



# Université de Poitiers

## Faculté de Médecine et Pharmacie

ANNÉE 2024 - 2025

### THESE

Thèse de spécialité en Médecine Physique et de Réadaptation  
POUR LE DIPLÔME D'ETAT  
DE DOCTEUR EN MÉDECINE  
(décret du 25 novembre 2016)

Présentée et soutenue publiquement  
le 11 octobre 2024 à Poitiers  
par **Monsieur Nathan CARON**

#### Titre

Utilisation de la réalité virtuelle comme outil d'analgésie lors des injections de toxine botulique chez l'enfant spastique : une étude de faisabilité.

#### COMPOSITION DU JURY

**Président** : Monsieur le Professeur Jean-Christophe DAVIET

**Membres** :

Monsieur le Docteur Maxence COMPAGNAT

Monsieur le Docteur Romain CHAMPAGNE

Monsieur le Docteur Romain DAVID

Madame le Docteur Valentine GILQUIN

**Directrice de thèse** : Madame le Docteur Valentine GILQUIN

**Co-encadrant** : Monsieur le Docteur Romain DAVID



# Université de Poitiers

## Faculté de Médecine et Pharmacie

ANNÉE 2024 - 2025

### THESE

Thèse de spécialité en Médecine Physique et de Réadaptation  
POUR LE DIPLÔME D'ETAT  
DE DOCTEUR EN MÉDECINE  
(décret du 25 novembre 2016)

présentée et soutenue publiquement  
le 11 octobre 2024 à Poitiers  
par Monsieur Nathan CARON

#### Titre

Utilisation de la réalité virtuelle comme outil d'analgésie lors des injections de  
toxine botulique chez l'enfant spastique : une étude de faisabilité.

#### COMPOSITION DU JURY

**Président** : Monsieur le Professeur Jean-Christophe DAVIET

**Membres** :

Monsieur le Docteur Maxence COMPAGNAT  
Monsieur le Docteur Romain CHAMPAGNE  
Monsieur le Docteur Romain DAVID  
Madame le Docteur Valentine GILQUIN

**Directrice de thèse** : Madame le Docteur Valentine GILQUIN

**Co-encadrant** : Monsieur le Dr Romain DAVID

**LISTE DES ENSEIGNANTS**

Année universitaire 2023 – 2024

**SECTION MEDECINE**
**Professeurs des Universités-Praticiens Hospitaliers**

- ALBOUY Marion, santé publique – **Référente égalité-diversité**
- BINET Aurélien, chirurgie infantile
- BOISSON Matthieu, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- BOULETI Claire, cardiologie
- BOURMEYSTER Nicolas, biochimie et biologie moléculaire
- 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 2<sup>nd</sup> cycle**
- DAHYOT-FIZELIER Claire, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- DONATINI Gianluca, chirurgie viscérale et digestive
- DROUOT Xavier, physiologie – **Assesseur recherche**
- DUFOUR Xavier, Oto-Rhino-Laryngologie – **Assesseur 2<sup>nd</sup> cycle, stages hospitaliers**
- FAURE Jean-Pierre, anatomie
- FRASCA Denis, anesthésiologie-réanimation
- FRITEL Xavier, gynécologie-obstétrique
- GARCIA Rodrigue, cardiologie
- GERVAIS Elisabeth, rhumatologie
- GICQUEL Ludovic, pédopsychiatrie
- 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
- LELEU Xavier, hématologie
- LEVEQUE Nicolas, bactériologie-virologie – **Assesseur 1<sup>er</sup> 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**
- PELLERIN Luc, biologie cellulaire
- PERAULT-POCHAT Marie-Christine, pharmacologie clinique

- PERDRISOT Rémy, biophysique et médecine nucléaire – **Assesseur L.AS et 1<sup>er</sup> cycle**
- PERRAUD CATEAU Estelle, parasitologie et mycologie
- PRIES Pierre, chirurgie orthopédique et traumatologique
- PUYADE Mathieu, médecine interne
- 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 3<sup>e</sup> cycle**
- TASU Jean-Pierre, radiologie et imagerie médicale
- THIERRY Antoine, néphrologie – **Assesseur 1<sup>er</sup> cycle**
- THILLE Arnaud, médecine intensive-réanimation – **assesseur 1<sup>er</sup> cycle stages hospitaliers**
- TOUGERON David, gastro-entérologie
- WAGER Michel, neurochirurgie
- XAVIER Jean, pédopsychiatrie

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

- 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
- BRUNET Kévin, parasitologie et mycologie
- CAYSSIALS Emilie, hématologie
- CREMNITER Julie, bactériologie-virologie
- DIAZ Véronique, physiologie – **Référente relations internationales**
- EGLOFF Matthieu, histologie, embryologie et cytogénétique
- EVRARD Camille, cancérologie
- GACHON Bertrand, gynécologie-obstétrique (*en dispo 2 ans à/c du 31/07/2022*)
- GARCIA Magali, bactériologie-virologie (*absente jusqu'au 29/12/2023*)
- GUENEZAN Jérémy, médecine d'urgence
- HARIKA-GERMANEAU Ghina, psychiatrie d'adultes
- 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
- LIJU Evelyne, gériatrie – **assesseur 1<sup>er</sup> cycle stages hospitaliers**
- MARTIN Mickaël, médecine interne – **Assesseur 2<sup>nd</sup> cycle**
- MASSON REGNAULT Marie, dermato-vénérologie
- PALAZZO Paola, neurologie (*en dispo 5 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

**Maître de Conférences des universités de médecine générale**

- MIGNOT Stéphanie

**Professeur associé des universités des disciplines médicales**

- FRAT Jean-Pierre, médecine intensive-réanimation

**Professeur associé des universités des disciplines odontologiques**

- FLORENTIN Franck, réhabilitation orale

**Professeurs associés de médecine générale**

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

**Maîtres de Conférences associés de médecine générale**

- AUDIER Régis
- BONNET Christophe
- DU BREUILLAC Jean
- FORGEOT Raphaële
- JEDAT Vincent

**Professeurs émérites**

- BINDER Philippe, médecine générale (08/2028)
- DEBIAIS Françoise, rhumatologie (08/2028)
- GIL Roger, neurologie (08/2026)
- GUILHOT-GAUDEFFROY François, hématologie et transfusion (08/2026)
- INGRAND Pierre, biostatistiques, informatique médicale (08/2025)
- LECRON Jean-Claude, biochimie et biologie moléculaire (08/2028)
- MARECHAUD Richard, médecine interne (08/2026)
- RICCO Jean-Baptiste, chirurgie vasculaire (08/2024)
- ROBERT René, médecine intensive-réanimation (30/11/2024)
- SENON Jean-Louis, psychiatrie d'adultes (08/2026)

**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
- BARRIERE Michel, biochimie et biologie moléculaire
- BECQ-GIRAUDON Bertrand, maladies infectieuses, maladies tropicales (ex-émérite)
- BEGON François, biophysique, médecine nucléaire
- BOINOT Catherine, hématologie – transfusion
- BONTOUX Daniel, rhumatologie (ex-émérite)
- BURIN Pierre, histologie
- CARRETIER Michel, chirurgie viscérale et digestive (ex-émérite)
- CASTEL Olivier, 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, oncologie 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)
- GILBERT-DUSSARDIER Brigitte, génétique
- GOMES DA CUNHA José, médecine générale (ex-émérite)
- GRIGNON Bernadette, bactériologie
- GUILLARD Olivier, biochimie et biologie moléculaire
- GUILLET Gérard, dermatologie
- HERPIN Daniel, cardiologie (ex-émérite)
- 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)
- TOUCHARD Guy, néphrologie (ex-émérite)
- TOURANI Jean-Marc, oncologie
- VANDERMARCO Guy, radiologie et imagerie médicale

## SECTION PHARMACIE

### *Professeurs des universités-praticiens hospitaliers*

- DUPUIS Antoine, pharmacie clinique – **Assesseur pédagogique pharmacie**
- FOUCHER Yohann, biostatistiques
- GREGOIRE Nicolas, pharmacologie et pharmacométrie
- MARCHAND Sandrine, pharmacologie, pharmacocinétique
- RAGOT Stéphanie, santé publique

### *Professeurs des universités*

- BODET Charles, microbiologie
- CARATO Pascal, chimie thérapeutique
- FAUCONNEAU Bernard, toxicologie
- FAVOT-LAFORGE Laure, biologie cellulaire et moléculaire
- GUILLARD Jérôme, pharmacochimie
- IMBERT Christine, parasitologie et mycologie médicale
- OLIVIER Jean-Christophe, pharmacie galénique, biopharmacie et pharmacie industrielle – **réfèrent relations internationales**
- PAGE Guylène, biologie cellulaire, biothérapeutiques
- PAIN Stéphanie, toxicologie
- SARROUILHE Denis, physiologie humaine – **Directeur de la section pharmacie**

### *Maîtres de conférences des universités-praticiens hospitaliers*

- BARRA Anne, immuno-hématologie
- BINSON Guillaume, pharmacie clinique – **encadrement stages hospitaliers**
- THEVENOT Sarah, hygiène, hydrologie et environnement – **encadrement stages hospitaliers**

### *Maîtres de conférences*

- BARRIER Laurence, biochimie générale et clinique
- BON Delphine, biophysique
- BRILLAULT Julien, pharmacocinétique, biopharmacie
- BUYCK Julien, microbiologie (HDR)
- CHAUZY Alexia, pharmacologie fondamentale et thérapeutique
- DEBORDE-DELAGE Marie, chimie analytique
- DELAGE Jacques, biomathématiques, biophysique
- GIRARDOT Marion, biologie végétale et pharmacognosie
- INGRAND Sabrina, toxicologie
- MARIVINGT-MOUNIR Cécile, pharmacochimie (HDR)
- PINET Caroline, physiologie, anatomie humaine
- RIOUX-BILAN Agnès, biochimie – **Référente CNAES – Responsable du dispositif COME'in – référente égalité-diversité**
- TEWES Frédéric, chimie et pharmacotechnie (HDR)
- 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

### *A.T.E.R. (attaché temporaire d'enseignement et de recherche)*

- ARANZANA-CLIMENT Vincent, pharmacologie
- KAOUAH Zahyra, bactériologie
- MOLINA PENA Rodolfo, pharmacie galénique

### *Professeur émérite*

- COUET William, pharmacie clinique (08/2028)

### *Professeurs et Maîtres de Conférences honoraires*

- BARTHES Danièle, chimie analytique (directrice honoraire)
- BAUDRY Michel, physiologie (directeur honoraire)
- BOURIANNES Joëlle, physiologie
- BRISSON Anne-Marie, chimie thérapeutique-pharmacocinétique
- COURTOIS Philippe, pharmacie clinique-pharmacodynamie (directeur honoraire)
- DE SCHEEMAEKER Henri, botanique et cryptogamie
- FOURTILLAN Jean-Bernard, pharmacologie et pharmacocinétique
- GIRAUD Jean-Jacques, chimie analytique
- GUERIN René, biophysique
- HERISSE Jacques, biologie moléculaire
- HUSSAIN Didja, pharmacie galénique
- JANVIER Blandine, bactériologie, virologie et parasitologie
- JOUANNETAUD Marie-Paule, chimie thérapeutique (directrice honoraire)
- LEVESQUE Joël, pharmacognosie
- MAISSIAT Renée, biologie cellulaire et moléculaire
- METTEY Yvette, chimie organique
- PARIAT Claudine, pharmacodynamie
- RABOUAN Sylvie, chimie physique, chimie analytique
- SEGUIN François, biophysique, biomathématiques (directeur honoraire)
- VANTELON Nadine, biochimie
- VIOSSAT Bernard, chimie générale et minérale

## 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

## **Remerciements**

### **Aux membres du Jury**

A monsieur le Professeur Jean-Christophe DAVIET, merci de me faire l'honneur de présider cette thèse. Merci pour le savoir que vous m'avez transmis durant mon semestre dans votre service grâce à votre maîtrise du raisonnement clinique. Soyez assuré de ma profonde estime.

A monsieur le Docteur Romain CHAMPAGNE, vous avez accepté de juger mon travail et je vous en remercie. Soyez assuré de mon respect et de ma gratitude.

A monsieur le Docteur Maxence COMPAGNAT, je te remercie d'avoir accepté de juger mon travail ainsi que pour les connaissances cliniques et techniques apportées durant mon semestre à Limoges.

A monsieur le Docteur Romain DAVID, qui me fait l'honneur de co-encadrer ce travail. Je t'exprime une profonde reconnaissance pour m'avoir proposé ce sujet et pour ton encadrement durant sa réalisation.

Merci également pour ton implication dans ma formation, pour tes enseignements et ta dynamique dans le service qui ont été les raisons pour lesquelles j'ai choisi de rester à Poitiers en tant qu'interne. Soit assuré de mon profond respect.

A madame le Docteur Valentine GILQUIN, qui me fait l'honneur de diriger ce travail. Je te remercie pour le temps consacré à son élaboration et sa réalisation durant tes consultations, toujours dans une ambiance sereine, et pour ta gentillesse.

Merci pour ton implication à transmettre tes connaissances en MPR pédiatrique dans le service.

### **A mes chefs et mes co-internes**

Au Docteur Anne JOSSART, merci pour ta bienveillance, tes enseignements de la MPR durant mes deux premiers semestres et pour le temps que tu as pu me consacrer, malgré tes obligations, dans des périodes parfois difficiles, toujours avec le sourire et un humour inimitable.

