

2023-2024

THÈSE

pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Qualification en Médecine Physique et de Réadaptation

Feasibility of Personalised Multisensory Stimulation by Virtual Reality to promote the Awakening of Adults in a Minimally Conscious State. REVEIL: a Pilot Study.

Faisabilité d'un Programme de Stimulations Multisensorielles Personnalisées par Réalité Virtuelle pour promouvoir l'Eveil de Patients en Etat de Conscience Minimale. REVEIL : Etude Pilote.

PERRAT Estelle

Née le 17 juillet 1995 à ROANNE (42)

Sous la direction de M. le Professeur LEMEE Jean-Michel
Et Mme le Docteur CHINIER-LEMEE Eva

Membres du jury

Monsieur le Professeur DINOMAS Mickaël	Président
Monsieur le Professeur LEMEE Jean-Michel	Directeur
Madame le Docteur CHINIER-LEMEE Eva	Codirecteur
Monsieur le Professeur MENEI Philippe	Membre
Madame le Docteur ALI Pauline	Membre
Monsieur le Docteur GAILLARD Thomas	Membre

Soutenue publiquement le :
08 octobre 2024

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussignée Estelle PERRAT
déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une
partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet,
constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.
En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées
pour écrire ce rapport ou mémoire.

signé par l'étudiante le 29/08/2024

SERMENT D'HIPPOCRATE

« Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu (e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité. Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré (e) et méprisé(e) si j'y manque ».

LISTE DES ENSEIGNANTS DE LA FACULTÉ DE SANTÉ D'ANGERS

Doyen de la Faculté : Pr Nicolas Lerolle

Vice-Doyen de la Faculté et directeur du département de pharmacie : Pr Sébastien Faure

Directeur du département de médecine : Pr Cédric Annweiler

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

ABRAHAM Pierre	PHYSIOLOGIE	Médecine
ANGOULVANT Cécile	MEDECINE GENERALE	Médecine
ANNWEILER Cédric	GERIATRIE ET BIOLOGIE DU VIEILLISSEMENT	Médecine
ASFAR Pierre	REANIMATION	Médecine
AUBE Christophe	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE	Médecine
AUGUSTO Jean-François	NEPHROLOGIE	Médecine
BAUFRETON Christophe	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE	Médecine
BELLANGER William	MEDECINE GENERALE	Médecine
BELONCLE François	REANIMATION	Médecine
BENOIT Jean-Pierre	PHARMACOTECHNIE	Pharmacie
BIERE Loïc	CARDIOLOGIE	Médecine
BIGOT Pierre	UROLOGIE	Médecine
BONNEAU Dominique	GENETIQUE	Médecine
BOUCHARA Jean-Philippe	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE	Médecine
BOUET Pierre-Emmanuel	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE	Médecine
BOURSIER Jérôme	GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE	Médecine
BOUVARD Béatrice	RHUMATOLOGIE	
BRIET Marie	PHARMACOLOGIE	Médecine
CALES Paul	GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE	Médecine
CAMPONE Mario	CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE	Médecine
CAROLI-BOSC François-Xavier	GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE	Médecine
CASSEREAU Julien	NEUROLOGIE	Médecine
CLERE Nicolas	PHARMACOLOGIE / PHYSIOLOGIE	Pharmacie
CONNAN Laurent	MEDECINE GENERALE	Médecine
COPIN Marie-Christine	ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES	Médecine
COUTANT Régis	PEDIATRIE	Médecine
CUSTAUD Marc-Antoine	PHYSIOLOGIE	Médecine
CRAUSTE-MANCIET Sylvie	PHARMACOTECHNIE HOSPITALIERE	Pharmacie
DE CASABIANCA Catherine	MEDECINE GENERALE	Médecine
DESCAMPS Philippe	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE	Médecine
D'ESCATHA Alexis	MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL	Médecine
DINOMAS Mickaël	MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION	Médecine

DIQUET Bertrand	PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE ; PHARMACOLOGIE CLINIQUE ; ADDICTOLOGIE	Médecine
DUBEE Vincent	MALADIES INFECTIEUSES ET TROPICALES	Médecine
DUCANCELLE Alexandra	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE	Médecine
DUVAL Olivier	CHIMIE THERAPEUTIQUE	Pharmacie
DUVERGER Philippe	PEDOPSYCHIATRIE	Médecine
EVEILLARD Mathieu	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE	Pharmacie
FAURE Sébastien	PHARMACOLOGIE PHYSIOLOGIE	Pharmacie
FOURNIER Henri- Dominique	ANATOMIE	Médecine
FOUQUET Olivier	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE	Médecine
FURBER Alain	CARDIOLOGIE	Médecine
GAGNADOUX Frédéric	PNEUMOLOGIE	Médecine
GOHIER Bénédicte	PSYCHIATRIE D'ADULTES	Médecine
GUARDIOLA Philippe	HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION	Médecine
GUILET David	CHIMIE ANALYTIQUE	Pharmacie
HAMY Antoine	CHIRURGIE GENERALE	Médecine
HENNI Samir	MEDECINE VASCULAIRE	Médecine
HUNAUULT-BERGER Mathilde	HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION	Médecine
IFRAH Norbert	HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION	Médecine
JEANNIN Pascale	IMMUNOLOGIE	Médecine
KEMPF Marie	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE	Médecine
KUN-DARBOIS Daniel	CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE	Médecine
LACOEUILLE FRANCK	RADIOPHARMACIE	Pharmacie
LACCOURREYE Laurent	OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE	Médecine
LAGARCE Frédéric	BIOPHARMACIE	Pharmacie
LANDREAU Anne	BOTANIQUE/ MYCOLOGIE	Pharmacie
LARCHER Gérald	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRES	Pharmacie
LASOCKI Sigismond	ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION	Médecine
LEBDAI Souhil	UROLOGIE	Médecine
LEGENDRE Guillaume	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE	Médecine
LEGRAND Erick	RHUMATOLOGIE	Médecine
LERMITE Emilie	CHIRURGIE GENERALE	Médecine
LEROLLE Nicolas	REANIMATION	Médecine
LUNEL-FABIANI Françoise	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE	Médecine
LUQUE PAZ Damien	HEMATOLOGIE BIOLOGIQUE	Médecine
MARCHAIS Véronique	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE	Pharmacie
MARTIN Ludovic	DERMATO-VERERELOGIE BIOLOGIE ET MEDECINE DU	Médecine
MAY-PANLOUP Pascale	DEVELOPPEMENT ET DE LA REPRODUCTION	Médecine

MENEI Philippe	NEUROCHIRURGIE	Médecine
MERCAT Alain	REANIMATION	Médecine
PAPON Nicolas	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE MEDICALE	Pharmacie
PASSIRANI Catherine	CHIMIE GENERALE	Pharmacie
PELLIER Isabelle	PEDIATRIE	Médecine
PETIT Audrey	MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL	Médecine
PICQUET Jean	CHIRURGIE VASCULAIRE ; MEDECINE VASCULAIRE	Médecine
PODEVIN Guillaume	CHIRURGIE INFANTILE	Médecine
PROCACCIO Vincent	GENETIQUE	Médecine
PRUNIER Delphine	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE	Médecine
PRUNIER Fabrice	CARDIOLOGIE	Médecine
RAMOND-ROQUIN Aline	MEDECINE GENERALE	Médecine
REYNIER Pascal	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE	Médecine
RICHOMME Pascal	PHARMACOGNOSIE	Pharmacie
RINEAU Emmanuel	ANESTHESIOLOGIE REANIMATION	Médecine
RIOU Jérémie	BIOSTATISTIQUES	Pharmacie
RODIEN Patrice	ENDOCRINOLOGIE, DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES	Médecine
ROQUELAURE Yves	MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL	Médecine
ROUGE-MAILLART Clotilde	MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE	Médecine
ROUSSEAU Audrey	ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES	Médecine
ROUSSEAU Pascal	CHIRURGIE PLASTIQUE, RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE	Médecine
ROUSSELET Marie-Christine	ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES	Médecine
ROY Pierre-Marie	MEDECINE D'URGENCE	Médecine
SAULNIER Patrick	BIOPHYSIQUE ET BIOSTATISTIQUES	Pharmacie
SERAPHIN Denis	CHIMIE ORGANIQUE	Pharmacie
SCHMIDT Aline	HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION	Médecine
TESSIER-CAZENEUVE Christine	MEDECINE GENERALE	Médecine
TRZEPIZUR Wojciech	PNEUMOLOGIE	Médecine
UGO Valérie	HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION	Médecine
URBAN Thierry	PNEUMOLOGIE	Médecine
VAN BOGAERT Patrick	PEDIATRIE	Médecine
VENARA Aurélien	CHIRURGIE VISCERALE ET DIGESTIVE	Médecine
VENIER-JULIENNE Marie-Claire	PHARMACOTECHNIE	Pharmacie
VERNY Christophe	NEUROLOGIE	Médecine
WILLOTEAUX Serge	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE	Médecine

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

AMMI Myriam	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE	Médecine
BAGLIN Isabelle	CHIMIE THERAPEUTIQUE	Pharmacie

BASTIAT Guillaume	BIOPHYSIQUE ET BIOSTATISTIQUES	Pharmacie
BEAUVILLAIN Céline	IMMUNOLOGIE	Médecine
BEGUE Cyril	MEDECINE GENERALE	Médecine
BELIZNA Cristina	MEDECINE INTERNE	Médecine
BENOIT Jacqueline	PHARMACOLOGIE	Pharmacie
BESSAGUET Flavien	PHYSIOLOGIE PHARMACOLOGIE	Pharmacie
BERNARD Florian	ANATOMIE ; discipline hospit : NEUROCHIRURGIE	Médecine
BLANCHET Odile	HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION	Médecine
BOISARD Séverine	CHIMIE ANALYTIQUE	Pharmacie
BRIET Claire	ENDOCRINOLOGIE, DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES	Médecine
BRIS Céline	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE	Pharmacie
CANIVET Clémence	GASTROENTEROLOGIE-HEPATOLOGIE	Médecine
CAPITAIN Olivier	CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE	Médecine
CHAO DE LA BARCA Juan-Manuel	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE	Médecine
CHEVALIER Sylvie	BIOLOGIE CELLULAIRE	Médecine
CHOPIN Matthieu	MEDECINE GENERALE	Médecine
CODRON Philippe	NEUROLOGIE	Médecine
COLIN Estelle	GENETIQUE	Médecine
DEMAS Josselin	SCIENCES DE LA READAPTATION	Médecine
DERBRE Séverine	PHARMACOGNOSIE	Pharmacie
DESHAYES Caroline	BACTERIOLOGIE VIROLOGIE	Pharmacie
DOUILLET Delphine	MEDECINE D'URGENCE	Médecine
FERRE Marc	BIOLOGIE MOLECULAIRE	Médecine
FORTRAT Jacques-Olivier	PHYSIOLOGIE	Médecine
GHALI Maria	MEDECINE GENERALE	Médecine
GUELFF Jessica	MEDECINE GENERALE	Médecine
HAMEL Jean-François	BIOSTATISTIQUES, INFORMATIQUE MEDICALE	Médicale
HELESBEUX Jean-Jacques	CHIMIE ORGANIQUE	Pharmacie
HERIVAUX Anaïs	BIOTECHNOLOGIE	Pharmacie
HINDRE François	BIOPHYSIQUE	Médecine
JOUSSET-THULLIER Nathalie	MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE	Médecine
JUDALET-ILLAND Ghislaine	MEDECINE GENERALE	Médecine
KHIATI Salim	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE	Médecine
LEGEAY Samuel	PHARMACOCINETIQUE	Pharmacie
LEMEE Jean-Michel	NEUROCHIRURGIE	Médecine
LE RAY-RICHOMME Anne-Marie	PHARMACOGNOSIE	Pharmacie
LEPELTIER Elise	CHIMIE GENERALE	Pharmacie
LETOURNEL Franck	BIOLOGIE CELLULAIRE	Médecine
LIBOUBAN Hélène	HISTOLOGIE	Médecine
MABILLEAU Guillaume	HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE	Médecine
MALLET Sabine	CHIMIE ANALYTIQUE	Pharmacie
MAROT Agnès	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE MEDICALE	Pharmacie
MESLIER Nicole	PHYSIOLOGIE	Médecine

