



5. DÈS LA NAISSANCE, le bébé imite des mimiques des adultes, par exemple, quand on lui tire la langue. À partir d'une information visuelle, il envoie l'ordre correct pour imiter la grimace qu'il voit : il établit une relation entre des informations proprioceptives (qui lui indiquent par exemple qu'il tire la langue) et des informations visuelles.

bébés âgés de 18 à 20 semaines voient deux visages. Les lèvres de l'un prononcent le son /i/ (lèvres serrées, position élevée de la langue) ; les autres lèvres prononcent le son /a/ (bouche ouverte, position basse de la langue). Les sons sont émis par un haut-parleur situé entre les deux visages. Les bébés regardent plus longtemps le visage dont les lèvres paraissent prononcer le son émis par le haut-parleur que l'autre visage. Cette correspondance auditivo-visuelle se généralise à d'autres oppositions de voyelles, voire de syllabes.

Les fondements de la connaissance de soi

Nous avons jusqu'ici développé des exemples où la perception sensorielle sert à découvrir le monde extérieur, mais elle sert aussi à se découvrir. Comment le bébé apprend-il à se connaître, à établir un schéma de son corps pour se percevoir différent des autres ? Cette compétence est-elle présente très précocement ? Ces questions sont fondamentales : pendant près d'un siècle, les théories classiques du développement menées par Piaget, par Wallon ou par Freud ont considéré le nouveau-né comme un prolongement de sa mère, confiné dans une relation fusionnelle ou confusionnelle, dans laquelle aucune dissociation n'était possible. Ces théories sont désormais remises en cause, notamment par les deux observations suivantes : le nouveau-né porte souvent ses mains au contact de son visage et de sa bouche.

Il acquiert ainsi une expérience perceptive et sensori-motrice qui lui permet d'identifier son corps. Elle met en jeu plusieurs sens et provient du double contact tactile entre le visage, qui reçoit une stimulation, la main qui la donne, et dans l'information extraite du mouvement du bras. Quand le bébé touche sa bouche avec sa main, cette stimulation de soi n'est jamais précédée du réflexe de foussement (orientation de la bouche vers la stimulation), tandis que ce réflexe apparaît toujours lors d'une stimulation externe. Très jeune, le bébé est donc capable de différencier une stimulation externe d'une stimulation qu'il commande.

La deuxième observation porte sur sa capacité d'imitation. Quand un adulte se place face à un bébé, qu'il lui tire la langue ou qu'il cligne des yeux, le bébé, dès la naissance, reproduit ces grimaces (voir la figure 5). Cette imitation suggère que le nouveau-né a une connaissance précablée de son visage, bien qu'il ne soit pas encore visible de lui, et qu'il peut sélectionner, parmi un ensemble de réponses possibles, la mimique analogue à celle d'un congénère. Ainsi, le bébé possède une richesse d'expériences tactiles et proprioceptives qui lui fournissent des informations suffisantes pour se distinguer de l'autre, lorsqu'il est touché, lorsqu'il se touche et lorsqu'il touche autrui.

En conclusion, les relations intermodales ne constituent pas une somme de compétences de chaque sens. Il s'agit de phénomènes très complexes qui dépendent non seulement du couple de modalités concernées (toucher/vision ou vision/audition), des contraintes imposées par le développement de chaque système, mais également des informations que chaque sens peut prélever dans l'environnement. Dès la naissance, le bébé est capable de discriminer différents stimulus, de détecter des changements dans son environnement, quel que soit le sens qui est sollicité par ce changement. Son oreille détecte différents sons, sa main différencie des objets de forme et de texture différentes, ses yeux préfèrent regarder des cibles hétérogènes (tapissées de papier journal par exemple) que des cibles homogènes, même colorées. Il préfère l'odeur de sa mère à celle d'une autre mère, etc. Ces compétences de discrimination constituent la base des relations intersensorielles. En outre, le bébé a une structure neuronale qui lui permet d'établir des appariements. Les signaux biologiquement importants pour répondre de façon efficace et rapide aux problèmes posés par l'environnement sont, dès le début de la vie, organisés de façon intermodale, et jouent un rôle dans l'apprentissage.

