

# Le cerveau et les apprentissages

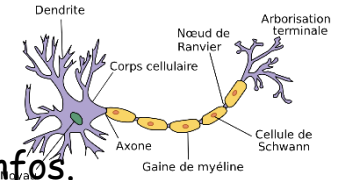


# 1. Apprendre avec ses neurones.



## - Les briques élémentaires du cerveau :

- **Synapse** : connexion neuronale (~ 1million de milliards) / **Neurone** : ~ 80 milliards.
- **Influx nerveux** : onde électrique (vitesse d'un TGV) responsable du traitement des infos.
- **Récepteur** : protéines induisant des réponses excitatrices ou inhibitrices (serrures moléculaires).
- **Activité intrinsèque et spontanée** : rôle essentiel dans les mécanismes cognitif (apprentissages).
- **Plasticité** : flexibilité fonctionnelle avec une capacité d'auto-organisation (stockage des infos).



## - La construction du cerveau :

- **Organisation verticale** : réseaux emboîtés (croissant selon le degré d'évolution) et organisés hiérarchiquement (système visuel avec 14 niveaux : de l'objet 3D à sa manipulation consciente).
- **Organisation horizontale** : multiplication de cartes et de voies formant un système d'interconnexions.
- **Système nerveux ouvert sur le monde extérieur** : capacité d'auto-activation et d'auto-organisation.

## - Epigénèse neuronale et évolution culturelle :

- **Hypothèse épigénétique** : au-delà de l'action des gènes, impact de l'apprentissage et de l'expérience sur la formation de synapses (jeu d'essai-erreur avec une évolution constante).
- **Périodes sensibles** : développement important de contacts synaptiques, par vagues puis stabilisation sélective et élimination (ou rétroaction) de certains contacts (dans le cas d'une cécité précoce, des aires visuelles sont alors capables de traiter des informations tactiles).

## - De la matière à la pensée consciente :

- **Système nerveux** : niveau hiérarchique (vertical) et parallèle (horizontal) avec des dispositions innées et de la flexibilité permettant des apprentissages.
- **Sentiment intérieur** : espace conscient.

# 1. Apprendre avec ses neurones (suite).



- **Conclusion** : Les fonctions cérébrales permettent une survie de l'individu (évolution biologique) et du groupe social (évolution culturelle).
- **Focus** : 4 principes du fonctionnement du cerveau.
  - **Le sens du mouvement** : intelligence du corps en mouvement pour les aspects cognitifs (géométrie, construction mentale en 3D) = PEDAGOGIE DU CORPS DANS L'ESPACE.
  - **La simplicité** : capacité d'anticipation à partir des expériences vécues → demande d'inhiber, de sélectionner, de lier et d'imaginer.
  - **La vicariance** : remplacement d'un sens déficitaire par un autre, utilisation de plusieurs stratégies pour atteindre un but (adaptation au monde extérieur) → à utiliser en résolution de problèmes (flexibilité du cortex préfrontal).
  - **L'empathie** : prendre le point de vue des autres, ressentir leurs émotions = COMPREHENSION ET RESPECT DES AUTRES (jeux de rôle).
  - **La décision** : la raison et la motivation arbitrent les émotions = COOPÉRATION DES CERVEAUX COGNITIFS ET LIMBIQUES (travail de groupe).
  - **Neurosciences** : fonctionnement du cerveau, mécanismes propres.
    - ≠ **Sciences cognitives** : lien avec le contexte social et émotionnel.

## 2. Lire.



- **Les mécanismes d'apprentissage de la lecture :**
  - **Porte d'entrée de la lecture** : aire de la forme visuelle des mots = « boîte aux lettres du cerveau ».
  - **Réseau de la lecture** : la compréhension de mots fait sens grâce à l'activation d'autres zones cérébrales liées aux sensations physiques comme l'odorat ou le goût).
  - **1<sup>ère</sup> étape** : passage par le langage oral et mise en mémoire d'un « lexique mental » → la lecture crée un nouveau chemin vers ce trésor de mots.
  - **Décodage / déchiffrage** : explicitation et apprentissage des correspondances graphèmes/phonèmes permet l'activation des mots stockés en mémoire = **SYSTEMATICITE DU CODE**.
  - **Représentation orthographique** : implicite, sans l'enseignant.
  - **Compréhension du langage écrit** : compréhension du langage oral + automatisation des procédures d'identification des mots écrits (fluence) → lecture fluide qui libère des ressources cognitives.
- **Pratique d'enseignement de la lecture basées sur les données probantes :**
  - **Conscience phonémique** : segmentation phonémique appuyé sur des mots écrits (correspondances graphèmes/phonèmes) et autres habiletés (fusion, allitération, isolation de rimes, syllabes, phonèmes).
  - **Enseignement systématique des CGP** : commencer par les plus fréquents et les plus constants.
  - **Automatisation du décodage et construction du lexique orthographique** : multiplier les lectures authentiques et utiliser le vocabulaire acquis en amont → prédiction du sens (lecture experte).
  - **Conscience morphologique** : connaissance sur la construction des mots (base + préfixe / suffixe) = **MORPHOLOGIE DERIVATIONNELLE**.
  - **Fluence de lecture** : lecture à voix haute précise, rapide et expressive (ponctuation, intonation).
  - **Compréhension en lecture** : renforcement des habiletés de décodage, enseignement de stratégies (inférence, déduction) et renforcement des habiletés en langage oral.

