

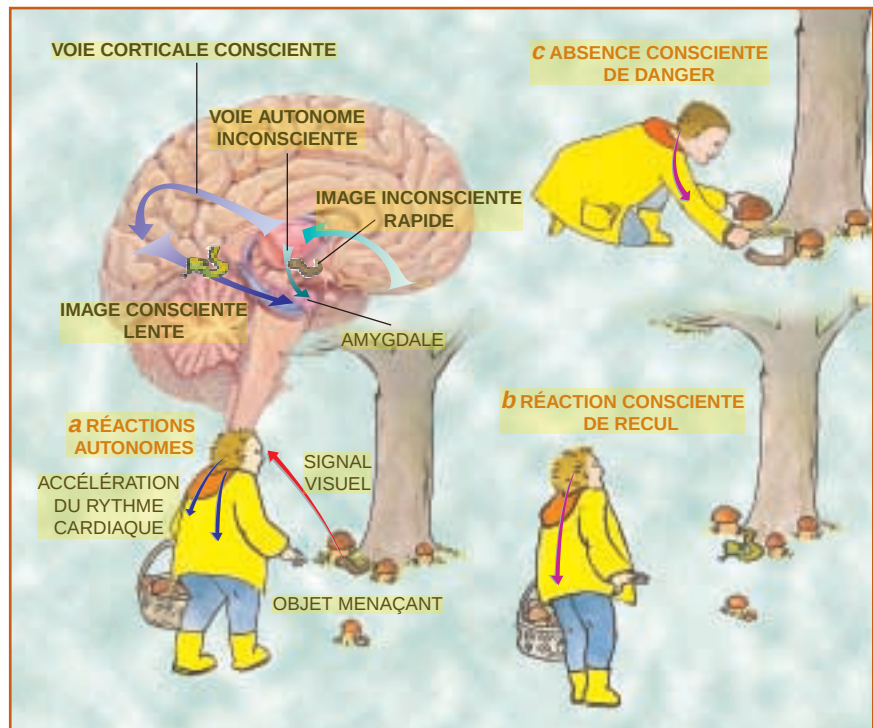
certaines modifications corporelles et les chocs qui les ont précédées.

Ainsi les réactions autonomes liées à la peur peuvent être enregistrées et déclenchées par des stimulus dont on n'a pas conscience. Les stimulus effrayants captent l'attention et déclenchent des réactions de frayeur, sans que l'on en ait conscience. En d'autres termes, si nous avons été conditionnés (nous avons, par exemple, enduré une première expérience désagréable), nous «reconnaissons» le stimulus dangereux avant même d'en avoir conscience et même s'il est fugace, c'est-à-dire qu'il est masqué par un autre stimulus anodin : nous aurons acquis une sorte de réflexe conditionné déclenché par le stimulus masqué, qui active les circuits de la peur et qui notamment prépare l'organisme à la fuite ou au combat.

