

Qu'est-ce que la pensée ?

Gérard VERGNAUD

Directeur de recherche et professeur émérite
CNRS/Université Paris VIII

Résumé : L'idée principale de cette contribution est que, pour comprendre la pensée, il faut l'analyser comme une activité qui se déroule et se développe dans le temps. Cette étude de la pensée dans sa dimension temporelle est celle que conduit le psychologue et le philosophe, lorsqu'ils s'intéressent aux compétences, conceptions et attitudes qui se forment au cours de l'expérience. Ces conceptions et attitudes se construisent progressivement, dans l'interaction des médiations d'apprentissages proposées par un tiers et des constructions cognitives du sujet. Le médiateur a comme première responsabilité de choisir les situations à offrir à l'apprenant ; puis de clarifier le but de l'activité, de contribuer à l'organisation de cette activité, y compris de la prise d'information et du contrôle, de faciliter les inférences en situation ; enfin, de faire émerger, au moins partiellement, les notions et vérités pertinentes. La mise en mots et en symboles des connaissances et des règles de conduite forme une partie non négligeable de l'activité du médiateur, mais elle n'en constitue qu'une partie. En outre, la communication entre le médiateur et l'apprenant est frappée des mêmes ambiguïtés que toute autre communication : il y a un écart entre, d'une part, les propos tenus par le médiateur et le sens qu'il leur donne en fonction de son propre système d'invariants, d'autre part les propos entendus par l'apprenant, qui leur attribue un sens qui dépend, lui, du système d'invariants de l'apprenant. En résumé, l'appropriation d'une culture par un individu dépend, certes, nécessairement de sa propre activité, y compris de son travail de construction ou de reconstruction des concepts constitutifs de cette culture. Mais elle dépend aussi fortement de l'aide qu'il reçoit de son environnement et donc de la qualité des médiations dont il bénéficie.

Mots-clés : Connaissances (acquisition des) - Médiations (dans l'apprentissage) - Pensée (construction de la) - Philosophie (de la connaissance et de l'éducation) - Psychologie - Psychologie des apprentissages psychiques - Temporalité (des apprentissages psychiques).

What is thought?

Summary : The main idea of this contribution is that in order to understand thought we must analyze it as an activity that takes place and develops in time. This study of thought in its temporal dimension is the study conducted by psychologists and philosophers when they examine skills, conceptions, and attitudes that are formed in the course of experience. These conceptions and attitudes are built progressively, within the interaction between learning mediations proposed by a third party and the cognitive constructs of the subject. The primary responsibility of the mediator is to choose the situations to offer to the learner, then to clarify the purpose of the activity, to help organize it, including the reception of the information and control, to facilitate inferences within the given situation. Lastly, his responsibility is to point out, at least partially, the relevant truths and notions. Moreover, communication between the mediator and the learner is characterized by the same ambiguities as any other type of communication. There is a gap between the statements made by the mediator, which have the meaning the mediator gives them based on his own system of invariants, and the statements as heard by the learner, who gives them a meaning which depends on his particular system of invariants. To summarize, the mastery of a culture by an individual depends, to be sure, on his own activity, including his construction or reconstruction of those concepts that make up that culture. But this mastery is also highly dependent on the help he receives from his environment, and therefore on the quality of the mediations he benefits from.

Keywords : Knowledge (acquisition of) - Mediations (in learning) - Philosophy (of knowledge and education) - Psychology - Psychology of psychic learning - Temporality (of psychic learning) - Thought (construction of).

L'IDÉE principale de cette contribution est que, pour comprendre la pensée, il faut l'analyser comme une activité qui se déroule et se développe dans le temps. Il existe beaucoup d'échelles temporelles pertinentes pour étudier cette activité : celle de la seconde, des centièmes et des millièmes de seconde pour l'activité perceptive et certains gestes, celle des secondes et des minutes pour les séquences de l'activité ordinaire, notamment pour de nombreux gestes accomplis dans la vie quotidienne et dans le travail et pour le raisonnement en situation, celle des heures et des semaines pour les activités organisées en vue d'un objectif plus ambitieux, comme l'élaboration d'un projet, celle, enfin, des années et de la décennie pour le développement des compétences qui, au bout du compte, font la réussite professionnelle ou la réussite scolaire.

Il n'y a pas véritablement de discontinuité entre les différentes échelles de temps et les différentes activités évoquées ci-dessus ; une prise de conscience en un temps très court (comme l'*Euréka* d'Archimède dans sa baignoire ou la découverte par un jeune enfant que le point rouge marqué sur le front du « *bébé dans le miroir* » se trouve en fait sur son propre visage) a des effets sur le développement à long terme de la pensée. Il est cependant important que cette conscience soit entretenue par une activité qui la met à profit. À l'inverse, ce sont parfois des catégories de pensée formées au cours de longues années d'expérience qui permettent le bon geste, le bon jugement, la bonne décision, dans la seconde ou les quelques secondes où ils sont pertinents.

C'est un problème théorique essentiel pour le psychologue, mais aussi le philosophe de l'éducation et le philosophe de la connaissance, que de disposer de concepts intégrateurs qui permettent de couvrir raisonnablement bien toutes les activités de pensée et leurs échelles de temps. Le concept de schème est probablement le plus central de tous. C'est pourquoi il est abondamment évoqué et analysé dans cette contribution. Mais on sait aussi que, dans tous les domaines de la science, ce n'est jamais un concept seul, mais un système de concepts qui permettent de comprendre un ensemble de phénomènes. L'étude de la pensée ne fait pas exception ; c'est pourquoi nous présentons et développons plus loin d'autres concepts, étroitement associés au concept de schème et qui forment avec lui un cadre théorique articulé et unifié.

UNE DOUBLE PRÉOCCUPATION

La recherche scientifique a, en général, une double préoccupation : celle de questionner le réel du point de vue le plus abstrait et le plus spéculatif, et celle d'agir sur le réel le plus concrètement possible, en fournissant des instruments d'analyse et d'actions utilisables par les praticiens que sont les ingénieurs, les médecins, les enseignants et les autres acteurs, aujourd'hui de plus en plus nombreux à utiliser les résultats de la recherche. Cette double préoccupation n'est pas partagée par tous les chercheurs, mais au fil de l'histoire, on voit bien que ce sont les résultats les plus profonds et les plus généraux, et les résultats les plus utiles qui restent inscrits dans l'héritage scientifique. Les autres sont souvent oubliés, sauf peut-être par les historiens.

Le but de cette contribution est de faire converger les deux préoccupations, spéculative et fonctionnelle.

Qu'est-ce que la matière ? Qu'est-ce que la vie ? Qu'est-ce que la pensée ?

On ne peut imaginer questions plus générales, plus profondes et plus spéculatives. Et même, si l'on sait qu'il n'y a pas de vie sans matière, ni de pensée sans vie, on sait aussi aujourd'hui qu'un changement de registre théorique est indispensable pour étudier utilement les phénomènes qui relèvent de la matière, de la vie, de la pensée. Ceux qui ratent ce changement de registre ne peuvent pas espérer réussir. La matière est structure et activité, la vie est structure et activité, la pensée est structure et activité. Pourtant, l'analyse des structures et des activités de pensée n'est pas réductible à celles des structures et des activités du cerveau, organe principal de la pensée et matière traversée de phénomènes physico-chimiques qui ne sont pas directement lisibles (lorsqu'ils peuvent être lus) dans les termes des structures et activités de la pensée. Dans le meilleur des cas, on peut établir des corrélations entre deux registres de phénomènes : psychologiques d'une part, physico-chimiques, anatomiques et physiologiques d'autre part. Encore faut-il avoir identifié au préalable le registre des structures et activités de la pensée pour elles-mêmes, sans la contrainte de devoir leur associer à tout prix des phénomènes identifiables dans les structures et activités du cerveau.

Cette étude de la pensée pour elle-même est celle que conduit le psychologue et le philosophe, lorsqu'ils s'intéressent aux compétences conceptions et attitudes qui se forment au cours de l'expérience. On serait bien embarrassé de devoir à tout prix en rechercher les corrélats neurophysiologiques. Il y a mieux à faire, notamment dans les domaines de l'éducation et du travail. Les considérations concernant l'utilité sociale de la psychologie trouvent alors leurs droits. Le psychologue en effet n'est pas seul à « *faire de la psychologie* », pas plus d'ailleurs que le mathématicien, le physicien ou le biologiste ne sont les seuls à faire des mathématiques, de la physique ou de la biologie. De nombreuses pratiques sociales sont en effet des résultats de la recherche scientifique. Cet usage de la science n'est pas toujours explicite, comme nous le verrons plus loin ; c'est alors à travers l'analyse de l'activité des praticiens qu'on peut identifier les connaissances qu'ils utilisent.

