

REFLEXION SUR L'AUDITION ET LES AUTRES SYSTEMES SENSORIELS

par l'Équipe du GRAP^{santé}

Présentation :

Peut-on entendre l'audition dans sa complexité ? : Des variations de pression de l'air à l'entrée du tympan et la réception d'un message que nous tenons pour intelligible à la sortie !

En explorant cette question naïve, nos amis du [GRAP^{santé}](#), animé en particulier par le Docteur Laurent VERGNON [Atelier MCX 18 – « [Complexité du monde sonore, de sa perception et de son entendement](#) »], nous ont déjà incités à 'éclairer un peu mieux notre lanterne', je veux dire « notre entendement de l'entendement en général », et pas seulement celui du fascinant phénomène de l'audition.

Ils nous autorisent aujourd'hui à reproduire ici une étude originale qu'ils ont publiée dans « [la Revue de GERIATRIE, Tome 36, N°7](#), septembre 2011 », étude proposant d'associer l'étude de l'audition à celle du 'complexe de tous les systèmes sensoriels' : un exercice de modélisation systémique qui s'avère fort stimulant et enrichissant, on va le voir en lisant leur étude.

Nous avons demandé, par la médiation du Dr L VERGNON, à l'équipe du GRAP^{santé} conduite ici par le Docteur Samir DHOUIB et Mme M SAN JULLIAN, Présidente du GRAP^{santé} l'autorisation de reprendre ici le texte de cette (fort intelligible) étude.

Nous les remercions chaleureusement de leur aimable accord. (Le résumé en langue anglaise n'est pas repris dans cette version.) NDLR.

REFLEXION SUR L'AUDITION ET LES AUTRES SYSTEMES SENSORIELS. L'IMPORTANCE DES STNIP

Samir DHOUIB, Marc PREVEL, Didier BOUCCARA, Marine LOUSTAU, Christian BATCHY, Farouk FATAH, Jean-François LANGUMIER, Séverine LEUSIE, Mireille SAN JULLIAN, Laurent VERGNON, pour le GRAP^{santé}¹

Article reçu le 06.06.2011 et accepté le 25.07.2011.. - La Revue de Gériatrie, Tome 36, N°7 SEPTEMBRE 2011 ; 36:469-478.

Résumé

S'il est possible d'isoler un sens pour étudier les phénomènes de captage des stimuli qui lui sont propres, il est nécessaire, si l'on veut comprendre les phénomènes complexes qui régissent nos grandes fonctions sensorielles, de faire intervenir les autres sens dans chacun de ceux que l'on voudrait, de manière artificielle, étudier isolément.

Il s'avère que chaque système sensoriel fait intervenir des ressources et des processus assez voisins et que l'on est obligé pour couvrir, par exemple l'ensemble du système auditif, de présenter trois sous-systèmes qui vont agir conjointement sur l'ensemble des perceptions et leur devenir.

Il est donc nécessaire d'ajouter aux articles sur l'audition un chapitre pluri sensoriel pour permettre d'apprécier, dans sa globalité, l'apport de nos sens et les bénéfices que nous sommes capables d'en tirer.

De manière schématique, il est possible de parler, pour chaque sens, d'un sous-système de perception (pour capter et transcoder le stimulus), d'un sous-système de traitement des influx nerveux sensoriels primaires et d'un sous-système de cognition générale où les influx spécifiques de chaque perception mélangés, enrichissent le signifié.

Ainsi, s'il existe un STNIP A (Système de Traitement Neuronal des Informations Perçues Auditives), il faut aussi considérer les STNIP O (Olfactif), STNIP V (Visuel), STNIP G (Gustatif) et STNIP T (Tactile). Le mélange des informations sensorielles permet d'enrichir de manière substantielle chacune d'entre elles en optimisant leurs fonctions "automatisées".

¹ PH ORL (SD) ; Chef de service urgences Saint Denis (MP) ; PH ORL (DB) ; Interne Gériatrie (ML) ; Gériatre (CB) ; ORL (FF) ; Ancien chef de service imagerie médicale (JFL) ; Orthophoniste (SL) ; CSS Coordonnatrice Pôle Gériatrie Simone Veil (MSJ) ; PH ORL Ancien chef de service, Fondateur du GRAP^{santé} (LV) ; France. [L'auteur correspondant est le Docteur Laurent Vergnon, laurent@vergnon.net]

Rien n'est fixé et l'enfant partant d'un capital inné doit malgré tout travailler très dur pour faire fructifier tout ce que ses sens lui apportent. Adulte, il devra continuer à enrichir ses capacités puis, vieillissant, il lui faudra les préserver au meilleur niveau possible pour garder ce qu'il a connu.

Mots clés : Système auditif - Systèmes sensoriels - Perception - Cognition - Réseaux neuronaux.

&&*&*&*&*

Il ne viendrait à l'idée de personne de parler de nos sens sans parler de la vision, mais certains traitent de la vision sans évoquer les autres sens. Ce qui est vrai pour la vision, qui est toujours l'exemple donné lorsqu'on évoque les sens, l'est aussi pour tous les autres sens, y compris l'audition. Il n'est pas cohérent de dissocier nos sens et d'en étudier un sans faire référence aux autres car ils ont un lieu d'aboutissement commun, qui est notre système de cognition générale.

Cette modélisation systémique en complexité a conduit à reconsidérer de nombreux phénomènes difficiles que nous n'arrivons pas à conceptualiser par une analyse disjonctive, comme l'a enseigné Descartes. Dès que les phénomènes observés sont découpés, ils perdent une partie de leur sens et la méthode génère une perte de capacité.

La parabole de l'arbre empruntée à Jean-Louis Le Moigne⁽¹⁾ aide à mieux comprendre. Si, comme Descartes le suggère "nous devons fractionner l'arbre en autant de particules qu'il se peut pour le comprendre, nous allons en fait obtenir de la sciure... et nous ne savons même plus de quoi nous voulions parler. Mais si nous acceptons de regarder cet arbre dans sa globalité, son écologie, il devient possible d'en voir la forme, la fonction, la situation, la signification...; chaque partie du tout reprendra son sens, articulée avec le tout. Et ne croyons pas qu'une feuille soit plus "simple" qu'un arbre, elle est aussi complexe mais d'une autre forme, c'est tout. Finalement, ici encore, on perçoit que la somme des parties n'est pas identique au tout".

