

Université de Toulouse
Faculté de Médecine Toulouse Rangueil
Institut de Formation en Psychomotricité

Prématurité et intégration multisensorielle
Présentation et évaluation d'une prise en charge multimodale en
service de néonatalogie



Mémoire en vue de l'obtention du
DIPLOME D'ETAT DE PSYCHOMOTRICIEN

Manon Bellardie

3^{ème} année de Psychomotricité

Juin 2022

Sommaire

I.	INTRODUCTION.....	1
II.	ONTOGENESE DE LA PERCEPTION MULTIMODALE ET PROCESSUS NEUROLOGIQUES SOUS-JACENTS.....	2
A.	Ontogénèse du développement sensoriel chez l’homme.....	2
B.	Théorie sur la mise en place des relations perceptives multimodales d’Edelman.....	4
1.	Une théorie novatrice qui s’est construite à partir de courants historiques.....	4
2.	Le darwinisme neuronal ou TSGN.....	7
C.	Processus neurobiologiques sous-tendant le système sensoriel.....	10
1.	Localisation du traitement cérébral de l’intégration sensorielle.....	10
2.	Traitement neuronal de la perception multimodale.....	11
D.	Mise en évidence des capacités perceptives multimodales chez les nouveau-nés et les prématurés.....	13
E.	Apprentissages mis en place grâce à la redondance inter-sensorielle.....	15
III.	L’ENVIRONNEMENT PERCEPTIF D’UNE UNITE DE NEONATOLOGIE ET SES CONSEQUENCES SUR LE DEVELOPPEMENT.....	16
A.	Présentation des dystimulations générées par un service de néonatalogie.....	16
B.	Conséquences de l’exposition à des dystimulations sensorielles à court terme.....	19
C.	Conséquences à long terme sur le developpement.....	21
D.	Présentation d’une alternative pour diminuer ces dystimulations dans un service de néonatalogie : le NIDCAP.....	23
IV.	PRISE EN CHARGE PSYCHOMOTRICE DE L’INTEGRATION MULTISENSORIELLE.....	25
A.	Recommandations de bonne pratique concernant l’intégration sensorielle.....	25
B.	Présentation de la prise en charge multimodale.....	25
C.	Présentation des protocoles ATVV et H-HOPE de White-traut.....	26
D.	Bénéfices mis en evidence par la mise en pratique du protocole H-HOPE.....	28

PARTIE PRATIQUE.....	32
V. CONCEPTION D'UNE GRILLE D'OBSERVATION SPECIALISEE DANS L'INTEGRATION MULTISENSORIELLE CHEZ LES PREMATURES	32
A. Présentation des grilles préexistantes sélectionnées.....	32
B. Création d'une grille plus complète.....	34
VI. MISE EN PLACE DU PROTOCOLE DE SOIN.....	35
A. Déroulé du protocole et des séances.....	35
B. Précautions environnementales et de manipulations.....	38
VII. PRESENTATION DU PATIENT	39
A. Anamnèse.....	39
B. Bilan médical	39
C. Bilan kinésithérapeutique	40
D. Bilan psychologique	41
E. Bilan psychomoteur	41
VIII. EVALUATION DU PROTOCOLE DE SOIN	43
A. Evaluation initiale pendant le temps de change	43
B. Evaluation du protocole ATV.....	44
C. Evaluation des effets post-prise en charge pendant le temps de change	48
IX. DISCUSSION.....	54
X. CONCLUSION	62
XI. BIBLIOGRAPHIE.....	64
XII. ANNEXES	74

PARTIE THEORIQUE

I. Introduction

Notre environnement, bien qu'étant structuré et prévisible, est en perpétuel changement (Gibson, 1966). Si nous voulons interagir avec notre milieu en y accomplissant des actions, en nous déplaçant, en interagissant avec des individus ou objets, nous devons traiter l'ensemble des flux multisensoriels délivrés par l'environnement (Bahrick et al, 2013 ; Dumont et al, 2019). Que ce soit au niveau visuel, auditif, olfactif, tactile, vestibulaire ou encore proprioceptif, nous devons construire une perception de l'environnement qui soit globale, unifiée et donc pluri-sensorielle. Ce processus n'est possible qu'après un traitement neuronal, qui met en lien les informations sensorielles provenant des différents canaux sensoriels. Les informations redondantes sont traitées par le système nerveux central ce qui conduit à la création d'une perception multimodale. Ce traitement n'augmente pas en tant que tel le contenu informatif de l'environnement mais permet d'améliorer la fiabilité, la précision et l'unicité de notre perception (Caron Guyon, 2020). Elle-même nous permettra alors de nous ajuster aux spécificités environnementales et ainsi, d'évoluer dans notre milieu de la façon la plus adaptée qu'il soit.

Nous pouvons voir au travers de cette définition de l'intégration multimodale à quel point son émergence est primordiale dans le développement. Elle va permettre aux nourrissons de comprendre, d'interagir avec le monde qui les entoure mais aussi de construire les premiers liens affectifs avec leurs parents (Second, 2008). Via ses connections avec les systèmes moteurs, l'intégration perceptive va aussi leur permettre de développer leur neuro-motricité, en liant temporellement sensorialité et motricité lors de l'exploration de leur environnement (Als et al, 2004).

Cependant, ce système est complexe, très plastique et par la même occasion fragile : des dystimulations sensibles à répétition peuvent ainsi perturber les chemins d'intégration sensorielle (Graven and Browne, 2008 ; Stephenson, 1993). Ces dystimulations sont par ailleurs régulièrement retrouvées dans les services de néonatalogie (Altimier and Philip, 2013), ce qui peut induire chez les nourrissons une mauvaise intégration perceptive (Berardi et al, 2000) et ainsi un mauvais développement neuromoteur (Als et al, 2004).

Il apparaît donc primordial de pouvoir caractériser chez le nouveau-né, notamment prématuré, les signes d'une mauvaise intégration sensorielle et de les réduire lorsqu'ils sont présents au travers d'une prise en charge spécifique et adaptée.

Ce mémoire a un double enjeu : construire une grille d'observation fiable et spécifique aux troubles de l'intégration sensorielle chez le nouveau-né et mettre en pratique un protocole de rééducation déjà créé et validé scientifiquement. Nous tenterons donc de vérifier si la prise en charge effectuée a bien un impact sur l'intégration sensorielle et si cet impact est mesurable et quantifiable grâce à la nouvelle grille d'observation.

Nous verrons dans un premier temps comment se met en place l'intégration sensorielle ainsi que les apprentissages et capacités cognitives qui en découlent. Nous ferons ensuite l'inventaire des dystimulations présentes dans les services de néonatalogie afin de mieux comprendre les impacts que celles-ci peuvent avoir sur les nourrissons, puis nous verrons quelles alternatives existent pour les limiter. Nous regarderons ensuite les conséquences de ces dystimulations à court et à long terme chez les nouveau-nés. Enfin, nous présenterons la prise en charge psychomotrice des troubles de l'intégration sensorielle et ses effets, notamment au travers de l'application d'un protocole spécifique.

Dans une seconde partie pratique, nous présenterons la construction de la grille d'observation et la mise en place du protocole de soins. Nous discuterons enfin des effets de la prise en charge mise en place au sein d'un service de néonatalogie, auprès de nourrissons prématurés, de ses bienfaits mais aussi de ses limites.

II. Ontogénèse de la perception multimodale et processus neurologiques sous-jacents

A. Ontogénèse du développement sensoriel chez l'Homme

Le système nerveux sensoriel, qui fait partie du système nerveux périphérique, se développe suivant une chronologie bien particulière durant la gestation. Cet ordre suit la succession naturelle des différentes stimulations auxquelles sont exposés le fœtus dans le ventre de sa mère autrement dit : le tactile, puis le vestibulaire, l'olfactif, le gustatif, l'auditif et enfin le système visuel.

Le système tactile : il est composé de quatre modalités : la nociception, la thermorégulation, la proprioception et le toucher.

Concernant le toucher, il est le premier sens à être mature et dès la 7^{ième} semaine de gestation, les premiers récepteurs cutanés sont observables. Ils se développeront jusqu'à la 20^{ième} semaine où ils recouvrent alors toute la surface du corps (Kuhn et al., 2011b).

Les autres sens que sont la nociception, la thermorégulation et la proprioception, vont se développer en parallèle et sur la base du toucher. Ils seront matures aux alentours de la 20^{ième} à la 24^{ième} semaine de grossesse (Milette et al, 2019). Ainsi, la première porte d'entrée sensorielle du bébé avec son environnement se fait par le contact avec le liquide amniotique dans lequel il baigne, son contact avec la paroi utérine ainsi qu'avec son propre corps.

Le système vestibulaire : le nerf vestibulaire se développe durant la 4^{ième} semaine de gestation et les premiers réflexes vestibulaires seraient observables durant la 25^{ième} semaine (Moore et al, 2016). Cependant, ce sens est très dépendant des autres systèmes sensoriels (notamment proprioceptif et visuel) et c'est pourquoi, sa pleine maturité n'est atteinte qu'au terme de la grossesse.

Le système olfactif : les premiers récepteurs olfactifs se développent au cours de la 8^{ième} et jusqu'à la 11^{ième} semaine de gestation. Dès la 28^{ième} semaine de gestation, le fœtus est capable de percevoir les sensations olfactives contenues dans le liquide amniotique (Kuhn et al, 2011b).

Le système gustatif : les premières papilles gustatives apparaissent aux alentours de la 10^{ième} semaine de gestation et ce sens sera pleinement mature qu'à la 30^{ième} semaine de gestation (Kuhn et al, 2011b). Le fœtus peut alors goûter le liquide amniotique dont la saveur va varier en fonction de l'alimentation de la mère.

Le système auditif : les structures anatomiques externes de l'oreille sont développées dès la 7^{ième} semaine mais le système ne sera mature que vers la 27^{ième} semaine de gestation (Kuhn et al, 2011b). Bien que ce sens soit le plus performant chez le fœtus, sa myélinisation continuera bien après la naissance. Durant la gestation, le fœtus va pouvoir percevoir les sons internes de sa mère (battements cardiaques, digestion, circulatoires) ainsi que les voix de ses parents et les bruits de l'environnement. Cependant, tous ces sons vont être atténués et déformés par la paroi utérine et le liquide amniotique qui entourent le fœtus (Vaivre-Douret, 2003).

Le système visuel : il est le dernier sens à être mature puisque même si les premières ébauches du système visuel sont présentes vers la 4^{ième} semaine de gestation, ce sens ne sera mature qu'entre la 32^{ième} et la 37^{ième} semaine (Milette et al, 2019). Ce n'est, par ailleurs, qu'à partir de la naissance que le nouveau-né termine la maturation de sa rétine ainsi que de ses cellules visuelles que sont les cônes. Cependant, si après la 32^{ième} semaine une forte lumière est appliquée sur le ventre de la mère, le fœtus est capable de la percevoir. A 34 semaines, le nouveau-né prématuré est capable de faire une poursuite visuelle oculo-céphalogyre, c'est-à-dire de suivre un stimulus visuel en tournant la tête dans sa direction. A la naissance, la vue du nouveau-né reste cependant très floue, peu précise et son acuité

visuelle est faible ($1/20^{\text{ième}}$ soit il peut voir une barre de 1 cm de large à 50 cm de distance de sa tête) : il ne voit net qu'à une distance d'environ 30cm (Chokron, 2014).

Tous les sens sont donc développés de façon à respecter la maturation du système nerveux qui, étant en formation, reste très fragile (Milette et al, 2019). Ce développement relativement lent se traduit chez les nourrissons prématurés par une immaturité de leur système nerveux sensoriel qui sera souvent mis à mal durant ses premières années de vie. Cette immaturité sensorielle pose aussi la question des capacités multimodales chez les nourrissons : à quel moment du développement sont-elles pleinement matures ?

B. Théorie sur la mise en place des relations perceptives multimodales d'Edelman

1. Une théorie novatrice qui s'est construite à partir de courants historiques

L'intégration perceptive est une fonction clé dans le développement des nourrissons et son émergence questionne depuis maintenant plus d'un siècle. En effet, comprendre comment se met en place la perception multimodale dans le développement revient à se poser la question de l'apparition de la cognition chez le nouveau-né, la perception multimodale étant l'un des premiers processus cognitifs à se mettre en place (Bahrick and Lickliter, 2002). De nombreuses théories ont donc été formulées pour tenter de répondre à cette question, mettant ainsi en lumière de nouveaux courants de pensées. Bien qu'ils soient désormais contredits car considérés comme trop manichéen dans leur fonctionnement, ils ont tout de même servi de fondations aux théories actuelles. Il apparaît donc important de citer les courants les plus importants.

Le premier modèle est un modèle constructiviste et a été imaginé par Jean Piaget en 1936 dans son livre « La naissance de l'intelligence chez l'enfant ». Pour Piaget, le nouveau-né construit sa cognition par un processus lié au hasard : le nourrisson interagit avec son environnement et si le résultat de cette interaction est intéressant pour lui, le comportement sera conservé. Ainsi, la cognition se construit via une réaction circulaire où l'action ne nécessite pas de connaissance au préalable et où seules les découvertes fortuites permettent, en s'accumulant en strates, de construire des schèmes moteurs. La cognition permet elle-même de sélectionner les schèmes moteurs les plus ajustés et ainsi d'interagir avec son environnement de façon adaptée (Piaget, 1967).

Ainsi, pour Piaget, l'intégration multisensorielle évolue en parallèle de l'exploration motrice du nouveau-né. A chaque nouveau schème moteur est associée une nouvelle perception : l'un ne va pas sans l'autre, perception et action se co-construisent. Les différentes perceptions sensorielles sont alors couplées entre-elles et associées au patron moteur qui a

généralisé ces perceptions. Ce système intégratif va se compléter au fur et à mesure des expériences vécues par le nourrisson, d'où l'aspect constructiviste de cette théorie, pour aboutir à ce que Piaget appelle l'intelligence sensori-motrice.

Cependant, cette théorie est critiquable à de nombreux niveaux. On peut notamment soulever le problème du hasard que Piaget met au centre de la construction de l'intelligence sensori-motrice du nouveau-né : comment celui-ci peut-il extraire des invariants de son environnement si ces actions respectent uniquement un système aléatoire ? (Mounoud, 1994) De plus, de nombreuses études ont démontré que les nourrissons ont des compétences beaucoup plus précoces que ne le supposait Piaget. Or, cela exclut la possibilité que les nourrissons aient eu le temps de construire ces compétences : il semblerait qu'elles soient déjà présentes avant la naissance et donc innées (Jouen and Molina, 2007).

Ainsi va apparaître dans les années 80 le courant nativiste, qui a une conception innéiste du développement du nourrisson. Pour Chomsky (1980), le savoir est trop complexe pour qu'il ne soit construit qu'à partir d'expériences sensorielles qui sont peu fiables, trop diversifiées et surtout aléatoires. De plus, il reprend le parallèle avec le développement du langage et affirme que nos réponses face à l'environnement sont bien plus complexes que les seules entrées sensorielles perçues. Ainsi, les structures cérébrales qui sous-tendent le traitement perceptif, et la réponse motrice éventuellement associée, sont déjà mis en place à la naissance. Pour pouvoir se potentialiser, la cognition nécessite des stimulations de l'environnement qui agiraient en simples interrupteurs ou autrement dit déclencheurs. Pour Chomsky ou encore Fodor, l'esprit est construit selon une organisation modulaire où les systèmes sensoriel et moteur sont séparés et ont des propriétés différentes (Fodor, 1983).

Pour le courant nativiste, chaque sens possède un module précis qui va traiter le signal neuronal à partir d'un capteur sensoriel périphérique spécifique (Sperber, 1994). Dans ce modèle, l'intégration multisensorielle est construite à la suite d'un traitement effectué par un processeur central qui regroupe les différents modules périphériques sollicités. Ce système de traitement central n'est pas modulaire et fonctionne de façon conceptuelle : il sert à générer des activités cognitives complexes telles que la constitution de croyances, le raisonnement, la planification, la fixation du savoir ou encore l'unité perceptive. Ainsi, l'intégration multisensorielle découlerait du regroupement de chaque unité perceptive au niveau du processeur central qui transformerait alors cette information perceptive à un niveau conceptuel. Si l'on prend l'exemple de nos habiletés sociales cognitives, dans cette théorie on aurait des systèmes perceptifs spécialisés comme la reconnaissance des émotions, la reconnaissance des visages, l'induction grammaticale ou encore la théorie de l'esprit. Ces systèmes spécialisés sont ensuite mis en commun au niveau du processeur central qui

transforme l'ensemble des données issues de chaque système afin de transmettre de façon consciente à l'individu, une perception unifiée et globale de la situation sociale en cours.

Cette théorie innéiste modulaire a tout de même beaucoup de limites. Tout d'abord, elle ne laisse pas de place à la neuroplasticité qui a pourtant été très largement démontrée ces dernières décennies. De plus, le système modulaire de Fodor est peu compatible avec le développement (Bishop, 1997) : en effet, son système se concentre surtout sur les processus bottom-up où les modules périphériques convergent vers le processeur central. Dans cette vision, le système central est séparé des modules périphériques et ne peut donc pas influencer sur leur fonctionnement. Or, nous savons que les connaissances ou les croyances d'un individu peuvent impacter sur leurs données perceptives. Enfin, l'existence de ce processeur central pose question : de quelle nature peut-il être pour pouvoir être suffisamment spécifique et précis dans son traitement ? Comment peut-il gérer toutes les compétences et les données accumulées depuis la naissance des individus ?

Un troisième courant historique exclu, lui, ce système de centralisation : il s'agit du modèle écologique de Gibson, proposé pour la première fois en 1969. Selon cet auteur, le flux perceptif libéré par notre environnement contient toutes les informations nécessaires pour se construire une connaissance de notre milieu. En percevant que le milieu est structuré et écologiquement signifiant, le nourrisson arrive à en extraire des informations invariantes qui vont lui permettre de construire son système de connaissances. Aucune structure mentale représentationnelle n'est nécessaire puisque le nouveau-né serait génétiquement précâblé pour percevoir et agir. Quand il grandit, l'enfant va pouvoir calibrer ses systèmes sensoriels et ainsi augmenter son efficacité perceptive. De plus, le développement de ses capacités sensorielles va lui permettre d'explorer son environnement et de découvrir de nouvelles affordances. Par exemple, les nourrissons doivent d'abord coordonner et contrôler leur capacité de poursuite visuelle avant d'arriver à produire un geste d'atteinte dirigé vers un objet qui soit efficace (Jouen and Molina, 2007).

Pour Gibson, l'intégration multimodale est innée et les systèmes perceptifs sont déjà précâblés. C'est elle qui sous-tend les connaissances de l'individu et qui va lui permettre d'interagir avec son environnement.

Seulement, cette théorie montre elle aussi des limites : en effet, selon le point de vue de Gibson il y a une indépendance entre la perception et l'action où seule la perception nous permet d'alimenter notre connaissance. Or, de nombreux travaux neurophysiologiques ont démontré que lorsque l'individu regarde ou bien fait lui-même une action, des voies neuronales identiques sont activées (Decety and Grèzes 1999 ; Rizzolatti and Fadiga, 1998 ; Fadiga et al, 2000). Ces données sont aussi corroborées par l'existence des neurones miroirs qui font le

parallèle fonctionnel entre la perception et l'action. Une autre critique du modèle écologique réside dans le fait qu'elle suppose que la régulation de l'action par les affordances perçues, est précâblée génétiquement. Pour autant, bien qu'on ait déjà démontré que les nouveau-nés sont capables de réaliser des actions orientées vers leur environnement, aucune expérience n'est encore arrivée à montrer que le nourrisson arrive à percevoir consciemment le lien entre les particularités de son environnement et les propriétés de son action (Jouen and Molina, 2007 ; Wang 2012).

Chacun des trois modèles que sont le constructivisme, le nativisme ou encore la théorie écologique ont donc posé les bases de la réflexion sur la mise en place de l'intégration multisensorielle. Cependant, nous pouvons voir au travers des quelques critiques citées qu'ils ne sont pas exhaustifs et certainement trop réducteurs. Des travaux plus récents menés par Edelman en 1993 ont tenté de concilier les dernières avancées neuroscientifiques afin d'expliquer l'émergence de la cognition et par le même biais, l'ontogenèse de l'intégration multisensorielle.

Cette théorie, aussi appelée Théorie de la Sélection des Groupes Neuronaux (TSGN) repose avant tout sur une continuité de la théorie néo-darwiniste mais appliquée cette fois-ci aux neurones. La TSGN s'appuie aussi sur des concepts récents que sont la redondance neuronale ou encore l'épigénétique, qu'elle intègre parfaitement dans son modèle. Ce modèle est, de nos jours, le plus complet et en adéquation avec les nouvelles données neuro-fonctionnelles et comportementales (Feltz, 2000 ; McDowell, 2009 ; Keller, 2007 ; Sallaberry, 2018), c'est pourquoi nous nous en servons comme postulat pour la suite de ce mémoire.

2. Le darwinisme neuronal ou TSGN

La TSGN prend ses racines dans le courant néo-darwiniste qui est un courant de pensées issu de la théorie de l'évolution de Darwin de 1859 et qui intègre les dernières avancées en matière de génétique et de mutations, connaissances dont Darwin n'avait pas encore la preuve empirique. Dans la théorie d'Edelman (1987), aussi appelée « Darwinisme neuronal », la sélection s'effectue au niveau neuronal où chaque neurone est considéré comme une unité biologique à part entière. Les neurones peuvent alors entrer en compétition ou travailler de façon coopérative au sein de leur environnement, qui est ici la zone corticale dans laquelle ils se trouvent.

Cette approche a l'avantage d'être à la fois « bottom-up », puisque c'est au travers des différentes expériences du sujet que les réseaux corticaux vont se modeler (via des processus

de sélection), et à la fois « top-down » puisque c'est le système nerveux central (SNC) qui va décider quels circuits favoriser ou bien éliminer (Jouen and Molina, 2007).

Si nous partons de ce postulat, les individus naissent avec un répertoire de connexions neuronales déjà existant et diversifié. Le SNC sélectionnera a posteriori les connexions les plus utiles et les plus utilisées via un système qui dépend intimement de nos expériences. Ce processus expliquerait notamment la grande diversité retrouvée entre les individus au niveau de leur architecture neuronale.

La théorie d'Edelman s'appuie donc sur trois grands principes : l'existence d'une double sélection neuronale ainsi qu'un processus de réentrées, qui correspond à la coordination des cartes neuronales dans le but de s'adapter à son environnement (Edelman, 2008), **Annexe 1**.

Le premier principe de sélection consiste à créer un répertoire neuronal primaire qui permet de regrouper les neurones de façon anatomique, selon des aires corticales, et qui est spécifique d'une espèce donnée. Cette phase a lieu lors de la formation du SNC durant l'embryogenèse et elle dépend de plusieurs facteurs (biochimiques, croissance et mort cellulaire, etc...) qui sont eux-mêmes impactés par notre génétique. En effet, notre système génétique ne détermine pas le précâblage neuronal en tant que tel, comme le supposait le courant innéiste, mais va imposer des contraintes sur le processus de sélection neuronal et cela notamment via des processus d'épigénétique. L'épigénétique permet à l'individu de construire son répertoire comportemental en fonction des données internes (biologiques) et externes (l'environnement). Suivant les contraintes et stimulations environnementales, l'ADN va plus ou moins se replier sur lui-même (par des processus de méthylation), ce qui va conduire à l'expression ou au contraire à la non-expression de certaines régions de l'ADN, **Annexe 2**. Cette variabilité de transcription de l'ADN va induire une grande diversité au niveau de la construction cérébrale et ce phénomène renforce la plasticité cérébrale : rien n'est fixé et le système cérébral est ouvert et plastique (Maze et al, 2015).

