

# apprendre

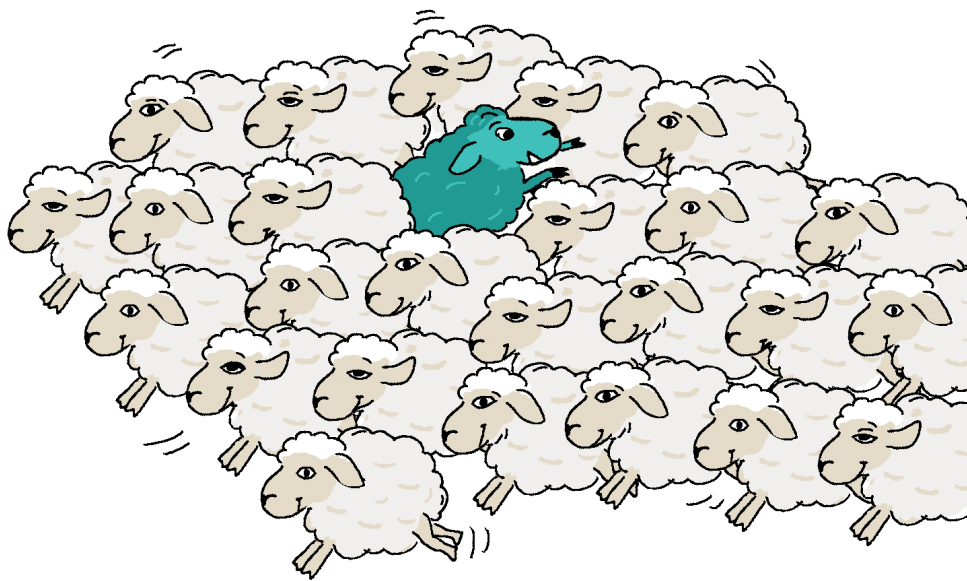
DES MIL LIARDS DE NEURONES DANS LE CERVEAU SE CONNECTENT

# à résister

EN RÉSEAUX POUR APPRENDRE. MAIS CELA CRÉE AUSSI DES

# olivier houdé

AUTOMATISMES COGNITIFS AUXQUELS IL NOUS EST TRÈS DIFFICILE DE RÉSISTER.



pour l'école, contre la terreur



[MANIFESTES LE POMMIER !]



apprendre  
à résister



apprendre  
à résister  
olivier houdé



**[MANIFESTE LE POMMIER!]**

*L'auteur remercie Claire et Françoise Pruvot  
pour leur relecture du manuscrit.*

Préparation de copie: Jean-Baptiste Luciani  
Relecture: Valérie Poge  
Mise en page: Marina Smid

La première édition de cet ouvrage est parue  
en 2014 sous l'ISBN 978-2-7465-0774-6.

**La présente édition largement augmentée © Le Pommier, 2017**  
ISBN : 978-2-7465-1269-6

Éditions Le Pommier, 170 bis boulevard du Montparnasse, 75014 Paris  
[www.editions-lepommier.fr](http://www.editions-lepommier.fr)

## AVANT-PROPOS

Rien n'est plus amusant que d'observer un enfant qui s'interroge. Dans cet « instant cognitif », on a l'impression qu'il découvre tout à la fois le monde et les potentialités de son cerveau. Il est alors gourmand de culture et d'intersubjectivité. Il apprend !

Mais comment apprend-il exactement ? Que se passe-t-il psychologiquement à ce moment-là, celui qui précède une bonne réponse ou encore une erreur ? C'est aujourd'hui une véritable question de science ! Aussi importante que de comprendre comment fonctionne l'univers. Car en dépendent l'éducation et la conception pédagogique des apprentissages à l'école, dans un monde où l'information et le cognitif sont de plus en plus dominants.

Voilà pourquoi, depuis les travaux du célèbre psychologue suisse Jean Piaget (1896-1980) au xx<sup>e</sup> siècle, les sciences cognitives actuelles s'intéressent de plus en plus aux modes de raisonnement des enfants, même des bébés, et à leur créativité. Comme les savants, les enfants

ont pour « métier » de découvrir le réel et ses subtilités. Ils ont des fulgurances intellectuelles, mais aussi des biais cognitifs qui les induisent systématiquement en erreur. Ils doivent apprendre à y résister ! Observer avec une méthode expérimentale comment l'enfant apprend, c'est donc faire de la philosophie, mieux de la psychologie, scientifique. Et aussi de la pédagogie.

Dans cette nouvelle édition, un chapitre a été ajouté sur l'éducation au contrôle de soi, à la tolérance et à la paix, dans l'actualité du terrorisme mondial.

Contre les « moutons de Panurge » jadis fustigés par Rabelais – en couverture –, qu'il s'agisse des mouvements trop précipités des neurones dans le cerveau de chacun lors des apprentissages cognitifs ou des influences sociales extérieures, il faut apprendre à résister aux automatismes de pensée lorsqu'ils sont simplificateurs et dangereux, y compris chez les adultes. C'est l'esprit critique que la jeunesse doit cultiver, *pour l'école, contre la terreur.*

I  
La résistance  
cognitive

# 1. NOUVEAUX RÉSEAUX

Avec les progrès fulgurants de l'informatique, des sciences cognitives et de l'imagerie cérébrale, on peut aujourd'hui produire sur ordinateur des images numériques tridimensionnelles reliées à l'activité des neurones en tout point du cerveau de l'adulte ou de l'enfant. Plus exactement, c'est l'activité de *réseaux* cérébraux, chacun composé de millions de neurones, que l'on mesure avec ces techniques.

À l'intérieur même de nos têtes, derrière notre boîte crânienne, ces réseaux sous-tendent et orientent *toutes* nos réactions, *tous* nos comportements.

On l'a toujours plus ou moins su depuis deux millénaires avec le cérébrocentrisme de Platon, mais rien ne nous permettait, jusqu'à très récemment, d'observer ces réseaux de neurones directement à l'œuvre! C'est seulement depuis la fin du xx<sup>e</sup> siècle, il y a à peine vingt ans, que les scientifiques visualisent le cerveau humain *in vivo*, c'est-à-dire en situation réelle d'adaptation biologique: le cerveau qui apprend à lire, à calculer, etc. De toutes parts, le cerveau *s'active*... Mais, coup de théâtre, parmi la panoplie des nouveaux

résultats, on découvre aussi que pour bien penser il faut quelquefois *inhiber* son cerveau ! Plus exactement, il faut que le cerveau déclenche un mécanisme de contrôle cognitif par lequel il s'inhibe partiellement.

## **Inhibition et adaptation**

Ce processus remarquable d'adaptation, de prise de recul, s'observe quand le cerveau doit *apprendre à résister* à ses réponses impulsives, trop rapides, et à ses erreurs cognitives.

Par exemple, pour tester la solidité du raisonnement d'un enfant, dites-lui que *a)* les éléphants sont des mangeurs de foin et que *b)* les mangeurs de foin ne sont pas lourds. Demandez-lui ensuite si cela veut dire que *c)* les éléphants sont lourds. Les enfants d'école primaire (6-12 ans) répondent souvent « oui », alors que rien ne permet à leur cerveau de déduire logiquement cette conclusion des prémisses du syllogisme, c'est-à-dire des deux premières phrases (*a* et *b*). Il a été démontré que la difficulté de ce type de tâche de raisonnement, au cours du développement, est de parvenir à inhiber le contenu sémantique de la conclusion (réseaux du cerveau dits « sémantiques » ou « de connaissances générales »), c'est-à-dire ici la forte croyance des enfants quant au poids des éléphants. D'où leur réponse trop rapide et erronée.

En fait, il y a trois systèmes dans le cerveau. L'un est rapide, automatique et intuitif (Système 1). L'autre est plus

lent, logique et réfléchi (Système 2). Un troisième système, sous-tendu par le cortex préfrontal, permet d'arbitrer, au cas par cas, entre les deux premiers systèmes. C'est ce Système 3 qui assure l'inhibition des automatismes de pensée (ceux du Système 1 : par exemple, «les éléphants sont lourds») quand l'application de la logique (Système 2) est nécessaire. Chez l'enfant, les deux premiers systèmes se développent en parallèle, car les bébés ont déjà des capacités logiques, mais le troisième système et sa capacité inhibitrice arrivent plus tard. Ce cerveau dit «exécutif» dépend de la maturation du cortex préfrontal.

Un autre exemple, dans le domaine mathématique, permet de bien comprendre la généralité de ce phénomène. Il s'agit de la tâche de conservation du nombre jadis inventée par Jean Piaget. Devant deux rangées qui ont le même nombre de jetons (6 et 6, par exemple) mais qui sont de longueurs différentes (après l'écartement des jetons de l'une des deux rangées), jusqu'à 7 ans l'enfant considère qu'«il y en a plus là où c'est plus long». Piaget croyait que l'enfant n'était pas logique, qu'il était dominé par son Système 1. Or la difficulté est ici d'apprendre à inhiber l'*heuristique* «longueur égale nombre», alors même que l'enfant est déjà capable de compter.

## **Heuristique et algorithme exact**

Dans le cerveau, une *heuristique* est une stratégie très rapide, très efficace – donc économique pour l'enfant –,

qui marche *très bien, très souvent mais pas toujours*, à la différence de *l'algorithme exact*, stratégie plus lente et réfléchie, mais qui conduit *toujours* à la bonne solution (syllogisme, comptage, etc.).

Par exemple, sur les rayons des supermarchés, en général, il est vrai que la longueur et le nombre varient ensemble (covariant) : face à deux alignements de produits du même type, celui qui est le plus long contient aussi le plus de produits. Le cerveau de l'enfant détecte très tôt ce type de régularité visuelle et spatiale. « Longueur égale nombre » est donc une heuristique de nature perceptive. Dans l'exemple précédent, « les éléphants sont lourds » était une heuristique sémantique, c'est-à-dire une connaissance habituelle (sur les animaux dans ce cas) stockée en mémoire.

Identifier ces phénomènes de résistance cognitive du cerveau par l'inhibition des réponses intuitives et automatiques (les heuristiques du Système 1) est aussi important pour comprendre les difficultés à l'école primaire. Par exemple, on sait qu'en classe les enfants butent souvent sur des énoncés verbaux du type : « Louise a 25 billes. Elle a 5 billes de plus que Léo. Combien Léo a-t-il de billes ? » Fréquemment, l'enfant ne parvient pas à inhiber l'heuristique implicite, trop rapide, « il y a le mot *plus*, alors j'additionne » ( $25 + 5 = 30$ ) afin d'activer l'algorithme de soustraction ( $25 - 5 = 20$ ). Inutile, donc, de lui répéter au-delà du nécessaire les règles de l'addition et de la soustraction

(déjà automatisées). C'est plutôt, dans ce cas, l'inhibition de l'automatisme lié au mot *plus* qu'il faut exercer ! Inhiber pour bien raisonner.

Autant d'exemples étudiés aujourd'hui dans notre laboratoire de psychologie expérimentale du développement et de l'éducation de l'enfant, à la Sorbonne, et qui dévoilent peu à peu le fonctionnement d'un tel mécanisme de « résistance cognitive ». C'est l'objet de ce livre.

Ici, l'ennemi est intérieur : c'est l'impulsion, l'automatisme de pensée, tels « les éléphants sont lourds », « longueur égale nombre », « il y a le mot *plus*, alors j'additionne », etc., heuristiques très bien rangées dans notre cerveau – au tout premier plan – et prêtes à bondir, à tout moment, par réflexe cognitif. C'est une véritable armée de neurones à combattre ! La résistance est dès lors tournée vers soi. Comme l'écrit fort bien Jean d'Ormesson, « penser, c'est refuser, c'est dire non, c'est penser [...] contre soi ».

Avant d'aller plus loin dans l'exploration psychologique et neuronale de ce phénomène intérieur de résistance cognitive, arrêtons-nous un instant sur l'idée générale de résistance dans l'histoire et sur sa dimension sociopolitique classique, « entre humains ».

## 2. L'IDÉE GÉNÉRALE DE RÉSISTANCE

En souvenir de la Seconde Guerre mondiale, l'action de résister est incarnée par deux héros : Charles de Gaulle et le chef du Conseil national de la Résistance Jean Moulin. Ils sont aujourd'hui rejoints dans la mémoire nationale par deux femmes, Geneviève de Gaulle-Anthonioz et Germaine Tillion, et deux hommes, Pierre Brossolette et Jean Zay, dont les cendres ont été transférées au Panthéon en mai 2015. La résistance est ainsi, plus que jamais, au cœur de notre actualité. Elle l'est plus encore, depuis 2015, face au terrorisme islamiste.

Comme l'a rappelé André Malraux dans son oraison funèbre à Jean Moulin, devant le Panthéon en 1964, l'ultime acte de résistance de Moulin, au fort Montluc à Lyon en 1943, qui n'avait plus la force de parler sous la torture de la Gestapo, a été de caricaturer son bourreau, qui lui tendait un crayon dans le but de lui arracher enfin un aveu. Jean Moulin a résisté jusqu'au bout.

À l'échelle des millions d'années d'histoire du cerveau, cette capacité de résistance aux environnements hostiles, naturels ou culturels et politiques, est sans

doute ce qui caractérise au mieux le genre humain. Où que ce soit dans le monde. Que l'on pense à Gandhi pour sa résistance pacifique au colonialisme britannique en Inde ou à Mandela, célébré mondialement lors de sa disparition, pour sa résistance à la minorité blanche dominante et à l'apartheid en Afrique du Sud.

Cet élan de résistance sociopolitique émerge sous des formes très variées, individuelles ou collectives, plus ou moins visibles, mais il correspond toujours, en profondeur, à un trait réellement universel. Ces dernières années, le succès inattendu et international du livre *Indignez-vous!*, de Stéphane Hessel, alors âgé de 92 ans, a réveillé, dans les plus jeunes générations, cette conscience politique de résistance, assez multiforme toutefois. Ce sont aussi des femmes jeunes qui aujourd'hui résistent avec force, comme le Prix Nobel de la paix Tawakkul Karman, originaire du Yémen, qui fut à 32 ans l'une des plus jeunes Prix Nobel de l'histoire pour la fondation de l'association Femmes journalistes sans chaînes. En 2014, une adolescente de 17 ans a reçu la même distinction pour sa résistance aux Talibans et son combat en faveur de l'éducation des jeunes filles.

Autant d'exemples sciemment pris hors du champ du cerveau, de la psychologie expérimentale de l'enfant et des neurosciences afin de caractériser au mieux *l'élan fort, irrépressible et incroyablement humain* du mécanisme de résistance.

## Un ennemi très intérieur

Dans tous les cas, il s'agit, par une force antagoniste, de résister à quelque chose de puissant, un ennemi intérieur ou extérieur : le pouvoir politique de son propre pays ou des envahisseurs – Romains, Anglais, Allemands..., pour ce qui est de l'histoire de France. Ou, à l'inverse, les Français auxquels les peuples du monde ont dû résister : Napoléon et la bataille de Waterloo, en 1815, pour ne prendre qu'un exemple célèbre européen.

Ce qu'il y a de nouveau et de passionnant à propos de cette question universelle de la résistance, c'est qu'aujourd'hui, grâce aux progrès technologiques survenus en imagerie cérébrale, la psychologie expérimentale et les sciences cognitives montrent *autrement* – comme en fractales – que la capacité à résister, tournée vers soi, aussi appelée « inhibition cognitive », au sens positif et réflexif du terme (le Système 3, évoqué plus haut), est inscrite au cœur même du vivant, dans nos réseaux de neurones. Eux aussi doivent apprendre à résister en réseau, les uns contre les autres ! Logique (syllogisme) contre sémantique dans l'exemple des éléphants. Mathématiques (nombre) contre perception de l'espace dans l'exemple des jetons écartés, etc. Chaque fois, deux stratégies de résolution du problème s'opposent. La scène se joue à l'intérieur, dans nos réseaux neuronaux. Certains réseaux sous-tendent les heuristiques rapides de réponse (Système 1), d'autres

les algorithmes logiques exacts, plus lents et réfléchis (Système 2).

Les neurones sont au total très nombreux à entrer potentiellement en conflit, à tout moment, dans la géopolitique cérébrale : pas moins de 100 milliards de neurones et 1 million de milliards de connexions dans chaque cerveau. Il s'agit de véritables « groupes » ou « populations » de neurones, selon l'expression de Gerald Edelman ou de Jean-Pierre Changeux. Autant de sources de variation-sélection (au sens néodarwinien) et de conflits cognitifs entre stratégies mentales. C'est souvent la guerre à l'intérieur de nos têtes ! La science en prend désormais visuellement conscience par l'« œil informatisé » de l'imagerie cérébrale et par l'observation fine des comportements en psychologie du développement.

### 3. DES BÉBÉS AUX ADULTES

Des bébés aux adultes, on découvre aujourd'hui qu'apprendre à résister aux conflits intracérébraux est important pour notre développement cognitif, c'est-à-dire pour l'acquisition des connaissances et la capacité de raisonnement. C'est un signe d'intelligence.

Comme l'avaient déjà bien pressenti les penseurs grecs de l'Antiquité depuis Aristote, avec les sophismes et paralogismes (écarts à la logique), suivis par les philosophes de la Renaissance qui ont souligné le poids des coutumes et des habitudes égocentrées (Montaigne) ou l'action des « puissances trompeuses » (Pascal), ce sont *nos propres* impulsions, intuitions, croyances, stéréotypes et erreurs cognitives auxquels il faut apprendre à résister. Et c'est la partie avant de notre cerveau, le cortex préfrontal, qui doit s'exercer à bien les inhiber. Or cela ne va pas de soi, car sa maturation est lente au cours de l'enfance.

L'éducation des parents et les apprentissages à l'école ont un rôle essentiel à jouer dans cette capacité

de résistance cognitive et d'inhibition. C'est l'idée forte développée dans ce livre.

Le programme pédagogique de l'Académie des sciences, porté par la Fondation *La main à la pâte*, a suggéré ces dernières années d'ajouter un quatrième terme à la trilogie classique issue de l'école de Jules Ferry : lire, écrire et compter, certes, mais aussi raisonner ou penser. Et apprendre à bien raisonner, c'est apprendre à bien résister (inhiber).

### **Enfants et savants**

C'est aussi vrai pour les enfants que pour les savants. L'exemple cognitif le plus marquant et le plus connu de l'histoire des sciences est celui de l'impulsion des humains à croire que la Terre est au centre de l'Univers. C'est le « géocentrisme » auquel ont notamment résisté, à la Renaissance et contre l'Église, les cerveaux astronomes de Copernic et de Galilée avec leur nouvelle conception « héliocentrique » (le soleil est au centre de l'Univers). Comme on le sait, le procès de Galilée – sa résistance personnelle – a surtout porté sur la façon non divine de le dire et de le faire *reconnaître* : l'héliocentrisme était une réalité, non une simple hypothèse !

Mais le géocentrisme est une erreur qu'aujourd'hui encore, à l'heure pourtant très technoscientifique des tablettes numériques connectées (la génération « Petite

Poucette » de Michel Serres), le cerveau de tous les enfants des villes ou des campagnes – comme celui de nos ancêtres avant (voire après) la Renaissance – est tenté de faire quotidiennement. Et cela de façon intuitive, automatique, trompeuse, en observant simplement ce qui se passe dans le ciel du matin au soir, par jour de beau temps : on voit le soleil tourner autour de la terre. Seul le raisonnement, associé à la mesure, peut résister avec force à cette intuition ou croyance géocentrique, de nature perceptive. Non, la Terre n'est pas le centre de l'Univers ! Elle tourne sur elle-même et autour du soleil. Penser « non », c'est ici inhiber, résister à son illusion visuelle.

