majeure par défaut ou par excès puisqu'aucune d'entre elle n'a de valeur en zone C. Par ailleurs, l'ajustement in vivo de la SpHb n'améliore pas les résultats (84 % avant ajustement en zone puis 85 % après ajustement in vivo et 82 % a posteriori). Le même type de résultats avaient été mis en évidence dans de précédentes études [14, 22, 23]. Les valeurs sont rapportées dans le **tableau 11**. Il est à noter que dans l'étude de Coqhoun *et al* [22], la référence utilisée était l'HbGDS dont la fiabilité a été débattue précédemment en tant qu'Hb de référence. De plus, dans cette même étude 2 % des valeurs correspondaient à une erreur transfusionnelle majeure.

**Tableau 11 : comparaison des pourcentages de valeurs apparaissant en zone A de Morey**

Auteur	SpHb pré	SpHb in vivo	SpHb post	HcueArt	HcueCap	HbGDS
<b>Colquhoun</b>	67 %	-	-	-	-	-
<b>Giraud</b>	74 %	-	-	100 %	89 %	85 %
<b>Frasca</b>	93,6 %	-	-	-	91,3 %	90,5 %
<b>Notre étude</b>	<b>84 %</b>	<b>85%</b>	<b>82 %</b>	<b>99,3 %</b>	<b>88 %</b>	<b>91 %</b>

Pour évaluer le risque d'erreur transfusionnelle, Coquin *et al* [13] ont évalué, en réanimation, chez des patients présentant une hémorragie digestive, la proportion de faux positifs s'agissant de détecter une hémoglobémie basse. En dessous de 8 g/dL d'HbLabo, la SpHb était responsable de 72 % d'erreur transfusionnel contre 46 % avec l'HcueCap. Dès lors que l'Hb est inférieure à 7 g/dL, la SpHb conduit à une erreur transfusionnelle systématique contre 78 % avec l'HcueCap. Enfin, l'erreur est systématique dans les deux techniques lorsque l'Hb est inférieure à 6 g/dL.

Aucune étude n'a, à ce jour, évalué de manière prospective l'influence de ces différents monitorages sur la décision transfusionnelle.

Cette étude présente plusieurs limites. Premièrement, les résultats présentés sont issus d'une analyse intermédiaire, le recrutement étant encore incomplet.

Deuxièmement, malgré la sélection de chirurgie hémorragique pour notre étude, la médiane des saignements se situe à 500 mL, qui correspond au seuil de la définition pour ce type de chirurgie, mais avec de nombreuses chirurgies pour lesquelles ce seuil n'était pas atteint. Cet élément se confirme par le peu de valeurs d'Hb inférieures à 10 g/dL (21,4 %) et il est d'autant plus marqué pour des valeurs inférieures à 8 g/dL (<1%). Ainsi, bien que les résultats soient acceptables pour la grille d'erreur de Morey, leur significativité est à remettre en cause compte tenu de la proportion faible de valeurs entrant dans le contexte transfusionnelle.

Troisièmement, l'influence de la qualité des prélèvements est importante compte tenu qu'à chaque temps de l'étude, les mesures n'étaient effectuées qu'à partir d'un seul prélèvement artériel ou capillaire.

Enfin, l'influence du monitoring sur la transfusion n'est évaluée que de façon rétrospective.

## V- CONCLUSION :

L'ajustement in vivo de la SpHb, à partir d'HcueArt ou d'HbLabo, ne permet pas d'amélioration significative ni de sa précision ni du risque d'erreurs transfusionnelles.

L'influence d'un éventuel biais systématique lié au patient est donc remise en question. La précision de la SpHb est dans notre étude équivalente à celle d'un HemoCue sur sang capillaire, mais son caractère non invasif et continu pourrait orienter vers l'utilisation de ce monitoring.

Lors de chirurgie à haut risque hémorragique, la précision des mesures invasives reste indispensable à la décision transfusionnelle.