La seconde phase de sélection avait déjà été décrite par Hebb en 1949 et consiste en un renforcement ou un affaiblissement des connexions synaptiques par des processus biochimiques. Ce mécanisme de modulation des connexions synaptiques est induit par les expériences vécues par l'individu. En effet, lorsqu'un nourrisson vient au monde, il naît avec une quantité de synapses bien supérieure à ce qui est observé chez l'adulte. Ce processus est appelé redondance neuronale et il permet au nouveau-né d'avoir un niveau de plasticité cérébrale maximum durant les deux premières années de sa vie (Leisman et al, 2015), voir **Annexe 3**. Cependant, un certain nombre de synapses ne seront pas nécessaires ou trop peu utilisées ; le cerveau procède alors à un processus de suppression des synapses inutilisées. Ainsi, plus une voie neuronale est sollicitée, plus les connexions synaptiques entre les

neurones de cette voie seront renforcées et efficaces. A l'inverse, lorsque les voies neuronales sont peu utilisées, leurs connexions synaptiques sont moins puissantes voire peuvent disparaître. Ce processus permet la mise en place du répertoire neuronal secondaire qui correspond à l'organisation des neurones en groupes fonctionnels.

C'est par ailleurs via le système sensoriel que les répertoires neuronaux secondaires vont pouvoir se mettre en place. En effet, les stimuli coordonnés spatialement et temporellement vont induire l'activation synchrone de groupes neuronaux, ce qui aboutit à la création d'une carte locale et donc d'un ensemble neuronal assurant la même fonction (Edelman, 1993). Ces cartes locales s'occupent donc de modalités spécifiques et leur fonctionnement est indépendant. Cette propriété de synchronisation temporelle et spatiale a été démontrée d'un point de vue expérimental par de nombreuses études. Lorsque les sujets reçoivent des informations spatiales et temporelles coordonnées et synchrones, ils arrivent à détecter et localiser les stimuli de façon plus rapide et plus précise. A l'inverse, lorsque les stimuli ne sont pas coordonnés, cela induit chez les sujets un biais de localisation de ces stimuli (Caron Guyon, 2020 ; Cappe, 2007).

Un autre concept du troisième grand principe de la TSGN, stipule que si un individu veut s'adapter et s'ajuster aux variations de son environnement, il doit coordonner ses cartes neuronales. Edelman propose d'expliquer cette coordination par un système de réentrées qui permet de lier les neurones d'une même carte entre eux, ainsi que les cartes entre elles via des connexions réciproques, multiples voire parallèles. Ainsi, lors d'une action, chaque carte neuronale activée recrute d'autres cartes en fonction des exigences de l'environnement. Cette connexion se fait à double sens puisque la carte recrutée pourra ensuite renvoyer des messages à la carte qui l'a recrutée, générant ainsi des feedbacks neuronaux. Ce système de réentrées imbriquées est complexe et subit lui aussi un processus d'apprentissage puisque les connexions fréquemment utilisées entre deux cartes seront privilégiées et donc renforcées.

Cette théorie se fonde donc sur des postulats neuroscientifiques encore aujourd'hui validés et a l'avantage de concilier les approches de l'inné et de l'acquis où le système cérébral est un système déjà fonctionnel à la naissance mais reste très plastique et en perpétuelle évolution. Nous pouvons aussi remarquer à quel point le système sensoriel y occupe une place prépondérante puisque c'est au travers de la multi-modularité sensorielle que les cartes neuronales vont pouvoir se mettre en place et se coordonner. Nous allons donc étudier dans la partie suivante quels sont précisément les processus neurobiologiques impliqués dans l'intégration sensorielle.

C. Processus neurobiologiques sous-tendant le système sensoriel

1. Localisation du traitement cérébral de l'intégration sensorielle

Comme nous l'avons déjà vu dans les parties précédentes, les neurosciences ont pendant longtemps postulé que chaque région cérébrale a une fonction précise, immuable et qu'elles fonctionnent indépendamment les unes des autres. Cette approche localisationniste affirmait que chaque sens est traité par une région corticale précise et localisable (**Figure 1**). Les chercheurs de l'époque ont ainsi montré que le système visuel se trouve dans le lobe occipital, le système sensoriel tactile se situe dans le lobe pariétal, le système vestibulaire est traité au niveau des noyaux vestibulaires du tronc cérébral, le système olfactif est localisé au niveau de la face interne du lobe temporal, le système gustatif se situe entre le lobe pariétal et le lobe frontal et enfin, le système auditif est retrouvé au niveau du lobe temporal (Purves et al, 2015).

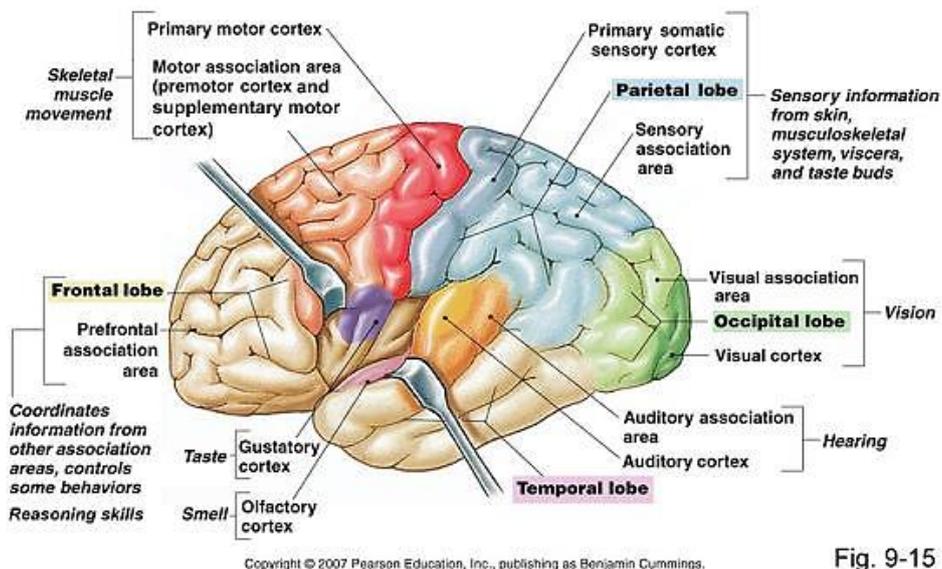


Fig. 9-15

Figure 1 : Schéma présentant la localisation des différentes aires sensorielles au niveau du cortex cérébral. Pearson Education

Cependant, cette explication du fonctionnement cérébral reste très cloisonnée et n'explique pas la richesse ou encore la précision de nos perceptions.

Une autre théorie historique est l'approche modulaire de Fodor (1983) qui stipule que le traitement perceptif se fait grâce au passage de l'information par différentes aires successives qui vont affiner la qualité du signal et permettre ainsi la construction d'une perception plus élaborée et plus complexe. Il est alors communément admis que l'information sensorielle suit un trajet neuronal bien précis : elle arriverait d'abord dans le cortex sensoriel primaire, puis,

suivant les caractéristiques du signal, elle serait envoyée vers des aires sensorielles secondaires où son traitement est spécifique.

Seulement, comme nous l'avons vu dans la TSGN, cette architecture modulaire n'est pas complète et trop simplifiée. La grande interconnectivité qui existe entre chaque aire sensorielle et au sein même de ces régions est non seulement convergente, comme le laissait supposer le modèle modulaire, mais aussi divergente vers d'autres zones corticales spécifiques et fonctionnelles. La perception elle-même est élaborée suite aux réentrées décrites par Edelman.

Une autre découverte fût que les zones constituant les cartes sensorielles ne sont pas limitées aux aires sensorielles secondaires du cortex (Wallace et al, 1993). En effet, certaines zones sous-corticales sont aussi impliquées dans l'interconnectivité sensorielle. Un exemple est le colliculus supérieur (CS) qui possède des neurones multi-modaux (neurones qui sont activés par différentes modalités sensorielles) et qui comporte des cartes sensorielles locales visuelles, somato-sensorielles et auditives.

Nous pouvons voir que le traitement cérébral à l'origine de la perception implique un grand nombre de régions cérébrales où certaines, comme le colliculus supérieur, occupent une place prépondérante. Mais alors, comment fonctionnent les neurones pour permettre une unification de leur signal et ainsi avoir une perception unifiée du monde ?

2. Traitement neuronal de la perception multimodale

Afin d'expliquer le fonctionnement neuronal qui permet au cerveau de construire une perception unifiée de notre monde, il faut se tourner vers de récents travaux qui font le parallèle entre la Théorie Bayésienne de Thomas Bayes (1763) et l'intégration multi-sensorielle (Caron Guyon, 2020).

Cette théorie est initialement issue du domaine scientifique des probabilités mais tend à se généraliser dans les neurosciences (Gueguen, 2011). Ainsi, selon ce modèle le SNC fonctionne selon un modèle probabiliste : le cerveau va donner plus de poids à l'information la plus fiable et au contraire va diminuer le poids d'une information peu fiable. Ainsi, notre SNC hiérarchise nos référentiels en fonction des contraintes que nous impose l'environnement. De plus, suivant l'expérience de l'individu, le SNC va être capable de faire des prédictions sur les événements en cours ou à venir et va ainsi moduler l'intensité du signal neuronal en fonction de l'hypothèse qui paraît la plus probable en rapport avec les expériences similaires déjà vécues. Ainsi, quand nous percevons une information multi-sensorielle, la fiabilité du signal

émis par notre SNC est bien plus importante puisque les signaux sont concordants comparé à la situation où les signaux sont juste traités un à un.

Ainsi, selon Caron Guyon en 2020, la perception correspond à l'intensité du signal nerveux qui reflète la fiabilité de l'information : pour pouvoir percevoir une information, il faut avoir un signal suffisamment important. Sachant que l'intensité du signal est modulée par notre état sensoriel interne (afférences sensorielles) et l'état sensoriel externe (évènement en cours dans l'environnement), notre perception finale correspond à l'estimation statistique la plus probable de ce qu'il se passe dans notre environnement en fonction de notre état interne. Le mécanisme neuronal en jeu repose donc sur des effets d'amplification du signal neuronal en fonction de la fiabilité du signal. Plus les sens seront concordants, plus le signal électrique neuronal sera important et éclipsera les autres informations sensorielles peu concordantes (**Figure 2**). Ainsi, lorsque les stimuli sont coordonnés spatialement et temporellement, le signal émis par le neurone est potentialisé, autrement dit multiplié, par un facteur allant de 1000 à 1200 (Meredith and Stein, 1986).

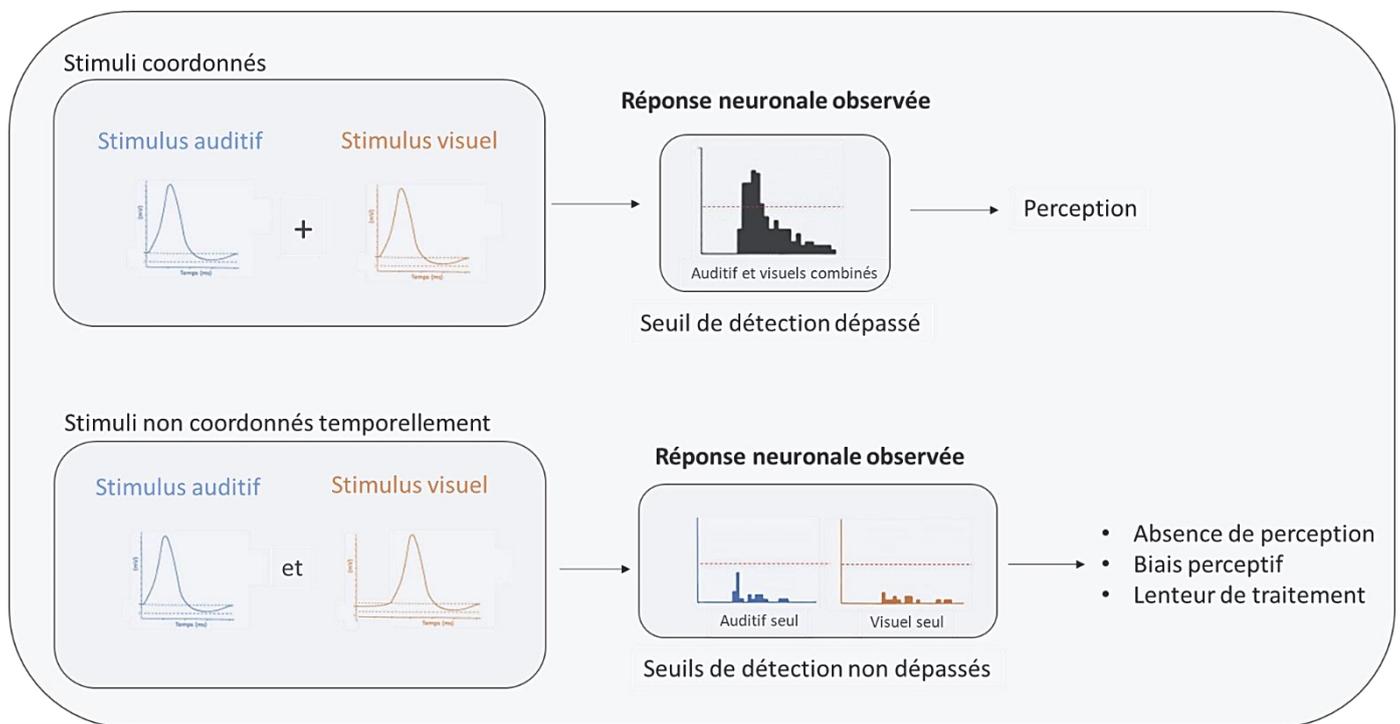


Figure 2 : Schéma illustrant le phénomène d'amplification du signal neuronal en fonction de la concordance de signaux pluri-sensoriels. Ici il est pris l'exemple de signaux auditifs et visuels.

D. Mise en évidence des capacités perceptives multimodales chez les nouveau-nés et les prématurés

Les études sur les capacités perceptives multimodales ont pendant longtemps été réservées aux nourrissons plus âgés. Ce n'est que depuis quelques décennies que ces capacités commencent à être mises en évidence chez les nouveau-nés à terme voire chez les prématurés. Ainsi, Sours et ses collaborateurs en 2017 ont mis en évidence chez des nouveau-nés âgés de deux semaines qu'il y avait une connectivité importante et fonctionnelle entre les régions cérébrales en charge de l'intégration multimodale. Les études sur le sujet sont encore rares mais unanimes : les nourrissons possèdent des capacités multimodales fonctionnelles alors même qu'ils sont encore dans le ventre de leur mère.

La comodalité la plus étudiée de nos jours chez les nouveau-nés à terme concerne la synchronisation entre vision et audition. Une première étude de Slater et ses collaborateurs en 1999 a montré chez des nouveau-nés qu'ils sont capables d'associer deux stimuli (un auditif et un visuel) par un processus d'habituation. La présentation par la suite de stimuli non contingents a pour conséquence une réaction d'intérêt pour les nourrissons qui regardent alors plus longtemps la nouvelle situation ($p < 0.05$). De nombreuses études ont par la suite confirmés ces observations (Aldridge et al, 1999 ; Sai, 2005). Des études plus rares se sont attelées à démontrer la présence d'intégration multimodale entre la modalité visuelle et motrice. Les auteurs ont mis en évidence que les nouveau-nés présentent des mouvements de mains et de doigts corrélés avec les stimuli visuels présentés (Rönqvist and Van Hofsten, 1994). Molina et Jouen en 1998 ont aussi montré un lien entre les modalités visuelles et tactiles. Dans leur étude, les nourrissons établissent des relations entre les caractéristiques des objets tenus en main et les objets observés et ces observations seront confirmés par Streri et Gentaz en 2004.

Concernant la multimodalité sensorielle chez le fœtus, peu d'études existent à ce jour, notamment à cause des difficultés expérimentales. Kisilevsky en 1992 est tout de même arrivé à montrer que le fœtus est capable de réagir à des stimulations vibro-acoustiques et ceci, dès 26 SA.

L'observation d'une preuve de la présence de traitement multimodal chez les prématurés est elle aussi complexe et seules quelques études ont réussi à mettre en évidence leurs capacités multimodales. Il existe donc encore peu de preuves que les prématurés sont capables d'intégration multimodale, pourtant, les auteurs s'accordent pour dire que les prématurés possèdent de telles capacités (Jouen and Molina 2007 ; Milette et al, 2019). Ces lacunes sont justifiées par la difficulté à trouver le bon paradigme expérimental. En effet, il

s'agit d'arriver à trouver des stimuli pertinents et perceptibles pour leur âge et d'être capable de mesurer les réponses des prématurés (El-Metwally and Medina, 2020).

Graven et ses collaborateurs ont montré en 2008 qu'il y a une synchronisation, dès 28 SA, de la fréquence de décharge neuronale de la rétine et de la cochlée, de la moelle épinière ainsi que du système limbique et olfactif. Cela nous montre que les substrats neuronaux sont prêts et fonctionnels dès ce terme pour les modalités visuelles, émotionnelles et olfactives. Plus récemment, Maitre et ses collaborateurs ont étudié en 2020 le type de réponse neuronale, et plus particulièrement le potentiel évoqué neuronal, observé en situation multisensorielle (tact et son) ou uni-sensorielle. L'étude s'est faite sur 61 prématurés d'en moyenne 31 SA et chez 55 nouveau-nés à terme. Les résultats indiquent que chez les prématurés, la réponse neuronale en situation multisensorielle déclenche une réponse neuronale supérieure à la simple additivité des stimuli auditifs ou visuels. Cette expérience démontre bien que les prématurés sont capables de procéder à une intégration multisensorielle, ici tactile et auditive. Ils ont par ailleurs observé que, contrairement au fonctionnement cérébral adulte où la stimulation multisensorielle induit l'activation d'un circuit neural unique et précis, les prématurés montrent une activation neuronale multiple. L'intégration plurisensorielle est donc encore immature à cet âge de développement.

Aucune autre étude n'a montré de preuve au niveau neurologique d'une telle synchronie chez les prématurés. En revanche, de nombreuses publications ont montré qu'appliquer une prise en charge multimodale chez les prématurés a un effet sur leur niveau d'éveil (White-Traut and Nelson, 1988), abaisse la réponse à la douleur (Huda et al, 2016) ou encore améliore leur niveau neuromoteur, mesuré par l'échelle de Brazelton et la *neonatal neurobehavioral examination* (Mohamed et al, 2018). White-Traut et ses collaborateurs ont montré en 1997 que des stimulations multimodales sont moins stressantes ($p < 0.05$) que des stimulations uniquement unimodales (dans cette étude elles étaient uniquement tactiles) chez des prématurés de 33-34 SA. Une autre étude de Fucile et Gisel de 2010 confirme ces résultats en trouvant que l'application de stimulations multisensorielles a un effet additif et cumulatif sur le développement neuromoteur des prématurés qui est plus important que des stimulations unimodales.

Ces dernières études ne sont pas une preuve directe de la capacité des prématurés à percevoir la multimodalité de leur environnement, cependant elles démontrent bien que les stimulations multi-sensorielles induisent une réponse comportementale spécifique de la part du nourrisson. Afin de définitivement valider empiriquement ces données, Neel et ses collaborateurs sont actuellement en train de mener une étude afin d'analyser l'impact de

stimulations multisensorielles au niveau cérébral via des EEG chez des prématurés de 32 à 36 SA (Neel et al, 2019).

E. Apprentissages mis en place grâce à la redondance inter-sensorielle

Les apprentissages qui découlent de la redondance multi-sensorielle ont beaucoup été investigués ces dernières années.

Concernant les compétences cognitives et l'apprentissage, Molina en 2007 affirme que l'intégration perceptivo-motrice permet l'émergence de l'ensemble des conduites cognitives. Selon lui, une décision cognitive est générée par la fusion des différentes cartes sensorielles ce qui nous permet d'extraire l'information la plus probable de notre environnement d'un point de vue statistique. Pour cet auteur, les fonctions cognitives s'organisent donc autour de trois grandes composantes : la catégorisation perceptive, la mémoire et l'apprentissage. Un nombre important d'auteurs et d'études confirment cette théorie. Bahrick et Lickliter en 2002 appuient cette théorie en expliquant que l'intégration multimodale a un rôle facilitateur des apprentissages en favorisant l'attention et la perception. En effet, la convergence et la redondance des signaux multisensoriels rendent les individus plus sensibles à leur détection ce qui baisse le temps de localisation, augmente leur précision et facilite l'apprentissage (Dionne-Dostie et al, 2015). De plus, cela permet d'avoir une vision globale de la situation qui ne peut pas être obtenue en additionnant simplement les modalités de façon séparée. Dans sa thèse de 2007, Cappe met en lien ces apprentissages avec la structure anatomique du colliculus supérieur. Cette structure, que nous avons vu plus haut, contient un grand nombre de neurones multimodaux et elle possède un rôle clé dans les apprentissages. En effet, il s'avère que les couches profondes du colliculus supérieur répondent à des stimuli provenant de plusieurs systèmes sensoriels comme la vue, l'audition et la somesthésie. Or, le colliculus supérieur a aussi des projections vers les noyaux moteurs et prémoteurs de la moelle épinière et du tronc cérébral. Par ces projections, il va être capable de moduler les comportements d'orientation (notamment visuelle) et d'attention en fonction de l'intégration des stimuli pluri-sensoriels perçus.

La perception multimodale impacte aussi le versant moteur. Jeannerod en 1994 a ainsi démontré que la perception multimodale permet chez l'adulte de préparer et planifier une action en intégrant des données tactiles et kinesthésiques (par exemple le poids et la texture de l'objet) à son action. L'intégration multisensorielle permet aussi de procéder à un rétrocontrôle de l'action en temps réel, en analysant les différences inter-sens ainsi que les délais de perception entre les différentes modalités sensorielles (Crevecoeur et al, 2016). Elle permet ainsi de contrôler et d'avoir un retour sur son action. Nous pouvons prendre l'exemple

du pointage qui fait appel à la vision et à la proprioception. Le pointage nécessite de connaître la position de sa main et de pouvoir la diriger jusqu'à la cible. C'est au travers de la comparaison entre le sens visuel et le sens proprioceptif du bras, que le SNC va pouvoir procéder à l'action et réajuster en temps réel le mouvement en fonction des conditions environnementales (Sarlegna, 2007).

L'intégration multisensorielle permet la construction de l'image du corps. Bahrick en 2013, en s'appuyant sur l'étude de Filippetti menée la même année, conclue que la perception multimodale permet la perception du soi et du non-soi. En effet, les fœtus et les nouveau-nés détectent la synchronie entre leurs mouvements et leurs sensations proprioceptives et kinesthésiques. La perception de cette synchronie leur permet de se distinguer du non soi pour lequel les mouvements observés ne sont pas en adéquation avec leurs sensations internes.

L'intégration multimodale sert aussi dans le domaine social et linguistique. En effet, Aldridge et ses collaborateurs ont montré en 1999 que les nouveau-nés sont capables, grâce à leur perception multimodale, de lier les mouvements des lèvres articulant des sons et les vocalisations qui en résultent. Cette capacité est notamment rendue possible grâce à la synchronie entre la composante auditive et visuelle.

Nous prenons conscience ici que les capacités multimodales sont primordiales pour le bon développement des individus. Or, les prématurés sont soumis à un environnement physique qui n'est pas adapté et leur intégration pluri-sensorielle est mise à mal. Les chemins d'intégration multimodale peuvent se mettre en place de façon incorrecte en réponse à des stimulations inadaptées et incohérentes. Les conditions d'hospitalisation peuvent alors devenir un facteur de risque pour ces nourrissons et il devient primordial d'en maîtriser les composantes.

III. L'environnement perceptif d'une unité de néonatalogie et ses conséquences sur le développement

A. Présentation des dystimulations générées par un service de néonatalogie

Les services de néonatalogie sont désormais connus pour être très dystimulants d'un point de vue sensoriel pour les nouveau-nés (Sizun et al, 2014). Que ce soit à cause de soins invasifs (comme les piqûres ou encore les intubations) ou alors à cause de l'environnement qui est très sonore, avec des odeurs aseptisées et un niveau lumineux élevé, les unités de néonatalogie sont très éloignées de la vie intra-utérine. Les prématurés n'ayant pas encore

leur système sensoriel mature, ces conditions sensorielles les perturbent fortement car elles ne peuvent pas être intégrées au niveau cortical de façon optimale (Graven and Browne, 2008).

L'environnement sensoriel des nouveau-nés est composé de plusieurs modalités que sont le son, le toucher, la vision, l'odeur et le mouvement. Dans les unités de néonatalogie, chacune de ces composantes est modifiée conduisant à une possible altération du développement sensoriel. En effet, ces dystimulations sont présentes lors de la phase de synaptogenèse, phase durant laquelle se créent les connexions entre les neurones et qui découle directement de l'expérience vécue par les nourrissons (Berardi et al, 2000).

