

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle (Republication augmentée PI)

André Michaud

→ [Click here for English version](#)

→ [Haga clic aquí para versión en español](#)

→ [Hier anklicken für die Deutsche Fassung](#)

### Résumé :

Description de la mécanique de la pensée conceptuelle découlant de séquences d'interaction entre le système limbique et les zones verbales du néocortex. Description de l'augmentation du niveau d'attention jusqu'à la pleine conscience active lorsqu'une sensation de malaise due à un stimulus verbal est déclenchée par l'amygdale, suivie d'un processus de cogitation active impliquant les zones verbales du néocortex, se terminant par un renforcement dans le néocortex par l'hippocampe d'une arborescence synaptique correspondant à une séquence verbale modifiée qui enlève ou réduit le sentiment de malaise qui a initié la séquence. Description de la capacité de généralisation découlant de l'utilisation de langues articulées, acquises par éducation, à partir desquelles émergent la pensée conceptuelle et le langage mathématique collectivement intelligible qui se développe également à divers degrés chez certains individus par éducation. Description du mode de pensée mathématique dont les engrammes ont été localisés dans le néocortex dans des zones qui ne chevauchent pas les zones verbales.

**Mots clés :** Néocortex, amygdale, hippocampe, zones verbales, pensée conceptuelle, langage verbal articulé, langage mathématique non verbal.

Cet article a été initialement publié dans le *Journal of Creative Education* le 2019-01-09.

Michaud, A. (2019). *The Mechanics of Conceptual Thinking*. Creative Education, 10, 353-406.

<https://doi.org/10.4236/ce.2019.102028>

[https://www.scirp.org/pdf/CE\\_2019022016190620.pdf](https://www.scirp.org/pdf/CE_2019022016190620.pdf)

L'article révisé et amplifié a été republié sur invitation avec un nouveau titre sous forme d'un chapitre dans le livre intitulé "*New Horizons in Education and Social Studies Vol. 6*", qui fait partie d'une collection qui présélectionne des articles jugés dignes d'attention dans l'offre globale, pour les mettre à la disposition de la communauté.

Michaud, A. (2020) *Advancement on the Mechanics of Conceptual Thinking*. In: Dr. Sachin Kumar Jain & Dr. Alina Georgeta Mag, Editors. *New Horizons in Education and Social Studies Vol. 6*. West Bengal, India: Book Publisher International. 2020.

<https://doi.org/10.9734/bpi/nhess/v6>

<https://bp.bookpi.org/index.php/bpi/catalog/book/338>

**(PROMOTIONAL VIDEO)**

Voici la traduction en français de l'article republié en 2020 :

## 1. Introduction

Les connaissances accumulées à propos de l'implication des structures internes du système limbique dans le processus du langage articulé, d'où émerge la pensée conceptuelle, sont maintenant suffisamment avancées pour qu'une mécanique claire du fonctionnement de la pensée conceptuelle soit formulée. De manière inattendue, il semble confirmé que les réflexes de défense associés aux réactions de peur induite par des sensations de danger, qui sont gérées par le système limbique, dont l'amygdale et l'hippocampe font partie, sont impliqués dans la mécanique de la pensée conceptuelle.

C'est en effet dans le système limbique, que Paul Chauchard identifie comme étant le siège de la "bioconscience" [1], que l'ensemble des signaux biologiques en provenance du reste du corps est intégré avant d'être mis à disposition de la conscience active du sujet, à travers un filtre de sensations de bien-être ou d'inconfort. Ce qui est perçu comme satisfaisant les besoins organiques est interprété comme étant plaisant, et ce qui est perçu comme étant dangereux est interprété comme étant déplaisant.

*"Il y a donc là un aspect particulièrement développé de la bioconscience qui va acquérir toute son importance du fait que l'écorce cérébrale en tire une information capitale pour la vraie conscience et des moyens d'implantation de celle-ci dans la réalité existentielle et organique. Si nous ne sommes pas pour nous-mêmes un objet observable avec une froide raison, mais une vraie réalité vivante et sentante, nous le devons avant tout à cette intégration hypothalamique." ([1], p. 63).*

Il s'avère que l'utilisation du langage articulé active ces sous-structures du système limbique d'une manière qui initie et entretient chez l'être humain une conscience éveillée attentive pendant les périodes de veille, en attirant l'attention de l'individu de manière constante vers les séquences des souvenirs non-verbaux qu'il a associés à ces stimuli verbaux.

Après avoir été activées, ces séquences de souvenirs peuvent alors être mises en corrélation en de nouvelles configurations qui activent à leur tour d'autres séquences de souvenirs en un processus continu qui peut demeurer non guidé comme lorsque nous rêvons, ou qui peut être volontairement orienté à la recherche de souvenirs spécifiques que le sujet souhaite mettre en corrélation d'une manière nouvelle avec l'ensemble des souvenirs activés.

Au niveau général, la machinerie biologique qui supporte la pensée conceptuelle a été identifiée comme impliquant principalement trois structures cérébrales qui ont été étudiées extensivement, soit l'amygdale, les zones verbales du néocortex et l'hippocampe. Il a été observé que ces trois structures s'activent dans un ordre très précis lorsqu'un stimulus verbal engendre le moindre sentiment d'inconfort dans l'amygdale, ce qui fait en sorte que l'individu prêtera activement attention à ce que le stimulus verbal lui rappelle.

Le rôle central joué dans la pensée conceptuelle par les stimuli verbaux est dû à la capacité de l'être humain d'utiliser un langage articulé, ce qui nous permet de nommer absolument tous les aspects de tous les objets, processus ou événements non-verbaux que nos sens nous permettent de percevoir, de tous les concepts abstraits non-verbaux que nous concevons, de même que de toutes les émotions et sensations non-verbales originant du système limbique.

L'utilisation de ces noms pour penser à l'ensemble de ces souvenirs non-verbaux conduit à son tour à percevoir des similarités et des différences dans ces ensembles, conduisant à des généralisations d'où émerge un ensemble des concepts abstraits non-verbaux généralisés qui nous permettent d'organiser et structurer nos souvenirs non-verbaux de manière à comprendre notre environnement à un niveau infiniment supérieur à celui qui peut être atteint par les espèces animales ne possédant pas notre capacité d'utiliser un langage articulé.

Au niveau fonctionnel, la pensée conceptuelle implique l'organisation et la manipulation d'empreintes synaptiques localisées dans les zones verbales, généralement nommées "engrammes", chaque engramme correspondant à un réseau de synapses interconnectés correspondant à un mot, lui-même relié par des connections synaptiques aux informations non-verbales emmagasinées dans d'autres zones du néocortex sous forme d'autres réseaux d'empreintes synaptiques, chacune de ces empreintes synaptiques non-verbales correspondant à ce dont le sujet se souvient d'un objet, processus, événement, émotion ou concept abstrait non-verbal spécifique, ou à leurs caractéristiques. La pensée conceptuelle utilise un processus étape par étape pour découvrir le sens et créer des concepts qui peuvent à leur tour être développés en solutions basées sur le sens [2].

Pour simplifier la description, le mot "objet" sera souvent utilisé dans son sens large dans cet article en lieu et place de séquence "tout objet, caractéristique, processus, mouvement, événement, émotion, concept abstrait ou toute image concrète ou abstraite de quelle que nature que ce soit, etc.", c'est-à-dire, tout élément d'information qui peut être identifié séparément de tous les autres.

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

De manière générale, l'information non-verbale à laquelle chaque mot réfère en contexte de toute idée en cours d'être exprimée est emmagasinée dans l'hémisphère non-verbal du cerveau pour les empreintes résultant des perceptions des sens et dans les zones non-verbales de l'hémisphère verbal pour les empreintes correspondant aux concepts abstraits non-verbaux générés par le processus de généralisation qui s'établit en conséquence de l'usage du langage articulé.

Les "images" non-verbales des objets, processus et événements dont l'individu prend conscience en provenance de l'environnement parviennent jusqu'à sa conscience active à travers le filtre des émotions qu'elles provoquent lors de leur transit à travers le système limbique après avoir été synthétisées en représentations cohérentes par des réseaux multicouches de neurones spécialisés, à partir du flot continu des innombrables signaux perçus par les nerfs sensitifs.

*"C'est de cet ensemble seulement que nous avons conscience ; nous ne connaissons pas le détail de tous les messages qui parviennent, mais seulement leur interprétation d'ensemble qui seule importe ; le travail cérébral primaire d'interprétation est inconscient." ([3], p. 59)."*

Dans son essai intitulé *"Versuch einer psychologischen Interpretation der Symptomatologie der Hysterie. L'Encéphale 28, No. 4, 285-293, 1933"* ([4], 250), Ivan Pavlov identifia comme étant le *"premier système de signalisation"*, l'ensemble des images non-verbales provenant de l'environnement et du système limbique; soit un système de signalisation de même nature que celui moins performant des espèces possédant des systèmes nerveux moins complexes, et identifiait comme étant un *"second système de signalisation"*, les structures cérébrales créées par l'excitation kinesthésique induite par l'usage des organes de la parole, résultant en l'établissement d'un langage articulé, qui porte à l'attention du sujet les signaux du premier système. Il concluait finalement que ce second système de signalisation est *"la toute dernière et particulièrement délicate réalisation du processus de l'évolution."* [4] [5] [6].

*"C'est Pavlov qui a montré que le langage était une conséquence de la complexité cérébrale humaine et qu'il objectifiait la supériorité et la spécificité du cerveau humain par rapport au cerveau animal. Le langage lui est apparu comme une variété spéciale de réflexes conditionnés, un second système de signalisation. Le premier système est celui des gnosies et praxies de la pensée directe par images. A chaque image va se substituer par éducation sa dénomination verbale. Puisqu'il nomme tout, l'homme, au lieu d'associer des images, va pouvoir associer directement les noms correspondants, système plus apte au déploiement des possibilités d'abstraction du cerveau humain"* ([6], p. 122)."

Sa conclusion était donc que la capacité de l'être humain d'acquérir le langage articulé est la conséquence d'une activité neurale spécifique aux êtres humains, impliquant des processus qui permettent de simultanément abstraire et généraliser les innombrables signaux du premier système d'une manière qui leur confère la capacité d'analyser et synthétiser ce nouveau type de signaux, que sont les mots du langage articulé, en un ensemble de concepts abstraits non-verbaux généralisés qui forment une représentation interne de notre environnement, et qui constitue un nouveau principe permettant une orientation sans limite dans cet environnement, et qui est le fondement des réalisations ultimes de l'humanité, c'est-à-dire, la science dans toutes ses formes empiriques aussi bien que dans ses formes spécialisées [4] [5].

Voici une citation de son texte original de 1936, pour validation de conformité, résumant ses conclusions au sujet de l'apparition chez l'homme du langage en tant que *deuxième système de signalisation*, suivie de sa traduction :

*"Damit wird ein neues Prinzip in die Nerventätigkeit eingeführt, die Abstraktion und gleichzeitig damit die Verallgemeinerung der unzähligen Signale des vorhergehenden Systems. Parallel dazu erfolgt ebenfalls das Analysieren und Synthetisieren dieser neuen verallgemeinerten Signale. Dieses Prinzip erlaubt eine grenzenlose Orientierung in der Umwelt und begründet die höchste Anpassung des Menschen, die Wissenschaft, sowohl in Form des allgemeinmenschlichen Empirismus als auch in ihrer spezialisierten Form. Dieses zweite Signalsystem und sein Organ müssen als die allerletzte Errungenschaft des Evolutionsprozesses besonders anfällig sein." ([4], p. 265)*

*"Un nouveau principe de l'activité nerveuse apparaît ainsi qui abstrait et généralise simultanément les innombrables signaux du premier système. Parallèlement, ces signaux nouvellement généralisés deviennent alors disponibles pour analyse et synthèse subséquente. Ce principe permet une orientation sans limite dans l'environnement et est le fondement de la plus grande réalisation de l'humanité, la science, autant dans ses formes empiriques générales que dans ses formes spécialisées. Ce deuxième système de signalisation et son organe constituerait donc la toute dernière et particulièrement délicate réalisation du processus de l'évolution."*

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

L'ensemble des interconnexions synaptiques que le langage articulé établit entre les divers aspects de nos souvenirs non-verbaux constitue une structure hiérarchique associative par inclusion qui nous procure un accès facile et immédiat à tout sous-ensemble du modèle subjectif de la réalité que chacun de nous élabore à partir de l'enfance. L'évocation de chaque mot renforce momentanément les interconnexions synaptiques associant à ce mot les divers aspects des souvenirs qui furent connectés à ce stimulus verbal par le passé, en contexte de l'idée en cours d'être exprimée.

En plus d'organiser et structurer les observations non-verbales en provenance des sens, et les émotion et sensations provenant du système limbique, en cette structure interconnectée dont tous les aspects sont faciles à "visiter", pour ainsi dire; les noms permettent leur généralisation, ce qui conduit à l'établissement d'un ensemble supplémentaire de concepts symboliques abstraits non-verbaux issus de l'utilisation du langage, qui est aussi faciles à utiliser que les mots du langage lui-même pour penser aux événements, quantités, formes et volumes des objets perçus dans l'environnement et des processus divers dans lesquels ils sont impliqués, ce qui procure aux êtres humains la capacité de s'orienter spatialement et temporellement dans leur environnement. Selon le paradigme ontologique, les phénomènes mentaux doivent être considérés comme des structures mentales avec les lois spécifiques de son organisation et de son fonctionnement [7] [8] [9] [10] [11].

Au fil de l'histoire, un sous-ensemble spécial de ces concepts abstraits issus de l'usage du langage émergea au fil des échanges d'idées entre humains, soit l'ensemble des concepts géométriques idéalisés résultant de la perception des formes, ainsi que les concepts mathématiques abstraits résultant des mesures des quantités et des processus, pour devenir un langage non-verbal commun stable et universellement intelligible qui permet de discuter et d'échanger des informations utiles au sujet des objets et processus observés dans l'environnement.

Cet ensemble spécial de concepts géométriques et mathématiques idéalisés, que de nombreux individus apprennent à maîtriser au point de devenir capable de les utiliser directement pour penser conceptuellement non-verbalement à propos des processus qui sont soupçonnés exister objectivement dans notre environnement, sera discuté dans la dernière section de cet article. Mais nous nous en tiendrons pour le moment au premier niveau de ces concepts abstraits qui émergent directement de l'usage du langage articulé, d'où émerge l'ensemble des concepts géométriques et mathématiques idéalisés modernes.

Il a été observé que le premier niveau de concepts géométriques et mathématiques symboliques fait naturellement son apparition aussi tôt qu'à l'âge de 6 mois chez les enfants, en relation avec le développement du "*sens des nombres*", qui est considéré comme le fondement sur lequel toutes les habiletés mathématiques se développent ultérieurement [12]. Ces premiers concepts mathématiques abstraits sont relatifs à la prise de conscience de la pluralité d'objets semblables, d'où l'origine de l'expression "*sens des nombres*" pour nommer cette habileté naissante.

Les habiletés supplémentaires de deuxième niveau nécessaires à la manipulation de ces nombres et concepts géométriques, soit les habiletés d'addition, de soustraction, de multiplication et division sont typiquement acquises durant le cours élémentaire; durant le cours secondaire pour les habiletés de troisième et autres niveaux plus élevés tels l'algèbre de base, la géométrie, et l'analyse mathématique; et à l'ensemble complet de tous les niveaux actuellement développés des divers concepts mathématiques de haut niveau pour ceux qui y prennent intérêt.

Des tests exploratoires concluants par imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (fMRI) confirment maintenant que les zones du néocortex dans lesquelles ces empreintes synaptiques mathématiques non-verbales sont emmagasinées se situant hors des zones dédiées au traitement des empreintes verbales et ne les chevauchent pas [12].

De plus, il fut observé pendant ces expériences concluantes effectuées par Marie Amalric et Stanislas Dehaene en 2016, que quoique les zones verbales des non-mathématiciens demeurent pleinement actives pendant tout type de cogitation de haut niveau, les zones verbales de mathématiciens de haut niveau deviennent moins actives au bénéfice des zones mathématiques même pendant les activités de cogitation non-mathématiques, tel la reconnaissance faciale [12], ce qui signifie que les engrammes symboliques mathématiques non-verbaux qui se développent dans ces zones sont directement utilisés comme moyen de cogitation supplémentaires pour ceux qui les acquièrent.

La Figure 2 de la référence [12] identifie les zones non-verbales des deux hémisphères du néocortex qui s'activent chez les volontaires maîtrisant les mathématiques de haut niveau. Pour cette raison, et pour une deuxième raison de niveau ontologique qui sera mise en lumière plus loin, le langage mathématique non-verbal qui se développe dans ces zones séparées du néocortex sera nommé dans cette étude "*le troisième système de signalisation*". Chauchard était déjà bien conscient que la forme de pensée mathématique est une forme séparée de signalisation :

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

*"Les relations grammaticales, c'est-à-dire la manière dont nous associons les mots du langage sont une modalité fonctionnelle du cerveau humain ; à ce point de vue le progrès des langues est constitué par une meilleure utilisation des capacités du cerveau, le symbolisme mathématique n'étant lui-même qu'une variété du langage, donc de signalisation cérébrale." ([6], p. 123)*

Une observation majeure faite durant les expériences Amalric-Dehaene fut que tous les domaines mathématiques de haut niveau qui furent testés activent le même réseau de zones non-verbales du cerveau qui était déjà connues pour s'activer en relation avec l'émergence du sens des nombres.

Une hypothèse actuellement populaire est à l'effet que l'apparition du sens des nombres est antérieur à l'acquisition du langage articulé parce qu'il est observé de manière concluante comme apparaissant chez les enfants aussi jeunes que 6 mois d'âge, c'est-à-dire, longtemps avant que l'enfant puisse parler, ce qui conduisit à la présente recherche de fondements ontologiques encore inconnus liés à l'évolution qui pourraient logiquement expliquer l'émergence du sens des nombres chez les enfants [13].

À cette hypothèse cependant s'oppose une autre à laquelle adhère Noam Chomsky, selon laquelle l'émergence du sens des nombres serait plutôt une conséquence des premières acquisitions au niveau de la compréhension du langage articulé utilisé par les adultes qui s'occupent de l'enfant [14], ce qui établirait l'acquisition du langage articulé comme étant le fondement ontologique de l'acquisition subséquente des habiletés mathématiques non-verbales, et par extension, de tous les autres types de représentations symboliques non-verbales ne provenant pas directement des perceptions sensorielles ou limbiques.

Les arguments formulés en faveur d'un fondement préverbal ne clarifient cependant pas à quel moment durant l'enfance l'acquisition du langage articulé est sensée commencer à s'établir. Il est bien compris à ce sujet que même si les enfants commencent à parler en moyenne entre 18 et 24 mois d'âge, ils comprennent beaucoup plus tôt le sens d'un grand nombre de mots et phrases.

Le fait est que les enfants aussi jeunes que 1 an d'âge pointent déjà de manière très déterminée un doigt vers des objets dont il veulent de toute évidence connaître le nom, tel que confirmé par des études concluantes effectuées à l'Institut Max Planck, qui sont très révélatrices à cet égard, et qui révèle de plus que cette aptitude à demander gestuellement le nom d'un objet ne peut être que le résultat d'un processus vers l'acquisition du langage articulé qui a commencé plus tôt encore.

À quel point plus tôt ? Des recherches récentes effectuées par Erika Bergelson et Daniel Swingley [15] confirment que les enfants aussi jeunes que 6 mois d'âge comprennent déjà le sens de nombreux mots parlés, ce qui, fait intéressant, conduit à observer que le sens des nombres observé chez les enfants de cet âge pourraient en fait ne pas être préverbal, et qu'il demeure tout à fait possible qu'il puisse émerger d'un fondement verbal.

*"La plupart des enfants ne disent pas leurs premiers mots avant approximativement leur premier anniversaire de naissance. Néanmoins, les enfants connaissent certains aspects des structures sonores de leur langue entre 6 et 12 mois : ils apprennent à percevoir les consonnes et voyelles comme étant des catégories séparées, ils reconnaissent la forme des mots fréquemment entendus, et utilisent ces formes de mots emmagasinés pour tirer des généralisations au sujet des configurations de sons de leur langue, utilisant leurs capacités cognitives pour identifier de nouvelles configurations." [15].*

En effet, considérant qu'à partir du moment où l'enfant comprend que plusieurs objets dans son environnement sont désignés par un seul mot, "chaise" par exemple, il semblerait même étonnant que l'idée de la multiplicité d'objets visuellement identiques portant le même nom n'éveille pas chez lui l'idée d'une *pluralité d'objets semblables* en apparence, tous identifiés avec un mot unique; ce qui expliquerait tout naturellement que dès l'âge 6 mois, suite à cette première généralisation verbale, l'enfant développe *le sens des nombres*, tel qu'observé lorsque l'étude Starr-Libertus-Brannon [13] est mise en corrélation avec l'étude Bergelson-Swingley [15].

En réalité, il semblerait même en relation avec cet inévitable premier cas possible de généralisation, et de sa conséquence inévitable, que l'apparition de *la capacité de généralisation* et du *sens des nombres* soit un seul et même événement, qui n'auraient pas possiblement pu ontologiquement se produire avant l'établissement du mode de pensée verbal. La corrélation entre l'émergence du *sens des nombres* et l'apparition de la *capacité de généralisation* sera analysée un peu plus loin.

## 2. Survol du processus de la pensée conceptuelle

Avant de procéder à l'analyse de la capacité fondamentale de généralisation, examinons en premier lieu les interactions qui ont été observées entre les zones verbales du néocortex et le système limbique.

