

subir les malaises et la désorientation de l'impesanteur, ne jamais avoir un moment seul... Nombre de familles se défont pour moins que cela. Le voyage vers Mars, qui devrait être une immense aventure humaine, se transformerait en échec cuisant si les concepteurs de missions ne trouvaient pas des moyens d'empêcher les explorateurs de l'espace de s'entre-déchirer.

Selon A. Thomas, la volonté suffit à conserver une ambiance supportable lors d'une mission de dix jours, mais des missions plus longues deviendront insupportables sans précautions particulières. Tout comme les ingénieurs veillent à ne pas en demander trop au matériel (en intégrant des marges de sécurité et de nombreux systèmes de secours), il ne faut pas en demander trop aux hommes. Il ne suffit pas de dire : les astronautes qui iront sur Mars ont reçu l'entraînement adéquat, donc ils peuvent tout supporter. Le risque est trop grand. Les individus que l'on enverra sur Mars seront certes spéciaux, mais ce ne seront pas des dieux.

Une analyse des missions passées révèle les difficultés possibles. Le surmenage a conduit l'équipage de la station spatiale *Skylab* à la révolte lors de la troisième et dernière rotation de l'équipage, qui a commencé en novembre 1973 : les trois hommes avaient pris du retard sur le programme et ils se sont accordé une journée de repos, désobéissant ainsi aux instructions des contrôleurs au sol. La station spatiale *Mir* fut également le théâtre de tensions, selon des rapports d'astronautes et de cosmonautes qui y séjournèrent. Les différences linguistiques et culturelles amplifient le stress : les Américains se plaignaient du comportement autoritaire des Russes, les Russes se plaignaient de l'ego exacerbé de certains de leurs visiteurs.

Ces difficultés ne surprennent aucun de ceux qui ont connu un confinement similaire dans les sous-marins nucléaires, sur les plates-formes pétrolières off-shore et dans les stations de l'Antarctique. Le psychologue Jack Stuster, qui a fait des études de comportement pour la NASA, cite l'histoire d'un mécanicien d'une petite base de la marine américaine, en Antarctique, qui déprima tant qu'il négligea le seul générateur de l'installation. Si le médecin ne l'avait pas

aidé, son état aurait pu condamner l'ensemble du personnel.

Les conflits interpersonnels sont les problèmes les plus fréquents. Le sentiment d'être exclu d'un groupe ou l'exaspération due à la répétition de la même blague conduisent à de graves conflits en cas de promiscuité. Ces problèmes ont rarement compromis des missions, mais, durant un voyage vers Mars, les dissensions dans un équipage seraient désastreuses.

Les psychologues cherchent des moyens objectifs de détecter le plus tôt possible les défaillances. Les auto-évaluations des astronautes sont peu efficaces : des professionnels entraînés peuvent affirmer qu'ils vont bien alors qu'ils sont incapables de travailler. Il est étonnant de voir à quel point les gens surestiment leur capacité à surmonter ces problèmes ou même oublient de s'y préparer. Parmi les six astronautes qui séjournèrent à bord de *Mir*, certains n'emportèrent pas suffisamment de bagages pour occuper leur temps libre, d'où un ennui qui engendra un traumatisme de réclusion et une irascibilité exacerbée. Pour ne pas être confronté à ces problèmes, A. Thomas emporta des crayons et du papier, de sorte qu'il put s'adonner au dessin. Lors du voyage vers Mars, la sous-occupation et l'ennui seront un problème. Les Russes ont mis au point une batterie de tests visant à surveiller une baisse de performance, signe de problèmes éventuels.

Le succès d'une mission résultera d'une sélection des membres d'équipage. La sélection psychologique n'est pas toujours prise en compte, mais pour des vols longs, elle sera indispensable. Dans un premier temps, l'entretien psychologique permet d'éliminer les problèmes pathologiques, mais rien ne remplace les simulations. Les Européens et les Russes ont déjà procédé à des simulations longues : 60 jours d'isolement pour quatre personnes et 135 jours par une simulation de séjour sur *Mir*. Actuellement, une simulation de séjour dans la Station spatiale internationale s'organise à Moscou. Avant les vols pour Mars, les hivernages en Antarctique seraient un bon test.

Sarah SIMPSON est journaliste à la revue *Scientific American*.