Arlette STRERI est professeur de psychologie de l'enfant à l'Institut de psychologie de l'Université René Descartes, à Boulogne-Billancourt.

A. STRERI et E. GENTAZ, *Cross-modal recognition of shape from hand to eyes in human newborns*, in *Somatosensory and Motor Research*, vol. 20, pp. 11-16, 2003.

Y. HATWELL, A. STRERI et E. GENTAZ, *Toucher pour connaître. Psychologie cognitive de la perception tactile manuelle*, Éditions Presses Universitaires de France, 2000.

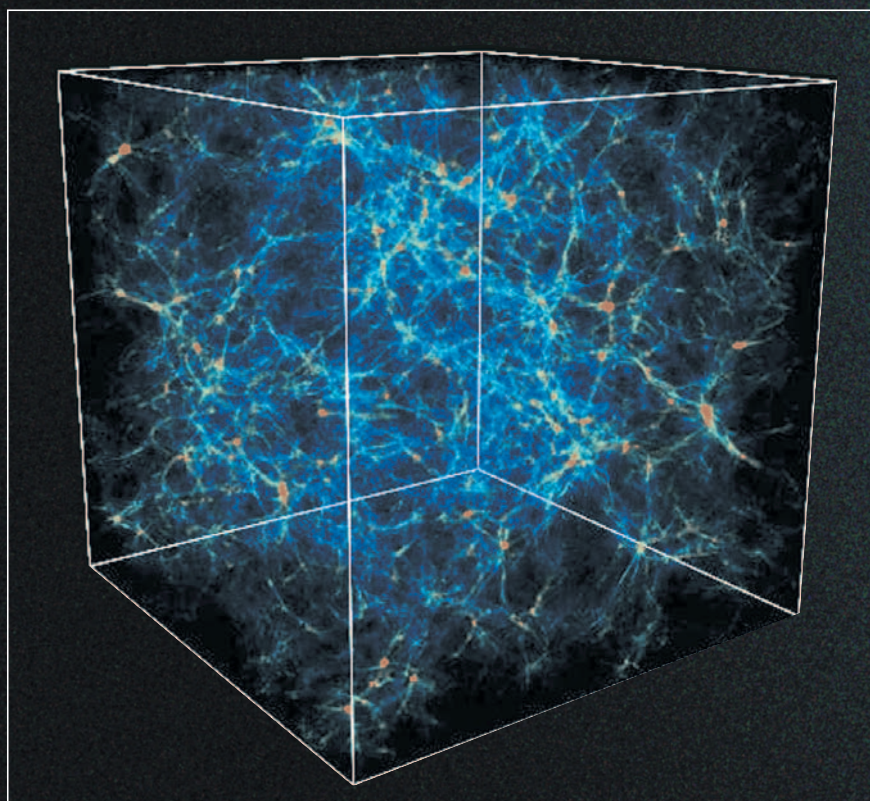
D. LEWKOWICZ, *The development of intersensory temporal perception : an Epigenetic Systems/limitations View*, in *Psychological Bulletin*, vol. 126, pp. 281-308, 2000.

A. STRERI, *Les réponses du bébé à Molyneux*, in *Le problème de Molyneux aujourd'hui : Essais de philosophie de la perception*, Éditions Presses Universitaires de France, pp. 161-178, 1997.

