

Michel Denis (dir.)

## La psychologie cognitive

Éditions de la Maison des sciences de l'homme

---

## Chapitre 9. Les émotions

**Martial Mermillod, Lætitia Silvert, Damien Devaux, Nicolas Vermeulen et Paula Niedenthal**

---

DOI : 10.4000/books.editionsmsh.14826  
Éditeur : Éditions de la Maison des sciences de l'homme  
Lieu d'édition : Éditions de la Maison des sciences de l'homme  
Année d'édition : 2012  
Date de mise en ligne : 29 novembre 2019  
Collection : Cogniprisme  
ISBN électronique : 9782735119295



<http://books.openedition.org>

### Référence électronique

MERMILLOD, Martial ; et al. *Chapitre 9. Les émotions* In : *La psychologie cognitive* [en ligne]. Paris : Éditions de la Maison des sciences de l'homme, 2012 (généré le 28 janvier 2020). Disponible sur Internet : <<http://books.openedition.org/editionsmsh/14826>>. ISBN : 9782735119295. DOI : 10.4000/books.editionsmsh.14826.

---

Ce document a été généré automatiquement le 28 janvier 2020. Il est issu d'une numérisation par reconnaissance optique de caractères.

---

# Chapitre 9. Les émotions

Martial Mermillod, Lætitia Silvert, Damien Devaux, Nicolas Vermeulen et Paula Niedenthal

---

- 1 L'étude des émotions est un domaine en plein essor, en psychologie mais aussi en sciences cognitives et en neurosciences cognitives. Cet intérêt est d'ailleurs amplement justifié par les retombées théoriques et cliniques afférentes à ce domaine de recherche. Aussi de nombreux auteurs ont-ils tenté, et tentent encore, d'élucider les mécanismes psychologiques de l'émotion à l'aide d'indicateurs psychologiques et comportementaux. Parallèlement, les connaissances relatives aux bases neurobiologiques des processus émotionnels ne cessent de s'accumuler. Il apparaît qu'aborder les émotions du point de vue de la neuroanatomie fonctionnelle peut constituer un apport considérable à leur compréhension et est susceptible de fournir des éléments de confirmation ou d'invalidation des théories purement psychologiques. Inversement, les données comportementales issues de la psychologie peuvent permettre de guider les hypothèses et d'aider à l'interprétation des résultats obtenus en neurobiologie. Aujourd'hui, adopter une perspective à la croisée de ces deux approches, psychologique et neurobiologique, semble donc indispensable pour tenter de répondre aux multiples questions concernant la genèse, la nature, le rôle et le contrôle des émotions.
- 2 Dans ce chapitre, nous décrirons dans un premier temps l'émergence de ce champ disciplinaire qui s'est ensuite scindé en deux approches théoriques différentes : les théories de l'évaluation cognitive (ou *appraisal theories*) et les théories de la simulation incorporée (ou *embodiment theories*). Nous montrerons en quoi ces conceptions théoriques se différencient, mais aussi et surtout comment elles trouvent racine dans différents champs disciplinaires complémentaires et interdépendants : la psychologie, la neurophysiologie et, plus généralement, les sciences et neurosciences cognitives et sociales. Enfin, nous aborderons quelques perspectives de recherche actuelles avec pour objectif d'illustrer par des exemples l'aspect intrinsèquement interdisciplinaire de ce champ théorique.

## Aperçu historique de l'étude des émotions

- 3 Deux grandes approches théoriques des émotions ont émergé au cours du siècle passé. Alors que la plupart des philosophes et scientifiques supposent que l'émotion est un trouble de la conscience qui induit une instabilité organique, James (1884) propose une approche périphérique des émotions et soutient au contraire que ce sont les manifestations neuro-végétatives qui sont à l'origine du trouble conscient. En d'autres termes, l'être humain est considéré comme une « chambre de réverbération » où les variations corporelles, même les plus subtiles, entrent en résonance jusqu'à aboutir à l'expérience consciente de l'émotion. Plusieurs courants théoriques actuels découlent de cette approche originale.
- 4 Cannon (1927) va s'opposer à l'approche périphérique de James par une théorie plus centrale des émotions, fondée sur différents faits scientifiques et expérimentaux. Il souligne qu'une totale séparation des viscères et du système nerveux central n'altère pas de façon absolue le comportement émotionnel. De plus, les changements viscéraux sont plus lents à se produire que l'expérience émotionnelle elle-même. Enfin, des changements viscéraux identiques peuvent être associés à des états émotionnels complètement différenciés, et l'induction de changements viscéraux spécifiques n'induit pas forcément l'émotion qui leur est habituellement reliée. Étayée par ces arguments expérimentaux, l'approche physiologique expérimentale proposée par Cannon va ainsi permettre d'ancrer l'étude des émotions dans une démarche scientifique.

## Émotions et psychologie

- 5 Divers modèles contemporains ont tenté de classifier les émotions suivant différentes variables. Ainsi, le modèle du circumplex de Plutchik (1984) décompose les émotions en huit patterns comportementaux prototypiques (protection, destruction, reproduction, réintégration, incorporation, rejet, exploration, orientation) associés à huit émotions primaires (joie, attirance, peur, surprise, tristesse, dégoût, colère, anticipation) d'où découleraient, par combinaison, des émotions secondaires. De façon similaire, Shaver, Schwartz, Kirson et O'Connor (1987) proposent un modèle hiérarchique des émotions selon lequel le niveau super-ordonné serait constitué par la valence (positive ou négative) des émotions. Viendraient ensuite les différentes émotions positives (joie et amour) et négatives (colère et tristesse), qui seraient à nouveau décomposées en sous-catégories (par exemple, angoisse, chagrin et culpabilité pour la tristesse). Ces deux modèles ont été élaborés par mesure de la similarité sémantique entre les mots de différents corpus. Dans le même ordre d'idée, Oatley et Johnson-Laird (1987) se fondent sur le contenu propositionnel de mots pour aboutir à une classification des émotions. Selon eux, les émotions de base seraient constituées de primitives sémantiques abstraites difficilement accessibles à ce type de contenu propositionnel (bonheur, peur, colère et dégoût, par exemple, sont difficiles à définir par des mots), alors que les émotions secondaires seraient plus facilement objectivables (par exemple, « Si j'ai des remords, alors je dois être triste »). Parallèlement à ces modèles théoriques reposant sur la proximité sémantique des mots, d'autres modèles psychologiques ont émergé à la fin du xx<sup>e</sup> siècle et peuvent être classés selon trois catégories : les modèles dimensionnels, les modèles cognitifs et les théories de l'incorporation.

## Modèles dimensionnels

- 6 Les modèles dimensionnels tentent de décrire le contenu émotionnel à l'aide d'un nombre restreint de dimensions ou facteurs. Certains des protagonistes majeurs de l'approche dimensionnelle transposent aussi directement les dimensions extraites de l'expérience émotionnelle à la description du stimulus déclencheur lui-même : chaque stimulus pourrait ainsi être décrit, mais aussi traité, selon les mêmes dimensions que celles constituant l'expérience subjective (cf. Lang, Greenwald, Bradley et Hamm 1993). De plus, ces modèles fournissent une manière économique d'appréhender les phénomènes émotionnels et constituent de ce fait la base de la plupart des recherches psychophysiques et neuropsychologiques sur l'émotion.
- 7 Tout d'abord, en raison de leur ancrage phylogénétique, les émotions peuvent être conçues comme des réponses adaptatives à deux grands types de stimulations : appetitives et aversives. Parallèlement, les études sur les catégories langagières naturelles suggèrent que la connaissance émotionnelle est organisée de façon hiérarchique et que la division super-ordonnée oppose la positivité et la négativité (cf. Ortony, Clore et Collins 1988). La dimension affective de valence se réfère à cette dimension appétitif/aversif, plaisant/déplaisant, ou affect positif et affect négatif (Russell et Carroll 1999). Cette dimension a été identifiée de façon récurrente dans la littérature comme la mesure unique la plus puissante de la qualité émotionnelle d'un stimulus (qu'il s'agisse de mots, d'images, d'objets, d'expressions faciales, de postures ou d'événements), expliquant généralement plus de variabilité dans les réponses affectives que les autres dimensions simples (cf. Lang *et alii* 1993 ; Osgood, May et Miron 1975). De fait, les théoriciens de l'affect de différents courants accordent à la valence affective une place fondamentale dans leurs modèles (cf. Davidson 1994 ; Izard 1993).
- 8 Toutefois, plusieurs modèles ajoutent une ou deux dimensions à la valence. Par exemple, le modèle de Russell (1980) inclut trois facteurs : valence, activation (*arousal*) et dominance, par ordre décroissant de variance expliquée. Tandis que la dimension de valence renvoie à l'aspect qualitatif de l'émotion, la dimension d'activation correspond à l'intensité de l'émotion ressentie face au stimulus. Généralement, les stimuli évalués comme extrêmement plaisants ou déplaisants sont aussi évalués comme très activateurs (Lang *et alii* 1993 ; Russell et Carroll 1999). La troisième dimension (dominance ou contrôle) se réfère globalement au fait que l'individu a l'impression de contrôler le stimulus ou d'être contrôlé par lui. Elle est statistiquement plus instable et moins largement acceptée que les dimensions de valence et d'activation, qui ont reçu un nombre important de validations expérimentales, notamment grâce aux travaux mettant en évidence leur association avec différents indices physiologiques (Lang *et alii* 1993). Valence et activation sont ainsi généralement considérées comme les dimensions principales de l'émotion. Elles représentent des paramètres motivationnels primitifs qui définiraient une disposition générale à éviter ou à approcher une stimulation et la vigueur de cette tendance directionnelle. Dans la mesure où la signification de la majorité des concepts linguistiques et non linguistiques peut être représentée dans un espace défini par ces deux dimensions, celles-ci caractériseraient l'évaluation émotionnelle d'un vaste ensemble de stimuli perceptifs et symboliques.

