

Les circuits neuronaux impliqués dans les émotions

Meryl Malezieux, Alexandra S. Klein & Nadine Gogolla
Annual Review of Neuroscience, 2023, vol. 46, pp. 327-356
DOI : 10.1146/annurev-neuro-111020-103314

Résumé

Les émotions constituent une dimension fondamentale de notre expérience et de notre comportement, influençant et motivant tous les aspects de la vie. Les scientifiques de diverses disciplines s'y intéressent depuis des siècles ; pourtant, les débats persistent quant à la définition même des émotions et aux méthodes les plus pertinentes pour étudier leurs bases neuronales.

En adoptant une perspective évolutive et en reconnaissant la fonction des émotions dans la survie, il devient possible d'examiner les états émotionnels dans différentes espèces et d'utiliser les outils modernes de la neuroscience – notamment ceux qui permettent l'étude précise des circuits neuronaux – pour disséquer leurs mécanismes et leurs expressions comportementales.

Dans cette revue, nous résumons les avancées majeures relatives aux circuits neuronaux qui sous-tendent les émotions à travers les espèces ; nous identifions les points de convergence actuels et proposons des directions pour comprendre comment les émotions émergent de l'activité du cerveau.

Introduction

Qu'est-ce qu'une émotion ?

Chacun a une intuition de ce concept, mais la définition précise demeure l'objet de débats actifs.

Certaines approches psychologiques conçoivent les émotions comme des **sentiments conscients**, tandis que d'autres les définissent par leur **fonction adaptative** : des états internes, souvent non conscients, inférés à partir de leurs causes et de leurs conséquences, conservés à travers l'évolution et participant à la survie.

Dans cet article, nous considérons les émotions comme des **états fonctionnels** – ou *functional emotion states* – qui soutiennent la survie et l'adaptation de l'organisme. Nous distinguons ces états des **sentiments conscients**, qui ne peuvent être évalués directement que chez l'humain.

Nous restons volontairement neutres sur la relation exacte entre ces deux niveaux : il existe probablement des circuits cérébraux communs impliqués dans les deux, mais les sentiments requièrent l'intégration consciente que les états fonctionnels n'impliquent pas nécessairement.

Ainsi, certains stimuli émotionnels, même **subliminaux**, peuvent provoquer des réactions comportementales et physiologiques sans qu'une expérience subjective soit rapportée.

Reconnaître les émotions comme des états fonctionnels conservés à travers les espèces permet d'inclure des données issues d'études animales, humaines et comparatives.

Ces états peuvent être conceptualisés comme des **états cérébraux centraux**, intégrant un large éventail d'entrées internes et externes et influençant, en retour, le comportement, la physiologie et l'activité neuronale.

Caractéristiques générales des états émotionnels fonctionnels

Les états émotionnels partagent plusieurs propriétés :

1. **Valence** : ils sont généralement positifs ou négatifs pour l'organisme.
2. **Intensité** : ils varient en force selon le contexte et l'expérience.
3. **Priorité** : ils peuvent dominer d'autres processus cognitifs ou moteurs.
4. **Persistance** : ils se maintiennent au-delà du stimulus initial.
5. **Généralisation** : ils peuvent être réactivés par des stimuli associés.
6. **Coordination** : ils synchronisent de multiples systèmes physiologiques (hormonal, moteur, cognitif, végétatif).

Ces propriétés confèrent aux émotions leur rôle adaptatif : elles préparent l'organisme à agir face à des événements significatifs, en modulant à la fois la perception, la mémoire, la prise de décision et la communication sociale.

Des émotions humaines aux modèles animaux

L'étude des émotions dans différentes espèces repose sur des critères comportementaux et physiologiques : expressions faciales, vocalisations, réponses autonomes ou endocriniennes. Les modèles animaux permettent d'explorer les **mécanismes causaux** : quelles régions cérébrales, quels neurotransmetteurs, quelles boucles neuronales génèrent et régulent les états émotionnels ?

L'objectif est de comprendre comment l'activité neuronale se traduit en comportements observables – par exemple la fuite, l'approche, la défense, le soin ou la coopération. Ces comparaisons inter-espèces suggèrent que les émotions reposent sur des **circuits cérébraux anciens**, conservés depuis les premiers vertébrés, et qu'elles sont modulées par les expériences et les contextes sociaux propres à chaque espèce.