Mais au fur et à mesure que leur formation s'améliore, les praticiens ressentent le besoin de cadres théoriques rigoureux, avec le souci de pouvoir s'en servir comme repères dans leur activité professionnelle. C'est l'un des objectifs de cette introduction et de cet ouvrage, que d'offrir un tel cadre, en visant en premier lieu les praticiens dont l'activité professionnelle implique une dose substantielle de psychologie : enseignants, formateurs, tuteurs, conseillers.

En résumé, la théorie qui est exposée dans cet article a deux ambitions qui ne sont nullement contradictoires : donner de la pensée une analyse aussi profonde et générale que possible, fournir aux praticiens un cadre raisonnable pour leur propre réflexion.

FONCTIONNEMENT ET DÉVELOPPEMENT COGNITIFS

La pensée peut et doit être étudiée empiriquement, comme la vie et la matière. Il est donc indispensable de réunir des protocoles d'observation sur l'activité et la structure de la pensée. Comme on n'a pas d'accès direct à ce fonctionnement, il faut recueillir des observables à partir desquels on puisse inférer les phénomènes de pensée. Ces observables sont principalement les conduites des sujets et les

résultats de leur activité. Dès qu'on insiste sur la nécessité de disposer d'observables, on prend le risque d'adopter une épistémologie positiviste, dont le behaviorisme est justement l'une des manifestations les plus néfastes dans toute l'histoire des sciences. En mettant entre parenthèses la représentation comme un épiphénomène qu'il était inutile d'étudier, le behaviorisme s'interdisait en effet d'étudier la pensée, puisque la représentation en est le constituant le plus essentiel.

Rares sont aujourd'hui les chercheurs qui se réclament du behaviorisme, mais les séquelles s'en font sournoisement sentir dans un grand nombre de recherches et de théories, y compris celles qui se réclament de la psychologie cognitive.

Le point de vue défendu ici est radicalement opposé au behaviorisme : la représentation est le domaine du psychisme dans lequel il faut penser en priorité l'organisation de la conduite, et c'est dans les phénomènes de représentation, consciente ou inconsciente, qu'on trouve les clefs les plus importantes pour comprendre les conduites et les activités de pensée. Certains lecteurs seront peut-être surpris, plus loin, que nous placions le concept de schème au cœur de la fonction de représentation, mais cette position théorique résulte du point de vue que nous avons adopté, qui consiste à regarder la représentation comme la clef du psychisme et le lieu le plus décisif de l'organisation des conduites. L'étude du fonctionnement cognitif d'un sujet en situation ne peut pas faire l'économie d'une théorie de la représentation.

Or, on ne peut pas non plus faire l'économie d'une théorie du développement. Piaget est certainement l'auteur qui a le plus insisté sur la thèse qu'on ne peut comprendre vraiment la connaissance, l'intelligence ou la pensée, sans en étudier le développement. Pourtant, certains psychologues continuent de proposer des théories et des modèles qui ne s'en préoccupent nullement ; ils ne cherchent ni à en rendre compte, ni à s'en servir pour mieux comprendre ce qu'est la pensée.

Le point de vue adopté ici consiste au contraire à nous intéresser à la fois aux phénomènes de développement et aux phénomènes de fonctionnement. Plusieurs raisons peuvent être avancées :

- l'expérience est la source de modifications importantes des structures et de l'activité de la pensée, pas seulement chez le bébé et l'enfant, mais aussi chez l'adulte. Or, l'expérience consiste à la fois dans la rencontre d'occasions de faire, de comprendre et de découvrir dans le court terme d'une situation nouvellement rencontrée et dans le lent mûrissement d'un répertoire de ressources cognitives, au fil des années et des décennies de pratique.
- dans l'éducation, le travail et la formation, la connaissance des conditions dans lesquelles peut s'effectuer le développement des compétences individuelles et collectives est l'un des plus sûrs moyens de défense et de valorisation de la psychologie. Celle-ci ne peut donc pas se désintéresser des processus concrets d'apprentissage et de formation des compétences, notamment de celles dont l'acquisition est délicate, à un moment ou un autre du développement. C'est alors, en effet, que les praticiens ont besoin de repères et de suggestions.

Faisons un pas de plus. Lorsqu'on pénètre dans le concret, on est conduit à s'intéresser de plus près à l'épistémologie des contenus de connaissance impliqués dans ces compétences. Par épistémologie, nous entendons ici, dans un sens modeste du

terme, la relation qu'entretient la connaissance avec les problèmes pratiques et théoriques auxquels elle apporte une réponse ou tente de l'apporter. L'épistémologie des sciences aborde cette question avec un certain bonheur, en prenant appui sur l'histoire des sciences et des techniques. Il est naturel de s'interroger sur les parentés ou, au contraire, les différences entre ce qu'observe l'archéologue du savoir qu'est l'historien des sciences et des techniques et ce qu'observent le psychologue ou le didacticien à l'école ou dans le travail. De fait, on constate à la fois d'importantes similitudes dans les erreurs et dans les obstacles durables rencontrés et en même temps, de profondes différences : les méandres de la pensée qu'on observe dans la communauté savante au Moyen Âge, à la Renaissance ou au XVIII^e siècle n'ont guère de raison de se reproduire tels quels aujourd'hui, compte tenu de l'évolution de la culture et de la rapidité avec laquelle les enfants et les jeunes sont instruits aujourd'hui : certaines conceptions ont été éradiquées. Mais certains biais de raisonnement ont une longévité surprenante. La raison la plus importante est, probablement, que le fonctionnement de la pensée des savants d'autrefois obéit aux mêmes processus que celui des adultes et des enfants d'aujourd'hui. On peut donc conduire certaines études sur le développement de la pensée scientifique et technique à travers des observations et des recherches qui portent sur l'éducation et le travail aujourd'hui, avec des préoccupations théoriques aussi ambitieuses que celles qui concernent l'histoire de la pensée humaine. En fait, les deux démarches s'appuient l'une sur l'autre.

On peut aller plus loin encore.

Pour comprendre la nature de la pensée et en saisir les constituants les plus essentiels, on doit considérer tous les registres de l'activité humaine, non seulement les registres scientifiques et techniques, poétiques et artistiques, mais aussi les différents registres de l'activité ordinaire : gestes, dialogues, interactions sociales et affectives.

DU GESTE AU RAISONNEMENT

Le geste est un prototype fondamental de l'activité humaine. C'est donc par lui qu'il est le plus naturel de commencer. Le geste contient beaucoup d'opérations de pensée, notamment en termes de représentation des objets matériels, de leurs propriétés, relations et transformations, également en termes de représentation des relations entre les propriétés des gestes et les propriétés des objets. C'est sur ces représentations que s'appuient l'organisation temporelle et spatiale du geste et les multiples décisions qui jalonnent le décours temporel de l'activité gestuelle. Certes, il y a une grande distance entre les gestes du bébé qui apprend à saisir les petits objets de son environnement pour agir dessus, s'en servir comme instruments ou en explorer les propriétés, et les gestes de l'artisan ébéniste, du soudeur de pipe-lines, ou du réparateur de câbles électriques sous tension, ou du tailleur de la vigne ; de même qu'il existe une grande distance entre le geste du bébé de huit mois qui se met debout dans son parc et celui d'un champion du saut à la perche, ou d'une danseuse étoile exécutant à la perfection un certain mouvement. Pourtant, dans tous ces cas, l'organisation du geste contient les mêmes composantes, relativement simples à énoncer :

- un but, qui se décline éventuellement en sous-buts, organisés de manière séquentielle et hiérarchique à la fois ;
- le séquençement, le réglage et l'ajustement des différentes parties du geste en fonction des conditions dans lesquelles se trouve le sujet à chaque instant. Ce réglage concerne à la fois l'enchaînement dans le temps et la coordination des mouvements des différentes parties du corps ;
- l'identification des objets matériels et de leurs propriétés : volume, poids, caractéristiques géométriques, distance, résistance à la force, température et autres propriétés physiques. Cette représentation des objets entretient nécessairement des relations avec les propriétés du geste, puisqu'un geste vise à être adapté, et que ses caractéristiques principales doivent donc correspondre raisonnablement bien aux caractéristiques des objets.
- le calcul quasi-continu des actions à effectuer, des informations à prélever, des contrôles à faire. En dépit de l'automatisation de certaines parties des gestes, il existe toujours de nombreuses incertitudes, qui appellent compléments d'information et inférences en situation. Même lorsque la situation est familière, c'est-à-dire qu'elle appartient à une classe bien caractérisée, des ajustements sont nécessaires. Si la classe de situations évoquée est moins étroitement définie, les inférences ont un rôle encore plus important et contribuent, par exemple, au choix d'une alternative parmi plusieurs, en fonction de ses avantages et inconvénients.

