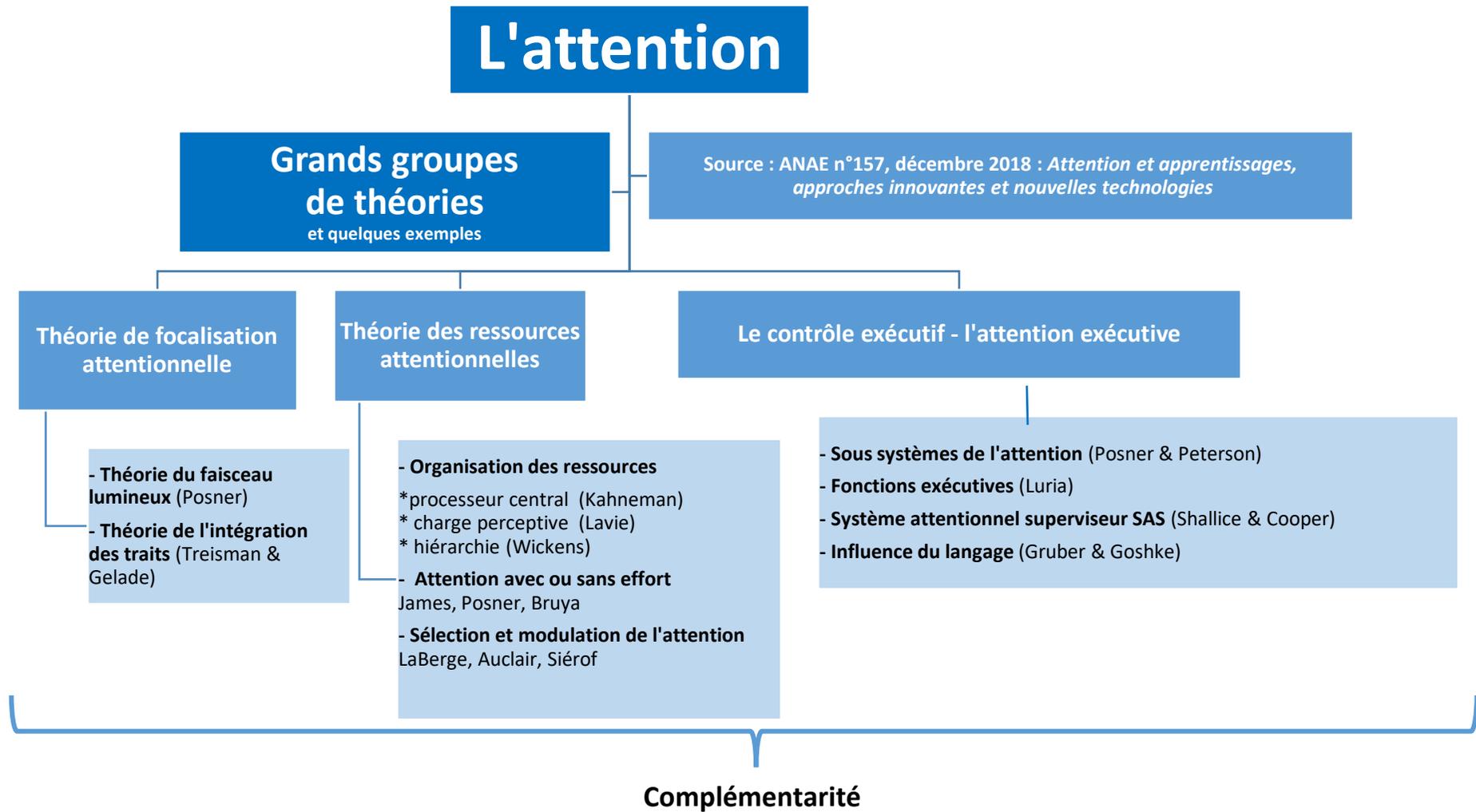




**Quelques références théoriques sur
l'attention, en lien avec ATOLE/ADOLE**

Bénédicte DUBOIS - responsable formation IFP Nord Pas de Calais



Recensement de quelques modèles théoriques et chercheurs associés sur l'attention, en lien avec les ouvrages de JP LACHAUX et les programmes ATOLE/ADOLE

| Chercheurs /ordre alphabétique | Modèles théoriques | Lien vers les ouvrages de JP Lachaux (O. Jacob) | Lien vers les programmes ATOLE et ADOLE |
|--|--|--|---|
| <p style="text-align: center;">Donald BROADBENT (1926-1993)</p> <p style="text-align: center;">Grande Bretagne</p> | <p style="text-align: center;">Le modèle du filtre attentionnel (1958)</p> <p>BROADBENT propose un premier modèle théorique (qu'il reformule en 1982) avec un filtre séparant un système sensoriel (traitant l'intégralité des variables et des éléments qu'elles contiennent, chaque type d'information relevant d'un canal distinct) et un système perceptif (ayant pour fonction de les identifier). Le filtre sélectionne les signaux, c'est-à-dire qu'il les contrôle et les répartit via un goulot d'étranglement, qui ne laisse passer qu'une seule série d'informations. Le rôle protecteur du filtre est de maintenir hors du système les signaux qui pourraient le submerger ou le bloquer.</p> <p>Cette conception permet de rendre compte du phénomène de « cocktail party » : le filtre arrête tous les autres stimuli et la conversation tenue à distance qui fait l'objet d'une focalisation attentionnelle est sélectionnée et stockée dans la mémoire à court terme.</p> <p>Les théories du filtre reposent sur l'observation que :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) l'environnement naturel nous expose à d'innombrables signaux sensoriels 2) notre capacité attentionnelle reste limitée en termes de canaux disponibles. <p>Le postulat de ces théories est donc l'existence d'un processus de filtrage pour sélectionner certains signaux avant traitement et transmission en mémoire à court terme. Ainsi, l'information attendue parvient jusqu'à un niveau de traitement, tandis que l'information non attendue est filtrée, c'est-à-dire qu'elle n'est pas traitée de la même manière.</p> | <p>Le cerveau attentif p 73</p> <p>Le cerveau funambule p 27</p> <p>Les petites bulles de l'attention p 15, 29</p> | <p>ATOLE Séquence 1 Activités 3,4 Séquence 5 Activité 4</p> <p>ADOLE Séquence 1 Activités 2,3,4</p> |