Au Docteur Rémi CABIROL, merci de m'avoir accompagné durant mon premier semestre, pour m'avoir appris à être un interne et pour les moments passés durant les modules d'enseignements.

Au Docteur Laura MAININI, merci de m'avoir transmis une partie de ton savoir, de ta rigueur et pour ta confiance qui m'ont permis de progresser durant mon début d'internat.

Au Docteur Emmanuel AMAUGER, pour être le premier à m'avoir fait découvrir la MPR quand j'étais encore externe, pour ta volonté de transmettre tes connaissances et pour avoir été un exemple dans ta capacité à rester calme en toute circonstance.

Aux Docteurs LOUIS, REITBERGER, BELKACEMI, LAPOULVERAYRIE, GUEUDET, NAVARRE et PARIS du centre Le Grand Feu à Niort pour m'avoir accueilli et transmis de nombreuses connaissances et différentes façons de travailler.

Aux Docteurs ROSIER, MOUMY, BALABOI et CHEVILLON du service de neurologie du CH de Niort. Merci pour votre encadrement et votre apprentissage de la neurologie, si important dans notre spécialité.

Aux Professeurs GERVAIS et DEBIAIS, aux Docteurs BRAULT, DURANT et LARID du service de rhumatologie du CHU de Poitiers pour leur encadrement et le temps consacré à nous apprendre les bases de la rhumatologie, qui me serviront pour ma pratique future.

Au Professeur Jean-Yves SALLE et au Docteur Céline LADRAT pour m'avoir encadré durant mon semestre dans le service de MPR du CHU de Limoges, pour la transmission de leurs précieuses connaissances et leur qualités humaines qui sont un modèle d'inspiration.

Aux Docteurs JOSTE, VERDIE et BORDES pour leurs transmissions dans leurs domaines de prédilection respectif.

A Alexis, Safa, Melissa, Maxime, Marine, Baptiste, Lisa, Guillaume et Mathilde mes co-internes pour les moments passés en stage et en dehors, qui m'ont aidé à surmonter plus facilement les difficultés de l'internat.

### **A mes amis et ma famille**

A Alexandre et Samy, merci pour votre fidélité depuis toutes ces années et pour tous ces bons moments passés et à venir.

A mes parents et ma sœur, merci pour votre soutien sans faille durant ces longues études qui m'a sans aucun doute permis d'avancer jusqu'ici.

## **I. Table des matières**

I.	Table des matières .....	9
II.	Abréviations .....	10
III.	Liste des figures.....	11
IV.	Liste des tableaux.....	11
V.	Introduction.....	12
	V.1. Généralités sur la spasticité.....	12
	V.2. La toxine botulinique comme traitement de la spasticité focale .....	18
	V.3. La réalité virtuelle comme outil d'analgésie.....	22
VI.	Hypothèse formulée.....	26
VII.	Méthode.....	27
	VII.1. Design.....	27
	VII.2. Critères d'inclusion et d'exclusion .....	27
	VII.3. Procédure .....	27
	VII.4. Critère de jugement principal et secondaires .....	29
	VII.5. Analyse statistique.....	30
VIII.	Résultats.....	31
	VIII.1. Participants .....	31
	VIII.2. Critères de jugement principal et secondaires .....	34
IX.	Discussion .....	36
X.	Conclusion .....	39
XI.	Bibliographie.....	40
XII.	Annexes.....	46
XIII.	Résumé .....	53
XIV.	Serment.....	54

## II. Abréviations

AINS : Anti-inflammatoires Non Stéroïdiens

AVC : Accident Vasculaire Cérébral

CHU : Centre Hospitalier Universitaire

EIQ : Écart Interquartile

EMG : Electromyogramme

EN : Échelle Numérique

FLACC : Face, Legs, Activity, Cry, Consolability scale

HAS : Haute Autorité de Santé

IC : Intervalle de Confiance

MEOPA : Mélange Equimolaire d'Oxygène et de Protoxyde d'Azote

MIF : Mesure de l'Indépendance Fonctionnelle

PC : Paralyse Cérébrale

RV : Réalité Virtuelle

SNC : Système Nerveux Central

SFETD : Société Française d'Etude et de Traitement de la Douleur

TENS : Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation

### **III. Liste des figures**

Figure 1 internalisation de la toxine botulique dans la terminaison nerveuse, tiré de (32)

Figure 2 Stratégie thérapeutique chez l'enfant paralysé cérébral - HAS juin 2009

Figure 3 Exemples des environnements utilisés (<http://hypnovr.io/fr>)

Figure 4 moyenne de la douleur et de l'anxiété durant les injections avec et sans RV

### **IV. Liste des tableaux**

Tableau 1 caractéristiques des patients

Tableau 2 répartition des muscles injectés

Tableau 3 comparaisons des critères secondaires

## **V. Introduction**

### V.1. Généralités sur la spasticité

#### V.1.1. Les voies motrices

La voie motrice permet la transmission des signaux nerveux du cerveau aux muscles, organisant ainsi tous les mouvements volontaires du corps humain.

Ce processus débute au niveau des aires associatives et notamment le cortex préfrontal, où les décisions de mouvements initiales sont générées. Les informations sont ensuite traitées par les ganglions de la base puis renvoyées au niveau cortical, dans les aires prémotrices et finalement au cortex moteur primaire pour en assurer leurs exécutions. Les neurones du cortex moteur projettent leurs axones pour former la voie corticospinale, composante la plus importante du faisceau pyramidal, traversant le cerveau et descendant dans la moelle épinière en passant par la capsule interne et le tronc cérébral.

Durant ce trajet, la majorité des fibres de cette voie effectuent une décussation au niveau de la jonction entre le bulbe rachidien et la moelle épinière.

Au sein de la moelle épinière, les axones du tractus corticospinal transmettent les signaux aux neurones moteurs inférieurs, situés dans les cornes antérieures de la moelle.

Ces neurones moteurs inférieurs, ou motoneurones, sont situés dans les cornes antérieures, émergent de la moelle épinière et s'organisent en racines ventrales, portant les fibres motrices. Ils se distinguent des racines dorsales, qui contiennent les fibres sensibles entrantes. L'union des racines ventrales et dorsales forme les nerfs spinaux, qui se dirigent ensuite vers les différentes parties du corps selon une organisation métamérique donnant lieu à une innervation segmentaire.

L'interaction entre les neurones moteurs supérieurs, situés au niveau du cortex moteur primaire, et les neurones moteurs inférieurs, situés dans la moelle épinière, est finement régulée par des circuits impliquant des interneurons, permettant ainsi la coordination et la précision des mouvements.

Parmi les principales voies de régulation, on retrouve le système des ganglions de la base pour le contrôle de l'initiation des mouvements volontaires, la modulation de la force musculaire et la suppression des mouvements involontaires (en amont de leur exécution par le cortex moteur), le système cérébelleux qui ajuste indirectement l'activité des neurones moteurs supérieurs et inférieurs pour permettre des mouvements précis et fluides et des voies proprioceptives fournissant un feedback sur la position et le mouvement des parties du corps dans l'espace et permettent au système nerveux central d'ajuster les commandes motrices en temps réel.

Les neurotransmetteurs jouent un rôle clé dans la transmission des signaux au sein de la voie motrice. Au niveau des terminaisons des neurones moteurs inférieurs, appelées jonctions neuromusculaires, l'acétylcholine est libérée en pré-synaptique venant activer des récepteurs nicotiques situés dans des replis de la membrane post-synaptique des jonctions, puis une cascade de signalisations intracellulaires, impliquant la libération de calcium, provoquant ainsi la contraction musculaire.

#### V.1.2. Physiopathologie de la spasticité et particularités chez l'enfant

La définition de la spasticité a été initialement définie comme suit (Lance, 1980) : « La spasticité est un désordre moteur caractérisé par une augmentation dépendante de la vitesse du réflexe tonique d'étirement (tonus musculaire), associé à des réflexes ostéotendineux augmentés, provenant d'une hyperexcitabilité du réflexe d'étirement et constituant une des composantes du syndrome du motoneurone supérieur. »

La spasticité est communément définie de nos jours comme étant une majoration du réflexe myotatique et des réflexes ostéotendineux s'intégrant dans le syndrome

pyramidal, en réponse à une lésion du système nerveux central (AVC, paralysie cérébrale, traumatisme médullaire, sclérose en plaques etc.).

En situation clinique, cela se traduit par plusieurs phénomènes. L'hypertonie musculaire se manifeste par une augmentation des résistances involontaires vitesse dépendantes. Les clonus sont des contractions rythmiques en réponse à l'étirement rapide du muscle (comme la trépidation épileptoïde du triceps sural lors de la flexion rapide de la cheville). Les spasmes sont des contractions involontaires et rapides, parfois en réponse à des stimuli mineurs, se manifestant indépendamment des réflexes tendineux profonds (1) par exemple, les spasmes en flexion des membres inférieurs, favorisés par l'extension des genoux en position allongée (2) chez les patients blessés médullaires. La dystonie spastique est caractérisée par des contractions involontaires et soutenues provoquant des postures anormales ou des mouvements répétitifs, indépendamment du réflexe d'étirement, contribuant à l'apparition de déformations invalidantes (3). Les co-contractions sont définies par la contraction simultanée des muscles agonistes et antagonistes d'un groupe musculaire (4), d'autant plus importante à rechercher que le déficit des agonistes est important.

En situation physiologique, le tonus musculaire est régulé par des voies activatrices et inhibitrices venant du système nerveux central, citées plus haut.

En cas de lésion du système nerveux central, les mécanismes inhibiteurs descendants, tout comme les voies activatrices cortico-spinales, sont altérés. Cela conduit à la perte de cet équilibre et à une augmentation du tonus musculaire ainsi qu'une amplification du réflexe myotatique (2).

Parmi les mécanismes impliqués, on retrouve (5) :

- Une altération des circuits de l'inhibition réciproque en cas de lésion du SNC. Ces mécanismes sont habituellement responsables du relâchement des muscles antagonistes lors du mouvement volontaire (6), et entraînent des co-contractions en situation pathologique.
- Une diminution de l'inhibition présynaptique, mécanisme impliqué dans l'inhibition des afférences du réflexe myotatique.
- Une altération de l'inhibition récurrente, comparé au sujet sain, favorisant l'apparition du réflexe d'étirement dans le muscle antagoniste.

- Une diminution du contrôle exercé par les faisceaux descendants sur les circuits d'inhibition autogénique Ib.
- Une hyperexcitabilité des fibres du groupe II chez les patients spastiques.

Les phénomènes spastiques peuvent être aggravés par des exacerbations de facteurs nociceptifs (plaie cutanée, lésion ostéo-tendineuse), viscéraux (constipation, rétention urinaire) ou encore psychologiques.

Chez l'enfant atteint de paralysie cérébrale avec composante spastique, les atteintes sont habituellement prédominantes aux membres inférieurs en cas d'atteinte bilatérale et aux membres supérieurs en cas d'atteinte unilatérale (7).

L'hypertonie peut être responsable d'un défaut d'allongement musculo-tendineux et de déformations osseuses secondaires entraînant des mouvements articulaires anormaux et des troubles de la marche (8), soulignant l'importance d'un traitement précoce et efficace de lutte contre la spasticité.

La spasticité peut avoir un impact négatif sur la qualité de vie en entraînant des déficiences telles qu'un défaut de commande, une limitation des amplitudes articulaires ou des douleurs musculo-squelettiques. Elle est également responsable de limitations d'activité dans les actes de la vie quotidienne (marcher, s'habiller, manger, se laver etc.), et d'une restriction de participation pouvant affecter par exemple la socialisation et les activités scolaires (9).

### V.1.3. Epidémiologie de la spasticité

La spasticité est une des principales complications lors des atteintes du système nerveux central. Une étude prospective réalisée sur 211 patients adultes, ayant présenté un premier AVC avec déficit moteur initial, retrouvait une prévalence allant jusqu'à 42% dans les 6 premiers mois (10).

Cette prévalence augmente encore atteignant 78% des patients blessés médullaires (11), 80% des patients souffrant de sclérose en plaques (12) ou encore 85% chez l'enfant paralysé cérébral, où elle est considérée comme la principale déficience (13).

#### V.1.4 Traitements de la spasticité focale

Il existe un arsenal thérapeutique bien défini pour le traitement de la spasticité focale (14).

Celui-ci doit être intégré dans un plan de réadaptation globale qui inclut des interventions physiques (15), médicamenteuses et éventuellement chirurgicales.

Les interventions médicamenteuses peuvent avoir une action locale telles que la toxine botulique, la phénolesation de nerfs moteurs purs ou à faible composante sensitive (absence de sélectivité lors des injections), ou la cryoneurolyse (16).

D'autres thérapeutiques ont une action plus générale tels que les médicaments antispastiques oraux comme le Baclofène (17), qui peut également être utilisé en injection intrathécale continue, améliorant la qualité de vie chez les enfants réfractaires aux traitements locaux (18). D'autres médicaments oraux ont été proposés tels que la Tizanidine ou les benzodiazépines, mais ceux-ci ne font plus partie des recommandations françaises. Le principal effet indésirable est une somnolence diurne excessive pouvant engendrer des restrictions de participation et avoir un impact par exemple chez l'enfant sur les apprentissages scolaires.