## 2. Lire (suite).



- **Les « troubles dys » :**
  - **Dyslexie / dysorthographe** : entrée dans le décodage et déficit de la conscience phonémique (facteurs génétiques à 60% et environnementaux à 40%).
  - **Théorie du déficit phonologique** : conscience phonémique, représentation et mémoire phonologique.
  - **Autres théories** : dysfonctionnement du cervelet, déficit rythmique, trouble de l'attention, déficit visuel (inversion de lettres), encombrement perceptif (masquage d'un élément par d'autres).
  - **Neuroanatomie de la dyslexie** : dysfonctionnement ou sous-utilisation des zones.
  - **Polices d'écriture** : Dyslexie, OpenDyslexic sans empattement taille 14, écartement lettres et mots.
  
- **Conclusion** : Enseignement explicite du décodage + automatisation (auto-apprentissage) + compréhension dès le CP avec une mise en place de stratégies individualisées et des évaluations régulières des progrès.
  
- **Focus** :
  - **Approche modulaire** : maîtrise du code alphabétique (CGP + compréhension + production écrite) → méthode syllabique (textes 100% déchiffrables) et méthode phonique (apprentissage mots entiers).
  - **Approche intégrative** : décodage / compréhension avec textes littéraires et production écrite.
  - **Apprentissage efficace** :
    - Enseignement explicite des Correspondances Grapho-Phonèmes (CGP) ;
    - Place importante donnée à l'écriture ;
    - Travail autour des régularités et des analogies des mots ;
    - Lecture automatisée ;
    - Automatisation du déchiffrage ;
    - Enseignement de la compréhension des textes + lecture à voix haute ;
    - Familiarisation à l'univers des livres.

# 3. Ecrire.



- **Un bilan des données issues de la neuropsychologie et de l'étude des adultes :**
  - **Agraphie** : perte totale ou partielle de la capacité de production.
    - **Linguistique** : liée à l'aphasie ;
    - **Non aphasique** (dimension spatiale et motrice) dont apraxique (ou pure) → difficulté à former les lettres de mots qui sont épelés.
    - **Dysexécutive** : difficulté à planifier, hiérarchiser les infos, à maintenir cohérence et attention.
  - **5 macro-composantes** : dimension visuo-spatiales et motricité, dimension linguistique et orthographique (agraphie centrale), planification, contrôle et régulation.
  - **Production experte** : recherche et organisation d'idées + mise en texte + révision et reprise (3 dimension en interaction) → nécessite des capacités de mémoire et d'attention.
  - **2 niveaux de production** : central /sémantique, orthographique et post-orthographique.
- **L'évolution des production à l'école élémentaire :**
  - **Les stratégies** :
    - **De formulation des connaissances** : la qualité des textes dépend de la quantité de connaissances préalables disponibles et de leur organisation dans la mémoire à long terme. Pas de réel retour sur les productions (sauf ponctuation et orthographe).
    - **De remodelage des connaissances** : se fait en fonction des objectifs et du destinataire (amélioration efficace par la planification et la révision).
  - **Enseignement explicite des stratégies** : développer les connaissances de base + décrire l'intérêt, la condition d'emploi et le déroulement + montrer comment l'utiliser + aider les élèves à l'utiliser + aller jusqu'à une utilisation autonome (auto-régulation).

# 3. Ecrire (suite).



- **Travail autour de la valeur des marques de ponctuation** et de la gradation.
- **Impact de la transcription et des traitements orthographiques** : coût important de ces deux dimensions chez les écrivains débutants, ce qui induit un partage des capacités d'attention et de mémoire de travail, et donc de nombreuses erreurs et des productions pauvres (impact sur les autres dimensions : idée, formulation, accords) → nécessité d'une automatisation de ces 2 tâches.
  - **Transcription manuscrite** : entraînement au tracé par l'élève lui-même.
  - **Orthographe** : enseignement explicite.
- **Accords dans le GN et entre S et GV** : les pluriels des noms, adjectifs et parfois des verbes sont inaudibles.
  - **CP/CE1** : connaissance de la règle mais peu d'application ;
  - **CE1/CE2** : respect des accords déterminants/noms mais moins avec les adjectifs ou les verbes ;
  - **CE2/CM1** : interférences -s/-nt entre les noms et les verbes.
- **Production écrite monologique** : absence de retour immédiat concernant la qualité de l'écrit produit (à la différence de l'oral), utilisation de téléphone ou d'enregistreur afin de vérifier plus facilement l'utilisation des marques linguistiques (formes verbales, substitutions pronominaux).
- **Variation croissante du nombre de composantes à gérer par les élèves** : préparation orale (recherche et organisation des idées, lexique) collective et laisser les élèves gérer la mise en texte de manière individuelle.
- **Dimension textuelle** : enchaînement de phrases, organisation des parties d'un texte, ponctuation, formes verbales → enseignement progressif explicite.

