

UE 2 - PHYSIOLOGIE

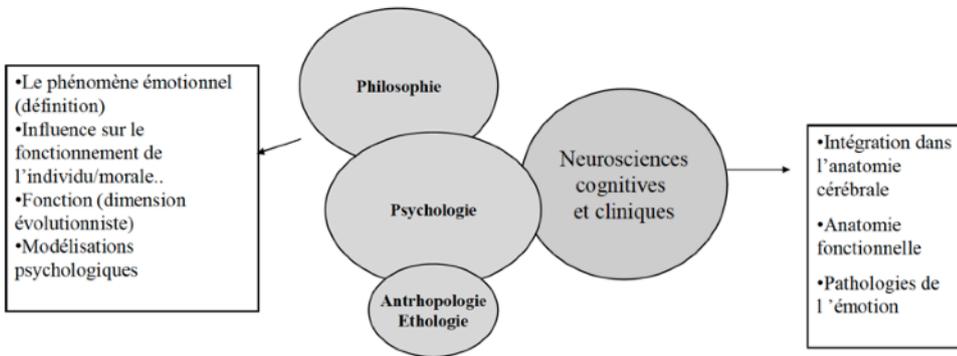
Les émotions

Introduction	2
I) Définition et principales théories des émotions	2
A) Émotions et autres phénomènes affectifs	2
B) Définition d'une émotion	3
C) Théories historiques	3
1) Théorie Evolutionniste de Darwin	3
2) Théories de James-Lange (1884) et de Cannon-Bard (1927-34)	3
D) Théories psychologiques	4
1) Le courant "néo-Darwinien"	4
2) Notion d'émotion primaire ou basique	4
3) Réponses faciales	5
4) Notions d'activation et valence	5
E) Théories de l'évaluation cognitive	6
1) Notion d'évaluation > Action	6
II) Les corrélats anatomo-fonctionnels des émotions	7
A) Étude des mécanismes cérébraux	7
B) Réseau cérébral émotionnel	7
1) Hypothalamus	8
2) Amygdale (noyaux amygdaliens) et système limbique	8
D) Structures régulatrices	11
1) Cortex préfrontal	11
2) Effet des lésions bilatérales (syndrome frontal) (important)	11
3) Activations IRMf lors de tâches de contrôle émotionnel	11
Conclusion :	12
3) Expériences de peur conditionnée : modèle d'apprentissage et mémoire émotionnelle	12
4) Les circuits de la peur conditionnée : Rôle central de l'amygdale et ses projections	13
5) Effet des lésions amygdaliennes bilatérales	13
6) Imagerie fonctionnelle : activation de l'amygdale	13
C) Stimulations amygdaliennes	14



Introduction

Les émotions, un vaste champs d'investigation :



Dans ce cours, nous aborderons brièvement l'un des aspects fondamentaux de notre vie mentale : les **émotions**. Ce thème, **vaste et complexe**, a suscité l'intérêt de nombreux champs des **sciences humaines** (philosophie, psychologie, anthropologie) et des neurosciences, ainsi que de la clinique des **maladies neurologiques et psychiatriques**.

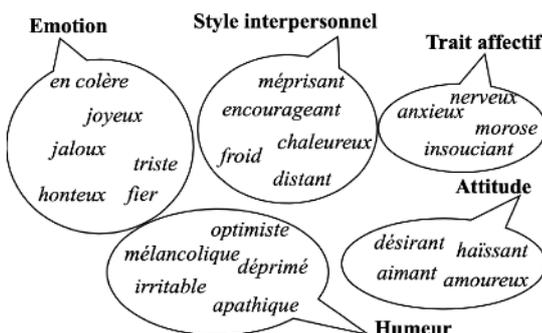
Les études dans ces domaines se sont concentrées sur la **définition du phénomène émotionnel**, son influence sur le comportement humain et ses liens avec des aspects comme la morale ou l'évolution. La **psychologie expérimentale** a, au fil du temps, produit plusieurs théories sur les **émotions**, incluant une approche évolutionniste, et développé des modèles pour comprendre leur impact sur l'individu. Nous examinerons certains de ces aspects au cours de ce chapitre.

Dans le domaine des **neurosciences cliniques et cognitives**, l'intérêt porte sur l'intégration des données émotionnelles dans l'**anatomie cérébrale fonctionnelle** : comment différentes régions du cerveau interagissent pour générer les émotions, et comment ces systèmes peuvent être altérés dans des maladies, notamment neurologiques et psychiatriques.

Les **émotions**, cependant, ne sont pas les seuls phénomènes affectifs : d'autres expériences comme le **style affectif interpersonnel** ou l'**humeur** font également partie du **vécu humain**, mais elles sont de nature plus **durable et chronique**.

1) Définition et principales théories des émotions

L'émotion par rapport aux autres phénomènes affectifs



L'émotion par rapport aux autres phénomènes affectifs

Qualités	L'émotion par rapport aux autres phénomènes affectifs						
	Intensité	Durée	Synchronisation	Événement cible	Déclenchement de l'appétit	Rapide de changement	Impact comportemental
Types d'affects							
Emotions : p. ex., en colère, triste, joyeux, apeuré, honteux, fier.	●	●	●	●	●	●	●
Humeurs : p. ex., mélancolique, irritable, apathique, déprimé, optimiste	●	●	●	●	●	●	●
Style interpersonnel : p. ex., distant, froid, chaleureux, encourageant, méprisant	●	●	●	●	●	●	●
Préférences / Attitudes : p. ex., aimant, amoureux, haïssant, désirant	●	●	●	●	●	●	●
Traits affectifs : p. ex., nerveux, anxieux, insouciant, morose, hostile	●	●	●	●	●	●	●

Scherer, K. R. (2005). Social Science Information.