## VI – BIBLIOGRAPHIE:

1. Practice Guidelines for Perioperative Blood Transfusion and Adjuvant Therapies. *anesthesiology* 2006 ;105 :198–208.
2. transfusions de globules rouges homologues : produits, indications, alternatives. Agence Française de Sécurité Sanitaire des produits de santé. 2002.
3. Gilliss BM, Looney MR, Gropper MA. Reducing Noninfectious Risks of Blood Transfusion. *Anesthesiology* 2011 ;115 :635–49.
4. Glance LG, Dick AW, Mukamel DB, Fleming FJ, Zollo RA, Wissler R, et al. Association between Intraoperative Blood Transfusion and Mortality and Morbidity in Patients Undergoing Noncardiac Surgery. *Anesthesiology* 2011 ;114 :283–92.
5. Madjdpour C, Spahn DR, Weiskopf RB. Anemia and perioperative red blood cell transfusion: A matter of tolerance. *Crit. Care Med* 2006 ; 34 : S102–S108.
6. Hare GMT, Baker JE, Mazer CD. Perioperative management of acute and chronic anemia: has the pendulum swung too far? *Can. J. Anesth. Can. Anesthésie* 2009 ; 56 :183–9.
7. Marshall JC. Transfusion trigger: when to transfuse? *Crit Care* 2004 ; 8 : S31–3.
8. Lienhart A. Survey of Anesthesia-related Mortality in France. *anesthesiology* 2006 ; 105 : 1087–97.
9. Gayat E, Bodin A, Sportiello C, Boisson M, Dreyfus J-F, Mathieu E, et al. Performance Evaluation of a Noninvasive Hemoglobin Monitoring Device. *Ann. Emerg. Med.* 2011 ; 57 : 330–3.
10. Gayat E, Aulagnier J, Matthieu E, Boisson M, Fischler M. Non-Invasive Measurement of Hemoglobin: Assessment of Two Different Point-of-Care Technologies. *Plos One* 2012 ; 7 : e30065.
11. Nguyen B-V, Vincent J-L, Nowak E, Coat M, Paleiron N, Gouny P, et al. The Accuracy of Noninvasive Hemoglobin Measurement by Multiwavelength Pulse Oximetry After Cardiac Surgery. *Anesth. Analg.* 2011 ;113 :1052–7.
12. Causey MW, Miller S, Foster A, Beekley A, Zenger D, Martin M. Validation of noninvasive hemoglobin measurements using the Masimo Radical-7 SpHb Station. *Am. J. Surg.* 2011 ; 201 : 592–8.
13. Coquin J, Dewitte A, Manach YL, Caujolle M, Joannes-Boyau O, Fleureau C, et al. Precision of noninvasive hemoglobin-level measurement by pulse co-oximetry in patients admitted to intensive care units for severe gastrointestinal bleeds\*. *Crit. Care Med.* 2012 ; 40 : 2576–82.

