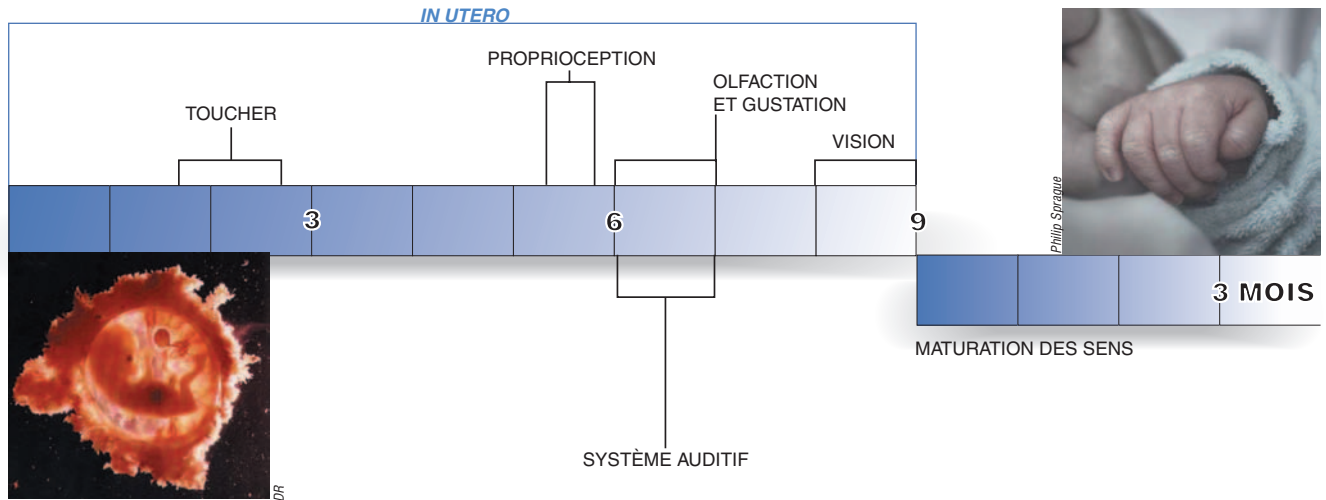




1. LES SENS ne se développent pas de façon synchrone : les récepteurs du toucher apparaissent au cours des tout premiers mois chez le fœtus, tandis que le système tactile n'est mature qu'à l'âge de

12 mois. Le fœtus réagit à de fortes luminosités avant la naissance, mais la vision n'est vraiment mature qu'à un an, même si le bébé voit déjà bien avant cet âge.

Les sens sont modulaires et, pourtant, l'environnement nous semble unifié. Pour résoudre ce paradoxe, des arguments extrêmes ont d'abord été avancés avant de faire place, aujourd'hui, à un point de vue plus nuancé. D'après la conception empiriste, la coordination de nos sens ne repose que sur l'expérience et sur l'apprentissage que nous faisons des associations entre sensations différentes. Par exemple, un bébé voit une clochette qu'il peut manipuler et qui émet un son : les trois sensations (visuelle, tactile, auditive) lui parvenant de façon rapprochée et fréquente, le jeune enfant apprendrait à les associer et à donner au même objet son unité malgré trois expériences sensorielles différentes. Cette unité serait ensuite améliorée et cimentée par le langage (dans notre exemple, le mot « clochette »), acquis plus tardivement, et considéré comme un médiateur puissant.

Cette approche, qui a dominé du XVIII^e à la première moitié du XX^e siècle, est symbolisée par la question de l'Irlandais William Molyneux à son ami britannique John Locke en 1689 : Molyneux demandait si un aveugle de naissance qui, une fois adulte, recouvrerait la vue, différencierait d'emblée – et seulement en les regardant – une sphère d'un cube (l'aveugle sachant évidemment distinguer ces deux formes par le toucher). La réponse à cette question est négative : en général, les aveugles de naissance recouvrant la vue ne reconnaissent pas immédiatement par la vue des objets qu'ils connaissent bien tactilement. Ainsi, l'idée que les sens se coordonnent grâce à un apprentissage associatif dès la petite enfance s'était imposée.