B) Définition d'une émotion

La définition d'une émotion n'est pas strictement univoque, mais elle peut être comprise comme une **réponse à un stimulus environnemental organisée en trois composantes principales, souvent appelées la triade émotionnelle :**

1. L'expérience mentale ou affect : il s'agit de l'impression consciente associée à l'émotion. Cette composante, accessible en physiologie principalement chez l'humain, représente la dimension subjective de l'émotion.

2. La réponse physiologique du système nerveux autonome : des modifications physiologiques, telles que des variations de la tension artérielle, de la fréquence respiratoire et cardiaque ou de la transpiration cutanée, sont mesurables et peuvent également être observées chez l'animal.

3. La réponse comportementale et motrice : elle inclut notamment les expressions faciales, qui jouent un rôle crucial dans la communication interpersonnelle des émotions.

C) Théories historiques

1) Théorie Evolutionniste de Darwin

Parmi les premiers à étudier les **émotions à l'époque moderne, Charles Darwin** a proposé une théorie évolutionniste des émotions dans son ouvrage de **1872, *L'expression des émotions chez l'homme et les animaux***. Darwin y explore plusieurs aspects clés, tels que le **rôle de l'expression faciale**, le **caractère universel** des émotions, et leur fonction **communicative** au sein de l'espèce.

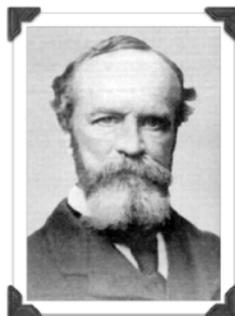


Ses travaux ont eu une influence durable, donnant naissance au courant néo-darwinien en psychologie expérimentale, avec des chercheurs comme **Paul Ekman** et **Carroll Izard**, qui ont approfondi ses théories.

2) Théories de James-Lange (1884) et de Cannon-Bard (1927-34)

William James

- ♦ William James (1842-1910), philosophe/psychologue américain
- ♦ Considéré comme le père fondateur de la psychologie expérimentale (en parallèle avec W. Wundt à Leipzig)
- ♦ Premier Laboratoire de Psychologie (Harvard, 1875)
- ♦ 1890 : *Principles of Psychology*



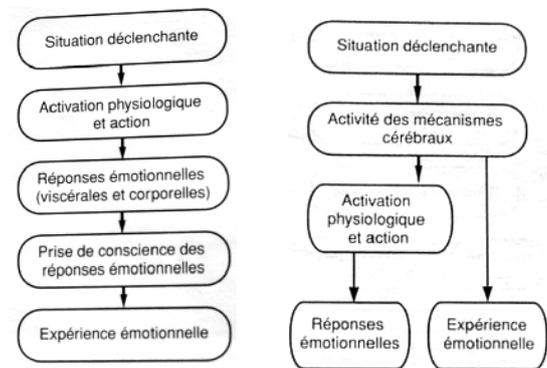
Walter Cannon

- ♦ Walter Cannon (1871-1945), physiologiste américain
- ♦ Professeur de Physiologie à Harvard
- ♦ Utilisation des rayons X
- ♦ Fondateur du concept d'homeostasie
- ♦ Philip Bard (1898-1977), Doctorant de Cannon



Deux autres grandes théories historiques ont exploré les mécanismes d'induction des émotions, opposant des mécanismes périphériques et centraux.

Issues de recherches sur l'animal et datant de la **fin du XIXe au début du XXe siècle**, ces théories, celles de **James-Lange** et de **Cannon-Bard**, ont alimenté un débat toujours actuel.



Théorie de James (périphérique)

Théorie de Cannon-Bard (centrale)

La théorie périphérique de **William James** (reprise indépendamment par Carl Lange) propose que l'émotion découle des **réponses physiologiques du corps**. Selon James, « Nous nous sentons tristes parce que nous pleurons, en colère parce que nous frappons quelqu'un et effrayés parce que nous tremblons ». Dans cette perspective, l'émotion est une **interprétation de l'état physique actuel**, les réponses périphériques (tachycardie, tremblements, etc.) déclenchant la conscience de l'émotion ressentie.

À l'inverse, **la théorie centrale de Walter Cannon et Philip Bard** postule que les émotions sont d'abord **traitées** par le **cerveau**, qui active simultanément les réponses périphériques et la conscience subjective de l'émotion. Cannon et Bard ont remis en question la théorie de James-Lange, affirmant que les réponses physiologiques **sont trop lentes** pour expliquer l'expérience émotionnelle, qui survient plus rapidement et de façon plus intégrée au niveau cérébral. Des recherches sur des lésions chez l'animal ont appuyé cette théorie, **aujourd'hui largement acceptée**.

Toutefois, il est reconnu que les réponses périphériques influencent aussi les émotions par un effet de rétroaction. Ainsi, plutôt que de s'opposer, ces théories peuvent être envisagées comme **complémentaires**, chacune apportant un éclairage sur le rôle des processus périphériques et centraux dans l'expérience émotionnelle.

D) Théories psychologiques

1) Le courant "néo-Darwinien"

Nous abordons maintenant les **théories psychologiques des émotions**, qui sont fondamentales car elles constituent la base des études en **neurosciences**. Parmi ces théories, le courant **néo-darwinien** met l'accent sur les émotions primaires (ou basiques), en soulignant leur rôle dans la survie et l'évolution des espèces ainsi que l'importance de l'expression faciale des émotions dans la communication entre individus. Ces **émotions primaires** sont considérées comme des **réponses universelles et biologiquement déterminées** qui facilitent les interactions au sein de l'espèce.

2) Notion d'émotion primaire ou basique

Les émotions **primaires** ou **basiques** incluent généralement la **colère**, la **peur**, le **dégoût**, la **tristesse**, la **joie** et la **surprise**, bien que cette liste puisse varier légèrement selon les auteurs. Ces émotions se distinguent par un **signal universel** dans leur expression et leur reconnaissance : quel que soit le groupe humain, ces émotions sont identifiables à partir de l'expression faciale.

Elles sont également présentes chez d'autres primates, comme les **chimpanzés**, chez qui on peut observer une certaine similitude dans ces réactions émotionnelles.

