

Piaget : entre Mendeleïev et Prigogine *

par J. Dousset

(Histoire et philosophie des sciences, Université Paul Sabatier, Toulouse)

Cet article fait suite à celui que M. Padeloup a publié dans L'actualité chimique de juin 1980. Il se propose de présenter quelques aspects de l'œuvre de J. Piaget à des chimistes. L'exemple de la classification périodique des éléments de Mendeleïev a été choisi pour montrer que l'approche systémique, dans laquelle se situe Piaget, et qui envahit le champ de la pensée contemporaine, n'est peut-être pas si nouvelle qu'on pourrait le croire.

L'accent est mis sur la nécessité des méthodes actives et se termine sur quelques problèmes « ouverts » dans lesquels la chimie biologique a son mot à dire.

« Je n'avais pas besoin de lire Piaget ». Réponse de l'illustre psychologue suisse à un animateur de télévision qui lui demandait comment il avait trouvé le temps de réaliser cette œuvre immense : une quarantaine d'ouvrages, plusieurs centaines d'articles, une activité inlassable de professeur et de chercheur qui se poursuit encore à plus de 80 ans. Si la lecture de « tout Piaget » semble une gageure, les principes fondamentaux de sa démarche méritent d'être connus de tous et peut-être pas seulement pour les raisons pédagogiques, auxquelles s'est volontairement limité M. Padeloup dans un précédent article (10).

Une question simple

Comment la connaissance est-elle possible ? Toutes les grandes philosophies ont apporté des réponses spéculatives à cette question. En schématisant à l'extrême, on peut les classer en deux groupes :

- les innéistes de Platon à Chomsky qui pensent que le sujet possède, au moins, un ensemble de structures cognitives préformées.
- les empiristes d'Épicure à Skinner qui font naître toute connaissance de la seule perception du milieu extérieur.

Piaget ne voit pas la connaissance comme un état, mais comme un processus lié à l'action que le sujet exerce sur le milieu extérieur ; Ni le sujet, ni le milieu extérieur ne sont des formes distinctes au départ. Il y a donc une double construction, à partir de la zone d'échange, du sujet connaissant d'une part, de l'objet de la connaissance de l'autre.

On conçoit facilement que cette position « centrale » soit très inconfortable ; elle a

* Cet article a été écrit avant la mort de J. Piaget, survenue le 16 septembre 1980.

valu d'abord à Piaget l'hostilité des empiristes, ce qui explique sa « découverte » tardive par les anglo-saxons ; elle lui vaut maintenant les critiques des partisans de Chomsky pour des raisons diamétralement opposées. De plus, vouloir répondre à des questions philosophiques par l'observation et l'expérimentation ne pouvait que lui aliéner la sympathie de nombreux philosophes et psychologues. Il raconte lui-même, avec humour, la rencontre d'un professeur espagnol qui lui tendit une carte : Señor X, Catedrático de psicología superior. « Pourquoi supérieure ? » demande Piaget avec candeur. « Parce qu'elle n'est pas expérimentale » (11).

Une méthode souple

Après sa thèse de biologie, passée à 22 ans, Piaget va s'intéresser à la psychanalyse, puis à la psychologie expérimentale. A Paris, il commence un travail sur les tests dans le Laboratoire de Binet et Simon célèbres pour la mesure du quotient intellectuel. (Le très fameux Q.I. dont on fait un usage tout à fait abusif. Piaget est d'ailleurs très sévère pour les utilisateurs actuels ; « Je n'accorde aucun crédit aux mesures fondées sur des quotients intellectuels ou tout autre mesure de résultats », référence 2). Lorsqu'on s'aperçoit que les enfants d'un certain âge savent répondre à des questions que leurs cadets sont incapables de résoudre, on peut quantifier les résultats, faire des statistiques, mais on peut aussi se poser le problème qualitatif de la recherche des causes de ces « échecs ». C'est ce que va faire Piaget ; mais pour explorer ce qu'il faut bien appeler « l'inconscient cognitif », il va adopter, d'une part l'observation du comportement spontané de l'enfant, d'autre part une méthode clinique inspirée de la pratique psychiatrique. C'est une méthode de libre discussion où l'observateur doit être vigilant s'il ne veut ni guider ni bloquer le sujet qu'il interroge. Cette méthode permet d'explorer la pensée verbale de l'enfant, mais ce n'est qu'un aspect du problème de la construction des structures logiques : le dernier palier (même s'il va finir par devenir chez l'adulte le plus important ; tout au moins du point de vue logico-mathématique). En fait, le travail le plus fondamental est avant le stade verbal, à la période sensori-motrice : « immense travail d'organisation et de structuration ». Piaget va adopter ce qu'il appelle une méthode critique, méthode mixte n'introduisant les questions et les discussions qu'à l'occasion d'une manipula-