Pas à pas, nous allons découvrir dans ce livre comment le cerveau des bébés, des enfants et des adolescents doit apprendre – comme celui des savants dans l'histoire des sciences – à résister par l'inhibition à une succession d'erreurs perceptives, motrices et cognitives. Il le doit pour retrouver certains objets dans son environnement, les dénombrer, les catégoriser et aussi, à un niveau cognitif plus élaboré, pour raisonner sur des idées et hypothèses nouvelles.

### **Le cortex préfrontal, un héros**

Dans chacun de ces domaines, le rôle du cortex préfrontal est d'inhiber les solutions impulsives du cerveau. Cela permet aux enfants mais aussi aux

adultes de penser de façon libre (contre soi ou les autres), originale et logique.

Dès lors, il ne s'agit plus d'entendre la résistance seulement au sens moral et sociopolitique classique, comme un phénomène déclenché par des événements et des héros exceptionnels de l'histoire (de Gaulle, Moulin, Mandela, etc.), mais aussi comme une règle de fonctionnement du cerveau de chacun d'entre nous, au cœur des apprentissages cognitifs, et qu'il faut éduquer dès l'enfance : une (ou des) pédagogie(s) du cortex préfrontal. La résistance sous-tend le progrès cognitif et la conscience.

Ainsi que le décrit Stanislas Dehaene dans *Le Code de la conscience*, notre cortex préfrontal est doté de neurones qui s'activent pour envoyer, *via* leurs axones longs, des signaux à tout le reste du cortex afin que d'autres neurones, dits « inhibiteurs », prennent le relais localement et fassent taire (« chut » écrit-il) des groupes entiers ou populations de neurones pré-activés. Cela s'opère, selon Dehaene et Changeux, dans un espace de travail neuronal global. C'est très précisément ce type de câblage neurobiologique inhibiteur qu'il faut exercer, sur l'ensemble du cerveau, pour apprendre à résister.

## 4. DES CAMÉRAS POUR OBSERVER LE CERVEAU ET SES RÉSEAUX

« Cent milliards de neurones et 1 million de milliards de connexions », avons-nous dit. Il n'en fallait pas moins pour faire émerger la pensée humaine au cours de l'évolution biologique, chiffrée en millions d'années. L'unité de base, c'est le neurone. Sans lui, pas de pensée, pas de cognition.

### **Du neurone à l'imagerie cérébrale**

On ne l'a pourtant découvert en physiologie et en médecine – prix Nobel à la clé (Golgi et Cajal en 1906) – qu'au tournant du XIX<sup>e</sup> au XX<sup>e</sup> siècle. Et il fallut encore attendre un siècle pour que grâce aux progrès de l'informatique et de la physique, disciplines associées à la physiologie, on commence à observer avec des caméras d'imagerie cérébrale le fonctionnement simultané de millions de neurones (populations) travaillant en réseaux. C'est le niveau neurocognitif : celui de la pensée, du raisonnement. Les psychologues

de ma génération ont eu la chance extraordinaire d'arriver à ce moment-là, dans les années 1990 et 2000. Le moment d'une révolution technologique comparable à celle que fut l'arrivée du microscope en biologie au XVII<sup>e</sup> siècle.

En psychologie scientifique, depuis les années 1990 les deux principales techniques d'imagerie utilisées pour étudier les réseaux neuronaux qui soutiennent les fonctions cognitives chez l'Homme sont la tomographie par émission de positrons (TEP) et l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), l'une et l'autre assistées par ordinateur. Dans le cas de la TEP, on mesure le débit sanguin cérébral dans les différentes régions du cerveau par le biais de la concentration d'une molécule d'eau radioactive injectée à l'individu qui passe l'expérience (sans danger pour lui). Dans le cas de l'IRMf, on suit la concentration en désoxyhémoglobine, une molécule qui reflète l'oxygénation du sang. Dans les deux cas, la mesure tient à ce que le débit sanguin augmente localement pour réguler le métabolisme neuronal des régions du cerveau qui participent à l'accomplissement de la tâche cognitive proposée par le psychologue. On voit ainsi le « cerveau en action » au cours des processus de pensée. La résolution (précision) spatiale est très bonne, de l'ordre du millimètre. Afin d'obtenir, en complément, une résolution temporelle maximale (en millisecondes), on utilise l'électroencéphalographie (EEG), technique

d'enregistrement cérébral plus classique, mais aujourd'hui à haute densité.

Ces puissantes techniques (TEP, IRM, EEG) s'ajoutent à la boîte à outils traditionnelle des psychologues, qui comportait déjà depuis les années 1980, grâce aux premiers ordinateurs (après les chronomètres manuels), des mesures comportementales fines, en millisecondes, des temps de réponse : la « chronométrie mentale ». Ces expériences de psychologie assistées par ordinateur sont programmées avec des logiciels spécialisés (communs à tous les laboratoires de sciences cognitives dans le monde) afin de bien contrôler, de façon synchronisée, les paramètres étudiés : stimulations présentées à l'écran, types de réponse, temps de réponse et signal cérébral, hémodynamique (TEP, IRM) ou électrique (EEG).

La psychologie est ainsi devenue une science « dure », et c'est avec cet arsenal technologique que l'on peut aujourd'hui commencer à aborder des questions neuroscientifiques précises, comme celle de la résistance cognitive *via* l'inhibition préfrontale. Il s'agit de comprendre par quels mécanismes fondamentaux le cerveau apprend, réfléchit au-delà de ses automatismes cognitifs. Le sujet est philosophiquement ancien (Montaigne, Pascal, etc.), mais son exploration réellement scientifique est tout à fait nouvelle.

## 5. DES OBJETS, DES NOMBRES, DES CATÉGORIES ET DES IDÉES

Les techniques actuelles, caméras d'imagerie cérébrale et chronométrie mentale assistées par ordinateur, sont certes fabuleuses, mais elles n'ont d'intérêt que pour tester une architecture cognitive bien définie. La science dite « dure » reste « douce » (selon les termes de Michel Serres). Cette mise en perspective théorique et cognitive est au cœur du métier de « psychologue chercheur ». Depuis Jean Piaget, cette exigence est même épistémologique.

### **Psychologie et épistémologie**

L'épistémologie est l'étude critique des sciences, destinée à déterminer leur origine logique, leur valeur et leur portée (philosophie des sciences). Il s'agit aussi d'une théorie générale de la connaissance : qu'est-ce que la connaissance ? Comment l'acquiert-on, en particulier au cours de l'enfance ? De ce dernier point de vue, nous allons voir dans ce livre comment la

capacité de résistance cognitive du cerveau est utile pour acquérir les notions d'objets (chapitre II), de nombres (chapitre III), de catégories (chapitre IV) et de raisonnement logique (chapitre V).

Ces quatre grands principes cognitifs, ou « conceptuels », correspondent à une architecture de la pensée, de l'intelligence au sens général du terme, architecture plus large et plus ouverte que le très contesté quotient intellectuel (QI), inspiré des travaux d'Alfred Binet. Ces principes, ou processus, se développent sous des formes variées chez chaque enfant, par l'effet conjoint de la maturation cérébrale et de l'éducation. Ces deux dimensions du développement ne s'opposent pas, comme on l'entend parfois. Le cerveau est certes contraint génétiquement par le calendrier de sa maturation, mais il est aussi, dès la naissance, très réceptif à l'apprentissage, « programmé pour apprendre ».

## **De l'objet au raisonnement**

L'acquisition la plus importante que l'enfant réalise durant les premiers mois de sa vie, c'est le principe d'objet. Il s'agit de l'unité de base de toutes les constructions cognitives ultérieures. Dès l'instant où le bébé a « découpé » (mentalement) le monde physique et social qui l'entoure en objets ou êtres uniques et permanents, son cerveau est, pour le reste de sa vie,

susceptible de faire deux choses par rapport aux objets. Soit les traiter *quantitativement* – c’est le nombre, base des mathématiques –, soit les traiter *qualitativement* (selon la forme, la couleur, la fonction) – c’est la catégorisation, base des taxinomies ou classifications d’objets. En outre, ces traitements quantitatifs ou qualitatifs du cerveau peuvent porter non seulement sur des objets concrets, mais aussi sur des idées, hypothèses et déductions (des « objets de pensée »). Il s’agit alors du raisonnement logique.

De ce point de vue, le bébé et l’enfant sont comme des scientifiques (tel Galilée) de l’histoire des sciences : ils cherchent la vérité contre (en inhibant) les apparences perceptives trompeuses, les fausses croyances, les raisonnements biaisés, les actions et stratégies inadaptées du cerveau (Bachelard parlait d’« obstacle épistémologique »). Mais ils sont plus jeunes et plongés dans une histoire plus courte (de 0 à 20 ans, ou un peu plus) : le temps des apprentissages cognitifs.

Ma théorie est celle d’une *inhibition positive*, alors qu’avec Freud et beaucoup d’autres psychologues la notion d’inhibition a trop souvent eu, par le passé, une connotation négative dans le domaine de l’éducation et du développement de l’enfant.

II

Résister pour  
retrouver des objets

# 1. LA NAISSANCE DE L'INTELLIGENCE

L'intelligence naît dans le cerveau humain avec la *permanence de l'objet*, c'est-à-dire la conscience de ce qu'un objet continue d'exister alors qu'il échappe à notre perception immédiate. Par exemple, si vous étiez devant moi et que je cachais ce livre, *Apprendre à résister*, derrière mon dos, il serait évident pour vous qu'il continuerait d'exister. C'est la permanence de l'objet. De même, si je le cachais à moitié derrière un écran d'ordinateur ou derrière tout autre cache, vous ne considéreriez pas qu'il s'agit d'un demi-livre. C'est l'unité de l'objet. Permanence et unité de l'objet – briques de base de la cognition – sont dès lors, on le comprend bien, au cœur même de la naissance de l'intelligence chez l'enfant, c'est-à-dire au centre de notre dispositif neurocognitif de (re)construction (représentation) du réel.

Diderot comme Piaget l'ont bien pointé, à des époques différentes. Au Siècle des lumières, Diderot formulait ainsi son idée philosophique : les jeunes enfants se demandent si ce qu'ils ont cessé de voir a cessé d'exister ; c'est à l'expérience que nous devons la notion d'existence continue des objets. Au xx<sup>e</sup> siècle,

Piaget a repris cette thématique en psychologie de l'enfant de façon assez systématique : comment se *construit* la permanence de l'objet à travers les comportements moteurs de recherche d'objets cachés ? Et, après lui, des spécialistes des sciences cognitives ont encore considérablement enrichi le domaine.

Nous allons voir que déjà là, à cette première étape de l'intelligence, dès les premières recherches d'objets disparus réalisées par les bébés avant l'âge de 1 an, se loge le mécanisme-clé de résistance cognitive, au cœur même du cerveau en action. Une mystérieuse erreur cognitive et motrice, l'erreur « A-non-B » découverte par Piaget, en sera la preuve. Elle apparaît à l'âge de 8 mois pour disparaître à 1 an.

Mais commençons par examiner ce que le bébé est déjà capable de réussir dès les tout premiers mois de sa vie, vers 4-5 mois. Ces découvertes ont été réalisées en sciences cognitives après Piaget, à partir des années 1980. L'observation des capacités précoces des bébés est ici réalisée à travers leurs réactions de surprise visuelle, car ils ne parlent pas encore ! Ces réactions, discrètes mais précises, sont aujourd'hui finement mesurées par des vidéos reliées à des ordinateurs.

## **Le bébé et l'objet**

Dans l'une de ces expériences, on place un gros bloc de bois devant le bébé. Les yeux écarquillés, il l'observe

attentivement (imaginez que vous êtes à la place du bébé). On place ensuite entre le bébé et le bloc une planche de bois verticale, de sorte que la planche fasse écran et cache totalement le bloc. Le dispositif expérimental est conçu pour que la planche s'incline alors (par un mécanisme prévu à cet effet) vers le bloc. Normalement, la planche doit arrêter sa rotation au moment où elle atteint le bloc, en raison de la présence et de la solidité de celui-ci. C'est l'événement physique possible, c'est-à-dire « cognitivement attendu » si le cerveau du bébé possède déjà la permanence de l'objet – en l'occurrence, la permanence du bloc de bois derrière la planche-écran en rotation.

Dans une condition de l'expérience, les choses se passent bien ainsi (condition dite « événement possible »), mais dans une autre condition, par trucage, comme dans un tour de magie, la planche continue sa rotation malgré la présence du bloc de bois qui devrait l'arrêter (condition dite « événement impossible »). Il s'agit donc d'un test visuel de la permanence de l'objet.

L'utilisation de ce dispositif de « magie expérimentale » avec des bébés de 4-5 mois a permis à la psychologue Renée Baillargeon de démontrer que les bébés sont surpris visuellement par l'événement physiquement impossible qui transgresse la permanence de l'objet. Comme dans toutes les expériences de cette nature, différents contrôles ont été réalisés pour étayer

ce résultat. Baillargeon en conclut que, dès ce jeune âge, la permanence de l'objet est acquise.

## De la physique dans le berceau

Avec le même type de méthode – l'observation de réactions visuelles à des événements impossibles ou inattendus –, Elizabeth Spelke a mis en évidence que les bébés sont surpris quand l'*unité* d'un objet partiellement caché n'est pas respectée (par exemple, un bâton dont le centre est caché par une boîte et qui, une fois ce cache ôté, apparaît en deux morceaux séparés par le vide du cache plutôt qu'en un seul et unique objet). Par ailleurs, ils sont surpris quand :

- un cube de bois qui était immobile se déplace avant même d'avoir été touché par un autre cube qui se déplaçait dans sa direction (*principe de contact*);
- une balle roule derrière un écran et ressort d'un second écran sans avoir traversé l'espace qui sépare les deux écrans (*principe de continuité*);
- une balle semble se déplacer selon deux itinéraires différents (*principe de cohésion*).

Autant de données expérimentales qui conduisent Spelke à considérer que ces « connaissances noyaux » (*core knowledge*, en anglais) sont innées et qu'elles se manifestent dès la première année de la vie comme un *cadre initial* de compréhension du monde physique.

## Des statistiques dans le berceau

En allant plus loin encore, des psychologues du développement comme Alison Gopnik affirment aujourd'hui que les bébés se comportent comme de petits scientifiques, dans le sens où – avec les moyens qui sont les leurs (voir, inférer, imaginer) – ils feraient déjà de véritables statistiques pour comprendre et anticiper les événements qu'ils perçoivent. Et pas n'importe quelles statistiques : celles que l'on qualifie de « bayésiennes », du nom du mathématicien britannique Thomas Bayes. Au XVIII<sup>e</sup> siècle, Bayes a élaboré une théorie de la probabilité des causes à partir des effets observés.

Gopnik donne l'exemple d'une étude de Fei Xu qui montre que des bébés de 8 mois sont sensibles à des motifs statistiques précis dans une expérience de balles de ping-pong. L'expérimentatrice montrait aux bébés une grande boîte remplie de balles blanches et rouges. Ensuite, elle fermait les yeux et prenait au hasard quelques balles de la boîte pour les disposer dans une autre boîte, plus petite, à côté. Si l'échantillon tiré était réellement aléatoire, la distribution des balles dans la petite boîte devait correspondre à celle de la grande boîte. Après le tirage, les bébés voyaient un échantillon de balles dans la petite boîte qui, selon la condition expérimentale présentée, soit correspondait à la distribution probabiliste (événement statistiquement attendu), soit n'y correspondait pas (événement

non attendu). Résultat : les bébés étaient surpris et regardaient plus longtemps quand l'événement perceptif était non conforme aux probabilités. Ils ont donc perçu l'erreur et détecté la transgression du motif statistique. Dans une autre condition, on montrait aux bébés la même séquence d'actions, mais l'expérimentatrice tirait les balles de sa poche et non de la grande boîte. Dans ce cas, aucune réaction de surprise n'avait lieu.

D'autres études, menées dans le même esprit, ont révélé que les bébés utilisent déjà des schémas (ou structures) statistiques pour tester des hypothèses causales à propos de mouvements d'objets, de séries d'images, de phrases parlées (entendues), etc.

## 2. PREMIER ACTE DE RÉSISTANCE

Les sciences cognitives contemporaines nous décrivent donc un bébé hyper-intelligent, presque scientifique... Mais l'erreur n'est jamais loin! Comme on va le voir, elle est même systématique. Ainsi que Piaget en avait fait la découverte sur ses propres enfants (au milieu du xx<sup>e</sup> siècle), tous les bébés du monde aujourd'hui, même requalifiés de bayésiens et de scientifiques, font toujours l'erreur cognitive «A-non-B». Mais de quoi s'agit-il?

### **L'erreur A-non-B**

Le soir, en rentrant de l'université de Genève, le jeune papa Piaget jouait avec son fils Laurent sur le canapé de la maison. Une tradition chez les savants! On sait qu'au xix<sup>e</sup> siècle Darwin a publié l'observation des émotions de son bébé Doddy... Mais revenons aux Piaget à Genève. Laurent était alors un bébé de 8 mois. Jean Piaget s'amusait à cacher sa montre sous l'un des coussins du canapé familial afin de voir si son enfant allait pousser le coussin pour retrouver la montre disparue. Un simple jeu, mais aussi un test pour Piaget,

certes papa, mais irrésistiblement psychologue et épistémologue ! C'est un test cognitif de la permanence (et de la conscience) de l'objet, au sens défini plus haut.

De façon plus formalisée, voici le détail en deux temps (A et B) de la procédure publiée par Piaget et reprise ensuite dans le monde entier. On place devant le bébé deux caches, A et B (les coussins), aussi facilement accessibles l'un que l'autre ; sous son regard, on introduit d'abord l'objet sous le cache A. Le bébé, à partir de 8-10 mois (mais pas avant), retrouve l'objet sans peine. Après quelques répétitions de cette situation, on transporte très visiblement l'objet sous B ( $A \rightarrow B$ ) et on observe que le bébé continue de chercher l'objet sous A : c'est l'erreur «A-non-B», observée jusqu'à l'âge de 12 mois. Pour Piaget, cela voulait dire que le bébé n'avait pas encore atteint le stade de la permanence de l'objet... Mais on sait aujourd'hui que l'explication doit être plus subtile.

Ainsi que nous l'avons vu, dès 4-5 mois les bébés sont déjà capables de faire preuve de permanence de l'objet dans des dispositifs de réactions visuelles. Ce n'était donc, *a posteriori*, pas la permanence de l'objet en soi qui posait problème au cerveau du bébé Piaget dans la situation des caches !

## **Inhiber le geste vers A**

Les découvertes des neurosciences cognitives développementales, après Piaget, ont permis de

confirmer ce point, notamment les travaux d'Adele Diamond. Selon Diamond, l'erreur A-non-B faite par le bébé entre 8 et 12 mois tient au défaut d'inhibition motrice du geste dirigé vers A, en raison de la maturation insuffisante de son cortex préfrontal. Avec Patricia Goldman-Rakic, Diamond a réalisé une étude comparative de neuropsychologie animale, où elle constate que les bébés humains de moins de 1 an, tout comme les singes adultes qui ont subi une ablation du cortex préfrontal, échouent dans la tâche A-B de Piaget, alors que les bébés de 12 mois et les singes normaux réussissent ces tâches (au cours du développement, les bébés singes comme les bébés humains font initialement l'erreur A-non-B et ne la font plus ensuite). Ce rôle du cortex préfrontal a été confirmé par des enregistrements d'imagerie cérébrale (EEG) réalisés directement chez les bébés humains par Martha Bell et Nathan Fox lors de l'inhibition motrice du geste vers A.