# 4. Compter et penser-raisonner.



## - Compter ou la genèse des mathématiques :

- **Le nombre chez Piaget** : modèle de l'escalier et des stades de développement logico-mathématique (sensori-moteur / préopératoire intuitif / logique concret 7 ans / logique abstrait 12 ans).
  - **Classification** : stade 3 et catégorisation des données = ASPECT CARDINAL ;
  - **Sérialisation** : stade 3 et classement d'objets différents dans un ordre = ASPECT ORDINAL ;
  - **Tâche de conservation du nombre et des quantités discrètes** : erreurs d'intuition perceptive dues à des différences d'écart entre 2 séries de jetons (conservation quantités = QUOTITE).
- Ces tâches ne sont pas développées au même stade pour tous ; comptage laissé de côté par Piaget.
- **Après Piaget : comptage et nombre chez le bébé et le jeune enfant** :
  - **principes numériques** : ordre stable, correspondance t-à-t, cardinal, abstraction, non-pertinence de l'ordre .
  - **composantes de la compétence à compter** : conceptuelle (pourquoi ? 5 principes), procédurale (comment ? comptage), d'utilisation (quand ? pertinence des deux principes précédents) .
  - **Gelman** : les principes (compétences) précèdent les habiletés (performance) → difficultés relèvent des composantes 2 et 3 et non 1 comme Piaget : prisonniers de leur intuition perceptive
  - **Wynn** : nombre avant langage (2 ans) et perception des erreurs de calcul (mise en mémoire des objets + capacité innée et génétique à effectuer des opérations (≠ Piaget → épigénétique).
- **Nombre et cortex pariétal** : aire des maths (perception + attention + mémoire de travail = FC).
  - **Compétence numérique** : apparition avant (intelligence visuo-spatiale = CONNAISSANCES IMPLICITES) et après (abstraction et mots = CONNAISSANCES EXPLICITES) ;
  - **Siegler** : mise en concurrence de différentes stratégies pour résoudre un calcul (deviner, doigt, recompter le tout, commencer par la plus grand) ≠ Piaget et le passage par paliers.



# 4. Compter et penser-raisonner (suite).



- **Nombre et cortex préfrontal** : inhibition des dimensions non pertinentes
  - **Heuristique approximative** : automatisme erroné que l'élève doit inhiber pour accéder aux stratégies plus efficaces (stratégie perceptive et économique « longueur = nombre ») ;
  - **Algorithme exact** : comptage (stratégie plus coûteuse mais exacte) ;
  - **Chronométrie mentale** : temps mis pour répondre met en valeur du rôle de l'inhibition ;
- La capacité de contrôle inhibiteur serait plus pertinente qu'un test de QI (mesure réussite scolaire).
  
- **Penser-raisonner ou la genèse de la logique** :
  - **Raisonnement logique chez l'enfant** :
    - **Catégorisation et logique des classes chez Piaget** : distinguer et coordonner en compréhension (propriétés forme, couleur, nom) et en extension (objets auxquels s'appliquent la propriété).
    - Des erreurs d'intuition perceptive peuvent apparaître dans la tâche d'inclusion ;
    - **Compétences logiques précoces et incompétences tardives après Piaget** : catégorisation due à un bricolage tardif encore intuitif (problème d'inhibition) ;
    - **Algorithmes logiques** : le cerveau est « proto-logique et mathématique » dès 12 mois ;
    - **Heuristique de catégorisation, algorithmes logiques et inhibition** : l'effort de résistance cognitive augmente le temps de réponse ; le processus inhibiteur est interdomaine (résistance dans une tâche augmente efficacité et rapidité dans d'autres = AMORCAGE POSITIF) ;
    - **3 systèmes dans le cerveau** : heuristique (automatique, intuitive, rapide), algorithmique (logico-mathématique, fiable, lente), d'inhibition (arbitrage, inhibition des automatismes de pensée).
  
  - **Raisonnement logique chez l'adolescent** : raisonnement logique décentré + esprit critique.
  
  - **Penser-raisonner pour respecter autrui** : contrôle de soi et considération du point de vue d'autrui.

# 5. L'attention.



Focalisation + concentration + conscience : passer d'une éducation à la mémorisation d'infos à une éducation privilégiant la capacité à sélectionner les infos nécessaires.

## - Qu'est-ce que l'attention ? :

- **Nécessite un apprentissage de toutes les fonctions exécutives** : contrôle attentionnel, capacité d'inhibition, mémoire de travail, flexibilité cognitive, régulation émotionnelle, planification.
- **Programme ATOLE** : culture métacognitive, découpage des tâches complexes, signes précoces de distraction, programmer son attention (perception, intention et manière d'agir).
- **Attention sensorielle** : tournée vers les objets (trousse, etc.)  
≠ **Attention exécutive** : sélectionne et stabilise les processus mentaux (pensée, imagination).
- Test de Stroop : prononcer le nom de la couleur et non le mot écrit = PROCESSUS DE SELECTION.
- **Etre attentif pour** :
  - **Mémoriser** : utilisation de la mémoire de travail (**aelfg iotpa**) ;
  - **Comprendre** : réseaux de la mémoire de travail (**L'histoire Il était est une donc lue fois mots à dans mot**) → **analyse de bas niveau** / **fonctions de haut niveau** ;
  - **Percevoir** : petits changements dans l'environnement, entre 2 images (vidéo *Change blindness*).

## - Le contrôle volontaire de l'attention :

- **Nécessite une stabilité de la connexion** entre l'objet de l'attention et les régions du cerveau chargées des fonctions cognitives de haut niveau.

