Université de Poitiers
Faculté de Médecine et de Pharmacie

ANNEE 2022

THESE
POUR LE DIPLOME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE
(décret du 25 novembre 2016)

Présentée et soutenue publiquement
Le 20 septembre 2022 à Poitiers
Par Madame Manon SOREL

Analyse de la posture et de la gestuelle de l'obstétricien lors d'un accouchement simulé par forceps
Étude biomécanique par captation optoélectronique

COMPOSITION DU JURY

Président : Monsieur le Professeur Yves AUBARD

Membres : Madame le Docteur Laetitia FRADET
Monsieur le Professeur Fabrice PIERRE
Monsieur le Professeur Xavier FRITEL

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Bertrand GACHON

Université de Poitiers
Faculté de Médecine et de Pharmacie

ANNEE 2022

THESE
POUR LE DIPLOME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE
(décret du 25 novembre 2016)

Présentée et soutenue publiquement
Le 20 septembre 2022 à Poitiers
Par Madame Manon SOREL

Analyse de la posture et de la gestuelle de l'obstétricien lors d'un accouchement simulé par forceps
Étude biomécanique par captation optoélectronique

COMPOSITION DU JURY

Président : Monsieur le Professeur Yves AUBARD

Membres : Madame le Docteur Laetitia FRADET
Monsieur le Professeur Fabrice PIERRE
Monsieur le Professeur Xavier FRITEL

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Bertrand GACHON

UNIVERSITE DE POITIERS

Faculté de Médecine et de Pharmacie

LISTE DES ENSEIGNANTS

Année universitaire 2022 – 2023

SECTION MEDECINE

Professeurs des Universités-Praticiens Hospitaliers

- BINET Aurélien, chirurgie infantile
- BOISSON Matthieu, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- BOULETI Claire, cardiologie
- BOURMEYSTER Nicolas, biologie cellulaire
- BRIDOUX Frank, néphrologie
- BURUCOA Christophe, bactériologie-virologie
- CHEZE-LE REST Catherine, biophysique et médecine nucléaire
- CHRISTIAENS Luc, cardiologie
- CORBI Pierre, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- COUDROY Rémi, médecine intensive-réanimation – **Assesseur 2nd cycle**
- DAHYOT-FIZELIER Claire, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- DEBIAIS Françoise, rhumatologie
- DONATINI Gianluca, chirurgie viscérale et digestive
- DROUOT Xavier, physiologie – **Assesseur recherche**
- DUFOUR Xavier, Oto-Rhino-Laryngologie – **Assesseur 2nd cycle, stages hospitaliers**
- FAURE Jean-Pierre, anatomie
- FRASCA Denis, anesthésiologie-réanimation
- FRITEL Xavier, gynécologie-obstétrique
- GERVAIS Elisabeth, rhumatologie
- GICQUEL Ludovic, pédopsychiatrie
- GILBERT-DUSSARDIER Brigitte, génétique
- GOMBERT Jean-Marc, immunologie
- GOUJON Jean-Michel, anatomie et cytologie pathologiques
- GUILLEVIN Rémy, radiologie et imagerie médicale
- HAUET Thierry, biochimie et biologie moléculaire
- ISAMBERT Nicolas, cancérologie
- JAAFARI Nematollah, psychiatrie d'adultes
- JABER Mohamed, cytologie et histologie
- JAYLE Christophe, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- KARAYAN-TAPON Lucie, cancérologie
- KEMOUN Gilles, médecine physique et de réadaptation *(en disponibilité)*
- LECLERE Franck, chirurgie plastique, reconstructrice
- LECRON Jean-Claude, biochimie et biologie moléculaire
- LELEU Xavier, hématologie
- LEVEQUE Nicolas, bactériologie-virologie – **Assesseur 1er cycle**
- LEVEZIEL Nicolas, ophtalmologie
- MACCHI Laurent, hématologie
- MCHEIK Jiad, chirurgie infantile
- MEURICE Jean-Claude, pneumologie
- MILLOT Frédéric, pédiatrie, oncologie pédiatrique
- MIMOZ Olivier, médecine d'urgence
- NASR Nathalie, neurologie
- NEAU Jean-Philippe, neurologie – **Assesseur pédagogique médecine**
- ORIOT Denis, pédiatrie
- PACCALIN Marc, gériatrie – **Doyen, Directeur de la section médecine**
- PERAULT-POCHAT Marie-Christine, pharmacologie clinique
- PERDRISOT Rémy, biophysique et médecine nucléaire – **Assesseur L.AS et 1er cycle**
- PERRAUD CATEAU Estelle, parasitologie et mycologie
- PRIES Pierre, chirurgie orthopédique et traumatologique
- RAMMAERT-PALTRIE Blandine, maladies infectieuses
- RICHER Jean-Pierre, anatomie
- RIGOARD Philippe, neurochirurgie
- ROBLOT France, maladies infectieuses, maladies tropicales
- ROBLOT Pascal, médecine interne
- SAULNIER Pierre-Jean, thérapeutique
- SCHNEIDER Fabrice, chirurgie vasculaire
- SILVAIN Christine, gastro- entérologie, hépatologie – **Assesseur 3e cycle**
- TASU Jean-Pierre, radiologie et imagerie médicale
- THIERRY Antoine, néphrologie – **Assesseur 1e cycle**
- THILLE Arnaud, médecine intensive-réanimation
- TOUGERON David, gastro-entérologie
- WAGER Michel, neurochirurgie
- XAVIER Jean, pédopsychiatrie

Maîtres de Conférences des Universités-Praticiens Hospitaliers

- ALBOUY Marion, santé publique – **Référente égalité-diversité**
- ALLAIN Géraldine, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire *(en mission 1 an à/c 01/11/2022)*
- BEN-BRIK Eric, médecine du travail **(en détachement)**
- BILAN Frédéric, génétique
- CAYSSIALS Emilie, hématologie
- CREMNITER Julie, bactériologie-virologie
- DIAZ Véronique, physiologie – **Référente relations internationales**
- EGLOFF Matthieu, histologie, embryologie et cytogénétique
- FROUIN Eric, anatomie et cytologie pathologiques
- GACHON Bertrand, gynécologie-obstétrique *(en dispo 1 an à/c du 31/07/2022)*
- GARCIA Magali, bactériologie-virologie
- GUENEZAN Jérémy, médecine d'urgence
- JAVAUGUE Vincent, néphrologie
- JUTANT Etienne-Marie, pneumologie
- KERFORNE Thomas, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire *(en mission 1 an à/c 01/11/2022)*
- LAFAY-CHEBASSIER Claire, pharmacologie clinique
- LIUU Evelyne, gériatrie
- MARTIN Mickaël, médecine interne – **Assesseur 2nd cycle**
- PALAZZO Paola, neurologie *(en dispo 3 ans à/c du 01/07/2020)*
- PICHON Maxime, bactériologie-virologie
- PIZZOFERRATO Anne-Cécile, gynécologie-obstétrique
- RANDRIAN Violaine, gastro-entérologie, hépatologie
- SAPANET Michel, médecine légale
- THUILLIER Raphaël, biochimie et biologie moléculaire
- VALLEE Maxime, urologie

Bât. D1 - 6 rue de la Milétrie – TSA 51115 - 86073 POITIERS CEDEX 9 - France
☎05.49.45.43.43 - 🖷 05.49.45.43.05

Professeur des universités

- PELLERIN Luc, biochimie et biologie moléculaire

Professeur des universités de médecine générale

- BINDER Philippe

Maître de Conférences des universités de médecine générale

- MIGNOT Stéphanie

Professeur associé des universités des disciplines médicales

- FRAT Jean-Pierre, médecine intensive-réanimation

Maître de Conférences associé des universités des disciplines médicales

- HARIKA-GERMANEAU Ghina, psychiatrie d'adultes

Professeurs associés de médecine générale

- ARCHAMBAULT Pierrick
- AUDIER Pascal
- BIRAULT François
- BRABANT Yann
- FRECHE Bernard
- PARTHENAY Pascal

Maîtres de Conférences associés de médecine générale

- BONNET Christophe
- DU BREUILLAC Jean
- JEDAT Vincent

Professeurs émérites

- GIL Roger, neurologie (08/2023)
- GUILHOT-GAUDEFFROY François, hématologie et transfusion (08/2023)
- HERPIN Daniel, cardiologie (08/2023)
- INGRAND Pierre, biostatistiques, informatique médicale (08/2025)
- MARECHAUD Richard, médecine interne (24/11/2023)
- RICCO Jean-Baptiste, chirurgie vasculaire (08/2024)
- ROBERT René, médecine intensive-réanimation (30/11/2024)
- SENON Jean-Louis, psychiatrie d'adultes (08/2023)
- TOUCHARD Guy, néphrologie (08/2023)

Professeurs et Maîtres de Conférences honoraires

- AGIUS Gérard, bactériologie-virologie
- ALCALAY Michel, rhumatologie
- ALLAL Joseph, thérapeutique (ex-émérite)
- ARIES Jacques, anesthésiologie-réanimation
- BABIN Michèle, anatomie et cytologie pathologiques
- BABIN Philippe, anatomie et cytologie pathologiques
- BARBIER Jacques, chirurgie générale (ex-émérite)
- BARRIERE Michel, biochimie et biologie moléculaire
- BECQ-GIRAUDON Bertrand, maladies infectieuses, maladies tropicales (ex-émérite)
- BEGON François, biophysique, médecine nucléaire
- BOINOTCatherine, hématologie – transfusion
- BONTOUX Daniel, rhumatologie (ex-émérite)
- BURIN Pierre, histologie
- CARRETIER Michel, chirurgie viscérale et digestive (ex-émérite)
- CASTEL Olivier, bactériologie-virologie ; hygiène
- CASTETS Monique, bactériologie -virologie – hygiène
- CAVELLIER Jean-François, biophysique et médecine nucléaire
- CHANSIGAUD Jean-Pierre, biologie du développement et de la reproduction
- CLARAC Jean-Pierre, chirurgie orthopédique
- DABAN Alain, cancérologie radiothérapie (ex-émérite)
- DAGREGORIO Guy, chirurgie plastique et reconstructrice
- DEBAENE Bertrand, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- DESMAREST Marie-Cécile, hématologie
- DEMANGE Jean, cardiologie et maladies vasculaires
- DORE Bertrand, urologie (ex-émérite)
- EUGENE Michel, physiologie (ex-émérite)
- FAUCHERE Jean-Louis, bactériologie-virologie (ex-émérite)
- FONTANEL Jean-Pierre, Oto-Rhino Laryngologie (ex-émérite)
- GOMES DA CUNHA José, médecine générale (ex-émérite)
- GRIGNON Bernadette, bactériologie
- GUILLARD Olivier, biochimie et biologie moléculaire
- GUILLET Gérard, dermatologie
- JACQUEMIN Jean-Louis, parasitologie et mycologie médicale
- KAMINA Pierre, anatomie (ex-émérite)
- KITZIS Alain, biologie cellulaire (ex-émérite)
- KLOSSEK Jean-Michel, Oto-Rhino-Laryngologie
- KRAIMPS Jean-Louis, chirurgie viscérale et digestive
- LAPIERRE Françoise, neurochirurgie (ex-émérite)
- LARSEN Christian-Jacques, biochimie et biologie moléculaire
- LEVARD Guillaume, chirurgie infantile
- LEVILLAIN Pierre, anatomie et cytologie pathologiques
- MAIN de BOISSIERE Alain, pédiatrie
- MARCELLI Daniel, pédopsychiatrie (ex-émérite)
- MARILLAUD Albert, physiologie
- MAUCO Gérard, biochimie et biologie moléculaire (ex-émérite)
- MENU Paul, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire (ex-émérite)
- MORICHAU-BEAUCHANT Michel, hépato-gastro-entérologie
- MORIN Michel, radiologie, imagerie médicale
- PAQUEREAU Joël, physiologie
- POINTREAU Philippe, biochimie
- POURRAT Olivier, médecine interne (ex-émérite)
- REISS Daniel, biochimie
- RIDEAU Yves, anatomie
- RODIER Marie-Hélène, parasitologie et mycologie
- SULTAN Yvette, hématologie et transfusion
- TALLINEAU Claude, biochimie et biologie moléculaire
- TANZER Joseph, hématologie et transfusion (ex-émérite)
- TOURANI Jean-Marc, cancérologie
- VANDERMARCQ Guy, radiologie et imagerie médicale

SECTION PHARMACIE

Professeurs des universités-praticiens hospitaliers

- COUET William, pharmacie clinique
- DUPUIS Antoine, pharmacie clinique – **Assesseur pédagogique pharmacie**
- FOUCHER Yohann, santé publique, biostatistiques et épidémiologie
- MARCHAND Sandrine, pharmacologie, pharmacocinétique
- RAGOT Stéphanie, santé publique

Professeurs des universités

- BODET Charles, microbiologie
- CARATO Pascal, chimie thérapeutique
- FAUCONNEAU Bernard, toxicologie
- GUILLARD Jérôme, pharmacochimie
- IMBERT Christine, parasitologie et mycologie médicale
- OLIVIER Jean-Christophe, pharmacie galénique, biopharmacie et pharmacie industrielle
- PAGE Guylène, biologie cellulaire, biothérapeutiques
- RABOUAN Sylvie, chimie physique, chimie analytique
- SARROUILHE Denis, physiologie humaine – **Directeur de la section pharmacie**

Maîtres de conférences des universités-praticiens hospitaliers

- BARRA Anne, immuno-hématologie
- BINSON Guillaume, pharmacie clinique
- THEVENOT Sarah, hygiène, hydrologie et environnement

Maîtres de conférences

- BARRIER Laurence, biochimie générale et clinique
- BON Delphine, biophysique
- BRILLAULT Julien, pharmacocinétique, biopharmacie
- BUYCK Julien, microbiologie
- CHAUZY Alexia, pharmacologie fondamentale et thérapeutique
- DEBORDE-DELAGE Marie, chimie analytique
- DELAGE jacques, biomathématiques, biophysique
- FAVOT-LAFORGE Laure, biologie cellulaire et moléculaire (HDR)
- GIRARDOT Marion, biologie végétale et pharmacognosie
- GREGOIRE Nicolas, pharmacologie et pharmacométrie (HDR)
- HUSSAIN Didja, pharmacie galénique (HDR)
- INGRAND Sabrina, toxicologie
- MARIVINGT-MOUNIR Cécile, pharmacochimie
- PAIN Stéphanie, toxicologie (HDR)
- PINET Caroline, physiologie, anatomie humaine
- RIOUX-BILAN Agnès, biochimie – **Référente CNAES – Responsable du dispositif COME'in**
- TEWES Frédéric, chimie et pharmacotechnie
- THOREAU Vincent, biologie cellulaire et moléculaire
- WAHL Anne, phytothérapie, herborisation, aromathérapie

Maîtres de conférences associés - officine

- DELOFFRE Clément, pharmacien
- ELIOT Guillaume, pharmacien
- HOUNKANLIN Lydwin, pharmacien

CENTRE DE FORMATION UNIVERSITAIRE EN ORTHOPHONIE (C.F.U.O.)

- GICQUEL Ludovic, PU-PH, **directeur du C.F.U.O.**
- VERON-DELOR Lauriane, maître de conférences en psychologie

ENSEIGNEMENT DE L'ANGLAIS

- DEBAIL Didier, professeur certifié

CORRESPONDANTS HANDICAP

- Pr PERDRISOT Rémy, section médecine
- Dr RIOUX-BILAN Agnès, section pharmacie

Bât. D1 - 6 rue de la Milétrie – TSA 51115 - 86073 POITIERS CEDEX 9 - France
☎05.49.45.43.43 - 🖷 05.49.45.43.05

Remerciements

A mon jury,

Monsieur le Professeur Yves AUBARD,

Vous me faites l'honneur d'avoir accepté la présidence de ce jury de thèse et je vous en suis très reconnaissante. Ce projet est le fruit de la collaboration entre nos deux services et je vous remercie encore pour l'excellent accueil que vous nous avez réservé lors de notre venue à Limoges. Soyez assuré de mon profond respect.

Monsieur le Professeur Fabrice PIERRE,

Vous me faites l'honneur d'accepter de juger ce travail et je vous en suis très reconnaissante. Vous êtes à l'origine de cette recherche et de la collaboration entre biomécaniciens et obstétriciens. Je vous remercie pour l'aide précieuse que vous avez consacrée à mon travail, vos enseignements et votre accompagnement depuis le début de mon internat. Soyez assuré de mon profond respect.

Monsieur le Professeur Xavier FRITEL,

Vous me faites l'honneur d'accepter de juger ce travail et je vous en suis très reconnaissante. Je vous remercie pour la qualité de votre enseignement et votre investissement au sein du service de gynécologie-obstétrique que je vais retrouver avec plaisir en novembre prochain. Soyez assuré de mon profond respect.

Madame le Docteur Laetitia FRADET,

Laetitia,

Merci infiniment pour ton soutien indéfectible et dévoué à toutes les étapes de ce travail de thèse : organisation des déplacements et des installations préalable aux expérimentations, traitements des données (les codages au secours !) et pour toutes tes relectures attentives et bienveillantes, même depuis le Texas ! Nous avons tissé des liens au-delà du travail. Sois assurée de ma profonde gratitude et de mon amitié.

Monsieur le Docteur Bertrand GACHON,

Bertrand,

Tu m'as fait l'honneur d'accepter de diriger ce travail. Je te remercie de m'avoir encadrée et conseillée tout au long de ce projet. Je te souhaite succès et bonheur dans le sud de la France.

A tous les médecins qui ont accepté de participer aux simulations (et en tenue légère !)

A ma famille

A mes parents, à mes sœurs, à toute ma famille et à Kacem qui partage ma vie. C'est avec vous que je suis la plus heureuse.

A mes sœurs de cœur, certaines depuis l'enfance

Eugénie, Marie-Liesse, Sarah, Rima, Juliette, Parastou, Margaux, Aïcha, Nour, Lucie... A tous nos fous rires et nos bonheurs, je vous aime !

A mes co-internes de Poitiers et de Paris

A tous les doctorants du laboratoire PPRIM qui m'ont beaucoup aidée

Au Professeur Jean LEVEQUE du CHU de Rennes qui m'a donné envie de devenir gynécologue-obstétricienne.

Au Docteur Diane DE MONTLAUR qui m'a communiqué sa passion pour la médecine de la reproduction.

Au Professeur SANTULLI qui m'a acceptée dans son service à Paris.

Merci à tous mes enseignants.

I. Introduction 1
A. Accouchement instrumental et lésions associées 1
B. Modification des pratiques 3
C. Enjeux de la formation par simulation 3
D. Problématiques de l'intervention par forceps 4
II. Objectifs de l'étude 9
III. Matériel et méthode 10
A. Schéma d'étude 10
B. Participants 10
C. Collection des données lors de l'intervention par forceps de Suzor simulée 12
a) Mannequin 12
b) Dispositifs d'analyse de la posture et gestuelle de l'obstétricien 13
c) Protocole 15
(1) Acquisition du mouvement des participants 15
(2) Identification des trois phases lors de la traction 16
D. Traitement des données 17
1. Définition de la phase de traction 17
2. Qualification de la posture et de la gestuelle de l'obstétricien 19
E. Statistiques 22
IV. Résultats 23
A. Analyse des postures et gestuelles 23
1. Posture au passage du premier plan défini 23
2. Gestuelle de la phase 1 26
3. Gestuelle de la phase 2 28
4. Gestuelle de la phase 3 31
B. Lien entre posture initiale et mouvements 33
C. Liens entre ville d'exercice, degré d'expérience et pratiques adoptées 35
D. Analyse des forces de traction 37
1. Etude de l'intensité des forces de traction 37
2. Etude de l'orientation des forces de traction 37
E. Retour d'expérience 41
V. Discussion 42
VI. Conclusion 50
VII. Bibliographie 51
VIII. Annexes 54
A. Questionnaire – retour d'expérience 54
B. Code utilisé sur le logiciel R Studio 54
C. Pourcentage de variance expliquée par composante principale 55
D. Seuil de significativité des variables dominantes de chaque cluster 57
IX. Résumé 61

Introduction

A. Accouchement instrumental et lésions associées

L'accouchement instrumental est une intervention fréquente en salle d'accouchement. Ainsi, selon les données de l'enquête nationale périnatale française de 2016, 12.2% des naissances en France sont réalisées par voie vaginale instrumentale. Le forceps est utilisé dans 27,6% des cas ; cela concerne 2,7% des parturientes et 21 195 naissances par an (1). A l'échelle mondiale, le taux de naissance instrumentée est très variable, de 0,5% en Roumanie à 16,4% en Irlande alors que le taux médian en Europe s'élève à 7,5% (2).

Les indications de recours à un instrument, lors de la phase expulsive de l'accouchement, sont pour certaines fœtales comme des anomalies du rythme cardiaque faisant craindre la présence ou la survenue rapide d'une acidose chez l'enfant. Les autres indications sont obstétricales en cas d'arrêt de progression fœtale (macrosomie, efforts expulsifs maternels insuffisants). Il existe trois types d'instruments commercialisés : la ventouse, les spatules et le forceps. La ventouse permet de fléchir et d'induire une rotation du pôle céphalique fœtal. Les spatules permettent la propulsion et l'orientation de celui-ci. Le forceps guide et favorise la descente du mobile fœtal dans le bassin maternel par un phénomène d'orientation et de traction. Ce dernier instrument est composé de deux branches symétriques et articulées. Chaque branche comporte une cuillère composée d'une spatule évidée appelée fenêtre dont la courbure céphalique permet la préhension du pôle céphalique fœtal alors que la courbure pelvienne permet l'adéquation entre l'instrument et les voies génitales maternelles. Il existe de nombreux modèles de forceps différents mais la pose des cuillères est identique. Ainsi, la pose des cuillères sur la tête du fœtus doit être symétrique, dans un axe occipito-mentonnier, facile et sans obstacle alors que la pression appliquée sur le crâne fœtal doit être la plus faible possible (3). Le choix de l'instrument est fonction de la situation obstétricale et de l'expérience de l'opérateur (4).

L'accouchement instrumental, comme tout acte chirurgical, peut entraîner des complications susceptibles d'affecter la mère et/ou le fœtus. Par ailleurs, il est le principal facteur de risque de traumatisme périnéal obstétrical, en particulier lorsqu'il s'agit du premier accouchement. Ce traumatisme est principalement représenté par les lésions obstétricales du sphincter anal (LOSA) et les désinsertions du muscle *levator ani* (5–10).

Les lésions obstétricales du sphincter anal peuvent concerner le sphincter anal externe, le sphincter anal interne et la muqueuse rectale. La classification de l'OMS-RCOG permet de définir le grade de sévérité des lésions obstétricales du sphincter anal en fonction des structures touchées (Tableau 0-1)(11). L'équipe de Leeuw a étudié 284 783 naissances en Hollande et a relevé des taux de lésions obstétricales du sphincter anal de 1,7% en cas d'accouchement spontané, de 4,6% en cas d'usage du forceps et de 7,8% en cas d'usage séquentiel de la ventouse puis du forceps (12).

Classification RCOG – OMS		**Lésions anatomiques**	
		Sans	
1er degré		Epithélium vaginal ou vulvaire	
2ème degré		Muscles du périnée sans atteinte du sphincter anal externe	
3ème degré	a	Moins de 50% du sphincter anal externe	LOSA
	b	Plus de 50% du sphincter anal externe	
	c	Sphincter anal externe et interne	
4ème degré		Sphincter anal externe et interne et Cloison recto-vaginale	

Tableau 0-1 : Classification du Royal college of Obstetricians and Gynaecologists et de l'Organisation mondiale de la Santé concernant les lésions du périnée selon les structures touchées

La désinsertion du *levator ani* est définie par le détachement du faisceau puborectal du muscle *levator ani* au niveau de son insertion pubienne. Le risque de traumatisme de ce muscle est majoré en cas d'accouchement par forceps (13–15). La fréquence de survenue des désinsertions du levator ani est estimée à 15% en cas de naissance spontanée, 21% en cas de ventouse et 52% en cas de forceps (16).

Ces lésions induites sont sources de troubles de la statique pelvienne (incontinence urinaire, incontinence anale, prolapsus uro-génital), de dyspareunie, d'anxiété et de trouble dépressif et sont responsables d'une altération de la qualité de vie des femmes associée à des coûts de santé majeurs (17,18). Ainsi, l'équipe de Lin a permis, au moyen de l'étude observationnelle « prolong », la mise en évidence d'une association entre les troubles du plancher pelvien à long terme et le fait d'avoir eu recours à un accouchement instrumental par forceps (19). De même, l'équipe de Fornell puis celle de Johanson ont souligné que l'incontinence anale est plus fréquente à long terme en cas de naissance par forceps qu'en cas d'accouchement spontané ou d'utilisation d'une ventouse (20,21).

B. Modification des pratiques

Nous constatons au niveau mondial une diminution des accouchements instrumentaux par forceps à l'image des Etats-Unis où près de 40% des maternités n'utilisent plus cet instrument (22). L'objectif de réduction des lésions obstétricales induites en cas d'accouchement instrumental semble justifier en partie cette tendance.

Comme nous l'avons exposé précédemment, il apparaît que la survenue des lésions périnéales soit plus souvent rapportée en cas de forceps qu'en cas de ventouse (12,15,16). Cependant, le maintien de l'usage du forceps est nécessaire puisqu'il comporte moins de risque d'échec comparé à la ventouse (23,24). Aussi, comme nous l'avons précédemment exposé, c'est le seul instrument qui permette d'effectuer une traction, nécessaire par exemple en cas d'absence ou d'insuffisance des poussées maternelles (3).

Afin d'optimiser la sécurité materno-fœtale, le Collège national des gynécologues-obstétriciens français recommande, si la situation obstétricale le permet, de préférer l'usage de la ventouse comparativement au forceps. Toutefois, le Collège recommande également d'être compétent dans l'utilisation des deux instruments afin de répondre aux différents besoins obstétricaux (4,25). Actuellement, la forte diminution des accouchements instrumentaux par forceps est source d'une perte de pratique clinique mais aussi d'une perte de formation (26). La baisse de pratique clinique ne permet pas aux médecins séniors ou en formation de consolider ou d'améliorer leurs acquis. De plus, le déclin de cette technique est source d'une diminution du nombre des formateurs pour les plus jeunes que ce soit en pratique réelle ou en simulation.

