

FONCTIONS EXÉCUTIVES

Séance 1 – partie 1



INTRODUCTION

2

LES FONCTIONS EXÉCUTIVES

Exemple :

- *Dans la cuisine en train de préparer des pâtes*
- *Le téléphone sonne, un ami vous demande de l'aider le lendemain à préparer son examen de stat.*
- *La conversation continue alors que vos yeux regardent si l'eau ne s'est pas mise à bouillir*
- *Tout en continuant à parler, vous vous demandez comment vous allez vous libérer demain pour venir en aide à votre ami sachant que votre journée est déjà bien remplie.*
- *L'eau est en train de bouillir maintenant et vous réalisez que vous n'avez pas encore fait chauffer la sauce qui accompagnera les pâtes*
- *Trop de choses à gérer en même temps !!!*

GOOD LUCK...



LES FONCTIONS EXÉCUTIVES

- Comment gérer toutes ces choses distinctes qui apparaissent en quelques minutes sans ruiner le dîner ou être désagréable avec votre ami ?
 - Faire attention au dîner
 - Switcher l'attention sur le téléphone
 - Switcher de nouveau sur la cuisinière
 - Ignorer la musique ambiante pour entendre votre ami
 - Essayer d'organiser la journée du lendemain avec cette nouvelle contrainte
 - Surveiller la cuisson

LES FONCTIONS EXÉCUTIVES

- Au minimum implication de **5 processus cognitifs** :
 1. Attention exécutive
 2. Switching entre les différentes activités
 3. Inhibition ou ignorance de certaines informations
 4. Séquençage de la séquence d'activités
 5. Monitoring de la performance
- Ces 5 processus appartiennent aux fonctions exécutives
- Les processus exécutifs organisent notre vie mentale. Ils peuvent ré-allouer des ressources pour augmenter le poids d'un processus par rapport à un autre.

LE CERVEAU DOIT IDENTIFIER LA MEILLEURE RÉPONSE À DONNER DANS LA SITUATION OÙ L'ENVIRONNEMENT VIENT DE CHANGER.



**Selon les
circonstances,
différentes
réponses sont
possibles pour
une même
situation**

**Quelles sont les fonctions
cognitives qui seront impliquées
dans cette situation ?**



- Flexibilité
- Attention
- Inhibition d'une routine
- Planification
- Capacité de changement (switch)
- Capacité de contrôle (monitoring)

**Fonctions
Exécutives**

**D'où l'existence de processus de plus haut niveau qui
« contrôlent » le déroulement des opérations en cours.**



LES CONNEXIONS DU LOBE FRONTAL

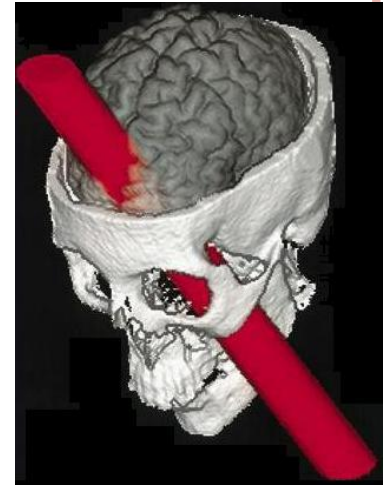
9

CAS CLINIQUES

- ***Phineas Gage (1848)*** : lésion provoquée par un accident
- ***Dr P. (1983)*** : lésion provoquée par une privation brève d'oxygène.

PHINEAS GAGE

- Blessé en 1848
- Contremaître en construction
- Barre à mine transperça accidentellement son crâne
 - Longueur : 1.1 mètres
 - Poids : 6kg
 - Atterri 25 mètres derrière lui
- Gage est étourdi mais conscient.
- Quelques convulsions puis il s'assied et parle à ses hommes
- Il fut conduit conscient à l'hôpital
- Vécu jusqu'en 1860 et meurt d'une crise d'épilepsie généralisée



PHINEAS GAGE

- **Dr Harlow (1868) écrit un rapport sur Gage**

- **Avant :**

- Contremaître efficace
- Personne équilibrée
- Homme d'affaire intelligent et astucieux

