

Cerveau, mémoire et adaptation comportementale

I. Exploration et rôle du cerveau

La connaissance de l'architecture fonctionnelle du cerveau humain a beaucoup progressé ces dernières années, grâce aux techniques modernes d'investigation cérébrale fonctionnelle (notamment l'IRM fonctionnelle) ou électrophysiologique qui permettent d'observer en temps réel l'activation de réseaux de neurones chez le sujet sain au cours de tâches cognitives spécifiques.

Cette connaissance a aussi bénéficié de la neuropsychologie, c'est-à-dire de l'observation de patients souffrant de dysfonctionnements cognitifs ou comportementaux secondaires à des lésions cérébrales identifiées.

Le rôle prééminent du cerveau dans la détermination des comportements, dans la vie émotionnelle et affective, dans les processus mnésiques et les phénomènes perceptifs est maintenant bien établi.

De façon schématique, on tend aujourd'hui à opposer, au sein des fonctions dites « supérieures » :

- des fonctions instrumentales : langage, gestes intentionnels (praxies), reconnaissance visuelle des visages, des objets, des lettres -> organisées au sein des aires corticales rétrorolandiques
- les fonctions exécutives: conceptualisation, résolution de tâches complexes, planification comportementale -> organisées au sein des régions corticales situées en avant de la scissure de Rolando (cortex préfrontal).

Le cortex préfrontal est à l'interface entre la perception et l'action.

=> Le but de ces fonctions supérieures est d'élaborer des comportements adaptés.

Une autre opposition se fait entre le cerveau antérieur et postérieur :

- cerveau postérieur : impliqué dans la réception des informations et le traitement des messages. Il envoie l'info au cortex préfrontal qui va organiser une réponse qui est propre à chacun d'entre nous puis qui va être envoyée au cortex moteur pour exécuter la réponse.
- cerveau antérieur : impliqué dans la proposition d'un schéma de réponse, a pour but d'élaborer la réponse la plus sophistiquée et adaptée.

Fonctions régaliennes du cerveau (permettant l'adaptation comportementale) :

Dans cette perspective, le cerveau est un système qui :

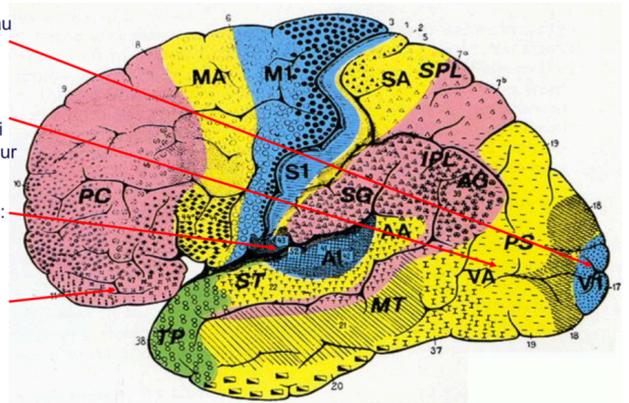
- reçoit de l'information (système perceptif)

- traite l'information reçue pour en extraire le sens (système sémantique)

- garde la trace des expériences passées (système de la mémoire épisodique)

- élabore la réponse la plus adaptée (système exécutif).

- 1) Percevoir - le cerveau : un système qui reçoit de l'information
- 2) Reconnaître - le cerveau : un système qui traite de l'information pour en extraire le sens
- 3) Stocker - le cerveau : un système qui garde trace des expériences passées
- 4) Agir - le cerveau : un système qui élabore la réponse la plus adaptée



Ces 4 étapes déterminent le grand cycle de l'adaptation qui va du stimulus à la réponse, de la perception à l'action.

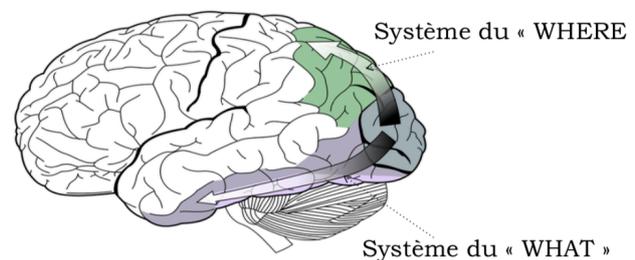
Traitement de l'information visuelle

Le cerveau fonctionne de façon automatique : il ne se contente pas de percevoir. Dès qu'il perçoit, il cherche à comprendre.