Un médecin moins entraîné risque de réaliser la technique de manière non optimale et d'induire des lésions graves et évitables (27). Une hausse de la morbidité materno-fœtale pourrait alors être observée du fait d'une inexpérience quand l'utilisation du forceps est nécessaire mais aussi du fait de la perte d'une option thérapeutique précieuse dans les centres où le forceps est retiré.

C. Enjeux de la formation par simulation

La simulation est un outil qui permet à la fois l'apprentissage de la théorie, des techniques et des compétences de communication (28). L'individu doit prendre conscience de la situation proposée, la comprendre, prendre des décisions, organiser le travail d'équipe et gérer les différentes actions mises en place. L'apprentissage clinique « au lit du patient » permet la formation de nombreux internes mais s'effectue au détriment des patientes (29) au contraire de la formation par simulation qui permet d'acquérir les compétences cliniques nécessaires à la

gestion des accouchements vaginaux difficiles sans se compromettre ni mettre en péril la santé de la parturiente et du nouveau-né (30). Dans le cas de la dystocie des épaules, une étude rétrospective britannique d'une période de 8 ans a montré que l'apprentissage sur mannequin a permis d'augmenter le pourcentage de réalisation des manœuvres de 49% à 92% (technique du McRoberts, pression sus-pubienne, délivrance du bras postérieur) mais aussi de réduire de 9,3% à 2,3% les lésions néonatales à la naissance, notamment les paralysies du plexus brachial (31). Dans le cadre des accouchements instrumentaux, il apparaît aussi que l'entraînement en pratique réelle (32) et sur mannequin (33) est associé à la diminution des lésions materno-fœtales induites. Une équipe limougeaude a constaté un abaissement significatif des lésions obstétricales du sphincter anal après que l'interne a exécuté au minimum 24 accouchements par forceps ou après 18 mois d'expérience obstétricale. Ainsi, lorsque l'accouchement est réalisé par un interne de troisième semestre, le taux de lésions obstétricales du sphincter anal est estimé à 10,4 versus 5,4% au quatrième semestre (32). Aux Etats-Unis, une réduction de 26% des traumatismes obstétricaux périnéaux graves a été observée chez les femmes dont l'accouchement par forceps a été réalisé par un opérateur ayant bénéficié d'une formation pratique à cette technique sur mannequin (33).

Cependant, aucune technique d'accouchement par forceps précise n'est décrite. Deux questions se posent alors : Connaissons-nous les paramètres à l'origine des lésions obstétricales associées en cas d'accouchement vaginal opératoire ? Si oui, existe-t-il une technique qui favorise le respect de ces paramètres ?

D. Problématiques de l'intervention par forceps

Les connaissances apportées par la littérature ont permis d'établir des liens entre survenues de lésions materno-fœtales et contraintes exercées par les cuillères du forceps lors de la pose des cuillères (34) et/ou intensité de la force de traction (35,36).

Ainsi, une étude a établi un lien entre les traumatismes néonataux (embarrure, céphalhématome, hémorragie cérébrale, hémorragie rétinienne) et les contraintes exercées sur la présentation céphalique par les forceps (34). Elle a aussi constaté que le mauvais placement des instruments sur la présentation céphalique au début de la manœuvre est associé à plus d'hémorragies du post-partum (OR=1,94), à une hospitalisation prolongée de la mère (OR=2,13) ainsi qu'à une majoration des traumatismes chez les nouveau-nés (OR=4,64)(37).

Lorsque la position des cuillères est asymétrique sur les os malaires, la surface d'application de la force diminue ce qui fait augmenter les contraintes. Ainsi, l'application asymétrique des cuillères peut en partie expliquer le plus grand nombre de traumatismes néonataux en cas d'utilisation de forceps comparativement aux accouchements spontanés (34).

L'équipe de Dupuis a étudié les trajectoires des cuillères lors de leurs applications sur la présentation céphalique à l'aide d'un simulateur et d'un forceps équipés de capteurs de localisation spatiale (38). Afin de comparer objectivement les trajectoires suivies par un même opérateur, trois points d'intérêt ont été analysés : les points dits de départ, de virage et d'arrivée. Ils sont respectivement définis par le premier contact entre la cuillère et la présentation céphalique, le point le plus éloigné du centre de l'excavation pelvienne sur l'axe horizontal et transversal et la position finale de la cuillère en fin de manipulation. L'analyse révèle que le placement répété des cuillères par les obstétriciens expérimentés est significativement plus reproductible que par les non expérimentés (92% vs 38%) et que la formation par simulation permet aux juniors d'améliorer la maîtrise de la manœuvre en terme de répétabilité (38). Cependant, aucune information n'est actuellement établie sur la façon dont l'obstétricien doit procéder pour faire en sorte que les cuillères soient posées de façon symétrique.

Pendant la phase dite de traction, des forces de traction trop importantes appliquées lors des accouchements instrumentaux ainsi qu'une traction prolongée sont corrélées à une augmentation des lésions obstétricales du sphincter anal et à des lésions néonatales (35,36). Ainsi, Wylie et Kelly ont montré que la mesure de l'intensité de la force produite lors de la traction fœtale par forceps apportait des indications sur la difficulté de l'accouchement instrumental et que le respect de seuils de sécurité à hauteur respective de 294 Newtons (35) et 226 Newtons (36) prévenait des lésions induites par des forces excessives. Cependant, les seuils proposés ne sont pas exploités en pratique courante puisque les forceps utilisés en salle de naissance ne sont pas équipés de système de mesure de force. Dans l'objectif de mieux maîtriser ces forces de traction, une étude s'est focalisée sur l'apprentissage de l'intensité de la force à produire lors de l'usage du forceps en simulation (39). En effet, l'équipe de Leslie a évalué 55 internes sur un modèle de simulation de la traction par forceps permettant de mesurer l'intensité de la force de traction appliquée au cours du temps et de la présenter aux participants à l'aide d'un retour visuel assisté par ordinateur. Pour chaque manipulation, les sujets ont dû tirer vers le bas et légèrement vers l'extérieur (à un angle de 45°) afin de mimer la courbure pelvienne pendant la phase initiale de descente fœtale. La première tâche a été de tirer sur le forceps le plus fort possible en position debout puis en position assise sans visualiser l'écran.

La seconde tâche a été de produire en aveugle une intensité de force « sûre » dans la position de leur choix. Ils ont ensuite dû produire une force comprise entre 133N et 200N tout en regardant l'intensité créée en temps réel sur l'écran. Cet intervalle optimal a été choisi sur la base des travaux de Dennen (40). La quatrième et dernière expérimentation a été de reproduire cette intensité cible mais sans bénéficier du retour visuel. La mesure de la traction maximale moyenne en position assise est de 382N chez les hommes et 273N chez les femmes alors qu'en position assise, elle est respectivement de 310N et 202N. Ainsi, tous les sujets ont produit une intensité maximale moyenne de force de traction supérieure en position assise que debout et toutes les intensités créées ont dépassé le seuil de sécurité de 200N. Il semblerait donc que la posture influence l'intensité des forces produites. De plus, l'entraînement sur ce modèle a permis aux juniors de ne plus dépasser le seuil de sécurité (33% vs 0%)(39).

Dans la littérature, des recommandations sont également énoncées sur l'orientation de la force de traction : elle doit permettre au fœtus de suivre le chemin physiologique de l'expulsion dans le petit bassin maternel afin de limiter les obstacles à son encontre (3). En cas de présentation céphalique antérieure dans l'excavation pelvienne, une traction dans l'axe ombilico-coccygien doit être appliquée jusqu'au passage du détroit moyen puis la direction s'horizontalise jusqu'à ce que l'occiput fœtal se positionne sous la symphyse pubienne. Alors, la trajectoire se verticalise permettant la déflexion de la tête autour du point de pivot représenté par la symphyse pubienne (3). La force de traction doit suivre cette orientation afin que les résistances rencontrées par le fœtus soient moindres en limitant les obstacles et, qu'en conséquence, l'intensité des forces de traction à générer soit la plus faible possible. Cependant, aucune consigne n'explique quelles seraient la gestuelle et la posture les plus favorables pour produire ces actions.

Il existe donc des connaissances sur la pose des cuillères et sur la force de traction. Des seuils de sécurité sont proposés pour l'intensité de la force de traction à ne pas dépasser ou encore des conseils théoriques sont émis quant à l'orientation à appliquer sur le forceps en fonction de la présentation céphalique fœtale. Seulement, aucune explication ou recommandation n'a été formulée sur la manière de procéder d'un point de vue de la gestuelle pour maîtriser ces éléments. Pourtant, cette question semble d'intérêt. En 2014, seize obstétriciens basés dans des pays différents ont échangé sur le réseau Researchgate au sujet de la gestuelle et la posture les plus favorables pour produire ces actions (41).Ces échanges ont d'une part révélé que les

pratiques sont très diverses - certains étant assis, d'autres debout - et d'autre part que la gestuelle et la posture les plus favorables pour pratiquer cette intervention étaient loin d'être connues.
La posture est définie par la position spécifique des différents segments corporels dans l'espace. On parle de posture quand les mouvements aux articulations sont faibles par opposition à la gestuelle pour laquelle les mouvements sont plus conséquents. Par ailleurs, chaque posture confère un potentiel de stabilité. Or la stabilité favorise la maîtrise gestuelle, définie par les mouvements effectués aux articulations en termes d'angles et de vitesse (42).
Dans le domaine sportif ou encore en ergonomie, la question de la meilleure gestuelle et posture à adopter pour répondre au mieux à un objectif comme frapper une balle de golf (43) ou soulever des objets (44) se fait par l'intermédiaire d'une analyse biomécanique du mouvement. Les études effectuées dans le domaine sportif tendent à montrer que les athlètes professionnels possèdent une gestuelle relativement similaire mais bien distincte de la gestuelle d'athlètes de niveau inférieur comme illustrée à la Figure 0-1 (45).

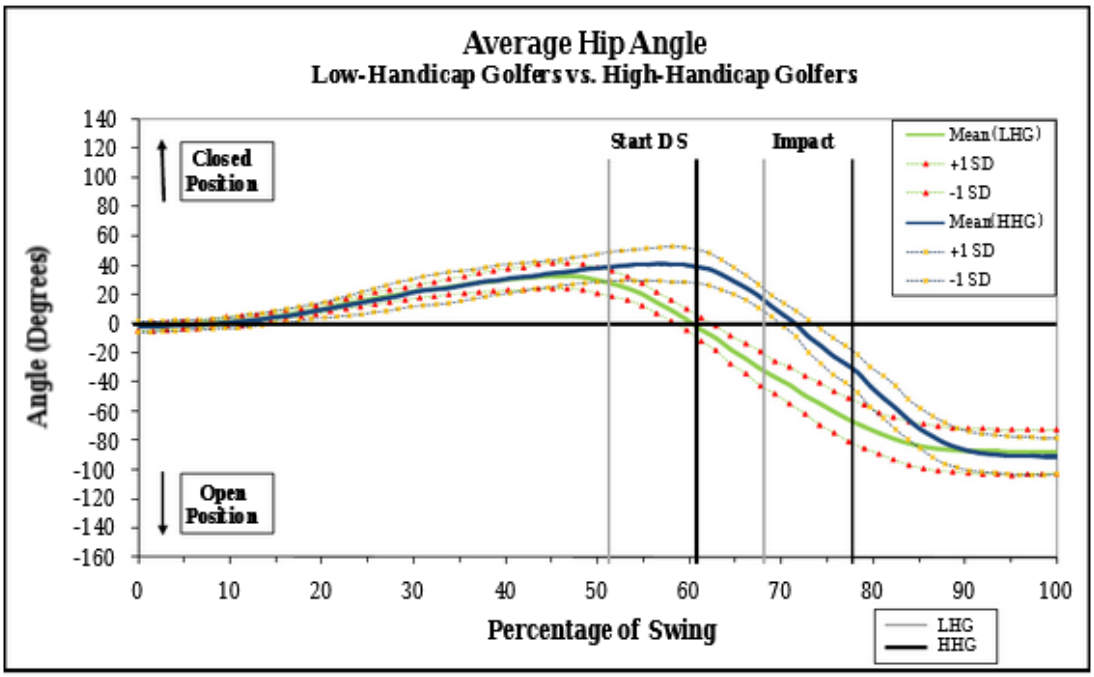

Figure 0-1 : Différence de l'évolution de l'angle de la hanche en fonction du temps entre les golfeurs de haut niveau et de niveau faible. Le fait que les experts partagent une gestuelle commune amène à penser qu'il existe une gestuelle "optimale" permettant de répondre au mieux aux objectifs de performance (45).

En chirurgie, l'analyse du mouvement est également de plus en plus utilisée avec souvent pour objectif de limiter la survenue de troubles musculosquelettiques chez le chirurgien. D'autres études ont aussi établi un lien entre l'ergonomie de la posture du chirurgien et la qualité du geste chirurgical indiquant bien l'importance de la posture sur le résultat chirurgical (46–48).

Dans le domaine obstétrical, l'analyse biomécanique du mouvement a permis de comprendre l'impact des positions d'accouchement prises par la parturiente sur l'orientation des différents segments lors de l'accouchement (49) mais aucune étude n'a à notre connaissance cherché à préciser la posture et la gestuelle de l'obstétricien.

Au regard des faibles informations relevées dans la littérature et les recommandations ainsi que du questionnement des obstétriciens sur la technique à adopter, il nous semble donc pertinent de proposer une analyse biomécanique qui pourrait fournir des éléments de réponse à la question : existe-t-il un geste ou des gestes optimaux lors d'une naissance instrumentée par forceps ?

II. Objectifs de l'étude

Notre question de recherche porte sur l'analyse et l'optimisation de la posture et de la gestuelle de l'obstétricien lors de l'intervention par forceps. En l'absence de consensus et de modèle reconnu, la question est donc d'identifier les variations interindividuelles de posture et de gestuelle des obstétriciens lors de la réalisation d'une aide à la naissance par forceps et de préciser l'impact de ces variations sur les efforts produits à savoir l'orientation et l'intensité de la traction générée.

L'objectif principal est donc de recenser et de qualifier, au moyen d'une analyse cinématique tridimensionnelle, les postures et gestuelles de praticiens au cours d'une simulation d'accouchement par forceps. Ici, nous nous focaliserons plus particulièrement sur la phase de traction. Le critère de jugement principal est la comparaison des mesures objectives des angles aux articulations, aux différentes phases de l'accouchement en fonction des différents sujets.

L'objectif secondaire est multiple. Tout d'abord, nous analyserons :

- Le lien entre la posture de départ et le mouvement afin de savoir si la posture de départ conditionne le reste du geste de traction.
- Les liens entre la ville d'exercice des participants, leur degré d'expérience et les gestuelles adoptées afin de savoir si les manières de faire sont dépendantes du centre de pratique ou de l'expérience acquise au cours du temps.
- L'orientation et l'intensité des forces de traction produites par ces participants sur le forceps. Nous déterminerons s'il existe des groupes de participants où les forces exercées sont similaires et s'ils partagent de plus des attitudes posturales proches et/ou des degrés d'expérience communs.

III. Matériel et méthode

A. Schéma d'étude

Nous avons effectué en février et mars 2021 une étude bicentrique, prospective et expérimentale au sein de deux salles d'accouchement dans les centres hospitalo-universitaires de Poitiers et Limoges afin d'analyser la posture et la gestuelle des praticiens lors d'accouchements par forceps simulés sur mannequin. Cet enregistrement basé sur un système optoélectronique d'analyse du mouvement a permis une caractérisation quantitative des trajectoires articulaires que nous avons utilisée pour analyser les pratiques adoptées. De plus, l'intensité de la force de traction produite par chaque sujet sur le forceps est quantifiée et acquise indirectement à l'aide de plateformes de force afin de caractériser ces mêmes pratiques.

Un questionnaire de retour d'expérience (Annexe A) a été délivré à tous les participants à la fin de la simulation afin d'évaluer le ressenti des sujets quant au degré de réalisme de la manipulation.

B. Participants

Nous avons inclus, sur la base du volontariat, cinquante-sept médecins - vingt limougeauds (65%) et trente-sept pictaviens (35%) - réalisant des aides à la naissance par forceps dans les centres hospitalo-universitaires de Limoges et Poitiers. Ces deux centres ont été d'une part choisis car la pratique de l'accouchement instrumental par forceps y est effective et d'autre part car l'instrument majoritairement utilisé n'est pas le même. La pratique du forceps à Limoges est majoritaire alors qu'à Poitiers, c'est la ventouse qui est utilisée le plus fréquemment.

Notre population est constituée de 38 femmes et de 19 hommes dont l'âge moyen est de 34 ans (±10ans), la taille moyenne est de 170 cm (±9cm), le poids moyen est de 68kg (±14kg) (Tableau III-1).
Nous avons classé, après le recueil des auto-questionnaires, les participants en 3 groupes : débutants, intermédiaires et expérimentés. Les débutants ont réalisé moins de 10 accouchements par forceps alors que les intermédiaires en ont effectué entre 10 et 100. L'inclusion des sujets expérimentés a été effectuée lorsque le nombre d'aides à l'accouchement par forceps est supérieur à 100. Au total, nous avons enregistré vingt-trois débutants (40%), vingt-deux intermédiaires (39%) et douze experts (21%) (Tableau III-1).

Débutant (N=23)			
Âge	**Taille**	**Poids**	**Sexe**
25	1,70	57	F
26	1,63	52	F
59	1,75	78	F
28	1,66	49	F
29	1,70	68	F
27	1,70	64	F
30	1,80	72	F
28	1,66	54	F
26	1,77	57	M
28	1,83	75	M
25	1,57	53	F
27	1,75	79	F
24	1,70	70	F
29	1,63	70	F
24	1,70	58	F
30	1,84	105	M
28	1,73	84	F
28	1,79	85	M
28	1,70	70	M
29	1,70	82	F
27	1,60	48	F
25	1,66	53	F
27	1,59	56	F
29 (±7)	**1,7 (±7)**	**67 (±14)**	**5M 18F**

Intermédiaire (N=22)			
Âge	**Taille**	**Poids**	**Sexe**
33	1,69	80	F
30	1,83	75	M
29	1,54	54	F
39	1,68	78	F
35	1,66	51	F
30	1,52	60	F
30	1,73	56	F
30	1,72	70	M
28	1,65	64	F
29	1,90	85	M
30	1,72	60	F
32	1,70	72	F
34	1,73	57	F
39	1,75	66	M
30	1,68	62	F
31	1,83	74	M
34	1,65	72	F
30	1,73	68	F
32	1,78	74	M
38	1,58	47	F
34	1,60	60	F
30	1,58	48	F
32 (±3)	**1,69 (±9)**	**65 (±11)**	**6M 16F**

Expert (N=12)			
Âge	**Taille**	**Poids**	**Sexe**
43	1,86	98	M
63	1,83	95	M
37	1,66	51	F
51	1,80	92	M
50	1,70	69	M
58	1,69	67	M
44	1,61	52	F
67	1,82	64	M
58	1,75	86	M
50	1,52	56	F
35	1,70	65	F
35	1,80	95	M
49 (±11)	**1,73 (±10)**	**74 (±20)**	**8M 4F**

Tableau III-1 : Données anthropométriques

Concernant le respect des principes éthiques et réglementaires, nous avons pris conseil auprès de la plateforme méthodologie-biostatistique du CHU de Poitiers afin de statuer sur la nécessité d'obtenir la validation de notre étude auprès d'un comité d'éthique. L'avis conclut que notre projet de recherche ne nécessite pas l'avis d'un comité de protection des personnes et relève uniquement de la réglementation relative à l'utilisation de données à des fins de recherche. En ce sens, nous avons informé les participants de l'utilisation des données du questionnaire à des fins de recherche et déclaré le fichier auprès du délégué à la protection des données de l'établissement (numéro HDH F20210118141050). Le consentement libre et éclairé des participants a été obtenu après une information orale de la méthode. Par ailleurs, l'étude est aussi référencée sur le site ClinicaTrials.gov (NCT04670380).

C. Collection des données lors de l'intervention par forceps de Suzor simulée

a) Mannequin

Nous avons utilisé un mannequin composé d'un bassin maternel et d'un fœtus (Sophie and Sophie's Mum Birth Simulator, MODEL-med, Melbourne, Australie). Ce mannequin anatomique a l'avantage de mimer avec réalisme l'accouchement instrumental par forceps ainsi que de multiples autres procédures obstétricales très utiles pour l'enseignement.

Avant chaque expérimentation, nous avons attaché solidement le bassin maternel à l'aide de deux sangles au bord d'une table d'accouchement réglable en hauteur puis, suivant les recommandations du fabricant, nous avons appliqué du lubrifiant à l'intérieur du bassin maternel et sur le fœtus afin de rendre possible la progression fœtale lors de la traction par forceps sans endommager le mannequin. Ensuite, un expérimentateur situé à la partie céphalique du mannequin a orienté manuellement la présentation céphalique dans un diamètre antéro-postérieur, l'occiput en regard de la symphyse pubienne et placé au-dessus du détroit moyen. Ce détroit est un cylindre coudé limité en antérieur par la paroi antérieure du pubis, latéralement par les ischions et en postérieur par le bord antérieur du sacrum. Cette position a été choisie afin d'analyser les moyens employés par les participants pour faire progresser le fœtus au travers des différents axes de l'excavation pelvienne. Au moment de la pose et du retrait des cuillères, l'expérimentateur situé à la partie céphalique du mannequin a maintenu manuellement le mobile fœtal afin de prévenir tout refoulement de celui-ci dans l'excavation pelvienne. Ce maintien a été supprimé dès la mise en place du forceps et aucune aide n'a été ensuite apportée au participant lors de la phase de traction.

Le positionnement fœtal ainsi que le maintien du fœtus ont été assurés par le même sujet pour toutes les manipulations afin d'assurer des conditions de simulation reproductibles et donc de standardiser l'exercice de simulation : « accouchement instrumental par forceps d'un enfant en variété de présentation occipito pubienne, en partie haute à moyenne (+1/+2 d'après les recommandations anglo-saxonnes) ».

b) Dispositifs d'analyse de la posture et gestuelle de l'obstétricien

Chacune des deux salles d'accouchement (Poitiers et Limoges) a été équipée de dix caméras infrarouges cadencées à 100 Hz (Vicon, Oxford Metrics, UK) disposées autour de la table d'accouchement et dont le rôle est de capturer les trajectoires des marqueurs réfléchissants placés sur le sujet. Ce système est un outil d'analyse du mouvement utilisé par exemple en routine clinique pour l'analyse de la marche de sujets pathologiques (50).

En amont des acquisitions, les participants ont été équipés de 40 marqueurs réfléchissants positionnés sur les sites anatomiques d'intérêts suivant le Conventional Gait model 2, version corps complet, afin de modéliser le corps humain en 14 segments (pieds, jambes, cuisses, tronc, bras, avant-bras, mains et tête) (Figure III-1)(51). Les données anthropométriques de ces différents segments ainsi que la largeur du genou, de la cheville, du coude et du poignet ont été parallèlement relevées manuellement au moyen d'un mètre ruban et d'un pied à coulisse. Ces mesures ainsi que la pose des marqueurs ont été assurées par le même expérimentateur pour tous les participants.

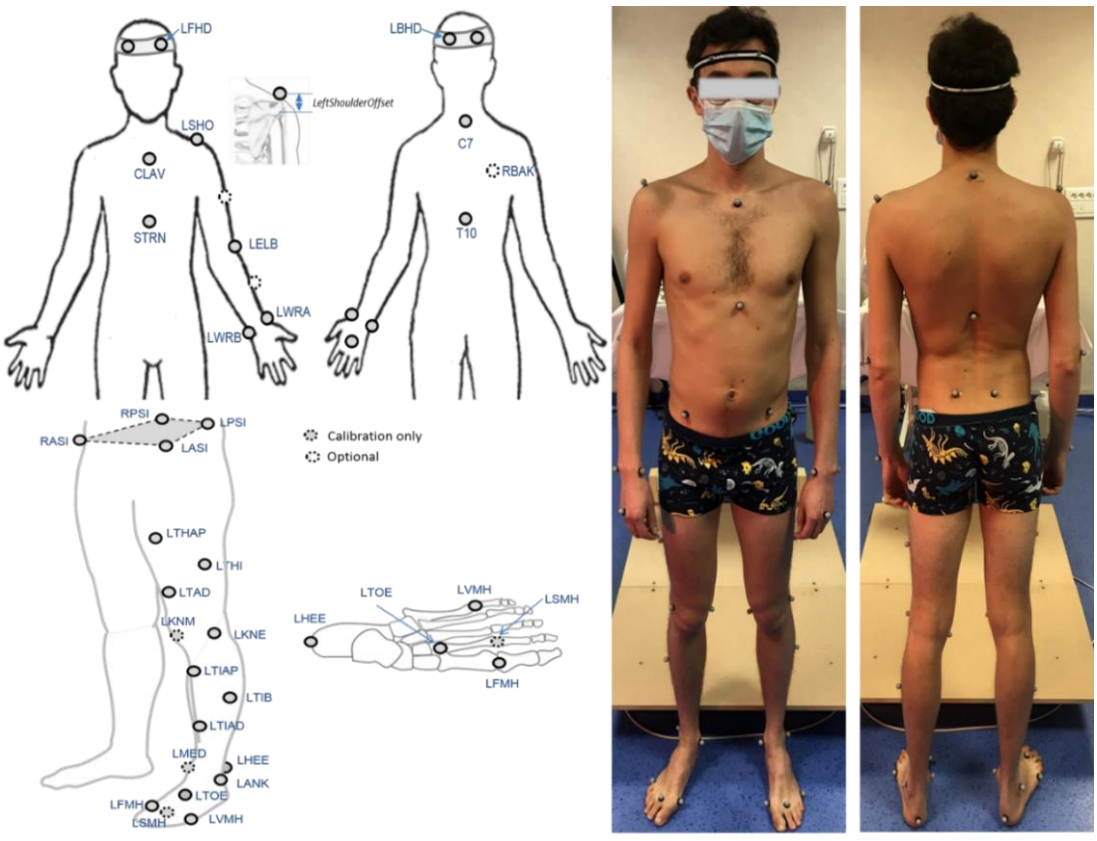

Figure III-1: Disposition des marqueurs suivant le modèle Conventional Gait Model 2.1

Trois marqueurs ont également été placés sur les forceps et six autres sur le socle du mannequin maternel afin de constituer des repères dits techniques. Ces repères techniques permettent de reconstruire la position de points comme l'extrémité des cuillères ou le sacrum lorsque ces points ne peuvent être visibles par les caméras lors de l'intervention. Ceci sera évoqué plus tard.