tion effective d'objets. Ce qu'il y a de plus remarquable c'est que les mêmes problèmes se posent et sont résolus quelques années plus tôt sur le plan concret. L'intelligence opératoire précède donc l'intelligence formelle, comme l'intelligence sensori-motrice précédait le stade verbal (ou mieux « représentationnel »). C'est une belle justification d'un enseignement expérimental centré sur l'activité du sujet. On conçoit qu'une telle méthode soit peu « standardisable » tout au moins dans sa phase initiale et qu'à ne considérer que certains résultats, on puisse commettre des erreurs d'interprétation. L'approche expérimentale d'un objet aussi complexe que la formation de l'intelligence nécessite une méthode qualitative souple très différente de notre approche habituelle quantitative et analytique. Il n'est pas étonnant que Piaget soit plus souvent cité dans les ouvrages se réclamant de l'approche systématique (12).

Il me paraît que la classification des éléments faite par Mendeleïev est un exemple de choix pour montrer à des chimistes ce « nouveau » rationalisme. (Je me contenterai ici de donner les grandes lignes d'un sujet qui mériterait de plus larges développements).

Le tableau de Mendeleïev

Mendeleïev dispose de « poids atomiques » peu fiables et de propriétés chimiques (surtout « la valence ») mal précisées, ces deux caractères étant d'ailleurs corrélés : changer la valence revient à changer le poids atomique. Ayant inscrit le

poids atomique et les principales propriétés chimiques connues sur un carton, le chimiste russe va, par tâtonnement, construire sa célèbre classification en adoptant un ordre croisé; en ligne (de gauche à droite et de haut en bas) les poids atomiques croissants; en colonne, les valences (fig. 1). Avec une audace peu commune, donnant la priorité à la cohérence du système total, Mendeleïev va opérer des modifications dans ce qui sert de base à sa classification : il change la valence du béryllium de 3 à 2 faisant passer son poids atomique de 14,1 à 9,3. Plus étonnant, il laisse les vides que viendront remplir, avec les propriétés prévues, le gallium, le scandium, le germanium. Si j'en crois P. Kolodkine (13), il est obligé de faire plus ou moins violence à 28 éléments sur 63. Cette méthode plus vigoureuse que rigoureuse fut regardée avec une grande méfiance par les chimistes à l'esprit « positif » de la fin du XIX^e. Berthelot traite de Mendeleïev dans son livre sur « Les origines de l'alchimie » : « Mais quelle que soit la séduction exercée par ces rêves, il faudrait se garder d'y voir les lois fondamentales de notre science et la base de ses certitudes, sous peine de retomber dans un enthousiasme mystique pareil à celui des alchimistes ».

Qu'aurait dû faire Mendeleïev ? Attendre 50 ans la découverte des couches électroniques ou, comme ses concurrents malheureux (De Champcourtois, Newlands, Dobereiner, Mayer...), se contenter de classer les familles analogues ? La vue de Mendeleïev est plus aventureuse mais aussi plus fructueuse : « c'est dans la comparaison

d'éléments dissemblables que réside, selon moi, la différence essentielle entre mon système et ceux de mes prédécesseurs. A de rares exceptions près, j'ai pris les mêmes groupes d'éléments analogiques que ces derniers, mais avec l'intention d'étudier les lois des rapports entre les groupes... » Comment ne pas penser au jeu d'échec cher à de Saussure (14). « Une partie d'échec est comme une réalisation artificielle de ce que la langue nous présente sous une forme naturelle... La valeur respective des pièces dépend de leur position sur l'échiquier, de même que dans la langue chaque terme a sa valeur par son opposition avec tous les autres termes ».