| | | | |
|---|--|--|--|
| <p>Edward Colin CHERRY (1914-1979)</p> <p>Grande Bretagne</p> | <p style="text-align: center;">L'effet cocktail party (1953)</p> <p>CHERRY a réalisé en laboratoire un protocole « d'écoute dichotique ». Le participant est équipé d'un casque audio stéréo diffusant 2 signaux sonores différents à l'oreille gauche et à l'oreille droite. Sa tâche consiste à écouter l'un des deux. Cette écoute dichotique permet d'étudier la façon dont le cerveau parvient à privilégier certains sons de l'environnement, mais aussi d'examiner les conséquences de cette sélection sur ce que la personne perçoit vraiment. Qu'entend vraiment un élève en classe quand le professeur parle et qu'il ne fait pas attention ?</p> <p>Les résultats des expériences d'écoute dichotique montrent qu'il est pratiquement impossible de comprendre simultanément toutes les conversations qui se déroulent au cours d'un cocktail par exemple. Cela prouve l'existence et la nécessité d'un processus de sélection de l'information auditive : le cerveau ne traite qu'une partie de l'information qu'il reçoit, selon le processus de sélection dite « attention sélective auditive ». (Tout comme POSNER l'a fait sur une modalité visuelle).</p> | <p>Le cerveau attentif p 71, 72</p> | <p>ATOLE Séquence 5 Activité 4</p> |
| <p>William JAMES (1842-1910)</p> <p>USA</p> | <p>En 1890, JAMES donne une définition de l'attention : « <i>L'attention est la prise de conscience par l'esprit, sous une forme claire et précise, d'un objet ou d'une pensée parmi plusieurs simultanément possibles. La focalisation et la concentration de la conscience en sont l'essence. Elle implique le retrait de certaines choses afin d'en traiter efficacement d'autres et est l'opposé de l'état confus, hébété ou étourdi que les Français appellent distraction ...</i> »</p> | <p>Le cerveau attentif p 27, 37, 105 Le cerveau funambule p 47, 50, 65, 137 Les petites bulles de l'attention p 42, 43, 44</p> | <p>ATOLE Séquences 9 et 10 ADOLE Séquence 2</p> |
| <p>Daniel KAHNEMAN (1934-)</p> <p>USA</p> | <p>Pour KAHNEMAN, l'attention est un réservoir limité d'énergie mentale dans lequel nous puisons. Du fait de cette limitation, nous ne pouvons pas faire simultanément plusieurs tâches qui épuiserait ces ressources. Les opérations de traitement s'effectuent de manière séquentielle (les unes après les autres). Dans certains cas, un partage des ressources est possible car les deux tâches sont suffisamment faciles pour être effectuées en même temps, même si elles demandent des ressources attentionnelles. L'attention n'est pas un phénomène du tout ou rien, mais peut être graduée.</p> | <p>Le cerveau funambule p 102, 243, 270 Les petites bulles de l'attention p 37</p> | <p>ATOLE Séquences 2, 6, 9 et 10 ADOLE Séquences 2,5</p> |
| | <p style="text-align: center;">Le circuit de la récompense (1954)</p> | <p>Le cerveau attentif</p> | <p>ATOLE Séquence 4</p> |

| | | | |
|--|--|---|---|
| <p>James OLDS (1922-1976)</p> <p>Peter MILNER (1909-2018)</p> <p>Canada</p> | <p>L'existence d'un circuit de la récompense a été découverte par ces deux chercheurs, OLDS et MILNER de façon fortuite. La recherche d'OLDS, dans le cadre d'une thèse doctorale, consistait à vérifier si l'excitation d'un centre impliqué dans la vigilance, et situé en arrière de l'hypothalamus, pouvait amener un rat à éviter certains coins d'un enclos.</p> <p>Cela semblait être le cas pour tous les rats testés sauf un qui, au lieu de s'éloigner de ces endroits, y revenait systématiquement après chaque choc. OLDS, croyant qu'il s'agissait d'un animal moins sensible que les autres, se mit à augmenter les décharges électriques. Mais, plus les chocs étaient intenses et plus le rat revenait rapidement à l'endroit où ils étaient administrés, pour en recevoir un autre, plus intense encore. Il fallait se rendre à l'évidence, le rat semblait rechercher systématiquement la stimulation électrique au lieu de l'éviter.</p> <p>Après dissection du cerveau de l'animal, OLDS s'aperçut que l'électrode avait été implantée par erreur, à côté de l'endroit où elle aurait dû se trouver, provoquant, suite à la stimulation, une réaction inattendue de "plaisir".</p> <p>Le chercheur systématisa l'expérience en implantant à plusieurs rats une électrode dans ce nouvel endroit qui se révéla être l'aire septale (MILNER, 1991), et plaça ensuite les rats dans des cages où ils pouvaient s'auto-stimuler en appuyant eux-mêmes sur un levier qui commandait la distribution des chocs. Les résultats furent stupéfiants. Très vite, les rats atteignirent des scores jamais atteints auparavant, quelle que soit la récompense. À certains moments de pointe, on vit des sujets fournir plus de 100 réponses sur le levier, en une minute, leur activité moyenne étant de 200 pressions à l'heure, pendant 24 heures. Les rats semblaient, de plus, être capables de supporter les chocs les plus intenses. Ce circuit existe aussi chez l'homme et révèle qu'il est le moteur fondamental de la motivation. On choisit spontanément l'action qui provoque l'activation la plus forte du circuit de la récompense. Il est alors facile de comprendre que ce circuit de la récompense participe de la captivation de l'attention. L'orientation de l'attention vers quelque chose que l'on apprécie (consulter son téléphone portable, discuter avec son voisin en cours ...) déclenche naturellement la réaction des neurones dopaminergiques. Cette capture de l'attention est jugée favorable car annonciatrice d'une « récompense ».</p> | <p>p 61, 186 à 195 p 256</p> <p>Le cerveau funambule p 56, 60, 68</p> <p>Les petites bulles de l'attention p 18, 19, 25</p> | <p>ADOLE</p> <p>Séquence 3</p> <p>Activités 6, 7, 8</p> |
|--|--|---|---|