PLANETE MARS l'association



section française de la Mars Society

partez à la découverte
d'un nouveau monde

prenez part
à cette grande
aventure humaine

restez au contact
de l'événement

les missions

les découvertes

les projets...

bulletin

conférences

site et liens internet

forum de discussion

association "Planète Mars"

<http://www.planete-mars.com>

28, rue de la Gaîté 75014-Paris

La biologie des phobies

ARNE ÖHMAN

Les réactions de peur, telles l'accélération du rythme cardiaque, l'augmentation de la tension artérielle ou l'immobilisation, sont activées par divers stimulus, avant même que ceux-ci ne soient consciemment identifiés. Quand ces mécanismes inconscients sont trop intenses, la peur salvatrice devient panique paralysante.

Les yeux rivés sur le sol à la recherche de chanterelles, je me promène dans la forêt. Tout à coup, je m'immobilise à la vue d'une vipère enroulée sur elle-même, à quelques pas devant moi. Mon cœur bat la chamade, une vague d'angoisse m'envahit, je recule le plus doucement possible. Les événements se sont déroulés dans cet ordre : d'abord, j'ai été cloué sur place, puis j'ai identifié la forme comme étant bien celle d'un serpent. J'ai reconnu que c'était un serpent alors que mon organisme était déjà préparé à réagir et, alors seulement, j'ai volontairement reculé pour m'éloigner de l'animal. Les récentes recherches en psychologie et en neurosciences éclairent ces réactions « normales », mais aussi celles des personnes qui, par peur de rencontrer un serpent, refusent toute promenade en forêt. Si nous comprenons les mécanismes qui gouvernent les réactions de panique, peut-être saurons-nous effacer ou contrôler ces aversions instinctives et handicapantes, les phobies.

On a longtemps cru qu'il fallait avoir conscience du danger pour réagir : c'était une erreur. On a découvert que des réactions de peur peuvent être déclenchées avant même que l'on ait pris conscience des stimulus déclenchants, et que ces réactions sont commandées par un circuit neuronal sous-cortical qui opère indépendamment des circuits corticaux activés lors de la perception consciente des stimulus.

Nous avons étudié comment les stimulus effrayants captent l'attention. Pour ce faire, à l'Institut Karolinska, nous avons avec Anders Flukt, de l'Université de Genève, et Francisco Esteves, de l'Université de Lisbonne, suivi les réactions de volontaires lors d'une tâche visuelle. De telles expériences sont utilisées pour déterminer les facteurs qui

favorisent la détection d'un stimulus cible parmi un ensemble de stimulus perturbateurs. Par exemple, on peut assimiler ma recherche de chanterelles à une tâche visuelle où j'essayais de distinguer des chanterelles parmi d'autres champignons ou des objets « perturbateurs », telles des feuilles qui auraient eu les mêmes couleurs jaune-orangé que les chanterelles.

Détection rapide de la menace

Pour étudier comment un « stimulus serpent » ou un « stimulus araignée » attire l'attention, nous avons préparé des montages de neuf images (trois lignes sur trois colonnes), constitués soit d'images de la même catégorie (des champignons uniquement), soit de huit images de la même catégorie et d'un « intrus » (un serpent parmi des champignons). Les personnes testées, qui étaient des étudiants, devaient appuyer sur un bouton de leur main gauche si tous les éléments d'une image étaient de la même catégorie, et de leur main droite sur un autre bouton si l'ensemble contenait un intrus.

Nous avons observé que le temps mis à détecter un intrus qui fait peur (un serpent ou une araignée parmi un ensemble de champignons ou de fleurs) est notablement inférieur (voir la figure 2) au temps requis par un intrus anodin (une fleur ou un champignon parmi des serpents ou des araignées). De plus, le temps de détection d'un intrus serpent ou araignée est indépendant du nombre d'objets anodins qui l'entourent, comme s'ils exerçaient une « capture automatique » de l'attention. Ils semblent se « manifester », « jaillir » parmi les objets du fond. Au contraire, quand il s'agit de détecter

une fleur parmi des serpents, le temps de réaction augmente avec le nombre de « stimulus distrayants », c'est-à-dire le nombre de serpents qui entourent la fleur. Dans ce cas, l'intrus ne se manifeste pas, reste tapi parmi les autres, et l'on doit examiner les images les unes après les autres à sa recherche : contrairement à un stimulus effrayant entouré d'objets anodins, on ne le localise pas automatiquement.

