

Informatique  
& sciences numériques  
(chaire annuelle 2021-2022)

Wendy E. Mackay

Informatique  
& sciences numériques  
(chaire annuelle 2021-2022)

Wendy E. Mackay

Interagir avec  
l'ordinateur

Première Leçon  
1 mars 2022

Wendy E. Mackay

Première Leçon  
1 mars 2022

Wendy E. Mackay

# Les capacités humaines pour l'interaction

Capacités :  
perception,  
cognition,  
action

Capacités :  
stockage,  
calcul,  
entrée/sortie



Interaction

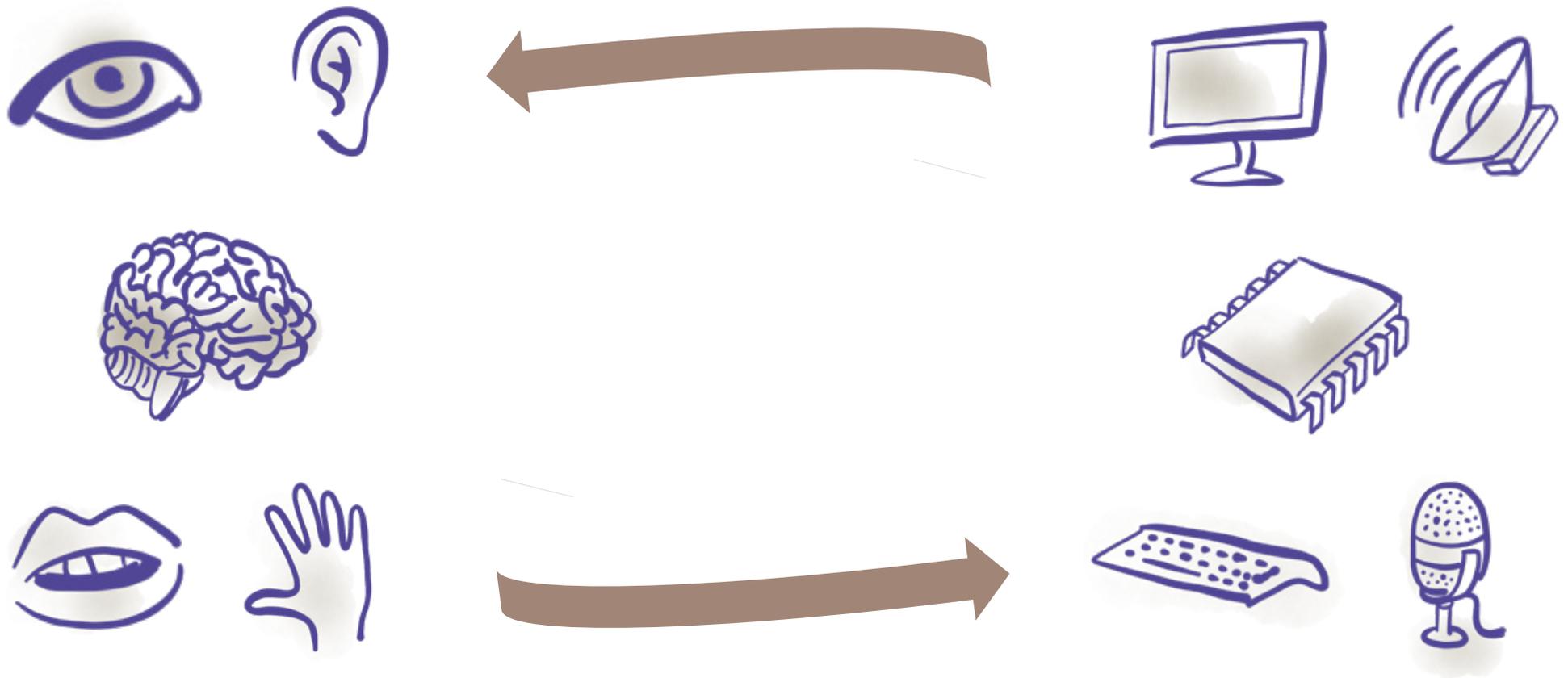


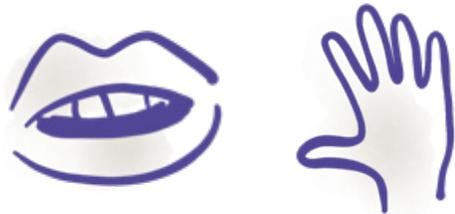
Phénomène  
à étudier et  
à contrôler



# Interaction humain- machine

# Boucle d'Interaction





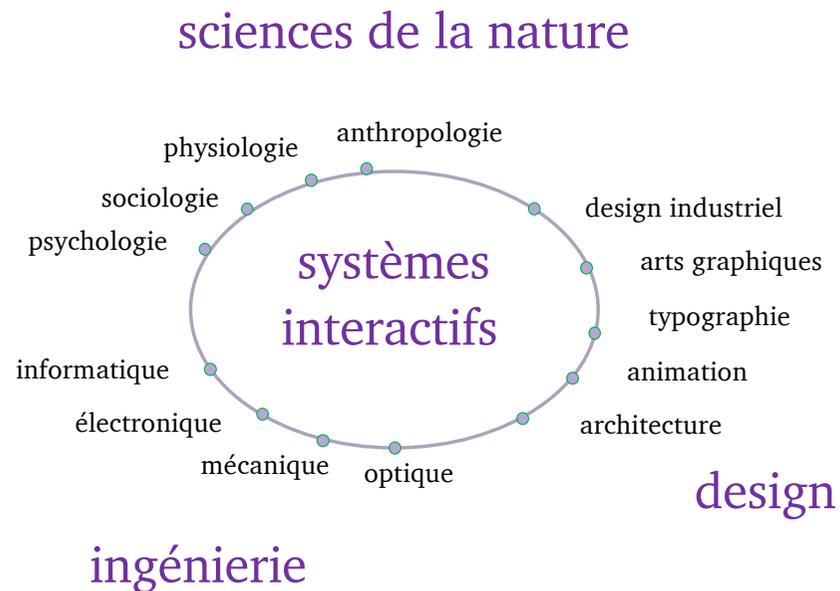
# Leçon 1

## Comprendre les capacités humaines

Perception

Cognition

Action



# Approche pluridisciplinaire

L'interaction humain-machine  
s'appuie sur

les sciences naturelles  
l'ingénierie et  
le design

Mon expérience :

Psychologie, informatique, anthropologie

Qui comprend  
les capacités humaines ?

Physiologistes

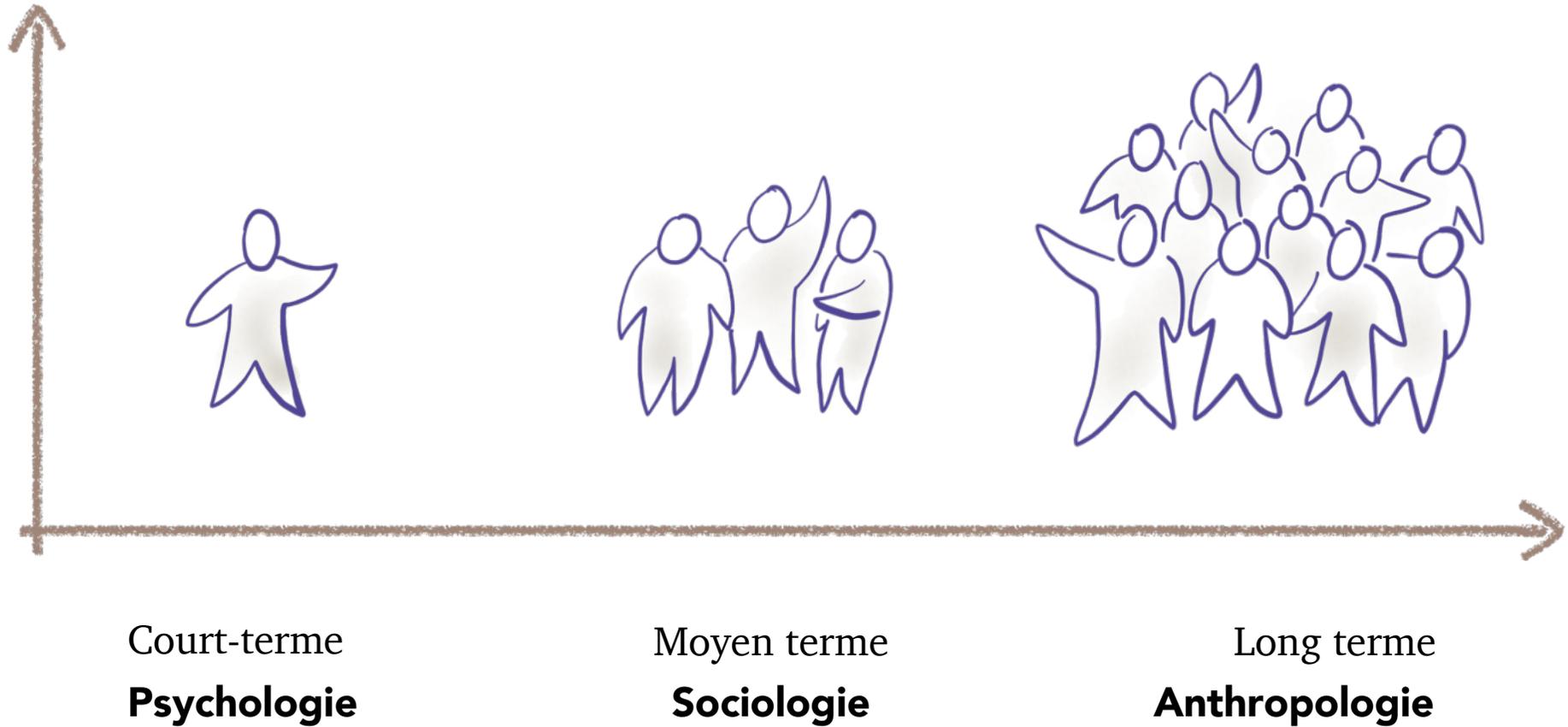
Psychologues

Sociologues

Anthropologues

... mais aussi les artistes

# Sciences humaines et sociales



Approche  
scientifique

Approche  
artistique

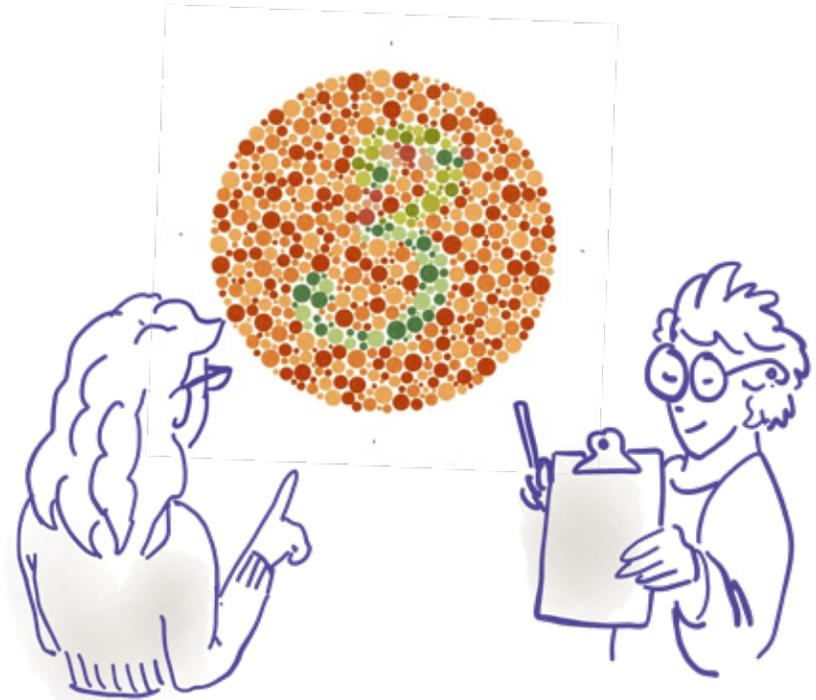
# Étudier la couleur

## Approche scientifique

Conduire des expériences  
pour étudier la perception visuelle

Exemple :

9% des hommes et 0,5% des femmes  
sont dichromates (daltoniens)



# Utiliser la couleur

## Approche artistique

Explorer l'effet de la couleur et des mélanges pour provoquer des réactions émotionnelles

Claude Monet : « Impression, soleil levant »  
Origine de l'impressionisme





# Utiliser la couleur

## Approche artistique

Le soleil semble être le point  
le plus brillant du tableau,

mais si l'on mesure avec un photomètre,  
il a la même luminance que le ciel





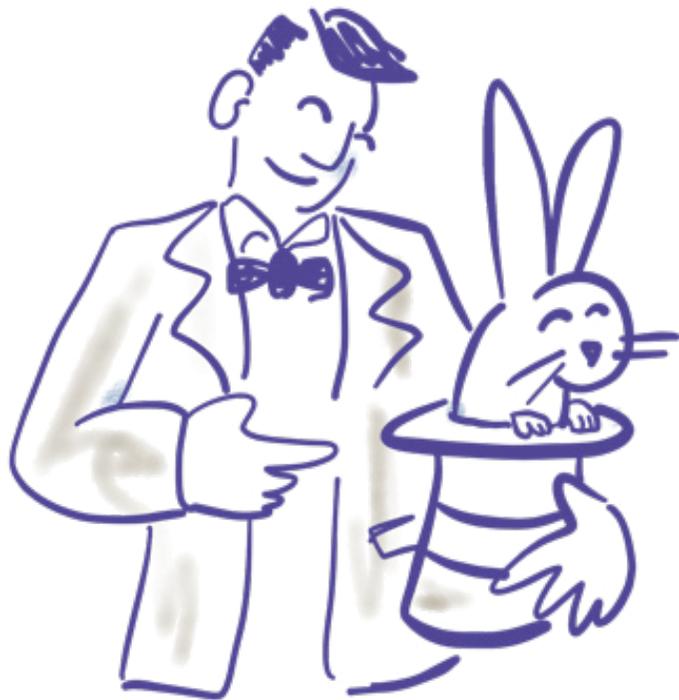
# Étude de l'attention

## Approche scientifique

Conduire des expériences pour mesurer l'activité du cerveau, le parcours du regard