Dans un article de 2016, Koenig-Zores et Kuhn recensent les principales sources de dystimulations présentes dans un service de néonatalogie (**Tableau 1**).

Stimulations	Vie intra-utérine	Service de néonatalogie
Tactiles	- Contacts continus (<i>liquide amniotique, pieds et mains, organes maternels</i>)	- Manipulations invasives (<i>soins, prises de sang, intubations, aspiration gastrique, etc...</i>)
Vestibulaires	- Liberté de mouvements, bercements maternels	- Maintien en position horizontale (<i>couveuse</i>)
Olfactives	- Odeur du liquide amniotique conditionné par l'alimentation de la mère	- Produits désinfectants, savons, solutions alcooliques, parfums - Concentration des odeurs dans les incubateurs
Gustatif	- Saveur du liquide amniotique qui dépend de l'alimentation de la mère	- Changement de lait - Lait artificiel
Auditives	- Voix de la mère, rythme cardiaque - Sons atténués par les tissus utérins et le milieu aquatique du liquide amniotique	- Bruits de fond continus masquant la voix de la mère, alarmes des systèmes de monitoring - Effet de caisse de résonance de la couveuse
Visuel	- Intensité lumineuse filtré et basse - Variation de lumière en fonction du moment de la journée	- Environnement très lumineux - Pas de cycle lumineux jour/nuit différencié

Tableau 1 : Présentation des principales sources de stimulations sensorielles perçues par le nourrisson dans le placenta et dans une unité de néonatalogie.

Concernant les **stimulations tactiles et vestibulaires**, les prématurés rencontrent beaucoup plus de stimulations tactiles de nature variée qui peuvent rapidement être inconfortables et non écologiques. Ainsi, les prématurés sont beaucoup plus soumis à des gestes douloureux et stressants puisqu'on dénombre en moyenne 16 actes douloureux par jour, avec des interventions plus ou moins invasives. Ces manipulations, en plus d'être douloureuses, perturbent aussi le cycle de sommeil-veille du nourrisson ce qui peut conduire à des altérations physiologiques et comportementales, comme de l'apnée, des problèmes de nutrition ou encore de l'hyperextension (Milette et al, 2019). En ce qui concerne le système vestibulaire, le fœtus se trouve en apesanteur dans le liquide amniotique ce qui lui laisse la possibilité de développer son système vestibulaire, ce que le prématuré, lui, ne peut pas faire étant écrasé par la pesanteur. Il lui est alors impossible de stimuler son système vestibulaire, en se retournant par exemple, ce qui peut induire des désorganisations tonico-posturales lors des changements de position trop rapides ou brusques. De plus, les équipes soignantes devant souvent effectuer leurs soins rapidement, les nourrissons subissent des stimulations vestibulaires excessives et intenses.

Les **stimulations chémosensorielles**, qui regroupent la sphère olfactive et gustative, sont elles-aussi très prégnantes dans les services de néonatalogie. Ainsi, l'alimentation donnée aux nourrissons n'a pas le même goût que le liquide amniotique et peut être perçue comme moins bonne gustativement. Concernant l'environnement olfactif des unités de néonatalogie, il est composé d'un grand nombre de molécules artificielles à valence désagréable comme des odeurs de désinfectants ou encore de produits chimiques. On estime que les nouveau-nés prématurés sont exposés à une même odeur nosocomiale entre 1320 et 1800 fois en moyenne, durant leur hospitalisation. Si l'on prend l'exemple d'un prématuré né à 28SA, il pourra être exposé jusqu'à 3500 fois à des odeurs nosocomiales qui sont notamment considérées comme étant des odeurs potentiellement irritantes (Kuhn et al, 2011a).

L'environnement auditif de la néonatalogie est lui aussi sur-stimulant. Alors que le placenta constitue une barrière naturelle en filtrant tous les sons d'une fréquence supérieure à 60Hz, les prématurés peuvent être exposés à des sons allant jusqu'à 100Hz. La nature des sons ainsi que leur non-prédictibilité sont aussi des facteurs très importants de stress chez les prématurés.

Enfin, **l'environnement visuel** est forcément différent de celui auquel est exposé le fœtus lors de la grossesse. Or, nous avons vu lors d'une précédente partie que le système visuel est le plus tardif à être mature. Le ventre de la mère et son placenta protègent le fœtus et filtrent la lumière pour ne laisser passer une intensité lumineuse que de 50 lux maximum. Cependant,

en néonatalogie, les plafonniers sont allumés en permanence et peuvent générer une luminosité jusqu'à 470 lux la journée.

B. Conséquences de l'exposition à des dystimulations sensorielles à court terme

Comme nous l'avons vu dans la partie précédente, l'environnement sensoriel d'une unité de néonatalogie ne respecte pas le niveau de maturité du système sensoriel du prématuré. Cela a inévitablement des conséquences sur le court terme qui sont observables pendant l'hospitalisation.

Tout d'abord, l'apport multisensoriel constant des unités de néonatalogie engendre des comportements de désorganisations tonico-posturales multiples chez les prématurés. Ces manifestations, résumées dans les travaux de Martinet et al de 2013, peuvent s'exprimer au niveau physiologique et/ou comportemental et se manifestent pour l'ensemble des canaux sensoriels sur-stimulés ou dystimulés.

Concernant les manifestations physiologiques on va retrouver fréquemment des désaturations, des fluctuations importantes du rythme cardiaque et respiratoire, des éternuements, hoquets et bâillements, des changements dans la couleur de la peau (marbrures, cyanose, coloration rouge, etc...) ou encore des sursauts, secousses ou trémulations.

Les dystimulations peuvent aussi transparaître dans la motricité et la posture du nourrisson : on peut observer des schémas d'hyperextension, une hypertonie ou à l'inverse une hypotonie marquée, des membres figés en l'air en extension avec les doigts et orteils écartés, une agitation et une motricité explosive ou à l'inverse une absence de motricité spontanée.

Pour chaque système sensoriel, la dystimulation des nouveau-nés peut entraîner un panel de réactions physiques et comportementales comme présentées ci-dessus. Cela peut aussi générer des conséquences à court terme qui dépendent du sens impacté.

Dystimulations tactiles : la fréquence très importante de dystimulations tactiles chez les prématurés engendre un grand nombre de signes de désorganisation physiologiques et comportementaux précédemment cités. Il est fréquent que leur seuil à la douleur s'abaisse et qu'il y ait la création d'une association entre le toucher et la douleur menant à des conduites d'évitement actives (Taddio et al, 2002). Les dystimulations tactiles peuvent aussi induire des désordres au niveau de l'alimentation ainsi que des vomissements (Milette et al, 2019).

Dystimulations vestibulaires : le manque de stimulations vestibulaires, la rapidité et la non prévisibilité de ces stimulations lors des manipulations par les soignants induisent des

désorganisations tonico-posturales et physiologiques importantes chez les nourrissons. Que ce soit pendant les temps de soins (comme le change de couche) ou même durant des moments d'interactions dans les bras de leurs parents, les prématurés ont du mal à déterminer leur position dans l'espace. Cela devient alors une source de stress intense chez le nourrisson où de nombreuses désorganisations tonico-posturales sont alors observées (Milette et al, 2019).

Dystimulations auditives : l'environnement très bruyant des unités peut lui aussi entraîner des désorganisations physiologiques et comportementales. Wachman et Lahav en 2011 nous rapportent ainsi qu'une surstimulation auditive entraîne chez les prématurés une augmentation significative de leur rythme cardiaque ainsi qu'une augmentation de leur pression sanguine, qui reste cependant dans la norme. Une exposition à des bruits importants entraîne aussi une baisse de la fréquence respiratoire avec une baisse significative de la saturation en oxygène dans le sang. Une étude a par ailleurs montré que les nourrissons soumis à un bruit conséquent avaient tendance à s'agiter et à crier, ce qui génèrait une hypoxie et augmentait par la même occasion la pression intracrânienne (Long et al, 1980). Cependant, aucune autre étude n'est venue confirmer ce résultat.

Dystimulations visuelles : on note chez les prématurés un risque de rétinopathie qui est 30% plus élevé que chez les nouveau-nés à terme (Milette et al, 2019). Ces risques sont notamment dû aux séances de photothérapies ou encore aux apports en oxygène nécessaires à cette population qui n'est pas encore mature sur le plan respiratoire. Le niveau de luminosité et sa constance peut aussi perturber le cycle circadien du bébé et cela l'oblige à fermer les yeux sur des plus longues périodes (Fielder and Moseley, 2000).

Dystimulations olfactives : comme nous l'avons vu précédemment, les prématurés sont exposés à un grand nombre de molécules olfactives désagréables lors de leur séjour en néonatalogie. Non seulement les nourrissons sont capables de discriminer les odeurs (nociceptives VS agréables) dès 28SA (Marlier et al, 2001) mais cela induit de plus des réponses cardio-respiratoires. En effet, l'exposition à une odeur désagréable et agressive génère chez eux un ralentissement du rythme cardiaque et du rythme respiratoire très significatif ($p < 0,0001$). Ces réactions physiologiques sont par ailleurs corrélées avec leur âge puisqu'il a été observé une corrélation négative entre la durée des ralentissements cardio-respiratoires et l'âge des nourrissons (Ramet et al, 1990).

Conséquences sur les cycles de sommeil : l'ensemble de ces dystimulations sensorielles a aussi l'inconvénient d'interrompre les cycles de sommeil des nourrissons à de multiples reprises (notamment pour les soins ou l'alimentation). Or, interrompre les cycles de sommeil de nouveau-nés peut induire des changements durables dans leurs paramètres

biologiques (fréquence cardiaque et respiratoire ou encore pression sanguine). Cela peut aussi limiter la durée de leur sommeil profond, qui est la seule phase de sommeil pendant laquelle les nourrissons récupèrent et surtout mûrissent au niveau neurobiologique (Graven, 2008). Cela peut avoir de nombreuses conséquences sur le court terme mais la plus notable est certainement celles sur l'alimentation, les nourrissons étant alors moins disponibles.

Conséquence sur la qualité relationnelle : les perturbations sensorielles peuvent aussi impacter la qualité de l'interaction parents-bébé. En effet, les nourrissons, n'arrivant pas à gérer l'influx sensoriel entrant peuvent se mettre en retrait et éviter le contact. Ils peuvent aussi être à l'inverse très agités, désorganisés et beaucoup pleurer. Dans les deux situations, le nourrisson n'est pas dans un état calme et attentif qui favorise le développement de l'interaction parents-bébé (Milette et al, 2019). De plus, essayer de limiter les perturbations engendrées au niveau physiologique, notamment pour la composante cardio-respiratoire, demande au prématuré une grande quantité d'énergie. Cela va notamment le ralentir pour pouvoir investir son développement et son autonomie mais cela peut aussi le rendre moins disponible dans l'interaction avec ses parents (VandenBerg, 2007).

Conséquences sur le développement neuronal : nous pouvons aussi postuler que ces expériences sensorielles anormales et dystimulantes peuvent favoriser la mise en place de réseaux neuronaux multisensoriels non fonctionnels. En effet, les nourrissons établissent leurs connexions neuronales en fonction des stimulations présentes dans l'environnement, or les stimulations sont ici anormales pour leur âge (El-Metwally and Medina, 2020).

C. Conséquences à long terme sur le développement

Il existe de nos jours un nombre important d'études qui ont démontré que l'environnement dystimulant des unités de néonatalogie a aussi un impact sur le long terme chez les anciens prématurés.

Tout d'abord, les perturbations peuvent toucher les sens en eux-mêmes. Ainsi, il a été montré que l'exposition répétée à des stimuli tactiles douloureux entraînent sur le long terme une hypersensibilité à la douleur expliquée par une innervation dense des régions concernées (Fitzgerald, 2005). De plus, cette hypersensibilité tend à désorganiser corporellement les sujets de façon plus importante. Cela génère une plus mauvaise gestion du stress avec notamment une moins bonne régulation des paramètres physiologiques comme le rythme cardiaque (Grunau et al, 2001).

Les impacts sur l'audition ont aussi beaucoup été documentés. Tout d'abord, il a été montré chez l'animal que la soumission à des sons de trop hautes fréquences induit une

malformation de la zone corticale auditive, une baisse de la synchronie neuronale ainsi qu'une baisse de la sensibilité aux différentes fréquences de son (Zhang et al, 2002). Une autre étude de Roopakala et ses collaborateurs en 2011 a montré que les prématurés hospitalisés ont une latence plus importante dans leurs potentiels évoqués auditifs, ce qui suggère un retard dans la myélinisation de leurs voies centrales auditives. Wachman et Lahav ont rapporté en 2011 que les prématurés dans les services de néonatalogie montrent une perte de sensibilité auditive créée par une atteinte des cils de la cochlée. Ces auteurs indiquent de plus qu'il semblerait que le niveau sonore impacte négativement le niveau de langage durant la petite enfance.

Si l'on se penche sur l'environnement lumineux, Fielder et Moseley en 2000 ont montré qu'il peut induire une baisse de l'acuité visuelle, de la vision des couleurs et des contrastes. L'absence de cycles lumineux respectant le rythme jour/nuit peut aussi induire des désordres hormonaux pouvant impacter la croissance des prématurés (Milette et al, 2019).

Concernant la sphère orale, les surstimulations autour de la bouche peuvent entraîner une aversion et une hypersensibilité buccale, une possible dyspraxie oro-motrice ainsi que des troubles de l'oralité (Bourdon, 2018).

L'environnement sensoriel de néonatalogie peut aussi induire des troubles plus généraux concernant l'intégration sensorielle. Mitchell et ses collaborateurs en 2015 ont procédé à une revue systématique afin d'analyser la prévalence des troubles de l'intégration sensorielle chez les anciens prématurés. Ils ont trouvé 130 publications qui font cas de troubles de l'intégration sensorielle dans cette population et plus particulièrement d'un trouble de la modulation sensorielle. Dans 82% des cas, il s'agissait d'une hyperréactivité sensorielle. Wickremasinghe et ses collaborateurs avaient obtenu les mêmes résultats en 2013 où sur les 107 participants de l'étude, 39% des anciens prématurés présentaient un score atypique pour le profil sensoriel. Bien que le lien causal direct entre l'environnement de néonatalogie et ces particularités d'intégration sensorielle ne peut être démontré, il apparaît que le stress sensoriel généré par les unités de néonatalogie joue un rôle prépondérant dans l'apparition de troubles sensoriels et neurodéveloppementaux. Par ailleurs, Graven et ses collaborateurs en 2008 rappellent que la prématurité n'accélère pas la chronologie du développement du système sensoriel. Au contraire, elle interfère voire retarde son développement de par ses stimulations erratiques, imprévisibles et inadaptées. Maitre et ses collaborateurs, ont trouvé en 2020 qu'une mauvaise qualité de la réponse neuronale induite par une stimulation multisensorielle semble corrélée avec une réactivité sensorielle atypique à 12 mois ($p < 0.05$), ce qui souligne les effets à long terme de peuvent générer de telles dystimulations.

Certains auteurs vont même plus loin en affirmant que ces dystimulations sensorielles induisent des réponses au stress anormales, ce qui sur le long terme, générerait des niveaux importants d'anxiété, de distractibilité et d'hyperactivité auxquels on peut ajouter des difficultés dans la résolution de problèmes (Maroney et al, 2003). Il semblerait aussi que les processus multisensoriels soient prédictifs de l'intégrité de certaines fonctions cognitives comme la mémoire, l'attention, les fonctions exécutives ou encore l'intelligence fluide (Maitre et al, 2020 ; Denervaud et al, 2020 ; Murray et al, 2018) qui sont des domaines déficitaires pour une proportion importante de prématurés (Whitfield et al, 1997).

Les dystimulations sensorielles peuvent aussi impacter l'équilibre sensori-tonique et la posture des nourrissons. Bullinger indique dans un ouvrage de 2017, que la réponse du prématuré face aux flux entrants multisensoriels est permise par l'équilibre sensori-tonique du prématuré. Or, cet équilibre est souvent mis à mal dans les couveuses, le nourrisson ne baignant plus dans le liquide amniotique ce qui génère des réactions d'hyperextension. La posture est alors désorganisée et elle ne permet plus, ou difficilement, la mise en place des premières coordinations orientées dans l'espace comme les conduites de captures et d'exploration de la sphère orale. L'hyperextension qui est réactionnelle à la non-maîtrise de l'influx multisensoriel (Collados-Gomez et al, 2011) entrave aussi la mise en place du dialogue tonico-émotionnel entre le nourrisson et ses parents (Groot, 2000). La douleur et l'inconfort générés par ces dystimulations impactent aussi le ressenti corporel des nouveau-nés ainsi que l'exploration de leur corps et de leur environnement, qui en sera amoindrie (Alberge et al, 2018).

Limiter le niveau de dystimulations des unités de néonatalogie semble donc primordial au vu des potentielles conséquences à court et long terme sur les prématurés. De nombreux chercheurs se sont attelés à créer des soins du développement qui soient les plus ajustés à cette population et le programme NIDCAP (Newborn Individualized Developmental Care and Assessment Program) fait désormais partie des recommandations de bonnes pratiques des unités de néonatalogie.

D. Présentation d'une alternative pour diminuer ces dystimulations dans un service de néonatalogie : le NIDCAP

Le NIDCAP est un programme de soins du développement créé par le Dr Als et à destination des nouveau-nés prématurés. Ce programme, présenté par Als et Gibes dans une première publication de 1986, a pour vocation de former les personnels soignants dans l'observation des comportements des nourrissons afin de s'y ajuster le plus finement possible. Plusieurs recommandations y sont faites.

Tout d'abord, concernant l'environnement de l'unité de néonatalogie, il est recommandé de baisser le niveau sonore (chuchoter, diminuer le volume des alarmes, etc...) et lumineux (baisser le niveau de luminosité des plafonniers, instaurer des cycles lumineux suivants le cycle circadien). Concernant le couchage, l'utilisation d'un cocon formé à partir d'un lange autour du bébé est conseillé : cela recrée la position physiologique d'un bébé dans le ventre de sa mère et permet une meilleure régulation tonique. La sphère tactile du nouveau-né est aussi prise en compte puisqu'il est recommandé de réchauffer le matériel médical avant un soin et d'éviter l'utilisation de scotch sur leur peau. Tout est mis en œuvre pour limiter les expériences douloureuses chez les prématurés en utilisant différentes stratégies qui sont désormais reconnues comme étant anesthésiantes : le peau à peau avec les parents lors de soins, l'utilisation de saccharose dans la tétine, la succion non nutritive, l'allaitement, etc... Le fait d'inclure les parents dans les soins et de les encourager à faire du peau à peau apaise aussi les nourrissons qui ont alors des repères olfactifs et auditifs connus. Leurs constantes physiologiques sont beaucoup plus stables ce qui est moins énergivore pour eux et cela peut aussi favoriser l'allaitement et bien entendu la création d'un lien fort entre les parents et leur bébé.

Concernant les soins, il est préférable de les effectuer de façon groupée plutôt que de façon sporadique au cours de la journée. Dans la même optique, il est aussi recommandé de respecter les cycles de sommeil du nourrisson en essayant de ne pas le déranger lorsqu'il est en phase de sommeil profond, phase durant laquelle le bébé ne montre pas de mouvement oculaire rapide (REM), a une fréquence respiratoire et cardiaque régulière et un tonus relâché, et d'attendre les phases d'éveil pour faire les soins.

Enfin, un dernier volet est accordé à la nutrition où la mère doit être encouragée dans sa volonté à allaiter. Les conditions environnementales et la position du nourrisson pendant l'allaitement doivent aussi être contrôlées et toute la sphère orale est prise en compte pour éviter de possibles dystimulations sensorielles (comme un lait froid, des soins récurrents autour de la bouche, les aspirations de l'estomac, etc...).

On peut donc voir au travers de ces axes de travail, que le programme NIDCAP a comme principal objectif l'aménagement de l'environnement sensoriel des unités de néonatalogie ainsi que le respect de la sensorialité des prématurés. Lorsque ces paramètres sont maîtrisés, il a été montré que cela avait un impact neuroprotecteur fort à court et long terme sur les prématurés avec un meilleur fonctionnement cérébral ainsi qu'une meilleure autonomie motrice et relationnelle à 9 mois de vie (Als et al, 2011 ; Buehler et al, 1995). Il apparaît donc primordial de contrôler cet aspect multimodal de l'intégration sensorielle des nouveau-nés afin

de leur offrir la possibilité d'investir leur multisensorialité de façon adaptée et par la même occasion de bénéficier d'un effet neuroprotecteur.

IV. Prise en charge psychomotrice de l'intégration multisensorielle

A. Recommandations de bonne pratique concernant l'intégration sensorielle

La Société Française de Néonatalogie (SFN) a publié en association avec le GREEN (Groupe de Réflexion d'Evaluation de l'Environnement des Nouveau-nés), un ensemble de recommandations de bonne pratique. Ce document constitue la commission « Environnement des Soins » et il y est préconisé l'aménagement de l'environnement hospitalier des unités de néonatalogie ainsi que la prise en compte de la sensorialité des prématurés, ceux-ci étant plus à risque de développer des troubles du développement neurosensoriel de par leur immaturité cérébrale et l'ensemble des dystimulations auxquels ils sont soumis quotidiennement. Ils insistent aussi pour que soient utilisées des stratégies de soins du développement orientées vers la sensorialité des prématurés en en faisant un point essentiel.

Dans les recommandations de bonne pratique de la HAS de 2020 sur le repérage et l'orientation des enfants à risque de troubles du neurodéveloppement, il est aussi précisé que l'intégration sensorielle, lorsqu'elle est perturbée, peut ensuite être un frein dans le développement du langage et des fonctions cognitives et sociales. La HAS recommande par ailleurs une intervention précoce des psychomotriciens à titre préventif sur un plan sensori-perceptivo-moteur dès la période néonatale.

Que ce soit par la SFN ou l'HAS, les prises en charge axées sur la sensorialité et plus particulièrement l'intégration sensorielles sont donc préconisées. Travailler sur la redondance multisensorielle chez les nouveau-nés et plus particulièrement les prématurés est d'actualité et cela fait partie des recommandations de bonne pratique. Cette rééducation se place en effet dans une logique pluridisciplinaire et elle contribue à la protection du neurodéveloppement. De plus, en tant que psychomotriciens nous sommes indiqués pour travailler sur ces axes de prise en charge, ce qui nous place en principal acteur de la rééducation multisensorielle.

B. Présentation de la prise en charge multimodale

Les prises en charge multisensorielles sont construites sur le principe de la redondance inter-sensorielle. Cette redondance est créée lorsqu'une information fait intervenir plusieurs

sens de façon simultanée et coordonnée au niveau spatial et temporel. Bahrick et Lickliter expliquent dans leur publication de 2003 que cette redondance inter-sensorielle augmente la vitesse de développement, organise la perception précoce et favorise le développement cognitif. Il précise que pour que la prise en charge multimodale soit la plus efficace possible il faut que les stimuli soient amodaux, c'est-à-dire qu'ils puissent être perçus par plusieurs sens à la fois. Par exemple, lorsqu'un objet tombe devant nous, nous le voyons et nous l'entendons tomber ce qui sollicite à la fois la vision et l'audition. De plus, ces stimuli doivent être concordants : le bruit que fait l'objet en heurtant le sol est entendu uniquement lors de l'impact et il dépend de la texture et de la composition de l'objet. L'individu peut alors percevoir les informations de son environnement et ainsi le structurer via un système d'inférences. Les nouveau-nés ne font pas exception et ont une préférence pour les stimuli amodaux et synchrones (Filippetti et al, 2013).

La prise en charge multimodale chez le prématuré doit donc stimuler plusieurs de ses sens de façon prévisible tout en respectant leur seuil de tolérance (pour limiter le stress pouvant être généré par ces manipulations). Cette prise en charge doit intervenir de façon amodale en jouant sur sa vision, son audition ou encore ses sens tactiles et vestibulaires. Par exemple la stimulation vestibulaire permet à la fois de stimuler le système vestibulaire et la vision puisque le nourrisson bouge dans les trois plans de l'espace ainsi que l'audition puisque sa distance par rapport à la source sonore varie.

Enfin, la prise en charge devra être répétée de façon identique et un nombre important de fois afin qu'un apprentissage puisse être fait par le nouveau-né.