Ainsi, pour le bébé, être intelligent ou non dans la tâche A-B de Piaget, ce n'est pas, en soi, avoir ou non la notion de permanence de l'objet, mais plutôt être capable ou non d'inhiber un comportement moteur impulsif et inadéquat : c'est déjà « apprendre à résister » !

Il y a même des circonstances où les enfants plus âgés et les adultes commettent une erreur similaire à l'erreur A-non-B. Il nous arrive à tous, par automatisme, d'aller irrémédiablement rechercher des objets là où l'on sait pourtant qu'ils ne sont pas, ou plus ! En référence aux

analyses de J. Gavin Bremner, on peut penser qu'il s'agit du savoir ancien selon lequel le bébé a déjà l'habitude (l'heuristique) de retrouver les objets, notamment ses jouets, rangés à la même place. Dans la tâche A-B de Piaget, ce savoir – cette « croyance » – serait réactualisé expérimentalement par le fait que l'objet est d'abord caché sous A.

Ainsi, la conduite erronée du bébé (A-non-B) lors d'une tâche motrice, telle que celle observée par Piaget, ne peut pas être retenue comme la preuve d'un défaut conceptuel de permanence de l'objet. Ce « faux diagnostic du docteur Piaget » a été confirmé, ainsi que nous l'avons vu, par la découverte d'une permanence de l'objet bien plus précoce, dès 4-5 mois (rappelez-vous le dispositif visuel du bloc de bois derrière l'écran en rotation).

## **Le Panthéon des bébés**

En conclusion de cet exemple, il faut souligner que le cerveau des bébés a déjà besoin d'une sacrée force d'esprit pour corriger l'erreur A-non-B. Il doit, en effet, inhiber son propre geste (préprogrammation vers A), c'est-à-dire résister à son automatisme de recherche antérieur. Penser contre lui !

En écho à notre introduction sociopolitique, les bébés, après 1 an, sont à cet égard de petits Charles de Gaulle ou Jean Moulin. À leur façon, par leurs actions,

ils disent « non » (B-non-A!) au réflexe dominant (geste vers A), celui qui tente leur esprit et leur comportement *par facilité*. Le « Panthéon des bébés » les attend !

Au-delà de la précocité que mettent aujourd'hui en avant les sciences cognitives (compétences innées, bébés scientifiques, statisticiens, bayésiens, etc.), le plus important est, selon moi, cette force intérieure de résistance cognitive du cortex préfrontal : l'inhibition. Elle est ici naissante. C'est elle qui caractérise et fonde la réelle intelligence en développement.

L'acte de résistance motrice du bébé de 1 an n'est que le tout premier d'une longue série dans le développement de l'enfant – et dans la vie adulte. Il en faudra encore bien d'autres pour *renforcer* les notions de nombres, de catégories et de raisonnement.

III  
Résister  
pour dénombrer

# 1. PROTOMATHÉMATIQUES

Les nombres, sous des formes diverses, sont présents très tôt chez l'enfant. C'est ce que l'on appelle les «protomathématiques». Avant l'âge de 1 an, les réactions visuelles des bébés face à des motifs numériques révèlent déjà un «sens du nombre» quasi inné, c'est-à-dire un traitement *quantitatif* très précoce du réel. Ces dernières années, les travaux de Stanislas Dehaene ont démontré par l'imagerie cérébrale (IRMf) que ce sens du nombre se construit au cœur du cortex pariétal.

Ensuite, le jeune enfant doit acquérir une série de principes (ou compétences) pour bien compter. C'est l'«algorithme du comptage», tout comme on aurait pu parler d'algorithme (ou de «calcul») de la permanence de l'objet à travers les déplacements de l'objet dans l'espace (A-B). La question est : que faut-il savoir pour compter correctement les objets ?

## **Compter: cinq principes**

En sciences cognitives, la psychologue qui a le mieux défini et étudié les principes du comptage chez les

jeunes enfants (à partir de 3 ans) est Rochel Gelman. Gelman postule l'existence précoce de cinq principes cognitifs :

1. Le *principe d'ordre stable* (l'ordre des « mots-nombres » est fixe : un, deux, trois, quatre, etc.).

2. Le *principe de stricte correspondance terme à terme* (chaque objet à compter ne peut être désigné que par un et un seul mot-nombre).

3. Le *principe du cardinal* (le mot-nombre du dernier objet désigné égale le nombre total d'objets : l'enfant dit : « Un, deux, trois, quatre..., quatre ! »).

4. Le *principe d'abstraction* (les objets ne sont *que* des entités distinctes à compter, peu importe s'ils sont différents du point de vue de leur forme, de leur couleur, etc.).

5. Le *principe de non-pertinence de l'ordre* (peu importe l'ordre dans lequel les objets sont énumérés durant le comptage, à condition que le deuxième principe soit respecté).

Par exemple, si j'étais devant vous, de façon un peu désordonnée, une série d'exemplaires de ce livre, *Apprendre à résister*, et que vous vouliez compter s'il y en a suffisamment pour l'offrir à vos amis, l'ordre du comptage serait en soi sans importance, vous pourriez procéder comme il vous plaît (principe 5), à condition de ne compter qu'une seule fois chaque livre (principe 2) et de respecter l'ordre des chiffres

(principe 1) appris quand vous étiez enfant et qui est aujourd'hui automatisé dans votre cerveau : 1, 2, 3... et beaucoup plus. Le dernier chiffre que vous répéterez est le cardinal (principe 3). Il vous donnera le compte exact de livres. C'est l'algorithme de comptage.

Dans leur forme élémentaire, ces cinq principes cognitifs – ou compétences – ont été mis en évidence par Gelman sur des enfants âgés de 3 ans à peine, à partir d'une tâche où des petits d'école maternelle devaient dire si les procédures de comptage effectuées par une poupée (manipulée par l'expérimentateur) étaient correctes ou non. Suivant les erreurs de comptage de la poupée (ordre non stable, violation de la correspondance terme à terme, cardinal désigné par un mot de nombre quelconque, etc.), Gelman déterminait si le jeune enfant, habilement placé dans le rôle d'« observateur-correcteur », savait appliquer ou non chacun des principes. Les résultats ont montré que *dès 3 ans* ces compétences sont acquises.

## 2. DEUXIÈME ACTE DE RÉSISTANCE

**M**ais compter ne suffit pas. Il faut aussi savoir résister ! Rappelez-vous la tâche piagétienne des jetons plus ou moins écartés, décrite au début de ce livre. Voici, plus précisément, la procédure expérimentale utilisée par Piaget chez les enfants d'école maternelle (3-5 ans), procédure qui, comme la situation A-B chez les bébés, a fait le tour du monde. C'est la tâche dite de « conservation des quantités discrètes » (par opposition aux substances et aux liquides, dont les quantités sont continues).

### **La conservation du nombre**

Sur une table sont disposés deux alignements de jetons (quantités discrètes) de même nombre, 6 et 6 par exemple, et de même longueur (l'espace occupé sur la table). Vers 4-5 ans, l'enfant d'école maternelle reconnaît qu'il y a le même nombre de jetons dans chaque alignement (par une correspondance terme

à terme entre les jetons). Cependant, si l'adulte qui réalise l'expérience écarte les jetons de l'un des deux alignements (le nombre restant identique, alors que la longueur diffère), l'enfant considérera, dans la comparaison, qu'« il y a maintenant plus de jetons là où c'est plus long » ! Cette réponse est une erreur cognitive fondée sur l'intuition perceptive « longueur égale nombre » qui révélait, selon Piaget, que l'enfant n'avait pas encore acquis le *concept* de nombre.

À partir de 6-7 ans en revanche (enfant d'école élémentaire), la pensée devient flexible, réversible, et l'action d'écarter les jetons peut être corrigée, annulée par l'opération mentale inverse, c'est-à-dire par la représentation de l'action de *rapprocher les jetons* – d'où, cette fois, une réponse d'équivalence numérique (« c'est pareil : les jetons ont changé de place, mais tu peux les remettre comme avant », ou encore des arguments de compensation des dimensions longueur/densité). Il y a donc, dans ce cas, réversibilité opératoire et conservation des quantités.

D'autres tâches expérimentales de ce type ont été inventées par Piaget. Il a ainsi utilisé, selon le même principe, des tâches de conservation de la substance (quand on aplatit une boule, « y a-t-il plus ou moins de pâte ? »), de conservation des liquides (dans des verres plus ou moins étroits), etc., en testant la solidité des réponses verbales de l'enfant par des demandes de justification et des contre-suggestions.

## Compétences déjà là

Gelman, citée plus haut, a utilisé, auprès d'enfants d'école maternelle, une situation appelée « la tâche magique » dans laquelle des transformations étaient réalisées subrepticement sur des ensembles d'objets. Par ces tours de magie, elle a démontré que, dès 3-4 ans, seules les transformations qui affectaient le cardinal, ou nombre total, d'un ensemble (les additions et les soustractions ou ajouts/retraits) suscitaient une réaction de l'enfant et non celles qui ne l'affectaient pas : les écartements et les regroupements spatiaux. Le jugement d'invariance du nombre (sa conservation) était donc déjà là !

Bien plus, Jacques Mehler avait démontré dès la fin des années 1960, contre Piaget, que les enfants réussissent dès 2 ans une version modifiée de la tâche de conservation du nombre : les jetons sont remplacés par des bonbons ! Si l'on demande aux enfants de choisir une rangée de bonbons, ils optent pour celle qui contient le plus de bonbons, même si c'est la plus courte, au détriment de l'autre, plus longue. L'émotion et la gourmandise (puisqu'il s'agit de manger le plus grand nombre de bonbons) rendent ainsi le jeune enfant « mathématicien » et lui font « sauter la marche » ou le stade d'intuition perceptive de Piaget.

Les données de Gelman et de Mehler sur le nombre (par rapport à la longueur) ont été confirmées chez les bébés de moins de 1 an (avant le langage, qui apparaît

à 2 ans) dans plusieurs études de sciences cognitives des années 1980-1990 utilisant des dispositifs visuels.

Piaget et ses collègues ont jadis fortement reproché à Mehler de ne pas avoir utilisé, comme eux, une réelle tâche de conservation du nombre, où les quantités d'objets sont égales dans les deux alignements (c'est-à-dire sans ajout d'objets dans l'alignement le plus court – et par conséquent le plus dense). Mais c'est précisément là l'originalité de l'expérience de Mehler (qu'il s'agisse de bonbons ou d'autres choses) : créer un *enjeu* pour tester le nombre, ce qui exige qu'il y ait pour l'enfant un risque réel de mal choisir et donc, par définition, des alignements de quantités inégales. Le monde n'est pas seulement fait de quantités égales, de nombres qui se conservent, sans ajout ni retrait, comme le ferait croire une application trop orthodoxe de la théorie de Piaget.

Mais la question de savoir pourquoi l'enfant se trompe si longtemps (jusqu'à 6-7 ans) dans la tâche classique de Piaget reste entière ! Aujourd'hui, les enfants font toujours cette même erreur, ce qui confirme la perspicacité de l'observation initiale de Piaget. Dès lors, la question est : sachant que bien des connaissances sont déjà présentes chez le bébé et le jeune enfant (invariance du nombre, protomathématiques, statistiques, principes de comptage, etc.), quel défi neurocognitif doit encore relever le cerveau de l'enfant plus âgé (7 ans) pour progresser dans la tâche de Piaget ?

## Inhiber « longueur = nombre »

C'est ici que réintervient ma théorie de la résistance cognitive: l'enfant de moins de 7 ans, bien que doté de la notion de nombre (contrairement à ce que croyait Piaget), doit encore apprendre à inhiber une solution impulsive de son cerveau, déclenchée par le contexte expérimental (piège) de la longueur. Ce qui pose réellement problème à l'enfant d'école maternelle dans la tâche de Piaget, c'est d'être incapable d'inhiber une stratégie perceptive inadéquate et dominante: « longueur = nombre », stratégie heuristique qui d'habitude marche bien.

Il y a en effet, lors de la tâche de Piaget, deux stratégies qui entrent en compétition dans le cerveau de l'enfant: un algorithme exact de quantification, le comptage et ses principes (lorsqu'ils sont nécessaires), et une heuristique, « longueur = nombre ». Pour rappel, une heuristique est une stratégie très rapide, très efficace – donc économique pour l'enfant –, qui marche *très bien, très souvent mais pas toujours* (à la différence de l'algorithme exact, plus lent et réfléchi, mais qui conduit *toujours* à la bonne solution). Par exemple, dans les livres de « maths pour les petits » ou sur les murs des classes, on découvre en général la suite des nombres de 1 à 10 illustrée par des alignements d'objets de longueur croissante (des alignements d'animaux ou de fruits, le plus souvent). Donc, dans ce cas, la longueur et le nombre varient ensemble! C'est ce qui crée l'heuristique.

Ainsi, la tâche de conservation du nombre de Piaget ne teste sans doute pas ce qu'il croyait ! Elle ne teste pas l'activation de la notion de nombre en tant que telle, mais plutôt l'inhibition de la stratégie heuristique « longueur = nombre », qui est suractivée par le matériel expérimental (l'écartement des jetons) et qui, dans ce cas, ne marche pas. D'où ma théorie selon laquelle ici, comme dans l'erreur A-non-B chez le bébé, penser, c'est à nouveau résister, inhiber. Penser contre soi : contre la tentation, l'envie très forte que l'enfant a de dire qu'« il y a plus de jetons là où c'est plus long » !

À un autre niveau d'organisation cognitive que la permanence de l'objet, celui du traitement *quantitatif* (nombre) des objets, on retrouve donc un possible « faux diagnostic », c'est-à-dire une tendance – celle de Piaget – à conclure que les enfants en échec dans une tâche (les jetons écartés) sont incompetents par rapport à la notion testée (le nombre). Or il peut s'agir d'un défaut d'inhibition, de résistance cognitive.

### **L'amorçage négatif**

Pour vérifier cette nouvelle interprétation, avec mon laboratoire nous avons mis au point une adaptation informatisée de la tâche des jetons de Piaget, où la chronométrie mentale (l'ordinateur enregistre les temps de réponse en millisecondes) permettait de tester le rôle de l'inhibition chez l'enfant de 8 ans qui réussit

la tâche. L'idée a été : 1) de faire résoudre à l'enfant une tâche de type Piaget (où, par hypothèse, il doit inhiber la stratégie « longueur = nombre ») ; 2) de lui présenter, juste après, une situation où longueur et nombre covarient (deux alignements de jetons, où celui qui est le plus long contient aussi le plus de jetons). L'enfant devait dès lors activer en 2 la stratégie (l'heuristique) qu'il venait d'inhiber en 1. Les résultats indiquent que, dans ce dernier cas, l'enfant d'école élémentaire met un peu plus de temps pour répondre (environ 150 ms) que dans une situation contrôle où il n'a pas dû résoudre d'abord la tâche de type Piaget. Ce petit décalage de temps, statistiquement significatif, est ce qu'on appelle l'« amorçage négatif », démonstration expérimentale du fait que l'enfant a bien dû inhiber, bloquer, la stratégie « longueur = nombre » pour réussir la tâche de Piaget. D'où le temps supplémentaire qu'il met à débloquer cette stratégie quand elle redevient pertinente. Une sorte de levée de la résistance !

### **IRM et conservation du nombre**

De plus, avec l'imagerie cérébrale (IRM fonctionnelle), nous avons démontré, chez des enfants volontaires de 5 à 10 ans (de la grande section de maternelle au CM2), que l'activation d'une région préfrontale dédiée à l'inhibition cognitive (résister à « longueur = nombre ») est nécessaire à la réussite de la tâche de conservation

du nombre de Piaget. Et cela en complément du cortex pariétal (sillon intrapariétal) dédié au sens précoce du nombre.

Dans cette expérience, le cerveau des enfants a été scanné alors qu'ils devaient résoudre la tâche des jetons de Piaget. C'était la toute première fois (fin des années 2000) qu'une tâche de Piaget était réalisée par des enfants dans une machine d'IRM.

Dans un premier temps, deux rangées de jetons de même nombre et de longueurs égales apparaissaient sur l'écran de l'ordinateur. En appuyant sur un bouton, l'enfant devait répondre à la question de savoir s'il y avait ou non le même nombre de jetons dans les deux rangées. En général, tous les enfants réussissaient cet exercice : c'est le « constat d'égalité ». Juste après, l'ordinateur faisait apparaître l'écartement des jetons de l'une des deux rangées (le nombre restant identique) et l'on reposait à l'enfant la question initiale. Conformément aux observations de Piaget, les enfants les plus âgés réussissaient systématiquement la « conservation du nombre » et répondaient qu'il y en avait toujours le même nombre, alors que les plus jeunes échouaient (ils répondaient, à ce second exercice, qu'il y avait plus de jetons là où la rangée était plus longue).

Les résultats d'IRM ont très clairement révélé que la différence entre les enfants plus jeunes et les plus âgés, directement corrélée à la réussite, se situait dans le cortex

préfrontal, au niveau précis de la capacité d'inhibition neurocognitive (le cortex préfrontal inférieur droit). Grâce aux millions de neurones regroupés dans cette région, l'enfant parvenait à résister à sa réponse impulsive de type « longueur = nombre ».

On voit ainsi les traces du progrès, de la résistance cognitive, reconstruites sur ordinateur par des images numériques tridimensionnelles reliées à l'activité des neurones chez les enfants. En outre, nous avons mesuré la séquence temporelle fine de ces opérations mentales, inhibition *puis* conservation du nombre, par l'électroencéphalographie (EEG) haute densité, qui permet d'identifier, avec un casque de 256 capteurs posés sur la tête du sujet de l'expérience, la succession des ondes cérébrales. On a ainsi découvert qu'en un premier temps, dans la tâche de Piaget, le cortex préfrontal se met en marche pour inhiber la réponse impulsive « longueur = nombre » puis, quelques dixièmes de seconde plus tard, c'est au tour du cortex pariétal et de son algorithme du nombre qui permet une réponse exacte.

### **Revisiter les grandes théories du développement**

Avec les progrès de l'informatique, des sciences cognitives et de l'imagerie cérébrale, les grandes théories classiques du développement de l'enfant, comme celle de Piaget, sont ainsi réintégréées – leurs paramètres redéfinis – dans des modèles nouveaux. La théorie de la

résistance cognitive (inhibition), exposée dans ce livre, nous permet ici de comprendre tout à la fois l'existence de compétences numériques précoces chez les bébés et les jeunes enfants, révélées après Piaget par les sciences cognitives, et les échecs tardifs de ces mêmes enfants lorsqu'ils doivent encore apprendre, grâce à leur cortex préfrontal, à résister aux automatismes dominants.

À l'école, ce sont aussi des automatismes de pensée surapppris qui créent les blocages cognitifs, les erreurs. Souvenez-vous du problème de maths du type « Louise a 25 billes. Elle a 5 billes de plus que Léo. Combien Léo a-t-il de billes ? » Dans cet exemple, l'enfant ne parvient pas à inhiber l'heuristique implicite « il y a le mot *plus*, alors j'additionne » ( $25 + 5 = 30$ ) afin d'activer l'algorithme de soustraction ( $25 - 5 = 20$ ). Il faut dès lors lui apprendre à résister psychologiquement à cette impulsion de son cerveau, plutôt que de lui répéter sans succès les règles générales des opérations arithmétiques (qu'il maîtrise souvent déjà). C'est ici aussi le Système 3 inhibiteur, le plus sollicité cérébralement (via le cortex préfrontal), qu'il faut exercer : apprendre à inhiber le puissant piège du « plus ». Il y a beaucoup d'autres exemples de ce type, dans le domaine de l'orthographe notamment : « je les manges » (au lieu de *mange*), « je vous le direz » (au lieu de *dirai*), etc., où il faut inhiber l'accord avec le mot le plus proche. Mais on quitte ainsi le nombre et les maths... Explorons à présent le domaine complémentaire de la catégorisation.