Exemple :

Effet d'une double tâche sur la réduction de la performance



# Utiliser l'attention

## Approche artistique

Explorer comment distraire  
l'attention des spectateurs  
pour créer des effets « magiques »

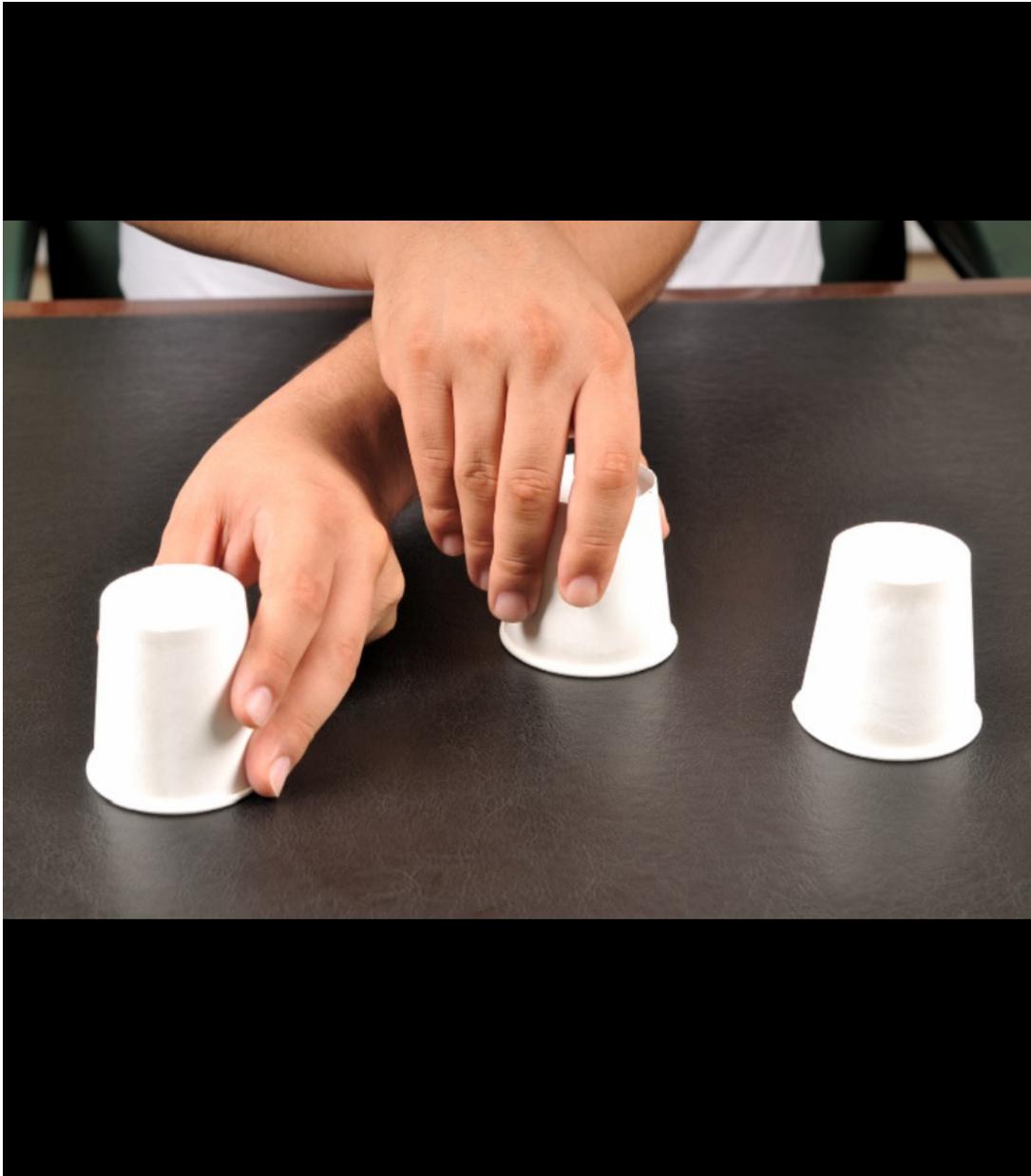
# Utiliser l'attention

## Approche artistique

Explorer comment distraire  
l'attention des spectateurs  
pour créer des effets « magiques »  
... ou pour les abuser

Bonneteau :

le spectateur suit les gestes  
du charlatan et ne voit pas la balle  
changer de gobelet



# Conception des systèmes interactifs

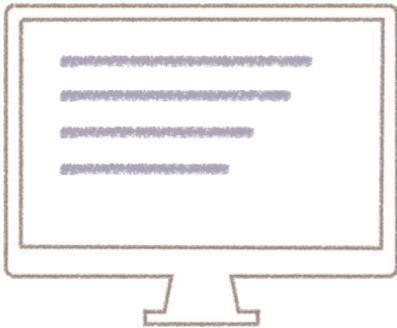
Besoin des connaissances scientifiques  
et de l'expertise des artistes / designers

Contributions différentes et parfois en conflit

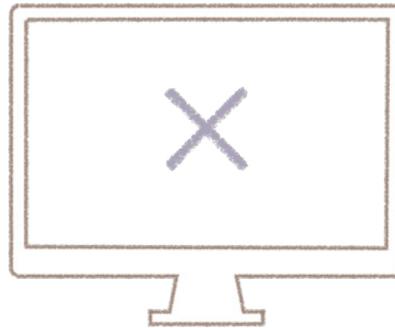
# Organisation de l'information

## **Différences entre media**

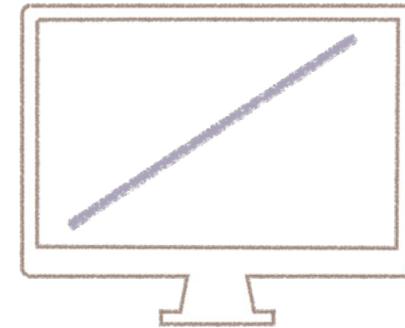
Livre :  
sens de lecture :  
en haut, à gauche



Vidéo / télévision :  
centrer le visage  
au milieu de l'écran



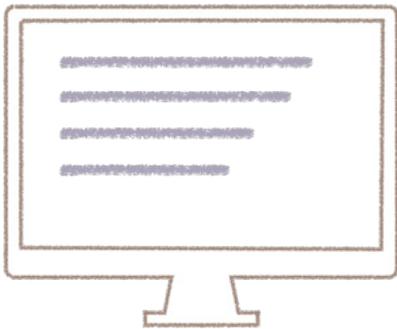
Photographie :  
règles des tiers  
diagonale, pas centré



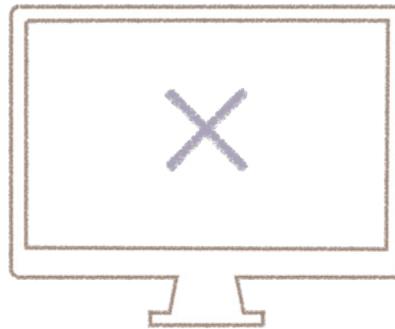
# Organisation de l'information

## **Différences entre media**

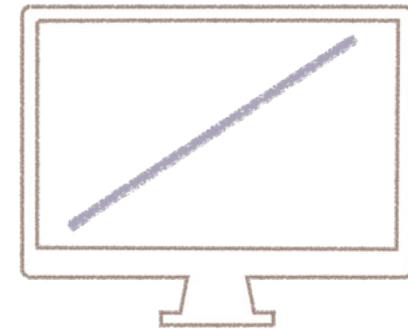
Livre :  
sens de lecture :  
en haut, à gauche



Vidéo / télévision :  
centrer le visage  
au milieu de l'écran



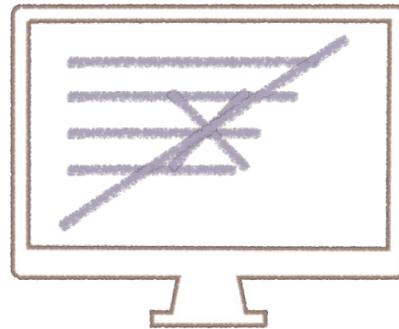
Photographie :  
règles des tiers  
diagonale, pas centré



# Organisation de l'information

## **Différences entre media**

Et maintenant le web :  
medium interactif qui  
combine livre/photo/video



# Impact sur la conception des systèmes interactifs

La réalité est complexe

Il n'y a pas un seul moyen  
de présenter l'information

Comprendre  $\neq$  Concevoir

Il faut faire des compromis



# Perception

Sensation  $\neq$

Perception

# Sensation

## Physiologie

Comment le corps réagit  
aux phénomènes physiques :

Les photons qui excitent la rétine

Les ondes qui font vibrer les cils auditifs

Les réactions des récepteurs tactiles

# Sensation

## Physiologie

Comment le corps réagit  
aux phénomènes physiques :

Les photons qui excitent la rétine

Les ondes qui font vibrer les cils auditifs

Les réactions des récepteurs tactiles

# Perception

## Psychologie

Comment le cerveau interprète  
ces réactions :

Une image

Un morceau de musique

Une texture

# Sensation

Nos sens sont  
très sensibles !

Vision dans le noir complet :

on peut voir une chandelle à 50km

Audition dans le silence total :

on peut entendre une montre à 6m

Toucher :

on peut sentir un cheveu sur la peau

# Sensation

Nos sens ont une large  
gamme de sensibilité

La vision :

du noir presque complet au plein soleil

L'audition :

du tic-tac de la montre  
à l'avion qui décolle

Le toucher :

de la caresse au coup de poing

# Canal visuel

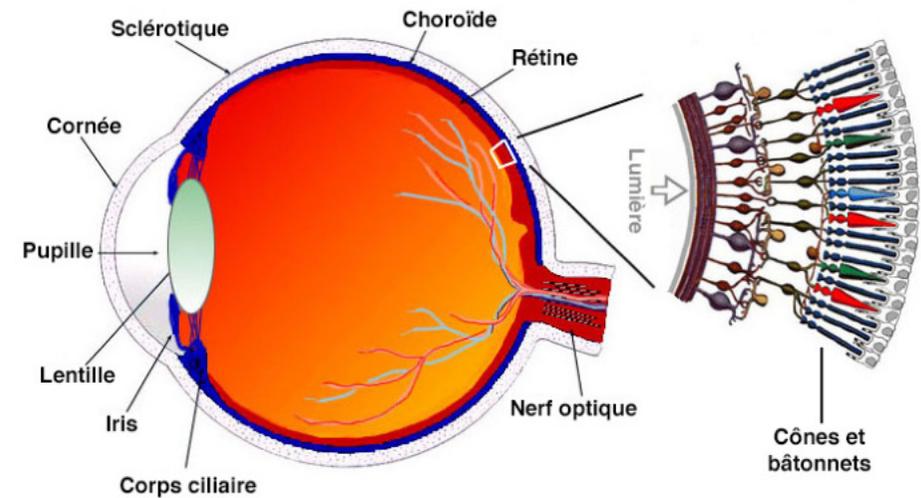
Récepteurs sur la surface 2D de la rétine :

Cônes : couleur, dans la zone focale

Bâtonnets : noir & blanc,

plus large,

plus rapide (mouvement)



