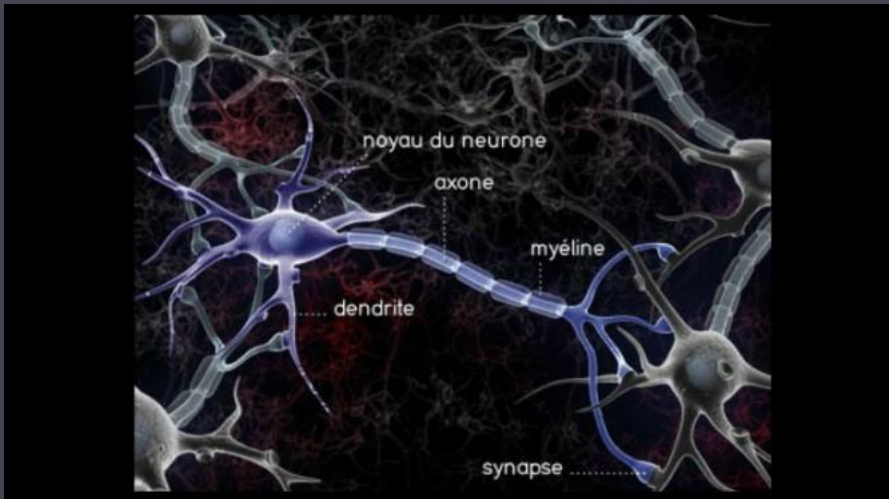


# **La motricité au service de l'intelligence**

5 février 2025

Josette SERRES

CNRS



## Le cerveau est câblé pour apprendre

Au départ : 100 milliards de neurones

A l'arrivée : Un million de milliards de connexions  
(synapses)

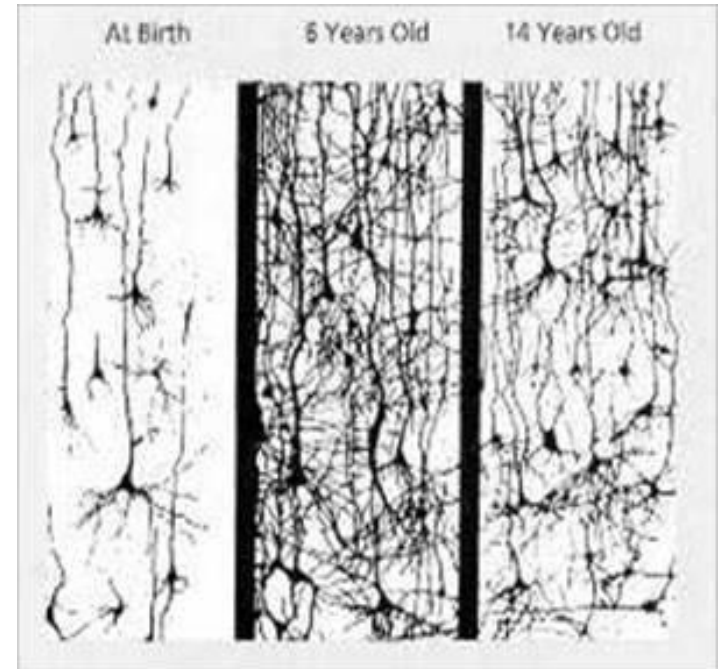
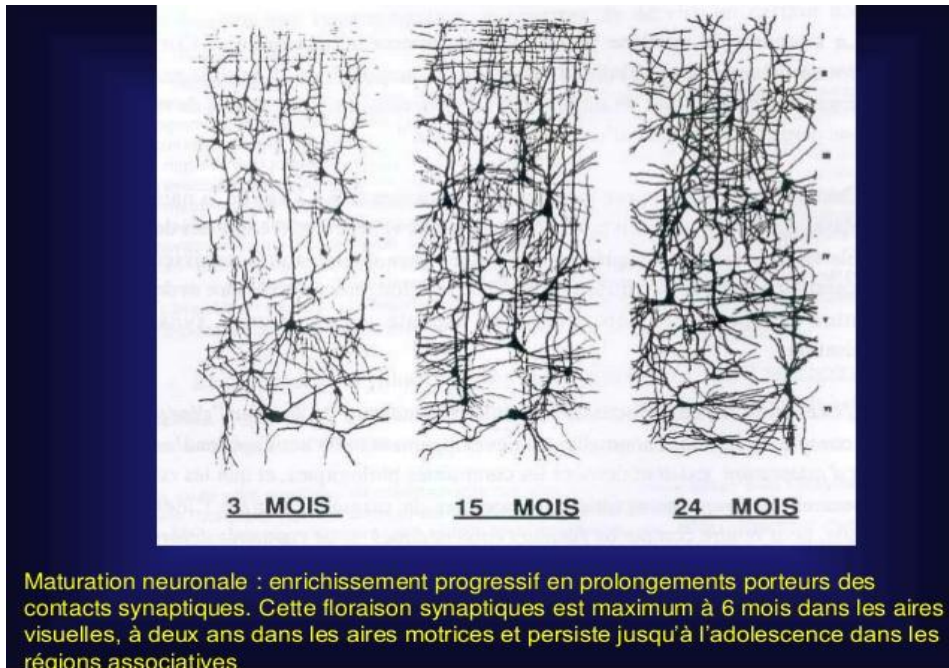
# Grande immaturité du bébé, grande dépendance de l'enfant MAIS ... grande intelligence

---

- ▶ 9 mois de gestation mais grande immaturité
  - ▶ Grande **dépendance** du bébé humain qui ne peut survivre sans l'adulte. Il vérifie à tout instant que l'adulte est là !
  - ▶ On ne rend pas l'enfant **autonome**, il le sera quand lui-même sera adulte .....et ne dépendra plus de l'adulte.
  - ▶ Longue période d'apprentissage mise à profit pour fabriquer des réseaux de neurones: c'est **l'enfance et l'adolescence**
- 



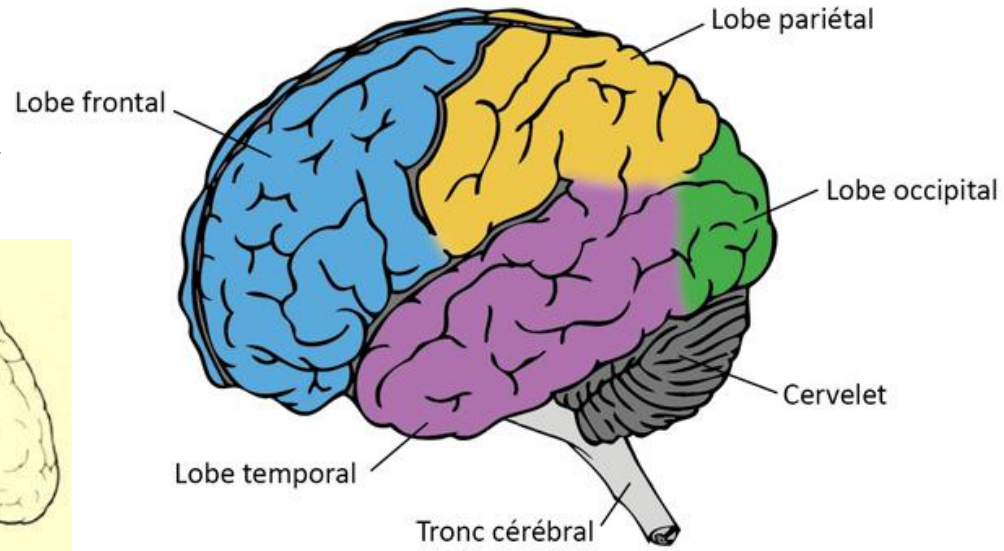
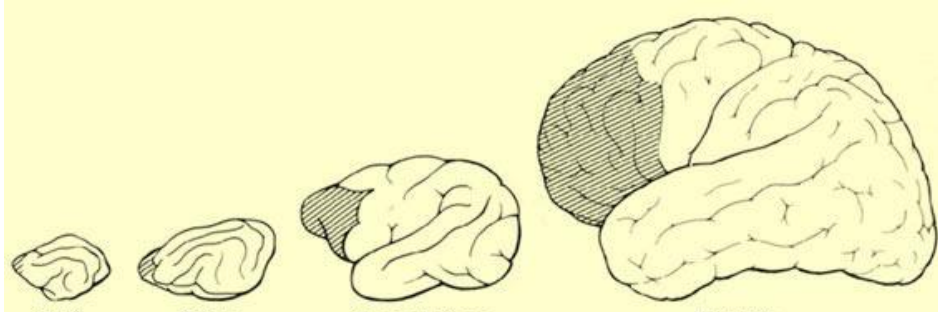
# Synaptogenèse – gyrification et élagage neuronal