Nous analyserons en premier lieu de quelle manière un type particulier de stimulus verbal, originant soit d'une cogitation interne ou entendu ou lu d'une source externe, peut sur-activer le niveau d'attention jusqu'au niveau de conscience active par rapport à d'autres stimuli verbaux, coïncidant avec le déclenchement d'une séquence d'activation *amygdale-néocortex-hippocampe* maintenant bien identifiée, qui fait en sorte que l'individu prête une attention plus active aux souvenirs que ce stimulus verbal particulier élicite. Ce niveau d'attention momentanément plus élevé porté à l'ensemble des éléments activés permet alors au sujet d'identifier l'aspect spécifique de l'ensemble qui a déclenché ce niveau d'attention plus élevé.

Si cette identification résulte en une refocalisation de sa compréhension de l'ensemble d'une manière qui lui plaît mieux, au point qu'il soit satisfait de la nouvelle configuration, il est constaté que cette acceptation fera en sorte que l'hippocampe renforcera automatiquement l'ensemble des liens synaptiques associant les engrammes considérés dans cette nouvelle configuration.

Cependant, si aucune refocalisation satisfaisante ne se produit à court terme, le sujet peut perdre intérêt si un autre stimulus verbal fait en sorte que l'amygdale renforce un ensemble différent d'engrammes jusqu'au niveau de la conscience active, ce qui aura pour effet que l'ensemble non résolu sera inhibé hors du champ de la conscience active, jusqu'à ce que quelque autre stimulus verbal le réactive.

Étant donné l'implication permanente du système limbique pendant le processus de pensée conceptuelle, absolument tous les aspects de la cogitation des êtres humains sont considérés *de facto* à travers le filtre subjectif des réactions émotionnelles suscitées dans le système limbique pendant que l'information était initialement en cours d'enregistrement, aussi bien qu'à travers le filtre présumément différent des réactions émotionnelles de l'individu au moment où cette information est remémorée attentivement et reconsidérée, ce qui signifie que toute reconsidération objective devrait idéalement tenir compte de l'existence de ces deux filtres émotionnels subjectifs séparés.

Cette réponse émotive est due au fait que le système limbique, dont l'amygdale et l'hippocampe font partie, est génétiquement conçu pour s'occuper en priorité du déclenchement de réactions instinctives immédiates de protection lorsque les sujets ont l'impression de percevoir un danger quelconque, réel ou imaginé, dans l'information provenant des sens.

Il est bien établi que chez les mammifères, le système limbique est le siège des émotions. Il a été démontré de façon concluante dans la première moitié du 20e siècle par stimulation électrique de l'hippocampe de mammifères tels le chat, que des réactions défensives de peur, de rage, d'attaque et de fuite étaient provoquées, qui "*excitaient l'animal jusqu'aux plus hauts niveaux de vigilance, et le préparait pour les niveaux les plus extrêmes d'action physique qui pourraient être nécessaires pour assurer sa survie*" ([16], p. 607).

Puisque le niveau de danger ressenti par le sujet détermine l'intensité de la réponse de l'amygdale, en cas d'impression de danger extrême, ce niveau d'intensité déclenchera le choix immédiat par l'hippocampe de la réaction qui semblera instinctivement la plus apte à sauver la vie du sujet à ce moment précis, soit la fuite ou le combat, c'est-à-dire une configuration invariante de réactions comportementales instinctives si bien identifiée et documentée qu'elle a été formellement nommée *la réponse combat-fuite*.

Si nous définissions maintenant la sensation de "*peur*" comme étant une sensation de "*malaise extrême*" qui élève le niveau d'attention du sujet au niveau maximum à propos d'une menace mortelle perçue dans son environnement, il devient possible d'associer la gamme variant progressivement des niveaux d'intensité de la réponse de l'amygdale aux stimuli avec la gamme variant progressivement des niveaux de malaise située entre ce niveau extrême et le niveau de malaise le plus faible qui déclenchera une réponse de l'amygdale.

Des tests exhaustifs impliquant l'interprétation des électroencéphalogrammes (EEG) ont révélé que ce qui engendre un malaise susceptible de déclencher une réponse de l'amygdale, est tout type de stimulus inattendu ou nouveau, qui provoque une *variation de potentiel électrique corticale associée à un événement*, (en anglais, pour référence, *a cortical event-related electrical potential variation*), nommée ERP par abréviation de sa définition anglaise, résultant d'une séquence d'activité limbique différente de celle produite par des stimuli familiers ou prévisibles ([17], p. 50).

Il a été observé que la polarité de la forme d'onde ERP pendant les premières 500 millisecondes après un stimulus inattendu ou nouveau s'inverse du négatif au positif toujours selon la même séquence prévisible

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

d'inversion, passant de 200 ms négatif à 300 ms positif (souvent identifiée comme étant une *séquence N2/P3*). Il fut aussi observé que la forme d'onde pendant les deux séquences N2 et P3 varie en fonction de la *signification affective et de l'intensité* du stimulus, et peut même se produire lors qu'un stimulus attendu ne se produit pas. Tel que cité par Jordan Peterson ([17], p. 51), le neurophysiologiste Eric Halgren déclare que :

*"On peut résumer les conditions cognitives qui évoquent le N2/P3 comme étant la représentation de stimuli que sont nouveaux ou qui sont des signaux de tâches comportementales, et qui doivent par conséquent être pris en compte et traités"* ([18], p. 205).

L'évidence est maintenant prépondérante que l'amygdale et l'hippocampe sont à l'origine de la forme d'onde N2/P3. La plus intéressante découverte cependant, en contexte du présent article, concerne les stimuli verbaux dont l'origine est connue pour être le néocortex, et pour lesquels le système limbique génère plutôt une forme d'onde N2/N4/P3. Il a été observé de manière concluante qu'une séquence ERP négative de 400 ms (N4) s'intercale entre les séquences P2 et P3 chaque fois que des volontaires participants étaient exposés à des symboles verbaux abstraits tels que des mots écrits, parlés ou communiqués par le langage des signes, et que le signal N4 augmente en magnitude en fonction de la difficulté d'intégration de leur signification dans le contexte dans lequel ils sont formulés.

Cela signifie que contrairement à un stimulus sensoriel provenant de l'environnement, qui déclenche un signal N2 qui élève et concentre l'attention du sujet vers une recherche de plus d'information sensorielle dont l'origine est son *environnement extérieur*, ce qui ne nécessite aucune interaction avec le néocortex et est naturellement suivi d'un signal P3 correspondant à une réaction étant exécutée; un stimulus verbal provenant du néocortex déclenche un signal N2 qui élève et concentre l'attention du sujet vers une recherche de plus d'information verbale en provenance du "*environnement intérieur*" de ses pensées dont l'origine est le néocortex, induira naturellement une séquence N4 correspondant à cette recherche, avant la séquence P3 qui correspond à une réaction étant exécutée.

De plus, le signal N4 a été identifié comme ayant son origine dans le lobe temporal gauche [19], où sont localisées les zones verbales du néocortex (Figure 1), et impliquent aussi à un niveau de moindre intensité les zones miroir des lobes temporaux de l'hémisphère droit où sont localisées les empreintes synaptiques non-verbales des images sensorielles, et les zones périphériques aux zones verbales où sont emmagasinées les empreintes non-verbales des concepts abstraits, et auxquels les mots peuvent aussi référer.

Il semble maintenant clairement établi que le signal N4 est enregistré lorsqu'un *traitement sémantique* est spécifiquement requis en relation avec le contexte dans lequel les mots sont utilisés. Cela signifie qu'une séquence N2/N4/N3 correspond à un effort fait par le sujet pour comprendre plus clairement le sens des mots qui ont provoqué cette réponse N2/N4/N3; ce qui confirme qu'une séquence de signaux physiologiques impliquant en séquence l'amygdale, les zones verbales du néocortex et finalement l'hippocampe, est requise lorsqu'un aspect quelconque de la pensée verbale exprimée par cette phrase est ressentie comme étant en conflit avec l'ensemble des autres pensées déjà intégrées sur ce sujet, que cette phrase ait été entendue ou lue en provenance d'une source externe, ou ait simplement été formulée de manière interne par le sujet lui-même en réfléchissant à ce sujet.

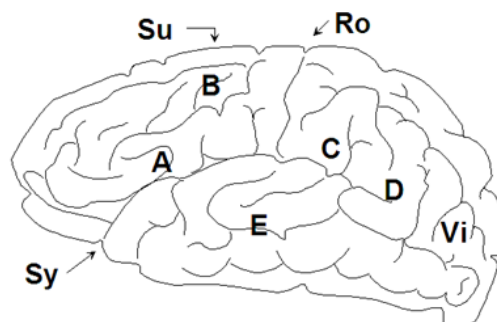


Figure 1 : Les zones verbales du néocortex.

La Figure 1, localise de manière générale les zones verbales de l'hémisphère gauche (le droit chez environ 5% des humains) où sont emmagasinées les empreintes synaptiques correspondant aux mots reconnus. Les engrammes correspondant aux mouvements qui doivent être exécutés par les organes phonateurs pour prononcer chaque mot sont localisés dans la *zone de Broca*, localisée immédiatement à l'arrière du lobe préfrontal gauche (Figure 1A). Le centre des praxies de l'écriture est localisé un peu plus haut (Figure 1B), dans la zone 4 de

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

Brodman. Finalement, la zone où l'ensemble des empreintes synaptiques verbales sont interconnectées avec les deux zones 1A et 1B et l'entière des empreintes synaptiques non-verbales en provenance des sens et autres empreintes non-verbales symboliques que les mots identifient et généralisent est la *zone de Wernicke* (Figure 1C, 1D, 1E), correspondant aux zones 39 et 40 de Brodman, ainsi que des parties des zones 21, 22 et 37.

Chauchard séparait la zone de Wernicke en trois sous-divisions [6]: 1- *Le centre sensoriel du langage* (Figure 1C), soit la zone 40 de Brodman, 2- *le centre de la lecture* (Figure 1D), soit la zone 39 de Brodman, et 3- *Le centre de l'audition des mots* (Figure 1E), soit des parties des zones 21, 22 et 37 de Brodman. Les zones verbales sont aussi décrites sommairement à la référence [20].

### 3. L'amygdale

Tel que déjà mentionné, l'une des fonctions premières de l'amygdale a été identifiée comme étant la génération et l'ajustement du niveau d'intensité de la sensation de peur, qui, lorsqu'elle atteint un niveau correspondant à une impression de danger mortel, qu'il soit réel ou imaginé, déclenche la *réaction combat-fuite* instinctive programmée génétiquement, destinée à sauver la vie du sujet. En résumé, ce type de comportement instinctif est associé à l'activation d'une séquence N2/P3 chez les humains. En plus de générer de telles sensations associées aux perceptions sensorielles, il a aussi été découvert que l'amygdale génère divers niveaux de sensations de malaise en relation avec des stimuli verbaux, associés cette fois à l'activation de séquences N2/N4/P3.

C'est ce qui établit la sensation de *peur* comme étant une sensation de *malaise extrême*, qui établit ce niveau d'intensité comme le plus extrême d'une échelle d'intensités à l'autre extrémité de laquelle les niveaux d'intensité de malaises résultant de stimuli verbaux varieraient de aucun *malaise* lorsque le sens des stimuli verbaux est familier ou sans intérêt pour l'individu, jusqu'à tout niveau de malaise que des stimuli verbaux déclenchent, chacun desquels initiant ainsi une séquence N2/N4/P3.

Il est bien établi qu'une sensation de peur intense, c'est-à-dire de malaise extrême, déclenche instantanément une émission d'adrénaline dans le système sanguin qui accroît à son plus haut niveau d'intensité l'état de conscience active et toutes les perceptions sensorielles de l'individu, souvent accompagné d'un état de rage lorsque l'option de combat est instinctivement choisie, ou un état de dépression lorsque la fuite est la réaction choisie. Étant instinctive, cette réponse combat-fuite se produit avant que l'individu puisse décider consciemment laquelle des deux options est la plus appropriée, un choix qu'il peut évidemment changer après avoir eu un peu de temps pour apprécier la situation.

Il est intéressant incidemment d'observer à ce point-ci que le maintien d'états d'hypervigilance post-traumatiques de soldats revenant du combat, ou de personnes qui ont vécu ou été témoins de situations mettant la vie en danger, en fait tous les cas d'hypervigilance, semblent reliés à une condition physiologique encore mal comprise qui empêche la relaxation de ces états physiologiques déclenchés par l'amygdale, même après qu'il soit conceptuellement compris par le sujet que la mise en danger à l'origine d'un tel état ne menace plus.

Mais contrairement au niveau de *malaise extrême* associé à la perception de danger imminent menaçant la vie, les niveaux d'intensité plus faibles de malaise induits par les stimuli verbaux ne déclenchent pas de telles réactions non contrôlées, mais attirent plutôt simplement l'attention du sujet sur la signification des mots qui ont induit cette sensation de malaise, induisant un sentiment de *curiosité* qui augmente le niveau d'intérêt plutôt que le niveau de peur.

Il semble que physiologiquement, l'amygdale active alors un processus d'excitation dans les zones verbales du réseau d'empreintes synaptiques associés à la séquence de mots utilisée, résultant en une inhibition relative des connexions synaptiques vers toutes les autres empreintes synaptiques verbales ([3], p. 82), qui polarise et oriente toute l'activité neuronale vers une activation des souvenirs associés à la séquence de mots utilisée.

Contrairement au sommeil, qui peut être considéré comme une vague d'inhibition qui submerge l'ensemble du néocortex, l'attention, c'est-à-dire la conscience active, peut être vue comme un rétrécissement du champ de conscience du sujet à l'arborescence d'empreintes synaptiques associées à la séquence de mots qui a déclenché la sensation de malaise, en renforçant les liens synaptiques seulement entre les empreintes appartenant à l'arborescence, ce qui inhibe par répercussion les connexions entre cette arborescence et les autres empreintes dans l'ensemble du néocortex [3].

Des recherches concluantes ont aussi montré que quoique l'amygdale est fortement interconnectée avec la plupart des structures du cerveau, elle est le plus fortement interconnectée avec le cortex préfrontal et les structures temporales associées à la reconnaissance verbale, ce qui supporte la conclusion que la phase



## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

d'excitation N2 déclenchée par l'amygdale utilise ce réseau densément interconnecté pour relier l'arborescence activée à la couche d'entrée du cortex préfrontal, qui est identifié comme étant impliqué dans le processus décisionnel [21], sous forme d'un ensemble unique de données à être simultanément traitées, en conformité avec la phase initiale de traitement simultané d'ensembles de données par les réseaux de neurones multicouches découverte par Donald Hebb [22].

En conclusion, il peut être considéré que l'amygdale est le "système d'alarme" du corps humain, qui se déclenche chaque fois qu'une situation inattendue est signalée via des stimuli sensoriels provenant de l'environnement, ou via des stimuli verbaux initiés par cogitation interne ou provenant de sources extérieures telles que des informations formulées verbalement en train d'être lues ou entendues, ou même ressenties comme tout texte en Braille en cours d'être lu tactilement.

## 4. Le mécanisme de l'attention

Tel que mentionné, le mécanisme de l'attention est le processus physiologique déclenché par l'amygdale qui augmente le niveau de conscience active d'une personne à propos de toute perception sensorielle inattendue ou tout stimulus verbal dont la signification est inattendue, ce qui suscite un sentiment de malaise généré par le système limbique, causant ainsi l'activation de l'amygdale. Ce niveau de conscience active accru fait en sorte que le sujet se concentre pour identifier la cause de ce malaise en vue de le résoudre, par comparaison avec le niveau plus faible de conscience active qui caractérise la circulation un peu au hasard et moins intense de notre pensée parmi nos souvenirs comme lorsque nous rêvassons.

Il a été observé que le mécanisme de l'attention agit similairement au processus de perception visuelle. Comme la vision, qui procure une vision claire dans une zone restreinte du champ de vision, et dont la précision diminue progressivement à mesure que la distance augmente autour cette zone, le mécanisme de l'attention induit un niveau de conscience augmenté mais restreint à l'arborescence qui a été activée, pendant que le niveau de conscience des autres souvenirs s'atténue progressivement vers une demi-conscience et aboutit finalement une perte de conscience active de tout autre sujet.

*"Le processus de l'attention est un processus d'orientation unifié de la conduite; il implique une canalisation des phénomènes d'activité statique ou dynamique dans une certaine direction et un arrêt de l'activité dans toute autre direction possible, un inhibition de toutes les formes de comportement qui ne s'accordent pas avec l'orientation dominante (H. Piéron). Inversement les autres neurones, les autres types d'aiguillage seront inhibés, soit qu'ils demeurent simplement au repos par rapport à l'excitation nouvelle, soit qu'ils soient mis en état d'inhibition voulue." ([3], p. 82).*

Selon Chauchard et ses collègues [3], au niveau physiologique, l'attention est le processus par lequel nous devenons intensément intéressé aux divers aspects d'une action, objet, concept ou événement, verbal ou non-verbal, qui de manière inattendue nous rend inconfortable lorsque nous y pensons.

*"Tandis que le sommeil pouvait être considéré comme une vague d'inhibition submergeant l'écorce cérébrale, l'attention, donc la conscience, est une vague d'excitation." ([3], p. 83).*

Bref, le sommeil peut être défini comme vague d'inhibition conduisant à une perte de conscience active de l'ensemble de nos souvenirs accompagné d'une perte de conscience active de nos perceptions sensorielles; l'éveil comme étant dû à une vague d'excitation de l'ensemble du néocortex conduisant un état de conscience active de l'ensemble de nos souvenirs et de nos perceptions sensorielles, et l'attention, comme une vague de surexcitation localisée conduisant à un état de conscience active augmentée d'une partie de nos souvenirs, accompagnée d'une perte de conscience active des autres souvenirs, et souvent aussi d'une perte momentanée de conscience partielle ou complète de nos perceptions sensorielles, équivalent à concentrer la totalité de notre conscience active à un seul sujet à l'exclusion de toute autre considération.

Lorsque nous nous interrogeons sur un sujet donné, nous avons vu que l'ensemble des neurones associés aux arborescences synaptiques dont les états stockent les éléments de cette idée s'excitent. Cela ne signifie pas pour autant que nous allons prendre conscience de tous ces éléments sur un pied d'égalité au même moment. L'attention, qui est le mécanisme physiologique par lequel notre conscience se concentre volontairement sur quelque chose qui nous intrigue momentanément au lieu de vagabonder au hasard comme lorsque nous rêvassons, agit en fait un peu comme la vue.

*"Comme la vue, la conscience n'embrasse qu'un certain champ dont les bords flous passent indistinctement de la conscience Claire à la demi-conscience et à l'inconscience. ([3], p. 49)."*

*Paul Chauchard, 1958*

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

C'est ce qui explique que malgré le fait que rien ne puisse empêcher notre néocortex de percevoir des cohérences dans les ensembles d'éléments fournis à la couche d'entrée, il n'y a aucune certitude que nous prenions toujours clairement conscience de ces cohérences.

En fait, cela représente l'obstacle le plus difficile dans notre quête constante d'une perception correcte de la réalité, car chaque fois que nous concentrons notre attention sur un point précis, les autres éléments de l'ensemble considéré échappent automatiquement, dans une certaine mesure, à notre attention active directe.

### 4.1. L'automatisme du traitement des ensembles d'éléments

Par conséquent, le raisonnement par perception des cohérences dans les ensembles d'éléments s'apparente à une recherche constante des éléments sous-jacents, et le fonctionnement même du mécanisme de l'attention apporte un élément de flou assez troublant.

À cette impression de flou, ou d'incertitude momentanée, que nous éprouvons lorsque nous nous interrogeons sur quoi que ce soit, il faut ajouter le fait que la sélection par corrélation d'un sous-ensemble dans un ensemble plus vaste est largement automatique et échappe à notre contrôle direct.

Bien que nous puissions contrôler consciemment la sélection des éléments qui, selon nous, devraient faire partie de l'ensemble à prendre en compte en prêtant successivement attention à chacun d'entre eux (voir Section 5) ; lorsque nous ne le faisons pas, il semble que les processus de corrélation déclenchés par nos questions se dérouleront de toute façon, principalement au niveau subconscient, à partir de n'importe quel ensemble d'éléments que le réseau lui-même associera même sans notre supervision directe [35].

Par conséquent, cette impression de flou et le fait que notre attention ne puisse considérer avec une totale clarté qu'un seul élément à la fois ne peuvent en aucun cas empêcher le réseau neuronal de prendre correctement en considération un ensemble d'éléments clairement définis, aussi nombreux soient-ils, associés à un cadre de référence clairement défini.

L'*automatisme* complète au niveau biologique de la perception des cohérences par les réseaux neuronaux multicouches du cerveau est peut-être la caractéristique qui mystifie le plus les chercheurs, alors que l'on sait depuis longtemps que c'est le cas pour les réseaux artificiels.

Sans doute en raison de leur plus grande familiarité avec les simulations de réseaux de neurones sur ordinateur conventionnel, il leur semble difficile d'imaginer que tout type de traitement logique d'information puisse se dérouler directement, sans qu'aucune programmation d'aucune sorte ne soit impliquée. C'est pourtant le cas pour tous les réseaux de neurones réels, y compris le néocortex.

C'est sans doute pour cette raison que les intuitions soudaines qui apportent souvent des réponses à des problèmes que nous étions incapables de résoudre consciemment leur apparaissent comme n'ayant aucun rapport avec la pensée rationnelle ; alors qu'une intuition, c'est simplement prendre soudainement conscience d'une corrélation que le réseau avait mécaniquement offerte en sortie comme résultat final d'un des processus de corrélation automatique que l'auto-questionnement de l'individu aurait déclenché quelque temps auparavant et qui a suivi son cours même pendant que son attention s'était portée sur d'autres aspects de son modèle de réalité.