Les émotions primaires sont rapidement déclenchées, de courte durée, et quasi réflexes, directement liées au stimulus émotionnel (**Leventhal, 1984**). Les émotions plus complexes sont souvent considérées comme des combinaisons de ces émotions de base.

3) Réponses faciales

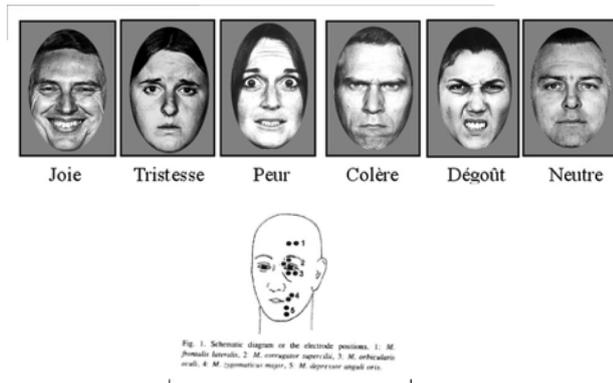


Illustration - Universalité des expressions faciales émotionnelles
 Ekman, P., Friesen, W. V. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 17, 124-129.

Reconnaissance d'expressions faciales dans une culture pré-littéraire de Nouvelle Guinée : argument pour l'universalité des expressions émotionnelles

TABLE 1 ADULT RESULTS			
Emotions described in the story	Emotions shown in the two incorrect photographs	No. SA	% choosing correct face
Happiness	Surprise, disgust	02	00%
	Surprise, sadness	57	83%
	Fear, anger	02	00%
Anger	Disgust, anger	56	79%
	Surprise, surprise	02	00%
	Disgust, surprise	31	47%
Sadness	Fear, sadness	44	66%
	Anger, fear	25	38%
	Anger, surprise	31	47%
Disgust (small story)	Anger, happiness	11	17%
	Anger, disgust	45	68%
	Disgust, surprise	45	68%
Disgust (difficult story)	Surprise, surprise	36	54%
	Fear, disgust	11	17%
	Happiness, anger	31	47%
Fear	Anger, disgust	52	78%
	Surprise, surprise	35	53%
	Anger, happiness	35	53%
Fear	Disgust, happiness	26	39%
	Surprise, happiness	52	78%
	Surprise, disgust	21	32%
Fear	Surprise, disgust	21	32%
	Surprise, sadness	02	00%
	Surprise, happiness	02	00%

Plates utilisées dans des recherches inter-culturelles (Ekman & Friesen, 1969; voir Kaiser et al., in prep.)

De nombreuses recherches ont porté sur l'expression faciale des émotions. Dès le **XIXe siècle**, des chercheurs comme **Charles Darwin et Duchenne de Boulogne** ont étudié la relation entre émotions et contractions musculaires faciales. Les émotions négatives sont souvent associées à la **contraction du muscle corrugateur** (froncement des sourcils), tandis que les émotions positives activent principalement les **muscles zygomatiques** et les muscles **péri-oculaires** (*Orbicularis oculi*).

Le **psychologue Paul Ekman** a approfondi ces travaux en développant un test de reconnaissance des émotions primaires sur les visages, démontrant que la reconnaissance des émotions faciales est universelle : quel que soit le contexte culturel, les individus identifient de manière similaire les expressions de base, comme la peur ou la joie.

4) Notions d'activation et valence

Les émotions primaires sont également caractérisées par **deux notions clés** : la **valence** et l'**activation** (ou arousal).

La valence permet de classer les émotions en positives ou négatives. Les émotions **positives**, telles que la joie et le bonheur, encouragent des comportements de récompense et de rapprochement associés à la nutrition, à la reproduction et à la survie de l'espèce. À l'inverse, les émotions **négatives** (peur, tristesse, dégoût) suscitent des réponses d'évitement, de fuite ou d'agressivité, visant à protéger l'individu.

La notion d'activation ou "arousal" désigne l'effet stimulant ou calmant d'une émotion. Par exemple, la tristesse tend à réduire l'éveil, tandis que des émotions comme la peur ou la surprise augmentent l'activation. Cette classification permet d'étudier les réponses émotionnelles en laboratoire, en observant comment certaines émotions augmentent ou abaissent le niveau d'éveil de l'individu.

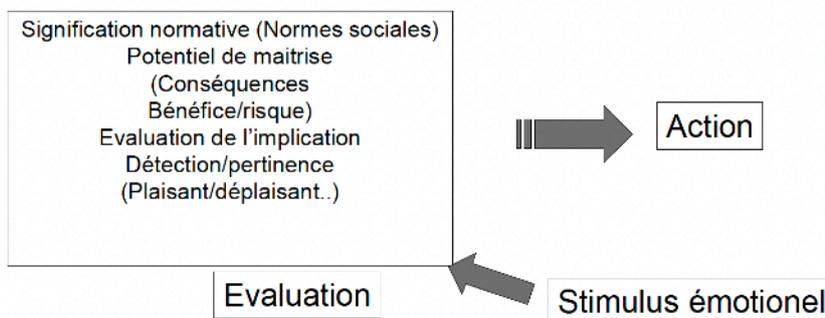
E) Théories de l'évaluation cognitive

Un autre courant majeur en psychologie cognitive repose sur les **théories de l'évaluation cognitive**. Contrairement aux approches **centrées sur les émotions** comme phénomènes universels visant la survie de l'espèce, ces théories examinent les émotions sous **un angle individuel**.

Elles mettent en avant le rôle des **processus cognitifs** dans la **modulation** et la **régulation** des réponses émotionnelles, permettant à l'individu de réagir de manière adaptée en fonction de son expérience personnelle, de son environnement social et des normes sociales.

Dans ce modèle, l'émotion n'est plus une simple réaction réflexe mais résulte d'une **évaluation**. L'individu, en interaction avec ses souvenirs, ses références internes et les normes sociales, discrimine et ajuste ses émotions pour adopter une réponse appropriée à la situation.