Ce sont ces composantes de l'activité, d'une grande simplicité au fond, qui conduisent à la définition du schème. Mais avant de présenter cette définition, il faut vérifier la valeur descriptive de ce qui vient d'être dit pour d'autres activités que le geste ou, plus précisément pour des activités dans lesquelles la réussite ou l'échec ne sont pas déterminés par la précision et l'habileté du geste, mais plutôt par d'autres caractéristiques.

Prenons l'exemple de la résolution d'un problème d'arithmétique élémentaire, dans lequel il faut enchaîner plusieurs opérations de multiplication et de division pour aboutir :

La production d'une ferme de la Beauce est de 2985 quintaux de blé. Combien peut-on faire de farine avec cette production ?

Parmi les informations disponibles, figure celle-ci : il faut 120 kg de blé pour faire 100 kg de farine.

Nous allons distinguer deux phases de l'activité : une phase de choix des données et de l'opération à effectuer, une phase d'effectuation de cette opération.

La première phase peut, par exemple, commencer par une période de recherche et d'hésitation, qui peut durer assez longtemps chez des élèves de collège ou des adultes dits « *de faible niveau* ». Puis une proposition peut être formulée ; il en existe une grande variété :

- considérer que 2985 quintaux de blé, cela fait 298500 kg de blé et diviser 298500 par 120, avec ce commentaire que, de cette manière, on saura « *par combien de fois il faut multiplier 100 kg de farine...* ».

- considérer qu'il faudrait faire le produit en croix, procédure enseignée partout, mais peu fréquemment utilisée dans les circonstances ordinaires de la vie.
 - envisager de diviser 120 par 100, sans savoir pour autant comment continuer ensuite.
 - proposer de diviser 100 par 120, et considérer que le résultat ainsi trouvé, c'est le coefficient qui permet de passer du blé à la farine.
 - essayer de s'approcher progressivement de 298 500 en faisant 1 000 fois 120, soit 120 000 ; puis à nouveau 1 000 fois, puis 100 fois, puis encore 100 fois, etc.
- Il existe une bonne vingtaine de propositions possibles, dont cinq ou six peuvent conduire à la solution, les autres à l'échec.

La deuxième phase consiste en l'effectuation de l'opération décidée dans la première phase : par exemple, pose de la division de 298 500 par 120 et conduite de la procédure apprise (élimination d'un zéro au diviseur et au dividende, choix d'un dividende partiel supérieur à 12, recherche du quotient *maximum*, effectuation de la multiplication puis de la soustraction, examen du reste et abaissement du chiffre suivant, et ainsi de suite...).

Elle peut aussi consister en l'utilisation d'une calculatrice.

L'organisation de l'activité pendant la deuxième phase est organisée par un algorithme, qui comporte un but identifiable, des règles relativement complexes enseignées à l'école, une certaine représentation des objets-signes sur le papier et de leur signification, des choix et des attentes. Par exemple, certains élèves sont pris au dépourvu lorsque le dividende d'étape, après abaissement du chiffre suivant, est inférieur au diviseur.

Il est un peu plus délicat de décrire l'organisation de l'activité pendant la première phase. Il existe un but, qui se décline en sous-buts différents selon la voie prise. Le choix de tel sous-but plutôt que de tel autre est un indice important pour le psychologue. Ce choix va en effet de pair avec celui des données et des opérations à effectuer en premier, puis en second etc. Il va aussi de pair avec la représentation des grandeurs en jeu et de leurs relations, c'est-à-dire avec leur conceptualisation. En effet, les relations entre grandeurs sont d'une difficulté conceptuelle inégale : « *Combien de fois plus... ?* » se réfère à une relation entre grandeurs de même nature ; de même la décomposition additive 1 000 fois 120 et encore 1 000 fois 120, etc. Par contre, la division de 120 par 100 ou de 100 par 120 mettent en jeu des grandeurs de nature différente. Ou bien on interprète ces divisions comme des quotients de dimensions, mais on sait aujourd'hui que les élèves ont du mal à concevoir cette opération de quotient ; ou bien on voit la division de 120 par 100 comme le moyen de trouver la quantité de blé correspondant à 1 kg de farine, auquel cas 100 ne désigne plus 100 kg de farine mais, la relation de comparaison « *100 fois moins* », qui est un nombre sans dimension, un scalaire.

Chacune des démarches susceptibles d'être engagées par les sujets dans la recherche d'une quatrième proportionnelle a vocation à devenir un schème. Certains ne conduisent pas à la réussite ; ils sont en général abandonnés, souvent avant même d'avoir été stabilisés. D'autres sont renforcés à ce point qu'ils chassent les autres. Le plus fréquemment chaque sujet dispose de plusieurs raisonnements alternatifs entre lesquels il peut choisir en fonction des valeurs des variables de situation et

notamment des valeurs numériques. Les recherches montrent cependant que certains individus disposent de toute une panoplie, alors que d'autres n'ont qu'une corde à leur arc.

Prenons un autre registre d'activité, celui de la parole, du discours, du dialogue ; et considérons par exemple l'organisation de l'activité d'un homme politique en campagne électorale (mais ce pourrait aussi bien être celle d'un scientifique faisant une tournée de conférences). Les composantes énoncées plus haut sont à nouveau présentes :

- le but : convaincre son auditoire d'un certain nombre de jugements de fait ou de valeur ; passer pour cela par certains sous-buts concernant tel ou tel point, telle ou telle analyse, telle ou telle argumentation. Éventuellement prévoir dans son discours des éléments différents, susceptibles de toucher des sous-ensembles différents de l'auditoire.
- le réglage et l'ajustement des arguments, de la rhétorique, du ton avec lequel les choses sont dites. Cette adaptation repose à la fois sur une évaluation des attentes et réactions possibles de l'auditoire, de ses capacités de compréhension, et sur l'interprétation immédiate des réactions des participants, de l'expression de leurs visages notamment.
- l'évaluation des attentes et l'interprétation des réactions du public reposent sur des conceptualisations relatives à l'interaction avec autrui et au contenu du discours. Ces conceptualisations, que le conférencier est pour l'essentiel incapable d'expliciter, lui permettent pourtant de produire, d'enchaîner et d'affiner ses arguments d'une manière différente si le public lui est favorable ou non et en fonction de considérations qui concernent à la fois la situation présente et des situations dans lesquelles pourront se trouver ultérieurement ses interlocuteurs du moment (s'il s'agit de militants du même parti par exemple).
- les inférences sont évidemment indispensables au conférencier pour ajuster le fil de son discours, le ton et les modalités avec lesquelles il « *fait passer* » et argumente ses thèses. Même le conférencier qui a l'impression de dire toujours la même chose, ne répète pas vraiment la même chose, sauf s'il lit un texte écrit à l'avance, et encore ! Ce qu'il reproduit, c'est l'organisation de son discours, à différents niveaux de détail, mais pas le discours lui-même. Même le sportif et la danseuse à l'entraînement ne répètent pas exactement le même geste, ni l'élève qui applique un certain raisonnement sur la proportionnalité.

Cette double caractéristique de l'activité, d'être à la fois répétition et variation est essentielle. On ne peut pas comprendre la pensée présente dans l'activité humaine si on n'en voit pas le double caractère systématique et opportuniste. On ne répète pas sans système et sans règles, on ne s'adapte pas à la contingence, à la variété et à la nouveauté sans catégories de pensée pour prendre et traiter l'information pertinente.

CE QU'EST LE SCHEMA

De là découle la définition du schème :

Définition 1 : le schème est une organisation invariante de l'activité pour une classe de situations donnée.

Définition 2 : il est formé nécessairement de quatre composantes :

- un but, des sous-buts et anticipations,
- des règles d'action, de prise d'information et de contrôle,
- des invariants opératoires : concepts-en-acte et théorèmes-en-acte,
- des possibilités d'inférence en situation.