Émotions, motivations et besoins physiologiques

Les émotions interagissent étroitement avec les systèmes de **motivation et de besoin**. Certaines émotions, dites *homéostatiques*, comme la faim, la soif ou la douleur, traduisent directement des déséquilibres corporels et engagent des circuits de régulation similaires à ceux d'autres émotions plus "psychologiques" telles que la peur ou la colère. Ainsi, les émotions peuvent être considérées comme des **mécanismes de signalisation du besoin** : elles informent l'organisme sur ce qui doit être rétabli pour maintenir son intégrité et sa survie.

Organisation cérébrale

Les émotions reposent sur des réseaux distribués, comprenant :

- les structures **limbiques** (amygdale, hippocampe, cortex cingulaire, hypothalamus),
- les régions **sous-corticales** impliquées dans la motivation (noyau accumbens, striatum ventral, aire tegmentale ventrale),
- et des **régions corticales** supérieures (préfrontales, insulaires) assurant l'intégration cognitive, la régulation consciente et le contrôle du comportement.

Ces systèmes interagissent avec les boucles sensorielles et motrices pour traduire l'état émotionnel en **actions adaptatives**.

Objectif de la revue

Cette revue examine les circuits neuronaux sous-jacents aux émotions, en insistant sur :

- les différents types d'états émotionnels (peur, colère, plaisir, dégoût, émotions sociales, états homéostatiques),
- les motifs récurrents dans leur organisation,
- les interactions entre émotions, besoins et interoception,
- et les perspectives de recherche vers une compréhension multi-échelles des émotions.

Définir et examiner les émotions à travers les espèces

L'étude scientifique des émotions requiert une **définition opérationnelle** suffisamment claire pour guider les recherches, mais aussi assez souple pour inclure des observations issues de différentes espèces. Les auteurs rappellent que, dans le domaine des neurosciences, on s'accorde généralement sur l'idée que les émotions sont **des états cérébraux internes** caractérisés par une valence (positive ou négative) et une signification adaptative pour la survie de l'organisme.

Ces états se distinguent de simples réflexes ou de réponses motrices automatiques : ils engagent des processus de coordination plus larges, intégrant le corps, la cognition et la mémoire.

Émotions fonctionnelles et émotions conscientes

La distinction entre **émotions fonctionnelles** et **sentiments conscients** est essentielle.

Les émotions fonctionnelles sont des états internes observables à travers le comportement et la physiologie ; elles peuvent être étudiées chez l'animal.

Les sentiments, eux, représentent la **perception subjective** de ces états, mesurable uniquement chez l'humain à travers le langage et l'introspection.

Les émotions conscientes reposent donc sur la même base biologique que les émotions fonctionnelles, mais ajoutent un **niveau métacognitif**, lié à la conscience de soi et au traitement cortical supérieur.

Les émotions comme états cérébraux intégrés

Les émotions ne se réduisent pas à une seule région du cerveau.

Elles reposent sur des **réseaux dynamiques** qui relient différentes structures : le tronc cérébral, l'hypothalamus, les noyaux du thalamus, l'amygdale, le cortex cingulaire antérieur, le striatum et les régions préfrontales.

Ces structures sont interconnectées par des boucles de rétroaction, ce qui permet :

- une **activation rapide** face aux stimuli émotionnels,
- une **régulation** selon le contexte,
- et une **intégration** avec les systèmes cognitifs supérieurs (mémoire, attention, décision).

Les émotions dans une perspective évolutive

Les émotions se sont développées comme des **mécanismes universels de survie**.

Les comportements émotionnels fondamentaux (approche, fuite, défense, recherche de lien) apparaissent dès les premiers vertébrés et se retrouvent, sous des formes variées, chez les mammifères, les oiseaux, voire certains poissons.

Les circuits neuronaux impliqués dans la peur, la récompense, la douleur ou le lien social montrent une **conservation phylogénétique marquée**.

Cela suggère que l'architecture émotionnelle de base précède largement le langage et la conscience réflexive.

Ainsi, la peur d'un prédateur, le soin parental ou l'attachement au groupe reposent sur **des schémas neuronaux hérités**, que l'expérience et la culture viennent ensuite moduler.

Critères comportementaux et physiologiques

Pour identifier un état émotionnel dans une espèce donnée, les chercheurs combinent :

- des **indices comportementaux** (posture, vocalisations, mimique, immobilisation, exploration, jeu),
- et des **indicateurs physiologiques** (rythme cardiaque, respiration, sécrétion hormonale, dilatation pupillaire).