MIOT Charline	IMMUNOLOGIE	Médecine
MOUILLIE Jean-Marc	PHILOSOPHIE	Médecine
NAIL BILLAUD Sandrine	IMMUNOLOGIE	Pharmacie
PAILHORIE Hélène	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE	Médecine
PAPON Xavier	ANATOMIE	Médecine
PASCO-PAPON Anne	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE	Médecine
PECH Brigitte	PHARMACOTECHNIE	Pharmacie
PENCHAUD Anne-Laurence	SOCIOLOGIE	Médecine
PIHET Marc	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE	Médecine
POIROUX Laurent	SCIENCES INFIRMIERES	Médecine
PY Thibaut	MEDECINE GENERALE	Médecine
RIOU Jérémie	BIOSTATISTIQUES	Pharmacie
RIQUIN Elise	PEDOPSYCHIATRIE ; ADDICTOLOGIE	Médecine
RONY Louis	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE	Médecine
ROGER Emilie	PHARMACOTECHNIE	Pharmacie
SAVARY Camille	PHARMACOLOGIE-TOXICOLOGIE	Pharmacie
SCHMITT Françoise	CHIRURGIE INFANTILE	Médecine
SCHINKOWITZ Andréas	PHARMACOGNOSIE	Pharmacie
SPIESSER-ROBELET Laurence	PHARMACIE CLINIQUE ET EDUCATION THERAPEUTIQUE	Pharmacie
TEXIER-LEGENDRE Gaëlle	MEDECINE GENERALE	Médecine
VIAULT Guillaume	CHIMIE ORGANIQUE	Pharmacie

AUTRES ENSEIGNANTS

PRCE		
AUTRET Erwan	ANGLAIS	Santé
BARBEROUSSE Michel	INFORMATIQUE	Santé
COYNE Ashley-Rose	ANGLAIS	Santé
O'SULLIVAN Kayleigh	ANGLAIS	Santé
RIVEAU Hélène	ANGLAIS	
PAST/MAST		
BEAUVAIS Vincent	OFFICINE	Pharmacie
BRAUD Cathie	OFFICINE	Pharmacie
DILÉ Nathalie	OFFICINE	Pharmacie
GUILLET Anne-Françoise	PHARMACIE DEUST PREPARATEUR	Pharmacie
MOAL Frédéric	PHARMACIE CLINIQUE	Pharmacie
CHAMPAGNE Romain	MEDECINE PHYSIQUE ET READAPTATION	Médecine
GUITTON Christophe	MEDECINE INTENSIVE-REANIMATION	Médecine
KAASSIS Mehdi	GASTRO-ENTEROLOGIE	Médecine
LAVIGNE Christian	MEDECINE INTERNE	Médecine
PICCOLI Giorgia	NEPHROLOGIE	Médecine

POMMIER Pascal	CANCEROLOGIE-RADIOTHERAPIE	Médecine
SAVARY Dominique	MEDECINE D'URGENCE	Médecine
PLP		
CHIKH Yamina	ECONOMIE-GESTION	Médecine

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Mickaël Dinomais, je vous remercie d'avoir accepté de présider ce jury de thèse. Je tiens également à vous remercier pour votre accompagnement durant mes années d'internat, votre disponibilité et votre confiance. Je n'aurais pas pu faire la maquette de stage que j'ai eu sans vous. Je suis très heureuse de poursuivre mon cursus par un clinicat au sein de l'équipe de rééducation d'Angers et ainsi de continuer à travailler avec vous.

A Monsieur le Professeur Jean-Michel Lemée et à Madame le Docteur Eva Chinier-Lemée, je vous remercie de m'avoir emmenée dans ce sujet si intéressant de la rééducation des états de conscience altérée. Merci pour votre encadrement et votre bienveillance. Je vous remercie également pour votre disponibilité et vos enseignements lors des stages.

A Monsieur le Professeur Philippe Menei, vous me faites l'honneur de participer à mon jury de thèse et je vous dois d'avoir pu faire un stage au sein du service de neurochirurgie. Soyez assuré de mon profond respect.

A Madame le Docteur Pauline Ali, un grand merci à toi d'avoir accepté de faire partie de ce jury. J'ai fait mes premiers pas d'interne à tes côtés et j'ai beaucoup appris à ton contact. Je suis heureuse de pouvoir continuer à travailler avec toi.

A Monsieur le Docteur Thomas Gaillard, je suis ravie que tu sois dans mon jury de thèse. Merci pour tes enseignements en réanimation ainsi que pour nos échanges sur la rééducation.

A Madame le Professeur Isabelle Richard, j'ai eu la chance de vous connaître au début de mon internat et je tiens à vous témoigner mon profond respect. Vous savez voir le potentiel de chacun et nous amener à donner le meilleur de nous-même. Je vous remercie infiniment pour votre confiance et votre pédagogie. Je vous dois beaucoup.

Aux médecins des divers services où j'ai eu la chance d'être formée :

Aux Capucins, je remercie tous les médecins que j'ai croisé en stage ou en garde et notamment le Dr Flavie Fremondière. Merci pour votre bienveillance et votre écoute. Vous m'avez conforté dans mon envie de faire de la rééducation et je suis heureuse de continuer à vos côtés.

Aux équipes de Neurologie du CHU d'Angers, notamment au Pr Verny et aux Dr Codron, Dr Surge, Dr Vuarnesson, Dr Pichon, Dr Lecluse et Dr Godard. Merci à chacun de vous d'avoir pris le temps de m'expliquer votre spécialité (bien que je t'ai souvent fait répéter Jules). C'est un véritable plaisir de travailler avec vous et je souhaite que nous puissions poursuivre une collaboration fructueuse.

Aux équipes de MPR rencontrées à Cholet et notamment aux Dr Pouyfaucou, Dr Avoyan et Dr Finger. Merci pour vos enseignements.

Aux équipes de MPR de Nantes, notamment aux Dr Lefort, Dr Lefevre et Dr Lepoittevin. Vous m'avez fait découvrir la prise en charge des blessés médullaires. Votre expertise et vos enseignements sont d'une grande richesse.

Aux équipes de Neurochirurgie, au Pr Fournier et aux Dr Nader, Dr Delion, Dr Le Fournier, Dr Bernard, Dr Faguer et Dr Jayr. Merci de m'avoir accueillie aussi chaleureusement au sein de votre équipe et de m'avoir gardée aussi longtemps dans les plannings de garde. C'était un plaisir d'apprendre à votre contact et j'espère que nous pourrions continuer à travailler ensemble dans les prochaines années.

REMERCIEMENTS

Aux équipes de réanimation chirurgicale A, en particulier au Pr Lasocki, aux Dr Gergaud, Dr Lemarié, Dr Bernard, Dr Dupré, Dr Cayla et Dr Wagner ainsi qu'à tous les médecins rencontrés en garde. Un grand merci d'avoir accepté que je vienne parmi vous découvrir la réanimation chirurgicale et la prise en charge initiale des patients neurolésés. Je suis très heureuse d'avoir pu profiter de vos enseignements et d'avoir pu échanger avec vous sur le devenir de ces patients. C'est une collaboration qui j'espère se poursuivra et se renforcera au fil des années.

Je tiens à remercier **toutes les équipes soignantes et les rééducateurs** que j'ai pu rencontrer au fil des stages. Vous êtes trop nombreux pour être tous cités ici, mais vous faites un travail formidable et c'est un plaisir de travailler à vos côtés. A tous ceux qui ne s'étonnent plus de me voir dans leur service alors que je n'y suis plus interne, c'est à chaque fois une grande joie de venir vous saluer et discuter avec vous.

A tous mes cointernes :

D'abord, à **Pauline Renaud et Clément Lafitte**. Pauline, depuis ce premier trajet en voiture Dijon-Angers et la visite d'appartement alors que nous ne nous connaissions pas, nous avons continué la route ensemble. Je suis vraiment contente que tu aies été ma cointerne de promo. Je te remercie pour nos longues discussions autour d'un verre, d'une planche (ou d'un porron à Brest). Clément, merci pour ta générosité, ton écoute et tes encouragements quand j'étais angoissée. Tu es vraiment une belle personne et je suis très heureuse de t'avoir rencontré et d'avoir fait ces années d'internat avec toi comme cointerne.

A **Océane**, cette rencontre n'a pas d'égale. Merci pour tous ces beaux moments d'amitié partagée. Reste sensible et gaie, tu es la meilleure !

A **Chloé, Anne-Sophie, Benoit, Jacques, Romain, Aurelia, Margaux, Vivien**. Le stage de neuro a laissé de belles empreintes riches en amitié. Benoit, ne change rien, surtout pas ton éloquence et ta passion des cochons.

A **Marine, Charlotte, TPH, Manu, Andy, Thomas Hirardot, Nada, Lola** vous avez rendu ce stage à Saint Jacques incroyable et inoubliable. Marine tu es notre élément perturbateur préféré, le bureau US/UCH n'a plus jamais été le même après ton arrivée ! Dr NO, vous êtes parfaite (j'avoue être assez contente de t'avoir embarquée dans l'aventure de la réa ainsi qu'au congrès plaie et cicatrisation).