Nous avons également disposé au pied de la table d'accouchement deux plateformes de force (Force Plate FP4060-05-PT, Sensix, France) l'une devant l'autre dans le sens de leur longueur et nous avons fixé à leur face supérieure deux planches en bois afin d'accroître la surface au sol du participant (Figure III-2). Le rôle de ces plateformes de force est de mesurer la réaction du sol nécessaire au calcul de l'intensité de la force de traction exercée par chaque sujet sur les forceps.

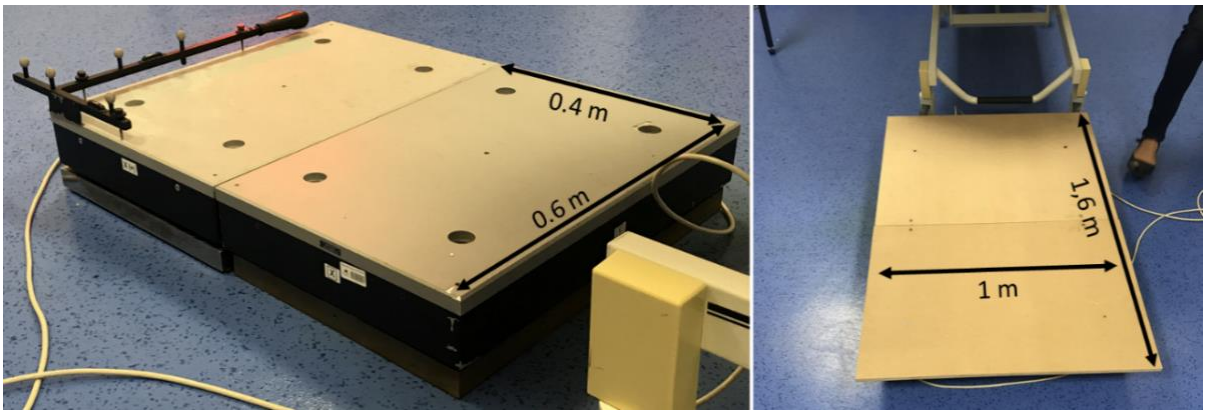

Figure III-2 : Plateformes de force avant et après fixation des planches en bois

Nous illustrons en Figure III-3 une photo d'une participante en cours de manipulation ainsi que des conditions expérimentales apportées par les caméras, les marqueurs, le mannequin et les plateformes de force.

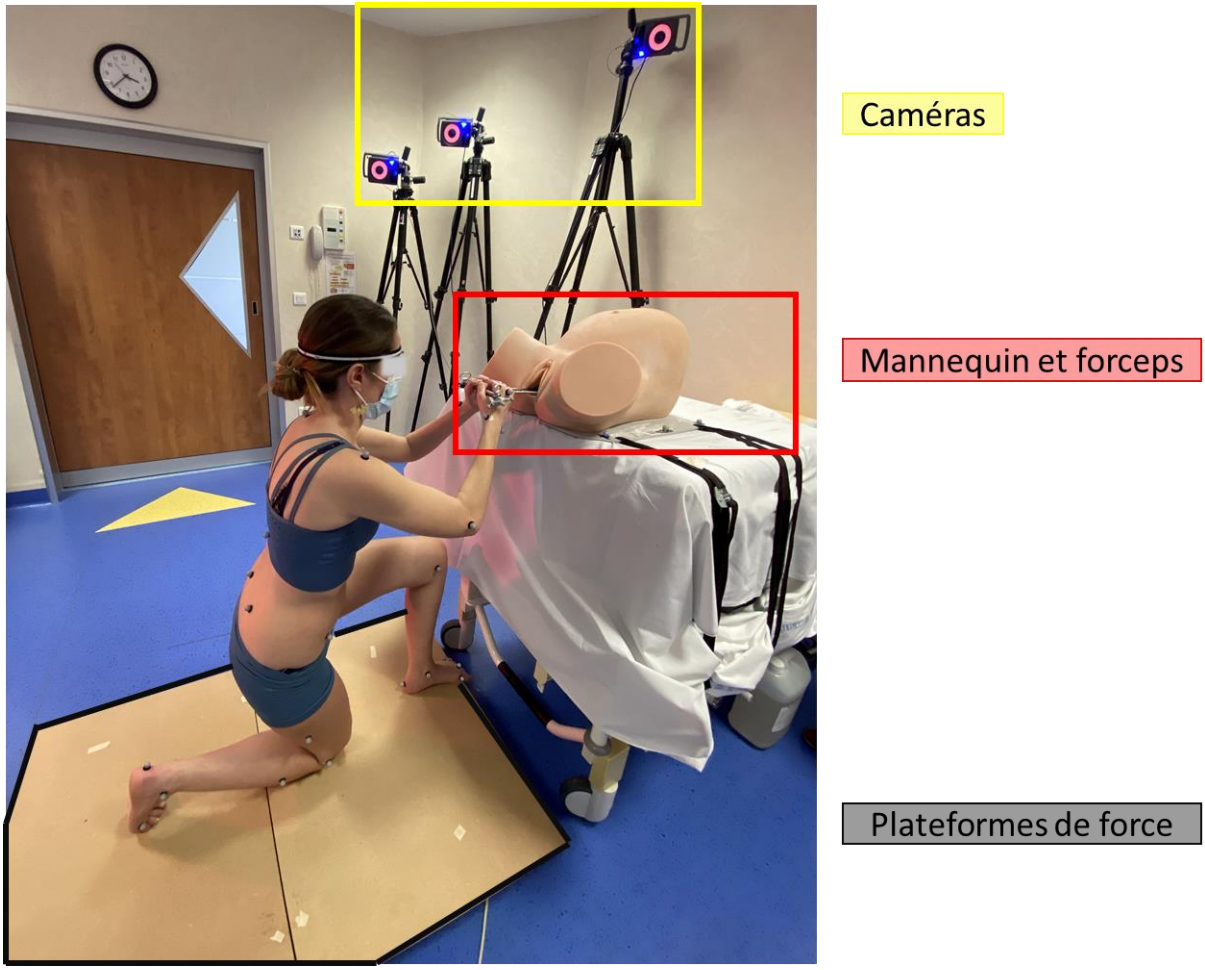

Figure III-3 : Participant effectuant l'accouchement simulé par forceps et conditions expérimentales apportées par les caméras, les marqueurs et les plateformes de force

c) Protocole

(1) Acquisition du mouvement des participants

Après l'équipement, les sujets ont reçu pour consigne de réaliser la totalité de l'accouchement simulé par forceps sur les planches en bois. Ils ont eu la possibilité de régler, en amont des manipulations, la distance entre les plateformes de force et la table d'accouchement mobile ainsi que la hauteur de cette dernière. Dès que le participant a jugé satisfaisante son installation, la procédure a débuté par une acquisition des données en position de référence pendant laquelle le sujet s'est tenu debout, immobile. Cette première étape permet le calibrage du modèle par le système *Vicon* ce qui améliore la labélisation des marqueurs pendant l'action du sujet. Les participants ont ensuite dû réaliser l'accouchement par forceps selon leur protocole habituel : poser les deux cuillères du forceps sur la tête fœtale, réaliser le geste de traction fœtale, retirer l'instrument quand ils le souhaitaient et finaliser l'expulsion.

Chaque sujet a réalisé trois enregistrements consécutifs afin d'anticiper les erreurs de recueil des données du fait de marqueurs cachés mais aussi de prévenir la variabilité intra-individuelle. L'essai analysé est celui que le participant lui-même a jugé le plus fidèle à sa pratique clinique.

Une fois l'expérimentation terminée, nous avons délivré un questionnaire de retour d'expérience à chaque participant dans le but d'évaluer son ressenti quant au degré de réalisme de la simulation. Les critères étudiés pour juger de la fiabilité de la manipulation sont : le réalisme du bassin maternel, de la tête fœtale, du forceps et de la simulation de l'aide à la naissance par forceps. Les sujets ont classé ces différents paramètres en quatre catégories : excellent, satisfaisant, moyen et faible (Annexe A).

(2) Identification des trois phases lors de la traction

En dehors de la présence des sujets, deux autres acquisitions ont été effectuées pour pouvoir identifier les différentes phases lors de la traction.

La première acquisition a été d'instrumenter le mannequin maternel de marqueurs réfléchissants au niveau de l'ombilic (marqueur 1), de l'extrémité distale du sacrum (marqueur 2), des deux épines sciatiques (marqueurs 3) et du bord inférieur de la symphyse pubienne (marqueur 4) (Figure III-4-a). De plus, comme nous l'avons évoqué plus haut, nous avons équipé le support rigide du mannequin maternel de six marqueurs positionnés au niveau des quatre coins et des deux côtés latéraux afin de définir un repère technique (Figure III-4-b-c). Nous avons ensuite placé le mannequin maternel et son support de manière à ce que les capteurs soient correctement visualisés par les caméras infrarouges et nous avons réalisé une acquisition des données d'une durée de 3s.

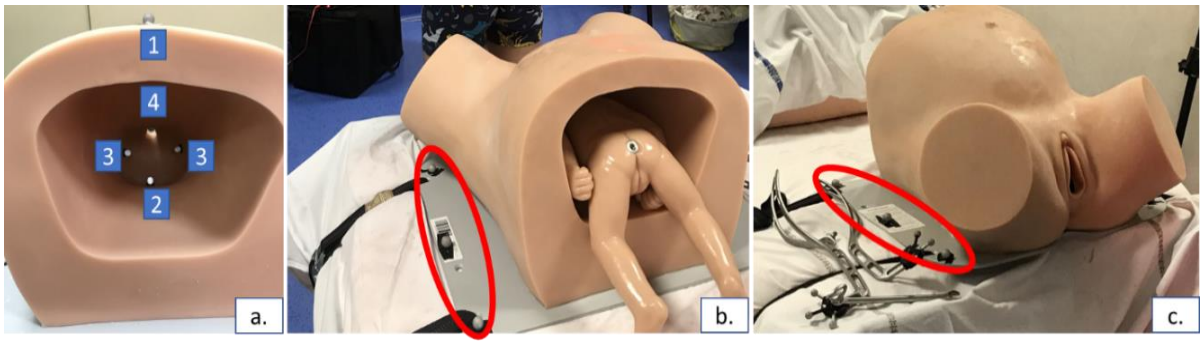

Figure III-4 : Photos de l'installation des marqueurs réfléchissants sur le bassin maternel et son support

La seconde acquisition a été d'équiper le forceps de Suzor à l'aide de cinq marqueurs positionnés au niveau de l'extrémité proximale (marqueur 1), du manche (marqueur 2), de la fenêtre antérieure (marqueur 3), de la fenêtre postérieure (marqueur 4) ainsi qu'à l'extrémité distale de chaque cuillère (marqueur 5) afin de localiser l'extrémité des cuillères lorsqu'elles ne sont pas visibles par les caméras (Figure III-5).

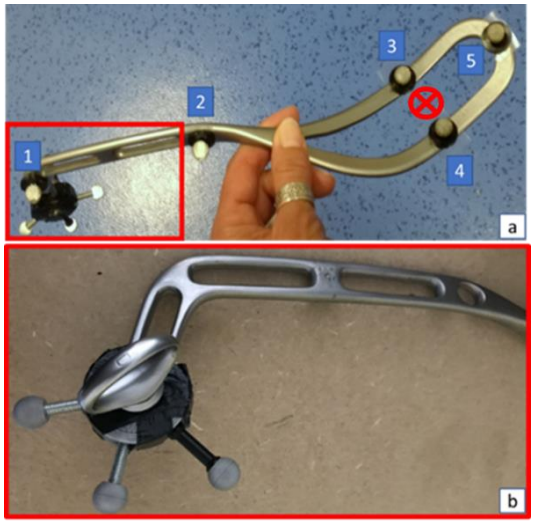

Figure III-5 : Photos du forceps de Suzor instrumenté des cinq marqueurs et du repère technique orthonormé

D. Traitement des données

1. Définition de la phase de traction

Pour qualifier les postures et les gestuelles, la phase de traction a tout d'abord été définie. Pour cela, la vitesse d'un point virtuel localisé au milieu des cuillères a été utilisée pour identifier le début et la fin de la traction. La phase de traction a ensuite été découpée en trois phases définies par le franchissement du milieu des cuillères au travers de deux plans anatomiques. Ces derniers correspondent aux changements de direction au sein de l'excavation pelvienne.

Les repères techniques ainsi que les acquisitions supplémentaires évoquées ci-avant ont été nécessaires afin de définir ces trois phases. Les positions des marqueurs positionnés sur les épines sciatiques et l'extrémité distale du sacrum sont tout d'abord identifiées dans le repère technique associé au bassin maternel lors de l'acquisition. La rigidité du mannequin permet d'assurer l'invariabilité de ces positions dans le repère technique. De ce fait, lors de l'intervention par forceps, elles peuvent être retrouvées et recalculées dans le repère global du système d'analyse du mouvement.

Le premier plan est défini comme celui passant par le repère des épines sciatiques et de l'extrémité distale du sacrum. Le second plan est défini par la projection orthogonale du marqueur du bord inférieur de la symphyse pubienne avec le plan du support.

Une fois ces plans reconstruits, nous avons localisé l'évolution de la présentation céphalique au cours de la traction. Le fœtus n'étant pas visible par les caméras une fois placé dans le bassin maternel, la visualisation directe de la trajectoire de la tête fœtale dans le bassin maternel est impossible. Qui plus est, le fœtus n'est pas rigide, il n'est donc pas possible de définir un repère technique associé au fœtus. De ce fait, l'hypothèse est posée que la tête fœtale se situe au milieu des deux cuillères. D'une part, le forceps est bien rigide et, d'autre part, l'extrémité des cuillères du forceps évolue en dehors de la filière génitale tout au long de l'accouchement instrumenté et reste donc visible par les caméras. La mesure de notre outil rigide préalable aux simulations associée à notre forceps de Suzor équipé du repère technique permet donc de localiser le point le plus déclive de la présentation céphalique, son évolution en temps réel ainsi que l'orientation de la traction au cours de l'accouchement par forceps simulé. Concrètement, pour chaque branche du forceps, ce point est défini comme le milieu des marqueurs 3 et 4 de la Figure III-5-a. Puis, au cours de l'intervention, c'est le centre des points obtenus pour chacun des forceps qui est utilisé.

Enfin, nous avons utilisé le logiciel de programmation MATLAB (Mathworks) afin de définir les étapes de la traction mais aussi de qualifier la direction du forceps au cours du temps.
D'abord, nous avons calculé les instants T1 et T2 où la présentation céphalique franchit respectivement le premier puis le second plan. Ces deux événements permettent de décomposer la gestuelle du praticien en 3 phases : du début de la traction jusqu'au passage du premier plan, du premier plan jusqu'au passage du second plan et du second plan jusqu'à l'arrêt de la traction (Figure III-6).

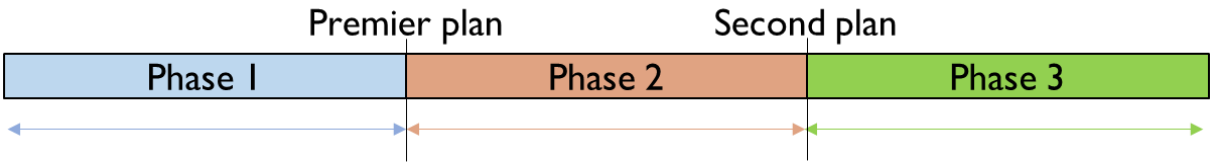

Figure III-6 : Définition des trois phases de la traction fœtale par forceps

Puis, nous avons mesuré l'angle moyen formé par l'intersection de la direction de la trajectoire des cuillères, acquis par le repère technique orthonormé, avec le plan du support du mannequin maternel au moment de la phase 1 (Figure III-7-a), de la phase 2 (Figure III-7-b) et de la phase 3 (Figure III-7-c).

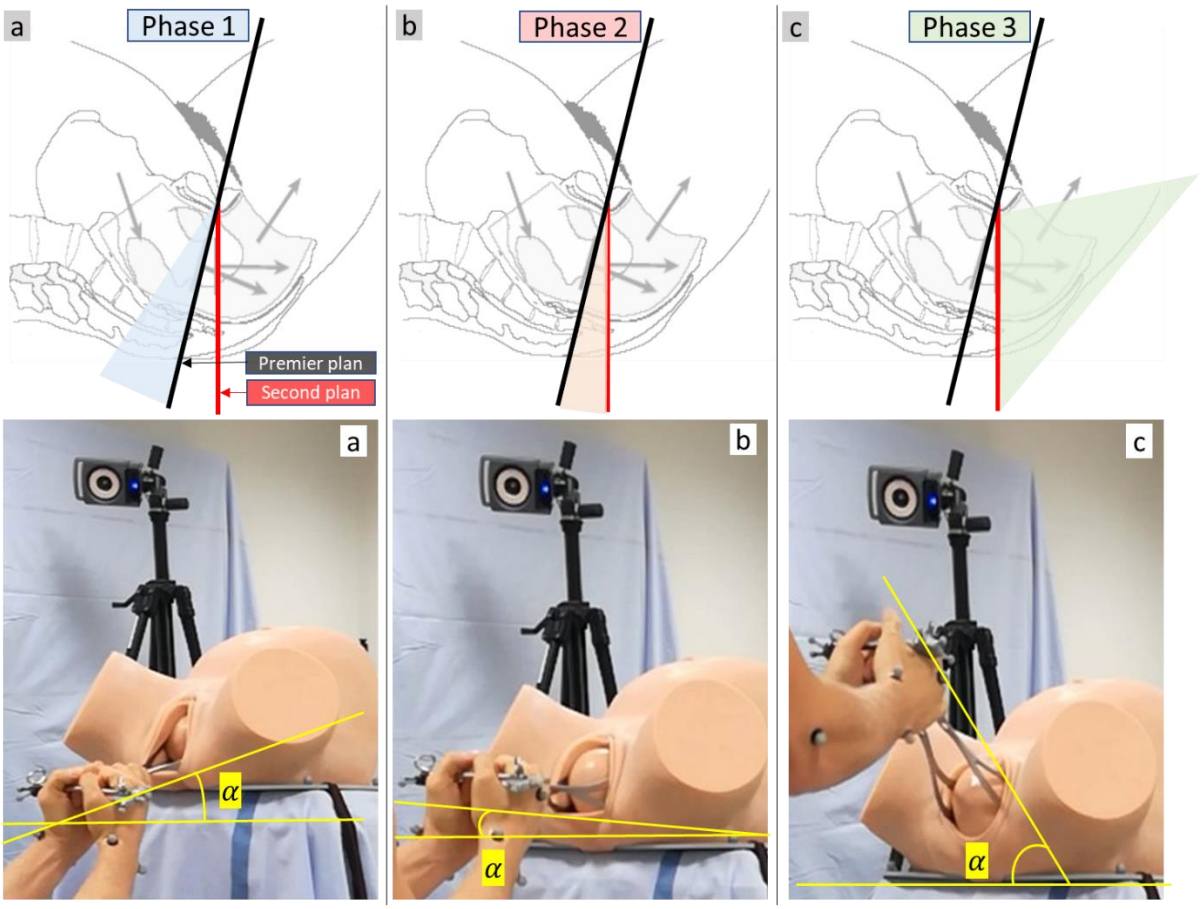

Figure III-7 : Angle créé entre l'orientation des cuillères et le plan du support lors des première (a), seconde (b) et troisième (c) phases de traction définies

2. Qualification de la posture et de la gestuelle de l'obstétricien

Dans un premier temps, nous avons utilisé le logiciel Vicon (Vicon, Oxford Metrics, UK) afin de reconstruire et labéliser les différents marqueurs situés sur le participant.

Suivant le Conventional Gait Model (51), l'identification des marqueurs propres à chaque point anatomique permet dans un premier temps d'identifier les centres des articulations et leurs axes de rotation. Dès lors, les repères segmentaires basés sur les axes médio-latéral, antéro-postérieur et longitudinal des segments sont construits. A partir des repères segmentaires, nous sommes finalement capables de calculer les mouvements de rotation de segments adjacents grâce aux angles d'Euler : flexion-extension, abduction-adduction, rotation.

Pour qualifier la posture au moment du franchissement du premier plan, nous avons calculé :

- La distance séparant la table d'accouchement de la tête du participant
- Celle séparant le sol de la tête du participant
- Les angles aux articulations du thorax, des hanches, des genoux, des chevilles, des épaules, des coudes et des deux poignets.

Pour qualifier la gestuelle, nous avons mesuré l'amplitude de ces angles lors de la phase 1, de la phase 2 et de la phase 3.

A l'effet de diminuer le nombre de variables à analyser, nous avons considéré que les membres supérieurs agissent en symétrie et moyenné ainsi les données obtenues pour les membres supérieurs droit et gauche. Par ailleurs, nous avons dénommé, en fonction de leurs positions dans le plan sagittal, les membres inférieurs « avant » et « arrière ». Cette opération a pour effet de ne pas différencier des gestuelles proches où le pied d'appui serait différent, à l'image de la posture au franchissement adoptée par les sujets 15 et 17 de Limoges (Figure III-8).

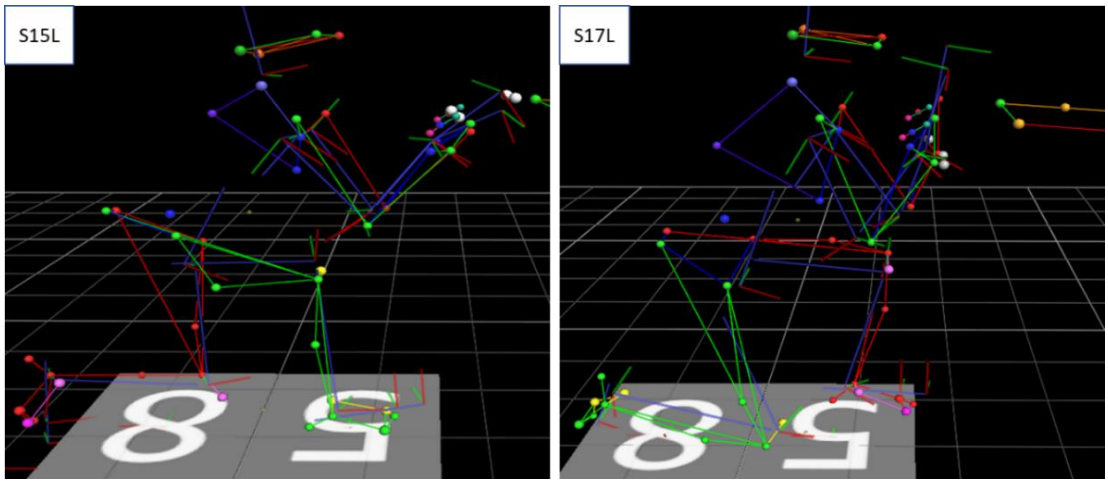

Figure III-8 : Posture adoptée lors du passage du premier plan des sujets limougeauds 15 et 17

Pour qualifier la direction de la traction au cours du mouvement, nous avons mesuré la moyenne, l'écart-type ainsi que l'amplitude des angles formés par l'intersection de la direction de la trajectoire des cuillères avec le plan du support du mannequin maternel au moment de la phase 1, de la phase 2 et de la phase 3. La direction du forceps est définie par le segment reliant les extrémités proximales des forceps et le milieu des cuillères

Pour déterminer si la traction s'effectue de façon continue ou par à-coups, une autre variable a été calculée.

Dans un premier temps, l'évolution horizontale de la progression du milieu des forceps (courbe bleue sur la Figure III-9) est représentée par un polynôme (courbe en pointillé sur la Figure III-9). Puis l'écart quadratique moyen entre ce polynôme et la progression réelle est calculé (Figure III-9).

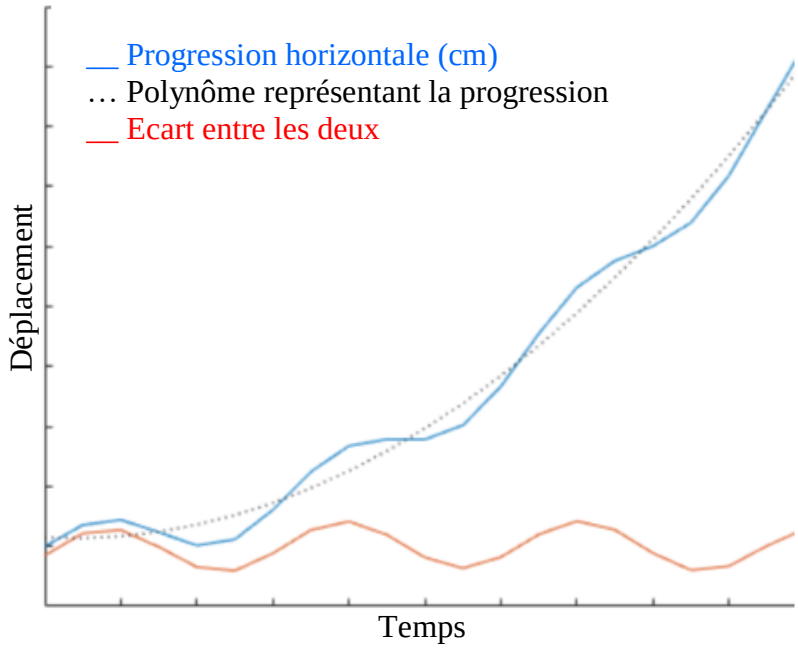

Figure III-9 : Déplacement du forceps au cours du temps

E. Statistiques

Toutes les variables sont décrites en termes de moyenne et d'écart-type pour les variables continues et en termes de nombre et de pourcentage pour les variables catégorielles.