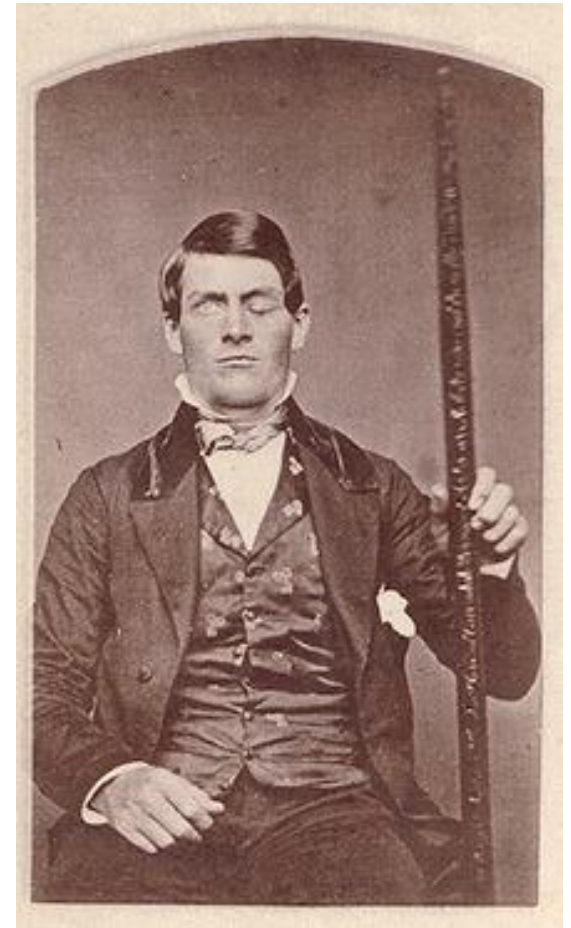


- **Après :**

- Insolent et grossier
- Manque de respect pour ses collègues
- Impatient et obstiné, capricieux et hésitant
- Mauvaise planification

PHINEAS GAGE

- Avant son accident, Phineas jouissait d'une excellente réputation auprès de ses collègues et de ses employeurs. Il ne buvait pas, il ne jurait ni ne fréquentait le saloon.
- Après son accident, **le comportement de Phineas change**. Il jure, se bagarre et erre sans but en ville. Ayant perdu son travail, il effectue de nombreux déplacements aux Etats-Unis, s'exhibe au Cirque Barnum avec sa barre, part au Chili où il travaille à convoier du bétail. Après plusieurs années d'errance, il rentre dans la ferme familiale où il décède.
- Son crâne est exhumé quelques années plus tard, mais son examen ne permet pas de tirer des conclusions sur son cas.
- Il faut attendre les **reconstitutions des Damasio en 1994** pour comprendre les changements observés



PHINEAS GAGE

- **Débat sur l'étendue des lésions chez Gage :**
- Absence d'autopsie
- Examens du crâne de Gage



ARTICLE

The Return of Phineas Gage: Clues About the Brain from the Skull of a Famous Patient

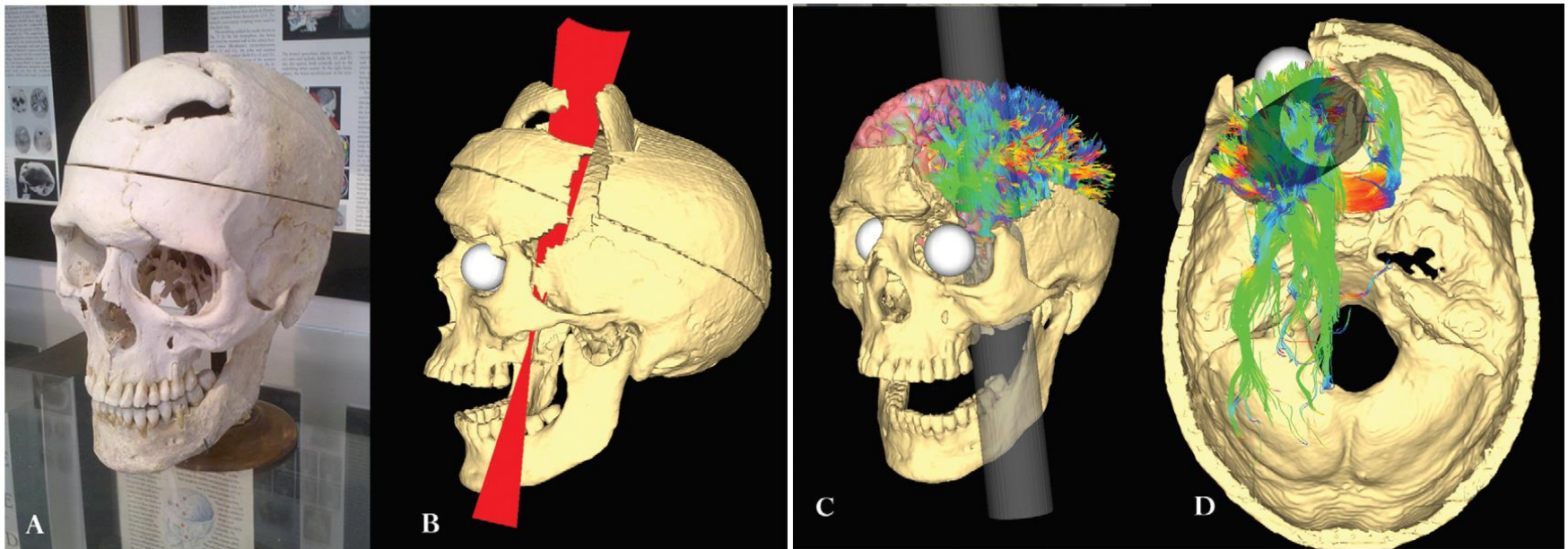
Hanna Damasio, Thomas Grabowski, Randall Frank,
Albert M. Galaburda, Antonio R. Damasio*