**La synaptogenèse** est la multiplication aléatoire des synapses suivie d'une disparition des moins utilisées. Elle conduit à une stabilisation du parcours de l'information. **On devient expert !**

Ce processus se poursuit tout au long de la vie mais est particulièrement intense jusqu'à 20 ans

La maturation cérébrale est hétérogène : elle est plus tardive dans les régions frontales



➤ **Les régions frontales** interviennent dans la **planification** des actions, dans le **contrôle exécutif** et dans **l'inhibition**

DATES	- 4,2 à - 2,5 Ma	- 2,4 à - 1,6 Ma	- 1,9 Ma à - 300 000 ans	- 350 000 à - 35 000 ans	- 35 000 ans
GENRE ET ESPECE	Australopithèque 	<i>Homo habilis</i> 	<i>Homo erectus</i> 	Homme de Néandertal 	<i>Homo sapiens</i> 
CRÂNE	 300 < V < 530 cm <sup>3</sup>	 550 < V < 750 cm <sup>3</sup>	 700 < V < 1300 cm <sup>3</sup>	 1200 < V < 1750 cm <sup>3</sup>	 V = 1350 cm <sup>3</sup>

# Comment le cerveau apprend

---

## La théorie Bayésienne



### Importance des **inférences**

- ▶ Pour raisonner sur les choses ou les personnes, on prédit en fonction de nos expériences ou des stéréotypes.
- ▶ On fait des calculs de probabilités pour **anticiper** les évènements. A partir de 6 ans, l'enfant comprend que le **temps** est continu
- ▶ On cherche des relations de cause à effet pour tout et **à toute vitesse** .
- ▶ **On doit faire des prédictions pour anticiper les dangers !**



# Le cerveau ne décalque pas le monde, il essaie de le **prédire**

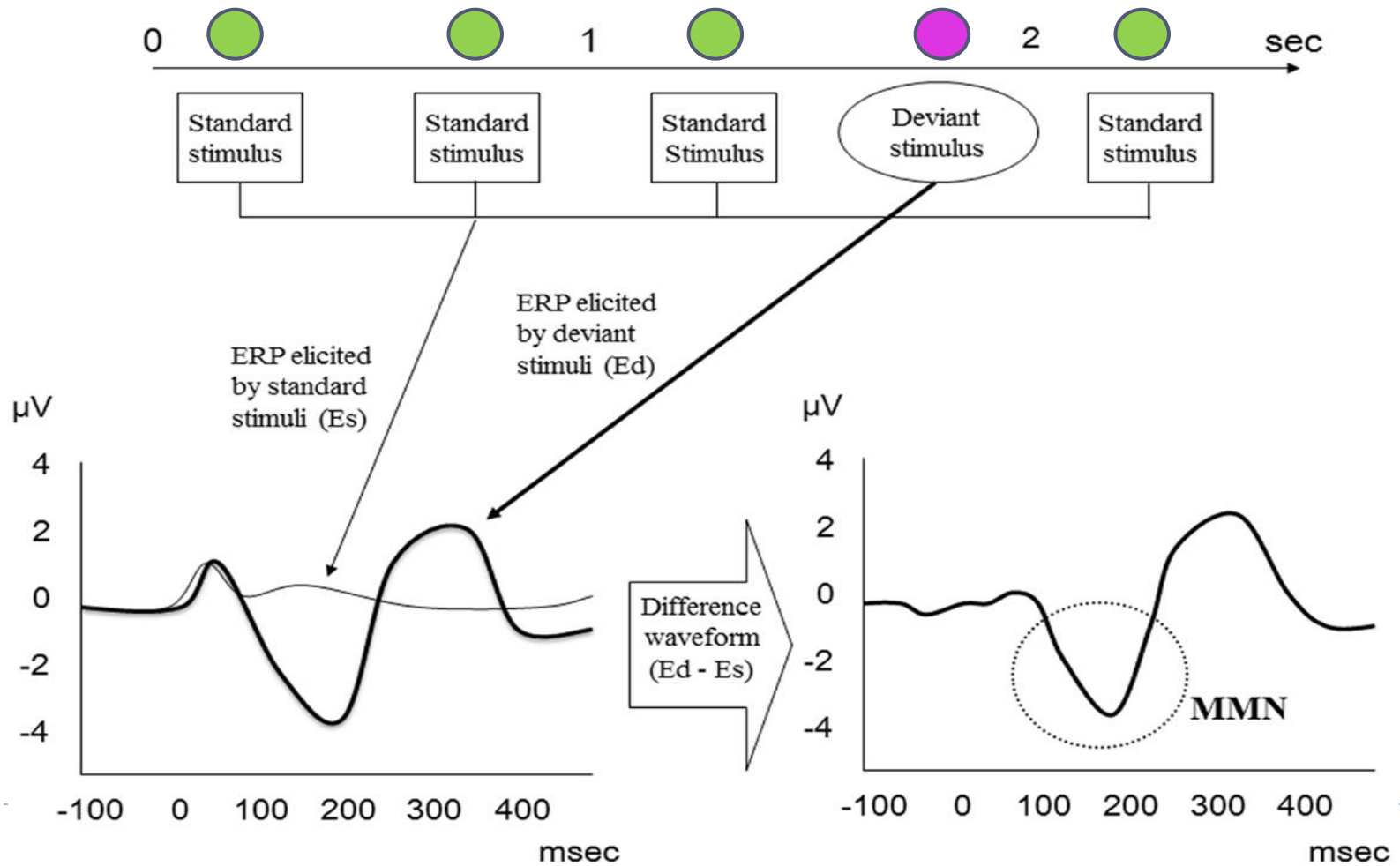
---

- ▶ Au lieu de concevoir le cerveau comme réagissant aux stimuli extérieurs, les hypothèses actuelles font plutôt de cet organe, un **instrument de prédiction**.
  - ▶ Notre cerveau calcule en permanence ce qui doit se passer en fonction de ce qui s'est passé jusque-là, et c'est **l'erreur de prédiction** qui permettrait l'apprentissage. (MMN)
  - ▶ Remise en cause de la conception d'un apprentissage où les régions de plus haut niveau ne commenceraient à apprendre que lorsque les régions plus primaires seraient efficaces. **Pas de cerveau reptilien !!**
- 



# Signal d'erreur dans le cerveau

## « Mismatch negativity »





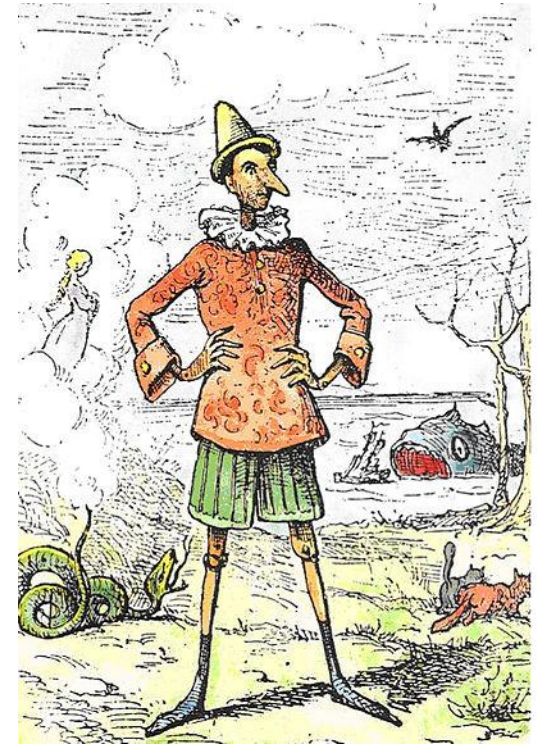
# Pour survivre : Deux besoins fondamentaux

**Pour survivre, il faut**

1. **Explorer** l'environnement pour le comprendre et s'y adapter
2. Et en toute **sécurité**

Sans capacité de contrôle, l'enfant est programmé pour explorer et il laisse aux adultes le soin d'assurer sa sécurité

**Chacun son travail !**



# Placer le curseur au bon endroit

Sécurité avant tout  
= Pas d'exploration

50

A horizontal slider control is shown. It consists of a blue line on the left and a grey line on the right. A blue circle is positioned at the midpoint of the slider, with a grey square above it containing the number '50'. The slider is centered between two columns of text.