Premièrement, les variables quantitatives qualifiant la posture et la gestuelle des individus ont été traitées au moyen d'une analyse en composantes principales afin de résumer l'information obtenue en quelques dimensions principales.
Cette analyse a été réalisée à l'aide du logiciel RStudio (*RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL*), le code utilisé sur le logiciel R studio est joint en annexe B. Nous avons appliqué, sur les résultats de l'analyse en composantes principales, une classification ascendante hiérarchique consolidée par la méthode des K-moyennes (K-means) afin d'objectiver l'existence de groupes de comportements similaires. Cette consolidation part de la partition obtenue par l'arbre hiérarchique et réaffecte les individus à la classe la plus proche.
Puisque cette méthode fait appel à des processus aléatoires, nous avons appliqué une fonction (set.seed) à notre code afin de relancer plusieurs fois notre procédure en partant d'une même configuration. Nous avons aussi fixé arbitrairement le nombre d'itérations à 500, c'est-à-dire que pour construire les groupes, le logiciel va réappliquer 500 fois l'algorithme de clustering. Nous avons fait le choix de couper l'arbre hiérarchique à un niveau permettant d'expliquer suffisamment de variance tout en conservant un sens clinique à nos interprétations. Enfin, la valeur test obtenue suit une loi normale centrée réduite et permet de répondre à l'interrogation : la moyenne de la variable dans la classe est-elle différente de la moyenne chez tous les individus ? Ainsi, plus la valeur absolue de la valeur test est élevée et plus la variable associée caractérise le cluster.

Deuxièmement, les variables catégorielles ont été traitées au moyen d'un test exact de Fisher afin de mesurer le lien entre la posture de départ et le mouvement ainsi que l'influence du degré d'expérience et du lieu d'exercice sur les groupes de comportements retrouvés. Cette analyse a été réalisée à l'aide du site *biostatgv.sentiweb.fr*
Nous rappelons que notre population globale est composée à 40% de débutants, 39% d'intermédiaires et 21% d'experts ainsi qu'à 65% de sujets pictaviens et à 35% de sujets limougeauds. Dans le but de comparer nos données, nous avons utilisé des pourcentages par sous-groupe.

IV. Résultats

A. Analyse des postures et gestuelles

1. Posture au passage du premier plan défini

La classification ascendante hiérarchique permet d'identifier quatre groupes d'individus partageant des caractéristiques posturales lors du franchissement du premier plan (Figure IV-1). Les clusters 1, 2, 3 et 4 sont respectivement composés de 8 (14%), 12 (21%), 24 (42%) et 13 (23%) sujets. Cette répartition permet d'expliquer 50% des différences dont 23.4% sont expliquées par la première composante principale (annexe C Figure VIII-1). Cette première composante est en partie caractérisée par la distance séparant la tête de l'opérateur de la table d'accouchement et le degré de flexion des deux genoux.

Un tableau présentant les seuils de significativité des variables dominantes est joint en annexe D (Tableau VIII-1). Toutes les variables propres aux différents clusters sont interprétées par rapport à la moyenne de l'ensemble des participants. Ainsi, la coloration bleue des variables dans le Tableau IV-1 présenté ci-dessous, signifie que la mesure est significativement plus faible que la moyenne des sujets. Au contraire, lorsque les variables sont coloriées en rouge, la mesure est plus forte que la moyenne des participants.

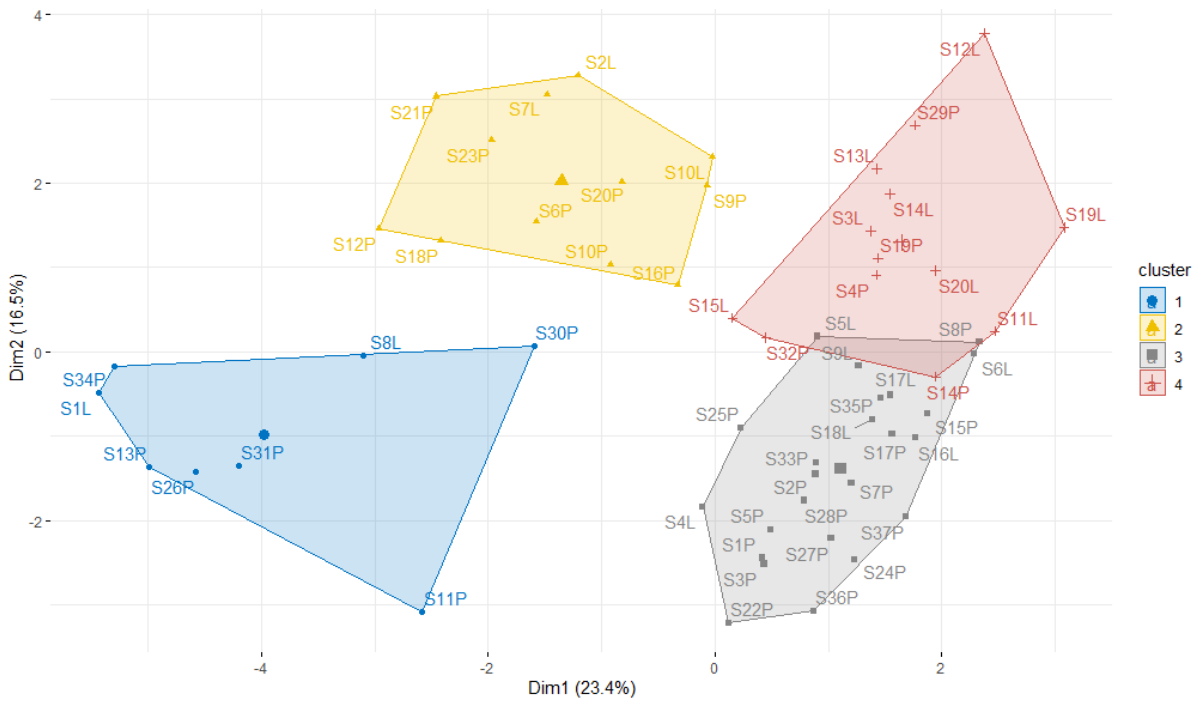

Figure IV-1 : Classification hiérarchique des postures adoptées lors du franchissement du premier plan

Pour chaque groupe, nous illustrons le sujet le plus éloigné des trois autres clusters. Ainsi, plus une posture est éloignée des autres classes et plus elle est caractéristique de son cluster (Figure IV-2).

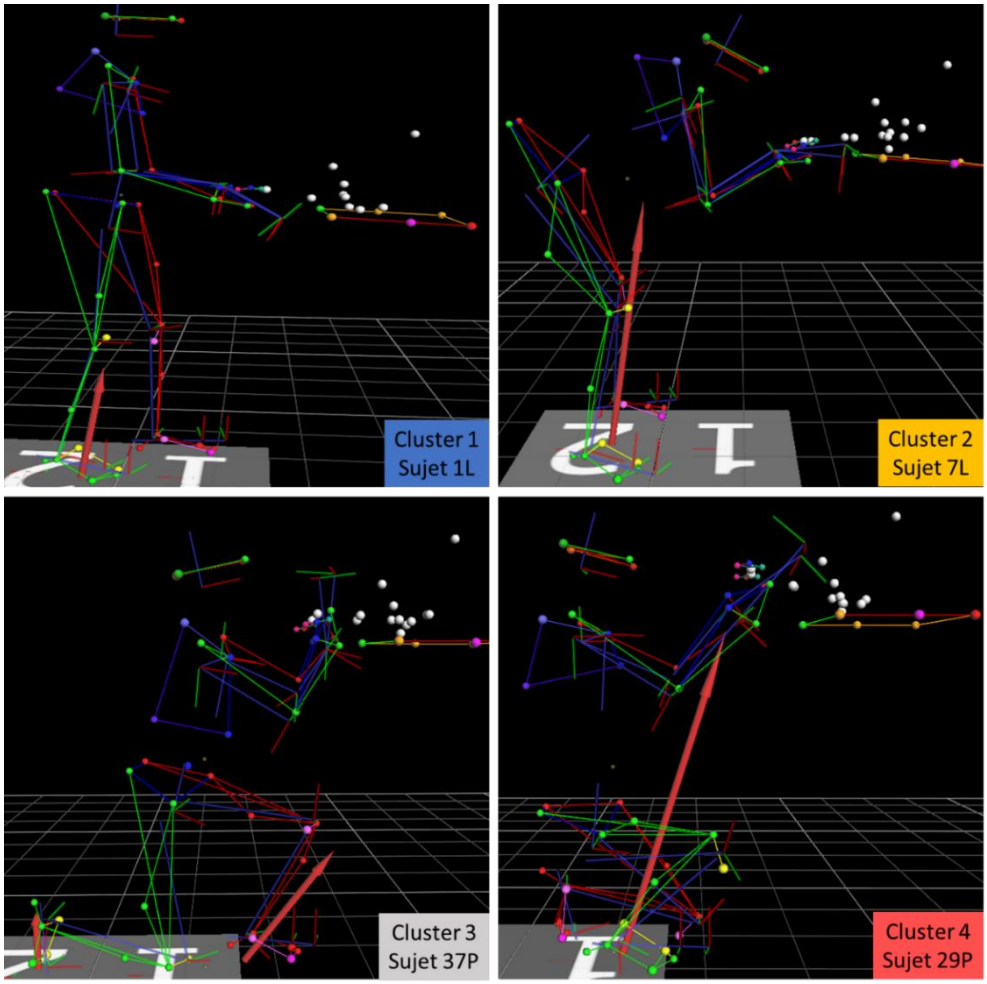

Figure IV-2 : Représentation du sujet le plus caractéristique de chaque cluster lors du franchissement du premier plan

Le premier cluster est composé de six sujets pictaviens et de deux sujets limougeauds (Figure IV-1). Globalement, la posture est relativement relevée ; dans le reste du document, cette posture sera évoquée par l'appellation Posture 1 « debout buste non-fléchi ». Ainsi, au niveau des membres inférieurs, ce groupe se caractérise par une flexion plus faible des deux genoux ($\overline{\alpha}_{\text{genou avant}}$= 35° ±20 et $\overline{\alpha}_{\text{genou arrière}}$= 42° ±20) comparée à la moyenne des groupes (Tableau IV-1). Au niveau du membre supérieur, les sujets de ce cluster fléchissent plus faiblement les épaules (50° ±14) et les coudes (58° ±27) et ont une abduction neutre des poignets (-1° ±20) non présente chez les autres sujets. Enfin, la distance séparant la tête des sujets de la table d'accouchement est deux fois plus grande que celle des quatre groupes (0.722m ±0.142).

Le second cluster est composé de neuf sujets pictaviens et trois sujets limougeauds (Figure IV-1). Globalement, ces sujets ont tendance à être debout, le buste très fléchi en avant permettant à leur tête d'être à hauteur du bassin maternel. Dans le reste du document, cette posture sera évoquée par l'appellation Posture 2 « debout buste fléchi ». Les membres supérieurs sont dans l'ensemble modérément fléchis (Tableau IV-1). Au niveau des membres inférieurs, ce groupe se caractérise donc par une flexion significativement plus faible des deux genoux ($\bar{\alpha}_{genou\ avant}$= 54° ±25 et $\bar{\alpha}_{genou\ arrière}$= 69° ±33) ainsi qu'une flexion plus élevée de la hanche arrière (66° ±16) et de la cheville arrière (32° ±11) comparées à la moyenne des sujets. Au niveau du membre supérieur, il n'y a pas de différence dans les angles étudiés comparés à la moyenne des sujets mais ils fléchissent plus fortement leur thorax (51° ±14) comparés aux autres sujets.

Le troisième cluster est composé de dix-sept sujets pictaviens et de sept sujets limougeauds (Figure IV-1). Globalement, ces sujets ont tendance à être dans une position dite en « chevalier servant » : les pieds décalés dans le plan sagittal, la hanche avant et les genoux fortement fléchis alors que la hanche arrière et le buste sont peu fléchis (Tableau IV-1). Dans le reste du document, cette posture sera donc évoquée par l'appellation Posture 3 « chevalier servant ». Au niveau des membres inférieurs, ce groupe se caractérise donc par une flexion significativement plus élevée des deux genoux ($\bar{\alpha}_{genou\ avant}$= 104° ±12 et $\bar{\alpha}_{genou\ arrière}$= 116° ±11) et de la cheville avant (18° ±10) alors que celle de la hanche arrière (30° ±14) est plus faible comparée à la moyenne des sujets. Au niveau du membre supérieur, ces sujets fléchissent plus fortement les coudes (96±11) et produisent une flexion (34° ±12) ainsi qu'une rotation externe des poignets (-58° ±12) plus fortes que la moyenne des participants. Au niveau du buste, les sujets de ce cluster fléchissent plus faiblement le thorax (25° ±11) que les autres sujets.

Le quatrième cluster est composé de cinq sujets pictaviens et de huit sujets limougeauds (Figure IV-1). Globalement, ces sujets ont tendance à être dans une position dite « accroupi » : les hanches et les genoux très fléchis. Dans le reste du document, cette posture sera donc évoquée par l'appellation Posture 4 « accroupi ». Les épaules et les coudes sont aussi très fléchis (Tableau IV-1). Au niveau des membres inférieurs, ce groupe se caractérise ainsi par une flexion significativement plus élevée des deux hanches ($\bar{\alpha}_{hanche\ avant}$= 109° ±7 et $\bar{\alpha}_{hanche\ arrière}$= 57° ±20) et des deux genoux ($\bar{\alpha}_{genou\ avant}$= 113° ±24 et $\bar{\alpha}_{genou\ arrière}$= 143° ±17) comparée à la moyenne des sujets.

Au niveau du membre supérieur, ils produisent une forte flexion des épaules (74° ±6) et présentent une distance séparant leur tête de la table d'accouchement plus faible comparée aux trois autres clusters.

Variables	Cluster 1 (°) N= 8(14%)	Cluster 2 (°) N= 12(21%)	Cluster 3 (°) N= 24(42%)	Cluster 4 (°) N= 13(23%)	v-test C1	v-test C2	v-test C3	v-test C4
Flexion hanche avant	50(19)	87(17)	96(14)	109(7)				3,33
Flexion hanche arrière	24(13)	66(16)	30(14)	57(20)		3,92	-3,62	2,56
Flexion genou avant	35(20)	54(25)	104(12)	113(24)	-4,37	-3,19	3,35	3,08
Flexion genou arrière	42(20)	69(33)	116(11)	143(17)	-4,61	-3,50	2,33	4,18
Flexion cheville avant	-1(9)	-5(10)	18(10)	11(17)		-3,62	3,85	
Flexion cheville arrière	24(9)	32(11)	10(21)	20(13)		2,75	-3,20	
Abduction hanche avant	-3(5)	-6(5)	3(7)	-9(11)	-5,42		3,88	
Abduction hanche arrière	-4(9)	-2(9)	-13(7)	-14(9)	-2,56	3,12	-2,13	
Rotation hanche avant	4(11)	2(8)	-8(11)	0(21)			-2,44	-3,12
Rotation hanche arrière	-8(13)	-6(11)	2(9)	-3(14)			2,16	
Flexion épaules	50(14)	67(11)	63(10)	74(6)	-3,49			3,11
Flexion coudes	58(27)	87(20)	96(11)	76(23)	-3,61		3,31	
Flexion poignets	25(27)	19(21)	34(12)	16(19)			2,86	-2,02
Abduction épaules	7(11)	19(54)	-3(24)	23(47)			-2,00	
Abduction poignets	-1(21)	23(16)	22(23)	14(24)	-2,50			
Rotation poignets	-14(26)	-21(40)	-58(12)	-17(52)			-3,96	
Distance tête.sol	1,433 (0,11)	1,25 (0,081)	1,217 (0,1)	1,154 (0,07)	4,77			-2,85
Distance tête.table	0,722 (0,142)	0,37 (0,123)	0,474 (0,211)	0,303 (0,091)	4,04			-2,88
Flexion thorax	26(10)	51(14)	25(11)	26(10)		5,11	-2,47	

Tableau IV-1 : Variables justifiant la création des clusters lors du franchissement du premier plan.

Variables significativement plus faibles que la moyenne des sujets.

Variables significativement plus fortes que la moyenne des sujets.

2. Gestuelle de la phase 1

La classification ascendante hiérarchique permet de rassembler trois groupes d'individus présentant des gestuelles proches lors du la première phase de traction fœtale (Figure IV-3). Les clusters 1, 2 et 3 sont respectivement composés de 31 (54%), 18 (32%) et 8 (14%) sujets. Cette répartition permet d'expliquer 71,8% des différences dont 59,3% sont expliquées par la première composante principale (annexe C Figure VIII-2). Cette première composante est en partie caractérisée par l'amplitude de flexion au niveau de l'ensemble des articulations étudiées. Un tableau présentant les seuils de significativité des variables dominantes est joint en annexe D (Tableau VIII-2).

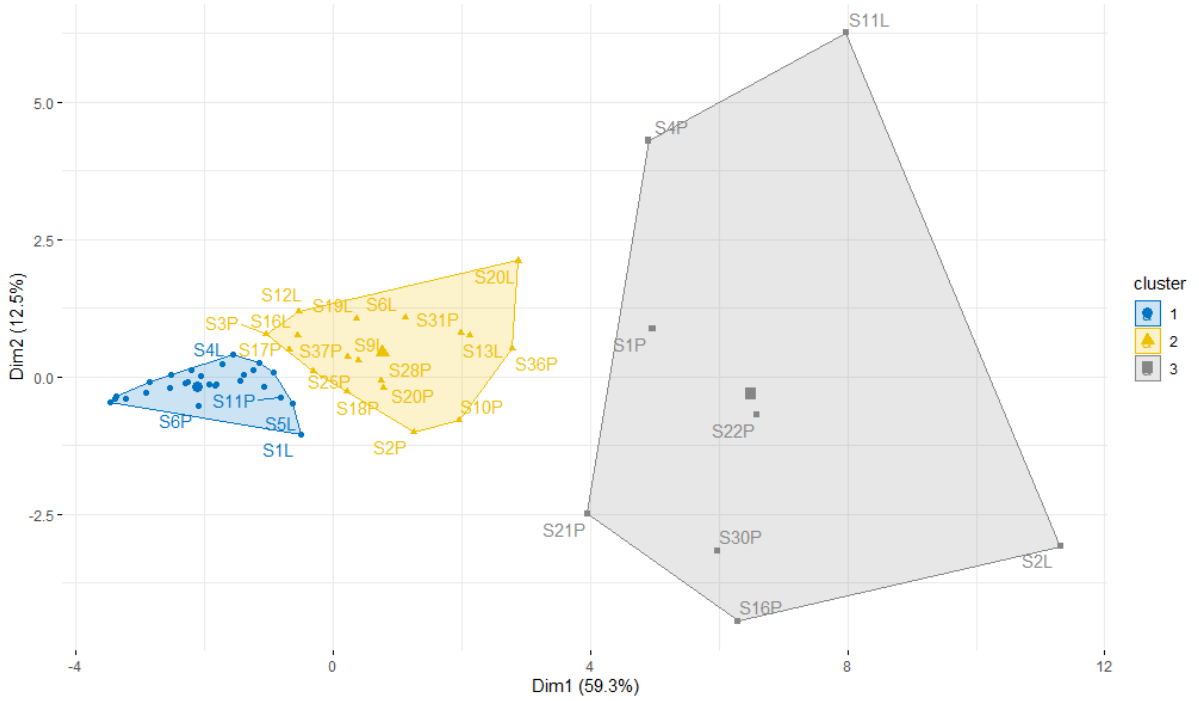

Figure IV-3 : Classification hiérarchique des gestuelles lors de la première phase de traction

Le premier cluster est composé de vingt sujets pictaviens ainsi que de onze sujets limougeauds (Figure IV-3). Ce groupe est caractérisé par une amplitude de flexion, d'abduction et de rotation de l'ensemble des articulations étudiées significativement plus faible que la moyenne des sujets. Par exemple, au niveau des membres inférieurs, l'amplitude moyenne de flexion des genoux est de 3° ±4 pour celui situé en avant dans le plan sagittal et 4° ±5 pour celui situé en arrière. Au niveau des membres supérieurs, l'amplitude de flexion des épaules est de 2° ±2 (Tableau IV-2).

Le second cluster est constitué de onze sujets pictaviens ainsi que de sept sujets limougeauds (Figure IV-3). Ce groupe est caractérisé par une gestuelle plus ample au niveau des coudes et des poignets comparée à la moyenne des sujets. Ainsi, l'amplitude de flexion des coudes est en moyenne de 7° ±6 alors que la flexion, l'abduction et la rotation des poignets sont respectivement de 12°±6, 7°±2 et 12°±5 (Tableau IV-2).

Le troisième cluster est formé par six sujets pictaviens et deux sujets limougeauds (Figure IV-3). Ce groupe est caractérisé par des amplitudes de mouvement sur l'ensemble des articulations étudiées au niveau des membres inférieurs et supérieurs significativement plus élevées que la moyenne des sujets (Tableau IV-2).

Par exemple, nous notons des amplitudes de flexion plus élevées au niveau des hanches ($\bar{\alpha}_{hanche\ avant}$= 27° ±14 et $\bar{\alpha}_{hanche\ arrière}$= 26° ±13), des genoux ($\bar{\alpha}_{genou\ avant}$= 35° ±21 et $\bar{\alpha}_{genou\ arrière}$= 45° ±25), des chevilles ($\bar{\alpha}_{cheville\ avant}$= 12° ±8 et $\bar{\alpha}_{cheville\ arrière}$= 16° ±11), des épaules ($\bar{\alpha}_{épaules}$= 15° ±9), des coudes ($\bar{\alpha}_{coudes}$= 11° ±5), des poignets ($\bar{\alpha}_{poignets}$= 15° ±6) et du thorax ($\bar{\alpha}_{thorax}$= 15° ±9).

Amplitude des variables	Cluster 1 (°) N= 31(54%)	Cluster 2 (°) N= 18(32%)	Cluster 3 (°) N= 8(14%)	v-test C1	v-test C2	v-test C3
Flexion hanche avant	2(2)	8(5)	27(14)	-4,22		5,80
Flexion hanche arrière	3(3)	9(4)	26(13)	-4,58		5,53
Flexion genou avant	3(4)	7(7)	35(21)	-3,47		5,76
Flexion genou arrière	4(5)	12(10)	45(25)	-3,91		5,64
Flexion cheville avant	2(2)	6(3)	12(8)	-4,41		4,52
Flexion cheville arrière	2(3)	3(2)	16(11)	-3,08		5,54
Abduction hanche avant	1(1)	3(3)	10(9)	-3,57		4,81
Abduction hanche arrière	1(1)	3(3)	12(8)	-3,75		5,24
Rotation hanche avant	1(1)	4(2)	11(9)	-3,68		4,97
Rotation hanche arrière	1(1)	4(2)	13(9)	-4,04		5,31
Flexion épaules	2(2)	8(4)	15(9)	-4,82		4,63
Flexion coudes	2(2)	7(6)	11(5)	-4,45	2,10	3,57
Flexion poignets	3(3)	12(6)	15(6)	-5,29	3,16	3,35
Abduction épaules	7(11)	21(19)	47(43)	-3,37		3,77
Abduction poignets	2(2)	7(2)	7(3)	-5,57	4,02	2,62
Rotation poignets	3(2)	12(5)	17(8)	-5,38	2,78	3,99
Flexion thorax	2(2)	6(3)	15(9)	-4,29		5,24

Tableau IV-2 : Amplitude du geste lors de la première phase.

Variables significativement plus faibles que la moyenne des sujets.

Variables significativement plus fortes que la moyenne des sujets.

3. Gestuelle de la phase 2

La classification ascendante hiérarchique permet de rassembler trois groupes d'individus présentant des gestuelles proches lors de la seconde phase de traction (Figure IV-4). Les clusters 1, 2 et 3 sont respectivement composés de 40 (70%), 11 (19%) et 6 (11%) sujets. Cette répartition permet d'expliquer 70% des différences dont 56,1% sont expliquées par la première composante principale (annexe C Figure VIII-3). Cette première composante est en partie caractérisée par l'amplitude de flexion au niveau de l'ensemble des articulations étudiées.

Un tableau présentant les seuils de significativité des variables dominantes est joint en annexe D (Tableau VIII-3).

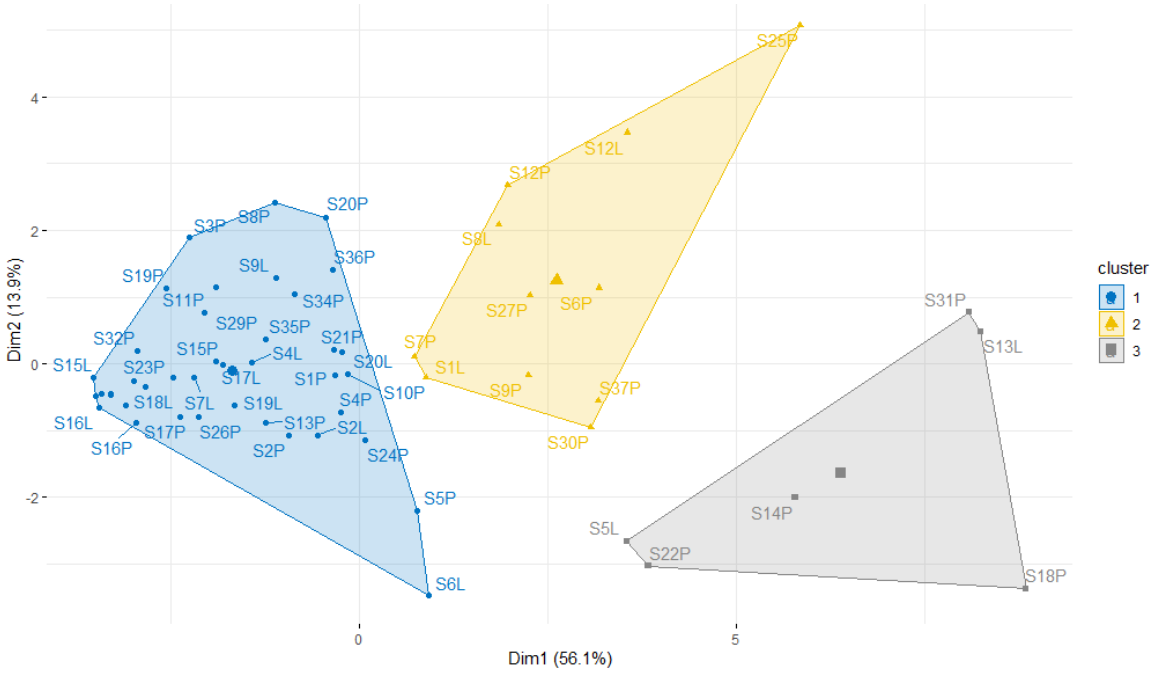

Figure IV-4 : Classification hiérarchique des gestuelles lors de la deuxième phase de traction

Le premier cluster est composé de vingt-cinq sujets pictaviens et de quinze sujets limougeauds (Figure IV-4). En schématisant, ce groupe a des amplitudes de mouvement assez faibles à chaque articulation. Ce groupe est donc caractérisé par une amplitude de flexion, d'abduction et de rotation de l'ensemble des articulations étudiées significativement inférieure à la moyenne des sujets. Par exemple, nous constatons des amplitudes de flexion plus faibles au niveau des hanches ($\bar{\alpha}_{hanche\ avant}$= 7° ±6 et $\bar{\alpha}_{hanche\ arrière}$= 9° ±10), des genoux ($\bar{\alpha}_{genou\ avant}$= 8° ±9 et $\bar{\alpha}_{genou\ arrière}$= 15° ±22), des chevilles ($\bar{\alpha}_{cheville\ avant}$= 6° ±4 et $\bar{\alpha}_{cheville\ arrière}$= 4° ±5), des épaules ($\bar{\alpha}_{épaules}$= 8° ±4), des coudes ($\bar{\alpha}_{coudes}$= 8° ±5), des poignets ($\bar{\alpha}_{poignets}$= 15° ±13) et du thorax ($\bar{\alpha}_{thorax}$= 6° ±4) (Tableau IV-3).