PHINEAS GAGE

- **Antonio et Hanna Damasio (1994)** attribuent principalement les troubles du comportement et la désinhibition de ce Gage à des **lésions bilatérales de la partie ventro-médiane du cortex préfrontal**
- Il y a un débat sur le fait que cette lésion soit bilatérale ou non.
- Utilisation des techniques d'IRM de diffusion avec **Van Horn**.
- Selon ces auteurs Gage aurait souffert d'une lésion atteignant 4% de sa substance grise et 11% de sa substance blanche dont des axones reliant les deux hémisphères.

PHINEAS GAGE

○ IRM de diffusion



OPEN ACCESS Freely available online

PLoS one

Mapping Connectivity Damage in the Case of Phineas Gage

John Darrell Van Horn^{1*}, Andrei Irimia¹, Carinna M. Torgerson¹, Micah C. Chambers¹, Ron Kikinis², Arthur W. Toga¹

DR P. DÉCRIT PAR LEZAK (1983)

- Chirurgien, âge moyen, bonne carrière hospitalière
- A subi une chirurgie faciale mineure
- Survenue de complications : son cerveau a été privé d'oxygène pendant une petite période.
- Des dommages cérébraux ont été causés
- Conséquences négatives sur son fonctionnement mental
 - Capacité à planifier
 - Adaptations aux changements
 - Agir de façon indépendante
- QI est élevé
- Mais difficultés dans les activités de la vie de tous les jours
- Incapacité à évaluer ses déficits
- Incapacité de reprise du travail de chirurgien
- Mise sous tutelle

DR P. DÉCRIT PAR LEZAK (1983)

- Avant l'opération : bonne flexibilité mentale.
- Après l'opération :
 - Peut gérer difficilement des routines simples d'une façon très rigide et non flexible.
 - Perte de la capacité à initier des actions et à établir des plans.
 - Exemple : changer ses habits d'un jour sur l'autre.
- Reprise du travail dans un contexte très encadré.
- Pas de conscience de la situation. Semble non concerné et non intéressé
- Auparavant discutait facilement, puis discours monotone sans émotions
- Aucun initiative, questions sur sa vie
- Passe son temps devant la TV