C'est cet aspect de totalité organisée qui fait échec à la méthode analytique, réductionniste, et qui exige une approche différente surtout si le système est ouvert, c'est-à-dire susceptible d'échanges avec le milieu extérieur, ce qui est le cas de tous les systèmes biologiques et, bien sûr, de la pensée en formation.

La force et la supériorité de la classification de Mendeleïev sur celles de ses concurrents viennent de la possibilité d'intégrer de nouveaux éléments et de supporter des modifications qui ont permis son adaptation à de nouvelles découvertes; en termes « piagétiens » nous dirions : assimilation et accommodation.

Munis de cette idée de système structuré qui ne nous abandonnera plus, nous pouvons maintenant aborder l'élaboration des différents stades de l'intelligence selon Piaget.

La période sensori-motrice

(Jusqu'à 20 mois environ) *
L'intelligence du geste.

De la même façon qu'un nombre important de corps chimiques et de procédés d'obtention ont précédé l'utilisation d'un langage chimique organisé, l'intelligence sensori-motrice précède l'apparition du langage. Sans entrer dans le détail des 6 sous-stades de cette période, on peut dire que par le jeu de l'assimilation et de l'accommodation l'enfant va être amené à coordonner ses actions. Prenons un exemple : le bébé qui suce son pouce a ajouté un élément nouveau à une action de têter qui au départ est une activité réflexe, mais pour reproduire cette action, il est obligé de coordonner le mouvement de son bras et de sa main. Piaget appellera schème « ce qu'il y a de commun aux diverses répétitions ou applications de la même action ». Par exemple, le schème « tirer quelque chose à soi » peut être appliqué à divers objets, se modifier suivant ce que l'on veut tirer... (fig. 2). Pendant toute la période sensori-motrice, s'enrichit, se développe, se structure ce véritable « langage » de l'action. En

* Ce qui est important c'est la succession des divers stades plus que l'âge d'apparition conditionné par l'environnement et les activités du sujet.

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.				
ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.				
	Tl = 50	Zr = 90	? = 180.	
	V = 51	Nb = 94	Ta = 182.	
	Cr = 52	Mo = 96	W = 186.	
	Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4.	
	Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198	
	Ni = Co = 59	Pd = 106,6	Os = 199.	
H = 1	Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200	
Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
B = 11	Al = 27,4	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137
		? = 45	Ce = 92	Pb = 207.
		?Er = 56	La = 94	
		?Yt = 60	Di = 95	
		?In = 75,6	Th = 118?	

Figure 1.



Figure 2. Au commencement était l'action.

même temps, petit à petit, l'enfant différencie ses actions propres des actions des objets les uns sur les autres. Le monde extérieur manifeste la permanence des objets qui le constituent et l'enfant le distingue de son propre corps. Déjà à ce niveau, pourtant pré-conceptuel, apparaît une structure équilibrée : le groupe pratique des déplacements avec l'invariant qui lui est lié : la conservation de l'objet sorti du champ perceptif. Dans la première partie de cette période sensori-motrice, un objet qui disparaît du champ de vision n'est pas recherché par l'enfant tandis que vers 10 mois, il continue à poursuivre une balle qui a roulé derrière un obstacle qui le cache à sa vue. C'est ce genre de fait que Piaget avait surpris en observant ses enfants, base expérimentale étroite; il s'agissait moins de faire des statistiques que d'explorer un domaine nouveau.