## Modèles cognitifs et théories de l'évaluation cognitive (*appraisal theories*)

- 9 La proposition centrale des modèles cognitifs des émotions est que celles-ci découlent de la signification perçue des situations (cf. Mandler 1984). Le processus d'évaluation de la signification émotionnelle est ainsi au cœur de ces modèles (cf. Arnold 1960 ; Lazarus 1968 ; Mandler 1984 ; Ortony *et alii* 1988 ; Scherer 1999). Selon ces modèles, l'individu évalue constamment les situations dans lesquelles il se trouve en termes de pertinence et d'importance personnelle. Dans ce cadre, les émotions se déclencheraient et se diversifieraient par évaluation subjective de la signification que véhiculent une situation, un objet ou un événement. Cette évaluation impliquerait notamment une estimation du fait que ces stimuli puissent être positifs ou négatifs pour l'individu et de la façon dont les bénéfices ou les inconvénients sont susceptibles de se manifester. L'approche classique, fondée sur les travaux pionniers d'Arnold et de Lazarus, suggère que les individus utilisent un ensemble fixe de dimensions ou de critères dans l'évaluation des situations qu'ils rencontrent (cf. Frijda 1993). Ces critères peuvent être répartis en quatre classes :
- les caractéristiques intrinsèques des objets ou des événements, telles que la nouveauté (ou changement) et le plaisir ou l'aversion (ou valence) ;
  - la signification de l'événement en fonction des buts et besoins de l'individu ;
  - la capacité de l'individu à influencer ou à faire face aux conséquences de l'événement, incluant l'attribution de l'agent (l'événement a-t-il été causé par l'individu lui-même, par quelqu'un d'autre, ou résulte-t-il de circonstances interpersonnelles ?) ;
  - la compatibilité de l'événement avec des normes ou des valeurs sociales ou personnelles.
- 10 Ce sont les profils spécifiques résultant de l'évaluation effectuée selon ces différents critères qui détermineraient la nature de l'émotion ressentie. Cependant, ces critères ont majoritairement été définis en demandant à des sujets de se souvenir d'une expérience émotionnelle spécifique ou en induisant expérimentalement des émotions chez ces sujets, puis en les questionnant sur les processus d'évaluation utilisés (cf. Scherer 1999). Les sujets sont donc généralement amenés à s'engager dans des processus conscients et complexes pour se remémorer ou inférer la nature des évaluations réalisées sur une situation ou un événement donnés. Cette méthode d'étude engendre ainsi un certain nombre de problèmes méthodologiques. Tout d'abord, elle ne permet pas de discerner finement les antécédents de l'expérience émotionnelle de son contenu, ni d'aborder directement la dynamique du processus d'évaluation (de définir, par exemple, si les différents critères sont mis en jeu de façon sérielle ou parallèle ; Frijda 1993). Ensuite, on peut s'interroger sur la possibilité que des évaluations cognitives aussi élaborées que celles mises en évidence par cette méthode puissent être réalisées de façon automatique et inconsciente, dans les quelques centièmes de seconde qui suffisent à la génération de certains états émotionnels. Cette méthode d'étude a ainsi parfois conduit à la conclusion erronée que les processus d'évaluation sont nécessairement délibérés et conscients. Cependant, l'expérience émotionnelle pourrait également résulter de processus d'évaluation simples, basiques et automatiques, qui sont ensuite élaborés cognitivement. Certains ont ainsi suggéré que ce type de méthode pouvait efficacement mettre en lumière des processus cognitifs conscients et de haut niveau, mais ne permettait pas d'aborder une large part des processus d'évaluation potentiellement inconscients (cf. Izard 1993). La possibilité qu'il existe différents

niveaux de complexité d'évaluation et que certaines émotions soient déclenchées par des facteurs non délibérés, non conscients et peut-être non cognitifs doit donc être envisagée.

## Processus cognitifs et évaluation de la valeur émotionnelle

- 11 La célèbre controverse opposant les conceptions théoriques défendues respectivement par Zajonc (1980) et Lazarus (1982) est souvent citée pour débattre de la nécessité de l'intervention de processus cognitifs dans la génération d'une émotion. En résumé, selon Zajonc, la valeur émotionnelle d'un stimulus peut être appréciée sans aucune élaboration cognitive préalable. À l'opposé, pour Lazarus, ardent défenseur des théories cognitives, l'évaluation cognitive est une condition nécessaire à toute expérience émotionnelle. Cependant, divers auteurs ont souligné que le débat résultait essentiellement de l'ambiguïté des concepts de cognition et d'émotion : la vraie question soulevée par ce débat ne serait pas « Une émotion peut-elle être déclenchée sans l'intervention de processus cognitifs ? » mais plutôt « Quels sont les pré-requis cognitifs minimaux, conscients ou non, pour qu'une émotion survienne ? »
- 12 Utilisé dans une acception très étroite, le terme cognition se réfère aux processus symboliques complexes, verbaux, conscients et contrôlés. Dans une acception plus large, il recouvre l'ensemble des processus impliquant n'importe quelle forme, consciente ou non, de traitement de l'information. LeDoux (1987) soutient que Lazarus a raison lorsqu'il affirme qu'une transformation du stimulus est toujours nécessaire à l'apparition d'une émotion, mais il souligne également que ce traitement n'est pas nécessairement cortical et conscient. Par ailleurs, il suppose que Zajonc a tort de proposer qu'aucune transformation du stimulus n'est nécessaire, mais qu'il a raison lorsqu'il affirme que le traitement de stimuli émotionnels n'implique pas nécessairement de traitement conscient et de haut niveau. En effet, contrairement aux expériences sensorielles, les expériences émotionnelles ne représentent pas les caractéristiques physiques du monde : il n'existe pas de récepteurs sensoriels spécifiques pour la valeur émotionnelle d'une stimulation. De fait, l'extraction de la valeur émotionnelle requiert obligatoirement l'intervention de traitements plus ou moins complexes qui transforment l'information sensorielle en des représentations de la signification émotionnelle. En somme, si le traitement cognitif est défini de façon étroite pour n'inclure que les fonctions mentales complexes, alors l'émotion n'est pas nécessairement dépendante d'un traitement cognitif préalable. Si, en revanche, la cognition est définie de façon large pour inclure le traitement de l'information sensorielle, alors la majorité des auteurs s'accordent sur l'idée que l'émotion est hautement dépendante de la cognition (LeDoux 1996).
- 13 Aujourd'hui, le débat entre Lazarus et Zajonc sur la possibilité que l'émotion soit engendrée en l'absence de cognition a donc évolué de façon considérable. L'une des retombées majeures de ce débat fut d'amener les tenants des modèles cognitifs de l'émotion à clarifier leur définition du concept d'évaluation. La plupart des auteurs actuels s'accordent sur l'idée que si l'extraction de la valeur émotionnelle d'une stimulation nécessite impérativement certaines transformations de l'information, certaines émotions peuvent être engendrées en l'absence de médiation cognitive consciente. Ainsi, presque tous les auteurs de cette tradition théorique reconnaissent aujourd'hui que le traitement nécessaire pour évaluer si une situation externe a une

signification dangereuse ou agréable pour l'individu peut être, au moins dans certains cas, global, automatique, rapide et inconscient, afin d'assurer une réaction adaptée de l'organisme. Des évaluations cognitives beaucoup plus élaborées (et des patterns de comportements beaucoup plus souples et variés) doivent cependant être envisagées lorsque des émotions complexes, comme la vanité, la nostalgie, la pitié ou le remords, sont prises en considération. Le nombre, la nature et l'importance de ces évaluations varient en fonction du nombre et du type d'émotions que chaque théorie vise à expliquer.