| | | | |
|---|---|--|---|
| <p>Michael POSNER (1936-)</p> <p>USA</p> | <p style="text-align: center;">La théorie du faisceau lumineux (Spotlight)</p> <p>Cette théorie stipule que l'attention agit comme le faisceau d'une lampe qui va éclairer un endroit de l'espace. La théorie s'applique avant tout à l'attention spatiale mais la métaphore fonctionne également si l'on considère un espace tonal (qui a rapport à la tonalité), somesthésique (qui se rapporte aux sensations : pression, chaleur, douleur...) ou encore un espace sémantique.</p> <p>Cette théorie a été développée grâce à la méthode de l'indice spatial. L'attention du sujet peut être orientée grâce à un stimulus : l'indice, indiquant un endroit du champ visuel. Les temps de réponses sont plus rapides quand une cible apparaît à l'endroit de l'indice plutôt qu'à un autre endroit.</p> <p>Dans cette expérience, les sujets doivent fixer leur regard sur une localisation centrale sans bouger les yeux. Ainsi, les effets de l'indice ne sont pas explicables par le mouvement des yeux mais par le simple mouvement de l'attention, même s'il existe dans la vie courante une tendance naturelle à déplacer le regard vers le foyer attentionnel.</p> <p>Cette méthode expérimentale a permis à POSNER (1980) de développer une théorie selon laquelle l'orientation de l'attention sélective spatiale n'a pas une structure unique mais est formée de plusieurs composantes élémentaires. Lors du déplacement de l'attention d'un endroit à un autre, il s'opère d'abord un déplacement de l'attention du premier endroit (une inhibition), puis un mouvement et un engagement sur le nouvel endroit avec un processus d'activation.</p> <p>Le succès de cette théorie est dû au fait qu'elle a permis une meilleure compréhension de l'héminégligence dans laquelle les patients ont tendance à ignorer les stimuli localisés dans la partie de l'espace opposée à la lésion.</p> <p>POSNER & PETERSON (1990) décrivent trois grands sous-systèmes de l'attention : l'alerte, l'orientation et le contrôle exécutif. L'intervention du contrôle exécutif permet la détection et la sélection des cibles, la résolution d'un conflit et la prise de décision.</p> <p>La notion de capacité attentionnelle est fondamentalement associée à l'effort. Plus une tâche demande une forte quantité de ressources attentionnelles, plus elle demandera d'effort pour soutenir un niveau élevé d'efficacité.</p> | <p>Le cerveau attentif p 21, 30</p> <p>Le cerveau funambule p 99</p> <p>Les petites bulles de l'attention p 14, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36</p> | <p>ATOLE Séquences 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10</p> <p>ADOLE Séquences 1, 2</p> |
|---|---|--|---|

| | | | |
|--|--|--|--|
| | <p>Pour POSNER, il existe des tâches attentionnelles à faire exécuter aux enfants pour les entrainer à recruter leur attention en produisant une activité de contrôle demandant un effort cognitif. Ces tâches doivent permettre de lutter très tôt contre les troubles attentionnels et de self régulation, notion associée à la capacité de contrôler sa réaction au stress, de maintenir son intention et d'interpréter ses propres états mentaux et ceux des autres.</p> | | |
|--|--|--|--|

| Chercheurs /ordre alphabétique | Modèles théoriques | Lien vers les ouvrages de JP Lachaux (O. Jacob) | Lien vers les programmes ATOLE et ADOLE |
|--|---|---|---|
| <p>Marcus RAICHLE (1937-) USA</p> | <p style="text-align: center;">Le réseau du mode par défaut (1995)</p> <p>Au milieu des années 1990, la découverte d'un nouveau système cérébral par RAICHLE et son équipe a permis de préciser le fonctionnement du cerveau au repos. Une observation faite par hasard en tomographie par émission de positons, et par la suite corroborée par IRMf, les a mis sur la voie de la découverte du réseau du mode par défaut. En effet, l'activité de certaines aires cérébrales diminue lorsqu'un sujet au repos se met à accomplir une tâche orientée vers un but.</p> <p>Cet ensemble de régions corticales inclut certaines portions du cortex préfrontal, du cortex cingulaire postérieur, du lobe temporal médian et du précuneus dans le cortex pariétal supérieur.</p> <p>En fait, l'activité du réseau de mode par défaut n'est pas vraiment rattachée à du repos en tant que tel, mais à un flot libre de souvenirs, de représentations, de plans et d'idées. Jonathan SMALLWOOD (université d'York en Angleterre) dit que la fonction de ce mode de réseau n'est pas de ne rien faire, mais plutôt de laisser les pensées aller et venir.</p> <p>Une étude réalisée par une équipe du Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon composée de Tomas OSSANDON, Karim JREBI, et dirigée par Jean-Philippe LACHAUX, a révélé comment ce réseau interfère avec notre capacité à porter attention, en mesurant pour la première fois l'activité des neurones du réseau par défaut dans le cerveau humain à l'échelle de la milliseconde. Les résultats montrent sans ambiguïté que lorsque nous cherchons un objet autour de nous, les neurones de ce réseau par défaut interrompent leur activité. Mais cette interruption ne dure que le temps strictement nécessaire à la recherche : aussitôt l'objet trouvé, et en un dixième de seconde à peine, le réseau par défaut reprend son activité comme avant. Et si parfois notre réseau par défaut ne se désactive pas</p> | <p>Le cerveau attentif p 206</p> <p>Le cerveau funambule p 77</p> <p>Les petites bulles de l'attention p 23, 72</p> | <p>ATOLE Séquence 8</p> <p>ADOLE Séquences 2, 3</p> |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | suffisamment, nous mettons plus de temps pour trouver l'objet. Ces résultats attestent d'une compétition féroce au sein du cerveau pour nos ressources attentionnelles, qui, lorsqu'elles ne sont pas utilisées pour l'analyse active de notre environnement sensoriel, sont instantanément redirigées vers des processus mentaux plus internes. Le cerveau a donc horreur du vide et ne reste jamais sans rien faire, pas même pendant un dixième de seconde. | | |
|--|---|--|--|

| Chercheurs /ordre alphabétique | Modèles théoriques | Lien avec les ouvrages de JP Lachaux (O. Jacob) | Lien avec les programmes ATOLE et ADOLE |
|---|---|--|---|
| <p>Daniel James SIMONS (1969-)</p> <p>Christopher CHABRIS (1966-)</p> <p>USA</p> | <p style="text-align: center;">La cécité attentionnelle (1999)</p> <p>La cécité attentionnelle définit cette tendance spectaculaire que nous avons à ne pas remarquer ce qui se trouve sous nos yeux lorsque notre attention est concentrée sur autre chose.</p> <p>Ce phénomène a été mis en évidence par SIMONS & CHABRIS, deux chercheurs en psychologie cognitive de l'Université Harvard, à partir de la célèbre vidéo du test du gorille invisible (« The Invisible Gorilla »)</p> <p>La consigne donnée aux participants était de regarder attentivement une vidéo où deux équipes de joueurs de basket, l'une habillée en blanc, l'autre en noir, se lançaient un ballon, et de compter le nombre de passes entre les membres de l'équipe des blancs. Pendant la partie, une personne déguisée en gorille traversait la scène de droite à gauche en se frappant la poitrine avec ses poings.</p> <p>On demandait ensuite aux participants combien de passes ils avaient comptées et s'ils avaient vu quelque chose qui sortait de l'ordinaire. Environ 50 % d'entre eux n'avaient pas vu passer le gorille.</p> <p>Le fait de ne pas voir le gorille n'est pas la preuve d'un échec, mais au contraire la preuve que notre système attentionnel « top-down » fonctionne bien ! La modulation est dite « top-down », pour rendre l'idée que c'est l'individu qui fixe délibérément son attention sur une tâche du haut vers le bas, en référence à l'idée commune que le cortex préfrontal s'occupe des fonctions cognitives les plus élevées. En revanche, on parle de modulation de type « bottom up » quand un stimulus en provenance de l'environnement extérieur va pour ainsi dire se frayer un chemin jusqu'à l'attention, la capter du fait de sa connotation dangereuse ou prometteuse pour l'organisme. (Par exemple, une publicité qui envahit nos sens)</p> | <p>Le cerveau attentif p 95</p> | <p>ATOLE Séquence 5</p> <p>ADOLE Séquence 4</p> |