14. Frasca D, Dahyot-Fizelier C, Catherine K, Levrat Q, Debaene B, Mimoz O. Accuracy of a continuous noninvasive hemoglobin monitor in intensive care unit patients\*. *Crit. Care Med.* 2011; 39 : 2277–82.
15. Lamhaut L, Apriotesei R, Combes X, Lejay M, Carli P, Vivien B. Comparison of the Accuracy of Noninvasive Hemoglobin Monitoring by Spectrophotometry (SpHb) and HemoCue® with Automated Laboratory Hemoglobin Measurement. *Anesthesiology.* 2011 ; 115 : 548–54.
16. Miller RD, Ward TA, Shiboski SC, Cohen NH. A Comparison of Three Methods of Hemoglobin Monitoring in Patients Undergoing Spine Surgery. *Anesth. Analg.* 2011 ; 112 : 858–63.
17. Berkow L, Rotolo S, Mirski E. Continuous Noninvasive Hemoglobin Monitoring During Complex Spine Surgery. *Anesth. Analg.* 2011; 113 : 1396–402.
18. Vos JJ, Kalmar AF, Struys MMRF, Porte RJ, Wietasch JKG, Scheeren TWL, et al. Accuracy of non-invasive measurement of haemoglobin concentration by pulse co-oximetry during steady-state and dynamic conditions in liver surgery. *Br. J. Anaesth.* 2012; 109 : 522–8.
19. Butwick A, Hilton G, Carvalho B. Non-invasive haemoglobin measurement in patients undergoing elective Caesarean section. *Br. J. Anaesth.* 2011 ; 108 : 271–7.
20. Applegate RL, Barr SJ, Collier CE, Rook JL, Mangus DB, Allard MW. Evaluation of Pulse Cooximetry in Patients Undergoing Abdominal or Pelvic Surgery. *Anesthesiology.* 2012 ; 116 : 65–72.
21. Park Y-H, Lee J-H, Song H-G, Byon H-J, Kim H-S, Kim J-T. The Accuracy of Noninvasive Hemoglobin Monitoring Using the Radical-7 Pulse CO-Oximeter in Children Undergoing Neurosurgery. *Anesth. Analg.* 2012 ; 115 : 1302–7.
22. Colquhoun DA, Forkin KT, Durieux ME, Thiele RH. Ability of the Masimo pulse CO-Oximeter to detect changes in hemoglobin. *J. Clin. Monit. Comput.* 2012 ; 26 : 69–73.
23. Giraud B, Frasca D, Debaene B, Mimoz O. A Comparison of Haemoglobin Measurement Methods in the Operating Room. *Br. J. Anaesth.* in press.
24. Isosu T, Obara S, Hosono A, Ohashi S, Nakano Y, Imaizumi T, et al. Validation of continuous and noninvasive hemoglobin monitoring by pulse CO-oximetry in Japanese surgical patients. *J. Clin. Monit. Comput.* 2013 ; 27 : 55–60.
25. Skelton VA, Wijayasinghe N, Sharafudeen S, Sange A, Parry NS, Junghans C. Evaluation of point-of-care haemoglobin measuring devices: a comparison of Radical-7™ pulse co-oximetry, HemoCue® and laboratory haemoglobin measurements in obstetric patients\*. *Anaesthesia.* 2013 ; 68 : 40–5.
26. Bergek C, Zdolsek JH, Hahn RG. Accuracy of noninvasive haemoglobin measurement by pulse oximetry depends on the type of infusion fluid. *Eur. J. Anaesthesiol.* 2013 ; 30 : 73–9.

27. Spielmann N, Mauch J, Madjdpour C, Schmutz M, Weiss M, Haas T. Accuracy and precision of hemoglobin point-of-care testing during major pediatric surgery. *Int. J. Lab. Hematol.* 2012 ; 34 : 86–90.
28. Seguin P, Kleiber A, Chanavaz C, Morcet J, Mallédant Y. Determination of capillary hemoglobin levels using the HemoCue system in intensive care patients. *J. Crit. Care.* 2011 ; 26 : 423–7.
29. Mimoz olivier. Reliability of the HemoCue® hemoglobinometer in critically ill patients: a prospective observational study. *Minerva Anesthesiol.* 2011; 77 : 979–85.
30. Morey TE, Gravenstein N, Rice MJ. Let's Think Clinically Instead of Mathematically About Device Accuracy. *Anesth. Analg.* 2011 ; 113 : 89–91.
31. Bland JM, Altman DG. Agreement Between Methods of Measurement with Multiple Observations Per Individual. *J. Biopharm. Stat.* 2007 ;17 : 571–82.
32. Burdick R, Graybill F. Confidence Intervals on variance components. Dekker. New York; 1992;
33. Bland J, Altman D. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986 ; 8 : 307–10.
34. Macknet MR, Allard M, Applegate RL 2nd, Rook J. The accuracy of noninvasive and continuous total hemoglobin measurement by pulse CO-Oximetry in human subjects undergoing hemodilution. *Anesth. Analg.* 2010 ; 111 : 1424–6.
35. McNulty S. A comparison of four bedside methods of hemoglobin assessment during cardiac surgery. *Anesth. Analg.* 1995 ; 81 : 1197–202.
36. Miller RD, Ward TA, McCulloch CE, Cohen NH. Does a digital regional nerve block improve the accuracy of noninvasive hemoglobin monitoring? *J. Anesth.* 2012 ; 26 : 845–50.
37. Munoz M, Romero A, Gomez JF, Manteca A, Naveira E, Ramirez G. Utility of point-of-care haemoglobin measurement in the HemoCue-B haemoglobin for the initial diagnosis of anaemia. *Clin. Lab. Haematol.* 2005 ; 27 : 99–104.
38. Jaeger M, Ashbury T, Adams M, Duncan P. Perioperative on-site haemoglobin determination: as accurate as laboratory values? *Can. J. Anaesth.* 1996 ; 43 : 795–8.
39. Lardi AM, Hirst C, Mortimer AJ, McCollum CN. Evaluation of the HemoCueR for measuring intra-operative haemoglobin concentrations: a comparison with the Coulter Max-MR. *Anaesthesia.* 1998 ; 53 : 349–52.
40. Teli M, Ng Y, Ingram R. Evaluation of the Hemocue portable hemoglobinometer after major joint arthroplasty. *J. Arthroplasty.* 2002 ; 17 : 224–6.
41. Munoz Gomez M, Naveira Abeigon E, Romero Ruiz A. [Precision and accuracy of the immediate determination of hemoglobin using HemoCueB Hemoglobin in urgent, surgical, and critical patients]. *Rev Esp Anesthesiol Reanim.* 2003 ; 50 : 332 – 9.