Cela permet la connaissance du monde qui nous entoure pour pouvoir l'évaluer et adapter notre comportement.

Il existe 2 grandes voies du traitement de l'information visuelle :

- la voie du « What », voie occipito-temporale qui permet d'identifier l'objet qui est vu et essayer de le comprendre
- la voie du « Where », voie occipito-pariétale qui a pour but de localiser l'objet dans l'espace pour pouvoir le saisir ou agir sur l'objet



I. Identification, sens et connaissance : la mémoire sémantique

Définition

L'identification du sens d'un mot, d'un concept, la reconnaissance d'un objet ou d'un visage, reposent sur la confrontation avec un répertoire de connaissances qui a été acquis au cours du développement et qui est propre à une culture. C'est la mémoire sémantique.

C'est le système des concepts ou des connaissances générales, indépendamment du contexte spatio-temporel de l'épisode d'apprentissage. Cette fonction est considérablement développée chez l'homme, en raison de l'apparition du langage qui permet les activités de désignation, de définition et d'abstraction.

Ainsi, la reconnaissance chez l'homme ne va pas se limiter aux objets et va pouvoir englober les concepts, permettant des représentations sémantiques de plus en plus complexes.

Organisation de la mémoire sémantique

Ce répertoire de connaissances est organisé au sein du cortex temporal, latéral et inférieur ou cortex temporal inféro-latéral.

Par exemple, les caractéristiques spécifiques des catégories d'objet sont stockées dans des régions voisines de celles impliquées dans la perception de leur forme (partie ventrale du cortex occipito-temporal), alors que leurs propriétés fonctionnelles sont organisées dans les régions proches de celles impliquées dans la perception des mouvements (partie postérieure du gyrus temporal moyen gauche).

Quant à la représentation d'items spécifiques, elle activerait plus particulièrement la région temporale antérieure. Il semble donc que le système de représentation des concepts soit remarquablement organisé au sein du cortex temporal et de façon hiérarchique, avec une convergence et une intégration des informations s'établissant selon un axe postéro-antérieur.

Le système sémantique se caractérise donc par une organisation des informations et leur catégorisation. Cette organisation a été confirmée par l'observation de dissociations décrites chez les patients dans l'accès aux représentations sémantiques.

Altérations de la mémoire sémantique

Les dissociations sont observées soit au niveau de la modalité d'accès aux représentations (compréhension normale des mots mais performances déficientes pour les images correspondantes), soit au niveau de l'accès à certaines catégories plutôt qu'à d'autres (objets animés ou vivants par opposition aux objets inanimés ou fabriqués). Ce système peut-être aussi altéré dans son ensemble et de façon isolée. C'est le cas au cours de la démence sémantique, affection dégénérative au cours de laquelle le sujet perd progressivement son savoir, ses connaissances sur le monde, sans altération de ses capacités de mémoire épisodique.

II. Traces mnésiques, souvenirs : la mémoire épisodique

Définition

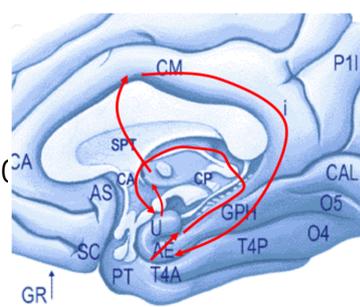
La mémoire épisodique fait référence à la mémoire propre de l'individu, celle des événements personnels datés dans le temps et dans l'espace. Elle se distingue fondamentalement de la mémoire sémantique par la nature de ses représentations et par les structures anatomiques qu'elle sollicite : hippocampe et circuit de Papez. Cette mémoire est essentielle à l'individu, à son autonomie dans le temps et dans l'espace.

Les structures temporales internes qui constituent le circuit hippocampo-mamillo-thalamique ou circuit de Papez sont :

- les hippocampes

Professeur Bruno Dubois.

PACES 20



- Hippocampe
- Cortex entorhinal
- Gyrus parahippocampique
- Corps mammillaires
- Faisceau mamillo-thalamique (Vicq d'Azyr)
- Noyau antérieur du thalamus
- Gyrus cingulaire

- les noyaux amygdaliens
- le cortex adjacent à l'hippocampe
- les corps mamillaires
- le faisceau mammilo- thalamique
- le noyau antérieur du thalamus
- le gyrus cingulaire

Système de stockage :

Les aires corticales où sont stockées, à des adresses précises, les traces ou les attributs de l'information qui ne pourront être évoqués qu'à l'issue d'un processus de recherche ou de récupération.