Ainsi, l'audition qui nous renseigne sur notre environnement de manière complète sur 360° en percevant des énergies que nous apportent les modifications pressionnelles de l'air qui nous entoure, va nous permettre, après traitement et en conjonction avec tous nos sens, de nous faire une idée sur ce qui nous entoure. Et c'est bien là le rôle de l'audition qui, comme impulsion pressionnelle transformée en sons, n'a guère de sens en soi.

Enfin, le fait de percevoir, d'agir et de penser en complexité ne s'oppose pas au travail linéaire : 1 cause = 1 effet, que nous connaissons habituellement. La pensée complexe vient articuler entre eux des processus linéaires multiples en en faisant des heuristiques significatives.

LE SYSTÈME DE TRAITEMENT NEURONAL DES INFORMATIONS PERÇUES (STNIP)

Intercalé entre perception et cognition générale, le STNIP permet à chaque sens de tirer le meilleur profit des perceptions qui lui parviennent.

Définition

Si l'on doit donner une définition du STNIP, il s'agit d'une organisation symbolique du tri sélectif des informations encodées par les capteurs du sens en action.

C'est un moyen de tirer le maximum d'informations utilisables des énergies libérées dans notre entourage dès qu'elles sont captées/transcodées en influx nerveux. Au niveau des voies sensorielles, toutes les perceptions sont devenues des trains d'influx d'apparence identique qui se succèdent sans discontinuer et apportent un flot ininterrompu d'informations plus ou moins utiles dans le moment.

Ce STNIP fait partie de la cognition mais il se situe à un niveau différent de complexité de la cognition

générale. L'exemple du petit poisson de Szentagothai et Arbib en est une illustration (Figure 1). Avec son œil droit il voit un autre poisson pour déjeuner, il actionne sa nageoire gauche (décussation), tourne vers la proie puis l'œil gauche voyant la cible, la nageoire droite aligne la trajectoire vers le but. La double flèche ajoutée suggère les autres possibilités du système. Les récursivités de tous horizons vont intégrer, par effet feed-back, des informations qui sortiront de la spécificité de l'organe sensoriel envisagé. Mais, dans l'ensemble, tout ce qui se passera dans l'organe de perception et dans le STNIP qui lui est nécessairement associé, leur sera relatif (2-3).

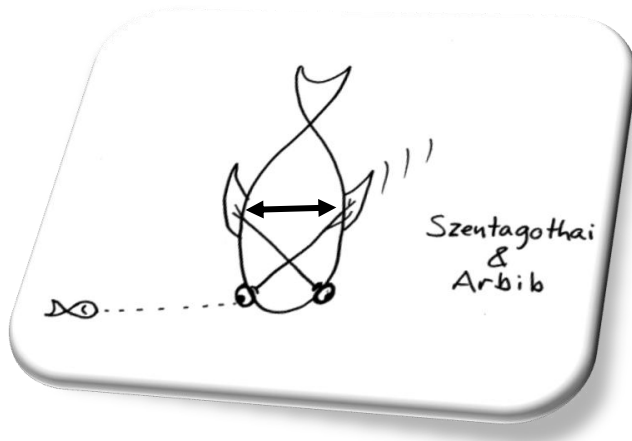


Figure 1 : Le poissonculi de Szentagothai et Arbib.

Figure 1: The primitive fish-like organism of Szentagothai and Arbib

On remarquera qu'au niveau de la cognition générale, il ne persiste pas grand-chose de cette hyperspécialisation. La cognition générale utilise en effet les éléments spécialisés pour les fondre dans un ensemble plus vaste où, perdant apparemment leur individualité, ils sont indispensables à la genèse du sens global.

Place, fonction et mécanisme

Le schéma (Figure 2) montre que le système de perception fait partie du système de cognition, dont il reçoit par retour des possibilités de réglage, d'aménagement pour se "perfectionner". Mais il s'en distingue par sa spécialisation. Il ne faut pas confondre reconnaissance sensorielle, qui peut n'être que la réponse d'une mémoire procédurale inconsciente, avec la signification et encore moins la conscience de cette signification.

Les limites entre ces concepts sont parfois difficiles à cerner, mais ceux-ci nous semblent tout de même correspondre à des formes de complexité différentes.

Pour conduire les informations perçues vers la cognition générale, chaque sens dispose d'une voie dédiée, mais qui fait partie de la cognition. Durant le trajet du récepteur vers les centres, une préparation de l'influx sensoriel est indispensable pour livrer à la cognition générale des informations exploitables. Cette préparation consiste en une sorte de computation qui peut être comparée à celle d'un programme informatique analysant des "fragments" d'influx, des successions, comparant un côté par rapport à l'autre, ou un niveau à un autre, inhibant ici, laissant passer là... (4-5). Un retour d'informations des centres vers le récepteur va créer "le sens en question" au début de la

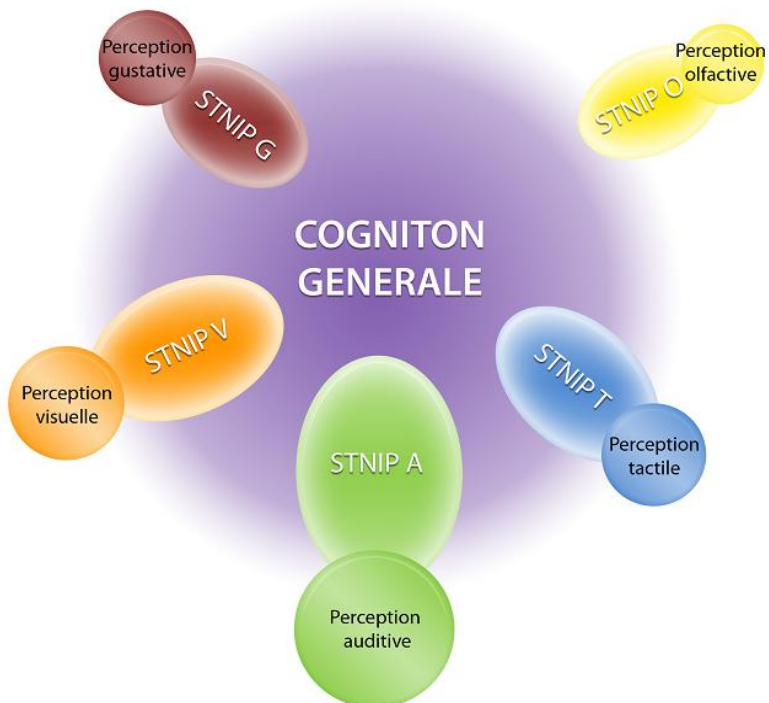


Figure 2 : L'ensemble des systèmes sensoriels et la cognition générale.