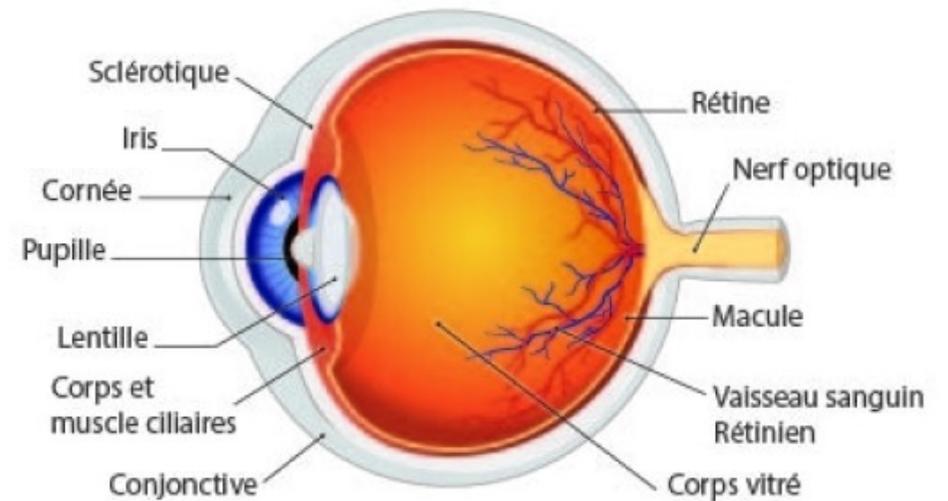
# Canal visuel

## Perception périphérique

Moins sensible aux couleurs,  
plus sensible au mouvement

## Vision binoculaire

Deux yeux pour voir en 3D



# Lois de la Gestalt

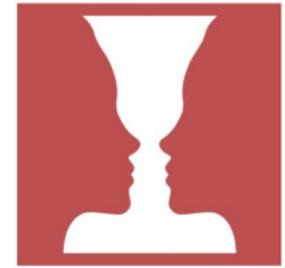
Psychologie de la forme

Groupements d'objets  
perçus de manière globale

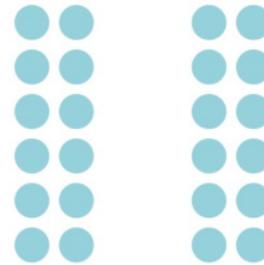
Clôture



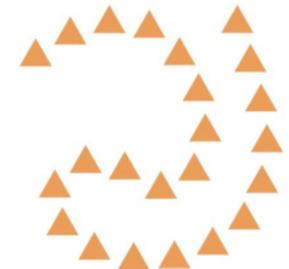
Séparation fond-forme



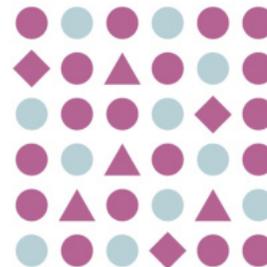
Proximité



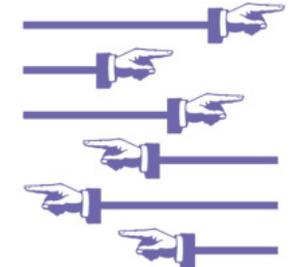
Continuité



Similarité



Destin commun

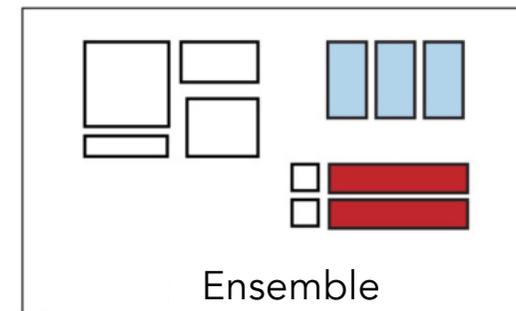
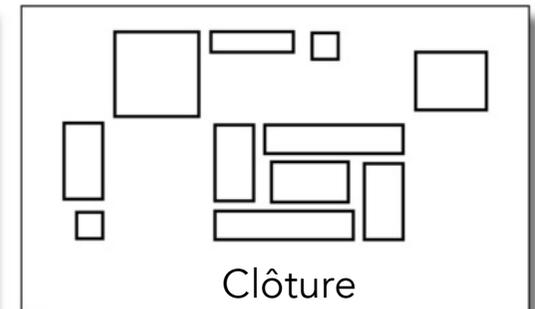
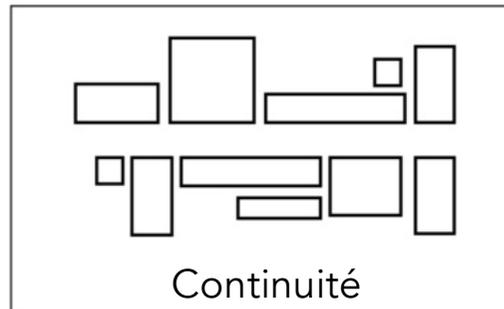
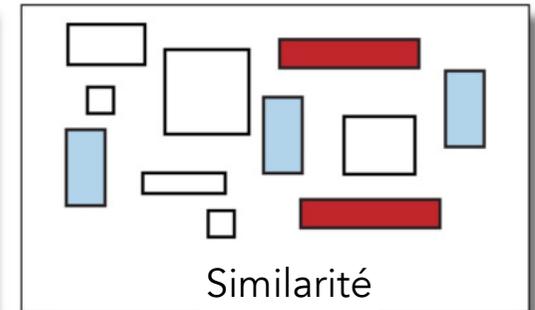
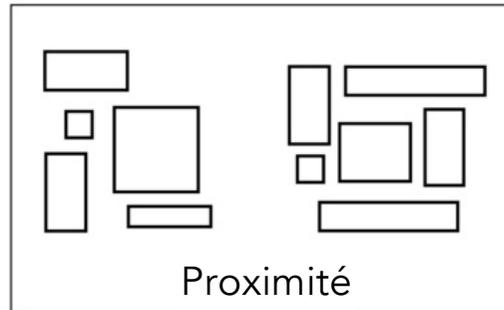


# Lois de la Gestalt

Psychologie de la forme

Groupements d'objets  
perçus de manière globale

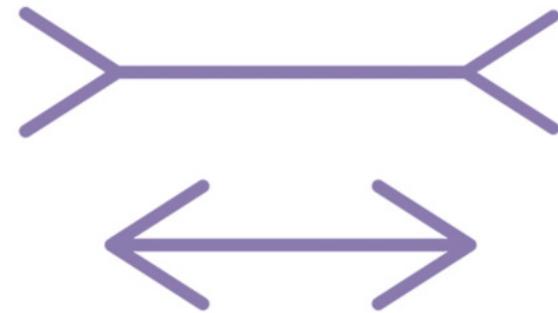
Organiser la structure visuelle



# Illusions visuelles

## Effet Muller Lyer

Deux lignes de même longueur  
perçues différemment



# Illusions visuelles

## Effet Muller Lyer

Deux lignes de même longueur  
perçues différemment



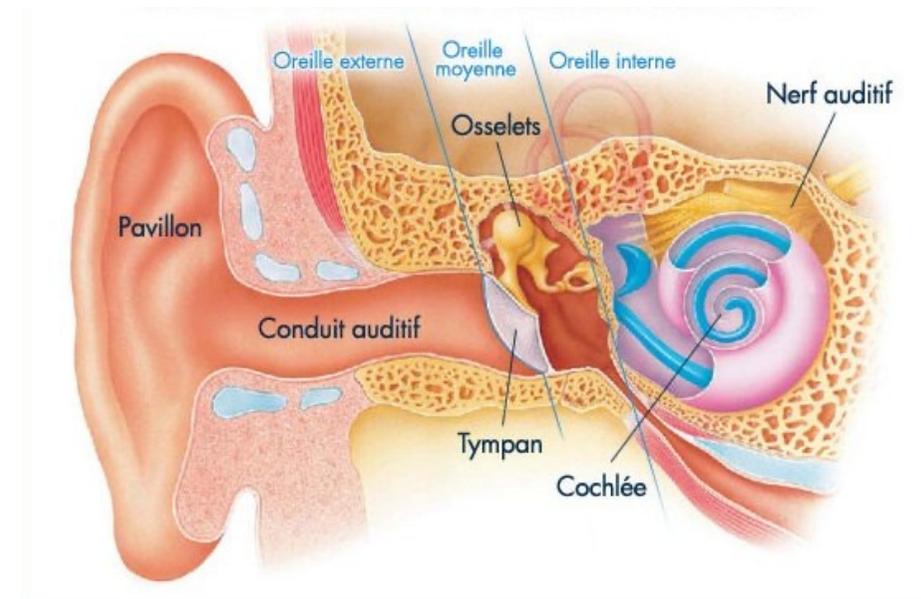
# Canal auditif

On entend les sources des sons  
plutôt que les sons eux-même

Effets de masquage

Sources trop proches

Fréquences trop proches



# Canal auditif

Perception multimodale :

Localisation d'une source

Corrélation avec la localisation visuelle

Le ventriloque et sa marionette



# Illusions auditives

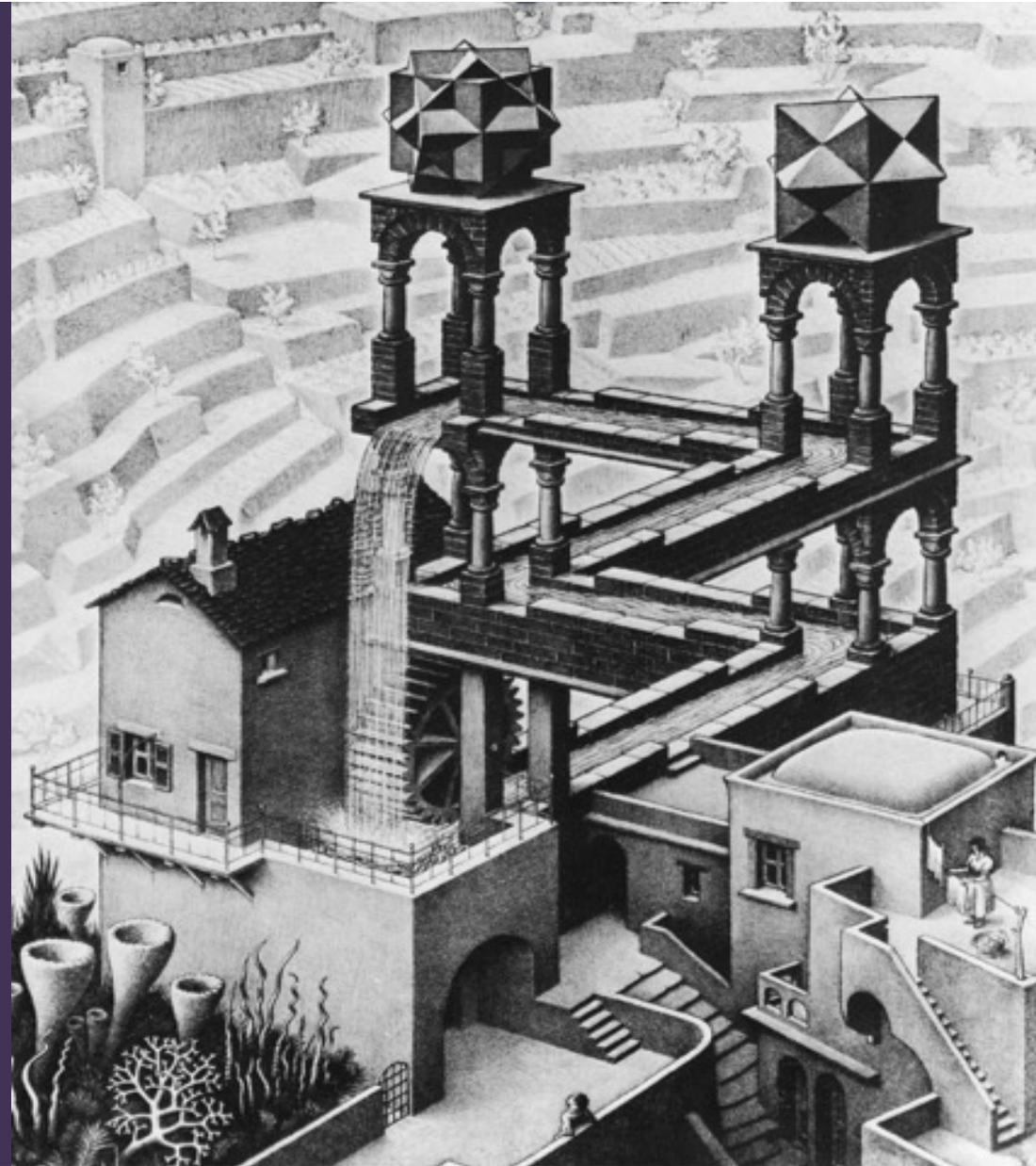
## Tons Sheppard-Risset

La fontaine d'Escher

L'eau coule indéfiniment

Équivalent audio :

Un son qui (semble) toujours descendre



# Canal haptique

Le toucher

La proprioception

La kinesthésie



# Toucher

6 Types de récepteurs

Chaleur

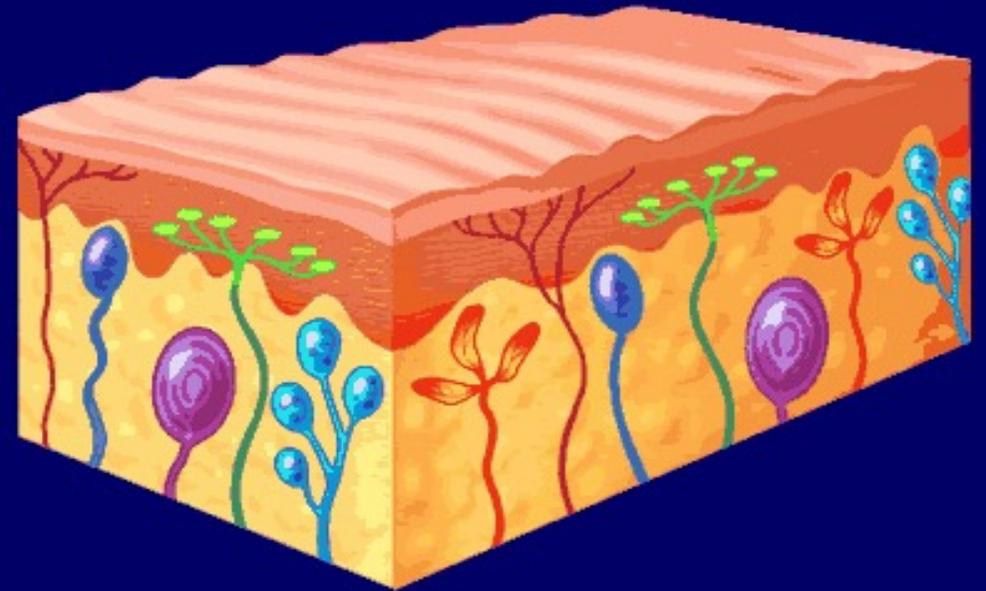
Froid

Douleur

Pression

Vibration

Texture



# Proprioception

Configuration du corps d'une personne dans l'espace

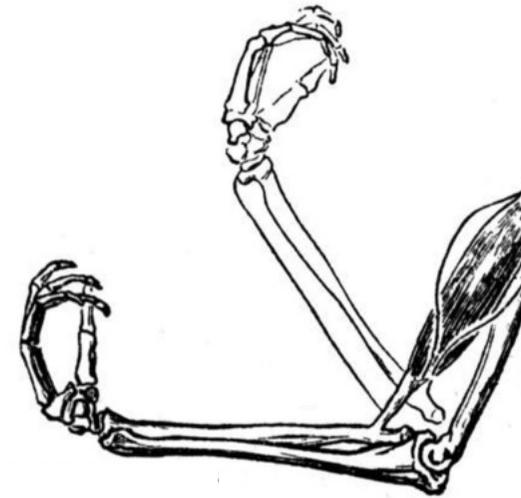
Utilisée pour percevoir, par exemple, la forme d'un objet.