| | | | |
|--|--|--|---|
| | <p>La « leçon du gorille » est donc contre-intuitive : nous croyons que c'est par manque d'attention que nous ne voyons pas quelque chose, alors que c'est au contraire parce que nous sommes trop attentifs à une chose que nous n'en voyons pas une autre.</p> <p>Dans la tâche très connue « Trouver Charlie » le phénomène est similaire : notre cortex préfrontal « chercheur de Charlie » trouve tout de suite l'astuce pour se simplifier la tâche : moduler l'activité des régions visuelles de bas niveau pour privilégier la perception des rayures rouges et blanches et ignorer autant que possible d'autres indices inutiles.</p> <p>Voilà donc comment fonctionne l'attention : dès que nous cherchons à faire quelque chose, dès que nous nous engageons dans une tâche, cette intention établit naturellement une hiérarchie entre tous les signaux qui parviennent à nos sens et ceux qui ne sont pas jugés importants pour cette tâche sont autant que possible ignorés.</p> | | |
| <p>Walter SCHNEIDER</p> <p>Richard SHIFFRIN (1942-)</p> <p>USA</p> | <p style="text-align: center;">Processus automatique et processus contrôlé 1977</p> <p>Pour comprendre les travaux de SCHNEIDER & SHIFFRIN, il faut revenir à ceux de BROADBENT. Les informations sensorielles sont automatiquement traitées (sans attention) à un niveau périphérique, mais elles sont filtrées avant d'arriver à un niveau central qui lui, fonctionne de façon contrôlée. Il en découle que :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) La première étape n'effectue qu'un traitement partiel de l'information ; le traitement complet passe nécessairement par cette seconde étape. 2) Un traitement complet est nécessairement le résultat d'un traitement attentif. <p>SCHNEIDER & SHIFFRIN vont profondément modifier cette représentation du système de traitement en démontrant qu'un traitement peut être complet tout en étant largement automatique. Pour eux, le traitement contrôlé n'est plus l'étape obligée succédant à l'étape automatique, mais correspond à une autre manière de traiter l'information.</p> <p>Par exemple, conduire une voiture est une activité couteuse et fatigante, réclamant beaucoup d'attention. Mais plus l'habileté se développe, plus s'effectuent des automatismes, ce qui fait que cette activité devient moins fatigante et couteuse en attention.</p> | <p>Le cerveau attentif p 346</p> <p>Le cerveau funambule p 159</p> <p>Les petites bulles de l'attention p 37, 38</p> | <p>ATOLE Séquences 4, 5</p> <p>ADOLE Séquence 3</p> |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | <p>Ils vont alors déterminer les conditions nécessaires à l'automatisation :</p> <p>Un processus automatique est rapide, fonctionne en parallèle, ne consomme pas beaucoup de ressources attentionnelles, il est difficile à interrompre et peut être exécuté simultanément avec une activité contrôlée. (Conduire et discuter avec quelqu'un par exemple)</p> <p>Un processus contrôlé est lent, sériel, il consomme des ressources attentionnelles, est facile à interrompre et ne peut pas être exécuté simultanément avec un autre processus contrôlé. (Réaliser un calcul mentalement tout en mémorisant une poésie par exemple)</p> | | |
|--|---|--|--|

| Chercheurs /ordre alphabétique | Modèles théoriques | Lien avec les ouvrages de JP Lachaux O. Jacob | Lien avec les programmes ATOLE et ADOLE |
|---|---|---|--|
| <p>Anne TREISMAN (1935 -2018) USA</p> | <p style="text-align: center;">Modèle d'intégration des traits (ou des attributs) (1980)</p> <p>1) Entre 1960 et 1980 : élève de BROADBENT, Anne TREISMAN développe des protocoles d'expérimentation pour préciser le fonctionnement du filtre suggéré par BROADBENT. Le filtre attentionnel fonctionne-t-il en tout ou rien ? quelles est sa position, précoce ou tardive, dans quel système cognitif ? Ses résultats suggèrent une intervention très précoce de l'attention compatible avec les travaux de BROADBENT. Le débat sur la position précoce ou tardive du filtre attentionnel a agité passionnément la communauté scientifique, jusqu'au jour où l'on s'est aperçu qu'on pouvait envisager l'existence de plusieurs filtres situés à différents endroits.</p> <p>2) Début des années 1980 (avec Gary GELADE) : Modèle d'intégration des traits (ou des attributs) qui est considéré comme un nouveau modèle de l'attention. Celui-ci concerne l'analyse des processus mis en jeu dans des situations de détection et de recherche visuelle. Lorsqu'on doit trouver une cible complexe dans un environnement chargé en stimuli différents, repérer un visage sur un quai de gare par exemple, on recherche le visage attendu en le comparant aux autres, de façon successive ou sérielle. Plus les voyageurs sont nombreux (distracteurs), plus cela prend de temps.</p> | <p>Le cerveau attentif p 76, 80, 90, 117,151</p> <p>Le cerveau funambule p 60</p> | <p>ATOLE Séquence 4</p> <p>ADOLE Séquences 1, 2, 4</p> |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | <p>On parle alors de l'effet de taille : le temps mis pour détecter une cible que l'on cherche dans un environnement chargé en distracteurs est en relation avec le nombre de distracteurs présents.</p> <p>Cet effet de taille n'est cependant pas toujours observé... Si la personne recherchée porte une perruque rouge, (et qu'elle est la seule à la porter), alors il est facile de la repérer, cela « saute aux yeux ». On parle d'effet « pop-out ». TREISMAN et GELADE démontrent expérimentalement en laboratoire que dans ce cas-là, le temps mis pour identifier la cible est indépendant du nombre de distracteurs. Il semble donc exister 2 modes de traitement que l'on peut suggérer par les modèles suivants :</p> <p>a) Une détection de cible automatique et rapide, quand elle est définie par une seule propriété (par exemple la couleur, la forme, la taille, ou bien la luminance). Dans notre exemple, c'est la couleur rouge de la perruque où la détection est automatique, sans influence attentionnelle.</p> <p>b) Une recherche plus lente, contrôlée quand la cible est définie par une combinaison de deux propriétés appartenant à deux dimensions différentes. Par exemple, le visage recherché porte une perruque rouge (couleur) et des lunettes (forme). Si dans la foule les voyageurs portent des cheveux rouges sans lunettes et des cheveux blonds avec des lunettes, la détection prendra du temps et de l'énergie parce qu'il s'agira cognitivement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de maintenir attentivement une représentation de la cible - de comparer minutieusement les éléments rencontrés dans la scène - prendre à chaque instant une « décision perceptive » jusqu'à l'identification de la cible. <p>Le modèle de TREISMAN propose donc de distinguer entre un traitement pré attentif (automatique) et un autre attentif (contrôlé).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le traitement pré-attentif n'est pas limité en capacité. Il est indépendant de tout contrôle stratégique. Il est considéré comme ascendant, de type « bottom-up ». - Le traitement attentif est limité en capacité. L'attention porte sur un nombre limité d'objets, de lieux... qui sont séquentiellement explorés. Les opérations attentionnelles dépendent d'opérations cognitives plus élaborées (choix libérés, connaissances antérieures que l'on possède...). Ils sont donc considérés comme descendants, de type « top-down ». | | |
|--|--|--|--|