Les interventions chirurgicales disponibles incluent la radicotomie dorsale sélective qui réduit les afférences du réflexe myotatique, réduisant ainsi la spasticité de manière prolongée, permettant de cibler des groupes musculaires, mais sans être sélectif d'un muscle précis (19), ou encore la neurotomie sélective, notamment du nerf tibial pour la spasticité du triceps sural, ayant l'avantage d'assurer une amélioration fonctionnelle à long terme (20).

Parmi les techniques orthopédiques les plus utilisées, il y a les allongements tendineux, par exemple l'allongement du tendon achilléen percutané (21), visant à

réduire la tension induite sur le muscle et donc le déclenchement du réflexe myotatique.

Toutes ces différentes interventions ne s'excluent pas entre elles et sont souvent utilisées de façon complémentaire. Il est par exemple parfois nécessaire de poursuivre les injections de toxine botulique et les postures chez les patients ayant bénéficié d'intervention chirurgicale (22).

Le traitement de la spasticité focale doit correspondre à des objectifs clairement définis avec le patient tels que la lutte contre la douleur, contre les déformations neuro-orthopédiques, répondre à des problématiques de positionnement, améliorer des capacités de marche et de transferts ou encore faciliter les actes de la vie quotidienne (toilette, habillage).

Les échelles standardisées analytiques telles que la Modified Ashworth Scale (23) ou l'échelle de Tardieu (24) sont des outils d'évaluation clinique de la spasticité et peuvent être un reflet de la diminution de celle-ci suites aux injections. Il existe également des échelles fonctionnelles telles que la mesure d'indépendance fonctionnelle (MIF) (25).

La prise en charge non médicamenteuse de la spasticité fait appel à différentes techniques, notamment les étirements actifs et passifs à l'aide de standing chez l'enfant (26) ou encore la mise en place d'orthèses de posture (27), le travail fonctionnel de la marche (28), éventuellement robot-assisté, le renforcement musculaire, la contrainte induite (29). Le tout peut être associé à des thérapies physiques simples comme l'électrostimulation transcutanée, la thermothérapie, les vibrations.

Il n'est cependant pas toujours nécessaire de traiter la spasticité, celle-ci peut s'avérer essentielle en cas d'absence de commande motrice suffisante pour porter des objets (fléchisseurs du coude) ou encore permettre un verrouillage de genou efficace (extenseurs du genou).

## V.2. La toxine botulinique comme traitement de la spasticité focale

### V.2.1. Principe d'action et recommandations en pédiatrie

La toxine botulique est une neurotoxine dont les effets sanitaires connus, le botulisme, remontent à plus de mille ans. C'est en 1895 que la bactérie responsable de la toxine, *Clostridium botulinum*, est isolée pour la première fois. Par la suite, la toxine de type A est isolée et purifiée permettant sa production à l'échelle industrielle

Le premier usage médical documenté de la toxine botulinique fut dans le traitement du strabisme par l'ophtalmologue Alan Scott dans les années 1980 (30).

La toxine botulique agit sur le système nerveux périphérique en bloquant la libération d'acétylcholine au niveau de la plaque motrice.

Après une injection dans le muscle, la toxine se lie à des récepteurs présents sur les terminaisons nerveuses cholinergiques, au niveau de la membrane pré-synaptique. Ensuite, la neurotoxine s'internalise dans les terminaisons par un processus d'endocytose. À l'intérieur, la toxine botulinique cible et clive des protéines spécifiques appelées SNAREs (Soluble N-ethylmaleimide-sensitive factor Attachment protein REceptors), qui sont cruciales pour la fusion des vésicules synaptiques, contenant de l'acétylcholine, avec la membrane plasmique de la terminaison nerveuse et donc pour la libération d'acétylcholine dans la fente synaptique. Les protéines SNARE les plus couramment affectées par différentes souches de la toxine incluent SNAP-25, la syntaxine et la VAMP (vesicle-associated membrane protein). Le clivage de ces protéines par la toxine botulinique empêche le processus d'exocytose, bloquant ainsi la libération d'acétylcholine dans la fente synaptique (31,32).

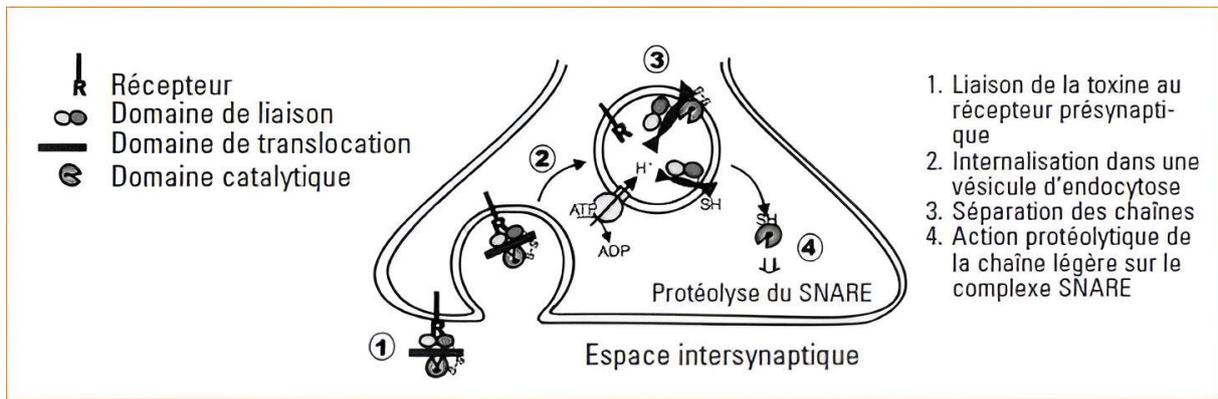


Figure 1 - internalisation de la toxine botulique dans la terminaison nerveuse, tiré de (33)

L'absence de libération d'acétylcholine conduit à l'absence de contraction musculaire et donc à une réduction voire une inhibition complète de la spasticité.

La durée d'action de 3 à 6 mois s'explique par une protéolyse des molécules impliquées dans l'arrimage et la fusion des vésicules synaptiques avec la membrane plasmatique des terminaisons axonales. Celle-ci dépend de facteurs tels que la dose, l'emplacement de l'injection et la réponse individuelle du patient à la toxine botulique. La chaîne légère serait un des déterminants de cette durée d'action, sa stabilité et sa localisation intracellulaire étant les principaux déterminants (34).

Des recommandations de bonne pratique ont été émises par la Haute Autorité de Santé (HAS) en 2009 (35) concernant les traitements de la spasticité focale, il en ressort notamment :

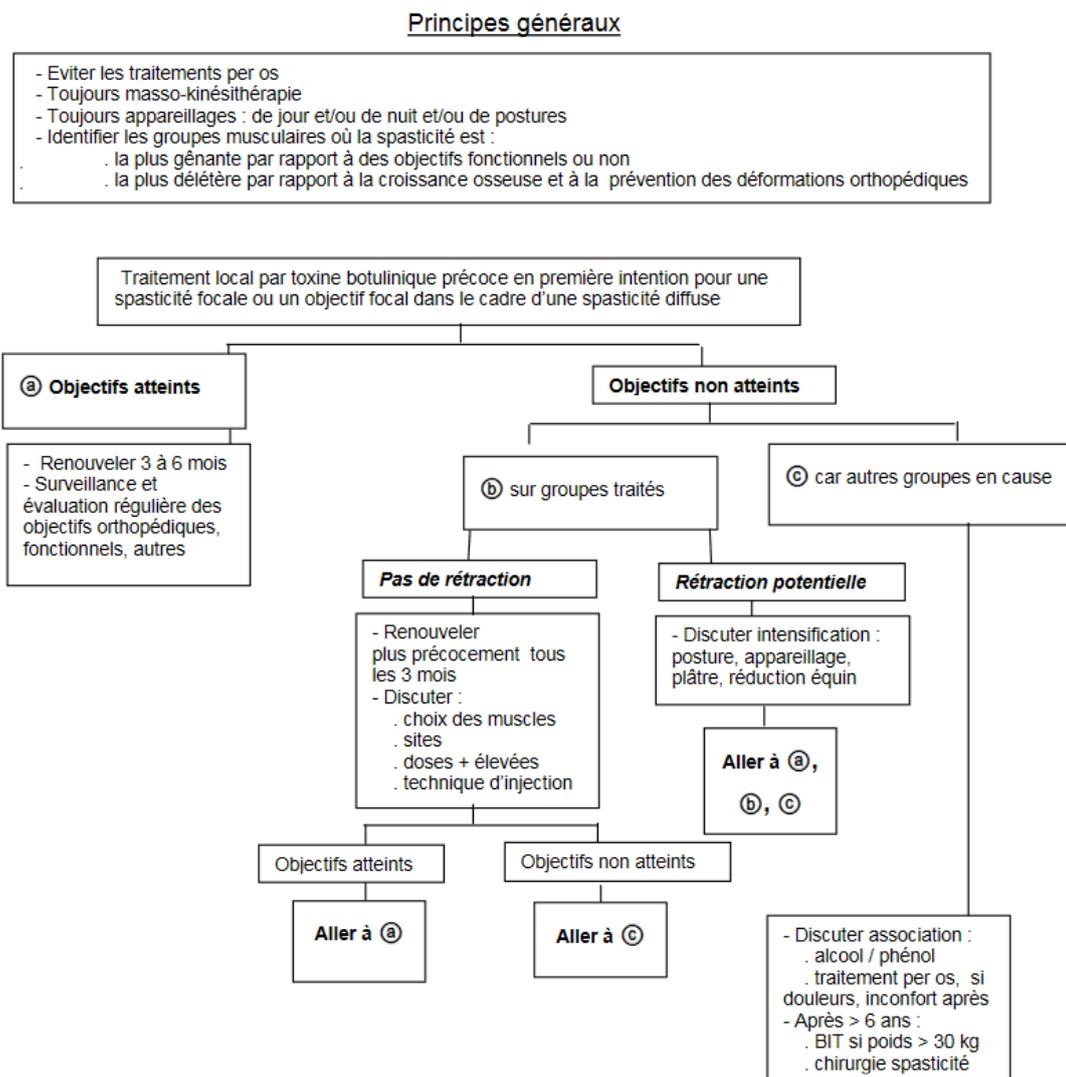
- Qu'il existe une preuve scientifique établie des effets de la toxine sur la réduction locale de la spasticité après injection intramusculaire (Grade A)
- Qu'elle peut être utilisée en traitement de première intention de la spasticité lorsque l'objectif est focal ou multifocal (Accord professionnel),
- Qu'elle peut permettre une amélioration de la fonction active au niveau des membres supérieurs et inférieurs (Niveau de preuve 2)

Et plus particulièrement chez l'enfant :

- Que les traitement per os n'ont pas leur place en première intention
- Qu'il est retrouvé une amélioration de la fonction active au membre supérieur et au membre inférieur, quel que soit le niveau (Niveau de preuve 2) ;
- Qu'il est retrouvé un effet sur la douleur (Niveau de preuve 2)
- Que la prévention des déformations orthopédiques chez l'enfant est un objectif important qui incite à son utilisation précocement.

Il s'agit certainement d'un traitement de première intention chez l'enfant atteint de paralysie cérébrale, d'après des recommandations plus récentes (36).

Figure 2 - Stratégie thérapeutique chez l'enfant paralysé cérébral - HAS juin 2009



## V.2.2. Les injections en pratique

Avant de réaliser des injections, il est important d'établir une liste d'objectifs personnalisés, évaluables séparément, après avoir démêlé les différentes composantes du trouble moteur et en avoir évalué autant que possible la part respective dans la gêne fonctionnelle.

Cette évaluation permettra de définir le schéma d'injection, dont les doses totales maximales recommandées chez l'enfant sont : 15 U Allergan® /kg (maximum 350 U et 50 U par site) pour Botox® et 30 U Speywood® /kg (maximum 1000 U) pour Dysport® (Accord professionnel). Le nombre d'unités injectées par muscle dépend également du volume de celui-ci.

Les volumes de dilution sont habituellement de 20-100 unités/mL pour Botox® et 500 UI/mL pour Dysport® .

Un repérage échographique, éventuellement couplé à un repérage par électrostimulation est recommandé, mais cette dernière peut être source de douleurs supplémentaires chez l'enfant (37).

Une analgésie à l'aide d'un mélange équimolaire d'oxygène et de protoxyde d'azote (MEOPA) ainsi que de la lidocaïne topique (type EMLA®) est fréquemment utilisée et recommandée (38). L'analgésique topique doit être appliqué au moins 2 heures avant le geste et recouvert d'un pansement occlusif pour agir à 6-8 mm de profondeur. Celle-ci bénéficie d'un remboursement à hauteur de 65% en France.

L'utilisation d'antalgique de palier 1 et/ou de benzodiazépine est assez courante.

Les injections se font à l'aide d'une aiguille stérile de 25 à 30G, en condition d'asepsie. Des aiguilles à électromyogramme (EMG) peuvent être utilisées, celles-ci ayant l'avantage d'être plus souples, mais plus chères. Il n'y a pas d'étude contrôlée randomisée évaluant la douleur selon le type d'aiguille utilisée.

Parmi les effets indésirables les plus couramment rapportés, on trouve des douleurs musculaires aux points d'injections, une faiblesse musculaire transitoire pouvant avoir un impact négatif sur la fonction, et des douleurs. D'autres événements indésirables ont été décrits comme : une éruption cutanée, une dysphagie, une incontinence urinaire, une instabilité à la marche, une faiblesse excessive des muscles injectés. Entre 1995 et 2015, 28 décès ont été rapportés chez l'adulte et 19 chez les enfants atteints de PC, probablement liés à une diffusion systémique (39).