Le second cluster est composé de huit sujets pictaviens et de trois sujets limougeauds (Figure IV-4). Ici, le groupe présente des amplitudes de mouvements plus importantes que ceux du cluster 1. Ainsi, au niveau des membres inférieurs, ce groupe se caractérise par une amplitude de flexion de la hanche avant ($\bar{\alpha}_{hanche\ avant}$= 21° ±5) et de rotation des hanches plus forte que la moyenne de sujets ($\bar{\alpha}_{hanche\ avant}$= 10° ±3 et $\bar{\alpha}_{hanche\ arrière}$= 11° ±4). Au niveau des membres supérieurs, on observe des amplitudes plus fortes au niveau de la flexion des épaules ($\bar{\alpha}_{flexion}$= 20°±5), de la flexion des coudes (18°±6) ainsi que de la flexion, de l'abduction et de la rotation des poignets ($\bar{\alpha}_{flexion}$= 46°±21, $\bar{\alpha}_{abduction}$= 17°±10 et $\bar{\alpha}_{rotation}$= 42°±22) comparées aux autres participants (Tableau IV-3).

Le troisième cluster est composé de quatre sujets pictaviens et de deux sujets limougeauds (Figure IV-4). Pour ce groupe, les amplitudes de mouvement sont les plus élevées. D'un point de vue statistique, au niveau des membres inférieurs, ce groupe est ainsi caractérisé par une amplitude de flexion, d'abduction et de rotation de l'ensemble des articulations étudiées significativement supérieure à la moyenne des sujets. Ainsi, nous notons des amplitudes de flexion plus élevées au niveau des hanches ($\bar{\alpha}_{hanche\ avant}$= 36° ±7 et $\bar{\alpha}_{hanche\ arrière}$= 29° ±14), des genoux ($\bar{\alpha}_{genou\ avant}$= 69° ±20 et $\bar{\alpha}_{genou\ arrière}$= 64° ±12) et des chevilles ($\bar{\alpha}_{cheville\ avant}$= 29° ±10 et $\bar{\alpha}_{cheville\ arrière}$= 18° ±13) comparées à la moyenne des participants. Au niveau des membres supérieurs, on observe aussi des amplitudes plus élevées que la moyenne des sujets au niveau de la flexion et de l'abduction des épaules ($\bar{\alpha}_{flexion}$= 23°±4, $\bar{\alpha}_{abduction}$= 68°±78), de la flexion des coudes (21° ±11) et de la flexion du thorax (24° ±11) (Tableau IV-3).

Amplitude des variables	**Cluster 1 (°) N= 40(70%)**	**Cluster 2 (°) N= 11(19%)**	**Cluster 3 (°) N= 6(11%)**	**v-test C1**	**v-test C2**	**v-test C3**
Flexion hanche avant	7(6)	21(5)	36(7)	-5,99	2,81	5,32
Flexion hanche arrière	9(10)	18(5)	29(14)	-3,81		3,59
Flexion genou avant	8(9)	25(15)	69(20)	-5,07		5,96
Flexion genou arrière	15(22)	29(13)	64(12)	-3,79		4,37
Flexion cheville avant	6(4)	12(6)	29(10)	-4,65		5,67
Flexion cheville arrière	4(5)	9(7)	18(13)	-3,58		3,69
Abduction hanche avant	3(2)	6(2)	13(8)	-4,32		5,02
Abduction hanche arrière	3(3)	8(4)	15(5)	-4,86		5,09
Rotation hanche avant	4(3)	10(3)	14(4)	-5,11	3,26	4,40
Rotation hanche arrière	4(2)	11(4)	16(10)	-5,76	2,57	4,31
Flexion épaules	8(4)	20(5)	23(4)	-6,18	4,12	3,91
Flexion coudes	8(5)	18(6)	21(11)	-4,87	3,19	3,15
Flexion poignets	15(13)	46(21)	33(24)	-4,54	4,20	
Abduction épaules	21(23)	43(31)	68(78)	-2,90		2,66
Abduction poignets	7(4)	17(10)	10(5)	-3,78	4,18	
Rotation poignets	14(12)	42(22)	36(24)	-4,63	3,87	
Flexion thorax	6(4)	13(6)	24(11)	-4,81		4,72

Tableau IV-3 : Amplitude du geste lors de la seconde phase

Variables significativement plus faibles que la moyenne des sujets.

Variables significativement plus fortes que la moyenne des sujets.

4. Gestuelle de la phase 3

La classification ascendante hiérarchique permet de rassembler trois groupes d'individus présentant des gestuelles proches lors de la troisième phase de traction fœtale (Figure IV-5). Les clusters 1, 2 et 3 sont respectivement composés de 23 (40%), 16 (28%) et 18 (32%) sujets. Cette répartition permet d'expliquer 61.1% des différences dont 41,6% sont expliquées par la première composante principale (annexe C Figure VIII-4). En effet, les différences entre les groupes se font principalement sur la dimension 1 qui est caractérisée par l'amplitude de flexion, d'abduction et de rotation des membres inférieurs.

Un tableau présentant les seuils de significativité des variables dominantes est joint en annexe D (Tableau VIII-4).

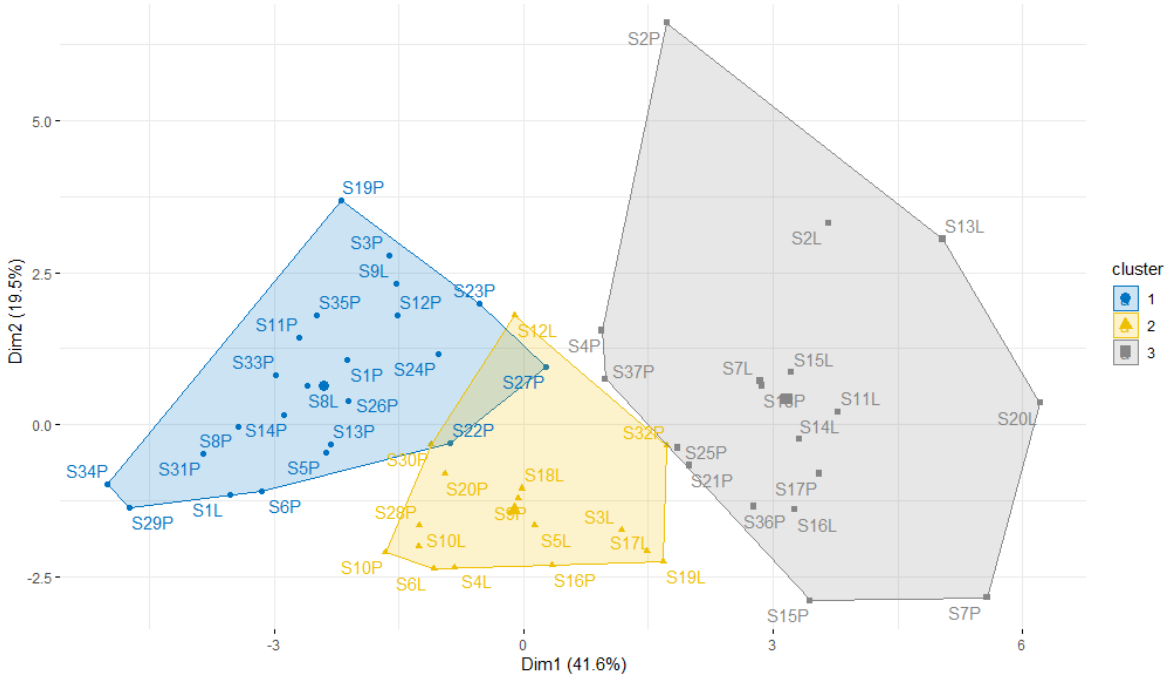

Figure IV-5 : Classification hiérarchique des gestuelles lors de la troisième phase de traction

Le premier cluster est composé de vingt sujets pictaviens et de trois sujets limougeauds (Figure IV-5). Comparativement aux autres groupes, les mouvements avec les plus fortes amplitudes s'effectuent au niveau des poignets. D'un point de vue statistique, ce groupe est caractérisé par une amplitude de flexion, d'abduction et de rotation de l'ensemble des articulations des membres inférieurs étudiées plus faible que la moyenne des sujets. De plus, l'amplitude de flexion des épaules et du thorax est aussi plus faible que la moyenne de l'ensemble des participants. Pour exemple, l'amplitude de flexion du genou avant est en moyenne de 17° ±13, celle des épaules est de 19° ±8 et celle du thorax est de 11° ±7 (Tableau IV-4).

Le second cluster est composé de sept sujets pictaviens ainsi que de neuf sujets limougeauds (Figure IV-5). Pour ce groupe, les amplitudes de mouvement les plus importantes sont relevées au niveau des genoux. Statistiquement, ce groupe est donc bien caractérisé par une gestuelle plus ample au niveau de la flexion du genou avant (65° ±24), mais aussi de la flexion de la cheville avant (20° ±7), de la flexion, abduction et rotation des poignets ($\bar{\alpha}_{flexion}$= 25°±17, $\bar{\alpha}_{abduction}$= 13°±9 et $\bar{\alpha}_{rotation}$= 27°±18) comparée à la moyenne de l'ensemble des participants (Tableau IV-4).

Le troisième cluster est composé de dix sujets pictaviens et huit sujets limougeauds (Figure IV-5). Ce groupe présente des amplitudes de mouvement importantes à quasiment toutes les articulations. Statistiquement, ce groupe est caractérisé, à l'exception de l'abduction des épaules, par une amplitude plus forte des mouvements de rotation autour des articulations des membres inférieurs, des membres supérieurs et du tronc comparée à la moyenne des sujets. Pour exemple, l'amplitude de flexion du genou arrière est de 89° ±33, celle des épaules est de 40° ±23 et celle du thorax est de 25° ±9 (Tableau IV-4).

Amplitude des variables	**Cluster 1 (°) N= 23(40%)**	**Cluster 2 (°) N= 16(28%)**	**Cluster 3 (°) N= 18(32%)**	**v-test C1**	**v-test C2**	**v-test C3**
Flexion hanche avant	16(11)	48(13)	59(20)	-5,76		4,32
Flexion hanche arrière	17(10)	35(18)	46(19)	-4,51		3,82
Flexion genou avant	17(13)	65(24)	65(29)	-5,54	2,81	3,13
Flexion genou arrière	26(18)	76(31)	89(33)	-5,38		3,82
Flexion cheville avant	8(5)	20(7)	21(7)	-5,14	2,42	3,08
Flexion cheville arrière	13(14)	16(14)	34(21)	-2,55		3,77
Abduction hanche avant	4(2)	7(3)	16(7)	-4,25		5,51
Abduction hanche arrière	5(3)	8(5)	18(6)	-4,46		5,68
Rotation hanche avant	7(4)	10(4)	19(9)	-3,94		4,88
Rotation hanche arrière	5(3)	9(6)	24(9)	-4,20		5,92
Flexion épaules	19(8)	24(8)	40(23)	-3,02		3,93
Flexion coudes	19(12)	17(9)	31(18)			2,95
Flexion poignets	55(30)	25(17)	59(24)		3,73	2,04
Abduction épaules	39(30)	48(42)	63(41)			
Abduction poignets	27(15)	13(9)	38(32)		2,81	2,53
Rotation poignets	55(32)	27(18)	72(52)		3,02	2,47
Flexion thorax	11(7)	13(5)	25(9)	-3,12		4,73

Tableau IV-4: Amplitude du geste lors de la troisième phase.

Variables significativement plus faibles que la moyenne des sujets.

Variables significativement plus fortes que la moyenne des sujets.

B. Lien entre posture initiale et mouvements

Nous avons trié, en fonction des quatre postures observées lors du franchissement du premier plan, les participants appartenant aux différentes familles de gestuelle de la phase 1, 2 et 3 et représenté ces données sous forme de trois histogrammes (Figure IV-6, Figure IV-7, Figure IV-8).Globalement, il apparaît que la posture initiale ne conditionne pas la façon de tracter.

En effet, lors de la première phase de traction, nous remarquons que les sujets d'un même groupe n'ont pas tous le même comportement. Cependant, la majorité des sujets présents dans chaque groupe postural effectuent soit peu de mouvement (cluster 1) soit une gestuelle modérée des poignets (cluster 2) du début de la traction jusqu'au franchissement du premier plan. La proportion de participants mobilisant les membres inférieurs jusqu'à atteindre la posture définie est de 12,5% chez les sujets adoptant la Posture 1 « debout-buste non fléchi », 25% chez les sujets adoptant la Posture 2 « debout-buste fléchi », 8% chez les sujets adoptant la Posture 3 « chevalier servant » et 15% chez les sujets adoptant la Posture 4 « accroupi » (Figure IV-6).

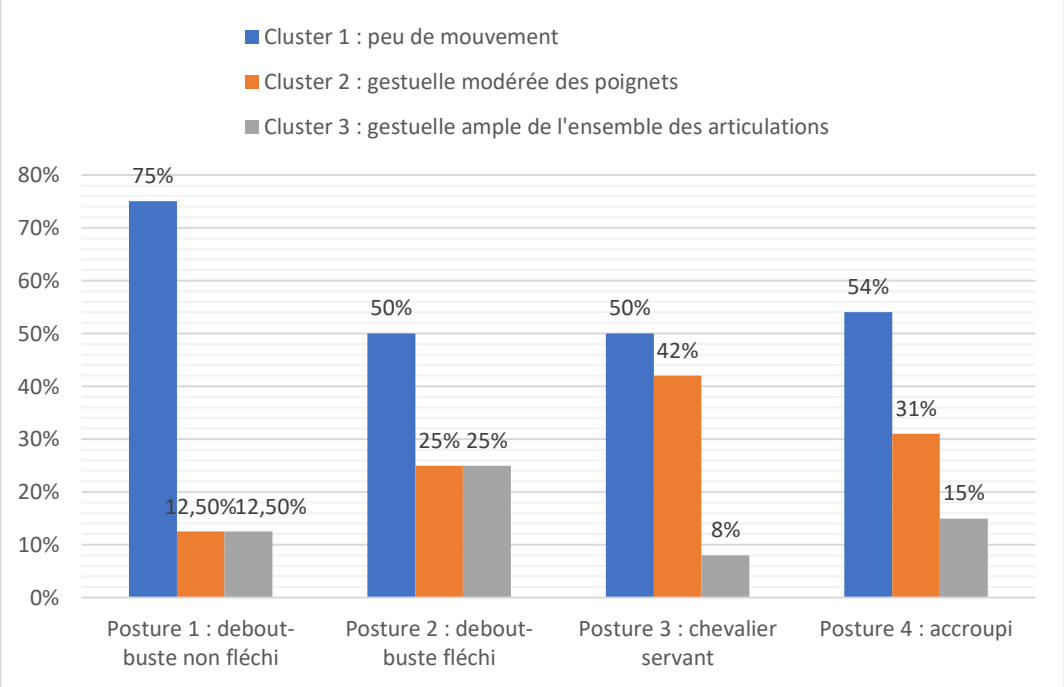

Figure IV-6 : Représentation des trois familles de gestuelle de première phase de traction en fonction de la posture adoptée lors du franchissement du premier plan

Lors de la seconde phase de traction, nous remarquons que la majorité des sujets exercent peu de mouvement (Cluster 1) et conservent une posture proche de celle observée lors du franchissement du premier plan (Figure IV-7).

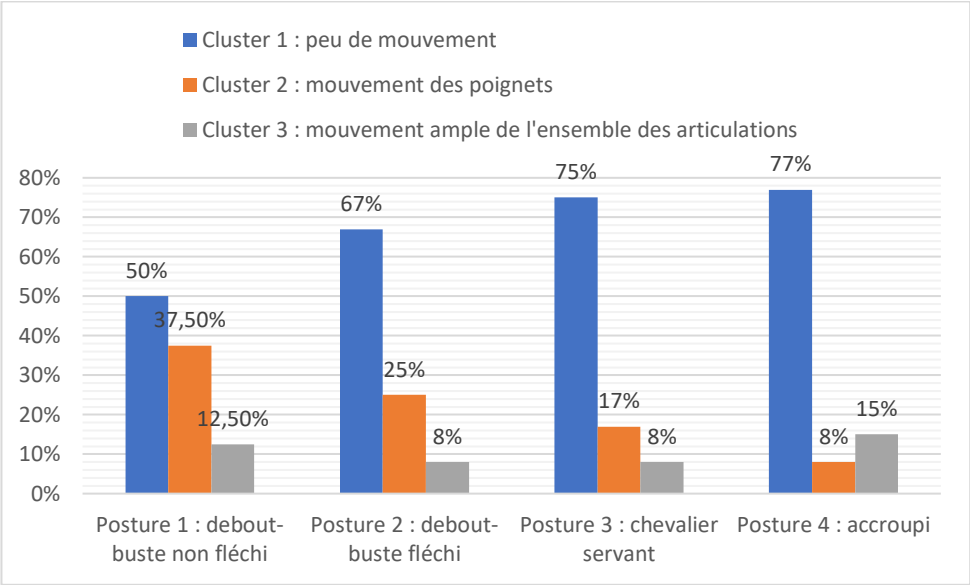

Figure IV-7 : Représentation des trois familles de gestuelle de seconde phase de traction en fonction de la posture adoptée lors du franchissement du premier plan

Lors de la dernière de traction, nous retrouvons une répartition plutôt hétérogène des gestuelles chez les participants dont la posture lors du franchissement du premier plan est « debout-buste fléchi », « chevalier servant » ou « accroupi ». En revanche, 87,5% de sujets dont la posture est relevée effectuent très peu de mouvement lors de la fin de la traction (Figure IV-8).

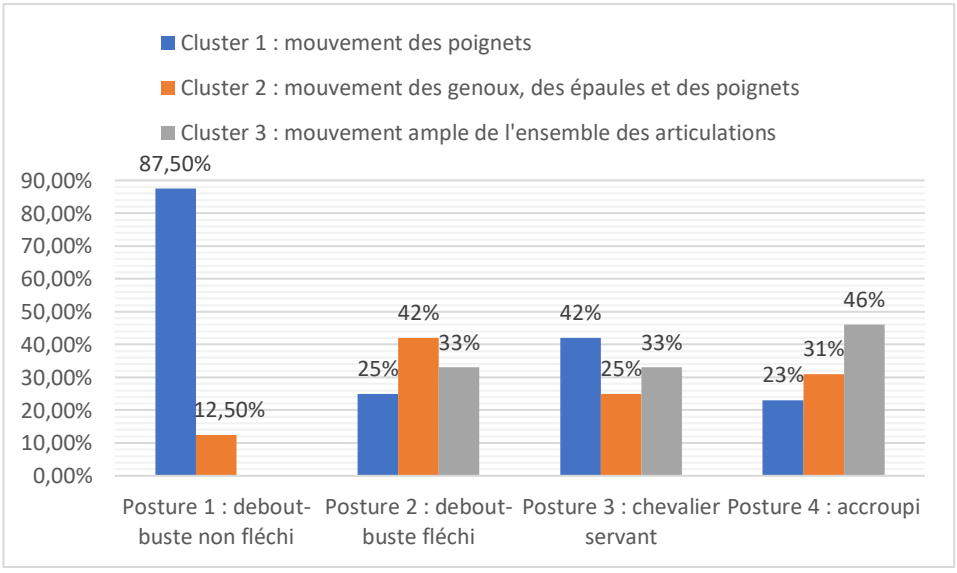

Figure IV-8 : Représentation des trois familles de gestuelle de troisième phase de traction en fonction de la posture adoptée lors du franchissement du premier plan

C. Liens entre ville d'exercice, degré d'expérience et pratiques adoptées

Dans un premier temps, nous avons trié en fonction du degré d'expérience les participants appartenant aux différents clusters de la posture présentée lors du franchissement du premier plan ainsi que de la gestuelle de la phase 1, 2 et 3 (Tableau IV-5).

Concernant la posture, un test de Khi-2 est réalisé sur le tableau de contingence et conclut significativement à une différence de population des quatre groupes, c'est-à-dire qu'il y aurait une influence du degré d'expérience sur la posture adoptée par les sujets lors du passage du premier plan (*p-value*= 0.03). Nous constatons que les experts, les intermédiaires et les débutants sont respectivement pour 0%, 14% et 22% en posture « debout-buste non fléchi », 17%, 18% et 26% en posture « debout-buste fléchi » et 25%, 45% et 48% en posture « chevalier servant ». A l'inverse des débutants et des intermédiaires, la majorité des experts sont en posture « accroupi » lors du franchissement du premier plan (Tableau IV-5).

Concernant la gestuelle lors de la phase 1, un test de Khi-2 est réalisé sur le tableau de contingence et ne retrouve pas de différence significative de population entre les groupes. Nous constatons que les débutants ont une représentation plutôt homogène dans les trois clusters alors que 84% des experts se situent dans le cluster 1 où l'amplitude du geste lors de cette phase est peu ample. La composition des intermédiaires par groupe est aussi hétérogène : 54% ont une amplitude très faible du mouvement, 40% exercent des mouvements de poignets lors de cette phase et 6% présentent une gestuelle très ample au niveau de l'ensemble des articulations étudiées (Tableau IV-5).

Concernant la gestuelle lors de la phase 2, un test de Khi-2 est réalisé sur ce tableau de contingence et ne retrouve pas de différence significative de population entre les clusters. On remarque que 70% des débutants, des intermédiaires et des expérimentés appartiennent au cluster 1 (Tableau IV-5).

Concernant la gestuelle lors de la phase 3, un test de Khi-2 est réalisé sur ce tableau de contingence et ne retrouve pas de différence significative de population entre les clusters. On remarque qu'il y a une répartition relativement homogène des degrés d'expérience dans chaque cluster (Tableau IV-5).

	Cluster	Débutant N= 22	Intermédiaire N= 23	Expert N= 12	Population totale N= 57
Posture	1	22% (5)	14% (3)	0% (0)	14% (8)
	2	26% (6)	18% (4)	17% (2)	21% (12)
	3	**48% (11)**	**45% (10)**	25% (3)	**42% (24)**
	4	4% (1)	23% (5)	**58% (7)**	23% (13)
Phase 1	1	**39% (9)**	**54% (12)**	**84% (10)**	**54% (31)**
	2	35% (8)	40% (9)	8% (1)	32% (18)
	3	26% (6)	6% (1)	8% (1)	14% (8)
Phase 2	1	**70% (16)**	**71% (15)**	**70% (9)**	**70% (40)**
	2	17% (4)	24% (5)	15% (2)	19% (11)
	3	13% (3)	5% (1)	15% (2)	11% (6)
Phase 3	1	39% (9)	41% (9)	**42% (5)**	40% (23)
	2	35% (8)	18% (4)	33% (4)	28% (16)
	3	26% (6)	41% (9)	25% (3)	32% (18)

Tableau IV-5 : Nombre de participants appartenant aux clusters de la posture lors du franchissement du premier plan et des différentes phases en fonction du degré d'expérience

Dans un second temps, nous avons trié en fonction de la ville d'exercice, les participants appartenant aux différents clusters de la posture présentée lors du franchissement du premier plan ainsi que de la gestuelle de la phase 1, 2 et 3 (Tableau IV-6).

Nous réalisons un test de Khi-2 pour les tableaux de contingence de la posture, de la phase 1, 2 et 3 et nous retrouvons uniquement une différence significative pour la répartition des villes lors de la gestuelle de fin de traction (*p-value*= 0,009) (Tableau IV-6). En effet, nous constatons lors de cette dernière phase que 54% des pictaviens ont une gestuelle peu ample de l'ensemble des articulations contre 15% de limougeauds alors que 45% des limougeauds utilisent les poignets et les genoux pour défléchir la tête fœtale contre 19% des pictaviens.
Enfin, et bien qu'il n'y ait pas de différence statistique, nous notons que 40% des limougeauds sont accroupis lors du passage du premier plan contre seulement 14% des pictaviens.

	Cluster	Limoges N= 20	Poitiers N= 37	Population totale N= 57
Posture	1	10% (2)	16% (6)	14% (8)
	2	15% (3)	24% (9)	21% (12)
	3	35% (7)	**46% (17)**	**42% (24)**
	4	**40% (8)**	14% (5)	23% (13)
Phase 1	1	**55% (11)**	**54% (20)**	**54% (31)**
	2	35% (7)	30% (11)	32% (18)
	3	10% (2)	16% (6)	14% (8)
Phase 2	1	**75% (15)**	**68% (25)**	**70% (40)**
	2	15% (3)	22% (8)	19% (11)
	3	10% (2)	10% (4)	11% (6)
Phase 3	1	15% (3)	**54% (20)**	40% (23)
	2	**45% (9)**	19% (7)	28% (16)
	3	40% (8)	27% (10)	32% (18)

Tableau IV-6 : Nombre de participants appartenant aux clusters de la posture lors du franchissement du premier plan et des différentes phases en fonction de la ville d'exercice

D. Analyse des forces de traction

1. Etude de l'intensité des forces de traction

Malheureusement, nous n'avons pas pu obtenir de résultats concernant l'intensité de la force de traction.