Opposée à la position empiriste, la conception nativiste, dont les racines philosophiques sont aussi très anciennes puisqu'elles remontent à Démocrite, défend l'idée d'une unité primitive des sens, ou d'une perception dite amodale, qui transcenderait tous nos sens. En résumé, les connexions entre les sens seraient innées, et non acquises par le bébé au cours de son apprentissage. Cette position s'est propagée à partir des années 1960, surtout quand les neuroscientifiques américains Barry Stein et Alex Meredith ont mis en évidence, chez le chat, l'existence de neurones dans le colliculus supérieur (zone sous-corticale) qui ne réagissent qu'à une stimulation bimodale (par

exemple, tactile et visuelle). Ils ont ainsi prouvé l'existence de bases neuronales de l'intégration intermodale. Des travaux sur les nourrissons, que nous décrirons, ont étayé l'hypothèse de liens innés entre les sens.

Ces deux conceptions, empiriste et nativiste (ou innéiste), paraissent aujourd'hui trop radicales. Nous illustrerons notre propos par deux formes de relations intermodales chez le bébé : la première concerne le transfert entre la vision et le toucher, c'est-à-dire, par exemple, la capacité du cerveau à reconnaître visuellement un objet manipulé ; la seconde a trait à l'appariement entre l'audition et la vision, soit la capacité à relier un son à une scène.

Transfert entre la vision et le toucher

Dans le transfert intermodal, une information prélevée par un sens est utilisée par un autre. Par exemple, un objet palpé dans l'obscurité peut être reconnu visuellement une fois la lumière revenue. Au quotidien, la perception est multimodale (plusieurs sens sont activés en même temps). Alors, deux cas se présentent : soit les sens accèdent à des propriétés distinctes d'un même objet et les différentes informations doivent se coordonner pour préserver l'unité de l'objet (c'était le cas dans l'exemple du bébé et de la clochette). Soit les sens perçoivent la même propriété de l'objet : les informations sont alors redondantes, et le cerveau doit assigner la même valeur à cette propriété bien que les stimulations reçues soient différentes. Par exemple, un objet manipulé et regardé doit conserver sa forme, sa taille et sa texture indépendamment du système sensoriel qui l'explore.

Le transfert entre la vision et le toucher chez le bébé représente, en quelque sorte, une réponse à la question de Molyneux. Un nourrisson est-il capable de reconnaître visuellement un objet qu'il a auparavant exploré avec les mains ? Pour répondre à cette question, nous avons mené plusieurs expériences avec des bébés. Afin de tester ses capacités perceptives, nous utilisons deux comportements naturels du nourrisson : il se familiarise peu à peu avec une situation (phase d'habituation), c'est-à-dire qu'il porte de moins en moins d'intérêt aux objets qu'il connaît ; en revanche, il réagit à ce qui est nouveau en explorant plus longuement ce qu'il découvre.

Dans notre expérience, le bébé est semi-allongé dans un siège et un grand écran de tissu l'empêche de voir ses mains (voir la figure 2). Il explore librement les objets avec ses mains, mais ne les voit pas. L'expérience se déroule en deux étapes : dans la première, le bébé explore l'objet avec les mains. Pendant cette phase dite d'encodage, il doit prélever des informations sur les propriétés de l'objet et les garder en mémoire. On s'attend à ce que le bébé tienne l'objet de moins en moins longtemps à mesure qu'on le lui donne (habitation). Dans la seconde étape, dite de reconnaissance, on montre au bébé l'objet manipulé et un objet nouveau. Le transfert intermodal a lieu quand le bébé regarde plus longtemps l'objet nouveau que celui qui lui est tactilement familier : reconnaissant l'objet familier, il s'en désintéresse au profit du nouveau qu'il découvre. Le déroulement de ce scénario paraît simple. En réalité, il repose sur des mécanismes psychologiques complexes qui exigent du bébé une attention, une mémoire, ainsi qu'un traitement perceptif et cognitif importants.