42. Gupta A, Wrench IJ, Feast MJ, Alderson JD. Use of the HemoCue<sup>®</sup> near patient testing device to measure the concentration of haemoglobin in suction fluid at elective Caesarean section. *Anaesthesia*. 2008 ; 63 : 531–4.
43. Zhou X, Yan H, Xing Y, Dang S, Zhuoma B, Wang D. Evaluation of a portable hemoglobin photometer in pregnant women in a high altitude area: a pilot study. *BMC Public Health*. 2009 ; 9 : 228.
44. Gehring H, Hornberger C, Dibbelt L, Roth-Isigkeit A, Gerlach K, Schumacher J, et al. Accuracy of point-of-care-testing (POCT) for determining hemoglobin concentrations. *Acta Anaesthesiol. Scand*. 2002 ; 46 : 980–6.
45. Louw A, Lasserre N, Drouhin F, Thierry S, Lecuyer L, Caen D, et al. Reliability of HemoCue in patients with gastrointestinal bleeding. *Intensive Care Med*. 2006 ; 33 : 355–8.
46. Rippmann C, Nett P, Popovic D. Hemocue, an accurate bedside method of hemoglobin measurement? *J Clin Monit*. 1997 ; 13 : 373 – 7.
47. Neville R. Evaluation of portable haemoglobinometer in general practice. *Br Med J*. 1987; 16 : 1263 – 5.
48. Conway A, Hinchliffe R. Measurement of haemoglobin using single drops of skin puncture blood: is precision acceptable? *J Clin Pathol*. 1998 ; 51 : 248 – 50.
49. Mills A, Meadows N. Screening for anaemia: evaluation of a haemoglobinometer. *Arch Dis Child*. 1989 ; 64 : 1468 – 1471.
50. Henderson M, Irwin M. High humidity affects HemoCue microcuvette function. *Anaesth Intensive Care*. 1995 ; 23 : 407.
51. Rivas Chirino L, da Silva Viana J, Tavares CA, Palmeiro A, Oliveira FJ. Use of a Blood Gas Analyzer to Measure Blood Hemoglobin During Liver Transplantation: A Study of 935 Paired Samples. *Transplant. Proc*. 2006 ; 38 : 810–1.
52. Ray JG, Post JR, Hamielec C. Use of a rapid arterial blood gas analyzer to estimate blood hemoglobin concentration among critically ill adults. *Crit. Care*. 2002 ; 6 : 72–5.
53. King R, Campbell A. Performance of the Radiometer OSM3 and ABL505 blood gas analysers for determination of sodium, potassium and haemoglobin concentrations. *Anaesthesia*. 2000 ; 55 : 65–9.
54. Gehring H, Duembgen L, Peterlein M, Hagelberg S, Dibbelt L. Hemoximetry as the “Gold Standard”? Error Assessment Based on Differences Among Identical Blood Gas Analyzer Devices of Five Manufacturers. *Anesth. Analg*. 2007 ; 105 : S24–S30.