Des actes à la parole

Le 2^e stade, qui commence vers 2 ans, porte une double dénomination : représentationnel ou pré-opérateur suivant que l'on se réfère au stade qui le précède ou à celui qui le suit. Piaget appelle « abstraction réfléchissante » le passage de l'action à la représentation de l'action. Ici le mot réflexion doit être pris dans un double sens *. D'abord le sens physique; il y a un changement de niveau, on passe du plan du geste au plan de l'image mentale. L'enfant devient capable d'imitation différée, de jeu symbolique et il commence à utiliser le langage (il ne faut pas surestimer l'importance de la parole car les sourds-muets, avec un certain retard dû à des incitations collectives insuffisantes, présentent des

structures cognitives analogues aux autres). Mais il n'y a pas que ce changement de niveau, et c'est là que se situe le deuxième sens du mot réflexion. Les objets de pensée ne s'organisent pas de la même façon ni dans le même cadre que les actions. On peut très bien être capable de se rendre de la maison à l'école en reconnaissant successivement un certain nombre de repères et se trouver incapable de reconstituer son trajet sur une maquette reproduisant les bâtiments et les repères cités. Alors que l'action se produit dans l'instant, que les objets se présentent sous un seul aspect, la représentation nécessite la durée (passé, présent, futur) et le caractère permanent de ce qui est représenté. En fait, plus que la simple transcription symbolique de ce qui a été vécu par le geste au stade sensori-moteur, c'est un nouveau système qui se met lentement en place. Que l'on pense aux difficultés d'élaboration d'une notation chimique universellement admise, aux quel-elles des équivalents et des atomistes, pourtant d'accord sur les faits et on aura une idée de l'immense effort à faire pour se dégager d'une action égocentrique et accéder à ce merveilleux moyen de communication qu'est le langage articulé (ou plus généralement l'exercice socialisé de la fonction sémiotique). Il faudrait se garder de croire que, dès le début de cette période, l'enfant dispose de véritables concepts et de véritables relations. Il ne s'est pas encore dégagé de l'expérience particulière et de l'égoïsme. Il ne sait pas distinguer la partie et le tout et ne relativise pas les relations (15), il accepte d'avoir un frère, mais répond que son frère n'a pas de frère « puisqu'il ne sont que deux dans la famille ». Petit à petit, l'enfant va prendre ses distances par rapport au réel, mais il faudra attendre le stade suivant pour dépasser l'image et le qualitatif. Un certain nombre d'expériences, très connues et répétées sous des formes diverses dans le monde entier, montrent bien les lacunes de cette pensée pré-opérateur. Peut-être la plus célèbre des manipulations « piagétien-

ne » est celle du transvasement d'un liquide d'un récipient à un autre de forme différente. L'enfant, à 5-6 ans, dit bien que « c'est la même eau » (identité qualitative), mais il pensera que la quantité a augmenté ou diminué suivant le niveau atteint dans le récipient. A ce stade, il n'y a pas de conversation quantitative (1).

Les opérations concrètes : du réel au possible (de 7-8 ans à 10-11 ans).

Pour avoir la conservation, il faut construire des relations nouvelles; dans l'exemple cité ci-dessus, pour comprendre qu'il y a la même quantité d'eau, il faut, par la pensée, être capable de compenser des variations de sens différent (hauteur et largeur de la colonne liquide). C'est-à-dire qu'ayant accompli une action quelconque (classement, sériation...) ou percevant une modification dans le monde physique (changement de forme), le sujet doit être capable de rendre reversibles les transformations. Il ne s'agit pas ici d'un tâtonnement expérimental mais de la prise de conscience globale de l'existence d'un système structuré avec des transformations directes et inverses et des invariants. Il faudrait se garder de croire qu'à ce niveau nous avons quitté le monde concret; nous ne sommes pas encore dans les opérations fondées sur les hypothèses. Il s'agit encore d'opérations portant sur des objets (ou leur figuration). La « résistance du réel » fait que toutes les conservations ne sont pas acquises en même temps; pour se limiter aux conservations physiques, la conservation du volume intervient environ deux ans après la conservation du poids, qui, elle-même, a succédé à la conservation qualitative de la substance déjà évoquée. Vous avez vu, dans l'article de M. Pasdeloup (10) les limites rencontrées en chimie par les étudiants qui n'ont pas dépassé le stade « concret ». Piaget a montré que la structure logique de ce stade, si elle permettait la réversibilité, n'autorisait que des opérations se composant, de proche en proche, sans véritable combinatoire. Pour en revenir à la classification périodique des éléments, on pourrait (presque) dire qu'au XIX^e siècle elle était au stade concret. On pouvait l'enrichir d'éléments nouveaux (exemple : les gaz rares) par contiguïté, ce n'était pas une structure complètement fermée. On n'avait pas épuisé le champ du possible, on n'en connaissait même pas les limites.