Le bébé prélève avec sa main des informations sur la forme, la taille, le volume, la texture, le poids et la température de l'objet, mais il n'en extrait aucune sur la couleur, traitée spécifiquement par la vision. Une fois qu'il voit les objets, il doit opérer un choix : lequel est nouveau ? Le bébé découvre la couleur de l'objet, mais elle est peu pertinente pour le choix qu'il doit effectuer. Le poids et la température, auparavant perçus par la main, ne sont pas pertinents non plus. En revanche, il se sert des propriétés communes aux deux modalités, comme la forme, la taille et le volume et, dans une moindre mesure, la texture, pour déterminer si l'objet présenté est identique ou non à l'objet palpé. Au final, le bébé écarte les spécificités modales, retient les informations redondantes et apparie l'objet tactile et l'objet visuel qui partagent des caractéristiques communes. Ainsi, un mécanisme de catégorisation se met en place : le bébé classe, en objet familier ou inconnu, au lieu d'entamer un nouvel apprentissage systématique des deux objets, qui lui ferait perdre du temps.

L'attrait de la nouveauté

Pour répondre aux propositions de la philosophie empiriste, nous devons mener des expériences avec des bébés dès leur naissance et, en tout cas, avant l'âge de cinq ou six mois. Après cet âge commence l'étape de la coordination entre la préhension et la vision : le bébé saisit les objets qu'il voit et porte à sa vue les objets qu'il tient dans la main. Une exploration bimodale s'exerce alors. Nous avons réalisé des expériences avec des nouveau-nés âgés de trois jours en moyenne (le plus jeune avait 16 heures). Le bébé est semi-allongé sur un siège, et on dépose un petit cylindre dans sa main (voir la figure 3). On s'assure que le bébé ne voit jamais l'objet au cours de l'étape d'encodage. Lorsque le bébé lâche de plus en plus souvent l'objet, on arrête de le déposer dans sa main : l'étape de reconnaissance visuelle commence. Un écran est retiré et laisse apparaître deux objets de grande taille, dont la reproduction du cylindre, dix fois plus volumineux que le cylindre manipulé. On enregistre le nombre de fois où le bébé fixe chaque objet des yeux, ainsi que la durée de chaque fixation. Un second groupe de bébés (de contrôle) suit seulement cette étape, afin de vérifier que, dès la naissance, les bébés ne préfèrent pas l'un ou l'autre des objets.