Les douleurs induites par les injections sont souvent de faible intensité et durée, notamment chez l'enfant (40). Malgré tout, les thérapeutiques classiques n'ont souvent pas une efficacité optimale avec des douleurs présentes dans plus de 50% des séances (41), ce qui est d'autant plus important du fait de la nécessité de répéter les injections tous les 4 à 8 mois chez l'enfant (42,43).

### V.3. La réalité virtuelle comme outil d'analgésie

#### V.3.1. Généralités sur la douleur aiguë chez l'enfant

La douleur a été décrite comme une "expérience sensorielle et émotionnelle désagréable, associée à une lésion tissulaire potentielle ou réelle, ou décrite dans les termes évoquant une telle lésion" (Association internationale pour l'étude de la douleur - 1979).

Les voies de la douleur font intervenir dans un premier temps des récepteurs nociceptifs répartis de façon non homogène dans l'ensemble du corps et réagissant à différents stimuli physiques (mécanique, thermique) mais aussi chimiques provenant des tissus lésés. L'information nociceptive circule via les fibres A-delta (peu myélinisées) et C (non myélinisées) jusqu'aux interneurons nociceptifs en T dont le corps cellulaire se trouve au niveau du ganglion spinal. L'information passe ensuite par la corne dorsale de la moelle épinière avant de s'organiser, via un deuxième interneurone, en voie médullaire ascendante directe (spino-thalamique) et relayée (spino-

réticulaire) pour atteindre respectivement le thalamus et la substance réticulée. Pour finir, ces voies se projettent sur le cortex somatosensoriel et le système limbique permettant la perception de la douleur.

Les principaux mécanismes de régulation de la douleur se trouvent au niveau médullaire. Le premier mécanisme fait appel aux cellules T dont la capacité de transmission de l'information est limitée. Ainsi, en majorant la quantité d'information non nociceptive via les fibres A-beta (via l'utilisation de la stimulation électrique transcutanée par exemple), l'information douloureuse transmise par ces interneurons sera diminuée (44). Le second mécanisme fait appel à la libération d'opioïdes endogènes, sous contrôle supra-spinal, bloquant la libération de la substance P, principal neurotransmetteur des fibres C.

Ces voies sont fonctionnelles de façon assez précoce chez le fœtus, dès 21 semaines d'aménorrhée (45). Certaines études ont montré que les ressentis nociceptifs, notamment post-opératoire, sont similaires chez l'enfant sain et l'adulte (46), ce qui justifie une prise en charge optimale chez ces patients. En cas de lésion cérébrale anténatale, les ressentis douloureux sont exagérés (47) et pourraient entraîner des conséquences néfastes à long terme si elles sont négligées en période néonatale (en cas de chirurgie par exemple) (48).

Les outils de mesure de la douleur chez l'enfant comprennent des échelles d'auto-évaluation et d'hétéroévaluation. L'un des principaux outils utilisés est l'échelle numérique de la douleur : la personne place un point sur une ligne allant de 0 (absence de douleur) à 10 (douleur la plus importante imaginable), mais celle-ci nécessite un développement cognitif suffisant (49) car pouvant induire des biais de réponses chez l'enfant préscolaire (50) (choix extrêmes systématiques, séquence de réponse droite-gauche). En cas de réponse verbale impossible, des échelles d'hétéroévaluation validées sont utilisées telle que la FLACC (Face, Legs, Activity, Cry, Consolability scale) (51). Elle se base sur l'expression du visage, la position et des mouvements des jambes, l'activité générale de l'enfant, les pleurs et la consolabilité.

La prise en charge de la douleur aiguë chez l'enfant consiste principalement à utiliser des thérapeutiques antalgiques, par voie générale ou locale, tels que le paracétamol,

les AINS (anti-inflammatoires non stéroïdiens) ou les opioïdes selon son intensité (52). Les moyens non pharmacologiques font appel au principe de distraction.

### V.3.2. Le principe de l'analgésie par distraction

L'une des méthodes non médicamenteuses les plus utilisées pour réduire les douleurs est la technique de distraction. Il s'agit d'une technique cognitive ou comportementale visant à soulager la douleur, diminuer le stress et l'anxiété en distrayant les patients par des méthodes simples comme une stimulation visuelle, voire audiovisuelle, ou manuelle (dessin-animé, jeux-vidéo, cartes à jouer), par une présence extérieure (parents, clown thérapeutique, animaux) ou encore via l'hypnose. Ces techniques ont parfois pu démontrer leur efficacité pour réduire les douleurs et l'anxiété de façon significative (53–57).

Du fait de l'utilisation de ces techniques, les patients concentrent leur attention sur une tâche apportant d'importantes sources d'informations à traiter, ce qui reviendrait à saturer les ressources de traitements de l'information (58) et donc également les informations nociceptives (59).

Parmi les techniques de distraction, l'utilisation de la réalité virtuelle est de plus en plus répandue.

### V.3.3. Généralités sur la réalité virtuelle et utilisation comme outil d'analgésie

La réalité virtuelle (RV), ou encore réalité de synthèse, est une technologie qui permet à l'utilisateur d'interagir avec un environnement simulé par ordinateur (également appelée réalité simulée par ordinateur). Elle utilise un casque à placer devant les yeux et tenu à l'aide d'une sangle élastique. Ces casques comportent un écran pour chaque œil et permettent d'avoir

une vue stéréoscopique, des capteurs de mouvement de la tête et, parfois, des accessoires supplémentaires comme des manettes.

Des programmes peuvent simuler divers scénarios, des jeux vidéo aux simulations de formation en milieu médical notamment en chirurgie (60,61).

Les avantages de la réalité virtuelle incluent sa capacité à créer des environnements contrôlés et sécurisés pour l'entraînement et la thérapie, ainsi que sa flexibilité pour simuler des situations variées et complexes.

Les principaux effets indésirables sont regroupés sous le nom de cybercinétose (inconfort, transpiration, nausée, céphalée). Par ailleurs, peu de données suggèrent un effet néfaste de la RV chez les adultes, mais également chez les enfants de moins de 14 ans (62).

La RV a démontré son efficacité pour la gestion de la douleur aiguë chez l'adulte dans des procédures très variées notamment lors de traitements parodontaux (63), les contractions utérines durant le travail (64) ou encore lors d'intervention chirurgicale comme les réparation de cicatrices d'épisiotomie (65).

Chez l'enfant, la RV a démontré son efficacité dans diverses situations pouvant induire des douleurs et de l'anxiété, notamment lors de la pose de chambre implantable en oncologie, en comparaison à l'absence d'utilisation de la RV (66) (MD -3.40, 95% CI -5.01 to -1.79), lors d'injection intraveineuse ou de pose de voie veineuse périphériques, durant le nettoyage des plaies de grands brûlés en soins intensifs ou encore lors de thérapies physiques (67–69).

Durant les séances d'injection de toxine botulique, une étude suggère que la RV est perçue comme ayant un impact positif par les enfants et les soignants et que celle-ci est bien tolérée durant les séances (70).

## **VI. Hypothèse formulée**

L'utilisation de la toxine botulique pour le traitement de la spasticité focale chez l'enfant paralysé cérébral est un traitement sûr et efficace (71,72), mais pouvant induire des douleurs et de l'anxiété et nécessitant d'être répétée dans le temps.

L'utilisation des antalgiques classiques tels le MEOPA et/ou l'EMLA est largement recommandée (38), mais peut induire de l'inconfort léger dans 10% des cas comme des nausées et des vomissements, notamment chez les patients avec une déficience intellectuelle (73), présente chez 30 à 50% des enfants avec une paralysie cérébrale (74).

L'utilisation du casque de réalité virtuelle pourrait permettre d'obtenir une analgésie efficace afin d'éviter les prises médicamenteuses répétées. Il y a peu d'études ayant examiné la tolérance du casque de RV durant les injections de toxine botulique intramusculaires pour le traitement de la spasticité focale chez l'enfant. L'objectif de l'étude était de déterminer son acceptabilité durant toute la séance et donc la faisabilité de son utilisation en pratique courante et secondairement d'évaluer son efficacité sur la réduction de la douleur et de l'anxiété.

## **VII. Méthode**

### VII.1. Design

Il s'agit d'une étude rétrospective à un bras menée dans le service de Médecine physique et de réadaptation du CHU de Poitiers entre janvier 2023 et avril 2024.

Cette étude ainsi que le recueil des données ont été réalisés selon les directives de la Déclaration d'Helsinki et de la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL, MR-004).

### VII.2. Critères d'inclusion et d'exclusion

Les critères d'inclusion étaient un âge entre 7 et 17 ans inclus (7 ans étant la limite fixée par le fabricant pour l'utilisation du casque) et avoir déjà bénéficié d'au moins une première séance d'injections de toxine botulique pour le traitement d'une spasticité focale.

Les critères d'exclusion étaient la présence d'une épilepsie non équilibrée (présence d'une crise dans les 6 derniers mois), des déficiences visuelles ou auditives ne permettant pas l'utilisation du casque de réalité virtuelle (cécité, surdité), des troubles cognitifs ou psychiatriques ne permettant pas une auto-évaluation des douleurs, et la contre-indication aux injections de toxine botulique (hypersensibilité à l'une des substances du produit, infection au site d'injection).

### VIII.3. Procédure

Après son entrée dans la salle de consultation, il était proposé au patient et à son représentant légal l'utilisation du casque de RV après avoir vérifié l'absence de contre-indication et expliqué les modalités d'utilisation.

Le questionnaire de recueil était complété par le médecin réalisant l'injection ou un interne en médecine.

Le patient était invité à évaluer son niveau de douleur et d'anxiété avant toute intervention. Nous avons utilisé une échelle numérique verticale sur 11 points (0-10) pour les deux paramètres, recommandée pour les enfants à partir de 6 ans (Société Française d'Etude et de Traitement de la Douleur). Il était également précisé

l'utilisation de thérapeutiques antalgiques ou anxiolytiques per os ou locales, administrés préalablement à la consultation (EMLA, HYDROXYZINE, PARACÉTAMOL).

L'enfant était interrogé concernant sa volonté à utiliser le casque de RV ou non et, le cas échéant, dire pourquoi il ne souhaitait pas son utilisation.

Un casque de réalité virtuelle autonome HypoVR® a été utilisé, ainsi qu'un casque audio avec réduction de bruit (TaoTronic®, modèle TT-BH085, référence 6972103466158), si l'enfant le souhaitait, reliés à une tablette tactile permettant le pilotage du programme.

Un membre de l'équipe médicale ayant l'habitude d'utiliser le casque procédait à son installation sur les patients après avoir obtenu le consentement écrit d'un représentant légal.

Le patient avait le choix parmi 6 univers différents en 360° (plage, montagne enneigée, forêt, espace, plongée sous-marine, jardin zen) l'ambiance sonore était réglée sur relaxation, une voix féminine disant des paroles de réassurance et de relaxation était utilisée. Les parents pouvaient suivre en direct ce que voyait l'enfant sur la tablette et pouvaient interagir avec lui s'ils le souhaitaient.

Il n'était pas défini de durée pour permettre une utilisation continue jusqu'à la fin du geste. Un retour progressif à la réalité était initié après la dernière injection. L'enfant était libre d'enlever le casque à tout moment.

Après retrait du casque, le patient était à nouveau interrogé sur le plan de la douleur et de l'anxiété ressenties durant la procédure et en post-procédure avec une échelle numérique verticale.

Des questions supplémentaires étaient demandées au représentant légal, notamment sur son ressenti subjectif concernant la gestion de la douleur et l'anxiété grâce au casque de RV (EN 0-10). Il était demandé à l'enfant s'il souhaitait utiliser la RV lors d'une prochaine séance d'injection.

La technique de repérage était indiquée sur le questionnaire de recueil, parmi l'électrostimulation seule, l'échographie seule ou le couplage des deux techniques. Un changement de méthode de repérage était signalé le cas échéant.

Les différents sites d'injections ainsi que le nombre d'unités de toxine étaient indiqués.

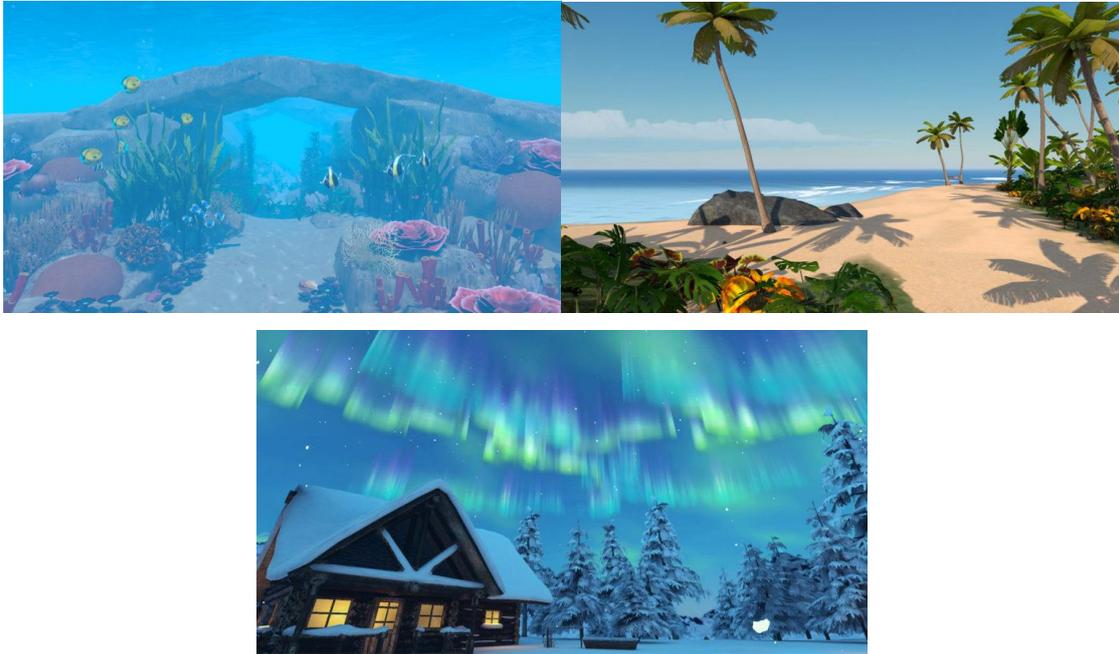


Figure 3 - Exemples des environnements utilisés (<http://hypnovr.io/fr>)

#### VII.4. Critère de jugement principal et secondaires

L'acceptabilité du casque était objectivée par le fait de garder le casque durant toute la durée des injections de toxine botulique.