A **Loïc**, parce que tu n'as pas qu'aidé à rendre le stage de St Jacques incroyable mais que tu m'as aussi accompagnée jusqu'à Garches durant cette année de Master. Merci pour tous ces bons moments passés cher collègue et pour tous ceux à venir !

Aux **internes de MPR**. A Marie, Mathilde et Valentine pour vos conseils avisés et vos encouragements. A Manon pour nos rendez-vous impromptus à Angers, Garches ou Annecy. A toute la team de MPR, vous êtes très chouette !

A **Adélie**, nous sommes arrivées à Angers en même temps et nous nous sommes retrouvées quand tu as commencé ton clinicat. Merci pour ta douce compréhension et ton regard toujours bienveillant.

A **Abir, Ignacio, Quentin Hamel, Nicolas, Ranya, Paul et tous les autres internes de neurochirurgie** croisés au gré des stages. C'est une grande joie d'avoir fait votre rencontre. Chacun avec votre personnalité vous êtes des pépites.

A **Audrey, Maëva, Clémence, Gaëlle, Nathalie, Guillaume, Henri et Thomas et aux autres internes croisés en réa**, je n'aurai pas pu penser à de meilleurs cointernes pour ce stage. Merci pour votre joie, votre détermination et pour votre accueil !

REMERCIEMENTS

A tous ceux qui me sont chers, rencontrés ailleurs qu'en médecine :

A Louise, Théotime, Samuel et Zacharie. Louise on ne compte plus les années depuis que l'on se connaît. Tu as toujours été d'un immense soutien et d'une amitié indéfectible. Théotime je suis heureuse de t'avoir rencontrée par l'entremise de Louise et vous m'avez comblée en m'intégrant dans vos grands événements de vie de famille. Zacharie, tu es une petite merveille et je suis très fière d'être ta marraine. Je serai toujours là pour toi.

A Marie Bouteloup. Merci Marie pour ton amitié et ta sensibilité. Tu prends toujours soin de ceux qui t'entourent. Tu es merveilleuse.

A Raphaëlle, bien que l'internat nous ait éloigné géographiquement on se retrouve toujours comme si on ne s'était jamais quitté. Merci pour ta bienveillance et ta perspicacité. Tes conseils sont toujours avisés. Je suis heureuse de vous rejoindre, toi et Alexandre, au prochain semestre.

Et à tous ceux qui ne sont pas cités ici mais qui restent chers à mon cœur.

Enfin à ma famille :

Maman, Papa, merci d'avoir toujours été là pour me soutenir. Je suis remplie de reconnaissance et de gratitude de vous avoir, je ne serais pas arrivée jusqu'ici sans vous. Je vous aime.

Emilie, merci pour ton dynamisme et ton optimisme. Bien que ce soit en écotoxicologie, toi aussi tu es passée par le même chemin que moi.

Steve, je suis heureuse de te connaître et que tu sois devenu mon beau-frère. Il nous reste de nombreuses parties de jeux de société à jouer !

Dédée, merci pour ta douceur et ton écoute. Avec Mamie, vous avez contribué à forger ma vision du monde et m'avez fait découvrir la beauté de la Vie. Le temps passe vite mais je te garde tout près de mon cœur à Angers.

Mamie Marcigny, pour ta force, ton courage et ton abnégation qui sont des sources d'inspiration.

A mes proches qui veillent depuis les étoiles. Nos souvenirs sont des champs de tendresse qui ne cessent d'éclore.

Enfin, **à Vous mon Dieu** qui êtes le phare qui me guide à chaque instant.

Liste des abréviations

[illegible]

Plan

SERMENT D'HIPPOCRATE

ABSTRACT

INTRODUCTION

MATERIALS AND METHODS

- 1. Study Design**
- 2. Participants**
- 3. Ethics**
- 4. Data Availability**
- 5. Procedure**
 - 5.1. Stimulation Protocol
 - 5.2. Sensory Stimulation Equipment
 - 5.3. Integration of Personal Data into Virtual Reality Software
- 6. Study Outcomes**
- 7. Statistical Analyses**

RÉSULTS

- 1. Study Population**
- 2. Feasibility and Tolerance of the VR-Mediated SS Program:**
- 3. Feasibility and Tolerance of the VR-Mediated SS Program from the Perspective of Healthcare Professionals**
- 4. Feasibility and Tolerance of the VR-Mediated SS Program from the Perspective of the Family.**

DISCUSSION AND CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

TABLE DES MATIERES

ANNEXES

Feasibility of Personalised Multisensory Stimulation by Virtual Reality to promote the Awakening of Adults in a Minimally Conscious State. REVEIL: a Pilot Study.

Perrat E.¹, Menei P.^{2,3}, Segulier R.⁴, Casanova M.⁴, Lemée J.-M.^{2,3}

¹ Service de Médecine Physique et de Réadaptation, Centre de Rééducation Les Capucins, Angers, France

² Service de Neurochirurgie, CHU d'Angers, France

³ Inserm UMR 1307, CNRS UMR 6075, Université de Nantes, CRCI2NA, Université d'Angers, France

⁴ FAST/IETR Team, CentraleSupélec, 35700 Rennes, France

Corresponding author:

Pr Jean-Michel Lemée

Service de Neurochirurgie, CHU Angers

49933 ANGERS cedex 09

Tel : +33 2 41 35 38 93

Fax : +33 2 41 35 45 08

Mail : jmledee@chu-angers.fr

ABSTRACT

Background: Sensory stimulations (SS) programs are an integral part of the management aimed at promoting arousal in patients with disorders of consciousness (DoC). For optimal effectiveness, these stimulations should be multisensory and emotionally or autobiographically relevant. Virtual reality (VR) combines all these features and could enable early SS to be performed on patients still in intensive care, thereby improving their functional prognosis.

Objectives: This study assessed the feasibility and tolerance of a personalised multisensory stimulations program (visual, auditory, olfactory, and tactile stimuli) mediated by VR in patients in a minimally conscious state (MCS).

Methods: This pilot study had two phases. In Phase 1, the tolerance of stimulation equipment was evaluated with MCS patients receiving non-personalised multisensory stimulations for 10 minutes daily over 5 days. In Phase 2, the feasibility and tolerance of personalised SS were tested through five 10-minute sessions of personalised SS. Tolerance and adverse effects were monitored, and feedback from healthcare professionals and family members was collected.

Results: Among the 7 participants, 6 tolerated the equipment well in Phase 1, and 5 completed the entire protocol without adverse effects. Personalised SS showed no signs of poor tolerance. Patient discomfort and anxiety during stimulation were rated $\leq 3/10$ by 86% of healthcare professionals, though the visual headset was noted as the least comfortable component (50%). The equipment was easy to set up for 73% of professionals, all of whom were willing to use it again. Family members found the data collection process easy and non-intrusive. One family found it embarrassing, rating the embarrassment at 6/10. However, all families were willing to recommend the technique.

Conclusion: The VR-mediated personalised SS protocol is feasible and well-tolerated by MCS patients, with positive acceptance from families and healthcare professionals, supporting further clinical trials in intensive care settings.

Trial Registration: [clinicaltrials.gov \(NCT04978857\)](https://clinicaltrials.gov/ct2/show/study/NCT04978857)

Keywords: Disorders of Consciousness, Minimal Conscious State, Personalised Sensorial Stimulation, Virtual Reality.

INTRODUCTION

Following a severe brain injury, an individual may experience an altered state of consciousness or even diminished arousal. The primary causes include traumatic brain injury, anoxia due to cardiac arrest, intracerebral haemorrhage or ischaemic stroke (1). Anatomically, disorders of consciousness (DoC) are associated with damage to the mesencephalic reticular formation, the thalamus, or diffuse cortical injury (1;2). Clinically, patients may present in coma, unresponsive wakefulness syndrome (UWS), minimally conscious state (MCS), or cognitive-motor dissociation. Among these, MCS is characterised by impaired awareness of self or the environment despite signs of wakefulness (sleep-wake cycles) and reproducible or sustained behaviour mediated by cognition, which is distinguishable from reflexive behaviour (3). To discriminate between different types of DoC and monitor their evolution, the use of standardised neurobehavioral scales such as the Coma Recovery Scale-Revised (CRS-R) is recommended (4;5) ([Appendix 1](#)). This scale evaluates auditory, visual, motor, oromotor, communication, and arousal responses (6). The evolution of DoC is often slow, and the duration spent in UWS and MCS is a critical factor for the individual's functional prognosis (7). Early rehabilitative interventions are therefore necessary to reduce future disabilities.

Numerous therapeutic strategies have been developed to accelerate the return of consciousness, including pharmacological interventions with amantadine hydrochloride (8); (9), non-invasive (10) and invasive brain stimulation techniques (11), median nerve stimulation (12) and sensory stimulation (SS) (13). Among these, SS protocols are particularly attractive due to their simplicity, non-invasiveness, and safety. The goal of SS is to elicit behavioural responses by applying environmental sensory stimuli (14).

To be optimal, SS must deliver multimodal sensory stimuli, with coherence in meaning and emotional or autobiographical valence (15;16). In 2018, Cheng et al. demonstrated that such a program could improve oromotor functions and arousal in patients with DoC in subacute or chronic phases, as well as enhance cortical excitability (17). This conclusion had already been reported by Di Stefano in 2012 (15). The effectiveness of personalised stimulation relates to the brain's ability to prioritise the processing of emotionally or autobiographically significant information (18). Hearing one's name elicits a P300 signal in patients in MCS during Event Related Potentials (ERP) measurement, suggesting recognition of the meaning of the word (19). A personalised SS program is thus more effective than standardised one (20).

Virtual Reality (VR) or augmented reality can meet these criteria and enable the creation of customised SS protocols. Through a computer program, VR combines real-time stimulation and interaction through various sensory channels, allowing work in enriched environments that simulate the real world, involving multisensory and personalised stimulation (21). Based on the principles of immersion and presence, the individual feels absorbed in the fictive environment and perceives themselves as playing a role within it (22). VR is currently an emerging tool in motor and cognitive rehabilitation (23). The equipment is becoming increasingly affordable, and the main side effects are symptoms of cybersickness, including nausea, vomiting, disorientation, tachycardia, postural instability, and dizziness (24; 25).

Despite this, few studies have investigated the use of VR in the management of patients with DoC, and no tolerance study has been published to date. The creation of a VR-mediated SS protocol appears particularly interesting to promote early neuronal plasticity in intensive care or critical care units. Currently, it takes several weeks to months before a patient with DoC can access rehabilitation services, which adversely affects their functional prognosis. VR

is a simple tool to use, allowing the implementation of an SS program without requiring a therapist during the session. Moreover, studies have already explored the use of VR in intensive care units and in mechanically ventilated patients for pain management or cognitive and psychological disorders, without any adverse events associated with the equipment (26;27).

This phase I study aims to assess the feasibility and tolerance of a customised, immersive VR-mediated SS program (visual, auditory, olfactory, and tactile) in MCS subjects.