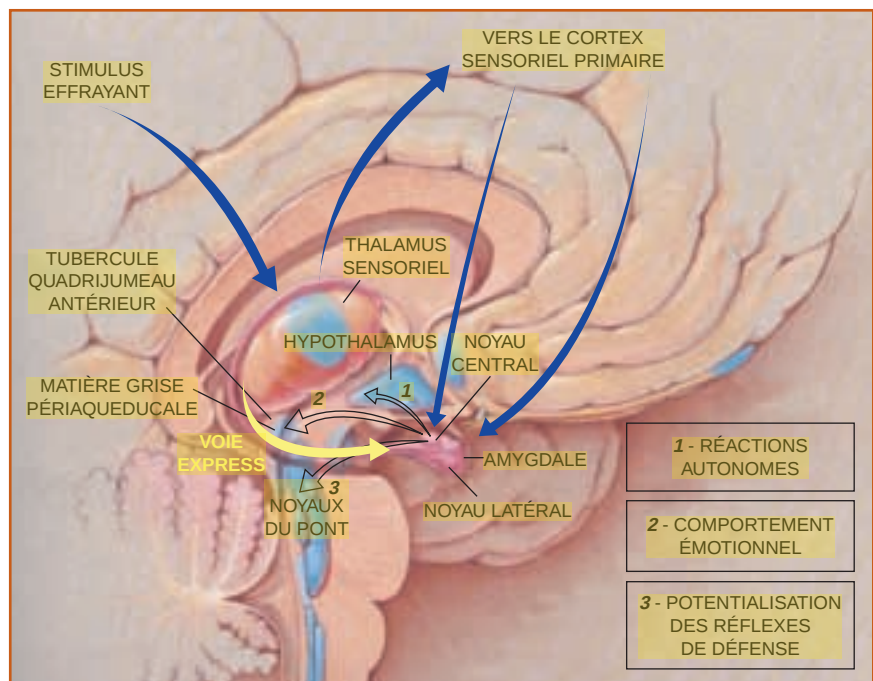
Le rôle de l'amygdale

Ces résultats concordent avec ceux que Joseph LeDoux, de l'Université de New York, Michael Davis à l'Université d'Emory et Michael Fanselow à l'Université de Los Angeles ont décrits chez le rat : les noyaux amygdaliens sont les éléments principaux du circuit cérébral de la peur. Des fibres nerveuses relient le noyau amygdalien central à l'hypothalamus latéral : elles commandent les réactions autonomes ; d'autres, reliées à la matière grise périaqueducale du cerveau moyen, commandent les comportements liés à la peur, c'est-à-dire l'immobilisation, puis l'attaque ou la fuite ; enfin des connexions entre le noyau amygdalien central et des noyaux localisés dans le tronc cérébral contrôlent les réflexes de défense et les expressions faciales. Le noyau amygdalien latéral et le noyau basolatéral, qui évaluent le contenu émotionnel des stimulus, reçoivent des afférences en provenance de plusieurs aires corticales, c'est-à-dire des informations visuelles déjà traitées, en provenance des aires temporales inférieures.

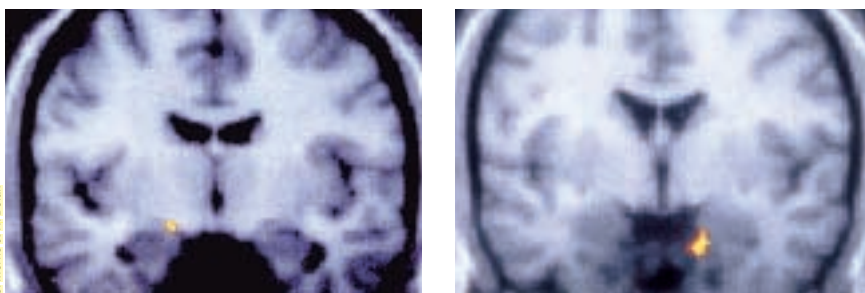
D'après J. LeDoux, des informations peu élaborées issues des noyaux thalamiques atteignent le noyau latéral de l'amygdale, qui jouerait un rôle essentiel dans l'activation de la peur. Cette voie, des noyaux thalamiques vers le noyau latéral de l'amygdale, serait une «voie express» qui permettrait une activation rapide des défenses, avant même que le stimulus effrayant n'ait été identifié. Cette organisation des



6. UNE ATTENTION FOCALISÉE, par exemple sur les champignons, est inconsciemment détournée par un objet qui semble menaçant. Avant même que le promeneur ait pris conscience de ce qui se passe, une voie cérébrale «automatique» alerte l'organisme qui se fige, et les mécanismes de défense (par exemple, l'accélération du rythme cardiaque et la préparation des muscles à la fuite) se mettent en place (a). Toutes ces réactions sont activées par une voie cérébrale autonome très rapide (en vert, sur le cerveau) qui ne requiert aucun traitement conscient des informations. Puis la voie consciente, plus lente (en violet, sur le cerveau), prend le relais : quand l'information visuelle est traitée et que le promeneur prend conscience de la nature de l'objet, ou bien il recule prudemment, car l'objet est une vipère (b), ou bien l'objet n'est qu'une branche morte, et la cueillette des champignons continue (c).



7. UN STIMULUS effrayant atteint le thalamus, lequel transmet par la «voie express» une information brute à l'amygdale. Simultanément l'information est envoyée vers le cortex, où elle est traitée. L'amygdale active l'hypothalamus latéral (voie 1), qui contrôle les réactions autonomes (l'augmentation de la conductance cutanée) ; elle active aussi la matière grise périaqueducale (voie 2) qui commande le comportement émotionnel (l'immobilisation, la fuite...) ; enfin les noyaux du pont notamment (voie 3), qui activent les réflexes de défense.



8. L'IMAGERIE CÉRÉBRALE, ici la tomographie par émission de positons, permet la visualisation des aires activées lors de certaines tâches mentales spécifiques. On présente au sujet étudié des visages agressifs masqués ou non par un visage neutre ; dans certains cas, la personne étudiée a préalablement subi un conditionnement vis-à-vis des visages agressifs. On constate que, chez les personnes ayant subi un conditionnement, l'amygdale droite (*à droite*) est activée quand on présente des visages agressifs masqués, tandis que c'est l'amygdale gauche (*à gauche*) qui est activée quand les visages agressifs ne sont pas masqués : les stimulus non masqués sont accessibles à la conscience et activent l'amygdale gauche. Inversement, les images masquées, perçues inconsciemment activent l'amygdale droite.

afférences des noyaux amygdaliens est vitale, car, d'un point de vue évolutif, il est moins coûteux d'activer les circuits de la peur, même en cas de fausse alerte, que de ne pas réagir face à ce qui pourrait être une vraie menace.