Figure 2: Sensory systems and general cognition.

vie, puis ensuite le faire progresser. Cette récursivité organise, expérience après expérience, les réseaux et circuits nécessaires à ce travail computationnel. Au niveau de la voie sensorielle et de ses neurones primaires, secondaires et tertiaires cette computation permanente et automatisée au fur et à mesure utilise croisements, filtrages, inhibitions et autres opérations, neurone après neurone, pour affiner la performance du système à un niveau d'adaptabilité toujours plus riche qui vient s'ajouter à celui déjà acquis ⁽⁶⁾.

Moyens

Pour induire des réponses portant du "sens", les sens ont besoin de capacités cognitives et conatives que sont notamment l'attention, la mémoire procédurale et les émotions basales. Ces possibilités inconscientes se créent et se perfectionnent avec les expériences.

On décrit ⁽⁷⁻⁸⁾ plusieurs niveaux d'attention : dans l'alerte le STNIP a un rôle primordial. Celle-ci se fabrique avec des retours venant de la cognition générale et du système limbique. Ce dernier ajoute des émotions⁽⁹⁾ et participe à la mémoire de circuit (automatisme) à la fois sensorielle et à court terme. La mémoire procédurale ⁽¹⁰⁻¹¹⁾ trouve ici un rôle capital. Pour prendre le temps d'utiliser ce que le sens a perçu, il faut que l'organisme soit capable de mémoire et localement les neurones seront groupés en circuits ou en réseaux. Antonio Damasio décrit deux niveaux d'émotions : le noyau basal (tronc cérébral et système limbique), qui nous intéresse ici et que nous avons en commun avec les animaux et le niveau supérieur (insula, lobe préfrontal sus-orbitaire) participant de la conscience de l'homme ^(9-10, 12), qu'il appelle sentiments. Toutes les mémoires peuvent être exploitées en interaction avec un STNIP. Ce qui importe est de créer des mémoires d'entrelacs qui, s'additionnant avec l'usage, passent de la mémoire à court terme à la mémoire procédurale à long terme pour en pérenniser le fonctionnement sans plus faire appel à la cognition générale. En somme, on passe d'une action "corticalisée" à une action sous-corticalisée qui finit par se réduire à une action totalement inconsciente de neurones de premier ordre.

Pour créer et améliorer les moyens qu'utilise le STNIP (alerte, émotions, mémoire procédurale) les récursivités vont venir apporter toutes les expériences que la cognition générale va retourner, aussi bien au STNIP qu'au récepteur ^(2, 13-14).

Chaque voie sensorielle véhicule les influx du sens éponyme, mais contient également une foule d'influx qui n'ont d'autres vocations que de transporter vers les centres ou de retourner à la périphérie des sensations visuelles, tactiles, auditives... Ces voies mixtes et non sensorielles aboutissent ou partent du cortex primaire, qui est contigu au cortex secondaire, lui-même contigu au cortex associatif. Les influx montants du STNIP se terminent donc dans le cortex primaire et ainsi tout le reste du cortex sera dénommé cognition générale et ne sera plus spécifique d'un organe sensoriel⁽¹⁴⁾.

Intérêt pratique de la modélisation du STNIP

Il faut remarquer qu'une perception sensorielle, même bien "STNIPée" (si nous pouvons nous permettre ce néologisme) à la montée, n'a d'intérêt que si elle est suivie d'une action qui se fera en même temps qu'une récursivité qui construit l'organe sensoriel et le STNIP lui-même. Ces échanges permanents pluri sensoriels permettent, allant de circuits en circuits avec des allers-retours dans la cognition générale, l'exercice efficient de l'intelligence qui amène au progrès permanent. Toute perturbation dans ces échanges handicape la fonction sensorielle^(1, 6).

L'intérêt de considérer le STNIP et d'utiliser ce concept permet de mieux envisager éducation et rééducation. Ce n'est pratiquement jamais utilisé aujourd'hui, ce qui est une lacune.

Le fait de tenir compte du STNIP permet une personnalisation de chaque acte, une approche pluri sensorielle, la possibilité de créer des tests qui s'adressent à son domaine dans sa globalité et non de travailler selon une tradition orale, qui varie de professionnel en professionnel sans qu'il soit possible de trouver de justification scientifique au travail proposé ⁽¹⁴⁾.

LES DIFFÉRENTS STNIP ET LEUR RÉCURSIVITÉ

Pour la vision, le STNIP V est constitué des voies optiques, de la rétine jusqu'au cortex occipital. Ces voies se chargent du traitement neuronal des informations visuelles perçues. Le STNIP V (avec l'aide des nerfs II, III, IV, V, VII bis, etc.) est responsable de l'accommodation (pupille, cristallin, larme, clignement), de l'adaptation (tête et cou, corps, vision binoculaire, fusions, regroupement, relief etc.), des automatismes de base (éviter, protection, reconnaissance inconsciente...)⁽¹⁴⁻¹⁵⁾.

Pour l'olfaction, le STNIP O se résume pratiquement au nerf et au bulbe olfactifs. Il n'y a presque pas de neurones du 3e ordre, le cortex olfactif étant très réduit chez l'homme. Il n'y a pas non plus de distinction entre cortex primaire, secondaire et associatif. L'ensemble sexualité, plaisir, appétit, goût, émotions, états affectifs, camaraderie, amour, haine, sexualité... lié aux "odeurs" fonctionne pratiquement sans prise de conscience. C'est un sens qui, comme l'oreille à laquelle il s'ajoute, guide nos humeurs^(14, 16).