Commentaire

La première définition comporte trois idées essentielles, qu'il n'est pas superflu de souligner.

- Le schème s'adresse à une classe de situations, on peut donc en droit lui associer des quantificateurs universels, qui permettent d'en définir la portée et les limites. Le schème est donc un universel, comme le concept.
- C'est l'organisation qui est invariante, non pas la conduite observable ; les schèmes ne sont pas des stéréotypes. Si certains schèmes engendrent des conduites relativement stéréotypées, ce n'est pas le cas de la plupart des schèmes : ils engendrent des conduites différentes, en fonction des variables de situation.
- Le schème n'organise pas que la conduite observable, mais également l'activité de pensée sous-jacente.

La deuxième définition est analytique. Il est commode de commenter d'abord les règles d'action de prise d'information et de contrôle, puisque ces règles constituent la partie générative du schème, celle qui est le plus immédiatement responsable du décours temporel de la conduite et de l'activité.

La conduite n'est pas formée que d'actions, mais aussi des prises d'information nécessaires à la poursuite de l'activité et des contrôles qui permettent au sujet de s'assurer qu'il a bien fait ce qu'il pensait faire et qu'il est toujours sur la voie choisie.

Or ces règles sont totalement conditionnées par la représentation du but à atteindre et par les conceptualisations qui permettent d'identifier les objets en présence, leurs propriétés et relations, les transformations que la conduite du sujet est censée leur faire subir.

En d'autres termes, la partie intentionnelle du schème qu'est le but s'avère essentielle dans l'organisation de l'activité. Le but se décline en sous-buts, séquentiellement et hiérarchiquement agencés ; lesquels donnent lieu à de nombreuses anticipations. Même lorsque le but n'est que partiellement conscient et que les effets attendus de l'action ne sont pas tous prévisibles par le sujet, ce caractère intentionnel de la conduite et de l'activité ne peut pas être ignoré. Il est en effet la source d'aspects différentiels importants de la conduite dans l'éducation et le travail en particulier. La force de l'intention est variable ; plusieurs intentions distinctes peuvent coexister dans la même activité : satisfaire ou séduire autrui, en même temps qu'atteindre un but purement matériel.

Plus décisifs encore du point de vue cognitif, sont les invariants opératoires, puisque les concepts-en-acte permettent de prélever dans l'environnement les informations pertinentes, et de sélectionner les théorèmes-en-acte nécessaires au calcul à la fois des buts et sous-buts susceptibles d'être formés, et des règles d'action, de prise d'information et de contrôle permettant de les atteindre.

Pour bien comprendre ce dernier point, il faut faire siennes deux idées essentielles : la distinction entre pertinence et vérité, et la thèse qu'un calcul ne peut pas être modélisé par des non-propositions.

La distinction entre pertinence et vérité

Les concepts-en-acte permettent d'identifier des objets, des propriétés et relations. Par « *objets* » il faut entendre à la fois des objets matériellement perceptibles et des « *objets construits* » par la culture, la science, la technique ou par le sujet individuel lui-même. Par « *propriétés et relations* », il faut entendre à la fois des prédicats observables et des prédicats imaginables à partir des observables, mais qui sont eux-mêmes des constructions culturelles ou individuelles.

Classiquement, les prédicats peuvent être :

- à une place $P(x)$ la place x est susceptible
d'être occupée par des objets qui ont la propriété P .
- à plusieurs places $R(x,y)$, $R(x,y,z)$, $R(x,y,z,t)$ les places x , y , z , t sont
susceptibles d'être occupées par des objets qui sont
ensemble dans la relation R .

Tant que les places ne sont pas occupées, on n'a pas affaire à des propositions, mais seulement à des fonctions propositionnelles, selon la terminologie de Russell. Ainsi la propriété « bleu », la relation « est un multiple de », les expressions algébriques « $x+y = z$ » ou « $4+x = 9$ » ne sont pas des propositions, mais des fonctions propositionnelles à une place, à deux places, à trois places. Elles ne sont ni vraies, ni fausses, tant qu'on n'a pas rempli les places des objets possibles concernés.

De même les objets susceptibles d'occuper ces places ne sont ni vrais, ni faux, mais seulement pertinents ou non pour prélever l'information dans une situation.

Dans un épisode sportif ou dans une situation de travail, le sujet peut prêter attention à certains objets, à certaines positions et relations, à certains indices, et manquer cependant d'autres objets et relations qui seraient pertinents.

Seules les propositions sont susceptibles de vérité et de fausseté. À partir des propriétés et relations évoquées ci-dessus, on peut dire :

« Le ciel est bleu » est une proposition : sans doute peut-elle être vraie aujourd'hui et fausse demain, mais elle est susceptible de vérité ou de fausseté ; tandis que ni « bleu » seul, ni « ciel » seul ne sont susceptibles d'être vrais ou faux. De même « ma chemise est bleue » est une proposition.

« 12 est un multiple de 4 » est une proposition et elle est vraie. « 12 est un multiple de 5 » est une proposition et elle est fausse. De même « $4+6 = 9$ » est une proposition fausse, « $4+5 = 9$ » une proposition vraie, tandis que « $4+x = 9$ » n'est pas une proposition et n'est ni vraie ni fausse.

Dans le travail du tailleur de la vigne présenté dans cet article, les indices pertinents utilisés, le choix des sarments à couper et la manière, sont fondamentalement déterminés par des concepts-en-acte et des théorèmes-en-acte liés à la charge et à l'équilibre du pied de vigne, à la mémoire des tailles antérieures et à l'anticipation des effets à terme de la taille d'aujourd'hui.

Certaines propositions sont vraies pour toute une classe d'objets. Leur vérité n'est plus alors subordonnée au choix singulier des objets dont on cherche à exprimer

les propriétés ou relations. C'est le cas, par exemple, des connaissances physiques découvertes par le bébé, comme « *un objet lourd sans support tombe* » ou, de manière plus sophistiquée comme les identités remarquables en algèbre : $(a+b)(a-b) = a^2 - b^2$.

DÉFINITIONS

Un concept-en-acte est un concept tenu pour pertinent dans l'action en situation. Un théorème-en-acte est une proposition tenue pour vraie dans l'action en situation. Nous venons de voir que, parmi les concepts-en-acte, certains ont un statut d'objet, d'autres un statut de prédicat à une place, d'autres encore de prédicat à plusieurs places. En outre, nous verrons plus loin que les prédicats peuvent devenir des objets et entretenir à leur tour des relations avec d'autres objets.

Nous venons de voir également que, parmi les théorèmes-en-acte, certains ont un statut de proposition tenue pour vraie ici et maintenant, dans la situation présente ; tandis que d'autres sont universellement vrais, pour toute une classe de situations. Toutefois, il faut remarquer que le statut d'une proposition peut naviguer entre le particulier et l'universel : par exemple « $4+5 = 9$ » est une proposition particulière si on la distingue de « $4+6 = 9$ » ou de « $4+2 = 9$ », mais c'est une proposition universelle si l'on considère qu'elle est aussi vraie quand on dénombre des chevaux dans un haras que lorsqu'on dénombre des stylos sur une table.

Le tableau ci-dessus peut paraître complexe à un lecteur non-averti. En réalité, il est assez simple.

Dans une situation donnée, le sujet dispose de plusieurs sortes de connaissances pour identifier les objets et leurs relations et se donner à partir de là des buts et règles de conduite pertinents. Les connaissances sont des connaissances-en-acte, désignées ici par le terme « *d'invariants opératoires* », pour indiquer que ces connaissances ne sont pas nécessairement explicites, ni explicitables, ni même conscientes pour certaines d'entre-elles. Le concept d'invariant opératoire permet de parler dans les mêmes termes à la fois de la perception, c'est-à-dire de l'identification des objets matériels en présence dans une situation donnée, et de leurs relations, de l'interprétation des informations perceptives dans les situations où il y a place pour l'incertitude, et des raisonnements qui portent sur des objets hautement élaborés de la culture non présents perceptivement.

Un dernier commentaire concerne la quatrième composante du schème. Pourquoi est-il nécessaire de mentionner, dans ces composantes, les possibilités d'inférences en situation ? Justement parce que le schème n'est pas un stéréotype et ne correspond nullement à cette métaphore dangereuse qu'il existerait des formes « *câblées* » d'activité dans le cerveau. Au contraire, le schème suppose toujours une activité intense de calcul en situation, comme en témoigne d'ailleurs abondamment l'imagerie cérébrale. Ces possibilités résultent principalement des théorèmes-en-acte spécifiques du domaine et de la classe de situations à laquelle s'adresse le schème et aussi de théorèmes-en-acte plus généraux, qui couvrent plusieurs domaines d'activité, et qui sont souvent formalisés dans des termes logiques comme la déduction, l'induction, l'abduction.