Le syndrome amnésique

L'atteinte (bilatérale) du circuit de Papez est responsable du « syndrome amnésique ».

C'est en 1889 que **KORSAKOFF** décrit le tableau de « psychopolynévrite » observé chez les sujets dénutris, notamment au cours de l'alcoolisme.

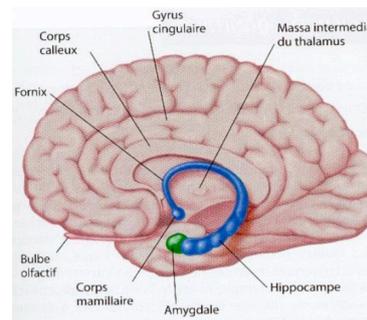
Il est caractérisé par un trouble de la mémoire épisodique à long terme, portant sur les faits récents qui remontent à quelques minutes, à quelques heures ou plusieurs jours et épargnant les faits anciens qui remontent souvent à plusieurs années, sans trouble de la vigilance ni de diminution des capacités intellectuelles. Il se caractérise par un

oubli à mesure et par l'impossibilité d'acquérir de nouveaux souvenirs. Il s'accompagne d'une désorientation dans le temps et parfois dans l'espace (le patient ne sait plus ni la date, ni l'endroit où il se trouve), de fabulations (invention de faux souvenirs à partir d'éléments du contexte actuel), de fausses reconnaissances (le patient reconnaît par exemple un médecin qu'il n'a jamais vu). Le syndrome amnésique, comme celui décrit par KORSAKOFF, est un trouble de la mémoire épisodique à long terme, c'est-à-dire la mémoire relative à des événements ayant pris place dans le passé proche. Elle se traduit par une difficulté ou une incapacité à rappeler des informations présentées par exemple quelques minutes auparavant (liste de mots, liste d'objets, phrases...).

Les 3 étapes de la mémoire épisodique

Mais il faut savoir qu'un trouble du rappel (et donc de la mémoire épisodique) ne relève pas toujours d'une lésion des formations hippocampiques ou du circuit de Papez.

Syndrome de Korsakoff

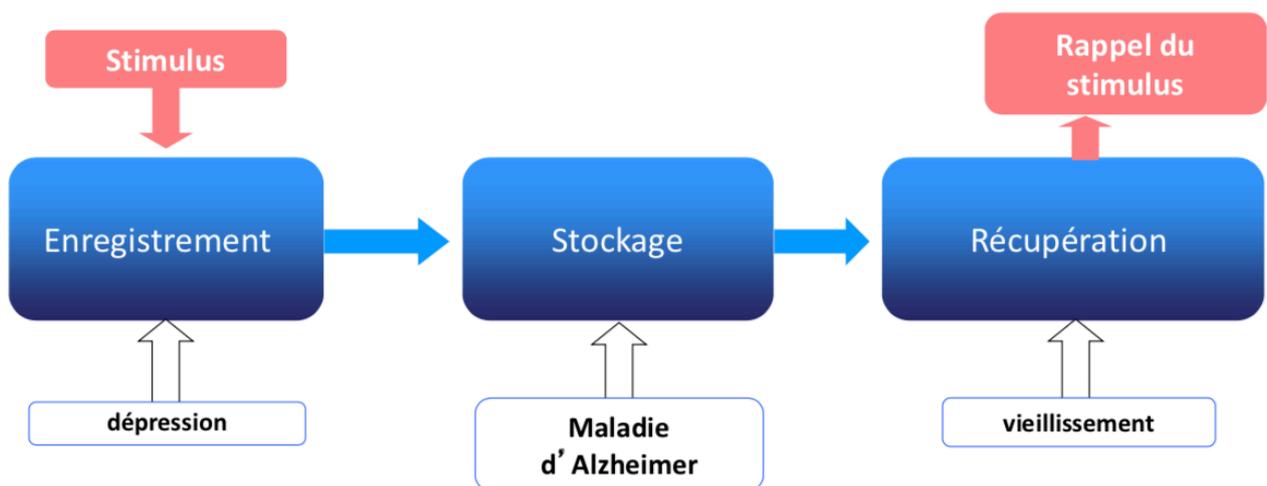


• Amnésie antérograde profonde

- Trouble de la mémoire épisodique à LT
- Oubli à mesure
- Impossibilité d'acquérir de nx souvenirs
- Amnésie des faits récents
- Épargnant les faits anciens
- Désorientation TS
- Sans troubles de la vigilance
- Sans baisse de l'efficacité intellectuelle
- (Confabulations)
- Fausses reconnaissances)