IV  
Résister  
pour catégoriser

# 1. PROTOLOGIQUE ET TAXINOMIES

On pourrait croire qu'avec les objets et les nombres on a déjà dit l'essentiel. Et pourtant un autre domaine cognitif majeur se développe conjointement : les catégories ou l'activité de catégorisation au cœur, elle aussi, de l'architecture de la pensée. C'est le traitement *qualitatif* du réel (formes, couleurs, fonctions, etc.) conduisant aux taxinomies pour ses représentations sémantiques les plus abstraites ou générales, là où le nombre (traitement *quantitatif*) conduit aux mathématiques. Que l'on se rappelle Carl von Linné au XVIII<sup>e</sup> siècle et ses merveilleuses taxinomies des plantes et des animaux.

C'est un vrai « travail » que d'être un enfant : bien garder les objets en mémoire quand ils échappent à la perception immédiate, reconstruire mentalement leur unité, les dénombrer (pas à pas vers les mathématiques), les catégoriser (vers les taxinomies), etc. ! À l'image des chercheurs et des savants de l'histoire des sciences, le cerveau des enfants, « petits savants », est très sollicité dans le développement cognitif... Et, ici encore,

pour la catégorisation logique, il doit « apprendre à résister » !

Comme pour les objets (permanence) et les nombres, ce ne sont pas les compétences précoces qui font défaut. Les sciences cognitives ont en effet révélé des traces de catégorisation taxinomique très tôt dans les activités perceptives (avant l'âge de 1 an).

Mais, après l'erreur A-non-B chez les bébés (objets) et conjointement à l'erreur de conservation chez les enfants (nombres), un autre acte de résistance cognitive important doit se mettre en place pour la catégorisation au cours du développement. Cela se joue à 6-7 ans et même, on va le voir, jusqu'à 11-12 ans.

## 2. SUR TOUS LES FRONTS DE LA LOGIQUE

Piaget avait inventé une tâche très originale pour tester la catégorisation logique : l'inclusion des classes, ou plus exactement la quantification de l'inclusion.

### **L'inclusion des classes**

Cette tâche consiste à présenter à l'enfant, par exemple, 10 marguerites (A) et 2 roses (A') en lui demandant : « Y a-t-il plus de marguerites ou plus de fleurs ? » (donc plus de A ou plus de B – B étant la classe des fleurs).

Jusqu'à 6-7 ans, l'enfant se trompe et répond : « Plus de marguerites ! » C'était, selon Piaget, un défaut d'inclusion de la sous-classe des marguerites dans la classe emboîtante, ou « surordonnée », des fleurs (qui inclut aussi les roses). Cette réponse verbale est une erreur d'intuition perceptive (en raison de la saillance visuelle et spatiale des 10 marguerites par rapport aux 2 roses) indiquant, selon Piaget, que l'enfant n'a pas encore acquis un mode de catégorisation logique, au sens du système des classes A, A' et B (telles que  $B =$

$A + A'$ , l'intersection entre  $A$  et  $A'$  étant vide, soit  $12 = 10 + 2$ ).

À partir de 7 ans en revanche (enfant d'école élémentaire), il devient capable de réponses correctes du type: «Il y a plus de fleurs que de marguerites parce que les roses sont aussi des fleurs.» La logique des classes, appliquée à des objets concrets, est dès lors acquise – en même temps que le nombre, selon Piaget. C'est le fameux stade général de la mise en place des opérations logiques concrètes, correspondant à l'âge de raison.

À la suite de Piaget, les recherches en sciences cognitives sur la catégorisation logique chez l'enfant n'ont cessé de se multiplier et, comme pour le nombre, les critiques à l'égard de la théorie de Piaget n'ont pas manqué.

Durant les décennies 1970 et 1980, plusieurs chercheurs – Claude Voelin et Ellen Markman à l'étranger, Jacqueline Bideaud, Jacques Lautrey et nous-mêmes en France – ont découvert qu'au stade dit de «catégorisation logique», selon Piaget (entre 7 et 12 ans), les enfants n'étaient pas logiques du tout, commettant encore une grossière erreur d'inclusion. En voici un exemple à partir du même matériel de fleurs: on demande à l'enfant qui a d'abord répondu correctement à la question d'inclusion de Piaget (en disant «plus de fleurs»): «Oui, mais peut-on faire quelque chose ou ne peut-on rien faire pour avoir plus de marguerites que de fleurs?» (donc plus de  $A$  que de  $B$ ?).

Chacun d'entre nous sait que c'est impossible. Nous en sommes même absolument certains (c'est ce qu'on appelle la « nécessité logique »). L'enfant de plus de 7 ans – âge de raison – devrait l'être aussi, selon Piaget. Pourtant, il se trompe et répond, jusqu'à l'âge de 12 ans : « T'as qu'à ajouter des marguerites ou enlever des fleurs ! » Bideaud et Lautrey ont alors pensé que la catégorisation logique devait arriver bien plus tard que ne le disait Piaget, au début de l'adolescence : un passage tardif du « bricolage cognitif », encore empirique, à la logique. Mais n'est-on pas à nouveau ici en présence d'un faux diagnostic, et même de deux faux diagnostics : la tâche classique de Piaget et sa nouvelle version modifiée ?

### **L'aveu de Piaget**

Sur ce point (contrairement au nombre), Piaget lui-même en a fait l'aveu dans un livre ultérieur, *Vers une logique des significations*, publié de façon posthume en 1987. Il y écrit que dès 5 ans l'inclusion logique ne soulève pas de problème pour l'enfant, sauf naturellement quant aux quantifications de A, A' et B étudiées jadis (Piaget fait allusion à ses propres travaux) lorsque les A' sont bien moins nombreux que les A (les 2 roses et les 10 marguerites).

Piaget reconnaît donc que l'erreur de l'enfant de moins de 6 ans dans sa tâche classique d'inclusion où il

y a un piège perceptif sur les extensions spatiales (tâche qui a quand même fait le tour du monde des laboratoires et des écoles pour tester la logique!) ne veut pas dire que l'enfant n'a pas acquis la notion d'inclusion.

À partir d'une tâche de choix orienté (un peu comme un « QCM d'objets ») nous avons nous-mêmes montré qu'au même âge (en grande section d'école maternelle) l'enfant est capable de regrouper les objets contextualisés (par exemple un animal de la ferme et un animal du zoo, jamais observés ensemble) selon un mode de catégorisation taxonomique abstrait (les Animaux), c'est-à-dire fondé sur un critère général d'inclusion des classes.

Mais cela ne signifie pas que les tâches piagésiennes ne sont pas de bonnes tâches de psychologie de l'enfant, bien au contraire. Simplement, une fois de plus, la tâche de catégorisation de Piaget teste moins la logique en tant que telle (ici l'inclusion des classes) que la capacité de l'enfant à inhiber des interférences visuelles et spatiales, à gérer des conflits cognitifs : dans ce cas, apprendre à résister à la prégnance perceptive créée par la très grande extension des marguerites (10), comparativement à celle des roses (2).

En outre, quand un adulte demande à un enfant entre 7 et 12 ans : « Peut-on faire quelque chose ou ne peut-on rien faire pour avoir plus de marguerites que de fleurs ? » et que, par ailleurs, on lui apprend à l'école, à longueur de journée, qu'en arithmétique pour avoir

« plus de... » on ajoute et pour avoir « moins de... » on enlève, tout porte à croire que ce qui pose réellement problème à l'enfant n'est pas l'inclusion des classes elle-même – en accord avec Piaget cette fois. C'est plutôt l'inhibition de la stratégie habituelle (l'heuristique) d'ajout et de retrait, suractivée par la formulation de la question qui joue sur l'ambiguïté.

Mais comment le mesurer ?

### **Inhiber la comparaison directe**

Au laboratoire, avec Grégoire Borst, nous avons démontré le coût de l'inhibition dans une version informatisée de la tâche piagétienne classique d'inclusion (« plus de marguerites ou plus de fleurs ? »). La mesure utilisée était l'« amorçage négatif », dont le principe a déjà été décrit pour le réexamen de la tâche piagétienne de conservation du nombre. Dans ce cas, la procédure expérimentale consiste à réaliser une simple comparaison perceptive *directe* de type A-A', les deux sous-classes (10 marguerites et 2 roses), après avoir dû inhiber cette heuristique pour comparer A à B (l'inclusion logique). La levée d'inhibition se traduit alors par un temps de réponse supplémentaire. C'est ainsi qu'est mesuré l'« effort de résistance cognitive » à la comparaison A-A' pour appliquer l'algorithme d'inclusion des classes ( $B = A + A'$ ). Les résultats indiquent que cet effort de résistance du cerveau

s'observe chez les enfants d'école primaire comme chez les adultes, où il est moindre mais encore nécessaire.

Ainsi, qu'il s'agisse de nombres ou de classes logiques (catégories), les pièges sont tels dans le monde perceptif, les heuristiques si puissantes qu'il faut à notre cerveau, celui de l'enfant en particulier, *résister en permanence sur tous les fronts*. Pour tester cette dimension de l'intelligence, les problèmes piagétiens (ou néopiagétiens) restent aujourd'hui de très bonnes tâches en psychologie.

En outre, ce processus de résistance cognitive est dit « interdomaines ». Borst a démontré, par la mesure des temps de réponse, que résister aux pièges dans une tâche de conservation du nombre aidait le cerveau à résister dans une tâche d'inclusion des classes. Ce transfert entre le domaine du nombre et celui de la catégorisation illustre, en termes neurocognitifs, un élan *général* de résistance qui se caractérise, dans ce cas, par un effet d'amorçage positif ou d'adaptation au conflit, c'est-à-dire une réponse plus rapide d'une tâche piège à l'autre. L'architecture cognitive s'interconnecte ainsi sur un mode inhibiteur efficace.



V  
Résister  
pour raisonner

# 1. SYSTÈMES 1, 2 ET 3

À la fin de son ouvrage sur le raisonnement et la prise de décision chez l'adulte, *Système 1, Système 2 : les deux vitesses de la pensée*, Kahneman se demandait en 2012 : que peut-on faire pour éviter les biais ou heuristiques du Système 1, rapide, intuitif ?

Dans un livre que j'ai récemment consacré à cette question spécifique, *Le Raisonnement*, j'ai avancé l'idée du Système 3 de « résistance cognitive » (inhibition), qui permet au cas par cas, grâce au cortex préfrontal, de bloquer le Système 1 de raisonnement pour activer le Système 2 (la logique), plus lent et réfléchi.

Les exemples précédents chez l'enfant (objets, nombres, catégories) l'illustrent déjà. Pour le raisonnement à propos d'idées, d'hypothèses et de propositions logiques, cela peut être démontré par deux mouvements de résistance : *a*) par rapport à la *perception*, *b*) par rapport à la *sémantique*, c'est-à-dire nos connaissances ou croyances générales sur le monde.

## Logique contre perception

Voici un exemple pour une règle « si-alors » (dite « conditionnelle ») et un biais perceptif. La partie « si... » (l'antécédent) correspond à l'hypothèse et la partie « alors... » (le conséquent) à la déduction.

Soit la règle : « S'il n'y a pas de carré rouge à gauche, alors il y a un cercle jaune à droite. » Cette règle peut être vérifiée ou invalidée dans un test logique en manipulant une table de vérité appliquée à l'antécédent et au conséquent : VV, VF, FV ou FF (V pour vrai, F pour faux). La réponse « carré bleu à gauche, cercle jaune à droite » (VV) vérifie la règle, alors que la réponse « carré bleu à gauche, losange vert à droite » (VF) l'invalidé (il y a d'autres réponses VV et VF possibles). Les cas de figures FV ou FF ne peuvent pas invalider la règle, car l'antécédent est faux (la règle est alors non applicable, car on est « hors condition »).

Si l'on demande aux gens, comme l'a fait Jonathan Evans, d'invalidé la règle « S'il n'y a pas de carré rouge à gauche, alors il y a un cercle jaune à droite », ils se trompent très souvent. C'est un piège cognitif. En effet, on se laisse ici directement influencer par la négation au début de la phrase (« s'il n'y a pas ») et on choisit, pour invalider la règle, un carré rouge à gauche et un cercle jaune à droite. C'est un puissant biais (une heuristique) d'appariement perceptif avec les éléments cités dans la règle (Système 1), car la réponse logique (Système 2), rare spontanément, est par exemple un

carré bleu à gauche et un losange vert à droite (c'est-à-dire l'algorithme *antécédent vrai*, pas de carré rouge, *conséquent faux*, pas de cercle jaune : VF). Il faut donc inhiber le carré rouge et le cercle jaune ! Si vous avez des difficultés à comprendre, c'est normal, car ce biais cognitif vous concerne en tant qu'adulte. De la même façon que l'erreur A-non-B ou le biais « longueur = nombre » concernait le bébé ou l'enfant.

### **Inhiber l'appariement perceptif**

Au laboratoire, nous avons testé l'efficacité de différentes conditions d'apprentissage pour corriger ce biais :

1. *L'inhibition* de la stratégie d'appariement (alertes sur le risque d'erreur et la nature du piège perceptif à éviter ; résistance à cette réponse).
2. *L'explication logique* du raisonnement (instructions verbales *strictement* à propos du principe de la table de vérité : VF).
3. La *simple répétition* de la tâche (ce dernier type d'apprentissage étant un contrôle qui correspond aux effets de la pratique).

Seul l'apprentissage de l'inhibition s'est révélé efficace : le taux de réussite, initialement inférieur à 10 % dans la tâche (donnée en pré-test), est devenu supérieur à 90 % (post-test). Cela indique que c'est

bien ce mécanisme exécutif de blocage, de résistance cognitive (l'intervention du Système 3) qui faisait défaut aux individus interrogés, et non pas la logique en tant que telle (Système 2) ni la pratique. Dans ces deux dernières conditions, le taux d'erreur est resté comparable au niveau initial, la simple répétition favorisant même l'automatisme.

### **Imagerie cérébrale du raisonnement**

Nous avons alors poursuivi l'expérience en imagerie cérébrale (TEP) afin d'observer ce qui se passait chez les individus *avant* et *après* l'apprentissage de l'inhibition de la stratégie perceptive (entraînement du Système 3), c'est-à-dire avant et après la correction effective de l'erreur de raisonnement. Les participants étaient introduits deux fois (pré- et post-tests) dans la caméra d'imagerie cérébrale, l'apprentissage étant réalisé hors caméra.

Lorsqu'ils étaient dans la caméra, les participants lisaient sur un mini-écran d'ordinateur la règle logique (« S'il n'y a pas de carré rouge à gauche, alors il y a un cercle jaune à droite »), puis ils devaient choisir avec la souris deux formes parmi douze présentées à l'écran (carrés, cercles ou losanges, bleus, jaunes, rouges ou verts) pour invalider cette règle, selon le principe du test. Ils glissaient les deux formes choisies dans une double case de réponse (gauche/droite). Une série de règles

«si-alors» du même type, préalablement programmées, s'enchaînaient ainsi et l'ordinateur stockait les réponses (une liste de paires de formes) de chaque participant dans un fichier, alors même que son activité neuronale était enregistrée sur l'ensemble du cerveau.

Les résultats ont montré que, lors de la correction de l'erreur après l'apprentissage de l'inhibition (post-test), il s'opérait une très nette modification neuronale. Avant l'apprentissage, c'était la partie arrière du cerveau, un réseau neuronal *postérieur*, qui travaillait (réseau associé à la réponse d'appariement perceptif : carré rouge, cercle jaune). Après l'apprentissage, c'était la partie avant, préfrontale, qui travaillait (réseau *antérieur*, associé à l'inhibition de l'appariement perceptif et à la réponse logique : carré bleu, losange vert). Il ne suffit donc pas d'avoir atteint, à l'adolescence, le stade des opérations logiques formelles de Piaget (Système 2) pour être définitivement « préfrontal » et logique. Avec cet exemple, on constate que :

1° dans le cerveau en action, à tout moment, y compris chez l'adulte, plusieurs stratégies de raisonnement peuvent se télescoper, entrer en compétition, les biais perceptifs (à l'arrière du cerveau) prenant alors le pas sur les réponses logiques dès la présence d'un piège (le constat de Kahneman sur la dominance du Système 1) ;

2° c'est l'inhibition cognitive préfrontale, déclenchée ici par un apprentissage expérimental (Système 3), qui se révèle être la clé de l'accès à la logique (Système 2).

Cette expérience illustre donc de façon dynamique (compétition/sélection neuronale) comment peut se mettre en place un processus d'abstraction dans le cerveau humain, *d'un piège perceptif vers la logique*. Ici, comme chez l'enfant mais à un niveau de complexité accrue, bien raisonner, c'est « apprendre à résister ».

## 2. ULTIMES ACTES DE RÉSISTANCE

L'autre grande forme de déduction logique, depuis Aristote, est le syllogisme.

Le Système 3 de «résistance cognitive» et sa fonction inhibitrice du Système 1 sont évidemment sollicités pour corriger bien d'autres biais que l'appariement perceptif, notamment le biais de croyance et les stéréotypes (biais de «représentativité»).

### **Logique contre croyances**

Commençons par les croyances : nos connaissances générales sur le monde. La sémantique !

Du point de vue de la logique, le caractère *valide* d'une déduction, d'un syllogisme, dépend de la structure du raisonnement et non du contenu des phrases en tant que tel (la sémantique) ; il peut même être en contradiction avec nos croyances sur le monde. Souvenez-vous de la conclusion «les éléphants sont lourds», qui n'était pas logique !

Selon Evans, ce type de piège de raisonnement nous incline à privilégier la stratégie sémantique (crédibilité)

par rapport à la stratégie logique (validité), biais de croyance qui existe chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte. Pour rappel, voici l'exemple des éléphants chez l'enfant :

- a) les éléphants sont des mangeurs de foin,
- b) les mangeurs de foin ne sont pas lourds,
- cela veut-il dire que c) les éléphants sont lourds ?

Les enfants d'école primaire répondent « oui », alors que rien ne leur permet de déduire logiquement cette conclusion des prémisses.

Comme le biais d'appariement (perception), ce biais de croyance (sémantique) chez l'enfant et sa persistance dans divers problèmes chez l'adolescent et l'adulte n'ont pas été identifiés par Piaget. Pour en rendre compte, Evans propose un modèle qui prédit que le cerveau des individus – enfants, adolescents ou adultes – examine la crédibilité sémantique *avant* la validité logique. Autrement dit, si la conclusion est crédible, on l'accepte le plus souvent sans examen – c'est l'heuristique de croyance – ; si elle est non crédible, on cherche alors (et alors seulement) si elle découle *validement* des prémisses, en appliquant l'algorithme de vérification logique.

Ces erreurs de syllogismes ne sont pas le propre des jeunes enfants, comme l'aurait prédit Piaget, mais elles sont inscrites dans notre mode de fonctionnement neurocognitif général, celui des enfants *et* des adultes.

Ainsi, dans son dernier livre (2012), Kahneman donne cet exemple :

- a) toutes les roses sont des fleurs,
- b) certaines fleurs fanent vite,
- donc c) certaines roses fanent vite.