MATERIALS AND METHODS

1. Study Design

This was a pilot, single-centre, uncontrolled, single-arm, open-label study. The objective was to assess the feasibility and tolerance of a personalised multisensory stimulation protocol using immersive virtual reality to rehabilitate patients in a minimally conscious state to promote their awakening. The study was registered on ClinicalTrials.gov (NCT04978857).

2. Participants

Adult patients diagnosed with a subacute or chronic minimally conscious state according to the CRS-R were included, regardless of the aetiology. Subjects had to be affiliated with a social security scheme. Exclusion criteria included pregnant women, subjects with uncontrolled epilepsy, craniofacial trauma contraindicating the use of a visual headset, severe visual impairments, and MRI contraindications. Recruitment was carried out at the University Hospital of Angers in the Department of Neurosurgery.

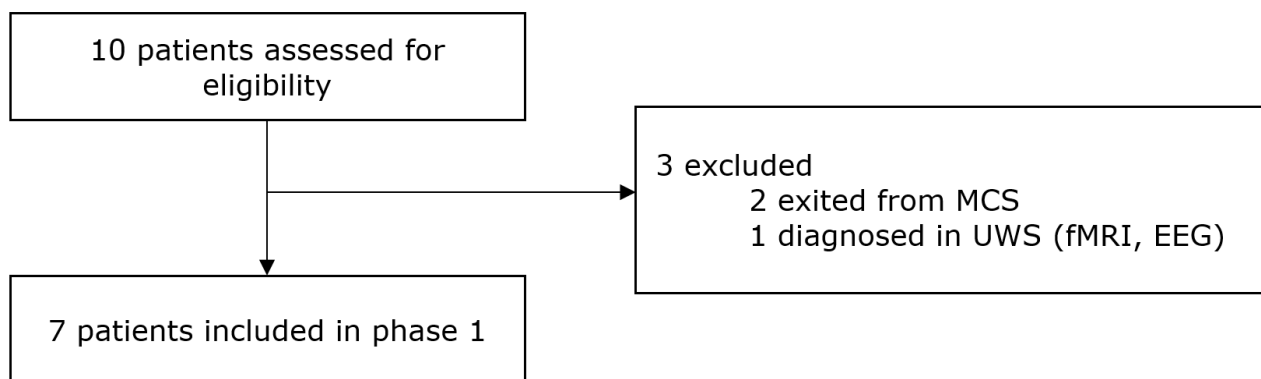


Figure 1: Flow-chart

3. Ethics

The study protocol was approved by the Ile de France II ethics committee (21.03.15.69444 RIPH1 HPS) and by the French national drug agency ANSM (IDRCB: 2021-

A00382-39). Signed informed consent was obtained from the patient's legal representative, as the patient could not give consent due to consciousness disorders. All individuals appearing in each patient's personalised stimulation gave their written informed consent prior to data collection.

4. Data Availability

The data supporting the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request, in accordance with French and European legislation.

5. Procedure

5.1. Stimulation Protocol

The REVEIL study included two phases of stimulation lasting 5 days each, with one 10-minute session per day (Figure 2). The stimulations were visual, auditory, tactile, and olfactory. The first phase aimed to evaluate the patient's tolerance to the sensory stimulation equipment. During this phase, all patients received the same stimulations, and each day a new sensory stimulation modality was added to the previous one. On the first day, the tolerance of wearing the visual headset was assessed. The equipment was put in place, turned off. Visual stimulations started on the second day (seaside environment), followed by auditory stimulations (wave sounds) on the third day, tactile stimulations (vibrations via tactile controller) on the fourth day, and olfactory stimulations using an odour diffuser on the fifth day.

To personalise the stimulations, two interviews with the families were organised at the end of the first phase for each patient, and personal data (photos, sounds, and videos) were collected at that time. No data referring to unpleasant emotions for the subject were included in the virtual reality software. Photos or videos included a limited number of people with high

emotional valence to ensure the subject could identify them. Photos or videos of environments familiar to the patient were also collected. Photos appeared on a seaside background and moved slowly in the environment to encourage visual tracking.

If the subject showed no signs of poor tolerance to the stimulation equipment or adverse effects, they were included in the second phase of the study. The subject then received personalised high-emotional-valence stimulations 10 minutes each day for 5 days. Each 10-minute session simultaneously included visual (photos or videos), auditory (favourite music, familiar voices), tactile, and olfactory stimulations.

Each session was supervised by a physician. Families and caregivers usually in charge of the patient were invited to attend the sessions without intervening directly. During the tests, vital signs were monitored, and all movements and reactions of the patient were recorded. Relatives and caregivers who knew the patient were invited to report any behaviours they found unusual. The CRS-R score was calculated before each session and checked after the 10-minute stimulation, then again 7 days and 6 months after the end of the protocol. A resting-state functional MRI was performed between the two phases of stimulation and repeated at 6 months to study the impact of the tests on neural networks. Finally, a questionnaire was given to families and caregivers who participated in the sessions to gather their feedback on the procedure.

The delay between the first and second phases depended on the time needed to collect the patient's personal data, integrate these data into the virtual reality software, schedule the functional MRI (fMRI), and ensure the availability of the stimulation equipment. All clinical

examinations were performed by the same examiner to minimise inter-individual measurement bias.

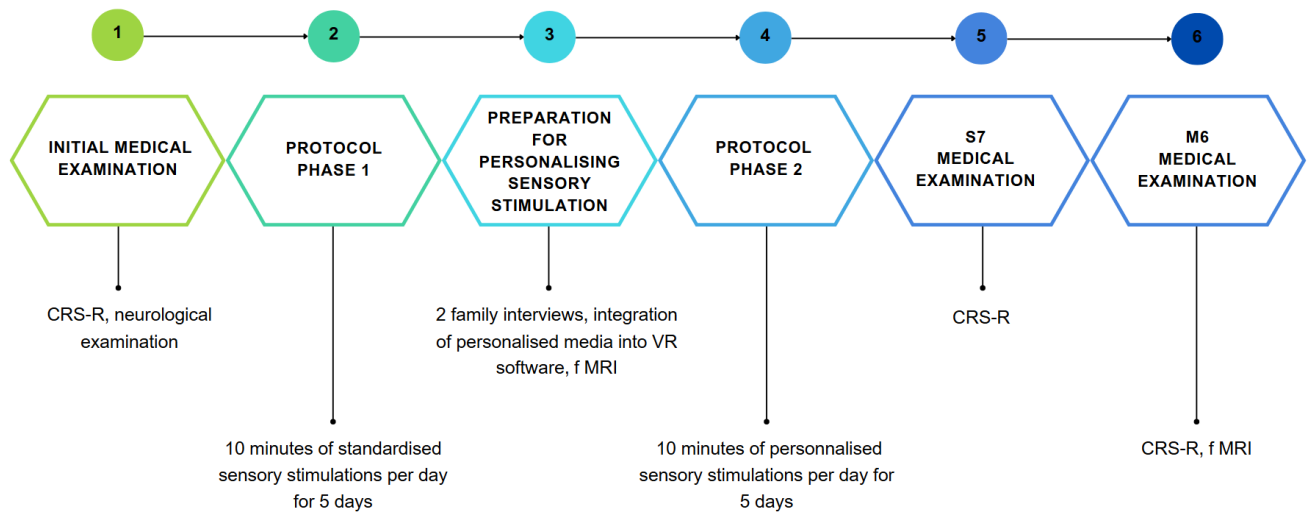


Figure 2: Study procedure

5.2. Sensory Stimulation Equipment

The equipment used for the stimulation sessions included an HTC Vive virtual reality headset with SMI Tobii Pro eye-tracking system and an HTC Vive tactile controller (<https://www.vive.com>), a Sennheiser audio headset (<https://sennheiser-hearing.com>), and an Aroma Shooter odour diffuser (<https://aromajoin.com>). (Appendix 2)

5.3. Integration of Personal Data into Virtual Reality Software

Media provided by the families were integrated into the Unity Hub (Unreal Engine, <https://unity.com>) virtual reality software, within a virtual environment coded at CentralSupélec (Rennes). Photographs were converted and integrated in JPEG format, while videos and music were in MP3 or MP4 format. Media presented during the personalised stimulations (Phase 2) were randomly selected by the software from the personalised data bank created for each subject.

6. Study Outcomes

The objective of the study was to assess the feasibility and tolerance of a personalised multisensory stimulations protocol using immersive virtual reality in patients in a minimally conscious state. The primary outcome measure was the percentage of patients diagnosed in a MCS who could undergo all the planned SS procedures (phase 1 and phase 2) without experiencing adverse effects or signs of poor tolerance. The adverse effects monitored included symptoms of cybersickness, sympathetic hyperactivation, epileptic seizures, and serious adverse events. Signs of poor tolerance included expression of discomfort and attempts by the patient to remove the equipment by the patient during the session.

Secondary objectives were to evaluate the acceptability of the stimulation protocol by the patient's family and caregivers.

7. Statistical Analyses

REVEIL was a pilot feasibility and tolerance study. The likelihood of poor equipment tolerance leading to exclusion from phase 2 or loss to follow-up was considered low, based on our previous experience with brain tumour patients, both at the bedside and during awake craniotomy surgery (28 ; 29). We estimated that 8 patients would need to be included to ensure at least 5 patients participated in both phases of the protocol. Given the small sample size, the analyses conducted were purely descriptive.

RÉSULTS

1. Study Population

Between 17 October 2022, and 15 August 2024, 10 subjects with DoC were screened, and 7 were included. Two patients were excluded due to significant recovery, having exited MCS, and one patient was excluded following a diagnosis of UWS based on exhaustive clinical and radiological evaluations (Figure 1). There were no refusals from legal representatives to proceed with the VR-mediated SS protocol. The patients' sociodemographic and clinical characteristics are described in Table I.

Table I: Baseline characteristics of patients

IQR: Interquartile Range

		Patients included (n = 7)
Age (year) moy (sd)		44,6 ($\pm$ 18,5)
Sexe n (%)	Male	6 (86%)
Etiology n (%)	Traumatic	5 (71%)
	Anoxia	1 (14%)
	Tumoral	1 (14%)
Duration of diseases (month) Median (IQR)		9,4 (168,7)
Status of MCS n (%)	Subacute MCS	4 (57%)
	Chronic MCS	3 (43%)
Physical examination	CRS-R moy (sd)	9,6 ($\pm$ 4)
Treated Epilepsy		7 (100%)

2. Feasibility and Tolerance of the VR-Mediated SS Program:

Six subjects (86%) demonstrated good overall tolerance to the equipment during Phase 1. Among them, two experienced habituation phenomena, characterised by motor agitation, tense facial expressions, and attempts to remove the equipment. In one case, the agitation

lasted a few minutes during the first session (with the equipment turned off) and did not recur in subsequent sessions. For the other, it was necessary to establish a ritual for setting up the equipment (starting with auditory stimulation, followed by the placement of the VR headset by a family member) (Table II).