Les niveaux de douleur et d'anxiété ont été recueillis à l'aide d'une échelle visuelle verticale allant de 0 (absence de douleur ou d'anxiété) à 10 (douleur ou anxiété maximale imaginable).

## VII.5. Analyse statistique

En analyse descriptive, les variables quantitatives ont été décrites par leurs moyennes et écarts-types et les variables catégorielles ont été décrites par leurs fréquences et pourcentages.

La proportion de patients acceptant de porter un casque de RV lors de séances d'injections de toxine botulique a été estimée avec son intervalle de confiance à 95 % niveau de confiance (IC 95 %).

Les échelles de la douleur et de l'anxiété ont été comparées entre les patients acceptant ou non un casque de réalité virtuelle en utilisant un test de Mann-Whitney.

La tolérance du casque a été comparée entre 3 groupes d'âges : 7-9 ans, 10-13 ans, 14-17 ans en utilisant un test du  $\chi^2$  d'indépendance.

Les p-valeurs ont été considérées significatives si  $< 0.05$ , les analyses ont été effectuées sur le logiciel R.

## VIII. Résultats

### VIII.1. Participants

Vingt-cinq patients mineurs ont été identifiés durant la période d'inclusion. Trois ont été exclus car ayant moins de 7 ans, et un autre en raison de données partielles (non francophone).

Au total, notre échantillon était constitué de 21 enfants, majoritairement des garçons (14/21, 66,7 %), avec un âge entre 7 et 17 ans et une médiane de 13 ans (EIQ = 5).

La pathologie principale associée à la présence d'une spasticité focale était la paralysie cérébrale pour 18 patients (85,7 %), un AVC ischémique survenu après l'âge de 2 ans pour 1 patient (4,8 %), un trouble du spectre autistique pour un patient (4,8 %) et une paralysie cérébrale associée à une syringomyélie pour 1 patient (4,8 %).

Lors des injections, 19 enfants (90,5 %) ont bénéficié d'une crème anesthésiante (EMLA®), dont 1 (4,8 %) associé à de l'HYDROXYZINE, et 3 (14,3 %) à de l'HYDROXYZINE et du PARACÉTAMOL.

Les autres méthodes de distraction utilisées par les patients, en l'absence d'utilisation de la RV, étaient la musique (3/21, 14,3 %) et les dessins animés (3/21, 14,3 %).

Tableau 1 : caractéristiques des patients

<b>Variables</b>	<b>Moyenne ± SD / n (%)</b>
Age (année)	11.7 ± 3.3
<b>Répartition par groupe d'âge</b>	
7-9 ans	7 (33.3%)
10-13 ans	7 (33.3%)
14-17 ans	7 (33.3%)
<b>Genre</b>	
Homme	14 (66.7%)
Femme	7 (33.3%)
<b>Etiologie</b>	
Paralysie cérébrale	18 (85.7%)
AVC ischémique	1 (4.8%)
Paralysie cérébrale + syringomyélie	1 (4.8%)
Trouble du spectre autistique	1 (4.8%)
<b>Antalgiques / Anxiolytique (pré-geste)</b>	
EMLA seule	15 (71.4%)
EMLA + PARACÉTAMOL + ATARAX	3 (14.3%)
Aucun	2 (9.6%)
EMLA + ATARAX	1 (4.8%)
<b>Méthode de repérage utilisée</b>	
Echographie seule	21 (100%)
<b>Utilisation de la RV antérieure</b>	
Oui	18 (85.7%)
Non	3 (14.3%)

Tableau 2 : répartition des muscles injectés (%)

Gastrocnemius medial head	15.6%
Gastrocnemius lateral head	14.6%
Fibularis longus	8.3%
Semimembranosus	7.3%
Semitendinosus	7.3%
Soleus	7.3%
Flexor Carpi Ulnaris	5.2%
Adductor brevis	3.1%
Adductor longus	3.1%
Gracilis	3.1%
Flexor Carpi Radialis	3.1%
Rectus femoris	2.1%
Brachialis	2.1%
Opponens polisis	2.1%
Flexor Digitorum Profundus	2.1%
Abductor Digiti Minimi	2.1%
Deltoid	2.1%
Biceps Brachii	2.1%
Biceps femoris	1.0%
iliacus	1.0%
Tibialis Posterior	1.0%
Flexor Digitorum Superficialis	1.0%
Flexor Pollicis Longus	1.0%
Pectoralis major	1.0%
Coracobrachialis	1.0%
<b>Membres inférieurs</b>	<b>75%</b>
<b>Membres supérieurs</b>	<b>25%</b>

## VIII.2. Critères de jugement principal et secondaires

Au total, 13 enfants ont accepté d'utiliser le casque avant toute intervention.

La proportion de patients ayant accepté et toléré le port du casque de RV durant la séance est de 33,3% (7/21) avec un IC 95% = [13,2% ;43,6%]. La proportion de patient ayant toléré le casque parmi ceux l'ayant accepté initialement est de 53,3% (7/13).

Parmi les 14 patients ayant refusé d'emblée de mettre ou ayant enlevé le casque de RV avant la fin des injections, 12 (85,7%) l'avaient déjà essayé lors des précédentes séances et parmi les 7 patients acceptant de porter le casque RV durant toute la séance, 6 (85,7%) l'avaient déjà essayé.

Les motifs de refus exprimés par les patients sont : la peur (7/21, 33,3%), la préférence du MEOPA (5/21, 23,8%), l'inconfort (3/21, 14,3%), une distraction insuffisante (2/21, 9.5%), une sensation d'oppression (1/21, 4.8%), une douleur plus importante avec le casque de RV (1/21, 4.8%) et le besoin de contrôle visuel des piqûres (1/21, 4.8%).

Lorsque la RV n'était pas utilisée, le MEOPA a été utilisé pour 13 patients (92,8%).

Nous n'avons trouvé aucune différence significative entre les patients acceptant de porter un casque de RV et ceux ne souhaitant pas le porter concernant la douleur avant l'injection ( $0,7 \pm 1,3$  vs  $0,4 \pm 1,0$ ,  $p = 0,66$ ), la douleur procédurale ( $3,6 \pm 2,6$  vs  $3,7 \pm 3,3$ ,  $p = 0,96$ ), l'anxiété avant l'injection ( $5,6 \pm 3,1$  vs  $5,3 \pm 2,1$ ,  $p = 0,83$ ) et l'anxiété procédurale ( $4,1 \pm 3,3$  vs  $4,2 \pm 3,2$ ,  $p = 0,98$ ).

La différence avant-après injection n'est également pas significativement différente entre les groupes ni pour l'anxiété ( $p = 0,71$ ) ni pour la douleur ( $p = 0,93$ ).

Il n'existe pas de différence significative sur la tolérance du casque entre les différents groupes d'âge ( $p = 0,81$ ).

Figure 4 : moyenne de la douleur et de l'anxiété durant les injections avec et sans RV

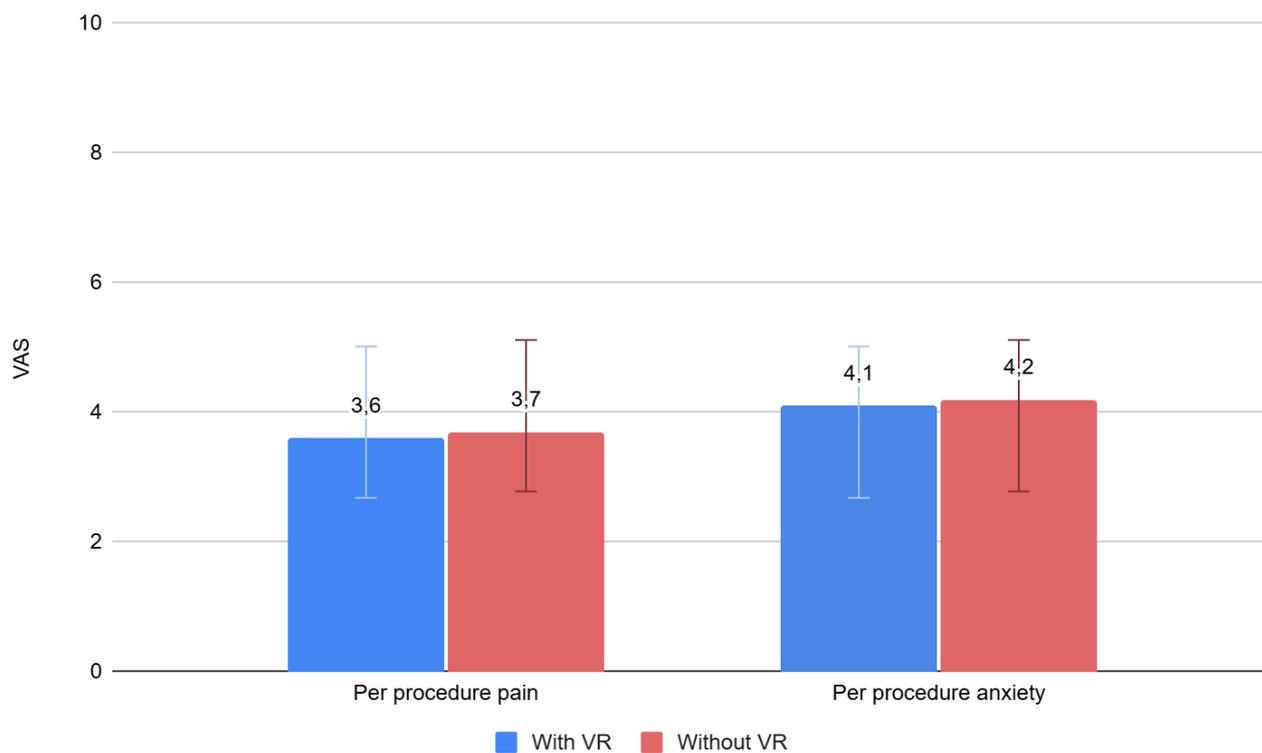


Tableau 3 : comparaisons des critères secondaires

Variables	Avec RV	Sans RV	p-value
Douleur procédurale	3.6 ± 2.6	3.7 ± 3.3	0.66
Anxiété procédurale	4.1 ± 3.3	4.2 ± 3.2	0.96
Utilisation du MEOPA	-	92.8%	-
Autre méthode de distraction			-
Dessin animé	-	3 (14.3%)	
Musique	-	3 (14.3%)	
Accompagnant	-	14 (100%)	
Accords pour réessayer la RV			-
Oui	7 (100%)	2 (14.3%)	
Non		12 (85.7%)	

## **IX. Discussion**

L'objectif principal de l'étude était de déterminer quelle était l'acceptabilité du casque de réalité virtuelle pendant les injections de toxine botulique pour le traitement symptomatique de la spasticité focale chez l'enfant. Nous avons montré que la RV n'était pas bien acceptée dans cette population pédiatrique. Nous n'avons pas retrouvé de différence significative concernant la réduction de la douleur et de l'anxiété avec ou sans RV.

L'étude rétrospective de Chau et al (70) a évalué la faisabilité et l'efficacité de la RV durant les séances de toxine botulique chez 14 enfants dont 12 atteints de PC en utilisant l'échelle comportementale FLACC. Neuf enfants ont toléré la RV et leurs parents souhaitaient réutiliser cette méthode de distraction durant les prochaines séances. Dans notre étude, nous avons pris en compte l'acceptation initiale du casque de RV, révélant que seulement 70 % des patients étaient disposés à l'utiliser. Cette inclusion de tous les participants, contrairement à l'étude précédente, offre une perspective plus complète sur la tolérance globale et l'efficacité de la RV.

Dans l'étude de Chau et al, certains patients ont montré des scores FLACC élevés, mais ont tout de même souhaité réutiliser la RV. Nos résultats montrent que certains patients ont exprimé un désir d'essayer le casque ultérieurement, malgré un refus initial pendant la séance (15%). Cette contradiction suggère que la perception de la RV évaluée de façon rétrospective, plus particulièrement quand elle est négative, influencée par des facteurs tels que la nouveauté ou la confiance dans la technologie comparativement aux méthodes d'analgésie habituelle, peut différer de l'expérience immédiate. Il serait donc intéressant de la reproposez de façon systématique lors de prochaines séances d'injections, car cette perception négative de la RV pourrait évoluer.