Le côté obscur

DAVID CLINE

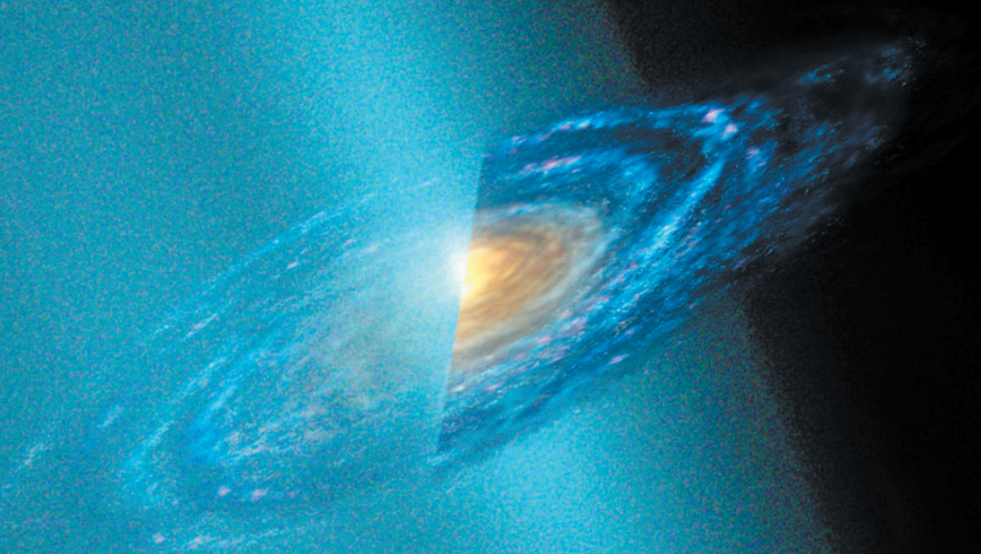
La matière sombre s'est d'abord manifestée à l'échelle cosmique, mais nous ne comprendrons vraiment sa nature que lorsque nous réussirons à l'isoler dans nos laboratoires terrestres.



G.L. Bryan/M.L. Norman/UUC/NCS/GC3

1. SI NOUS POUVIONS VOIR LA MATIÈRE NOIRE, nous ne reconnâtrions pas la Voie lactée (page de droite). Le disque spirale qui nous est familier et qui contient la plupart des étoiles est, en réalité, enveloppé d'un épais brouillard de particules de matière noire. Les astronomes pensent que ce brouillard dense est dix fois plus massif que le disque, et presque dix fois plus grand. Toutefois, leurs mesures sont assez peu précises. Nous sommes cependant convaincus que la matière noire existe, à la fois parce qu'elle se manifeste dans le mouvement des étoiles de la galaxie, et parce que sa présence est déduite des simulations (*ci-dessus*) de formation des galaxies à partir des fluctuations de densité du plasma primordial.

de la matière



Tels les navigateurs de l'Antiquité découvrant que la Terre est ronde, notre génération s'aperçoit que le monde n'est pas une simple extrapolation de l'image familière que nous en donne notre voisinage. À l'échelle cosmique, l'Univers est dominé par une substance étrange et invisible. Ce que nous voyons, les étoiles, les nuages de gaz et de poussières et toute la matière ordinaire représentent moins de cinq pour cent de sa masse totale : étoiles et galaxies ne sont que des débris ballottés par les flots d'une mer invisible. Nous savons très peu de choses sur ce mystérieux océan. De surcroît, il y a quatre ans, on a découvert que cette nouvelle substance ne constitue qu'un tiers de la masse totale du cosmos, les deux autres tiers étant faits d'une nouvelle forme d'énergie. Les termes que nous employons pour désigner ces deux constituants principaux de l'Univers, la matière noire et l'énergie sombre, reflètent hélas notre ignorance de leur nature exacte.

Depuis 70 ans, les astronomes accumulent des preuves de l'existence de la matière noire, notamment en analysant le mouvement des étoiles dans les galaxies spirales ou celui des galaxies dans les amas et les superamas. Cependant, ces preuves sont indirectes et ne permettent pas de rejeter définitivement les autres hypothèses, telles que la modification des lois de la physique aux échelles cosmiques, par exemple. Par ailleurs, les observations ne nous renseignent pas beaucoup sur les propriétés de l'hypothétique matière noire. Tout ce que nous savons, c'est que la matière noire forme des grumeaux où s'ancrent les galaxies et autres grandes structures du cosmos (les amas et les superamas de galaxies), mais qu'elle ne saurait se condenser en astres plus compacts, étoiles ou planètes. Elle est vraisemblablement constituée de particules élémentaires d'un type encore inconnu. Quant à l'énergie sombre, substance distincte ajoutée au tableau en 1998, elle serait uniformément répartie dans l'espace et expliquerait l'accélération de l'expansion universelle. Désormais, il revient à la physique des particules, et non plus seulement à l'astronomie, d'établir dans le détail la vraie nature de ces substances

étranges. Depuis huit ans, les deux disciplines ont mis en commun leurs ressources afin d'inventer et de mettre en œuvre de nouveaux outils capables de détecter et d'étudier la matière noire en s'inspirant des techniques qui se sont révélées si fructueuses pour l'analyse de particules ordinaires. Plutôt que d'étudier indirectement la matière noire en observant des objets lointains, nous voulons désormais la traquer sur Terre.