Table II: Feasibility and Tolerance of VR-Mediated SS Program

	Phase 1	Phase 2
	(n = 7)	(n = 5)
Patients with adverse events n (%)	1 (14%)	0 (0%)
Patients with signs of poor tolerance n (%)	3 (43%)	0 (0%)
Patients with habituation phenomenon n(%)	2 (29%)	0 (0%)
Patients with good tolerance n (%)	6 (86%)	5 (100 %)

One subject experienced a grade 2 adverse event, with a “possible” causality according to the WHO classification (30) ([Appendix 3](#)). This involved partial seizures during the first two sessions (equipment turned off, then visual stimulation only). There were no further seizures during the following two sessions, but signs of poor tolerance were observed, including tense facial expressions, motor agitation, and attempts to remove the equipment. These signs of poor tolerance were not present during the first two sessions. The protocol was therefore discontinued for this patient (Table II). Retrospectively, after interrogation of the carers, this patient’s epilepsy was not stabilised before the inclusion with persistent intermittent seizures.

Among the six subjects who demonstrated good tolerance during Phase 1, one exited the study before Phase 2 due to severe COVID. Personalised stimulations sessions were conducted

for the remaining five subjects. Personalisation did not result in any signs of poor tolerance or adverse effects.

3. Feasibility and Tolerance of the VR-Mediated SS Program from the Perspective of Healthcare Professionals

A survey was administered to healthcare professionals who attended the SS sessions ([Appendix 4](#)). The response rate was 81%, with 22 responses received. The respondents included nurses (36%), nursing assistants (18%), physicians (residents or fellows, 14%), rehabilitation professionals (physiotherapists, psychomotor therapists, 18%), and students (14%). 41% had already heard of VR as a rehabilitation technique, and 59% had already used or observed VR used (for leisure, work, etc.).

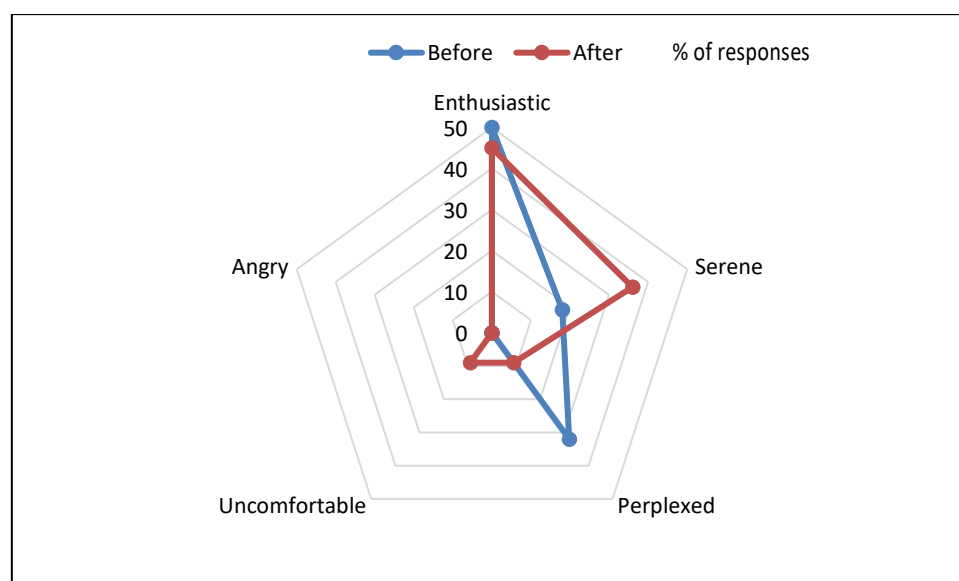


Figure 3: Feelings of health personnel before/after stimulation

Before the stimulation session, 68% reported feeling enthusiastic or serene about the protocol, and 32% were perplexed. After observing a session, 81% felt enthusiastic or serene, 9% remained perplexed, and 9% felt uncomfortable with the stimulation session they had

observed (Figure 3). All respondents were willing to repeat the tests with a new patient. 91% percent believed the equipment was not anxiety-inducing for the patient, and 86% found it was not uncomfortable. 73% percent found it easy to set up (Figure 4). The most uncomfortable part of the session was the visual headset for 50% of the caregivers. 41% thought no part of the equipment was uncomfortable. Patient discomfort and anxiety during the sessions were rated $\leq 3/10$ by 86% of the caregivers (Figure 5).

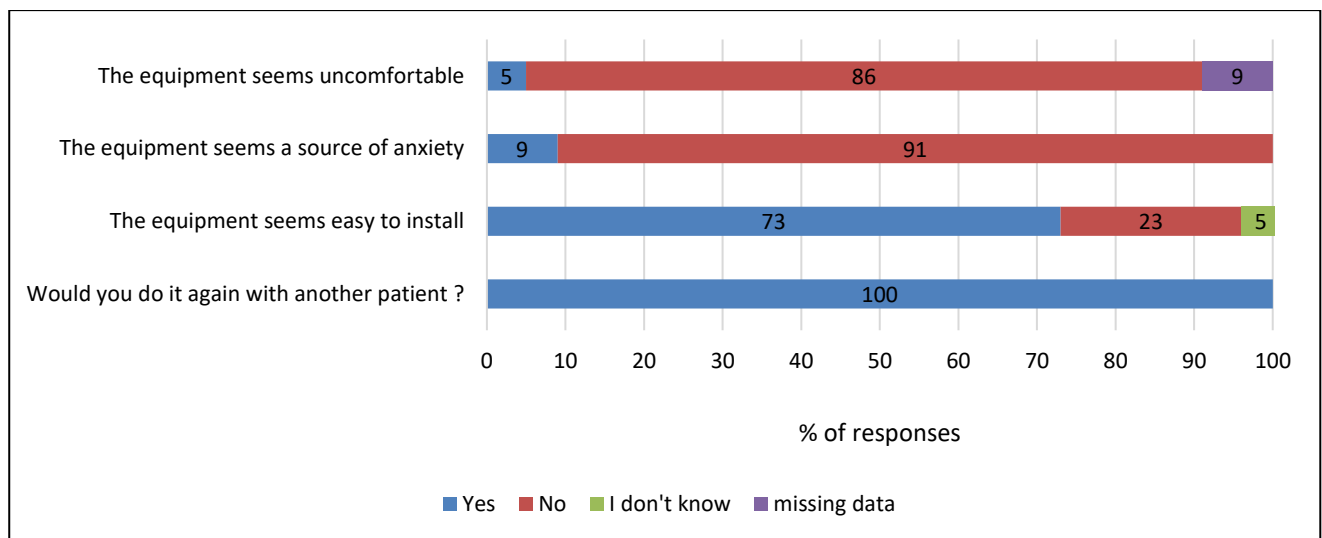


Figure 4: Health personnel's feelings about stimulation equipment.

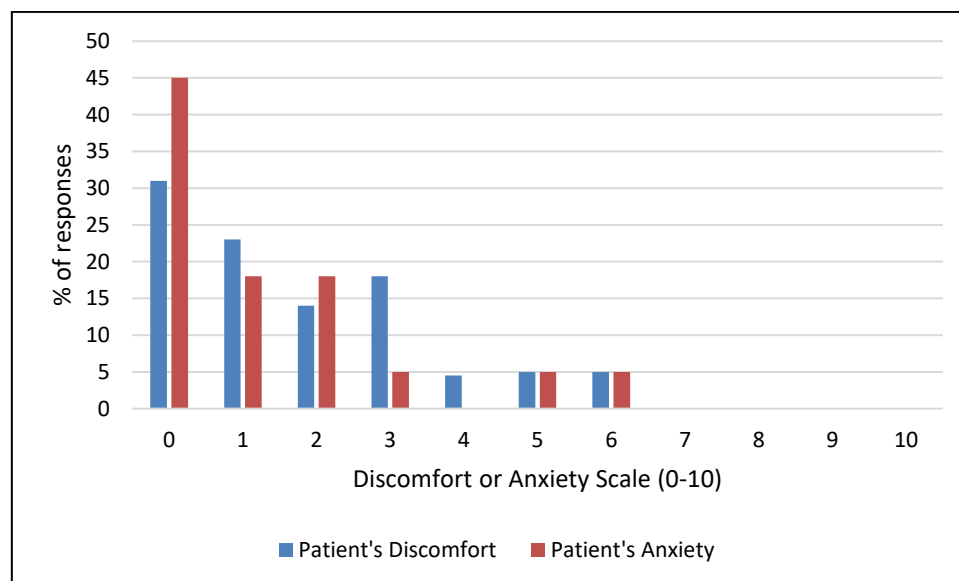


Figure 5: Rating of patient anxiety and discomfort during stimulation sessions by health personnel.

4. Feasibility and Tolerance of the VR-Mediated SS Program from the Perspective of the Family.

Five patients completed the entire protocol. The families of these patients were each seen during two interviews lasting 1 hour and 30 minutes, respectively, to collect the information needed to personalise SS. All families provided various media with emotional and/or autobiographical content. For each patients the collect of the material was straightforward, with significant participation and investment from patients' families.

Surveys ([Appendix 5](#)) were distributtes to families who attended the SS sessions and participated in the interviews. The response rate was 80% with 4 responses. None of the respondents had previously heard of VR as a rehabilitation technique, and 75% had never used VR themselves. Regarding data collection, none found it intrusive or unreasonable. Data collection was reported as embarrassing for one patient's family with the embarrassment rated at 6/10. This patient had been on MCS for several years. All respondents found the process easily achievable. The protocol did not cause anxiety before or after the sessions for 3/4 of patients' families. One family rated their anxiety at 6/10 before the start of the protocol and 2/10 at the end of Phase 2. All respondents were willing to recommend the technique.

DISCUSSION AND CONCLUSION

We tested in this study the feasibility and tolerance of personalised multisensory stimulations protocol (visual, auditory, olfactory, and tactile) mediated by VR in patients with MCS. If such a program proves feasible and well-tolerated, it could enable the development of a rehabilitation program that could be implemented before admission to a rehabilitation unit, with the aim of improving the functional prognosis of these patients by promoting their awakening.

In the literature, only three studies have mentioned the use of VR in patients with DoC. In 2020, Maggio et al. published a case report of a patient in MCS for more than one year who showed improvement under SS mediated by semi-immersive VR (22). In 2022, Liang et al. used an SS program (visual, auditory and vestibular) in 30 children with DoC within 15 days of brain injury, observing an improvement in the CRS-R (31). Finally, in 2023, a study assessed the effects of immersive VR on the Autonomic Nervous System (ANS) by analysing electrodermal responses during a 5-minute VR session in 12 patients with DoC. They demonstrated greater activation of the ANS in patients with MCS but could not explain this finding (32). To our knowledge, no study has yet been published on the tolerance of VR use in patients with DoC has been published.