En neurobiologie par exemple, peu de liens semblent avoir été établis entre ce que l'on appelle *le critère d'associativité* ou le *critère de sélectivité* et la propriété des réseaux neuronaux de traiter les données comme des ensembles d'éléments. Il semble y avoir une tendance générale à considérer un tel traitement comme linéaire ([16], p. 640) ([26], p. 143).

### 4.2. Infrastructure d'indexation Associative par Inclusion

Voyons maintenant comment le réseau de liens se structure dans le néocortex sous la pression du langage. Dans le néocortex humain, les différentes fonctions ne sont pas réparties entre différents supports physiques comme dans les ordinateurs classiques. Bien sûr, il existe certaines localisations, notamment en ce qui concerne les groupes de neurones récepteurs spécialisés dans la réception des impressions sensorielles et les groupes de neurones moteurs qui permettent le mouvement volontaire.

Tous nos souvenirs sont stockés en permanence directement dans le réseau, et c'est ce qui permet la croissance d'une structure synaptique arborescente permanente d'interconnexions qui associe un

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

nombre indéfiniment grand de caractéristiques à chacun de nos souvenirs, par le biais de corrélations plus ou moins approximatives et divers modes d'association par inclusion.

Implicitement, une certaine organisation ou structuration de cette information est dans l'ordre des choses, car l'idée même que des informations pouvant être traitées de manière cohérente soient laissées en désordre est contraire à la raison.

Dans le cas des réseaux de neurones multicouches, la seule approche structurante réellement efficace semble être une structure d'indexation des éléments de données par catégories qui permettra d'associer à chaque objet considéré, un nombre de caractéristiques suffisamment important pour que chacun d'eux soit facilement identifiable sans l'ombre d'un doute, individuellement ou en groupe.

Le nombre presque incalculable d'interconnexions synaptiques présentes dans le néocortex permet d'associer un nombre pratiquement illimité de caractéristiques à tout objet ou concept auquel un individu souhaite penser.

Les règles de base identifiées par Hebb, qui déterminent l'intensité de l'empreinte synaptique de la mémoire, feront automatiquement le reste du travail en ce qui concerne le stockage des résultats dans la mémoire, un processus qui est contrôlé par l'hippocampe. Les souvenirs sont nécessairement stockés sous forme d'états particuliers des synapses, qui peuvent être stabilisés dans toute une gamme de niveaux d'intensité possibles.

Plus un souvenir est *visité* souvent, plus l'empreinte de ce souvenir sera renforcée et plus il sera facile de le revisiter à l'avenir. Moins un souvenir est visité, plus son empreinte sera faible et plus il sera difficile d'y revenir à l'avenir.

Même si chaque empreinte mémorielle implique plusieurs centaines ou milliers de connexions synaptiques, il n'y a pas lieu de craindre que nous manquions d'espace, compte tenu du nombre astronomique de connexions qui existent.

## 5. Les zones verbales du néocortex

Suite à la suractivation de l'arborescence d'empreintes synaptiques conduisant aux souvenirs associés aux mots qui ont provoqué le stimulus verbal, la question se pose quant au type de traitement qui se produira fonctionnellement et physiologiquement dans le néocortex pendant la phase N4 de la séquence amygdale-néocortex-hippocampe, avant que l'hippocampe entre en action. La résolution du malaise qui a déclenché le stimulus verbal implique par définition un processus d'apprentissage dont le résultat sera généralement un changement dans la compréhension de la phrase telle que formulée, qui peut prendre la forme d'une nouvelle conclusion, une compréhension plus claire d'une situation, le raffinement d'un geste, etc.

Étrangement, la corrélation qui peut être faite entre la découverte par Donald Hebb dans les années 1940 [22] que le néocortex est un réseau de neurones à 6 couches, et la découverte préalable par Pavlov dans les années 1930 que le langage articulé supporte la pensée conceptuelle [23], semble avoir suscité peu d'intérêt dans le domaine scientifique même de Pavlov, soit le milieu de la neurophysiologie. Les découvertes de Hebb ont plutôt servi de fondement à d'intenses recherches dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA), culminant récemment avec la définition de la technique avancée d'*apprentissage profond* [24], particulièrement efficace dans le développement en croissance exponentielle de toutes sorte d'application IA de plus en plus performantes.

Ses découvertes au sujet du néocortex sont de nouveau mentionnées dans une série d'articles récents [16] [25] [26], dont le présent article est la quatrième et dernière composante, en rapport avec le développement de la capacité de compréhension chez l'être humain, explorée par Chauchard et ses collègues dans les années 1940 et 50 [1] [3] [6] [27] [28] [29] [30]. Cette série d'articles est destinée à attirer de nouveau l'attention sur le rôle fondamental de ces propriétés du néocortex dans l'apparition et le développement de la pensée conceptuelle que seul l'homo sapiens possède.

Les quatre propriétés de corrélation inhérents par structure à tous les réseaux de neurones multicouches, soit les critères structurellement intégrés de discrimination appliqués automatiquement de *simultanéité*, la *successivité*, la *similarité* et la *dissemblance* ([31], p. 23), sont appliqués par structure à tout ensemble d'éléments fourni à la couche d'entrée du réseau pendant que leurs signaux sont comparés durant leur passage dans l'épaisseur des 4 couches intercalaires du néocortex, conduisant aux cohérences qui sont rendues disponibles à la 6e couche, soit la couche de sortie; cohérences établies par le processus automatique de

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

corrélation, et qui sont les seules informations dont nous pouvons devenir activement conscients en provenance de nos perceptions sensorielles [25].

Par ailleurs, quatre activités spécifiques ont été identifiées comme soutenant le processus d'apprentissage, qui est le processus d'acquisition de connaissances sur l'environnement, soit l'*association*, la *classification*, la *discrimination et l'estimation ou évaluation*. Les trois premières, soit l'*association*, la *classification*, la *discrimination*, sont guidées par le processus de généralisation qui émerge de l'usage de langages articulés. Sans surprise, ces trois activités sont effectuées en fonction des mêmes quatre critères de corrélation qui sont inhérents au fonctionnement du néocortex, soit la *simultanéité*, la *successivité*, la *similarité* et la *dissemblance*. La quatrième activité, soit l'*estimation ou évaluation*, sera analysée plus loin, mais examinons en premier lieu les quatre critères de corrélation.

Le critère de *simultanéité* établit la relation spatiale entre un élément et d'autres éléments mis en corrélation. Ce critère, en plus de causer intuitivement chez l'enfant l'apparition du *sens de l'espace* par l'observation que des objets différents (*dissemblance*) dans son environnement sont simultanément présents (*similarité*) à des endroits différents (*dissemblance*). C'est ce critère qui cause l'apparition du *sens des nombres* déjà mentionné, lorsque l'enfant commence à comprendre que différents objets (*dissemblance*) situés à différents endroits (*dissemblance*) dans leur environnement portent le même nom (*similarité*), ce qui implique nécessairement par structure l'utilisation de stimuli verbaux.

*"A chaque image va se substituer par éducation sa dénomination verbale. Puisqu'il nomme tout, l'homme, au lieu d'associer des images, va pouvoir associer directement les noms correspondants, système plus apte au déploiement des possibilités d'abstraction du cerveau humain." ([6], p. 122).*

Puisque aussi jeune que vers l'âge de 6 mois, l'enfant commence déjà à penser avec les noms que les adultes autour de lui donnent aux objets qu'il observe dans son environnement [15], il devient naturel pour lui de déjà concevoir et stabiliser le concept mathématique abstrait non-verbal de premier niveau de *multiplicité* d'objets différents (*dissemblance*) auxquels il pense maintenant avec un mot unique (*similarité*), d'où l'apparition du *sens des nombres*.

Tel que déjà mentionné, à partir du moment où l'enfant comprend que le seul mot "chaise", par exemple, désigne plusieurs objets différents dans son environnement, les critères de *similarité* et de *dissemblance* qu'il peut appliquer à chacune de leurs caractéristiques individuelles (couleur, forme, etc.), lui permettront de les identifier individuellement, mais le critère de *similarité* appliqué répétitivement au nom unique qui lui vient à l'esprit chaque fois qu'il observe ces objets après avoir associé ce nom unique à chacun de ces objets, ne peut que répétitivement renforcer sa compréhension que plus d'un objet correspond à ce critère d'identification unique.

Le critère de *successivité* établit la relation temporelle entre un élément et d'autres éléments mis en corrélation. Tout comme le critère de *simultanéité* provoque intuitivement l'émergence du *sens de l'espace* chez les enfants sans aucun besoin de stimuli verbaux, le critère de *successivité* cause intuitivement l'émergence du *sens du temps* sans aucun besoin de stimuli verbaux non plus [32]. L'observation que des objets peuvent être présents de manière seulement intermittente, ou cyclique, cause l'émergence intuitive du *sens du temps*.

En effet, il a été observé que peu de temps après la naissance, les enfants peuvent percevoir la durée d'un intervalle de temps entre deux occurrences d'un événement qui se répète régulièrement [33]. Bien plus, une étude publiée en 2010 par Elizabeth Brannon et al. confirme qu'à partir de l'âge de 6 mois, ce développement intuitif du *sens du temps* apparu plus tôt se met à se développer au même rythme que le *sens des nombres* qui apparaît seulement à partir de cet âge [34]. Cela signifie que la prise de conscience du concept abstrait de l'existence de *processus*, qui par définition même implique un changement d'état dans l'environnement, et qui est donc directement lié au *sens du temps*, est aussi liée aux stimuli verbaux.

De leur côté, les critères de *similarité* et *dissemblance* sont le fondement même de la capacité de généralisation procurée par la maîtrise du langage, comme démontré sommairement en analysant de quelle manière les critères de *simultanéité* et *successivité* sont utilisés pendant le processus automatique de corrélation utilisé par les activités d'*association*, de *classification* et de *discrimination* du néocortex.

En fait, ils sont les conditions binaires opposées (1,0) qui permettent de définir comment les deux premiers critères de *simultanéité* et *successivité* s'appliquent aux diverses caractéristiques des objets et processus dans notre environnement. Ils permettent de clairement discriminer entre les caractéristiques *statiques* versus les caractéristiques *dynamiques* de ces *objets* et de ces *processus*, qui peuvent maintenant être plus clairement décrites et comprises à l'aide du langage non-verbal géométrique/mathématique qui a maintenant été développé à partir de leur descriptions verbales. Voir section "*Le mode de pensée mathématique*" pour plus ample analyse.

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

Les critères métaphoriquement "perpendiculaires" de *simultanéité* et *successivité* peuvent aussi être vus comme des opposés binaires (1,0), lesquels, lorsque mis en corrélation avec les deux autres critères opposés de similarité et dissimilarité (1,0), pourraient même être vus comme un code à quatre états qui pourrait possiblement constituer la méthode même de codage utilisée par le néocortex pour encoder les empreintes synaptiques de chaque élément emmagasiné en mémoire, qu'il soit verbal ou non-verbal, d'une manière rappelant le code génétique; possiblement en fait, une transposition arborescente de la méthode séquentielle de codage du code génétique pour emmagasiner de l'information.

Ces quatre critères de sélection sont apparemment tout ce qui est requis pour qu'un humain puisse traiter toutes ses perceptions sensorielles en les convertissant en son modèle subjectif spatio-temporel personnel de la réalité physique objective à laquelle il doit s'adapter pour survivre.

À partir du moment où un enfant commence à maîtriser sa langue maternelle (plus d'une langue pour beaucoup d'enfants), tout malaise à propos de la signification d'un stimulus verbal déclenchera une envie émotionnelle de bas niveau de résoudre le conflit qu'il perçoit entre un nouveau mot, ou un mot déjà connu, et l'information à propos de tout objet, événement, suite d'événements, concept abstrait ou émotion qu'il avait préalablement intégré et harmonisé, ce qui enrichit progressivement sa compréhension subjective de la réalité physique vers un niveau minimalement suffisant pour interagir avec succès.

## 6. L'hippocampe

Examinons maintenant la quatrième activité nécessaire à la conclusion du processus d'apprentissage, soit l'activité d'évaluation ([31], p. 23), qui entre en jeu seulement après que les cohérences résultantes ont été établies dans le cortex préfrontal. À partir du moment où une ou plusieurs "solutions" possibles à l'inconfort qui a fait déclencher une séquence N2/N4/P2 par l'amygdale, l'hippocampe prend automatiquement le relais pour choisir laquelle parmi les "solutions" résultantes est la plus émotionnellement satisfaisante.

Quoique la mécanique de sélection de l'hippocampe soit complètement automatique par défaut seulement en fonction de la réponse émotionnelle générée par chacune des cohérences résultantes fournies par le cortex préfrontal; puisque le sujet est en train de prêter une attention active au processus, il peut donc consciemment évaluer l'ensemble des cohérences résultantes et peut bien sûr forcer une préférence logique de choix final, même contre la sélection automatique "émotivement intuitive" proposée par son hippocampe.

Le sujet peut même rejeter toutes les cohérences obtenues en première instance et forcer une réévaluation complète en augmentant ou réduisant volontairement l'ensemble des éléments à considérer, ce qui est précisément ce que le processus de "cogitation" implique, pour finalement laisser opérer le choix "émotionnellement intuitif" de l'hippocampe seulement lorsque le sujet est conceptuellement satisfait par la nouvelle cohérence, qu'il préfère maintenant même émotionnellement.

En plus de choisir automatiquement l'action la plus émotionnellement satisfaisante parmi le choix offert par la zone préfrontale, à moins que ce choix ne soit contré volontairement par le sujet, une autre fonction majeure de l'hippocampe a clairement été identifiée et confirmée, en contexte, suite au cas historique d'un patient auquel la littérature scientifique réfère avec les initiales H.M.; dont les deux hippocampes droit et gauche ont été excisés en une tentative pour contrôler son épilepsie.

Il a été observé ensuite que H.M. était devenu incapable d'accumuler le moindre nouveau souvenir, ni à long terme ni à court terme ([26], p.153). Même s'il se comportait normalement en tous respects et pouvait soutenir de longues et intelligentes conversations avec des étrangers, après que cette personne ait quitté la pièce pour seulement quelques minutes, H.M. était devenu incapable de se souvenir d'avoir eu cette conversation ou même d'avoir rencontré la personne avec laquelle il avait discuté.

Cela confirme que pendant la phase P3 d'activité de l'hippocampe, en plus de choisir et d'activer l'action la plus satisfaisante émotionnellement, il renforce aussi et stabilise de manière permanente dans le néocortex le réseau synaptique complet qui correspond à ce choix, en fonction de l'intensité de l'émotion qu'il suscite, et qui peut ou non impliquer une action physique du sujet, que ce soit en cas de réactions de défense face à un danger ou en cas de conversation avec une autre personne, dans les deux cas de mémorisation à court ou long terme de l'action concernée.

Cela signifie que l'hippocampe est l'instance décisionnelle en ce qui concerne l'action à prendre parmi les choix proposés suite à l'état d'alerte déclenché par l'amygdale, signalant soit une action à être effectuée en regard de perceptions sensorielles, ou qu'un choix doit être fait en regard de la signification d'un stimulus verbal.

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

En cas de danger physique extrême signalé par l'amygdale, présumément en provenance de perceptions sensorielles, les réactions instinctives programmées génétiquement de combat ou fuite sont les seules options offertes comme choix possibles par l'hippocampe en vue de sauver la vie du sujet, hors du contrôle volontaire immédiat du sujet. Tous les niveaux d'alerte moins intenses de l'amygdale cependant laissent de toute évidence du temps pour que le sujet puisse évaluer les situations.

Ce choix sera alors habituellement en plein accord avec la préférence émotionnelle du sujet, guidée par les signaux émotionnels originant de son système limbique, quant à laquelle parmi les solutions offertes est ressentie comme étant émotionnellement *la plus plaisante, la plus satisfaisante*, etc. ou alternativement, *la moins déplaisante, la moins douloureuse*, etc.; mais puisque le sujet peut évaluer les situations en fonction d'autres informations préalablement mémorisées, il peut aussi volontairement passer outre ce choix émotionnel par défaut de l'hippocampe, en introduisant un paramètre qui fera en sorte qu'une option différente devient logiquement, c'est-à-dire non-émotionnellement, *la plus plaisante, la plus satisfaisante*, etc. ou alternativement, *la moins déplaisante, la moins douloureuse*, etc., dans ce cas précis.

Il est même possible qu'aucune action ne résulte d'une alerte de l'amygdale moins intense qu'un signal de danger physique maximal, dû à une perte momentanée d'intérêt envers un stimulus particulier causé par une nouvelle alerte signalée par l'amygdale à propos d'une situation différente.

## 7. L'origine et la fonction des émotions

Deux séquences d'actions d'importance primordiales sont génétiquement programmées dans les sous-réseaux neuraux du système limbique humain, qui est une évolution de structures cérébrales plus primitives présentes chez les mammifères et vertébrés d'où notre espèce est génétiquement issue; la première contrôlant le *comportement combat-fuite instinctif* destiné à la favoriser la survie de l'individu, et l'autre contrôlant le *comportements reproductif instinctif* destiné à favoriser la survie de l'espèce entière.

Lorsqu'un danger imminent est perçu, une intense sensation de peur est induite par le système limbique, qui déclenche des réactions instinctives immédiates de protection chez les individus, allant de l'immobilité totale, à la fuite, à de violentes réactions de combat, selon le comportement qui semble instinctivement le plus immédiatement susceptible d'assurer la survie.

Des impressions de danger de toutes natures ne menaçant pas immédiatement la vie induiront toute une gamme de sensations de *peur* moins intenses, qui sont associées à divers degrés de *mécontentement* ou *inconfort*, qui détermineront le comportement des individus d'une manière moins immédiate et instinctive. Par exemple, *la haine, la colère, l'angoisse, l'irritation, l'embarras, le désespoir, la frustration, la panique, la rancœur, etc.*; bref, toute émotion négative qui semble pouvoir être associée à une sensation par le sujet que son bien-être ou sa survie sont en jeu, que la cause soit *réelle* ou *imaginaire*.

*Réelle* ou *imaginaire* fait référence au fait qu'étant donné que toutes les perceptions sensorielles passent par le filtre du système limbique avant que le sujet puisse en prendre conscience, certaines perceptions peuvent être interprétées à tort comme étant menaçantes dû à un état émotionnel momentané induit par des perceptions préalables sans rapport avec le stimulus en cours d'évaluation, ce qui peut induire des réactions de défense inappropriées.

D'autre part, le *comportement reproductif instinctif* des individus, génétiquement programmé pour assurer la survie de l'espèce, peut être associé à divers degrés de plaisir qui détermineront le comportement des individus en vue d'assurer la survie de l'espèce. Par exemple, des émotions telles *l'acceptation, l'affection, le désir, l'empathie, la joie, l'amour, etc.*; bref, toute émotion positive qui semble pouvoir être associée au processus de sélection, d'attraction, de conservation et de protection d'un(e) partenaire de sexe opposé en vue d'engendrer une descendance, peut être associée à divers degrés de plaisir, qui déterminent le comportement des individus.

L'origine de la si "mystérieuse" émotion de *l'amour*, par exemple, réciproque ou non, peut facilement être retracée jusqu'au besoin instinctif de "*protéger de tout danger*" le/la partenaire et les enfants issus de l'union; étendant ainsi la portée du *comportement instinctif combat-fuite* protecteur égocentré de la vie de l'individu jusqu'à inclure les membres du cercle familial immédiat, comportement qui peut éventuellement s'étendre à des groupes largement plus nombreux [35].

Par opposition, l'origine des sentiments de *haine* peut aussi être retracée via une corrélation similaire jusqu'au besoin irrépressible, engendré par la peur, de les protéger de tout ce qui peut sembler, rationnellement ou non, menacer leurs vies ou leur bien-être comme les siens propres.

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

Bref, les plus hauts niveaux d'intensité de ces émotions en apparence opposées d'*amour* et de *haine*, qui émergent de ces réflexes génétiquement programmés pour assurer la survie des individus et de l'espèce, pourraient être vus comme les deux limites du spectre entier de tous les niveaux d'intensité des émotions antagonistes qui pourraient être suscitées par des impressions de danger, réels ou imaginaires, à la survie ou au bien-être de l'individu, étendu au milieu familial le cas échéant, d'une part, et par le succès à assurer la survie de l'individu et du cercle familial et de satisfaire le besoin de se reproduire, assurant ainsi la survie de l'espèce, d'autre part.

En fait, étant donné la complexité extrême de l'éventail entier des émotions que les humains peuvent ressentir en relations avec leurs perceptions sensorielles, n'importe laquelle de ces émotions peut finir par être appliquée à toutes sortes de situations ou objets qui peuvent n'être liés d'aucune manière à la survie de l'individu ou de sa famille, malgré qu'elles aient été initialement établies par la Nature comme comportements instinctifs pour assurer cette survie, et ainsi colorer de manière inattendue l'ensemble des perceptions de chaque individu.

Étant donné que l'hippocampe est génétiquement programmé pour choisir par défaut soit l'action la plus satisfaisante émotionnellement, ou à défaut de cette possibilité, l'action la moins déplaisante, même un choix d'action logique volontairement choisie par l'individu en contradiction avec un possible choix par défaut de première sélection, devient par le fait même le plus satisfaisant émotionnellement pour l'hippocampe à ce moment, car il devient le choix qui satisfait consciemment le plus l'individu.