Il indique qu'une grande majorité des étudiants de l'université (qu'ils viennent de Harvard, du MIT – Massachusetts Institute of Technology – ou de Princeton) estiment que ce syllogisme est valide. Cette réponse est à l'évidence biaisée, car il se peut qu'il n'y ait aucune rose parmi les fleurs qui fanent vite. Mais la conclusion est crédible (certaines roses fanent vite, en effet) et, comme le dit Kahneman, il faut « travailler dur » pour l'écarter. L'idée insistante que « c'est vrai, c'est vrai » rend difficile la vérification logique, et la plupart des gens ne se donnent pas la peine de réfléchir au problème.

Pour reprendre les termes d'Evans (le modèle crédibilité/validité) : si la conclusion est crédible, les gens l'acceptent sans examen ; ils ne s'inquiètent qu'en cas de conflit entre la conclusion et leurs croyances ou connaissances habituelles. On est ici au cœur de l'économie et même de la paresse du raisonnement humain.

C'est pourquoi il faut « apprendre à résister ». Les étudiants de Harvard, du MIT ou de Princeton observés par Kahneman, face à des syllogismes non valides, devraient mettre leur cortex préfrontal en mode inhibiteur pour

supprimer – ou pour le moins suspendre – leur croyance habituelle selon laquelle certaines roses fanent vite!

## Probabilités contre stéréotypes

Dernier exemple, légendaire en psychologie du raisonnement: celui de Linda, inventé par Kahneman, dans le domaine de l'induction et des probabilités.

On raconte aux individus qui passent l'expérience (des étudiants en général) l'histoire de Linda, dont le profil était celui d'une étudiante très engagée à gauche aux États-Unis dans les années 1970. Il s'agit alors de faire une évaluation comparative des probabilités pour que l'ex-étudiante ayant atteint la trentaine soit:

- employée dans une banque,
- employée dans une banque et militante dans un mouvement féministe.

Les résultats indiquent qu'environ 80 % des personnes interrogées considèrent la proposition «employée féministe» plus probable, transgressant ainsi le calcul élémentaire de probabilités ( $p$ ) selon lequel  $p(a \& b) \leq p(a)$ , où  $a$  = employée dans une banque et  $b$  = militante féministe.

Au lieu de se fonder sur le calcul logique de la probabilité (Système 2), la grande majorité des individus raisonne selon une heuristique appelée le «biais de représentativité», c'est-à-dire une ressemblance

immédiate avec un stéréotype social en mémoire associative : une intuition du Système 1.

Le problème de Linda illustre donc expérimentalement une erreur de conjonction des probabilités. Ainsi qu'on l'a énoncé plus haut par une formule simple, la cooccurrence de deux événements est toujours moins probable que l'occurrence d'un seul. Chacun le sait, et personne n'en doute s'il s'agit de rechercher sur un site Internet de rencontres, ou dans les petites annonces d'un journal, une personne belle *et* intelligente (et/ou riche).

Ce biais inductif est d'autant plus « décalé cognitivement » que, selon la théorie de Piaget, dès l'« âge de raison » (6-7 ans), les enfants savent bien qu'il y a plus de fleurs que de fleurs-marguerites ou de fleurs-roses. Comme les employées de banque, les fleurs sont la classe « emboîtante » et comme les employées de banque féministes, les marguerites (ou les roses) sont la classe emboîtée. C'est la relation logique d'inclusion.

Cela illustre à nouveau le caractère non linéaire du développement du système logique (Système 2). Ainsi, du bébé à l'adulte, le développement de l'intelligence est – au-delà des compétences cognitives précoces – très biscornu, dynamique, accidenté !

VI  
Redéfinir  
le progrès cognitif

# 1. UN PAYSAGE DE MONTAGNES PLUTÔT QU'UN ESCALIER

**A**u fil des chapitres, le lecteur aura à la fois découvert ou redécouvert la célèbre théorie des stades de l'intelligence de Piaget – qui a marqué le <sup>xx</sup>e siècle – et sa remise en cause par les avancées récentes de la psychologie et des sciences cognitives.

Voici, pour ouvrir les réflexions sur le progrès cognitif en général, un rapide résumé théorique de l'ensemble.

## **L'escalier de Piaget**

La conception de l'intelligence de l'enfant selon Piaget était linéaire et cumulative, car systématiquement liée, stade après stade, à l'idée d'acquisition et de progrès. C'est ce que l'on peut appeler le « modèle de l'escalier », chaque marche correspondant à un grand progrès, à un stade bien défini – ou mode unique (structure) de pensée – dans la genèse de l'intelligence dite « logico-mathématique » : de l'intelligence sensori-motrice

du bébé (0-2 ans), fondée sur ses sens et ses actions (permanence de l'objet), à l'intelligence conceptuelle (nombre, catégorisation, raisonnement), d'abord concrète chez l'enfant (vers 7 ans), puis abstraite chez l'adolescent (vers 12-14 ans) et l'adulte.

## **Un développement non linéaire**

La nouvelle psychologie de l'enfant remet en cause ce « modèle de l'escalier » ou, pour le moins, indique qu'il n'est pas le seul possible. D'une part, il existe déjà chez les bébés et les jeunes enfants des capacités cognitives assez complexes, c'est-à-dire des protoconnaissances physiques, mathématiques (y compris statistiques) et logiques, ignorées par Piaget et non réductibles à un fonctionnement strictement sensori-moteur (la « première marche de l'escalier »). D'autre part, la suite du développement de l'intelligence jusqu'à l'adolescence et l'âge adulte compris (la « dernière marche ») est jalonnée d'erreurs, de biais perceptifs, de décalages inattendus (incluant des retours en arrière, ou « régressions ») : l'erreur A-non-B chez le bébé, les erreurs de conservation du nombre et d'inclusion des classes chez l'enfant..., mais aussi les biais cognitifs de raisonnement déductif et inductif chez l'adulte.

Ainsi, plutôt que de suivre une ligne ou un plan qui mène « sans accroc » du sensori-moteur à l'abstrait (les stades de Piaget), l'intelligence avance de façon

beaucoup plus biscornue et non linéaire. Au-delà des compétences précoces, le mécanisme-clé pour corriger les erreurs cognitives est dès lors l'inhibition des biais.

Cette nouvelle image du développement cognitif est cohérente avec les conceptions actuelles – non linéaires elles aussi – de la construction des connaissances dans l'histoire des sciences. Selon le philosophe Michel Serres, on doit penser le temps *comme un paysage* où il y a des croissances, ici des puits, des chutes, ailleurs des plats...

### **Le paysage cognitif**

Pour le développement cognitif de l'enfant, les chutes sont les erreurs inattendues, les décalages de performances, les biais cognitifs par défaut d'inhibition (tous les exemples de ce livre). Penser le développement cognitif ne revient dès lors pas à réduire la logique du temps à une ligne croissante d'âges ou de stades (ou de classes et de niveaux scolaires) fixes qui y correspondent. C'est peut-être rassurant mais c'est inexact. Avoir cru à cette forme linéaire de progrès (depuis Fontenelle et Condorcet au Siècle des lumières) est l'erreur épistémologique fondamentale de Piaget, des néo-piagétiens et de beaucoup de psychologues du développement, encore aujourd'hui.

On ne mesure pas un paysage comme on fait le point en bateau, remarque Serres. Avec les montagnes, les lacs, les dépressions, en chaque point les progrès sont

différents. En montagne, tout le monde fait la course pour arriver le premier en haut. Dans l'ontogenèse du cerveau et dans le développement de l'enfant en particulier, les sciences cognitives ont révélé que déjà le bébé fait la course (compétences précoces), bien avant ce que croyait Piaget.

L'embêtant, dit Serres, pour le progrès en général, c'est que tout d'un coup une autre montagne surgit sans prévenir. Un autre défi cognitif, un défi de résistance. Alors celui qui était au sommet se retrouve en retard (décalage de performances) parce qu'il doit redescendre avant de remonter. Ce qui est vrai pour le progrès en général, dans l'histoire, l'est aussi – nous l'avons découvert après Piaget – pour le progrès cognitif de l'enfant au cours du développement : objets, nombres, catégories et règles de raisonnement. Dans chacun de ces domaines cognitifs, les bébés, les enfants et les adultes doivent, à tout moment, redescendre avant de remonter.

Selon ma théorie, le mécanisme-clé de la remontée est la résistance cognitive, liée elle-même à un progrès linéaire du cortex préfrontal (maturation), mais dont l'efficacité est non linéaire, car il doit apprendre à résister au cas par cas (montagne par montagne) à de nouveaux biais cognitifs ou automatismes qui se présentent à tout moment, à de nouvelles heuristiques, croyances, etc., appris par ailleurs (souvent à l'école) et sources d'erreurs systématiques. C'est vrai chez l'enfant et cela reste vrai chez l'adulte.

De façon contemporaine – comme par une alliance nouvelle des sciences humaines et sociales (SHS) bien longtemps après celle du structuralisme (années 1960-1970) – la sociologie d’aujourd’hui (à propos du monde des entreprises et de la politique) rejoint ces analyses expérimentales et neuroscientifiques de la psychologie du développement. C’est ce que nous allons voir à présent.

## 2. DÉCISIONS ABSURDES, DÉMOCRATIE DES CRÉDULES, QUESTION DE SURVIE

Dans ce livre, j'ai voulu tracer la *direction théorique* d'une pédagogie expérimentale pour « apprendre à résister », éléments qui restent à développer, à renforcer, à retester – et surtout à adapter au cas par cas. Cela donne une indication du type de réponse scientifique qu'on peut apporter à la question de Kahneman dans son dernier ouvrage (2012) : comment améliorer les jugements et les décisions, tant les nôtres que ceux des institutions que nous servons et qui nous servent ?

### **Les décisions absurdes**

À cet égard, dans son livre de sociologie quotidienne très remarqué, *Les Décisions absurdes* (2012), Christian Morel, ancien cadre dirigeant de groupes industriels français, a déjà suggéré d'appliquer au monde de l'entreprise (et des institutions en général) ma conception de l'inhibition cognitive, en remarquant que chez des pilotes, des équipages, des ingénieurs, des managers, disposant d'une compétence de type scientifique et la pratiquant,

des processus de raisonnement quasi enfantins semblent parfois surgir ou ressurgir comme s'ils étaient restés en embuscade dans les esprits, prêts à bondir dès la suspension de l'inhibition qui les bride habituellement.

C'est – sous un autre angle – le résumé très exact du rôle que devrait jouer le processus de résistance cognitive (inhibition), non seulement dans les laboratoires de psychologie et de neurosciences (où les yeux des chercheurs sont rivés sur les écrans d'imagerie cérébrale et la correction microexpérimentale des biais), mais aussi dans la société.

### **La démocratie des crédules**

De façon voisine, le sociologue Gérard Bronner a publié *La Démocratie des crédules* (2013), un ouvrage remarqué et rapidement primé, où il analyse comment, d'une façon générale, des croyances, souvent erronées (les mythes du complot par exemple, ou encore des raisonnements statistiques incomplets, voire faux, des stéréotypes bien ancrés, etc.), arrivent à se diffuser, à emporter l'adhésion des publics, à infléchir les décisions politiques..., à façonner une partie du monde dans lequel nous vivons. Mais Bronner reste optimiste. Parmi ses arguments, il cite les résultats de notre laboratoire et indique que, par la pédagogie expérimentale, de redoutables biais cognitifs peuvent être inhibés de façon spectaculaire. Il fait référence à la bascule cérébrale, de l'arrière du cerveau vers la

partie préfrontale, que nous avons découverte lors de la correction des biais de raisonnement (page 67).

Ces données sont encore ponctuelles, partielles, et les apprentissages *expérimentaux*. Il faut les développer à grande échelle pour installer, dès l'école, une (ou des) pédagogie(s) de la résistance cognitive qui permette(nt) à notre cerveau, face à la multitude croissante des informations, sur écrans (monde numérique) ou ailleurs, de parvenir à les trier, à les organiser et à les analyser... tout en déjouant les pièges. La Petite Poucette de Michel Serres doit apprendre à inhiber ! Tourner sept fois son pouce dans sa main avant de répondre.

Mais la puissance et la déraison du cerveau humain sont telles que l'enjeu dépasse largement celui de l'école, des entreprises et des démocraties (plus ou moins crédules) d'aujourd'hui.

### **La moins belle histoire**

C'est aussi l'enjeu de la « moins belle histoire » de l'humanité dont parle Hubert Reeves (2013) à propos de la planète. *Nous*, seuls survivants de la grande famille des humains, *a priori* seuls dépositaires de l'intelligence à son plus haut niveau..., risquons une autodestruction liée à la gravité de la crise écologique, pour avoir déjoué, par cette intelligence du cerveau (outils, progrès technologiques, autodéfense et massacres), notre initiale fragilité physique et biologique.

Si le cœur de l'affaire est l'intelligence, la résistance aux erreurs cognitives et collectives, alors la prise de conscience actuelle des enjeux environnementaux par la jeunesse peut faire espérer avec Reeves que «là où croît le péril... croît aussi ce qui sauve» (titre de son livre). Désormais, le jeu est «à trois»: humain-humain-monde, comme le dit Serres. Il est aussi nécessaire, selon les termes utilisés en introduction de ce livre, que le cerveau humain déclenche un mécanisme de contrôle cognitif par lequel il s'inhibe partiellement. Au niveau collectif (les cerveaux du monde), il s'agit de réduire ou d'arrêter les politiques de pollution et de destruction à grande échelle, de préserver les ressources, etc; au niveau individuel (le cerveau de chacun), de fermer le robinet pendant qu'on se lave les dents, de privilégier les douches aux bains, d'éteindre les lumières inutiles, etc. Voilà trois formes très concrètes d'inhibition.

«Apprendre à résister» n'est donc pas seulement une question historique, légendaire, de guerre *contre les autres* (entre humains) et de héros politiques exceptionnels (résistance incarnée par de Gaulle, Moulin, Mandela, etc.), mais se décline à la fois en interne (cerveau, cognition) dès la vie psychologique du bébé (B-non-A), et au niveau le plus englobant de l'humanité: la planète. Dans les deux cas, l'ennemi – et aussi potentiellement le héros – c'est *nous!* À cela, la psychologie du développement cognitif peut contribuer.

### 3. POURQUOI FAUT-IL (ENCORE) AUJOURD'HUI APPRENDRE À RÉSISTER ?

Résister encore aujourd'hui ? Oui ! Parce que dans le cerveau comme dans le monde, *tout* (erreurs cognitives, préjugés, stéréotypes, barbarismes, guerres, massacres, intolérances, autodestruction) peut revenir à n'importe quel moment ! À cet égard, de l'erreur A-non-B chez le bébé aux biais de raisonnement chez l'adulte, le développement cognitif de l'enfant est exemplaire.

Observons comment ce « petit savant » corrige ses erreurs. C'est un modèle vivant d'épistémologie qui permet de repenser le progrès et la pédagogie. L'espoir scientifique est là.

#### **De la science à l'école**

Mais n'est-ce pas trop facile à dire ? Récemment, sur le site « Le Café pédagogique », Ange Ansur, une professeure des écoles, me poussait dans mes retranchements. Sa question, très justifiée, était : « La focale semble bien lointaine. Comment un enseignant peut-il être en

mesure de discriminer les informations pertinentes? L'observation des erreurs, alors que l'enfant est en action, suppose une attitude clinique de l'enseignant, pertinente dans une relation de préceptorat. Mais comment la conduire efficacement en classe, où priment les logiques d'action de groupe?»

Je lui ai répondu que, depuis plusieurs années, j'organise avec mon laboratoire et des groupes de professeurs volontaires d'écoles maternelles et élémentaires des réunions GFA (groupes de formation-action). Ces enseignants sont remplacés dans leurs classes pour une journée par l'Académie, et nous leur exposons nos idées et découvertes scientifiques nouvelles depuis Piaget (comme je l'ai fait dans ce livre). En réaction, ils évoquent librement des situations précises de blocages cognitifs des élèves qu'ils observent régulièrement. Nous les analysons ensemble: quels sont les automatismes (Système 1), les règles logiques par rapport aux programmes (Système 2), et comment exercer sur ces cas précis l'apprentissage de l'inhibition des automatismes (Système 3)? Ce cadre d'échanges hors de la classe permet un recul réflexif sur des problèmes concrets. Ensuite, les professeurs retournent dans leurs classes et appliquent au cas par cas, dans une configuration à géométrie variable (par groupes d'élèves selon le blocage cognitif), ces éléments d'analyse pédagogique sur des exemples de mathématiques, d'orthographe, etc. Ils combinent alors cliniquement leurs intuitions

pédagogiques et les données scientifiques nouvelles qu'ils ont apprises sur la psychologie de l'enfant et le cerveau. On fait ensuite un bilan.

Beaucoup d'enseignants nous ont apporté des témoignages en fin d'année sur le fait que leur perception des erreurs cognitives des enfants avait changé au quotidien. Ils parlent maintenant d'heuristiques, d'algorithmes et d'inhibition en salle des profs ! Ils se demandent régulièrement si les enfants en échec en classe n'ont pas des difficultés à inhiber un automatisme (heuristique) qui court-circuite la bonne réponse (algorithme) dans leur cerveau. Ils identifient mieux les pièges que, parfois involontairement, ils tendaient aux enfants. Ces allers-retours du laboratoire à la classe ont même donné lieu à des publications dans des revues internationales de haut niveau : *Journal of Experimental Child Psychology*, *Journal of Educational Psychology*, etc.

Il n'y a donc pas de rupture nécessaire entre la science, la « théorie », et les applications pratiques, en pédagogie comme en médecine. Les enseignants sont en fait très gourmands d'expérimentations de ce type, qui leur permettent de combiner les découvertes de la science (psychologie expérimentale, neurosciences) et leur approche personnelle et quotidienne des enfants.

Au moment où paraît cette nouvelle édition, mon laboratoire du CNRS (le LaPsyDÉ) a signé un partenariat avec la communauté pédagogique Léa (l'école d'aujourd'hui) de Nathan qui regroupe déjà

60 000 membres (lea.nathan.fr). Il s'agit, pour nous, d'un « GFA numérique » qui généralise notre modèle initial, permettant la mise à disposition de ressources scientifiques pour les enseignants, ainsi que la réalisation d'expérimentations collaboratives. C'est ainsi, *via* le numérique, que le transfert des sciences cognitives vers l'école peut se réaliser rapidement et à plus grande échelle.

### Et les parents ?

Alors que j'étais interrogé par un célèbre magazine féminin belge, une journaliste m'a dit : « Pour les parents, la vision de Piaget est plus rassurante que la vôtre ! Par rapport au "modèle de l'escalier" de Piaget, qui peut leur paraître relativement facile à accompagner, sinon à contrôler, votre conception d'une intelligence qui se développe par essais et erreurs, chez un enfant doté dès le berceau ou presque de connaissances physiques, mathématiques et logiques, est relativement perturbante pour eux. Que leur diriez-vous pour leur faire passer la pilule ? »

Ma réponse a été : « Je ne dis pas que le bébé est capable de tout et, par ailleurs, je ne suis pas d'accord avec vous sur le sentiment des parents. N'invertissons pas les choses ! Ce qui perturbe souvent les parents, c'est de ne pas comprendre pourquoi leur enfant ou leur adolescent se trompe, fait des erreurs à répétition, là où ils croyaient qu'il

avait bien compris, voire déjà réussi plus tôt – des jours ou des mois auparavant, parfois des années. Autrement dit, ce sont les décalages par rapport à un modèle linéaire du progrès, comme le “modèle de l’escalier” de Piaget, vision trop idéale, qui perturbent les parents.»

Alors souvent, comme les professeurs, ils répètent les explications logiques, parfois en s’énervant, et, dans bien des cas, cela ne marche toujours pas ! Avec le modèle du développement cognitif que je propose, dit « non linéaire », ces difficultés deviennent tout à fait normales.