The results indicate that a personalised SS mediated by VR appears feasible and well-tolerated by patients with MCS, whether they are in the subacute or chronic phase. Indeed, 5 out of 7 subjects (71%) completed both SS phases with good overall tolerance. Only one patient (14%) experienced an adverse event and signs of poor tolerance during phase 1. The adverse event consisted of partial seizures in a patient whose epileptic status was not stabilised before the start of the stimulation protocol. The causality of the protocol was classified as

"possible" according to the WHO classification ([Appendix 3](#)). The user manuals of VR headsets indeed warn about the risk of seizures in patients with known epilepsy (33). In 2021, an ANSES report (French Agency for Food Environmental and Occupational Health & Safety) also recommended caution in using VR in epileptic patients, arguing that temporal modulation of LED light could induce seizures in at-risk individuals (25). However, the literature does not report seizures related to VR, even in children with photosensitive epilepsy (34). In our patient's case, the seizures occurred while the equipment was off, and other medical factors could retrospectively explain them. Regarding signs of poor tolerance, it is possible that the initial experience with seizures triggered these signs, and patients with unstable epilepsy should avoid the SS protocol.

Analysis of the surveys shows that the protocol is well accepted by the healthcare staff, who did not find the equipment to be anxiety-provoking or uncomfortable for the patient, and who are willing to repeat the tests with a new patient. Families, they were motivated for the data collection and did not find it bothersome or intrusive. The protocol also appears well accepted by them, as all were willing to continue the sessions or recommend the equipment.

Regarding the efficacy of the protocol, it is not possible to determine whether there is a clinical improvement with the limited data available. Among the five patients who completed the entire protocol, two have not yet undergone the 6-month examinations. Of the three patients analysed so far, two are in the chronic phase and did not show progress. The remaining patient, who was 9 months post-brain injury, did show improvement (initial CRS-R score of 13; CRS-R Score at 6-months of 16). However, it is unclear whether this improvement is attributable to the SS protocol or other factors (spontaneous evolution, craniotomy flap replacement, etc.).

As our study is a tolerance study, including a large number of subjects would not have been appropriate. The limited data provides insight into the interaction of MCS patients with the equipment, the feasibility of a personalised SS program with VR, and the acceptance of such a protocol by families and healthcare teams. However, it limits us to a descriptive analysis of the results. Additionally, we included subjects with MCS in both subacute and chronic phases. Tolerance in intensive care was not evaluated. Moreover, it would have been interesting to have knowledge of the sensory, visual, and auditory evoked potentials in these non-communicative subjects to have an idea of their sensory capacities before the SS. Finally, the interaction of the patient with the equipment requires the analysis of eye-tracking data to see if the eyes remained open during the session, whether there was visual pursuit and fixation, or analysis of saccadic eye movements, which are diagnostic signs of consciousness in subjects who often have motor and language disorders that limit the examination of consciousness (35).

While the feasibility and adherence of both families and healthcare professionals to this personalised SS protocol seems validated, the continuation of this work will require the analysis of the latest clinical data from patients at 6 months post-protocol to assess the tolerance. The analysis of eye-tracking data to better understand patient's participation, and the analysis by tractography of brain MRIs performed before and 6 months after the protocol to observe the neuroplasticity linked to the SS protocol.

Furthermore, this study opens numerous perspectives, including the development of a genuine rehabilitation protocol that serves both diagnostic and therapeutic roles by using VR to induce SS and elicit behavioural responses. If the tolerance is deemed acceptable, the

clinical efficacy, and electrophysiological impact of this protocol could be evaluated in a multicentre prospective, randomised clinical trial, such as a national hospital research program (PHRC) study.

In conclusion, the use of a multisensory stimulation protocol mediated by VR appears feasible and well-tolerated by patients with MCS in both subacute and chronic phases and is well accepted by families and caregivers. This system could potentially facilitate early arousal in these patients within hospital settings lacking access to specialised rehabilitation facilities. A rehabilitation protocol should be proposed and tested in a prospective multicentric trial to assess its effectiveness. In the meantime, we will complete this study by analysing the CRS-R at 6 months for the last two subjects and evaluating the functional MRI scans conducted before Phase 2 and at 6 months of the protocol.

BIBLIOGRAPHIE

1. Edlow BL, Claassen J, Schiff ND, Greer DM. Recovery from disorders of consciousness: mechanisms, prognosis and emerging therapies. *Nat Rev Neurol*. mars 2021;17(3):135-56.
2. Lemaire JJ, Pontier B, Chaix R, El Ouadih Y, Khalil T, Sinardet D, et al. Neural correlates of consciousness and related disorders: From phenotypic descriptors of behavioral and relative consciousness to cortico-subcortical circuitry. *Neurochirurgie*. 1 févr 2022;68(2):212-22.
3. Giacino JT, Ashwal S, Childs N, Cranford R, Jennett B, Katz DI, et al. The minimally conscious state. *Neurology*. 12 févr 2002;58(3):349-53.
4. Bender A, Eifert B, Rubi-Fessen I, Jox RJ, Maurer-Karattup P, Müller F. The Neurological Rehabilitation of Adults With Coma and Disorders of Consciousness. *Dtsch Arztebl Int*. sept 2023;120(37):605-12.
5. Giacino JT, Katz DI, Schiff ND, Whyte J, Ashman EJ, Ashwal S, et al. Practice guideline update recommendations summary: Disorders of consciousness. *Neurology*. 4 sept 2018;91(10):450-60.
6. Schnakers C, Majerus S, Giacino J, Vanhaudenhuyse A, Bruno MA, Boly M, et al. A French validation study of the Coma Recovery Scale-Revised (CRS-R). *Brain Injury*. 1 janv 2008;22(10):786-92.
7. Katz DI, Polyak M, Coughlan D, Nichols M, Roche A. Natural history of recovery from brain injury after prolonged disorders of consciousness: outcome of patients admitted to inpatient rehabilitation with 1–4 year follow-up. In: Laureys S, Schiff ND, Owen AM, éditeurs. *Progress in Brain Research* [Internet]. Elsevier; 2009 [cité 30 juin 2024]. p. 73-88. (Coma Science: Clinical and Ethical Implications; vol. 177). Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079612309177075>
8. Giacino Joseph T., Whyte John, Bagiella Emilia, Kalmar Kathleen, Childs Nancy, Khademi Allen, et al. Placebo-Controlled Trial of Amantadine for Severe Traumatic Brain Injury. *New England Journal of Medicine*. 2012;366(9):819-26.
9. Luauté J, Beaudoin-Gobert M. Optimising recovery of consciousness after coma. From bench to bedside and vice versa. *La Presse Médicale*. 1 juin 2023;52(2):104165.
10. Barra A, Rosenfelder M, Mortaheb S, Carrière M, Martens G, Bodien YG, et al. Transcranial Pulsed-Current Stimulation versus Transcranial Direct Current Stimulation in Patients with Disorders of Consciousness: A Pilot, Sham-Controlled Cross-Over Double-Blind Study. *Brain Sciences*. avr 2022;12(4):429.
11. Vanhoecke J, Hariz M. Deep brain stimulation for disorders of consciousness: Systematic review of cases and ethics. *Brain Stimulation*. 1 nov 2017;10(6):1013-23.
12. Feller D, Vinante C, Trentin F, Innocenti T. The effectiveness of median nerve electrical stimulation in patients with disorders of consciousness: a systematic review. *Brain Injury*. 21 mars 2021;35(4):385-94.

13. Pape TLB, Rosenow JM, Steiner M, Parrish T, Guernon A, Harton B, et al. Placebo-Controlled Trial of Familiar Auditory Sensory Training for Acute Severe Traumatic Brain Injury: A Preliminary Report. *Neurorehabil Neural Repair*. 1 juill 2015;29(6):537-47.
14. Giacino JT. Sensory stimulation: theoretical perspectives and the evidence for effectiveness. *NeuroRehabilitation*. 1 janv 1996;6(1):69-78.
15. Di Stefano C, Cortesi A, Masotti S, Simoncini L, Piperno R. Increased behavioural responsiveness with complex stimulation in VS and MCS: Preliminary results. *Brain Injury*. sept 2012;26(10):1250-6.
16. Abbate C, Trimarchi PD, Basile I, Mazzucchi A, Devalle G. Sensory stimulation for patients with disorders of consciousness: from stimulation to rehabilitation. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 11 août 2014 [cité 21 août 2024];8. Disponible sur: <https://www.frontiersin.org/journals/human-neuroscience/articles/10.3389/fnhum.2014.00616/full>
17. Cheng L, Cortese D, Monti MM, Wang F, Riganello F, Arcuri F, et al. Do Sensory Stimulation Programs Have an Impact on Consciousness Recovery? *Front Neurol* [Internet]. 2 oct 2018 [cité 30 juin 2024];9. Disponible sur: <https://www.frontiersin.org/journals/neurology/articles/10.3389/fneur.2018.00826/full>
18. Phelps EA. Emotion and Cognition: Insights from Studies of the Human Amygdala. *Annu Rev Psychol*. 1 janv 2006;57(1):27-53.
19. Perrin F, Schnakers C, Schabus M, Degueldre C, Goldman S, Brédart S, et al. Brain Response to One's Own Name in Vegetative State, Minimally Conscious State, and Locked-in Syndrome. *Arch Neurol*. 1 avr 2006;63(4):562.
20. Salmani F, Mohammadi E, Rezvani M, Kazemnezhad A. The effects of family-centered affective stimulation on brain-injured comatose patients' level of consciousness: A randomized controlled trial. *International Journal of Nursing Studies*. 1 sept 2017;74:44-52.
21. Rutkowski S, Kiper P, Cacciante L, Cieřlik B, Mazurek J, Turolla A, et al. Use of virtual reality-based training in different fields of rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *J Rehabil Med*. 2020;52(11):jrm00121.
22. Maggio MG, Naro A, La Rosa G, Cambria A, Lauria P, Billeri L, et al. Virtual Reality Based Cognitive Rehabilitation in Minimally Conscious State: A Case Report with EEG Findings and Systematic Literature Review. *Brain Sciences*. juill 2020;10(7):414.
23. Rose T, Nam CS, Chen KB. Immersion of virtual reality for rehabilitation - Review. *Applied Ergonomics*. 1 mai 2018;69:153-61.
24. Chang E, Kim HT, Yoo B. Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements. *International Journal of Human-Computer Interaction*. 20 oct 2020;36(17):1658-82.
25. ANSES. effets-sanitaires-lies-a-une-exposition-aux-technologies-de-realite_avis-n-2017_sa_0076_ances_1-juin-2021-comprimee.pdf [Internet]. 2021 [cité 21 août 2024]. Disponible sur: <https://www.seine-et->

marne.fr/sites/default/files/media/downloads/effets-sanitaires-lies-a-une-exposition-aux-technologies-de-realite_avis-n-2017_sa_0076_ances_1-juin-2021-comprese.pdf