Tous les possibles ; les opérations formelles

Le stade qui commence vers 11 ans et qui va terminer * la formation des structures cognitives a, avec le stade « concret » qui le précède, un rapport analogue à celui que le stade représentationnel présentait vis-à-vis du stade sensori-moteur. Il y a une « réflexion » au double sens vu ci-dessus et ce sont les opérations et non plus les images qui sont prises comme éléments de

* Fondant une nouvelle science : l'épistémologie génétique, Piaget se heurtera à la barrière du langage; il lui faut créer des néologismes, grouper des mots anciens de façon différente, utiliser les mots anciens dans des acceptions nouvelles.

* Se termine-t-elle ?

cette restructuration. Le détachement du réel est cette fois achevé. Face à un problème nouveau et complexe, le sujet réfléchit aux données du problème, pose des hypothèses, les combine entre elles, situe le réel dans le champ du possible. C'est un peu un bouleversement de cet ordre que subit au XX^e siècle le tableau de Mendeleïev quand on découvre la structure des couches électroniques; on passe de la réalité à la rationalité. Le possible permet un retour vers le réel, c'est la « fabrication » des 4 éléments manquants (technétium, prométhéum, astate, francium) sans parler des transuraniens. Il y a là un retournement du rationnel vers le réel, qui est l'aspect majeur du stade formel *

La structure logique a elle aussi subi une rééquilibration; montrons-le sur un exemple très simple (trop simple) (17) : si un objet (A) se déplace sur un support (B), l'objet peut rester au même point pour l'extérieur soit en inversant son mouvement (N) soit en déplaçant le support dans l'autre sens (R). L'opération déplacer l'objet (I), son inverse (N), la réciproque (R) et la corrélatrice (C) inverse de la réciproque forment un groupe (INRC) dont le sujet n'a pas conscience, mais qu'il utilise lorsqu'il anticipe le résultat d'une transformation où interviennent deux systèmes de référence. Pour Piaget, le symbolisme de la logique permet mieux que le langage de rendre compte des opérations effectuées par le sujet.

Concret-abstrait ou actif-passif

Sans cultiver le paradoxe et sans trahir la pensée de Piaget, on pourrait énoncer : une séance de travaux pratiques, bien que portant sur des objets « concrets », peut être aussi « abstraite » qu'un échange verbal. Ce qui est tout à fait fondamental, c'est l'activité spontanée du sujet, son engagement volontaire dans le processus de découverte. Les méthodes intuitives fondées sur l'image ou l'audio-visuel, si elles constituent un progrès par rapport à l'enseignement purement verbal, ne sont qu'un « auxiliaire précieux » (3) des méthodes actives prônées par Piaget. Il ne s'agit pas de revenir à un enseignement verbal, mais, bien au contraire, de ne pas se contenter de représentations imagées ou de manipulations répétitives. Le rôle de l'enseignant (ou des enseignants, si on se place dans l'optique pluri-disciplinaire de Piaget) est de placer le groupe de travail face à un problème, non à un exemple que l'enseignant juge « concret » (on peut penser à l'avertissement de A. Lichnerowicz : « je crains que fréquemment la distinction entre le concret et l'abstrait ne soit la distinction entre le familier et ce qui ne l'est pas encore »). Ce nouveau rôle dévolu à l'enseignant suppose une formation psychologique et la connaissance des stades

piagétien, puisque face à un problème nouveau, et à tout âge, on peut rétrograder à un stade inférieur (pensons à notre propre comportement devant un appareil électro-ménager détraqué ou un nouveau gadget électronique; on se surprend plus près de l'activité sensori-motrice que des opérations formelles).