Plusieurs protocoles existent de nos jours mais rares sont ceux qui ont été validés scientifiquement. Le protocole ATVV du Dr White-Traut fait partie de ceux-là et nous l'avons donc choisi comme protocole de référence.

C. Présentation des protocoles ATVV et H-HOPE de White-Traut

Le protocole ATVV (*Auditory, Tactile, Visual and Vestibular stimulation*) a été créé par Mme White-Traut et son équipe en 1988. Il a été conçu pour tenter de limiter les effets de l'environnement sensoriel des unités de néonatalogie. Ce protocole est très cadré : il est découpé en plusieurs phases distinctes qui ont chacune une durée précise (Burns et al, 1994), voir **Tableau 2**.

Phases	Procédure
1 (<i>au moins 30 secondes</i>)	Stimulations auditives seulement
2 (<i>9 minutes 30</i>)	Début des stimulations tactiles et maintien de la stimulation auditive <ul style="list-style-type: none"> - Etape 1 : crâne – traits linéaires - Etape 2 : bras – traits linéaires - Etape 3 : thorax – traits linéaires - Etape 4 : ligne blanche (<i>sous le nombril</i>) – traits linéaires - Etape 5 : dos – traits linéaires et circulaires - Etape 6 : jambes – traits linéaires - Etape 7 : visage
3	Répéter les étapes qui ont généré le moins de dystimulations chez le nouveau-né
4 (<i>5 minutes</i>)	Stimulations vestibulaires et visuelles : bercer doucement le nourrisson dans les trois plans de l'espace en essayant de garder le contact visuel. Maintenir les stimulations auditives.

Tableau 2 : Présentation des différentes phases du protocole ATVV. Traits linéaires : l'expérimentateur doit aller du haut du membre vers le bas en suivant une ligne droite. Traits circulaires : petits mouvements ronds effectués du haut vers le bas du membre.

La première phase est la phase d'approche et elle est constituée uniquement de stimulations auditives. Le professionnel s'approche du nourrisson et lui parle pendant au moins 30 secondes en utilisant le mothering, ou mamanaï en français, ce qui correspond à une façon de s'exprimer où la personne adopte un niveau de voix plus aigu, plus lent et plus articulé ce qui est mieux perçu par les nourrissons (McMurray et al, 2013).

Une fois cette phase passée, le praticien va procéder à des stimulations tactiles assez profondes pendant environ une dizaine de minutes. Ces stimulations sont effectuées sur tout le corps en passant membre par membre et suivent un sens précis : on stimule le nourrisson de la zone corporelle la moins sensible à la plus sensible. On passera donc de la tête, aux bras et mains, au thorax, au ventre, aux jambes et pieds, au dos pour finir au visage. Chaque partie du corps est stimulée entre 3 et 6 fois soit par des mouvements rectilignes, soit en faisant de petits cercles pour le dos. Lorsque cette partie a été effectuée une première fois, s'il reste du temps, le praticien pourra revenir sur les zones qui ont été particulièrement appréciées du bébé.

Enfin, 5 minutes sont accordées à la fin pour effectuer des stimulations vestibulaires où le nourrisson sera bercé selon un rythme rapide dans les trois plans de l'espace.

Bien entendu, pour chacune de ces trois phases le praticien doit prendre en compte l'état du bébé et respecter son rythme : l'objectif d'un tel protocole n'est pas de perturber le nourrisson ou de le dystimuler sensoriellement, mais bien de lui offrir un ensemble de stimulations qu'il arrive à intégrer au niveau cortical. Ainsi, White-Traut et son équipe indiquent dans leur protocole que lorsque les constantes physiologiques varient trop (>20% de la moyenne pour la fréquence cardiaque et respiratoire ou alors lorsque la saturation en O₂ chute en dessous de 86%), le praticien doit attendre que le nourrisson retrouve un état physiologique apaisé (Burns et al, 1994). Ils recommandent d'attendre 15 secondes ; si son état n'est pas revenu à la normale, soit le professionnel passe à un autre membre (lors de la phase massage), soit il s'arrête. Les mêmes dispositions sont prises lorsque le nourrisson a un comportement indiquant qu'il n'apprécie pas les stimulations (visage crispé, pleurs, hyperextension, bâillements répétitifs, hoquet, etc...), **Annexe 4**.

Tout est donc pensé pour s'adapter au mieux au nourrisson. Mais cela implique aussi que le professionnel s'entraîne d'abord sur un poupon afin de bien maîtriser l'ordre et la précision des stimulations afin de pouvoir porter toute son attention à la surveillance des constantes physiologiques et les signes comportementaux du nourrisson.

Ce protocole a aussi été développé et amélioré par White-Traut et ses collaborateurs en 2009 pour devenir le protocole H-HOPE (*Hospital to Home : Optimizing the Preterm Infant Environment*). Dans cette nouvelle version, les parents sont directement intégrés dans la prise en charge : ce sont eux qui vont effectuer les stimulations sur leur bébé. Pour cela, ils sont tout d'abord formés par les professionnels à observer les signes de dystimulation chez leur bébé, puis on leur enseigne la technique des stimulations (le protocole ATVV) et enfin ils l'effectuent sur leur nourrisson en étant accompagné par un professionnel.

Lors de la mise en œuvre de ce protocole, de nombreux effets bénéfiques, que nous détaillerons dans la partie suivante, ont pu être observés et validés scientifiquement. Il est par ailleurs toujours validé de nos jours et des recherches sur des effets à plus long terme sont en cours.

D. Bénéfices mis en évidence par la mise en pratique du protocole H-HOPE

Le protocole H-HOPE, aussi appelé ATVV, a été le sujet de nombreuses études scientifiques qui ont cherché à mesurer son impact à court et long terme que ce soit sur le nourrisson ou sur la triade parents-bébé. Ainsi, de nombreux effets bénéfiques ont été relevés au niveau de l'alimentation du nourrisson, du développement de sa neuro-motricité ainsi que sur la durée d'hospitalisation. Concernant la sphère parentale, il a été mis en évidence des effets sur les liens et les compétences qu'entretiennent les parents avec leur bébé, **Annexe 5**.

Effets sur l'alimentation et le niveau d'éveil :

L'alimentation chez les prématurés est un paramètre important puisqu'elle va impacter leur autonomie et leur apport énergétique nécessaire à leur bon développement et ainsi conditionner leur sortie de l'hôpital. Cependant, l'action de téter leur demande non seulement des coordinations oro-myo-faciales importantes qui sont encore immatures en cas de prématurité (Ramachandran and Dutta, 2013) mais aussi de pouvoir rester dans un état d'éveil stable et de longue durée (Pickler et al, 2005). Cet état d'éveil est aussi très impacté lors de la prématurité, les nourrissons se trouvant plus souvent en état de transition (entre éveil et sommeil) qu'en état d'éveil calme (Holditch et al, 2004).

L'administration du protocole ATVV trois fois par jour avant les temps de tétées a montré que les nourrissons présentaient de façon très significative un état d'éveil plus calme et plus alerte et ceci sur des durées plus longues ($p < 0.001$) (White-Traut et al, 2002b ; Gaffari et al 2021 ; Nadar et al, 2017). Une autre étude de White-Traut de 2014 indique que les nourrissons ayant eu le protocole ATVV avant la tétée ont tendance ($p = 0.06$) à montrer plus de comportements dirigés sur l'oralité comme la succion, donner des coups de langue, sucer ses mains, etc... pendant et après le protocole. Par ailleurs, Nadar et ses collaborateurs ont trouvé en 2017 que le protocole ATVV améliorait la qualité de la coordination de succion de façon très significative ($p < 0.0001$) chez les prématurés. Gualdron et ses collaborateurs ont, eux, trouvé dans une étude de 2022 que le protocole ATVV augmentait de façon significative la prise de lait et la prise de poids chez les nouveau-nés à terme mais ces données sont plus nuancées chez les prématurés même si elles tendent à aller dans la même direction (White-Traut et al, 2002).

Ainsi, ce protocole de stimulations multi-sensorielles augmente le niveau d'éveil des nourrissons qui est un préalable important au nourrissage et il stimule aussi leurs coordinations oro-myo-faciales ce qui leur permet de mieux explorer et donc potentiellement de mieux s'approprier ces coordinations complexes. Une des conséquences de cette meilleure succion et donc des meilleures conditions physiologiques des bébés induisent une baisse de la durée et du coût de l'hospitalisation (Vonderheid et al, 2020). En effet, les nourrissons ayant bénéficié du protocole avaient une durée d'hospitalisation en moyenne une semaine et demie moins longue que les contrôles ($p < 0.05$) (White-Traut et al, 2007).

Effets sur la neuro-motricité :

Kanagasabai et ses collaborateurs en 2012 ont étudié l'effet du protocole ATVV sur la neuro-motricité en le pratiquant une fois par jour et durant 5 jours sur 25 prématurés âgés de 33 à 36 SA. Leur neuro-motricité était ensuite comparée avec les compétences neuromotrices

d'un groupe contrôle composé de 25 prématurés. L'évaluation de leur neuromotricité a été effectuée à leur terme grâce à l'utilisation de l'échelle INFANIB (échelle qui mesure le développement neuromoteur des prématurés). Le groupe ATVV montre une différence très significative ($p=0.001$) par rapport au groupe contrôle aux scores de l'échelle INFANIB en faveur du groupe ATVV. Les scores les plus significatifs concernent surtout le niveau tonique des nourrissons où une meilleure régulation de leur tonus est observée. Kanagasabai explique ce phénomène par le bienfait des stimulations vestibulaires et proprioceptives. De plus, les stimulations vestibulaires semblent aussi induire une attitude en flexion chez les prématurés.

Effets sur le niveau de stress :

Une étude de 2009 de White-Traut et ses collaborateurs a mesuré le niveau de cortisol, qui est un indicateur du niveau de stress, chez des nourrissons. Ces nouveau-nés avaient soit bénéficié du protocole ATVV, soit de stimulations tactiles seules. Le groupe contrôle quant à lui n'a pas reçu de stimulations particulières. Le niveau de cortisol chez les bébés ayant eu des stimulations multisensorielles (ATVV) était plus faible que le groupe ayant reçu uniquement des stimulations tactiles ($p<0.01$). De plus, 10 minutes après la stimulation, les nourrissons ATVV montraient encore un niveau plus faible de cortisol que ce soit avec le groupe de stimulations uniquement tactiles mais aussi avec le groupe contrôle. Le protocole ATVV semble donc baisser le niveau de stress des nourrissons sur le long terme et être moins stressant que les protocoles de massages uniquement centrés sur l'aspect tactile. Il est tout de même important de noter que dans cette étude, la quantité de salive à prélever afin d'avoir un niveau de cortisol évaluable était difficile à obtenir ce qui a limité le nombre final de participants (seuls 19 participants au total ont pu fournir une quantité de salive suffisante).

Effets sur l'autonomie des parents et le lien parents-bébé :

La mise en place du protocole H-HOPE chez le nouveau-né ne montre pas un effet limité au nourrisson lui-même. En effet, former les parents au repérage et à la compréhension des signes de leur bébé, les rend plus autonomes et leur donne plus de confiance en leurs capacités de parents. Ils sont en effet plus sensibles à l'attitude de leur bébé, comprennent plus facilement et se montrent plus adaptés face aux signes de faim ou de dystimulations sensorielles et ces effets perdurent par ailleurs plusieurs semaines après l'hospitalisation (White-Traut et al, 2013).

Comme la stimulation ATVV augmente aussi le temps d'éveil calme des prématurés, les parents ont plus l'opportunité d'interagir avec leur bébé ce qui favorise la création du lien affectif. De plus, il a été montré que les mères avaient tendance à plus interagir avec leur

nouveau-né lors de l'alimentation après une phase de protocole ATVV (White-Traut and Nelson, 1988).

Lorsque ce sont les parents qui pratiquent eux-mêmes le protocole ATVV en autonomie, la création du lien parent-bébé est favorisée, les parents étant alors très attentifs aux signes de leur bébé. Cela les place aussi à une place d'acteur et leur donne une légitimité dans la prise en charge de leur nouveau-né. De plus, une étude de Holditch-Davis et ses collaborateurs ont montré en 2014 que d'un point de vue psychologique, le protocole ATVV induit les mêmes effets chez les parents que lorsqu'ils pratiquent des massages chez leur nouveau-né. Ainsi, on observe une baisse du stress parental lors du retour à la maison, une baisse de l'anxiété maternelle et du risque de dépression post-partum lors de la première année de vie.

Effets à plus long terme :

Peu d'études ont été menées à ce jour pour étudier les effets à long terme des protocoles multisensoriels comme le protocole ATVV, que ce soit sur les nourrissons ou sur les parents (Neel et al, 2019). Bien que les études précédemment citées de White-Traut (2013) ou encore Holditch-Davis (2014) ont regardé les impacts sur l'ajustement parental et l'état psychologique des parents, ces études ne sont pas allées plus loin que quelques semaines voire quelques mois après la sortie de l'hospitalisation. Ces études montraient tout de même un effet bénéfique du protocole ATVV qui a tendance à se lisser dans le temps, notamment après le quatrième mois.

Une étude de Nelson et ses collaborateurs a été effectuée en 2001 afin de voir l'impact du protocole ATVV à un an de vie sur des nourrissons soit nés en très grande prématurité, soit ayant subi des souffrances au niveau de leur système nerveux central. Les résultats sont à nuancer, le nombre de participants dans chaque groupe expérimental n'étant pas suffisant pour avoir une analyse statistique satisfaisante. Aucun effet du protocole n'a été montré sur la qualité de la dyade mère-enfant, cependant, les enfants ayant bénéficié du protocole ATVV montraient globalement de meilleurs résultats au Bayley, que ce soit dans le domaine cognitif ou moteur. Il semblerait que le protocole ATVV puisse avoir un effet sur la qualité des interactions et stimulations fournies pendant la période critique des quelques semaines post-accouchement, ce qui se répercuterait sur le développement moteur et cognitif des enfants.

Devant le peu de données sur le long terme, une grande étude à l'échelle internationale lancée par le Collège de Wisconsin et portée par le Dr White-Traut est actuellement en cours et doit délivrer ses résultats dans les années à venir. (White-Traut et al, 2021).

Bien que le protocole AVV soit largement décrit et recommandé par la communauté scientifique, l'utilisation de ce protocole n'est pas encore arrivée dans les services de néonatalogie en France. Un des objectifs de ce mémoire est de regarder s'il peut être mis en pratique dans notre système de soins et si le protocole rentre en application avec le champ des compétences du psychomotricien. De plus, afin d'observer et caractériser au mieux ses effets et possibles bénéfices ou contre-indications, une grille d'observation spécifique à l'intégration sensorielle regroupant plusieurs échelles déjà validées scientifiquement a été créée.

PARTIE PRATIQUE

V. Conception d'une grille d'observation spécialisée dans l'intégration multisensorielle chez les prématurés

A. Présentation des grilles préexistantes sélectionnées

Afin de pouvoir contrôler les possibles améliorations apportées par le protocole ATVV, une grille d'observation a été formée à partir de plusieurs grilles déjà existantes et validées scientifiquement, **Annexe 6**. Il est important de signaler qu'actuellement, il existe peu d'outils sur l'observation et le bilan du prématuré dans la sphère multisensorielle (Martinet et al, 2013). La plupart des bilans se concentrent en effet sur la neuromotricité des prématurés et ont peu d'items sur l'intégration sensorielle ou alors sont spécifiques des nouveau-nés à terme. Le but de ce mémoire étant de regarder l'impact du protocole ATVV sur l'intégration multisensorielle des prématurés, seules les catégories concernant les capacités d'intégration sensorielle et les réactions du sujet aux dystimulations sensorielles nous intéressent. Deux grilles ont été sélectionnées pour leur pertinence d'observation des prématurés et leur spécificité d'approche sensorielle.

Martinet et ses collaborateurs en 2013, ont déjà effectué un travail d'extraction des parties sensorielles des différents bilans et grilles d'observation qui existent, **Annexe 7**. Leur grille d'observation synthétise les échelles d'observation de la *Neonatal Behavioral Assessment Scale* (NBAS) de Brazelton, l'*Assessment of Preterm Infant's Behavior* (APIB) de Als ainsi que le bilan sensorimoteur de Bullinger. En plus d'avoir repris tous les items axés sur la sensorialité, 45 au total, de ces bilans pré-existants, les auteurs ont ensuite analysé pour

chaque item la variabilité inter-observateurs. Si cette variabilité était trop importante (>50%) les items étaient soit éliminés soit redéfinis. Au final ce sont 23 variables qui ont été retenues pour la création de la grille.

Ces 23 variables ont été rassemblées en 6 grands domaines que sont : l'état de vigilance, le domaine physiologique, le domaine tonico-postural, le domaine tonico-émotionnel et les interactions, le domaine sensoriel ainsi que le domaine de la sphère orale et des sollicitations gustatives et olfactives. Le domaine physiologique comprend les composantes cardio-circulatoires ainsi que l'état respiratoire. Le domaine tonico-postural est composé de la posture, des mouvements et du tonus. Le domaine tonico-émotionnel et des interactions comprend les expressions émotionnelles, les activités d'autorégulation ainsi que les signes de dystimulation. Le domaine sensoriel est composé d'une partie tactile, une partie auditive, une partie visuelle ainsi que vestibulaire. Enfin, le domaine de l'oralité comprend le type d'alimentation, les sollicitations péri-orales et orales ainsi que la qualité de la succion. Concernant cette dernière partie, elle n'a pas été retenue dans ce mémoire. En effet le protocole ATVV n'intervient pas directement sur l'alimentation et les sollicitations orales. De plus, l'observation du sujet ne se fait pas durant un temps d'alimentation.

Cette grille d'observation peut être utilisée chez les nouveau-nés entre 25 et 37 SA avec ou sans aide respiratoire. Elle est à destination du personnel soignant et se voulait simple et rapide d'utilisation afin que les soignants puissent directement évaluer l'impact de leurs soins sur la stabilité perceptivo-motrice et émotionnelle du nourrisson. Elle permet aussi d'évaluer les fragilités et difficultés de ces nouveau-nés afin d'établir un projet de soins individualisé en adaptant les soutiens et les actions de l'équipe soignante. Elle se remplit donc en deux temps : avant le soin afin d'avoir une ligne de base physiologique et comportementale et pendant le soin. Afin de pouvoir comparer les deux situations et d'avoir un aperçu objectif de ces observations, un système de cotation avec 0, 1 et 2 points par items a été mis en place. Plus le nombre de points augmente, plus le nouveau-né est dans un état de bien-être et inversement, lorsque le nombre de points baisse, le nouveau-né montre plus de signes de stress et de désorganisation. Ce système de cotation n'a pas vocation à définir un seuil qui classerait les nourrissons dans des troubles neurologiques ou perceptivo-moteurs mais elle permet juste de préciser une évolution de l'état avant et pendant un soin.

En complément de cette première grille d'observation, la grille des signes d'approche et de retrait du programme NIDCAP a aussi été utilisée, **Annexe 8**. Cette grille synthétise les principaux signaux observés chez les nourrissons en présence de dystimulations sensorielles que ce soit au niveau végétatif, moteur, de l'éveil et de l'attention et des interactions (formation NIDCAP, 2021). Chacune de ces catégories est ensuite divisée en plusieurs sous-

catégories où l'on retrouve la respiration, le cœur, la digestion, le tonus et la motricité, le visage, la succion, les états de veille et de sommeil ainsi que le comportement. Pour chacune de ces catégories sont répertoriés différents signes directement observables chez les prématurés. Ces signes sont divisés en deux catégories : les signes d'approches et de bien-être du prématuré et à l'inverse les signes de retrait ou de stress.

Cette grille est surtout à destination des infirmiers travaillant dans les services de néonatalogie. Elle est majoritairement utilisée pendant les soins, qui sont sensoriellement dystimulants, afin que les infirmiers puissent s'adapter au mieux au nourrisson. Bien que la plupart des signes soient déjà inclus dans la grille de Martinet, certains, présents dans la grille NIDCAP manquaient comme la couleur de la peau, les mains sur le visage comme activité d'auto-régulation ou encore la protrusion de la langue, la mâchoire tombante et les régurgitations.

B. Création d'une grille plus complète

Suite à la fusion des grilles précédemment présentées et à l'état des connaissances actuelles sur la multisensorialité chez le nouveau-né, il apparaissait quelques lacunes dans cette nouvelle version de grille d'observation, **Annexe 9**.

Tout d'abord, la grille a été complétée dans les domaines sensoriels afin que les observations puissent être plus précises et ne se limitent pas seulement aux comportements de détente, d'attention, d'irritabilité ou d'absence de réaction retrouvés dans la grille de Martinet. En effet, suivant les nourrissons, la réponse aux différents stimuli sensoriels ne va pas forcément s'exprimer de la même façon et il est intéressant de regarder quels comportements sont générés et s'ils se cumulent pour un même sens. Cela prend aussi tout son sens si on veut observer des effets sur le long terme. En effet, cela peut permettre pour un sens donné, de se rendre compte si le nouveau-né présente plus ou moins de réactions de retrait ou à l'inverse de bien-être et si ces réactions évoluent dans le temps.

Ainsi, pour les stimulations tactiles et auditives il a été rajouté la lenteur de réaction, l'excitation et la désorganisation après la disparition du stimulus et enfin le traitement différé de l'information. Concernant la sphère visuelle, il a été ajouté l'asymétrie du regard, la lenteur de traitement, le décrochage du regard, le détournement ou évitement du stimulus, les réactions faciales générées par le niveau lumineux et l'excitation ou la désorganisation après la disparition du stimulus. Enfin, dans le domaine vestibulaire il a été rajouté la compétence de rotation de la tête coordonnée avec la position du corps, la lenteur à retrouver son équilibre

ainsi que la perte du contact visuel, la désorganisation corporelle arrivant après la manœuvre et la possible apparition de réflexes de Moro.

Dans le domaine auditif, il semblait aussi intéressant de séparer les stimuli non humains (bruits), des stimuli humains (voix). En effet, les nourrissons ne semblent pas forcément réagir de la même façon suivant l'origine de la source sonore (Gerhardt and Abrams, 2000). Par exemple, le son produit par les machines peut être extrêmement dystimulant pour eux alors que la voix de leurs parents ou du soignant les apaisera.

Pour analyser au mieux la régulation tonico-posturale lors de stimulations vestibulaires, les réactions du nourrisson sont observées lors de retournements (décubitus dorsal à latéral, latéral à ventral et enfin ventral à dorsal). En effet, l'appareil vestibulaire est composé de trois canaux circulaires orientés dans des directions différentes et il est intéressant de regarder si le nourrisson présente les mêmes signes de dystimulation suivant l'orientation de ces canaux. Cette différenciation au niveau du référentiel vestibulaire n'avait pas été incluse dans les précédentes grilles.

Concernant les manifestations physiologiques, la saturation en oxygène a aussi été rajoutée, celle-ci étant un témoin important du niveau de bien-être physiologique des nouveau-nés.

Enfin, il faut préciser que certains items ont été enlevés. Dans la grille de Martinet, les items « regard dans le vague » et « yeux ternes » ont été supprimés étant trop subjectifs et difficilement quantifiables. Dans la grille du NIDCAP, tous les items ayant attrait à la digestion ont été supprimés n'étant pas spécifiques de l'intégration sensorielle.

La grille finale contient donc 6 grandes catégories qui sont : les états de vigilance, le domaine physiologique, le domaine tonico-postural, le domaine tonico-émotionnel, les signes de dystimations et le domaine des compétences sensorielles. De plus, le système de points de la grille de Martinet a aussi été gardé afin de pouvoir regarder l'évolution des capacités multisensorielles au cours du temps et de pouvoir les quantifier.

VI. Mise en place du protocole de soin

A. Déroulé du protocole et des séances

Le protocole s'est déroulé sur 8 jours consécutifs à raison d'une séance par jour. Nous avons cependant un jour d'interruption lors du 6^{ième} jour. En effet, l'état de la petite patiente,

que l'on va nommer Lily*, était trop instable et une prise en charge n'était pas recommandée. Les séances étaient effectuées sur le même créneau horaire, soit avant le nourrissage (ici 11H30) où Lily prématuré est la plus éveillée. Il est par ailleurs recommandé de faire les soins ou les prises en charge durant ces créneaux afin de ne pas perturber le sommeil des prématurés (souvent la faim les maintient éveillé) et de les avoir dans un état d'éveil et d'attention maximale. Nous suivons donc ici les recommandations de soins du développement énoncées dans le programme NIDCAP.