26. Jawed YT, Golovyan D, Lopez D, Khan SH, Wang S, Freund C, et al. Feasibility of a virtual reality intervention in the intensive care unit. *Heart & Lung*. 1 nov 2021;50(6):748-53.
27. Kanschik D, Bruno RR, Wolff G, Kelm M, Jung C. Virtual and augmented reality in intensive care medicine: a systematic review. *Ann Intensive Care*. 11 sept 2023;13(1):81.
28. Mazerand E, Le Renard M, Hue S, Lemée JM, Klinger E, Menei P. Intraoperative Subcortical Electrical Mapping of the Optic Tract in Awake Surgery Using a Virtual Reality Headset. *World Neurosurgery*. 1 janv 2017;97:424-30.
29. Bernard F, Lemée JM, Aubin G, Minassian AT, Menei P. Using a Virtual Reality Social Network During Awake Craniotomy to Map Social Cognition: Prospective Trial. *Journal of Medical Internet Research*. 26 juin 2018;20(6):e10332.
30. WHO. whocausality-assessment.pdf [Internet]. 2014 [cité 23 juill 2024]. Disponible sur: <https://www.who.int/docs/default-source/medicines/pharmacovigilance/whocausality-assessment.pdf>
31. Liang P, Xu H, Li S, Ren L, Zhao X. Virtual Reality-Based Sensory Stimulation for Pediatric Disorders of Consciousness: A Pilot Study. *Front Pediatr*. 13 juin 2022;10:879422.
32. Reale G, Fusco A, Calciano R, Vallario N, Vagnarelli G, Caliendo P, et al. The Immediate Effects of Immersive Virtual Reality on Autonomic Nervous System Function in Patients with Disorders of Consciousness after Severe Acquired Brain Injury: A Pilot Study. *J Clin Med*. 12 déc 2023;12(24):7639.
33. HTC Corporation. Notice utilisateur HTC Vive [Internet]. 2021 [cité 20 août 2024]. Disponible sur: https://dl.vive.com/safety-guide/vive-pro/pro2-hmd/91H03228-02M_RevB.pdf
34. Tychsen L, Thio LL. Concern of Photosensitive Seizures Evoked by 3D Video Displays or Virtual Reality Headsets in Children: Current Perspective. *Eye Brain*. 11 févr 2020;12:45-8.
35. Ting WKC, Perez Velazquez JL, Cusimano MD. Eye Movement Measurement in Diagnostic Assessment of Disorders of Consciousness. *Front Neurol*. 29 juill 2014;5:137.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Flow-chart.....	6
Figure 2 : Study procedure	9
Figure 3: Feelings of health personnel before/after stimulation	13
Figure 4 : Health personnel's feelings about stimulation equipment.....	14
Figure 5 : Rating of patient anxiety and discomfort during stimulation sessions by health personnel.....	14

LISTE DES TABLEAUX

Table I :Baseline characteristics of patients 11

Table II: Feasibility and Tolerance of VR-Mediated SS Program..... 12

TABLE DES MATIERES

SERMENT D'HIPPOCRATE.....	D
ABSTRACT	2
INTRODUCTION	3
MATERIALS AND METHODS.....	6
1. Study Design	6
2. Participants	6
3. Ethics	6
4. Data Availability	7
5. Procedure.....	7
5.1. Stimulation Protocol	7
5.2. Sensory Stimulation Equipment	9
5.3. Integration of Personal Data into Virtual Reality Software.....	9
6. Study Outcomes	10
7. Statistical Analyses	10
RÉSULTS.....	11
1. Study Population	11
2. Feasibility and Tolerance of the VR-Mediated SS Program:	11
3. Feasibility and Tolerance of the VR-Mediated SS Program from the Perspective of Healthcare Professionals.....	13
4. Feasibility and Tolerance of the VR-Mediated SS Program from the Perspective of the Family.	15
DISCUSSION AND CONCLUSION	16
BIBLIOGRAPHIE.....	20
LISTE DES FIGURES	23
LISTE DES TABLEAUX.....	24
TABLE DES MATIERES	25
ANNEXES.....	I

ANNEXES

Appendix 1: Coma Recovery Scale revised (French version)

ÉCHELLE DE RÉCUPÉRATION DU COMA VERSION REVUE FRANÇAISE ©2008 Formulaire de rapport									
Patient :				Date atteinte cérébrale :					
Étiologie :				Date admission :					
Diagnostic initial :		Date :							
		Examineur:							
FONCTION AUDITIVE									
4 – Mouvement systématique sur demande*									
3 – Mouvement reproductible sur demande*									
2 – Localisation de sons									
1 – Réflexe de sursaut au bruit									
0 – Néant									
FONCTION VISUELLE									
5 – Reconnaissance des objets*									
4 – Localisation des objets : atteinte*									
3 – Poursuite visuelle*									
2 – Fixation*									
1 – Réflexe de clignement à la menace									
0 – Néant									
FONCTION MOTRICE									
6 – Utilisation fonctionnelle des objets*									
5 – Réaction motrice automatique*									
4 – Manipulation d'objets*									
3 – Localisation des stimulations nociceptives*									
2 – Flexion en retrait									
1 – Posture anormale stéréotypée									
0 – Néant / Flaccidité									
FONCTION OROMOTRICE/VERBALE									
3 – Production verbale intelligible*									
2 – Production vocale / Mouvements oraux									
1 – Réflexes oraux									
0 – Néant									
COMMUNICATION									
2 – Fonctionnelle : exacte*									
1 – Non fonctionnelle : intentionnelle*									
0 – Néant									
ÉVEIL									
3 – Attention									
2 – Ouverture des yeux sans stimulation									
1 – Ouverture des yeux avec stimulation									
0 – Aucun éveil									
SCORE TOTAL									

Indique l'émergence de l'état de conscience minimale *

Indique un état de conscience minimale *

Appendix 2: Stimulation Equipment



A.



B.



C.

A. Patient installation with visual headset, audio, and touch controller; B: VR environment viewed by the patient (phase 1); C: Odour diffuser

Appendix 3: WHO-UMC: Causality Categories

<i>Causality term</i>	<i>Assessment criteria*</i>
Certain	• Event or laboratory test abnormality, with plausible time relationship to drug intake • Cannot be explained by disease or other drugs • Response to withdrawal plausible (pharmacologically, pathologically) • Event definitive pharmacologically or phenomenologically (i.e. an objective and specific medical disorder or a recognised pharmacological phenomenon) • Rechallenge satisfactory, if necessary
Probable / Likely	• Event or laboratory test abnormality, with reasonable time relationship to drug intake • Unlikely to be attributed to disease or other drugs • Response to withdrawal clinically reasonable • Rechallenge not required
Possible	• Event or laboratory test abnormality, with reasonable time relationship to drug intake • Could also be explained by disease or other drugs • Information on drug withdrawal may be lacking or unclear
Unlikely	• Event or laboratory test abnormality, with a time to drug intake that makes a relationship improbable (but not impossible) • Disease or other drugs provide plausible explanations
Conditional / Unclassified	• Event or laboratory test abnormality • More data for proper assessment needed, or • Additional data under examination
Unassessable / Unclassifiable	• Report suggesting an adverse reaction • Cannot be judged because information is insufficient or contradictory • Data cannot be supplemented or verified

* All points should be reasonably complied with

Appendix 4: Questionnaire for Health personnel

ETUDE REVEIL :

QUESTIONNAIRE RELATIF AU RESSENTI DES SOIGNANTS VIS-A-VIS DE L'UTILISATION DE LA STIMULATION SENSORIELLE PERSONNALISEE PAR REALITE VIRTUELLE

Votre patient a bénéficié d'une technique de stimulation sensorielle personnalisée par réalité virtuelle dans le cadre de l'étude REVEIL.

L'objectif de l'étude REVEIL est d'évaluer la faisabilité et la tolérance d'une nouvelle technique de stimulation sensorielle en utilisant la réalité virtuelle, afin de créer un environnement personnalisé propice à l'éveil d'une personne en état de conscience altérée.

Au sein de l'étude REVEIL, nous nous intéressons au ressenti des soignants vis-à-vis de cette nouvelle technique de stimulation sensorielle.

Nous vous invitons à répondre à un court questionnaire de 15 questions pour mieux comprendre le vécu des soignants face à cette nouvelle technique.

Le temps estimé pour répondre à ce questionnaire est de 10 minutes.

Les réponses à ce questionnaire sont anonymisées.

I. Informations générales

1/ Etes-vous :

- ☐ Une Femme
- ☐ Un Homme
- ☐ Autre

2/ Quel âge avez-vous ?

.....

3/ Quel est votre métier ?

4/ Est-ce que c'était la première fois que vous preniez en charge un patient en état de conscience minimale ?

Les patients en état de conscience minimale sont des patients éveillés (ouvrant et fermant les yeux de manière autonome) mais ayant une conscience d'eux-mêmes ou de leur environnement limitée.

- ☐ Oui
- ☐ Non

5/ Avez-vous déjà entendu parler de l'utilisation de la réalité virtuelle comme technique de rééducation auparavant ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

6/ Avez-vous déjà eu l'usage d'un casque de réalité virtuelle auparavant (loisir, travail, soins, etc...) ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

7/ Avez-vous déjà vu des personnes de votre entourage utiliser un casque de réalité virtuelle (loisir, travail, soins, etc...) ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

II. Concernant la stimulation multisensorielle par réalité virtuelle

1/ Avez-vous eu une explication détaillée sur la méthode employée et la justification de l'étude ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

2/ A combien de séances avez-vous participé ?

3/ Quel était la modalité des séances auxquelles vous avez participé ? Film personnalisé ou non / casque éteint ou stimulation visuelle, auditive, tactile, olfactive)

.....

.....

.....

4/ Pensez-vous que le matériel soit facile à mettre en place ?

- ☐ **Oui**
- ☐ **Non**

5/ Quelle partie du matériel vous semble difficile à positionner ?

.....

.....

.....

.....

.....

6/ Le matériel utilisé vous a-t-il semblé inconfortable pour le patient ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

7/ A combien noteriez-vous l'inconfort du patient durant les séances réalisées ?

(Note entre 0 et 10 avec 0 : le patient n'était pas inconfortable à 10 : le patient était extrêmement inconfortable)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

8/ Quelle partie du matériel vous a semblé le plus inconfortable ?

.....

.....

.....