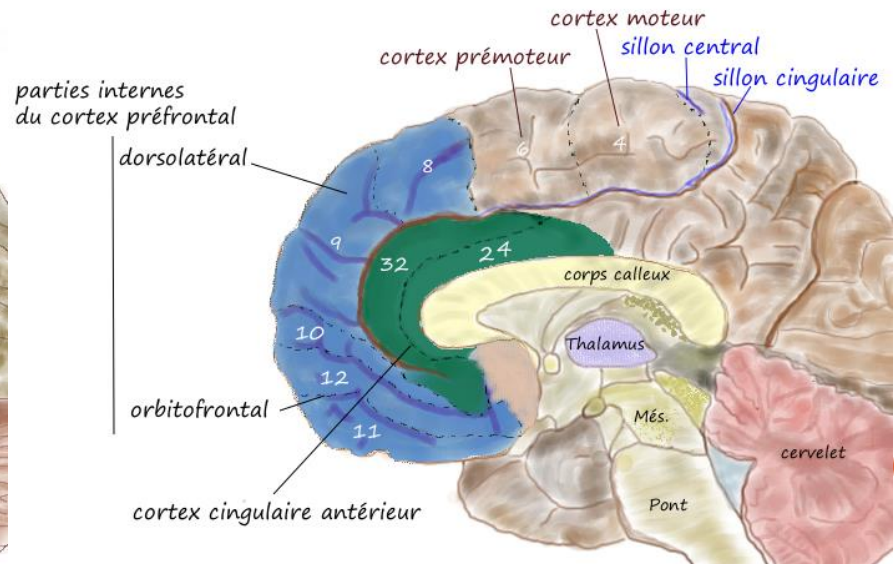
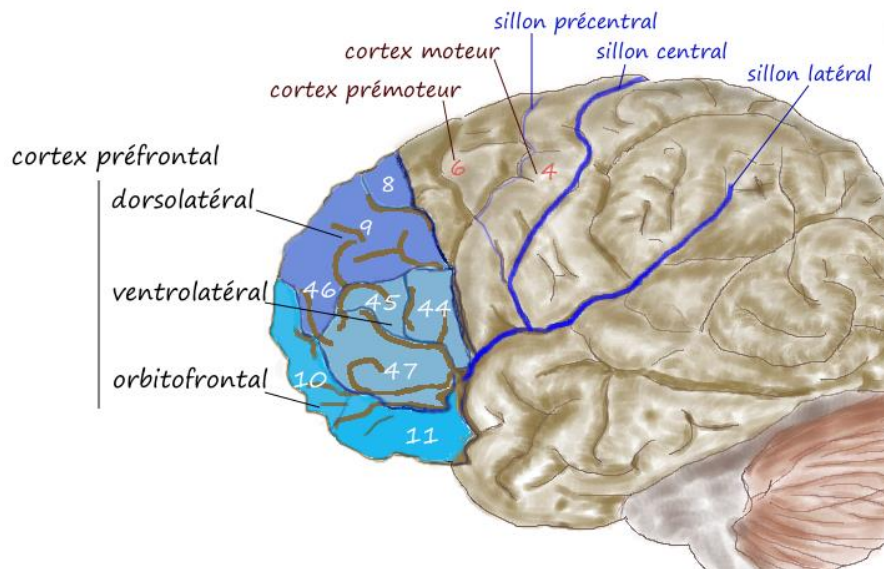
DR P. DÉCRIT PAR LEZAK (1983)

- Les processus exécutifs sont brisés
- Anosognosie suggère que les processus de contrôle des actions sont brisés
- Incapacité à jongler entre les tâches : déficit dans la capacité de switching.
- Perte complète de la capacité à planifier des actions pour permettre d'atteindre un but.

→ *Syndrome frontal*

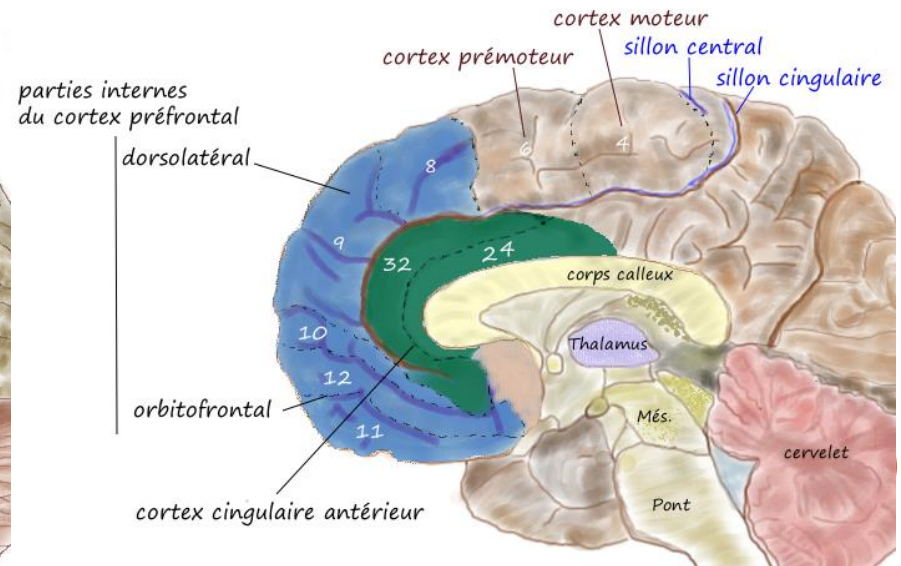
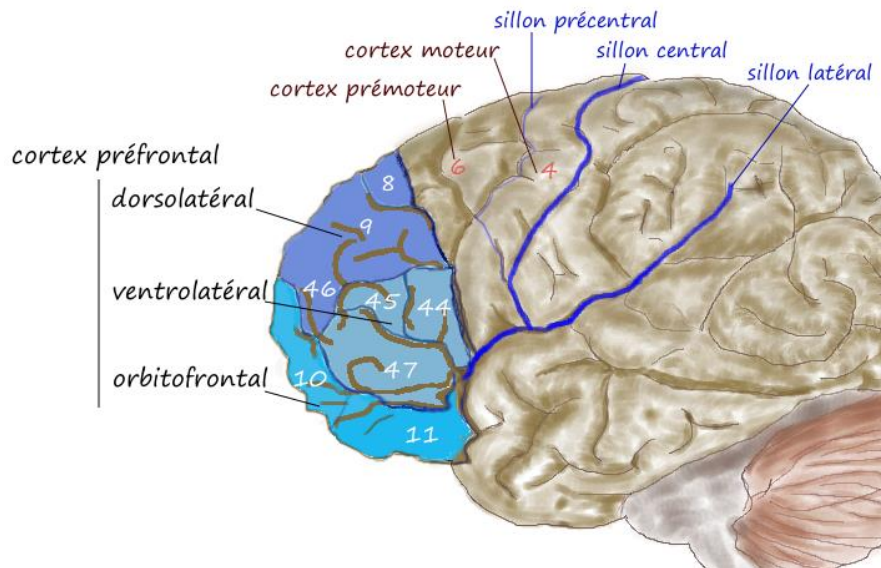
LA SYNDROME FRONTAL