### Les théories de la simulation incorporée (*embodiment theories*)

- 14 Les théories de la simulation incorporée apparaissent comme totalement opposées aux théories des réseaux associatifs telles que celle proposée par Bower (1981). Le mécanisme de propagation de l'activation proposé par Bower se fonde sur l'idée que la mémoire est constituée d'un réseau de nœuds associatifs reliés les uns aux autres. Selon ce modèle, la présentation d'une stimulation émotionnelle va activer le nœud de connaissance qui le représente et cette activation va ensuite se propager à travers le réseau lexical et sémantique à tous les nœuds correspondant aux cibles similaires sur le plan évaluatif. À l'inverse, donc, les approches de la simulation incorporée ou encore les théories de la cognition incarnée supposent que les processus cognitifs de haut niveau trouvent racine dans la simulation incorporée au sein des systèmes moteurs (Gallese, Fadiga, Fogassi et Rizzolatti 1996), perceptifs, cognitifs (Barsalou 1999) et émotionnels (Niedenthal 2007).
- 15 Ces théories supposent par exemple que le fait de penser à une action entraînerait l'activation partielle des états moteurs originellement impliqués dans la réalisation de cette action. Quant au traitement de l'information émotionnelle, il impliquerait la réactivation partielle des états corporels et neuronaux qui surviennent lorsqu'un individu fait l'expérience d'une émotion. Ces comportements imitatifs, présents dès la naissance (Meltzoff et Moore 1989), peuvent inclure tout type de mouvement corporel, mais les preuves les plus convaincantes portent sur les expressions faciales d'émotions. Par exemple, dans une étude menée par Wallbott (1991), les participants avaient pour tâche de classer les émotions à partir de la présentation d'une série de photographies pendant laquelle ils étaient filmés à leur insu. Plusieurs semaines plus tard, il leur était demandé de regarder les enregistrements vidéo et de juger quelle émotion ils décodaient dans la première session. Les résultats ont montré que les individus étaient capables d'identifier leurs émotions, produites en miroir, à partir d'indices assez subtils (l'expression de leur propre visage) et dont ils n'avaient pas conscience. Ce processus imitatif survient ainsi de manière relativement automatique, involontaire et en dessous du seuil de conscience (Stepper et Strack 1993).
- 16 Dans ce cadre, il paraît tout à fait légitime de se poser la question de l'intérêt d'un tel mécanisme. Deux fonctions principales sont proposées dans la littérature. Premièrement, il pourrait permettre un apprentissage rapide, du même ordre que l'apprentissage de nouvelles actions au travers de l'imitation (Gallese, Keysers et Rizzolatti 2004). Deuxièmement, il pourrait être responsable de la contagion sociale de l'émotion, c'est-à-dire de l'induction d'états émotionnels congruents chez autrui. Par conséquent, ce processus imitatif semble pouvoir être impliqué dans l'empathie et la coopération sociale (cf. Dijksterhuis 2005). L'observation ainsi que l'imitation motrice

des expressions faciales d'autrui nous permettraient de détecter ses intentions et de comprendre les raisons de ses réactions émotionnelles (Blakemore et Decety 2001). Elles serviraient ainsi de guide dans les interactions sociales quotidiennes tout comme dans les situations incertaines (par exemple, dans le cas d'expressions faciales ambiguës).

## Émotions et neurosciences

- 17 Dans le cadre d'une approche interdisciplinaire des émotions, nous présenterons quelques modèles neuroanatomiques des émotions afin d'illustrer l'interconnexion nécessaire entre les débats portant sur des questions fonctionnelles en psychologie et ceux portant sur des questions neuroanatomiques en neurobiologie.

### Le circuit de Papez (1937)

- 18 James Papez (1937) fut l'un des premiers à proposer un modèle neuroanatomique de l'expérience et de l'expression des émotions. Selon cet auteur, le terme émotion recouvre deux aspects : une façon d'agir qui correspond à l'expression émotionnelle et une façon de sentir, de ressentir, qui renvoie à l'expérience émotionnelle ou sentiment subjectif. En ceci, Papez est en accord avec Cannon (1927) qui proposait qu'expression et expérience émotionnelle puissent constituer des phénomènes dissociés chez l'humain. Selon Cannon, lors de la perception d'un événement chargé émotionnellement, le cheminement de l'influx nerveux se diviserait en deux voies distinctes au niveau du thalamus : une partie de l'influx atteindrait l'hypothalamus et provoquerait le versant expressif de l'émotion (manifestations végétatives périphériques); l'autre partie atteindrait le cortex pour donner naissance à l'expérience émotionnelle subjective. La nouveauté majeure dans le modèle de Papez est de ne plus envisager l'existence d'un « centre » émotionnel unique (le thalamus) : l'émotion ne résulte pas de l'activité d'une structure cérébrale spécifique, mais de l'activation d'un réseau complexe de régions cérébrales interconnectées. En s'appuyant sur des données anatomiques, cliniques et expérimentales, il propose en effet que les connexions réciproques entre l'hypothalamus, les noyaux antérieurs du thalamus, l'hippocampe, le gyrus angulaire et la circonvolution parahippocampique constituent, par le biais du cortex cérébral, le principal médiateur des conduites émotionnelles.
- 19 Le circuit de Papez est globalement correct d'un point de vue neuroanatomique, mais, comme nous le verrons plus loin, son rôle dans les processus émotionnels a largement été remis en question. C'est néanmoins en se fondant sur ce circuit et en y intégrant d'autres structures (notamment le gyrus parahippocampique et l'amygdale) que MacLean (1952) définit ce qu'il appellera le « système limbique ». Bien qu'il n'existe toujours pas de délimitation précise de ce système, ni de critère tranché permettant d'y inclure ou d'en exclure telle ou telle structure, la notion de système limbique reste encore fréquemment invoquée pour expliquer les comportements émotionnels.

### Le modèle de Panksepp (1986)

- 20 Panksepp (1986), en se fondant sur une conception théorique des émotions totalement différente de celle mise en avant par Papez, suggère quant à lui qu'il existe non pas un



seul, mais plusieurs circuits émotionnels distincts. Le travail expérimental de Panksepp repose en effet sur l'hypothèse que les circuits émotionnels sont relativement similaires chez tous les mammifères et que ce sont les structures sémantiques corticales qui génèrent les subtilités linguistiques et sémantiques médiatisant les états affectifs humains. Mettant en relation émotions primaires et circuits cérébraux, Panksepp suppose l'existence de cinq circuits émotionnels, situés au niveau du diencéphale et mettant en jeu le thalamus :

- système d'attente (*foreaging-expectancy System*),
- système de colère-rage (*anger-rage System*),
- système de peur-anxiété (*fear-anxiety System*),
- système de tristesse-panique (*grief-panic System*),
- système de curiosité-désir-joie (*curiosity-desire-joy System*).

- 21 Panksepp suppose que ces circuits de commande émotionnels sont capables de recueillir des informations clés en provenance de divers systèmes sensoriels, puis de les transmettre à des sous-programmes de patterns comportementaux. Les informations émotionnelles pourraient ainsi avoir une influence rapide sur les centres moteurs pertinents, et notamment sur les nerfs crâniens contrôlant les expressions faciales. Ces systèmes seraient également capables de pénétrer les structures cognitives de haut niveau afin de les colorer émotionnellement et de modifier ainsi les choix comportementaux, les croyances ou les souvenirs.

### Le modèle de LeDoux (1996)

- 22 LeDoux (1996) suggère que la notion de système limbique, proposée par MacLean (1952), doit être modifiée pour rendre compte de façon adéquate des bases neurales de l'émotion. Alors que certaines structures sont impliquées dans des fonctions non émotionnelles, d'autres structures n'appartenant pas au système limbique ont été depuis reconnues comme étant largement impliquées dans le traitement émotionnel. LeDoux propose ainsi de considérer que les fonctions mnésiques de l'hippocampe, bien que pouvant être largement modulées par la connotation émotionnelle des stimuli, ne constituent pas un maillon essentiel dans les circuits émotionnels. Il y aurait donc une distinction fonctionnelle suffisante entre les structures mnésiques et émotionnelles pour les considérer comme des systèmes différents. LeDoux propose alors deux voies principales dans son modèle : la première, médio-basale, correspondrait au circuit de Papez ; la seconde relierait l'hypothalamus ventro-médian au thalamus dorso-médian, au cortex fronto-orbitaire et au cortex temporal. Par ailleurs, LeDoux accorde un intérêt particulier au rôle de l'amygdale dans le traitement émotionnel, puisqu'elle permettrait une évaluation de la signification émotionnelle non seulement des informations perceptives, mais aussi des pensées abstraites. L'amygdale contrôlerait ainsi l'expression de certaines réactions émotionnelles. De plus, LeDoux suppose dans son modèle l'existence de deux voies perceptives vers l'amygdale : une première voie, de haute précision spatiale, serait médiatisée par des zones corticales complexes (en particulier, la voie visuelle ventrale), alors que la seconde voie, rapide mais dégradée, se propagerait directement du thalamus, centre d'intégration perceptif, vers l'amygdale. La fonction de cette seconde voie serait de constituer en quelque sorte un « système de sauvegarde », court-circuitant des processus corticaux plus évolués mais

aussi plus lents, par actions réflexes et mise en éveil rapide de l'organisme en présence d'un danger immédiat dans l'environnement perceptif direct (figure 1).