1) Notion d'évaluation > Action



Modèle de Scherer (1984)

Cette diapositive présente un **modèle simplifié d'évaluation cognitive** en réponse à un stimulus émotionnel. L'émotion suscitée par ce stimulus est suivie d'une **évaluation séquentielle** de plusieurs composantes, qui influencent l'action finale dans une perspective individuelle.

Ces composantes incluent **l'évaluation des conséquences** (bénéfice/risque), la **signification normative** (adéquation avec les normes sociales) et d'autres paramètres tels que le **caractère plaisant** ou **déplaisant** du stimulus. Ce processus d'évaluation aboutit à une **action**, illustrant le lien entre émotion et mouvement, avec une prise en compte de facteurs sociaux et personnels pour une réponse ajustée.

II) Les corrélats anatomo-fonctionnels des émotions

Nous allons aborder quelques notions sur les corrélats anatomo-fonctionnels des émotions, c'est-à-dire les principales régions cérébrales impliquées dans les émotions.

A) Étude des mécanismes cérébraux

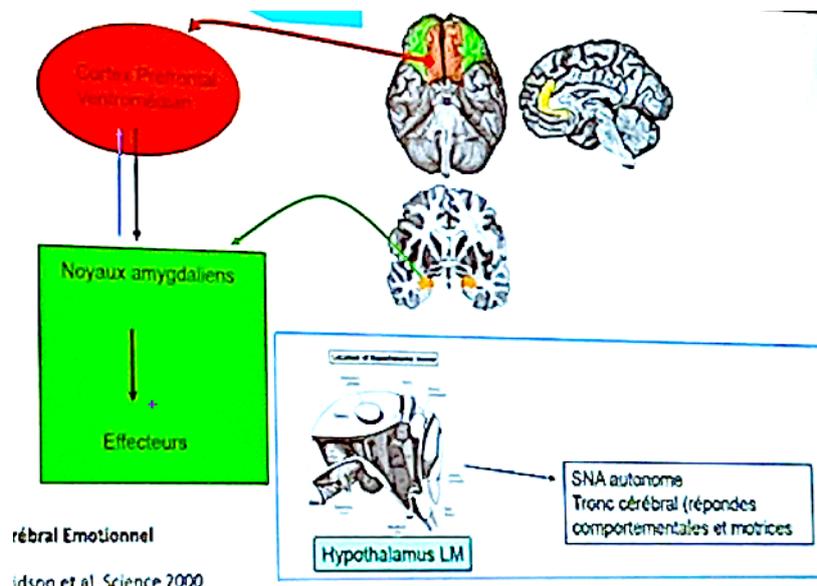
L'étude des émotions en neurophysiologie et en neurosciences repose sur des approches expérimentales menées tant chez l'animal que chez l'humain. **Trois principales méthodes** sont utilisées pour examiner les mécanismes cérébraux impliqués dans les émotions :

1. Effet des lésions cérébrales : Les recherches sur l'animal impliquent des lésions sélectives, tandis que chez l'humain, l'étude des lésions est souvent liée aux pathologies neurologiques.

2. Effet des stimulations : L'impact de la stimulation électrique de certaines zones cérébrales est étudié chez l'animal et, dans certains cas, chez l'humain, notamment à travers la pose d'électrodes intracérébrales chez des patients épileptiques pour localiser les zones impliquées dans l'épilepsie.

3. Imagerie fonctionnelle : Ces dernières décennies, l'IRM fonctionnelle (fMRI) a permis une avancée majeure dans les études émotionnelles, permettant de visualiser in vivo les régions cérébrales activées lors de tâches émotionnelles, principalement chez l'humain.

B) Réseau cérébral émotionnel

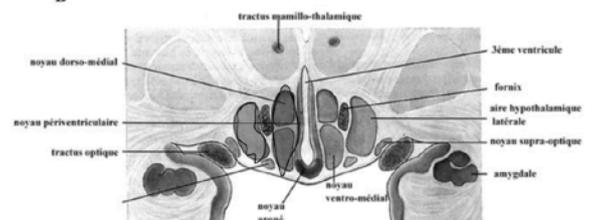
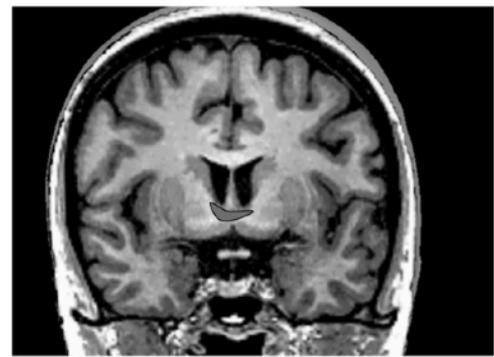


Les études neuroscientifiques ont permis d'identifier un **réseau émotionnel** (ou emotional network) impliqué dans la régulation et le déclenchement des réponses émotionnelles. **Ce réseau se divise en deux groupes principaux de structures** : les régions **effectrices** et les régions **régulatrices**.

1. Régions effectrices : Ces structures sont probablement responsables de réponses émotionnelles **rapides** et **stéréotypées**, proches des **émotions primaires**. Elles incluent notamment les **noyaux amygdaliens**, situés dans chaque lobe temporal, qui jouent un rôle central dans le déclenchement des émotions, comme la peur. Ces noyaux influencent directement l'**hypothalamus**, plus précisément les régions **latérale** et **médiane**, qui coordonnent les réponses du **système nerveux autonome** et les **réponses comportementales** et motrices par l'intermédiaire de relais dans le tronc cérébral.

2. Régions régulatrices : Situées principalement dans le **cortex préfrontal ventromédian** (la partie basale et médiane du lobe frontal), ces zones jouent un rôle inhibiteur essentiel sur les structures **effectrices**. Ce **cortex préfrontal ventromédian**, particulièrement développé chez les primates et encore plus chez l'humain, permet une régulation **émotionnelle sophistiquée** en inhibant les **noyaux amygdaliens** et d'autres effecteurs. Sans cette inhibition, les réponses émotionnelles seraient davantage de nature réflexe, sans modulation adaptative.