2. Etude de l'orientation des forces de traction

L'analyse de l'évolution de la direction du forceps au cours des trois différentes phases nous permet de visualiser trois manières de tirer bien distinctes lors de la simulation d'accouchement par forceps (Figure IV-9). Ainsi, certains sujets tractent vers le bas au début du mouvement (ce qui se traduit par un angle négatif), horizontalisent la direction de la traction lors de la seconde phase (l'angle a une valeur proche de zéro) puis, une fois le second plan franchi, tirent progressivement vers le haut jusqu'à l'arrêt du geste (ce qui se traduit par un angle positif) comme cela peut être vu sur la Figure IV-9-a. Il est à noter que cette traction correspond aux recommandations théoriques apportées par la littérature : à savoir une traction dans l'axe ombilico-coccygien jusqu'au passage du détroit moyen, une horizontalisation de la direction jusqu'à ce que l'occiput fœtal se positionne sous la symphyse pubienne puis une verticalisation de la trajectoire permettant la déflexion de la tête autour du point de pivot représenté par la symphyse pubienne. D'autres sujets tirent quant à eux constamment vers le bas pendant les trois phases de traction ce qui se traduit par une valeur d'angle négative pendant toute la durée de la traction (Figure IV-9-b). Finalement, quelques-uns tractent constamment vers le haut pendant les trois phases de traction ce qui se traduit par un angle positif pendant toute la traction (Figure IV-9-c).

Le Tableau IV-7 présente la moyenne, l'écart-type et l'amplitude des angles formés entre l'horizontale et la direction du forceps au cours de l'accouchement pour chaque sujet. Nous notons que seulement 65% du total de la population oriente le forceps selon les recommandations. Nous précisons tout de même que la direction de la traction ne correspond pas parfaitement à l'axe ombilico-coccygien, c'est-à-dire à 60° mais que cette manière de faire s'approche le plus des recommandations actuelles (Tableau IV-7).

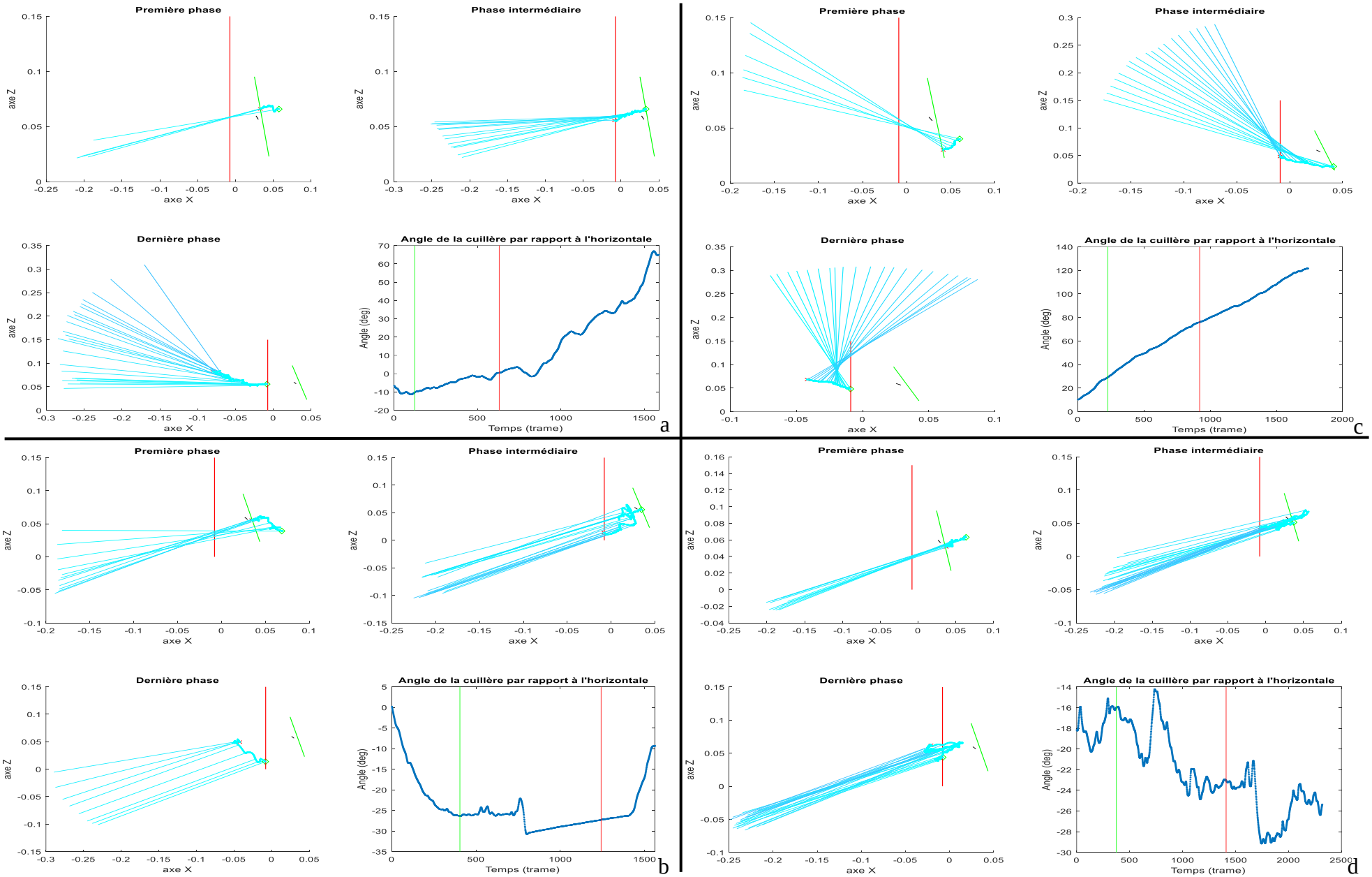

Figure IV-9 : a : traction vers le bas lors de la première phase, horizontalisation lors de la seconde puis vers le haut lors de la dernière phase de traction, b : traction constante vers le bas lors des trois phases, c : traction constante vers le haut lors des trois phases, d : traction par « à coup » vers le bas lors des trois phases

Groupe	1ere phase			2ème phase			3ème phase		
	Moyenne	**Écart-type**	**Rom**	**Moyenne**	**Écart-type**	**Rom**	**Moyenne**	**Écart-type**	**Rom**
	-4,9	6,5	21,5	-8,3	5,1	18,3	42,3	23,1	77,7
	5,9	15,8	74,7	-14,9	3,3	14,6	-2,3	22,9	69,1
	-6,6	8,2	26,9	-12,8	4,1	15,3	35,5	24,1	77,7
	-3,6	0,4	1,0	5,4	7,7	24,1	46,1	14,2	52,4
	2,6	0,0	0,0	-12,0	5,5	20,8	5,3	25,5	72,0
	-0,4	7,0	22,4	-15,2	0,6	3,9	6,0	16,4	47,8
	-12,6	5,7	16,3	-12,8	4,9	14,9	20,9	18,6	58,2
	-7,5	2,6	9,2	11,5	16,4	68,2	95,9	16,4	57,1
	-7,9	1,0	4,3	-9,4	0,4	1,8	12,4	12,0	34,2
	1,3	5,9	19,2	-8,6	2,1	6,5	6,6	13,2	45,8
	-13	1	3	-13	3	9	9	10	33
	-16	1	4	-7	10	30	5	11	36
	2	0	1	5	6	22	65	30	91
	-11,4	0,4	1,7	-0,3	8,4	28,3	34,4	8,7	29,3
	-24	1	4	-10	11	32	24	9	34
	-15,7	0,1	0,4	-9,4	5,6	20,8	10,2	4,1	14,8
	-10,9	0,7	2,1	-6,8	0,8	3,9	8,6	15,0	50,7
	-5,4	0,8	2,6	-6,1	2,6	8,6	30,8	25,1	71,5
1	-10	0	0	-13	1	5	3	17	55
	-27	0	2	-25	1	4	12	24	79
	-8	0	1	-8	0	1	1	9	40
	-21	1	3	-28	2	7	-9	16	49
	-11,4	0,6	1,8	-9,7	3,4	14,0	26,1	19,1	62,4
	-19	1	4	-5	9	33	15	14	57
	-7,6	3,6	11,6	-17,6	2,2	8,0	11,2	24,8	75,9
	-10,0	1,3	4,7	-4,5	3,0	10,8	23,8	19,2	68,4
	-4,5	0,0	0,0	14,4	17,3	57,5	47,3	23,3	86,9
	-7	6	19	-11	6	17	0	8	38
	-14	2	7	-20	2	8	21	25	84
	-22	1	4	-25	0	2	10	21	63
	-16	1	6	-16	1	4	7	16	57
	-16	3	10	-8	6	16	9	17	62
	-17	0	1	-13	1	5	22	25	76
	-10	2	10	-11	2	9	0	16	47
	-12	5	16	-19	8	21	3	26	84
	5,5	2,5	6,5	18,2	8,2	31,6	20,2	8,9	39,5
	-13	1	5	-8	18	55	-1	20	74
	-2,8	4,9	15,6	-11,0	2,5	7,9	-1,4	19,3	98,8
	-18,4	7,5	26,5	-27,3	1,9	8,7	-22,5	6,0	18,0
2	-17,8	1,5	5,2	-20,5	3,0	10,7	-25,4	2,2	8,0
	-19,4	6,6	19,7	-25,9	1,8	5,8	-16,6	13,7	48,3
	-23	1	4	-25	1	3	-8	10	34
	5,5	0,9	3,1	17,3	7,1	23,7	24,6	8,5	26,0
	15,0	0,7	2,6	22,5	4,6	15,7	55,4	16,9	50,4
	15,4	6,2	17,3	9,6	9,8	32,3	45,9	7,5	26,5
	16,4	0,2	0,6	24,3	6,9	22,1	38,3	2,5	9,2
	5,8	1,3	4,9	11,6	8,4	28,3	86,0	37,8	115,6
	5,7	0,5	2,3	36,5	14,7	58,0	92,3	15,5	50,8
	19,6	0,2	0,7	22,6	1,4	5,6	25,5	0,3	2,1
3	7,6	0,7	2,5	13,0	3,0	15,7	43,6	19,3	63,3
	7,3	0,9	2,7	32,0	14,8	48,9	66,0	7,8	30,4
	2,0	1,6	4,9	6,3	2,9	10,9	35,0	20,0	70,3
	2,4	1,9	6,3	10,2	6,9	23,1	39,5	8,6	29,8
	14,1	0,0	0,0	15,0	0,4	1,7	16,7	1,1	3,7
	19,5	6,0	18,9	54,0	13,3	46,7	98,3	13,9	45,8
	7	0	0	10	3	8	13	0	1
	41,3	0,0	0,0	22,5	7,8	28,3	75,4	22,0	77,7

Tableau IV-7 : Moyenne, écart-type et amplitude des angles formés entre l'horizontale et la direction du forceps lors des trois phases de l'accouchement instrumental simulé

Au sein de ce groupe, nous pouvons remarquer que la grande majorité des experts adopte cette traction proche des recommandations (75%). Pour les groupes débutants et intermédiaires, si la majorité des sujets l'effectuent également, cela reste en proportions moins importantes (65% pour les débutants et 59% pour les intermédiaires). Nous ne notons pas de différences majeures de représentation d'une population d'expérience dans les deux autres groupes (Tableau IV-8).

	Débutants N= 23	**Intermédiaires N= 22**	**Experts N= 12**	**Total de la population N=57**
Groupe 1	**65% (15)**	**59% (13)**	**75% (9)**	**65% (37)**
Groupe 2	13% (3)	5% (1)	8% (1)	9% (5)
Groupe 3	22% (5)	36% (8)	17% (2)	26% (15)

Tableau IV-8 : Nombre de participants appartenant aux différents groupes de manières de tirer en fonction du degré d'expérience

Par ailleurs, nous représentons le nombre de participants par groupe selon leur manière de diriger la traction au cours du temps en fonction de la posture initiale (Tableau IV-9).

Tout d'abord, nous constatons que 62.5% des participants ayant une posture de départ relevée tractent constamment vers le haut lors des trois phases de l'accouchement simulé contre seulement 37.5% qui orientent le forceps selon les recommandations théoriques.

Ensuite, nous constatons que plus la distance entre la tête de l'opérateur et la table d'accouchement est réduite et plus les participants orientent correctement le forceps au cours de la progression du mannequin fœtal. Ainsi, nous retrouvons dans le premier groupe de traction : 37.5% des participants dont la posture est debout-buste non fléchi (posture 1), 50% qui sont debout-buste fléchi (posture 2), 71% en position « chevalier servant » (posture 3) et 84% « accroupi » (posture 4) (Tableau IV-9).

	Posture 1 N= 8	**Posture 2 N= 12**	**Posture 3 N= 24**	**Posture 4 N= 13**	**Total de la population N=57**
Groupe 1	37,5% (3)	**50% (6)**	**71% (17)**	**84% (11)**	**65% (37)**
Groupe 2	0% (0)	25% (3)	4% (1)	8% (1)	9% (5)
Groupe 3	**62,5% (5)**	25% (3)	25% (6)	8% (1)	26% (15)

Tableau IV-9 : Nombre de participants appartenant aux différents groupes de manières de tirer en fonction de la posture initiale

Enfin, nous remarquons que 9 participants soit 16% de la population totale tractent par à-coups c'est à dire qu'ils réalisent des mouvements d'arrière en avant pendant tout le geste (Figure IV-9-d). Ces participants dont la traction se fait par à-coups n'exercent pas la force dans la même direction : 6 tractent vers le bas au début du mouvement, horizontalisent la traction lors

de la seconde phase puis défléchissent la tête fœtale une fois le second plan franchi (groupe 1), 2 tractent vers le bas durant les trois phases comme illustré en Figure IV-9-d (groupe 2) et 1 maintient une traction vers le haut depuis le début du mouvement (groupe 3). Ainsi, il semble que la posture initiale n'influence pas cette technique.

E. Retour d'expérience

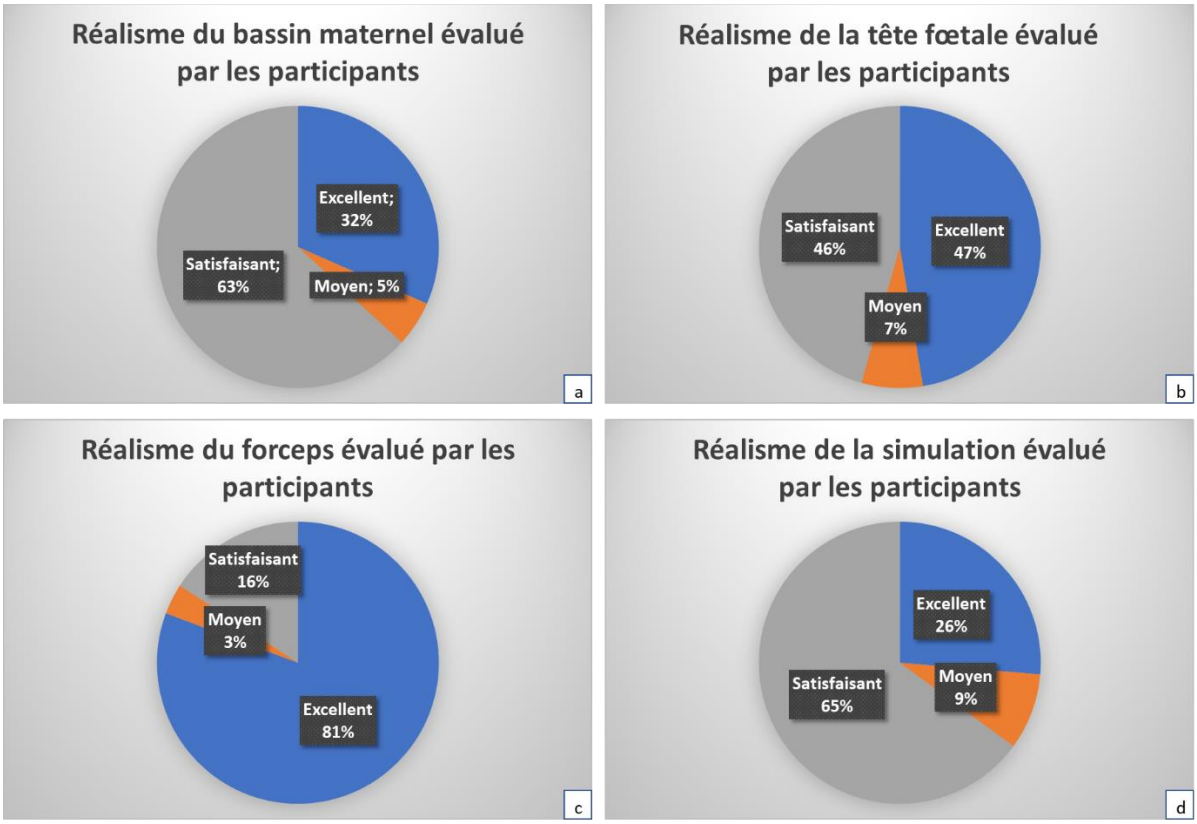

Figure IV-10 : Evaluation du réalisme du mannequin maternel, du mannequin fœtal, du forceps et de la simulation par les participants

Nous avons obtenu la réponse de tous les participants au questionnaire délivré en fin d'expérimentation.

Comme illustré en Figure IV-10, 32% des sujets jugent excellent le réalisme du bassin maternel, 63% satisfaisant et 5% le trouvent moyen. Ils considèrent que le réalisme du fœtus et celui du forceps sont excellents à respectivement 47% et 81%, satisfaisants à 46% et 16% et moyens à 7% et 3% (Figure IV-10). Au total, 65% de cette même population considèrent le réalisme de la simulation comme excellent alors que 26% le jugent satisfaisant et 9% moyen (Figure IV-10). Cependant, il est arrivé lors des manipulations que des sujets se plaignent d'un glissement des cuillères du forceps sur la tête fœtale. Ils attribuent cet aléa à la lubrification du mannequin.

V. Discussion

Comme nous l'avons exposé précédemment, il apparaît que la survenue des lésions périnéales soit plus souvent rapportée lorsque l'instrument utilisé est le forceps (12,16). Actuellement la maîtrise de cette technique est soumise à une principale limite : la diminution significative des accouchements instrumentaux par forceps. De fait, les opportunités d'apprendre à faire un forceps sont plus rares pour les apprenants ainsi que les occasions de répéter le geste pour les praticiens expérimentés.

L'enjeu est donc de continuer à maîtriser une technique de moins en moins effectuée à la fois pendant la phase d'apprentissage mais aussi au cours de sa carrière. Cependant, nous nous rendons compte que la manière de réaliser un accouchement par forceps n'est pas clairement établie et que plusieurs techniques semblent être utilisées (41). Seulement, ces différentes techniques ne sont pas précisément décrites et répertoriées de sorte que nous ne connaissons pas la supériorité d'une technique par rapport à une autre. En fait, les connaissances actuelles se limitent à l'étude de la pose des cuillères ainsi qu'à l'évaluation objective de l'intensité de la traction (35,36,38).

Ainsi, l'absence de recommandations sur la technique à adopter d'un point de vue de la posture et de la gestuelle de l'obstétricien, la survenue de lésions maternelles potentiellement graves induites par ces accouchements et l'intérêt de maintenir l'usage du forceps nous a motivés à mettre en place cette étude dont le but est de définir s'il existe une technique optimale.

La démarche scientifique s'est tout d'abord intéressée à recenser les différentes gestuelles adoptées puis à explorer ces divers comportements au travers de l'influence de l'expérience et du centre d'activité des participants enregistrés et enfin à qualifier ces pratiques au moyen d'un critère de performance : la direction de la force de traction au cours du geste.

Recensement des pratiques

Posture lors du franchissement du premier plan

Nous constatons que les sujets du premier et du second cluster présentent une posture relevée (35% de la population totale). La différence est que les sujets du second cluster fléchissent fortement le buste et ont donc la tête plus proche du périnée maternel alors que la tête des sujets du premier cluster est positionnée bien au-dessus du plan de la table d'accouchement.

A l'inverse, les sujets du troisième et du quatrième cluster présentent une posture où les membres inférieurs sont fortement fléchis (65% de la population totale). De fait, la distance séparant leur tête de la table d'accouchement est faible.

Ainsi seule la posture « debout - buste non fléchi » ne permet pas d'avoir une bonne visibilité sur le bassin ou alors il faudrait installer la table d'accouchement bien plus haut ce qui n'est pas possible en pratique. Cette attitude ne semble ni propice à la traction dans l'axe ombilico-coccygien ni au contrôle de la force générée.

Gestuelle du début de la traction jusqu'au franchissement du premier plan

Nous constatons que les sujets du premier et du second cluster effectuent très peu de mouvement alors que les sujets du troisième cluster présentent une forte amplitude de mouvement. De plus, nous remarquons que les sujets qui ne bougent pas lors de cette première phase n'ont pas la même posture lors du franchissement du premier plan : seize participants sont debout alors que les trente-trois autres fléchissent les membres inférieurs. Comme ils produisent peu de mouvement lors de cette première phase, nous comprenons qu'ils initient la traction fœtale seulement après s'être installés dans la posture de leur choix et qu'ils conservent cette position jusqu'au franchissement du premier plan (86% de la population totale).

Gestuelles du premier plan jusqu'au passage du second plan

Les sujets du premier cluster produisent très peu de mouvement aux articulations et maintiennent donc une posture proche tout au long de cette phase (70% de la population totale). Les sujets du second cluster adoptent quant à eux une attitude proche de celle décrite ci-avant à la différence près qu'ils génèrent une flexion plus ample des membres supérieurs (19% de la population totale). Les membres supérieurs contribuent donc plus au mouvement de traction. La gestuelle des sujets du troisième cluster est considérablement différente de celles décrites ci-avant puisqu'ils génèrent une forte amplitude de mouvement de l'ensemble des articulations (11% de la population totale). Ainsi, ils utilisent l'ensemble de leur corps pour créer la traction.

Gestuelles du second plan jusqu'à l'arrêt de la traction

Les participants du premier cluster produisent très peu de mouvement aux articulations excepté autour de l'articulation du poignet : la déflexion céphalique fœtale est permise par l'action des poignets (40% de la population totale). Les sujets du second cluster produisent une grande amplitude de mouvement au niveau des genoux, des épaules et de poignets : la déflexion céphalique est générée par le relèvement des membres inférieurs associé à l'action des épaules et des poignets (28% de la population totale). Les participants du troisième cluster génèrent une très forte amplitude des mouvements de l'ensemble des articulations ce qui génère la déflexion complète de la tête fœtale (32% de la population totale). Actuellement, il est plutôt recommandé

de retirer l'instrument lorsque l'on visualise le petit couronnement c'est-à-dire lorsque la tête fœtale apparaît à la vulve et prend la forme d'un anneau d'environ 5 cm de diamètre. En effet, l'installation des cuillères du forceps sur la présentation céphalique augmente le diamètre de cette dernière et majore le risque de lésions du périnée lors du dégagement fœtal. Il semble donc que les mouvements du premier et du second clusters soient à privilégier.

Exploration des techniques

Influence de la posture initiale sur le mouvement de traction

La posture est adoptée pendant un temps suffisamment long pour que celle-ci soit visuellement bien observable. Comme évoqué précédemment, cette posture varie significativement en fonction des sujets et nous retrouvons qu'elle ne conditionne pas la façon de tracter lors des trois phases du mouvement. Ainsi, nous concluons qu'il faut apprendre à la fois à se positionner lors du franchissement du premier plan et à tirer.

Influence du degré d'expérience et du lieu de pratique sur la technique

Au vu de nos données, il semblerait que l'hétérogénéité des pratiques analysées ne soit a priori pas attribuable au lieu de formation. Au contraire, le degré d'expérience semble avoir une influence majeure sur la posture adoptée au franchissement du premier plan et sur la manière de tirer. Ainsi les experts adoptent majoritairement les postures fléchies (c'est-à-dire les Postures 3 et 4) et très peu les postures relevées (Postures 1 et 2). En effet, nous constatons que les experts, les intermédiaires et les débutants ont une posture relevée (addition des Postures 1 et 2) dans 17%, 32% et 48% alors qu'ils présentent une posture où les membres inférieurs sont fortement fléchis (addition des Postures 3 et 4) dans respectivement 83%, 68% et 52%. Nous constatons aussi que lors du début de la traction jusqu'au franchissement du premier plan, les experts, les intermédiaires et les débutants ont une gestuelle peu ample de manière globale (addition des clusters 1 et 2) dans respectivement 92%, 95% et 74% alors qu'ils présentent une gestuelle très ample au niveau de l'ensemble des articulations étudiées (cluster 3) dans 8%, 5% et 26%. Plus le sujet est formé et plus il se place dans la posture choisie avant d'initier la traction.

Lors de la seconde phase, nous constatons que 70% de chaque groupe d'expérience se retrouvent dans le cluster 1 où l'amplitude du mouvement est très faible Ainsi, les sujets maintiennent en majorité une posture proche tout au long de la seconde phase. Enfin, nous notons que tous les degrés d'expérience se retrouvent dans les groupes qui défléchissent peu, modérément ou fortement la tête fœtale.

Qualification des techniques

Comme expliqué précédemment, la posture adoptée lors du franchissement du premier plan n'impose pas une sollicitation particulière des articulations lors des différentes phases de l'accouchement.

Cependant, cette posture influence nettement l'axe de traction du forceps lors du mouvement. Plus particulièrement, il semble que plus la distance entre la tête des opérateurs et la table d'accouchement est faible et plus les participants orientent le forceps selon les recommandations théoriques apportées par la littérature à savoir : une traction effectuée dans un premier temps dans l'axe ombilico-coccygien jusqu'au passage du détroit moyen, suivie d'une horizontalisation de la direction jusqu'à ce que l'occiput fœtal se positionne sous la symphyse pubienne puis terminée par une verticalisation de la trajectoire permettant la déflexion de la tête autour du point de pivot représenté par la symphyse pubienne (Groupe 1). En effet, nous retrouvons dans le premier groupe de traction 37.5% des participants dont la posture est relevée (Posture 1), 50% qui sont debout avec le buste très fléchi en avant (Posture 2), 71% en posture « chevalier servant » (Posture 3) et 84% en posture « accroupi » (Posture 4). Ainsi, selon le critère de performance de la direction des forces de traction, les postures fléchies semblent être les plus favorables.