Nous avons cherché à savoir ce qui se passerait si nous faisons subir le test à des personnes qui ont la phobie soit des serpents, soit des araignées (mais pas des deux). Occulteraient-elles inconsciemment le stimulus effrayant pour ne pas en prendre conscience, ce qui allongerait le temps de la détection ? Cette réaction ne nous semblait guère probable dans la mesure où, pour survivre dans la nature, nous devons prendre conscience des menaces, et la fonction biologique de la peur est incontestablement de nous tenir à l'écart des dangers. Au contraire, réagiraient-elles encore plus vite que les autres, car elles sont plus sensibles aux stimulus qui déclenchent leur phobie ? C'est effectivement cette seconde réaction que nous avons observée.

Les personnes ayant la phobie des serpents détectent toujours plus rapidement ces animaux (845 millisecondes, contre 915), mais ne détectent pas plus vite les araignées ni les objets anodins (1 050 millisecondes), que les personnes n'ayant aucune phobie (1 060 millisecondes). Les personnes ayant une phobie des araignées détectent, au contraire, l'objet de leur frayeur plus vite que les serpents. Ainsi, nous avons tous une perception exacerbée des stimulus qui nous font peur, tels les serpents et les araignées, et cette sensibilité est encore supérieure chez



Frankfurt-sur-le-Main, Goethe Museum

1. L'EFFROI qui accompagne la vue des serpents ou des araignées est le signe des phobies (*La folie de Kate*, par Füssli, 1806).

les personnes qui ont la phobie de ces animaux. Cela explique pourquoi, lors de ma recherche de chanterelles, mon attention s'est focalisée sur la vipère.

L'attrait des visages

Ces résultats sont-ils spécifiques des petits animaux, tels les serpents ou les araignées? Pour le savoir, nous avons utilisé dans nos expériences des schémas de visages, caractéristiques des êtres humains. Les visages nous fournissent les informations qui permettent l'identification d'une personne et, de surcroît, grâce aux expressions faciales, nous percevons dans quel état est cette per-

sonne, et quel type d'interaction nous pouvons avoir avec elle. Ainsi réagissons-nous très différemment en présence d'une personne qui a l'air furieux ou, au contraire, qui semble d'humeur joyeuse. En raison, d'une part, de notre patrimoine génétique et, d'autre part, des expériences vécues, les visages menaçants sont des stimulus effrayants presque aussi efficaces que les serpents ou les araignées. De plus, les personnes mal à l'aise en société évitent la présence de ceux qu'ils jugent menaçants ou critiques tout autant que les personnes ayant la phobie des serpents fuient les lieux où elles craignent de rencontrer l'animal redouté, ou même les représentations de cet animal.

Nous avons utilisé des images de visages stylisés : huit visages «neutres» parmi lesquels figurait un intrus, lequel pouvait être un visage hostile ou, au contraire, amical. À nouveau, nous avons mesuré le temps mis pour décider si une série d'images contenait ou non un intrus. Nous avons montré que l'on détecte toujours plus vite un intrus menaçant. De plus, les personnes mal à l'aise en société – qui ont la phobie de leurs pairs – détectent plus vite les visages menaçants et moins vite les visages amicaux, en présence d'un tiers qu'ils présument critique. Ainsi, que ce soit un animal dangereux ou un homme à l'expression menaçante, ces stimulus sont détectés très efficacement.

Karin Mogg et Brendan Bradley, à l'Université de Cambridge, ont montré que l'attention peut être captée par un visage menaçant avant même que la personne testée ne reconnaisse qu'il s'agit d'un visage. Les personnes testées étaient placées devant un écran d'ordinateur où étaient affichés en même temps, mais très brièvement, deux visages, un «neutre» et un exprimant une émotion particulière. On leur demandait d'appuyer sur une touche du clavier d'ordinateur quand un stimulus (un petit triangle) prenait la place du visage de gauche et sur une autre touche quand le triangle était affiché à la place du visage de droite. En comparant les temps de réaction, on détermine la réponse la plus rapide, c'est-à-dire le visage qui capte le plus l'attention des sujets.

En accord avec nos résultats obtenus sur les tâches visuelles, l'équipe de Cambridge a trouvé que les réactions sont plus rapides quand le triangle remplace le visage menaçant, et qu'il n'y a aucune différence entre un visage neutre et un visage amical. Qui plus est, le visage menaçant est «reconnu» même quand il est projeté pendant un temps trop bref (14 milli-secondes) pour être perçu consciemment, et même quand il est masqué, tout de suite après, par un visage d'expression mal définie. Ainsi, le visage menaçant capte l'attention de façon rapide et automatique – de façon instinctive –, avant même toute reconnaissance consciente.