En somme, l'**amygdale** tend à activer les **effecteurs**, tandis que le **cortex préfrontal ventromédian** régule ces **réponses** en exerçant un effet **inhibiteur**, intégrant ainsi les mécanismes de **régulation émotionnelle**.



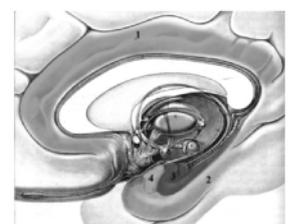
1) Hypothalamus (pas de questions de là à « 2) Effet des lésions bilatérales »)

L'**hypothalamus (HT)**, particulièrement ses **noyaux médians** et **latéraux**, joue un rôle central dans les **réponses émotionnelles comportementales** et du **système nerveux autonome**. Il est souvent considéré comme une "**voie finale**" coordonnant les réponses végétatives, comportementales et hormonales lors des émotions, notamment via l'**activation de l'axe corticotrope**.

Des recherches expérimentales, notamment les travaux de **Flyn et al.** dans les années **1960** et de **Siegel (2005)**, ont montré que la stimulation de l'hypothalamus médian et latéral pouvait provoquer chez le chat des états de rage simulée, caractérisés par des comportements de **colère** et **d'agressivité**. Ces résultats soulignent le rôle de l'**hypothalamus** en tant que grande structure **effectrice** des **réponses émotionnelles**.

2) Amygdale (noyaux amygdaliens) et système limbique

Les **noyaux amygdaliens**, ou **amygdales**, sont parmi les structures les plus étudiées dans les **réseaux émotionnels** du **cerveau**. Situées à la face interne des lobes temporaux, elles font partie du **système limbique**, un ensemble de régions cérébrales interconnectées, qui inclut également l'hippocampe (impliqué principalement dans la mémoire) et le **gyrus cingulaire**. L'amygdale est la principale



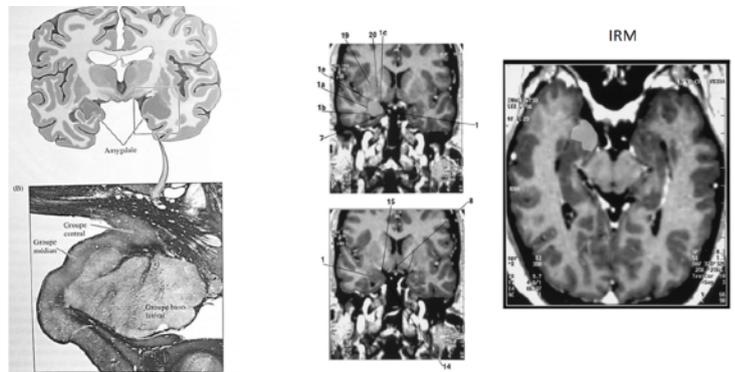
G cingulaire
G Parahippocampique
Hippocampe
Amygdale

structure émotionnelle du système limbique, alors que l'hippocampe n'est pas directement impliqué dans les réponses émotionnelles.

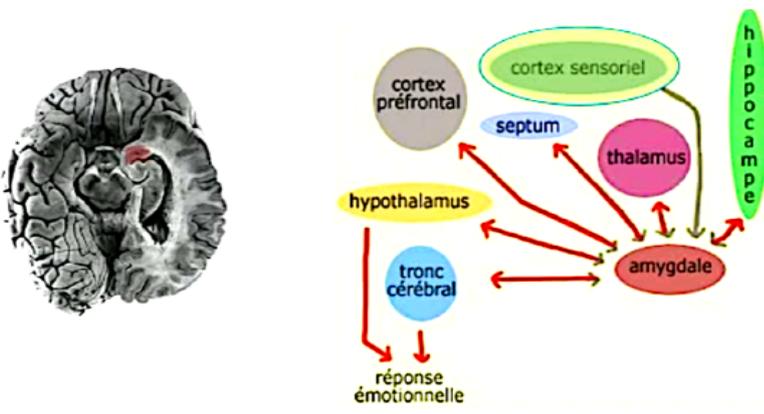
L'amygdale se compose de trois groupes principaux de noyaux :

- 1. Le noyau basolatéral** – le plus grand et considéré comme la porte d'entrée des informations sensorielles dans l'amygdale. Il reçoit des afférences provenant de divers cortex sensoriels, incluant les cortex visuel, auditif, olfactif et somatosensoriel.
- 2. Le noyau médian ou corticomédian** – impliqué principalement dans l'olfaction et connecté au cortex olfactif.
- 3. Le noyau central** – la voie de sortie principale de l'amygdale, reliant l'amygdale à l'hypothalamus et permettant ainsi l'activation des réponses émotionnelles.

Les noyaux amygdaliens, visibles sur **IRM**, sont situés **en avant des hippocampes** dans chaque lobe temporal. Ils présentent une **cytoarchitecture** différente de celle du **néocortex** et sont particulièrement riches en **connexions bidirectionnelles** avec d'autres régions cérébrales, incluant l'hypothalamus, le cortex préfrontal ventromédian et certains noyaux du tronc cérébral.



Ces connexions étendues permettent à l'amygdale d'intégrer des **informations sensorielles** de divers cortex et de jouer un rôle déterminant dans la **génération** et la **régulation** des réponses émotionnelles.



L'amygdale joue un rôle central dans de nombreux aspects des fonctions émotionnelles, en particulier dans la **physiologie de la peur et des émotions similaires**.