Pour l'audition, le STNIP A. Nous renvoyons à l'article de Marc Prevel et al. publié dans ce numéro de la Revue de Gériatrie.

Pour le tact, le STNIP T. Il existe trois sous-systèmes sensoriels tactiles bien connus et parfaitement décrits dans la littérature sans pour autant être décrits sous la forme d'un système de traitement des informations perçues. Le premier concerne le toucher, la stéréognosie, la proprioception, la discrimination pondérale et les sensations vibratoires. Le deuxième s'occupe de la douleur et de la température. Le troisième sert à harmoniser l'ensemble (cervelet). Les informations perçues redescendent par toutes les voies descendantes pour générer des actions venant modifier les récepteurs et les muscles ou les glandes. C'est ainsi qu'un muscle peut devenir intelligent... ⁽¹⁵⁾.

Pour le goût, le STNIP G. Plusieurs sens entrent dans la constitution de la fonction gustative ⁽¹⁷⁻¹⁸⁾. Il faut non seulement tenir compte des saveurs, tout en sachant qu'elles sont dominées par l'olfaction, mais aussi de l'état buccal et dentaire, des qualités et de l'abondance de la salive, de la mastication et des éventuelles difficultés de déglutition, du temps de séjour en bouche... Les sensibilités tactiles doivent être intactes. Le goût est également sensible aux habitudes et change au cours de la vie. Le STNIP G est donc hétéroclite et aléatoire, tant ses conditions d'utilisation et sa variabilité de réponse sont imprévisibles et plus ou moins conscientisées. Au total, les informations perçues redescendent pour générer des actions motrices, sécrétoires ou comportementales venant modifier les récepteurs, les muscles, les glandes ou le comportement.

LE FONCTIONNEMENT GÉNÉRAL DES SENS VUS DANS LEUR COMPLEXITÉ

Le fonctionnement des sens

La qualité de la cognition générale croît avec la qualité des apports que lui fournissent les sens dès la conception et toute la vie. Le capital inné, les expériences renseignées par les sens vont, par une récursivité naturelle, venir rétroagir sur chacun des sous-systèmes qui composent le système sensoriel et construire les sens en améliorant leur fonctionnement. Cette récursivité nécessaire est assurée dans l'exemple de l'audition par les systèmes efférents latéral et médian puis le nerf auditif, qui retournent aux cellules ciliées externes les renseignements et les indications d'adaptation nécessaires à la formation et au perfectionnement de l'audition. Le nerf auditif n'est donc pas un nerf sensitif, mais un nerf mixte ! Ses filets récursifs sont d'ailleurs décrits aujourd'hui⁽⁴⁾ comme un contingent de fibres motrices venant du complexe olivaire supérieur, passant par le nerf vestibulaire, et aboutissant dans la cochlée au pôle inférieur des cellules ciliées externes !

Il est logique de pressentir un même appareillage procédural pour tous nos sens [Prevel SNIP A]. Chacun d'eux va déverser dans la cognition générale une "matière première" traitée, prête à être utilisée en conjonction avec les autres perceptions sensorielles. Ce produit est un produit personnalisé qui est ce que l'individu est capable d'en faire selon l'inné, les acquis et le travail d'attention qu'il fournit au moment où il en fait usage.

Il faut enfin que ces perceptions entrent dans un système plus général qui consiste à percevoir <=> agir <=> penser en complexité⁽¹⁹⁾, pour bénéficier de la globalité de moyens et de la plénitude de notre conscience d'être. C'est un travail inconscient qui ne devient objectivable qu'en cas d'écart perceptible par nos sens. L'apparition d'un acouphène, d'une baisse de vision, d'un trouble de la proprioception met le système en difficulté. Mais a contrario l'oeil peut aider à entendre, et l'oreille ou le tact à voir. Nous en sommes bénéficiaires lorsqu'apparaît une pathologie.

Chaque système perceptif va avoir un mode particulier de captation de certaines propriétés du monde extérieur ou intérieur de tout individu. Nous allons les passer en revue afin de montrer pour chacun d'eux le procédé utilisé et la manière dont les sens se substituent les uns aux autres, s'additionnent, se complètent... Ils correspondent aux besoins de l'organisme non seulement pour survivre mais aussi pour assurer toutes ses fonctions⁽²⁰⁾.

Il faut remarquer que ces perceptions semblent toutes uni-modales et que certaines sont hyper spécialisées :

- une dans la perception d'ondes photoniques ;
- une autre dans le recueil d'une partie des différences de pressions que nous apporte l'air qui nous entoure ;
- une autre enfin dans la reconnaissance de formes moléculaires présentes dans l'air, surtout si elles sont volumineuses.

Mais il faut d'emblée noter qu'une douleur peut venir s'ajouter par exemple à la vision ou à l'audition lors des stimulations trop intenses...⁽²¹⁾.



Les différents types de capteurs

On différencie artificiellement deux types de capteurs :

- Certains, les récepteurs spéciaux, produisent des potentiels capables de provoquer une dépolarisation ou une hyperpolarisation, et font surtout appel à ce qui vient de l'extérieur. Ils vont jusqu'au cortex et entraînent la possibilité de prise de conscience de la sensation. On distingue ainsi :

- des mécanorécepteurs, l'audition et le tact (toucher, proprioception, stéréognosie, discrimination pondérale, sensation vibratoire),
- des chémo ou chimiorécepteurs, le goût et l'olfaction (très faible partie),

- un photorécepteur, la vision.

Tout récepteur doit convertir en influx bioélectrique le phénomène physique ou chimique environnemental qu'il est chargé de reconnaître.

- D'autres capteurs sont inconscients et produisent des potentiels générateurs (créant d'emblée un potentiel d'action), ce sont surtout les sens qui s'occupent de l'intérieur du corps (viscérocepteurs, propriocepteurs, thermocepteurs, nocicepteurs, équilibre lié à un mélange sensoriel peu conscient) et l'olfaction pour l'essentiel (car c'est un sens qui a très peu de neurones de troisième ordre).