Au milieu des années 1980, mes collègues Ulf Dimberg, F. Esteves et Joaquim Soares, de l'Université d'Uppsala, et moi avons mis au point le procédé de masquage : nous avons montré que des images de visages exprimant



Photographies : A. Ohman

2. UNE MENACE est rapidement détectée. Pour le montrer, on présente à des volontaires des planches de photographies où un objet anodin (*en haut, la fleur*) est perdu parmi des objets menaçants (les araignées), ou bien où un objet menaçant (*en bas, le serpent*) est entouré d'objets anodins (les fleurs). Le temps mis à détecter l'intrus est plus court quand ce dernier fait peur : il capte automatiquement l'attention.

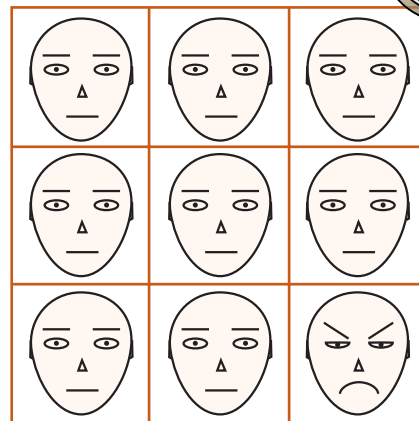
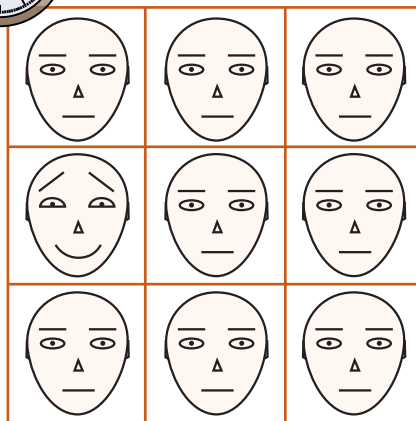
diverses émotions ou des images d'animaux (des serpents ou des araignées) sont masquées efficacement par un stimulus qui cache le premier en moins de 30 millisecondes, c'est-à-dire que le sujet n'a pas le temps de prendre conscience du premier stimulus. Nous nous sommes d'abord demandé si des réactions psychophysiologiques liées à la peur pouvaient être déclenchées par des stimulus masqués de cette façon.

Le procédé de masquage

Quand on présente à des personnes ayant une phobie des serpents ou des araignées des images de la créature redoutée, elles ont une réaction caractéristique : la conductance électrique de leur peau, sur la paume des mains, augmente. Les glandes sudoripares de la paume, sous contrôle du système nerveux autonome, sont activées (contrairement aux autres glandes sudoripares de l'organisme, les glandes de la paume des mains ne semblent pas participer à la régulation de la température corporelle, mais sont activées en cas d'émotion forte). On mesure la conductance en appliquant sur la peau deux électrodes traversées par un courant très faible, indolore : en cas de transpiration, le courant enregistré augmente (la transpiration conduit mieux le courant que l'air), ce qui est une façon simple d'estimer le nombre de glandes sudoripares des paumes activées et, par conséquent, l'activation émotionnelle.

En revanche, cette conductance cutanée reste inchangée quand on présente à ces personnes des images «neutres», ou quand on suit les réactions des personnes qui n'ont pas de telles phobies. De surcroît, face au stimulus redouté, le rythme cardiaque et la pression sanguine augmentent, ce qui confirme l'hypothèse d'un effet contrôlé par le système nerveux sympathique autonome.

Nous avons ensuite cherché si les réactions de peur sont activables par la présentation de stimulus effrayants masqués. Nous avons sélectionné des personnes ayant la phobie soit des serpents, soit des araignées. Nous avons également sélectionné un groupe test indifférent aux araignées et aux serpents. Nous avons exposé les deux types de sujets à des images masquées de serpents, d'araignées, de fleurs et de champignons ; simultanément, nous mesurons leur conductance cutanée. Les stimulus masquants étaient des



3. UN VISAGE MENAÇANT entouré de visages neutres (à droite) est détecté plus rapidement (1 500 millisecondes environ) qu'un visage amical (1 600 millisecondes environ) présenté dans les mêmes conditions (à gauche). La détection du visage hargneux est encore plus rapide chez les personnes qui sont mal à l'aise en société.