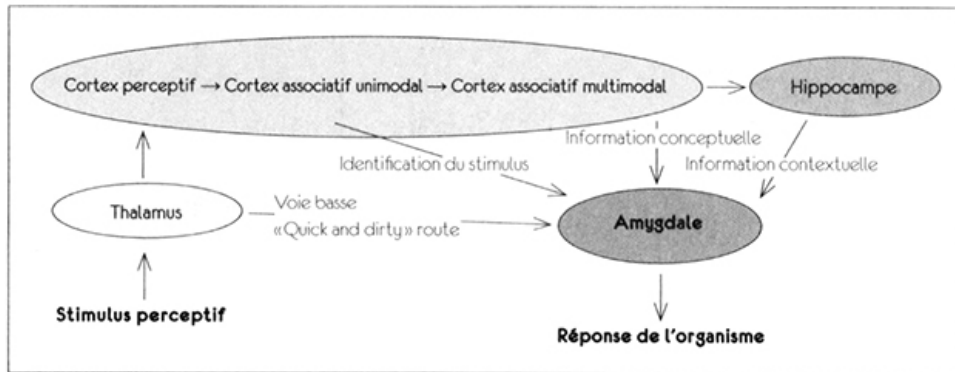


Figure 1. – Le modèle de LeDoux (1996).

- 23 C'est sur la base de ce modèle que nous introduisons dans la section suivante une approche intégrative des émotions, à la jonction de la psychologie, des sciences cognitives et des neurosciences cognitives, et avec pour objectif de décrire la neuroanatomie fonctionnelle des circuits émotionnels humains.

## Travaux actuels et perspectives : vers une approche interdisciplinaire des émotions

### De la perception à l'émotion primitive

- 24 Sur la base des travaux de LeDoux (1996), différents travaux de psychologie et de neuroimagerie ont tenté de comprendre la complexité des circuits neuroanatomiques impliqués dans le traitement émotionnel, en particulier celui du danger. Tout d'abord, au niveau perceptif la voie basse du modèle de LeDoux pourrait trouver son origine, en ce qui concerne le traitement de l'information visuelle, au niveau des corps genouillés latéraux du thalamus, et plus précisément au niveau des voies magnocellulaires. Le système visuel primaire humain réalise en effet une décomposition de l'information en termes de fréquence spatiale de la rétine au cortex strié (cortex visuel primaire ou V1) via les corps genouillés latéraux où se démarquent notamment les voies magnocellulaires et les voies parvocellulaires (Hubel et Wiesel 1977). Ces deux voies visuelles présentent des caractéristiques spatiotemporelles asymétriques. Les voies magnocellulaires, myélinisées, sont achromatiques et véhiculent rapidement les fréquences spatiales basses. À l'inverse, les voies parvocellulaires, non myélinisées, sont chromatiques et véhiculent les hautes fréquences spatiales, mais de façon beaucoup plus lente (figure 2).

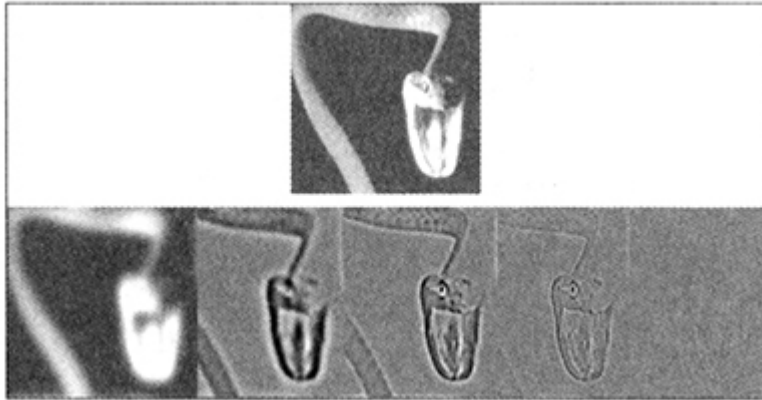


Figure 2. – Décomposition fréquentielle d'un stimulus dangereux.  
 En haut, image non filtrée. En bas, de gauche à droite, image filtrée, des basses fréquences spatiales (voies magnocellulaires) vers les hautes fréquences spatiales (voies parvocellulaires).

- 25 Dans le cadre du modèle de LeDoux (1996), les voies magnocellulaires constituent ainsi le candidat idéal pour une voie rapide mais dégradée vers l'amygdale. On retrouve ainsi au niveau de la neuroanatomie fonctionnelle le débat qui a opposé Lazarus à Zajonc dans les années 1980 sur la possibilité d'un traitement émotionnel qui pourrait précéder un traitement cognitif opérant au niveau de la voie ventrale (identification et catégorisation du stimulus). Afin de tester l'existence de cette voie directe chez l'homme, différents travaux ont été réalisés en neuroimagerie (Vuilleumier, Armony, Driver et Dolan 2003), en potentiels évoqués (Holmes, Winston et Eimer 2005 ; Pourtois, Thut, Grave de Peralta, Michel et Vuilleumier 2005). Malheureusement, les techniques actuelles de neuroimagerie non invasive ne possèdent pas simultanément la résolution spatiale et temporelle permettant de valider le modèle de LeDoux. Ces travaux ont néanmoins été corroborés par des études en neuropsychologie (de Gelder, Vroomen, Pourtois et Weiskrantz 1999), en psychologie (Mermillod, Droit-Volet, Devaux, Schaefer et Vermeulen 2010) et en modélisation connexionniste (Mermillod, Vuilleumier, Peyrin, Alleysson et Marendaz 2009).

## Structures sous-corticales et émotions

- 26 Les travaux de LeDoux (1996) suggèrent que l'amygdale est une composante importante du système impliquant l'acquisition, la mémorisation de stimuli aversifs et l'expression de la peur. Ils ont été confirmés par de multiples études en neurosciences cognitives montrant l'importance de l'amygdale dans la *reconnaissance* de la peur (pour une revue de question, cf. Adolphs 2002). L'amygdale serait ainsi nécessaire pour *éprouver* la sensation de peur. Néanmoins, de nouvelles données laissent supposer une implication plus large de l'amygdale. Il a été suggéré qu'elle puisse intervenir dans toutes les situations ambiguës qui constitueraient une menace directe ou indirecte pour l'organisme (Whalen *et alii* 2001). D'autres articles scientifiques soutiennent depuis l'idée que l'amygdale pourrait répondre aux six expressions faciales émotionnelles (EFE) primaires (peur, dégoût, colère, joie, surprise et tristesse) dans certaines conditions de présentation (Fitzgerald, Angstadt, Jelsone, Nathan et Phan 2006). Si un nombre considérable de travaux se sont intéressés à l'implication de l'amygdale dans le traitement émotionnel, celle-ci ne constitue évidemment pas la seule structure sous-corticale à l'œuvre dans la régulation des émotions. Les ganglions de la base constituent

en effet un réseau de structures sous-corticales nécessaires à la régulation émotionnelle.

- 27 Parmi ces structures, le noyau caudé et le noyau accumbens semblent particulièrement impliqués dans les processus d'approche/évitement. Ces structures constituent le système de récompense (Kawagoe, Takikawa et Hikosaka 1998). Une méta-analyse effectuée par Phan, Wager, Taylor et Liberzon (2002) indique que ces zones sous-corticales seraient fortement impliquées dans la détection de la valence d'un stimulus et, par voie de conséquence, dans les comportements primaires d'approche/évitement. Ces processus primitifs d'origine sous-corticale pourraient cependant être plus compliqués qu'il n'y paraît. Le striatum, qui regroupe le noyau caudé, le putamen et le fundus (un réseau de fibres neurales qui relie la partie ventrale du noyau caudé au putamen) ne serait pas uniquement impliqué dans le traitement émotionnel. Les travaux de Yelnik *et alii* (2007) ont montré en effet que différentes structures au niveau des ganglions de la base regroupent les trois composantes fonctionnelles : limbique (émotionnelle), associative (cognitive) et sensorimotrice. L'intégration de ces trois composantes par les ganglions de la base constitue une véritable énigme à résoudre actuellement, tant au niveau fondamental qu'au niveau appliqué.
- 28 Sur le plan fondamental, il s'agit de comprendre pourquoi le vivant a évolué, même au niveau de ses structures neuronales les plus archaïques, pour regrouper au sein d'une même population de neurones les trois composantes fonctionnelles (limbique, associative et sensorimotrice). Cette intégration de trois composantes permet-elle un traitement plus rapide et plus efficace de signaux provenant de l'environnement perceptif direct ? Ces processus d'intégration pourraient-ils être liés à des mécanismes rudimentaires de communication sociale tels que la compréhension des émotions d'autrui et permettraient-ils de fournir une réponse appropriée à ces émotions ? Ces processus pourraient-ils constituer la base neurale de l'empathie, ou bien cette fonction relève-t-elle de processus plus évolués, de nature corticale ?
- 29 En effet, une première hypothèse pourrait être que l'*embodiment* est intimement lié à l'intégration limbique, associative et sensorimotrice réalisée au niveau des ganglions de la base. Néanmoins, ces structures archaïques du système nerveux central pourraient être des constituants trop primitifs pour être impliqués dans des processus tels que l'empathie ou les émotions sociales. Ces structures sembleraient donc plutôt à l'origine de comportements beaucoup plus primitifs d'approche/évitement, d'alerte ou d'agression. Ainsi Olsson, Ebert, Banaji et Phelps (2005) ont montré que des structures très archaïques telles que l'amygdale pourraient être impliquées dans des comportements primitifs, comme le racisme par exemple. Les comportements plus complexes (tels que l'empathie) et liés à l'*embodiment* pourraient donc trouver leurs origines dans des zones plus évoluées de l'encéphale, au niveau du cortex.
- 30 Dans une perspective appliquée, la prise en considération des composantes fonctionnelles des ganglions de la base permet la mise au point de nouvelles techniques de neurochirurgie dans le traitement de psychopathologies lourdes telles que la maladie de Parkinson, la dépression chronique résistante, les tics et les troubles obsessionnels compulsifs (*cf.* Mermillod *et alii* 2008, pour une synthèse).