Mais cela nécessite d’affiner la pédagogie et de choisir la bonne façon d’apprendre au cas par cas. Souvent, le conflit cognitif est intimement lié à la façon dont on pose le problème à l’enfant, que ce soit à l’école ou à la maison. Une difficulté sous-jacente de contrôle cognitif, d’inhibition, peut alors expliquer les erreurs. Or, on l’a vu, inhiber, apprendre à résister, est ce qu’il y a de plus difficile pour le cerveau humain.



VII

Résister pour le contrôle  
de soi, la tolérance et la paix :  
des clés pour l'éducation

Depuis la première édition de ce livre en 2014, l'actualité du terrorisme religieux en France et ailleurs dans le monde a donné à son titre une résonance particulière. Ainsi, un collègue déposa un jour de 2015 sur mon bureau de la Sorbonne la première page du journal *Le Parisien* qui titrait en très gros caractères : *Menace terroriste. Apprendre à résister !*

J'avais bien cela à l'esprit en écrivant en 2014 dans le chapitre que vous venez de lire : résister encore aujourd'hui ? Oui ! Parce que dans le cerveau, comme dans le monde, *tout* (erreurs cognitives, préjugés, stéréotypes, barbarismes, guerres, massacres, intolérances, autodestruction) peut revenir à n'importe quel moment !

## 1. L'INCONSTANCE DE L'HUMAIN

J' avais aussi cela à l'esprit en publiant en 2016 mon *Histoire de la psychologie* où un chapitre s'intitulait «L'inconstance de l'humain». J'y consacrais plusieurs pages à Montaigne, prince des psychologues à la Renaissance. Son souci, le seul véritable, était une éducation au *contrôle de l'esprit*, dès l'enfance, pour lutter contre le conflit d'opinions religieuses qui dévastait le XVI<sup>e</sup> siècle en France et en Europe : les guerres de Religion entre catholiques et protestants. Ce conflit a jadis été initié et amplifié *via* une fabuleuse innovation technologique : l'imprimerie. La nouvelle guerre de Religion que nous connaissons aujourd'hui est conduite *via* Internet et mondialisée : le radicalisme islamiste contre l'Occident. Les époques se ressemblent ; la fragilité des cerveaux et des esprits demeure.

Ce sont les plus faibles et les plus manipulables d'entre eux – ceux qui résistent cognitivement le moins –, à un moment donné de leur vie, souvent à l'adolescence et au début de l'âge adulte. Ces cerveaux, fragilisés par un décrochage scolaire ou une déception

affective, un traumatisme familial et (ou) tout simplement une quête de sens, deviennent alors durs, rigides, radicalisés ! Même s'ils étaient, pour certains d'entre eux, auparavant *a priori* « bien éduqués ».

Pourtant, notre fameux Siècle des lumières (qui « éclairaient » le monde) affirmait qu'au-delà du XVIII<sup>e</sup> siècle, la pensée allait s'émanciper des dogmes de la foi, que forts de leur raison enfin maîtrisée, les hommes ne dégèneraient plus jamais et que les vues saines de tous les bons esprits se succèderaient, s'ajouteraient toujours les unes aux autres. Ainsi disait Fontenelle dans *Digression sur les Anciens et les Modernes* (1688). Un siècle plus tard, Condorcet ajoutait, dans *Esquisse d'un tableau historique des progrès de l'esprit humain* (1794), la prophétie d'une amélioration continue des principes de conduite et de la morale pratique. Nous avons déjà critiqué cette conception naïve d'un progrès humain continu et linéaire, stade après stade, sans retour en arrière. Elle n'est ni vraie chez l'enfant en développement (contrairement à ce que pensait Piaget), ni vraie dans l'histoire. Au XX<sup>e</sup> siècle, les deux guerres mondiales et les barbaries totalitaristes (nazisme et stalinisme) l'ont confirmé.

Mais peut-être faudrait-il encore plus de Lumières ou des Lumières renforcées, renouvelées, comme le suggère Changeux dans *La beauté dans le cerveau* (2016) : « Avec les acquis d'un savoir scientifique universel, l'homme devrait s'engager à utiliser les facultés créatrices qu'il

possède dans son cerveau pour donner du sens à ce qui en demande le plus : l'homme lui-même. Il lui revient, de toute urgence, d'inventer un 'modèle éthique' qui tranche avec les violences, les intolérances et les crimes de notre passé culturel, et assure plus efficacement la survie et le 'bien-vivre' de l'humanité» (p. 44).

Cette exigence concerne notre « présent culturel », l'état très incertain du monde d'aujourd'hui, entre le radicalisme religieux de Daesh – improbable Califat islamique du XXI<sup>e</sup> siècle – et le populisme outrancier d'un nouveau Président (éphémère ?) des États-Unis, excessif et impulsif. Tout le contraire de l'inhibition prônée dans ce livre !

C'est sans doute pourquoi, beaucoup de journalistes m'ont alors demandé si la résistance cognitive du cerveau n'était pas au cœur du problème. Depuis 2015, j'y ai consacré des émissions de radio, dont une sur France Inter à propos de la pensée extrême avec le sociologue Gerald Bronner cité plus haut (chapitre VI), de nombreux entretiens et articles pour la presse écrite dont une chronique intitulée « Le monde est fou » dans le magazine *Sciences psy* – j'en reprends ici des éléments.

Les politiques m'ont également sollicité, comme beaucoup de psychologues et experts, à ce sujet, en particulier le Président de la République française (2012-17), ainsi que le garde des Sceaux qui a constitué en 2016 un Conseil scientifique dédié à la lutte contre la radicalisation, en particulier la « déradicalisation » en

prison. D'ici la parution de cette nouvelle édition, une élection présidentielle aura eu lieu, mais la question de fond, préoccupante, restera.

J'ajoute à cela qu'en 2015, l'Académie française a décerné, pour ce livre, le Grand Prix Moron, destiné à « l'auteur français d'un ouvrage ou d'une œuvre favorisant une nouvelle éthique »... Mais quelle éthique ?

Alors voilà : il n'était pas possible – en accord avec l'éditrice – de ne pas enrichir cette nouvelle édition d'un chapitre sur la résistance cognitive face au terrorisme religieux contemporain que j'ai toutefois préféré intituler « Résister pour le contrôle de soi, la tolérance et la paix », dans l'esprit positif des chapitres précédents (résister pour retrouver des objets, dénombrer, catégoriser ou raisonner). D'autant que cette collection s'intitule « Manifestes » !

Il ne s'agit pas, dans ce dernier chapitre, de recherche scientifique fondamentale, comme dans le reste du livre, mais d'une réflexion personnelle à caractère psychologique et pédagogique, ainsi que le fit jadis Montaigne sur les troubles de son temps. La nouveauté aujourd'hui, comme le remarquait Changeux, est assurément une meilleure connaissance du cerveau humain et de ses rouages, assortie d'un espoir accru de conscience réflexive – que ce soit pour l'environnement (écologie planétaire) ou le « vivre ensemble » de l'humanité, entre nous, entre sept milliards de cerveaux du monde.

En évitant de commettre l'erreur des premières Lumières, il s'agit ici de tracer une perspective lucide, mais pas aussi tragique que la mort de l'Occident annoncée par le philosophe Michel Onfray dans la *Décadence: De Jésus à Ben Laden* (2017). Notre civilisation n'est pas morte. Il y a une force de résistance cognitive et sociale, bien vive, au centre du cerveau de chacun, en Occident comme en Orient.

Ce n'est toutefois qu'un potentiel.

## 2. UN GRAND BOND EN ARRIÈRE

À la lecture du livre de Geneviève Chauvel, *Les cavaliers d'Allah* (2016), on est frappé par l'analogie entre la violence du sabre qui régnait au début du VIII<sup>e</sup> siècle (de l'Arabie à la France en passant par le Maghreb et l'Espagne) et celle que connaît aujourd'hui le monde. Au Bataclan, à Paris le 13 novembre 2015, les kalachnikovs ont remplacé les sabres, mais un même constat, glaçant, réunit les deux époques : le monde est fou !

Ce n'est pas le propre de l'islam, bien entendu, mais du cerveau des hommes, dérégulé parfois au nom de religions ou d'autres idéologies. Le souvenir, déjà évoqué, des guerres de Religion en France à la Renaissance nous rappelle que Paris et toute la France furent alors l'objet d'effroyables massacres dont celui de la Saint-Barthélemy le 24 août 1572.

En réaction, le message de Montaigne, premier des psychologues laïques, était déjà celui de la tolérance, sagesse « à la mesure de l'homme », pour lutter contre

le fanatisme religieux. Le monde était fou, mais c'était la Renaissance...

Il y eut ensuite le Siècle des lumières et, après la Révolution française, l'adoption de la Déclaration des droits de l'homme et du citoyen (1789) – redéfinie de façon universelle par l'Organisation des Nations Unies (ONU) en 1948, juste après la Seconde Guerre mondiale. Une sorte « d'algorithme moral » qui devait s'imposer à tous les cerveaux du monde (« doués de raison et de conscience », Article premier du Préambule de 1948), créant *désormais* le respect entre humains dans des sociétés de plus en plus raisonnables, éclairées par les progrès de la science, vers le bonheur et la paix.

Mais le cerveau ne fonctionne pas ainsi ! Son développement n'est pas linéaire et sa déraison est grande. S'il possède des algorithmes exacts, logiques ou moraux, qui fondent sa « raison », ceux-ci sont le plus souvent court-circuités, inconsciemment, par des heuristiques ou automatismes de pensée et d'action (émotions, croyances, etc.) que le cortex préfrontal doit, au cas par cas, parvenir à inhiber, à retenir. Nous l'avons vu, de la construction de l'objet chez le bébé (chapitre II) au raisonnement chez l'adulte (chapitre V).

### 3. COURT-CIRCUIT MORAL ET RÉSISTANCE COGNITIVE

Le cerveau comporte trois systèmes cognitifs interdépendants, parfois interférents : les heuristiques, les algorithmes exacts et le contrôle inhibiteur. Ce dernier système, sous-tendu par le cortex préfrontal, en lien (*via* ses neurones à axones longs) avec l'ensemble du cerveau, est celui qui mûrit le plus lentement au cours de l'enfance et reste toujours fragile chez l'adolescent et l'adulte. D'où un développement biscornu de la raison où souvent les heuristiques approximatives dominent, un peu partout dans le cerveau, et court-circuitent les algorithmes exacts par défaut de contrôle, d'inhibition. Montaigne avait vu juste !

Dans le cas des attentats de Daech, les heuristiques dominantes sont ce que la spécialiste de droit international, Mireille Delmas-Marty, appelle des « fureurs sacrées » ! La priorité politique et scientifique devrait être aujourd'hui de comprendre pourquoi des cerveaux éduqués ne les inhibent pas et comment les

y aider ? C'est vraiment là une question délicate de psychologie et de neurosciences.

Comme le disait Cabanis (1757-1808), membre fondateur de l'Académie des sciences morales et politiques en France, la psychologie est aussi nécessaire au moraliste qu'au médecin car le cerveau est un « homme intérieur » qui habite « l'homme extérieur » dans ses comportements et ses affections.

Si le monde est (ou paraît) fou, c'est parce que dans le cerveau des hommes, même éduqués, les règles logiques et morales qu'ils ont apprises en famille ou à l'école (algorithmes) peuvent toujours, très rapidement parfois, être court-circuitées par des automatismes de pensée, c'est-à-dire cognitifs (heuristiques), dont les fureurs sacrées ne sont qu'un cas particulier. C'est *La pensée extrême* (2009, réédition 2016) dont le sociologue Bronner parlait, bien avant les attentats.

Comme je le mentionnais au début de ce chapitre, après les attentats de janvier et novembre 2015 en France, les journaux titraient en gros caractères : résister, comment apprendre à résister ? Que ce soit le livre de Bronner ou celui-ci publié, pour sa première édition, en août 2014, l'anticipation sociologique et psychologique était bien là. Il faut prendre au sérieux les sciences humaines !

Une étape supplémentaire fut franchie la nuit du 14 juillet 2016 à Nice avec un mode opératoire nouveau sur le territoire : un « camion fou » fonçant en zigzag

dans la foule, de façon délibérée et de manière à faire le plus de victimes possibles : adultes, personnes âgées et enfants ! À la télévision, le 15 juillet, désarroi et sidération se lisaient sur tous les visages. Comment est-ce possible ? Le monde est fou !

On ne connaissait pas encore le profil exact de l'auteur du massacre mais rien ne laissait présumer, cette fois, un acte lié à la radicalisation et à l'islamisme fondamentaliste. Plutôt une personne déprimée avec des problèmes familiaux, déjà connue pour ses actes de violence de droit commun, et qui a « pété les plombs » lisait-on dans la presse. Oui, mais à grande échelle !

48 heures après, Daech a revendiqué l'attentat. Radicalisation ultra-rapide de l'individu ou récupération opportuniste ? Il est toujours difficile de savoir, mais ce qui est certain est que Daech, *via* Internet, insuffle l'esprit terroriste – comme une « culture de la violence » –, qu'il s'agisse du passage à l'acte lui-même, par imitation plus ou moins directe, ou des interprétations que l'on en fait.

Dans la folie générale du monde actuel et des massacres de masse, très médiatisés, tout est possible, y compris le pire cauchemar un soir de fête nationale, en France comme ailleurs. Il faut presque dire désormais : ailleurs comme en France.

## 4. INDÉPASSABLE FRAGILITÉ ?

Tout cela est en partie lié au fonctionnement du cerveau humain lui-même – ainsi que le pressentait déjà Cabanis. Sur le plan cognitif, le cerveau est à la fois fort et fragile, très dépendant du contexte, influençable. Son développement logique est dynamique et non linéaire. Ce que j'ai appelé plus haut biscornu.

Souvenez-vous du test de raisonnement déductif à propos des éléphants chez l'enfant (chapitre v). Les trois systèmes cognitifs du cerveau humain y entraient en scène. L'un (le système 1) rapide, automatique et intuitif, était fondé sur la *crédibilité* de la conclusion : « les éléphants sont lourds ». L'autre (le système 2) plus lent, logique et réfléchi, était fondé sur la *validité* du syllogisme : la déduction elle-même qui, dans ce cas, ne permettait pas cette conclusion. Le troisième système, sous-tendu par le cortex préfrontal, devait arbitrer entre les deux premiers. C'est ce système 3 qui assurait l'inhibition de l'automatisme de pensée (la crédibilité) pour appliquer la logique (la validité).

Chez l'enfant, les deux premiers systèmes se développent en parallèle car les bébés ont déjà des capacités logiques, mais le troisième système et sa capacité inhibitrice arrivent plus tard et restent toujours fragiles. Ce cerveau dit « exécutif » dépend de la maturation du cortex préfrontal.

Historiquement le système 2, logique, a d'abord été mis en valeur dans notre civilisation occidentale. C'est le *logos* d'Aristote dans l'Antiquité (les syllogismes). C'est ensuite la méthode de Descartes (1596-1650) et ses « règles pour la direction de l'esprit » à la Renaissance. C'est enfin, au <sup>xx</sup>e siècle, l'intelligence logico-mathématique chez l'enfant étudiée par Piaget (1896-1980). Selon ce dernier, l'adolescent et l'adulte deviennent définitivement logiques. On retrouve ici, dans l'ontogenèse, l'idée de progrès linéaire héritée du Siècle des lumières (Fontenelle, Condorcet).

Le problème est que, depuis les années 1980, Daniel Kahneman a découvert – démontré expérimentalement – que les adultes font encore de nombreuses erreurs systématiques de raisonnement logique liées à des biais cognitifs ou émotionnels (chapitre v). Ce qui met en cause le « stade logique » de Piaget.

Souvenez-vous ici du test de raisonnement déductif de Kahneman à propos des roses chez des adultes éduqués (étudiants d'université : Harvard, MIT, Princeton). Une grande majorité d'entre eux se trompaient, piégés, comme l'enfant, par la crédibilité

de la conclusion (« certaines roses fanent vite ») au détriment de la validité du syllogisme.

C'est cette fragilité cognitive, intrinsèque, du raisonnement humain – existant bien chez chacun d'entre nous ! – qui peut être exploitée par les procédés de radicalisation auprès de certains individus, adolescents ou jeunes adultes : par exemple, en les exposant à des images émotionnelles fortes sur Internet (des atrocités commises en Syrie ou des images de violence extraites d'autres contextes), suivies de pseudo-déductions. Et cela d'autant plus facilement que ces jeunes se trouvent déjà eux-mêmes, en France ou ailleurs, en situation de fragilité ou de rupture sociale et émotionnelle. Un peu comme cela a été observé pour les sectes.

En même temps, la psychologie expérimentale découvre, comme on l'a vu aux chapitres II et III, que les bébés humains, contrairement à ce que disait Piaget, sont déjà très logiques et rationnels. Les chercheurs parlent même de capacité de « pur raisonnement » dès 12 mois ! Il y a donc, comme souvent en science (ici humaine), un réel paradoxe à comprendre.

En fait, le développement cognitif *de tous les enfants* – même « sans problèmes » – est biscornu, accidenté, c'est-à-dire, en termes plus scientifiques, dynamique et non linéaire, avec des avancées et des reculs, des forces et des fragilités. À tous les âges, du bébé à l'adulte, l'intuition et la logique (systèmes 1 et 2) peuvent entrer en compétition partout dans le cerveau et il faut un

solide système 3 d'arbitrage pour inhiber les erreurs de raisonnement et de jugement qu'induit le système 1. Ce système 3, réel héros de l'histoire, ne dépend pas seulement de la maturation anatomique (lente) du cortex préfrontal, mais il peut aussi faire l'objet d'apprentissages ciblés à l'école, dès la maternelle. C'est ce que j'appelle une pédagogie de la résistance cognitive.

Sur ce point, la section suivante est une parenthèse éducative et sociale dans l'école de tous les jours, hors du contexte de l'actualité terroriste qui n'est ici qu'un cas de figure extrême.

## 5. UNE ÉDUCATION SOCIALE À L'ÉCOLE

Avec mon laboratoire (mes collègues Ania Aïte et Grégoire Borst) et celui d'Alain Berthoz au Collège de France, nous venons de démontrer et de publier dans la revue américaine *Child Development* que le développement social de l'enfant est aussi caractérisé par un mécanisme d'inhibition (comme pour les aspects plus cognitifs déjà évoqués), mécanisme qui joue un rôle-clé pour apprendre à considérer le point de vue d'autrui. Dans cette étude, des enfants d'âge scolaire (10 ans) et des adultes devaient imaginer la perspective corporelle et spatiale d'un autre, différente de la leur : personnage de face ou de dos. Avec le même paradigme expérimental d'amorçage négatif que celui utilisé pour le nombre (chapitre III, p. 48), nous avons mesuré grâce à la chronométrie mentale, en millisecondes, l'effort spécifique d'inhibition lors de cette tâche d'adaptation sociale.

Les résultats indiquent que, tant les adultes que les enfants, doivent bien inhiber leur propre point de vue,

égocentré – ce qui est coûteux cognitivement (*effortful* en anglais) – à chaque fois qu'ils veulent activer le point de vue de l'autre. C'est un « biais asocial » que Piaget appelait la « centration » (ou égocentrisme), mais qui, contrairement à ce qu'il pensait, ne disparaît pas (décentration) avec « l'âge de raison » à 7 ans. Dans le cerveau humain, l'heuristique égocentrée persiste et domine ! Il faut *toujours* y résister.