Elle agit comme une sorte de **tour de contrôle dans le cerveau**, recevant des informations de l'environnement et régulant les réponses de peur. Ses fonctions principales incluent :

- 1. La détection du danger** dans l'environnement et le déclenchement des réactions de peur.
- 2. L'apprentissage et le conditionnement à la peur**, permettant d'associer certaines situations à des dangers et de développer des réponses pour les éviter.
- 3. La communication inter-individuelle**, notamment par la reconnaissance faciale des émotions. L'amygdale est essentielle pour identifier les expressions de peur chez autrui, facilitant la communication émotionnelle.

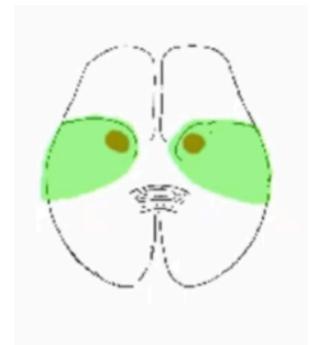
En plus de ces fonctions, l'amygdale **module les réponses des autres structures cérébrales**, influençant la **cognition**, la **mémoire** et l'**attention**. Elle est en connexion avec l'**hippocampe**, améliorant la **mémorisation** d'informations émotionnelles. En situation de peur, elle augmente l'activité des cortex sensoriels, amplifiant les **phénomènes attentionnels** pour une vigilance accrue. Ainsi, l'amygdale ne se contente pas de détecter les dangers, mais exerce également une influence complexe sur diverses fonctions cérébrales.

La destruction des amygdales a révélé leur rôle clé dans les réactions émotionnelles, notamment la **peur** et la **colère**. Dans les années **1930**, les **pharmacologues Kluver et Bucy** ont mené des expériences classiques aux États-Unis en détruisant les parties antérieures des deux lobes temporaux chez des **singes** (macaques), ce qui a conduit à ce que l'on appelle aujourd'hui le **syndrome de Kluver et Bucy (SKB)**.

Les singes affectés présentaient une **docilité excessive**, accompagnée d'une perte des réactions de peur et de colère, ainsi que d'autres symptômes tels que l'**hyperoréalité** (exploration orale des objets), la **boulimie** et un **comportement sexuel anormal**.

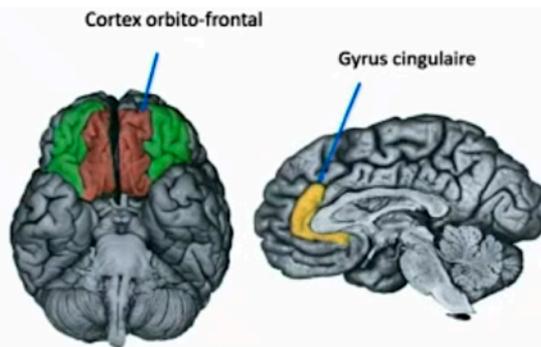
Le rôle spécifique de l'amygdale dans ces réactions émotionnelles a été confirmé ultérieurement par des études de **lésions sélectives**.

En détruisant uniquement les amygdales de manière **bilatérale**, des chercheurs (**notamment Amaral et Insausti en 1992 avec l'acide iboténique**) ont constaté que les singes perdaient leurs réponses de **peur** et présentaient des **troubles de la conduite sociale**, reproduisant la partie émotionnelle du syndrome de Kluver et Bucy. Ces études ont constitué l'une des premières démonstrations du rôle fondamental de l'amygdale dans les réponses de peur chez l'animal.



D) Structures régulatrices

- ❑ Le cortex PF ventromédian (gyrus cingulaire, cortex orbitofrontal) est particulièrement impliqué dans la régulation des émotions
- ❑ Structure clé inhibitrice des structures effectrices (amygdale)
- ❑ Joue un rôle majeur dans l'évaluation émotionnelle (estimation des conséquences, normes sociales)(Damasio, 1994)



1) Cortex préfrontal

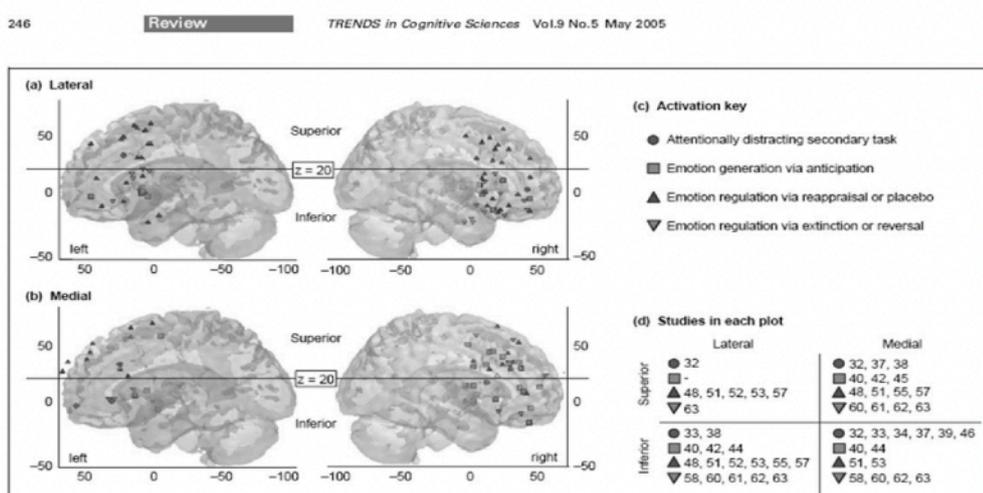
Dans le cortex préfrontal, les régions **ventro-médianes** jouent un rôle central dans la **régulation émotionnelle**. Cette zone inclut le **cortex orbito-frontal**, situé à la base du **lobe préfrontal**, et la partie antérieure du **gyrus cingulaire** (en jaune), une région appartenant au **système limbique**. Ces régions sont essentielles pour **inhiber** les structures effectrices comme l'amygdale et participent aux mécanismes d'évaluation émotionnelle, notamment l'estimation des **conséquences des actions** et l'**adéquation des réponses aux normes sociales**.