Photographies : A. Ohman

4. DES MASQUES constitués de fragments d'images dépourvus de sens (à droite) sont utilisés dans les expériences où l'on étudie les perceptions inconscientes : on projette l'objet intéressant, ici le serpent, pendant un temps trop court pour que la personne teste le voile et on le recouvre d'un masque qui, lui, est perçu consciemment. Bien qu'inconsciente, la perception du serpent déclenche les réactions physiologiques de la peur, par exemple l'accélération du rythme cardiaque.

assemblages aléatoires de fragments des différentes images.

Au préalable, nous avons vérifié la pertinence de la méthode des masques au cours d'une expérience où l'on demandait aux sujets de deviner à laquelle des quatre catégories d'objets appartenait celui qui était présenté juste avant le stimulus masquant. Quand l'intervalle entre le stimulus cible (l'objet à identifier) et le stimulus masquant était inférieur à 30 millisecondes, les résultats étaient totalement aléatoires. Toutefois, le procédé de masquage assurait une réaction différenciée face aux stimulus présentés (serpent, araignée, fleur, champignon) : les personnes redoutant les serpents avaient une conductance cutanée élevée face à des images masquées de serpents, mais pas en présence d'araignées, de fleurs ni de champignons. Face à des araignées, des personnes ayant la phobie de cet animal avaient des réactions physiologiques exacerbées, mais des réactions «nor-

males» et identiques face à des serpents, des fleurs ou des champignons. Les sujets témoins n'avaient pas de réactions particulières vis-à-vis de l'un quelconque de ces stimulus. Ces résultats indiquent que la peur serait activée, de façon inconsciente, par des stimulus qui ne sont pas reconnus consciemment.

Mes collègues ont récemment prolongé ces résultats. Ils ont enregistré les réactions des muscles faciaux de personnes exposées brièvement (30 millisecondes) à des visages : on leur demandait de reconnaître un visage exprimant une émotion particulière (le stimulus cible) parmi des visages neutres (les stimulus masquants). Après de nombreux tests, U. Dimberg a montré que les muscles zygomatiques (qui relient les commissures des lèvres aux pommettes) des personnes à qui l'on présente des visages heureux sont activés, comme s'ils s'apprêtaient à répondre au sourire. Au contraire, quand le stimulus

cible est un visage agressif, c'est le muscle qui assure le froncement des sourcils qui est activé. Ces muscles sont activés même lorsque les visages réjouis ou hargneux ne sont présentés que très brièvement et qu'ils sont masqués par des visages inexpressifs. Ces diverses expériences ont confirmé que des stimulus qui ne sont pas reconnus consciemment déclenchent des réactions émotionnelles spécifiques.

L'intérêt du conditionnement

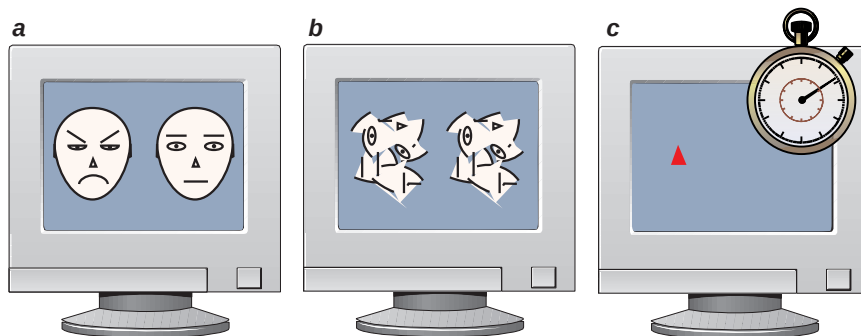
D'autres expériences ont révélé que l'on peut conditionner des personnes à certains stimulus. Le chien de Pavlov était conditionné au son de la sonnerie qui déclenchait sa salivation, même en l'absence de nourriture. Ici, on présente à une personne deux images différentes, par exemple une image de serpent et une autre d'araignée, et la présentation du serpent est suivie d'un stimulus désagréable, par exemple un léger choc électrique sur les doigts ; on constate que la personne testée réagit davantage (sa conductance cutanée augmente davantage) aux serpents qu'aux araignées. Les personnes «conditionnées» par un choc électrique aux stimulus effrayants sont plus efficacement conditionnées que les personnes que l'on essaie de conditionner à la vue d'une fleur. Le conditionnement est plus efficace : la conductance cutanée augmente davantage, et cette augmentation persiste plus longtemps que lors d'un conditionnement à des images neutres, lequel «s'éteint» rapidement.