Déjà Montaigne, dans ses *Essais*, se disait effaré par l'égocentrisme et le sociocentrisme des adultes, dont l'ancrage est d'abord physiologique et corporel. « Nos yeux ne voient rien en arrière » écrivait-il ! Et cet égocentrisme corporel devient rapidement cognitif et moral. Apprendre à inhiber dès l'enfance cet égocentrisme du cerveau, par des jeux de rôle et de coordination des points de vue spatiaux et sociaux (se mettre à la place d'un autre), ou encore par du théâtre, c'est éduquer à la tolérance, à la pluralité des opinions. On éveille ainsi la sympathie et l'empathie. Il s'agit de se construire une « théorie de l'esprit » (pensées, émotions, croyances) du cerveau de l'autre et, surtout, de l'exercer en permanence.

Aujourd'hui, les neurosciences cognitives et sociales nous révèlent donc les biais du cerveau humain, mais aussi confirment et précisent les mécanismes sur lesquels il faut agir, tel le contrôle inhibiteur du cortex préfrontal, pour éduquer les enfants au raisonnement critique au-delà des illusions (aspect cognitif) et à la

tolérance (aspect social) dans un monde qui est souvent égocentré, voire fou. Autrement dit, on peut rendre le cerveau plus solide, résistant à ses biais, puisqu'on en connaît mieux les mécanismes. C'est de la *psychologie du développement*.

J'ai tenté de l'expliquer dans ce livre adressé aux parents et aux professeurs des écoles, pour qu'ils en tiennent compte avec les enfants, à partir de nombreux exemples (construction de l'objet, du nombre, de la catégorisation et du raisonnement), tout comme l'a récemment fait, de façon plus pratique et intuitive, Céline Alvarez dans *Les lois naturelles de l'enfant* (2016).

Cette jeune professeure des écoles, très créative, y décrit son expérience de classe maternelle Montessori à Gennevilliers, en Zone d'éducation prioritaire (ZEP) et « plan violence », où, entre autres principes de sciences cognitives, elle a mis en avant l'importance d'exercer le contrôle inhibiteur des enfants.

Par exemple, un petit jeu consiste à apprendre systématiquement aux enfants à patienter lorsque la maîtresse dirige son attention et sa bienveillance vers un autre enfant : « Mais arrête, tu vois bien que William essaye de parler à Céline », dit l'assistante qui l'aide. « Attends ! ». Sans s'offusquer, les enfants apprennent à inhiber, à résister, car ils savent que la règle sociale est la même pour tous. Le jeu est alors de poser sa main sur l'épaule de la maîtresse (comme plus tard, ils lèveront le doigt en classe) pour l'informer de la demande

d'interaction, sans parler ! Soit, l'enfant attend sans rien faire, soit il s'occupe à autre chose, en parallèle.

L'intérêt de cet exemple, très simple, est que la maîtresse ne voyait pas seulement cette situation comme une contrainte d'organisation, une difficulté personnelle (un stress) à gérer simultanément les nombreux enfants en libre circulation dans la classe, mais, au contraire, comme l'opportunité d'un exercice pédagogique positif du cortex préfrontal – ainsi le percevait-elle ! – de chacun d'entre eux : apprendre à résister, patienter, garder leur idée en tête pendant le temps de l'attente (ce que l'on appelle le maintien en mémoire de travail), sans se laisser distraire par la conversation qui se déroulait devant eux (inhibition des distracteurs). Les enfants les plus tenaces, les « meilleurs inhibiteurs » – tant pour les distracteurs externes que pour leur égoïsme interne –, devenaient capables et fiers d'attendre leur tour pendant dix longues minutes. Parfois, ils trouvaient même d'autres solutions à leur problème, ce qui exerçait leur capacité de flexibilité cognitive.

Cet exemple de la vie quotidienne en classe rappelle le principe d'une fameuse étude scientifique de gratification différée, dite du « Marshmallow » ou test de la guimauve, qui s'est révélé être plus prédictif que le test du QI pour la réussite scolaire et sociale ultérieure. En 1972 le psychologue social Walter Mischel de l'université Stanford a ainsi mesuré le délai

durant lequel 500 enfants de 4 ans, qui étaient filmés individuellement, résistaient à la tentation de manger une guimauve tout de suite, alors qu'ils recevaient la promesse d'en recevoir deux comme récompense plus tard..., s'ils patientaient un peu ! Vous pouvez trouver facilement les vidéos de ce test sur YouTube et vous verrez combien « l'inhibition en acte » est difficile pour certains enfants (elle l'est autant, à tous les âges, « en pensée », mais c'est moins visible !). Le suivi longitudinal de cette cohorte d'enfants jusqu'à l'adolescence et l'âge adulte a révélé très clairement que ceux qui avaient un meilleur contrôle inhibiteur à l'école maternelle dans le test du « Marshmallow » étaient ceux qui, par la suite, parvenaient à développer et entretenir les meilleures relations sociales à l'école et dans la vie. Ils faisaient preuve d'autorégulation cognitive et affective en diverses circonstances, d'où de meilleurs résultats scolaires et professionnels, ainsi que de moindres comportements déviants à l'adolescence (agressivité, problèmes d'alcool ou de drogue).

En outre, une analyse plus fine des paramètres en jeu, menée dans une étude complémentaire, a démontré que la dimension essentielle de ce test était la confiance que les enfants pouvaient accorder à l'adulte qui leur promettait une gratification différée (sinon mieux valait manger directement le Marshmallow), d'où l'importance, en général, d'un environnement éducatif fiable, bienveillant, avec la possibilité *régulière*

d'un calcul *exact* de différence entre les récompenses espérées et celles obtenues. À noter qu'au-delà de l'exemple du Marshmallow, confiserie bien aimée des enfants, la notion de « récompense » est ici à entendre au sens général de gratification qui peut également être cognitive ou sociale tel un sourire ou un encouragement verbal (*reward* ou *feedback* en anglais).

Les professeurs des écoles avec lesquels nous travaillons depuis plusieurs années dans nos groupes de formation-action (GFA) ont aussi compris, tout comme Céline Alvarez dans sa classe, que des petits jeux classiques tels que « 1, 2, 3 soleil », « Jacques a dit » ou « Ni oui, ni non » sont de très bons moyens d'exercer le contrôle inhibiteur des enfants (en l'occurrence, inhiber momentanément sa course après le mot « soleil », inhiber ses actions quand l'ordre ne commence pas par « Jacques a dit », ou encore inhiber ses réponses oui et non). Ce sont des jeux utiles et sérieux pour le cerveau, en particulier pour le cortex préfrontal ! Il y a également « l'inhibition totale » tel le « jeu de la statue » (ne plus bouger du tout), ou le calme et le silence qui s'apparentent aux nouvelles approches dites méditatives de « pleine conscience » pour les enfants (voir *Calme et attentif comme une grenouille* d'Eline Snel, préfacé par Christophe André, 2012).

Beaucoup d'autres jeux de société pour la famille reposent en fait sur ce principe d'inhibition. Dès que a) le jeu, à l'école ou à la maison, met en place une règle

pendant un certain temps (un geste particulier à faire, un critère de catégorisation à utiliser telle la forme ou la couleur d'objets à ranger, etc.) et qu'ensuite b) on change ou même on inverse la règle, alors la capacité de contrôle inhibiteur de l'enfant est directement sollicitée : inhiber une réponse préétablie pour en activer une nouvelle. Cela entraîne sa flexibilité cognitive et comportementale.

Un test neuropsychologique pour adulte existe sur le même principe ; c'est le Wisconsin Card Sorting Test (WCST) ou test de tri de cartes (selon la forme, la couleur ou le nombre), appliqué auprès de patients atteints de lésions du cortex préfrontal. Il y a aussi le test de Stroop (ne pas lire le mot ROUGE écrit en vert mais identifier sa couleur d'impression, le vert) ou encore le Trail Making Test (TMT : alterner, d'essais en essais, une suite numérique, 1, 2, 3, etc., et une suite alphabétique, A, B, C, etc.). Autant de tests cognitifs de contrôle de soi dont des versions simplifiées ont été créées pour les enfants, dès l'école maternelle.

De façon scientifique, Adele Diamond (citée dans le chapitre II à propos de l'erreur A-non-B), a évalué les effets de divers jeux de fonctions exécutives visant à exercer l'inhibition motrice et cognitive dans un programme d'apprentissage par les interactions sociales entre enfants, telles que les préconisaient déjà les psychologues russes de l'époque de Piaget, Lev Vygotsky et Alexandre Luria. Ces jeux d'inhibition ont été introduits dans toutes les activités de la journée,

y compris les activités linguistiques ou de calcul. Le programme expérimental s'appelait « *Tools of the Mind* » (les outils de l'esprit ou de l'intelligence).

Par exemple, lors d'un exercice de maths, une petite fille vérifiait que son camarade avait compté correctement. Dans cette activité de calcul pratique à deux, les enfants étaient tour à tour « compteur » et « vérificateur », ce qui entraînait l'inhibition (pendant que l'autre comptait les objets) et l'introspection (pendant que l'autre vérifiait). Il y avait aussi le jeu du pictogramme de l'oreille dessinée sur un carton qui signifiait que l'enfant qui le tenait en main devait écouter, pendant que l'autre racontait une histoire autour d'un livre d'images partagé. On entraînait ainsi l'inhibition de l'envie de parler (l'heuristique égocentrée). Après quelques mois de pratique de cet exercice, l'aide visuelle constituée par le carton de l'oreille devenait de moins en moins nécessaire. La régulation devenait alors interne ou *autorégulation*.

Les enfants qui, en plus de l'apprentissage académique classique, ont participé de façon régulière à des jeux éducatifs de ce type ont ensuite mieux réussi les tests sur les acquis scolaires que les enfants d'un groupe contrôle (sans jeux d'inhibition). Ces résultats ont été publiés par Diamond dans la très sérieuse revue *Science*.

Mais pourquoi ces simples jeux d'inhibition ont-ils un effet si positif ? La question est la même pour la valeur si prédictive du test du Marshmallow.

D'abord, ces jeux ne sont pas si simples que cela (même pas du tout) pour les enfants – en revanche, ils adorent qu'on les y exerce ! Ensuite, vous avez compris en lisant ce livre, à travers de multiples exemples, de façon transversale et incrémentale, que l'inhibition des biais moteurs et cognitifs est intimement liée à la construction, bloc par bloc, de l'intelligence humaine, depuis la permanence de l'objet chez les bébés (l'inhibition de l'erreur A-non-B) jusqu'au raisonnement élaboré chez les adolescents et les adultes (l'inhibition des biais déductifs et inductifs). Autant de domaines où l'on peut, à tous les âges, apprendre à résister, à inhiber, en concevant des jeux ou situations « d'Attrape-piège » (attraper ou inhiber l'heuristique, le biais). C'est toujours un défi pour le cerveau !

Voilà pourquoi l'inhibition est si importante et, contrairement à ce qu'on en a longtemps dit, *si positive* pour le développement. C'est le mécanisme d'adaptation par excellence.

Nous avons dès lors expliqué ce principe scientifique directement aux enfants dans un article illustré paru en 2015 de la revue *Frontiers for Young Minds* (en accès libre en ligne) dont le titre traduit de l'anglais est « Bloquer notre cerveau : Quand nous devons inhiber des erreurs répétitives ! ». L'article lui-même a été expertisé, pour sa compréhension, par Julien, un enfant de 12 ans. Il nous a demandé beaucoup de précisions. Plusieurs dessins réalisés par le graphiste de la revue montrent

comment lors d'une course entre H (l'Heuristique) et A (l'Algorithme exact) dans le cerveau, « Capitaine I » (Inhibition), doit intervenir pour arrêter H et laisser passer A le premier sur la ligne d'arrivée. Ce principe, une fois bien expliqué aux enfants, est alors décliné pour des tâches cognitives dans lesquelles ils font des erreurs systématiques.

Tous les exemples de jeux donnés plus haut sont très concrets, liés à la réalité quotidienne de l'école et de l'éducation. D'un point de vue neuroscientifique, on peut dire qu'ils exercent *l'inhibition de l'action*, à un niveau comportemental (inhiber le geste, la parole, etc.), mais ils incitent aussi à *l'inhibition de la cognition* (résister aux heuristiques cognitives et scolaires) car ces deux types de contrôle mobilisent conjointement le cortex préfrontal des enfants et ensuite des adultes.

Dans les années 1970, Henri Laborit, médecin, chirurgien et neurobiologiste, qui s'était déjà intéressé à *L'inhibition de l'action* (1979), mais de façon négative (pathologique et conditionnée), avait toutefois proposé une idée essentielle, d'avant-garde, appelée aujourd'hui « neuroéducation » : connaître le fonctionnement du cerveau humain afin de mieux comprendre ce qui se passe en nous et *entre nous* ! Gandhi, Maître de l'action pacifique, disait : se changer *soi* pour changer *le monde*. Soit, c'est d'abord son cerveau.

Voilà ce qui nous resitue au cœur du sujet de ce chapitre : l'éducation à l'acquisition des connaissances

et à l'intelligence certes (objets, nombres, catégories, raisonnements), mais aussi à la tolérance et à la paix par le respect d'autrui dans les interactions sociales: apprendre à inhiber dès l'enfance l'heuristique égocentrée du cerveau, par des jeux de rôle, l'autorégulation cognitive et affective, ainsi que la coordination des points de vue. Cela doit introduire de la souplesse, de la douceur, de l'émotion, de l'amour et de la compassion, dans les rapports aux autres – l'inverse d'un cerveau dur, rigide et radicalisé!

Il s'agit aussi par là-même de mieux comprendre et expliquer le fonctionnement du cerveau humain en contexte social et culturel.

## 6. UN CERVEAU EN CLAIR-OBSCUR

Début 2017, après le drame *fou* d'Istanbul et les fêtes, *belles*, de fin d'année un peu partout dans le monde, me sont venues à l'esprit les paroles d'une chanson populaire : *Le monde est fou, le monde est beau*. Le massacre du Nouvel An dans une boîte de nuit bondée et cosmopolite de la métropole turque, dernier attentat d'une longue liste dans ce pays en 2016 et ailleurs dans le monde depuis 2015 (Bagdad, Paris, Nice, Berlin, etc.), nous a rappelé, en toute dernière minute, que le monde était bel et bien fou – celui du terrorisme global contemporain.

Ce qui m'a frappé, plus que jamais, au regard des images du passage à la nouvelle année, partout dans le monde, c'est le contraste folie/beauté, tel un incroyable clair-obscur dont l'auteur, diabolique ou angélique, est le même : c'est le cerveau humain. Le monde fou, c'est Alep dévastée, c'est Bagdad meurtrie, c'est le tueur d'Istanbul, ... mais ce monde était, juste à côté, simultanément beau : la superbe ville turque –

l'historique Constantinople –, était, au moment même de l'attentat, en fête, les cerveaux y étaient animés d'espoirs, de rêves et d'amour au bord d'un merveilleux Bosphore bleu nuit, ... comme, deux mille kilomètres plus au Nord-Ouest, on fêtait dans un bonheur lucide, mais renaissant, le Nouvel An en France, à Paris ou à Nice.

La peur était bien présente, plus ou moins activée, dans tous les cerveaux du monde, mais ce vers quoi tendaient la plupart d'entre nous était le beau. Comme, jadis, dans la Grèce Antique, les esclaves libérés de Platon cherchaient du Beau, du Vrai et du Bien en dehors des ombres de la caverne.

## 7. L'HYPOTHÈSE DU BEAU

Le siège de la peur, chez l'Homme et les autres animaux, est aujourd'hui bien connu en neurosciences. Il est situé dans une région émotionnelle du centre du cerveau appelée «l'amygdale», dans le système limbique, région que le monde fou d'aujourd'hui suractive. Mais je crois, fondamentalement, que le processus simultané de recherche inconditionnelle et irrépessible d'un monde beau est aussi inscrit dans nos neurones, au cœur du cortex préfrontal, comme le décrit Changeux dans *Du vrai, du beau, du bien : une nouvelle approche neuronale* (2008 ; voir aussi *La beauté dans le cerveau*, 2016, déjà cité). Du point de vue des valeurs, un monde beau est un monde bien où le raisonnement logique, le vrai, l'inhibition des biais cognitifs et sociaux, tiennent toute leur place.

Le cœur de ma réflexion est ici de montrer que si le raisonnement dérégulé, manipulé, fondé sur des pseudo-déductions à partir d'images violentes sur Internet (telles la propagande de Daech), peut conduire au monde fou

qui est le nôtre, c'est aussi ce même raisonnement, bien réglé, qui, avec sa part d'hypothèses, de vérification logique et de créativité, permet simultanément à notre cortex préfrontal, en lien avec le système limbique – siège également d'émotions positives –, d'imaginer le monde beau et de le rechercher.

C'est ce qu'on pouvait percevoir dans les images de fêtes du Nouvel An, certes gourmandes, musicales, mais aussi « fêtes cognitives ». Les regards brillants, la candeur, les paroles d'espoirs, les « bons vœux » (pour le bien du monde et des autres) étaient de l'émotion pure certes, mais aussi du contrôle inhibiteur et du raisonnement !

Revenons à la chanson. Ses paroles disent « *Le monde est fou, le monde est beau. Un enfant parle doucement au soleil pâle de Janvier ; mon cœur cigale va chantant à l'envers du calendrier* ». À l'envers du calendrier ! Comme si l'on pouvait remonter le temps, refaire les choses autrement, rejouer le monde... « *Être [encore] avant le jour d'après* » dit une autre chanson populaire à propos de la destruction programmée de notre planète par nous-mêmes, ... « *J'ai rêvé qu'il n'était pas trop tard, espéré que l'on pouvait changer* ».

Cela rappelle la belle formule de Piaget à propos de l'émergence du raisonnement chez l'adolescent : avant le stade du raisonnement, formel ou « hypothético-déductif » disait-il, le possible est un cas particulier du réel ; après, c'est le réel qui devient un cas particulier du possible !

C'est ce qu'on voyait à la télévision dans les regards d'espoir, malgré tout, de ces gens, surtout les jeunes, et dans les vœux qu'ils formulaient. Le monde beau redevenait un cas particulier du possible. Dans un monde fou, tous les cerveaux faisaient alors, par flexibilité cognitive (inhibition/activation), pour quelques instants, l'hypothèse du beau ! Certes, l'exercice convenu des vœux de bonne année y invitait, mais c'est aussi une propriété du cerveau humain que de manier ce clair-obscur, de vivre pour le meilleur, de toujours (sauf en cas de dépression) générer et projeter de l'espoir. C'est du raisonnement, du « si-alors » (hypothèse-déduction), un effort du cortex préfrontal qui, de la seule force de ses neurones à axones longs, refait du monde beau un cas particulier du possible. *Mon cœur cigale va chantant à l'envers du calendrier. Être avant le jour d'après.*

Dans *Le raisonnement*, je soulignais qu'à première vue ce processus cognitif de haut niveau peut paraître une chose ennuyeuse – surtout un jour de fête ! Il évoque pour chacun la logique et ses règles (syllogismes, « si-alors », etc.), la rigueur de la pensée formelle et réfléchie. C'est vrai. Mais pour comprendre intimement les mécanismes du raisonnement, il faut le voir comme le frère de la poésie. Arthur Rimbaud, dans sa *Lettre à Paul Demeny* (1871), exigeait du poète qu'il cherche toujours du nouveau et qu'il arrive à l'inconnu. De même, lorsque le cerveau raisonne et apprend, ou formule des

vœux dits « contrefactuels » de fin d'année (qui vont contre les faits regrettables du monde existant), il émet et teste des hypothèses (si...), infère et déduit (alors...).