- *Un navire sans capitaine*
- « Le lobe frontal peut être comparé à la passerelle du commandant d'un navire. Son action est essentielle pour la conduite du vaisseau humain. »
- La partie du cerveau concernée n'est pas l'ensemble du lobe frontal mais le **lobe préfrontal**.



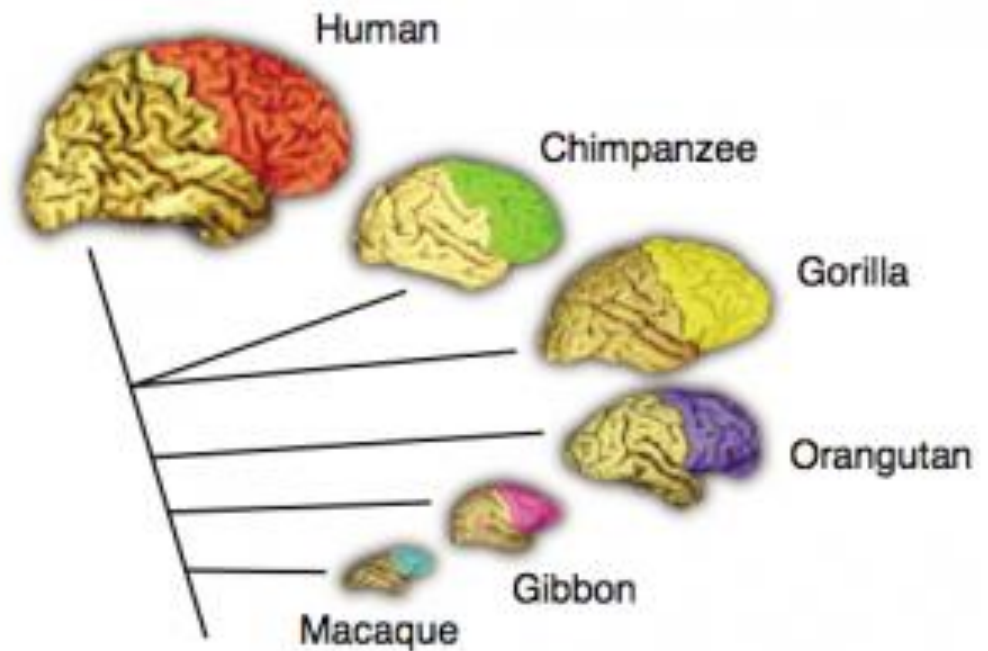
CORTEX PRÉ-FRONTAL

- le **cortex préfrontal-dorsolatéral** (dlPFC) situé sur la face externe
- le **cortex ventrolatéral**
- le **cortex frontal inférieur** (dont le cortex orbitofrontal) qui est situé sous les régions dorsolatérales et au-dessus des orbites oculaires
- le **cortex frontal médial et cingulaire antérieur** qui est situé



CORTEX PRÉ-FRONTAL

- Le PFC est **très volumineux chez les humains** comparé aux autres primates
- Ceci suggère que le PFC est un bon candidat pour implémenter les **activités plus complexes** que les humains sont capables de développer comme le séquençage mental d'une liste d'activités.