En effet, il y a trois étapes principales de la mémoire épisodique qui peuvent être responsables d'un déficit de rappel :

1. **l'étape d'enregistrement**, qui dépend notamment des ressources attentionnelles et de la capacité à focaliser son attention sur l'information à mémoriser. Ainsi, l'enregistrement des informations peut-être perturbé notamment au cours de la dépression, de l'anxiété ou de la prise de certains médicaments (benzodiazépines, anticholinergiques...), médicaments qui interagissent avec les ressources attentionnelles
2. **l'étape de stockage ou de mise en mémoire**, = processus permettant la formation et la construction des traces mnésiques à long terme (consolidation de l'information) sous la dépendance du circuit HMT. Ces processus de consolidation interviennent secondairement à l'encodage et contribuent à stabiliser la trace mnésique. D'une façon générale, les traces les plus récentes sont souvent éphémères. Cette étape est altérée au cours de la maladie d'Alzheimer ou au cours de certaines encéphalites (encéphalite herpétique par exemple)
3. **l'étape de récupération ou de rappel**, = l'ensemble des processus permettant d'accéder aux traces acquises et stockées. Le rappel est un processus actif qui dépend de la qualité de l'acquisition et du contexte au moment de la remémoration (loi d'encodage spécifique : ainsi plus le contexte au moment de la remémoration est proche du contexte d'apprentissage ou d'encodage, plus l'information correspondante sera facilement retrouvée). Ces systèmes de restitution dépendent principalement de l'intervention du lobe frontal. Ils sont diminués au cours des syndromes frontaux (démences fronto-temporales, démences sous cortico-frontales) voire même au cours du vieillissement normal.



Evaluation de la mémoire épisodique à long terme

Les capacités de mémoire épisodique peuvent-être évaluées par :

- 1- **l'échelle de mémoire de WECHSLER** : Elle a un contenu hétérogène dans la mesure où elle se compose de plusieurs sous tests :

- . les renseignements personnels et les informations générales qui étudient les souvenirs anciens (ou mémoire rétrograde)
- . l'orientation temporelle et spatiale
- . le contrôle mental, qui explore l'attention soutenue à travers l'évocation de série de chiffres ou de lettres
- . la mémoire logique qui évalue la restitution immédiate de récits dits à haute voix par l'examineur
- . la mémoire de chiffres
- . la reproduction visuelle qui évalue la restitution immédiate de dessins présentés au patient
- . les mots couplés, épreuve d'apprentissage en trois essais de paires de mots avec et sans lien sémantique.

Cette échelle de mémoire permet le calcul d'un quotient mémoire (Q.M) dont la moyenne standardisée est de 100 et l'écart type de 15.

2- Les 15 mots de REY (épreuve de mémorisation d'une série de 15 mots)

3- l'épreuve des 5 mots, fondée sur le principe de l'indigage sémantique, et qui se compose de deux phases : une phase d'apprentissage et une phase de rappel pour un total normalement égal à 10.

III. La mémoire à court terme

Au cours du syndrome amnésique, les capacités de mémoire à court terme, parfois appelée mémoire immédiate ou mémoire primaire, sont préservées. Il s'agit d'une mémoire transitoire à capacité limitée qui permet de conserver les informations pendant quelques secondes. Cette capacité est facilement calculée en déterminant la plus longue séquence d'items (habituellement de chiffres) que le sujet peut rappeler dans le même ordre après une seule présentation. C'est l'empan mnésique. Il est de 7 plus ou moins 2 items.

Selon le modèle de BADDELEY, la mémoire à court terme serait composée de deux sous systèmes :

-> la boucle phonologique qui permet le stockage temporaire et la manipulation des informations verbales