C'est d'ailleurs cette absence chez les réseaux de neurones artificiels d'un tel mécanisme incontournable de sélection de l'option soit *la plus satisfaisante*, ou alternativement, *la moins déplaisante*, qui caractérise les réseaux de neurones des êtres vivants, qui explique pourquoi les réseaux de neurones artificiels sont incapables de tirer des conclusions qu'ils n'ont pas été entraînés à tirer, malgré le développement des techniques de pointes d'apprentissage profond pour les perfectionner [24].

Dans le domaine du comportement reproductif instinctif aussi, les perceptions peuvent s'avérer refléter la réalité ou non, c'est-à-dire être *réelles* ou *imaginées*, et impliquent des situations plus complexes que le comportement combat-fuite instinctif conçu pour protéger la vie de l'individu, car le *comportement reproductif instinctif* implique par définition les comportements émotionnels coordonnés de deux individus, et le comportement d'un partenaire potentiel peut facilement être interprété à tort comme étant accueillant ou non.

## 8. La fonction du langage articulé

Jusqu'à présent, nous avons spécifiquement analysé le processus par lequel une séquence d'activation neurale N2/N4/P3 amygdale-néocortex-hippocampe permet de tirer et sauver en mémoire une conclusion à la fois, c'est-à-dire, une conclusion chaque fois qu'un malaise à propos d'un stimulus verbal active l'amygdale.

Cela pourrait facilement donner l'impression que chaque conclusion que nous tirons serait emmagasinée dans la mémoire comme un item séparé, puisqu'il peut être clairement établi que l'entière collection des praxies et autre empreintes synaptiques, ou engrammes, associées à chaque mot, tisse un réseau synaptique clairement séparé pour chacun d'entre eux, un réseau qui s'étend "horizontalement" pour ainsi dire, à l'intérieur du mince néocortex, entre les diverses zones verbales et non-verbales de l'hémisphère verbal, interconnectant ces mots avec les "images" non-verbales correspondants aux perceptions des sens localisées principalement dans la zone Wernicke miroir de l'autre hémisphère cérébral.

Bien sûr, chaque mot appris, et chaque conclusion verbale tirée, définit aussi au niveau fonctionnel un sous-réseau très précis d'interconnexions synaptiques qui corréllent tous les éléments qui conduisent à ce mot ou conclusion verbale, et qui peuvent être collectivement portés à l'attention du sujet lorsqu'il pense à ce mot ou conclusion verbale [36]. Chaque mot, corrélation ou conclusion verbale qu'un sujet utilise pour penser est donc fonctionnellement aussi synaptiquement connecté "verticalement", pour ainsi dire, avec le sous-ensemble complet des éléments verbaux et non-verbaux qui furent corréllés par le passé pour établir sa signification.

C'est d'ailleurs cette structure synaptique biologique particulière "métaphoriquement verticale", associative par inclusion, qui associe toute conclusion tirée aux sous-ensembles des éléments qui la supporte et qui permet de si facilement confirmer la validité de cette conclusion, en permettant de retracer facilement tous les arguments à l'appui, chacun desquels étant aussi connecté avec ses propres sous-ensembles d'éléments qui le supporte pour vérifier sa validité, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la validité de la structure entière puisse être établie. Tout élément trouvé invalide dans la sous-structure étendue de toute conclusion met bien sûr en péril cette conclusion ainsi que toute autre conclusion à l'appui de laquelle cette conclusion serait un élément.

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

En réalité, la collection entière de nos conclusions est associée de cette manière en une incroyable structure hiérarchique, une sorte de pyramide virtuelle métaphorique, à l'intérieur de laquelle elles sont associées uniquement par inclusion; une structure invisible qui constitue en fait notre modèle neurolinguistique subjectif de la réalité, qui prend forme à l'intérieur du néocortex de chaque personne à partir de sa naissance, selon la manière avec laquelle elle associe et raffine constamment ses descriptions verbales de son environnement.

Une telle structure est apparemment la seule manière selon laquelle l'information peut être associée verbalement dans un réseau de neurones multicouche, soit une conclusion qui a aussi été tirée par Jeff Hawkins et Sandra Blakeslee dans un ouvrage publié en 2004 [37]. Le nombre de niveaux que peut contenir une telle structure d'indexation verbale d'information est illimité à toutes fins pratiques, dû au fait que les neurones du néocortex peuvent établir en sortie un nombre illimité de connexions axonales rétrogrades vers les entrées dendritiques de neurones des couches précédentes dans la structure à 6 couches.

En état de veille, notre conscience active semble circuler constamment dans ce réseau parmi les engrammes interconnectés, parmi lesquels la circulation est rendue facile par le renforcement fréquent des sentiers synapses qui les associent [22], chaque engramme correspondant à un mot relié à l'arborescence des empreintes-synaptiques non-verbales (sous-engrammes) dont la cohérence fut précédemment associée à ce mot; sautant à volonté d'un engramme à un autre via les sentiers synaptiques procurés par toute caractéristique qui se trouve à être commune à plus d'un engramme [25].

Lorsque notre attention est attirée vers une idée quand l'amygdale s'active suite à un malaise généré par son stimulus verbal, typiquement une phrase, l'ensemble complet des arborescences individuelles de chacun des mots impliqués sera simultanément activé.

*" Les autres types d'aiguillages sont alors inhibés, soit qu'ils demeurent simplement au repos par rapport à l'excitation nouvelle, soit qu'ils soient mis en état d'inhibition voulue." ([3], p. 82).*

*"Ce qui est l'aspect neurologique de la pensée, ce sont les structurations variables qui s'établissent dans le réseau par le jeu des états d'excitation et d'inhibition. Ce sont des ensembles neuroniques qui sont soumis à des vagues d'excitation ou d'inhibition, soit des points du réseau, soit des ensembles interconnectés dans toute l'écorce." ([6], p. 63).*

Il s'ensuit que lorsqu'un aspect non résolu d'une idée attire suffisamment notre attention pour induire un questionnement à son sujet, chaque question active des arborescences supplémentaires prometteuse et/ou désactive des arborescences conflictuelles d'éléments spécifiques de l'ensemble, résultant en une nouvelle configuration qui procure idéalement au sujet une meilleure compréhension de l'aspect vague qui avait attiré son attention si, bien sûr, des réponses cohérentes ont été identifiées par le questionnement [25] [36].

Il semble que chaque question non résolue déclenche la construction d'un nouveau processus de corrélation séparé constituant l'amorce d'une nouvelle arborescence à compléter ; ce qui est démontré par le fait que ces questions non résolues continuent à ré-attirer notre attention par la suite, chaque fois que l'un des éléments déjà inclus dans cette arborescence partielle est activé même indirectement lors de cogitations ou conversations à propos d'autres sujets.

La facilité de changement d'orientation du fil de la pensée cohérente est une caractéristique inhérente à la structure hiérarchique associative par inclusion que l'utilisation du langage articulé établit entre les divers aspects des séquences d'événements emmagasinées dans notre mémoire suite à nos perceptions sensorielles, et aussi avec les concepts abstraits que nos conclusions définissent pour les généraliser. C'est cette versatilité qui explique l'incommensurable puissance de la capacité de compréhension humaine.

La richesse de cette structure, en conjonction avec la rigueur de l'approche logique employée, détermine le degré de facilité avec lequel chaque personne sera à même de prendre conscience des cohérences que les réseaux neuraux du néocortex détectent et corréllent automatiquement et indépendamment de notre volonté dans tout ensemble d'éléments que l'identification claire du cadre de référence permet de circonscrire, aussi étendu qu'il puisse être.

Un processus de corrélation consiste donc en une cascade d'associations qui graduellement "portera à l'attention" du sujet un ensemble d'éléments pertinents (bien sûr, seulement ceux dont la personne a pu prendre conscience et considère valides), et lorsqu'une cohérence "satisfaisante" aura été perçue par le sujet, ce qui se manifeste par une activation de la phase P3 de la séquence de traitement, l'ensemble des interconnexions synaptiques qui associe ces éléments constituera naturellement une nouvelle arborescence, c'est-à-dire, une nouvelle sous-structure hiérarchique, dans laquelle chacun des liens synaptiques conduisant à l'un des éléments de l'ensemble sera inclus et renforcé de manière définitive suite à la sur-activation par l'hippocampe de cette cohérence "satisfaisante", pour devenir un engramme séparé nouvellement intégré.



## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

Par la suite, l'aspect non résolu de l'idée qui avait déclenché le questionnement, au lieu d'activer la question, activera directement l'arborescence nouvellement stabilisée et renforcée des éléments de la cohérence qui constitue maintenant la réponse à cette question.

## 9. Perception subjective de la réalité physique

La question qui vient maintenant à l'esprit est comment définir ce qui existe réellement dans notre environnement, que nous identifions comme étant la "réalité physique", ou la "réalité objective", dont nous détectons individuellement les signaux au moyen de nos perceptions sensorielles individuelles séparées, et que chacune de nos "consciences attentives" nous font collectivement conclure comme étant des objets existant physiquement, distribués dans l'espace et impliqués dans des processus progressant au fil du temps.

Étant donné l'évidence physiologique que toute information qui rejoint nos cerveaux en provenance de notre environnement ne peut le faire que par l'excitation qu'elle induit dans chacune de nos terminaisons nerveuses individuelles, absolument tout ce que nos consciences individuelles peuvent observer ne peut être que l'ensemble de tous les souvenirs emmagasinés sous forme d'empreintes synaptiques dans chacun de nos néocortex séparés, souvenirs que nous avons individuellement synthétisés à partir de cette information perçue individuellement.

Cette information est détectée en continu par des groupes de terminaisons nerveuses génétiquement câblés à la couche d'entrée de parties spécifiques du cerveau. Après avoir été automatiquement corrélées et synthétisées sous forme de sensations d'odeurs, de sons, de goûts et de touchés par des réseaux neuraux multicouches dédiés, ces sensations sont filtrées par le système limbique avant d'être corrélées avec nos perceptions visuelles simultanées, et rendues disponibles à notre conscience active pour être observées et en fonction desquelles elle réagit.

Le cas de notre vision est unique et différent de nos autres sens en ce que la couche de neurones d'entrée du cortex visuel est située directement dans les rétines des yeux et est directement excitée par la lumière qui pénètre dans nos yeux, sans passer par le filtre limbique.

Le traitement plutôt élaboré auquel est soumis chacune des innombrables millions d'impulsions nerveuses sous-microscopiques individuelles pendant son voyage pour éventuellement faire partie de "l'image macroscopique" que notre conscience active perçoit dans notre environnement révèle qu'en dépit de notre profonde conviction que nous observons notre environnement "en direct", pour ainsi dire, c'est loin d'être le cas. Au mieux, notre conscience active observe des souvenirs fraîchement emmagasinés d'événements et objets tels qu'ils étaient quelques millisecondes dans le passé, soit le temps nécessaire pour que les images résultant de nos perceptions soient emmagasinées dans notre néocortex pour que notre conscience active puis en avoir connaissance.

Par exemple, observons qu'en ce moment même, chaque mot de la phrase que le lecteur de ces lignes est en train de lire s'enregistre un à un dans son néocortex à mesure qu'il progresse dans sa lecture, activant au passage les arborescences qu'il associe à chaque mot, et la phrase complète est déjà "un souvenir du passé" lorsqu'il atteint le dernier mot, et qu'il cogite déjà sur sa signification.

Concernant cette phrase particulière, il peut être observé que ce ne sont pas les arborescences que l'auteur avait à l'esprit qui viennent à l'esprit de chaque lecteur, mais celles que chaque lecteur avait construit lui-même au fil du temps et qu'il a associé à ces mots. Elles peuvent être identiques lorsque des idées simples telles celle-ci sont exprimées, mais lorsque des idées complexes sont échangées, la situation peut être entièrement différente, tel que mis en perspective dans l'expérience de Amalric et Dehaene déjà mentionnée [12].

La conclusion est que les mots ne transportent pas les sens que leur auteur leur assigne, mais le sens que celui qui les entend ou les lit leur assigne, ce qui peut conduire à d'importants malentendus lorsque des sujets complexes sont abordés sans que le sens des mots soit spécifiquement clarifié [25], puisque l'étendue et l'orientation de la base des connaissances spécialisées de chaque personne peut varier considérablement. C'est ce qui rend subjectif le modèle de la réalité que chaque personne construit au fil du temps à partir de la somme de ses propres perceptions, émotions et interprétations.

## 10. Perception objective de la réalité au niveau personnel

Le possible biais émotionnel induit par le filtre limbique combiné au fait que nos perceptions sensorielles pourraient ne pas nous avoir procuré toute l'information nécessaire pour une perception objective révèle qu'il n'y a pas de garantie que chaque personne observant un même événement le percevra et l'interprétera de la même manière et avec le même niveau de clarté. Clairement, plus on recueille d'information à propos d'une situation, plus il devient probable qu'une compréhension claire sera obtenue. D'autre part, il est observé de manière régulière qu'à moins que la possibilité d'une perception incorrecte ne soit spécifiquement portée à leur attention, les témoins d'événements spécifiques tendent à être certains d'avoir correctement perçu ces événements.

Une propriété spécifique à la manière dont les souvenirs sont stockés sous forme de réseaux de liens synaptiques renforcés dans le néocortex doit être mise en évidence à ce stade. On sait que la force des liens synaptiques dans les réseaux de neurones vivants diminue naturellement avec le temps à moins d'être régulièrement revisités, ce qui a pour conséquence que les souvenirs s'atténuent au fil du temps et deviennent de moins en moins sujets à être réactivés, et à être éventuellement oubliés s'ils ne sont pas réactivés pendant de très longues périodes.

Cette propriété complique davantage la question de la certitude concernant les souvenirs, étant donné la mécanique automatique de corrélation par les réseaux de neurones multicouches découverte par Hebb [22]. En raison de ce processus naturel, si certains aspects des souvenirs d'événements passés deviennent trop faiblement connectés pour être facilement réactivés, le réseau tend automatiquement à rétablir une cohérence pour reconnecter harmonieusement ce qui peut être facilement réactivé de ces souvenirs en construisant des "segments de remplacement" au niveau subconscient pour harmoniser logiquement les segments dont le sujet se souvient de la situation; soit un phénomène qui a été régulièrement observé dans les cours de justice au sujet de versions changeantes au fil du temps de témoins qui ne peuvent pas être soupçonnés d'être de mauvaise foi [38].

Paradoxalement, c'est précisément ce qui nous donne la clé pour déterminer si une perception donnée est conforme à la réalité objective. Prendre l'habitude de ne jamais être "*totalelement certain*" de se souvenir correctement, d'avoir correctement perçu ou correctement compris une situation ou un événement donné garde une personne attentive à toute information supplémentaire qui pourrait l'amener à tirer une conclusion plus précise de cette situation ou de cet événement, ou à rectifier un souvenir altéré, en vérifiant avec d'autres personnes qui ont pu être témoins de la même situation ou événement. Une description détaillée de la manière dont ce processus de remise en question peut être utilisé est donnée en références séparées [25] [39].

Des indices concluants suggèrent aussi fortement que plus une personne maîtrise sa langue maternelle, plus son analyse de toute situation ou événement est susceptible d'être claire et détaillée [5] [25] [39]. De plus, il a été clairement démontré que plus cette maîtrise est acquise tôt dans la vie, plus cet outil sera bénéfique pour le reste de la vie d'une personne [6] [40].

Finalement, au niveau physiologique, une découverte majeure par Paul Flechsig en 1920 que la myélination des zones verbales du cerveau humain est retardée génétiquement après la naissance jusqu'à l'âge d'environ 7 ans [41], pourrait expliquer pourquoi les enfants de familles multiethniques apprennent facilement plus d'une langue maternelle pendant l'enfance à des niveaux de maîtrise similaires, et aussi pourquoi les enfants qui n'ont pas maîtrisé l'écriture de leur langue maternelle jusqu'à l'autonomie avant cet âge éprouvent un niveau de difficulté accru pour compléter plus tard cet apprentissage ainsi que les autres apprentissages verbaux.

Ceci reste à confirmer bien sûr, mais il semble tout-à-fait possible que la construction des connexions synaptiques dans ces zones soit rendue facile en n'étant pas entravée pendant les sept premières années de vie par la présence physique des gaines de myéline autour des axones des neurones. Si éventuellement confirmé, cela révélerait que toutes les habiletés verbales doivent être maîtrisées jusqu'au niveau de l'autonomie avant la fin de cette période pour que les enfants bénéficient de leur plein potentiel verbal, ce qui semble corroboré par le fait que tous les enfants qui bénéficient d'un tel apprentissage performant exceptionnellement bien à l'école, et généralement aussi plus tard dans la vie [6] [40] [42] [43].

## 11. Perception objective de la réalité au niveau collectif

Au niveau collectif, ce sont les conclusions coïncidentes tirées par plusieurs individus à propos de l'environnement qui ont progressivement constitué la somme des connaissances collectives de l'humanité, maintenant regroupées dans les divers domaines scientifiques.

Cette somme de conclusions était bien sûr plutôt limitée au début de l'humanité et s'est accrue progressivement au fil du temps jusqu'à constitué l'ensemble de données et conclusions que nous utilisons maintenant collectivement. Certaines de ces conclusions ont été prouvées hors de tout doute et sont reconnues par tous alors que d'autres sont encore incertaines et pourraient même être objectivement complètement fausses sans que nous ayons encore pu le déterminer de manière concluante. Chacun d'entre nous fini par tirer ses propres conclusions subjectives à propos de chacune de ces conclusions qui circulent dans la collectivité. À mesure que s'accroissent de nouvelles connaissances à propos de notre environnement, les conclusions incertaines qui sont progressivement démontrées comme étant objectivement correctes sont collectivement confirmées, et celles qui sont démontrées objectivement fausses finissent par être collectivement rejetées.

Puisque la totalité de ce que nous pouvons individuellement abstraire comme information de notre environnement à partir de nos perceptions sensorielles ne peut être par structure constitué que d'information que nous pouvons abstraire de souvenirs passés, que ces souvenirs sont établis à travers le filtre de nos états émotionnels, qu'ils sont sujets à s'atténuer au fil du temps pour être parsemés de manière inattendue de segments arbitraires de remplacement, cette somme d'information personnellement accumulée pourraient ne pas nous avoir permis de percevoir toutes les caractéristiques objectivement importantes des objets et processus observés, la question suivante vient à l'esprit.

Comment une connaissance objective peut-elle être assurée au niveau collectif à propos de notre environnement, puisqu'il n'y a aucune garantie que chaque individu aura perçu toutes les caractéristiques objectives importantes des objets et des processus existants et aura interprété tout événement de la même manière et avec le même niveau de clarté ?

La réponse à cette question semble résider dans la cohérence que nous percevons dans le fait que nous observons collectivement que tous les êtres humains observent simultanément la même collection d'objets et processus dans leur environnement partout où ils sont aussi en situation de s'observer simultanément les uns les autres de manière confirmable, de laquelle observation peut être conclu qu'il n'existe qu'une seule réalité objective que nous avons seulement besoin d'apprendre à mieux connaître jusqu'à ce que toutes ses caractéristiques objectives importantes aient été identifiées.

Cela signifie qu'il est possible de révéifier *ad infinitum* toutes les caractéristiques de tout objet ou processus pour confirmer leur stabilité, jusqu'à ce que la prépondérance de la preuve confirme que toutes leurs caractéristiques objectives importantes ont été prises en compte et comprises. La référence pour cette vérification de stabilité est la répétabilité procurant toujours le même résultat autant dans l'espace que dans le temps, quel que soit le nombre de vérifications et quel que soit le nombre d'individus qui effectuent indépendamment la vérification.

Dans le domaine très spécialisé de la physique, par exemple, les équations électromagnétiques développées par Coulomb, Gauss, Ampère, Faraday, Maxwell, Biot-Savart et Lorentz, constituent un ensemble d'équations convergentes développées à partir de l'analyse répétitive de données obtenues de telles expériences vérifiables à volonté et qui donnent toujours le même résultat. De plus, leur conformité avec la réalité objective est confirmée hors de tout doute possible par le fait même que toute la technologie électrique et électronique moderne dont le succès n'est plus à démontrer et dont nous bénéficions tous est fondée exclusivement sur ces équations. Elles constituent donc une telle référence objective invariante constamment vérifiable à laquelle nous pouvons nous référer pour établir ce qu'il reste à comprendre à propos de la réalité physique objective.

Le fait que ces équations convergent harmonieusement dans leurs descriptions confirmées exactes de divers aspects de l'énergie fondamentale est alors un indice convainquant que la convergence elle-même est un autre guide fiable dans notre recherche collective de ce qu'il reste à comprendre à propos de la réalité objective. Cela suggère que toute conclusion incertaine à propos de notre environnement qui impliquerait une contradiction avec cet ensemble établi et confirmé pourrait être *de facto* invalide, et par opposition, que toute nouvelle découverte ou conclusion non confirmée qui semble s'harmoniser avec cet ensemble promettrait d'être valide, et serait susceptible d'être à l'origine d'encore plus d'applications bénéfiques. *La convergence* et *la répétabilité* semble donc être des guides stables et invariants sur lesquels nous pouvons nous fier dans notre recherche pour

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

comprendre plus avant la réalité physique. Cet exemple est tiré du domaine de la physique, mais bien sûr, les mêmes points de repères de *répétabilité* et *convergence* s'appliqueraient à tous les domaines de la science.

## 12. La capacité de généralisation

En réalité, nous sommes capables de penser directement avec les "*images*" non-verbales de premier niveau induites par nos perceptions sensorielles, et aussi avec les "*images abstraites*" non-verbales idéalisées de premier niveau que nous concevons pour penser de manière générale à ces perceptions de premier niveau induites par nos perceptions sensorielles, comme l'idée idéalisée d'un "*cercle*" par exemple, que nous associons à tous les corps auxquels nous pensons comme étant "ronds", ce qui constitue le *premier système de signalisation* défini par Pavlov [4].