Avant le début du protocole, la grille d'observation a été remplie une première fois afin d'avoir un premier aperçu des capacités de Lily. Cette même grille est ensuite remplie après chaque prise en charge, dans le but de voir la dynamique de l'évolution du nourrisson dans ses capacités d'intégration multisensorielle. Le protocole ATVV étant coûteux en énergie, la grille était remplie durant un temps de change pour ne pas rajouter de manipulations supplémentaires. Cette observation a aussi le mérite d'être la plus écologique possible. En effet, le change de couche est un soin qui mobilise tous les sens des nouveau-nés et qui est pratiqué plusieurs fois par jour. Par ailleurs, les équipes soignantes décrivent ce soin comme étant difficilement accepté par les prématurés où ces derniers ont tendance à beaucoup se désorganiser d'un point de vue tonico-postural et comportemental, ce qui impacte leur niveau d'éveil.

Le déroulé des séances suit toujours la même organisation (**Figure 3**).

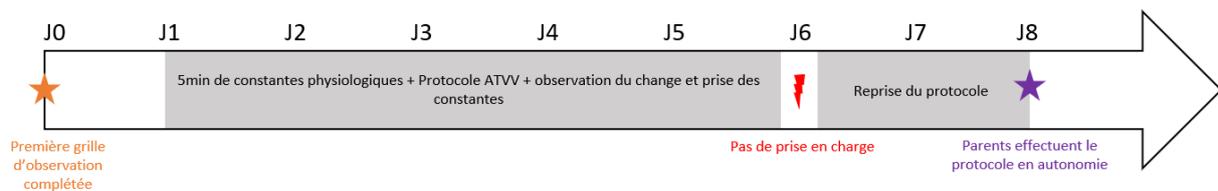


Figure 3 : Frise chronologique résumant les principales étapes du protocole.

En premier lieu, il est demandé aux puéricultrices les évènements de la nuit et de la veille. Cette étape est primordiale : avant de commencer chaque prise en charge, il est important de connaître l'état du nourrisson afin de pouvoir s'ajuster au mieux à ses besoins mais aussi aux possibles contre-indications. Ensuite, les constantes physiologiques (fréquence cardiaque et respiratoire ainsi que la saturation en O₂) sont prises durant 5 minutes avant la prise en charge grâce aux moniteurs connectés au nourrisson, **Annexe 10**. Ces constantes nous donnent une moyenne du niveau basal physiologique du nourrisson et elles seront comparées aux moyennes physiologiques pendant et après la prise en charge. Ensuite, une fois les constantes

physiologiques enregistrées, la séance peut réellement commencer. Dans le box du nourrisson il est demandé aux parents, qui seront présent durant toutes les séances, leurs ressentis sur l'état de santé de leur bébé ainsi que leurs observations sur de possibles changements (comportementaux ou physiologiques) avant et après prise en charge. Le protocole est ensuite effectué en respectant les réactions du nourrisson : certaines parties du protocole peuvent ne pas être effectuées si elles sont trop dystimulantes. Par exemple, si les stimulations vestibulaires sont trop intenses ou si certaines parties du corps lors des stimulations tactiles sont trop sensibles, le praticien ne s'attarde pas sur ces parties. Le bien-être du nouveau-né ainsi que son niveau d'intégration sensorielle restent une priorité absolue. Une fois le protocole effectué, le change de la couche par les parents est filmé afin que la grille d'observation puisse être remplie a posteriori. Enfin, les constantes physiologiques de Lily pendant le protocole ainsi que durant le change sont enregistrées afin d'avoir une moyenne pendant et post-prise en charge. L'objectif est de contrôler l'impact du protocole sur le niveau de stress du nourrisson. Pour chaque constante, une valeur est relevée toutes les minutes afin d'avoir une moyenne la plus représentative possible.

Afin de compléter au mieux cette étude et d'avoir un aperçu global des progrès de Lily, des observations cliniques effectuées durant le protocole ont été recensées dans un tableau. Ces données permettent notamment d'étoffer les données fournies par la grille d'observation en nous donnant des détails plus précis sur les réactions de Lily au cours du protocole mais aussi des explications sur les conditions avant prise en charge, qui peuvent conditionner le bon déroulé du protocole.

Le nouveau protocole ATVV de White-Traut, désormais appelé H-HOPE inclue les parents dans le soin en leur apprenant les gestes à effectuer. Ils sont aussi formés à observer le comportement de leur nourrisson ainsi qu'à repérer les signes de désengagement des prématurés afin de pouvoir pratiquer le protocole ATVV avec la même justesse et précision que les soignants. Dans le cadre de ce mémoire, les parents ont donc aussi été formés. Ils sont tout d'abord restés en tant qu'observateurs les premiers jours puis ils ont été formés sur un poupon lors du septième jour. La dernière séance de ce protocole, le huitième jour, a été effectuée par un des parents avec les conseils du praticien. Ils ont ensuite continué de le pratiquer de leur côté, étant très satisfaits des résultats et de l'échange créé pendant les stimulations.

B. Précautions environnementales et de manipulations

Comme nous l'avons vu précédemment, il est important de prendre un certain nombre de précautions afin d'éviter de dystimuler le nourrisson et de lui proposer une expérience multisensorielle la plus en adéquation possible avec son terme.

Tout d'abord, le praticien doit se laver les mains non pas avec du gel qui contient des molécules odorantes fortes et désagréables, mais avec du savon. Il doit ensuite veiller à se les réchauffer convenablement pour éviter de toucher le nourrisson avec des mains froides. En effet, cela peut être douloureux pour le nouveau-né et surtout, cela l'oblige à maintenir sa température corporelle ce qui est très coûteux en énergie pour les prématurés. Toujours dans l'optique de limiter les stimulations olfactives, le praticien ne doit pas porter de parfum. La prise en charge du nourrisson est effectuée dans son berceau : cela limite la perte de chaleur due aux transferts et à l'environnement de la chambre qui est plus froid, et cela lui permet de rester au milieu d'odeurs familières. Pour continuer de respecter les recommandations NIDCAP, il est aussi conseillé de mettre dans le berceau un habit porté par le parent afin que le nourrisson s'imprègne de son odeur.

Afin de rendre l'environnement sensoriel le plus neutre possible, le niveau lumineux du box doit rester faible tout en restant suffisant pour que le praticien puisse percevoir au mieux les réactions du nouveau-né durant le protocole.

Quand le nouveau-né était en peau-à-peau avec son parent avant le protocole, celui-ci est alors effectué en laissant le nourrisson sur son parent. Cela évite un transfert, une perturbation sensorielle trop importante et un maintien du nourrisson dans un état calme et apaisé.

Le protocole, comme indiqué plus haut, doit se faire lors de phases d'éveils et non lorsque le nourrisson est en phase de sommeil profond. Il ne faut pas non plus effectuer le protocole durant ou après une phase d'alimentation. En effet, cela peut générer des régurgitations, des problèmes de digestion ainsi qu'une moins bonne adaptation au protocole, le nourrisson ayant toutes ses capacités attentionnelles monopolisées par la digestion.

Enfin, les mouvements effectués par le praticien doivent être très lents et le toucher doit être profond et non superficiel. Les manipulations doivent être en adéquation avec le comportement du nouveau-né afin de ne pas induire de désorganisations importantes qui seraient délétères pour l'intégration pluri-sensorielle. Nous devons donc permettre au nourrisson de pouvoir procéder à un apprentissage multisensoriel. La difficulté réside dans le fait que le protocole ne doit pas excéder 15-20 minutes, qui est une durée de stimulations déjà très importante pour un prématuré.

VIII. Evaluation du protocole de soin

A. Evaluation initiale pendant le temps de change

L'évaluation de l'intégration sensorielle de Lily en situation écologique se fait durant le temps de change qui est effectué par les parents, juste après ma prise en charge. Le support vidéo a été utilisé pour pouvoir remplir la grille d'observation de la façon la plus complète et objective possible. En effet, remplir la grille d'observation en direct pouvait s'avérer compliqué, notamment parce que c'était aussi un moment d'échange avec les parents sur le comportement de Lily durant le protocole. Une première évaluation a été effectuée grâce à la grille d'observation, la veille du début du protocole, soit à J0. Cette évaluation intervient après le bilan psychomoteur et durant le temps de change. Lily obtient un total de 23 points ce qui correspondra par la suite à notre ligne de base, **Annexe 11**.

Le premier domaine étudié est le **domaine physiologique**. Durant l'observation Lily oscille entre un état de sommeil léger et un éveil agité avec des cris et pleurs sans transition nette entre les états. Sa fréquence cardiaque est de 170 battements par minutes et sa fréquence respiratoire est à 37 respirations par minutes. En revanche, sa saturation en oxygène de 89%, ce qui dénote d'une certaine instabilité physiologique.

Le **domaine tonico-postural** contient la posture, le tonus de fond ainsi que la quantité et la qualité de la motricité. L'observation de Lily indique qu'elle présente une posture qui est souvent en extension avec une asymétrie tonique importante où les membres supérieurs présentent une forte hypotonie et les membres inférieurs une hypertonie importante. Les mouvements sont réactionnels aux stimulations sensorielles et sont explosifs, c'est-à-dire rapides, non harmonieux et brefs dans le temps.

Le **domaine tonico-émotionnel** est composé pour sa part, des expressions émotionnelles du nouveau-né ainsi que de ses capacités d'auto-régulation. On y retrouve aussi l'ensemble de ses réponses aux signes de dystimulations, que ce soit au niveau moteur, tonique ou encore neurovégétatif. Nous pouvons observer que Lily a un visage très crispé durant toute l'observation et présente un grand nombre de signes témoignant d'une mauvaise régulation de son intégration sensorielle. Elle présente notamment une quantité importante de trémulations au niveau de ses membres supérieurs, une extension quasi systématique du membre qui est sollicité avec une hypertonie réactionnelle aux stimulations ainsi qu'un hoquet récurrent. Ses jambes et ses bras restent figés en l'air avec ses doigts et ses orteils en éventails. Certains sursauts sont aussi observés lors des stimulations et ces mêmes sursauts ont aussi été remarqués par les parents depuis plusieurs jours. Malgré tous ces signes, Lily est tout de même capable de présenter certains signes d'auto-régulation comme les mains qui

se joignent et qu'elle amène sur son visage ou à sa bouche ou encore du grasping où elle agrippe sa sonde.

Le **domaine des compétences sensorielles** de Lily est le dernier domaine étudié et il permet de mettre en évidence ses compétences dans les domaines tactiles, auditifs, visuels et vestibulaires. Nous pouvons remarquer que les stimulations tactiles, très nombreuses lors du change, sont les plus dystimulantes pour Lily. En effet, elle présente d'importantes désorganisations corporelles (hyperextension, trémulations et pleurs) qui peuvent se déclencher et perdurer alors même que la stimulation tactile a disparu. Le deuxième domaine sensoriel qui la gêne de façon importante est le domaine auditif. En effet, le moindre bruit induit chez Lily un niveau d'éveil important avec un regard hyper-vigilant et agrippé, autrement dit un regard qui reste très fixe et soutenu. Elle n'investit la sphère visuelle pour regarder sa maman qui la change ou bien la puéricultrice qui se situe à côté d'elle, indiquant bien que ce regard n'est pas dirigé pour de l'interaction mais correspond plutôt à un comportement de défense vis-à-vis des sur-stimulations. En ce qui concerne son domaine vestibulaire, Lily ne montre pas de désorganisation ou de déséquilibre notable lors des manipulations indiquant une bonne intégration vestibulaire.

Le change de couche est donc un moment compliqué pour Lily qui n'arrive pas à gérer et à intégrer l'ensemble des stimulations sensorielles. Cela la perturbe et la désorganise de façon importante ce qui génère plusieurs désaturations à la suite et ainsi que des pleurs intenses.

B. Evaluation du protocole ATVV

Le protocole a globalement été apprécié de Lily qui semble même y prendre plaisir en montrant un bon niveau de détente et de relâchement. Bien que quelques désaturations aient pu être déclenchées pendant les manipulations, le respect de temps de pause lui permet de récupérer rapidement et les séances ont toutes pu être menées à terme. La seule exception a été durant le cinquième jour où Lily n'a pas supporté la stimulation vestibulaire et je n'ai donc pas insisté.

Ses problèmes digestifs récurrents, les ballonnements, les gaz et la constipation constante, la gênent beaucoup et entravent souvent le bon déroulé du protocole. En effet, en plus d'être très sensible tactilement au niveau de son thorax et de son abdomen, le protocole a aussi tendance à stimuler sa digestion. Lily essaie alors de pousser pour libérer ses selles ce qui la désorganise et la fatigue. Elle se montre alors moins réceptive au protocole, qui doit être interrompu à plusieurs reprises pour lui laisser le temps de se remettre. Ces troubles digestifs sont particulièrement prégnants aux jours 4 et 5. Ils se répercutent aussi sur les

résultats obtenus à la grille d'observation puisque Lily ne peut pas gérer sa digestion et les diverses stimulations sensorielles générées par le protocole ou le change de couche.

Grâce aux scopes reliés en permanence à Lily, une analyse de ses principales constantes physiologiques a pu être effectuée (**Figure 4**).

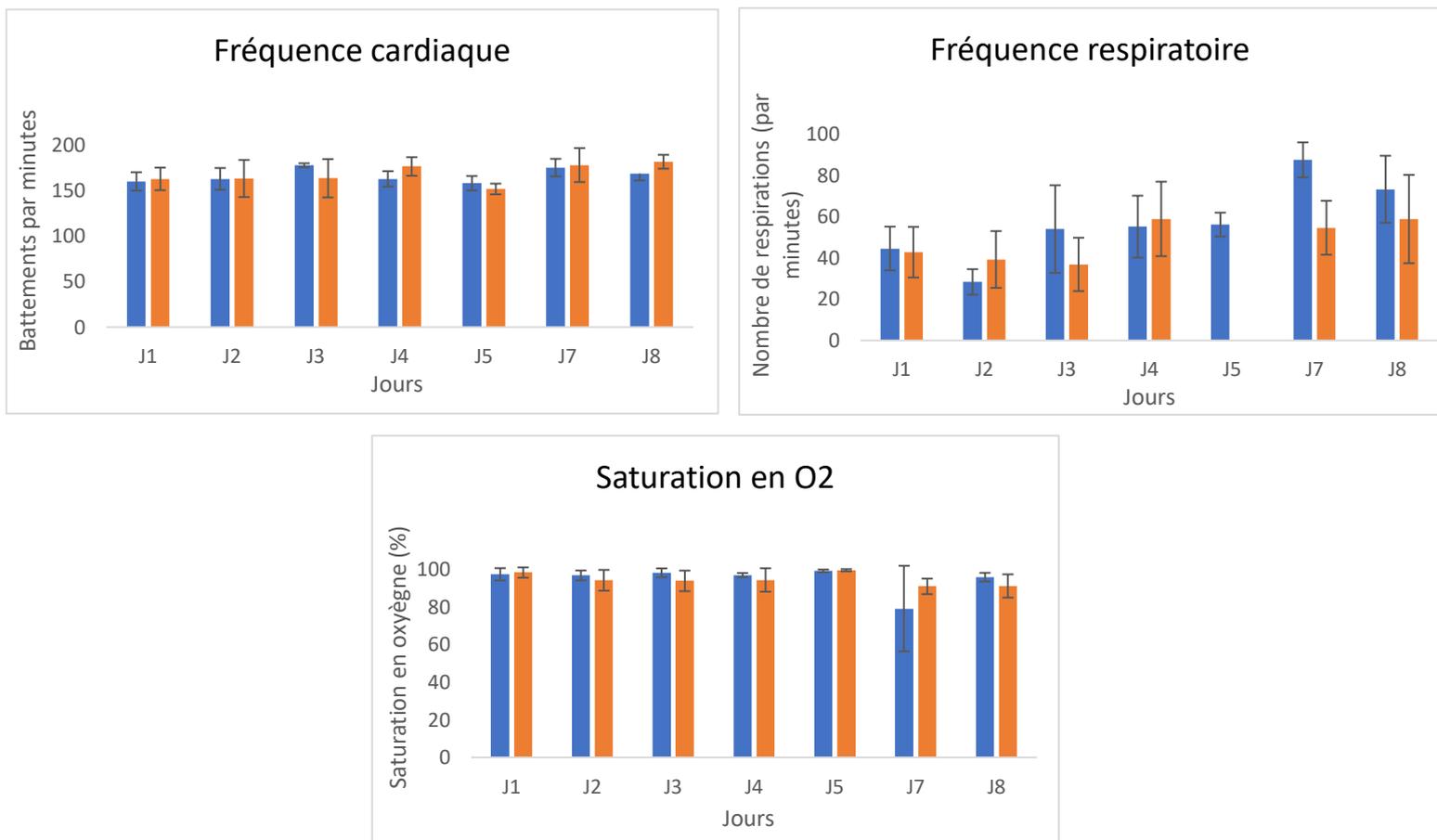


Figure 4 : Comparaison au cours du temps de la moyenne des composantes physiologiques avant et durant le protocole ATVV. En **bleu** : avant le protocole, en **orange** : pendant le protocole.

Tout d'abord, nous pouvons remarquer que la moyenne de la fréquence cardiaque et de la saturation en oxygène ne change pas au cours de la semaine de protocole. Une certaine évolution est visible pour la fréquence respiratoire qui semble fortement augmenter à partir du quatrième jour mais cela est dû à un problème de sensibilité des électrodes (qui ont été changées au quatrième jour). Par ailleurs, ces nouvelles électrodes n'étant pas fiables, aucun enregistrement n'a pu être effectué durant le cinquième jour. Ce qui est en revanche intéressant à noter, c'est que lorsque nous comparons la moyenne de ses constantes physiologiques avant et pendant le protocole, aucune différence n'est observée. Cela est

positif puisque ça signifie que le protocole n'induit pas de perturbation physiologique majeure chez Lily.

Concernant la variabilité des constantes au cours du protocole, nous pouvons observer que la fréquence cardiaque n'est jamais descendue en dessous de 100 et n'a jamais été au-dessus de 200 battements par minutes. Cela signifie que nous avons respecté les recommandations de Mme White-Traut édictées dans son article de 1994. De plus, concernant la saturation en oxygène, elle est globalement toujours au-dessus de 86%, qui est la valeur seuil référencée pour le protocole. Enfin, si l'on regarde la fréquence respiratoire, il est indiqué qu'elle ne doit pas être supérieure de 20% de la valeur de base. Dans notre cas, l'analyse des jours 4 à 8 peut être biaisée à cause des nouvelles électrodes. En revanche, si nous analysons les trois premiers jours, la fréquence respiratoire ne dépasse jamais ce plafond des 20% voire elle peut légèrement diminuer.

L'analyse des courbes enregistrées par les scopes a aussi permis de regarder le nombre de désaturations subies par Lily lors du protocole (**Figure 5**). Nous pouvons voir que les stimulations sensorielles effectuées de façon non prévisibles durant le bilan (J0) génèrent beaucoup de désaturations (4). En revanche, le protocole semble moins perturbant pour Lily puisque nous observons moins voire plus d'épisodes de désaturations par la suite. Ainsi, nous pouvons affirmer que nous avons respecté l'état physiologique de Lily au cours du protocole.

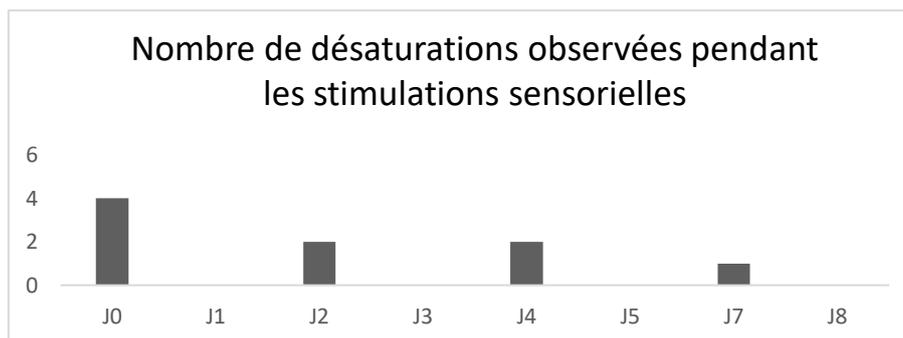


Figure 5 : Nombre de désaturations enregistrées lors du bilan initial (J0) et durant le protocole multisensoriel (J1 à J8).

Grâce aux observations cliniques effectuées durant l'administration du protocole, nous pouvons observer que l'intégration multisensorielle de Lily a bien évolué au cours du temps, **Annexe 12.**

Tout d'abord, au niveau de son système tactile, elle présente les premiers jours une hypersensibilité sur un grand nombre de zones corporelles. Lors du premier jour du protocole,

en dehors des jambes et de la bouche, toutes les autres zones induisent des trémulations importantes ainsi que des hyperextensions et des hoquets. Puis, au fur et à mesure des jours, Lily se met à apprécier le toucher sur des nouvelles parties de son corps. Cette amélioration de l'intégration tactile s'est faite suivant l'ordre suivant : le front et la tête, le dos, le cou, les bras, les mains et pieds et puis pour finir le thorax. Le ventre est globalement resté une partie sensible, et ceci même à la fin du protocole, mais cela s'explique aisément par ses troubles digestifs.

Au niveau de son système auditif, elle présente au début du protocole une hypersensibilité auditive qui la maintient dans un état éveillé sur de longues périodes et entraîne une fixité du regard. Cette hypersensibilité semble s'atténuer au cours du temps et Lily cesse aussi d'avoir ce regard hyper-vigilant durant le protocole et ceci dès le quatrième jour. Cependant, l'équipe médicale me rapporte qu'elle continue d'avoir de longues périodes d'éveil sur d'autres moments de la journée. Ce peut être un signe d'hypersensibilité auditive persistant mais cela peut aussi provenir de ses problèmes digestifs.

Concernant son intégration vestibulaire, Lily a toujours su se montrer performante. Au cours du protocole elle est aussi arrivée à développer un début de coordination oculo-céphalogyre. En effet, suivant la direction du balancé, Lily oriente son regard pour pouvoir regarder l'endroit vers lequel je la dirige. De plus, elle commence aussi à tourner sa tête en accord avec son regard. Un autre effet intéressant de la stimulation vestibulaire est que cela stimule fortement sa succion. En effet, dès le troisième jour Lily fait des mouvements de succion avec sa langue et ses lèvres. Cette succion est ensuite observée durant la quasi-totalité des stimulations vestibulaires, même lorsqu'elle se trouve en état de sommeil léger. La partie vestibulaire étant à la fin du protocole, cela permet à la maman de profiter de cette succion pour mettre du lait sur la tétine de Lily qui peut alors associer la succion au goût du lait.

Enfin, au niveau visuel, Lily semble très attentive lors des trois premiers jours et me regarde beaucoup lors du protocole mais cela est peut-être simplement dû à son hypersensibilité auditive. Les quatre derniers jours du protocole, Lily ouvre très peu les yeux mais elle se montre capable d'orienter son regard vers la source sonore (humaine ou non) ce qu'elle maîtrisait difficilement au début du protocole.

Enfin, concernant les signes de dystimulations observables lors du protocole, ici encore nous pouvons remarquer une évolution.

Tout d'abord, au niveau neurovégétatif, les hoquets répétitifs et les bâillements dont elle faisait l'objet pendant les deux premiers jours du protocole n'apparaissent plus pendant les stimulations.

Au niveau moteur, les sursauts qui ont été observés lors du premier bilan ne sont plus déclenchés par le protocole. Les trémulations qui étaient au début très importantes, surtout au niveau tactile et légèrement au niveau vestibulaire, ont-elles-aussi quasiment disparues. Pour le système vestibulaire, elles ne sont plus déclenchées dès le quatrième jour mais l'état de Lily (notamment digestif) peut encore en générer. Concernant la sphère tactile, dès le cinquième jour la quantité de trémulations baisse fortement mais ici encore, cela est état-dépendant. Il faut tout de même noter que la stimulation tactile de l'abdomen de Lily génère des trémulations jusqu'à la fin du protocole. Seulement, ses problèmes digestifs étant encore présents à la fin du protocole, cette hypersensibilité provient sûrement d'une origine somatique.