CORTEX PRÉ-FRONTAL

- Par ailleurs, le **PFC reçoit des informations des aires corticales motrices et perceptives**, ainsi que de nombreuses **structures sous-corticales**.
- Cette quantité importante de connexions permet la **combinaison** de sources diverses d'informations nécessaires aux **comportements complexes**.
- Le PFC a de **multiples projections** vers les aires corticales et les systèmes moteurs permettant d'exercer des influences top-down sur d'autres structures.
- **Hypothèse exécutive frontale (West, 1996)** : c'est l'idée selon laquelle chaque processus exécutif est géré par le PFC.
- **Hypothèse très largement acceptée**

HYPOTHÈSE EXÉCUTIVE FRONTALE

- **Les fonctions exécutives nous permettent de rester adapté à notre environnement en organisant et en ajustant le traitement de l'information en fonction du contexte (modulation du fonctionnement des autres processus).**
- **Tous les processus exécutifs seraient gérés par le Cortex Pré-Frontal (PFC).**
- Arguments :
 - Le PFC reçoit des connexions des aires perceptives, des aires motrices et des aires sous-corticales.
 - Le PFC projette sur les aires perceptives et motrices (modulations TOP-DOWN)
 - Cette hypothèse est certainement surestimée mais le lien entre les fonctions exécutives et le PFC est établi.



LÉSION CÉRÉBRALE FRONTALE ET HYPOTHÈSE EXÉCUTIVE FRONTALE

25

LÉSIONS FRONTALES ET HYPOTHÈSE FRONTALE

- Nombreux tests qui évaluent les processus exécutifs pour diagnostiquer les lésions du lobe frontal.

- Le plus connu : ***test de Stroop***

- Riddley Stroop (1935)



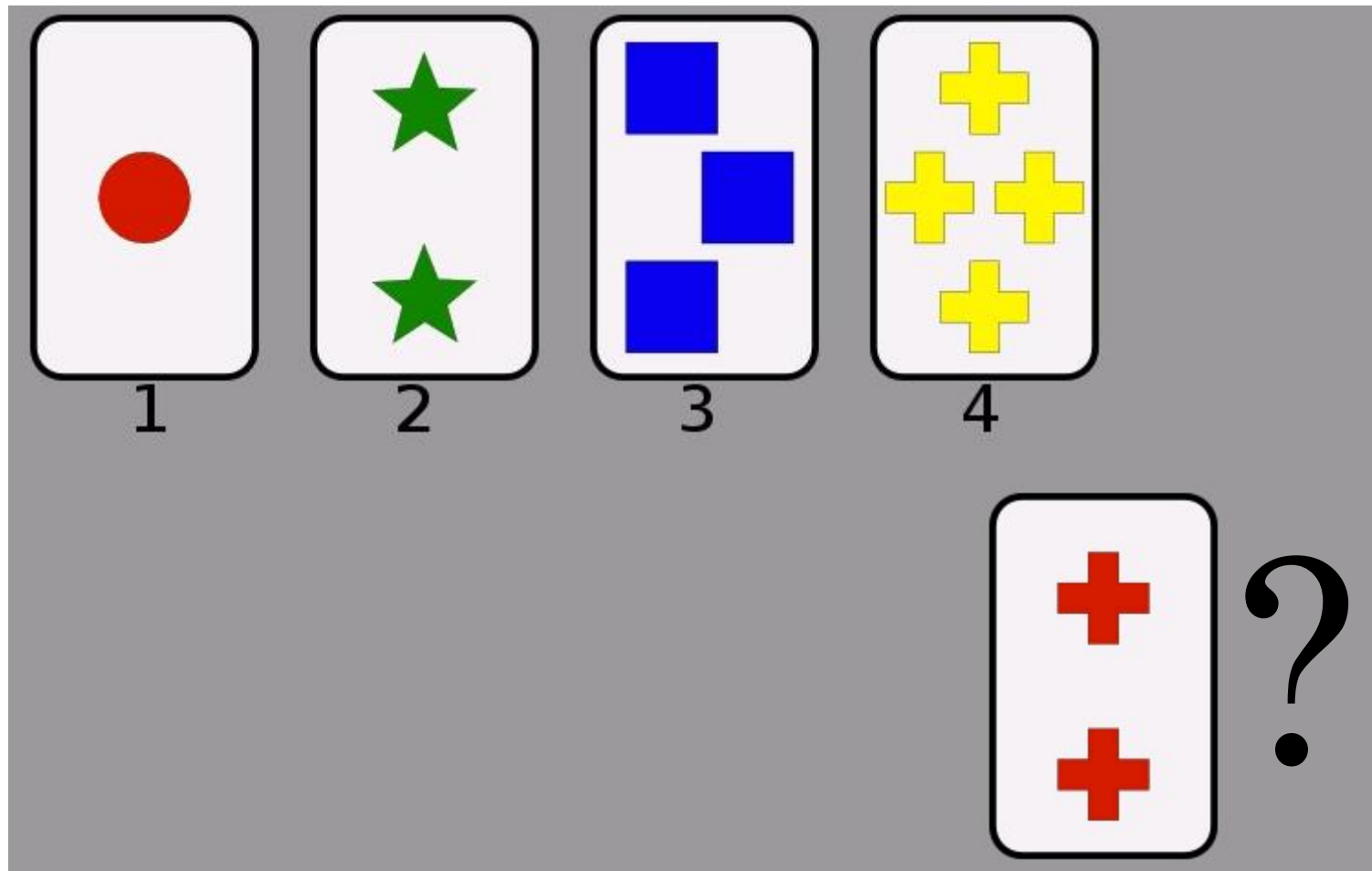
- ***Sujets sains*** : bonnes performances en incompatible même si les TR sont plus lents.
- ***Patients avec lésions frontales*** : performances diminuées en incompatible
- La tâche requiert des capacités d'attention sélective et d'inhibition qui sont atteintes chez ces patients en particulier ceux avec des lésions dans le PFC dorsolatéral.