En conclusion, nous pouvons dire que les experts adoptent majoritairement une posture très fléchie en « chevalier servant » ou en posture « accroupi » avec le regard à hauteur du périnée maternel avant d'initier la traction. Ils effectuent ensuite peu de mouvement pour réaliser la traction jusqu'à la déflexion de la tête fœtale. Les débutants adoptent différents types de posture et de techniques de traction dont certaines résultent en un axe de traction très éloigné des recommandations. Chez les intermédiaires, une grande variété est également observée. Ainsi, la posture et la technique de traction adoptées par la majorité des experts semblent être les plus favorables pour obtenir un axe de traction en accord avec les recommandations.

Des questions se posent sur les moyens utilisés par la majorité des experts pour adopter cette technique optimale. Cette acquisition est-elle permise par l'exploration de la technique et en particulier par les sensations ressenties lors des répétitions du geste ou bien par mimétisme en observant les plus anciens ? Comment alors favoriser l'adoption de cette technique chez des débutants qui auront à la fois moins l'occasion de pratiquer mais aussi d'observer les plus expérimentés ?

Ce que nous savons, c'est que l'apprentissage de l'accouchement instrumental par forceps sur mannequin permet à la fois de réduire les lésions obstétricales du sphincter anal liées à une pratique trop précoce (32), de personnaliser la formation des apprenants en dehors de toute situation urgente et stressante (28) et de compenser la baisse du nombre d'accouchements par forceps réalisés par les opérateurs. Il semble donc que l'apprentissage et la répétition du geste participent à l'amélioration de la technique et que les débutants et les intermédiaires devraient répéter le geste pour acquérir la technique optimale. Nous pouvons également faire remarquer que l'expérience ne peut pas expliquer à elle seule l'acquisition de la technique optimale car 25% des experts ne l'adoptent pas.

Forces et limites de l'études

Notre étude est originale et innovante puisqu'elle apporte des données objectives et nouvelles permettant de comprendre comment les obstétriciens agissent sur le forceps. La mise en place de notre protocole est aussi intéressante car nous avons instrumenté deux salles d'accouchement par un système d'analyse du mouvement habituellement utilisé pour l'étude de la marche des sujets pathologiques en laboratoire (50).

Cependant, les conditions expérimentales apportées par les caméras, les marqueurs et les plateformes de force sont relativement imposantes et bien que la grande majorité des expérimentateurs ait jugé le réalisme de la manipulation excellent ou satisfaisant, nous pouvons naturellement nous demander si cet environnement singulier a eu une influence sur le réalisme de la simulation. Aussi, la lubrification, imposée par le fabricant et nécessaire à l'accouchement simulé par forceps, a été source de glissement entre la tête fœtale et les cuillères du forceps. Il est arrivé que des sujets soient contraints de répéter le mouvement du fait du refoulement dans l'excavation pelvienne de la tête fœtale causé par la désolidarisation du couple céphalo-instrumental. Toutefois, cela ne devrait pas affecter les résultats présentés ci-avant puisque nous avons sélectionné l'essai que le participant a jugé le plus fidèle à sa pratique clinique. Concernant le traitement des données, nous pouvons critiquer le choix d'avoir moyenné la droite et la gauche des angles de rotation autour des articulations des membres supérieurs. Notamment, nous ne pouvons pas objectiver les mouvements fins de traction asymétrique constatés visuellement et dont le but est de faire progresser la tête fœtale après le franchissement du premier plan. Bien que les gestuelles fines ne soient pas étudiées, les résultats obtenus permettent de comprendre l'implication globale des membres supérieurs dans la création de la force de traction.

Pour le choix du traitement statistique, nous avons fixé arbitrairement le nombre de 1325 à la fonction « set.seed » afin de vérifier la stabilité des clusters identifiés lors de chaque lancement du code. Nous pouvons aussi critiquer le niveau pour lequel nous avons décidé d'arrêter l'arbre hiérarchique. Ce seuil est justifié par l'inertie et par le souhait conjoint d'expliquer le plus de différences tout en conservant du sens clinique aux groupes créés. Au total, nous avons pu obtenir une description assez précise des différentes pratiques.

Concernant le nombre de sujets inclus, nous pouvons regretter un manque d'homogénéité dans nos effectifs à Poitiers et à Limoges (37 pictaviens et 20 limougeauds) et dans nos effectifs par degré d'expérience (23 débutants, 22 intermédiaires et 12 experts). Le recrutement d'un effectif plus important et égal pourrait permettre d'étudier statistiquement avec une plus grande puissance l'influence de l'expérience et de la ville d'exercice sur les pratiques adoptées.

Qui plus est, seulement deux centres assez proches géographiquement ont été incorporés à cette étude. Or, il se peut que des pratiques très différentes puissent être recensées dans d'autres centres. Ainsi, lors de la discussion Researchgate portant les postures adoptées, il était également fait mention de position assise, or, aucun sujet n'a adopté cette position dans la présente étude.

Perspectives

Cette étude nous incite à penser que les postures type « chevalier servant » et « accroupi » sont les meilleures car elles semblent favoriser la direction de la traction selon les recommandations théoriques.

Cependant, nous regrettons de ne pas pouvoir compléter l'analyse des gestuelles avec l'intensité des forces de traction. Comme plusieurs études l'ont montré, la survenue des lésions materno-fœtales augmente avec l'intensité des forces de traction. Or, les forces exercées par le forceps sur le fœtus constituent un paramètre de performance : moins les forces exercées sont importantes, moins le fœtus subira de contraintes mécaniques (34). Nous avions pourtant effectué plusieurs manipulations au laboratoire d'analyse du mouvement et confirmé la possibilité d'estimer la force de traction en utilisant conjointement des plateformes de force et le système optoélectronique. Cependant, nous ne pouvions pas emprunter ces plateformes utilisées en routine dans le laboratoire car elles sont solidement attachées au sol et nous avons donc déplacé dans les maternités de Limoges et de Poitiers des plateformes de force plus anciennes. Nous pensons que l'âge avancé de ces dernières peut être une explication au problème technique. Le meilleur moyen d'enregistrer l'intensité des forces de traction est de souder des capteurs de force dans chaque branche du forceps de Suzor. Il serait très intéressant

à l'avenir de renouveler ce même protocole avec ce forceps instrumenté mais cela nécessite du temps ainsi que des coûts matériels et humains importants.

Nous concluons que l'expérience est associée à une meilleure posture et technique à savoir une posture fortement fléchie et une faible quantité de mouvement lors de la traction. Qui plus est, un nombre important de sujets en formation nous a fait part, lors des manipulations, d'un manque de formation aux accouchements instrumentaux au cours de l'internat. Pourtant, comme souligné dans la littérature, il faut apprendre pour mieux faire et la prise de conscience de l'importance de la gestuelle a des effets positifs sur la réalisation des techniques (31,33,38,39). Nous rappelons en particulier que la simulation sur une colonne de force a permis aux apprenants d'apprendre à générer une force ne dépassant pas les seuils de sécurité (39). Il faudrait donc favoriser la répétition des postures et gestuelles en simulation sur mannequin pour les sujets débutants et intermédiaires.

Enfin, l'analyse de la stabilité des postures permettrait aussi d'affiner la qualification des gestuelles. En effet, il nous semble en pratique que certaines postures imposent des contraintes trop importantes sur l'opérateur. Pour imager notre propos, un médecin nous a raconté qu'il avait encadré un junior lors d'un accouchement instrumental par forceps et qu'en corrigeant vers le bas l'orientation du forceps, l'apprenant était tombé en arrière. De ce fait, nous souhaitons analyser la stabilité des postures et gestuelles effectuées par les sujets. Nous évaluerons la variation des marges de sécurité représentées par les distances entre le centre de gravité des masses projeté verticalement au sol et les limites de la base du support. La base du support est définie par la zone sous le sujet qui comprend chaque point de contact du participant avec la surface du support. De plus, et bien que ce ne soit pas la priorité, l'analyse des contraintes imposées par la gestuelle sur l'opérateur permettrait d'évaluer quelle gestuelle serait la plus respectueuse du bien-être de l'accoucheur. En effet, l'évaluation des contraintes induites par chaque gestuelle sur le système musculosquelettique peut s'avérer tout à fait pertinente dans le cadre de la prévention des maladies professionnelles. Les dorsalgies sont une des principales pathologies musculosquelettiques des accoucheurs (52,53). Un article récent évalue la charge articulaire de différentes postures adoptées par les sages-femmes et les obstétriciens lors d'accouchements par voie basse spontanés afin de diminuer les morbidités musculo-squelettiques induites (54).

En cas de proposition d'amélioration de la technique, une application réelle en salle de naissance permettrait d'évaluer si le risque de survenue de lésions périnéales diminue en cas de posture et de geste optimisés de l'accouchement instrumental par forceps. Nous pourrons proposer ensuite une technique d'accouchement par forceps optimisée utile en pratique pour les obstétriciens en salle de naissance. Cette normalisation pourra aussi être utile à la formation, à l'entraînement des juniors en simulation et préparera de façon efficace le passage à la clinique ("jamais sur un patient la première fois").

VI. Conclusion

L'accouchement par forceps est le principal facteur de risque de traumatisme périnéal obstétrical, sources de pathologies impactant la qualité de vie des femmes et induisant des coûts de santé majeurs. La posture et gestuelle des opérateurs, pour laquelle il n'existe pas de recommandations détaillées, pourrait être impliquée dans la survenue des complications opératoires induites et leurs repérages pourraient optimiser la maîtrise des risques.

Les résultats apportés par cette étude révèlent que les experts adoptent majoritairement une posture très fléchie avec le regard à hauteur du périnée maternel et effectuent très peu de mouvement. Les débutants sont pour beaucoup d'entre eux initialement mal positionnés car debout. La quantité de mouvement produite se réduit aussi avec le niveau d'expertise. Il nous semble donc que les experts s'installent en « chevalier servant » ou en posture « accroupi » avant d'initier la traction puis qu'ils effectuent peu de mouvement jusqu'à défléchir la tête fœtale. Nous notons aussi que la posture partagée par ces sujets expérimentés permet de diriger la traction dans l'axe théoriquement idéal. Il faut donc que les débutants et les intermédiaires répètent ce geste pour acquérir la meilleure technique.

Nous envisageons d'analyser l'intensité des forces de traction afin de qualifier plus précisément les pratiques. Ainsi, il apparaît nécessaire d'instrumenter un forceps de Suzor avec des capteurs de force pour obtenir directement les données de force. Il nous semble aussi intéressant d'évaluer les gestuelles du point de vue de l'opérateur avec notamment l'évaluation des contraintes induites par chaque gestuelle sur le système musculosquelettique. A long terme, nous pensons être en mesure d'apporter des résultats fiables qui discrimineront les pratiques observées et permettront de proposer une optimisation utile pour la formation, l'enseignement et la pratique.

VII. Bibliographie

1. Coulm B, Blondel B, Bonnet C. Enquête nationale périnatale. Les naissances et les établissements Situation et évolution depuis 2010. Paris; 2016.
2. Macfarlane A, Blondel B, Mohangoo A, Cuttini M, Nijhuis J, Novak Z, et al. Wide differences in mode of delivery within Europe: risk-stratified analyses of aggregated routine data from the Euro-Peristat study. BJOG Int J Obstet Gynaecol. 2016 Mar;123(4):559–68.
3. Schaal JP. Mécanique et techniques obstétricales. Montpellier: Sauramps médical; 2012.
4. Vayssière C, Beucher G, Dupuis O, Feraud O, Simon-Toulza C, Sentilhes L, et al. Instrumental delivery: clinical practice guidelines from the French College of Gynaecologists and Obstetricians. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol. 2011 Nov;159(1):43–8.
5. Fritel X. Périnée et grossesse. Gynécologie Obstétrique Fertil. 2010 May;38(5):332–46.
6. Villot A, Deffieux X, Demoulin G, Rivain AL, Trichot C, Thubert T. Prise en charge de l'incontinence anale du post-partum : revue de la littérature. Prog En Urol. 2015 Dec;25(17):1191–203.
7. Shin GH, Toto EL, Schey R. Pregnancy and Postpartum Bowel Changes: Constipation and Fecal Incontinence: Am J Gastroenterol. 2015 Apr;110(4):521–9.
8. Abramowitz L, Sobhani I, Ganansia R, Vuagnat A, Louis Benifla J, Darai E, et al. Are sphincter defects the cause of anal incontinence after vaginal delivery?: Results of a prospective study. Dis Colon Rectum. 2000 May;43(5):590–6.
9. Rortveit G, Brown JS, Thom DH, Van Den Eeden SK, Creasman JM, Subak LL. Symptomatic Pelvic Organ Prolapse: Prevalence and Risk Factors in a Population-Based, Racially Diverse Cohort. Obstet Gynecol. 2007 Jun;109(6):1396–403.
10. Volløyhaug I, Mørkved S, Salvesen Ø, Salvesen KÅ. Forceps delivery is associated with increased risk of pelvic organ prolapse and muscle trauma: a cross-sectional study 16-24 years after first delivery: Prolapse and delivery. Ultrasound Obstet Gynecol. 2015 Oct;46(4):487–95.
11. Royal College of Obstetricians & Gynaecologists. The Management of Third-and-Fourth-Degree Perineal Tears. 2015 Jun. Report No.: Green-top Guideline No.29.
12. Leeuw JW, Struijk PC, Vierhout ME, Wallenburg HCS. Risk factors for third degree perineal ruptures during delivery. BJOG Int J Obstet Gynaecol. 2001 Apr;108(4):383–7.
13. Shek K, Dietz H. Intrapartum risk factors for levator trauma: Intrapartum risk factors for levator trauma. BJOG Int J Obstet Gynaecol. 2010 Nov;117(12):1485–92.
14. Krofta L, Otčenášek M, Kašíková E, Feyereisl J. Pubococcygeus–puborectalis trauma after forceps delivery: evaluation of the levator ani muscle with 3D/4D ultrasound. Int Urogynecology J. 2009 Oct;20(10):1175–81.
15. Albrich SB, Laterza RM, Skala C, Salvatore S, Koelbl H, Naumann G. Impact of mode of delivery on levator morphology: a prospective observational study with three-dimensional ultrasound early in the postpartum period. BJOG Int J Obstet Gynaecol. 2012 Jan;119(1):51–60.
16. Rusavy Z, Paymova L, Kozerovsky M, Veverkova A, Kalis V, Kamel R, et al. Levator ani avulsion: a Systematic evidence review (LASER). BJOG Int J Obstet Gynaecol. 2022 Mar;129(4):517–28.
17. Subak L. Cost of pelvic organ prolapse surgery in the United States. Obstet Gynecol. 2001 Oct;98(4):646–51.
18. Gyhagen M, Bullarbo M, Nielsen T, Milsom I. Prevalence and risk factors for pelvic organ prolapse 20 years after childbirth: a national cohort study in singleton primiparae after vaginal or caesarean delivery: Pelvic organ prolapse 20 years after childbirth. BJOG Int J Obstet Gynaecol. 2013 Jan;120(2):152–60.
19. Lin S, Atan IK, Dietz HP, Herbison P, Wilson PD. Delivery mode, levator avulsion and obstetric anal sphincter injury: A cross-sectional study 20 years after childbirth. Aust N Z J Obstet Gynaecol. 2019 Aug;59(4):590–6.

20. Fornell EU, Matthiesen L, Sjodahl R, Berg G. Obstetric anal sphincter injury ten years after: subjective and objective long term effects. BJOG Int J Obstet Gynaecol. 2005 Mar;112(3):312–6.
21. Johanson RB, Heycock E, Carter J, Sultan AH, Walklate K, Jones PW. Maternal and child health after assisted vaginal delivery: five-year follow up of a randomised controlled study comparing forceps and ventouse. BJOG Int J Obstet Gynaecol. 2014 Dec;121:23–8.
22. Kyser KL, Lu X, Santillan D, Santillan M, Caughey AB, Wilson MC, et al. Forceps delivery volumes in teaching and nonteaching hospitals: are volumes sufficient for physicians to acquire and maintain competence? Acad Med J Assoc Am Med Coll. 2014 Jan;89(1):71–6.
23. Attilakos G, Sibanda T, Winter C, Johnson N, Draycott T. A randomised controlled trial of a new handheld vacuum extraction device. BJOG Int J Obstet Gynaecol. 2005 Nov;112(11):1510–5.
24. Groom KM, Jones BA, Miller N, Paterson-Brown S. A prospective randomised controlled trial of the Kiwi Omnicup versus conventional ventouse cups for vacuum-assisted vaginal delivery. BJOG Int J Obstet Gynaecol. 2006 Feb;113(2):183–9.
25. Riethmuller D, Ramanah R, Mottet N. [Fetal expulsion: Which interventions for perineal prevention? CNGOF Perineal Prevention and Protection in Obstetrics Guidelines]. Gynecol Obstet Fertil Senol. 2018 Dec;46(12):937–47.
26. Powell J, Gilo N, Foote M, Gil K, Lavin JP. Vacuum and forceps training in residency: experience and self-reported competency. J Perinatol. 2007 Jun;27(6):343–6.
27. Towner D, Castro MA, Eby-Wilkens E, Gilbert WM. Effect of Mode of Delivery in Nulliparous Women on Neonatal Intracranial Injury. N Engl J Med. 1999 Dec 2;341(23):1709–14.
28. Vieille P, Mousty E, Letouzey V, Mares P, de Tayrac R. Évaluation de la formation des internes de gynécologie obstétrique sur simulateur d'accouchement. J Gynécologie Obstétrique Biol Reprod. 2015 May;44(5):471–8.
29. Pronovost PJ, Holzmueller CG, Ennen CS, Fox HE. Overview of progress in patient safety. Am J Obstet Gynecol. 2011 Jan;204(1):5–10.
30. Bahl R, Murphy DJ, Strachan B. Decision-making in operative vaginal delivery: when to intervene, where to deliver and which instrument to use? Qualitative analysis of expert clinical practice. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol. 2013 Oct;170(2):333–40.
31. Draycott TJ, Crofts JF, Ash JP, Wilson LV, Yard E, Sibanda T, et al. Improving neonatal outcome through practical shoulder dystocia training. Obstet Gynecol. 2008 Jul;112(1):14–20.
32. Coste Mazeau P, Boukeffa N, Ticaud Boileau N, Huet S, Traverse M, Eyraud JL, et al. Evaluation of Suzor forceps training by studying obstetric anal sphincter injuries: a retrospective study. BMC Pregnancy Childbirth. 2020 Dec;20(1):674.
33. Gossett DR, Gilchrist-Scott D, Wayne DB, Gerber SE. Simulation Training for Forceps-Assisted Vaginal Delivery and Rates of Maternal Perineal Trauma. Obstet Gynecol. 2016 Sep;128(3):429–35.
34. Dupuis O, Silveira R, Dupont C, Mottolese C, Kahn P, Dittmar A, et al. Comparison of "instrument-associated" and "spontaneous" obstetric depressed skull fractures in a cohort of 68 neonates. Am J Obstet Gynecol. 2005 Jan;192(1):165–70.
35. Wylie B. Forceps traction, an index of birth difficulty. Am J Obstet Gynecol. 1963 May;86(1):38–42.
36. Kelly JV. Compression of the fetal brain. Am J Obstet Gynecol. 1963 Mar;85(5):687–94.
37. Ramphul M, Kennelly M, Burke G, Murphy D. Risk factors and morbidity associated with suboptimal instrument placement at instrumental delivery: observational study nested within the Instrumental Delivery & Ultrasound randomised controlled trial ISRCTN 72230496. BJOG Int J Obstet Gynaecol. 2015 Mar;122(4):558–63.
38. Dupuis O, Moreau R, Silveira R, Pham MT, Zentner A, Cucherat M, et al. A new obstetric forceps for the training of junior doctors: a comparison of the spatial dispersion of forceps blade

trajectories between junior and senior obstetricians. Am J Obstet Gynecol. 2006 Jun;194(6):1524–31.
39. Leslie KK, Dipasquale-Lehnerz P, Smith M. Obstetric Forceps Training Using Visual Feedback and the Isometric Strength Testing Unit: Obstet Gynecol. 2005 Feb;105(2):377–82.
40. Dennen EH. TECHNIQUES OF APPLICATION FOR LOW FORCEPS: Clin Obstet Gynecol. 1965 Dec;8(4):834–53.
41. While Obstetric forceps are being applied, what should be the position of the accoucheur? Standing or Sitting [Internet]. ResearchGate. [cited 2021 Jan 14]. Available from: https://www.researchgate.net/post/While_Obstetric_forceps_are_being_applied_what_should_be_the_position_of_the_accoucheur_Standing_or_Sitting
42. Massion J, Dufosse M. Coordination Between Posture and Movement: Why and How? Physiology. 1988 Jun 1;3(3):88–93.
43. Hume PA, Keogh J, Reid D. The Role of Biomechanics in Maximising Distance and Accuracy of Golf Shots: Sports Med. 2005;35(5):429–49.
44. Kluwak K, Klempous R, Chaczko Z, Rozenblit JW, Kulbacki M. People Lifting Patterns—A Reference Dataset for Practitioners. Sensors. 2021 Apr 30;21(9):3142.
45. Cole MH, Grimshaw PN. The X-Factor and Its Relationship to Golfing Performance. J Quant Anal Sports [Internet]. 2009 Jan 15 [cited 2022 Aug 9];5(1). Available from: https://www.degruyter.com/document/doi/10.2202/1559-0410.1134/html
46. Papaspyros SC, Kar A, O'Regan D. Surgical ergonomics. Analysis of technical skills, simulation models and assessment methods. Int J Surg. 2015 Jun;18:83–7.
47. Valovska MT, Gomez G, Fineman R, Woltmann W, Stirling L, Wollin DA. Analysis of Flexible Ureteroscopic Motion and Kinematic Efficiency: A Simulation-Based Pilot Study. J Endourol. 2022 Jun;36(6):855–61.
48. Weitbrecht M, Holzgreve F, Fraeulin L, Haenel J, Betz W, Erbe C, et al. Ergonomic Risk Assessment of Oral and Maxillofacial Surgeons - RULA Applied to Objective Kinematic Data. Hum Factors. 2022 Mar 3;187208211053073.
49. Desseauve D, Fradet L, Gachon B, Cherni Y, Lacouture P, Pierre F. Biomechanical comparison of squatting and "optimal" supine birth positions. J Biomech. 2020 May 22;105:109783.
50. Baker R. Gait analysis methods in rehabilitation. J NeuroEngineering Rehabil. 2006;3(1):4.
51. Leboeuf F, Baker R, Barré A, Reay J, Jones R, Sangeux M. The conventional gait model, an open-source implementation that reproduces the past but prepares for the future. Gait Posture. 2019 Mar;69:235–41.
52. Karahan A, Kav S, Abbasoglu A, Dogan N. Low back pain: prevalence and associated risk factors among hospital staff. J Adv Nurs. 2009 Mar;65(3):516–24.
53. Houngbedji GM, Abathan MS, Alagnide E, Kpadonou TG. Prevalence of low back pain in midwives and nurses. Ann Phys Rehabil Med. 2017 Sep;60:e20–1.
54. Melzner M, Ismail KM, Rušavý Z, Kališ V, Süß F, Dendorfer S. Musculoskeletal lower back load of accoucheurs during childbirth – A pilot and feasibility study. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol. 2021 Sep;264:306–13.

VIII. Annexes

A. Questionnaire – retour d'expérience

1) Quels sont vos initiales, votre mois et année de naissance ?