Ces indicateurs permettent d'inférer la présence d'un **état émotionnel fonctionnel**, même sans rapport verbal.

Par exemple, les rongeurs manifestent des vocalisations ultrasoniques différentes selon qu'ils vivent une émotion positive (jeu, plaisir social) ou négative (menace, douleur).

Les émotions comme états multidimensionnels

Les émotions ne sont pas des catégories discrètes figées ; elles se situent dans un **espace multidimensionnel** défini par :

- la valence (plaisir / déplaisir),
- l'intensité (forte / faible),
- la motivation (approche / évitement),
- et la durée (transitoire / persistante).

Cette approche dimensionnelle rend compte de la **variabilité interindividuelle** et des **états émotionnels mixtes** (comme la nostalgie, mêlant tristesse et plaisir).

Émotions et cognition

Les frontières entre émotion et cognition sont poreuses.

Les émotions influencent la perception, la mémoire et la prise de décision, tandis que les processus cognitifs peuvent **moduler ou inhiber** les réponses émotionnelles.

Des régions comme le **cortex préfrontal ventromédian** et le **cortex cingulaire antérieur** jouent un rôle central dans cette régulation.

Ainsi, une émotion n'est pas un simple réflexe automatique, mais un **processus dynamique**, soumis à l'apprentissage, à la prévision et à l'expérience.

Le rôle de l'apprentissage

Les émotions dépendent de l'**expérience passée** : un même stimulus peut évoquer des réactions différentes selon l'histoire de l'individu.

L'**amygdale** et l'**hippocampe** sont impliqués dans cette plasticité émotionnelle ; ils associent des contextes, des lieux et des signaux à des valences émotionnelles.

Cette capacité d'apprentissage explique pourquoi les émotions peuvent se généraliser (phobies, anxiété) ou se transformer (habituation, régulation consciente).

Interactions entre émotions et besoins physiologiques

Les émotions se forment dans le dialogue constant entre le **cerveau émotionnel** et les systèmes **homéostatiques** du corps.

Les signaux internes (faim, température, douleur, fatigue) influencent la perception émotionnelle et la réactivité.

Inversement, les états émotionnels modifient les réponses corporelles : respiration, rythme cardiaque, sécrétions hormonales.

Ainsi, les émotions sont inséparables des **besoins physiologiques** : elles guident l'organisme vers la restauration d'un équilibre interne et la satisfaction de ses besoins vitaux ou relationnels.

Circuits neuronaux sous-jacents aux états émotionnels fonctionnels

Cette section examine les réseaux cérébraux impliqués dans différents types d'émotions.

Chaque émotion active une combinaison spécifique de structures neuronales, mais plusieurs zones sont partagées entre les émotions — notamment l'amygdale, l'hypothalamus, le cortex cingulaire antérieur, l'insula et le striatum ventral.

Les auteurs distinguent six grands groupes d'émotions :

1. la peur et l'anxiété,
2. la colère et l'agressivité,
3. le plaisir et la récompense,
4. le dégoût,
5. les émotions sociales,
6. et les émotions homéostatiques (liées aux besoins physiologiques).

1. Circuits neuronaux de la peur et de l'anxiété

La **peur** et l'**anxiété** partagent certaines bases neuronales, mais se distinguent par leur temporalité et leur contexte :

- la peur est une réponse immédiate à une menace présente ;

- l'anxiété correspond à une anticipation d'un danger futur ou incertain.

Structures principales impliquées :

- **Amygdale** : structure clé pour la détection des menaces et l'apprentissage de la peur.
 - Le **noyau latéral** reçoit les signaux sensoriels et forme des associations entre stimulus neutre et stimulus menaçant.
 - Le **noyau central** envoie des signaux à l'hypothalamus et au tronc cérébral pour générer les réponses physiologiques et comportementales (accélération cardiaque, immobilisation, fuite, vigilance).
- **Hypothalamus** : module la réponse hormonale (axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien) et le tonus autonome.
- **Cortex préfrontal médian** : régule la peur par des mécanismes d'inhibition ou d'extinction.
 - Le cortex **infralimbique** favorise l'extinction de la peur apprise.
 - Le cortex **prélimbique** soutient la persistance ou la réactivation de la peur selon le contexte.
- **Hippocampe ventral** : code le **contexte spatial et temporel** associé à la peur, permettant de distinguer une menace réelle d'un souvenir ou d'un signal non pertinent.

Mécanismes :

La peur apprise repose sur des modifications synaptiques (plasticité à long terme) dans les circuits amygdaliens.