La RV s'est considérablement développée dans les deux dernières décennies, permettant de multiplier les types d'utilisation, notamment avec des scénarios passifs ou actifs. Une étude de Jones et al. (75) réalisée sur 90 enfants a cherché à évaluer l'efficacité de la RV pour soulager la douleur chez les enfants brûlés, en tenant compte

des différences d'âge et de sexe. Des groupes d'âge (6-9 ans, 10-13 ans, et 14-17 ans) avaient été réalisés. Les jeunes enfants (6-9 ans) ont montré un engagement dans la RV et une réduction de la douleur plus marquée que les groupes plus âgés, ainsi qu'une plus grande efficacité dans les scénarios actifs. La différence liée au sexe n'était pas significative. Il est intéressant de noter que sur 240 enfants incluables, 95 ont finalement été recrutés (39,5%), mais il n'était pas précisé si les 60% d'enfants incluables, mais non recrutés, étaient en rapport avec un refus de ceux-ci.

L'étude de Gutierrez-Maldonado et al (76) montre également que l'utilisation d'un environnement virtuel interactif permet une réduction significative des douleurs comparativement à un environnement virtuel passif. Ce type de RV nécessite la participation active du patient avec son environnement, grâce à des manettes par exemple, ce qui paraît peu compatible avec la réalisation d'injections de toxine, notamment aux membres supérieurs.

De façon générale, des études ont suggéré que l'importance de l'immersion dans le monde virtuel et donc d'un matériel plus perfectionné est corrélée de façon significative et négative avec l'intensité des douleurs perçues (77,78).

Notre étude a utilisé un modèle de casque standard, mais avec un environnement passif, pouvant expliquer en partie le peu d'engagement et d'amélioration sur la douleur et l'anxiété que nous avons obtenue.

Les études évaluant l'efficacité de la RV pour la réduction de la douleur et de l'anxiété incluent généralement des enfants ayant un développement normal. Une étude transversale de Chaleat-Valayer et al (79) réalisée sur 142 enfants atteints de PC suggère que les stratégies d'adaptation à la douleur et notamment la distraction sont moins utilisées par cette population ce qui pourrait expliquer que la RV, tout comme les autres stratégies de distractions, aient un impact moindre.

Par ailleurs, les patients atteints de paralysie cérébrale ou d'une autre pathologie neurologique centrale peuvent présenter une hypersensibilité sensorielle et des troubles cognitifs.

Par exemple, Blackman et al (80) soulignent que les douleurs chroniques chez les enfants atteints de PC peuvent être exacerbées par des stimuli sensoriels intenses et

pourraient expliquer la sensation d'inconfort et de peur ressentie par certains enfants dans notre étude.

Concernant l'anxiété, une méta-analyse récente réalisée sur 10 études retrouvait un effet bénéfique avec une différence moyenne standardisée pondérée globale de  $-0.74$  (95% CI,  $-1.00$  to  $-0.48$  ;  $p < .001$ ) pour l'anxiété déclarée dans une population pédiatrique (81). Nous n'avons pas observé d'effet significatif concernant l'anxiété per-procédurale, qui n'est pas très élevée (4,1 points en moyenne dans le groupe ayant utilisé la RV), ceci pouvant être expliqué par la petite taille de l'échantillon, la nature passive de l'environnement virtuel utilisé et la présence des parents qui viendrait compenser l'apport de la RV (82).

Plusieurs autres facteurs peuvent influencer les douleurs ressenties lors des injections, comme a pu montrer une étude rétrospective de Fisher et al. réalisée sur 250 enfants (83), telle que les régions injectées et notamment les mains et les membres inférieurs, ce qui est le cas de 75% des patients de notre étude.

Bien que le MEOPA soit couramment utilisé et soit sûr dans son utilisation (84), celui-ci peut induire des effets indésirables classiques tels que des nausées, des vomissements, des hallucinations, une majoration de l'anxiété ou des vertiges. L'exposition du personnel soignant doit également être considérée, bien que présentant peu de risques pour la santé (85). L'apport de nouvelles techniques antalgiques non médicamenteuses efficaces est donc primordial pour ne pas rajouter de nouvelles contraintes parmi celles existantes.

Cette étude comporte des limites. La petite taille de l'échantillon ainsi que l'absence de randomisation participent à une faible puissance. De plus, la population étudiée avait déjà bénéficié d'injections de toxine botulique et une majorité (85.7 %) avaient déjà essayé la RV dans ces conditions ; ils avaient donc déjà eu une expérience positive ou négative ayant pu influencer leur choix et leur ressenti.

La tolérance a été évaluée principalement en fonction de la capacité à garder le casque durant toute la procédure, ce qui peut ne pas refléter entièrement l'acceptabilité ou le confort subjectif ressenti par l'enfant, eux-mêmes variable dans le temps.

Il serait pertinent de déterminer l'acceptabilité et la valeur ajoutée de la RV lors des injections de toxine botulique à long terme, dans le cadre d'un essai contrôlé randomisé.

## **X. Conclusion**

Notre étude a pu mettre en avant les difficultés rencontrées pour l'utilisation de la réalité virtuelle dans une population pédiatrique, plus particulièrement chez des enfants avec un diagnostic de paralysie cérébrale, lors des injections de toxine botulique. Il n'est pas apparu de tendance à la diminution du ressenti douloureux ou de l'anxiété durant son utilisation, bien que la littérature actuelle ait montré un potentiel intéressant. Son utilisation reste à explorer davantage dans cette population, notamment avec des environnements plus interactifs et une réévaluation de son acceptabilité sur le long terme avec un essai contrôlé randomisé.

## **XI. Bibliographie**

1. Balakrishnan S, Ward AB. The diagnosis and management of adults with spasticity. In: Handbook of Clinical Neurology [Internet]. Elsevier; 2013 [cité 5 févr 2024]. p. 145-60. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780444529015000137>
2. Fleuren JF, Nederhand MJ, Hermens HJ. Influence of posture and muscle length on stretch reflex activity in poststroke patients with spasticity. *Arch Phys Med Rehabil.* juill 2006;87(7):981-8.
3. Lorentzen J, Pradines M, Gracies JM, Bo Nielsen J. On Denny-Brown's « spastic dystonia » - What is it and what causes it? *Clin Neurophysiol Off J Int Fed Clin Neurophysiol.* janv 2018;129(1):89-94.
4. Sheehan G. The pathophysiology of spasticity. *Eur J Neurol.* 2002;9(s1):3-9.
5. Marque P, Brassat D. Physiopathologie de la spasticité. *Rev Neurol (Paris).* avr 2012;168:S36-44.
6. Nielsen J, Crone C, Sinkjaer T, Toft E, Hultborn H. Central control of reciprocal inhibition during fictive dorsiflexion in man. *Exp Brain Res.* 1995;104(1):99-106.
7. Sakzewski L, Ziviani J, Boyd R. Systematic review and meta-analysis of therapeutic management of upper-limb dysfunction in children with congenital hemiplegia. *Pediatrics.* juin 2009;123(6):e1111-1122.
8. Sussman MD, J. R. Gage, M. H. Schwartz, S. E. Koop, T. F. Novacheck (eds): The identification and treatment of gait problems in cerebral palsy. *J Child Orthop.* avr 2010;4(2):177-8.
9. Bhimani R, Anderson L. Clinical Understanding of Spasticity: Implications for Practice. *Rehabil Res Pract.* 2014;2014:279175.
10. Urban PP, Wolf T, Uebele M, Marx JJ, Vogt T, Stoeter P, et al. Occurrence and clinical predictors of spasticity after ischemic stroke. *Stroke.* sept 2010;41(9):2016-20.
11. Maynard FM, Karunas RS, Waring WP. Epidemiology of spasticity following traumatic spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* juill 1990;71(8):566-9.
12. Rizzo MA, Hadjimichael OC, Preiningerova J, Vollmer TL. Prevalence and treatment of spasticity reported by multiple sclerosis patients. *Mult Scler Houndmills Basingstoke Engl.* oct 2004;10(5):589-95.
13. Surveillance of Cerebral Palsy in Europe. Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Surveillance of Cerebral Palsy in Europe (SCPE).* *Dev Med Child Neurol.* déc 2000;42(12):816-24.
14. Rehabilitation procedures in the management of spasticity - *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* 2010 September;46(3):423-38 [Internet]. [cité 8 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.minervamedica.it/en/journals/europa-medicophysica/article.php?cod=R33Y2010N03A0423>
15. Haute Autorité de Santé [Internet]. [cité 3 sept 2024]. Rééducation et réadaptation de la fonction motrice de l'appareil locomoteur des personnes diagnostiquées de paralysie cérébrale. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/jcms/p\\_3166294/fr/reeducation-et-readaptation-de-la-fonction-motrice-de-l-appareil-locomoteur-des-personnes-diagnostiquees-de-paralysie-cerebrale](https://www.has-sante.fr/jcms/p_3166294/fr/reeducation-et-readaptation-de-la-fonction-motrice-de-l-appareil-locomoteur-des-personnes-diagnostiquees-de-paralysie-cerebrale)
16. Winston P, Mills PB, Reebye R, Vincent D. Cryoneurotomy as a Percutaneous Mini-invasive Therapy for the Treatment of the Spastic Limb: Case Presentation, Review of the Literature, and Proposed Approach for Use. *Arch Rehabil Res Clin Transl.* déc 2019;1(3-4):100030.

17. Simon O, Yelnik AP. Managing spasticity with drugs. *Eur J Phys Rehabil Med.* sept 2010;46(3):401-10.
18. Kraus T, Gegenleitner K, Svehlik M, Novak M, Steinwender G, Singer G. Long-term therapy with intrathecal baclofen improves quality of life in children with severe spastic cerebral palsy. *Eur J Paediatr Neurol EJPJN Off J Eur Paediatr Neurol Soc.* mai 2017;21(3):565-9.
19. Roberts A. Surgical management of spasticity. *J Child Orthop.* nov 2013;7(5):389-94.
20. Buffenoir K, Roujeau T, Lapiere F, Menei P, Menegalli-Boggelli D, Mertens P, et al. Spastic equinus foot: multicenter study of the long-term results of tibial neurotomy. *Neurosurgery.* nov 2004;55(5):1130-7.
21. Cheng JCY, So WS. Percutaneous elongation of the Achilles tendon in children with cerebral palsy. *Int Orthop.* 1 juin 1993;17(3):162-5.
22. Genêt F, Denormandie P, Keenan MA. Orthopaedic surgery for patients with central nervous system lesions: Concepts and techniques. *Ann Phys Rehabil Med.* 1 juill 2019;62(4):225-33.
23. Meseguer-Henarejos AB, Sánchez-Meca J, López-Pina JA, Carles-Hernández R. Inter- and intra-rater reliability of the Modified Ashworth Scale: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Phys Rehabil Med.* août 2018;54(4):576-90.
24. Mehrholz J, Wagner K, Meissner D, Grundmann K, Zange C, Koch R, et al. Reliability of the Modified Tardieu Scale and the Modified Ashworth Scale in adult patients with severe brain injury: a comparison study. *Clin Rehabil.* oct 2005;19(7):751-9.
25. Kim GW, Kim H, Jeon JY, Jang JS. Validity and Reliability of Functional Independence Measure for Children (WeeFIM) for Children With Cerebral Palsy. *Inq J Med Care Organ Provis Financ.* 2022;59:469580211072454.
26. Salem Y, Lovelace-Chandler V, Zabel RJ, McMillan AG. Effects of prolonged standing on gait in children with spastic cerebral palsy. *Phys Occup Ther Pediatr.* févr 2010;30(1):54-65.
27. Ricardo D, Raposo MR, Cruz EB, Oliveira R, Carnide F, Veloso AP, et al. Effects of Ankle Foot Orthoses on the Gait Patterns in Children with Spastic Bilateral Cerebral Palsy: A Scoping Review. *Children.* 10 oct 2021;8(10):903.
28. Qian G, Cai X, Xu K, Tian H, Meng Q, Ossowski Z, et al. Which gait training intervention can most effectively improve gait ability in patients with cerebral palsy? A systematic review and network meta-analysis. *Front Neurol.* 2022;13:1005485.
29. Hoare BJ, Wallen MA, Thorley MN, Jackman ML, Carey LM, Imms C. Constraint-induced movement therapy in children with unilateral cerebral palsy. *Cochrane Database Syst Rev.* 1 avr 2019;4(4):CD004149.
30. Whitcup SM. The History of Botulinum Toxins in Medicine: A Thousand Year Journey. *Handb Exp Pharmacol.* 2021;263:3-10.
31. Poulain B, Lemichez E, Popoff MR. Neuronal selectivity of botulinum neurotoxins. *Toxicon.* 30 avr 2020;178:20-32.
32. Dressler D, Saberi FA, Barbosa ER. Botulinum toxin: mechanisms of action. *Arq Neuropsiquiatr.* mars 2005;63(1):180-5.
33. Tschanz C, Salomon D, Magistris MR. Toxine botulique : une révolution thérapeutique. *Med Hyg.* 23 avr 2003;2434:854-8.
34. Pellett S, Bradshaw M, Tepp WH, Pier CL, Whitemarsh RCM, Chen C, et al. The Light Chain Defines the Duration of Action of Botulinum Toxin Serotype A Subtypes. *mBio.* 27 mars 2018;9(2):e00089-18.