Il n'y a pas chez Piaget de clef universelle permettant de résoudre tous les problèmes éducatifs (Les clefs universelles ne sont, en fin de compte, que des passe-partout), mais un ensemble de résultats expérimentaux dont il faut tenir compte « *Il est à peine croyable que sur un terrain aussi accessible à l'expérimentation, le pédagogue n'organise pas d'expériences suivies et méthodiques et se contente de trancher les questions à coup d'opinions...* » (3).

Systèmes ouverts, problèmes ouverts

Nous avons vu que, de stade en stade, les structures s'enrichissent, se « complexifient ». Quelle est la source de cette augmentation « d'ordre » ? C'est un problème fondamental pour le structuralisme « tant il est difficile de concevoir qu'une structure puisse évoluer d'elle-même » (18). C'est un problème que connaissent les chimistes familiers de la thermodynamique des processus irréversibles. Il n'est pas étonnant que M. Prigogine ait rejoint J. Piaget au centre d'épistémologie génétique de Genève pour le symposium de 1976 (21). Son dernier ouvrage (20) montre bien comment la thermodynamique, la chimie prennent un chemin tout à fait différent de celui de la physique classique et combien ce chemin est près de cette nouvelle approche « systémique » que nous avons évoquée à propos de Mendeleïev. Depuis les travaux de Bénard, on sait qu'un système traversé par un flux d'énergie est susceptible, loin de l'équilibre*, de se structurer. « *Un nouvel ordre apparaît correspondant essentiellement à une fluctuation géante, stabilisée par les échanges d'énergie avec le monde extérieur. C'est l'ordre par fluctuation* » (19). On pourrait voir dans l'enfant un système « ouvert » traversé par un flux d'informations; il ne s'agit là que d'une image, car l'enfant n'est pas un être passif et nous avons insisté sur l'activité : moteur de l'apprentissage**. Il se peut, cependant, que les fluctuations jouent un rôle décisif dans la formation du système nerveux central. En effet, lorsque le système nerveux se développe son « câblage » (les connections synaptiques) n'est pas strictement programmé et les premiers contacts sont labiles; l'activité stabilise les fluctuations. Le problème n'est cependant pas complètement résolu car J. P. Changeux (22), auquel se réfère Piaget, pense que l'activité ne va pas orienter les terminaisons nerveuses de façon directe mais éliminer un certain nombre de possibilités de câblage; « ap-

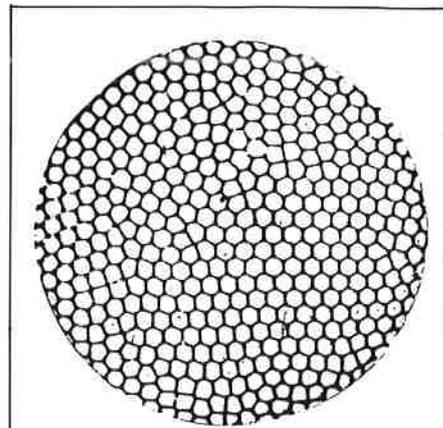


FIG. 1. Bénard cells in spermaceti. A reproduction of one of Bénard's original photographs.

« *Enfin je n'ai pas à insister sur le caractère particulièrement intéressant de la division cellulaire si nette et si régulière ainsi créée pour la première fois par un phénomène physique d'une remarquable simplicité sous l'action des seules forces moléculaires et de gravitation dans une nappe liquide homogène ou n'offrant pas d'autre hétérogénéité que des différences de températures... Je crois qu'il est impossible de ne pas se préoccuper des conséquences qu'une telle généralisation comporterait du point de vue des théories biologiques. Il ne semble pas invraisemblable, par exemple, après les résultats de ce travail que des phénomènes de simple diffusion ne puissent suffire à créer une circulation à structure cellulaire; dans ce cas des recherches purement physiques, du genre de celle-ci, présenteraient peut-être quelque intérêt aux yeux des savants qui ne désespèrent pas de ramener les phénomènes si complexes de la vie, aux lois générales de la nature inorganique.* » (Art. de Bénard, *Revue générale des sciences*, déc. 1900).

Figure 3.

prendre c'est éliminer ». Se servant de la théorie de l'information de Shannon, Atlan (23) montre que l'élimination d'une redondance équivaut à un gain d'information; ce qui mettrait Piaget tout à fait en accord avec les plus récents progrès de la biochimie et de la neurobiologie.