Lorsqu'un stimulus neutre (ex. un son) est associé à une menace (choc), des connexions durables se forment, rendant le son capable de déclencher à lui seul les réponses physiologiques de peur.

L'anxiété, elle, implique des régions plus diffuses : l'**amygdale basolatérale**, le **noyau du lit de la strie terminale (BNST)** et le **cortex insulaire**.

Le BNST, en particulier, soutient des réponses prolongées et diffuses aux menaces imprécises — il est considéré comme un médiateur de l'"état d'alerte anxieux".

2. Circuits neuronaux de la colère et de l'agressivité

La colère et l'agressivité impliquent des réseaux en partie distincts de ceux de la peur, mais qui se chevauchent au niveau de l'amygdale et de l'hypothalamus.

Chez les mammifères, l'**hypothalamus ventromédian (VMH)** joue un rôle crucial : sa stimulation électrique peut induire des comportements agressifs, tandis que son inhibition les supprime.

Les **neurones du VMH** projettent vers la **substance grise périaqueducale (PAG)**, qui commande les comportements moteurs de l'agression.

Les interactions entre l'amygdale, le striatum et le cortex préfrontal régulent l'expression de la colère selon le contexte social :

- le cortex **orbitofrontal** évalue la pertinence et le coût social de la réaction ;
- le **cingulaire antérieur** intègre la dimension de conflit et d'injustice perçue.

Des études montrent que les circuits de la colère sont modulés par les **hormones sexuelles (testostérone, vasopressine)** et par les **neurotransmetteurs sérotoninergiques**, qui exercent un effet inhibiteur sur l'agressivité impulsive.

3. Circuits neuronaux du plaisir et de la récompense

Les émotions positives reposent sur des réseaux de **motivation et de récompense**, centrés sur la **voie dopaminergique mésolimbique**.

Cependant, les auteurs soulignent une distinction cruciale entre :

- le **"wanting"** (désir, motivation à rechercher une récompense)
- et le **"liking"** (plaisir éprouvé lors de sa consommation).

Structures impliquées :

- **Aire tegmentale ventrale (VTA)** : source des neurones dopaminergiques projetant vers le **noyau accumbens** et le **cortex préfrontal**.
- **Noyau accumbens** : intègre les signaux dopaminergiques pour orienter le comportement d'approche.
- **Cortex orbitofrontal** : code la valeur subjective de la récompense.
- **Amygdale basolatérale** : relie les stimuli émotionnels positifs à leurs contextes sensoriels.

Des études ont montré que la **dopamine** est essentielle au "wanting", mais que le **plaisir lui-même** dépend d'autres systèmes neurochimiques, notamment les **opioïdes endogènes** et les **endocannabinoïdes**.

Ainsi, une récompense peut être désirée sans procurer de plaisir (comme dans certaines addictions), ou inversement, être appréciée sans être activement recherchée.

4. Circuits neuronaux du dégoût

Le dégoût, émotion liée à la protection contre les substances ou situations potentiellement toxiques, active principalement :

- l'**insula antérieure**,
- le **cortex cingulaire**,
- et certaines zones de l'**amygdale**.

L'insula joue un rôle central dans la représentation des sensations corporelles désagréables (goût amer, nausée, odeur nocive) et dans la **répulsion morale ou sociale**.

Le dégoût est l'une des émotions les plus universelles et précoces ; il combine une forte activation physiologique et une motivation d'évitement.

5. Circuits neuronaux des émotions sociales

Les **émotions sociales** — attachement, amour, empathie, honte, culpabilité — reposent sur des circuits partagés avec les émotions primaires, mais enrichis de réseaux spécifiques.

Composants principaux :

- **Système ocytocinergique** : l'ocytocine libérée par l'hypothalamus favorise la confiance, l'attachement et réduit la peur.
- **Striatum ventral et cortex préfrontal médian** : activés lors de la coopération, du soin ou de la reconnaissance sociale.
- **Amygdale** : évalue les signaux émotionnels d'autrui et la pertinence affective des interactions.
- **Cortex temporo-pariétal et jonction temporale supérieure** : impliqués dans la perception des intentions et des émotions d'autrui (théorie de l'esprit).

Les circuits sociaux reposent sur un équilibre entre **récompense** (liée au lien) et **sécurité** (réduction de la peur).

L'ocytocine agit comme un **modulateur contextuel** : dans un environnement sûr, elle renforce le lien ; dans un contexte menaçant, elle peut accroître la vigilance envers les inconnus.