## Bases neurales de la cognition incorporée

- 31 Comme nous l'avons souligné précédemment, si les ganglions de la base constituent des structures archaïques du traitement émotionnel, leur rôle intégrateur dans la fusion des processus limbiques, associatifs et sensorimoteurs reste encore à déterminer. Cette fonction d'intégration intéresse au premier plan les tenants de la cognition incorporée (Barsalou 1999 ; Niedenthal 2007 ; Niedenthal, Mermillod, Maringer et Hess 2010). Pour rappel, ces conceptions de la cognition supposent que le traitement cognitif est intrinsèquement lié à chaque modalité perceptive (ou sensorimotrice) et s'opposent donc à un traitement amodal des processus cognitifs. Selon la plupart d'entre elles, les états sensorimoteurs et émotionnels survenant pendant la perception, l'action et l'introspection pourraient être partiellement ou totalement traités par des aires cérébrales associatives (Damasio 1994), mais aucune preuve formelle à ce jour n'exclut la possibilité de trouver des traces de ce processus d'intégration au niveau des ganglions de la base.
- 32 Différentes théories ont vu le jour, comme la théorie des marqueurs somatiques de Damasio (1994), ou la théorie des neurones miroirs (Gallese *et alii* 2004) complétée par la notion d'intersubjectivité (Decety et Jackson 2004). Ces théories supposent la réactivation des états neuronaux sous-jacents propres à l'expérience de chaque émotion et donc l'intégration des trois composantes fonctionnelles. En accord avec les théories de la cognition incarnée ou de la simulation incorporée, nombreux sont les auteurs ayant mis en évidence différents patterns d'activation des muscles faciaux propres au traitement de différentes EFE. Dimberg et Thunberg (1998) ont, par exemple, montré que l'observation rapide de visages colériques ou joyeux produisait chez l'observateur les réponses électromyographiques correspondantes (dans les régions du *zygomaticus major* et du *corrugator supercilii*). En outre, la littérature suggère que l'imitation ne constitue pas seulement une correspondance des aspects visuels du comportement d'autrui, mais engendre également les aspects introspectifs (affectifs, émotionnels) correspondants (Niedenthal *et alii* 2010). Des études suggèrent que l'imitation et ses corrélats neuronaux, en tant que constitutifs d'un mécanisme sous-tendant l'identification et la compréhension des expressions faciales, forment une base fondamentale dans les processus d'empathie (Sonnby-Borgström 2002), et ceci dès le plus jeune âge (Meltzoff et Moore 1989). Au niveau des substrats neuroanatomiques impliqués, il paraît peu probable que ces fonctions cognitives et émotionnelles de haut niveau reposent sur des structures aussi archaïques que les ganglions de la base, même si cela reste à démontrer et même si les ganglions de la base entretiennent des liens étroits avec les structures corticales plus évoluées.

## Implication du cortex somatosensoriel

- 33 Des données de neuropsychologie recueillies sur un large groupe de patients montrent une implication cruciale du cortex somatosensoriel dans des tâches de reconnaissance des six EFE de base (Adolphs, Damasio, Tranel, Cooper et Damasio 2000). Néanmoins, et de façon complémentaire, Adolphs, Damasio, Tranel et Damasio (1996) avaient montré que des lésions au niveau des aires perceptives visuelles (particulièrement des aires du cortex visuel droit) entraînent aussi des déficits de reconnaissance d'EFE (la peur, par exemple). Il est évident que les déficits observés ne reposent pas sur les mêmes fonctions cognitives (déficit perceptif concernant le cortex visuel et déficit qui se

situerait plutôt dans le ressenti de l'émotion concernant des lésions du cortex somatosensoriel). Adolphs *et alii* (2000) proposent donc que le cortex somatosensoriel pourrait servir de substrat neuroanatomique au ressenti émotionnel, proposition soutenue par Winston, O'Doherty et Dolan (2003), qui montrent que le cortex somatosensoriel, mais aussi le cortex préfrontal ventro-médian, sont impliqués dans des tâches de jugement explicite du ressenti émotionnel, alors que l'amygdale réagit aux EFE, quelle que soit la nature de la tâche.

- 34 Ainsi, différentes structures corticales pourraient être liées au processus d'empathie. Par exemple, une étude en IRM fonctionnelle menée par Carr, Iacoboni, Dubeau, Mazziotta et Lenzi (2003) a montré une activation du cortex prémoteur ventral, de l'amygdale et de l'insula dans l'observation passive d'EFE, mais aussi dans l'imitation intentionnelle de ces EFE. Une étude de Wicker *et alii* (2003) corrobore ces résultats, en montrant que les zones corticales activées lors de la perception d'un tiers éprouvant du dégoût à la suite de l'exposition à une odeur désagréable sont identiques aux zones activées lors de la propre sensation de dégoût éprouvée par les participants exposés à cette odeur (insula et cortex cingulaire antérieur). Enfin, une étude de van der Gaag, Minderaa et Keysers (2007) montre une activation du cortex préfrontal (gyrus frontal inférieur) ainsi que du cortex pariétal inférieur lors d'une tâche d'observation ou de mimique volontaire d'EFE (sourire, peur, dégoût et neutre), mais pas dans la condition contrôle consistant à gonfler les joues. L'utilisation d'une condition contrôle dans cette dernière expérience montre que la simple programmation motrice des mouvements n'est pas suffisante pour expliquer ces patterns d'activation.

## Cortex préfrontal et cortex orbito-frontal

- 35 Le rôle du cortex préfrontal est la régulation des fonctions exécutives, c'est-à-dire la gestion de l'action en fonction des buts de l'individu par rapport à son environnement. Cependant, la partie du cortex préfrontal la plus impliquée dans la régulation émotionnelle est le cortex orbito-frontal. Le cortex orbito-frontal est situé dans la partie la plus postérieure du cortex frontal, juste à l'arrière de l'orbite oculaire. À la différence du cortex somatosensoriel, le cortex orbito-frontal ne semble pas être impliqué dans les processus de simulation et d'incorporation. Il joue néanmoins un rôle prépondérant dans les mécanismes de régulation émotionnelle et dans les processus de prise de décision (Kringelbach 2005). Plus spécifiquement, et à la différence des structures sous-corticales du système de récompense, le cortex orbito-frontal semble lié à la planification cognitive de l'action dans les processus d'approche/évitement. En d'autres termes, le cortex orbito-frontal posséderait un niveau d'association cognitive plus complexe que les mécanismes associatifs primitifs opérant au niveau des structures sous-corticales du système de récompense, ce qui lui conférerait un rôle prépondérant dans le processus de régulation émotionnelle (Bechara, Damasio, Damasio et Anderson 1994).
- 36 Par ailleurs, la partie antérieure du cortex orbito-frontal semble traiter des stimuli de plus haut niveau d'abstraction (d'ordre conceptuel) que la partie postérieure, qui semble plutôt impliquée dans le renforcement de stimuli d'ordre perceptif simple. De façon complémentaire, des données de neuropsychologie indiquent que des lésions du cortex orbito-frontal induisent des comportements désinhibés tels que des réactions émotionnelles excessives, des comportements d'achat compulsifs ou d'hypersexualité,

ainsi que des comportements sociaux inadaptés pouvant mener à l'exclusion sociale. Différents tests neuropsychologiques montrent ainsi que des patients ayant subi une lésion du cortex orbito-frontal ne parviennent pas à inhiber un comportement associé à un stimulus aversif si une réponse conditionnelle y a été associée par le passé. Cette défaillance du mécanisme d'extinction de la réponse conditionnée signe de façon relativement claire la fonction de régulation du cortex orbito-frontal dans les processus d'approche/évitement à l'œuvre au niveau du circuit de récompense. Néanmoins, la fonction principale des lobes frontaux serait pour l'heure principalement liée à la régulation des comportements émotionnels plutôt qu'à des processus de simulation incorporée.