Au niveau tonique, Lily montre une légère amélioration dans la régulation de son tonus. Bien que globalement la stimulation tactile d'un membre lors du protocole ATVV puisse encore induire son extension, le phénomène s'atténue à partir du cinquième jour. Les jambes et les bras figés en l'air ne sont plus présents dès le deuxième jour.

Ainsi, bien que certains signes de dystimulations soient toujours présents chez Lily à la fin de la semaine de protocole, nous pouvons voir qu'ils ont été considérablement amoindris. De plus, ils semblent désormais qu'ils soient surtout liés à l'état physiologique de Lily alors qu'ils étaient observés de façon systématique au début du protocole.

C. Evaluation des effets post-prise en charge pendant le temps de change

Si l'on regarde les résultats globaux de Lily au niveau de la grille, ils ont augmenté de 12 points durant les 8 jours du protocole, ce qui est une belle progression (**Figure 6**). Nous pouvons remarquer que cette évolution n'est pas linéaire puisque durant les jours 4 et 5, nous observons une baisse de ses performances d'intégration sensorielle. Comme dit précédemment, cela peut être expliqué par son état physiologique où durant ces deux jours, elle était fortement constipée et très fatiguée de forcer pour essayer de faire sortir ses selles. Cependant, nous pouvons remarquer que même dans cet état-là, elle ne revient jamais au niveau de sa toute première évaluation, montrant bien une amélioration de ses capacités d'intégration même en conditions physiologiques défavorables.

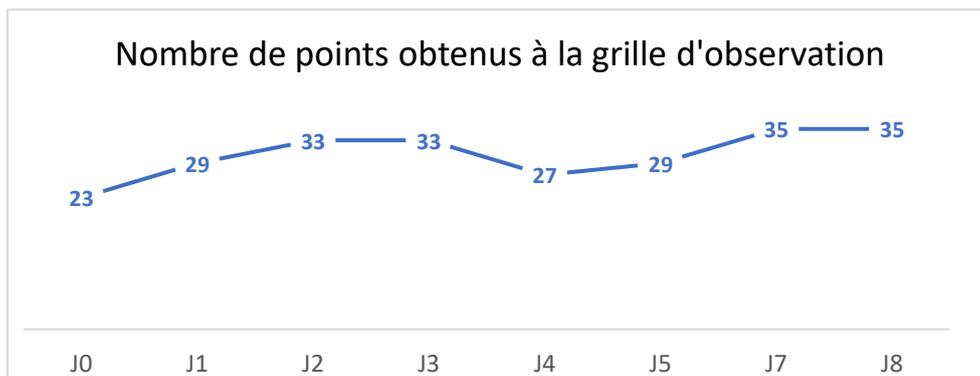


Figure 6 : Graphique illustrant le nombre de points obtenus à la grille d'observation des compétences d'intégration multisensorielle au cours du temps.

Regardons maintenant plus précisément chaque domaine de compétences composant la grille d'observation, **Annexe 12**.

Dans le **domaine des états de vigilance** et de la transition entre ces états, Lily est passée d'un état de veille à un état de sommeil relativement calme : le change de couche ne semble plus la perturber suffisamment pour la réveiller. Par ailleurs, la transition entre les différents états de veille s'est au fur et à mesure harmonisée, Lily passant d'un état de sommeil léger à un état d'éveil sans manifester de pleurs ou de désorganisations. Elle est aussi capable de maintenir un état d'éveil stable durant tout le change, ce qui témoigne d'une maturation physiologique potentielle.

Dans le **domaine physiologique**, plusieurs analyses ont été effectuées afin de voir si le protocole induit des différences dans la régulation de la fréquence cardiaque et respiratoire ainsi que dans la saturation en oxygène durant le temps de change (**Figure 7**).

Si nous comparons la fréquence cardiaque et la saturation en oxygène avant le protocole ATVV et pendant le change qui intervient après le protocole, aucune tendance, ni aucune différence n'apparaît dans le temps. Pour la fréquence respiratoire, les écart-types sont très importants ce qui rend compliquée l'interprétation du graphique. Cependant il semblerait qu'à partir du troisième jour, la hausse de la fréquence respiratoire lors du change, alors observable les deux premiers jours, ne soit plus présente. De plus, ce rapport aurait tendance à s'inverser mais ici encore, les résultats sont à interpréter avec prudence à cause de la faible fiabilité des électrodes nouvellement posées le quatrième jour.

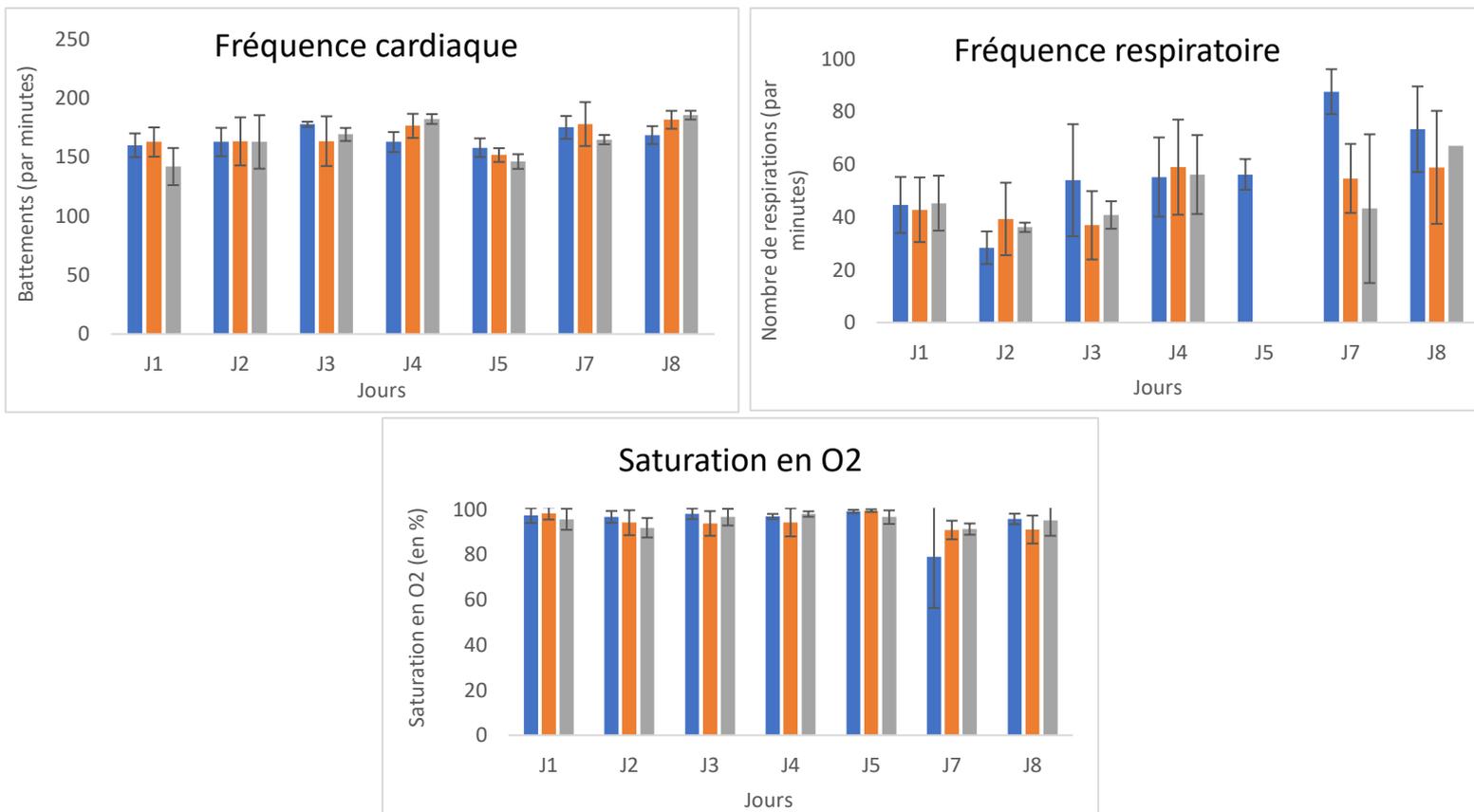


Figure 7 : Evolution de la moyenne des fréquences cardiaques et respiratoires et de la saturation en oxygène au cours du temps (de J1 à J8). En **bleu** : avant protocole ATVV, en **orange** : pendant le protocole ATVV, en **gris** : pendant le change (après le protocole).

L'analyse des courbes enregistrées par les scopes a aussi permis de regarder lors du change, le nombre de désaturations au cours du temps (**Figure 8**). Alors qu'une désaturation est observée lors du premier jour d'observation, aucune autre désaturation n'est observée durant les 7 jours de mise en place du protocole. Le dernier jour, Lily fait tout de même une désaturation mais ne manifeste pas de perturbations comportementales associées, ce qui indique soit une erreur d'enregistrement par l'électrode, soit une désaturation trop faible pour avoir un fort impact physiologique.

Ainsi, hormis le nombre de désaturations, le protocole ne semble pas avoir d'effet bénéfique notable à court terme sur la fréquence cardiaque et respiratoire ainsi que la saturation en oxygène. L'effet positif à noter est qu'il n'a pas non plus induit de perturbations physiologiques particulières.

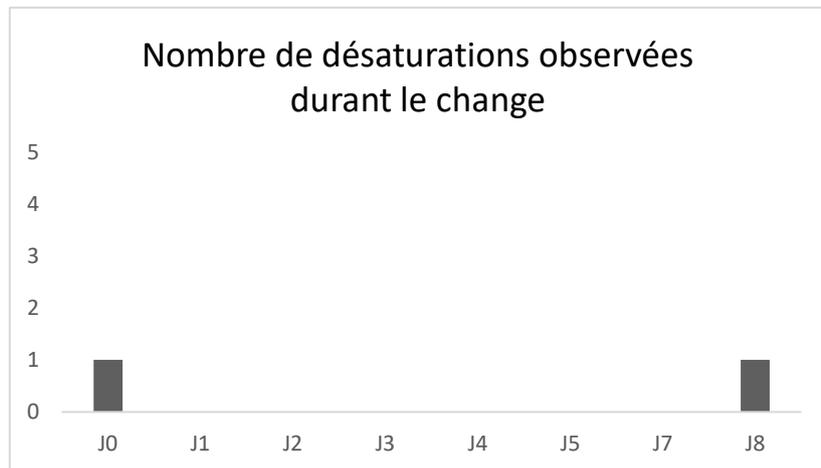


Figure 8 : Nombre de désaturations observées au cours du temps lors du moment de change.

Dans le **domaine tonico-postural**, Lily montre une évolution qui semble être état-dépendante (**Figure 9**). En effet, nous pouvons observer une baisse de sa régulation tonico-posturale qui est majorée lors de ses problèmes digestifs, notamment lors du quatrième jour. Malgré cette baisse, Lily arrive à avoir une augmentation de 4 points dans cette composante, avec une évolution qui s'est surtout manifestée dans la qualité de ses mouvements qui sont moins explosifs et plus déliés ainsi que dans sa posture qui est moins en extension et plus dans la flexion.

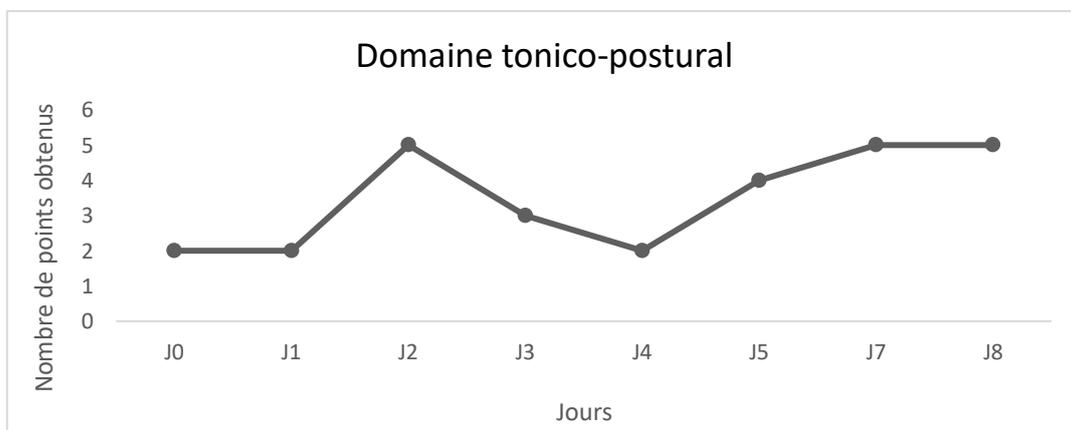


Figure 9 : Evolution au cours du temps du nombre de points obtenus dans le domaine tonico-postural de la grille d'observation multisensorielle.

Le **domaine tonico-émotionnel** est certainement celui qui est le plus impacté par l'état physiologique de Lily (**Figure 10**). En effet, lors du quatrième et du cinquième jour, le score obtenu est très chuté.

Nous pouvons observer que cette composante ne montre pas d'amélioration significative au cours du temps mais cela peut en partie s'expliquer par les bonnes compétences d'auto-régulation émotionnelle que Lily témoignait dès le début de ce protocole.

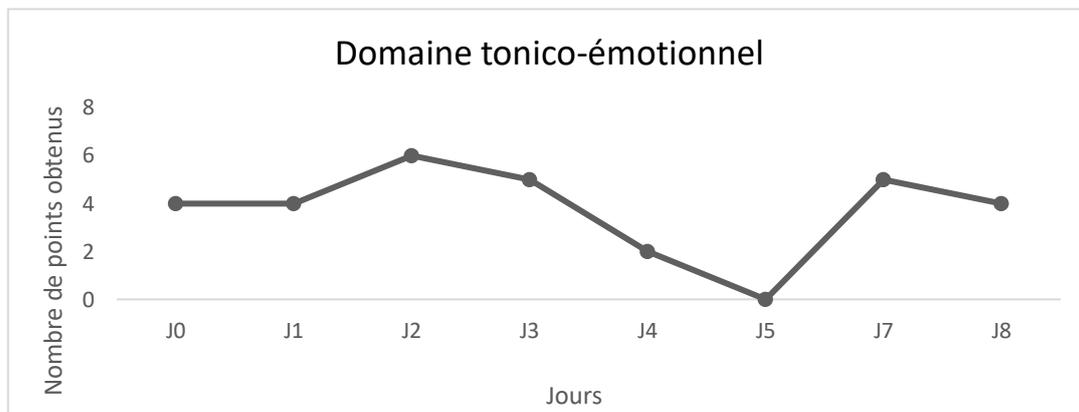


Figure 10 : Evolution au cours du temps du nombre de points obtenus dans le domaine tonico-émotionnel de la grille d'observation multisensorielle.

Le domaine qui ressente l'ensemble des réponses de Lily aux **signes de dystimulations** est le domaine qui a le plus évolué au cours de ce protocole (**Figure 11**).

En effet, nous pouvons observer une augmentation du nombre de points quasiment linéaire, avec 5 points de gagnés. Lily montre moins de signes témoignant d'une mauvaise intégration sensorielle, avec une disparition du hoquet et de ses trémulations. De plus, son état physiologique dégradé durant le quatrième et le cinquième jour semble peu impacter l'apparition de ces signes.

Enfin, une fois que Lily a arrêté de montrer certain signe de dystimulations, comme le hoquet au troisième jour ou encore les trémulations au cinquième jour, elle ne les représente plus lors des futurs temps de change.

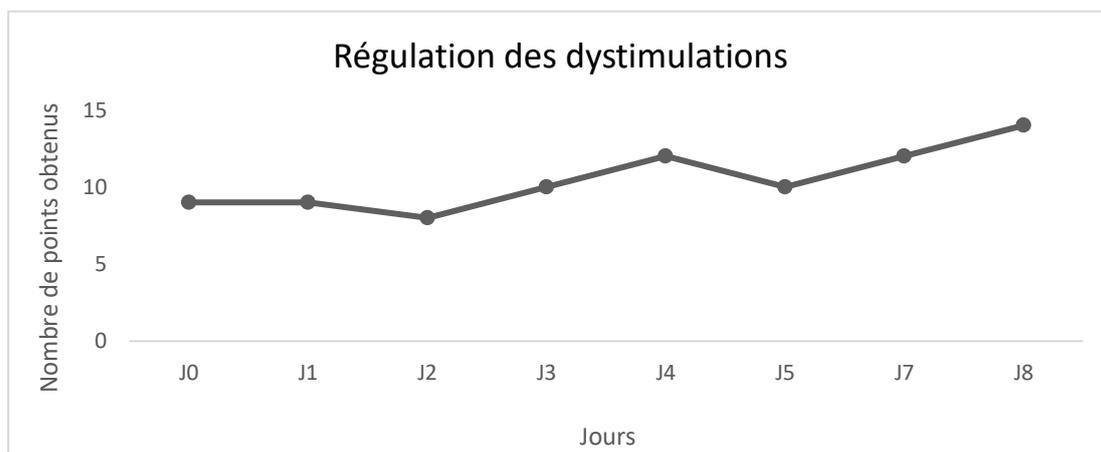


Figure 11 : Evolution au cours du temps du nombre de points obtenus dans le domaine de la régulation des dystimulations de la grille d'observation multisensorielle.

Enfin, dans le **domaine des compétences sensorielles**, Lily montre aussi des progrès en gagnant trois points (**Figure 12**). Une fois encore, son état physiologique semble impacter ses performances puisqu'au jour 4, ses compétences sont équivalentes au jour 0. Il faut tout de même préciser que lors des deux derniers jours du protocole, Lily s'est très peu éveillée lors du change de sa couche. Elle n'a donc pas pu montrer ses compétences visuelles, ce qui impacte certainement ses résultats.

C'est dans ce domaine des compétences sensorielles que Lily est la plus loin du maximum de point pouvant être obtenu (seulement 6 points sur 12). Cela peut cependant s'expliquer par sa prématurité et l'immaturation de ses sens.

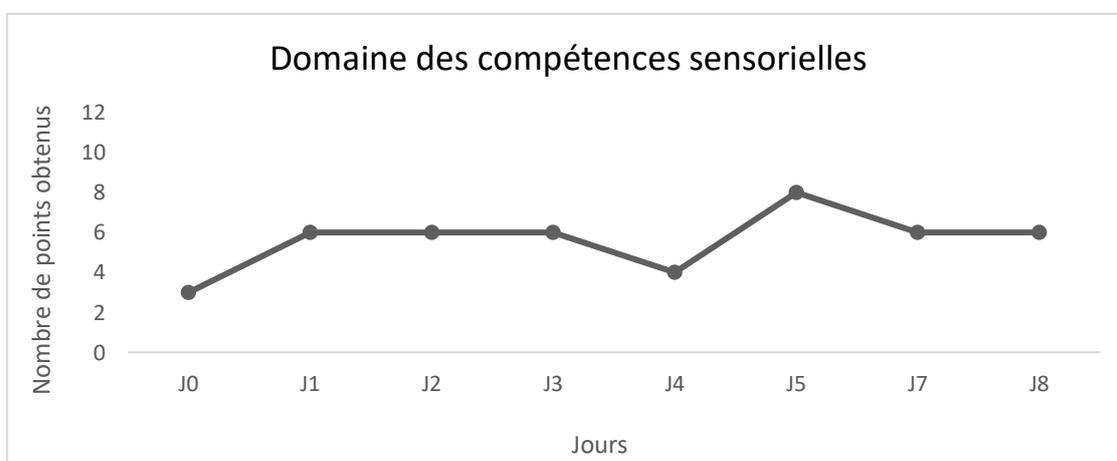


Figure 12 : Evolution au cours du temps du nombre de points obtenus dans le domaine des compétences sensorielles de la grille d'observation multisensorielle

Nous voyons donc au travers de ces résultats, qu'en dehors du domaine de la régulation tonico-émotionnelle qui ne semble pas montrer d'évolution significative, la totalité des autres domaines s'améliore au cours du temps. De plus, au vu des résultats il semblerait que les domaines de régulation tonico-posturaux et tonico-émotionnels ainsi que les compétences sensorielles soient les domaines les plus impactés par l'état physiologique de Lily. La gestion des dystimulations semble, elle, plus pérenne et moins influencée par son état interne.

IX. Discussion

L'application du protocole a montré de nombreux résultats sur Lily elle-même et a aussi eu un effet sur son entourage, que ce soit avec ses parents ou l'équipe médicale.

Effets sur les parents : le protocole ATVV place les parents de Lily dans une position d'acteurs dans la prise en charge précoce et les soins de leur fille. En effet, ce sont eux qui informent l'équipe que mon protocole a lieu à 11H30 et qu'il ne faut donc pas faire le change avant. Le protocole ATVV étant présenté comme un protocole non pas de soins mais de bien-être, les parents de Lily ne montrent pas la même inquiétude que durant les soins, qui peuvent être une épreuve pour leur bébé. Ils profitent alors de ce moment privilégié pour interagir avec elle en lui parlant pendant que j'effectue les autres stimulations. Par ailleurs, les parents ont pu remarquer, grâce au protocole, que certaines zones corporelles sont tout particulièrement appréciées par Lily. Durant les longs créneaux de peau-à-peau qu'ils font avec elle la journée, ils reprennent les stimulations tactiles dans ces zones-là, ce qui apaise Lily et favorise la mise en place d'une bonne intégration sensorielle. Les parents se sont donc totalement saisis du protocole sans même que je leur en fasse la proposition : ils sont demandeurs de ces moments d'interactions avec leur nouveau-né qui sortent du cadre du soin tout en procurant un bien-être à leur enfant. Le protocole ATVV peut être une porte d'entrée pour leur donner ce rôle et ainsi renforcer de façon considérable la qualité du lien entre les parents et leur bébé. Ce protocole s'inscrit donc dans une démarche de soins du développement qui sont connus pour être des facteurs de meilleurs pronostics chez les nouveau-nés prématurés (Als, 1998).

Le protocole leur a aussi permis d'aiguiser leurs capacités d'observation. Etant plus alertes sur les signes de dystimulations, les parents sont rapidement devenus capables de me signaler quand leur fille se désorganise. Devenus experts, ils arrivaient même à anticiper les variations des constantes physiologiques de Lily lors des manipulations en regardant son

expression faciale et la couleur de sa peau. Je les ai par la suite formés (avec support papier à l'appui pour qu'ils puissent s'en saisir et se l'approprier plus facilement) ce qui a posé des termes scientifiques ainsi que des explications aux signes qu'ils arrivaient déjà à percevoir. Les parents comprennent désormais mieux leur fille et s'ajustent alors instinctivement à ses comportements. Le dernier jour du protocole, effectué par la maman, s'est par ailleurs très bien déroulé. Bien que les gestes de la maman soient encore un peu hésitants et que ma présence ne rende pas l'acte naturel, Lily se montre très réceptive et particulièrement détendue.

Les parents m'ont par ailleurs informé à la fin du protocole, de leur souhait de le continuer eux-mêmes en autonomie, ce qui était un de mes objectifs de travail.

Effets sur l'équipe : le protocole a aussi montré des effets sur l'équipe soignante. Tout d'abord, cela a nécessité de la part des puéricultrices de s'ajuster dans leurs protocoles de soins. En effet, elles ont dû aménager leur emploi du temps afin de ne pas déranger les séances et de me laisser le temps de faire mon protocole avant le nourrissage.

Un autre effet du protocole a été de rendre l'équipe plus alerte sur la sensorialité de Lily. En effet, lors de mes discussions avec l'équipe sur Lily, les puéricultrices me parlent des différents signes de dystimulations, comme les trémulations ou le hoquet, qu'elles ont pu observer chez elle durant la journée. De plus, les puéricultrices, qui sont avant-tout les professionnelles qui prodiguent des soins à Lily, ont pu mettre à profits ces observations dans leurs pratiques de soins en observant le niveau de désorganisation de Lily durant l'acte médical. Le fait de leur avoir présenté le protocole comme aidant dans l'intégration multisensorielle mais aussi dans le bien-être a aussi orienté le regard de l'équipe. En effet, les retours qui me sont fait sur l'état de Lily, ont une connotation plus positive que lorsque les puéricultrices me parlent d'autres nourrissons présents dans le service. L'équipe est devenue en effet plus sensible aux progrès et à la maturation physiologique et comportementale de Lily.