Mais nous pouvons aussi penser directement avec les "*descriptions verbales*" de premier niveau de ces images non-verbales d'objets et processus perçus ou idéalisés, ou avec des généralisations verbales de deuxième niveau et de niveaux supérieurs qui organisent et regroupent ces objets et processus individuels de diverses manières en des ensembles à propos desquels nous pouvons cogiter ou discuter à volonté, ce qui constitue le *deuxième système de signalisation* défini par Pavlov [4].

En conclusion, chaque être humain utilise naturellement ces deux systèmes de signalisation qui ont été génétiquement mis à leur disposition, soit, le mode de pensée par "*association d'images*" et le mode de pensée par "*association de mots*". Les deux systèmes sont si intimement interconnectés dans l'ensemble du néocortex, que toute attention portée à l'un d'eux déclenche l'activation immédiate et simultanée de l'autre. Par exemple, il n'est pas réellement possible pour nous de penser au mot "rond" sans que l'idée non-verbale de "rondeur" nous vienne à l'esprit, et l'inverse est aussi vrai.

Dans la dernière section de cet article, intitulé "*Le mode de pensée mathématique*", sera discuté le *troisième système de signalisation*, ainsi nommé parce qu'il est maintenant confirmé que les personnes qui bénéficient d'un entraînement avancé en mathématique développent parallèlement la capacité de penser directement avec ce mode de pensée symbolique non-verbal, qui permet de généraliser plus avant les processus observés par nos perceptions sensorielles, en corrélation avec les dimensions, formes, et volumes idéalisés de toutes sortes qui ont d'ors et déjà été généralisés et standardisés collectivement [12].

Une généralisation verbale est un mot ou expression verbale qui identifie un groupe d'objets partageant au moins une caractéristique en commun. La capacité de généralisation procurée par le langage articulé peut se manifester selon divers modes. Le mode le plus fréquent est la *généralisation par contexte*. Elle implique une variation du nombre d'objets ou processus, qu'ils soient concrets ou abstraits, qui possèdent des caractéristiques en commun, et qui sont implicitement inclus dans l'ensemble auquel un mot fait référence, tel que déterminé par le contexte dans lequel le mot est utilisé. Ce type de généralisation implique donc par structure un seul ensemble dont le nombre d'éléments peut varier de deux items jusqu'à un nombre indéterminé d'éléments.

Un deuxième mode est la *généralisation par définition*, ou par inclusion. Ce mode pourrait être défini comme étant la définition de l'ensemble de toutes les caractéristiques communes à un ensemble restreint d'objets ou processus concrets ou abstraits. En d'autres mots, il décrit le cadre de référence de cet ensemble limité d'objets ou processus.

## 13. Généralisation par contexte

Tel que déjà mentionné, le langage articulé est le moyen par lequel nous nommons chaque objet et processus que nous identifions dans notre environnement ainsi que dans les représentations abstraites que nous concevons, ce qui les regroupe automatiquement dans des catégories généralisées selon leurs similarités ou différences.

Prenons par exemple le mot "chaise" déjà mentionné, qui peut être défini comme tout type de meuble muni d'un dossier et sur lequel on peut s'asseoir pour être confortable en mangeant, en travaillant à une table, en assistant à un événement, etc. Cette définition est bien sûr très générale. C'est en fait une généralisation de l'idée que le mot chaise exprime. L'étendue de ce qu'il décrit effectivement, soit sous forme écrite ou parlée, dépend entièrement du contexte de la phrase associée. Il peut faire référence à toutes les chaises en existence, à une marque connue de chaises, spécifiquement aux chaises de bois, et ainsi de suite.

La limite est atteinte lorsqu'un seul objet est désigné par un mot, qui cesse alors d'être une généralisation par contexte pour devenir l'identifiant d'un objet unique, soit un *identifiant de premier niveau*, qui possède au moins une caractéristique qu'il ne partage avec aucun autre objet, ne serait-ce que sa localisation physique dans l'espace, et qui active jusqu'à la conscience active l'arborescence spécifique des caractéristiques non-verbales de

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

cette chaise unique, du moins celles qui sont activées en contexte. En effet, l'unicité dans le cas de deux objets dans l'environnement identifiés par le même nom, même s'ils sont visuellement identiques au point de ne pas pouvoir être distinguées l'un de l'autre, possèdent nécessairement la caractéristique différente d'être situées à deux endroits différents.

Cette description est donnée pour bien mettre en évidence la puissance illimitée de la capacité de généralisation du langage articulé, puisque la même propriété de généralisation s'applique à chaque mot de toute phrase qui peut être formulée, et dont l'extension de généralisation dépend entièrement du contexte de la conversation, avec extension finale clarifiée par la phrase elle-même, en gardant à l'esprit que le contexte considéré par le locuteur pourrait facilement être différent de celui compris par l'auditeur, si le locuteur ne s'assure pas que ce contexte est bien mis en évidence.

Il semble aussi que toutes les langues parlées permettent d'exprimer toute la gamme possible de sens qu'une personne souhaite exprimer. Toutes les langues, en fait, permettent la construction "à la volée" de toutes sortes de locutions pour exprimer les fines nuances de sens qu'aucun mots déjà défini de ce langage ne permet d'exprimer directement.

L'habileté à comprendre et exprimer de fines nuances de sens à propos de tout sujet va bien sûr de pair avec le niveau de maîtrise de la langue maternelle. Par conséquent, plus étendue sera la maîtrise de la langue maternelle d'une personne, plus clairement cette personne sera susceptible de comprendre et de finement décrire tout sujet considéré [6] [25].

Chaque langue parlée possède une structure unique qui permet une perception plus facile et plus claire de certains aspects de la réalité, qui ne sont souvent pas aussi immédiatement évidents dans d'autres langues. Un exemple frappant et extrême de cette situation est le cas bien connu de l'inuktitut, la langue dominante des peuples arctiques de l'Amérique du Nord, dans laquelle il existe des centaines de mots pour décrire de manière précise les divers états de l'eau, de la glace et de la neige.

Par conséquent, il semble logique de penser que chaque langue maîtrisée en plus de la langue maternelle construira en parallèle à la structure déjà mise en place par la langue maternelle, une structure additionnelle indépendante, mais intimement interconnectée avec la première, qui permettra d'examiner les perceptions sensorielles et le modèle subjectif de la réalité d'un point de vue différent de celui procuré par la langue maternelle, procurant ainsi au sujet une structure neurolinguistique considérablement enrichies et versatile qui rendra sa pensée conceptuelle plus facile encore que s'il maîtrisait seulement sa langue maternelle. N'est-ce pas un fait avéré que les plus grands découvreurs du passé dans les sciences fondamentales étaient généralement polyglottes ?

## 14. Les objets et leurs caractéristiques

Avant de procéder à la description du mode de généralisation par définition, ou inclusion, regardons de plus près de quelle manière le langage décrit au niveau général les divers aspects des objets ou processus, qu'ils soient concrets ou abstraits.

Nous observons que les objets représentés par nos perceptions non-verbales possèdent des caractéristiques identifiables qui nous permettent de les décrire, qu'ils sont impliqués dans des processus progressifs de changements d'états de croissance, de dégradation, de changement de couleur, etc., qu'ils sont animés de mouvements intrinsèques de rotation, d'oscillation interne, etc., qu'ils sont animés de mouvements relatifs les uns par rapport aux autres, tels que mouvements d'accélération relative, mouvements de résonance relative, etc.

Nous pouvons par conséquent diviser ces caractéristiques en deux catégories bien distinctes : les *caractéristiques statiques*, qui décrivent l'état de ces objets à tout moment donné, et les *caractéristiques dynamiques*, qui sont en fait les *processus* qui décrivent le changement d'état de ces caractéristiques entre un moment donné et le moment subséquent considéré. En d'autres mots, les *caractéristiques statiques* décrivent l'état des objets dans l'espace à tout moment donné, alors que les *caractéristiques dynamiques* les décrivent tels qu'ils évoluent au fil du temps.

Les caractéristiques statiques des objets sont leurs couleurs, textures, formes, dimensions, compositions internes, etc., et leurs caractéristiques dynamiques font référence à toute modification de leurs caractéristiques statiques, et à tout mouvement de quelque nature que ce soit dont ils peuvent être animés, soit intrinsèquement ou relativement à d'autres objets.

## 15. Représentation verbale d'objets et processus observés ou idéalisés

Examinons maintenant ces mots que nous utilisons et qui excitent jusqu'au niveau de conscience active toutes ces arborescences d'images mentales qui leurs sont associées. Faisant abstraction des définitions grammaticales linguistiques habituellement associées aux différents types de mots, examinons les spécifiquement en relation avec leur fonction neurolinguistique.

Les seuls types de mots réellement nécessaires pour ajuster finement l'activation des arborescences d'images mentales non-verbales en contexte de la volonté d'un locuteur sont les adjectifs, les noms, les verbes et les adverbes ou leurs locutions verbales de remplacement en cas d'absence ou d'ignorance d'un mot spécifique dans la langue articulée du locuteur. Tous les autres types de mots sont de simples mots de liaison imposés par les syntaxes très variables des diverses langues articulées pour associer harmonieusement les quatre types de mots-clés dans la formulation correcte d'une idée.

## 16. La fonction des adjectifs

Le mot "*adjectif*" est le nom donné aux caractéristiques statiques des objets ou processus, qui sont les "qualités" que nous leurs associons, soit les couleurs, les formes... blanc, noir, rond, long, grand, petit, etc.

Dans le contexte neurolinguistique, les adjectifs sont, à toutes fins pratiques, les éléments les plus importants de tous les langages articulés, car ils nomment directement les caractéristiques non-verbales des objets ou processus. Ils constituent donc le niveau le plus bas de la structure verbale de description des images non-verbales générées par nos perceptions sensorielles, ainsi que des concepts abstraits non-verbaux idéalisés que nous élaborons en conséquence du processus de généralisation. En d'autres mots, ils constituent le premier niveau de description abstraite de nos perceptions non-verbales et sont ainsi le "pont" entre le mode de pensée par associations d'images et le mode de pensée par association de mots. Ils effectuent donc la jonction entre le premier et le deuxième système de signalisation.

C'est aussi à partir des adjectifs qu'un grand nombre de noms, de verbes et adverbes sont dérivés, et pour cause, puisque les noms existent pour les nommer alors que les verbes et les adverbes existent pour permettre de penser et parler des états ou changements d'états des caractéristiques identifiées par les adjectifs.

Lorsque nous décrivons un objet ou processus, nous faisons métaphoriquement venir à l'esprit la liste de ses caractéristiques, ce qui signifie que nous renforçons jusqu'au niveau de la conscience active l'arborescence complète des caractéristiques non-verbales que nous en avons perçu, soit, la liste des caractéristiques qui nous permettent de le distinguer de tous les autres objets ou processus.

Lorsque nous utilisons un groupe de mots au lieu d'un seul pour décrire une caractéristique d'un objet ou processus, nous utilisons une "locution verbale". Cela inclus les locutions que l'usage a standardisé aussi bien que celles que nous construisons sous l'impulsion du moment, lorsque nous pensons aux plus fines subtilités des caractéristiques des objets ou processus que nous observons.

Ce dernier type d'étiquette verbale est particulièrement important, parce que nous n'avons pas toujours à disposition le mot juste qui décrirait bien une caractéristique donnée d'un objet ou un processus à laquelle nous n'avons jamais pensé auparavant, ou même pour décrire quelque chose que nous connaissons déjà, mais pour laquelle le mot juste nous échappe momentanément.

Ces combinaisons de mots que nous assemblons sous l'impulsion du moment pour décrire des nuances de sens que nous formulons pour la première fois sont souvent notre seul outil pour même penser à ces subtilités particulières lorsque nous tentons d'être un peu plus spécifiques à propos d'un aspect quelconque de ce que nous décrivons. Nous utilisons donc de telles locutions verbales chaque fois qu'un adjectif existant ne permet pas de représenter clairement une subtilité particulière d'une caractéristique que nous observons et désirons décrire.

## 17. La fonction des noms

De la perspective neurolinguistique, un "*nom*" est simplement le nom, ou titre, de la liste des caractéristiques que nous associons à un objet, un processus, une action, une impression, une qualité, une idée, un concept abstrait, etc., et qui nous permet de l'identifier. En d'autres mots, c'est le point d'ancrage dans le néocortex de l'ensemble complet des connections synaptiques qui relie ce nom aux empreintes synaptiques de toutes les

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

caractéristiques que le sujet aura associé avec cet objet, processus, etc., qui constitue l'arborescence associée, mais activera typiquement seulement le sous-ensemble dans cette arborescence de caractéristiques que le contexte de son utilisation évoquera, du moins celles dont les connexions synaptiques ne se seront pas trop affaiblies au fil du temps.

Par conséquent, tout mot peut devenir un nom, du point de vue neurolinguistique, aussitôt que nous tentons de comprendre l'idée qu'il véhicule, c'est-à-dire, aussitôt que nous tentons d'identifier l'ensemble des caractéristiques que nous lui avons associé. Bien sûr, question d'intelligibilité collective, l'idée exprimée par un mot est sensée correspondre habituellement avec sa définition donnée dans un dictionnaire.

Cependant, ce que nous comprenons typiquement de l'idée exprimée par un nom dépend uniquement de la liste des caractéristiques statiques et dynamiques que nous associons à ce nom dans son contexte d'utilisation. Cela signifie que le même nom utilisé exactement de la même manière, mais dans des contextes entièrement différents, peut faire référence à des choses entièrement différentes, qui pourraient n'avoir absolument rien de commun avec le sens formel du mot. C'est le cas de l'utilisation de n'importe quel mot au sens dit figuré, ou en contexte métaphorique.

Bien sûr, des locutions peuvent aussi être utilisées au lieu d'un seul mot pour nommer un objet ou processus. Qu'est-ce qu'un nom en fait, sinon un résumé de sa définition ? Lorsque nous pensons à un nouveau concept, à une nouvelle subtilité de sens ou à une subtilité nouvellement perçue d'une caractéristique d'un objet, il peut ne pas même exister de nom déjà défini pour décrire ce que nous tentons de décrire. Dans de tels cas, nous n'avons pas d'autre option que d'utiliser sa définition, pour ainsi dire.

## 18. La fonction des verbes

À l'exception des verbes "d'état", associés à la perception spatiale, tels le verbe être et le verbe avoir ainsi que de nombreux autres, qui indiquent la présence ou l'absence d'une caractéristique d'un objet ou processus, les verbes décrivent toujours des processus associés à la perception temporelle, c'est-à-dire, aux changements d'états dans l'espace des caractéristiques des objets ou processus au fil du temps, et pour cette raison, ils sont nommés verbes "dynamiques" ou verbes d'action.

Les verbes d'état permettent d'associer une caractéristique à un objet ou à un processus ou de l'en dissocier. Quelques exemples : La fleur est rouge. La fleur n'est pas rouge. La croissance de la fleur est rapide. La croissance de la fleur est lente.

La dissociation peut prendre la forme de la négation d'une association, tel que montré, ou du remplacement d'une caractéristique déjà assignée par l'assignation d'une caractéristique incompatible de manière inhérente. Quelques exemples : Établir qu'une fleur est blanche après avoir préalablement pensé ou établi qu'elle était rouge. Établir que sa croissance est stoppée (est devenue statique) après avoir pensé ou établi qu'elle était rapide ou lente.

De leur côté, les verbes dynamiques permettent d'associer les changements d'états des caractéristiques des objets ou processus. Quelques exemples : Le ciel s'obscurcit. Le rideau jaunit. La vitesse de croissance augmente (une vitesse étant une caractéristique, c'est-à-dire une propriété, du processus de croissance). Ou : Le processus de croissance ralentit (la caractéristique "vitesse" est implicitement présumée exister).

Dans les langues dont les règles grammaticales le permettent, les verbes dynamiques indiquant un changement d'état sont souvent construits à partir des adjectifs qui nomment les caractéristiques non-verbales en cours de changement. Par exemple : Blanc - blanchir, sombre - assombrir.

Si les règles grammaticales de la langue ne permettent pas une telle conversion pour l'adjectif décrivant une caractéristique donnée, un verbe spécial ou l'un de ses équivalents est toujours disponible pour décrire un tel changement, soit "devenir". Exemple : Le ciel devient violet, ou : Le ciel tourne au violet.

Dans certaines langues, il existe des verbes dynamiques spécifiques pour décrire le mouvement intrinsèque de rotation cyclique continu d'un objet, ou un mouvement intrinsèque d'oscillation ou vibration cyclique continue, alors que dans d'autres langues, ces mouvements sont décrits par des locutions verbales.

Par exemple, en anglais les deux verbes dynamiques "to rotate" et "to spin" décrivent directement un mouvement de rotation cyclique continu intrinsèque qu'un objet peut avoir. En français par contre, il faut utiliser une locution verbale, soit "tourner sur soi-même" pour décrire verbalement ce mouvement cyclique, car les verbes "tourner" et "pivoter" n'impliquent pas un mouvement cyclique continu, ce qui est le cas pour les formes anglaises.

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

En ce qui concerne les verbes dynamiques décrivant des mouvements relatifs d'objets les uns par rapport aux autres, la situation est inversée entre le français et l'anglais. Alors qu'en français, les verbes "approcher" et "éloigner" sont disponibles, des locutions verbales telles "to close in" ou "to move away" doivent être utilisées.

## 19. La fonction des Adverbes

Les adverbes sont des mots qui peuvent être associés à un adjectif, un nom, un verbe ou à un autre adverbe pour en modifier ou en ajuster finement le sens. Ils permettent de décrire finement le degré d'intensité relative ou la durée relative des caractéristiques non-verbales des objets ou processus que nous observons ou concevons de manière abstraite. Tout comme les verbes, nombreux sont ceux qui sont construits à partir des adjectifs. Exemples : Il marche lourdement. Il marche gaiement. Etc.

De toute évidence, des locutions adverbiales sont des groupes de mots équivalents à des adverbes qui peuvent être utilisés chaque fois qu'un adverbe existant ne permet pas d'exprimer clairement la nuance de sens ou d'intensité relative d'une caractéristique d'un objet ou d'un processus que nous désirons exprimer. Exemples : Vient ici *aussitôt que possible*. J'ai essayé *en vain* de lui parler. Etc.

En fait, en toutes circonstances, lorsqu'un mot spécifique n'est pas disponible dans une langue pour décrire une caractéristique, un objet ou un processus, une locution peut toujours être construite en contexte sous l'impulsion du moment pour le permettre.

## 20. La fonction des inclusions dans les phrases

À partir de la prémisse qu'un mot est un résumé de sa définition, pour accéder aux caractéristiques individuelles d'un concept défini par tout mot-clé donné, il semblerait logique de penser que si chaque mot-clé de cette définition était remplacé par sa définition et ainsi de suite pour chaque mot-clé de ces définitions de deuxième niveau, jusqu'à atteindre le niveau le plus détaillé, à un certain point du processus, l'ensemble des caractéristiques non-verbales élémentaires du mot initial de premier niveau pourrait être mis en lumière.

Mais sans aller aussi loin dans la mise en lumière directe des divers sous-aspects d'une idée en cours de formulation, l'insertion de ce type d'inclusion dans nos phrases nous est naturelle, étant donné la nature même de la structure associative par inclusion de toute arborescence synaptique activée par l'usage du langage articulé dans la description et l'organisation de nos perceptions non-verbales. Exemple : Le chat, qui est un animal amical, et que les enfants aiment, sans parler des adultes, est un mammifère.

Dans une telle phrase volontairement exagérée pour donner un exemple, il pourrait être présumé que l'intention initiale pouvait simplement avoir été de dire "*Le chat est un mammifère.*". Mais la simple mention du mot "chat" amenant l'ensemble de ses caractéristiques au niveau de la conscience active pendant le processus de formulation de cette idée, n'importe laquelle de ses caractéristiques partagées en commun avec toute autre idée peut avoir amené le locuteur à préciser par inclusion, sous l'impulsion du moment, certains aspects de notre relation avec les chats en fonction du contexte, la phrase entière demeurant facilement intelligible, tout en amenant au niveau de la conscience active d'autres aspects indirectement associées avec l'idée de premier niveau en cours de formulation.

## 21. Communication verbale, orale ou écrite

Tel que déjà mentionné, les mots transportent le sens que quiconque les entend ou les lit leur donne, pour la simple raison qu'ils ne peuvent pas activer dans leurs cerveaux respectifs l'arborescence synaptique dont le locuteur/écrivain avait activement conscience dans son propre cerveau au moment de dire ou écrire ces mots, mais seulement les arborescences synaptiques que chaque personne qui les entend ou les lit leur associe par défaut. Par conséquent, si le locuteur/écrivain n'est pas attentif à décrire clairement les aspects de sa propre arborescence qui sont concernés, son message pourrait ne pas être correctement compris. Ce problème devient encore plus important lorsque quelqu'un transmet les mots de quelqu'un d'autre à des tiers.

En réalité, nous sommes des experts à nommer, ou étiqueter, les choses et concepts avec des noms, utilisant ces noms correctement dans divers contextes par la suite, mais en négligeant souvent de laisser leur pleine signification remonter à notre conscience active, les utilisant comme si leur signification était explicite de manière inhérente.

En fait, pendant que nous apprenons les mots en grandissant, leur signification est bien sûr évidente pour nos propres besoins, puisque nous définissons ou acceptons personnellement nous-mêmes le sens de chacun d'eux.



## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

En grandissant, nous ajustons constamment le sens de chaque mot que nous utilisons avec l'aide des parents, des enseignants, de notre environnement en général, jusqu'à ce que nous devenions suffisamment à l'aise avec la langue articulée, aussi subjectivement serait-ce, pour pouvoir clairement exprimer nos besoins et nos opinions selon notre vision personnelle des choses.