# 5. L'attention (suite).



- **2 systèmes d'orientation de l'attention :**
  - **Contrôle « volontaire »** de l'attention ;
  - **Capture et saisie réflexe** de l'attention par un stimulus en fonction de ses caractéristiques simples (gilet jaune) ou plus complexe, personnelle ou émotionnelle (plaisant, effrayant).
- « Où est Charlie ? » : recherche du pull rayé (neurones sensibles au rouge) / « The invisible gorilla » (modulation « TOP-DOWN » = hautes fonctions cognitives - basses fonctions sensorielles qui permet de spécialiser temporairement le cerveau dans une recherche ; abstraction des autres couleurs).
- **Intention** : diriger l'attention et le comportement (savoir quand faire réagir les neurones : envoi signal).
  - **Ajustement de la manière d'agir** à l'environnement en fonction de ce qu'on cherche à faire.
  - **Double contrainte** : mémoriser la consigne et être flexible en cas de changement car la durée de maintien varie selon la motivation ; agir avec des intentions à court terme et de regrouper le système exécutif pour d'autres tâches (ATOL : Maximoi, minimoi) = MINI-MISSIONS.
- **Développement d'une hypersensibilité** pour certaines propriétés physiques et objets (set attentionnel) → définition de ce qui est important et de ce qui doit être ignoré.
- **L'attention et la concentration :**
  - **Attention** = sélection ≠ **concentration** = stabilisation de la sélection, association à une tâche (Perception + Intention + Manière d'agir = PIM) → PROGRAMME ATTENTIONNEL.
  - **Situation de « mauvais multi-tâche »** : attention simultanée sur deux tâches (lire et écouter).

## 5. L'attention (suite bis).



- « Réseau par défaut » : projection dans le passé et l'avenir, génération d'images mentales (réactivation et assemblage en mémoire de travail, désengagement temporaire du monde extérieur).
  - **Automatisation** : réalisation de tâches simultanées grâce à l'entraînement (parler en faisant du vélo) ou **flexibilité cognitive** : passer efficacement entre tâches (alterner programmes attentionnels).
  - **Distraction** : orientation de l'attention vers des stimulus physiques ou ayant une forte valeur émotionnelle → orientation « bottom-up » (structures basses de la hiérarchie cérébrale).
  - **Attention sélective** : zone de lumière + zone d'ombre (peuvent être importantes voire dangereuses) → système préattentif réagit à des stimulus saillants (image, son) avant qu'on y prête attention (camion).
  - **Capture de l'attention** : bref → analyse des événements et évaluation de la réelle importance (mail).  
+ **captivation** : ensemble des actions automatiques déclenchées par distraction (réponse au mail).
  - **Circuit de récompense** : stimulation de neurones qui constitue une récompense → aide à se concentrer (idée de plaisir de découvrir, d'apprendre) mais peut distraire.
  - **Pouvoir de la concentration** = ne pas être attiré par des éléments saillants (écran, gorille) si système exécutif animé par un but clair (selon fatigue, stress et diffusion de dopamine et de noradrénaline).
- **Focus** : Pleine conscience et méditation pour enfants = démarche simple, consignes concrètes, observation du corps → amélioration de l'attention et de la régulation émotionnelle (troubles anxieux et gestion du stress). Ramener son focus attentionnel vers sa respiration par un entraînement de l'esprit.

# 6. La mémoire.



## - La mémoire ou les mémoires :

- **Fonction mentale** : plus efficace selon le nombre d'indices contextuels entre les phases.
  - **D'encodage** = plus efficace en mettant du sens derrière ;
  - **De stockage** = consolidation à long terme selon différents facteurs comme le sommeil ;
  - **De récupération** = implicite (inconscient) ou explicite (rappel grâce à la prise d'indices).
- **Mémoire à court terme** : 10 secondes entre encodage et récupération, capacité de quelques éléments.
- **Mémoire à long terme.**
- **Mémoire déclarative** : ce qui est dit, dessiné, représenté par du matériel.
- **Mémoire procédurale** : action peu verbalisable et qui conduit à une automatisation (vélo, ski).
- **Mémoire sémantique** : connaissances générales sur soi et le monde.
- **Mémoire épisodique** : création d'images mentales (perception, sensation, pensée, espace/temps).
- **Mémoire perceptive** : informations perceptives facilitant le traitement ultérieur.

## - Développement de la mémoire chez l'enfant :

- **Mémoire implicite** : 1<sup>ère</sup> forme de mémoire, utilisée pour l'amorçage à partir de propriétés perceptives (image, son) ou sémantiques (sens), liée à la mémoire explicite dans l'objectif d'une identification automatique ultérieure de mots et d'objets (vers 5-8 ans) = prémices de la METAMEMOIRE.
- **Mémoire sémantique** : Mémoire centrale dans les fonctions cognitives (production et compréhension du langage, de la lecture, de l'écriture ; perception d'objets et de visages ; construction de l'identité personnelle. Se met en place lors de phases pré-verbales (identification perceptive) et verbales (acquisition d'un stock lexico-sémantique avec intégration du vocabulaire dès 2 ans par la création de liens entre connaissances préexistantes et nouveaux concepts = rétention et enrichissement).