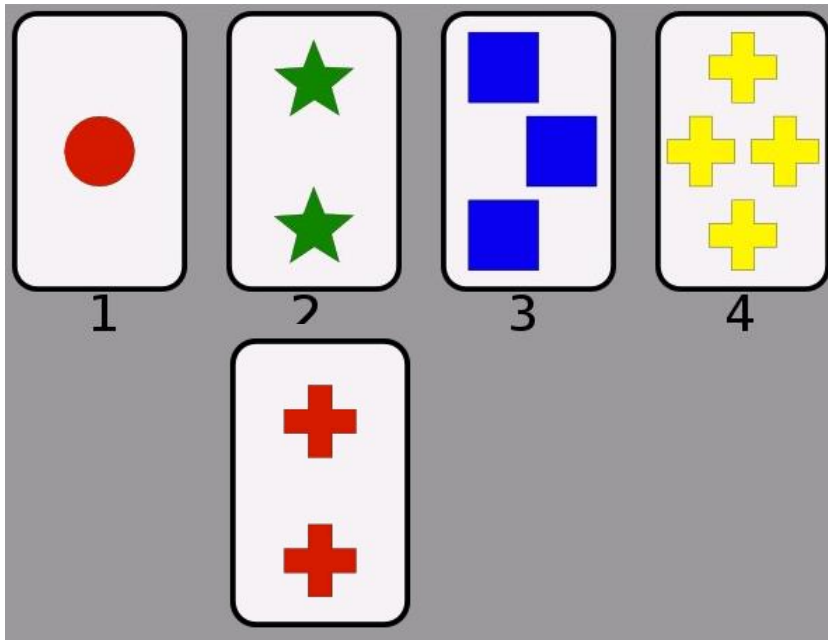
ATTENTION & INHIBITION

- De façon intuitive l'attention et l'inhibition vont ensemble.
- Focaliser son attention sur une information et ignorer les autres informations sont souvent associés
- Ici, nous ne parlons pas d'inhibition de réponse mais bien d'inhibition de traitement d'informations (filtre) ou d'inhibition d'une représentation ou encore d'un processus
- **Attention et l'inhibition sont-elles issues d'un même processus ?**
- Pour certains modèles l'attention contient à la fois un versant excitateur et un versant inhibiteur.
- Lorsque l'on parle d'attention exécutive, il faut garder en tête que l'inhibition peut être également associée.