2) Effet des lésions bilatérales (syndrome frontal) (important)

Des **lésions bilatérales** dans ces systèmes, par exemple à la suite d'un **traumatisme crânien**, entraînent des **troubles émotionnels importants**, avec des modifications marquées de la **personnalité**. Ces perturbations incluent une **désinhibition**, une **familiarité excessive**, de l'**impulsivité**, et des difficultés majeures dans la régulation émotionnelle. L'évaluation des émotions est également **altérée**, et les réactions émotionnelles normales sont réduites.



3) Activations IRMf lors de tâches de contrôle émotionnel



Ochsner & Gross
The Cognitive Control
of Emotion
Trends in cognitive
sciences, 2005-

Le **contrôle émotionnel** a été largement étudié en **imagerie fonctionnelle**, utilisant des paradigmes dans lesquels les sujets doivent exercer (ou non) un contrôle mental sur leurs réactions émotionnelles. Ces études montrent que le **cortex préfrontal**, en particulier les régions **ventro-médianes**, s'active fortement lorsque les sujets régulent leurs réponses émotionnelles, comme lorsqu'on leur présente des images à forte composante émotionnelle et qu'on leur demande de maîtriser leurs réactions.

Conclusion :

Pour conclure ce survol, il est important de noter que les émotions sont devenues un **sujet majeur de recherche** en **neurosciences** et en **neurologie**, conduisant à une meilleure compréhension des régions cérébrales impliquées. Parmi les émotions basiques, la **peur** est de loin **la mieux étudiée**, l'**amygdale** jouant un rôle central dans son déclenchement et sa régulation. Paradoxalement, **les circuits des émotions positives restent moins bien compris**.

Le modèle présenté ici est essentiel pour comprendre l'expression de certaines **pathologies** : un défaut de contrôle émotionnel, en particulier au niveau des circuits impliqués dans l'amygdale et le cortex préfrontal, peut entraîner des conduites anormales telles que l'agressivité impulsive, liée à des troubles de la régulation émotionnelle.

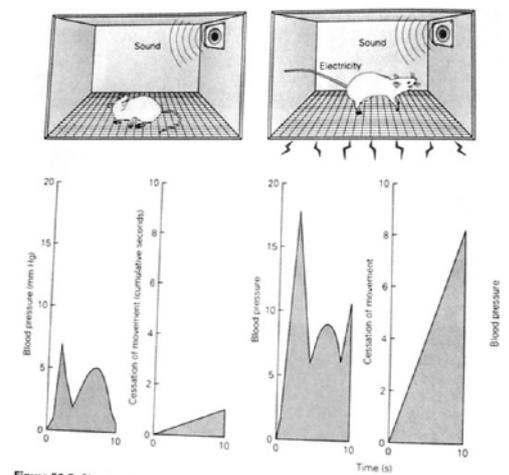
3) Expériences de peur conditionnée : modèle d'apprentissage et mémoire émotionnelle

Les expériences de **peur conditionnée** sont devenues un modèle central pour l'étude de l'apprentissage et de la mémoire émotionnelle.

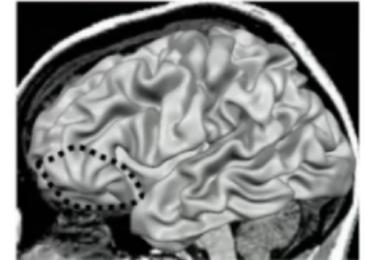
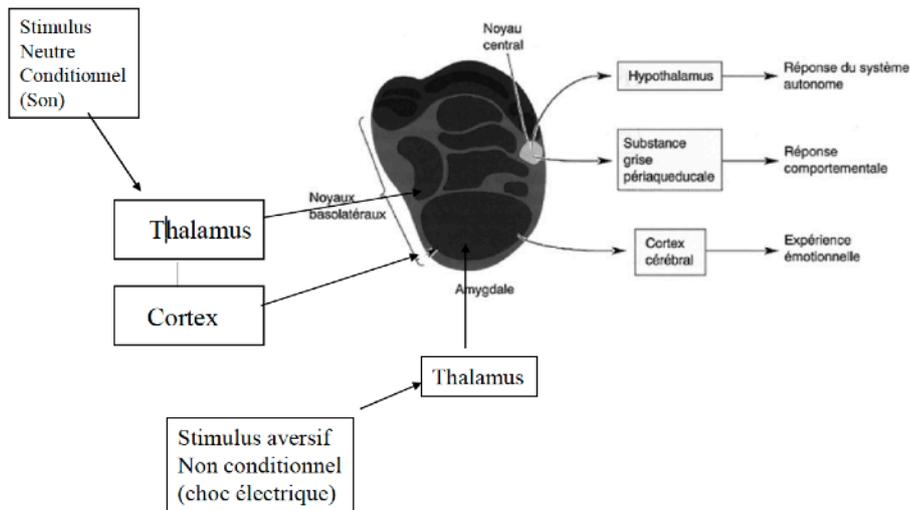
L'équipe de **Joseph LeDoux à New York** a mené des recherches célèbres sur ce phénomène, notamment chez le rat. Dans ces expériences, un **stimulus aversif** (un choc électrique sur la patte) est associé à un stimulus **neutre** (une sonnerie), qui, seul, n'induit initialement aucune réaction de peur chez l'animal.

Le stimulus aversif déclenche des réactions émotionnelles marquées, telles que l'élévation de la **tension artérielle (TA)** et un comportement de **freezing** (immobilisation complète), signes d'émotions négatives.

En répétant l'association entre le stimulus aversif et le stimulus neutre, l'animal finit par apprendre cette association. Une fois conditionné, le **rat réagit à la simple sonnerie** (sans stimulus aversif), manifestant les mêmes réponses émotionnelles d'élévation de la **TA** et de **freezing**. Ce processus illustre le **conditionnement**, où le stimulus neutre devient suffisant pour déclencher les réactions émotionnelles, sans la présence du stimulus aversif.