Ce mécanisme de raisonnement hypothético-déductif, nous l'avons observé en imagerie cérébrale dans mon laboratoire (chapitre v). Lorsque le cerveau humain raisonne en découvrant une solution logique nouvelle à un problème donné, en imaginant « un autre monde » en quelque sorte, c'est un réseau nouveau et précis du cortex préfrontal qui se met en marche. Ce réseau est alors « en fête cognitive », il chante à l'envers le calendrier pour reprendre les termes de la chanson !

## 8. GPS CÉRÉBRAL ET PÉDAGOGIE

Faire des hypothèses, imaginer et présenter des vœux qui changeraient le monde, trouver des solutions nouvelles pour résoudre des conflits cognitifs internes ou géopolitiques externes, sans recours à la violence (en l'inhibant), tout cela est du ressort du cortex préfrontal, organe du contrôle de soi, de la synthèse émotion-cognition et de la prise de décision.

Mais ce même cortex préfrontal peut aussi être détourné par des « fureurs sacrées » (Daech), le goût du pouvoir, l'appât du gain, des excès technologiques, etc., et raisonner de travers, individuellement ou collectivement, conduisant aux multiples écueils que nous connaissons aujourd'hui : terrorisme global, dérèglement climatique, désastre humanitaire des migrations, crises financières et sociales. Face à tout cela, nos cortex préfrontaux semblent bien avoir besoin d'un nouveau guide de navigation, de cartes et boussoles, comme les propose Delmas-Marty dans *Aux*

*quatre vents du monde* (2016), ou d'Ormesson dans son *Guide des égarés* (2016).

Il faut aussi, dans le même esprit, aux cerveaux d'aujourd'hui, confrontés à tant d'informations et de scénarios, fous *versus* beaux-vrais-bien, *via* Internet, *une pédagogie du regret*. Plus exactement, il faut (ré) apprendre au cerveau humain, celui de chacun et des décideurs, à anticiper le regret pour inhiber au bon moment. *Etre avant le jour d'après*. Je m'explique.

Il existe dans notre cerveau des circuits bien identifiés dont la fonction spécifique est le guidage émotionnel du raisonnement. Plus précisément, il existe dans le cortex dit « paralimbique », c'est-à-dire autour du système limbique (tel celui de la peur évoquée plus haut), une région à l'avant (préfrontal), en bas (ventro) et au milieu (médi) du cerveau, appelée le cortex préfrontal ventromédian. Cette région, découverte par le neurologue Antonio Damasio, nous permet d'attribuer des poids différents, positifs et négatifs, aux diverses solutions qui s'offrent à nous, de sorte que le paysage cérébral dans lequel s'opèrent nos décisions comporte un relief émotionnel.

Damasio a démontré scientifiquement comment ce dernier dépend de nos « marqueurs somatiques », c'est-à-dire des connexions établies entre certaines catégories d'objets ou d'événements et des états du corps plaisants ou déplaisants (liés au circuit de la récompense dans le cerveau). Ces marqueurs sont issus de multiples

expériences individuelles, durant l'enfance, régulées par le système biologique d'homéostasie. Damasio a publié de remarquables illustrations de cette « homéostasie intégrée » : maintien subtil de l'équilibre biologique à tous les niveaux, de la température du corps et de la concentration des substances chimiques... à la cognition de haut niveau tels le raisonnement et la logique. On y comprend dans les détails du corps humain, avec de multiples schémas anatomiques à l'appui, comment, depuis les neurones individuels jusqu'aux réseaux corticaux, s'opère l'ancrage profond de la cognition dans les sentiments, les émotions et la biologie.

C'est donc ainsi, par le corps et la biologie, que se façonne le *paysage* cérébral où s'opèrent nos décisions ultimes. Bien avant les neurosciences contemporaines, il est frappant de se rappeler Honoré de Balzac et ses « champs de la pensée », « champs cérébraux, vignes littéraires et bois intelligentiels ». C'était déjà l'idée du paysage cérébral de Damasio anticipée dans la littérature du XIX<sup>e</sup> siècle.

Alors voilà : c'est précisément dans ce paysage cérébral, le nôtre, que, *via* le cortex préfrontal ventromédian droit, dans l'intimité de notre cerveau, peut s'éveiller le regret et, surtout, l'anticipation du regret. Il s'agit d'une émotion cognitive, dite « contrefactuelle ».

Le regret va, par définition, contre un fait négatif que l'on aurait voulu ou dû éviter (aspect inhibiteur). À

*l'envers du calendrier. Être avant le jour d'après. C'est donc un ressenti émotionnel, mais qui relève d'une analyse très cognitive de la situation. Dans mon laboratoire, nous mesurons le regret des individus avec des échelles psychométriques d'autoévaluation, dites « de Likert » (selon des degrés de jugement de 1 à 5 par exemple). Il existe aussi des échelles pour mesurer la confiance (en sa réponse), c'est-à-dire le doute, et des échelles de curiosité : l'envie de connaître une autre façon de faire ou de répondre que la sienne. Nous les utilisons en particulier pour des tâches d'inhibition et de conflits cognitifs (nombre, raisonnement, prise de décision), mais toutes ces échelles pourraient très bien être utilisées, individuellement ou collectivement (pour un groupe de jeunes), dans le suivi longitudinal d'un processus de « déradicalisation » en prison ou de façon préventive : regretter un acte, douter de son analyse, être curieux d'un point de vue différent du sien ou du groupe et de la communauté d'appartenance.*

Mieux que le regret, l'anticipation du regret peut réorienter le raisonnement et la prise de décision. Dans *Les 100 mots de la psychologie* (à l'entrée Émotion), j'ai fait l'hypothèse d'un rôle exécutif du regret et, plus précisément, de *son anticipation* que nous risquons d'éprouver lors d'une situation de raisonnement, de choix cognitifs ou sociaux. C'est un élément psychologique à ajouter au schéma initial de Damasio. En effet, en observant des patients atteints de lésions

du cortex orbitofrontal, des neuropsychologues, dont Angela Sirigu, ont démontré que pour prendre des décisions, notre cerveau ne fait pas seulement appel aux expériences passées plaisantes ou déplaisantes *via* les marqueurs somatiques mémorisés (théorie de Damasio). Il doit aussi être capable d'imaginer des scénarios virtuels, hypothétiques (contrefactuels) et d'anticiper des regrets par rapport à eux : éviter (inhiber) les mauvais choix. Le regret est le sentiment distinctif de ce type de processus. Dans cette étude, les patients ne l'éprouvaient plus.

De façon voisine et complémentaire, de nouveaux travaux de Damasio et de ses collaborateurs ont permis d'établir une cartographie cérébrale du « sens moral » – ou des prises de décisions morales – dont l'émergence est liée aux émotions sociales : par exemple, à l'aversion de faire souffrir autrui. On peut donc potentiellement apprendre « à inhiber pour soi » ou « pour les autres ».

Associée au sens de la responsabilité morale, voire de la culpabilité, qui caractérisent les émotions des individus sains, l'anticipation du regret est essentielle à l'adaptation cognitive et sociale. Cet avantage adaptatif du regret a dû se façonner depuis fort longtemps dans le cerveau de nos ancêtres pour leur survie et leur cohésion sociale. Mais cet ancien et beau sentiment humain peut aussi disparaître à tout moment, comme il l'a fait dans le cerveau du terroriste qui, la nuit du Nouvel An 2016-17, abattait froidement, méthodiquement, trente-neuf

personnes en fête, ses propres congénères, dans une discothèque d'Istanbul.

Certes le monde est fou/beau, obscur/clair depuis toujours, mais *tous les cerveaux* du monde ont la potentialité sélective à raisonner pour le beau, à anticiper le regret pour le bien. C'est une richesse neuronale partagée. Cela il faut le dire, le répéter, l'inscrire au fronton du monde ! C'est une question d'éducation, non seulement dans l'enfance, mais de « formation continue » si je puis dire.

Souvent la culture (la famille, l'école, l'État, etc.), voire la religion, y incitent, mais pas toujours. Dans le cas de la manipulation pseudo-religieuse et pseudo-géopolitique de Daech, le regret humain disparaît du cerveau, ou se désactive plus exactement, en raison d'un but présenté comme plus élevé et avantageux pour l'individu (mais un leurre), tel celui de devenir martyr d'une cause « transcendante ».

## 9. SENS MORAL, RÉSILIENCE ET RÉSISTANCE

Les recherches en sciences cognitives ont pourtant révélé que, dès les premiers mois de la vie, les bébés ont un sens social et moral, avant même l'apparition du langage (comme ils ont déjà – nous l'avons vu – un sens du nombre, des statistiques et de la logique). Ainsi, deux psychologues, Paul Bloom et Karen Wynn, ont démontré que dès six mois, les bébés préfèrent visuellement les personnages « gentils » aux « méchants » sur de petites vidéos (de type dessins animés très simplifiés) mettant en scène des interactions sociales altruistes ou non. Les bébés choisissent donc naturellement, spontanément, les scènes dites « prosociales ». C'est le fondement de la morale et de l'éthique qui se développeront dans les années suivantes. Encore récemment, le journal *Le Monde* consacrait une demi-page à une étude de psychologie expérimentale de ce type, démontrant que, dès 6 mois, les bébés préfèrent les personnages qui s'interposent

dans les conflits et défendent les victimes. C'est donc de notoriété publique. Rousseau avait raison : l'homme naît bon, c'est la société qui le corrompt !

Ce sens moral humain, qu'il devienne laïque ou religieux peu importe, il faut parvenir à le préserver minutieusement, à le cajoler, à le tricoter d'une maille serrée dans les interactions quotidiennes entre le cerveau de l'enfant, de l'adolescent, puis de l'adulte, et son environnement social, la culture, l'éducation (*Être humain, pleinement*, Axel Kahn, 2016), pour que le monde reste fondé sur le beau, le vrai et le bien. C'était déjà ce que préconisait Platon, sans trop d'espoir. Mais l'espoir, scientifiquement fondé, presque démontré aujourd'hui, est dans les bébés et les cerveaux.

Sauf à croire aux utopies, l'environnement restera toujours plus ou moins hostile, conflictuel, et le cerveau en clair-obscur. Il faut dès lors continuer à parier tout à la fois sur la *résilience* émotionnelle de Boris Cyrulnik et sur la *résistance cognitive* telle que décrite dans ce livre. Celle-ci correspond au système d'inhibition du cortex préfrontal (votre «Système 3») qui, guidé par l'anticipation émotionnelle du regret, permet, au cas par cas, de résister aux automatismes de pensée et d'action lorsqu'ils sont ou deviennent irrationnels, voire fous (le Système 1, rapide, impulsif) pour activer les algorithmes rationnels (ou Système 2) du beau, du vrai et du bien. C'est une nouvelle alliance de Platon et des neurosciences !

Mais répéter simplement ces algorithmes du beau, du vrai et du bien (Système 2), tels des tables de multiplications, à l'école ou ailleurs ne suffit pas. Sans une éducation très sérieuse au regret et à la résistance ou inhibition cognitive du cortex préfrontal (le Système 3), seuls garants d'un sens moral appliqué, les cerveaux les plus fragiles resteront toujours manipulables (*via* le Système 1). Comme l'espère Changeux dans *L'Homme neuronal : trente ans après* (2016), les neurosciences peuvent nous faire anticiper, progresser dans beaucoup de domaines et, en particulier, lutter contre la barbarie.

Cette barbarie n'est pas nouvelle. Ce qui l'est totalement, en revanche, ce sont les progrès fulgurants de la *connaissance réflexive* du cerveau humain, de ses forces et de ses fragilités, en contexte cognitif et social. Aux XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles, la médecine a appris à mieux guérir en connaissant mieux les organes du corps et leur physiologie, aujourd'hui leur génétique. De la même façon, la psychologie et les neurosciences vont parvenir demain, avec les parents – au rôle *toujours* fondamental – et les professeurs des écoles, à mieux éduquer en connaissant mieux le cerveau, organe de l'apprentissage. Il y a là un levier, une clé de régulation cognitive et de progrès social, une espérance nouvelle que ne possédaient pas les générations précédentes.

Depuis les attentats de *Charlie Hebdo* en janvier 2015, on entend qu'il faut une éducation à la tolérance, à la laïcité, pour un monde en paix : c'est très bien en soi,

mais cela ne suffira pas puisque l'on sait déjà que ces algorithmes moraux ont été court-circuités. La seule façon de lutter, c'est d'imaginer une éducation qui permette de résister à la manipulation. En prenant conscience du fonctionnement du cerveau humain, de la genèse même de son intelligence, de sa façon de penser et de ses biais cognitifs à corriger, nous pouvons mieux anticiper l'endoctrinement et les peurs de notre société.

Ce livre, initialement destiné à mieux comprendre les mécanismes fondamentaux du développement de l'intelligence chez l'enfant – de Piaget à la théorie de l'inhibition cognitive (chapitres I à VI) – offre ainsi, en raison de l'actualité terroriste, des éléments de réflexion pour un nouveau modèle éthique, une « morale cognitive ».

Il conduit aussi à une proposition : développer à l'école un grand programme de prévention appelé « Touche pas à mon cerveau » !

En donnant autant d'exemples concrets que dans ces pages ou d'autres livres de psychologie et de neurosciences sur les illusions perceptives et cognitives du cerveau, c'est une façon, par la prise de conscience, d'apprendre à y résister. Il faut faire comprendre aux enfants et aux adolescents que leur cerveau est riche mais vulnérable. C'est de l'éducation publique.

Avec la Fondation La Main à la Pâte (LAMAP) de l'Académie des sciences, mon laboratoire a déjà participé

à l'élaboration, pour l'école primaire ou la maison, d'un module pédagogique dédié à l'inhibition des automatismes de réponse et de pensée face aux écrans dans *Les écrans, le cerveau et l'enfant* (2013), paru chez le même éditeur. Il s'agit d'apprendre à maîtriser ses automatismes cognitifs en expliquant scientifiquement, mais simplement, ce qui se passe dans le cerveau (et qu'il faut inhiber) et ce qui se passe dans et derrière les écrans (comment ça marche, quels sont les pièges). Ces explications sont assorties de jeux et de petites expériences de psychologie et sciences cognitives pour les enfants. Vous pouvez consulter cet outil éducatif sur le site de LAMAP : <http://www.fondation-lamap.org/> Un autre projet de cette fondation porte sur l'esprit scientifique et l'esprit critique expliqués aux enfants.

Ce ne sont que des exemples, encore modestes. Il faut en développer beaucoup d'autres.

\*

Après avoir écrit ces lignes, que je croyais être les dernières, j'ai entendu au journal télévisé du soir le témoignage d'une mère de famille désespérée, à propos de sa fille, une adolescente de 16 ans radicalisée par Daesh en France et arrêtée juste avant de commettre un acte terroriste à Paris. Cette mère disait que sa fille avait en très, très peu de temps « perdu le contrôle d'elle-même ; elle était devenue une marionnette ! ».

Son contrôle inhibiteur interne – c'est-à-dire le recul de son cerveau, celui de toute son intelligence – était annihilé.

Fénelon l'avait pressenti, lui qui notait, bien avant les neurosciences actuelles, dans *De l'éducation des filles* (1687), que le cerveau des enfants (il faudrait ajouter des adultes) est comme une bougie allumée dans un lieu exposé au vent : sa lumière vacille toujours !

La tâche principale de la psychologie expérimentale et des neurosciences contemporaines, d'un point de vue éducatif et éthique, est d'aider à rendre le cerveau humain plus robuste. L'inhibition cognitive est un facteur de robustesse, aujourd'hui bien identifié dans le cerveau et dans la dynamique des comportements. Mais y a-t-il des programmes scolaires d'inhibition préfrontale au sens positif du terme, de résistance cognitive, pensés ainsi par l'Éducation nationale ?

L'exercer chez l'enfant, c'est de l'humanisme pur, comme l'était déjà la psychologie de Montaigne.



## BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIVE

Bronner Gérald, *La Démocratie des crédules*, PUF, Paris, 2013.

Changeux Jean-Pierre, *Du vrai, du beau, du bien*, Odile Jacob, Paris, 2008 ; *La beauté du cerveau*, Odile Jacob, Paris, 2016.

Damasio Antonio, *L'autre moi-même*, Odile Jacob, Paris, 2010.

Dehaene Stanislas, *La Bosse des maths : quinze ans après*, nouvelle  d. revue et augmentée, Odile Jacob, Paris, 2010 (1<sup>re</sup>  dition : 1996) ; *Les Neurones de la lecture*, Odile Jacob, Paris, 2007 ; *Le Code de la conscience*, Odile Jacob, 2014.

Delmas-Marty Mireille, *Aux quatre vents du monde*, Seuil, Paris, 2016.

Gopnik Alison, Meltzoff Andrew et Kuhl Patricia, *Comment pensent les bébés ?*, Le Pommier, Paris, 2005.

Houd e Olivier, *Le Raisonnement*, PUF, Paris, 2014, coll. « Que sais-je ? » ; *Histoire de la psychologie*, PUF, Paris, 2016.

Kahneman Daniel, *Systeme 1, Systeme 2 : les deux vitesses de la pensée*, Flammarion, Paris, 2012.

Ormesson Jean (d'), *Le guide des égarés*, Gallimard, Paris, 2016.

Piaget Jean et Inhelder Bärbel, *La Psychologie de l'enfant*, PUF, Paris, 1966, coll. «Que sais-je?» (réédité dans la coll. «Quadrige», 2012 [3<sup>e</sup> éd.]).

Reeves Hubert, *Là où croît le péril... croît aussi ce qui sauve*, Éd. du Seuil, Paris, 2013.

Serres Michel, *Le Temps des crises*, Le Pommier, Paris, 2009; *Petite Poucette*, Le Pommier, Paris, 2012; «L'homme de l'hyper-renaissance», in *Le Nouvel Observateur*, 24 déc. 2013.

# TABLE DES MATIÈRES

<b>Avant-propos</b>	<b>5</b>
<b>I. La résistance cognitive</b>	<b>7</b>
1. Nouveaux réseaux	8
2. L'idée générale de résistance	13
3. Des bébés aux adultes	17
4. Des caméras pour observer le cerveau et ses réseaux	21
5. Des objets, des nombres, des catégories et des idées	24
<b>II. Résister pour retrouver des objets</b>	<b>27</b>
1. La naissance de l'intelligence	28
2. Premier acte de résistance	34
<b>III. Résister pour dénombrer</b>	<b>39</b>
1. Protomathématiques	40
2. Deuxième acte de résistance	43
<b>IV. Résister pour catégoriser</b>	<b>53</b>
1. Protologie et taxinomies	54
2. Sur tous les fronts de la logique	56

<b>V. Résister pour raisonner</b>	63
1. Systèmes 1, 2 et 3	64
2. Ultimes actes de résistance	70
<b>VI. Redéfinir le progrès cognitif</b>	75
1. Un paysage de montagnes plutôt qu'un escalier	76
2. Décisions absurdes, démocratie des crédules, question de survie	81
3. Pourquoi faut-il (encore) aujourd'hui apprendre à résister ?	85
<b>VII. Résister pour le contrôle de soi, la tolérance et la paix : des clés pour l'éducation</b>	91
1. L'inconstance de l'humain	93
2. Un grand bond en arrière	98
3. Court-circuit moral et résistance cognitive	100
4. Indépassable fragilité ?	103
5. Une éducation sociale à l'école	107
6. Un cerveau en clair-obscur	118
7. L'hypothèse du beau	120
8. GPS cérébral et pédagogie	124
9. Sens moral, résilience et résistance	130
<b>Bibliographie sélective</b>	137