Il ne faut pas s'y tromper cependant, ces connaissances « *logiques* » aussi ont une portée d'abord locale : par exemple, la transitivité des relations d'ordre peut

être spontanément utilisée par un enfant de 8 ans dans certaines activités et pas dans d'autres. On n'échappe jamais totalement au besoin de spécifier le domaine d'activité auquel on s'intéresse et le domaine de conceptualisation spécifique qu'il faut analyser pour rendre compte du fonctionnement et du développement cognitifs. Bien que les analyses présentées ci-dessus soient relativement différentes de celles de Piaget et témoignent d'un plus grand souci de définition et de généralité, concernant le concept de schème au moins, l'emprunt à Piaget des termes de « *schème* » et d'« *invariant opératoire* » indique clairement que c'est lui le premier inspirateur de cette théorie.

CE QU'EST LA REPRÉSENTATION

Le concept de représentation est un concept flou. En outre, la représentation d'un sujet n'est pas directement accessible à l'observateur extérieur et elle est en même temps pleine de phénomènes en trompe-l'œil pour le sujet lui-même. Si, à l'encontre du behaviorisme et de ses séquelles, on considère la représentation comme un objet d'étude essentiel pour le psychologue, il faut essayer d'introduire un peu de clarté. Il existe plusieurs sens du terme « *représentation* ».

Un premier sens est celui du flux de la conscience dont chaque individu est témoin pour sa propre pensée : images visuelles, auditives, olfactives, posturales et kinesthésiques sont le lot permanent de la perception et de l'action ; elles sont aussi le lot de l'imagination, et pas seulement dans le rêve et la rêverie, également dans celui de l'activité fonctionnelle, puisqu'aussi bien le sujet en situation est amené à interpréter l'information, bien au-delà des observables dont il dispose. Ce flux permanent de percepts, d'idées, d'images, de gestes et de mots intériorisés est une caractéristique si essentielle de la pensée, qu'elle conduit à considérer la perception comme faisant partie intégrante de la représentation. Il faut aller plus loin encore et considérer que l'action intériorisée fait, elle aussi, partie intégrante de la représentation.

Un deuxième sens du terme « *représentation* » est celui des catégories de pensée avec lesquelles un individu capture et intègre les informations présentes dans une situation. La représentation est alors constituée de systèmes d'objets et de prédicats possiblement pertinents, auxquels le sujet est amené à faire appel au cours de son activité. C'est ce sens qui permet de considérer les invariants opératoires dont nous venons de parler, comme des constituants essentiels de la représentation. On peut ajouter que les « *réseaux sémantiques* » dont il est fait usage dans beaucoup de travaux de psychologie cognitive, sont également candidats pour nourrir ce deuxième sens du terme « *représentation* ». Il leur manque cependant une qualité théorique décisive : ils ne font aucune place aux théorèmes-en-acte, lesquels permettraient à ces réseaux de fonctionner autrement que par associations. En effet, les théoriciens des « *réseaux sémantiques* » ne distinguent pas entre concept et théorème et donc entre « *tenu pour pertinent* » et « *tenu pour vrai* » ; or ce sont les différents théorèmes susceptibles d'être évoqués pour un même concept qui font la différence entre schèmes.

Parler de système d'objets et de prédicats comme nous venons de le faire permet d'envisager des objets et des prédicats de différents niveaux conceptuels. Par exemple,

il existe des catégories de pensée qui concernent l'intentionnalité, les rapports entre les propriétés des actions et les propriétés des objets, les interprétations causales... L'idée de système nous conduira plus loin au concept de « *champ conceptuel* ».

Un troisième sens du terme « *représentation* » est celui qui concerne les rapports signifiants/signifiés dans le langage naturel et dans les autres systèmes symboliques développés par les sociétés humaines au cours de l'histoire, pour représenter les connaissances tenues pour vraies, communiquer à leur propos et soutenir les processus de pensée. Ces symboles peuvent être entendus ou vus par tous les individus, mais leur interprétation dépend, encore plus fortement que pour la perception des phénomènes matériels, des systèmes d'invariants opératoires avec lesquels ils sont entendus ou vus par un individu : il y a plus d'inégalités entre individus dans la lecture de la notation musicale que dans l'écoute de la musique elle-même. La notation musicale est tout entière culturelle ; elle doit être enseignée et apprise. Il y a d'autres sens encore du terme « *représentation* ». Le concept de représentation sociale, introduit en 1960 par Moscovici, renvoie, par exemple, aux systèmes de catégories (objets, prédicats et théorèmes-en-acte) partagés par une certaine communauté sociale. On trouve aussi chez certains chercheurs de neurosciences, comme Requin, l'idée que le décours temporel de l'activité des neurones, enregistrée par des microélectrodes implantées dans divers types de cellules et diverses régions du cerveau, est la « *représentation* » cérébrale de l'activité gestuelle du sujet, un singe en l'occurrence, dressé à aller chercher un objet à gauche quand une lumière rouge s'allume et à droite quand c'est une lumière verte.

On peut retenir de cette brève revue que l'idée de correspondance entre deux séries de phénomènes de nature différente est constitutive du concept de « *représentation* ». C'est donc une question théorique essentielle que d'analyser les propriétés possibles de ces correspondances, leurs fonctions notamment, ainsi que les moyens par lesquels ces fonctions sont assurées et les raisons pour lesquelles elles ne sont pas toujours assurées. Nous le ferons plus loin, avec les concepts d'homomorphisme et d'écart. Toutefois, nous retiendrons principalement dans l'analyse qui suit, les sens 2 et 3 évoqués plus haut du terme « *représentation* » : c'est-à-dire la représentation comme système de catégories de pensée et de connaissances, et la représentation comme système de rapports signifiant/signifiés. Leur articulation est elle-même un problème théorique délicat, communément désigné par le thème, cher à Vygotski, de « *pensée et langage* ».

Avant de procéder plus avant, il me faut cependant réintroduire l'idée avancée dès le début de cet article, que la représentation est activité et non pas seulement répertoire de concepts et de formes symboliques. Les schèmes font partie intégrante de la représentation, au même titre que les situations sont pour l'activité du sujet et son organisation une référence au réel au moins aussi forte que les objets et leurs propriétés.

En d'autres termes, la première relation de caractère cognitif du sujet au réel est la relation situations-schèmes, les premières étant du côté du réel (même si ce sont les schèmes qui permettent au sujet de les identifier), les seconds du côté du sujet (même si les schèmes tirent une partie de leur identité des situations auxquelles ils s'adressent).

Un quatrième sens du concept de représentation est donc celui de système hiérarchisé de schèmes.

CHAMP D'EXPÉRIENCE ET CHAMP CONCEPTUEL

L'expérience consiste dans la rencontre du sujet avec des situations. Chacune d'entre elle est singulière, mais l'activité du bébé s'organise progressivement de manière à traiter de façon semblable des classes de situations distinctes, en fonction des ressemblances et des différences qu'il est en mesure d'identifier entre ces situations. Ce sont ces formes d'organisation de l'activité qui constituent les premiers schèmes du bébé, qu'ils soient congénitaux et instinctifs au départ ou, plus, largement, dépendant de l'histoire propre du sujet : par exemple, la reconnaissance du biberon et la formation des percepts et des gestes qui lui sont associés n'obéissent pas au même calendrier chez les enfants nourris exclusivement au sein et chez ceux qui sont nourris très tôt au biberon. Il existe en outre des différences culturelles importantes sur ce point. Les schèmes du bébé, quelque syncrétiques qu'ils puissent être, ne peuvent pas se développer, se différencier et s'enrichir sans que soient identifiés des objets, des propriétés, des relations et leurs transformations. Les invariants opératoires jouent donc un rôle central dans l'adaptation du bébé à son environnement physique et social. Les buts distincts et les règles distinctes d'action, de prise d'information et de contrôle associées à chaque classe de situations sont également essentielles dans l'assimilation des situations, nouvelles et dans l'accommodation des schèmes. En d'autres termes les différentes composantes du schème sont présentes dès les premières formes d'organisation de l'activité du bébé. Après quelques jours, la manière dont le bébé se tourne vers le sein de sa mère et commence à téter est déjà un peu différente de ce qu'elle était la première fois.