Pour chacun d'entre nous, les noms des objets sont simplement devenus des "*étiquettes spécifiques*" qui les représentent lorsque nous en parlons. Lorsque nous nous arrêtons à considérer le sens d'un nom cependant, il devient métaphoriquement une "*étiquette de premier niveau*" activant un ensemble de sous-étiquettes spécifiques, parce qu'il porte à l'attention de notre conscience active la série complète des autres noms de deuxième niveau qui en décrivent les diverses caractéristiques.

Cette notion d' "*étiquette de premier niveau*" qui structure verticalement, pour ainsi dire, l'ensemble des caractéristiques et sous-caractéristiques qui permettent de décrire un objet ou un processus, permet aussi de prendre conscience que tous ces *noms de premier niveau* d'objets et processus peuvent être aussi associés horizontalement, pour ainsi dire, par similarités soit des objets ou processus eux-mêmes, mais aussi par similarité entre l'une ou plusieurs de leurs caractéristiques, en toutes sortes d'ensembles ou catégories que nous identifions à l'aide d' "*étiquettes généralisatrices*".

C'est ce qui met en lumière le parallèle direct qui existe entre la très abstraite *structure neurolinguistique associative par inclusion* qui permet la pensée conceptuelle cohérente, et la hiérarchie de noms associés par inclusion qui ont contribué à l'établissement de chacune des empreintes synaptiques dont cette structure arborescente est constituée. Ce parallèle nous permettra finalement de visualiser très concrètement la structure du modèle neurolinguistique subjectif de la réalité que chacun d'entre nous élabore à partir de sa naissance.

## 22. Un nom spécifique est une étiquette de premier niveau identifiant un "objet" unique

Pour représenter clairement la différence entre une "*étiquette de premier niveau*" et une "*étiquette généralisatrice*", construisons un exemple concret. Si quelqu'un dit "*Hier, j'ai pratiqué un mouvement de Kung Fu*", il ne nomme pas un mouvement spécifique, mais réfère indirectement à un mouvement de Kung Fu non clairement défini et personne ne peut clairement comprendre à quel mouvement spécifique il fait allusion. Il s'agit d'un cas où une *étiquette généralisatrice* est utilisée, c'est-à-dire un terme généralisé, ou généralisation.

Si quelqu'un dit "*Hier, j'ai pratiqué mes pompes griffes d'aigle*", il nomme un mouvement spécifique de Kung Fu et une arborescence d'images mentales non-verbales claire sera activée jusqu'au niveau de la conscience active dans le cerveau de quiconque connaît le Kung Fu. Peu importe que l'ensemble d'images personnellement associées au concept par chaque personne familière avec le Kung Fu soit différent. Ce qui est important est que la structure du concept représenté par ces images mentales soit préservée et que chacun identifie le même mouvement de Kung Fu.

Pour les personnes non familières avec le Kung Fu, la même phrase activera jusqu'au niveau de la conscience active deux arborescences non connectées, l'une pour l'étiquette de premier niveau "*pratiqué mes pompes*" et l'autre pour l'étiquette de premier niveau "*griffes d'aigle*". En contexte d'une conversation sur les arts martiaux, certains pourraient "déduire" le lien possible entre les deux concepts et transitoirement établir une image mentale similaire à celle activée dans l'esprit des amateurs de Kung Fu, mais pour la plupart, la phrase pourrait demeurer inintelligible.

Il devrait être facile maintenant de percevoir que l'étiquette "*mouvement de Kung Fu*" est éloigné de deux niveaux par rapport à l'événement physique auquel il réfère, "*pompes griffes d'aigles*" étant la description verbale de premier niveau du mouvement non-verbal qu'il décrit, qui appartient *par inclusion* à la catégorie généralisatrice "*mouvement de Kung Fu*", et qui active l'arborescence associée.

## 23. Hiérarchies d'étiquettes généralisatrices

Toutes sortes de hiérarchies de niveaux de *généralisations verbales* peuvent être élaborées à partir d'une étiquette de premier niveau. Par exemple, une personne disant la phrase préalablement donnée en exemple pourrait avoir eu à l'esprit le contexte généralisé proposé au Tableau 1.

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

**Tableau 1.** Hiérarchie d'étiquettes généralisatrices définissant le contexte qu'une personne pourrait avoir à l'esprit en utilisant l'étiquette de premier niveau "*pompes griffes d'aigle*".

Niveau de généralisation	Étiquette
Étiquette spécifique	Pompes griffes d'aigle
1er	Mouvement de Kung Fu
2e	Kung Fu
3 <sup>e</sup>	Arts martiaux
4 <sup>e</sup>	Sports
5e	Activités récréatives
Etc.	...

Mais quelqu'un entendant cette phrase pourrait bien la comprendre en considérant un contexte généralisateur moins paisible s'il était un militaire, par exemple, tel que proposé au Tableau 2.

**Tableau 2.** Hiérarchie d'étiquettes généralisatrices différente définissant le contexte dans lequel une autre personne entendant la même étiquette de premier niveau pourrait la comprendre.

Niveau de généralisation	Étiquette
Étiquette spécifique	Pompes griffes d'aigle
1er	Mouvement de Kung Fu
2e	Kung Fu
3e	Art martiaux
4e	Activités d'entraînement militaire
Etc.	...

Ou, si une autre personne entendant la même mention pense en contexte que celle qui la mentionne se vante, présumément pour faire bonne impression devant des étrangers, pourrait plutôt considérer une hiérarchie généralisatrice entièrement différente, telle celle proposée au Tableau 3.

**Tableau 3.** Hiérarchie d'étiquettes généralisatrices définissant le contexte dans lequel une autre personne entendant la même étiquette de premier niveau pourrait la comprendre.

Niveau de généralisation	Étiquette
Étiquette spécifique	Pompes griffes d'aigle
1er	Personne mentant peut-être
2e	Vantardise ?
3e	Personne insécure ?
4e	Personne peut-être non fiable ?
Etc.	...

Examinant les hiérarchies généralisatrices tout juste établies, il peut être observé que chaque niveau dans l'ordre décroissant est inclus dans les précédents, ce qui fait en sorte que l'étiquette de premier niveau "*pompes griffes d'aigle*" fait implicitement partie de chacun des niveaux plus généraux de chaque hiérarchie, jusqu'aux niveaux "*Activités récréatives*", le niveau "*Activités d'entraînement militaire*", ou toute autre niveau plus général qui aurait été activé chez autant de personnes différentes qui auraient entendu cette phrase.

## 24. Deux sortes d'étiquettes : Premier niveau et généralisations

Dans ces hiérarchies, seulement deux types d'étiquettes sont identifiables, soit une étiquette de premier niveau qui active directement l'arborescence synaptique non-verbale qui décrit directement un objet spécifique, et diverses étiquettes généralisatrices définissant divers degrés de généralisation qui n'activent aucune arborescence spécifique, mais qui toutes sous-entendent l'étiquette de premier niveau mentionnée, ainsi qu'un nombre indéterminé d'autres étiquettes de premier niveau possibles, et qui peuvent donc être définies comme étant des *généralisations par définition*.

Chacune des étiquettes généralisatrices identifie par définition plus d'un objet et lorsque utilisée au lieu d'une étiquette de premier niveau, est sujette à activer dans le cerveau de chaque personne qui l'entend ou la lit, l'étiquette de premier niveau de l'objet que chaque personne préfère ou déteste le plus dans la collection personnelle de cas qu'elle aura associée à chacune de ces étiquettes généralisatrices, et ultimement d'activer l'arborescence correspondante.

Par exemple la phrase généralisée "*j'ai mangé une pomme*" activera l'arborescence d'apparences, textures et goûts non-verbaux correspondants à une pomme Macintosh dans le cerveau d'une personne préférant cette variété, mais alternativement activera une arborescence correspondant à une autre variété de pommes pour une autre personne.

Alternativement, la phrase "*J'ai mangé une pomme Macintosh*" activera l'arborescence correspondant à une Macintosh dans les cerveaux de chaque personne qui aura déjà goûté cette variété de pomme, mais activera toujours une arborescence correspondant à une autre variété pour les personnes qui n'ont jamais vu, manipulé ou goûté une Macintosh, et aucune arborescence spécifique pour les personnes qui n'ont jamais vu aucune sorte de pommes.

## 25. Quelles sont les implications ?

Nous venons d'observer à quel point déjà des généralisations de premier niveau peuvent prêter à confusion lorsque l'intention est de communiquer de l'information à propos d'un objet spécifique physiquement observable, pour lequel une arborescence impliquant des perceptions sensorielles non-verbales suscite littéralement des "images" observables mentalement par imagination, mais que seulement des noms de premier niveau peuvent activer, et ceci, seulement pour les personnes ayant déjà fait l'expérience de perceptions sensorielles similaires.

Le processus de communication devient encore plus complexe lorsque l'intention est de communiquer des idées ou concepts abstraits, parce que par nature, les étiquettes verbales servant à communiquer de telles idées ou concepts ne réfèrent pas intrinsèquement aux perceptions sensorielles et n'activent donc pas naturellement des images mentales observables par imagination, malgré que de telles descriptions verbales semblent à première vue le seul moyen à notre disposition pour communiquer des idées ou concepts abstraits.

Une expression comme "*processus de compréhension*", par exemple, même si elle semble à première vue être une étiquette verbale de premier niveau parfaitement légitime, décrit un concept abstrait au lieu d'un événement non-verbal physiquement observable tel l'étiquette de premier niveau "*pompes griffes d'aigle*". Présumons donc pour commencer qu'elle pourrait déjà être un premier niveau de généralisation. Analysons maintenant avec le Tableau 4 où un tel concept abstrait se situe dans une hiérarchie généralisatrice.

Puisque la méthode utilisée pour mettre en perspective des hiérarchies généralisatrices pour des objets physiquement observables semblait adéquate, établissons une hiérarchie similaire pour ce concept verbal abstrait.

Tableau 4. Hiérarchie généralisatrice pour un concept abstrait.

Niveau de généralisation	Étiquette
1er	Processus de compréhension
2e	Méthode
3e	Méthodologie
4e	Théorie de la connaissance (épistémologie)

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

Nous voyons ici quatre noms qui de prime abord pourraient signifier à peu près n'importe quoi. Aucun d'entre eux ne semble avoir une signification précise, pas même l'expression qui pourrait de prime logiquement être une étiquette de premier niveau, soit "*processus de compréhension*".

Étant un concept abstrait auquel aucune image n'est naturellement associée, la prochaine étape en vue d'activer une arborescence significative dans le néocortex semble être d'établir sa "*définition étendue*". Le tableau 5 propose donc provisoirement des définitions étendues pour tous les niveaux de la hiérarchie généralisatrice du Tableau 4.

**Tableau 5.** Hiérarchie généralisatrice de concepts abstraits incluant des définitions étendues pour chaque niveau de généralisation.

Niveau de généralisation	Étiquette	Définition étendue
1er	Processus de compréhension	Méthode utilisée par le cerveau humain, consistant à explorer et ré-explore un concept jusqu'à ce qu'un état de compréhension objective du concept soit atteint.
2e	Méthode	Manière de dire, de faire, de suivre certains principes, selon un certain ordre, dans le but d'atteindre un certain objectif.
3e	Méthodologie	Science qui étudie les méthodes des diverses sciences.
4e	Théorie de la connaissance	1- Science dont l'objet est d'évaluer les méthodes utilisées dans les diverses sciences dans leurs relations à la philosophie. 2- Science dont l'objet est de décrire une méthode universelle qui permettrait de comprendre la réalité dans son sens large.

Considérant cette nouvelle version provisoire de la hiérarchie, nous observons que les quatre définitions étendues des concepts abstraits deviennent significatives. De nombreux lecteurs pourraient être en désaccord avec l'une ou l'autre de ces définitions. Cela signifie simplement que chaque personne associe éventuellement sa propre définition verbale subjective à tout concept abstrait, et que même une définition claire d'un concept abstrait est aussi une généralisation. Ces diverses définitions personnelles sont donc les véritables étiquettes de premier niveau, dans les cas de concepts abstraits.

Supposant que pour tout concept abstrait, toute définition de premier niveau possible semble être subjective, cela ne signifie pas pour autant qu'une définition spécifique de premier niveau ne peut pas exister qui rencontrerait l'approbation collective générale. En fait, de telles définitions spécifiques de premiers niveaux approuvés collectivement des concepts abstraits est obligatoire pour une communication mutuellement intelligible dans toute communauté. Ces définitions formelles de premier niveau sont disponibles dans les dictionnaires et dans les notes des conférences pendant lesquelles elles ont été établies.

En examinant de nouveau le Tableau 5, nous observons que puisque l'étiquette "*processus de compréhension*" peut potentiellement correspondre à plusieurs définitions, elle ne peut pas possiblement être une étiquette de premier niveau, et une simple analyse confirmera rapidement que la définition proprement dite de l'étiquette "*processus de compréhension*" est l'étiquette de premier niveau de ce concept abstrait. Donnons donc la forme finale à cette hiérarchie généralisatrice avec le Tableau 6, en tenant compte de cette conclusion.

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

**Tableau 6.** Hiérarchie généralisatrice pour concept abstrait incluant l'identification de l'étiquette de premier niveau.

Niveau de généralisation	Étiquette générale	Étiquette de premier niveau
1er	Processus de compréhension	Méthode utilisée par le cerveau humain, consistant à explorer et ré-explore un concept jusqu'à ce qu'un état de compréhension objective du concept soit atteint.
2e	Méthode	Manière de dire, de faire, de suivre certains principes, selon un certain ordre, dans le but d'atteindre un certain objectif.
3e	Methodologie	Science qui étudie les méthodes des diverses sciences.
4e	Théorie de la connaissance	1- Science dont l'objet est d'évaluer les méthodes utilisées dans les diverses sciences dans leurs relations à la philosophie. 2- Science dont l'objet est de décrire une méthode universelle qui permettrait de comprendre la réalité dans son sens large.

La conclusion majeure émergeant de cette analyse est que la définition étendue d'un concept abstrait est en réalité sa description verbale de premier niveau, c'est-à-dire, la description verbale du concept non-verbal lui-même. Nous observons donc que tout comme le langage articulé est le seul moyen à notre disposition pour décrire les objets, processus et événements perçus de nos perceptions sensorielles, il est aussi notre seul moyen pour décrire les objets, processus et concepts non-verbaux idéalisés synthétisés à partir des généralisations émergeant de l'usage du langage lui-même.

On peut remarquer en examinant les définitions de premier niveau étendues du Tableau 6, que quoique ces définitions sont clairement compréhensibles, elle n'activent pas automatiquement une arborescence d' "images" dans le cerveau, comme le fait automatiquement l'étiquette de premier niveau "*pompes griffes d'aigle*". C'est que contrairement aux noms de premier niveau des images non-verbales des objets originant de nos perceptions sensorielles, qui préexistent donc par structure dans notre mémoire avant d'avoir pu être observées et nommées, les descriptions étendues des objets abstraits issus du processus de généralisation ne coïncident pas nécessairement avec une image abstraite préalablement synthétisée, étant donné que ces images idéalisées ne peuvent être conçues qu'à partir du processus généralisateur verbal lui-même.

Elles doivent donc être conceptualisées et décrites avant de pouvoir être "imagées", pour ainsi dire. Nous donnons à ces images abstraites que nous construisons pour correspondre aux concepts abstraits des noms tels que "*représentation graphique*", "*représentations symbolique*", ou simplement "*symboles*". C'est ce processus même qui est à l'origine du mode de pensée mathématique que nous analyserons bientôt, et qui constitue notre *troisième système de signalisation*.

Ces symboles peuvent être volontairement élaborés ou choisis, mais le néocortex est parfaitement capable d'intégrer à un haut degré un concept clairement défini verbalement pour éventuellement générer une représentation symbolique non-verbale et l'intégrer au mode de pensée par images d'une personne. La représentation bien connue du "*puits gravitationnel*" qui procure une telle représentation visuelle de l'effet de la gravité telle que conçu dans la Théorie de la Relativité Générale est une telle représentation. La courbe en forme de cloche du concept de quotient intellectuel en est une autre.

Tout comme nous avons une tendance naturelle à nommer les objets, processus et événements dont les images s'emmagasinent automatiquement dans notre cerveau suite à nos perceptions sensorielles, nous avons aussi une tendance naturelle à construire des représentations graphiques pour associer des images aux concepts abstraits que nous élaborons par association logique des généralisations issues de l'usage d'un langage articulé.

Chaque fois que nous lisons ou entendons la description verbale d'un nouvel objet ou concept abstrait, même après avoir compris et accepté comme valide sa description verbale étendue, si une image correspondante ne nous est pas fournie par la même occasion, nous tendons à demeurer songeurs et pas complètement à l'aise pendant un certain temps à propos de ce nouveau concept. Cette période de malaise semble coïncider avec le

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

temps requis pour qu'une représentation symbolique satisfaisante se construise et s'intègre dans les zones non-verbales du néocortex, cette opération permettant l'intégration complète du nouveau concept abstrait dans nos processus de pensée conceptuelle.

## 26. Cogitation et conversations par corrélation de généralisations

À moins d'impliquer un sujet émotivement chargé ou autre sujet qui suscite un malaise quelconque tel qu'analysé précédemment, le processus de cogitation verbal et l'échange d'idées en cours de conversations est un processus qui n'impliquera pas le système limbique et demeure un processus interne au néocortex. La cogitation, ou pensée conceptuelle, en fait, se résume à une conversation silencieuse avec soi-même, et implique exactement les mêmes processus mentaux que la conversation verbale avec une autre personne, sauf que les organes de la parole et les praxies de l'écriture ne sont pas utilisés. Chauchard avait l'habitude de nommer la pensée conceptuelle le "*langage intérieur*".

*"L'homme ne parle pas parce qu'il pense, il parle parce que sa pensée est un langage intérieur, moyen humain de penser. Le langage n'est pas au service de la pensée, il est d'abord cette pensée et ensuite sa communication. Penser, c'est associer les images cérébrales (en donnant au mot "image" un sens général qui dépasse la vue) que l'éducation a créées en nous à partir des messages des sens et qui, évocables par imagination, sont devenus un code intérieur, une manière autonome d'utiliser notre cerveau. A chaque image va se substituer par éducation sa dénomination verbale. Puisqu'il nomme tout, l'homme, au lieu d'associer des images, va pouvoir associer directement les noms correspondants, système plus apte au déploiement des possibilités d'abstraction du cerveau humain ([6], p. 122)."*

La cogitation et les conversations sont entièrement fondées sur le processus de généralisation, qui permet une souplesse de pensée inégalée. Sans surprise, le processus de généralisation est géré par les mêmes quatre activités de comparaison identifiées comme étant les propriétés naturelles d'association et corrélation de données supportant le processus d'apprentissage, soit *l'association*, la *classification*, la *discrimination* et *l'évaluation*. Tel que déjà mentionné, les trois premières sont des fonctions de corrélation, soit *l'association*, la *classification* et la *discrimination* des éléments à considérer, qui associent automatiquement ces éléments selon quatre critères fondamentaux de comparaison, soit la *simultanéité*, la *successivité*, la *similarité* et la *dissemblance* ([31], p. 23).

La souplesse du processus de généralisation tient au fait que chaque mot des langages articulés peut avoir une extension de sens allant de l'objet individuellement identifié, qui fait jaillir au niveau de la conscience active l'arborescence correspondante, jusqu'au à son sens le plus général possible en contexte, tout en permettant tous les niveaux intermédiaires de généralisation, et ceci, strictement en fonction du contexte de leur utilisation.

Si je dis "*J'aime ce crayon*" Je réfère de toute évidence à un objet unique et le mot *crayon* devient une étiquette de premier niveau utilisée pour identifier un seul objet. Si je dis par contre "*Le crayon est un moyen pratique pour écrire*", je réfère de toute évidence à tous les genres de crayons, et ici le mot *crayon*, quoique utilisé au singulier, devient une étiquette généralisée utilisée dans un sens plus général. On peut facilement concevoir un contexte dans lequel le mot *crayon* référerait seulement aux crayons qui sont dans une pièce spécifique, ceux qui sont dans le même édifice, ou à tous les crayons ayant existé.

Lors de cogitations sur des sujets qui n'activent pas le système limbique, la quatrième activité supportant le processus d'apprentissage, soit *l'évaluation*, qui est prioritairement contrôlée par défaut par le système limbique, est maintenant entièrement contrôlée par la conscience volontaire active du sujet. L'étendue du sens attaché à chaque mot d'une phrase est alors déterminée strictement par le contexte, et la corrélation entre les mots ainsi définis par la phrase complète fera en sorte que le sens de cette phrase occasionne un rétrécissement du contexte qui présidera à la détermination du sens des mots des phrases suivantes, constituant progressivement une mise en situation qui conduit à tirer des conclusions dont la logique paraît incontournable. Toutes les conversations informelles se produisent selon ce mode.

*"Cette conscience attentive n'est pas que spectateur passif ; elle intervient activement pour diriger l'activité cérébrale, rappeler des images ou susciter des actes... La caractéristique du cerveau humain normal, grâce à sa complexité, est d'être l'organe qui permet la liberté. La conscience active apparaît comme un phare étroit qui n'illumine qu'une faible partie du fonctionnement cérébral. Celle-ci apparaît comme un état de supervigilance comportant une excitation de ce qu'on observe et une inhibition de ce à quoi on ne prête pas attention, en vertu de processus d'autorégulation siégeant dans la formation réticulaire." ([6], p 127).*

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

Par contre, pour que des conclusions formelles des plus strictes puissent être logiquement tirées, comme dans les articles scientifiques de toutes natures, le rétrécissement du contexte conduisant à des conclusions incontournables sur des sujets de grande complexité doit être guidé avec la plus grande précision. Ce niveau de rigueur est atteint lorsque les caractéristiques de chaque objet individuel compris dans chaque ensemble défini par les étiquettes généralisatrices soient examinées pour s'assurer que chacun d'eux fait partie à juste titre de l'ensemble.