Cet effet de stimulus inconditionnel (le serpent ou la fleur) sert souvent à «prouver» que l'homme a acquis une aptitude biologique à avoir peur des stimulus qui ont constitué une menace répétée au cours de l'évolution. Si cette interprétation est correcte, on postule que l'apprentissage de la peur des serpents passe par le cerveau primitif, apparu au cours de l'évolution bien avant les régions les plus élaborées du cerveau humain, lesquelles assurent la perception consciente des stimulus.

On a ensuite supposé que l'on pouvait déclencher le même type de réflexe conditionné avec des stimulus masqués, c'est-à-dire qui ne sont pas reconnus consciemment. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons conditionné une personne aux serpents en présentant l'animal même temps que l'on appliquait un léger choc électrique ; on présentait le serpent pendant un temps trop bref pour qu'il soit reconnu consciemment et on le masquait par une image dénuée de sens. On constate que les réponses conditionnées aux serpents sont déclenchées même quand les stimulus sont masqués. Toutefois, des réactions autonomes conditionnées sont déclenchées par des stimulus masqués, à condition que ces derniers fassent partie de la catégorie «effrayante», c'est-à-dire que ce soit des serpents, des araignées ou des visages agressifs. Même si l'on peut obtenir des réactions conditionnées à des stimulus anodins (fleurs, champignons, visages joyeux), elles ne se manifestent plus quand ces stimulus sont masqués.

Au cours d'une autre série d'expériences, nous avons confirmé que les réactions aux stimulus masqués peuvent être conditionnées : on peut «apprendre» à percevoir le danger, sans en avoir conscience. Nous avons présenté à des volontaires des images de serpents et d'araignées masquées par des images brouillées, et nous avons appliqué un léger choc électrique uniquement après la projection des serpents. Malgré cet aspect systématique, les sujets ne distinguaient pas consciemment les serpents masqués des araignées masquées et, pourtant, ils ont appris à réagir davantage aux images masquées associées à un choc : la conductance cutanée augmentait davantage après la présentation des serpents masqués. Des résultats comparables ont été obtenus avec des visages menaçants.

Les sujets testés étaient conditionnés au serpent masqué, alors même qu'ils étaient incapables de dire si l'image projetée était un serpent ou une araignée. Force nous a été de constater qu'ils tiraient une sorte d'«information» inconsciente du stimulus masqué, lequel guidait leur prévision consciente d'un choc. Au cours d'une des expériences, on leur demandait d'indiquer, au moyen d'un levier qu'ils tenaient dans la main droite, s'ils allaient recevoir un choc électrique : alors qu'ils n'avaient aucun moyen objectif de savoir que l'on ne déclenchait le choc qu'avec le serpent et qu'ils ne distinguaient ni les serpents ni les araignées, ils prévoyaient plus souvent qu'ils allaient recevoir un choc après le stimulus masqué qui, lors du conditionnement, était associé à un choc qu'après un stimulus masqué non associé à un choc. Comme si le conditionnement avait amélioré leur «clairvoyance» pour le choix suivant. Leur prévision serait ainsi améliorée par une information sensorielle (par exemple, l'accélération du rythme cardiaque) déclenchée par la réaction conditionnée aux stimulus masqués associés à un choc. Ils auraient ressenti des «impressions» différentes durant l'épreuve où le stimulus masqué est associé à un choc et durant celle où le stimulus masqué n'est pas associé à un choc : le stimulus associé à un choc déclenche une réaction conditionnée autonome qui «renforce» le circuit de la perception inconsciente. Les personnes qui ont une perception inconsciente – ou perception autonome – très efficace établiraient un lien entre



5. DES IMAGES dont on n'a pas conscience sont perçues par l'organisme : au cours de cette expérience, on projette sur un écran d'ordinateur un visage menaçant et un visage neutre (a). La présentation est trop brève pour que la personne testée ait conscience de ce qu'elle voit : les visages sont rapidement remplacés par des images constituées de fragments de visages (b). Seule l'image masquante est perçue consciemment. Puis on fait apparaître un nouveau stimulus, un triangle rouge (c). On demande d'appuyer très vite sur la touche rouge si le triangle est projeté à la place de l'image de gauche ou sur la touche verte s'il est projeté à la place de l'image de droite. Les sujets appuient plus vite sur la touche qui correspond à l'emplacement du visage agressif que sur la touche qui correspond à l'emplacement du visage neutre. On en déduit que le visage agressif, même masqué, capte l'attention bien qu'il ne soit pas reconnu consciemment.