## L'essor des réseaux de neurones artificiels dans la compréhension des bases neurobiologiques et psychologiques du traitement émotionnel

- 37 Plusieurs types de systèmes artificiels ont été proposés afin de comprendre la nature du traitement émotionnel humain. Parmi ces différents modèles, comme en psychologie et en neurosciences cognitives, une grande partie aborde le problème par la reconnaissance d'expressions émotionnelles (Cohn et Kanade 2007). Les hypothèses sur ces systèmes résultent donc de recherches plus générales dans le domaine de la perception et de la catégorisation visuelle. La première étape de traitement réside au niveau perceptif puisque l'information visuelle (mais le problème est identique lorsque l'information provient d'autres canaux sensoriels) doit être vectorisée pour être traitée par les couches associatives ultérieures. Les premiers systèmes artificiels de catégorisation visuelle ont ainsi utilisé des champs récepteurs gaussiens ou réseaux RBF (*Radial Basis Function Networks*) afin de compresser l'information visuelle contenue dans les stimuli. Néanmoins, des travaux se situant à l'intersection entre la neurophysiologie (Jones, Stepnoski et Palmer 1987), les mathématiques et l'informatique (Wiskott, Fellous, Krüger et von der Malsburg 1999) ont montré que l'utilisation d'ondelettes de Gabor conférait une meilleure plausibilité biologique relative à l'encodage réalisé par le vivant au niveau du cortex visuel primaire. Ainsi, différents travaux en informatique ont utilisé des champs récepteurs de Gabor pour la reconnaissance faciale au sens large (Wiskott *et alii* 1999), mais aussi la reconnaissance d'expressions émotionnelles par SVM (*Support Vector Machines*) et analyses discriminantes (Bartlett *et alii* 2006). D'autres méthodes ont été proposées au niveau des couches associatives telles que l'utilisation de l'ACP (analyse en composantes principales), du MDS (*Multi-Dimensional Scaling*) et de perceptrons (Dailey, Cottrell, Padgett et Adolphs 2002). Plus récemment, des ondelettes de Gabor ont été couplées avec succès avec des réseaux de neurones à rétropropagation du gradient d'erreur afin de catégoriser des expressions émotionnelles (Mermillod, Vuilleumier *et alii* 2009).
- 38 Que nous enseignent ces systèmes de reconnaissance artificiels sur le plan cognitif ? Des travaux montrent par exemple que les différentes expressions faciales ne seraient pas de simples signaux sociaux déterminés de façon arbitraire, mais suivraient un modèle de décorrélation maximale visant à augmenter la différenciation perceptive des six expressions émotionnelles de base (Smith, Cottrell, Gosselin et Schyns 2005). En d'autres termes, ces analyses computationnelles suggèrent que le vivant aurait évolué afin de maximiser la différence entre ces expressions émotionnelles sur la base d'un

pattern restreint de muscles faciaux. De façon similaire, Mermillod, Vuilleumier *et alii* (2009) ont montré, via l'utilisation de réseaux de neurones artificiels, que l'accès à l'information de basse fréquence spatiale (BFS) dans la reconnaissance de l'expression de peur pourrait avoir un intérêt sur le plan strictement computationnel. L'expression de peur serait en effet plus différenciable sur le contenu BFS véhiculé très rapidement par les voies magnocellulaires que sur l'information de haute fréquence spatiale (HFS) véhiculée uniquement par les voies parvocellulaires. Ces données ne constituent pas une preuve de l'existence de la voie basse du modèle de LeDoux (1996), mais suggèrent l'utilité fonctionnelle d'un accès rapide à l'information BFS. Parallèlement, les simulations connexionnistes permettent aussi de mettre en question des hypothèses évolutionnistes très spéculatives. Ainsi, Hansen et Hansen (1988) ont envisagé l'hypothèse selon laquelle l'être humain aurait évolué pour reconnaître très rapidement l'expression de colère dans son environnement. Il serait en effet vital pour la survie de détecter très rapidement l'expression de colère afin de répondre de façon appropriée (la fuite ou la riposte) à son agresseur. Ainsi, l'expression de colère pourrait être reconnue plus rapidement (que des visages de joie par exemple) dans une foule de visages neutres. Par l'utilisation de réseaux connexionnistes, Mermillod, Vermeulen, Lundqvist et Niedenthal (2009) ont montré que les résultats comportementaux obtenus par Juth, Lundqvist, Karlsson et Öhman (2005), avec une méthodologie mieux contrôlée que l'étude de Hansen et Hansen, peuvent être expliqués par la simple variabilité perceptive des stimuli. En d'autres termes, l'utilisation de réseaux connexionnistes a permis de montrer qu'il n'était pas nécessaire de recourir à une théorie évolutionniste *post hoc* pour rendre compte des résultats comportementaux. Un simple modèle d'apprentissage connexionniste, fondé sur une explication parcimonieuse des résultats liée à la simple variabilité statistique des exemplaires, a ainsi permis de simuler de façon remarquablement simple les données comportementales recueillies chez l'homme.

- 39 Ces exemples de simulation connexionniste illustrent l'utilité d'une approche interdisciplinaire intégrée dans l'exploration des bases neurales et psychologiques du traitement émotionnel humain. Quelles sont les pistes de recherches actuelles dans ce domaine ? Dans la plupart des simulations connexionnistes réalisées jusqu'à aujourd'hui, les réseaux de neurones artificiels obtiennent des performances de reconnaissance d'expressions émotionnelles similaires à celles des humains (Bartlett *et alii* 2006 ; Dailey *et alii* 2002 ; Mermillod, Vuilleumier *et alii* 2009). Ces simulations suggèrent ainsi que le processus de simulation incorporée mis en évidence chez l'homme au niveau neurologique (Decety et Chaminade 2003) et psychologique (Barsalou 1999 ; Niedenthal 2007) n'est pas nécessaire à une reconnaissance des émotions, puisque des systèmes de traitement de l'information associant une simple couche perceptive à une couche purement associative sembleraient suffisants pour une reconnaissance correcte des expressions émotionnelles. En d'autres termes, des systèmes de « cognition froide » seraient tout aussi efficaces que des systèmes plus complexes de cognition incorporée pour la reconnaissance d'expressions émotionnelles. Pourquoi le vivant aurait-il donc évolué vers ce genre de processus ? Peut-il y avoir un avantage, sur le plan strictement computationnel, à la mise en œuvre de mécanismes de simulation incorporée ?
- 40 Un élément de réponse peut être apporté par l'analyse du type de tâches effectuées par les systèmes connexionnistes actuels. La plupart de ces simulations sont réalisées sur des images statiques et caricaturales, telles que les visages de la base Pictures of Facial



Affect (POFA ; Ekman et Friesen 1976) ou les Karolinska Directed Emotional Faces (KDEF ; Lundqvist, Flykt et Öhman 1998). Ces bases de données décrivent uniquement les six émotions primaires, et de façon non ambiguë. Ce matériel, utilisé pour les simulations mais aussi au niveau empirique tant en neuroimagerie qu'en psychologie, est donc très éloigné des conditions réelles des situations émotionnelles. Les émotions, en situation réelle, s'expriment et se déchiffrent en fonction du contexte sémantique et social. Par ailleurs, sur un plan purement perceptif, l'expression des émotions se réalise de façon dynamique et beaucoup plus subtile que ne le font les bases de données utilisées actuellement. C'est dans ces situations que les réseaux de neurones artificiels actuels pourraient bien trouver leurs limites et nécessiter le recours à des conceptions plus réalistes telles que la théorie de l'*embodiment*. Ces développements n'en sont encore qu'à leurs prémices, mais des auteurs tels que Goldman et Sripada (2005) ont commencé à ouvrir la voie en proposant différents modèles alternatifs sur le plan computationnel des processus de simulation incorporée. Notons par ailleurs que des travaux actuels, de façon complémentaire aux recherches sur la compréhension des processus émotionnels humains, ont pour objectif de reproduire les expressions faciales émotionnelles par des systèmes artificiels de la façon la plus réaliste possible (Bailly et Pelachaud 2009).