La recherche des particules de matière noire est l'une des expériences de physique les plus difficiles jamais entreprises (la recherche des particules d'énergie sombre est encore moins envisageable, et les chercheurs y ont renoncé, du moins pour l'instant). Pourtant, de notables progrès ont été réalisés. En 1994, lors du premier symposium sur ce sujet, physiciens et astrophysiciens exprimaient leur incrédulité quant à la possibilité d'observer un jour de la matière noire grâce à un détecteur de particules installé sur la Terre. Aujourd'hui, la sensibilité des détecteurs a été multipliée par 1 000 et un nouveau facteur 1 000 sera peut-être bientôt atteint par les constructeurs d'instruments. Ces détecteurs ont franchi le seuil minimal de sensibilité à partir duquel la détection des particules pressenties pour constituer la matière sombre devient envisageable. Nous saurons alors si elle existe vraiment, ou si, au contraire, nous devons bouleverser les théories sur lesquelles repose la physique moderne.

De l'autre côté du miroir

Que savons-nous pour le moment des particules qui constituent la matière noire ? Les observations astronomiques nous donnent quelques pistes. Il ne peut s'agir de matière « baryonique », c'est-à-dire de protons, de neutrons, ni de quoi que ce soit qui ait été autrefois constitué de protons ou de neutrons, telles des étoiles massives qui seraient devenues des trous noirs. En effet, la théorie du Big Bang établit de façon assez précise la quantité de matière baryonique qui était présente dans les premières minutes de l'histoire cosmique : cette matière participa à la « nucléosynthèse primordiale », c'est-à-dire aux réactions de fusion nucléaire qui, avant même l'existence des étoiles, produisirent les premiers éléments chimiques du tableau périodique. Or, les quantités d'hélium, de deutérium et de lithium qui ont été produites de cette façon sont connues assez précisément et elles indiquent qu'il n'y a jamais eu assez de matière baryonique pour constituer toute la masse de l'Univers. Par ailleurs, les particules de matière sombre doivent être électriquement neutres, sinon, elles seraient sensibles à la force électrique, elles interagiraient fortement avec les protons et les électrons dans la matière ordinaire, elles pourraient rayonner des ondes électromagnétiques (de la lumière) : bref, elles perdraient leur proverbiale discrétion.

Les neutrinos, distincts des baryons, électriquement neutres et peu enclins à interagir avec la matière ordinaire ont longtemps constitué des candidats de choix. Malheureusement, la masse qu'on leur attribue depuis peu est trop faible pour qu'ils constituent une fraction significative de la matière noire. On estime que la contribution des neutrinos est du même ordre de grandeur que celle des étoiles. De plus, précisément à cause de leur faible masse, la vitesse moyenne des neutrinos était très élevée aux premiers temps de l'Univers. On les qualifie

Peut-on voir l'invisible ?

Selon les théories invoquées par les physiciens pour expliquer leur existence (théories dites de supersymétrie), les particules de matière noire, bien que peu enclines à interagir avec les atomes ordinaires, sont néanmoins sensibles à l'interaction nucléaire faible. De ce fait, elles ont une probabilité non nulle quoi que très faible d'interagir avec les noyaux de matière ordinaire.

Quand l'une de ces particules interagit avec un noyau atomique, ce dernier recule, bouscule les atomes voisins qui libèrent de l'énergie sous forme de chaleur ou de lumière. La véritable difficulté est de distinguer cette libération d'énergie de processus plus banals, telles les désintégrations radioactives.