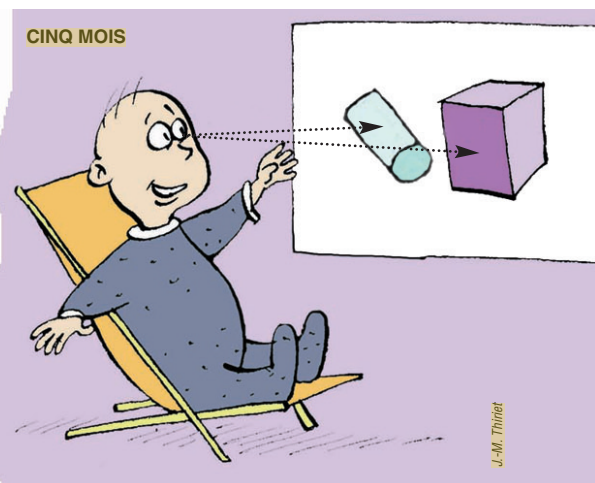
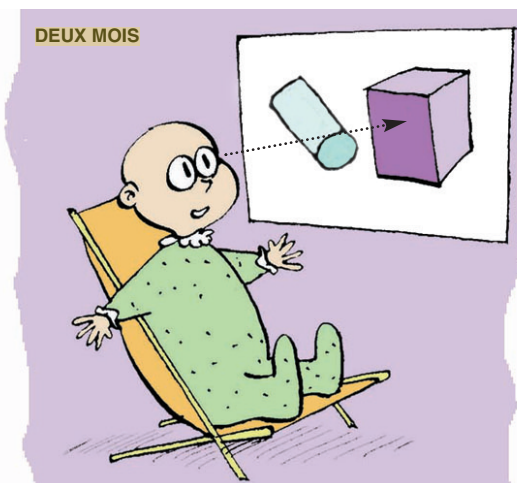
D'après nos résultats, les nouveau-nés qui ont manipulé le petit cylindre s'orientent préférentiellement vers l'objet nouveau, alors que les bébés du groupe de contrôle ne marquent aucune préférence. Dans les deux groupes, le regard des bébés change souvent d'objet. Cependant, les saccades sont plus fréquentes chez les bébés du premier groupe. Ainsi, nous avons établi que le nouveau-né est capable de reconnaître un objet, en le voyant, alors qu'il l'a seulement manipulé sans le voir auparavant. Un transfert intermodal entre le toucher et la vision semble donc exister dès la naissance. À la question de Molyneux, la réponse du bébé est positive.

D'après des études réalisées par le psychologue américain Andrew Meltzoff, de l'Université de Seattle, le nourrisson âgé de un mois est encore capable de reconnaître visuellement, d'après la texture, et non la forme, comme dans notre expérience, un objet qu'il a préalablement exploré oralement (une tétine qui présente ou non des aspérités). À ce jour, les répliques de cette expérience n'ont pas permis de retrouver ce résultat, mais une expérience réalisée dans des conditions similaires par la psychologue américaine Eleanor Gibson, de l'Université de Cornell, chez des bébés du même âge, montre l'existence d'un transfert d'informations sur la substance : on donne à des bébés une tétine dure ou molle ; puis on leur montre une grande tétine qui bouge de manière rigide ou flexible. Les bébés regardent de préférence le type de tétine qu'ils n'ont pas eu en bouche.



A. Stern

2. LE BÉBÉ découvre un objet en le manipulant, mais, dans cette expérience, il ne le voit à aucun instant, car un écran blanc dissimule ses mains. À mesure qu'il explore l'objet, il s'en désintéresse et le lâche de plus en plus fréquemment jusqu'à refuser de le prendre : c'est la phase d'habitation.



3. LE BÉBÉ PALPE UN PETIT CYLINDRE sans le voir. Après la phase d'habituation, on lui montre deux objets, le même cylindre et un cube. Le nouveau-né et le bébé de deux mois regardent de préférence l'objet nouveau (le cube), ce qui signifie qu'ils reconnaissent visuel-

lement le cylindre qu'ils ont manipulé, et s'en désintéressent au profit du nouveau : le transfert intermodal a eu lieu. En revanche, le bébé de cinq mois ne manifeste aucune préférence : il fixe aussi souvent et aussi longtemps le cylindre que le cube.

Une question se pose néanmoins. Si les échanges d'informations du toucher à la vision sont possibles, l'inverse se vérifie-t-il, c'est-à-dire le transfert de la vision au toucher ? Si oui, le statut d'une unité primitive des sens serait définitivement établi, sorte de fusion ou confusion entre les sens à la naissance d'où chaque modalité émergerait et acquerrait sa spécificité. Afin de tester cette hypothèse, nous avons étudié le transfert entre le toucher (dans son mode manuel) et la vision, et réciproquement. Le bébé devait reconnaître visuellement un objet exploré tactilement, et à l'inverse, il devait reconnaître en le touchant un objet précédemment regardé. Nos expériences ont révélé que les bébés âgés de deux mois sont capables de reconnaître la forme d'un objet préalablement manipulé, mais qu'ils sont incapables de reconnaître avec leur main un objet déjà vu. À cinq mois, le résultat s'inverse : les bébés sont capables de reconnaître par la seule palpation un objet déjà vu, mais ils ne sont plus capables de reconnaître visuellement un objet tactilement familier. L'absence d'un transfert réversible est attestée à ces deux âges, mais également au cours du développement, tant chez le bébé que chez l'enfant, voire chez l'adulte.