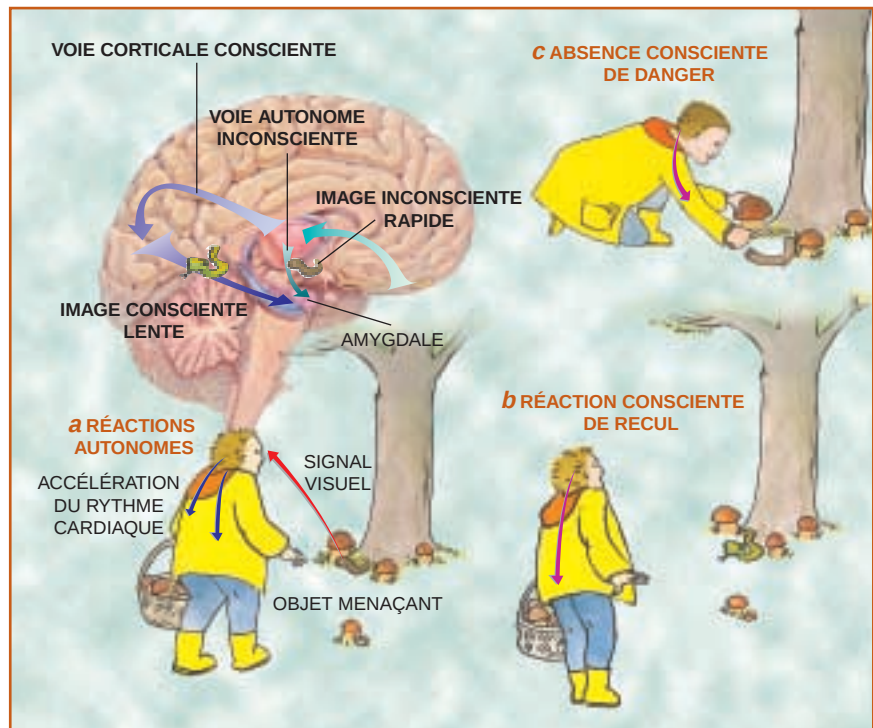
certaines modifications corporelles et les chocs qui les ont précédées.

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.

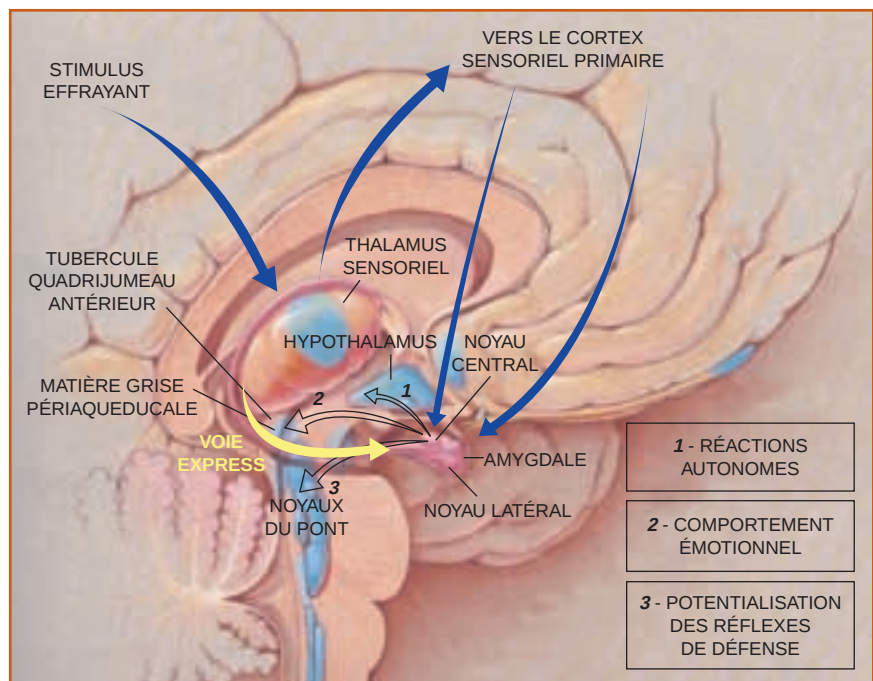
Le rôle de l'amygdale

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.