# Kinesthésie

Tension des muscles d'une personne

Utilisée pour évaluer le poids ou la résistance d'un objet



# Sens vestibulaire

Sens de l'équilibre :  
orientation relative dans l'espace  
Situé dans l'oreille interne

Perception multimodale :  
visuelle, kinesthésique, vestibulaire

Le funambule sur son fil de fer



# Sens vestibulaire

Sens de l'équilibre :  
orientation relative dans l'espace  
Situé dans l'oreille interne

Perception multimodale :  
visuelle, kinesthésique, vestibulaire.

Les divergences peuvent  
provoquer des malaises





Action

# Systeme moteur

Contrôler les mouvements du corps

Locomotion

Action physique



# Systeme moteur

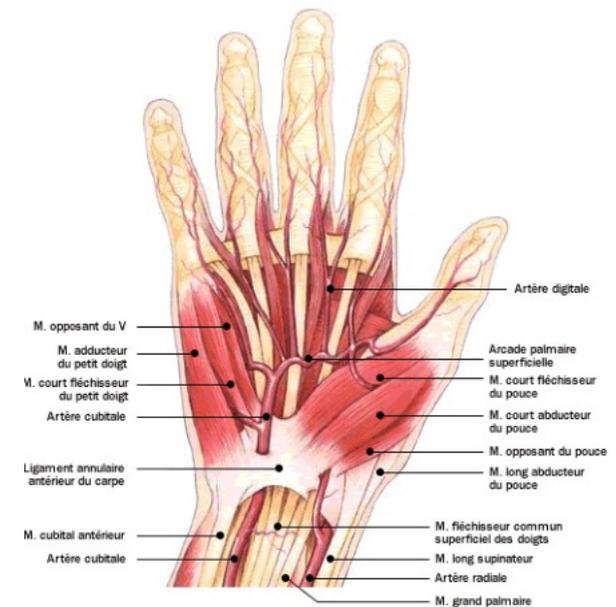
Contrôler les mouvements du corps

Locomotion

Action physique

Gestes, mouvements des mains

Voix



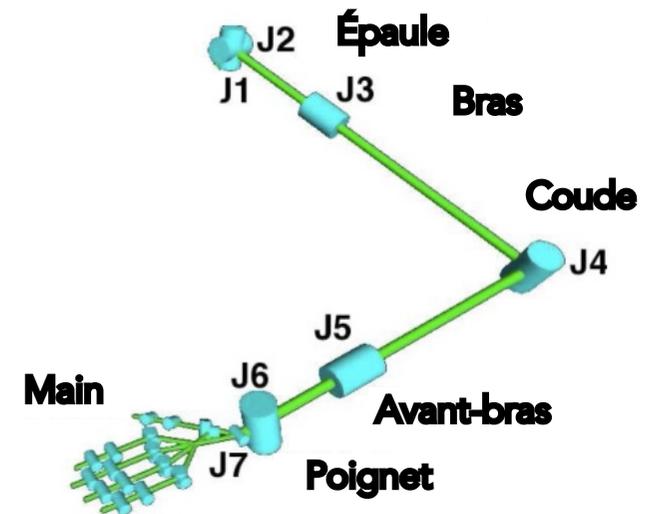
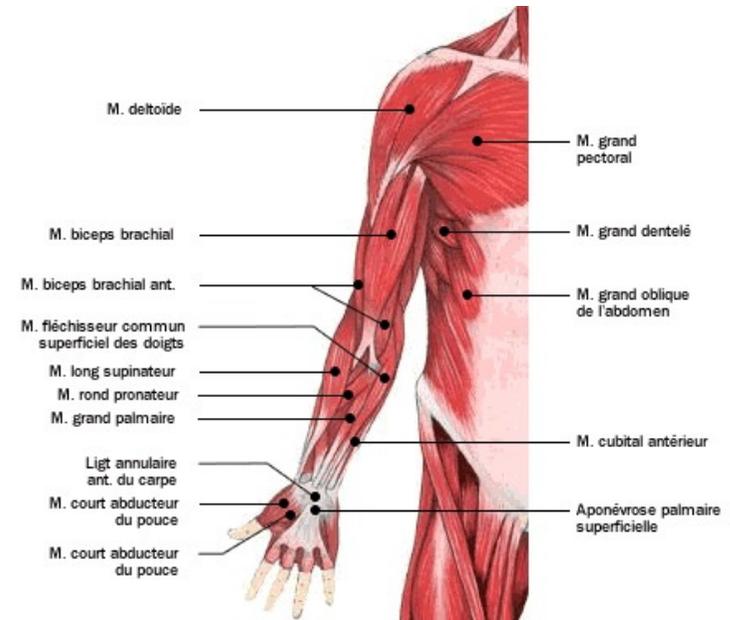
# Systeme moteur

Contrôle des membres du corps

Chaîne cinématique :  
segments articulés

Bras – Avant-Bras – Main – Doigts

Combiner des mouvements de grande  
amplitude et des mouvements précis



# Contrôle bi-manuel

**Yves Guiard**

Main non dominante : définit le contexte

Main dominante : agit dans ce contexte

54

Chaîne cinématique :

Le membre non-dominant est

« au-dessus » du membre dominant



# Gestes Prospectifs

On anticipe la façon dont on va interagir avec un objet

Va-t-il boire le verre ?

ou le mettre sur l'étagère ?



# Fonctions du canal gestuel

**Claude Cadoz**

Epistémique :

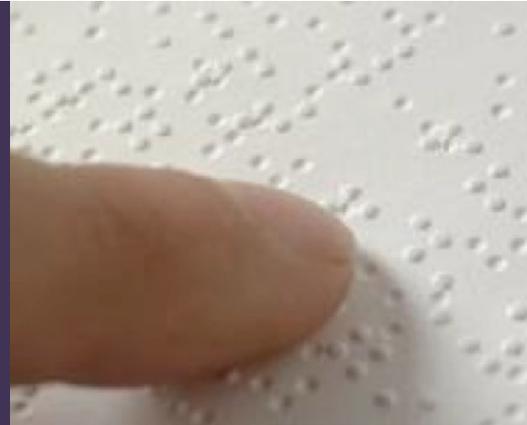
Acquérir de l'information

Ergotique :

Transférer de l'énergie

Sémiotique :

Transmettre de l'information



# La loi de Fitts

**Paul Fitts (1954)**

Contrôler un geste : le pointage de cible

Loi de Fitts

$$MT = a + b \log(1 + D/W)$$

MT, temps de mouvement

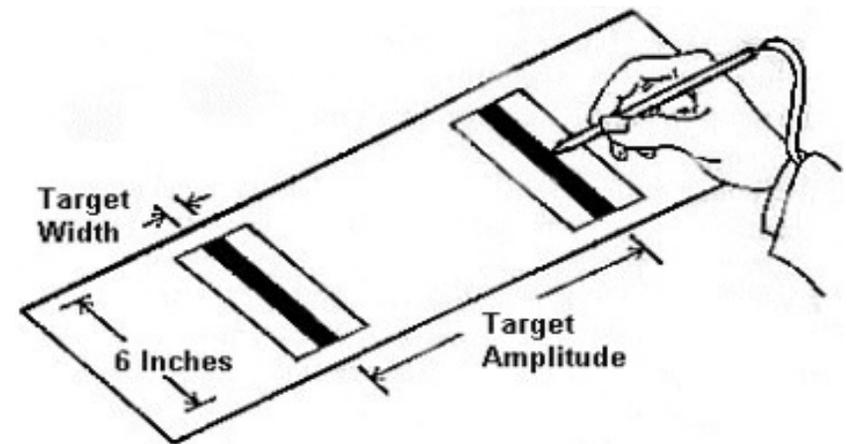
D, distance à la cible

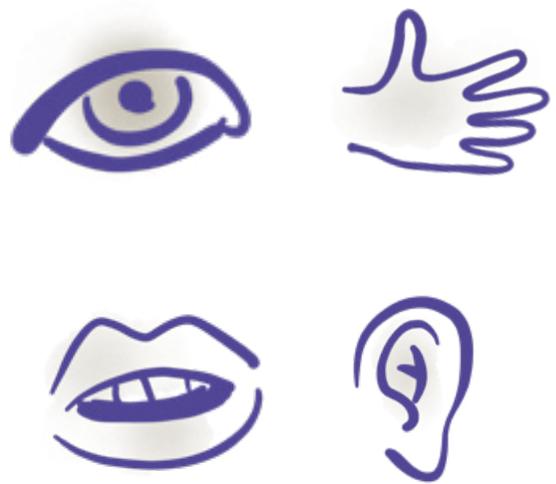
W, largeur de la cible

a, b, constantes déterminées empiriquement

Invariant d'échelle :

le pointage d'une cible deux fois plus grande  
à une distance deux fois plus longue  
prend le même temps





Couplage  
action-  
perception

# Couplage action-perception

Il faut percevoir pour agir

Le geste est guidé par la vue



# Couplage action-perception

Il faut percevoir pour agir

Le geste est guidé par la vue

Il faut agir pour percevoir

L'interaction tactile permet de  
percevoir la forme

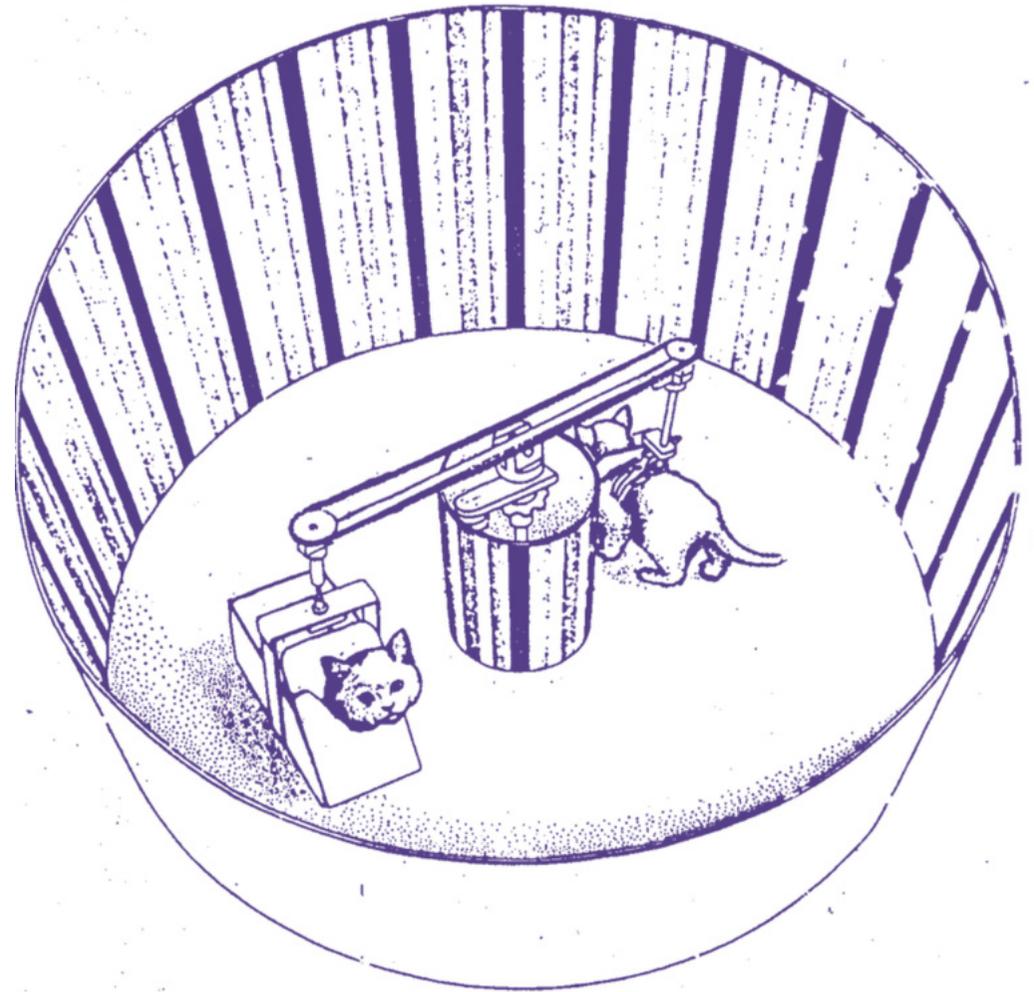


# Carrousel de chatons

**Held & Hein (1963)**

Le rôle de l'expérience dans le développement perceptivo-moteur

Le mouvement autoproduit et le retour visuel simultané sont essentiels au développement du comportement guidé par la vue