L'explication de ces phénomènes varie avec l'âge des bébés. À l'âge de deux mois, cette non-réversibilité est essentiellement imputable à l'immaturation du mode manuel de l'enfant, encore incapable d'explorer un objet de manière efficace en peu de temps. À cet âge, la vision est plus efficace pour extraire les informations sur les propriétés des objets. La tenue des objets se révèle juste suffisante pour servir de base à un transfert du toucher à la vision, mais non l'inverse. La relation de transfert s'établit à partir de la modalité la plus primitive, c'est-à-dire le toucher.

À cinq mois, le bébé dispose d'une perception manuelle plus développée qu'à deux mois, mais perd provisoirement cette fonction, lorsque la main devient surtout un outil de transport des objets dans l'espace. Le bébé de cinq mois reconnaît un objet qu'il regarde mais, dès qu'il le tient, c'est pour le déplacer et non pour l'explorer manuellement. À partir de cet âge, la main entre sous contrôle visuel. D'ailleurs, le bébé n'accepte plus l'écran et cherche à l'écarter, car il l'empêche de voir ce qu'il tient. Le système épaule-bras-main prédomine et le bébé s'en sert tel un instrument pour élargir l'exploration de son environnement. Lorsque

vers six mois, le bébé découvre les objets à la fois par la vue et par le toucher, l'unité des sens n'est pas détruite, mais se trouve renforcée. La modalité tactile partage son activité exploratoire entre le mode oral et le mode manuel, provisoirement en compétition, pour extraire toutes les propriétés de l'objet que le bébé regarde.

Au final, la réponse des bébés à la question de Molyneux est positive : les bébés reconnaissent visuellement un objet qu'ils ont manipulé sans le voir. L'hypothèse empiriste (apprentissage associatif) est infirmée puisqu'une relation entre la vision et le toucher se trouve très précocement mise en évidence. L'hypothèse d'une unité primitive des sens est également invalidée puisque les transferts ne sont pas réversibles.

Des spectateurs perspicaces

Contrairement au toucher, l'ouïe et la vision explorent l'espace lointain. Ces deux sens apparaissent interchangeables : les défaillances visuelles sont d'ailleurs, en partie, compensées par l'écoute. Le monde est ponctué d'événements à la fois visuels et sonores, et beaucoup de nos objets familiers émettent des bruits : un robinet qui fuit, une voiture qui passe... Le langage parlé, où des sons articulés accompagnent le mouvement des lèvres, les arabesques de la danse, les mouvements du chef d'orchestre durant un concert, en sont des exemples. L'impact entre deux surfaces produit un son qui, s'il se faisait entendre avant ou après le choc, donnerait à la situation un caractère incongru. Quand l'événement visuel devance l'événement sonore, par exemple, au cours d'un orage, la relation entre l'éclair et le tonnerre doit être expliquée à l'enfant.

La méthode la plus fréquemment utilisée pour établir les capacités d'appariement intermodal entre des événements visuels et auditifs chez le bébé est celle du « choix préférentiel ». Le bébé voit deux films présentés en même temps. Une bande sonore est associée à l'un des films. La source sonore est située entre les deux écrans de sorte que le bébé ne puisse établir un lien entre l'image et le son, en se fiant à la localisation de la source sonore. On enregistre l'orientation du regard et les fixations visuelles du bébé pour savoir à quelle séquence visuelle il apparie la séquence