En pratique, un tel examen implique une recherche "verticale", pour ainsi dire, dans l'ensemble des caractéristiques de chacune des arborescences activées par les étiquettes de premier niveau des objets appartenant à une généralisation par définition. Plus nombreuses seront les caractéristiques identifiées comme étant communes aux diverses arborescences de l'ensemble généralisé par définition, plus étroite pourra être la corrélation qui s'établira "horizontalement", pour ainsi dire, entre les objets de l'ensemble.

L'étiquette "*corps humain*", par exemple, activera une arborescence beaucoup moins élaborée chez un non spécialiste que celle que développera un chirurgien, qui élaborera des sous-ensembles généralisés largement plus complexes sur ce sujet pendant une conversation avec un autre chirurgien que ne pourrait le faire un non-spécialiste discutant du même sujet avec une autre personne, ce qui met incidemment en lumière l'importance de l'étendue des connaissances dans la détermination de conclusions formellement valides. La liste des caractéristiques communes à tous les objets d'un ensemble constitue ainsi le cadre de référence formel de chaque ensemble généralisé par définition.

Dans un cadre de recherche formelle, il n'est pas prudent de présumer que tous les objets d'un ensemble défini par définition de premier abord en font réellement partie. Par exemple, il était courant même en 2018 dans la communauté de la physique de penser que les atomes sont constitués de trois *particules élémentaires* qui seraient l'électron, le proton et le neutron, et ceci même dans de nombreux ouvrages de référence des plus formels [44] [45]; alors qu'il est expérimentalement démontré depuis très exactement 50 ans que le proton et le neutron ne sont pas de telles particules élémentaires, mais sont plutôt eux-mêmes des *systèmes de particules élémentaires*, tout comme le système solaire n'est pas un corps céleste, mais plutôt un *système de corps célestes*.

En effet, le grand accélérateur linéaire de Stanford (SLAC) a été construit dans les années 1960 justement pour pouvoir accélérer des électrons avec suffisamment d'énergie pour en pénétrer la structure et en explorer la structure par collisions non-destructrices. On y a découvert deux autres particules véritablement élémentaires constituant leur structure interne, qui sont de même nature électromagnétique que l'électron, et qui constituent *de facto* avec l'électron le véritable ensemble des trois *particules élémentaires* dont sont constitués tous les atomes [46] [47] [48].

La question qui vient maintenant à l'esprit est la suivante : Quel progrès supplémentaire aurait déjà pu être accompli dans la recherche fondamentale si cette découverte avait immédiatement été clairement mise à jour dans l'ensemble des ouvrages de référence, de manière à ce que tous les physiciens et mathématiciens l'aient eu à l'esprit depuis 50 ans ?

## 27. Le mode de pensée mathématique

Tel que mis en perspective dans l'Introduction de cet article, au fil de l'histoire, un sous-ensemble très spécial de concepts et symboles abstraits non-verbaux émergea de l'usage du langage articulé, soit les concepts géométriques idéalisés résultant de la perception des formes des objets dans notre environnement, et les concepts mathématiques abstraits non-verbaux résultant de notre perception des distances entre les objets et des changements dans leurs caractéristiques au fil du temps, qui nous procurent des outils utilisables pour mesurer tous les aspects de ces distances spatiales et changements temporels.

Contrairement aux arborescences d'images que chaque personne associe à ses perceptions sensorielles, et que rien ne permet de vérifier si elles sont identiques pour tous ou non, il en va autrement pour les images géométriques abstraites idéalisées résultant de la généralisation des formes perçues dans la nature, tel le cercle, la sphère et toutes les autres formes géométriques, qui sont perçues de manière identique pour tous une fois conceptualisées et décrites verbalement, et la même identité de perception peut être confirmée pour tous les concepts mathématiques abstraits.

Au fil du temps émergea ainsi un langage symbolique non-verbal jumelé à un ensemble de formes géométriques idéalisées universellement intelligibles qui permet de discuter et d'échanger des idées au sujet de la nature des objets et des processus observés dans l'environnement, peu importe les différences entre les langues maternelles des participants; si intelligible en fait, que des dérivations mathématiques soigneusement

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

élaborées accompagnées des illustrations graphiques idéalisées appropriées peuvent être comprises par tout mathématicien même si les commentaires accompagnateurs sont écrits dans une langue articulée inconnue.

Nombreux sont ceux qui prennent intérêt aux mathématiques et apprennent à maîtriser ce langage symbolique non-verbal au point de devenir capable de l'utiliser directement pour penser conceptuellement de cette manière idéalisée et généralisée aux processus qui sont soupçonnés exister objectivement dans notre environnement, ainsi qu'aux objets et leurs caractéristiques impliqués dans ces processus [49], reproduisant mentalement, pour ainsi dire, de manière idéalisée et mesurable, les objets, processus et événements observés dans l'environnement réel.

Puisque ce langage conceptuel abstrait se développe dans des zones du néocortex différentes [12] des zones qui sont le siège du mode de pensée par images non-verbales dédiées aux perceptions des sens, identifié par Pavlov comme étant *le premier système de signalisation*, et des zones verbales, siège du mode de pensée verbale identifié comme étant *le deuxième système de signalisation*, le langage mathématique non-verbal qui se développe par éducation dans ces zones différentes peut être considéré être un "*troisième système de signalisation*" qui est universellement intelligible par définition pour tous ceux qui apprennent à le maîtriser.

Le langage mathématique constitue la forme la plus avancée de langage dont nous disposons. Il est libéré de la nécessité de référer directement à nos perceptions sensorielles et nous permet d'étudier, décrire et mesurer par imagination les relations entre des représentations idéalisées des objets qui existent dans notre environnement.

En fait, ces représentations géométriques idéalisées nous permettent de généraliser graphiquement les caractéristiques qui sont communes à ces corps qui existent physiquement. Il n'est pas possible de retracer historiquement l'origine exacte du concept géométrique du cercle, par exemple, mais il est facile de supposer que la forme de la pleine lune, visible depuis avant que notre espèce apparaisse, pourrait bien en être à l'origine. Mais peu importe son origine, une fois l'idée du cercle engendrée, il n'est pas difficile de concevoir que l'observation de sa forme par imagination aurait pu éventuellement conduire à réaliser que la ligne qui délimite sa circonférence est partout à égale distance de son centre, par exemple.

Il ne fait aucun doute que toutes les autres propriétés du cercle et de toutes les autres formes géométriques idéalisées ont été découvertes par des observations de même nature et par les mêmes mécanismes de cogitation qui nous permettent de découvrir les propriétés des objets identifiés dans notre environnement suite à nos perceptions sensorielles. Les théorèmes d'Euclide augmentés des concepts complémentaires formulés par Lobatchevski, Riemann et plusieurs autres forment la somme des concepts géométriques idéalisés actuellement en usage.

Si on imagine maintenant une ligne droite passant par le centre de ce cercle idéalisé, définissant ainsi un axe de rotation, et que l'on imagine que le cercle pivote de 180 degrés autour de cet axe, on peut visualiser par imagination que son mouvement définit une sphère qui circonscrit maintenant un volume d'espace sous une surface dont tous les points sont aussi à égales distances de ce centre. Même les lecteurs qui n'avaient pas eu l'occasion de réfléchir à ce sujet auparavant ont maintenant une image mentale de la sphère idéalisée que tous les mathématiciens utilisent.

Une relation invariante fut ensuite découverte à propos de cette sphère idéalisée, impliquant la distance entre son centre et sa surface, nommée le rayon ( $r$ ), qui permet si on en connaît la longueur, de calculer avec précision la circonférence, la surface et le volume de cette sphère, qui est mathématiquement définie comme un volume d'espace circonscrit par une surface close et dont tous les points sont situés à égale distance du centre de son volume, où  $\pi$  est la relation invariante exprimée par le nombre de fois que le diamètre ( $d$ ) de la sphère (deux fois le rayon, ou  $d=2 r$ ) est contenu dans la circonférence  $\pi=3.141592654$ . C'est ainsi que furent établies les premières équations mathématiques qui permettent de mesurer la longueur de la circonférence ( $C$ ), la surface ( $S$ ) et le volume ( $V$ ) de cette sphère géométrique idéalisée :

$$C = 2\pi r \quad S = 4\pi r^2 \quad V = \frac{4}{3}\pi r^3 \quad (1)$$

La question qui se pose à ce point-ci est comment les moyens de calculs de circonférence, surface et volume de cette sphère idéalisée peuvent-ils être transposés pour mesurer des objets existant physiquement, car il est bien compris qu'aucun objet n'est aussi parfaitement sphériques dans notre environnement ?

Dans le domaine astronomique, il est bien connu que Terre, par exemple, n'est pas une sphère parfaite, mais plutôt une sphère légèrement aplatie aux pôles étant donné sa vitesse de rotation, avec un rayon polaire estimé à 6357 km et un rayon équatorial estimé à 6378 km, soit une différence de 21 km, sans parler des irrégularités de



## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

sa surface, dont les plus grandes sont le mont Everest s'élevant à 8.8 km au dessus de la surface et la fosse des Mariannes s'abaissant de près de 11 km.

Quel rayon choisir alors ? La méthode simple est de calculer un *rayon moyen* qui correspondrait à celui que la Terre aurait si elle devenait une sphère parfaite. Ce rayon moyen a été calculé comme étant 6371 km. Ce rayon est calculé en considérant *le centre de masse* de la Terre comme étant le centre de cette sphère. Le centre de masse d'un corps est le point unique sans dimensions autour duquel ce corps pourrait être en rotation peu importe l'orientation dans sa masse de son axe de rotation [44]. La même technique peut s'appliquer à absolument tous les corps célestes dont les formes sont détectables. Pour les corps célestes trop éloignés pour être détectés directement autrement que comme un point lumineux sans dimensions mesurables, ou indirectement par interaction avec d'autres corps, la forme sphérique est présumée pour fins de calculs.

Toutes sortes de techniques mathématiques similaires ont été développées pour harmoniser les méthodes mathématiques idéalisées avec les caractéristiques réelles des objets qui existent physiquement dans notre environnement. Elles sont disponibles dans de nombreux ouvrages de référence destinés aux ingénieurs de toutes les spécialités, tel le monumental ouvrage de physique générale de Douglas Giancoli [44], et de nombreux ouvrages plus spécialisés sur la thermodynamique, la mécanique des matériaux, les phénomènes de résonance, etc., quelques uns étant mentionnés ici pour référence commode [50] [51] [52] [53].

Un autre exemple de l'utilité des concepts géométriques idéalisés conçus grâce au processus de généralisation, est l'importante contribution de Carl Friedrich Gauss au 19e siècle, justement en relation avec le concept de la sphère idéalisée déjà mentionnée. Il eut l'idée d'explorer les possibilités mathématiques qu'offrirait le concept d'une variation progressive du rayon de la sphère idéalisée entre une longueur zéro et une longueur infinie définie précédemment par le mathématicien Leonhard Euler, qui permet de conceptuellement visualiser une infinité de sphères virtuelles concentriques, ou alternativement une sphère unique dont le volume varie omnidirectionnellement.

Son idée géniale fut d'associer ce rayon variable à la force de Coulomb, qui varie non linéairement en fonction de l'inverse du carré de la distance entre toute paire de charges électriques, et dont l'équation est :

$$F = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (2)$$

Incidentement, on peut noter en passant que l'équation (1) pour le calcul de surface de la sphère idéalisée ( $S=4\pi r^2$ ) fait intégralement partie du diviseur de l'équation de Coulomb (2), et on peut spéculer que c'est peut-être ce détail qui fit en sorte que Gauss associa le concept de la sphère idéalisée à l'équation de Coulomb. En enlevant une des charges de l'équation (2), il définit le concept de champ électrique (**E**), dont l'équation est :

$$\mathbf{E} = \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (3)$$

La conséquence est que l'équation (3) permet de visualiser par imagination un champ de force virtuel d'une intensité ponctuelle infini localisée à la position de la charge restante, qui pourrait être un électron par exemple, une intensité qui se réduirait omnidirectionnellement en fonction de l'inverse du carré de la distance en s'éloignant de cette charge ([45], p. 480). Il suffit de réintroduire une deuxième charge n'importe où dans ce champ virtuel pour récupérer l'équation (2) de Coulomb pour pouvoir calculer l'intensité réelle de la force et de l'énergie cinétique adiabatique correspondante qui s'induit dans chaque charge [54] :

$$F = e\mathbf{E} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad \text{et} \quad \mathbf{E} = r F = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (4)$$

C'est cette technique de définition des champs électrique et magnétique qui permit à Maxwell de synthétiser les équations de Gauss, Ampère et Faraday en un tout cohérent qui permet de calculer la vitesse invariante de la lumière dans le vide à partir de leurs équations, soit l'un des fondements de l'électrodynamique moderne. Incidentement, l'équation de Gauss est maintenant plus connue sous le nom de *Première équation de Maxwell*.

Il faut dire aussi à ce sujet que contrairement à l'impression générale, toute l'électrodynamique moderne [55] [56] n'est pas fondée directement sur la théorie de Maxwell qui implique que les deux champs électrique et magnétique de l'énergie électromagnétique doivent osciller en alternance en s'induisant mutuellement pour que l'énergie puisse exister et se propager, mais sur l'interprétation de Ludwig Lorenz qui implique que les deux

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

champs oscillent de manière synchrone ([57], p.449) et avec laquelle Maxwell était en désaccord. La nuance est importante car l'interprétation de Lorenz ne permet pas d'harmoniser les quanta d'énergie électromagnétiques localisés avec certains aspects de l'électrodynamique, alors que celle de Maxwell permet une harmonisation complète lorsque mise en corrélation avec les conclusions de Louis de Broglie [58].

Ces quelques exemples de conceptualisation de formes géométriques et équations mathématiques idéalisées correspondantes montrent à quel point elles peuvent être utiles pour mesurer et calculer les diverses caractéristiques des objets et processus physiques qui existent dans notre environnement. L'ensemble des concepts mathématiques élaborés à ce jour destinés à calculer tous les aspects des propriétés des objets et processus de notre environnement sont disponibles dans de multiples ouvrages dont les quelques suivants mentionnés pour commodité [59] [60] [61].

L'ouvrage "*Mathematical Physics*" en particulier par Sadri Hassani [60], procure un historique substantiel des contributions de la plupart des grands mathématiciens du passé. Un autre ouvrage mérite aussi d'être mentionné dans cette perspective, soit une collection d'essais de mathématiciens éminents d'une dizaine d'universités américaines sur divers aspects des mathématiques, édités par Russell Howell et James Bradley [49], rempli de références à d'autres ouvrages significatifs sur la nature des mathématiques.

Tous les concepts géométriques et mathématiques idéalisés sont d'une telle perfection que leur beauté esthétique inhérente fait facilement perdre de vue qu'ils sont virtuels et ne reflètent pas directement la réalité physique. Il est important de résister à l'idée que les champs virtuels idéalisés définis par Gauss existeraient physiquement, par exemple, car la mécanique de leur conception idéalisée à partir des généralisations verbales est la preuve qu'ils font simplement partie du langage mathématique non-verbal que nous avons collectivement développé pour visualiser par imagination une version idéalisée de la réalité physique de notre environnement, afin de la mesurer et de la comprendre. Il faut toujours prendre soin en l'utilisant pour décrire les objets et processus physiques de tenir compte des limites physiques qui existent réellement.

Un dernier point d'intérêt reste à mettre en perspective en ce qui concerne les équations mathématiques elles-mêmes, car tout comme les mots du langage articulé peuvent définir par contexte un objet ou un processus spécifique qui active l'arborescence synaptique correspondante jusqu'à la conscience active du sujet, ou alternativement définit seulement une généralisation qui n'active aucune arborescence déterminée, les équations mathématiques sont aussi sujettes à une dynamique similaire; les équations de premier niveau activant les arborescences des formes géométriques idéalisées correspondantes jusqu'au niveau de la conscience active et les équations généralisées n'activant aucune arborescence particulière. Cela signifie que les équations remplissent la même fonction par rapport aux concepts géométriques non-verbaux idéalisés que les mots des langages articulés remplissent par rapport aux perceptions sensorielles, et que métaphoriquement parlant, les équations sont donc les "mots" du langage mathématique.

C'est ce qui permet de comprendre pourquoi la conscience active des mathématiciens peut demeurer volontairement concentrée pendant de longs moments en cogitation exclusive à propos de l' "*environnement virtuel idéalisé*" observable via le trio *langage-articulé / concepts-géométriques-idéalisés / équations-mathématiques* aussi facilement qu'ils peuvent demeurer alternativement concentrés en cogitation exclusive à propos de l' "*environnement réel*" observable via le tandem *langage-articulé / perceptions-sensorielles*, ou même en superposition d' "*environnements virtuel-réel*", observables via l'ensemble quadruple *langage-articulé / équations-mathématiques / concepts-géométriques-idéalisés / perceptions-sensorielles*, un état qui pourrait même être établi de manière permanente par entraînement au mode de pensée mathématique, tel qu'apparemment démontré pendant les tests de reconnaissance faciale effectués lors des expériences Amalric-Dehaene [12]. soit une condition qui mérite certainement d'être explorée plus avant.

La jonction entre cet environnement virtuel idéalisé et l'environnement réel ne peut à vrai dire se faire que par le biais des équations de premier niveau qui activent directement les arborescences des concepts géométriques idéalisés, à condition qu'elles puissent être résolues avec des valeurs numériques établies par expérimentation dans l'environnement réel observable par les perceptions sensorielles. Dans le domaine de la physique fondamentale, ces recherches ont permis au fil du temps d'identifier environ 200 de ces constantes numériques, qui sont maintenant disponibles dans des ouvrages de référence tel le *CRC Handbook of Chemistry and Physics* [62] et autres sources pour les diverses autres domaines des sciences.

Par exemple, cette recherche constante a permis d'observer jusqu'à présent que tous les corps célestes semblent captifs d'états de résonance stables de moindre action à des distances moyennes des astres centraux, distances utilisables directement pour résoudre les équations mathématiques établies pour les formes circulaires et sphériques idéalisées; ces distances moyennes se situent entre des distances axiales minimales et maximales stables très précises (périhélie et aphélie) à partir des astres centraux. Ces trois valeurs numériques stables

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

permettent de définir clairement les volumes d'espace visités au fil du temps par chaque corps céleste autour des astres centraux. Ces volumes peuvent évoluer en formes assez complexes pour des corps célestes qui ont des satellites, qui induisent des battements qui modifient les volumes autrement réguliers qui sont visités par les corps qui n'ont pas de satellite. En fait, tous les corps stabilisés dans des systèmes axiaux influencent mutuellement chacune de leurs trajectoires et la forme des volumes de résonance qu'ils visitent. Une dynamique électromagnétique similaire définie par la mécanique quantique (MQ) est aussi applicable au niveau sous-microscopique aux particules élémentaires constituant les atomes dont toutes les masses macroscopiques sont faites, dont nos propres corps [54].

La résolution effective d'équations de premier niveau à l'aide de ces valeurs vérifiées expérimentalement est en effet le seul moyen de distinguer parmi l'ensemble des équations, celles qui ont une réelle valeur prédictive dans l'environnement réel lorsqu'elles tiennent compte des limites physiques qui existent réellement, de celles élaborées sans tenir compte de ces limites en vertu du potentiel illimité des concepts géométriques idéalisés qui, par nature, ne possèdent pas de telles limites de manière inhérente. La vitesse de la lumière, par exemple, est confirmée comme étant la vitesse la plus élevée à laquelle l'énergie électromagnétique puisse circuler dans l'environnement réel, bien que des vitesses largement supérieures puissent facilement être imaginées dans l'environnement virtuel.

Comment distinguer les équations de premier niveau des équations généralisées est le dernier point qui reste à éclaircir. Quelques exemples permettront de bien mettre cette différence en évidence. Prenons comme exemple une des équations à la fois l'une des plus simples et des plus générales de la physique fondamentale, soit celle qui définit la force d'accélération (F) qui s'applique à tout corps massif qui existe physiquement, correspondant à la deuxième loi de Newton :

$$F = m a \quad (5)$$

où "m" représente une masse et "a" représente une accélération. La raison pour laquelle elle est possiblement l'une des plus générales équations de force est que toutes les équations de force classiques peuvent en être réversiblement dérivées, y compris l'équation (2) de Coulomb mentionnée précédemment [63], qui pour sa part est possiblement la plus importante équation de premier niveau identifiée à ce jour ([54], p.1066). Nous n'entrerons pas dans les considérations relativistes ici pour garder la démonstration simple.

Dans cette équation, "m" peut représenter n'importe quelle masse qui existe, ce qui déjà ne fait venir à l'esprit aucun corps précis. Si l'équation est reformulée pour représenter la masse au repos bien connue de l'électron, dont le symbole de premier niveau est "m<sub>e</sub>", déjà l'équation s'approche du premier niveau :

$$F = m_e a \quad (6)$$

Un symbole de premier niveau tel "m<sub>e</sub>", est un symbole qui peut être remplacé dans une équation par soit l'une des constantes physiques numériques déjà établies [62], ou par une valeur numérique variable appartenant à une séquence possible dans l'environnement réel.