6. Circuits neuronaux des émotions homéostatiques

Les **émotions homéostatiques** (faim, soif, fatigue, douleur) traduisent les besoins physiologiques essentiels.

Elles impliquent principalement :

- l'**hypothalamus**, centre de régulation interne,
- le **tronc cérébral**, qui relaye les signaux corporels,

- et l'**insula**, qui intègre la perception consciente de ces signaux internes (interoception).

Ces émotions servent à maintenir l'**équilibre du milieu intérieur** (homéostasie).

Elles partagent des circuits avec les émotions plus “psychologiques” : la douleur et la peur, par exemple, activent des réseaux communs (amygdale, cingulaire antérieur, insula).

Cela montre que les émotions dites “corporelles” et “relationnelles” ne sont pas séparées mais font partie d'un **continuum biologique** de besoins et de régulation.

7. Circuits neuronaux de l'interoception et de l'intégration émotionnelle

L'**interoception** désigne la perception des signaux internes du corps (battements cardiaques, respiration, tension viscérale, etc.).

Ces signaux sont traités par l'insula et le cortex cingulaire antérieur, qui jouent un rôle de **pont entre le corps et l'émotion**.

Les boucles d'interoception permettent au cerveau :

- d'évaluer l'état interne de l'organisme,
- d'ajuster les émotions selon le contexte physiologique,
- et d'adapter les comportements pour restaurer l'équilibre.

Ainsi, les circuits de l'interoception soutiennent la **dimension incarnée** des émotions : ressentir, c'est avant tout **percevoir le corps**.

Schémas récurrents dans les circuits neuronaux des émotions et orientations futures

Après avoir décrit les circuits propres à chaque type d'émotion, les auteurs mettent en évidence des **principes d'organisation communs** — des motifs qui se répètent dans l'architecture cérébrale et le fonctionnement émotionnel.

Ces schémas montrent que, même si chaque émotion possède des signatures distinctes, **les émotions partagent une base neuronale intégrée et dynamique**.

1. Chevauchement des régions cérébrales impliquées dans les émotions

Les émotions mobilisent des ensembles neuronaux partiellement communs.

Les structures les plus souvent engagées sont :

- l'**amygdale**, pour la détection de la signification émotionnelle des stimuli ;
- l'**hypothalamus**, pour la régulation physiologique ;
- le **cortex cingulaire antérieur**, pour l'évaluation du conflit et de la motivation ;
- l'**insula**, pour la perception des états corporels ;
- le **striatum ventral**, pour la motivation et la récompense.

Ces régions fonctionnent comme des **nœuds (“hubs”) émotionnels**, reliés en réseaux selon la nature et la valence de l'émotion.

Ainsi, une même région peut participer à des émotions opposées (par ex. l'amygdale dans la peur et dans la joie), mais selon **des sous-populations neuronales différentes** ou des **modes d'activation distincts**.

2. Traitement parallèle, hiérarchie et boucles de rétroaction

Les émotions ne suivent pas une voie linéaire allant du stimulus vers la réaction ; elles émergent d'un **traitement parallèle et récurrent**.

Les signaux sensoriels, internes et contextuels circulent simultanément entre les structures sous-corticales (rapides, réflexes) et corticales (plus lentes, régulatrices).

Il existe des **boucles de rétroaction** multiples :

- du cortex préfrontal vers l'amygdale (contrôle cognitif) ;
- de l'amygdale vers le tronc cérébral (réponse corporelle) ;
- du corps vers le cortex via l'interoception (ajustement émotionnel).

Cette organisation en boucles assure la **souplesse et la réversibilité** des émotions : une même situation peut produire des réponses différentes selon l'état interne ou le contexte d'expérience.

3. Organisation à plusieurs échelles

Les circuits émotionnels sont organisés selon plusieurs niveaux :

- **micro-circuits locaux**, composés de sous-ensembles neuronaux spécialisés ;
- **macro-réseaux**, reliant des régions distantes par des faisceaux de fibres ;
- **dynamiques globales**, impliquant la synchronisation de larges populations neuronales (oscillations, rythmes).

Les nouvelles techniques d'imagerie et d'enregistrement permettent de cartographier ces réseaux à haute résolution, révélant que les **états émotionnels correspondent à des configurations temporelles d'activité** plutôt qu'à des régions isolées.