| | | | |
|---|--|--|---|
| <p>Shimon ULMAN (1948-) <i>Israël</i></p> <p>Christof KOCH (1956-) <i>USA</i></p> | <p style="text-align: center;">Les cartes de saillance (1985)</p> <p>KOCH et ULLMAN conçoivent la carte de saillance comme un élément central de l'orientation de l'attention. Elle est le résultat de calculs automatiques menés dans les aires sensorielles. Dans le cas de la vision, les neurones des régions V1, V4 ou V5 (dans le lobe occipital) analysent rapidement l'image pour en extraire les contours des objets, leur vitesse, leur couleur et toutes sortes d'informations utiles. Ce processus d'analyse transforme l'image rétinienne en un ensemble de régions homogènes permettant de reconnaître une tasse, une chaise, un visage ... La carte de saillance est l'un des résultats de ce processus de « digestion » de l'image. Plus quelque chose est saillant, plus il stimule notre système pré-attentif. Les caractéristiques propres à attirer l'attention sont alors :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le mouvement : un animal qui se déplace dans le jardin - La luminosité : une bague qui brille sur le doigt, - La couleur (par effet de contraste) : un coquelicot dans un champ de blé. <p>Dans le cas des sons, c'est l'intensité, entre autres.</p> <p>Et il faut ajouter à ce tableau la capacité pour ces aires sensorielles de détecter dans une scène des éléments un peu complexes, mais stéréotypés et d'une grande importance écologique, et de les rendre saillants : c'est pour cela que les visages attirent particulièrement l'attention, ou bien les bruits d'un bébé au milieu de la nuit même s'il tousse doucement.</p> <p>Il faut comprendre que ce système qui vise au départ à nous protéger, est aussi un magnifique système de distraction. Et il est conçu pour capturer notre attention en moins d'une demie seconde, car c'est à cette vitesse qu'il faut généralement réagir pour éviter le danger. En classe, c'est ce système qui amène tous les élèves à tourner la tête quand la porte s'ouvre au fond de la classe, bien qu'ils ne l'aient pas « décidé ».</p> | <p>Le cerveau attentif p 138, 146</p> <p>Le cerveau funambule p 28</p> <p>Les petites bulles de l'attention p 22, 74</p> | <p>ATOLE Séquence 7 Activités 1, 2, 3, 4</p> <p>ADOLE Séquence 3 Activité 2</p> |
|---|--|--|---|

Notions fondamentales (non exhaustives) sur l'attention, définies par Jean-Philippe LACHAUX
(Directeur de recherche en neurosciences cognitives - INSERM Lyon)

➤ *Notions déclinées par ordre alphabétique*

| Notions | Explications |
|---|--|
| <p align="center">Cycle (perception-action)</p> | <p>C'est au niveau des cycles perception-action qu'il faut rechercher le secret de l'attention. Face à un stimulus visuel, on repère un cycle perception-action qui se compose de 3 phases successives :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) une première phase d'analyse sensorielle rudimentaire par le cortex visuel (Lobe occipital à l'arrière du cerveau) 2) une seconde phase, dit décisionnelle, au cours de laquelle s'effectue une sorte de dialogue entre le cortex visuel et le cortex préfrontal situé à l'avant du cerveau. À ce moment, le stimulus est analysé plus en détail et une décision est prise pour la conduite à tenir. 3) une troisième phase pour exécuter une action motrice grâce au cortex moteur à la surface externe du lobe frontal. <p>Ce déroulement est sensiblement le même pour d'autres modalités sensorielles.</p> |
| <p align="center">Définition de l'attention (du point de vue du neurobiologiste)</p> | <p>« <i>L'attention est un processus de sélection, d'activation et de facilitation de certains réseaux de neurones aux dépends des autres. Ce processus peut être déclenché de manière réflexe, par un événement externe ou interne, ou bien se développer sous l'action d'un contrôle volontaire, exerçant principalement son influence sur le cerveau, depuis sa partie antérieure, le lobe frontal.</i> » (Le cerveau funambule, p 15, O. Jacob, 2015)</p> <p>De cette définition découle l'idée que « faire attention à sa tasse de café » (ou à son couteau) relève de l'abus de langage. En effet, l'attention ne porte pas sur des objets mais sur des groupes de neurones occupés à les analyser. En d'autres termes, l'attention ne porte pas sur des cibles du monde extérieur mais sur le fait qu'il existe des groupes de neurones spécialisés dans le traitement des visages, des sons aigus ou des images... Quand l'attention privilégie un réseau de neurones, elle privilégie en fait la fonction qui lui est associée.</p> <p>Un bon état attentionnel est donc un état où cette sélection privilégie les propositions les plus utiles pour ce que nous avons à faire à un moment donné. En favorisant certaines perceptions aux dépens des autres, l'attention favorise les actions spontanément associées à ces perceptions. Une attention efficace est donc d'abord une attention posée sur les objets sensoriels les plus importants pour notre intention du moment.</p> |