Enfin, connaître les conclusions de mes observations permet aussi à l'équipe d'adapter de façon plus ajustée l'environnement sensoriel de Lily.

Effets sur Lily : bien entendu, la principale intéressée de ce protocole étant Lily, nous avons observé beaucoup de changements au cours de cette semaine de protocole.

Tout d'abord, nous pouvons voir que Lily présente des améliorations dans la transition entre ses états de veille. Gaffari et ses collaborateurs ont montré en 2021 que l'administration

du protocole ATVV induit chez les prématurés un temps d'éveil de meilleure qualité et sur une plus longue durée. Nous pouvons observer qu'au fur et à mesure du temps, Lily présente des transitions de plus en plus harmonieuses entre ses différents états de veille. De plus, elle est aussi capable de maintenir un niveau de vigilance plus durable dans le temps, que ce soit un sommeil léger ou un éveil calme. En revanche, le temps d'éveil prolongé observé dans cette étude après l'administration du protocole, n'est pas ici observé. Cela est sûrement dû au fait que dans l'étude de Gaffari, le protocole était administré trois fois par jours contre une fois seulement dans notre cas. De plus, dans notre étude, seul le temps de change est observé et le niveau d'éveil après ce temps n'a pas été analysé.

Concernant la régulation des valeurs physiologiques, elle ne semble pas être impactée par le protocole. Cependant, nous pouvons tout de même noter une baisse du nombre de désaturations observées au cours des séances. Ainsi, une meilleure gestion des composantes de l'intégration sensorielle semble générer moins de désaturations. Beuchée en 2017 explique que les désaturations sont des phénomènes très courants chez les prématurés et sont liées à leur immaturité cérébrale. En effet, le système nerveux central en charge de réguler la fréquence respiratoire et cardiaque n'est pas encore mature et ne va pas répondre de façon adaptée aux variations d'oxygènes dans le sang, ce qui peut alors générer des désaturations ou encore des apnées. Ainsi, réduire le stress généré par les sollicitations sensorielles semble induire une baisse des régulations inadaptées venant du SNC. Afin de valider cette hypothèse, il aurait cependant fallu avoir plusieurs recensements du nombre de désaturations avant la mise en place du protocole, ce qui aurait permis d'avoir une vue plus juste de l'état de Lily avant la prise en charge. La prise des constantes durant d'autres changes au cours de la journée aurait aussi été intéressante. La comparaison avec son état post-prise en charge aurait alors été plus significative.

Comme nous l'avons vu dans la partie des résultats, Lily montre des progrès importants dans la régulation de ses composantes motrices, toniques ou encore neurovégétatives en réponse à une stimulation sensorielle. Concernant ses réponses motrices, le domaine qui a le plus évolué concerne les dystimulations. Alors que Lily en présente énormément au début de prise en charge, la répétition du protocole semble induire une baisse de ces désorganisations motrices. De même, la disparition des sursauts indique une amélioration de ses réponses toniques. Enfin, ses réponses neurovégétatives sont aussi moins marquées, Lily ne montrant plus de hoquets lors des stimulations tactiles. Nous pouvons supposer que la disparition de ces désorganisations permet à Lily de retrouver un bon niveau de régulation tonique au niveau de ses membres supérieurs. Elle peut, en conséquence, investir sa motricité de façon plus adaptée et autonome.

Cette évolution dans la qualité de la motricité est objectivée grâce à la grille d'observation. En effet, Lily passe d'une motricité explosive et peu déliée à une motricité beaucoup plus harmonieuse. Bien que certains mouvements restent explosifs, ils se font plus rares. De plus, Lily arrive mieux à ramener ses membres en flexion, dans l'axe médian de son corps ce qui peut être une conséquence du bienfait des stimulations vestibulaires. En effet, plusieurs études ont montré que stimuler l'appareil vestibulaire induit une meilleure régulation tonique des nourrissons, notamment prématurés, ainsi qu'une posture en flexion (Kanagasabai et al, 2012 ; Keller et al, 2003). A la fin de la semaine de protocole Lily montre aussi des mouvements de doigts plus complexes et plus déliés qu'au début du protocole. Bien que ces observations puissent être la conséquence de son développement moteur normal, Kanagasabai et ses collaborateurs en 2012 avaient eux-aussi observé une amélioration de la neuromotricité des prématurés ayant participé au protocole ATVV. Agir sur la composante sensorielle permet donc, par extension, d'agir sur la boucle perceptivo-motrice des nourrissons. Il serait donc intéressant d'évaluer l'impact du protocole ATVV sur l'évolution de la composante motrice en plus de la composante sensorielle. De plus, concevoir une prise en charge multisensorielle couplée à une prise en charge motrice serait plus bénéfique qu'une prise en charge uniquement axée sur l'aspect moteur.

L'étude de ses compétences sensorielles en tant que telle est plus mitigée. La baisse de sensibilité aux dystimulations semble la libérer pour pouvoir mieux explorer ses sens. En effet, Lily montre des améliorations dans sa poursuite visuelle et un début de rotation oculo-céphalogyre lors des stimulations vestibulaires. Seulement, à cause de sa prématurité, son système nerveux reste tout de même immature ce qui est confirmé par l'étude de Graven et Browne en 2008, qui indique que la prématurité n'accélère pas la maturation du système nerveux sensoriel mais au contraire la retarde. Nous pouvons supposer que si Lily régule mieux son intégration sensorielle, le développement de son système nerveux sensoriel peut alors se faire dans de meilleures conditions ce qui limitera certainement la création de chemins neuronaux erronés (El-Metwally and Medina, 2020). De plus, cela peut aussi améliorer la maturation de ses autres composantes cérébrales comme le système moteur, le système émotionnel et social ainsi que le système cognitif, tous ces systèmes étant intimement liés chez le nouveau-né prématuré et à terme (Graven et Browne, 2008).

Un autre effet de l'administration du protocole sur Lily est la stimulation de sa succion. En effet, les stimulations vestibulaires induisent chez elle des mouvements de lèvres et de langues coordonnés. Cette succion est remarquée par la maman qui en profite alors pour lui faire goûter son lait et aussi par les puéricultrices qui décident de se saisir de ces moments pour la faire téter du lait à une seringue. C'est par ailleurs au cours du protocole, lors du septième jour, que Lily commence à téter au sein et sa maman me rapporte qu'elle

commençait à téter dans son sommeil dès le quatrième jour. Ces observations semblent donc en corrélation avec les travaux précédemment cités de White-Traut de 2014. La courbe de poids de Lily a donc aussi été analysée afin de voir si ces capacités de succion se répercutent sur sa prise de poids, **Annexe 13**. Seulement, les pesées sont effectuées lors du bain, qui n'est fait que tous les 2 à 3 jours, afin de dystimuler le moins possible les bébés. Ce paramètre ajouté aux importants problèmes digestifs de Lily, ne permet donc pas d'avoir un aperçu objectif de la possible influence du protocole ATVV sur la prise de poids.

Lily a donc montré de nombreux progrès au cours du protocole. Non seulement elle est capable de mieux se réguler sensoriellement durant le protocole et donc de procéder à une meilleure intégration sensorielle, mais elle est aussi capable de transférer cette régulation durant le temps de change qui intervient après. Il semblerait donc que cet apprentissage multisensoriel puisse être généralisable, au moins sur le court terme. Fait intéressant, les zones régulées sensoriellement au niveau du corps ne semblent globalement plus générer de dystimulations par la suite. De plus, à chaque nouvelle séance, Lily ne repart jamais d'un état d'intégration sensorielle antérieur ou alors elle arrive à se réguler beaucoup plus rapidement. Au cours d'une même séance, le fait de revenir sur des zones tactilement sensibles, lui permet de mieux se réguler et le toucher est alors bien plus apprécié et moins dystimulant. Tout cela indique la présence chez Lily d'une certaine forme d'apprentissage sensoriel découlant d'un processus d'habituation. Certaines composantes de la régulation sensorielle semblent par ailleurs plus sensibles à cet apprentissage chez elle, comme les signes réactionnels aux dystimulations ou encore le domaine tonico-postural.

Bien entendu, la question se pose ici de savoir s'il s'agit d'un réel apprentissage ou de la conséquence de la maturation physiologique normale, qui est extrêmement rapide chez les nouveau-nés. Quelle est la part de sa maturation et quelle est la part du protocole ? Nous ne pouvons répondre à cette question de façon formelle, le lien de causalité directe entre le protocole et les améliorations d'intégration sensorielle observables chez Lily n'étant pas ici démontré. Il aurait fallu mener l'étude sur plusieurs prématurés et comparer les résultats obtenus à un groupe contrôle. Cependant, nous pouvons affirmer que le protocole d'intégration sensorielle n'a pas perturbé Lily et ne l'a pas non plus fait régresser. Dans le cas où l'intervention ne serait pas la cause directe de son évolution, nous pouvons supposer que ce protocole l'a soutenu dans sa progression et l'a peut-être même accélérée. De plus, au cours d'une même séance de protocole, qui est un délai temporel trop court pour pouvoir parler de processus maturationnel physiologique, elle montre une évolution positive dans son intégration sensorielle. Cela laisse supposer qu'un phénomène d'apprentissage est bien présent durant les 15-20 minutes du protocole.

Nous pouvons alors nous poser la question de la généralisation de cet apprentissage. En effet, nous observons une nette amélioration de l'intégration sensorielle durant le temps de change. Seulement, l'unique temps de change analysé est celui directement effectué après le protocole. Bien entendu, le protocole a été conçu de cette façon pour des raisons pratiques mais il aurait été intéressant d'analyser plusieurs temps de change, sur différentes plages horaires qui soient plus ou moins éloignées du protocole afin de voir si les améliorations perdurent dans le temps. Il n'en demeure pas moins que si nous prenons l'hypothèse que le protocole n'induit pas un apprentissage qui soit généralisable, l'administration de stimulations sensorielles, coordonnées dans le temps et prévisibles, permet à elle seule de baisser le niveau de stress sensoriel lors de soins intervenant dans la continuité du protocole. Ce constat peut être mis en lien avec le fait que les nourrissons, lorsqu'ils arrivent à se réguler, montrent un niveau de fatigue moins important. Or, la fatigue est un facteur important d'apnées, de désaturations ou encore de retard de maturation cérébrale (Graven, 2008).

Comme nous l'avons vu dans les résultats, cette régulation multisensorielle est tout de même état-dépendant chez Lily, notamment pour les composantes tonico-émotionnelles et tonico-posturales, où la régulation du tonus est le point commun entre ces deux domaines. En effet, la régulation du tonus étant dépendante de l'état physiologique, un état altéré induit une mauvaise régulation tonique, dysrégulation qui est alors majorée lors de stimulations sensorielles. Cela reste tout de même normal pour son âge et de tels phénomènes sont aussi observables chez d'autres nourrissons plus âgés, voire des enfants et adultes, qui ne sont pas non plus dans un bon état physiologique.

L'utilisation de la grille d'observation et la mise en place du protocole ont permis d'arriver à toutes ces observations. La grille permet d'avoir un aperçu fidèle des capacités d'intégration sensorielle de Lily et elle retranscrit bien son état de bien-être physiologique durant les observations. Elle est donc bien spécifique du domaine d'intégration sensorielle et son utilisation est restée relativement simple. Cependant, sa mise en pratique tout comme l'utilisation du protocole ont révélé la nécessité de procéder à quelques aménagements et améliorations.

Améliorations et limites de la grille d'observation : Bien que spécifique à l'intégration multisensorielle, la grille d'observation n'est pas exhaustive et a montré quelques limites dans son utilisation.

Tout d'abord, en ce qui concerne les variables physiologiques il serait intéressant de regarder la variabilité de chaque composante physiologique. En effet, un nouveau-né peut avoir une moyenne de ses fréquences cardiaques, respiratoires et de sa saturation en oxygène

qui se situe dans des normes acceptables, sans que cela ne nous renseigne sur les possibles fluctuations au sein même de ces indices. Or, il serait intéressant de regarder si le protocole, à défaut de ne pas influencer la moyenne des variables physiologiques, peut éventuellement limiter les fluctuations cardiaques et respiratoires. Il resterait tout de même à définir la valeur des bornes définissant une variation comme étant acceptable ou à l'inverse comme étant trop importante.

Afin de mesurer l'intégration sensorielle, certains professionnels spécialistes du prématuré commencent à remarquer certains signes qui ne sont pas encore validés scientifiquement mais qui n'en restent pas moins intéressants. On pourrait notamment s'intéresser au mono-traitement sensoriel où les professionnels ont remarqué que les nouveau-nés l'expriment avec une extension des yeux vers les plafonniers, c'est-à-dire les yeux fixés vers le haut de l'orbite, lors de la présentation de plusieurs stimuli sensoriels.

Concernant sa mise en pratique, l'utilisation du support vidéo est vraiment bénéfique pour l'analyse des réactions et comportements des nourrissons. En effet, l'état des nourrissons étant souvent très labile dans le temps, la vidéo permet d'avoir une vue d'ensemble qui permet de mieux saisir l'état général des petits patients durant leur soin. Tous les items ont pu être observés et cotés, hormis les retournements. En effet, il s'est avéré que le temps de change ne génère pas ce genre de manipulations et cela supposait donc que je manipule Lily pour induire ces stimulations vestibulaires. Ne souhaitant pas induire de possibles désorganisations supplémentaires qui ne sont pas nécessaires au soin, j'ai donc décidé d'enlever cet item de ma grille. Bien entendu, cette grille étant vouée à être utilisée dans d'autres circonstances d'observations, nous pourrions observer ces retournements et leurs possibles conséquences sur la régulation tonico-posturale des nourrissons.

Enfin, concernant le système de cotation, il ne s'est pas montré très performant pour le domaine des compétences sensorielles. En effet, si Lily est endormie, cela implique qu'elle ne peut pas montrer ses compétences sensorielles et ainsi, le simple fait d'être dans un état de sommeil léger pouvait lui faire perdre 5 points. Pourtant, cela n'indique pas qu'elle ne possède pas ces compétences sensorielles. Nous pouvons même ajouter que rester dans un état de sommeil léger, sans se réveiller et se désorganiser tout en recevant des stimuli multisensoriels, peut indiquer une certaine maturité dans son intégration sensorielle. Le système de cotation serait donc à revoir dans ce domaine.

Améliorations et limites du protocole : Un des facteurs limitants important dans la mise en pratique du protocole est la disponibilité qu'il demande au professionnel qui administre le protocole. En effet, il faut pouvoir être sur site tous les jours de la semaine lorsque les parents

ne sont pas encore formés pour pouvoir le pratiquer au moins une fois par jour. De plus, afin de s'ajuster au mieux au nourrisson et à son état physiologique et sa disponibilité, il vaut mieux être présent sur plusieurs plages horaires avant le nourrissage. C'est par ailleurs une des limites de cette étude : étant limitée dans mes plages horaires, je n'ai pu effectuer mon protocole qu'avant le nourrissage de 11H30. Cependant, bien que cet horaire soit le plus adapté pour Lily au début du protocole, lors des derniers jours elle semblait plus active et disponible en début d'après-midi. L'heure du protocole aurait donc dû être adaptée.

Dans le cadre de cette étude, la prise en charge n'a pu se faire qu'une fois par jour pour des raisons d'organisation, n'étant pas moi-même sur site, hormis le mardi. Il est évident que pour observer de meilleurs résultats, le protocole doit être pratiqué plusieurs fois par jours et il n'y a par ailleurs aucune limite dans le nombre de pratiques quotidiennes conseillées (formation H-HOPE, White-Traut, 2022).

La mise en place du protocole a aussi nécessité des adaptations de la part de l'équipe médicale, les soins des puéricultrices ainsi que les visites des pédiatres devant être décalés. Bien que cela se soit très bien déroulé dans notre cas, et ceci notamment parce que l'équipe médicale voyait l'intérêt d'un tel protocole, il faut tout de même veiller à ce que le protocole ne devienne pas une contrainte pour l'équipe. De plus, dans cette étude, seul un nourrisson est concerné : si le protocole est étendu à d'autres petits, son organisation devra être pleinement pensée et validée par le reste de l'équipe.

Le protocole ATVV pourrait aussi être complété. En effet, dans ce protocole, seuls les sens visuels, auditifs, tactiles et vestibulaires sont sollicités. L'aspect olfactif, l'oralité ou encore la proprioception ne sont pas stimulés directement. Il pourrait être intéressant de réfléchir à intégrer ces modalités sensorielles dans le protocole, tout en contrôlant que ce ne soit pas trop intense ou fatiguant pour le nourrisson. De nouvelles recherches ont aussi analysé l'effet de l'emballage et il a été trouvé que cette technique a un effet bénéfique sur la sensorialité tactile profonde et proprioceptive des nouveau-nés ainsi que sur leur motricité (Lipton et al, 1965). Une phase d'emballage de quelques minutes avant l'application du protocole ATVV pourrait permettre aux nourrissons une phase de transition. Ils pourraient aussi se trouver dans un état d'éveil plus important et plus stable durant l'administration des stimulations multisensorielles rendant le protocole plus efficace.

Enfin, cette étude n'a été menée que sur un seul enfant. Il serait intéressant d'étudier les effets du protocole ATVV sur plusieurs prématurés, grâce à l'utilisation d'une grille d'observation comme celle créée pour ce mémoire, et de comparer les résultats à un groupe témoin. De plus, afin d'affiner notre analyse, nous pourrions étudier des patients ayant des troubles de l'intégration, comme Lily, mais à des niveaux d'atteinte différents et sur des sens

différents. Cela nous permettrait d'analyser l'efficacité de ce protocole de façon plus spécifique pour éventuellement le remodeler et l'ajuster aux nourrissons en fonction de leur trouble sensoriel. Un protocole de prise en charge individualisé pourrait alors voir le jour.

X. Conclusion

La prise en compte et le respect de la sensorialité chez les nouveau-nés prématurés sont depuis plusieurs décennies une préoccupation grandissante dans les services de néonatalogie. Bien que des efforts soient fait pour limiter l'exposition des nouveau-nés aux dystimulations, l'immaturation sensorielle des prématurés les rend vulnérables à leur environnement. Ils peuvent alors développer des troubles de l'intégration sensorielle, qui, s'ils ne sont pas pris en charge rapidement, peuvent avoir des impacts sur leur développement à court et long terme.

En tant que psychomotriciens, nous sommes les professionnels recommandés pour la prise en charge sensorielle des nouveau-nés et le protocole ATVV nous fournit un outil de travail prometteur. Couplé à une grille d'observation, ce protocole démontre des effets positifs sur l'amélioration de l'intégration sensorielle qui peut se répercuter sur des temps de soins, permettant au nourrisson une meilleure régulation comportementale et physiologique. Ce protocole permet aussi de donner des compétences aux parents qui peuvent s'investir dans la prise en charge et répondre de façon plus adaptée aux comportements de leur enfant. Il permet aussi de travailler de concert avec l'équipe médicale et de les sensibiliser aux troubles de l'intégration sensorielle. L'utilisation du protocole ATVV est donc intéressante mais elle ne doit pas être isolée. En effet, ce protocole doit être pris dans une démarche globale de soins du développement afin d'en potentialiser ses effets.

L'observation fine des compétences d'intégration sensorielle couplée au protocole permet aussi d'apporter un regard nouveau sur la construction de la multisensorialité chez les prématurés. Il serait intéressant d'étudier l'impact du protocole ATVV sur plusieurs nourrissons afin d'analyser si la dynamique de maturation de l'intégration sensorielle est identique chez tous les individus ou si elle est spécifique à chacun. Cette analyse est d'autant plus primordiale que chaque prématuré suit une trajectoire développementale spécifique. Connaître les processus développementaux de l'intégration sensorielle, encore non élucidés, nous apporterait de nouvelles connaissances qui sont indispensables à notre compréhension des troubles de l'intégration sensorielle.

La multisensorialité comme approche thérapeutique semble donc faire partie des prises en charge qui vont se généraliser dans les années à venir. En effet, le protocole ATVV n'est pas le seul à avoir été créé pour travailler l'intégration sensorielle chez les tout-petits. D'autres prises en charge protocolisées ont vu le jour ces dernières années et elles rapportent toutes les mêmes effets observés qu'avec le protocole ATVV (Guzzetta et al, 2009 ; Purpura et al, 2017 ; Mahdih et al, 2021). Certains auteurs sont même allés plus loin dans leurs analyses, comme Guzzetta et ses collaborateurs en 2009 et 2011, qui ont montré un effet positif quantifiable sur le développement cérébral et la maturation neuronale suite à l'administration de leur protocole multisensoriel IM (Infant Massage). L'approche multisensorielle semble donc construire un pont protecteur entre la sensorialité et le développement cérébral chez les nouveau-nés, qu'il nous incombe de soutenir.

XI. Bibliographie

- Aldridge, M. A., Braga, E. S., Walton, G. E., & Bower, T. G. R. (1999). The intermodal representation of speech in newborns. *Developmental Science*, 2(1), 42-46.
- Als, & Frank H Duffy, Gloria B McAnulty, Michael J Rivkin, Sridhar Vajapeyam, Robert V Mulkern, Simon K Warfield, Petra S Huppi, Samantha C Butler, Nikk Conneman, Christine Fischer, Eric C Eichenwald. (2004). *Early experience alters brain function and structure—PubMed*. Pediatrics.
- Als, H. (1998). Developmental care in the newborn intensive care unit. *Current Opinion in Pediatrics*, 10(2), 138-142.
- Als, H., Duffy, F. H., McAnulty, G. B., Fischer, & Ringer, S. A. (2011). Is the Newborn Individualized Developmental Care and Assessment Program (NIDCAP) effective for preterm infants with intrauterine growth restriction? *Journal of Perinatology: Official Journal of the California Perinatal Association*, 31(2), 130-136.
- Als, H., & Gibes, R. (1986). *Newborn individualized developmental care and assessment program (NIDCAP)*.
- Altimier, L., & Phillips, R. M. (2013). The Neonatal Integrative Developmental Care Model : Seven Neuroprotective Core Measures for Family-Centered Developmental Care. *Newborn and Infant Nursing Reviews*, 13(1), 9-22
- Bahrack, L. E. (2013). Body Perception : Intersensory Origins of Self and Other Perception in Newborns. *Current biology : CB*, 23(23), R1039-R1041.
- Bahrack, L. E., & Lickliter, R. (2002). Intersensory redundancy guides early perceptual and cognitive development. In *Advances in child development and behavior, Vol. 30* (p. 153-187). Academic Press.
- Bahrack, L. E., Lickliter, R., & Castellanos, I. (2013). The Development of Face Perception in Infancy : Intersensory Interference and Unimodal Visual Facilitation. *Developmental psychology*, 49(10), 1919-1930.
- Bayes, T. (1763). LII. An essay towards solving a problem in the doctrine of chances. By the late Rev. Mr. Bayes, F. R. S. communicated by Mr. Price, in a letter to John Canton, A. M. F. R. S. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 53, 370-418.
- Berardi, N., Pizzorusso, T., & Maffei, L. (2000). Critical periods during sensory development. *Current Opinion in Neurobiology*, 10(1), 138-145

- Beuchée, A. (2017). 23—Apnées et épisodes de désaturation du prématuré. In É. Saliba (Éd.), *Néonatalogie : Bases scientifiques* (p. 253-269). Elsevier Masson.
- Bishop, D. V. M. (1997). Cognitive Neuropsychology and Developmental Disorders : Uncomfortable Bedfellows. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 50(4), 899-923.
- Bourdon, A. (2018). *Prévention des troubles de l'oralité du nouveau-né prématuré : Accompagnement parental renforcé et création d'un livret*. 58.
- Buehler, D. M., Als, H., Duffy, F. H., McAnulty, G. B., & Liederman, J. (1995). Effectiveness of Individualized Developmental Care for Low-Risk Preterm Infants : Behavioral and Electrophysiologic Evidence. *Pediatrics*, 96(5), 923-932.
- Bullinger, A. (s. d.). *Le développement sensori-moteur de l'enfant et ses avatars (tome 2)*. Consulté 10 mai 2022, à l'adresse
- Burns, K., Cunningham, N., White-Traut, R., Silvestri, J., & Nelson, M. N. (1994). Infant Stimulation : Modification of an Intervention Based on Physiologic and Behavioral Cues. *Journal of Obstetric, Gynecologic, & Neonatal Nursing*, 23(7), 581-589.
- Cappe, C. (2007). *Intégration multisensorielle et motrice chez le primate non humain : Approches anatomique, comportementale et électrophysiologique* [Phdthesis, Université Paul Sabatier - Toulouse III ; Université de Fribourg
- Caron Guyon, J. (2020). *Vers un codage unifié du mouvement à travers les sens : Étude des bases neurales de l'intégration multisensorielle du rongeur à l'humain* [These de doctorat, Aix-Marseille].
- Chokron, S. (2014). La vision se développe lentement. *Cerveau et psycho*.
- Chomsky, N. (1980). Rules and representations. *Behavioral and Brain Sciences*, 3(1), 1-15.
- Collados-Gómez, L., Aragonés-Corral, B., Contreras-Olivares, I., García-Feced, E., & Vila-Piqueras, M. E. (2011). Impacto del cuidado canguro en el estrés del neonato prematuro. *Enfermería Clínica*, 21(2), 69-74.
- Collège de la Haute Autorité de Santé, & SFN. (2020). *Troubles du neurodéveloppement : Repérage et orientation des enfants à risque, Méthode Recommandations pour la pratique clinique* [Recommandations de bonne pratique]. Argumentaire Scientifique.
- Crevecoeur, F., Munoz, D. P., & Scott, S. H. (2016). Dynamic Multisensory Integration : Somatosensory Speed Trumps Visual Accuracy during Feedback Control. *Journal of Neuroscience*, 36(33), 8598-8611.