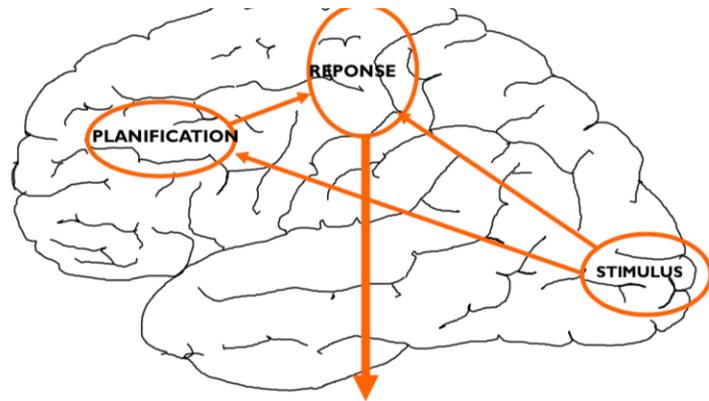
-> le registre « visuo-spatial » qui permet de garder des petites quantités d'informations visuelles et/ou spatiales)

et d'un administrateur central (système attentionnel de gestion des ressources qui permet de coordonner les opérations des sous systèmes spécialisés).

Le maintien des informations pendant une durée courte permet leur manipulation : c'est la mémoire de travail, composante active de la mémoire à court terme, qui permet de préparer l'action à venir. Mémoire à court terme et mémoire de travail sont donc une composante essentielle du processus d'adaptation comportementale.

IV- Elaboration de la réponse, comportement : Adaptation comportementale

La flexibilité comportementale est le propre de l'homme. C'est en effet par la grande richesse de ces réponses comportementales que l'homme se distingue le plus fondamentalement des animaux supérieurs. La capacité de choisir dans une situation donnée une réponse comportementale personnalisée, propre à l'individu et non propre à l'espèce, et la capacité de pouvoir inhiber des réponses automatiques et instinctuelles : la serait le saut, la différence de nature entre l'homme et l'animal. Cette capacité permet l'élaboration des comportements adaptés, requis par des situations nouvelles ou changeantes. C'est l'adaptation comportementale qui demande l'intervention de plusieurs processus :



C'est l'adaptation comportementale qui demande l'intervention de plusieurs processus :

- l'analyse de la situation
- la sélection des informations pertinentes
- le maintien en mémoire de travail de ces informations
- l'élaboration d'un plan pertinent et adapté à la situation présente
- l'exécution du programme de réponse
- le contrôle de sa réalisation
- le changement de programme en fonction des messages environnementaux (rétro-contrôle ou feed-back)
- l'inhibition des réponses non pertinentes liées à des stimuli interférents ou distracteurs.

Le rôle du cortex préfrontal dans l'adaptation comportementale

Le développement de cette flexibilité comportementale se fait parallèlement à celui du cortex préfrontal qui interpose un espace de réflexion permettant l'ouverture du cycle perception-action. Le cortex préfrontal permet en effet l'élaboration de comportements dirigés vers un but en inhibant des schémas comportementaux plus simples, qu'il s'agisse :

- de comportements surappris, routiniers, progressivement automatisés par la pratique et qui seraient organisés au sein de structures sous corticales (comme les noyaux gris centraux) ou
- d'une adhérence trop forte aux stimuli de l'environnement.

Ce faisant, il permet l'élaboration de réponses adaptées aux situations changeantes ou nouvelles, tout en intégrant les besoins propres de l'individu, grâce à sa situation

anatomique particulière et aux caractéristiques électrophysiologiques de ses neurones :

-> Sur le **plan anatomique** : il est situé à l'interface entre le système sensoriel (c'est la seule région du cerveau qui reçoit des informations de l'ensemble du néo-cortex sensoriel et du système limbique) et le système moteur sur lequel il projette. C'est donc à son niveau que peut s'élaborer une représentation des contingences externes (environnementales) et internes (propres au milieu intérieur) de la situation en cours. Par ce dispositif anatomique, il représente une plate forme d'intégration où s'actualise et se met en place une représentation de la situation environnementale avec ses attributs motivationnels et affectifs, permettant l'élaboration d'un plan d'action en accord avec des expériences antérieures.

-> Sur le **plan électrophysiologique** : l'activité des neurones du cortex pré-frontal a pu être étudié, chez l'animal, au cours du déroulement de tâches expérimentales telles que les épreuves de réponses différées au cours desquelles l'animal doit maintenir active la représentation de la situation spatiale de la nourriture pendant un court délai.