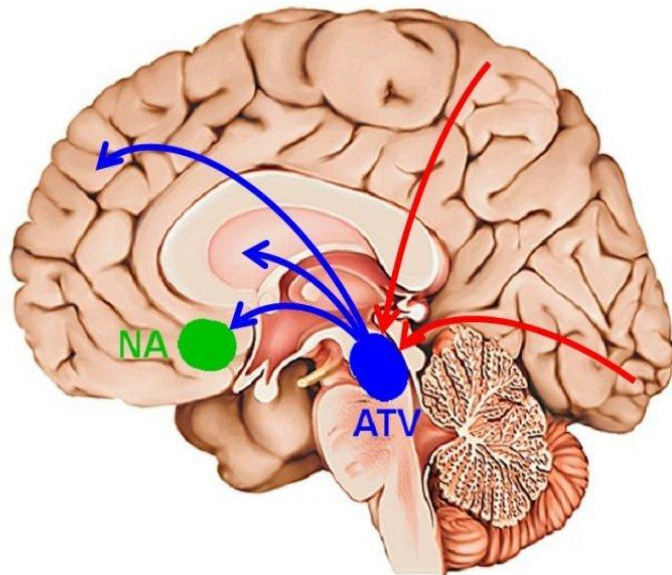
Exploration sans  
contrainte  
= Pas de sécurité

*Attention aux profs  
hélicoptères qui contrôlent  
tout*

*Attention aux profs  
inconscients du danger*

# Pas de découverte sans plaisir

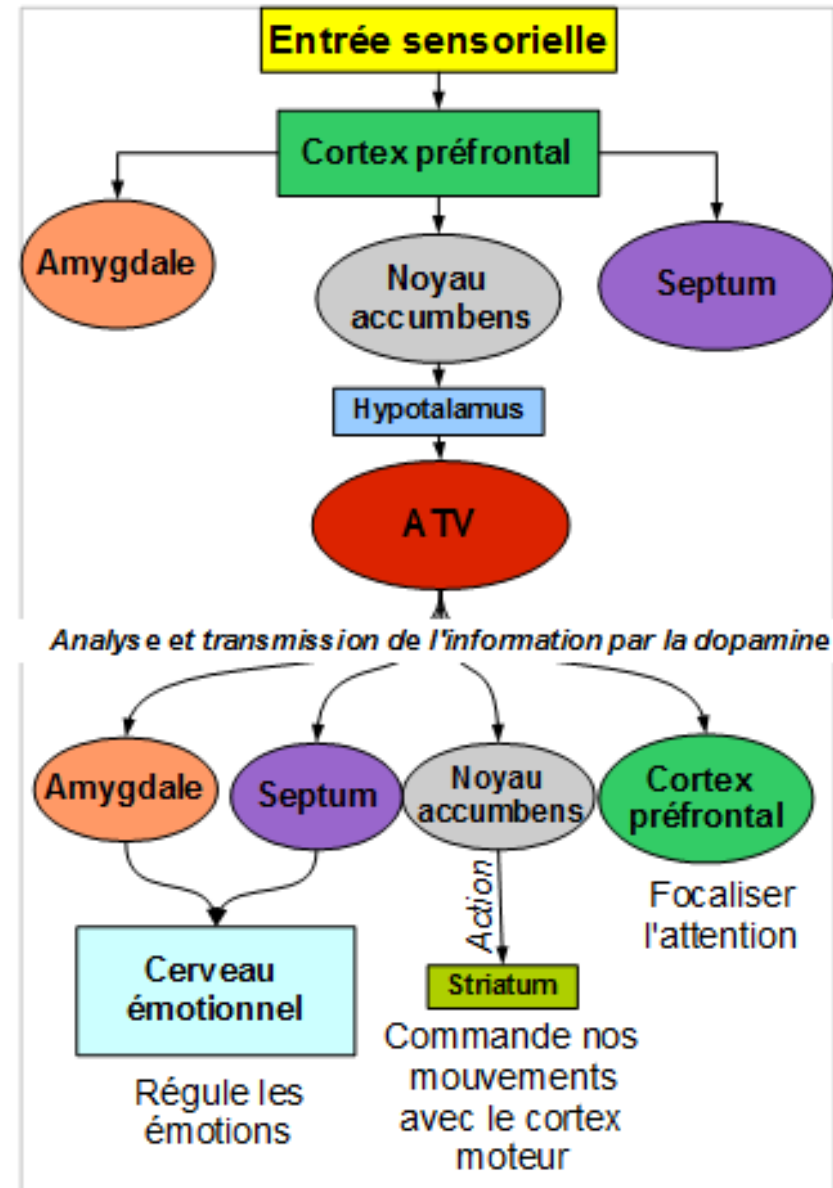
## Le circuit de la récompense



← Entrées sensorielles

← Voies nerveuses à dopamine

ATV: aire tegmentale ventrale  
NA : Noyau Accumbens





Le Tunicier

## A quoi sert le cerveau ? À bouger pour explorer

- **Percevoir** les différents types de mouvements
- **Produire** des mouvements adaptables et complexes

# Constat

---

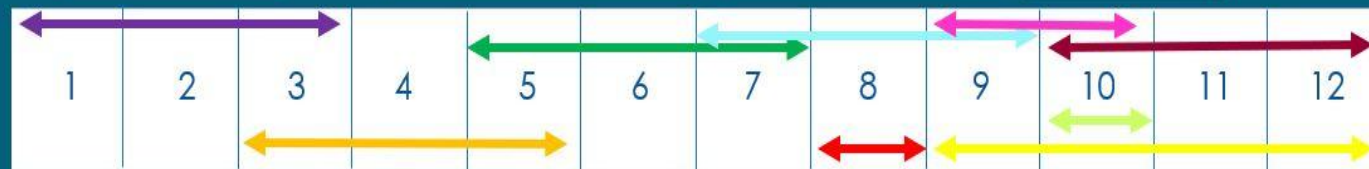
- Les enfants de moins de 6 ans passent entre **73 et 84%** de leur temps d'éveil à des activités sédentaires (télévision, écran, poussette, siège d'auto, etc.).\*

\*Référence canadienne 2012

- Les enfants ont perdu 25% de leur capacité physique
  - 4 enfants sur 10 ne sortent jamais pendant la semaine
  - En Angleterre les enfants sortent moins que les détenus !
- 

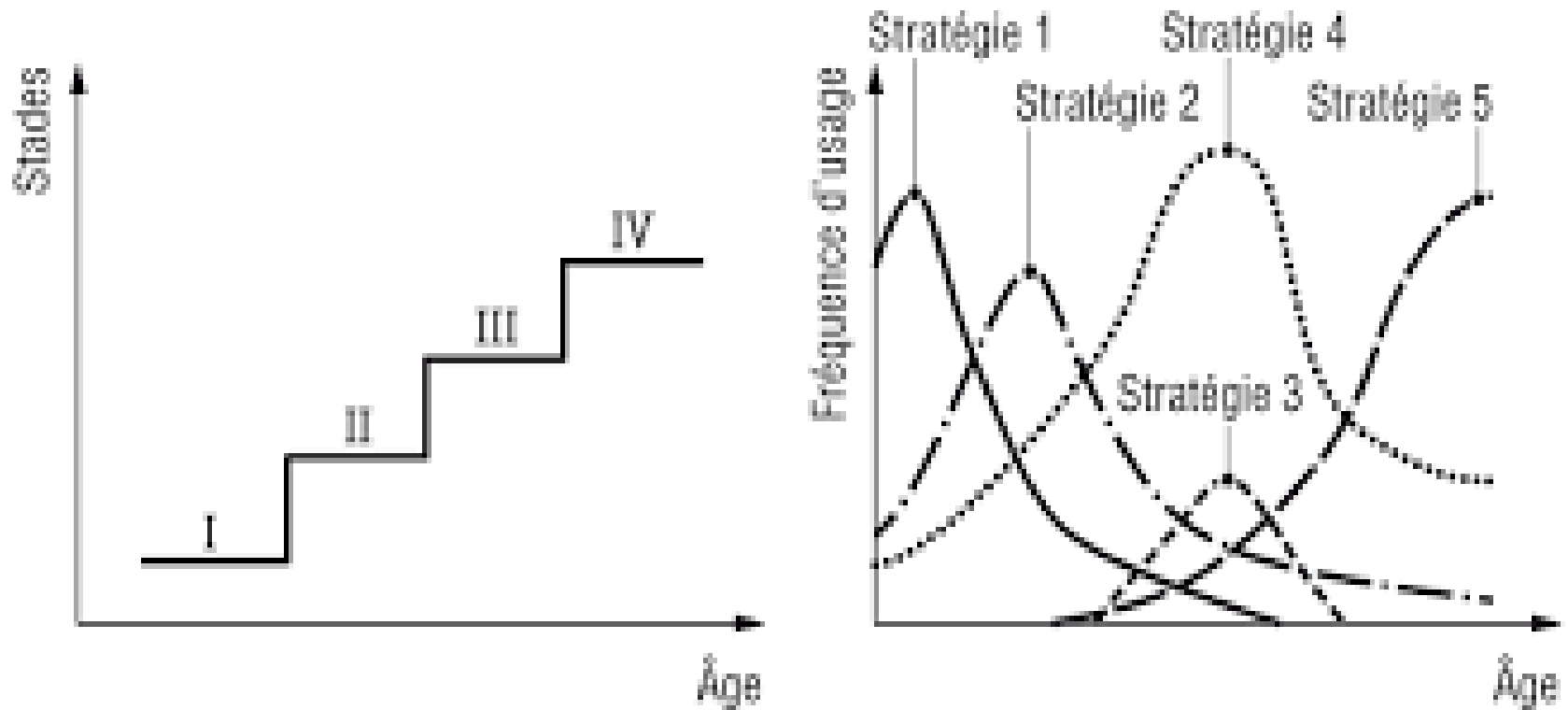


# Quelles sont les grandes étapes du développement psychomoteur ?



# Le développement moteur : Un système dynamique non linéaire

---



# Perception du mouvement : raison d'être du cerveau

---

Dès 1955, on découvrait que les neurones visuels du cerveau sont plutôt des **détecteurs de mouvement, d'orientations ou de contrastes**.