- Darwin, C. (1859). *On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life*. (1er édition). CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Decety, null, & Grèzes, null. (1999). Neural mechanisms subserving the perception of human actions. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(5), 172-178
- Denervaud, S., Gentaz, E., Matusz, P. J., & Murray, M. M. (2020). Multisensory Gains in Simple Detection Predict Global Cognition in Schoolchildren. *Scientific Reports*, 10(1), 1394.
- Dionne-Dostie, E., Paquette, N., Lassonde, M., & Gallagher, A. (2015). Multisensory Integration and Child Neurodevelopment. *Brain Sciences*, 5(1), 32-57.
- Dumont, V., Delaunay-EI Allam, M., & Roche-Labarbe, N. (2019). Psychobiological foundations of early sensori motor development and implications for neonatal care. In *The Routledge International Handbook of Psychobiology*, Routledge.
- Edelman, G. M. (1987). *Neural Darwinism: The theory of neuronal group selection* (p. xxii, 371). Basic Books.
- Edelman, G. M. (1993). Neural Darwinism: Selection and reentrant signaling in higher brain function. *Neuron*, 10(2), 115-125.
- Edelman, G. M. (2008). *Biologie de la conscience*. Odile Jacob.
- EI-Metwally, D. E., & Medina, A. E. (2020). The potential effects of NICU environment and multisensory stimulation in prematurity. *Pediatric Research*, 88(2), 161-162.
- Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2000). Visuomotor neurons : Ambiguity of the discharge or « motor » perception? *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 35(2-3), 165-177.
- Feltz, B. (2000). L'inné et l'acquis dans les neurosciences contemporaines. *Revue Philosophique de Louvain*, 98(4), 711-731.
- Fielder, A. R., & Moseley, M. J. (2000). Environmental light and the preterm infant. *Seminars in Perinatology*, 24(4), 291-298.
- Filippetti, M. L., Johnson, M. H., Lloyd-Fox, S., Dragovic, D., & Farroni, T. (2013). Body Perception in Newborns. *Current Biology*, 23(23), 2413-2416.
- Fitzgerald, M. (2005). The development of nociceptive circuits. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(7), 507-520.

- Fodor, P. (1983). Modularity of Mind. In E. N. Zalta (Éd.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2017). Metaphysics Research Lab, Stanford University.
- Fucile, S., & Gisel, E. (2010). Sensorimotor Interventions Improve Growth and Motor Function in Preterm Infants. *Neonatal network : NN*, 29, 359-366.
- Gaffari, M., & Jindal, P. (2019). Concept of neuroprotective NICU. *Qatar Medical Journal*, 2019(2), 29.
- Gerhardt, K. J., & Abrams, R. M. (2000). Fetal Exposures to Sound and Vibroacoustic Stimulation. *Journal of Perinatology*, 20(1), S21-S30.
- Gibson, E. J. (1969). *Principles of perceptual learning and development*. Appleton-Century-Crofts.
- Gibson, J. J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. Houghton Mifflin.
- Graven, S. (2006). Sleep and Brain Development. *Clinics in Perinatology*, 33(3), 693-706.
- Graven, S. N., & Browne, J. V. (2008). Sensory Development in the Fetus, Neonate, and Infant : Introduction and Overview. *Newborn and Infant Nursing Reviews*, 8(4), 169-172.
- Groot, L. de. (2000). Posture and motility in preterm infants. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 42(1), 65-68.
- Grunau, R. E., Oberlander, T. F., Whitfield, M. F., Fitzgerald, C., & Lee, S. K. (2001). Demographic and Therapeutic Determinants of Pain Reactivity in Very Low Birth Weight Neonates at 32 Weeks' Postconceptional Age. *Pediatrics*, 107(1), 105-112.
- Gualdrón, L. M. V., Villalobos, M. M. D. de, & Camargo, N. M. B. (2022). Infant stimulation reduces weight loss and increases breastfeeding: A randomized controlled trial. *Investigación y Educación En Enfermería*, 40(1), Article 1.
- Gueguen, M. (2011). *Intégration multisensorielle et variabilité interindividuelle* (Numéro 2011PA113009) [Theses, Université Paris Sud - Paris XI].
- Guzzetta, A., Baldini, S., Bancale, A., Baroncelli, L., Ciucci, F., Ghirri, P., Putignano, E., Sale, A., Viegi, A., Berardi, N., Boldrini, A., Cioni, G., & Maffei, L. (2009). Massage accelerates brain development and the maturation of visual function. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 29(18), 6042-6051.
- Guzzetta, A., D'Acunto, M. G., Carotenuto, M., Berardi, N., Bancale, A., Biagioni, E., Boldrini, A., Ghirri, P., Maffei, L., & Cioni, G. (2011). The effects of preterm infant massage on brain electrical activity. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 53 Suppl 4, 46-51.

- Holditch-Davis, D., Scher, M., Schwartz, T., & Hudson-Barr, D. (2004). Sleeping and waking state development in preterm infants. *Early Human Development*, 80(1), 43-64.
- Holditch-Davis, D., White-Traut, R. C., Levy, J. A., O'Shea, T. M., Geraldo, V., & David, R. J. (2014). Maternally administered interventions for preterm infants in the NICU : Effects on maternal psychological distress and mother-infant relationship. *Infant Behavior & Development*, 37(4), 695-710.
- Huda, M., Rustina, Y., & Waluyanti, F. (2016). *Multisensory stimulation effectively reduce the pain response on premature infants in blood sampling.*
- Jeannerod, M. (1994). The representing brain : Neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain Sciences*, 17(2), 187-202.
- Jouen, F., & Molina. (2007). *Amazon.fr—Naissance et connaissance : La cognition néonatale - , Michèle—Livres.*
- Kanagasabai, P. S., Mohan, D., Lewis, L. E., Kamath, A., & Rao, B. K. (2012). Effect of multisensory stimulation on neuromotor development in preterm infants. *Indian Journal of Pediatrics*, 80(6), 460-464.
- Keller, A., Arbel, N., Merlob, P., & Davidson, S. (2003). Neurobehavioral and autonomic effects of hammock positioning in infants with very low birth weight. *Pediatric Physical Therapy: The Official Publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association*, 15(1), 3-7.
- Keller, P.-H. (2007). Discours neuroscientifique, discours psychanalytique. *Revue française de psychanalyse*, 71(2), 533-544.
- Kisilevsky, B. S., Muir, D. W., & Low, J. A. (1992). Maturation of Human Fetal Responses to Vibroacoustic Stimulation. *Child Development*, 63(6), 1497-1508.
- Koenig-Zores, C., & Kuhn, P. (2016). Les unités de néonatalogie, un environnement inhospitalier ? Perceptions et attentes sensorielles du nouveau-né prématuré hospitalisé. *Revue de Médecine Périnatale*, 8(3), 141-148.
- Kuhn, P., Astruc, D., Messer, J., & Marlier, L. (2011). Exploring the olfactory environment of premature newborns : A French survey of health care and cleaning products used in neonatal units. *Acta Paediatrica (Oslo, Norway: 1992)*, 100(3), 334-339.
- Kuhn, P., Zores, C., Astruc, D., Dufour, A., & Casper, Ch. (2011). Développement sensoriel des nouveau-nés grands prématurés et environnement physique hospitalier. *Archives de Pédiatrie*, 18, S92-S102.

- Leisman, G., Mualem, R., & Mughrabi, S. K. (2015). The neurological development of the child with the educational enrichment in mind. *Educational Psychology, 21*(2), 79-96.
- Lipton, E. L., Steinschneider, A., & Richmond, J. B. (1965). SWADDLING, A CHILD CARE PRACTICE: HISTORICAL, CULTURAL, AND EXPERIMENTAL OBSERVATIONS. *Pediatrics, 35*(3), 521-567.
- Long, J. G., Lucey, J. F., & Philip, A. G. (1980). Noise and hypoxemia in the intensive care nursery. *Pediatrics, 65*(1), 143-145.
- Mahdieh, S., Rahnama, M., Ghaljaei, F., Akbarizadeh, M., & Naderifar, M. (2021). The effect of multisensory stimulation on weight gain in premature infants admitted to the intensive care unit : A clinical trial study. *Romanian Journal of Neurology, 20*, 96-102.
- Maitre, N. L., Key, A. P., Slaughter, J. C., Yoder, P. J., Neel, M. L., Richard, C., Wallace, M. T., & Murray, M. M. (2020). Neonatal Multisensory Processing in Preterm and Term Infants Predicts Sensory Reactivity and Internalizing Tendencies in Early Childhood. *Brain Topography, 33*(5), 586-599.
- Marlier, L., Schaal, B., Gaugler, C., & Messer, J. (2001). Olfaction in Premature Human Newborns : Detection and Discrimination Abilities Two Months Before Gestational Term. In A. Marchlewska-Koj, J. J. Lepri, & D. Müller-Schwarze (Éds.), *Chemical Signals in Vertebrates 9* (p. 205-209). Springer US.
- Maroney, D. I. (2003). Recognizing the Potential Effect of Stress and Trauma on Premature Infants in the NICU : How are Outcomes Affected? *Journal of Perinatology, 23*(8), 679-683.
- Martinet, M., Borradori Tolsa, C., Rossi Jelidi, M., Bullinger, A., Perneger, T., & Pfister, R. E. (2013). [Development and assessment of a sensory-motor scale for the neonate : A clinical tool at the bedside]. *Archives De Pediatrie: Organe Officiel De La Societe Francaise De Pediatrie, 20*(2), 137-145
- Maze, I., Wenderski, W., Noh, K.-M., Bagot, R. C., Tzavaras, N., Purushothaman, I., Elsässer, S. J., Guo, Y., Ionete, C., Hurd, Y. L., Tamminga, C. A., Halene, T., Farrelly, L., Soshnev, A. A., Wen, D., Rafii, S., Birtwistle, M. R., Akbarian, S., Buchholz, B. A., ... Allis, C. D. (2015). Critical Role of Histone Turnover in Neuronal Transcription and Plasticity. *Neuron, 87*(1), 77-94.
- McDowell, J. J. (2010). Behavioral and neural Darwinism : Selectionist function and mechanism in adaptive behavior dynamics. *Behavioural Processes, 84*(1), 358-365.
- McMurray, B., Kovack-Lesh, K. A., Goodwin, D., & McEchron, W. (2013). Infant directed speech and the development of speech perception : Enhancing development or an unintended consequence? *Cognition, 129*(2), 362-378

- Meredith, M. A., & Stein, B. E. (1986). Visual, auditory, and somatosensory convergence on cells in superior colliculus results in multisensory integration. *Journal of Neurophysiology*, 56(3), 640-662.
- Milette, I., Martel, M.-J., & Ribeiro da Silva, M. (2019). *Les soins du développement—Actions cliniques—Éditions du CHU Sainte-Justine*
- Mitchell, A. W., Moore, E. M., Roberts, E. J., Hachtel, K. W., & Brown, M. S. (2015). Sensory processing disorder in children ages birth-3 years born prematurely : A systematic review. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association*, 69(1), 6901220030.
- Mohamed, E. K., Abdelazeim, F., Elshafey, M. A., & Nasef, N. (2018). Neurobehavioral response to multisensory stimulation programme in high-risk neonates. *Bulletin of Faculty of Physical Therapy*, 23(1), 22-29.
- Molina, M., & Jouen, F. (1998). Modulation of the palmar grasp behavior in neonates according to texture property. *Infant Behavior & Development*, 21(4), 659-666.
- Moore, B. M., Adams, J. T., & Barakatt, E. (2016). Outcomes Following a Vestibular Rehabilitation and Aerobic Training Program to Address Persistent Post-Concussion Symptoms. *Journal of Allied Health*, 45(4), e59-e68.
- Mounoud, P. (1994). Le passage de représentations partielles à des représentations d'ensemble. *Enfance*, 47(1), 5-31.
- Murray, M. M., Eardley, A. F., Edginton, T., Oyekan, R., Smyth, E., & Matusz, P. J. (2018). Sensory dominance and multisensory integration as screening tools in aging. *Scientific Reports*, 8(1), 8901.
- Nadar, U., Thakkar, P., & Shah, C. (2017). Effect of specific physiotherapy interventions in comparison with multisensory stimulation on neurobehavioral outcome and weight gain in preterm infants : A randomized control trial. *International Journal of Contemporary Pediatrics*, 5, 178.
- Neel, M. L., Yoder, P., Matusz, P. J., Murray, M. M., Miller, A., Burkhardt, S., Emery, L., Hague, K., Pennington, C., Purnell, J., Lightfoot, M., & Maitre, N. L. (2019). Randomized controlled trial protocol to improve multisensory neural processing, language and motor outcomes in preterm infants. *BMC Pediatrics*, 19(1), 81
- Nelson, M. N., White-Traut, R. C., Vasan, U., Silvestri, J., Comiskey, E., Meleedy-Rey, P., Littau, S., Gu, G., & Patel, M. (2001). One-year outcome of auditory-tactile-visual-vestibular

intervention in the neonatal intensive care unit : Effects of severe prematurity and central nervous system injury. *Journal of Child Neurology*, 16(7), 493-498.

Piaget, J. (1936). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*.

Piaget, J. (1967). *Logique et connaissance scientifique*. Gallimard.

Pickler, R. H., Best, A. M., Reyna, B. A., Wetzel, P. A., & Gutcher, G. R. (2005). Prediction of Feeding Performance in Preterm Infants. *Newborn and Infant Nursing Reviews: NAINR*, 5(3), 116-123.

Purpura, G., Cioni, G., & Tinelli, F. (2017). Multisensory-Based Rehabilitation Approach : Translational Insights from Animal Models to Early Intervention. *Frontiers in Neuroscience*, 11.

Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W., LaMantia, A.-S., & White, L. (2015). *Neurosciences*. De Boeck Supérieur.

Ramachandran, S., & Dutta, S. (2013). Early developmental care interventions of preterm very low birth weight infants. *Indian Pediatrics*, 50(8), 765-770

Ramet, J., Praud, J. P., D'Allest, A. M., Dehan, M., & Gaultier, C. (1990). Trigeminal airstream stimulation. Maturation-related cardiac and respiratory responses during REM sleep in human infants. *Chest*, 98(1), 92-96.

Rizzolatti, G., & Fadiga, L. (1998). Grasping objects and grasping action meanings : The dual role of monkey rostroventral premotor cortex (area F5). *Novartis Foundation Symposium*, 218, 81-95; discussion 95-103.

Rönnqvist, L., & Hofsten, C. (1994). Neonatal finger and arm movements as determined by social and object context. *Early Development and Parenting*, 3, 81-94.

Roopakala, M. S., Dayananda, G., Manjula, P., Konde, A. S., Acharya, P. T., Srinivasa, R., & Nirmala, K. S. (2011). A comparative study of brainstem auditory evoked potentials in preterm and full-term infants. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 55(1), 44-52.

Sai, F. Z. (2005). The role of the mother's voice in developing mother's face preference : Evidence for intermodal perception at birth. *Infant and Child Development*, 14(1), 29-50.

Sarlegna, F. (2007). La main vers la cible : Intégration multi-sensorielle et contrôle en ligne du mouvement de pointage. *L'Année psychologique*, 107(2), 303-336.

Second. (2008). (5) (PDF) *Le Toucher en développement Perception tactile et continuité transnatale*.

- Sizun, J., Guillois, B., Casper, C., Thiriez, G., & Kuhn, P. (2014). *Soins de développement en période néonatale*. Springer.
- Slater, A., Quinn, P. C., Brown, E., & Hayes, R. (1999). Intermodal perception at birth : Intersensory redundancy guides newborn infants' learning of arbitrary auditory–visual pairings. *Developmental Science*, 2(3), 333-338.
- Sours, C., Raghavan, P., Foxworthy, W. A., Meredith, M. A., Metwally, D. E., Zhuo, J., Gilmore, J. H., Medina, A. E., & Gullapalli, R. P. (2017). Cortical Multisensory Connectivity is Present Near Birth in Humans. *Brain imaging and behavior*, 11(4), 1207-1213.
- Sperber. (1994). *The modularity of thought and the epidemiology of representations*. 39-67.
- Stephenson, R. (1993). *A Review of Neuroplasticity : Some Implications for Physiotherapy in the Treatment of Lesions of the Brain—Physiotherapy*.
- Streri, A., & Gentaz, E. (2004). Cross-modal recognition of shape from hand to eyes and handedness in human newborns. *Neuropsychologia*, 42(10), 1365-1369.
- Taddio, A., Shah, V., Gilbert-MacLeod, C., & Katz, J. (2002). Conditioning and hyperalgesia in newborns exposed to repeated heel lances. *JAMA*, 288(7), 857-861.
- Vaivre-Douret. (2003). *Qualité de vie du nouveau-né—Éditions Odile Jacob*. www.odilejacob.fr.
- VandenBerg, K. A. (2007). Individualized developmental care for high risk newborns in the NICU : A practice guideline. *Early Human Development*, 83(7), 433-442.
- Vonderheid, S. C., Park, C. G., Rankin, K., Norr, K. F., & White-Traut, R. (2020). Impact of an integrated mother-preterm infant intervention on birth hospitalization charges. *Journal of Perinatology*, 40(6), 858-866
- Wachman, E. M., & Lahav, A. (2011). The effects of noise on preterm infants in the NICU. *Archives of Disease in Childhood. Fetal and Neonatal Edition*, 96(4), F305-309.
- Wallace, M. T., Meredith, M. A., & Stein, B. E. (1993). Converging influences from visual, auditory, and somatosensory cortices onto output neurons of the superior colliculus. *Journal of Neurophysiology*, 69(6), 1797-1809
- Wang, Q., Bolhuis, J., Rothkopf, C. A., Kolling, T., Knopf, M., & Triesch, J. (2012). Infants in control : Rapid anticipation of action outcomes in a gaze-contingent paradigm. *PLoS ONE*, 7(2).
- White-Traut, R., Brandon, D., Kavanaugh, K., Gralton, K., Pan, W., Myers, E. R., Andrews, B., Msall, M., & Norr, K. F. (2021). Protocol for implementation of an evidence based parentally administered intervention for preterm infants. *BMC Pediatrics*, 21(1), 142.

- White-Traut, R. C., & Nelson, M. N. (1988). Maternally administered tactile, auditory, visual, and vestibular stimulation: Relationship to later interactions between mothers and premature infants. *Research in Nursing & Health*, 11(1), 31-39.
- White-Traut, R. C., Nelson, M. N., Silvestri, J. M., Cunningham, N., & Patel, M. (1997). Responses of preterm infants to unimodal and multimodal sensory intervention. *Pediatric Nursing*, 23(2), 169-175, 193.
- White-Traut, R. C., Nelson, M. N., Silvestri, J. M., Vasani, U., Littau, S., Meleedy-Rey, P., Gu, G., & Patel, M. (2007). Effect of auditory, tactile, visual, and vestibular intervention on length of stay, alertness, and feeding progression in preterm infants. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 44(2), 91-97.
- White-Traut, R. C., Nelson, M. N., Silvestri, J. M., Vasani, U., Patel, M., & Cardenas, L. (2002). Feeding readiness behaviors and feeding efficiency in response to ATVV intervention. *Newborn and Infant Nursing Reviews*, 2(3), 166-173.
- White-Traut, R. C., Schwertz, D., McFarlin, B., & Kogan, J. (2009). Salivary cortisol and behavioral state responses of healthy newborn infants to tactile-only and multisensory interventions. *Journal of Obstetric, Gynecologic, and Neonatal Nursing: JOGNN*, 38(1), 22-34.
- White-Traut, R., & Norr, K. (2009). An Ecological Model for Premature Infant Feeding. *Journal of obstetric, gynecologic, and neonatal nursing : JOGNN / NAACOG*, 38(4), 478-490.
- White-Traut, R., Norr, K. F., Fabiyi, C., Rankin, K. M., Li, Z., & Liu, L. (2013). Mother-infant interaction improves with a developmental intervention for mother-preterm infant dyads. *Infant Behavior & Development*, 36(4), 694-706.
- White-Traut, R., Rankin, K. M., Pham, T., Li, Z., & Liu, L. (2014). Preterm infants' orally directed behaviors and behavioral state responses to the integrated H-HOPE intervention. *Infant Behavior & Development*, 37(4), 583-596.
- Whitfield, M. F., Grunau, R. V. E., & Holsti, L. (1997). Extremely premature (\leq 800 g) schoolchildren: Multiple areas of hidden disability. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*, 77(2), F85-F90.
- Wickremasinghe, A. C., Rogers, E. E., Johnson, B. C., Shen, A., Barkovich, A. J., & Marco, E. J. (2013). Children born prematurely have atypical sensory profiles. *Journal of Perinatology: Official Journal of the California Perinatal Association*, 33(8), 631-635.
- Zhang, L. I., Bao, S., & Merzenich, M. M. (2002). Disruption of Primary Auditory Cortex by Synchronous Auditory Inputs during a Critical Period. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(4), 2309-2314.

Résumé

Contexte : L'intégration multisensorielle chez les nourrissons est un domaine de recherche récent. De nombreuses études actuelles démontrent que les prématurés peuvent procéder à une intégration sensorielle et que celle-ci peut être mise à mal par l'environnement dystimulant des unités de néonatalogie.

Méthode : Une prématurée de 33SA présentant des troubles de l'intégration sensorielle a bénéficié d'un protocole de stimulations multisensorielles (auditives-tactiles-visuelles-vestibulaires) pendant 7 jours. Une grille d'observation spécifique à l'intégration multisensorielle a été créée afin d'analyser les impacts du protocole.

Résultats : On observe une baisse du nombre de désaturations et de comportements désorganisateur réactionnels aux stimulations multisensorielles. Le protocole permet aux parents de comprendre la sensorialité de leur enfant et il a sensibilisé l'équipe médicale à la sphère sensorielle des prématurés.

Conclusion : Les stimulations multisensorielles ont un effet bénéfique sur la maturation de l'intégration sensorielle chez les prématurés. C'est donc un protocole de soins prometteur qui a toute sa place dans nos unités de néonatalogie.

Mots clés : intégration multisensorielle, prématurité, protocole ATVV, dystimulations sensorielles, néonatalogie

Abstract

Purpose : Research in multisensorial integration in neonates is recent. Nowadays, many studies found that premature infants can proceed to a multisensorial integration but this one can be disturbing by the neonatal intensive care environment.

Method : A multisensory (auditory-tactile-visual-vestibular) protocol was performed on a 33SA premature infant with sensorial processing disorder during 7 days. A multisensorial observation grid has been created to study the protocol effects.

Results : There is a decrease of desaturations and disruptive behaviours to multisensorial stimulations. The protocol allowed the parents to understand their daughter's sensitivity and it trained the medical staff to the sensory field in premature infants.

Conclusions : Multisensory stimulation appears to have a positive effect on sensorial integration on premature infants. It's a promising care protocol which can be used in NCIU.

Keys words : multisensorial integration, prematurity, ATVV protocol, sensorial dystimulations, neonatology