| | |
|--|--|
| | <p>Cependant, il existe des forces qui, à tout moment entraînent le choix de l'action loin de l'objectif que l'on s'était fixé. Ces forces peuvent être définies par ce que nous avons l'habitude d'aimer faire ou ne pas faire.</p> <p>L'attention ne peut être dissociée du système exécutif qui inclut le contrôle attentionnel, la capacité d'inhibition, la mémoire de travail, la flexibilité cognitive, la régulation émotionnelle et la planification.</p> |
| Distraction | <p>L'étymologie du mot « distraire », du latin <i>distrahere</i> - <i>dis</i>, « séparé » et <i>trahere</i>, « tirer » prend tout son sens : le distracteur tire sur le corps comme s'il voulait le déchirer. Ces tensions traduisent des luttes internes dans le cerveau, entre les neurones qui cherchent à bouger le corps et ceux qui agissent pour le maintenir immobile, centré sur l'activité du moment. C'est une lutte entre le lobe pariétal et le lobe frontal. Le simple fait d'observer ces tensions peut suffire à les calmer et nous aider à rester concentré. (Le cerveau funambule p 250 : cercle de pensées ou pensoscope)</p> |
| Effort (L'attention sans crispation) | <p>Un programme attentionnel, quand il est régulièrement appliqué, peut développer des automatismes et on peut perdre la sensation d'un contrôle volontaire. On ne se sent plus en train de « s'efforcer d'être attentif et de bien faire », mais simplement présent sur la tâche que l'on exécute. Une attention maîtrisée change plus globalement notre rapport au monde.</p> |
| Équilibre (attentionnel) | <p>Rester attentif, c'est comme traverser une poutre sans tomber.</p> <p>Le sens de l'équilibre attentionnel se définit par la capacité à bien placer chacun de ses pas sur cette poutre virtuelle, et à compenser immédiatement le moindre de ses déséquilibres. En d'autres termes, c'est ressentir les forces qui nous déséquilibrent et les compenser par petites touches. Une bonne attention est donc une bonne maîtrise de soi.</p> <p>Les poutres peuvent avoir diverses dimensions : longue/courte (activité de longue ou courte durée), large/étroite, haute/basse (activité qui demande beaucoup ou peu d'attention selon son degré d'automatisation ou niveau d'expertise ou complexité de la tâche)</p> <p>Situé dans le lobe frontal, le système exécutif stabilise la perception sur l'information la plus pertinente et aide à choisir l'action adéquate. La concentration consiste à maintenir continuellement actifs les neurones qui gardent en mémoire ce que nous cherchons à faire (notre intention). Ces intentions concrètes doivent être à court terme car l'activité des neurones est extrêmement volatile.</p> |

| Notions | Explications |
|---|--|
| Fonction de l'attention | <p>On peut dire que l'attention est la clef de voute de l'apprentissage.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Être attentif permet de mémoriser : sans attention, il n'est pas possible de mémoriser parce que l'encodage ne s'effectue pas dans le cerveau. - Être attentif permet de comprendre : des expériences en laboratoire ont montré qu'au cours d'une lecture sans attention, la vague d'activation ne parvient pas à engager les réseaux cérébraux de la lecture, de la mémoire et de la compréhension et retombait comme « un soufflet », largement cantonnée dans les aires visuelles consacrées à l'analyse dite « de bas niveau ». - Être attentif permet de mieux percevoir : c'est au moment de porter attention sur quelque chose qu'on le remarque (en écoutant les sons qui nous entourent pendant quelques secondes par exemple). |
| Intention | <p>L'intention est la clef de l'attention... pourquoi ?</p> <p>Il n'y a pas de contrôle volontaire de l'attention sans intention claire, précise et concrète. C'est beaucoup plus facile de se concentrer quand on sait exactement ce qu'on doit faire dans les minutes qui viennent parce que le cerveau identifie rapidement ce qui est pertinent pour l'objectif, par comparaison à ce qui ne l'est pas. La première chose à faire est donc de se demander ce qu'on doit faire très précisément pour les minutes qui viennent.</p> <p>De ce fait, agir avec des intentions à court terme (mini missions) est une bonne technique car cela ramène le contrôle exécutif dans un mode de fonctionnement qui lui permet de dissocier les informations pertinentes des distracteurs.</p> |
| Mesure (de l'attention) | <p>Cette mesure peut s'effectuer grâce au test BLAST (Bron/Lyon attention stability test). Le sujet fait face à un écran sur lequel s'affiche brièvement une lettre ; il doit la mémoriser en une fraction de seconde, puis la rechercher parmi quatre lettres présentées juste après. La consigne est d'appuyer d'un côté de l'écran s'il retrouve la lettre initiale, et de l'autre côté si ce n'est pas le cas. L'exercice se répète toutes les deux secondes environ avec de nouvelles lettres à chaque fois, pour une durée totale avoisinant quatre minutes. Il n'est pas difficile en soi, mais il implique une répétition minutieuse des processus cognitifs pertinents pour la tâche, et seulement de ceux-là. (Mémoire de travail, inhibition cognitive, attention)</p> |
| Métacognition (L'attention s'apprend et s'entraîne) | <p>La métacognition se définit comme la connaissance que le sujet a de ses propres connaissances (la personne qui apprend, la tâche à réaliser, la stratégie à utiliser) mais aussi la régulation qu'il exerce sur son propre système cognitif (anticiper l'action, contrôler la réalisation et ajuster la démarche).</p> |

| Notions | Explications |
|---------------------------------|---|
| Métacognition (Suite) | <p>La dimension biologique de l'attention est avérée. Il y a des mécanismes sur lesquels on peut jouer pour devenir le maître et non l'esclave de notre attention. Il est urgent de parler explicitement de l'attention aux élèves et d'éduquer celle-ci. C'est une responsabilité importante de la communauté française des neurosciences cognitives que de placer les enseignants dans de meilleures conditions pour y parvenir. C'est sur cette idée que reposent le programme ATOLE (l'ATtention à l'écOLE), destiné aux enfants de l'école primaire, et le programme ADOLE (en cours de préparation), destiné aux adolescents de collège et de lycée.</p> <p>Cependant améliorer l'attention des élèves est un projet très ambitieux. C'est un processus qui s'effectue sur du long terme et qui nécessite une véritable progression.</p> |
| Mode multitâche | <p>Il y a deux cas de figures où l'on peut mener de front plusieurs tâches à la fois (ou en donner l'impression) :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Quand elles sont largement automatisées. (Conduire en mangeant une pomme par exemple, quand on n'est pas novice dans le domaine de la conduite). 2) Mais une personne peut donner l'impression de faire deux choses à la fois alors qu'elle ne fait que basculer d'une tâche à l'autre. Dans ce cas, sa capacité à mener plusieurs actions simultanées repose sur un système exécutif efficace de programmer l'attention dans le temps, pour passer d'une tâche à une autre (task-switching). Et ceci s'effectue grâce à une fonction exécutive fondamentale appelée : flexibilité cognitive. |
| Niveaux d'attention | <p>Le niveau de concentration dont on a besoin dépend de la situation et de la tâche à réaliser, aussi, il est important d'apprendre à reconnaître les situations qui nécessitent une concentration élevée.</p> <p>Le niveau le plus élevé, que l'on peut appeler « niveau 3 », est atteint lorsque la concentration est continue ou très bien contrôlée dans le temps, avec une connexion active à certains moments-clefs très précis. Les tâches qui nécessitent ce niveau 3 sont des tâches où les déplacements de l'attention et la manière de réagir à son objet d'attention doivent être bien contrôlés, et guidés par une intention très claire (Cf. l'acronyme PIM expliqué pages suivantes). Il s'agit de tâches où quelques secondes d'inattention ou de retard d'attention peuvent avoir des conséquences néfastes voire dangereuses (par exemple : descendre une route de montagne à 60 km/h en vélo, ou plus simplement écouter une explication compliquée qui ne sera pas répétée).</p> <p>Le « niveau 2 » est un niveau où il est simplement nécessaire de bien garder en tête ce qu'on cherche à faire, très précisément et généralement sous la forme d'une image mentale. Par exemple : chercher rapidement un produit dans un magasin sans se laisser distraire par les autres produits. À la différence du niveau 3, l'attention et la manière d'agir peuvent être laissées libres, parce qu'elles</p> |