Hubel & Wiesel Prix Nobel en 1981

- ▶ Objets Animés vs inanimés
- ▶ Mouvement biologique
- ▶ Causalité et continuité
- ▶ Synchronisation des échanges et neurones miroirs
- ▶ L'imitation comme langage
- ▶ Programmation de l'action
- ▶ Affordance
- ▶ Préparation à l'action chez les humains – Les intentions
- ▶ Enaction





# Le bébé est programmé pour comprendre le monde des humains à partir du mouvement

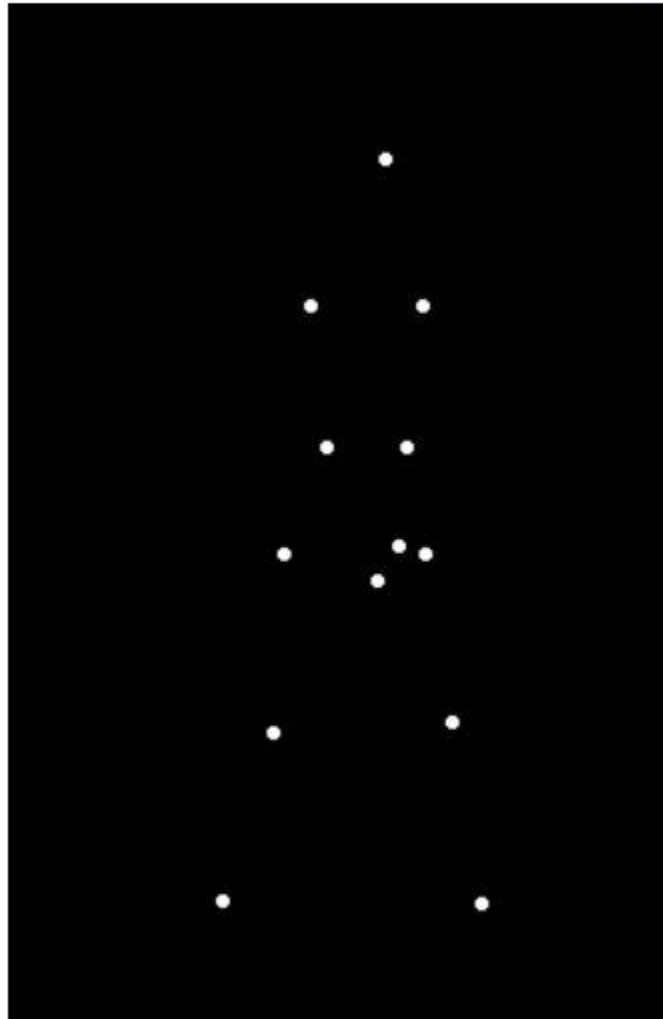
## Qui est le gentil ?



# synchronisation des actions



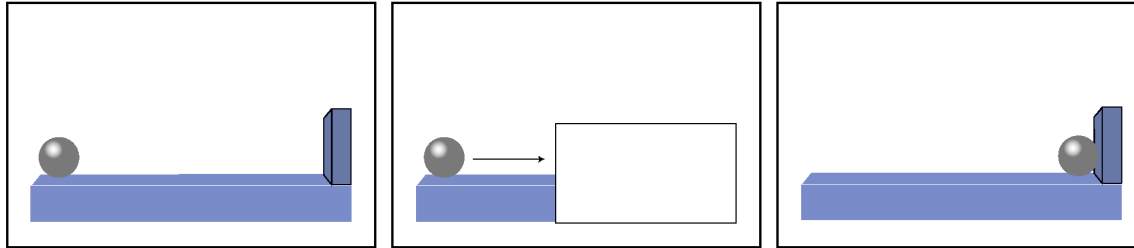
# Mouvement biologique



Oram et Perrett (1994) ont montré que des neurones de la région supérieure temporelle (STS) répondaient à ce genre de stimuli.

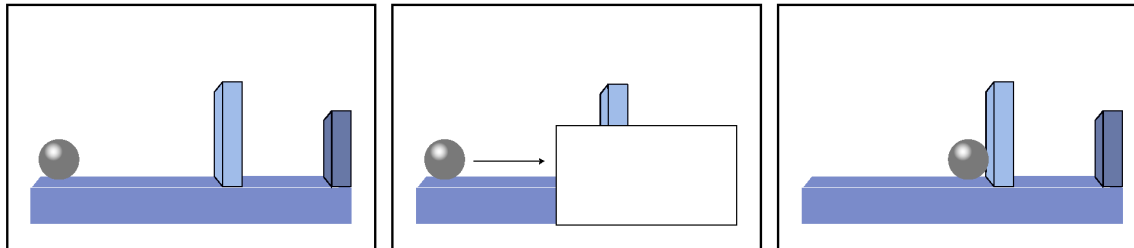
# Principe de causalité

## Evènement présenté en habitation



## Evènements test

### Possible



### Impossible

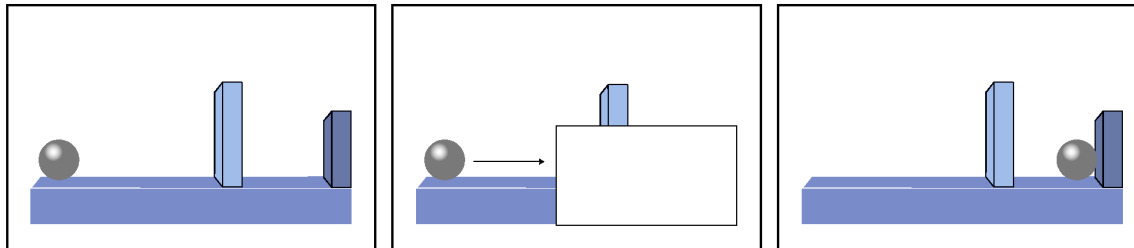
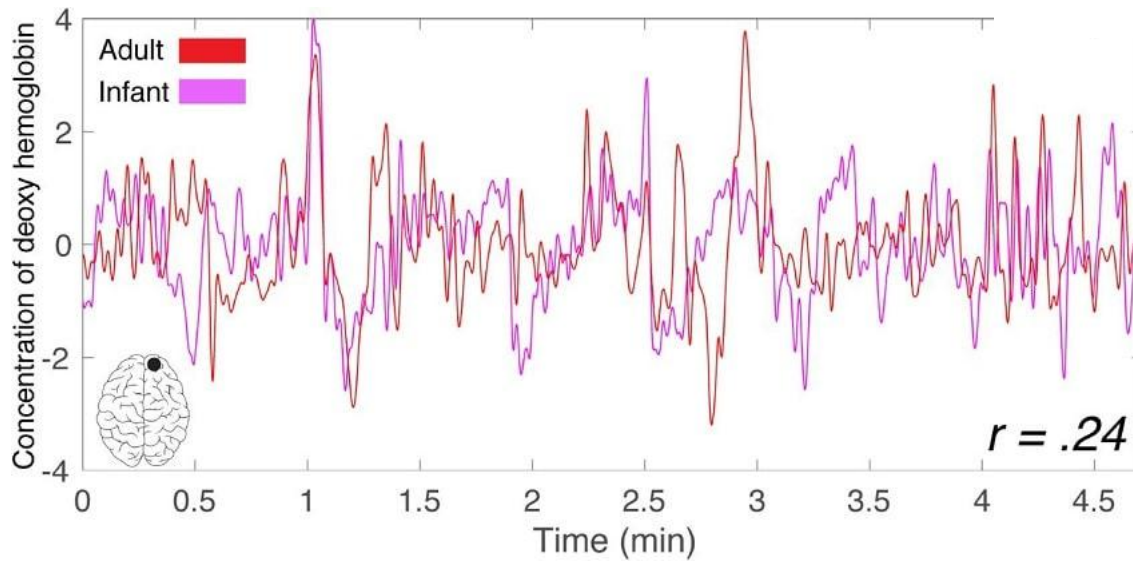
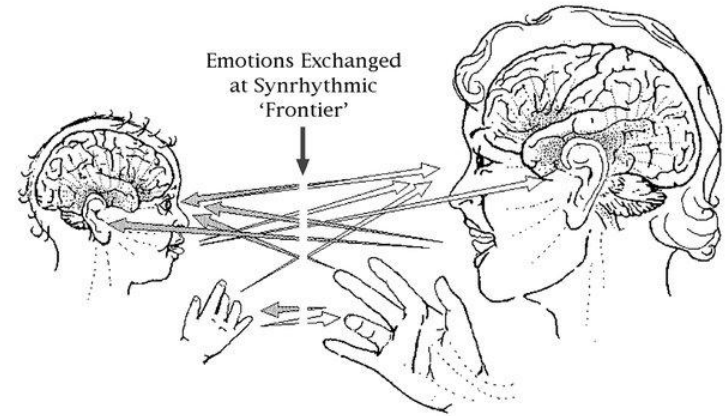