Une augmentation de l'activité des neurones du cortex préfrontal dorso-latéral a été observée uniquement pendant le délai, c'est-à-dire pendant une période où aucun événement ne survient, ni à l'extérieur, ni dans le comportement de l'animal. Or, c'est pendant le délai que va s'élaborer la réponse comportementale en fonction d'une information sensorielle qui n'est plus présente. Ainsi, l'activité des neurones préfrontaux permet d'établir un lien à travers le temps entre la présentation passée de l'information et la programmation de la réponse à venir. C'est cette activation pendant le délai qui permet le couplage sensori-moteur. Ainsi, la propriété des neurones préfrontaux permet l'ouverture du cycle sensori-moteur grâce au processus d'intégration temporelle, ce qui a pour effet la substitution d'une représentation mentale à la représentation réelle de la situation. Cette capacité de maintenir une représentation interne active, le temps que soit programmée et choisie la réponse la plus satisfaisante, définit la mémoire de travail. Elle est développée chez l'homme. Elle permet de préparer l'action à venir à partir de la manipulation mentale des informations maintenues actives.

Une autre propriété électrophysiologique remarquable des neurones de la partie orbito-ventrale du cortex préfrontal est leur capacité à s'activer lors de la présentation d'une instruction qui indique la nature de la récompense qui sera associée à la réponse. L'activation de ces neurones « anticipateurs », décrits chez le singe, permet de créer l'état mental nécessaire à l'implication de l'animal dans la tâche. Chez l'homme, la lésion de cette région du cerveau entraîne une insensibilité aux conséquences de l'action, responsable de choix impulsifs non réfléchis ou à l'inverse, d'un comportement d'inertie caractéristique.

L'ensemble de ces dispositifs (mémoire de travail - sensibilité au renforcement) permet d'élaborer des comportements dirigés vers un but et d'échapper à la soumission de l'espèce à son environnement ou à ses réponses instinctuelles. Ce dispositif, que l'évolution a mis en place et que l'acquisition du langage a permis, ouvre la possibilité du choix et donc du libre arbitre.

Evaluation des fonctions frontales

Les fonctions exécutives peuvent être évaluées par des tests sollicitant l'ensemble des processus intervenant dans des tâches complexes :

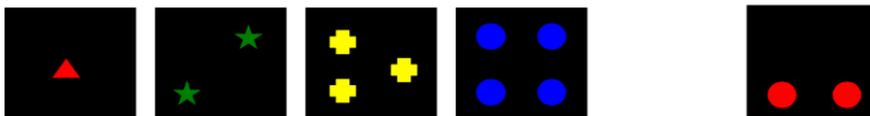
1- **Le test de classement de cartes de WISCONSIN** : le patient a devant lui 4 cartes stimulés qui diffèrent par leur forme, la couleur et le nombre des éléments qu'elles contiennent. Les cartes réponses sont présentées une par une au patient qui doit les appairier à l'une des cartes stimulés selon un critère qu'il doit découvrir par déduction logique à partir des réponses de l'examineur. Une fois le critère trouvé, le sujet doit le maintenir pendant une série de dix réponses consécutives. Puis, sans qu'il en soit prévenu, la règle change et il lui faut alors trouver un autre critère de classement et le maintenir. La capacité à élaborer une règle, à la maintenir puis à en changer sollicite les fonctions exécutives.

2- **Le Trail Making Test (TMT)** : le patient doit relier par des traits et dans l'ordre numérique les chiffres de 1 à 25 (partie A); puis il alterne ensuite les éléments de la série des chiffres et des lettres de l'alphabet (partie B).

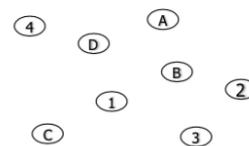
3- **Le test de STROOP** : le patient lit aussi vite que possible des noms de couleurs imprimés en noir et blanc ; puis il les dénomme, alors que le mot correspond à une autre couleur que celle avec laquelle il est écrit. Cette épreuve permet d'apprécier la résistance aux interférences.

4- **La BREF** (Batterie Rapide d'Efficiency Frontale ou Frontal Assessment Battery) : il s'agit d'une batterie composée de 6 sous tests : une épreuve de similitudes, de fluence verbale, de programmation motrice, de consigne conflictuelle, de Go/NoGo et d'adhérence à l'environnement (comportement de préhension), pour un score maximum de 18.

Test de WISCONSIN trouver des critères permettant de classer des cartes



Trail making test relier des chiffres et des lettres dans l'ordre, en alternant



Test de Stroop lire la couleur de l'encre et ne pas lire le mot

ROUGE	BLEU	VERT	ROUGE	BLEU
VERT	VERT	ROUGE	BLEU	VERT
BLEU	ROUGE	BLEU	VERT	ROUGE
VERT	BLEU	ROUGE	ROUGE	BLEU