# Théorie écologique de la perception

**James J. Gibson**

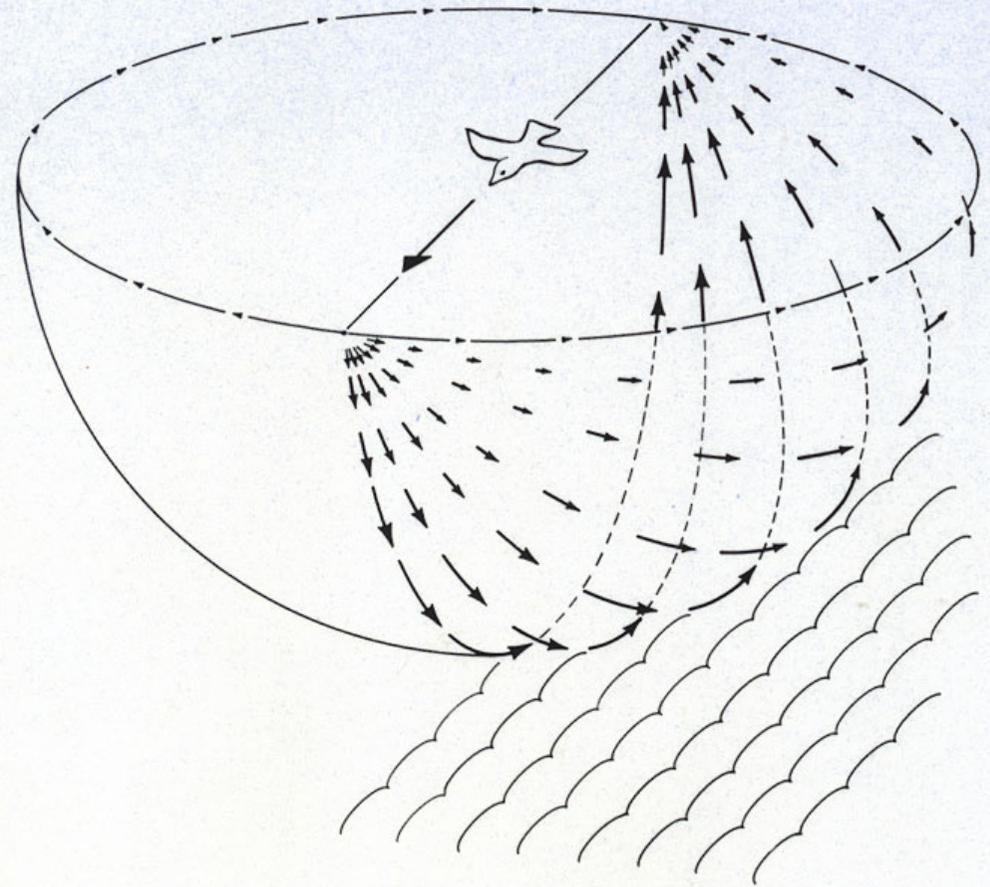
Perception directe

Prise d'information

Perception visuelle

Perception du flux optique

Extraire des invariants



# Théorie écologique de la perception

**James J. Gibson**

Perception directe

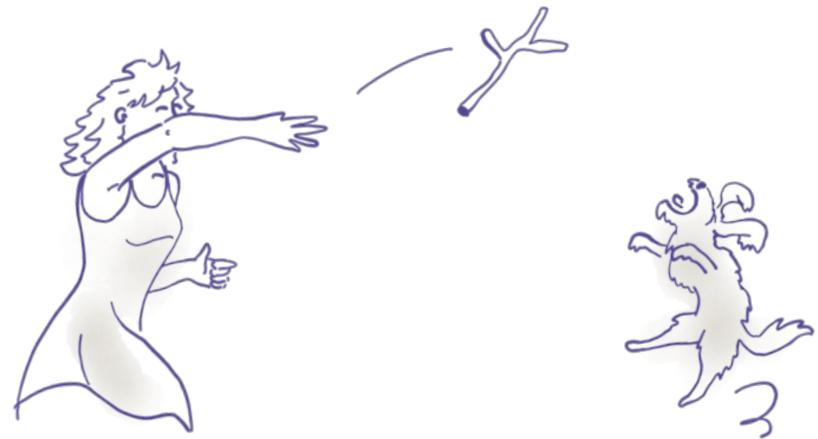
Prise d'information

Perception visuelle

Perception du flux optique

Extraire des invariants

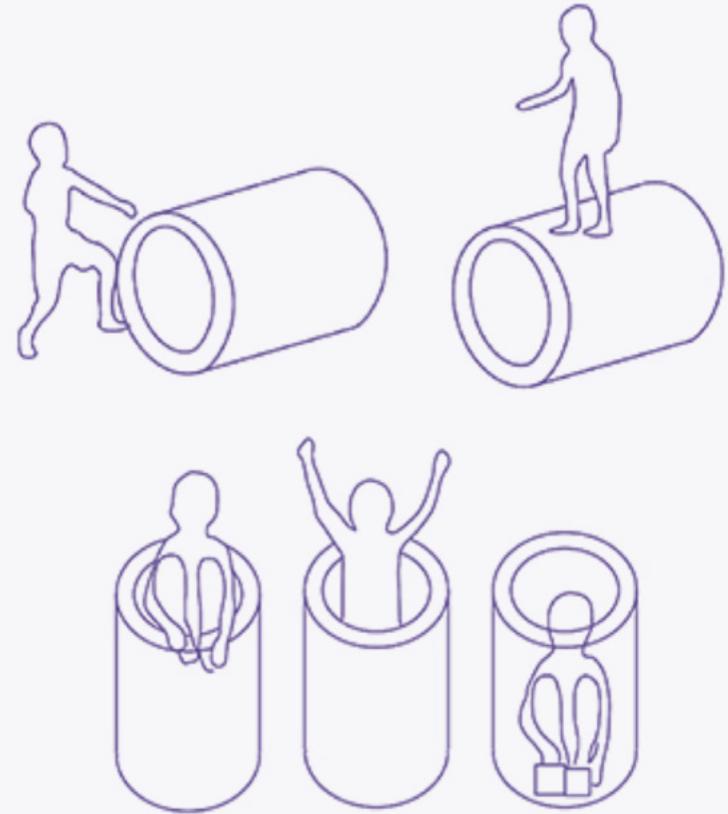
Exemple : pour intercepter un objet lancé,  
garder l'angle constant avec la  
direction de déplacement de l'objet



# « Affordances »

**James J. Gibson**

Capacité d'action des objets de l'environnement pour le sujet



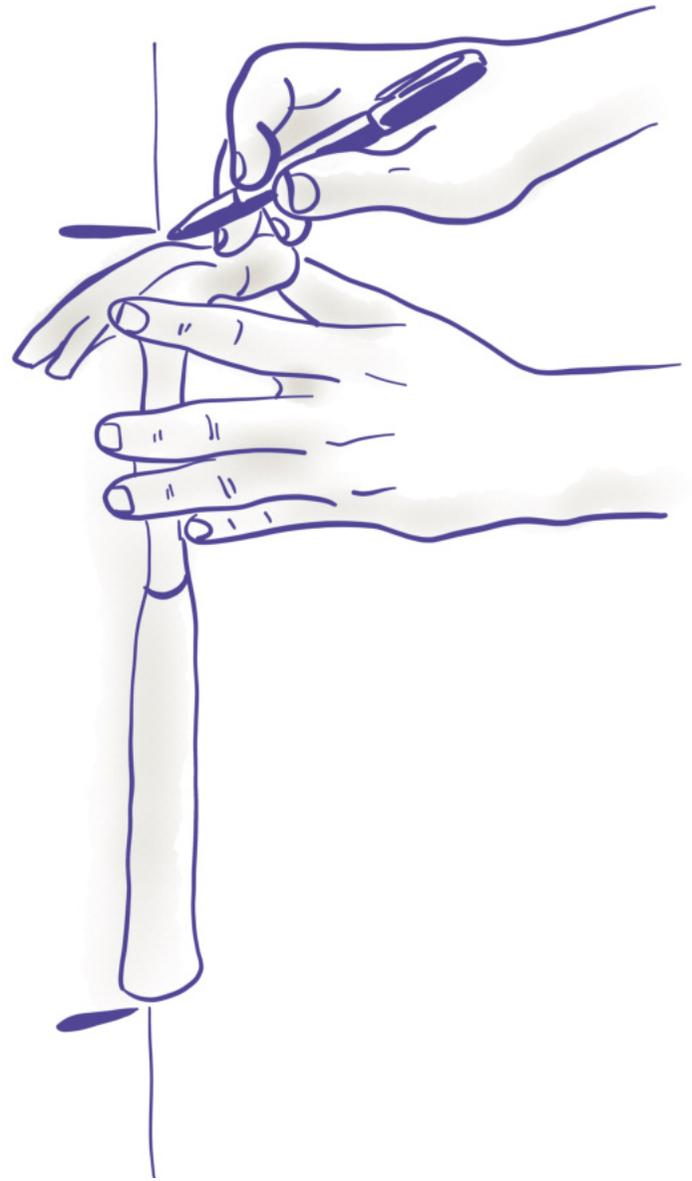
# Apprentissage perceptuel

**Eleanor Gibson**

Apprendre à reconnaître les affordances

Expérience de la « falaise visuelle »







# Cognition

Attention et Mémoire

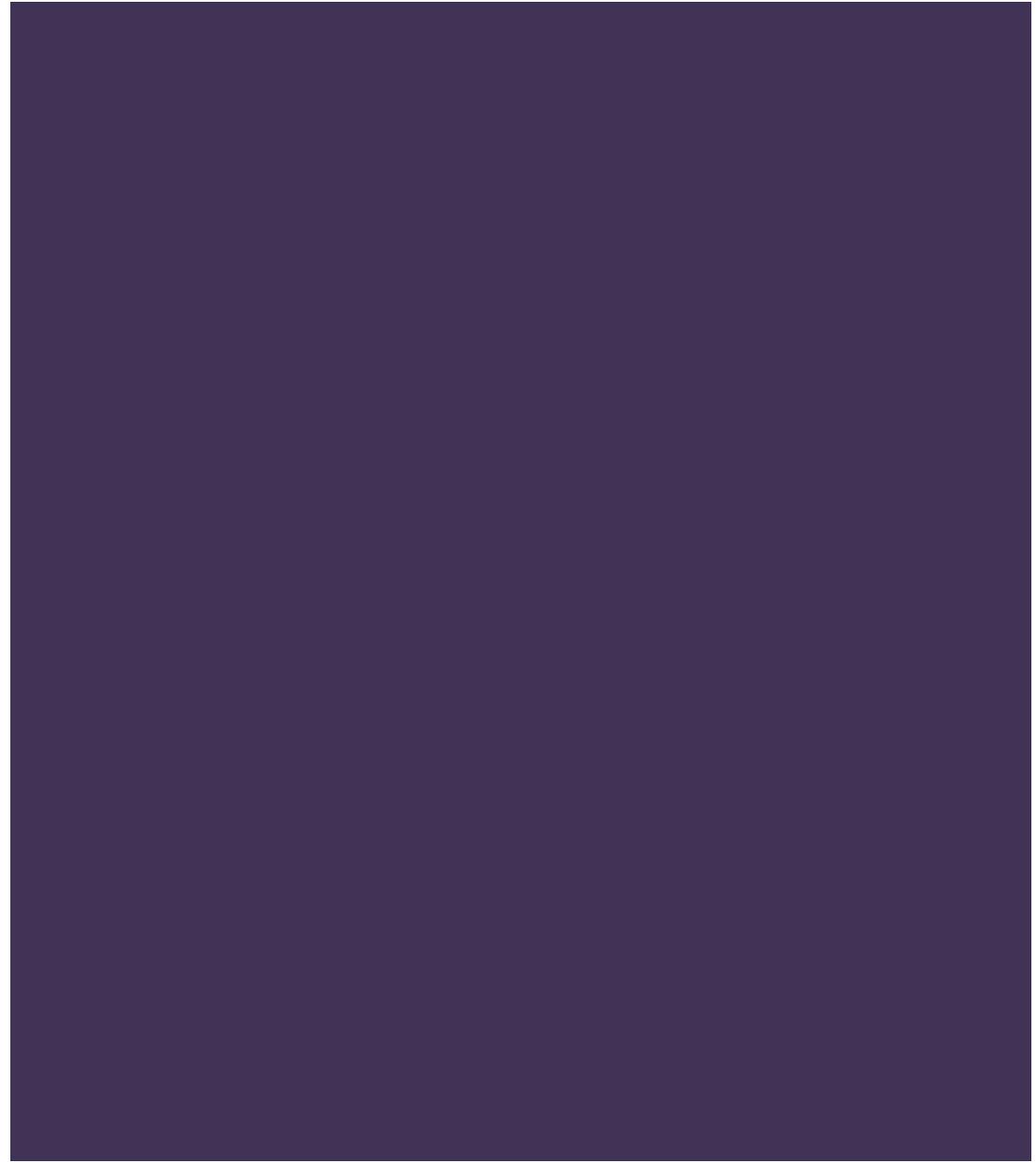
Apprentissage et Motivation

Prise de décision

Intelligence, Émotion, Créativité

Cognition

Attention



# Attention

Comment focaliser l'attention



# **The Monkey Business Illusion**

**Daniel J. Simons**

# Cécité au changement

Nous ne remarquons pas toujours les changements dans les stimuli visuels, même lorsqu'ils sont spectaculaires

L'attention est sélective :

Les notifications peuvent passer inaperçues.