## 6. La mémoire (suite).



- **Faux souvenirs** : dus à l'implicite (dans une liste de bonbons, avoir le souvenir d'avoir lu le mot « bonbon »), plus courant chez l'adulte qui a déjà créé du lien entre ses connaissances.
- **Mémoire autobiographique** : lien conscient entre le soi du passé et du présent par la construction d'une suite d'événements courts et liés temporellement (commence à l'adolescence).
- **Amnésie infantile** : pas de souvenirs avant 3 ans et peu avant 7 ans.
  - **Pas de verbalisation des expériences** = pas de représentation mentale (langage nécessaire) ;
  - **Différence de perception** du temps et de l'espace chez l'enfant (exagération des souvenirs) ;
  - **Maturité cérébrale insuffisante** = pas d'encodage et de restitution des souvenirs ;
  - **Neurogénèse** (naissance neurones) modifie réseaux neuronaux, favorise l'oubli des souvenirs ;
  - **Production excessive de neurotransmetteurs** diminuant l'activité des neurones.
- **Pensée future** : construction de représentations mentales dans l'anticipation d'événements et la prise de décisions dès 3-5 ans ; basé sur les mémoires associative, spatiale et les fonctions cognitives.
- **Mémoire de travail** : rôle central dans les apprentissages (écoute de consignes, gestion simultanée de plusieurs actions), dissociation des différentes composantes de la mémoire de travail vers 6 ans, développement tardif de la métacognition.
- **Métacognition et métamémoire** : les connaissances sur le fonctionnement de notre mémoire facilitent l'utilisation des stratégies et l'augmentation des performances de mémorisation, peu développée jusqu'à 10 ans car l'enfant utilise implicitement des stratégies pour mieux mémoriser. Importance des interactions entre pairs, de l'accompagnement par un adulte et de la mise en avant des stratégies.

## 6. La mémoire (suite bis).



- **Mémoire prospective** : appréhension de la projection dans le futur pour faciliter la préparation des actions (mémoire de travail, planification, flexibilité mentale et contrôle) dès 3 ans.
- **Tout numérique** : équilibre mémoire interne (naturelle) / mémoire externe (artificielle) remis en cause. Au repos, mobilisation d'un « réseau du mode par défaut » : système impliqué dans la synthèse mentale, la consolidation en mémoire et l'anticipation (décision) et malmené par nouvelles technologies.
- **Soutien aux apprentissages** :
  - **Encodage et récupération**: théorie de « reconsolidation » = la réactivation d'un souvenir permet la consolidation, l'organisation et l'intégration ou l'élimination d'éléments.
    - **Amélioration encodage** : représentations mentales par un codage visuel et verbal, la réalisation sensori-motrice (théâtre), la création de liens avec d'autres souvenirs, la structuration de l'info.
    - **Importance des phases de rappel** pour reformuler et se questionner sur les contenus à mémoriser (bilan sur ce qu'on sait pour ajuster les stratégies) = METACOGNITION.
  - **Consolidation** : réactivation régulière pour une mémorisation à long terme (effacer souvenirs du type *(On a pris les étiquettes des mots.)* pour ne garder que les connaissances *(Le nom est un mot qui ...)*.
    - **Apprentissages espacés** par des périodes de repos plutôt qu'un apprentissage massé ;
    - **Pathologie** : récupération de l'info en augmentant l'intervalle de rétention (0, 5, 10 secondes).
- **Sommeil** : permet une consolidation et un stockage en mémoire à long terme de nouvelles informations.
  - **Manque de sommeil** : inattention, somnolence, hyperactivité, humeur, trouble du comportement ;
  - **Impact sur les apprentissages** : résolution de problèmes mais processus automatisés (routines, habiletés motrices) peu affectées.

# 7. Les fonctions exécutives.



- **Les fonctions exécutives et leur développement :**
  - **Inhibition :** sortir des automatismes et sélectionner une info perceptive, cognitive, motrice.
    - **Attention sélective ou contrôle attentionnel :** focaliser son attention sur une conversation, un visage pour inhiber les interférences auditive et visuelle en fonction d'objectifs précis ;
    - **Mesure de la capacité d'inhibition :** tâche de Flanker, de Stroop, de Go/NoGo.
  - **Mémoire de travail :** verbale ou visuo-spatiale, mémorisation de 7 infos pendant quelques secondes.
    - **Mesure avec l'empan :** mémoriser et rappeler dans l'ordre (ou l'inverse) des chiffres, des lettres ou des points dans l'espace ; existe avec une séquence motrice (blocs de Corsi).
    - **Mesure de la capacité à rafraîchir la mémoire :** épreuve de « n-back ».
  - **Flexibilité cognitive :** adaptation aux changements de l'environnement (stratégie, perspective, raisonnement), efficace à partir de 7-9 ans car demande une adaptation coûteuse.
    - **Mesure de la flexibilité :** classement de cartes du Winsconsin (formes de différentes couleurs), demander de les classer par couleur puis par formes ; relier des lettres et des nombres en respectant l'ordre alphabétique ou numérique (A avec 1, B avec 2, etc.).
- **Le rôle des fonctions exécutives dans le développement cognitif et les apprentissages scolaires :**
  - **Développement cognitif :**
    - **Pour Piaget :** développement linéaire, synchrone et cumulatif (stades du développement) ;
    - **30 dernières années :** compétences développées chez le bébé mais toujours des erreurs chez l'adulte avec l'utilisation des stratégies heuristiques ;
    - **Test du marshmallow :** capacité d'auto-régulation (facteur prédictif de réussite académique, de santé physique et mentale, de bien-être, plus d'impact que le milieu socio-économique ou le QI).