35. Caulin et al. - 2009 - COMITE DE VALIDATION.pdf [Internet]. [cité 20 mars 2023].  
Disponible sur:  
[https://archiveansm.integra.fr/var/ansm\\_site/storage/original/application/9771c86bf98d7af854c30b202846ab35.pdf](https://archiveansm.integra.fr/var/ansm_site/storage/original/application/9771c86bf98d7af854c30b202846ab35.pdf)
36. Novak I, Morgan C, Fahey M, Finch-Edmondson M, Galea C, Hines A, et al. State of the Evidence Traffic Lights 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 21 févr 2020;20(2):3.
37. Mottu-Bayon M, Deries X, Tessiot C, Richard I, Dinomais M. Évaluation de la douleur en fonction de la technique de repérage lors des injections intramusculaires de toxine botulique chez l'enfant. *Ann Phys Rehabil Med.* 1 oct 2013;56:e299.
38. Heinen F, Desloovere K, Schroeder AS, Berweck S, Borggraefe I, van Campenhout A, et al. The updated European Consensus 2009 on the use of Botulinum toxin for children with cerebral palsy. *Eur J Paediatr Neurol.* 1 janv 2010;14(1):45-66.
39. Montastruc J, Marque P, Moulis F, Bourg V, Lambert V, Durrieu G, et al. Adverse drug reactions of botulinum neurotoxin type A in children with cerebral palsy: a pharmaco-epidemiological study in VigiBase. *Dev Med Child Neurol.* mars 2017;59(3):329-34.
40. Brochard S, Blajan V, Lempereur M, Garlantezec R, Houx L, Le Moine P, et al. Determining the technical and clinical factors associated with pain for children undergoing botulinum toxin injections under nitrous oxide and anesthetic cream. *Eur J Paediatr Neurol.* juill 2011;15(4):310-5.
41. Brochard S, Blajan V, Lempereur M, Le Moine P, Peudenier S, Lefranc J, et al. Effectiveness of nitrous oxide and analgesic cream (lidocaine and prilocaine) for prevention of pain during intramuscular botulinum toxin injections in children. *Ann Phys Rehabil Med.* déc 2009;52(10):704-16.
42. Bertrand H, Forin V. Toxine botulinique type A chez l'enfant : évaluation des indications à partir d'une revue de la littérature. *Ann Réadapt Médecine Phys.* 1 juill 2003;46(6):346-52.
43. Sättilä H. Over 25 Years of Pediatric Botulinum Toxin Treatments: What Have We Learned from Injection Techniques, Doses, Dilutions, and Recovery of Repeated Injections? *Toxins.* 6 juill 2020;12(7):440.
44. Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: A new theory: A gate control system modulates sensory input from the skin before it evokes pain perception and response. *Pain Forum.* 1 mars 1996;5(1):3-11.
45. Fitzgerald M. The development of nociceptive circuits. *Nat Rev Neurosci.* juill 2005;6(7):507-20.
46. M B, LI B, H L, Kj A. Pain activates cortical areas in the preterm newborn brain. *Pain* [Internet]. mai 2006 [cité 19 juin 2024];122(1-2). Disponible sur:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16530965/>
47. Baccei ML. Modulation of developing dorsal horn synapses by tissue injury. *Ann N Y Acad Sci.* juin 2010;1198:159-67.
48. Peters JWB, Schouw R, Anand KJS, van Dijk M, Duivenvoorden HJ, Tibboel D. Does neonatal surgery lead to increased pain sensitivity in later childhood? *Pain.* avr 2005;114(3):444-54.
49. von Baeyer CL. Children's self-report of pain intensity: what we know, where we are headed. *Pain Res Manag.* 2009;14(1):39-45.
50. von Baeyer CL, Forsyth SJ, Stanford EA, Watson M, Chambers CT. Response biases in preschool children's ratings of pain in hypothetical situations. *Eur J Pain.* 2009;13(2):209-13.

51. Merkel S, Voepel-Lewis T, Malviya S. Pain assessment in infants and young children: the FLACC scale. *Am J Nurs.* oct 2002;102(10):55-8.
52. Tobias JD. Acute Pain Management in Infants and Children—Part 1: Pain Pathways, Pain Assessment, and Outpatient Pain Management. *Pediatr Ann [Internet].* juill 2014 [cité 19 juin 2024];43(7). Disponible sur: <https://journals.healio.com/doi/10.3928/00904481-20140619-10>
53. Canbulat Şahiner N, Türkmen AS. The Effect of Distraction Cards on Reducing Pain and Anxiety During Intramuscular Injection in Children. *Worldviews Evid Based Nurs.* juin 2019;16(3):230-5.
54. Houx L, Dubois A, Brochard S, Pons C. Do clowns attenuate pain and anxiety undergoing botulinum toxin injections in children? *Ann Phys Rehabil Med.* oct 2020;63(5):393-9.
55. van der Heijden MJE, Mevius H, van der Heijde N, van Rosmalen J, van As S, van Dijk M. Children Listening to Music or Watching Cartoons During ER Procedures: A RCT. *J Pediatr Psychol.* 1 nov 2019;44(10):1151-62.
56. Birnie KA, Noel M, Parker JA, Chambers CT, Uman LS, Kisely SR, et al. Systematic review and meta-analysis of distraction and hypnosis for needle-related pain and distress in children and adolescents. *J Pediatr Psychol.* sept 2014;39(8):783-808.
57. Vagnoli L, Caprilli S, Vernucci C, Zagni S, Mugnai F, Messeri A. Can presence of a dog reduce pain and distress in children during venipuncture? *Pain Manag Nurs Off J Am Soc Pain Manag Nurses.* avr 2015;16(2):89-95.
58. Kahneman D. *Attention and Effort.* Prentice-Hall; 1973.
59. Johnson MH. How does distraction work in the management of pain? *Curr Pain Headache Rep.* avr 2005;9(2):90-5.
60. Seymour NE. VR to OR: a review of the evidence that virtual reality simulation improves operating room performance. *World J Surg.* févr 2008;32(2):182-8.
61. Piomchai P, Avery A, Laopaiboon M, Kennedy G, O'Leary S. Virtual reality training for improving the skills needed for performing surgery of the ear, nose or throat. *Cochrane Database Syst Rev.* 9 sept 2015;2015(9):CD010198.
62. Bexson C, Oldham G, Wray J. Safety of virtual reality use in children: a systematic review. *Eur J Pediatr.* 11 mars 2024;
63. Furman E, Jasinovic TR, Bissada NF, Victoroff KZ, Skillicorn R, Buchner M. Virtual Reality Distraction for Pain Control During Periodontal Scaling and Root Planing Procedures. *J Am Dent Assoc.* déc 2009;140(12):1508-16.
64. Frey DP, Bauer ME, Bell CL, Low LK, Hassett AL, Cassidy RB, et al. Virtual Reality Analgesia in Labor: The VRAIL Pilot Study—A Preliminary Randomized Controlled Trial Suggesting Benefit of Immersive Virtual Reality Analgesia in Unmedicated Laboring Women. *Anesth Analg.* juin 2019;128(6):e93-6.
65. JahaniShoorab N, Ebrahimzadeh Zagami S, Nahvi A, Mazluom SR, Golmakani N, Talebi M, et al. The Effect of Virtual Reality on Pain in Primiparity Women during Episiotomy Repair: A Randomize Clinical Trial. *Iran J Med Sci.* mai 2015;40(3):219-24.
66. Wolitzky K, Fivush R, Zimand E, Hodges L, Rothbaum BO. Effectiveness of virtual reality distraction during a painful medical procedure in pediatric oncology patients. *Psychol Health.* déc 2005;20(6):817-24.
67. Hoffman HG, Rodriguez RA, Gonzalez M, Bernardy M, Peña R, Beck W, et al. Immersive Virtual Reality as an Adjunctive Non-opioid Analgesic for Pre-dominantly Latin American Children With Large Severe Burn Wounds During Burn Wound Cleaning in the Intensive Care Unit: A Pilot Study. *Front Hum Neurosci.* 8 août 2019;13:262.

68. Smith V, Warty RR, Sursas JA, Payne O, Nair A, Krishnan S, et al. The Effectiveness of Virtual Reality in Managing Acute Pain and Anxiety for Medical Inpatients: Systematic Review. *J Med Internet Res.* 2 nov 2020;22(11):e17980.
69. Gold JI, SooHoo M, Laikin AM, Lane AS, Klein MJ. Effect of an Immersive Virtual Reality Intervention on Pain and Anxiety Associated With Peripheral Intravenous Catheter Placement in the Pediatric Setting: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open.* 25 août 2021;4(8):e2122569.
70. Chau B, Chi B, Wilson T. Decreasing pediatric pain and agitation during botulinum toxin injections for spasticity with virtual reality: Lessons learned from clinical use. *J Pediatr Rehabil Med.* 2018;11(3):199-204.
71. Love SC, Novak I, Kentish M, Desloovere K, Heinen F, Molenaers G, et al. Botulinum toxin assessment, intervention and after-care for lower limb spasticity in children with cerebral palsy: international consensus statement. *Eur J Neurol.* août 2010;17(s2):9-37.
72. Fehlings D, Novak I, Berweck S, Hoare B, Stott NS, Russo RN. Botulinum toxin assessment, intervention and follow-up for paediatric upper limb hypertonicity: international consensus statement. *Eur J Neurol.* août 2010;17(s2):38-56.
73. Faulks D, Hennequin M, Albecker-Grappe S, Manière M, Tardieu C, Berthet A, et al. Sedation with 50% nitrous oxide/oxygen for outpatient dental treatment in individuals with intellectual disability. *Dev Med Child Neurol.* août 2007;49(8):621-5.
74. Prevalence and characteristics of children with cerebral palsy in Europe. *Dev Med Child Neurol.* sept 2002;44(9):633-40.
75. Jones K, Armstrong M, Luna J, Thakkar RK, Fabia R, Groner JI, et al. Age and Sex Differences of Virtual Reality Pain Alleviation Therapeutic During Pediatric Burn Care: A Randomized Clinical Trial. *J Med Ext Real.* juill 2024;1(1):163-73.
76. Gutierrez-Maldonado J, Gutierrez-Martinez O, Cabas-Hoyos K. Interactive and passive virtual reality distraction: effects on presence and pain intensity. *Stud Health Technol Inform.* 2011;167:69-73.
77. Gutierrez-Martinez O, Gutierrez-Maldonado J, Cabas-Hoyos K, Loreto D. The illusion of presence influences VR distraction: effects on cold-pressor pain. *Stud Health Technol Inform.* 2010;154:155-9.
78. Hoffman HG, Sharar SR, Coda B, Everett JJ, Ciol M, Richards T, et al. Manipulating presence influences the magnitude of virtual reality analgesia. *Pain.* sept 2004;111(1-2):162-8.
79. Chaleat-Valayer E, Roumenoff F, Bard-Pondarre R, Ganne C, Verdun S, Lucet A, et al. Pain coping strategies in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2019;61(11):1329-35.
80. Blackman JA, Svensson CI, Marchand S. Pathophysiology of chronic pain in cerebral palsy: implications for pharmacological treatment and research. *Dev Med Child Neurol.* 2018;60(9):861-5.
81. Tas FQ, van Eijk CAM, Staals LM, Legerstee JS, Dierckx B. Virtual reality in pediatrics, effects on pain and anxiety: A systematic review and meta-analysis update. *Paediatr Anaesth.* déc 2022;32(12):1292-304.
82. Matziou V, Chrysostomou A, Vlahioti E, Perdikaris P. Parental presence and distraction during painful childhood procedures. *Br J Nurs Mark Allen Publ.* 25 mai 2013;22(8):470-5.
83. Fisher MT, Zigler CK, Houtrow AJ. Factors affecting procedural pain in children during and immediately after intramuscular botulinum toxin injections for spasticity. *J Pediatr*

Rehabil Med. 2018;11(3):193-7.

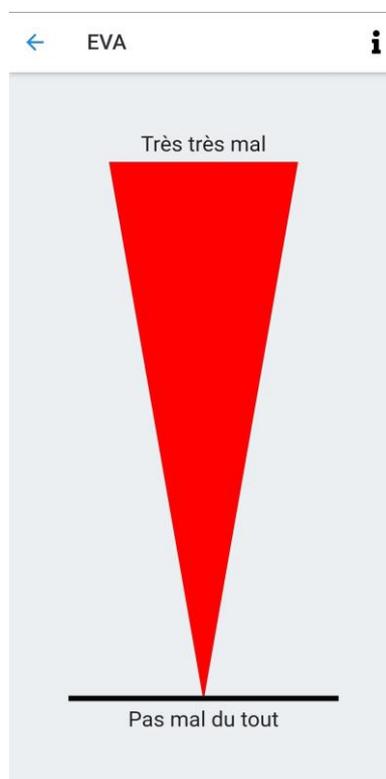
84. Krauss B, Green SM. Procedural sedation and analgesia in children. *The Lancet*. 4 mars 2006;367(9512):766-80.
85. Health aspects among personnel working with nitrous oxide for procedural pain management in children - Ekbohm - 2008 - *Acta Anaesthesiologica Scandinavica* - Wiley Online Library [Internet]. [cité 15 sept 2022]. Disponible sur: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-6576.2008.01588.x>

## XII. Annexes

Annexe 1 : modèle de casque de RV utilisé (<http://hypnovr.io/fr>)



Annexe 2 : EN verticale utilisée entre 0 et 10 (application Trousseau de Poche)



## Annexe 3 : Echelle d'Asworth Modifiée

### ***Échelle d'Asworth modifiée (MAS : Modified Asworth Scale)***

Préciser lors de la cotation, si l'on se réfère à la MAS (sur 4) c'est-à-dire de 0 à 4 : 0, 1, 1+, 2, 3, 4 ; ou à la MAS (sur 5) c'est-à-dire de 0 à 5 : 0, 1, 2, 3, 4, 5. Les 2 comportent 6 niveaux de cotation - par opposition à la première version d'Asworth qui n'en comportait que 5 (0, 1, 2, 3, 4). L'une, MAS sur 5, permet la quantification alors que le niveau 1+ ne le permet pas.