Fig. 3 : illustration du principe de continuité d'après Spelke, Breinlinger, Macomber & Jacobson (1992)

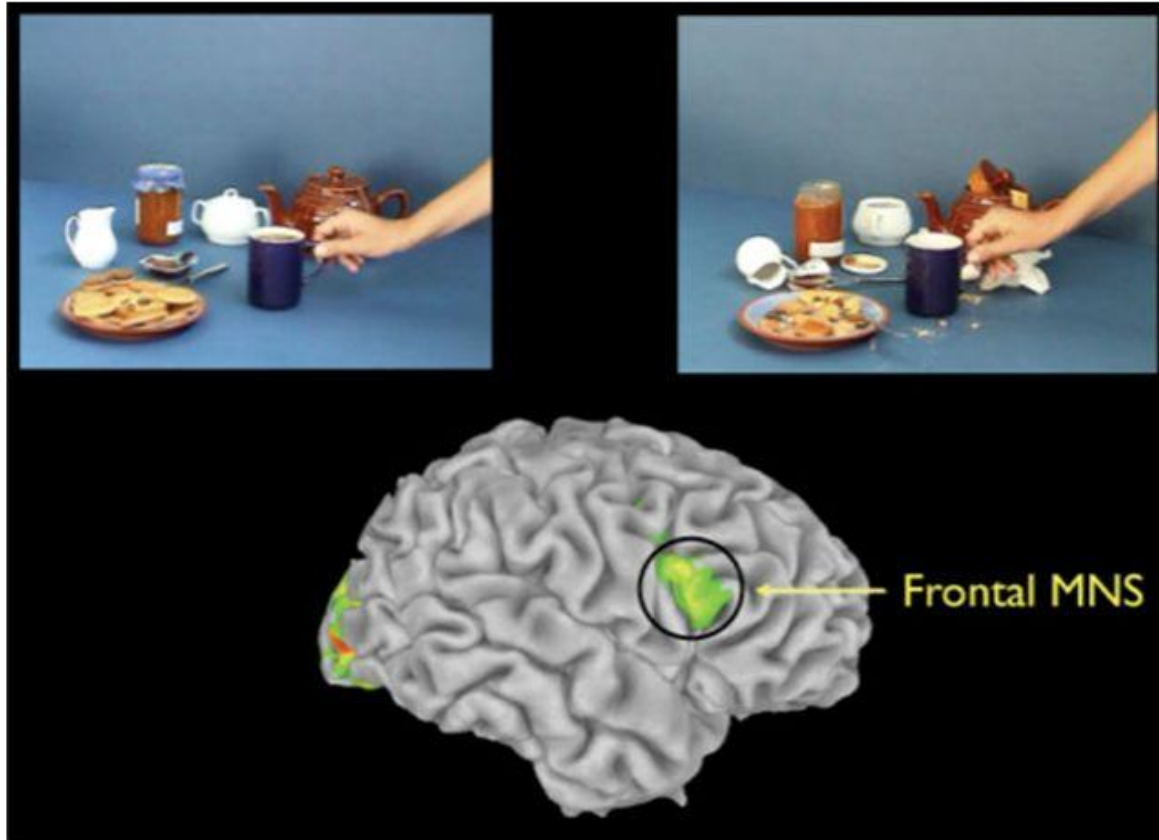
# Sur la même longueur d'onde

---





Observation de saisir un objet dans divers contextes : boire ou laver la tasse. On observe un signal augmenté au niveau de la partie postérieure du gyrus frontal inférieur si on observe l'action dans son contexte.



Les neurones miroirs encodent différemment le même geste dans deux contextes différents

Inférer ce que l'adulte préfère à 14m et à 18m



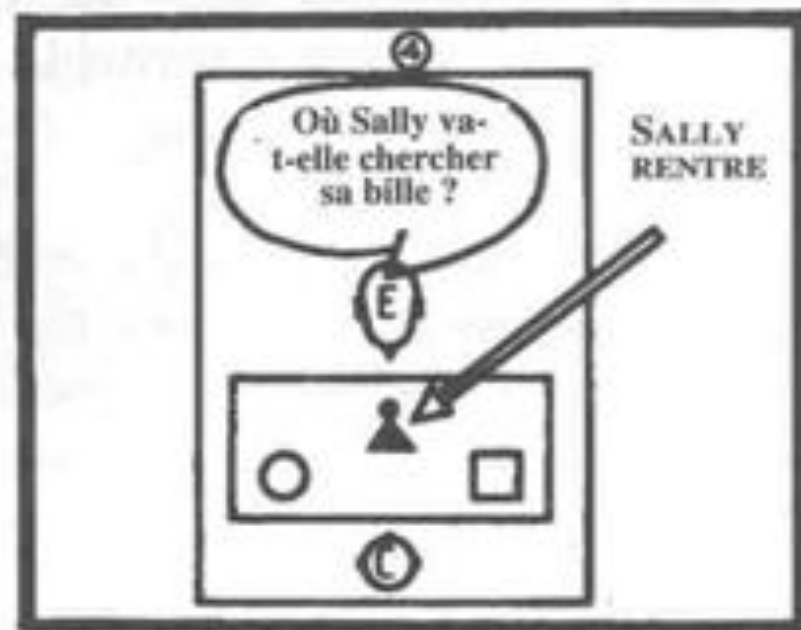
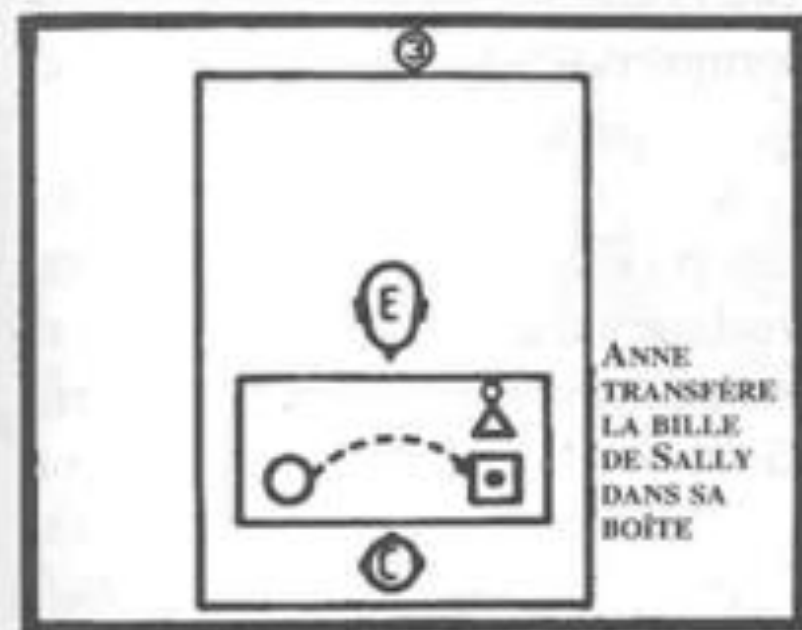
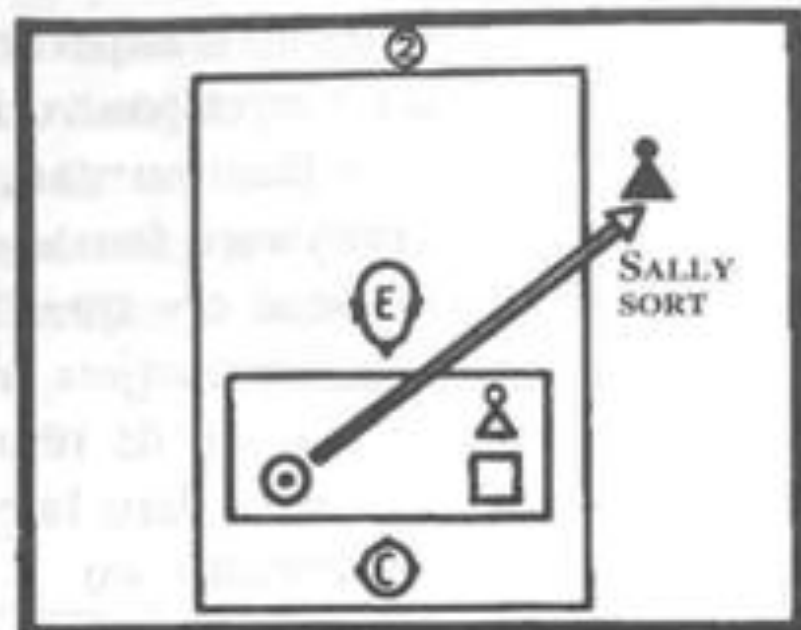
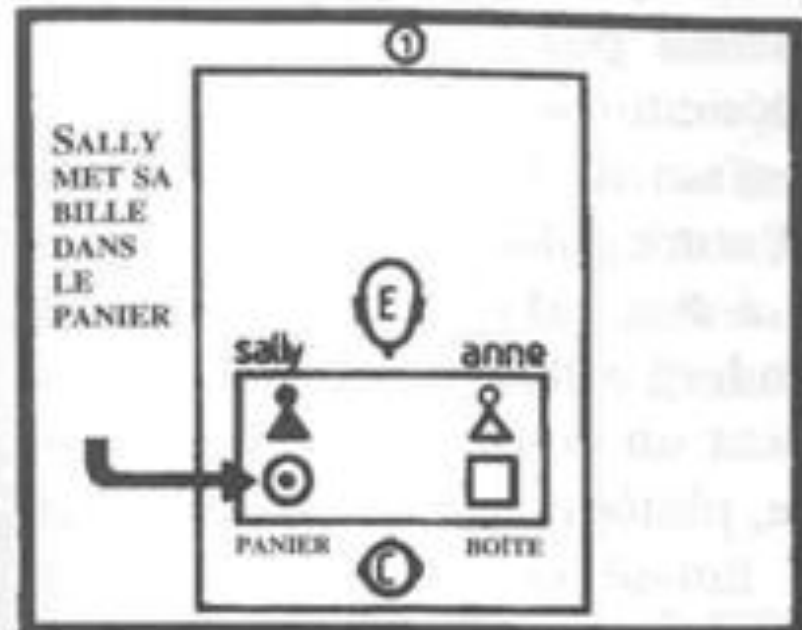


