

au vert selon un axe, du bleu au jaune le long d'un autre, et du noir au blanc selon un troisième (voir la figure 2). Les couleurs géométriquement proches sur la palette sont ressenties comme similaires. Elles correspondent aussi probablement à des représentations perceptives similaires dans le cerveau, dans le cadre d'un codage neuronal tridimensionnel que nous ne comprenons pas encore. Le concept fondamental sous-jacent est un principe de cohérence structurale : la structure de la conscience est l'image de la structure de l'information que nous percevons, et réciproquement.

Une autre loi psychophysique possible est un principe d'invariance organisationnelle : les systèmes physiques qui ont la même organisation abstraite seraient à l'origine du même type de sensation consciente, quelle que soit leur constitution. De ce fait, si des puces en silicium reproduisaient toutes les interactions de nos neurones, elles produiraient la même conscience. L'idée est controversée, mais elle est solidement étayée par des expériences de

pensée où l'on remplace progressivement les neurones par des circuits micro-électroniques (voir l'encadré de la page 64) : on peut donc penser qu'un jour des machines seront conscientes.

L'objectif ultime d'une théorie de la conscience est de trouver un ensemble simple et performant de lois fondamentales, analogues aux lois fondamentales de la physique. Toutefois, les principes précédents ne sont probablement pas fondamentaux ; ils semblent être des analogues psychophysiques des lois macroscopiques de la thermodynamique ou de la cinématique. Quelles seraient alors les lois fondamentales sous-jacentes ?

L'information, élément de base

Je propose que les lois psychophysiques élémentaires soient fondées sur le concept d'information. Claude Shannon, de l'Institut de technologie du Massachusetts, a défini l'information, dans les années 1940, comme un ensemble d'états séparés dont la structure est fon-

dée sur des analogies et des différences. Un nombre binaire à dix chiffres, par exemple, est un état d'information. De tels états se concrétisent dans le monde physique à chaque fois qu'ils correspondent à des états physiques (tels des potentiels électriques) ; leurs différences peuvent être transmises, par exemple, par des lignes téléphoniques.

Il y a de l'information dans la conscience. La disposition des taches de couleur dans le champ visuel est comparable à celle de pixels sur un écran de télévision. Curieusement, nous trouvons les mêmes états d'information dans la conscience et dans les processus physiques sous-jacents du cerveau. Le codage tridimensionnel des espaces de couleur suggère que l'état d'information, dans la conscience que nous avons des couleurs, correspond directement à un état d'information dans le cerveau. Nous pourrions même considérer les deux états comme des aspects distincts d'un même état d'information, qui s'exprime simultanément dans le traitement physique et dans la conscience.

pas ce que c'est que de voir une couleur parce qu'elle n'a jamais eu de représentation neuronale explicite d'une couleur dans son cerveau : elle n'a que celles des mots et des idées qui sont associés aux couleurs.

Pour que nous puissions décrire une sensation visuelle subjective, l'information doit être transmise jusqu'aux neurones moteurs qui commandent la verbalisation ou d'autres actions. Cette transmission implique toujours le codage de l'information : l'information explicite exprimée par les neurones moteurs est liée, mais n'est pas identique, à l'information explicite exprimée par la décharge des neurones associés à la sensation visuelle, à un niveau donné de la hiérarchie visuelle.

Par conséquent, nous ne pouvons pas rendre compte, avec des mots et des idées, de la nature exacte d'une sensation subjective. Nous pouvons transmettre une différence entre deux sensations subjectives, telle la différence entre le rouge et l'orange : une différence dans une aire visuelle de niveau élevé est toujours associée à une différence au niveau des étapes motrices. Nous ne pouvons donc jamais expliquer à d'autres personnes la nature d'une sensation consciente, mais seulement ses relations à d'autres sensations.

Les réponses aux deux autres questions (Pourquoi avons-nous une conscience ? Qu'est-ce qui crée une sensation consciente spécifique ?) semblent plus complexes. Pour D. Chalmers, elles requièrent l'introduction de la conscience comme nouvel élément fondamental du monde, en rapport avec la capacité de traitement de l'information d'un organisme. Mais quel type d'informations neuronales la conscience produit-elle ? Et qu'est-ce qui fait qu'un certain type d'information correspond au bleu de la couleur bleue plutôt qu'au vert de la couleur verte ? Ces problèmes sont parmi les plus difficiles de l'étude de la conscience.

Nous préférons une autre démarche, fondée sur le concept de «signification». Dans quel sens peut-on dire que les neurones qui codent explicitement un visage transmettent la signification d'un visage au reste du cerveau ? Une telle propriété doit être en relation avec le champ de projection de la cellule, la configuration de ses connexions synaptiques avec

les neurones qui codent explicitement des concepts apparentés. Finalement, ces connexions atteignent la sortie motrice. Les neurones qui réagissent à un certain visage doivent être reliés à ceux qui expriment le nom de la personne dont c'est le visage, d'autres pour sa voix, pour les mémoires dans lesquelles elle est impliquée. Ces associations entre neurones doivent être utiles du point de vue comportemental, cohérentes avec les rétroactions provenant du corps et du monde extérieur.

La signification provient de liens entre ces représentations et d'autres, qui sont dispersées dans le système cortical en un vaste réseau associatif, semblable à un dictionnaire ou à une base de données relationnelles. Plus ces connexions sont variées, plus riche est la signification. Si, comme dans l'exemple précédent de prosopagnosie, les sorties synaptiques de tels neurones du visage étaient bloquées, les cellules continueraient à réagir au visage de la personne, mais il n'y aurait pas de signification associée et, par conséquent, bien moins de sensation. Un visage continuerait d'être vu, mais pas reconnu comme tel.

Bien entendu, des groupes de neurones peuvent acquérir de nouvelles fonctions, permettant au cerveau d'apprendre de nouvelles catégories (de nouveaux visages) et d'associer ces nouvelles catégories à d'autres déjà existantes. Certaines associations élémentaires, telle la douleur, sont, à un certain degré, innées, mais elles sont affinées au cours de la vie.

L'information pourrait être un concept clef, comme D. Chalmers le pense. Pour plus de certitude, nous devons considérer des flux d'information hautement parallèles, associés, comme les neurones, en des réseaux complexes. Il serait utile de rechercher les caractéristiques nécessaires à un réseau de neurones (ou de toute autre construction informatique analogue) pour créer la signification : nous trouverions peut-être les bases neuronales de la signification. Le problème difficile de la conscience apparaîtrait alors sous un jour totalement nouveau. Il pourrait même disparaître.

Francis CRICK et Christof KOCH