Ce n'est pas le lieu d'énumérer les différents schèmes perceptivo-gestuels qui jalonnent le développement cognitif du bébé ; il existe de nombreuses références sur ce sujet, même si elles se situent dans un autre cadre théorique. Il paraît utile cependant de remarquer que l'expression « *schèmes sensori-moteurs* » utilisée par Piaget est à certains égards une erreur conceptuelle, dans la mesure où ils sont constitués de perceptions et de gestes organisés. L'expression « *schèmes perceptivo-gestuels* » est plus correcte au plan théorique. En outre, une part importante du répertoire de schèmes de l'enfant de 18 mois concerne les propriétés physiques et spatiales des objets, les propriétés sociales et affectives des personnes de l'entourage et les fonctions de communication et de représentation du langage. Le langage du jeune enfant est lui-même géré par des schèmes perceptivo-gestuels de dialogue et de monologue. Il n'est guère raisonnable non plus de parler de stade sensori-moteur. Les deux principales thèses de ce sous-chapitre sont les suivantes :

1. Le champ d'expérience du sujet, enfant, adolescent, adulte, couvre à la fois l'expérience dite « *quotidienne* » de la vie (dans la famille et dans le milieu de vie) et l'expérience scolaire, l'expérience professionnelle, la formation. On ne peut pas opposer ces expériences les unes aux autres sans précaution théorique. Par exemple il est excessivement simpliste d'opposer les mathématiques de l'école et celles de la vie ordinaire : beaucoup de résultats montrent que les mêmes schèmes organisent les unes et les autres. Ce sont les conditions qui changent

et, bien entendu, elles pèsent ; mais les schèmes, c'est-à-dire l'organisation de l'activité, reste étonnamment semblable.

2. Pour analyser le développement des compétences et des conceptualisations du sujet dans les différents registres de son activité, il est indispensable de découper des objets d'étude plus petits que l'expérience globale, même si cette expérience globale mérite aussi d'être analysée pour elle-même, et même si elle pèse sur l'expérience associée à des domaines particuliers. C'est à cette question méthodologique que répond le concept de « *champ conceptuel* » : son objectif est de désigner des sous-champs de l'expérience, autour des deux idées de situation et de concept.

Définition : un champ conceptuel est à la fois un ensemble de situations et un ensemble de concepts. L'ensemble des situations dont la maîtrise progressive appelle une variété de concepts, de schèmes et de représentations symboliques en étroite connexion. L'ensemble des concepts qui contribuent à la maîtrise de ces situations.

En effet, une approche développementale des compétences et des conceptualisations conduit inexorablement à étudier une variété de situations, puisqu'un concept ne se développe pas dans une seule catégorie de situations, mais dans une certaine variété, qui peut être très grande. Corrélativement, une situation ne s'analyse pas à l'aide d'un seul concept, mais de plusieurs. Le chercheur est donc conduit, s'il veut comprendre le développement, à prendre pour objet d'étude un ensemble de situations et un ensemble de concepts. Ces concepts forment d'ailleurs des systèmes, dont l'organisation est elle-même progressive, éventuellement jamais achevée : par exemple le champ conceptuel des structures additives en mathématiques se développe sur une très longue période de temps, à partir de trois ou quatre ans et jusqu'à la fin des études secondaires ; des erreurs de conceptualisation subsistent chez de nombreux adultes, sinon tous. Le champ conceptuel de la morale est également le lieu d'un lent et complexe développement qui va des premières années à la vie d'adulte. Pour des raisons de faisabilité ; on peut identifier des champs conceptuels plus restreints, dans tel ou tel registre de l'activité, comme la compréhension de textes narratifs à l'école élémentaire, la mécanique du mouvement au lycée, la conduite des centrales nucléaires chez les professionnels en activité ou en formation. Mais dans tous les cas, il y a péril à prendre des objets d'étude trop petits, en ce sens qu'on risque de ne pas saisir les processus organisateurs du développement des compétences et des conceptualisations. Ces processus reposent en effet sur des analogies, des métaphores et des glissements de sens. À partir de certaines régularités observées dans le réel, souvent produites par l'action du sujet, ces processus aboutissent à des constructions conceptuelles de haut niveau, qui n'ont plus de relation aisément identifiable avec les régularités du réel. Sans le langage et les symbolismes développés par la culture, il serait impossible d'identifier ces constructions conceptuelles.

SYSTÈMES DE SIGNIFIANTS/SIGNIFIÉS ET INVARIANTS OPÉRATOIRES

La première fonction du langage est une fonction de communication, dont le bébé a d'emblée une certaine expérience, non analysée. Mais cette fonction de communication

est vite indissociable de la fonction de « *représentation* », prise dans le sens évoqué plus haut des rapports entre signifiants et signifiés. Que serait la communication humaine si n'existait pas dans le langage naturel des moyens de faire référence à des objets, à des actions, à des sentiments et émotions, à des événements, à des propriétés, des relations, des transformations, des processus ? Le langage naturel est le registre le plus analytique de l'activité humaine, le plus modulaire également, en ce sens qu'il permet de construire un ensemble infini d'énoncés, de dialogues et de textes, avec un nombre fini d'éléments ; ce nombre d'éléments paraît très grand si l'on considère lexicale, syntaxe et conditions d'énonciation, mais il est relativement petit si on le rapporte à l'ensemble des dialogues et textes effectivement produits ou possibles. Comme les autres schèmes perceptivo-gestuels, les schèmes langagiers du bébé sont associés à des classes de situations, notamment à des dialogues en situation avec la maman, le papa ou quelque autre personne. Comme les schèmes perceptivo-gestuels, ils sont d'abord syncrétiques et les premières régularités phonologiques observées chez le bébé sont des formes d'énonciation qui renvoient davantage à des situations qu'à des objets, même si l'adulte présent y reconnaît le nom d'objets familiers. On a parfois désigné ce phénomène sous le terme de « *mot-phrase* ».

C'est la désarticulation des énoncés en mots distincts qui signe les premières analyses prédictives du bébé : action-objet, objet-adjectif, sujet-action...

On ne possède pas d'observations directes sur les rapports entre cette fonction analytique du langage et la fonction analytique des invariants opératoires dans les autres activités gestuelles du bébé, puisque ces dernières relèvent de l'interprétation du chercheur. On ne sait pas non plus si les enfants reconnaissent la signification des mots prononcés par autrui, avant d'être capables de les produire opportunément eux-mêmes. Pourtant on peut soutenir la thèse que sans invariants opératoires, le bébé serait incapable d'apprendre à parler et que, d'une certaine manière, ce sont les objets, actions et propriétés présents dans les situations qui constituent la référence obligée des invariants phonologiques reconnus par le bébé dans la communication, invariants qui ne tardent pas à se décliner en invariants lexicaux et syntaxiques.

La psychologie du langage n'étant pas ma spécialité, il me faut expliquer pourquoi j'aborde ce sujet ici. La raison principale est que de nombreux dialogues interviennent dans l'éducation et le travail et que les caractéristiques de ces dialogues demandent à être considérées à la fois du point de vue de leur contenu (les connaissances explicites qu'elles contiennent et les connaissances implicites que le locuteur prête à son interlocuteur) et des formes générales étudiées par les linguistes et les psycholinguistes. Le plus souvent ceux-ci se soucient peu du contenu conceptuel des connaissances.

L'étude de la formation et du fonctionnement des compétences complexes dans l'éducation et le travail demande une attention plus grande au contenu des dialogues, en raison notamment des différences de compétence et de point de vue entre interlocuteurs. Mais elle n'en appelle pas moins un *minimum* d'attention aux formes d'énonciation utilisées. Elle renvoie ainsi aux travaux des linguistes, notamment de ceux qui s'intéressent à l'énonciation et aux actes de langage. Les schèmes énonciatifs, comme les autres schèmes, sont des formes d'organisation de l'activité

en situation, et sont composés, comme eux, de buts, de règles d'action, de prise d'information et de contrôle, d'invariants opératoires, et d'inférences.