Les sensations se mélangent pour créer une fonction. On voit tout de suite que l'équilibre, méta perception qui utilise l'œil, le labyrinthe postérieur et la proprioception fait appel à la fois aux mécanorécepteurs et aux photorécepteurs.

Il existe néanmoins des capteurs reconnaissant des propriétés physiques ou chimiques précises qui constituent leurs stimulants spécifiques : ces capteurs ont acquis au cours de l'évolution la propriété d'être sensibles à ces stimulants avec une consommation d'énergie minimale ou nulle.

Il est important de garder à l'esprit que chaque sens s'auto-construit aussi bien anatomiquement à partir de la carte génétique que physiologiquement par le travail qu'il fournit, entraînant une rétroaction qui le renseigne et le modifie en fonction des besoins, des désirs du sujet et des itérations.

Pour qu'un sens produise une sensation, il faut que le stimulus parvienne à son contact et que le sujet y soit attentif. Le tact ou le goût en sont des exemples évidents. Pour les sens qui interrogent la perception de l'environnement plus lointain, c'est la même chose, mais grâce à un "intermédiaire". Ce sera l'air pour l'audition en apportant l'énergie impulsionnelle de l'onde sonore, et l'aspect ondulatoire et photonique pour la vision, en "frappant" le pigment rétinien. Ce sera enfin l'air et le mucus pour l'olfaction, alors qu'un ligand apporte la molécule à reconnaître dans le récepteur spécifique du cil : la cellule de Schultze. Il n'y a aucun miracle dans ce transport d'énergie spécifique jusqu'au contact du récepteur ⁽²²⁻²³⁾.

La cellule réceptrice doit fournir au système nerveux un potentiel d'action à partir d'un déséquilibre ionique, et le nerf qui fait suite doit disposer d'un potentiel de repos pour être capable de réagir. Le rôle de la synapse entre récepteur et fibrille nerveuse devient donc essentiel dans tous ces mécanismes. Il est enfin nécessaire que l'organe récepteur dispose d'une source d'énergie pour permettre ces créations de potentiels ⁽¹⁰⁾.

On voit donc que les capacités adaptatives ont favorisé la possibilité d'enrichir le signifié donné aux situations rencontrées ^(2, 24) et que l'oreille va beaucoup plus vite que l'œil dans la mesure du temps. C'est ce qui a fait dire à Jean-Claude Lafon qu'elle était l'horloge du temps qui agit également dans le fonctionnement des autres sens ⁽²⁵⁾.

Cette notion de temps intervient d'une manière importante dans les perceptions. La fonction d'alerte est dédiée à l'oreille beaucoup plus qu'à l'œil ou à l'olfaction. La récursivité arrête, en quelque sorte, le temps en retournant informer la perception du résultat de l'utilisation des perceptions reçues du monde extérieur, mais elle réclame des répétitions et une attention qui amènent à mieux discriminer, à mieux approfondir la signification des perceptions. Il faut du temps et du travail pour en bénéficier ⁽²⁵⁻²⁶⁾.

LES SYSTÈMES DE TRAITEMENT PERCEPTIFS DES INFORMATIONS ENVIRONNANTES

Pour qu'un stimulus soit exploitable, il faut que l'énergie qu'il véhicule soit supérieure à celle de l'énergie thermique due au mouvement brownien liée à la température du corps. Cette énergie crée un bruit de fond d'où le stimulus doit impérativement émerger. Pour la vision, l'énergie d'un photon est 100 fois supérieure à celle du mouvement brownien. Pour l'audition, le problème est inverse car aux longueurs

d'ondes humaines l'énergie pressionnelle est environ 10^{10} fois inférieure à celle du mouvement brownien. L'oreille par exemple doit trouver un stratagème permettant de vaincre cette difficulté ⁽²⁰⁾. Elle y parvient en affaiblissant le seuil de perception par un levier (cil) et en limitant la sensibilité des cellules ciliées internes réceptrices par tous les mécanismes qui régissent leur fonctionnement. Il s'agit bien d'un système d'ajustement des impédances. Pour ces raisons, les récepteurs sensoriels fonctionnent aux limites de leur capacité et leur vieillissement est assez rapidement suivi d'une importante gêne fonctionnelle due à la diminution de leur potentiel adaptatif ⁽²⁰⁾. Pour les chémorécepteurs, le problème va être résolu par la liaison avec un récepteur spécifique ; c'est alors la résistance de cette liaison qui pose un problème, puisque pour être efficace elle peut et doit durer plusieurs minutes : elle ralentit donc certaines réactions des récepteurs ⁽¹⁸⁾.

Toute cellule sensorielle doit pour assurer la qualité de ce qu'elle transcode comparer sa perception à celle d'un référent (son potentiel de repos), et le temps nécessaire pour cela, gage de qualité, devient gênant dans la succession des perceptions. La perception finale est le résultat d'un compromis, d'où une certaine imprécision qui permet ainsi l'adaptabilité ^(2, 26).

Les sens à mécanorécepteurs

Ils sont au nombre de trois : le tact ⁽¹⁵⁾, l'audition ⁽¹⁴⁾ et l'équilibration ⁽²⁰⁾. Dans tous les cas le stimulus physique doit venir au contact du mécanorécepteur soit directement soit grâce à un intermédiaire qui véhicule le stimulus lointain. Chaque sens a une anatomie adaptée au travail qu'il exécute. La peau multiplie les capteurs pour augmenter la sensibilité aux endroits où cela semble nécessaire : frôler un poil informe plus rapidement que toucher directement la peau. L'oreille est extrêmement sensible autour de la fréquence 1000 Hz.

Le système de perception tactile est sensible à plusieurs phénomènes qui en font un sens fourretout ^(21, 27). Selon les cas, l'adaptation du récepteur est phasique (fréquence de répétition des stimuli) ou tonique (stimuli plus ou moins intenses). Une somatotopie permet à chaque territoire d'avoir une représentation corticale (Homunculus) favorisant la localisation consciente⁽²¹⁾. Le stimulus quel qu'il soit (frottement, toucher, pression, vibration, chatouillement, démangeaison) est transcodé en un courant électrique représentant le toucher discriminant, la stéréognosie, la proprioception, la discrimination pondérale et les sensations vibratoires (jusqu'à 750 Hz). La localisation sensorielle est conservée par une voie nerveuse spécifique, les séquences d'événements sont préservées par le rythme des influx..., l'ensemble constituant des trains d'influx suivant des voies cartographiées ⁽²⁸⁾.