# Attention

## L'effet « cocktail party »

L'attention est sélective :

Se concentrer sur l'information souhaitée

Filtrer les informations superflues

L'effet « cocktail party »

Dans un environnement bruyant,  
je prête attention à une conversation

mais si j'entends mon nom,  
je change mon centre d'attention



# Attention

**Pouvons-nous être multitâches ?**

Nous filtrons l'information :

On passe d'une tâche à l'autre très vite

On ne peut pas prêter attention  
à plusieurs choses à la fois

Les distractions peuvent coûter cher :

Ceux qui font beaucoup de tâches  
sont plus facilement distraits



Mémoire



# Mémoire

## Encodage et rappel

Mémoire sensorielle

Mémoire à court terme

Mémoire de travail

Faible capacité (~4 « chunks »)

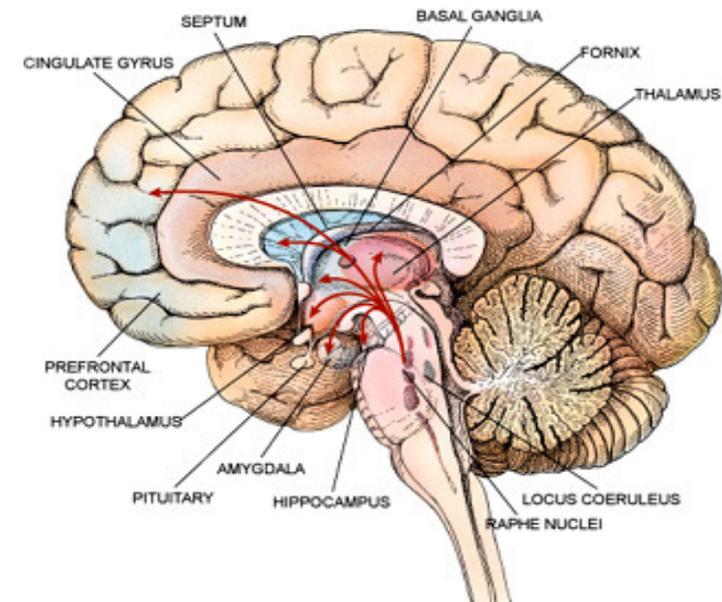
Courte durée de vie (10-30s)

Mémoire à long terme

Capacité infinie

Durée illimitée

Accès associatif



# Types de mémoire

Sémantique :

Faits, principes, idées

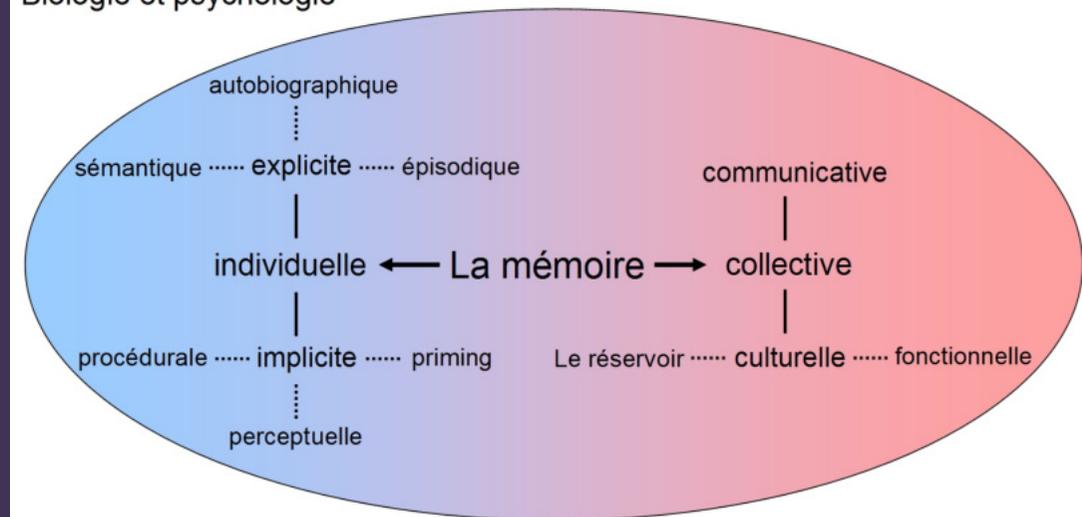
Épisodique :

Histoires situées dans le temps

Procédurale :

Automatismes

Biologie et psychologie



Sciences humaines et sociales

# Reconstruction

La mémoire n'enregistre pas les souvenirs

Ils sont reconstruits lors du rappel

Les souvenirs changent selon le contexte

Le contexte original améliore la véracité



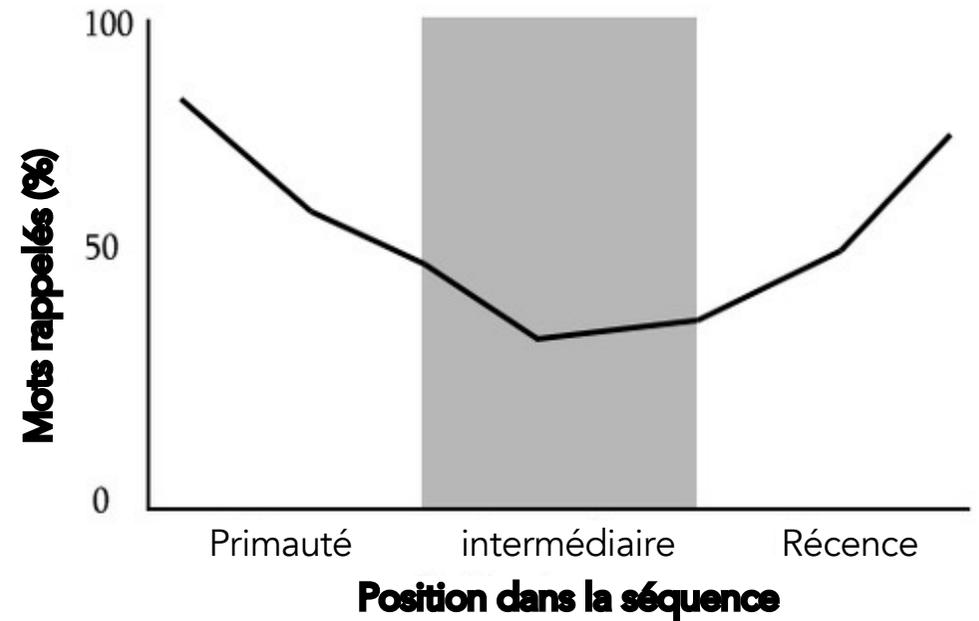
# Oubli

Effet de primauté :

On se souvient mieux  
du début d'une liste de mots

Effet de récence :

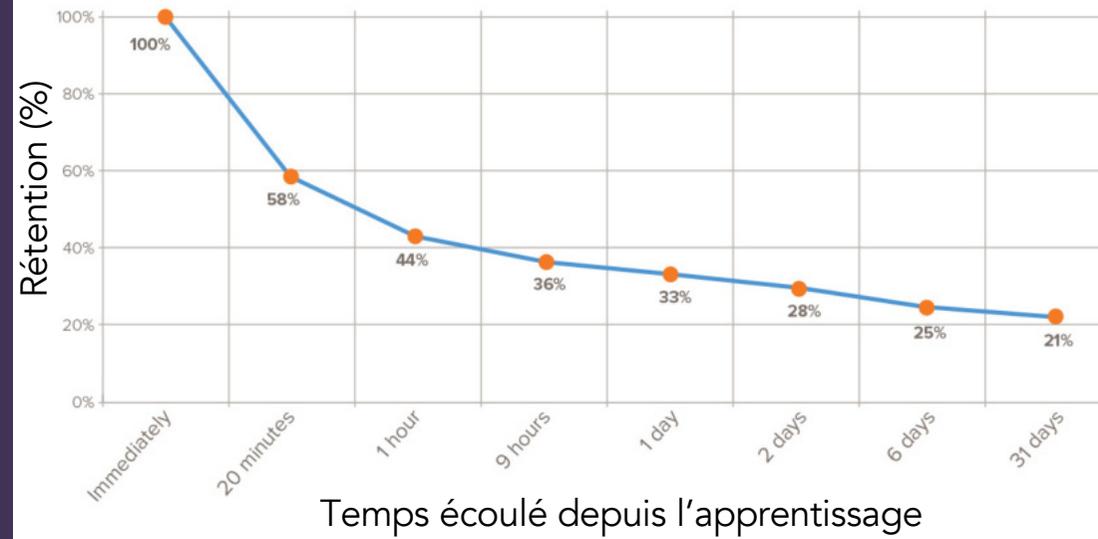
On se souvient mieux  
de la fin d'une liste de mots



# Oubli

Hermann Ebbinghaus

Courbe de l'oubli



# Rappel / Reconnaissance

Rappel

vs.

Reconnaissance

La reconnaissance est plus facile

mais

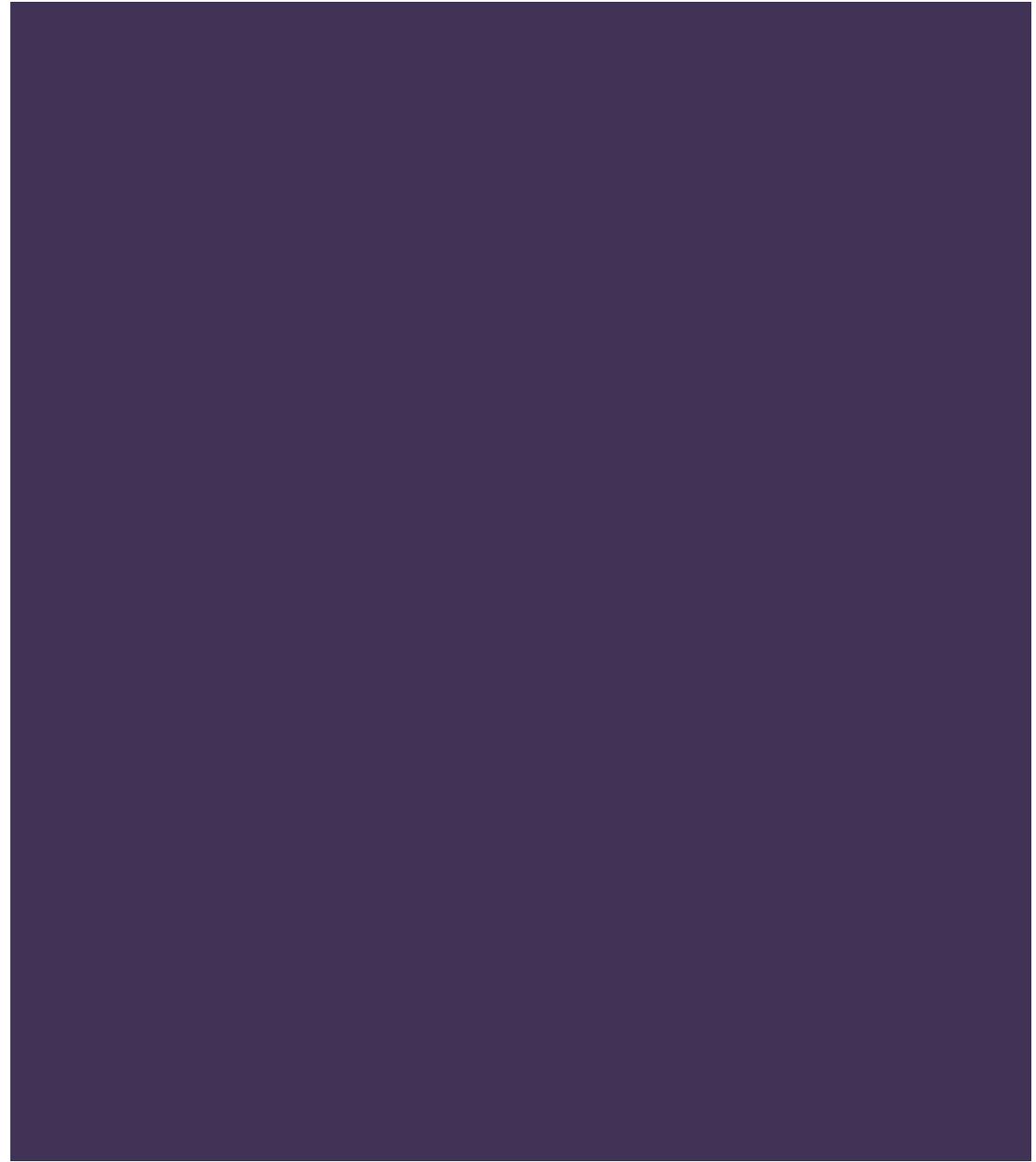
Le rappel est plus puissant

Le mot anglais pour piscine est \_\_\_\_\_

Le mot anglais pour piscine est :

- a) beach
- b) pool
- c) feather
- d) umbrella

# Apprentissage & Motivation



# Behaviorisme

**B. F. Skinner**

Prédiction et contrôle  
du comportement humain

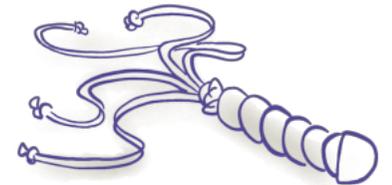
Positif :  
Faciliter l'apprentissage

Négatif :  
Produire les comportements addictifs

Renforcer :  
La probabilité augmente

Punir :  
La probabilité diminue

Positif :  
Ajouter le stimulus



Négatif :  
Supprimer le stimulus



# Behaviorisme

## B. F. Skinner

Modifier la probabilité du comportement

Renforcement ou punition

Positif ou négatif

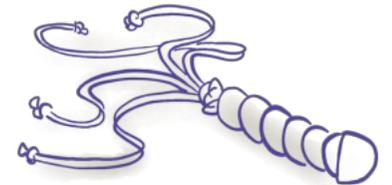
« Shaping » :