4) Les circuits de la peur conditionnée : Rôle central de l'amygdale et ses projections



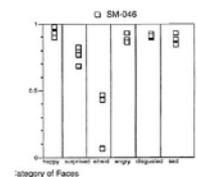
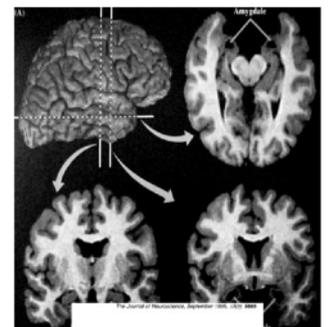
L'amygdale intègre le stimulus neutre (le son) et le stimulus aversif grâce à ses projections sensorielles. La réponse végétative (augmentation de la tension artérielle) et la réponse comportementale (freezing ou immobilisation de l'animal) dépendent ensuite de l'activation de son noyau central.

5) Effet des lésions amygdaliennes bilatérales

Les **lésions bilatérales** des **amygdales** chez l'humain ont été particulièrement étudiées, notamment par l'équipe du neurologue **Antonio Damasio** aux États-Unis dans les années **1990**. Ces recherches ont porté sur des patients atteints de la maladie **d'Urbach-Wiethe**, une condition congénitale entraînant une destruction bilatérale des amygdales.

Bien que ces patients ne présentent généralement pas de troubles cognitifs significatifs, ils montrent des **difficultés** sélectives à reconnaître **l'expression de la peur** sur les visages, et, dans une moindre mesure, **l'expression de la colère**.

Ces travaux, confirmés par des études de **Adolphs et al. (1994, 1995)**, montrent que l'absence d'amygdales entraîne des anomalies spécifiques dans la reconnaissance des expressions faciales associées aux émotions négatives, soulignant le rôle essentiel de l'amygdale dans la perception de la peur.



6) Imagerie fonctionnelle : activation de l'amygdale

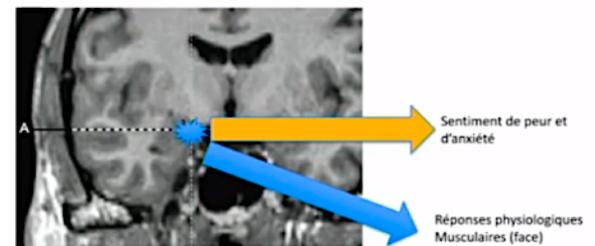
- Reconnaissance de visages exprimant la peur
- Activation proportionnelle au niveau de peur exprimée

Peur

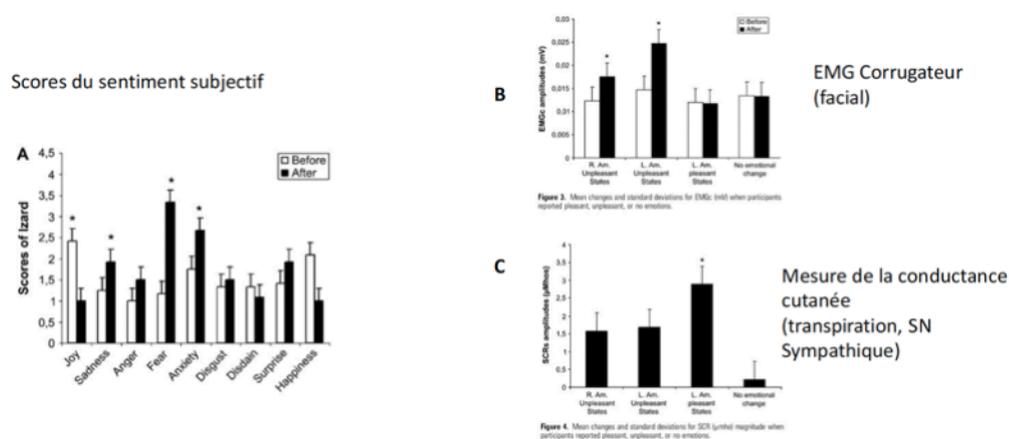
Chez l'homme, une vaste littérature en imagerie cérébrale fonctionnelle (IRMf) depuis les **années 1990** a montré que l'exposition à des visages exprimant la peur active les noyaux **amygdaliens**. L'intensité de cette activation peut être **proportionnelle au degré de peur** exprimé dans ces visages, variant en fonction des ajustements de l'intensité émotionnelle (par exemple, par morphing). Cette activation est observée de manière **unilatérale** ou **bilatérale** selon les études, illustrant le rôle de l'**amygdale** dans l'intégration et la reconnaissance des expressions faciales de peur.

C) Stimulations amygdaliennes

Des données importantes sur la physiologie des émotions ont été obtenues par **stimulation électrique de l'amygdale chez des patients épileptiques souffrant d'épilepsie pharmacorésistante**.



Dans ces cas, des électrodes **intracérébrales** sont **implantées** pour enregistrer l'activité cérébrale via la **StéréoelectroEncéphalographie (SEEG)**, permettant de localiser les zones pathologiques en vue d'une intervention chirurgicale. Ces électrodes permettent également de délivrer de faibles courants alternatifs (de l'ordre du milliampère) pour explorer les réponses émotionnelles.



52.5% changements dans les scores émotionnels
Peur +++ anxiété, tristesse (p<0.005)

Ces recherches, y compris celles de notre équipe, montrent que la stimulation du noyau amygdalien déclenche un sentiment de peur ou d'anxiété et active les trois composantes de la réponse émotionnelle :

- **En A**, le ressenti émotionnel des patients révèle une augmentation des scores de peur et d'anxiété, avec une diminution de ceux de joie.
- **En B**, l'activité musculaire du corrugateur augmente, traduisant les expressions faciales de peur et d'inquiétude.
- **En C**, on observe une augmentation de la conductance cutanée, reflet de l'activation du système nerveux orthosympathique.

Ces réponses physiologiques et comportementales, incluant des modifications de la tension artérielle et de la transpiration cutanée, confirment le rôle direct de l'amygdale dans la régulation des émotions.