## **La théorie de l'esprit** = capacité à se mettre à la place de l'autre - décentration

---

- ▶ Théorie de l'esprit très précoce. Les bébés de 20 mois demandent de l'aide quand ils savent qu'ils ne savent pas !
- ▶ Mais pour savoir que l'autre ne pense pas comme moi, c'est plus compliqué (test de Sally et Ann) (4 ans)
- ▶ Pour se mettre à la place de l'autre, il faut inhiber son propre point de vue, égocentré. C'est coûteux cognitivement
- ▶ Sens moral (7ans) Respect des règles





# Programmation de l'Action et contrôle des actions

- ▶ Programmation de l'action  
– boucle perception-  
action
- ▶ Théorie de l'Enaction -  
Varela
- ▶ Affordance
- ▶ Préparation à l'action  
(pouce, intention)

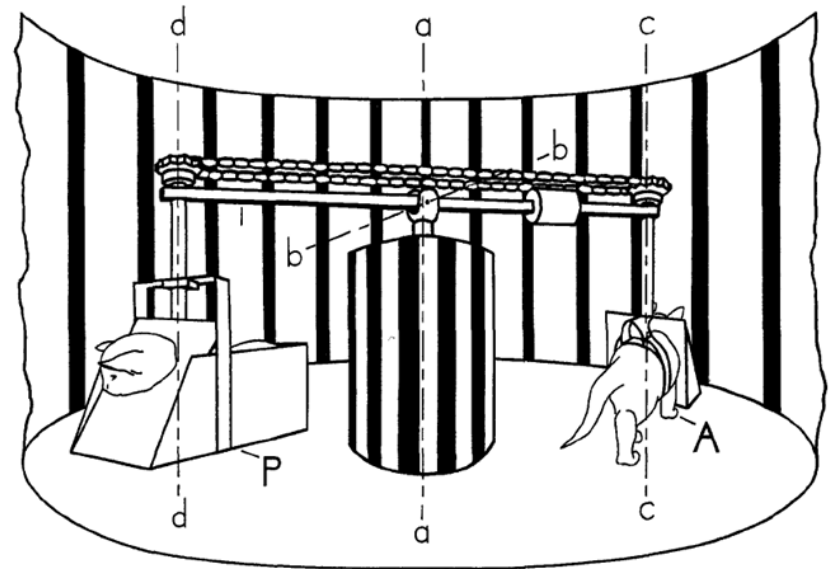


FIG. 1. Apparatus for equating motion and consequent visual feedback for an actively moving (A) and a passively moved (P) S.

Berthoz – Changeux –  
Jeannerod

# L'enaction

---

M. Merleau-Ponty

F. Varela

« L'organisme, selon la nature propre de ses récepteurs, les seuils de ses centres nerveux et les mouvements de ses organes, **choisit** dans le monde physique, les stimuli auxquels il sera sensible »...pour agir

---



# Explorer pour comprendre

## *Programmer ou inhiber l'action*

---

- ▶ **La motricité** en tant qu'activité d'exploration : la motricité permet de comprendre le monde, et ce dès les premiers mois de gestation
- ▶ **L'action** a un aspect *intentionnel*, un but à atteindre et un aspect *opérationnel*, comment s'y prendre.

➤ Le bébé qui convoite un objet devra réaliser son geste en maintenant son équilibre postural quand il avancera ses bras tout en tenant compte des informations visuelles sur la taille et la distance de cet objet.



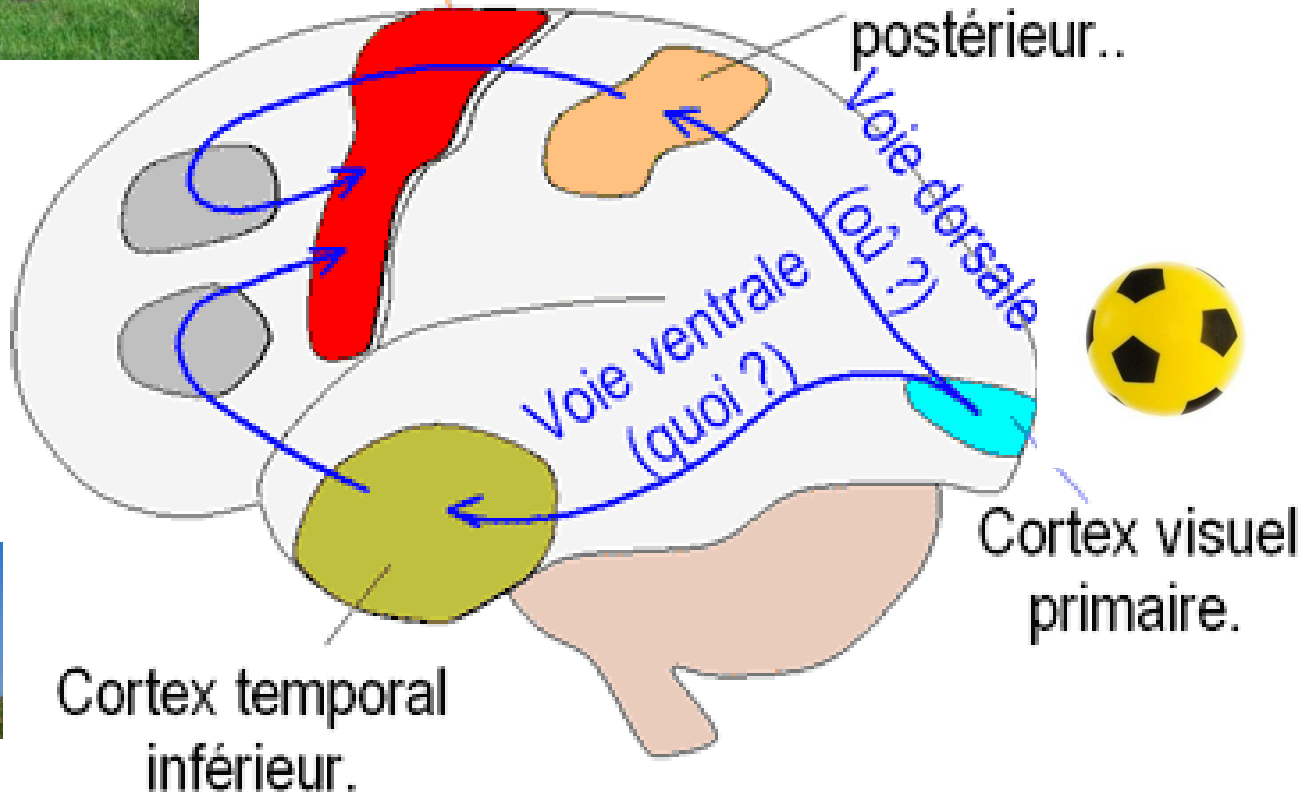
# La boucle perception-action



Cortex moteur  
et prémoteur.