| | |
|------------------------------------|---|
| | <p>seront naturellement imposées par notre intention, sans que nous ayons à réfléchir consciemment à un PIM (il est par exemple évident, en allant chercher un jean bleu clair dans un magasin qu'il faut faire attention spécifiquement aux vêtements bleu clair du rayon jean). La contrainte de continuité est également moins forte : quelques secondes d'inattention n'ont pas d'autre conséquence que de nous retarder de quelques secondes.</p> <p>Au niveau encore inférieur, le « niveau 1 », il n'est même plus nécessaire de rester concentré sur son objectif car il n'y a aucun risque d'oublier ce qu'on cherche à faire : c'est évident dans le contexte où on est. Par exemple, avancer automatiquement quand la personne devant nous avance à la caisse d'un supermarché ou dans une file d'attente au cinéma. Il faut juste éviter d'être complètement « ailleurs », ce qu'on peut se permettre au niveau le plus bas, c'est-à-dire, le « niveau 0 ».</p> <p>Ce « niveau 0 » est atteint quand on ne cherche rien à faire de spécial et qu'il n'y a aucun risque de commettre la moindre erreur. Par exemple, se prélasser dans son canapé ou sur sa chaise longue.</p> |
| <p>Perceptions mentales</p> | <p>Une perception mentale est une perception interne que personne d'autre que nous ne peut « entendre » ou « voir ».</p> <p>Elle se manifeste de deux façons :</p> <p>1) une petite voix (Cover speech) : s'entendre prononcer un mot, une phrase pendant que l'on fait quelque chose.</p> <p>2) une image mentale : voir dans sa tête un paysage de vacances, un lieu connu où se rendre ou le visage de quelqu'un.</p> <p>Il est tout à fait possible de placer son attention sur ces perceptions privées et internes qui disparaissent d'ailleurs dès que l'on n'y prête plus attention.</p> <p>Ces perceptions sont omniprésentes dans le champ scolaire et dans toute forme de travail intellectuel (lire, se répéter une poésie ou une table de multiplication à mémoriser, imaginer une figure géométrique ou la carte d'un pays).</p> |

| Notions | Explications |
|--|--|
| <p>PIM Perception Intention Manière d'agir</p> | <p>Ce programme incluant ces trois composantes : Perception/Intention/Manière d'agir est un petit mode d'emploi pour se concentrer. Pour l'utiliser, on peut s'aider des ces questions :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) À quoi dois-je faire attention ? Que dois-je percevoir ? (Perception) 2) Pour quoi faire ? (Intention) 3) De quelle manière dois-je agir pour faire évoluer cet objet d'attention, quand il évolue ? (Manière d'agir ou Mode d'action) <p>D'un point de vue pédagogique, on peut dire que ce programme met l'enfant ou l'adolescent dans les meilleures conditions possibles pour réussir une tâche. (Pouce, Index et Majeur = gestuelle - moyen mnémotechnique pour retenir). Évidemment, il est hors de question de rechercher des PIM pour tout ce qu'on a à faire, mais seulement pour les tâches qui demandent d'être bien concentré et qu'on risque de rater.</p> |
| <p>Regard Lien regard-attention</p> | <p>Le regard est, sans conteste, un signe annonceur de la distraction. Je travaille sur mon ordinateur et une alerte de mail apparait dans une fenêtre en bas à droite, mon regard est attiré ... et me voilà distrait. Les déplacements du regard constituent un exemple très clair d'interaction rythmique avec l'environnement. Cette forme d'alternance entre perception et action fait de l'exploration visuelle un phénomène cyclique. Bien souvent, nos actions sont déterminées par ce que nous percevons du monde et de nous-même, et nous agissons en réaction à ce que nous percevons. La perception entraine donc une nouvelle action. Mais l'action modifie à son tour une nouvelle perception ; c'est la raison pour laquelle on peut parler de cycle.</p> <p>Le regard se déplace sans cesse, à la manière d'une abeille qui butine. En constatant ces déplacements spontanés, on peut prendre conscience des forces que notre environnement exerce sur nous.</p> |
| <p>Représentations sur l'attention (Une parmi d'autres ...)</p> | <p>Contrairement à ce que l'on pense, un enseignant n'a pas besoin de l'attention de ses élèves toute la journée, à tous moments (c'est d'ailleurs impossible). En revanche, il a besoin de l'attention de ses élèves à certains moments et de façon synchrone, c'est-à-dire avec tous les élèves en même temps. Dans un souci de clarté cognitive, il est nécessaire de le dire de façon explicite aux élèves en leur offrant un outil de signalétique clair et concret. (Cf. les 3A dans le programme ATOLE qui concrétisent les niveaux d'attention dont un élève a eu besoin, a besoin ou aura besoin/ les différents niveaux d'attention clairement étudiés et identifiés dans ATOLE/ADOLE).</p> |
| <p>Stabiliser son attention</p> | <p>Quand un stimulus arrive, il est tout de suite traité par le cortex préfrontal, situé à l'avant du cerveau. Cette zone évalue la pertinence des stimuli selon l'importance de la tâche à réaliser. Dans l'album <i>Où est Charlie ?</i> Ce sont les rayures rouges et blanches qui ont été mémorisées et jugées pertinentes à analyser par le cerveau. Ce cortex préfrontal agit donc comme une sorte de filtre qui juge ce qui est pertinent ou non. Si on ne sait pas ce qu'on veut faire, ce filtre n'est pas efficace, et on se fatigue ...</p> |