Le système de perception posturale fait appel à "trois sens" qui conjuguent leurs particularités pour donner à l'Homme une grande capacité d'équilibre quelles que soient les circonstances. Ces trois sens sont :

- le labyrinthe postérieur, comprenant le vestibule et les canaux semi-circulaires. Il fait partie de l'oreille et joue le rôle de capteur des effets de la pesanteur au repos ou lors d'une accélération ⁽²⁹⁾ ;
- l'œil, qui confirme les sensations peu "corticalisées" du système labyrinthique, tout en conservant sa capacité de vision nette ⁽³⁰⁾ ;
- la proprioception, qui permet de stabiliser le système avec la variété des positions du corps et du contact avec le sol ⁽³¹⁾.

En temps normal, nous n'avons pas conscience de ces mécanismes qui font appel à un traitement complexe allant rarement jusqu'au cortex. Le rôle du cervelet est par ailleurs très important dans la cohérence de la commande et l'harmonie des adaptations, car les actions qui suivent les perceptions vont bénéficier de son contrôle que ce soit dans l'équilibration, la posture, la gestuelle, ou la motricité volontaire ⁽²⁹⁾.

Ce système d'équilibration traite à l'origine les informations perçues, organe récepteur par organe récepteur, mais très vite toutes les informations se regroupent dans une très grande complexité et la prise

en charge par les voies nerveuses constituées par les neurones du premier et du deuxième ordres met en route un STNIP P (P = postural) qui sera dédié à l'équilibration.

Le sens à photorécepteur

Le système de perception visuelle est très élaboré et spécifique d'un stimulus particulier : la lumière. La vision requiert non seulement un travail important du récepteur situé dans le globe oculaire mais également d'annexes dont le fonctionnement doit être en rapport intime avec ce qui est perçu et harmonisé entre les deux yeux et la qualité de la vision obtenue ⁽³²⁾.

Comme pour l'oreille le système de transmission qui précède la transduction prépare activement la qualité de la captation lumineuse. Là encore, la récursivité permet toute une série d'opérations pour accompagner la formation d'une image de qualité : la convergence dirige les deux yeux sur un objet central, l'accommodation du cristallin, la réfraction de la lumière, la contraction de l'iris, la protection de la cornée amènent sur la rétine de chaque œil la même image focalisée unique et nette (vision binoculaire) ⁽⁶⁾.

Les photorécepteurs transcendent les rayons lumineux en potentiel excitant les cellules bipolaires avec lesquelles ils font synapse. A ce moment le STNIP V (visuel) entre en action. Les interconnexions neuronales mettent les cent millions de bâtonnets en relation avec de moins en moins de cellules bipolaires au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la macula et les six millions de cônes qui s'articulent avec les cellules bipolaires à raison de un pour une, opèrent déjà une réduction préluant au traitement qui va suivre et dénommé STNIP V (30).

Les sens à chémorécepteurs

Les chémorécepteurs (goût et olfaction) présentent des caractéristiques communes ⁽³³⁾ :

- les cellules neuro réceptrices sont renouvelées régulièrement ;
- ils nécessitent une liaison entre le corps chimique et le récepteur (mucus, salive) ;
- leurs réactions sont relativement lentes ;
- la transduction est réalisée par des molécules réceptrices situées dans la membrane du récepteur ;
- du fait de leur organisation, ils sont moins performants et moins précis que les autres sens.

Le système de perception olfactive est un sens beaucoup plus important qu'on ne le croit, même chez l'Homme chez qui il paraît atrophié en comparaison avec certains animaux (chiens en particulier). Ses relations avec le cortex, c'est-à-dire avec la cognition générale sont très limitées, mais son rôle inconscient est d'une extrême importance dans de nombreuses circonstances de la vie quotidienne. Quant à son association avec le goût, elle est essentielle ⁽²⁶⁾. Son appareil de perception est simple. Il siège au niveau de la tache jaune située principalement au niveau du toit des fosses nasales. Qu'elle soit respirée, reniflée ou qu'elle provienne d'un reflux par les choanes (flaveur) lors de l'alimentation, une particule odorante, volatile et soluble dans l'eau, parvient dans une fosse nasale. Un ligand dans le mucus la conduit jusqu'à un site récepteur situé sur l'un des cils d'une cellule neuro-réceptrice de Schultze, à la fois organe récepteur et neurone primaire ⁽²⁶⁾.

L'olfaction revêt une grande importance si l'on songe à ses relations avec le système limbique, dont il fait partie intégrante, et l'hypothalamus ⁽¹⁸⁾.

Le système de perception gustative, comme pour l'équilibration, est pratiquement indissociable des autres sens et même de certaines fonctions extra sensorielles comme la mastication et la déglutition. Pour apprécier un mets il faut l'usage du tact, de l'œil, de l'oreille et essentiellement de l'olfaction ⁽³³⁻³⁴⁾. La flaveur, qui dénomme cette intervention a un rôle majeur, au point qu'on a pu dire que l'olfaction représentait 90% du goût (26) !

La description classique ne semble plus du tout correspondre à la réalité. Son rôle est de capter la saveur et on en distingue très artificiellement 5 (mais il y en a sans doute beaucoup plus) : le salé, le sucré, l'amer, l'acide et le "dernier né" dont on connaît mieux le récepteur : l'unami (glutamate de sodium) (34).

La salive sert de véhicule pour transporter la molécule sapide vers ses sites récepteurs : les papilles caliciformes, les papilles fongiformes, les papilles filiformes, les papilles foliées. L'image que dessinent les différents potentiels d'action détermine la reconnaissance d'un goût. La sensation finale est en relation avec la place, la durée et le nombre des informations sensorielles reçues (qu'elles soient liées aux mêmes stimuli ou qu'elles participent du mélange).