Le cas du symbole "a" pour l'accélération est plus complexe, car il doit être remplacé par deux symboles de premier niveau pour devenir significatif, soit une vitesse "v" et une distance "d". Dans le cas de l'atome d'hydrogène, la vitesse théorique précise correspondant à la distance radiale moyenne réelle entre l'électron stabilisé en état de résonance axiale par rapport au noyau de l'atome est bien connue et est représentée par le symbole "v<sub>B</sub>", et est connue comme la vitesse théorique à l'orbite de Bohr, et le symbole du rayon de cette orbite moyenne théoriquement parfaite est "r<sub>B</sub>", et est connu sous le nom de rayon de Bohr:

$$a = \frac{v^2}{d}, \quad \text{par conséquent :} \quad F = m_e \frac{v_B^2}{r_B} \quad (7)$$

Les valeurs numériques représentées par les symboles de premier niveau "v<sub>B</sub>" et "r<sub>B</sub>" appartiennent en réalité à des séquences de vitesses et distances possibles dans l'environnement réel, mais se retrouvent aussi dans la liste des constantes physiques fondamentales [62] parce qu'elles correspondent à des états stables bien précis dans l'environnement réel.

L'équation (7) est maintenant convertie en une équation de premier niveau qui donnera une valeur précise à la force (F) qui s'applique physiquement entre l'électron et le noyau de l'atome d'hydrogène à la distance moyenne de résonance qui les sépare, et qui activera jusqu'au niveau de la conscience active l'ensemble des connaissances que chaque physicien et mathématicien aura personnellement accumulé à propos de l'électron et

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

de l'atome d'hydrogène, y compris l'équation beaucoup plus complexe de Schrödinger qui décrit le volume de résonance visité par l'électron de part et d'autre du rayon de Bohr [54], équation qu'il serait hors de propos de mentionner ici, mais qui est disponible dans de nombreux ouvrages de référence [44] [61] ainsi que sur Internet.

C'est uniquement l'activation de ce type d'arborescences jusqu'au niveau de la conscience active qui permet d'identifier les aspects de la réalité physique objective qui restent à clarifier, ce qui oriente la recherche dans des directions prometteuses.

Une autre complexité s'ajoute au fait que l'équation (5) est générale de manière inhérente. C'est le fait qu'il existe de nombreuses manières de symboliser une équation mathématique, et que cette équation fondamentale, comme bien d'autres, est souvent représentée sous une variété de formes, toutes valides en fonction du contexte de leur utilisation, mais toutes aussi générales que l'équation (5) et n'activant pas les arborescences associés à nos perceptions sensorielles, dont voici quelques exemples, qui sont toutes des représentations alternatives de l'équation (5):

$$\mathbf{F} = m \cdot \frac{\partial^2}{\partial t^2} u(x + h, t) \quad \sum_i \vec{F}_i = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad \mathbf{F} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} \quad \text{etc.} \quad (8)$$

Ces trois formes ont été vérifiées comme pouvant se convertir en une équation de premier niveau comme l'équation (7), mais il est prudent de prendre l'habitude de vérifier de cette manière toutes les équations proposées sans cette vérification dans des articles de quelque source que ce soit. Une telle habitude a d'ailleurs pour effet d'améliorer la synchronisation entre les trois modes de pensée. Heureusement, tous les ouvrages de référence destinés à la communauté des ingénieurs tels les quelques uns donnés en référence [44] [50] [51] [52] [53] résolvent toutes les équations générales jusqu'au premier niveau. Certains ouvrages de référence destinés à l'enseignement sont remarquablement bien faits à cet égard [45] [61].

Entre autres, Louis de Broglie avait l'habitude de toujours faire cette vérification, qui réserve parfois d'heureuses surprises, puisque c'est de cette manière qu'il a découvert la relation qui existe entre la constante de Planck et la quantité précise d'énergie induite à la distance moyenne de résonance de l'électron dans l'atome d'hydrogène, tel qu'analysé dans une référence séparée [47], et c'est cette même habitude qui a permis de découvrir, entre autres précieuses surprises, que toutes les équations de force classiques sont des variations de l'équation de Coulomb (2) et de l'équation d'accélération fondamentale (6) [63], permettant ainsi l'harmonisation de la mécanique classique/relativiste avec la mécanique électromagnétique, conduisant à une mécanique claire des conversions de l'énergie fondamentale en un ensemble de particules élémentaires stables et à l'émission et l'absorption de photons électromagnétiques par ces particules lorsqu'elles interagissent au cours de leurs processus de stabilisation à l'intérieur des atomes [64] [65].

## 28. Conclusion

Il s'avère que la pensée conceptuelle fonctionne selon trois modes différents, soit le mode de pensée non-verbal par association des images naturellement synthétisées par le cerveau à partir des perceptions sensorielles provenant de l'environnement, mode de pensée de même nature que celui moins performant des espèces possédant des systèmes nerveux moins complexes [6], identifié par Pavlov comme le *premier système de signalisation* [23]; le mode de pensée verbal par association de mots, acquis par éducation, qui permet d'abstraire et généraliser les signaux du premier système, aussi identifié par Pavlov comme le *deuxième système de signalisation*; et enfin le mode de pensée mathématique par association de concepts idéalisés mis en évidence dans cette étude, issue des généralisations procurées par l'utilisation des langages articulés, consistant en un ensemble collectivement intelligibles de concepts géométriques et mathématiques idéalisés définis collectivement et acquis par éducation, pouvant être identifié comme le *troisième système de signalisation*, qui permet l'établissement d'un modèle virtuel collectif idéalisé de l'environnement réel et qui permet de le mesurer et de le comprendre.

Trois importantes conclusions peuvent être tirées de cette étude. La première étant l'importance pour chaque enfant de développer toutes ses habiletés verbales jusqu'à l'autonomie avant l'âge de 7 ans. Cette conclusion peut être tirée de la mise en corrélation des travaux de Paul Flechsig [41], de Paul Chauchard [6] et de Dolores Durkin dont les résultats sont mentionnés dans l'ouvrage de Fitzhugh Dodson [40].

En effet, le retard programmé génétiquement découvert par Flechsig de la myélinisation des zones verbales du néocortex jusqu'à l'âge de 7 ans semble directement lié à l'observation faite par Chauchard que la densité du réseau interconnecté qui se construit dans les zones verbales pendant l'acquisition du langage articulé est

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

beaucoup plus dense chez les enfants qui complètent cet apprentissage avant l'âge de 7 ans que chez ceux qui n'ont pas complété cet apprentissage en temps voulu, et semble aussi directement lié à l'observation faite par Dolores Durkin que tous les enfants qui avaient appris à lire avant l'âge de 7 ans ont dominé de façon marquée dans toutes les tâches d'apprentissage pendant la durée entière de leurs cours primaire en Californie sans qu'aucun des enfants qui avaient appris à lire après cet âge ne puissent jamais les rattraper. Cette corrélation mériterait donc d'être étudiée plus avant.

La même corrélation peut être faite entre le fait qu'en Finlande, tous les enfants sont scolarisés jusqu'à maîtriser toutes les habiletés verbales avant l'âge de 7 ans, ce qui explique directement pourquoi le taux d'illittéracie de la population adulte est pratiquement nul dans ce pays, alors que dans la province de Québec, Canada, où l'enseignement systématique des habiletés verbales avant l'âge de 7 ans a été abandonné il y a 50 ans dans le cadre d'une expérience novatrice de scolarisation, le taux d'illittéracie fonctionnelle de la population adulte a progressivement augmenté au fil du temps pour atteindre en 2013 le niveau toujours en croissance de 53% selon les chiffres de l'OCDE, à la consternation des experts locaux [5], coupant ce segment entier de la population de tout accès à l'éventail en croissance d'emplois requérant un niveau de littératie fonctionnelle efficace, domaine affecté par un manque chronique de main-d'œuvre dans la même communauté.

La deuxième conclusion qui émerge de cette étude, est que l'ensemble des recherches des cent dernières années confirme que le langage articulé acquis par éducation pendant l'enfance est l'élément central de la pensée conceptuelle, permettant de généraliser autant les connaissances acquises à propos des objets et processus physiques observés dans l'environnement réel par nos perceptions sensorielles, que les connaissances acquises par observation de leurs représentations idéalisées élaborées collectivement sous forme d'un 'environnement virtuel, idéalisé grâce à la capacité de généralisation procurée par l'usage du langage articulé.

La troisième conclusion est qu'il est possible de synchroniser étroitement l'environnement réel avec l'environnement virtuel collectif idéalisé issu des généralisations procurées par le mode de pensée verbal, à l'aide du mode de pensée mathématique tel qu'analysé à la dernière section, de manière à comprendre et mesurer collectivement avec précision tous les aspects de l'environnement réel.

-----

En relation avec l'importance d'un apprentissage précoce de toutes les habiletés verbales révélée par l'analyse des références sur lesquelles cet article est fondé, l'auteur a donné son opinion dans un article publié dans un journal local, *Le Soleil* du 22 septembre 2021, sur l'état de l'enseignement de la langue et de la culture au Québec; état dont l'étude du cas fut à l'origine de ce projet de recherche sur la neurolinguistique il y a 25 ans, soit une problématique qui peut potentiellement affecter toutes les langues et toutes les cultures :

### [Qui sommes nous ?](#)

#### *Autres articles du même auteur*

### **INDEX – Neurolinguistique générale**

-----

## Bibliographie

- [1] Chauchard P. (1963). *Le cerveau humain*, Presses Universitaires de France. Que sais-je? No. 768. France.
- [2] Van der Poll, M. (2015) *Conceptual thinking: How to quantify meaning in projects and processes through structured non-linear thinking*. MS thesis. UNL, 2015.  
[https://digitalcommons.unl.edu/arch\\_id\\_theses/14/](https://digitalcommons.unl.edu/arch_id_theses/14/)
- [3] Chauchard P. (1963). *Physiologie de la conscience*, Presses Universitaires de France. Que sais-je? No. 333. France.

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

- [4] Pickenhein Lothar (1998). *I. P. Pawlow - Gesammelte Werke - Über die Physiologie und Pathologie der höhere Nerventätigkeit*, Ergon Verlag, Germany.
- [5] Michaud, A. (2016) *Intelligence and Early Mastery of the Reading Skill*. J Biom Biostat 2016, 7:4 DOI: 10.4172/2155-6180.1000327.  
<https://www.hilarispublisher.com/open-access/intelligence-and-early-mastery-of-the-reading-skill-2155-6180-1000327.pdf>
- [6] Chauchard P. (1960). *Le cerveau et la conscience*, Les éditions du Seuil, France.
- [7] Vekker. L.M. (2000) *Психика и реальность. Единая теория психических процессов (Mind and reality: A unified theory of the mental processes)*. Ozon.  
<https://www.ozon.ru/product/psihika-i-realnost-edinaya-teoriya-psihicheskikh-protsessov-13605841/?sh=tpgD8KnC>
- [8] Chuprikova, N.I. (2007) *Psychology of cognitive development: Principle of differentiation*. St.-Petersburg; 2007. (In Russian).
- [9] Volkova, E.V. (2013) *Developmental learning: Theoretical and empirical considerations*. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2013. 82.81–86.
- [10] Volkova, E.V. (2014) *The nature of creativity: Differentiation-integration approach*. Humanities and Social Sciences Review (HSSR). 2014;3(2):375–388.
- [11] Kholodnaya, M.A. & Volkova, E.V. (2016) *Conceptual structures, conceptual abilities and productivity of cognitive functioning: The ontological approach*. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2016;217:914-922.
- [12] Amalric, M. & Dehaene, S. (2016). *Origins of the brain networks for advanced mathematics in expert mathematicians*. Proc Natl Acad Sci U S A, April 2016.  
<https://www.unicog.org/publications/Amalric%20Dehaene%20fMRI%20of%20math%20and%20language%20in%20professional%20mathematicians%20PNAS%202016%20plus%20SI.pdf>
- [13] Starr, A.; Libertus, M.E.; Brannon E.M. (2013) *Number sense in infancy predicts mathematical abilities in childhood*. Proc Natl Acad Sci USA 110(45):18116–18120.  
<https://www.pnas.org/content/pnas/110/45/18116.full.pdf>
- [14] Chomsky, N. (2006) *Language and Mind*. Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-67493-5.
- [15] Bergelson, E. & Swingley, D. (2012) *At 6-9 months, human infants know the meaning of many common nouns*. Willem J. M. Levelt, Max Planck Institute for Psycholinguistics. doi.org/10.1073/pnas.1113380109.  
<https://www.pnas.org/content/109/9/3253>
- [16] Shepherd G. (1994). *Neurobiology*. Third edition. Oxford University Press. New York.
- [17] Peterson, J.B. (1999). *Maps of Meaning*, New York. Routledge. ISBN 9780415-922227.
- [18] Halgren, E. (1999). *Emotional neurophysiology of the amygdala within the context of human cognition*. In J.P. Aggleton (Ed.) *The amygdala: Neurobiological aspects of emotion, memory and mental dysfunction* (pp. 191-228). New York: Wiley-Liss.
- [19] Van Petten, C.; Luka, B. (2006). "*Neural localization of semantic context effects in electromagnetic and hemodynamic studies*. Brain and Language. **97** (3): 279–293. doi:10.1016/j.bandl.2005.11.003
- [20] Shepherd Gordon M. (1994). *Neurobiology*. Third Edition. Oxford University Press. ISBN 0-19-508843-3
- [21] Bickart K.C.; Dickerson, B.C.; Feldman Barret, L. (2014). *The amygdala as a hub in brain networks that support social life*, Elsevier dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.08.013.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0028393214002760?via%3Dihub>
- [22] Hebb D.O. (1949). *The Organization of Behavior*, Wiley, New York.

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

- [23] Pickenhein L. (1998). *I. P. Pawlow - Gesammelte Werke - Über die Physiologie und Pathologie der höhere Nerventätigkeit*, Ergon Verlag, Germany.
- [24] Goodfellow I, Bengio Y, Courville A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press. ISBN 0262035618.  
<https://www.deeplearningbook.org/>
- [25] Michaud, A. (2017) *On the Relation between the Comprehension Ability and the Neocortex Verbal Areas*. J Biom Biostat 8: 331. doi:10.4172/2155-6180.1000331.  
<https://www.hilarispublisher.com/open-access/on-the-relation-between-the-comprehension-ability-and-the-neocortexverbal-areas-2155-6180-1000331.pdf>
- [26] Anderson, J.A. (1995). *An Introduction to Neural Networks*. The MIT Press. Cambridge.
- [27] Chauchard P. (1970), *Le langage et la pensée*, Presses Universitaires de France. Que sais-je? No. 698. France.
- [28] Chauchard P. (1944). *Les messages de nos sens*, Presses Universitaires de France. Que sais-je? No. 138. France.
- [29] Chauchard P. (1960), *La chimie du cerveau*, Presses Universitaires de France. Que sais-je? No. 94. France.
- [30] Chauchard P. (1970), *Le système nerveux*, Presses Universitaires de France. Que sais-je? No. 8. France.
- [31] Blayo, F. & Verleysen, M. (1996), *Les réseaux de neurones artificiels*, Presses Universitaires de France. Que sais-je? No. 3942. France.
- [32] Droit-Volet S, Coull J (2015) *The Developmental Emergence of the Mental Time-Line: Spatial and Numerical Distortion of Time Judgement*. PLoS ONE 10(7): e0130465. doi:10.1371/journal.pone.0130465  
<https://www.lapsco.fr/sites/droit-volet/files/2011/01/Droit-VoletCoull2015.pdf>
- [33] Blackbill Y., Fitzgerald H.E. (1972) *Stereotype Temporal Conditioning in Infants*. Psychophysiology. Volume 6. Issue 6, p. 569-577. Wiley.  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1469-8986.1972.tb00766.x>
- [34] Brannon E.M., Suanda S., Libertus K. (2010) *Temporal discrimination increases in precision over development and parallels the development of numerosity discrimination*. NIH Public Access. Dev Sci. 2007 November ; 10(6): 770-777. doi:10.1111/j.1467-7687.2007.00635.x.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2918408/pdf/nihms213768.pdf>
- [35] Michaud, A. (1997) *Einstein's Operating System*, Canada, SRP Books, 1997.  
<https://www.smashwords.com/books/view/154227>
- [36] Michaud. A. (2003). *The Neurolinguistic Foundation of Intelligence*. SRP Books. Canada.  
<https://www.smashwords.com/books/view/156882>
- [37] Hawkins. J. & Blakeslee. S. (2004). *On Intelligence*. Owl Books. New York.
- [38] Lacy J.W. & Stark E.L. (2013) *The neuroscience of memory: implications for the courtroom*. Nature Reviews Neuroscience 14, 649-658 doi: 10.1038/nrn3563.  
<https://www.nature.com/articles/nrn3563>
- [39] Michaud, A. (2016) *Comprehension Process Overview*. J Biom Biostat 7: 317. doi:10.4172/2155-6180.1000317.  
<https://www.hilarispublisher.com/open-access/comprehension-process-overview-2155-6180-1000317.pdf>
- [40] Dodson F. (1971). *How to Parent*. USA
- [41] Flechsig P (1920) *Anatomie des Menschlichen Gehirns und Rückenmarks auf Myelogenetischen Grundlage*, Leipzig, Thienne.

## Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

- [42] Piaget J. (1974) *The Origins of Intelligence in Children*, International Universities Press. USA.
- [43] Piaget J. (2001) *The Language and Thought of the Child*, Routledge & Kegan, London.
- [44] Giancoli D.C. (2008) *Physics for Scientists & Engineers*. Pearson Prentice Hall, USA.
- [45] Sears W., Zemansky M.W. & Young H.D. (1982) **University Physics**. Addison-Wesley, USA.
- [46] Breidenbach M. et al. (1969) *Observed Behavior of Highly Inelastic Electron-Proton Scattering*, Phys. Rev. Let., Vol. 23, No. 16, 935-939.  
<https://www.slac.stanford.edu/pubs/slacpubs/0500/slac-pub-0650.pdf>
- [47] Michaud, A. (2017) *The Last Challenge of Modern Physics*. J Phys Math 8: 217. doi: 10.4172/2090-0902.1000217.  
<https://www.hilarispublisher.com/open-access/the-last-challenge-of-modern-physics-2090-0902-1000217.pdf>
- [48] Michaud A. (2013). *The Mechanics of Neutron and Proton Creation in the 3-Spaces Model*. International Journal of Engineering Research and Development. e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN : 2278-800X, Volume 7, Issue 9. pp. 29-53.  
<http://ijerd.com/paper/vol7-issue9/E0709029053.pdf>
- [49] Howell R.W. & Bradley W.J. (2001) *Mathematics in a Postmodern Age*. William B. Eerdmans Publishing Company, Grand Rapids, Michigan.
- [50] Çengel Y.A. & Boles M.A. (2002) *Thermodynamics - An Engineering Approach*. McGraw Hill, USA.
- [51] Meriam J.L. & Kraige L.G. (2003) *Engineering Mechanics Dynamics*. John Wiley and Sons. USA.
- [52] Rao S.S. (2005) *Mechanical Vibrations*. Pearson Prentice Hall, Singapore.
- [53] Hibbeler R.C. (2005) *Mechanics of Materials*. Pearson Prentice Hall, USA.
- [54] Michaud A. (2018) *The Hydrogen Atom Fundamental Resonance States*. Journal of Modern Physics, 9, 1052-1110. doi.org/10.4236/jmp.2018.95067.  
[https://file.scirp.org/pdf/JMP\\_2018042716061246.pdf](https://file.scirp.org/pdf/JMP_2018042716061246.pdf)
- [55] Griffiths D.J. (1999) *Introduction to Electrodynamics*. Prentice Hall, USA.
- [56] Jackson J.D. (1999) *Classical Electrodynamics*. John Wiley & Sons. USA.
- [57] Cornille P. (2003) *Advanced Electromagnetism and Vacuum Physics*. World Scientific Publishing, Singapore.
- [58] Michaud A. (2016). *On De Broglie's Double-particle Photon Hypothesis*. J Phys Math 7: 153. doi:10.4172/2090-0902.1000153.  
<https://www.hilarispublisher.com/open-access/on-de-broglies-doubleparticle-photon-hypothesis-2090-0902-1000153.pdf>
- [59] Finkel T. (1997) *The Geometry of Physics*. Cambridge University Press. USA.
- [60] Hassani S. (1999) *Mathematical Physics*. Springer-Verlag. USA.
- [61] Eisberg, R. and Resnick, R. (1985) *Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles*. 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York.
- [62] Lide DR, Editor-in-chief (2003). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 84<sup>th</sup> Edition 2003-2004, CRC Press, New York.
- [63] Michaud, A. (2013) *Unifying All Classical Force Equations*, International Journal of Engineering Research and Development, e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X, Volume 6, Issue 6 (March 2013), PP. 27-34.  
<http://www.ijerd.com/paper/vol6-issue6/F06062734.pdf>
- [64] Michaud A. (2017). *Mécanique électromagnétique des particules élémentaires*. 2e édition Éditions universitaires européennes. Saarbrücken, Germany. 2017. ISBN: 978-3-330-87852-5.



Progrès dans le domaine de la mécanique de la pensée conceptuelle

<https://www.morebooks.de/store/fr/book/m%C3%A9canique-%C3%A9lectromagn%C3%A9tique-des-particules-%C3%A9l%C3%A9mentaires/isbn/978-3-330-87852-5>

- [65] Michaud, A. (2020) *Introduction à l'électromagnétisme selon Maxwell :-Mécanique électromagnétique*, Generis Publishing, ISBN 978-9975-3238-4-0.

<http://generis-publishing.com/book.php?title=introduction-a-lelectromagnetisme-selon-maxwell-mecanique-electromagnetique>