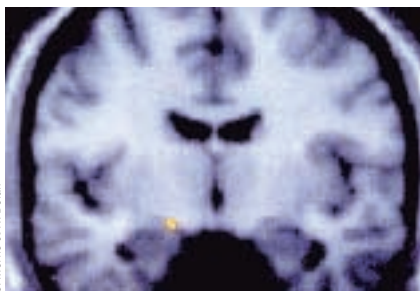
D'après J. LeDoux, des informations peu élaborées issues des noyaux thalamiques atteignent le noyau latéral de l'amygdale, qui jouerait un rôle essentiel dans l'activation de la peur. Cette voie, des noyaux thalamiques vers le noyau latéral de l'amygdale, serait une «voie express» qui permettrait une 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

visuel inconscient, constitué de neurones rapides imprécis ; ce dernier met en jeu le tubercule quadrijumeau antérieur, le pulvinar, les noyaux thalamiques et le noyau amygdalien latéral. Ces données expliquent en partie la capture automatique de l'attention par les stimulus effrayants, et l'activation inconsciente des circuits de la peur.

Nos résultats ont inversé l'ordre des opérations lors du traitement de l'information émotionnelle. On admettait que l'activation des réactions corporelles précède et contrôle l'expérience consciente des émotions ; nous avons montré que l'attention et l'activation corporelle résultent d'un traitement incomplet des stimulus effrayants. Quand un tel stimulus devient conscient, diverses activations corporelles qui donnent sa connotation émotionnelle à l'expérience se sont déjà produites : le traitement conscient intervient peu dans l'activation de la peur, il ne fait que donner une interprétation et un sens à l'épisode qui l'a déclenchée.

Diverses données indiquent que des facteurs génétiques de vulnérabilité interviennent dans les phobies. Lors d'un épisode de conditionnement suffisamment intense et traumatisant, un stimulus peut acquérir la propriété de suractiver le circuit de la peur. Ce circuit est inaccessible à la conscience, de sorte que les personnes qui ont des phobies ne peuvent les vaincre par le raisonnement. La compréhension des mécanismes des phobies devrait en améliorer le traitement.

Arne ÖHMAN est professeur de psychologie dans le département des neurosciences cliniques de l'Institut Karolinska de Stockholm.

J.S. MORRIS, A. ÖHMAN et R.J. DOLAN, *Conscious and Unconscious Emotional Learning in the Human Amygdala*, in *Nature*, vol. 393, pp. 467-470, 1998.

J.S. MORRIS, A. ÖHMAN et R.J. DOLAN, *A Subcortical Pathway to the Right Amygdala Mediating «Unseen» Fear*, in *Proceedings of the National Academy of Science*, vol. 96, pp. 1680-1685, 1999.

A. ÖHMAN, A. FLYKT et L. LUNDQVIST, *Unconscious Emotion : Evolutionary Perspectives, Psychophysiological Data, and Neuropsychological Mechanisms*, in *The Cognitive Neuroscience of Emotion*, sous la direction de R. Lane et L. Nadel, pp. 296-327, Oxford University Press, 2000.

Une nouvelle rencontre de la science et de l'art.



LES SECRETS DE LA CASSEROLE

Comment préparer plus de 20 litres de mayonnaise à partir d'un seul jaune d'œuf ? En explorant la physique des émulsions. Comment obtenir un bon rôti ? En empruntant à la chimie ses études des sucres et des acides aminés. Comment obtenir de bonnes gelées ? En reprenant les résultats récents de la physico-chimie des gels. Code 1585-130 F 224 pages



RÉVÉLATIONS GASTRONOMIQUES

Encore un livre de recettes ! Oui, mais des recettes garanties par des expérimentations rigoureuses, par des analyses physico-chimiques des aliments et des tours de main culinaires. Chaque geste culinaire est ici disséqué, commenté du triple point de vue culinaire, physico-chimique et gastronomique. Code 1756-130 F 320 pages

Ces deux ouvrages ont obtenu le Prix de l'Académie nationale de Cuisine 1997.

LA CASSEROLE DES ENFANTS

Laissés seuls pour la soirée, deux enfants doivent cuisiner leur dîner. Mais leur sens aigu de l'observation et de l'expérimentation leur fait découvrir les bases de la chimie et de la physique. Ce livre pourrait être un manuel, s'il n'évoquait les molécules et leurs transformations de façon si simple et si amusante.

Code 2309-80 F-128 pages



BELIN

Voir bon de commande page 98