Cortex pariétal  
postérieur..



Cortex temporal  
inférieur.

Cortex visuel  
primaire.

# L'affordance



- ▶ Toute action doit donc "négocier" les propriétés de l'environnement. **L'affordance** générée par un objet dépend de ses propriétés physiques mais également des caractéristiques morphologiques et des possibilités d'action de celui qui le perçoit.
- ▶ L'information perceptive ne déclenche pas le mouvement mais **guide l'action**. Ergonomie du geste

# Position du pouce en rapport avec l'objet





# Différentes affordances



L'affordance d'un placard = son volume



# L'affordance d'une bassine et d'une table = sa surface et sa hauteur



# L'affordance d'une chaise

---

Elle teste la hauteur



# Quelques contraintes

---



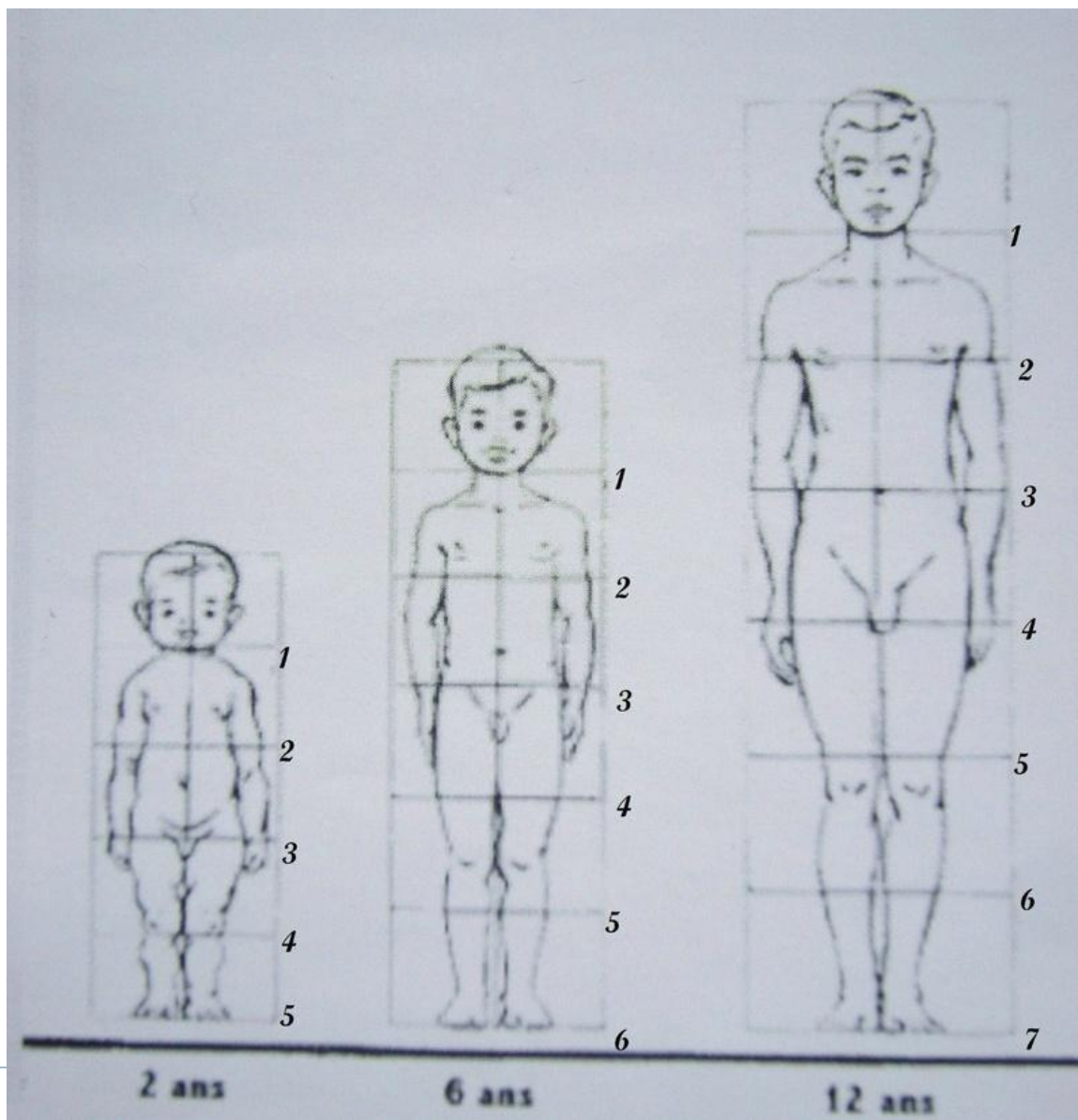


Albert Grenier  
motricité libérée

Se libérer de la pesanteur



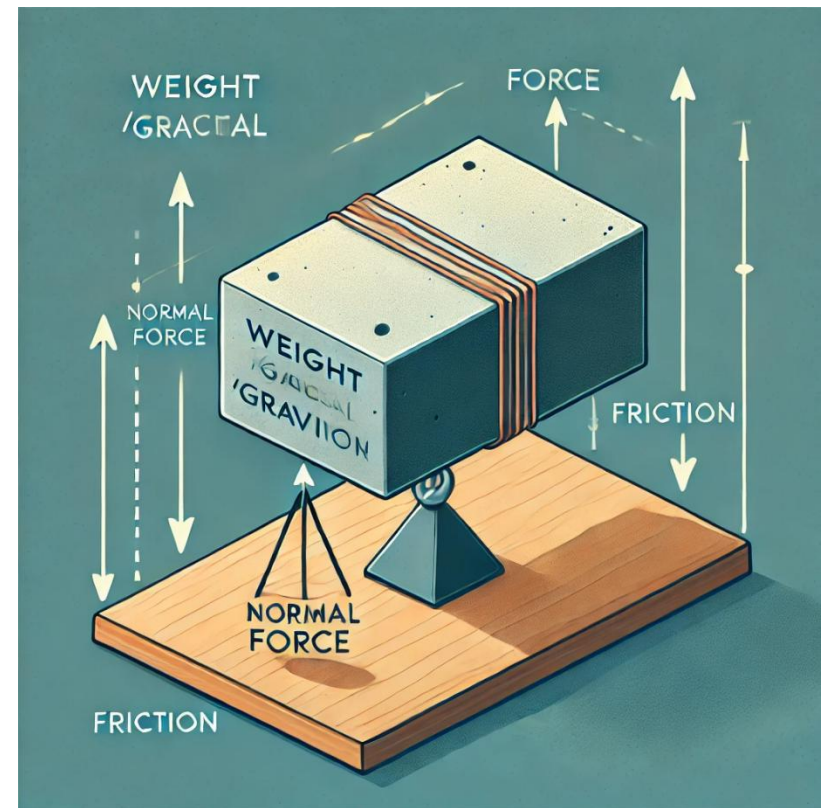
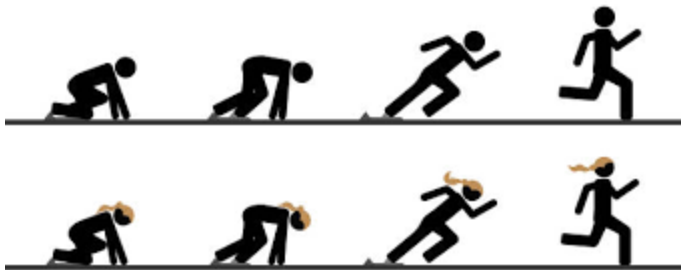
# Un réel problème d'équilibre !



# Problème de Biomécanique

Simuler la chute  
pour libérer de la vitesse

Les forces en présence





# Rester assis

---



# Des difficultés pour tenir assis



# Maitriser l'équilibre

---



# Bouger, c'est aussi communiquer

---

- ▶ En groupe, les déplacements créent des rencontres et des occasions de communication
- ▶ Les jeux moteurs en doubles exemplaires identiques provoquent des imitations très positives chez les 3 ans et plus



# Motricité et cognition

---

- ▶ Langage développe des contractions musculaires
- ▶ Jouer aux échecs contre un robot : qui va gagner ? Pour le déplacement d'un pion contre une robot – la stratégie gagnante pour le robot, la finesse du geste gagnante pour l'enfant
- ▶ L'apprentissage par un robot est non généralisable
- ▶ Bouger pour mieux apprendre – la marche fait grandir l'hippocampe !!