Cette notion de voie express qui mène aux noyaux amygdaliens éclaire certains de nos résultats. Si l'amygdale évalue le contenu émotionnel d'un stimulus, cette voie directe peu élaborée serait celle que suivent les messages assurant la commutation automatique de l'attention vers les stimulus effrayants. D'autres résultats montrent que le procédé de masquage perturbe le traitement cortical des stimulus visuels bien avant que le stimulus traité ne soit identifié dans le lobe temporal inférieur. Des informations incomplètement traitées concernant le stimulus visuel atteignent l'amygdale par la voie express, et l'amygdale, à son tour, active les réactions autonomes par l'intermédiaire de l'hypothalamus latéral et du tronc cérébral. Ainsi, la peur serait déclenchée par les signaux effrayants qui atteignent l'amygdale, l'aboutissement de la voie express, laquelle véhicule les signaux visuels non traités par le cortex. L'amygdale capte automatiquement les informations visuelles qui indiquent la présence possible d'un serpent ; immédiatement, les mécanismes de défense, telle l'immobilisation, sont activés avant même que le stimulus ne prenne une représentation consciente grâce au traitement par le cortex.

Chez les personnes ayant une phobie des serpents, le circuit de la peur, centré sur l'amygdale, serait hypersensibilisé, vraisemblablement à cause d'une vulnérabilité génétique et d'expériences vécues désagréables qui ont

imprimé une peur des serpents. En raison de cette sensibilité exacerbée, les serpents déclenchent automatiquement une frayeur démesurée, avant même que le stimulus de la phobie ne soit consciemment reconnu.

A-t-on des preuves directes de l'activation des circuits de la peur chez l'homme ? John Morris et Ray Dolan, du Laboratoire *Wellcome* de neurologie cognitive, à Londres, ont utilisé la tomographie par émission de positons pour visualiser les réactions du cerveau humain à des stimulus effrayants masqués. Avant de subir l'examen, les personnes testées subissaient un conditionnement où on leur présentait deux visages en colère et deux visages neutres. Un des visages agressifs servait de stimulus inconditionnel, car il était suivi par un bruit intense et désagréable. Lors de la tomographie, on leur présentait, par exemple, un visage agressif masqué par un visage neutre ; ou bien le même visage agressif masqué par un visage neutre, mais qui avait été, lors d'un conditionnement préalable, suivi par un bruit désagréable. Dans d'autres expériences, on présentait d'abord les visages neutres, puis les visages en colère non masqués.

On a ainsi montré que l'amygdale était manifestement activée quand on présentait au sujet conditionné des visages agressifs. Quand ces visages étaient masqués, seule l'amygdale droite était activée. Au contraire, quand les visages agressifs inconditionnels n'étaient pas masqués, seule l'amygdale gauche était activée. Ainsi, comme on le supposait d'après l'étude des modèles animaux, les amygdales jouent un rôle essentiel dans l'activation des réactions conditionnées à la

peur. Bien que nous n'ayons pas prévu la latéralisation de l'activation de l'amygdale en présence de stimulus masqués, cette asymétrie semble, *a posteriori*, tout à fait plausible, puisque les aires du langage, qui font certainement partie des mécanismes de reconnaissance conscients, sont localisées dans l'hémisphère gauche (l'amygdale gauche est activée lors de la présentation de stimulus non masqués, donc accessibles à la conscience).

L'imagerie cérébrale

Ainsi, en comparant les modifications des débits sanguins cérébraux, on a mis en évidence, d'une part, l'effet du conditionnement sur les stimulus inconscients masqués (activation de l'amygdale droite) et, d'autre part, les réactions du cerveau face à des stimulus inconditionnels conscients (activation de l'amygdale gauche).

Afin de découvrir quelle est la structure cérébrale responsable de l'activation inconsciente des noyaux amygdaliens, nous avons étudié, avec J. Morris et R. Dolan, s'il existait des relations privilégiées entre les noyaux amygdaliens et d'autres structures cérébrales durant la présentation masquée de visages agressifs. Nous avons montré que l'activation du noyau amygdalien droit est liée à celle de deux structures des voies optiques, le tubercule quadrijumeau antérieur, une structure cérébrale proche du thalamus, et le pulvinar droit, du noyau thalamique. En revanche, on n'a mis en évidence aucun lien entre l'activation de l'amygdale et celle du cortex. Le tubercule quadrijumeau antérieur et le pulvinar font partie d'un système de projection visuelle qui réagit aux éclats lumineux et aux mouvements ; il est constitué de grands neurones qui conduisent rapidement l'information et sont, de ce fait, moins sensibles à l'effet de masquage que les neurones plus petits et plus lents qui enregistrent les longueurs d'onde des stimulus de longue durée, et se projettent sur le corps genouillé latéral et sur le cortex visuel primaire. La voie du tubercule quadrijumeau antérieur et du pulvinar est sensible aux mouvements des yeux et est dédiée à la commande de l'attention spatiale visuelle.

Ainsi, les informations visuelles seraient partagées entre les voies optiques, constituées de neurones lents, qui mènent au cortex et fournissent les images conscientes, et un circuit