9/ Pensez-vous que la technique utilisée soit anxiogène pour le patient ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

10/ A combien noteriez-vous l'anxiété du patient durant les séances réalisées ? (Note entre 0 et 10 avec 0 : le patient n'était pas anxieux à 10 : le patient était extrêmement anxieux)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

11/ Quel était votre ressenti général quant à la méthode employée avant de participer à une séance ?

- ☐ Je me suis senti(e) en colère
- ☐ Je me suis senti (e) mal à l'aise
- ☐ Je me suis senti (e) perplexe
- ☐ Je me suis senti (e) serein(e)
- ☐ Je me suis senti(e) enthousiaste

12/ Quel était votre ressenti général quant à la méthode employée après avoir participé à une séance ?

- ☐ Je me suis senti(e) en colère
- ☐ Je me suis senti (e) mal à l'aise
- ☐ Je me suis senti (e) perplexe
- ☐ Je me suis senti (e) serein(e)
- ☐ Je me suis senti(e) enthousiaste

13/ Si vous vous êtes senti en colère, mal à l'aise ou perplexe avant ou après la stimulation, qu'est-ce qui vous a fait ressentir ce sentiment ?

.....

.....

.....

.....

14/ Seriez-vous prêt à recommencer les mêmes tests avec un nouveau patient ?

- ☐ **Oui**
- ☐ **Non**

15/ Voyez-vous des choses qui auraient pu être faite différemment sur le test ?

.....

.....

.....

.....

.....

Ce questionnaire est maintenant terminé. Nous vous remercions du temps que vous avez pris pour répondre à ces questions qui nous aident à améliorer les thérapeutiques que nous mettons en place.

Appendix 5 : Questionnaire for Family

REVEIL :

QUESTIONNAIRE RELATIF AU RESSENTI DES PROCHES VIS-A-VIS DE L'UTILISATION DE LA STIMULATION

SENSORIELLE PERSONNALISEE PAR REALITE VIRTUELLE.

Madame, Monsieur,

Votre proche a bénéficié d'une procédure de stimulation multisensorielle personnalisée par réalité virtuelle dans le cadre de l'étude REVEIL.

L'objectif de l'étude REVEIL est d'évaluer la faisabilité et la tolérance d'une nouvelle technique de stimulation sensorielle en utilisant la réalité virtuelle, afin de créer un environnement personnalisé propice à l'éveil d'une personne en état de conscience altérée.

Au sein de l'étude REVEIL, nous nous intéressons au ressenti des proches vis-à-vis de cette nouvelle technique de stimulation sensorielle.

Nous vous invitons à répondre à un court questionnaire d'une vingtaine de questions pour mieux comprendre le vécu de l'entourage du patient face à cette nouvelle technique.

Le temps estimé pour répondre à ce questionnaire est de 15minutes.

Les réponses à ce questionnaire sont anonymisées.

I. INFORMATIONS GENERALES

1/ Etes-vous :

- ☐ Une femme
- ☐ Un homme
- ☐ Autre

2/ Quel âge avez-vous ?

3/ Quel est votre lien de parenté par rapport à la personne ayant bénéficié de l'étude ?.....

.....

.....

4/ Aviez-vous déjà entendu parler de l'utilisation de la réalité virtuelle comme technique de rééducation auparavant ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

5/ Avez-vous déjà eu l'usage d'un casque de réalité virtuelle auparavant (loisir, travail, soins, etc...) ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

6/ Avez-vous déjà vu des personnes de votre entourage utiliser un casque de réalité virtuelle (loisir, travail, soins...) ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

II. Concernant la période AVANT la stimulation sensorielle par réalité virtuelle

1/ Les explications orales et écrites qui vous ont été données sur la technique de réalité virtuelle employée étaient-elles :

- ☐ Détaillées et compréhensibles
- ☐ Peu détaillées ou peu compréhensibles
- ☐ Non détaillées, non compréhensibles

2/ Quelles questions auriez-vous aimé poser avant que le protocole de recherche ne commence ?

.....

.....

.....

L'étude REVEIL nécessite la collecte de données à caractère personnel (photos, vidéos, musique)

3/ La collecte de ces données personnelles vous a-t-elle paru intrusive ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

4/ La collecte de ces données personnelles vous a-t-elle paru déraisonnable ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

5/ La collecte de ces données personnelles a-t-elle été gênante d'un point de vue émotionnel ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

6/ A combien noteriez-vous la gêne que vous a provoqué la compilation et la récolte de ces données ?

(Note entre 0 et 10 avec 0 : je n'ai pas été gêné par le fait de collecter et transmettre ces données ; 10 : j'ai trouvé que collecter et transmettre ces données était insupportable)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

7/ Avez-vous trouvé que la récupération de photos, vidéos, musique était difficile à réaliser sur le plan technique ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

8/ Quelles difficultés techniques avez-vous rencontré ?

.....

.....

.....

.....

9/ Avez-vous pu voir le matériel utilisé avant la procédure de recherche (casque de réalité virtuelle, manette tactile, diffuseur d'odeurs etc...)?

- ☐ Oui
- ☐ Non

10 /Avez-vous ressenti de l'angoisse, du stress à l'idée que ce matériel soit utilisé sur votre proche ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

11/ A combien estimeriez-vous votre degré d'anxiété à ce moment-là ?

(Note entre 0 et 10 avec 0 : aucune anxiété et 10 : anxiété extrême)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

12/ Quelles étaient vos peurs sur l'utilisation de cette technique ?

.....

.....

.....

.....

III. Concernant la période APRES la stimulation sensorielle par réalité virtuelle

1/ Après la stimulation par réalité virtuelle sur votre proche, à combien estimez-vous votre degré d'anxiété vis-à-vis de cette technique ?

(Note entre 0 et 10 avec 0 : aucune anxiété et 10 : anxiété extrême)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

2/ Avez-vous toujours les mêmes peurs concernant cette technique ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

3/ Avez-vous d'autres peurs concernant cette technique ?

.....

.....

.....

.....

4/ Si la technique venait à se développer dans les soins courants en rééducation, accepteriez-vous que votre proche l'utilise à nouveau ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

5/ Recommanderiez-vous cette technique à des familles étant dans la même situation que la vôtre ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

Ce questionnaire est maintenant terminé. Nous vous remercions du temps que vous avez pris pour répondre à ces questions qui nous aident à améliorer les thérapies que nous mettons en place.

Faisabilité d'un Programme de Stimulations Multisensorielles Personnalisées par Réalité Virtuelle pour promouvoir l'Eveil de Patients en Etat de Conscience Minimale. REVEIL : Etude Pilote

RÉSUMÉ

Introduction : Les programmes de stimulations sensorielles (SS) sont utilisés pour favoriser l'éveil de patients ayant des troubles de conscience (DoC). Les stimulations doivent être multisensorielles et avoir une valence émotionnelle ou autobiographique pour être optimales. La réalité virtuelle (VR) réunit ces caractéristiques et permettrait de réaliser des SS précoces en soins aigus, améliorant ainsi le pronostic fonctionnel.

Objectifs : L'étude décrivait la faisabilité et la tolérance d'un programme de stimulations multisensorielles (visuelles, auditives, olfactives et tactiles) personnalisées, médiées par VR chez des patients en état de conscience minimale (MCS).

Méthode : L'étude pilote comportait 2 phases. La phase 1 visait à évaluer la tolérance au matériel de stimulation via des stimulations multisensorielles non personnalisées de 10 minutes par jour pendant 5 jours. Les différents équipements de stimulation étaient introduits progressivement. En phase 2, la faisabilité et la tolérance de la personnalisation des stimulations était évaluée au cours de 5 séances de 10 minutes. Les signes de mauvaise tolérance et les effets indésirables étaient relevés à chaque séance. Des questionnaires étaient distribués au personnel de santé et aux membres de la famille qui participaient aux séances afin d'évaluer leur ressenti sur la technique utilisée.

Résultats : Sur les 7 sujets inclus, 6 ont bien toléré le matériel durant la phase 1. 5 sujets ont effectué l'ensemble du protocole. La personnalisation n'a pas provoqué d'effet indésirable ou de signe de mauvaise tolérance. L'inconfort et l'anxiété du patient pendant les stimulations étaient évalués $\leq 3/10$ pour 85% des soignants. Le casque visuel était jugé le moins confortable (55%). 70 % des professionnels trouvaient le matériel facile à installer, et tous étaient prêts à réutiliser la technique. Les familles trouvaient la collecte des données facile et non intrusive, bien qu'une famille ait évalué la gêne à 6/10. Toutes recommandaient la méthode.

Conclusion : Le protocole de SS personnalisées médiées par VR semble être faisable et bien toléré par les sujets en MCS et bien accepté par le personnel soignant et les familles, justifiant ainsi la poursuite des essais cliniques en soins intensifs.

Mots-clés : Troubles de Conscience, Etat de Conscience Minimale, Stimulations sensorielles personnalisées, Réalité Virtuelle

Feasibility of Personalised Multisensory Stimulation by Virtual Reality to promote the Awakening of Adults in a Minimally Conscious State. REVEIL: a Pilot Study.

ABSTRACT

Background: Sensory stimulation (SS) program are an integral part of the management aimed at promoting arousal in patients with disorders of consciousness (DoC). For optimal effectiveness, these stimulations should be multisensory and emotionally or autobiographically relevant. Virtual reality (VR) combines all these features and would enable early SS to be performed on patients still in intensive care, thereby improving their functional prognosis.

Objectives: This study assessed the feasibility and tolerance of a personalised multisensory stimulations program (visual, auditory, olfactory, and tactile stimuli) mediated by VR in patients in a minimally conscious state (MCS).

Methods: This pilot study had two phases. In Phase 1, the tolerance of stimulation equipment was evaluated with MCS patients receiving non-personalised multisensory stimulations for 10 minutes daily over 5 days. In Phase 2, the feasibility and tolerance of personalised SS were tested through five 10-minute sessions of personalised SS. Tolerance and adverse effects were monitored, and feedback from healthcare professionals and family members was collected.

Results: Among the 7 participants, 6 tolerated the equipment well in Phase 1, and 5 completed the entire protocol without adverse effects. Personalised SS showed no signs of bad tolerance. Patient discomfort and anxiety during stimulation were rated $\leq 3/10$ by 85% of healthcare professionals, though the visual headset was noted as the least comfortable component (55%). The equipment was easy to set up for 70% of professionals, all of whom were willing to use it again. Family members found the data collection process easy and non-intrusive. One family found it embarrassing, rating the embarrassment at 6/10. However, all families were willing to recommend the technique.

Conclusion: The VR-mediated personalised SS protocol is feasible and well-tolerated by MCS patients, with positive acceptance from families and healthcare professionals, supporting further clinical trials in intensive care settings.

Keywords: Disorders of Consciousness, Minimal Conscious State, Personalised Sensorial Stimulation, Virtual Reality