# 7. Les fonctions exécutives (suite).



- **Apprentissage scolaire** : difficultés à résister à des heuristiques scolaires ou à des automatismes.
  - **Mathématiques** : « Mathieu a 30 billes. Il en a 10 de moins que Joanna. Combien en a-t-elle ? » (pièges linguistiques et utilisation de stratégies heuristiques peuvent entraîner des erreurs si l'élève n'est pas en mesure d'inhiber des connaissances antérieures).
  - **Littérature** : confusion lettres p/q/b/d ; les neurones présents dans l'aire de la forme visuelle des mots (AFVM) permettaient auparavant l'identification des visages et des animaux en répondant de manière identique à l'image et son miroir (chez les plus grands : Je les pilote. / Je les pilotes).
- **« Attrape-piège »** : pour surmonter les erreurs systématiques dues aux heuristiques, travail de méta-cognition (apprendre aux élèves à repérer les moments où il faut inhiber des automatismes).
- **Les fonctions exécutives : comment les entraîner ?**
  - **Entraînement intensif** : cible une fonction exécutive particulière (augmentation de l'empan et rafraichissement de la mémoire) sur 5 à 8 semaines, 5 jours par semaine, 15 à 20 minutes.
  - **Entraînement métacognitif** : fournit des connaissances sur la façon de réguler et de contrôler les comportements (méditation, programmes éducatifs Montessori, Tools of the mind).
  - **Approche écologique** : Par binôme, un élève dénombre des quantités pendant que l'autre vérifie (inhiber l'envie de compter à haute voix). Autres : « 1, 2,3 soleil », « Jacques a dit », « Ni oui ni non ».
- **Focus** : Variation des stimulus selon l'environnement avec un impact sur le développement comportemental, cognitif et cérébral (plasticité).

# 8. La métacognition et l'auto-évaluation.



- **Métacognition ?** Evaluation et contrôle des activités cognitives (perception-mémoire-raisonnement).
  - **Automatique et réceptive** : percevoir sans but, flash émotionnels involontaires ;
  - **Contrôlée** : si un but de connaissance (retrouver des faits, résoudre un problème).
  
- **Evaluation prédictive** : de l'effort avant l'action (IIES) = Importance du but (type de bénéfice) / Intérêt intrinsèque de l'activité (curiosité, ennui, refus) / Effort demandé (temps d'exécution, attention) / Succès attendu (probabilité de l'atteindre varie selon l'expérience).
  - + **Evaluation rétrospective** : permet l'acquisition d'un répertoire de stratégies ; l'erreur n'est plus synonyme d'échec mais devient un moment stratégique intégré à l'activité cognitive (fin ou étapes).
- Estimation de la divergence entre feedback attendu et observé : signal d'erreur avec abandon ou révision de l'action / continue l'action ou accepte le résultat. Le sentiment d'efficacité personnelle permet de résister à l'échec = facteur qui module la confiance future à réussir les tâches.
  
- **La métacognition à l'école : les controverses.**
  - **L'affaire de l'enseignant** et non de l'élève (simple transfert de connaissances) mais l'apprentissage demande un engagement actif par l'élève (mémorisation, catégorisation) mais est coûteux.
  
  - **L'enseigner comme n'importe quel autre domaine** n'est pas nécessaire pour que les élèves utilisent leur métacognition procédurale (contrôle et suivi des actions cognitives). L'enseignement verbal des stratégies rend plus difficile la concentration sur la tâche (appel à l'introspection).
  
  - **L'organisation d'activités motivantes** et d'un étayage approprié du processus d'apprentissage (expériences). L'élève comprend l'intérêt des stratégies cognitives pour résoudre des difficultés.

# 8. La métacognition et l'auto-évaluation (suite).



## - Métacognition procédurale et pédagogie.

### ○ L'apprentissage et ses affects :

- **Sentiments noétiques** (liés à l'acquisition de connaissances) : sentiments de difficulté (traiter ou non le problème, moduler l'effort), de progresser (persévérer), d'avoir obtenu un résultat ;
- **Sentiment d'efficacité personnelle.**

### ○ Heuristiques et sentiments métacognitifs :

- **Heuristique de fluence** : la rapidité d'une réponse prédit la correction ;
- **Heuristique de cohérence** entre les représentations évoquées par une réponse : sentiment de fluence phonologique ou de fluence conceptuelle (compréhension de l'enchaînement des mots).
- Les sentiments métacognitifs déterminent le niveau d'effort accepté, la maîtrise du progrès, l'évaluation rétrospective du succès et la motivation finale pour de nouvelles décisions = ZPD.

### ○ Différentes formes d'attention : en lien avec les futures performances de l'élève.

- **Passive** : l'élève suit ce qui est dit, ou du moins ce qu'il en comprend (sentiment de facilité) ;
- **Active** : manipulation prise de notes, relecture (passage fluence lexicale / fluence conceptuelle) ;
- **Constructive** : reformulation du contenu dans ses propres termes, connexion entre les concepts ;
- **Interactive** : discussion et débat avec un pair.

### ○ Buts d'apprentissage : dépend leur présentation par l'enseignant et de la forme d'évaluation utilisée.

- **De maîtrise** progressive des connaissances (attention constructive, feedback d'erreur) ;
- **De performance** : reconnaissance sociale de ses capacités, compétition ;
- **De promotion** : recherche du succès ;
- **D'évitement** : éviter l'échec.