## Conclusion

- 41 L'objectif de ce chapitre était 1/ de présenter deux approches théoriques différentes du traitement émotionnel, recadrées dans une perspective historique, et 2/ de montrer les liens entre ces approches théoriques et les données provenant des neurosciences cognitives et de l'informatique, tout en incluant la dimension interdisciplinaire de ces recherches. Les travaux actuels réalisés en neurosciences cognitives suggèrent que les théories de l'évaluation cognitive sont plutôt, bien que non exclusivement, liées à des zones corticales associatives impliquées dans la reconnaissance, l'évaluation et l'intégration du stimulus émotionnel dans des réseaux de connaissances conceptuelles ou sociales. En ce qui concerne les théories de la simulation incorporée, de nombreux travaux de neuroimagerie laissent entrevoir l'élégance du modèle, c'est-à-dire le potentiel explicatif d'un processus qui permettrait de rendre compte de différents niveaux de traitement, allant de la réponse physiologique primaire à un stimulus dangereux à des processus complexes de haut niveau tels que l'empathie.
- 42 En ce qui concerne les traitements émotionnels archaïques, tels que la réponse primaire à un stimulus dangereux, les travaux de la littérature scientifique actuelle suggèrent que ce type de comportement serait piloté par l'intégration sensorimotrice et émotionnelle de structures neuronales primitives et sous-corticales telles que l'amygdale. Ces processus ne seraient évidemment pas *exclusivement* sous-corticaux, étant en interaction permanente avec des structures corticales complexes impliquées dans la régulation cognitive et sociale des comportements (les lobes frontaux, entre autres). L'élégance du modèle théorique de la simulation incorporée tient aussi et surtout au fait que ce processus d'intégration sensorimoteur et émotionnel, transposé à des zones corticales évoluées telles que le cortex somatosensoriel, par exemple, permettrait d'expliquer des comportements beaucoup plus complexes et évolués tels que l'empathie. En d'autres termes, un même principe d'intégration sensorimotrice de stimuli émotionnels pourrait être à l'origine, selon le niveau d'évolution neurale auquel

on se situe, de comportements aussi variés que la peur (et par extension la phobie, voire la phobie du hors-groupe) ou l'agression, en ce qui concerne les zones les plus primitives du cerveau (mésencéphale et ganglions de la base), mais aussi de comportements beaucoup plus évolués comme l'empathie ou l'anticipation, qui semblent liés à des zones d'intégration corticale beaucoup plus évoluées et complexes.

---

## BIBLIOGRAPHIE

### Références bibliographiques

Adolphs, R., 2002. «Recognizing emotion front facial expressions: Psychological and neurological mechanisms», *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 1 (1): 21-62.

Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D., Cooper, G. et Damasio, A. R., 2000. « A role for somatosensory cortices in the visual recognition of emotion as revealed by three-dimensional lesion mapping », *Journal of Neuroscience*, 20 (7) : 2683-2690.

Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D. et Damasio, A. R., 1996. « Cortical Systems for the recognition of emotion in facial expressions », *Journal of Neuroscience*, 16 (23) : 7678-7687.

Arnold, M. B., 1960. *Emotion and Personality*, vol. 1, *Psychological Aspects*, New York, Columbia University Press.

Bailly, G. et Pelachaud, C., 2009. « Parole et expression des émotions sur le visage d'humanoïdes virtuels », in S. Donikian (éd.), *Traité de la réalité virtuelle*, vol. 5, *Les humains virtuels*, Paris, Presses de l'École des mines : 187-208.

Barsalou, L. W., 1999. «Perceptual symbol Systems», *Behavioral and Brain Sciences*, 22 (4): 577-660.

Bartlett, M. S., Littlewort, G. C., Frank, M. G., Lainscsek, C., Fasel, I. et Movellan, J. R., 2006. « Automatic recognition of facial actions in spontaneous expressions », *Journal of Multimedia*, 1 (6) : 22-35.

Bechara, A., Damasio, A. R., Damasio, H. et Anderson, S. W., 1994. « Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex », *Cognition*, 50 (1-3) : 7-15.

Blakemore, S.-J. et Decety, J., 2001. « From the perception of action to the understanding of intention », *Nature Reviews Neuroscience*, 2 (8) : 561-567.

Bower, G. H., 1981. «Mood and memory», *American Psychologist*, 36 (2): 129-148.

Cannon, W. B., 1927. «The James-Lange theory of emotions: A critical examination and an alternative theory», *American Journal of Psychology*, 39 (1-4): 106-124.

Carr, L., Iacoboni, M., Dubeau, M. C., Mazziotta, J. C. et Lenzi, G. L., 2003. « Neural mechanisms of empathy in humans : A relay from neural Systems for imitation to limbic areas », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100 (9) : 5497-5502.

- Cohn, J. F. et Kanade, T., 2007. « Use of automated facial image analysis for measurement of emotion expression », in J. A. Coan et J. J. B. Allen (éd.), *The Handbook of Emotion Elicitation and Assessment*, New York, Oxford University Press (Series in Affective Science) : 222-238.
- Dailey, M. N., Cottrell, G. W., Padgett, C. et Adolphs, R., 2002. « EM-PATH : « EM-PATH : A neural network that categorizes facial expressions », *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14 (8) : 1158-1173.
- Damasio, A., 1994. « The brain binds entities and events by multiregional activation from convergence zones », in H. Gutfreund et G. Toulouse (éd.), *Biology and Computation : A Physicist's Choice*, River Edge (N.J.), World Scientific Publishing Co (Advanced Series in Neuroscience ; 3) : 749-758.
- Davidson, R. J., 1994. « On emotion, mood, and related affective constructs », in P. Ekman et R. J. Davidson (éd.), *The Nature of Emotion : Fundamental Questions*, New York, Oxford University Press (Series in Affective Sciences) : 51-55.
- De Gelder, B., Vroomen, J., Pourtois, G. et Weiskrantz, L., 1999. « Nonconscious recognition of affect in the absence of striate cortex », *NeuroReport*, 10 (18) : 3759-3763.
- Decety, J. et Chaminade, T., 2003. « Neural correlates of feeling sympathy », *Neuropsychologia*, 41 (2) : 127-138.
- Decety, J. et Jackson, P. L., 2004. « The functional architecture of human empathy », *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 3 (2) : 71-100.
- Dijksterhuis, A., 2005. « Why we are social animals : The high road to imitation as social glue », in S. Hurley et N. Chater (éd.), *Perspectives on Imitation : From Neuroscience to Social Science*, vol. 2, *Imitation, Human Development, and Culture*, Cambridge (Mass.), The MIT Press : 207-220.
- Dimberg, U. et Thunberg, M., 1998. « Rapid facial reactions to emotional facial expressions », *Scandinavian Journal of Psychology*, 39 (1) : 39-45.
- Ekman, P. et Friesen, W. V., 1976. *Pictures of Facial Affect*, Palo Alto (Calif.), Consulting Psychologists Press.
- Fitzgerald, D. A., Angstadt, M., Jelsone, L. M., Nathan, P. J. et Phan, K. L., 2006. « Beyond threat : Amygdala reactivity across multiple expressions of facial affect », *Neuroimage*, 30 (4) : 1441-1448.
- Frijda, N. H., 1993. « The place of appraisal in emotion », *Cognition and Emotion*, 7 (3-4) : 357-387.
- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L. et Rizzolatti, G., 1996. « Action recognition in the premotor cortex », *Brain*, 119 (2) : 593-609.
- Gallese, V., Keysers, C. et Rizzolatti, G., 2004. « A unifying view of the basis of social cognition », *Trends in Cognitive Sciences*, 8 (9) : 396-403.
- Goldman, A. et Sripada, C. S., 2005. « Simulationist models of face-based emotion recognition », *Cognition*, 94 (3) : 193-213.
- Hansen, C. H. et Hansen, R. D., 1988. « Finding the face in the crowd : An anger superiority effect », *Journal of Personality and Social Psychology*, 54 (6) : 917-924.
- Holmes, A., Winston, J. S. et Eimer, M., 2005. « The role of spatial frequency information for ERP components sensitive to faces and emotional facial expression », *Cognitive Brain Research*, 25 (2) : 508-520.
- Hubel, D. H. et Wiesel, T. N., 1977. « Ferrier Lecture : Functional architecture of macaque monkey visual cortex », *Proceedings of the Royal Society of London, Series B : Biological Sciences*, 198 (1130) : 1-59.