L'INTÉRÊT DU STNIP DANS LA PRISE EN CHARGE RÉÉDUCATIVE

La complexité est telle qu'aucun sujet ne ressemble à un autre et que tout protocole rigide est en rééducation un gage d'échec. Il est indispensable de s'adapter au sujet à rééduquer, ce qui laisse libre le rééducateur, qui peut admettre des variations à la condition de respecter un protocole global. L'interaction avec l'environnement reste la finalité première de la perception sensorielle. Isoler l'individu même en le regardant dans sa globalité est une grossière erreur. Le rééducateur fait autant partie que le patient du système de communication que ce travail impose. Changer l'un change l'autre, les progrès du patient retentissent sur ceux du rééducateur et inversement.

Le fonctionnement d'un sens n'est jamais réduit à celui-ci. Lorsque nos sens se développent de façon harmonieuse tout se passe comme si aucun d'eux n'atteignait sa capacité maximum. Mais que l'un d'eux vienne à manquer et les capteurs restants vont, par hypertrophie de certaines de leurs propriétés, compenser autant que possible les déficiences liées à la perte du sens manquant.

Chaque fois que les capacités perceptives d'un système sont dépassées, qu'il s'agisse d'une atrophie du système associée à un stimulus "classique" ou d'un stimulus excessif sur un système perceptif "habituel", le stimulus est ressenti comme une agression. Celle-ci génère alors un mécanisme d'adaptation au stress, comme l'anxiété, l'énerverment ou l'apaisement, la colère irraisonnée, la peur, etc. Cet ajout d'émotions de base ne doit jamais être oublié. Une rééducation qui ennuerait, qui énerverait, qui agacerait serait plus nocive qu'utile^(22, 35). Celle qui créerait du bien-être serait ipso facto plus efficace. Certaines compensations se font spontanément et tout l'art du rééducateur consiste à optimiser tout ce qu'il est possible d'améliorer avec ce qui reste, y compris sur l'organe défaillant s'il persiste certaines capacités.

Le traitement que le STNIP fait subir aux perceptions génère la matière première dont la cognition se nourrit. Plus cette matière première est riche, plus la cognition a de moyens pour se construire. Cette construction permanente tout au long de la vie permet éducation mais aussi rééducation avec des procédés similaires et peut faire appel, consciemment, à tous les sens à la fois. La répétition, clé de voute du travail sur le STNIP, provoque la création de liens avec tous les domaines. En ce qui concerne la presbyacousie, retrouver les automatismes avec d'autres sensations fera gagner du temps, mais il faudra savoir "faire avec" ce qui reste et le nécessaire ralentissement qui caractérise la vieillesse. La rééducation d'un sens passe d'abord et avant tout par le STNIP, qui est le meilleur garant d'un bénéfice optimum pour la cognition.

Pour tout patient qui souffre d'un déficit sensoriel, son monde n'est plus le nôtre et la rééducation a donc pour but de retrouver non pas l'état antérieur, mais un nouvel équilibre.

Ainsi, offrir des aides auditives à un presbyacousique appareillé depuis des années sous le prétexte qu'elles sont beaucoup plus performantes peut conduire à une régression importante. Le patient, en effet, doit reconstruire ses automatismes à partir de sons nouveaux pour lui et donc non utilisables sans la cognition. Lorsque l'ancien modèle d'appareil ne se fait plus, il faut de nouveau faire appel à la rééducation !

Pour améliorer les qualités du STNIP, la cognition n'est pas nécessaire, mais chez l'adulte, la fenêtre de construction de la langue n'existant plus, on pense aider en donnant des explications. L'apprentissage du STNIP n'en a pas vraiment besoin. On apprend à faire du vélo en en faisant et les commentaires ne sont généralement pas d'une grande aide. Le rééducateur doit en être tout à fait conscient.

CONCLUSION

Au niveau du système de cognition générale, il n'est plus possible de parler d'un sens isolé et l'exemple du lait et du café illustre bien cette notion : il n'y a plus de café et pas non plus de lait... C'est du café au lait. Il se produit dans tout le système auditif une sorte de circuit interminable où à chaque répétition les éléments en présence vont changer, disparaître ou prendre une autre place ou une autre forme dans le système de la cognition générale. La pensée améliore l'action qui la suit qui permet par retour d'améliorer la pensée, tandis que les capacités de perceptions se développent et que ce développement améliore l'ensemble du système ⁽¹⁶⁾.

On imagine la complexité qui va en résulter, ajoutant sans cesse des progrès ou parfois des régressions qui atteignent tous les éléments en cause. Par exemple, marchant au bord de la mer, le ressenti est fait du bruit des vagues, du sable sous le pied, du paysage, de l'odeur environnante, et de souvenirs...

Dans cette cognition générale, tout peut se produire et par exemple l'équilibration, dont l'image corticale est assez réduite, vient enrichir l'audition et l'œil dans la spatialisation fine plaçant des sons et des images dans un milieu d'odeurs non conscientes, de sentiments modifiant forcément le comportement ⁽²⁵⁾. Le vertige qu'entraîne la musique moderne dans les boîtes de nuit montre bien que le stimulus habituel de l'équilibration labyrinthique qui est la pesanteur peut être remplacé par des sons liés à d'énormes changements de pressions impulsionnelles de proximité.

L'un des objectifs de ce travail est d'aider à mieux comprendre les processus mis en jeu par un rééducateur. Inutile de faire appel à la cognition si l'on ne peut pas faire passer le progrès dans un automatisme. De même, en cas de troubles cognitifs (Alzheimer), il vaut mieux rééduquer directement les automatismes "encore" fonctionnels. Par ailleurs, la conservation d'une cognition en bon état n'apporte pas la solution au problème que pose un déficit de perception lié à une presbycusie. Ainsi lors d'une conférence dans une langue qu'on ne maîtrise pas, le temps cognitif perdu pour suppléer à ces automatismes inconscients fait perdre l'essentiel du sens de la phrase et de celles qui suivent ⁽³⁶⁾.

Le fait d'avoir individualisé un STNIP n'apporte aucun changement à l'anatomie ou à la physiologie des sens, mais donne une modélisation des systèmes sensoriels qui en permet une approche plus pratique. Nous percevons à l'aide d'un sous-système de captation. Nous traitons les informations électriques que nous recevons grâce à un autre sous-système : le STNIP. Notre système de cognition n'est pleinement efficace que libéré de tâches en apparence "subalternes", mais essentielles à son propre fonctionnement ⁽¹⁵⁾.