Renforcer les approximations  
successives du comportement souhaité

Renforcer :  
La probabilité augmente

Punir :  
La probabilité diminue

Positif :  
Ajouter le stimulus



Négatif :  
Supprimer le stimulus



# Behaviorisme

**B. F. Skinner**

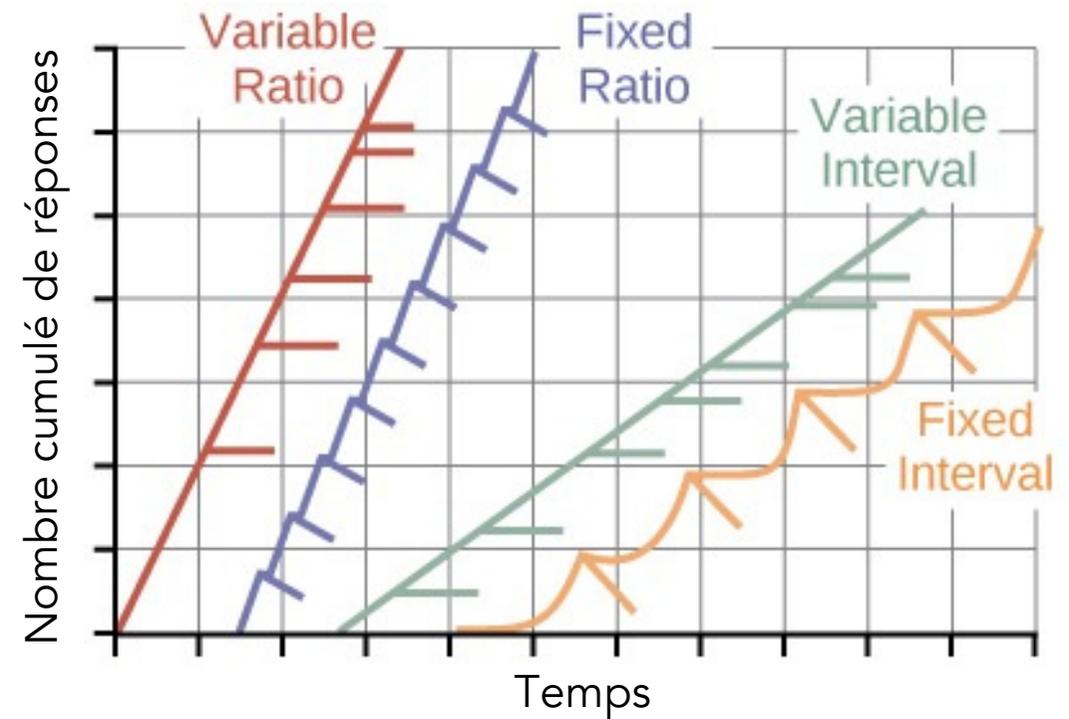
Quatre programmes de renforcement :

à intervalles fixes

à intervalles variables

à temps fixe

à temps variable



# Apprentissage

## **Mémoire motrice / musculaire**

L'exécution répétée d'actions

Entraîne des comportements automatiques

Sans attention consciente

Une forme de mémoire procédurale



# Addiction

Les médias sociaux utilisent les principes du behaviorisme pour créer des addictions

De petits renforcements continus produisent un comportement addictif



# Prise de décision



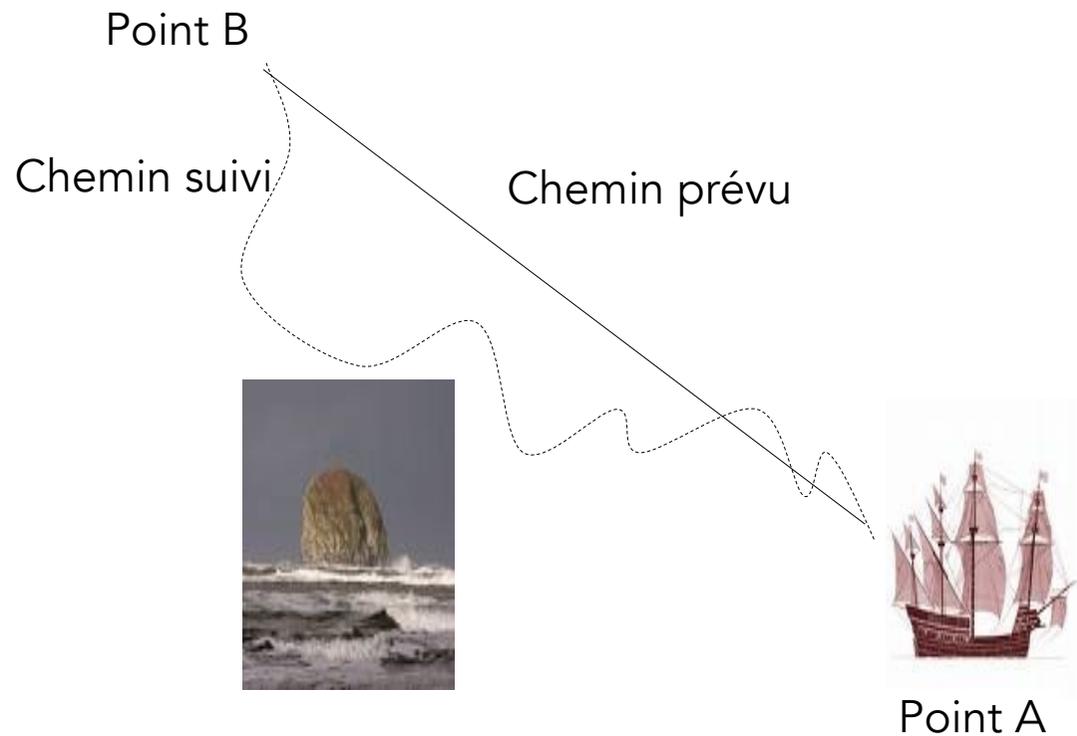
# Action Située

**Lucy Suchman**

L'être humain n'agit pas toujours  
selon un plan préétabli

L'action est située

Le plan est révisé / adapté  
en fonction de la situation locale

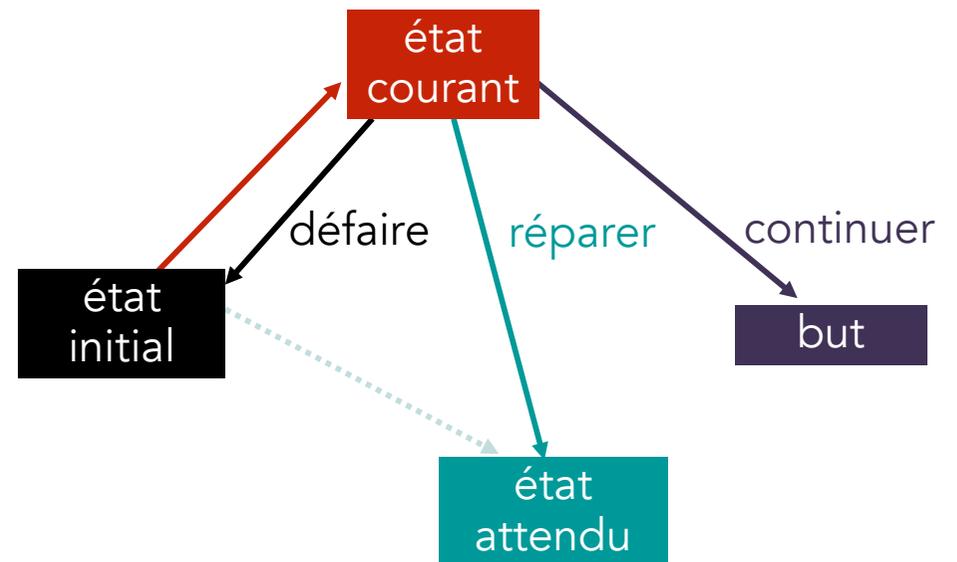


# Résolution de problèmes

Stratégies en cas d'erreur

Modèles mentaux

Représentations mentales qui nous aident à raisonner et à résoudre des problèmes

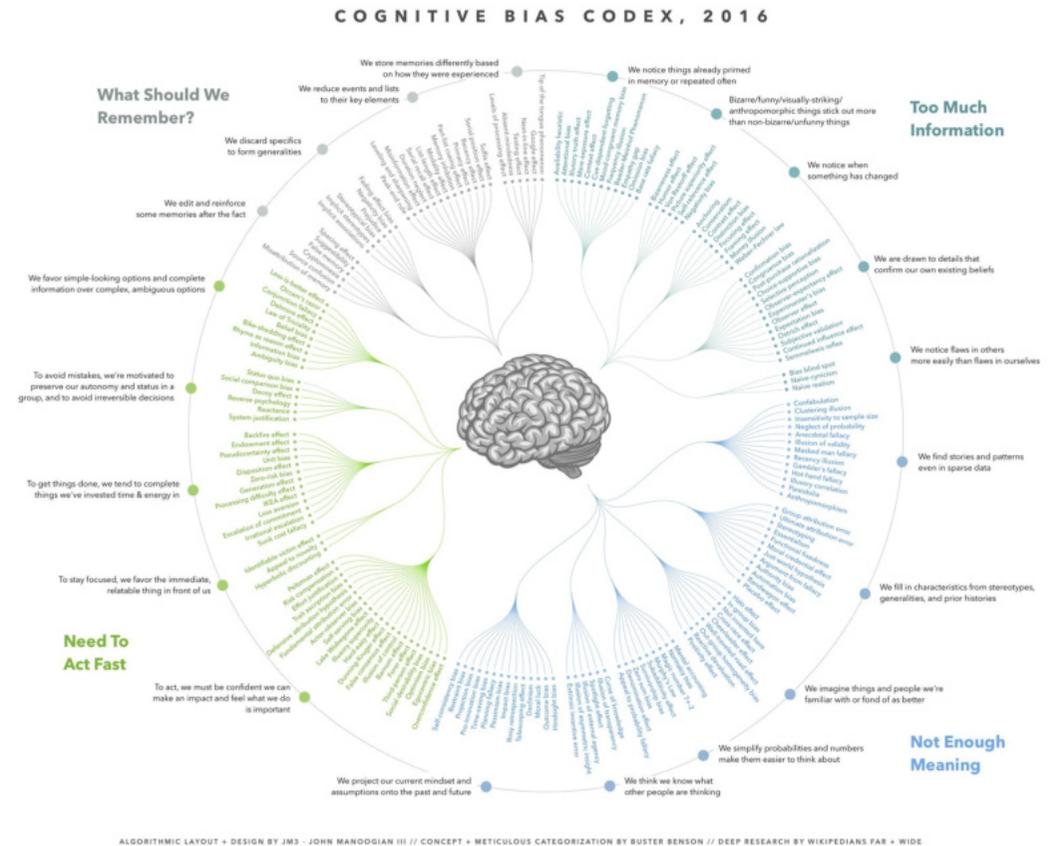


# Biais cognitifs

Modèle systématique de déviation de la norme ou du jugement rationnel

Remettent en cause la théorie du « choix rationnel » dans le comportement social et économique

Wikipedia propose une liste de 185 biais cognitifs !



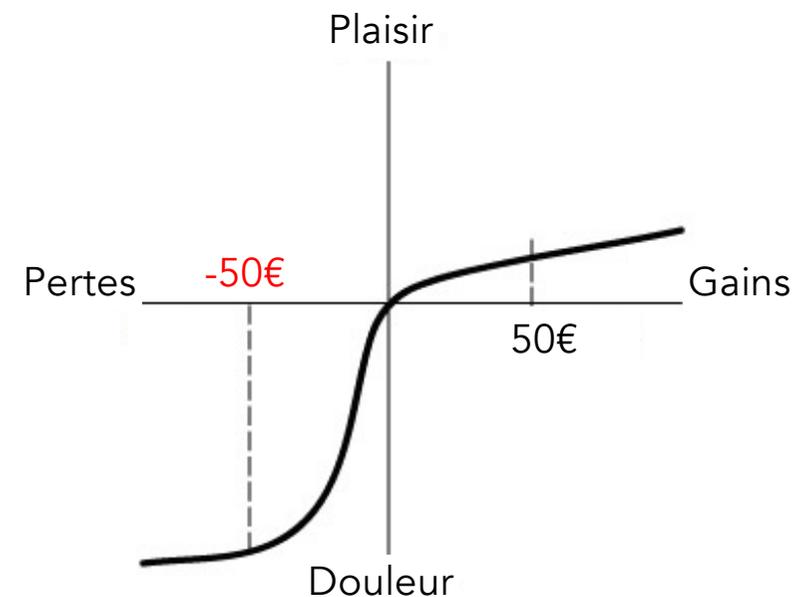
# Biais cognitifs

## Tversky & Kahneman

Série d'expérimentations qui montrent que l'on ne fait pas toujours le meilleur choix (au sens mathématique)

Exemple (biais du présent) :  
Préférez-vous 150€ maintenant  
ou 180€ dans 1 mois ?

Préférez-vous 150€ dans un an  
ou 180€ dans 13 mois ?