MAS (sur 4)	MAS (sur 5)	Descriptif du niveau
0	0	Pas d'hypertonie
1	1	Légère hypertonie avec <i>stretch reflex</i> ou minime résistance en fin de course
1+	2	Hypertonie avec <i>stretch reflex</i> et résistance au cours de la première moitié de la course musculaire autorisée
2	3	Augmentation importante du tonus musculaire durant toute la course musculaire, mais le segment de membre reste facilement mobilisable
3	4	Augmentation considérable du tonus musculaire. Le mouvement passif est difficile
4	5	Hypertonie majeure. Mouvement passif impossible

#### *Références :*

*Ashworth B. et al., 1964 ; Bohannon R.W., 1987.*



Etude adhésion à la réalité virtuelle chez l'enfant

Date :

Nom :

Prénom :

Âge :

Pathologie principale (PC, TC, AVC, blessé médullaire...) :

Genre :  Masculin  Féminin

Critères d'inclusion : Enfants de 7 à 17 ans, ayant eu  $\geq 1$  séances de toxine botulique pour le traitement de la spasticité focale.

Critères d'exclusion :

Refus du patient/représentant légal, patients psychotiques ou souffrants de troubles psychiatriques, épilepsie non équilibrée, troubles visuels (absence de vision binoculaire) et/ou auditifs (surdité), troubles cognitifs majeurs (auto-évaluation de la douleur impossible).

Prémédication antalgique/anxiolytique utilisée ce jour :

- anxiolytique per os
- anesthésique local type EMLA
- Autre (précisez) :
- Aucune

EN de la douleur (avant toute intervention) : /10

EN de l'anxiété (avant toute intervention) : /10

L'enfant accepte-t-il l'utilisation du casque durant les injections de toxine :  Oui  Non

Utilisation du casque audio en complément  Oui  Non

Si non, utilisation du MEOPA durant la séance :  Oui  Non

► Réalisation des injections de toxine botulique

L'enfant a-t-il gardé le casque de RV durant la séance ? :  Oui  Non

Si non, pourquoi ? (peur, cybersickness type nausée/vertiges, inconfort...) :

EN de la douleur (ressentie durant les injections) : /10

EN de l'anxiété (ressentie durant les injections) : /10

Repérage utilisé lors de la séance :  échographique seul

échographique + électrostimulation

Changement de type de repérage par rapport aux précédentes séances :  Oui  Non

Concernant les parents : Sur une échelle de 1 à 10, comment évaluez-vous l'efficacité du casque de réalité virtuelle pour réduire l'anxiété de votre enfant pendant la procédure d'injection ? : /10

L'enfant souhaite-t-il utiliser le casque lors de la prochaine séance ?  Oui  Non

Schéma d'injection :

## Annexe 4 : article de thèse

### I. Introduction

Central neurological pathologies in children, and in particular cerebral palsy, represent a major public health problem worldwide. They lead to impairments such as motor deficits or spasticity (1), which are responsible for disabilities such as gait disorders and consequent restrictions on participation (2).

Focal spasticity is defined as an exaggeration of the myotatic reflex, first defined by Lance in 1980 (3). This reflex depends on the speed at which the muscle is stretched and appears after damage to the central nervous system (stroke, head injury, cerebral palsy) through damage to the upper motoneuron, leading to a reduction in central inhibition of reflexes in the spinal cord (4).

Intramuscular injections of botulinum toxin have been widely shown to be effective in treating focal spasticity and are a first-line treatment (5), particularly in children with cerebral palsy (6). In children, intramuscular injections can induce pain and anxiety, although these are often of short duration and not very intense (7).

Usual analgesia techniques involve the application of anaesthetic cream (based on lidocaine and prilocaine like EMLA) and the use of nitrous oxide and oxygen mixed at 50%, according to international recommendations (8). These conventional therapies have been shown to be effective in only 50% of injection sessions (9), which is still significant given the need to repeat injection sessions, sometimes every 3 months and usually between 4 and 8 months in children (10,11).

Various non-medicinal techniques have been studied, mainly focusing on distraction through sound, images, or interaction with objects or people, sometimes with beneficial effects on reducing pain and anxiety during the procedure (12,13).

Among these distraction techniques, virtual reality (VR) has been shown to be effective in reducing pain and anxiety in patients (14) via hypnotic analgesia, sometimes leading to a reduction in drug treatments (15).

It involves immersion in a 3D virtual environment using a helmet placed on the face, with a screen for each eye and lenses in front of them, equipped with acceleration sensors to reproduce the user's head movements.

Some studies have suggested a benefit of VR in children in the management of acute pain compared with no distraction or other distraction methods (16). A meta-analysis found an overall weighted standardised mean difference of -0.67 for pain and -0.74 for anxiety (17).

In addition to the distraction effect of immersion, some headsets offer programmes based on hypnosis, a technique that is effective in reducing pain caused by injections in children and adolescents. A meta-analysis found a standardised mean difference of -1.40 over five studies for pain and -2.53 for anxiety (18).

The use of a VR headset during toxin injection sessions is easy and does not induce any major adverse effects (19). The main adverse effects are known as cybersickness (discomfort, sweating, nausea, headache). There is also little evidence that VR has a harmful effect on children under the age of 14 (20).

The primary outcome of this study is to assess the acceptability of the VR helmet during intramuscular botulinum toxin injection sessions in children. The secondary outcome was to evaluate its efficacy on pain and anxiety compared to no VR use during injections.

- II. Materials and methods : Cf thèse partie VII
- III. Results : Cf thèse partie VIII
- IV. Discussion : Cf thèse partie IX
- V. Conclusion : Cf thèse partie X

#### Bibliographie de l'article

1. Dar H, Stewart K, McIntyre S, Paget S. Multiple motor disorders in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 14 août 2023;dmcn.15730.
2. Shikako-Thomas K, Majnemer A, Law M, Lach L. Determinants of Participation in Leisure Activities in Children and Youth with Cerebral Palsy: Systematic Review. *Phys Occup Ther Pediatr*. janv 2008;28(2):155-69.
3. Lance, J. W.(1980). Pathophysiology of spasticity and clinical experience with baclofen. *Spasticity: disordered motor control* (ed. R. Feldman, R. Young & W. Koella), 185-203.
4. Sheean G. The pathophysiology of spasticity. *Eur J Neurol*. 2002;9(s1):3-9.
5. Haute Autorité de Santé HAS. BOTOX (toxine botulinique de type A) [Internet]. Saint-Denis La Plaine; 2010. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/jcms/c\\_916585/fr/botox-toxine-botulinique-de-type-a](https://www.has-sante.fr/jcms/c_916585/fr/botox-toxine-botulinique-de-type-a)
6. Novak I, Morgan C, Fahey M, Finch-Edmondson M, Galea C, Hines A, et al. State of the Evidence Traffic Lights 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy. *Curr Neurol Neurosci Rep*. 21 févr 2020;20(2):3.
7. Brochard S, Blajan V, Lempereur M, Garlantezec R, Houx L, Le Moine P, et al. Determining the technical and clinical factors associated with pain for children undergoing botulinum toxin injections under nitrous oxide and anesthetic cream. *Eur J Paediatr Neurol*. juill 2011;15(4):310-5.
8. Heinen F, Desloovere K, Schroeder AS, Berweck S, Borggraefe I, van Campenhout A, et al. The updated European Consensus 2009 on the use of Botulinum toxin for children with cerebral palsy. *Eur J Paediatr Neurol*. 1 janv 2010;14(1):45-66.
9. Brochard S, Blajan V, Lempereur M, Le Moine P, Peudenier S, Lefranc J, et al. Effectiveness of nitrous oxide and analgesic cream (lidocaine and prilocaine) for prevention of pain during intramuscular botulinum toxin injections in children. *Ann Phys Rehabil Med*. déc 2009;52(10):704-16.
10. Bertrand H, Forin V. Toxine botulinique type A chez l'enfant : évaluation des indications à partir d'une revue de la littérature. *Ann Réadapt Médecine Phys*. 1 juill 2003;46(6):346-52.
11. Sättilä H. Over 25 Years of Pediatric Botulinum Toxin Treatments: What Have We Learned from Injection Techniques, Doses, Dilutions, and Recovery of Repeated Injections? *Toxins*. 6 juill 2020;12(7):440.
12. Canbulat Şahiner N, Türkmen AS. The Effect of Distraction Cards on Reducing Pain and Anxiety During Intramuscular Injection in Children. *Worldviews Evid Based Nurs*. juin 2019;16(3):230-5.
13. Van der Heijden MJE, Mevius H, van der Heijde N, van Rosmalen J, van As S, van Dijk M. Children Listening to Music or Watching Cartoons During ER Procedures: A RCT. *J Pediatr Psychol*. 1 nov 2019;44(10):1151-62.
14. Smith V, Warty RR, Sursas JA, Payne O, Nair A, Krishnan S, et al. The Effectiveness of Virtual Reality in Managing Acute Pain and Anxiety for Medical Inpatients: Systematic Review. *J Med Internet Res*. 2 nov 2020;22(11):e17980.
15. Patterson DR, Wiechman SA, Jensen M, Sharar SR. Hypnosis Delivered Through Immersive Virtual Reality for Burn Pain: A *Clinical Case Series*. *Int J Clin Exp Hypn*. juill 2006;54(2):130-42.
16. Lambert V, Boylan P, Boran L, Hicks P, Kirubakaran R, Devane D, et al. Virtual reality distraction for acute pain in children. *Cochrane Pain, Palliative and Supportive Care Group*, éditeur. *Cochrane*

Database Syst Rev [Internet]. 22 oct 2020 [cité 18 août 2022];2020(10). Disponible sur:  
<http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD010686.pub2>

17. Tas FQ, van Eijk CAM, Staals LM, Legerstee JS, Dierckx B. Virtual reality in pediatrics, effects on pain and anxiety: A systematic review and meta-analysis update. *Paediatr Anaesth*. déc 2022;32(12):1292-304.

18. Birnie KA, Noel M, Parker JA, Chambers CT, Uman LS, Kisely SR, et al. Systematic review and meta-analysis of distraction and hypnosis for needle-related pain and distress in children and adolescents. *J Pediatr Psychol*. sept 2014;39(8):783-808.

19. Chau B, Chi B, Wilson T. Decreasing pediatric pain and agitation during botulinum toxin injections for spasticity with virtual reality: Lessons learned from clinical use. *J Pediatr Rehabil Med*. 2018;11(3):199-204.

20. Bexson C, Oldham G, Wray J. Safety of virtual reality use in children: a systematic review. *Eur J Pediatr*. 11 mars 2024;

### **XIII. Résumé**

**Contexte et objectifs** : La spasticité focale, souvent présente en cas d'atteinte neurologique centrale telle que la paralysie cérébrale chez l'enfant, est une déficience à traiter en priorité dans cette population. Les injections intramusculaires de toxine botulique sont couramment utilisées, mais sont une source de douleurs et d'anxiété durant la procédure, qui doit être répétée dans le temps. Des techniques non médicamenteuses telles que la réalité virtuelle (RV), ont montré un potentiel pour réduire ces effets indésirables dans des contextes variés en pédiatrie. L'objectif principal de l'étude était de déterminer la faisabilité de son utilisation lors des injections de toxines botulique chez l'enfant et secondairement d'évaluer son efficacité sur la réduction de la douleur et de l'anxiété comparativement à l'absence de RV.

**Matériel et méthode** : Vingt-et-un enfants de 7 à 17 ans ont été inclus durant cette étude. La tolérance du casque de RV était évaluée par la capacité des patients à le porter durant toute la procédure. Une échelle visuelle analogique verticale a été utilisée pour évaluer les niveaux de douleur et d'anxiété durant les injections, ceux-ci étant libres de le retirer à tout moment.

**Résultats** : Sur les 21 enfants inclus dans l'étude, 7 (33%) ont accepté puis toléré le port du casque de RV durant les injections. Il n'y avait pas de différence significative entre les enfants ayant utilisé la RV et ceux ne l'ayant pas utilisé en termes de douleur procédurale et d'anxiété. La majorité des enfants ayant participé à l'étude avait déjà eu une expérience antérieure de la RV durant des injections de toxines. Les principaux motifs de refus incluaient la peur, l'inconfort et une préférence pour l'utilisation de MEOPA.

**Conclusion** : L'étude a révélé une acceptabilité limitée du casque de RV chez les enfants durant les injections de toxine botulique et une absence d'effet significatif sur la réduction de la douleur ou de l'anxiété. Ces résultats suggèrent que l'application de la RV dans cette population, moins sensible aux phénomènes de distractions, nécessite des ajustements en termes d'interactivité, d'immersion et de confort ainsi qu'une réévaluation de son acceptabilité à long terme.

Mots clés : Réalité de synthèse, analgésie, toxines botuliques, paralysie cérébrale

#### XIV. Serment

## 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 !