Plusieurs idées méritent d'être avancées ici :

1. La sélection de l'information pertinente, déjà impressionnante dans l'action sur les objets matériels, semble encore plus drastique dans la communication, c'est-à-dire dans l'action sur autrui et dans la prise d'information auprès autrui. La raison en est probablement que, dans le dialogue, on laisse à autrui la charge de reconstituer le sens des énoncés à partir de l'information qu'ils contiennent explicitement et à partir de la situation d'énonciation.
2. Les formes prédicatives de la connaissance sont plus analytiques que les formes opératoires de la connaissance que nous utilisons dans l'action, même si, paradoxalement, ce sont ces dernières qui sont la source des premières. Les experts les plus expérimentés ne sont pas capables de mettre en mots une bonne partie des connaissances qu'ils utilisent pourtant dans l'action et qui sont, justement, significatives de leur expertise. De même, les enfants ne sont pas capables d'explicitier toutes les connaissances qui contribuent à l'organisation rationnelle de leur activité. Ce décalage entre la forme opératoire de la connaissance et sa forme prédicative motive à lui seul l'introduction dans la théorie psychologique du concept d'invariant opératoire.
3. À l'inverse, certains invariants opératoires tirent une part de leur identité des formes langagières qu'ils prennent dans la culture. Comment identifier les concepts de fonction et de variable sans le langage, ou encore les concepts de période historique et de régime de gouvernement en histoire ? D'une manière générale, il semble que les invariants qui ne correspondent pas à des percepts, c'est-à-dire en dernier ressort à des régularités observables, ne pourraient guère être conceptualisés sans le secours du langage. Prenons l'exemple des couleurs, les concepts correspondant aux différentes couleurs (bleu, rouge, jaune, etc.) sont issus de la perception et la signification des mots du langage naturel qui permettent de les désigner, s'appuie totalement sur la perception, même si des variations fines peuvent intervenir pour certains besoins professionnels ou, éventuellement, d'une langue à l'autre. Par contre, le concept de couleur lui-même résulte de la mise en relation des couleurs possibles entre elles, comme celui de la forme résulte de la mise en relation par ressemblances et différences des formes possibles entre elles : les concepts de couleur et de forme ne sont pas strictement empiriques ; ce sont des constructions déjà élaborées.

Le concept de nombre est un autre exemple, puisqu'il n'existe pas d'objet nombre dans le monde matériel et que le nombre résulte en premier lieu de la mesure, puis de la séparation entre mesure et objet mesuré, dans les activités de dénombrement des quantités discrètes et de mesure des grandeurs.

La plupart des concepts difficiles sont des constructions, qui s'appuient certes sur l'expérience empirique, mais dont les caractéristiques principales résultent d'une élaboration intellectuelle, à partir de l'action sur le réel et à partir des relations entre objets, entre relations, entre transformations.

On peut retenir surtout que la pensée scientifique et technique est une pensée fondamentalement relationnelle, qu'elle s'appuie sur l'explicitation des relations entre

les propriétés de l'action et les propriétés du réel, et qu'elle crée en permanence de nouveaux objets de pensée.

Prenons un exemple simple dans le domaine de la géométrie.

La forme opératoire de la connaissance de la symétrie est convoquée dès l'école élémentaire avec le dessin de frises et le complètement de figures sur papier quadrillé. Elle est également convoquée en classe de 6^e, avec le tracé d'une figure symétrique d'une figure donnée par rapport à une droite donnée, ou encore par la recherche des axes de symétrie d'une figure. L'utilisation des instruments de dessin (règle et compas, équerre, rapporteur, règle graduée, papier quadrillé) repose sur des concepts-en-acte et des théorèmes-en-acte qui varient en fonction des instruments utilisés et des figures. Par exemple, il est plus facile de compléter une figure par symétrie lorsque celle-ci est dessinée sur papier quadrillé, que tous les angles sont droits, que les segments à dessiner sont des multiples du carré-unité du quadrillage et que l'axe de symétrie est vertical, que lorsque la figure est un triangle quelconque ou placé de manière quelconque par rapport à un axe de symétrie lui-même incliné. Cette complexité opératoire plus grande ne rend pas compte pour autant de la difficulté relative des quatre énoncés suivants, choisis ici en fonction de leur caractère prédicatif, afin de montrer l'impossibilité de réduire la complexité prédictive à la complexité opératoire.

1. Le dessin de la cathédrale est symétrique.
2. Le triangle A' B' C' est symétrique du triangle A B C par rapport à d.
3. La symétrie axiale conserve les longueurs et les angles.
4. La symétrie axiale est une isométrie.

Dans les deux premiers énoncés, l'adjectif « *symétrique* » énonce la propriété d'un dessin et la relation entre trois éléments d'un dessin. Dans l'énoncé 1, S (symétrique) est un prédicat, affirmé de l'objet c (cathédrale)

S (c)

Dans l'énoncé 2, S est un prédicat à trois places affirmé du triplet (A'B'C', ABC, d)

S (A'B'C', ABC, d)

Dans les énoncés 3 et 4, le mot « symétrie » désigne un nouvel objet de pensée, par nominalisation de l'adjectif « symétrique ».

Dans l'énoncé 3, les propriétés « conserve les longueurs » et « conserve les angles » sont des prédicats qui s'appliquent à la symétrie:

Cl (S) et Ca (S)

Dans l'énoncé 4 ces prédicats sont à leur tour transformés, par nominalisation, en un nouvel objet de pensée, « *isométrie* »; et une relation d'inclusion est énoncée:

S C I

Le discours de la science et de la technique foisonne de prédicats à une ou plusieurs places et d'objets toujours plus abstraits, construits à partir des prédicats, des actions, des événements, des processus.

La transformation des concepts-prédicats en concepts-objets est l'une des caractéristiques les plus générales de la conceptualisation.

HOMOMORPHISMES ET ÉCARTS

Si l'on résume les différents points abordés dans les pages qui précèdent, on est amené à considérer que la pensée est une activité organisée en schèmes « *ouverts* », susceptibles de se composer dans la simultanéité et la succession, et de s'organiser en réseaux hiérarchisés par des fonctions de niveaux différents.

En même temps, la conceptualisation du réel impliquée dans l'organisation de l'activité et assurée par les invariants opératoires, pose le problème de l'adéquation de cette conceptualisation. La représentation n'est pas un épiphénomène ; il faut donc une théorie pour rendre compte de sa fonctionnalité ; plus exactement de sa fonctionnalité partielle, puisqu'aussi bien il faut comprendre à la fois comment la pensée peut être opératoire et comment elle peut conduire à l'erreur ou rester inopérante. Le concept d'homomorphisme offre le meilleur cadre théorique pour penser ce problème.

Un homomorphisme est une application d'un ensemble dans un autre, tel que la structure de l'un se reflète dans la structure de l'autre. Un homomorphisme n'est pas nécessairement biunivoque, à la différence de l'isomorphisme : cela signifie que des classes d'éléments du premier ensemble ont pour image un même élément du second.

Homomorphisme de propriété : $P(x) \Rightarrow P'(f(x))$

Si un objet x a la propriété P dans le réel, alors l'image de x dans la représentation a la propriété P' .

Homomorphisme de relation binaire : $R(x, y) \Rightarrow R'(f(x), f(y))$

Si un objet x est dans une relation R avec un objet y dans le réel, alors les images $f(x)$ et $f(y)$ dans la représentation sont entre elles dans une relation R' .

Homomorphisme de relation ternaire : $R(x, y, z) \Rightarrow R'(f(x), f(y), f(z))$

Un commentaire analogue à celui qui précède pour les propriétés et les relations binaires, peut être fait. Il est en outre possible de mieux comprendre la fonction de calculabilité de la représentation, en prenant pour exemple une relation ternaire particulière, la loi de composition binaire.

$xTy = z \Rightarrow f(x) \circ f(y) = f(z)$

Si z résulte de la composition par T de x et y dans le réel, alors $f(z)$ résulte de la composition de $f(x)$ et de $f(y)$ par O dans la représentation. On peut alors calculer

$f(z)$ par un calcul interne à la représentation et anticiper ainsi sur la composition de x et y dans le réel.

réel	représentation
x	$f(x)$
y	$f(y)$
$x \top y = z$	$f(z) = f(x) \circ f(y)$

On retrouve alors la définition classique en mathématiques de l'homomorphisme, pour les lois de composition binaires

$$f(x \top y) = f(x) \circ f(y)$$

Prenons un exemple dans l'apprentissage de l'addition, qui illustre exactement ce dernier point, sauf qu'il s'agit cette fois d'un homomorphisme interne à la conceptualisation.

Pour dénombrer une collection formée de deux sous-collections A et B , un enfant peut soit réunir les deux sous-collections et compter le tout, soit compter chacune des sous collections et faire la somme des cardinaux.