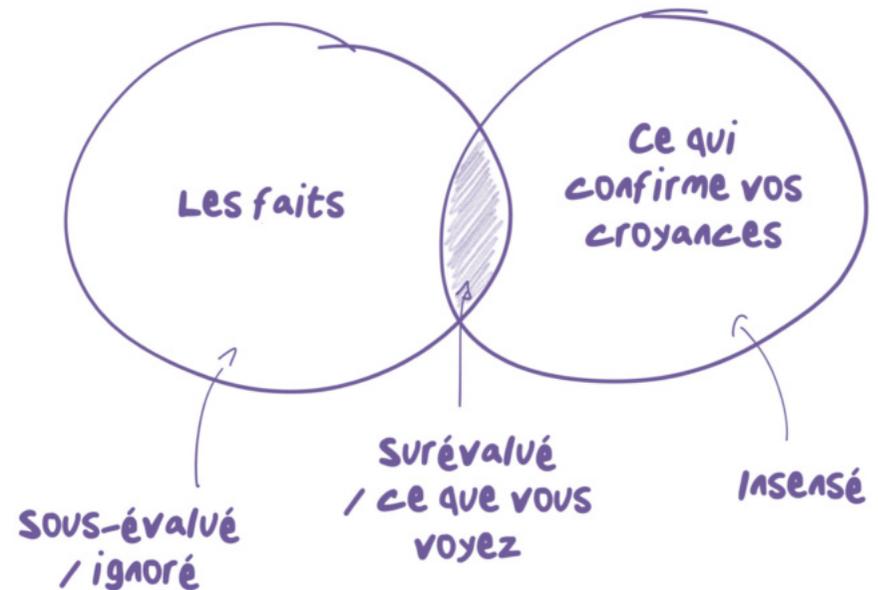
Aversion au risque

# Biais cognitifs

## Biais de confirmation

Les utilisateurs se concentrent sur les avis en ligne qui confirment leur opinion préexistante sur le produit

« Fake news »



# Biais cognitifs

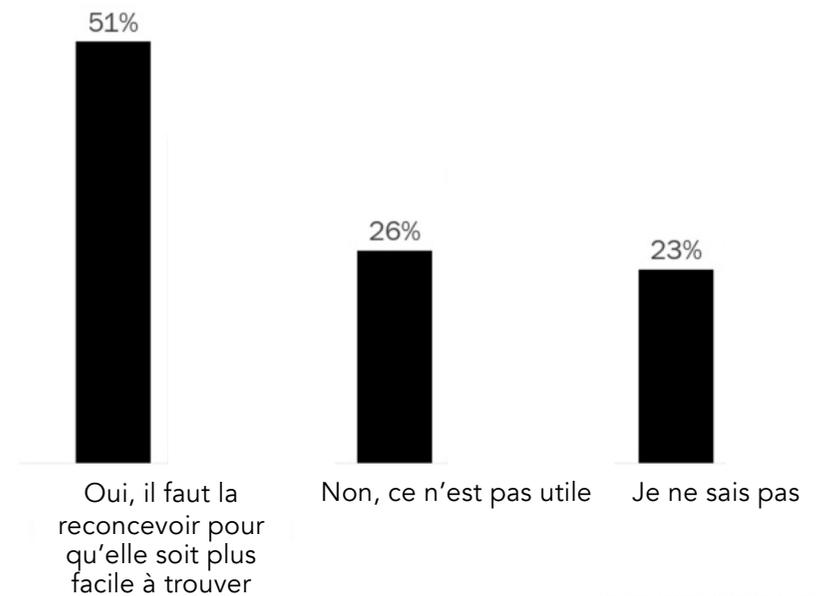
## Biais de cadrage

La présentation des résultats affecte le choix

94

Faut-il reconcevoir la fonction de recherche sur la base des résultats des tests d'utilisabilité ?

■ « 4 utilisateurs sur 20 n'ont pas trouvé la fonction de recherche »



# Biais cognitifs

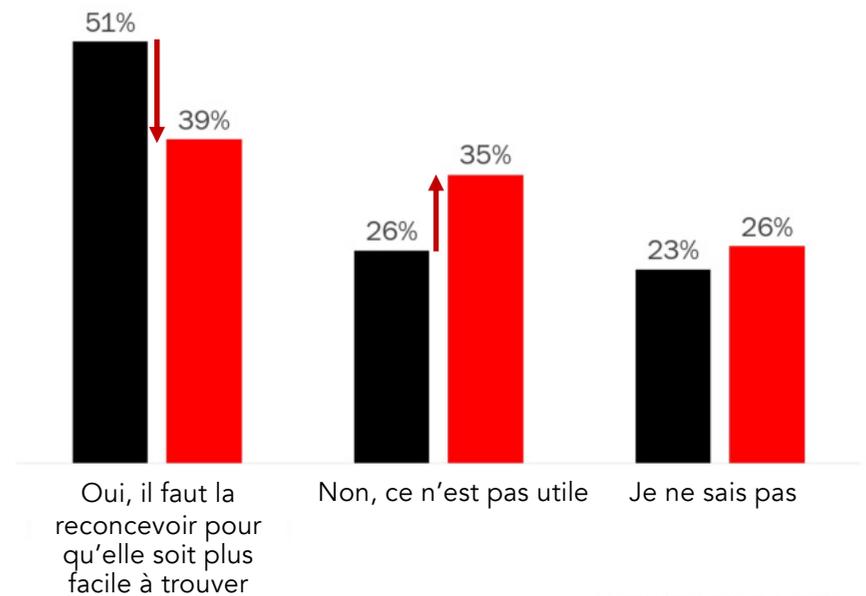
## Biais de cadrage

La présentation des résultats affecte le choix

La présentation négative augmente la perception de l'importance du problème

Faut-il reconcevoir la fonction de recherche sur la base des résultats des tests d'utilisabilité ?

- « 4 utilisateurs sur 20 n'ont pas trouvé la fonction de recherche »
- « 16 utilisateurs sur 20 ont trouvé la fonction de recherche »



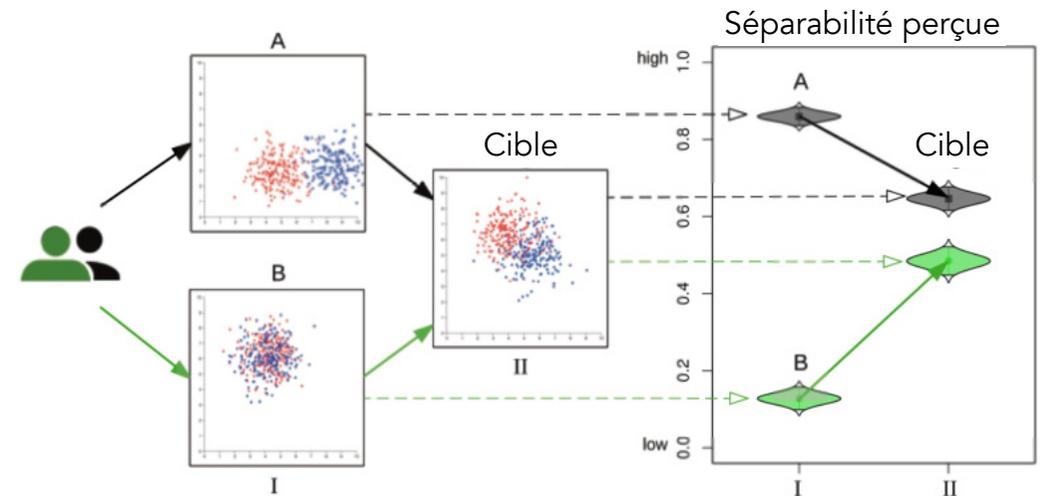
# Biais cognitifs

## Biais d'ancrage

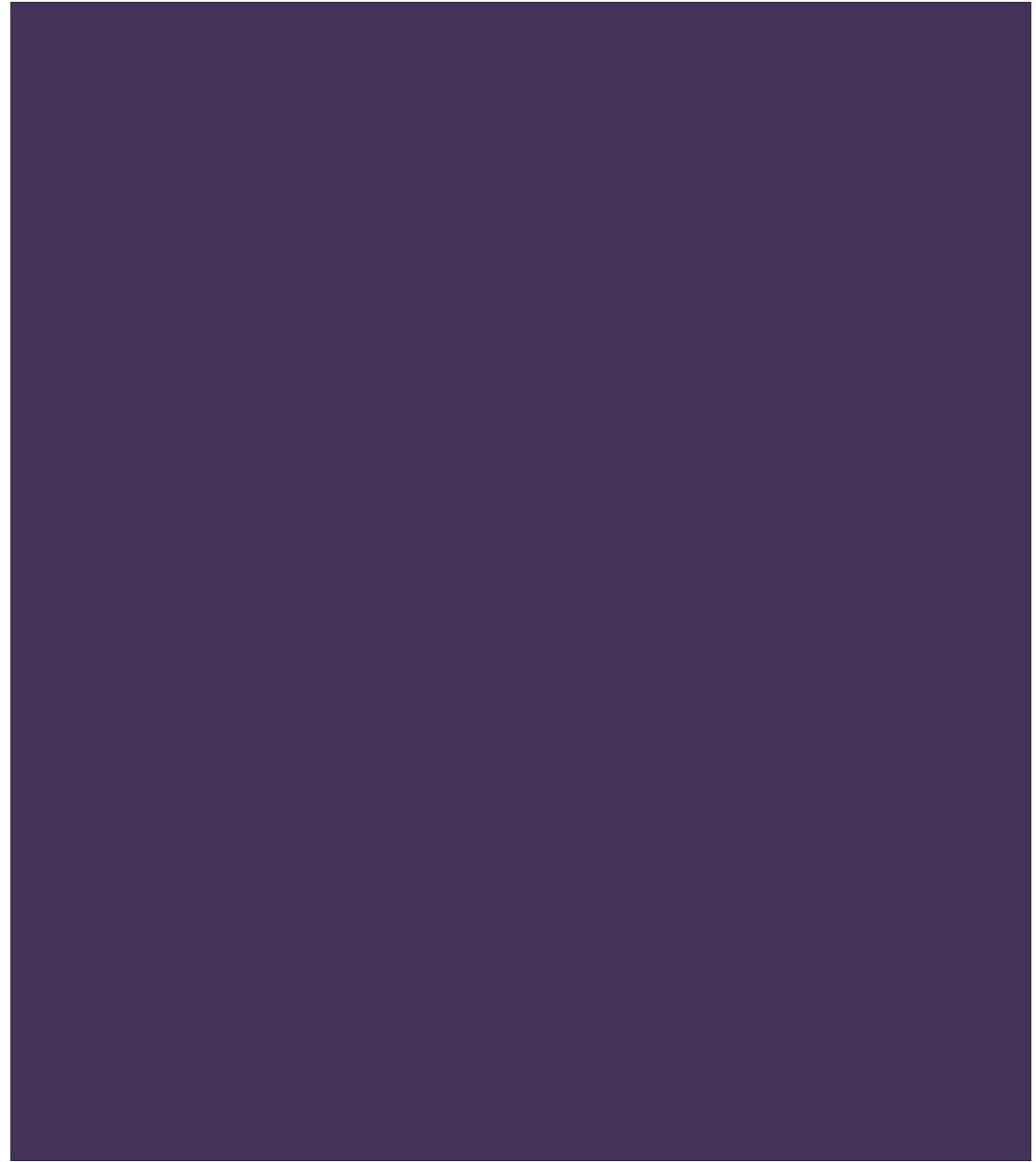
La décision dépend  
de l'information initiale

96

Le groupe A trouve que la cible est plus  
facilement séparable que le groupe B

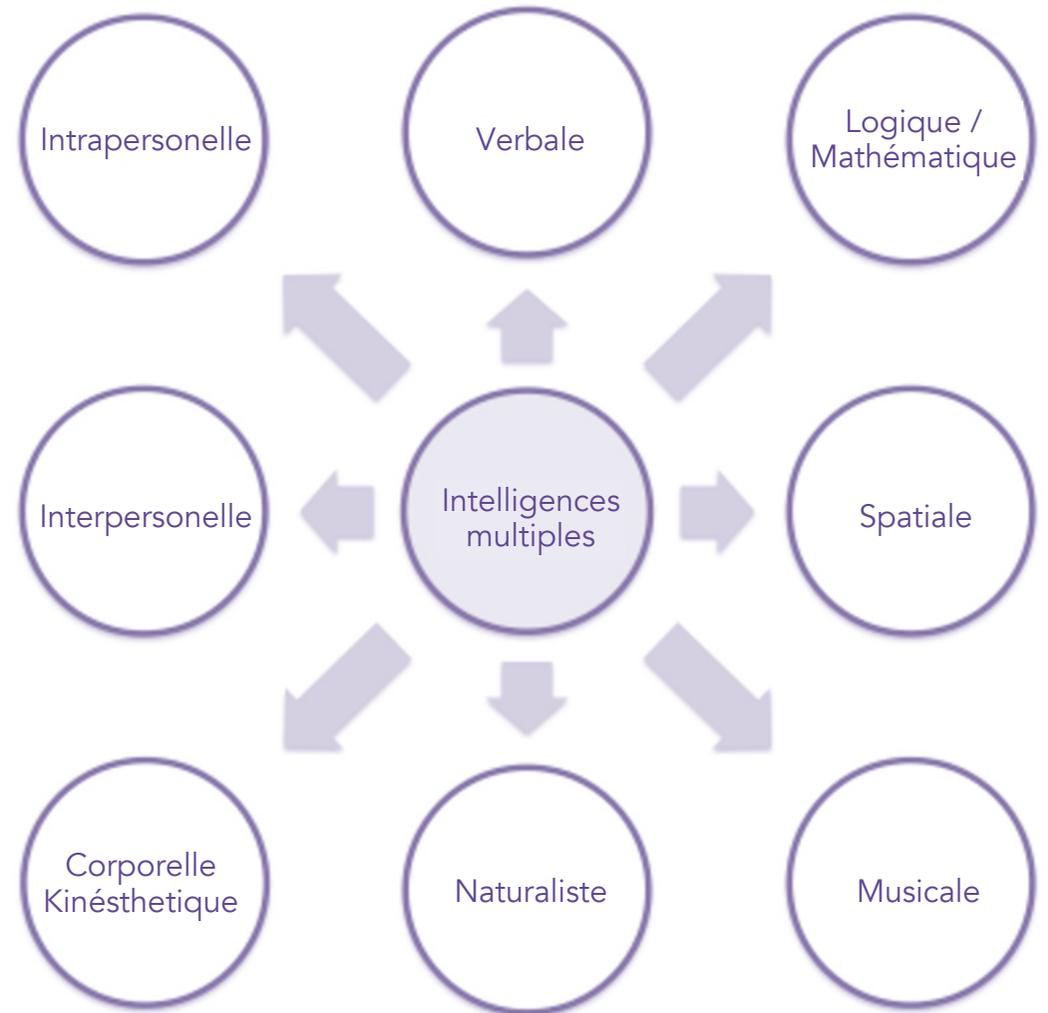


Intelligence  
Émotion  
Créativité



# Intelligences multiples

Howard Gardner



# Émotion

## 7 émotions universelles



# Créativité

	Cognitive	Émotionnelle
Délibéré	Léonard de Vinci	Claude Monet
Spontané	James Watson	Jackson Pollock