## VII – RESUME :

### Introduction :

Lors des chirurgies à risque hémorragique, l'anesthésiste a besoin d'un monitoring étroit de l'hémoglobine (Hb) afin d'éviter toute erreur transfusionnelle par défaut ou par excès, source de morbidité. Contrairement aux méthodes invasives, la SpHb permet une surveillance continue de l'Hb. Sa précision est influencée par plusieurs paramètres tels que le taux d'Hb, les conditions hémodynamiques, l'utilisation de vasopresseurs ou de colloïdes. Une amélioration de cette précision a été observée lorsque la SpHb est ajustée de manière rétrospective sur la première valeur d'HbLabo. L'HemoCue sur sang artériel (HcueArt) permet une mesure d'Hb rapide et précise comparée à HbLabo. Les objectifs de cette étude sont (1) d'évaluer l'influence de l'ajustement prospectif « *in vivo* » de la SpHb sur le biais et la précision de la mesure et (2) comparer les performances de la SpHb après ajustement *in vivo* et a posteriori aux méthodes invasives disponibles.

### Matériel et méthode :

Cette étude observationnelle et monocentrique a inclus des patients bénéficiant d'une chirurgie à risque hémorragique sous anesthésie générale. Chaque patient a été équipé d'un cathéter artériel en position radiale et d'un capteur Masimo (R2-25, Révision G) relié à son moniteur (Masimo Radical 7, version logicielle : 7.8.0.1). Avant l'incision, la valeur de SpHb a été ajustée à partir de la moyenne de 3 mesures d'HcueArt. Puis, chaque fois que le praticien jugeait utile de mesurer l'Hb, on réalisait simultanément un prélèvement de sang capillaire analysé par HemoCue (HcueCap), et un prélèvement de sang artériel analysé de manière extemporanée par HemoCue (HcueArt) et un Co-Oxymètre déporté (Siemens RapidPoint 405, HbGDS) et secondairement par le laboratoire central d'hématologie (Sysmex XT-2000i, HbLabo). Au même moment, la valeur affichée par le moniteur Masimo était notée. La précision des méthodes déportées par rapport à la méthode de référence (HbLabo) a été évaluée selon la méthode de Bland et Altman ajustée. Les biais entre HbLabo et les méthodes testées ont également comparés par un test t de Student. Une analyse des résultats a également été réalisée par une grille d'erreur transfusionnelle. La zone A correspond aux écarts considérés comme cliniquement acceptables, 95 % des points devraient s'y trouver

### Résultats :

103 prélèvements ont été effectués chez 33 patients. Les valeurs d'HbLabo étaient comprises entre 7,3 et 14,2 g/dL dont 20% <10 g/dL. Par rapport à HbLabo, le biais moyen ( $\pm$  précision) était de  $-0,6 (\pm 1,3)$  g/dL pour la SpHb avant ajustement,  $-0,4 (\pm 1,1)$  g/dL pour la SpHb après ajustement *in vivo*,  $-0,5 (\pm 1,1)$  a posteriori;  $0 (\pm 0,4)$  g/dL pour HcueArt,  $-0,6 (\pm 1,2)$  g/dL pour HcueCap et  $-0,6 (\pm 0,7)$  g/dL pour HbGDS. La précision de la SpHb n'est pas améliorée significativement par l'ajustement et reste comparable à HcueCap. La zone A de la grille d'erreur comprenait 84 % des points avant calibration, 85 % *in vivo*, 82 % a posteriori, 98 % pour HcueArt, 89 % pour HcueCap et 88 % pour HbGDS.

### Conclusion :

Parmi les méthodes invasives déportées au bloc opératoire, HcueArt est la plus précise. L'ajustement *in vivo* de la SpHb, à partir d'HcueArt ou d'HbLabo, ne permet pas d'amélioration significative, ni de sa précision ni du risque d'erreurs transfusionnelles.

---

## SERMENT



En présence des Maîtres de cette école, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime. Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ! Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !