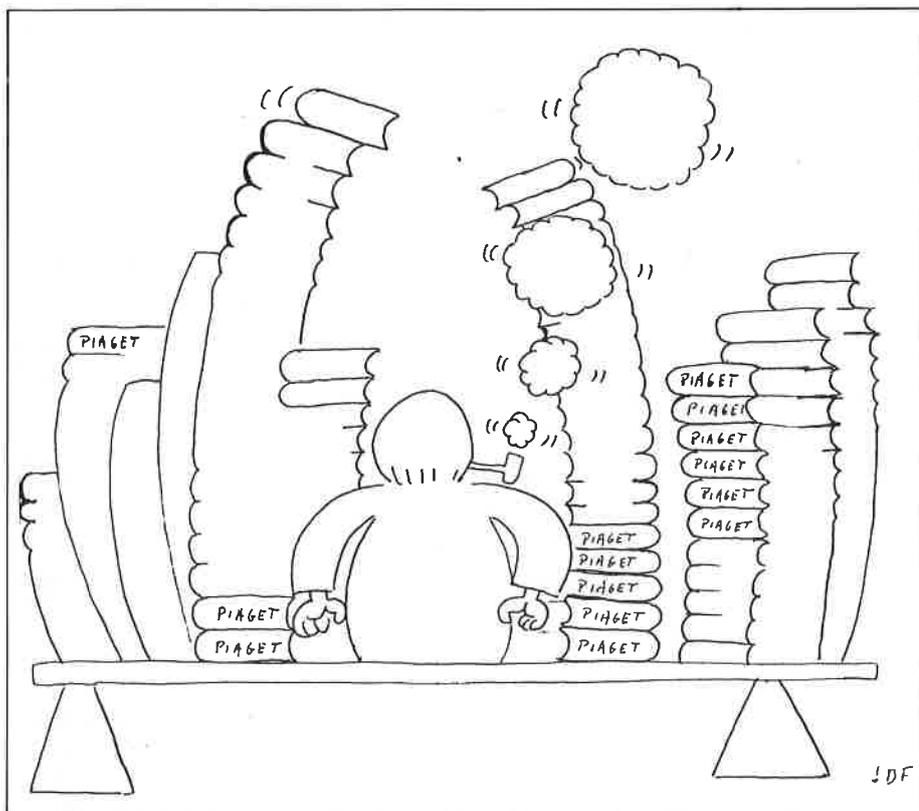
Souvent mal compris, même par ceux qui intellectuellement devraient être très proches de lui, Piaget poursuit ses recherches pluridisciplinaires. Il n'est plus possible de les ignorer, que l'on s'intéresse à la psychologie, à la pédagogie ou à l'épistémologie.

Les deux articles ont leur source dans une collaboration pluridisciplinaire autour de l'enseignement d'histoire et de philosophie des sciences créé à l'U.P.S. de Toulouse. Je remercie R. Poilblanc, Professeur à l'Université Paul-Sabatier, de l'intérêt qu'il manifeste pour cet enseignement.

* Bachelard caractérise « le nouvel esprit scientifique » par un tel renversement (c'est plus qu'une coïncidence) (16).

* Titre du beau film de M. Pacault.

** Paraphrasant J. Piaget : *Le comportement, moteur de l'évolution* (Coll. Idées).



« Je n'avais pas besoin de lire Piaget »... et vous ? »

(J. P. Piaget à l'émission « Apostrophes » d'Antenne 2)

Indications bibliographiques

● Pour des chimistes désireux de s'initier à l'œuvre piagétienne on peut penser au grand classique :

(1) J. Piaget et B. Inhelder. « Le développement des quantités physiques chez l'enfant ». Neuchâtel. Delachaux et Niestlé, 3^e ed. 1968.