# 8. La métacognition et l'auto-évaluation (suite bis).



- **Métacognition conceptuelle et pédagogie** : rôle des connaissances et croyances conceptuelles concernant la tâche, sa propre compétence ou les stratégies applicables (favorise les apprentissages ou fait obstacle).
  - **Représentation de la tâche, du sentiment d'efficacité et de la théorie naïve de soi** : le sentiment d'effort personnel (SEP) amplifie l'effet motivant (ou démotivant) de l'évaluation. Dans le cas d'un feedback négatif persistant ou d'expériences humiliantes, la théorie de la motivation juge inutile de porter des efforts sur une action vouée à l'échec (rejet et report des efforts ailleurs).
  - **Théorie implicite de l'intelligence (mindset)** :
    - **Des propriétés fixes et innées** : influence des stéréotypes sociaux (filles nulles en maths) ;
    - **Un résultat flexible d'apprentissages antérieurs** : mise en valeur par l'enseignant pour que l'élève soit attentif à ses résultats et voit l'erreur comme une condition d'apprentissage.
  - **Place des stratégies dans la métacognition** :
    - **Stratégies cognitives** : mémorisation ou résolution de problèmes.
    - **Stratégies métacognitives** : auto-régulation ; planifier apprentissage, surmonter difficultés.
      - ✓ Stratégies directives : optimiser l'atteinte d'un but cognitif ;
      - ✓ Stratégies préventives : se prémunir contre les illusions ;
      - ✓ Stratégies motivationnelles : importance des apprentissages (erreur constructive).
- **Emotion / sentiment / éducation** :
  - **Soutien et arbitrage de l'affect** = négociation processus cognitifs / affect. Modifier les attitudes des élèves (adaptées à l'environnement scolaire et laisser une part à l'affect spontanée (besoins).
  - **Emotions** (actions physiques : mimiques, postures) ≠ **sentiments** (événements mentaux privés) ; enseignement d'une métacognition pour éprouver et formuler sentiments (peut, doute, curiosité).

# 9. Les cogni-classes.



## - Les grands principes.

- **4 majeurs** : mémorisation, compréhension, attention, implication active.
- **2 transversaux** : évaluation, outils numériques.
- Lien entre théories et pratiques de classe. On cherche pas une REVOLUTION mais une EVOLUTION des pratiques d'enseignement prenant en compte les besoins des enseignants et des élèves.

## - Les axes d'apprentissage.

- **Mémoire** :
  - **Renforcement des acquis** par des reprises espacées de 2,4,8,... semaines (réactivation des notions travaillées et apprentissage de notions plus complexes ;
  - **Aménagement de temps de mémorisation**, fiches de mémorisation Q/R, outils numériques (logiciels ANKI, SUPERMEMO) ;
  - **Rectifier rapidement les erreurs** grâce à un feedback proche (exposition rapide à la réponse) ;
  - **Mettre les connaissances en acte, en parole et en communication** (création de supports, la planification des reprises).
- **Compréhension** : acquisition de savoirs, de liens entre eux et d'aptitudes à leur mobilisation. Construction cartes mentales, cartes conceptuelles, exigence d'une bonne connaissance du vocabulaire.
- **Attention** : meilleure gestion scolaire, gain de temps, amélioration de la mémorisation, qualité de réalisation des actes, contrôle de la pensée, erreurs minimisées, équilibre personnel accru.
- Développement en EPS (consignes, précision), mentaliser ses geste, programme ATOLE, méditation).
- **Implication active** : place plus importante aux élèves, l'enseignant est un accompagnant cognitif.

# 10. Du labo à l'école : une recherche collaborative en neurosciences (l'exemple LaPsyDE - Léa.fr).



## - Pourquoi faire de la recherche collaborative ?

- **Recherche classique** : pour répondre à une tâche, notre cerveau fait appel à 3 stratégies cognitives : stratégie heuristique - stratégie algorithmique - inhibition cognitive = théorie de l'inhibition collective.
- **Recherche collaborative** :
  - **Informers les enseignants** sur les dernières découvertes et permettre aux chercheurs de mieux connaître le terrain et d'avoir un retour sur la qualité des interventions pédagogiques proposées ;
  - **Recensement des blocages cognitifs** (heuristiques trompeuses) ;
  - **Valider des théories adaptables** et représentatives d'un maximum d'élèves.

## - Comment s'est passée la première année de recherche collaborative ?

- **Une recherche en 3 phases** :
  - **Entraînement au contrôle inhibiteur** : tests Stroop-animal (non-lecteurs) / Stroop-couleur (lecteurs) + entraînement via des activités ludiques (4 séances de 15 minutes sur 5 semaines) ;
  - **Identification de blocages cognitifs spécifiques** : contexte (type d'exercice), fréquence (nombre d'élèves) et développement (âge auquel il tombe dans le piège et celui où ils en sortent) ;
  - **Apprentissage du contrôle inhibiteur** ciblé sur une heuristique particulière : l'Attrape-piège.
- **Un bilan positif** : des enseignants et des élèves impliqués et satisfaits ; des premiers résultats très encourageants : réel impact sur l'amélioration de l'inhibition.
- Ce travail peut-il être transférable à des apprentissages scolaires ?