- Izard, C. E., 1993. «Four Systems for emotion activation: Cognitive and noncognitive processes», *Psychological Review*, 100 (1): 68-90.
- James, W., 1884. «What is an emotion?» *Mind*, 9 (34): 188-205.
- Jones, J. P., Stepnoski, A. et Palmer, L. A., 1987. « The two-dimensional spectral structure of simple receptive fields in cat striate cortex », *Journal of Neurophysiology*, 58 (6) : 1212-1232.
- Juth, R., Fundqvist, D., Karlsson, A. et Öhman, A., 2005. « Looking for foes and friends : Perceptual and emotional factors when finding a face in the crowd », *Emotion*, 5 (4) : 379-395.
- Kawagoe, R., Takikawa, Y. et Hikosaka, O., 1998. « Expectation of reward modulates cognitive signals in the basal ganglia », *Nature Neuroscience*, 1 (5) : 411-416.
- Kringelbach, M. L., 2005. «The human orbitofrontal cortex: Linking reward to hedonic experience», *Nature Reviews Neuroscience*, 6 (9): 691-702.
- Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M. et Hamm, A. O., 1993. « Looking at pictures : Affective, facial, visceral, and behavioral reactions », *Psychophysiology*, 30 (3) : 261-273.
- Lazarus, R. S., 1968. « Emotions and adaptation : Conceptual and empirical relations », in W. J. Arnold (éd.), *Nebraska Symposium on Motivation (16<sup>th</sup>)*, Lincoln (Neb.), University of Nebraska Press (Nebraska Symposium on Motivation, Current Theory and Research in Motivation ; 16) : 175-270.
- Lazarus, R. S., 1982. «Thoughts on the relations between emotion and cognition», *American Psychologist*, 37 (9): 1019-1027.
- LeDoux, J. E., 1987. « Emotion », in V. B. Mountcastle (éd.), *Handbook of Physiology : The Nervous System*, vol. 5, E Plum (éd.), *Higher Functions of the Brain*, Bethesda (Md.), American Physiological Society : 419-459
- LeDoux, J. E., 1996. *The Emotional Brain*, New York, Simon and Schuster.
- Lundqvist, D., Flykt, A. et Ohman, A., 1998. *Karolinska Directed Emotional Faces [Database of standardized facial images]*, Psychology Section, Department of Clinical Neuroscience, Karolinska Hospital, Stockholm.
- MacLean, P. D., 1952. «Some psychiatric implications of physiological studies on frontotemporal portion of limbic System (Visceral brain)», *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 4 (4): 407-418.
- Mandler, G., 1984. *Mind and Body: Psychology of Emotion and Stress*, New York, Norton.
- Meltzoff, A. N. et Moore, M. K., 1989. « Imitation in newborn infants : Exploring the range of gestures imitated and the underlying mechanisms », *Developmental Psychology*, 25 (6) : 954-962.
- Mermillod, M., Droit-Volet, S., Devaux, D., Schaefer, A. et Vermeulen, N., 2010. « Are coarse scales sufficient for fast detection of Visual threat ? » *Psychological Science*, 21 (10) : 1429-1437.
- Mermillod, M., Galland, F., Mondillon, L., Durif, F., Chéreau, I. et Jalenques, L., 2008. « Troubles psychiatriques et stimulation cérébrale profonde : perspectives de recherche clinique et fondamentale », in S. Campanella et E. Streel (éd.), *Psychopathologie et neurosciences : questions actuelles de neurosciences cognitives et affectives*, Bruxelles, De Boeck (Neurosciences et cognition) : 231-260.
- Mermillod, M., Vermeulen, N., Lundqvist, D. et Niedenthal, P. M., 2009. « Neural computation as a tool to differentiate perceptual from emotional processes : The case of anger superiority effect », *Cognition*, 110 (3) : 346-357.

- Mermillod, M., Vuilleumier, P., Peyrin, C., Alleysson, D. et Marendaz, C., 2009. « The importance of low spatial frequency information for recognising fearful facial expressions », *Connection Science*, 21 (1) : 75-83.
- Niedenthal, P. M., 2007. «Embodying emotion», *Science*, 316 (5827) : 1002-1005.
- Niedenthal, P. M., Mermillod, M., Maringer, M. et Hess, U., 2010. « The Simulation of Smiles (SIMS) model : Embodied simulation and the meaning of facial expression », *Behavioral and Brain Sciences*, 33 (6) : 417-480.
- Oatley, K. et Johnson-Laird, P. N., 1987. « Towards a cognitive theory of emotions », *Cognition and Emotion*, 1 (1) : 29-50.
- Olsson, A., Ebert, J. P., Banaji, M. R. et Phelps, E. A., 2005. « The role of social groups in the persistence of learned fear », *Science*, 309 (5735) : 785-787.
- Ortony, A., Clore, G. L. et Collins, A., 1988. *The Cognitive Structure of Emotions*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Osgood, C. E., May, W. H. et Miron, M. S., 1975. *Cross-cultural Universals of Affective Meaning*, Urbana (Ill.), University of Illinois Press.
- Panksepp, J., 1986. « The anatomy of emotions », in R. Plutchik et H. Kellerman (éd.), *Emotion : Theory, Research, and Experience*, vol. 3, *Biological Foundations of Emotions*, Orlando (Fla.), Academic Press : 91-124.
- Papez, J. W., 1937. «A proposed mechanism of emotion», *Archives of Neurology and Psychiatry*, 38 (4): 725-743.
- Phan, K. L., Wager, T., Taylor, S. E et Liberzon, I., 2002. « Functional neuroanatomy of emotion : A meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI », *Neuroimage*, 16 (2) : 331-348.
- Plutchik, R., 1984. « A general psychoevolutionary theory », in K. R. Scherer et P. Ekman (éd.), *Approaches to Emotion*, Hillsdale (N.J.), Erlbaum : 197-219.
- Pourtois, G., Thut, G., Grave de Peralta, R., Michel, C. et Vuilleumier, P., 2005. « Two electrophysiological stages of spatial orienting towards fearful faces : Early temporo-parietal activation preceding gain control in extrastriate visual cortex », *Neuroimage*, 26 (1) : 149-163.
- Russell, J. A., 1980. « A circumplex model of affect », *Journal of Personality and Social Psychology*, 39 (6) : 1161-1178.
- Russell, J. A. et Carroll, J. M., 1999. « On the bipolarity of positive and negative affect », *Psychological Bulletin*, 125 (1) : 3-30.
- Scherer, K. R., 1999. « Appraisal theory », in T. Dalgleish et M. Power (éd.), *Handbook of Cognition and Emotion*, Chichester, Wiley : 637-663.
- Shaver, P., Schwartz, J., Kirson, D. et O'Connor, C., 1987. « Emotion knowledge : Further exploration of a prototype approach », *Journal of Personality and Social Psychology*, 52 (6) : 1061-1086.
- Smith, M. L., Cottrell, G., Gosselin, F. et Schyns, P. G., 2005. « Transmitting and decoding facial expressions of emotions », *Psychological Science*, 16 (3) : 184-189.
- Sonnby-Borgström, M., 2002. «Automatic mimicry reactions as related to differences in emotional empathy», *Scandinavian Journal of Psychology*, 43 (5): 433-443.
- Stepper, S. et Strack, F., 1993. « Proprioceptive determinants of emotional and nonemotional feelings », *Journal of Personality and Social Psychology*, 64 (2) : 211-220.

- Van der Gaag, C., Minderaa, R. et Keysers, C., 2007. « The BOLD signal in the amygdala does not differentiate between dynamic facial expressions », *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2 (2) : 93-103.
- Vuilleumier, P., Armony, J. L., Driver, J. et Dolan, R. J., 2003. « Distinct spatial frequency sensitivities for processing faces and emotional expressions », *Nature Neuroscience*, 6 (6) : 624-631.
- Wallbott, H. G., 1991. « Recognition of emotion from facial expression via imitation? Some indirect evidence for an old theory », *British Journal of Social Psychology*, 30 (3) : 207-219.
- Whalen, P. J., Shin, L. M., McInerney, S. C., Fischer, H., Wright, C. I. et Rauch, S. L., 2001. « A functional MRI study of human amygdala responses to facial expressions of fear versus anger », *Emotion*, 1 (1) : 70-83.
- Wicker, B., Keysers, C., Plailly, J., Royet, J.-P., Gallese, V. et Rizzolatti, G., 2003. « Both of us disgusted in my insula : The common neural basis of seeing and feeling disgust », *Neuron*, 40 (3) : 655-664.
- Winston, J. S., O'Doherty, J. et Dolan, R. J., 2003. « Common and distinct neural responses during direct and incidental processing of multiple facial emotions », *Neuroimage*, 20 (1) : 84-97.
- Wiskott, L., Fellous, J.-M., Krüger, N. et von der Malsburg, C., 1999. « Face recognition by elastic bunch graph matching », in L. C. Jain, U. Halici, I. Hayashi, S. B. Lee et S. Tsutsui (éd.), *Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition*, New York, The CRC Press (CRC Press International Series on Computational Intelligence) : 355-396.
- Yelnik, J., Bardinet, E., Dormont, D., Malandain, G., Ourselin, S., Tandé, D., Karachi, C., Ayache, N., Cornu, P. et Agid, Y., 2007. « A three-dimensional, histological and deformable atlas of the human basal ganglia : I. Atlas construction based on immunohistochemical and MRI data », *Neuroimage*, 34 (2) : 618-638.
- Zajonc, R. B., 1980. « Feeling and thinking: Preferences need no inferences », *American Psychologist*, 35 (2) : 151-175.

## AUTEURS

### MARTIAL MERMILLOD

Laboratoire de psychologie sociale et cognitive (LAPSCO), Université Blaise-Pascal, 34, avenue Carnot, 63 037 Clermont-Ferrand Cedex 1

### LÆTITIA SILVERT

Laboratoire de psychologie sociale et cognitive (LAPSCO), Université Blaise-Pascal, 34, avenue Carnot, 63 037 Clermont-Ferrand Cedex 1

### DAMIEN DEVAUX

Laboratoire de psychologie sociale et cognitive (LAPSCO), Université Blaise-Pascal, 34, avenue Carnot, 63 037 Clermont-Ferrand Cedex 1

### NICOLAS VERMEULEN

Laboratoire de psychologie sociale et cognitive (LAPSCO), Université Blaise-Pascal, 34, avenue Carnot, 63 037 Clermont-Ferrand Cedex 1

**PAULA NIEDENTHAL**

Laboratoire de psychologie sociale et cognitive (LAPSCO), Université Blaise-Pascal, 34, avenue Carnot, 63 037 Clermont-Ferrand Cedex 1