| Notions | Explications | |
|---|--|--|
| <p>Systèmes ou formes d'orientation de l'attention</p> | <p>À ce jour, on dénombre 3 systèmes d'orientation de l'attention, lesquels sont toujours en interaction :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Une capture et saisie automatique de l'attention par un stimulus en fonction de sa saillance. (Cartes de saillance) 2) Une capture et saisie de l'attention par des caractéristiques plus complexes, émotionnelles et personnelles (ce qui est plaisant, excitant, effrayant : circuit de la récompense) 3) Un système implémentant une forme de contrôle volontaire de l'attention <p>Ce qu'il faut bien comprendre, c'est que l'attention est constamment ballotée entre ces 3 systèmes.</p> | |
| <p>Tâche simple VS tâche complexe</p> | <p style="text-align: center;">Tâche simple (ou mini-mission)</p> <p>Une tâche simple est une tâche pour laquelle « on voit très bien comment faire », parce qu'on a l'habitude de la faire et qu'on réussit sans problème. D'ailleurs, si quelqu'un nous confiait cette mission, on pourrait lui garantir que la tâche serait achevée avec succès au bout de X minutes, à condition de ne pas être dérangé. Arroser les plantes, vérifier si on a reçu un mail important, fermer les volets, faire sécher le linge, lister ce dont on a besoin pour le cours du lendemain... sont des tâches simples.</p> <p>Mais à cela, il faut ajouter les tâches plus longues qui constituent des enchainements naturels de tâches simples, c'est-à-dire des tâches où à chaque fois qu'on a fini une étape (c'est-à-dire une mini-mission), la tâche suivante s'impose d'elle-même et est également simple. « Faire le ménage chez soi » est sans doute un enchainement de ce type. Avec l'habitude, on sait très bien accomplir cette longue tâche comme une suite de tâches simples qui viennent naturellement à l'esprit les unes après les autres sans avoir vraiment à les planifier.</p> | <p style="text-align: center;">Tâche complexe</p> <p>Une tâche complexe est une tâche pour laquelle on ne voit pas tout à fait par où commencer, ni combien de temps cela prendra pour la réaliser. En d'autres termes, une tâche complexe est une tâche où le chemin menant à sa réalisation n'est pas balisé et où il faut réfléchir à un itinéraire, sous peine de se perdre, comme en voiture. Bien sûr, et c'est important, la distinction entre tâche complexe et tâche simple dépend de l'élève et de son niveau d'expertise : avec l'habitude et le succès, un élève pourra considérer que « vérifier l'orthographe de sa copie » est une seule tâche simple, alors que son voisin pourrait la qualifier de complexe.</p> <p>La question à se poser face à une tâche complexe est la suivante : « que demanderais-je à une sorte de double qui me proposerait de m'aider, et de tout faire à ma place à la seule condition que je lui donne à faire des tâches que je considère simples pour moi ».</p> <p><i>In fine</i>, les tâches complexes nécessitent quelques instants de réflexion et de planification avant de se lancer.</p> |

| Notions | Explications |
|--|--|
| <p>Technique d'alternance de postures Tâche complexe Tâche simple</p> | <p>Suite à ces définitions tâches simples/tâches complexes, ATOLE propose d'enchaîner deux postures : celle de « celui qui planifie » (appelé Maximoi) et découpe la tâche complexe en mini-missions, et celle de « celui qui exécute » les mini-missions (appelées minimoi). L'habitude consiste à alterner les rôles de « Maximoi » et « minimoi » : on ne fait rien d'autre que réfléchir (Maximoi) tant qu'on ne voit pas précisément ce qu'on souhaite faire dans les minutes qui suivent. En d'autres termes, « le frein à main doit rester serré tant qu'on ne sait pas où on va ».</p> <p>La question n'est pas de savoir si on peut faire ou non l'économie d'une phase de réflexion, mais de savoir quand mener cette réflexion :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Soit en amont, en notant éventuellement sous forme de notes brèves ou d'un croquis, un plan d'action en étapes simples, 2) Soit au « coup par coup », c'est-à-dire au fur et à mesure qu'on agit et en prenant le temps de s'arrêter régulièrement pour réfléchir par exemple entre deux tâches simples 3) Soit dans le feu de l'action, mais ce dernier cas divise l'attention et il faut donc s'en méfier... <p>Le choix entre ces trois postures doit dépendre de la tâche à réaliser et surtout, du temps dont on dispose pour se poser et réfléchir une fois celle-ci commencée.</p> <p>Par exemple, un enseignant qui va devoir animer une notion compliquée a intérêt à planifier en amont et au calme sa situation d'enseignement, plutôt que pendant la classe où il est notoirement difficile de s'isoler pour réfléchir à l'étape suivante ! (D'où l'importance et l'enjeu d'une bonne préparation écrite de classe ou de cours, mettant en exergue les obstacles que pourraient rencontrer les élèves, ainsi que des situations différenciées prenant en compte l'hétérogénéité du groupe).</p> |

Sources :

➤ **Ouvrages et revues :**

- ANAE (Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant) n°157, décembre 2018 : *Attention et apprentissages approches innovantes et nouvelles technologies* - dossier coordonné par Sylviane VALDOIS (CNRS et Université de Grenoble) et Marie-Ange NGUYEN-MOREL (université Grenoble-Alpes)
- AYAN S., Cerveau & psycho n°84 Janvier 2017 article : *Cerveau la force du vide*.
- HANDFORD M., auteur et illustrateur des livres-jeux *Où est Charlie ?* Grund
- IFE-ENS Lyon : Accueil / Thématiques / Neurosciences / Dossiers thématiques / Circuits de récompense / Contenus et figures activités pédagogiques / Images et documents annexes relatifs à l'activité pédagogique / découverte du circuit de la récompense : Olds & Milner, 1954 - Jo GODEFROID. Article extrait de "*Psychologie, Science humaine et science cognitive*". Page 239. De Boeck université, septembre 2008, Collection : Ouvertures psychologiques. 1101p. ISBN 978-2-8041-5901-6
- LACHAUX JP, extrait de l'article « *L'expérience du Gorille* », Le cercle Psy, n°6, octobre 2017
- LACHAUX Jean-Philippe, Chapitre 5 : l'attention - Contribution à l'ouvrage *Le cerveau et les apprentissages*, HOUDE O. et BORST G., Nathan Pédagogie, 2018
- LACHAUX JP, *Le cerveau attentif*, O. Jacob, 2011
- LACHAUX JP, *Le cerveau funambule*, O. Jacob, 2013
- LACHAUX JP, *Les petites bulles de l'attention*, O. Jacob, 2016
- MAINY N., thèse doctorale *Définition de mesures quantitatives de l'attention sélective chez l'homme*. Sous la direction de JP LACHAUX, 2008
- RAICHLE M, Pour la science n° 393, *Un cerveau jamais au repos*, juillet 2010
- ROULIN JL, coordinateur de l'ouvrage collectif, *Psychologie cognitive*, Collection Grand Amphi, 2002

➤ **Sites :**

- Communiqué INSERM Lyon : Quand des neurones se taisent pour améliorer nos performances... <https://presse.inserm.fr/quand-des-neurones-se-taisent-pour-ameliorer-nos-performances/13449/>
- Le cerveau à tous les niveaux : <http://lecerveau.mcgill.ca/>
- Site Wikipédia : https://fr.wikipedia.org/wiki/Wikipédia_en_français