# 11. Sciences, sciences cognitives et éducation : l'expérience de La main à la pâte.



- **Le dispositif La main à la pâte.**
  - **Les prémisses de l'enseignement des sciences** : éducation scientifique (rigoureuse) et progressive (Dewey) centrée sur l'enfant, son expérience, ses capacités et ses intérêts ; favorise une pensée réflexive , la capacité d'acquérir des connaissances par ses propres moyens (investigation).
  - **Les objectifs pédagogiques de La main à la pâte** : mobilisation des idées et conceptions initiales des élèves, en proposant des questions et en envisageant des méthodes pour mettre ces idées à l'épreuve.
- **Sciences cognitives et sciences de l'éducation.**
  - **Ce que la science nous dit à propos de la cognition scientifique** : chaque élève possède un « kit de départ naturel pour interpréter le monde » (raisonnement, intuitions, inférences) qui peut être un frein à de nouveaux apprentissages (coût cognitif important pour écarter l'influence de ces intuitions).
  - **Ce que les sciences cognitives nous disent à propos du raisonnement scientifique** : les connaissances aident à sélectionner des stratégies, ce qui permet le développement de connaissances (pas de progression type car dépend des expériences vécues par les élèves).
  - **Les contributions des sciences cognitives** : recherche de méthodes efficaces ; veille critique des mécompréhension entre les sciences cognitives et l'éducation (mythes scientifiques et idées fausses).
- **Les sciences cognitives et la fondation La main à la pâte.**
  - **Les modalités d'intégration des sciences cognitives** : formations sur l'attention, le raisonnement, l'apprentissage, le développement de l'enfant ; production de ressources influencées par les sciences cognitives ; la mise en place de partenariats avec les chercheurs et les laboratoires.

# 11. Sciences, sciences cognitives et éducation : l'expérience de La main à la pâte (suite).



- **Des pistes pratiques pour les enseignants :**
  - **Les écrans, le cerveau et l'enfant :** travail sur les relations entre les enfants, les nouvelles technologies et le développement des fonctions cognitives (perception, attention, contrôle des automatismes, mémoire, émotions, relation à autrui, mouvement, sommeil).
  - Développement d'une posture métacognitive (prise de conscience du fonctionnement cognitif par le biais de cette investigation scientifique).
  - **Esprit scientifique, esprit critique :** travail autour de la capacité à capturer des informations (notamment via Internet) ou à résoudre des problèmes pour construire des connaissances ; présence d'une curiosité et d'une vigilance naturelle qui manque souvent de rigueur.
  - Construction d'outils (grilles d'évaluation des sources : médias et réseaux sociaux).
  
- **Focus.**
  - **Des ateliers co-construits :** stimulation de la créativité des élèves (génération d'idées dans le cadre de la production d'écrits par exemple) au travers d'ateliers :
    - « à la manière de » : discussion collective pour en déterminer les caractéristiques ;
    - « de brainstorming » : idées sur des post-it ;
    - « de l'identification/inhibition de la fixation » : proposer et catégorisation des idées (arbre à idées).



## 12. Troubles d'apprentissage et difficultés scolaires : l'apport des sciences cognitives.



- **De la difficulté scolaire aux troubles des apprentissages** : environnement socio-économique ou familial défavorable, faible connaissance du système éducatif, poids de l'école dans les ambitions parentales, concentration des enfants en difficulté dans un même établissement + facteurs individuels (troubles émotionnels ou comportementaux, phobie scolaire, troubles des apprentissages).
- **Le primat du bilan neuropsychologique dans la prise en charge des troubles des apprentissages.**
  - **Un bilan neuropsychologique préalable** : des aptitudes, de la nature et de l'intensité des troubles afin de produire un diagnostic le plus fin possible (parents, enseignant, clinicien).
  - **Les grands axes du bilan psychologique** : doit couvrir les dimensions intellectuelles et cognitives (dynamique intellectuelle, fonctions sensori-motrices et praxies, langage oral (expression et compréhension), langage écrit (lecture et orthographe), sens du nombre, processus mnésique, fonctions attentionnelles et exécutives, cognition sociale, fonctionnement émotionnel, personnalité).
- **La mise en place d'une feuille de route pour l'enfant, les enseignants et les parents.**
  - **Impact fonctionnel** : dépend des compétences générales et de compensation spontanée, de la mise en œuvre des stratégies de contournement, de l'acceptation des outils d'aide, de l'engagement scolaire, de l'implication parentale.
  - **Co-concurrence des troubles** du développement cognitif.
- **Stimulation des fragilités, contournement des difficultés** : compenser les troubles par une ...
  - **Stimulation cognitive** à l'aide d'exercices appropriés et d'une exposition systématique.

## 12. Troubles d'apprentissage et difficultés scolaires : l'apport des sciences cognitives (suite).



- **Le contournement des troubles** : s'appuyer sur les fonctions conservées tout en évitant de solliciter celles étant trop fragiles (dyslexie = privilégier l'oral, production écrite = dictée à l'adulte).
- **Les technologies d'assistance** : logiciels favorisant une autonomie de l'élève mais nécessite une prise en charge par une ergothérapeute : prédicteur et correcteur orthographique, retour et dictée vocale, logiciels de tracés géométriques, etc.
- **Pédagogie renouvelée et différenciée : le travail de l'enseignant** : penser ses pratiques (contenu et format des apprentissages) dans leurs dimensions cognitives et analyser les tâches scolaires pour en dégager les contraintes (voies d'entrée d'acquisition des informations, types de traitement, voies de sortie des réponses).
- **Règles générales des apprentissages et spécificités issues des troubles** :
  - **Focaliser l'attention de l'apprenant sur ce qui fait sens** :
  - **Travailler sur l'erreur**: révélateur d'un biais cognitif mais ne doit pas être obligatoirement associé à son trouble.
  - **Automatisation des tâches** : entraînement dédié et intensif pour passer d'un traitement conscient et coûteux à un traitement inconscient et automatisé.
- **Les élèves à haut potentiel (HP/ EIP)**:
  - **Une intelligence qualitativement spécifique** : transmission deux fois plus rapide des infos (analyse fulgurante, compréhension immédiate, associations) ; le mode analogique est privilégié.
  - **Des composantes singulières de personnalité** : hypersensibilité (perception plus importante des éléments de l'environnement).