4. Décodage de la valence et de la motivation

Le cerveau encode la **valence émotionnelle** (plaisir / déplaisir) par l'activité de circuits opposés ou complémentaires.

Dans le striatum et l'amygdale, certains neurones s'activent préférentiellement pour les récompenses, d'autres pour les punitions.

Ces réseaux concourent à orienter le comportement vers l'approche ou l'évitement.

La valence n'est cependant pas figée : un même stimulus peut changer de signe selon l'expérience ou le contexte interne (par exemple, un aliment appétissant peut devenir aversif en cas de nausée).

Cette flexibilité est une propriété essentielle du cerveau émotionnel.

5. Circuits multi-émotionnels et "commutation" d'états

Des études récentes montrent que certains **micro-circuits peuvent basculer** d'un état émotionnel à un autre.

Dans l'hypothalamus ou le tronc cérébral, quelques neurones clés modulent la transition entre la peur, la colère, la défense ou l'apaisement.

Ces "commutateurs neuronaux" régulent la priorité émotionnelle en fonction du contexte — danger, sécurité, présence sociale, fatigue, etc.

Ainsi, les émotions ne sont pas des catégories rigides, mais des **configurations dynamiques** pouvant se transformer rapidement selon les signaux internes et externes.

6. Une vision dynamique et non catégorielle

Les auteurs soulignent que la recherche s'oriente vers une approche **dimensionnelle et dynamique** plutôt que strictement catégorielle des émotions.

Plutôt que de chercher "où se situe la peur" ou "où se trouve la joie", il s'agit désormais de comprendre **comment différents réseaux interagissent** pour générer les composantes de l'expérience émotionnelle (valence, intensité, durée, action, régulation).

7. Perspectives futures

Les chercheurs identifient plusieurs priorités :

- **Préciser la terminologie** : mieux distinguer les concepts d'émotion, d'affect, de motivation et d'état interne.
- **Mesurer simultanément plusieurs niveaux** : comportement, physiologie, activité neuronale, communication sociale.

- **Intégrer les études inter-espèces** : relier les données animales et humaines pour identifier les principes universels.
- **Approche multi-échelles** : du neurone individuel aux dynamiques cérébrales globales.
- **Interaction émotions-cognition** : comprendre comment la régulation cognitive et la conscience influencent les circuits émotionnels.
- **Études translationnelles** : relier ces connaissances à la psychopathologie (anxiété, dépression, troubles du lien).

8. Vers une compréhension intégrée des émotions

Les émotions sont des **états cérébraux intégrés**, enracinés dans la physiologie corporelle, la motivation et la relation sociale.

Les auteurs concluent que la clé de la recherche future sera de **reconnecter ces niveaux** — biologique, cognitif et social — pour comprendre comment les émotions soutiennent la survie, la coopération et le bien-être.

Conclusion

Les émotions sont des états cérébraux profondément intégrés, qui émergent de l'interaction entre la physiologie interne, les motivations comportementales et le contexte social.

Elles ne peuvent être réduites ni à des catégories figées, ni à la simple activation d'une région cérébrale unique.

Au contraire, chaque émotion correspond à une **configuration dynamique de réseaux neuronaux** impliquant simultanément des circuits de perception, de motivation, de régulation et d'action.

Les circuits émotionnels sont organisés de manière **récurrente et hiérarchique**, reliant les niveaux les plus anciens du cerveau (tronc cérébral, hypothalamus, structures limbiques) aux régions corticales supérieures (préfrontales, insulaires, cingulaires).

Cette architecture permet aux émotions de rester à la fois **rapides et flexibles**, capables de s'adapter à la situation en cours, à l'état corporel et à l'histoire individuelle.

Les auteurs insistent sur la nécessité d'une approche **multi-niveaux** :

les émotions ne peuvent être comprises que si l'on considère conjointement les **circuits neuronaux**, les **signaux corporels**, les **réponses comportementales** et les **contextes relationnels**.

Elles représentent une **interface entre le corps et l'esprit**, entre les besoins biologiques fondamentaux et les comportements sociaux complexes.

Enfin, les émotions remplissent une double fonction :

- elles soutiennent la **survie** (en signalant les menaces, les besoins, les opportunités),
- et elles favorisent la **cohésion sociale** (en facilitant la communication, la coopération et l'attachement).

Ainsi, les émotions sont à la fois **biologiques et relationnelles, universelles et singulières, instinctives et apprises**.

Comprendre leurs circuits revient à comprendre la manière dont le cerveau relie le corps au monde, et l'individu à autrui.