Malheureusement les grands classiques de cette collection peuvent paraître un peu sévères pour une initiation. De plus la pensée de Piaget est évolutive; des interviews récentes et des articles très accessibles ont été publiés ces derniers temps, par exemple :

(2) J. Piaget. Mes idées (avec une bibliographie de 1907 à 1974) [Traduction d'un ouvrage américain de 1973; présentation de l'œuvre et discussion avec Piaget, Denoël-Gonthier, Paris 1977 (voir également la référence 21)].

(3) J. Piaget. Psychologie et pédagogie (2 art. de 35 et 65), Denoël-Gonthier, Paris 1969.

(4) J. Piaget. « Où va l'éducation ? Comprendre s'est inventer ». Publication de l'UNESCO 1948 et 1972, Denoël-Gonthier, Paris 1975...

Dans la même collection on trouvera d'autres « petits » écrits sur la psychologie, la pédagogie, l'épistémologie...

● Les ouvrages synthétiques :

(5) J. Piaget. « La psychologie de l'intelligence ». A. Colin, Paris 1947.

(6) J. Piaget. « L'épistémologie génétique ». P.U.F., Paris 1970.

(7) J. Piaget. « Problèmes de psychologie génétique », Denoël-Gonthier, Paris 1972.

(8) Théories du langage. Théorie de l'apprentissage, Seuil, Paris 1979. Le grand débat entre Piaget et Chomsky au Centre Royaumont, passionnant !

Collaborateur de Piaget au Centre International d'Épistémologie Génétique de Genève, F. Halbwachs a publié, avec une préface de Piaget, un ouvrage qui devrait intéresser nos collègues :

(9) F. Halbwachs. « La pensée physique chez l'enfant et le savant », Delachaux et Niestlé, Neuchâtel 1974.

(10) M. Padeloup. *L'actualité chimique*, juin 1980.

(11) J. Piaget. « Sagesse et illusion de la philosophie, P.U.F. », Paris 1972.

(12) J. Von Bertalanffy. « Théorie générale des systèmes », Dunod, Paris 1973.

● De nombreux ouvrages sont consacrés à l'approche systémique qui a gagné aussi les mathématiques (voir par exemple l'art. « Le flou devient mathématique », H. Prade dans *le Monde* du 11 mai 80). Il faudrait citer E. Morin, M. Serres, J. de Rosnay... une bonne introduction, très claire : « La systémique », D. Durand P.U.F., Q.S.J., Paris 79).

(13) P. Kolodkine : « Mendeleïev ». Seghers, Paris 1963 (voir aussi Histoire Générale des Sciences, directeur R. Taton aux P.U.F.).

(14) de Saussure. « Cours de linguistique générale », Payot, Paris 1972.

(15) J. Piaget. « Le jugement et le raisonnement chez l'enfant », Delachaux Niestlé, Neuchâtel 1967.

(16) G. Bachelard. « La formation de l'esprit scientifique ». Vrin, Paris, 10^e éd. 1977.

(17) P. Oleron. « Le raisonnement », P.U.F., Q.S.J., Paris 1977.

● Une analyse critique des opérations du groupe INRC dont la structure logique est démontée par J. B. Grize dans « Logique et connaissance scientifique ». Dir. J. Piaget, La Pléiade, NRF, Paris 1976.

(18) J. Piaget. « Biologie et connaissance », Idées Gallimard, 1967.

(19) I. Prigogine. « La recherche en biologie moléculaire », Seuil, Paris 1975.

(20) I. Prigogine et I. Stengers. « La nouvelle alliance », Gallimard, Paris 1979.

● Voir également la « conversation avec Prigogine » dans :

(21) J. C. Bringuier. « Conversations libres avec J. Piaget ». Très recommandé.

(22) J. P. Changeux. « Les communications cellulaires ». Cours inaugural au Collège de France. *Science et Avenir*, mars 1976.

(23) M. Atlan. « Entre le cristal et la fumée ». Essai sur l'organisation du vivant ». Seuil, Paris 1979.

● Signalons pour terminer que l'introduction des sciences physiques dans le premier cycle de l'enseignement secondaire français a été préparé par le Groupe Delacôte (Groupe de travail de la Commission Lagarrigue) très au fait des travaux de Piaget.

Le *Bulletin de l'Union des Physiciens* rend compte de travaux effectués dans cette optique.