# La communication est aussi une affaire de motricité

Les sons de parole ne sont pas articulés individuellement, mais ils se chevauchent: ils sont le produit de la **coarticulation**

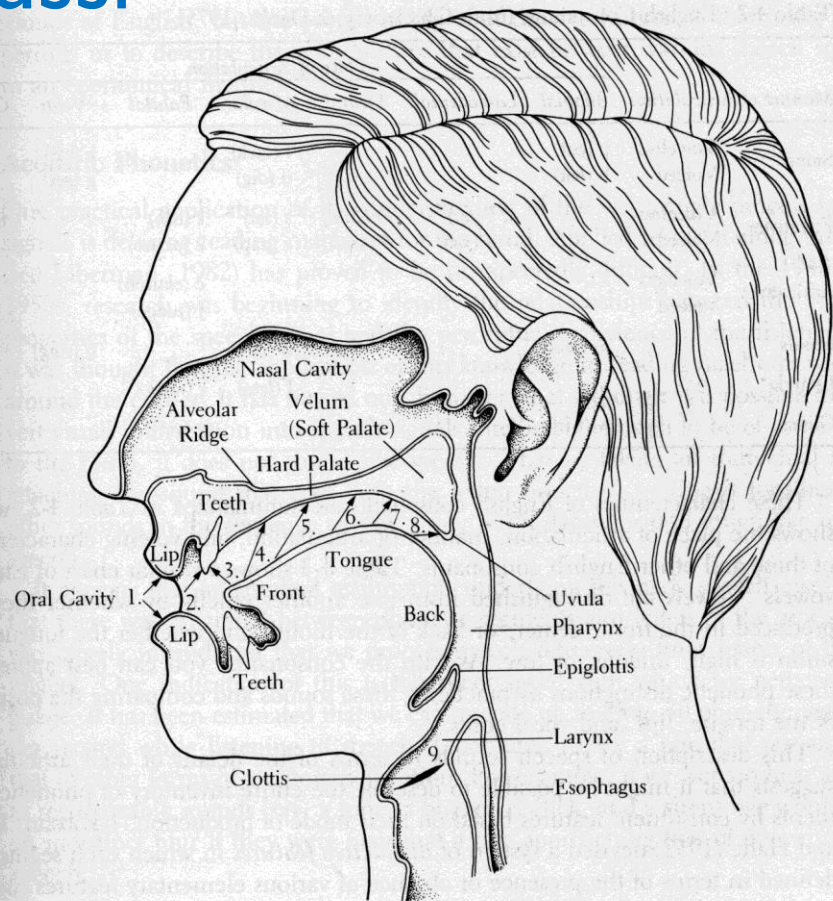


Figure 4-1. The vocal tract; places of articulation: 1 = bilabial, 2 = labiodental, 3 = dental, 4 = alveolar, 5 = palatoalveolar, 6 = palatal, 7 = velar, 8 = uvular, 9 = glottal (from Fromkin & Rodman, 1974).

1= bilabiale; 2=labiodentale; 3=dentale; 4=alvéolaire; 5=palato-alvéolaire; 6= palatale; 7=vélaire; 8= uvulaire ; 9= glottale

# Homme vs machine

~~enfant gagnant pour la finesse du geste~~



# Bouger pour apprendre pendant, avant, après !



Download from  
Dreamstime.com  
This watermarked comp image is for previewing purposes only.

43961190  
Wavebreakmedia Ltd | Dreamstime.com

**CTREQ (2015). Hyperactivité : se tortiller aide l'apprentissage. Repéré**

▶ à <https://rire.ctreq.qc.ca/hyperactivite-mouvement/>



# Que privilégier à l'école ?

---

- ▶ L'Expérience motrice (beaucoup d'occasions de bouger)
- ▶ Contrôle inhibiteur (marcher sur une ligne - équilibre)
- ▶ Choix de la posture (stabilité choisie et non imposée)
- ▶ Agir sur l'environnement (manipulation, construction ..)
- ▶ Feed back
- ▶ Encouragements
- ▶ Bouger en rythme – musique



# Être dehors : Que des avantages !

---

1. Le cerveau a besoin de mouvement pour apprendre, Notre cerveau mobilise plus de réseaux quand notre corps est en mouvement
2. L'attention est x 3 à l'extérieur
3. L'enfant a besoin d'expériences motrices et sensorielles pour apprendre à se connaître
4. Les espaces verts favorisent le développement de l'intelligence (*Dadvand 2015*)
5. Mais aussi retardent la myopie, diminuent les allergies, développent le système immunitaire !



# Expérience norvégienne

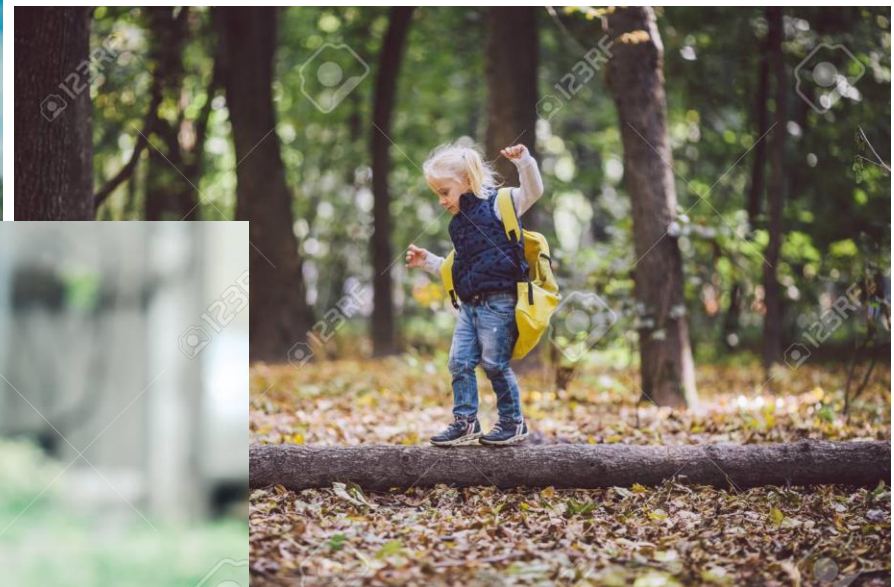
## Les bénéfices du risque !



En extérieur et dans la nature :

- ▶ Des enfants plus calmes, plus confiants, plus concentrés et qui se développent harmonieusement sur tous les plans, préparant les apprentissages académiques.
- ▶ Des explorations, des **prises de risques** favorisant l'internalisation, la responsabilisation, la mesure du risque en estimant ses propres capacités au regard du défi.
- ▶ Des enfants heureux et épanouis et des professionnels heureux et épanouis.





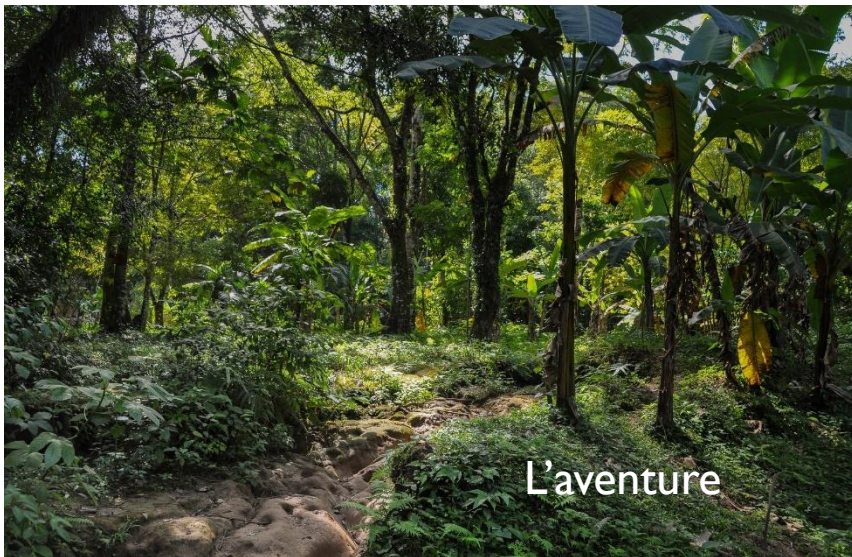


Pas assez risqué !



Sous contrôle

© Christineknight.me



L'aventure



Un peu trop risqué !!



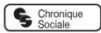
# Et pour les mathématiques et la géométrie



# *Laissons-les expérimenter !*

Accompagner la construction  
des connaissances chez le jeune enfant

**Josette Serres - Christine Schuhl**



# Merci de votre attention