2) Comment évaluez-vous le réalisme du bassin maternel ?
   a. Excellent
   b. Satisfaisant
   c. Moyen
   d. Faible

3) Comment évaluez-vous le réalisme de la tête fœtale ?
   a. Excellent
   b. Satisfaisant
   c. Moyen
   d. Faible

4) Comment évaluez-vous le réalisme du forceps ?
   a. Excellent
   b. Satisfaisant
   c. Moyen
   d. Faible

5) Comment évaluez-vous le réalisme de cette extraction fœtale par forceps ?
   a. Excellent
   b. Satisfaisant
   c. Moyen
   d. Faible

B. Code utilisé sur le logiciel R Studio

```
options(max.print=1000000)
set.seed(1325)
library(haven)
library("FactoMineR")
library("factoextra")

données<-read.csv2
("C:\\Users\\Manon\\Desktop\\Thèse\\Donnees.csv",
header=TRUE, row.names="ID")
cols <- sapply(données, is.character)
données[cols] <- lapply(données[cols], factor)
summary(données)

# 1. Calcul du nombre de dimensions nécessaire
get_eigenvalue(res)
fviz_eig(res)

# 2. Réalisation de l'ACP
res<-PCA(données,quali.sup=20)

# 3. Appliquer la classification hiérarchique sur le
résultat de l'ACP = HCPC
res_hcpc <- HCPC(res,
graph=TRUE,consol=TRUE,iter.max=500)

# 4. Description de chaque groupe par les variables
quantitatives
res_hcpc$desc.var

# 5. Sujet représentant le plus caractéristique de
chaque cluster
res_hcpc$desc.ind$dist

# 6. Visualisation graphique 3D
fviz_cluster(res_hcpc,
        repel = TRUE,
        show.clust.cent = TRUE,
        palette = "jco",
        ggtheme = theme_minimal(),
        main = "Factor map")
```

C. Pourcentage de variance expliquée par composante principale

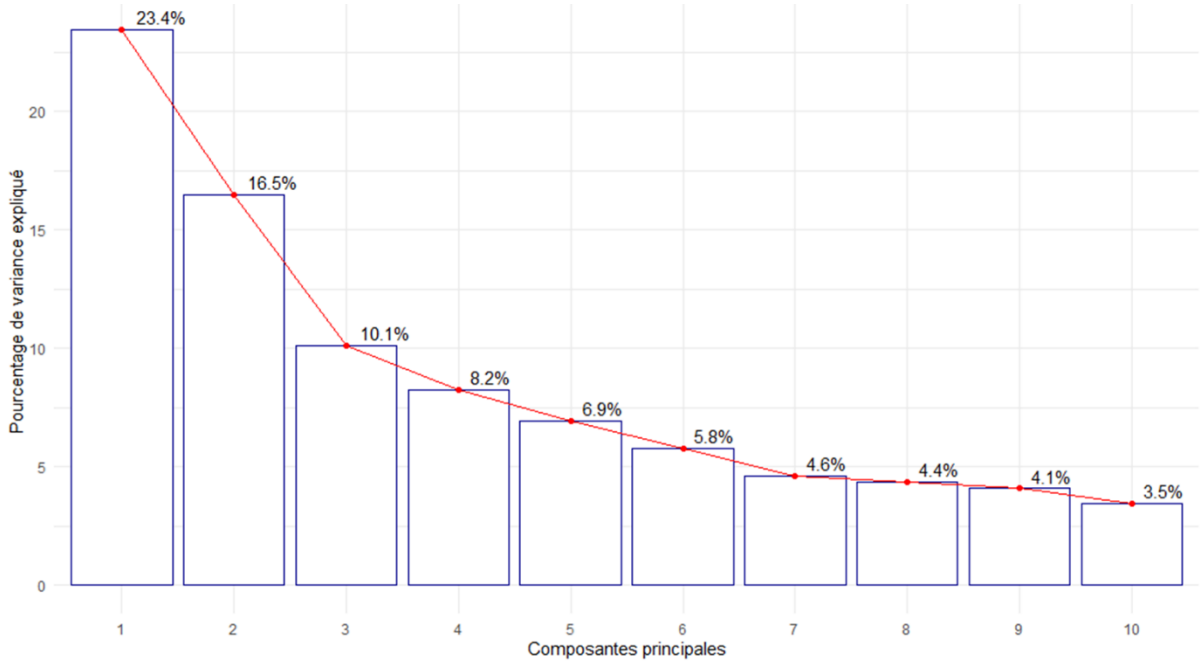

Figure VIII-1 : Pourcentage de variance expliqué par chaque composante principale lors du franchissement du premier plan

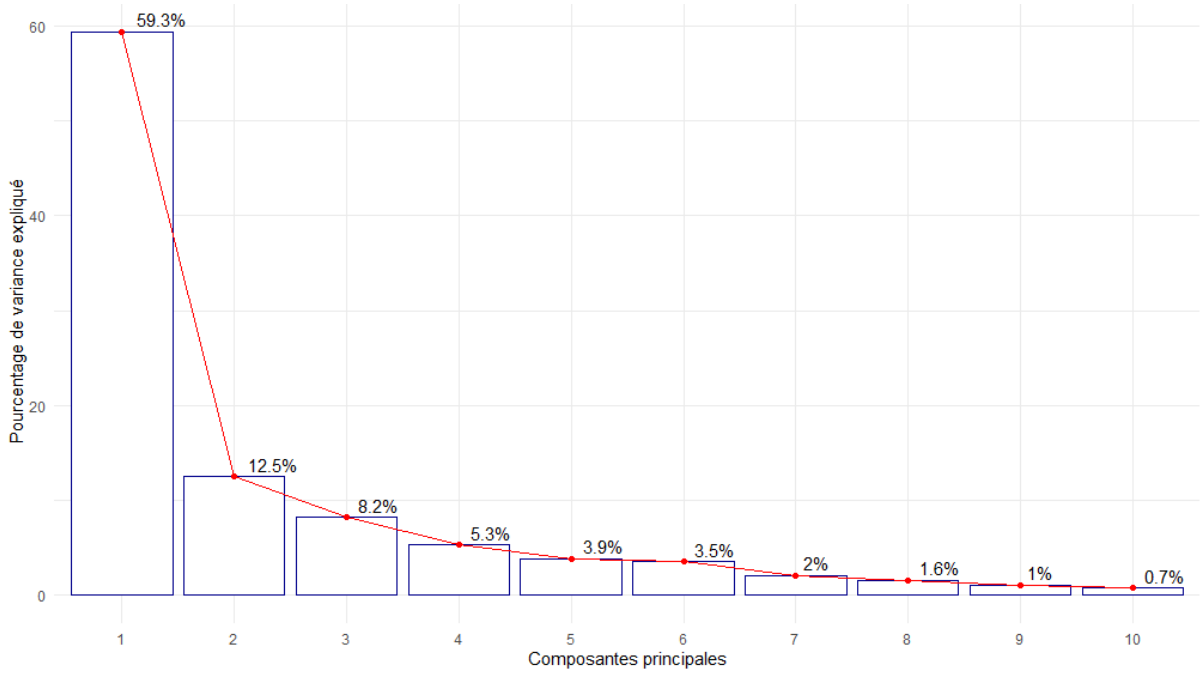

Figure VIII-2 : Pourcentage de variance expliqué par chaque composante principale lors de la première phase

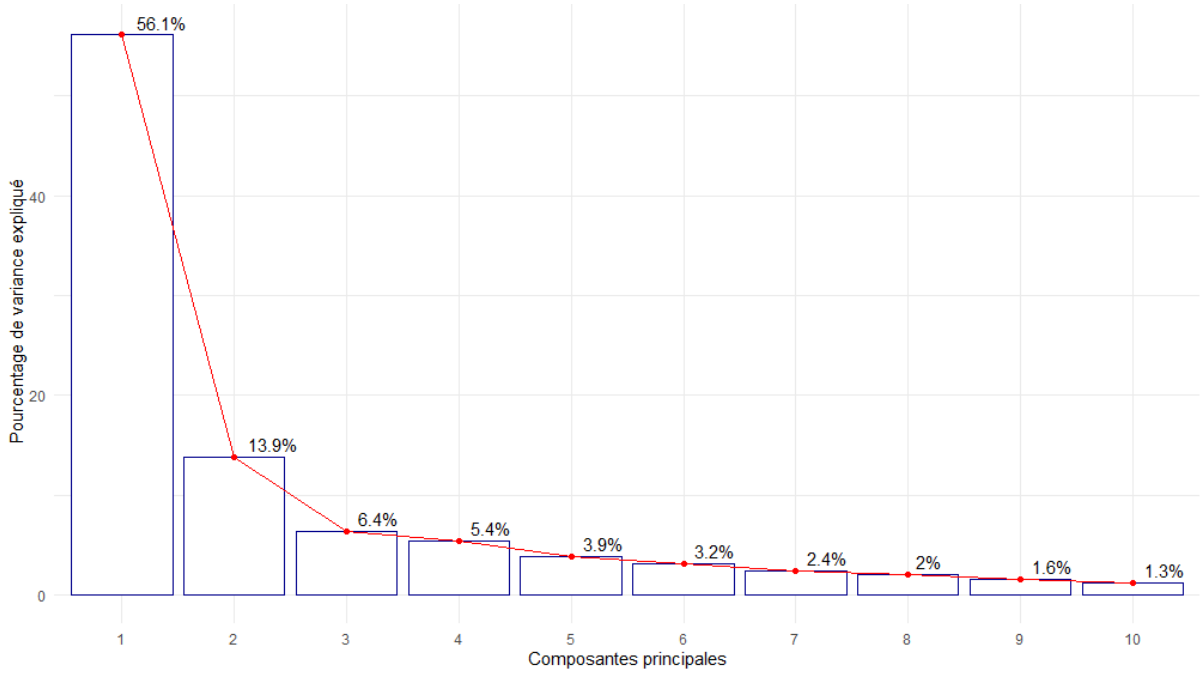

Figure VIII-3 : Pourcentage de variance expliqué par chaque composante principale lors de la seconde phase

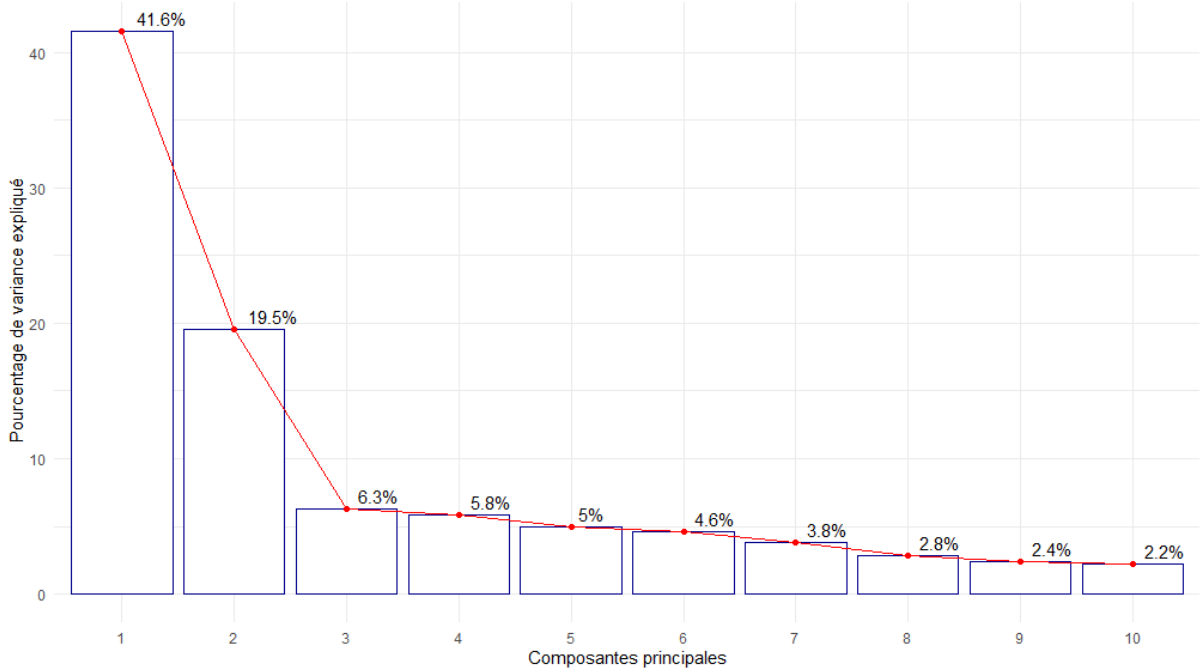

Figure VIII-4 : Pourcentage de variance expliqué par chaque composante principale lors de la troisième phase

D. Seuil de significativité des variables dominantes de chaque cluster

Cluster	variables	v.test	Mean in category	Overall mean	SD in category	Overall sd	p.value
1	Distance tête.sol	4,77	1,433	1,240	0,103	0,122	1,85E-06
	Distance tête.table	4,04	0,722	0,448	0,132	0,205	5,28E-05
	Abduction poignets	-2,50	-1	17	19	22	1,24E-02
	Flexion hanche arrière	-2,56	24	43	12	22	1,05E-02
	Flexion épaules	-3,49	50	64	13	12	4,76E-04
	Flexion coudes	-3,61	58	84	25	22	3,01E-04
	Flexion genou avant	-4,37	35	86	19	35	1,26E-05
	Flexion genou arrière	-4,61	42	102	19	40	3,96E-06
	Flexion hanche avant	-5,42	50	90	17	23	5,87E-08
2	Flexion thorax	5,11	51	31	14	15	3,24E-07
	Flexion hanche arrière	3,92	66	43	15	22	8,87E-05
	Abduction hanche arrière	3,12	-2	-10	8	9	1,82E-03
	Flexion cheville arrière	2,75	32	19	11	18	5,88E-03
	Flexion genou avant	-3,19	69	102	32	40	1,42E-03
	Flexion genou arrière	-3,50	54	86	24	35	4,64E-04
	Flexion cheville avant	-3,62	-5	9	9	15	2,96E-04
3	Abduction hanche avant	3,88	3	-3	7	9	1,03E-04
	Flexion cheville avant	3,85	18	9	10	15	1,18E-04
	Flexion genou avant	3,35	104	86	12	35	8,21E-04
	Flexion coudes	3,31	96	84	11	22	9,46E-04
	Flexion poignets	2,86	34	26	11	19	4,21E-03
	Flexion genou arrière	2,33	116	102	10	40	1,97E-02
	Rotation hanche arrière	2,16	2	-2	9	12	3,05E-02
	Abduction épaules	-2,00	-3	9	23	37	4,50E-02
	Abduction hanche arrière	-2,13	-13	-10	7	9	3,30E-02
	Rotation hanche avant	-2,44	-8	-2	11	14	1,48E-02
	Flexion thorax	-2,47	25	31	11	15	1,36E-02
	Flexion cheville arrière	-3,20	10	19	21	18	1,37E-03
	Flexion hanche arrière	-3,62	30	43	14	22	3,00E-04
	Rotation poignets	-3,96	-58	-35	11	38	7,45E-05
4	Flexion genou arrière	4,18	143	102	16	40	2,98E-05
	Flexion hanche avant	3,33	109	90	7	23	8,82E-04
	Flexion épaules	3,11	74	64	6	12	1,84E-03
	Flexion genou avant	3,08	113	86	23	35	2,07E-03
	Flexion hanche arrière	2,56	57	43	19	22	1,04E-02
	Flexion poignets	-2,02	16	26	18	19	4,38E-02
	Distance tête.sol	-2,85	1	1	0	0	4,38E-03
	Distance tête.table	-2,88	0	0	0	0	4,01E-03
	Rotation hanche avant	-3,12	-9	-3	10	9	1,81E-03

Tableau VIII-1 : Variables justifiant la création des clusters lors du franchissement du premier plan

cluster	Amplitude des variables	v.test	Mean in category	Overall mean	SD in category	Overall sd	p.value
1	Flexion cheville arrière	-3,08	2	4	2	7	2,10E-03
	Abduction épaules	-3,37	7	17	11	24	7,43E-04
	Flexion genou avant	-3,47	3	9	4	14	5,20E-04
	Abduction hanche avant	-3,57	1	3	1	5	3,51E-04
	Rotation hanche avant	-3,68	1	4	1	5	2,36E-04
	Abduction hanche arrière	-3,75	1	3	1	5	1,76E-04
	Flexion genou arrière	-3,91	4	12	5	18	9,24E-05
	Rotation hanche arrière	-4,04	1	4	1	5	5,42E-05
	Flexion hanche avant	-4,22	2	7	2	10	2,46E-05
	Flexion thorax	-4,29	2	5	2	6	1,79E-05
	Flexion cheville avant	-4,41	2	5	2	5	1,05E-05
	Flexion coudes	-4,45	2	5	2	5	8,77E-06
	Flexion hanche arrière	-4,58	3	8	3	10	4,62E-06
	Flexion épaules	-4,82	2	6	2	6	1,43E-06
	Flexion poignets	-5,29	3	8	3	7	1,21E-07
	Rotation poignets	-5,38	3	8	2	7	7,49E-08
	Abduction poignets	-5,57	2	4	2	3	2,48E-08
2	Abduction poignets	4,02	7	4	2	3	5,86E-05
	Flexion poignets	3,16	12	8	6	7	1,56E-03
	Rotation poignets	2,78	12	8	5	7	5,41E-03
	Flexion coudes	2,10	7	5	5	5	3,59E-02
3	Flexion hanche avant	5,80	27	7	14	10	6,53E-09
	Flexion genou avant	5,76	35	9	20	14	8,36E-09
	Flexion genou arrière	5,64	45	12	24	18	1,67E-08
	Flexion cheville arrière	5,54	16	4	10	7	3,01E-08
	Flexion hanche arrière	5,53	26	8	13	10	3,12E-08
	Rotation hanche arrière	5,31	13	4	8	5	1,11E-07
	Abduction hanche arrière	5,24	12	3	8	5	1,56E-07
	Flexion thorax	5,24	15	5	8	6	1,64E-07
	Rotation hanche avant	4,97	11	4	8	5	6,74E-07
	Abduction hanche avant	4,81	10	3	8	5	1,54E-06
	Flexion épaules	4,63	15	6	8	6	3,58E-06
	Flexion cheville avant	4,52	12	5	7	5	6,19E-06
	Rotation poignets	3,99	17	8	7	7	6,59E-05
	Abduction épaules	3,77	47	17	40	24	1,65E-04
	Flexion coudes	3,57	11	5	5	5	3,62E-04
	Flexion poignets	3,35	15	8	6	7	7,96E-04
	Abduction poignets	2,62	7	4	3	3	8,91E-03

Tableau VIII-2 : Variables justifiant la création des clusters lors de la première phase

cluster	Amplitude des variables	v.test	Mean in category	Overall mean	SD in category	Overall sd	p.value
1	Abduction épaules	-2,90	21	31	23	36	3,70E-03
	Flexion cheville arrière	-3,58	4	7	5	8	3,43E-04
	Abduction poignets	-3,78	7	9	4	7	1,57E-04
	Flexion genou arrière	-3,79	15	23	21	25	1,53E-04
	Flexion hanche arrière	-3,81	9	13	9	11	1,37E-04
	Abduction hanche avant	-4,32	3	4	2	4	1,58E-05
	Flexion poignets	-4,54	15	23	13	20	5,63E-06
	Rotation poignets	-4,63	14	22	11	19	3,59E-06
	Flexion cheville avant	-4,65	6	9	4	9	3,24E-06
	Flexion thorax	-4,81	6	9	4	8	1,48E-06
	Abduction hanche arrière	-4,86	3	5	3	5	1,15E-06
	Flexion coudes	-4,87	8	11	5	8	1,14E-06
	Flexion genou avant	-5,07	8	18	9	22	3,94E-07
	Rotation hanche arrière	-5,11	4	6	2	6	3,22E-07
	Rotation hanche avant	-5,76	4	6	3	5	8,53E-09
	Flexion hanche avant	-5,99	7	13	5	11	2,07E-09
	Flexion épaules	-6,18	8	12	4	8	6,45E-10
2	Flexion poignets	4,20	46	23	20	20	2,64E-05
	Abduction poignets	4,18	17	9	9	7	2,93E-05
	Flexion épaules	4,12	20	12	5	8	3,76E-05
	Rotation poignets	3,87	42	22	21	19	1,10E-04
	Rotation hanche avant	3,26	10	6	3	5	1,13E-03
	Flexion coudes	3,19	18	11	6	8	1,44E-03
	Flexion hanche avant	2,81	21	13	5	11	5,02E-03
	Rotation hanche arrière	2,57	11	6	4	6	1,01E-02
3	Flexion genou avant	5,96	69	18	18	22	2,50E-09
	Flexion cheville avant	5,67	29	9	9	9	1,45E-08
	Flexion hanche avant	5,32	36	13	7	11	1,01E-07
	Abduction hanche arrière	5,09	15	5	5	5	3,57E-07
	Abduction hanche avant	5,02	13	4	7	4	5,28E-07
	Flexion thorax	4,72	24	9	10	8	2,35E-06
	Rotation hanche avant	4,40	14	6	3	5	1,10E-05
	Flexion genou arrière	4,37	64	23	11	25	1,26E-05
	Rotation hanche arrière	4,31	16	6	9	6	1,65E-05
	Flexion épaules	3,91	23	12	3	8	9,20E-05
	Flexion cheville arrière	3,69	18	7	11	8	2,25E-04
	Flexion hanche arrière	3,59	29	13	13	11	3,29E-04
	Flexion coudes	3,15	21	11	10	8	1,61E-03
	Abduction épaules	2,66	68	31	71	36	7,92E-03

Tableau VIII-3 : Variables justifiant la création des clusters lors de la seconde phase

cluster	Amplitude des variables	v.test	Mean in category	Overall mean	SD in category	Overall sd	p.value
1	Flexion cheville arrière	-2,55	13	20	14	19	1,09E-02
	Flexion épaules	-3,02	19	27	8	17	2,56E-03
	Flexion thorax	-3,12	11	16	7	9	1,81E-03
	Rotation hanche avant	-3,94	7	12	4	8	8,22E-05
	Rotation hanche arrière	-4,20	5	12	3	10	2,72E-05
	Abduction hanche avant	-4,25	4	9	2	7	2,15E-05
	Abduction hanche arrière	-4,46	5	10	3	8	8,08E-06
	Flexion hanche arrière	-4,51	17	31	10	20	6,44E-06
	Flexion cheville avant	-5,14	8	16	5	8	2,81E-07
	Flexion genou arrière	-5,38	26	60	18	39	7,26E-08
	Flexion genou avant	-5,54	17	45	13	32	3,05E-08
	Flexion hanche avant	-5,76	16	38	11	24	8,42E-09
2	Flexion genou avant	2,81	65	45	23	32	4,92E-03
	Flexion cheville avant	2,42	20	16	6	8	1,54E-02
	Abduction poignets	2,81	13	27	9	22	4,93E-03
	Rotation poignets	3,02	27	52	17	40	2,55E-03
	Flexion poignets	3,73	25	48	16	29	1,88E-04
3	Rotation hanche arrière	5,92	24	12	9	10	3,31E-09
	Abduction hanche arrière	5,68	18	10	6	8	1,33E-08
	Abduction hanche avant	5,51	16	9	7	7	3,57E-08
	Rotation hanche avant	4,88	19	12	8	8	1,06E-06
	Flexion thorax	4,73	25	16	9	9	2,27E-06
	Flexion hanche avant	4,32	59	38	19	24	1,57E-05
	Flexion épaules	3,93	40	27	22	17	8,53E-05
	Flexion genou arrière	3,82	89	60	32	39	1,31E-04
	Flexion hanche arrière	3,82	46	31	18	20	1,34E-04
	Flexion cheville arrière	3,77	34	20	20	19	1,65E-04
	Flexion genou avant	3,13	65	45	28	32	1,77E-03
	Flexion cheville avant	3,08	21	16	7	8	2,08E-03
	Flexion coudes	2,95	31	22	17	14	3,15E-03
	Abduction poignets	2,53	38	27	31	22	1,14E-02
	Rotation poignets	2,47	72	52	50	40	1,35E-02
	Flexion poignets	2,04	59	48	24	29	4,16E-02

Tableau VIII-4 : Variables justifiant la création des clusters lors de la troisième phase

IX. Résumé

Contexte de l'étude : L'accouchement par forceps est le principal facteur de risque de traumatisme périnéal obstétrical, source de pathologies impactant la qualité de vie des femmes et induisant des coûts de santé majeurs. La gestuelle des opérateurs, pour laquelle il n'existe pas de recommandations détaillées, pourrait être impliquée dans la survenue des complications opératoires induites et leurs repérages pourraient optimiser la maîtrise des risques.

Méthodes : Il s'agit d'une étude expérimentale, bicentrique, réalisée en février et mars 2021 au sein de deux salles d'accouchement dans les centres hospitalo-universitaires de Poitiers et Limoges. La posture et la gestuelle d'accoucheurs volontaires sont enregistrées à l'aide d'un système optoélectronique d'analyse du mouvement lors d'une naissance par forceps simulée sur mannequin. Les données sont traitées par phases, définies selon deux plans anatomiques du bassin maternel puis analysées au moyen d'une classification ascendante hiérarchique. L'objectif de cette expérimentation est de recenser les différentes pratiques, de les explorer au travers de l'influence de l'expérience et du centre d'activité des participants enregistrés et de les qualifier au moyen de la direction de la force de traction.

Résultats : Nous observons des postures différentes lors du franchissement du premier plan mais aussi des manières de tirer différentes. Il semble que les experts s'installent en « chevalier servant » ou en posture « accroupi » avant d'initier la traction puis qu'ils effectuent peu de mouvement jusqu'à défléchir la tête fœtale. Les débutants sont pour beaucoup d'entre eux initialement mal positionnés car debout et la quantité de mouvement produite se réduit avec le niveau d'expertise. De plus, nous notons que la posture partagée par les sujets expérimentés permet de diriger la traction dans l'axe théoriquement idéal. Il faut donc que les débutants et les intermédiaires répètent ce geste pour acquérir la meilleure technique.

Discussion : Au vu de nos données, il semblerait que l'hétérogénéité des postures retrouvées puisse être en partie liée au degré d'expérience et que ces pratiques aient un impact important sur la direction des forces lors de l'accouchement instrumental par forceps. Une étude de l'intensité des forces exercées par le forceps sur le fœtus est nécessaire pour poursuivre la qualification des pratiques observées et définir s'il existe une technique optimale pour parvenir à une naissance sûre pour la mère et son enfant

UNIVERSITE DE POITIERS

Faculté de Médecine et de Pharmacie

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 !

Contexte de l'étude : L'accouchement par forceps est le principal facteur de risque de traumatisme périnéal obstétrical, source de pathologies impactant la qualité de vie des femmes et induisant des coûts de santé majeurs. La gestuelle des opérateurs, pour laquelle il n'existe pas de recommandations détaillées, pourrait être impliquée dans la survenue des complications opératoires induites et leurs repérages pourraient optimiser la maîtrise des risques.

Méthodes : Il s'agit d'une étude expérimentale, bicentrique, réalisée en février et mars 2021 au sein de deux salles d'accouchement dans les centres hospitalo-universitaires de Poitiers et Limoges. La posture et la gestuelle d'accoucheurs volontaires sont enregistrées à l'aide d'un système optoélectronique d'analyse du mouvement lors d'une naissance par forceps simulée sur mannequin. Les données sont traitées par phases, définies selon deux plans anatomiques du bassin maternel puis analysées au moyen d'une classification ascendante hiérarchique. L'objectif de cette expérimentation est de recenser les différentes pratiques, de les explorer au travers de l'influence de l'expérience et du centre d'activité des participants enregistrés et de les qualifier au moyen de la direction de la force de traction.

Résultats : Nous observons des postures différentes lors du franchissement du premier plan mais aussi des manières de tirer différentes. Il semble que les experts s'installent en « chevalier servant » ou en posture « accroupi » avant d'initier la traction puis qu'ils effectuent peu de mouvement jusqu'à défléchir la tête fœtale. Les débutants sont pour beaucoup d'entre eux initialement mal positionnés car debout et la quantité de mouvement produite se réduit avec le niveau d'expertise. De plus, nous notons que la posture partagée par les sujets expérimentés permet de diriger la traction dans l'axe théoriquement idéal. Il faut donc que les débutants et les intermédiaires répètent ce geste pour acquérir la meilleure technique.

Discussion : Au vu de nos données, il semblerait que l'hétérogénéité des postures retrouvées puisse être en partie liée au degré d'expérience et que ces pratiques aient un impact important sur la direction des forces lors de l'accouchement instrumental par forceps. Une étude de l'intensité des forces exercées par le forceps sur le fœtus est nécessaire pour poursuivre la qualification des pratiques observées et définir s'il existe une technique optimale pour parvenir à une naissance sûre pour la mère et son enfant.