Cette approche complexe permettra de faire évoluer les appareils auditifs vers une plus grande compatibilité entre l'oreille et l'appareil, permettant les réglages fins par le patient lui-même. Tant que le problème des fréquences manquantes ne sera pas résolu, l'aide de l'orthophoniste sera nécessaire pour adapter le patient aux sons de ses appareils et le conditionner au remplacement des sons qu'il ne perçoit plus.

Le travail cognitif prépare ou complète le travail sur le STNIP, mais ne peut pas le remplacer.

RÉFÉRENCES :

1. **Le Moigne JL.** La Modélisation des systèmes complexes. Dunod, Paris. 1999 ; pp 178.
2. **Vergnon L.** L'audition dans le chaos. Elsevier Masson. 2008 :220-408, pp.460.
3. **Chevigné A. de.** Pitch perception models. In Plack C et Osenham A (eds) Pitch New York : Springer Verlag 2005.

4. **Giraud A.L, Vuillet E, Collet L.** Les voies auditives descendantes. In Rencontre IPSEN en ORL, tome 2. Y Christen, L. Collet, M.-T. Droy-Lefaix, eds. Irvin, Paris, 1998, 71-100 ; pp164.
5. **Le Moigne JL, Morin E.** (dir.). Intelligence de la complexité, Épistémologie et Pragmatique, colloque de Cerisy. Ed. de l'Aube essai ; 2007. pp 457.
6. **Fredembach B, Boisferon A, Gentaz E.** Learning of arbitrary association between visual and auditory novel stimuli in adults: the “bond effect” of haptic exploration. PloS One.
7. **Mialet J-P.** L'attention, PUF collection : Que sais-je ? 1999 ; pp 128.
8. **Posner M.** Orienting of attention. Quarterly Journal of Experimental Psychology. 1980, 32:3-25.
9. **Damasio AR.** L'erreur de Descartes. La raison des émotions. Odile Jacob nouv. ed. 2006 ; pp 368.
10. **Purves D,** Augustine GJ, Fitzpatrick D, Katz LC, Lamantia A-S, McNamara JO. et al. Neurosciences. De Boeck, 2003 ; pp 800.
11. **Sherry D.F,** Schacter D.L. The evolution of multiple memory systems. Psychological Review. 1987; 94:439-454.
12. **Damasio AR.** Spinoza avait raison : joie et tristesse, le cerveau des émotions, Paris, Odile Jacob, 2003, pp346.
13. **Delmas A.** Voies et centres nerveux. Masson 1992 (12e éd.)107-113 et 130-132.
14. **McAdams S.** Audition : physiologie, perception et cognition. In Richelle M & Robert M (eds) Traité de psychologie expérimentale PUF. Paris 1994, 283-344.
15. **Gazzaniga MS, Ivry GR, Mangun GR.** Neurosciences cognitives. De Boeck ; 2001 ; pp 585.
16. **Stanley K.** Anatomie Émotionnelle. Ed° française : M. Guilbot 1997. pp 317.
17. **Robert-Ouvray S.** Intégration motrice et développement psychique. Une théorie de la psychomotricité. Ed°. Desclée de Brouwer. 2010, pp 276.
18. **Bartoshuk LM.** “The biological basis of food perception and acceptance”. Food Qual. Pref. 1993 ; 4:21-32.
19. **Morin E.** Introduction à la pensée complexe. Seuil. 2005, pp 158.
20. **Barlow B, Mollon JD. The Senses.** Cambridge: Cambridge University Press. 1989 ; pp 496.
21. **Kahle W, Leonhardt H, Platzner W.** Anatomie. Tome 3 Système nerveux et organes des sens. Flammarion, Médecine-Sciences. 1981 ; pp 372.
22. **Buhusi CV, Meck WH.** What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. Nature Reviews Neuroscience. 2005 ;6:755-765.
23. **Boring E.** “Sensation and perception in the history of experimental psychology”. New York: Academic Press, 1977 ; pp 644.
24. **Delorme A, Flückiger M.** Perception et réalité. De Boeck éditeur. 2003 ; pp 516.
25. **Ivry RB, Schlerf JE.** Dedicated and intrinsic models of time perception, Trends in Cognitive Sciences. 2008 ;12 :273-280.
26. **Dhouib S, Vergnon L.** L'olfaction : un sens à ne pas méconnaître en particulier chez les personnes âgées : Rappel Anatomophysiologique. La revue de Gériatrie. 2006 ; 31:19-25.
27. **Gentaz E.** La main, le cerveau et le toucher. Paris : Dunod ; 2009 ; pp 172.
28. **Bainbridge-Cohen B.** Sentir, ressentir et agir. L'anatomie expérimentale du Body-Mind Centering, Ed°. Contredanse ; 2002, pp 367.
29. **Lacour M, Barthelemy J, Borel L, Magnan J, Xerri C, Chays A et al.** Contrôle postural et stratégies sensorielles : Étude chez le sujet sain et en pathologie vestibulaire. In Lacour, Sauramps médical (eds). Posture et Equilibre. 1997, pp : 123-135.
30. **Gregory R.** l'œil et le cerveau. De Boeck éditeur. 5e édition, 2000 pp 336.
31. **Gagey PM, Weber B.** Posturologie ; Régulation et dérèglements de la station debout. 3e édition, Elsevier Masson, Paris 2005 pp 178.
32. **Rodieck R.W.** La vision. De Boeck éditeur. 2003 ; pp 562.
33. **Pelletier C.** Beyond the Tongue Map. *Beyond the Tongue Map*: Evaluating Taste and Smell Perception. The ASHA Leader, 2002.
34. **Collings V. B.** “Human taste response as a function of location of stimulation on the tongue and soft palate”. Percep. Psychophys. 1974 ; 16:169-174.
35. **Richer F, Boulet C.** Les lobes frontaux et le contrôle cognitif. Revue québécoise de psychologie. 2002 ; 23 ; 120-136.
36. **Bear MF,** Connors RB, Paradiso MA. Neurosciences : à la découverte du cerveau. Masson- Williams. 1997, pp 654.