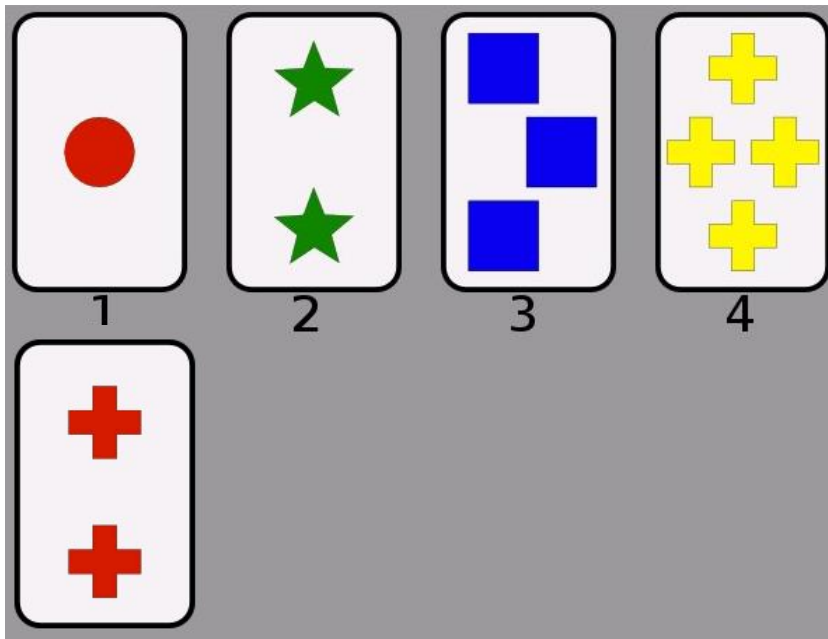
LÉSIONS FRONTALES ET HYPOTHÈSE FRONTALE

○ *Wisconsin Card Sort task*





Faux



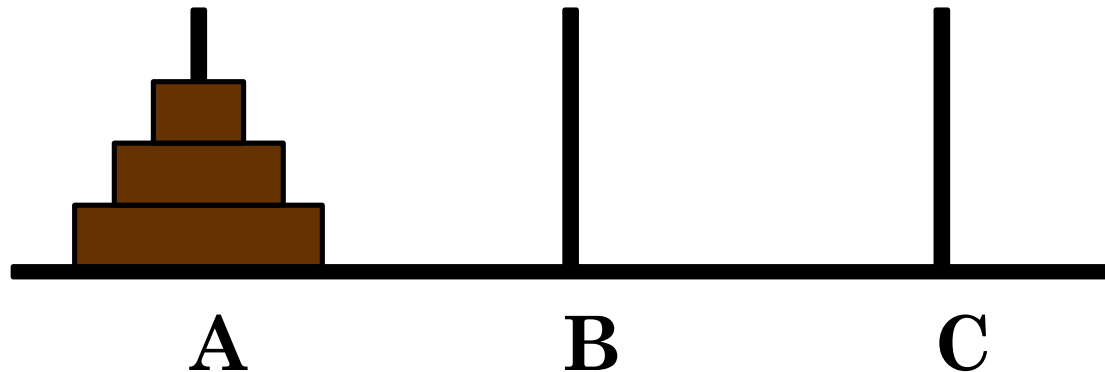
Vrai

LÉSIONS FRONTALES ET HYPOTHÈSE FRONTALE

- *Wisconsin Card Sort task* :
- Pas de différence entre les sujets sains et les patients avec lésions frontales pour déterminer le 1^{er} critère
- Au moment de la nécessité de switcher, les patients frontaux ont des difficultés.
 - **Sujets sains** switchent l'attribut au bout de quelques essais
 - **Patients frontaux** souvent persistent dans le choix de leur critère initial

LÉSIONS FRONTALES ET HYPOTHÈSE FRONTALE

○ *Tour de Hanoï*



○ Règles :

- on ne peut déplacer plus d'un disque à la fois
- on ne peut placer un disque que sur un autre disque plus grand que lui ou sur un emplacement vide.

○ <http://www.mah-jongg.ch/towerofhanoi/towerofhanoi.html>

LÉSIONS FRONTALES ET HYPOTHÈSE FRONTALE

- *Tour de Hanoï :*
- *Déroulement de la tâche :*
 - Participants doivent d'abord la réaliser mentalement
 - Ensuite on leur demande de montrer leur solution
- *Stratégie mentale la plus utilisée :*
 - Représentation de la configuration de départ en mémoire de travail
 - Attention dirigée vers le disque du haut du 1^{er} piquet, le déplacer vers le 3^{ème} piquet
 - Mise à jour de la mémoire de travail avec la nouvelle configuration
 - Attention dirigée vers le disque de taille intermédiaire sur le piquet 1, le déplacer sur le piquet 2
 - Mise à jour de la mémoire de travail avec la nouvelle configuration
 - etc...

LÉSIONS FRONTALES ET HYPOTHÈSE FRONTALE

- *Tour de Hanoï*
- Patients frontaux sont particulièrement non performants.
- Le nombre de déplacements est très important pour parvenir à la solution.
- *Ce que requiert le problème :*
 1. **Attention focalisée** sur l'un des disques et **inhibition** des autres disques, ainsi que **switcher l'attention** entre chacun des déplacements puis mise en mémoire de **travail** de la nouvelle configuration.
 2. **Division du but général en sous-buts** à atteindre de manière séquencée pour résoudre le problème

LÉSIONS FRONTALES ET HYPOTHÈSE FRONTALE

- **Tests conçus pour diagnostiquer un dommage au niveau des lobes frontaux :**
 - Tâche de Stroop
 - Wisconsin Card Sort Task
 - Tour de Hanoï
 - Tâche Go/NoGo
- **Remarque :** d'autres groupes de patients partagent les aspects des syndromes frontaux :
- **Maladie d'Alzheimer (AD) débutante :**
 - Atteinte de la mémoire importante
 - Performances faibles dans les tâches impliquant le lobe frontal
- Une des 1^{ères} zones atteintes chez les AD est le PFC



FIN DE L'INTRODUCTION

35