Collections	cardinaux
A	card. (A)
B	card. (B)
$A \cup B = C$	card (c) = card (A) + card (B)

Le théorème-en-acte $\text{card}(A \cup B) = \text{card}(A) + \text{card}(B)$ pour A et B disjoints exprime le fait que cela revient au même de faire la somme des cardinaux et de recompter le tout.

Cette connaissance est constitutive du concept de nombre puisque c'est l'addition qui permet de distinguer les propriétés du nombre des propriétés d'ordre et d'équivalence. Les homomorphismes relatifs aux relations de différence, de ressemblance, d'équivalence et d'ordre concernent des relations binaires, non pas des lois de composition binaires (c'est-à-dire des relations ternaires).

De nombreux sauts qualitatifs dans les processus de conceptualisation peuvent être ainsi analysés comme la découverte d'un ou de plusieurs homomorphismes. Or le même concept d'homomorphisme est utile pour comprendre l'efficacité symbolique. En premier lieu, on peut dire que l'association d'un mot invariant (chaise, chat...) à toute une classe d'objets (équivalents entre eux à certains point de vue) est un homomorphisme entre invariants opératoire et langage naturel; de même, l'association d'une relation syntaxique invariante (près de, à gauche de...) à toute une classe de couples. Comme la culture a doté les hommes d'un certain nombre

de systèmes symboliques complémentaires du langage naturel, il est utile de se poser la question de l'efficacité de ces systèmes en termes d'homomorphismes : par exemple, dans le cas des dessins, des schémas, des graphiques, des tableaux, il est intéressant de se poser la question de savoir quelles propriétés du signifiant spatial représentent quelles propriétés du signifié.

On peut alors mieux analyser leur efficacité symbolique relative. L'exemple le plus connu et le plus clair aujourd'hui est celui de la numération de position, introduite par les indiens et les arabes : elle a des propriétés que n'avaient pas les systèmes d'écriture numérique antérieurs, ni pour les quatre opérations de l'arithmétique, ni pour la comparaison, ni pour la représentation des décimaux et des fractions.

Dans la communication entre un architecte et ses clients, les différents types de dessins n'ont pas la même efficacité ; de même dans le dessin de mode. On peut questionner de la même manière les différents codes informatiques utilisés aujourd'hui, qu'il s'agisse de la simple commande des opérations à faire effectuer par l'ordinateur ou de la programmation proprement dite (Pascal par rapport à Basic par exemple).

L'efficacité symbolique repose en fait sur les homomorphismes entre les signifiants du système symbolique utilisé et la structure des invariants opératoires de l'utilisateur, qui sont à la base des invariants de l'organisation de son activité. On comprend aisément d'ailleurs que les utilisateurs rencontrent des problèmes très différents selon leur niveau de conceptualisation de l'informatique. L'ergonomie s'intéresse à juste titre à ces questions. Elle ne peut pas le faire convenablement en se passant du concept d'homomorphisme.

On mesure également que les questions de symbolisation ne sont pas indépendantes des questions de conceptualisation. En d'autres termes, ni le langage naturel, ni un quelconque autre système symbolique n'est une simple association conventionnelle signifiants/signifiés. Les sujets individuels n'utilisent pas tous la langue de la même manière, ni les symbolismes.

Le même poème n'est pas interprété de la même façon par des lecteurs différents et par l'auteur du poème. Mais cela est vrai également pour les lecteurs et l'auteur d'un article scientifique, et pour les utilisateurs et le concepteur d'un langage de commande informatique.

Toute théorie de la représentation et de la communication doit donc permettre de comprendre à la fois « *pourquoi ça marche* » et « *pourquoi ça ne marche pas toujours* ». Bien que notre représentation du monde ne soit pas exacte, nous sommes opératoires. Bien que nous ne communiquions pas sans ambiguïté, nous communiquons. Le concept d'homomorphisme partiel permet de saisir ce double phénomène d'adéquation et de non adéquation. Mais il conduit à distinguer plusieurs catégories d'homomorphismes :

- les homomorphismes entre réel et activité opératoire ;
- les homomorphismes entre signifiés et signifiants dans les systèmes conventionnels de communication et de représentation ;
- les homomorphismes entre les systèmes d'invariants opératoires des individus et les systèmes de signifiants/signifiés.

Ainsi les progrès de la conceptualisation reposent à la fois sur l'extraction des régularités observables, sur la construction de prédicats et d'objets non directement associés aux observables et sur la mise en rapport des invariants langagiers et symboliques avec des invariants opératoires. En outre, les homomorphismes internes à la conceptualisation, comme celui présenté plus haut concernant l'addition des cardinaux, jouent un rôle si important qu'il est devenu dérisoire de tenter de réduire la pensée à la lecture empirique du réel ou au langage.

CONCLUSION

On a souvent opposé Vygotski et Piaget sur les deux points cruciaux que sont les rôles respectifs de l'action et du langage dans la conceptualisation d'une part, le poids de l'expérience individuelle et de la culture dans la formation des compétences et de la pensée, d'autre part. On peut voir dans cet article un effort pour intégrer les deux contributions majeures du vingtième siècle à la psychologie cognitive ; elles ne s'opposent pas, mais se complètent au contraire utilement. Il est seulement nécessaire d'être plus précis et plus rigoureux que l'un et l'autre dans les définitions, dans l'analyse des exemples, dans l'articulation des différents problèmes théoriques posés par l'organisation de l'action, du langage et de la communication, de l'activité des individus dans une culture donnée.

L'individu dispose, pour s'adapter à l'environnement et à la société, de moyens personnels qui se développent au fil du temps et de l'expérience dans des conditions analysables. Parmi ces conditions figurent notamment la richesse et la variété des situations qu'il est amené à rencontrer et donc la richesse des occasions qui lui sont offertes de développer ses compétences, dans l'éducation et le travail notamment. Parmi ces conditions, figurent également les médiations de toutes sortes dont il peut bénéficier de la part d'autrui et de la part des institutions.

Retenons pour conclure la médiation par autrui. Autrui peut désigner ici aussi bien la mère ou le père, les autres membres de la famille ou de l'environnement familial, l'enseignant, les autres élèves, le psychologue, le formateur, le chef de service ou d'atelier, les collègues de travail, le compagnon plus expert, l'expert lui-même. Les actes de médiation d'autrui peuvent être décrits et catégorisés à la lumière de l'analyse du concept de schème faite plus haut. Parmi les actes repérables, figurent en bonne place l'entraînement dans l'activité, l'identification du but à atteindre et les éventuels sous-buts et anticipations. Bruner a bien vu ce point, de même qu'il a bien analysé d'autres actes de médiation du tuteur, comme ceux qui consistent à attirer l'attention sur les informations pertinentes, ou à prendre à sa charge une partie des actions à effectuer de manière à diminuer l'espace d'incertitude dans lequel l'apprenant doit naviguer.

Le point qui manque le plus chez Bruner reste celui de l'aide à la conceptualisation. Lorsqu'on veut l'analyser, on débouche très vite et trop exclusivement sur le rôle de l'accompagnement langagier. Cela est juste d'une certaine manière, puisque le langage joue un rôle important dans la conceptualisation, mais c'est insuffisant en même temps, si l'on considère que la formation des invariants opératoires, dans le cours même de l'activité en situation, est la base première de la conceptualisation et que cette activité n'est pas d'abord langagière.

Le médiateur a comme première responsabilité de choisir les situations à offrir à l'apprenant, puis de clarifier le but de l'activité, de contribuer à l'organisation de cette activité, y compris de la prise d'information et du contrôle, de faciliter les inférences en situation et enfin de faire émerger, au moins partiellement, les concepts et les théorèmes pertinents. La mise en mots et en symboles des connaissances et des règles de conduite forme une partie non négligeable de l'activité du médiateur, mais elle n'en constitue qu'une partie. En outre, la communication entre le médiateur et l'apprenant est frappée des mêmes ambiguïtés que toute autre communication : il y a un écart entre, d'une part, les propos tenus par le médiateur et le sens qu'il leur donne en fonction de son propre système d'invariants, d'autre part, les propos entendus par l'apprenant, qui leur attribue un sens dépendant, lui, du système d'invariants de l'apprenant.

En résumé, l'appropriation d'une culture par un individu dépend nécessairement de sa propre activité, y compris de son travail de construction ou de reconstruction des concepts constitutifs de cette culture. Elle dépend aussi fortement de l'aide qu'il reçoit de son environnement et donc de la qualité des médiations dont il bénéficie.

