JEAN PIAGET ET LA PSYCHOLOGIE DU DÉVELOPPEMENT COGNITIF (X)

DE LA PENSÉE CONCRÈTE À LA PENSÉE FORMELLE

PRÉAMBULE

Le cours d'aujourd'hui et celui de la semaine prochain ont essentiellement pour objet les progrès de la pensée opératoire chez l'adolescent, progrès caractérisés par la présence de nouvelles opérations intellectuelles portant non plus directement sur la réalité concrète, mais sur les opérations de la pensée concrète au moyen desquelles l'enfant organise et conçoit cette réalité. Mais avant de présenter les progrès de la pensée opératoire, commençons par un bref rappel et un complément quant aux trois précédents cours.

Les structures opératoires concrètes

Ces trois derniers cours ont porté sur la genèse de la pensée opératoire concrète en tant que celle-ci (1) réunit des éléments pour composer des classes basée chacune sur une relation d'équivalence logique (être une marguerite par exemple), (2) ordonne des éléments pour composer des séries basée chacune sur une relation asymétrique intensive[1] non métrique (une sériation de baguettes par exemple), ou encore (3) opère numériquement sur les éléments d'une ou de plusieurs collections (les dénombre et les compte, par exemple), ou encore (4) met en correspondance terme à terme des éléments de une ou de plusieurs collections, les compare, etc. Les expériences réalisées par Piaget et ses collaborateurs ont révélé qu'au terme de cette genèse, la pensée logico-mathématique se caractérise par des regroupements d'opérations logiques et arithmétiques qui assurent leur stabilité et leur cohérence en raison des propriétés de groupement ou de groupe mathématique qu'ils manifestent, dont : 1° la composabilité et l'associativité (complète ou au contraire) limitée des opérations inhérentes à chacun des regroupements arithmétiques ou logiques en jeu, 2° leur réversibilité, 3° la présence

[1] Pour Piaget, les relations *intensives* s'opposent aux relations *extensives* de la manière suivante. Alors que ces dernières portent aussi bien sur les rapports quantitatifs entre les parties elles-mêmes d'un tout que sur les rapports quantitatifs de chacune de ces parties au tout qui l'englobe et inversement (ainsi que de chaque partie ou tout à elle-même ou à lui-même), les premières ne portent que sur les rapports quantitatif des parties au tout et inversement (ainsi que de chaque partie ou tout à elle-même ou à lui-même) ; la seule maîtrise d'une relation intensive ne permet donc pas de connaître, par exemple et par report d'une unité de mesure, de combien une baguette est plus grande qu'une autre, mais seulement de savoir qu'elle est plus grande que telle autre.

d'une opération identique générale propre aussi bien aux opérations logiques qu'aux opérations arithmétiques (notamment la classe vide pour l'addition logique, et le zéro pour l'addition arithmétique), 4° la présence de tautologies ou identiques spéciales (dans le cas seulement des opérations logiques telles que l'inclusion de classes), ou encore 5° la transitivité (pour ce qui est des relations d'équivalence aussi bien que des relations asymétriques, qu'elles soient logiques ou arithmétiques).

Structures logico-arithmétiques et structures infralogiques

En révélant les structures qui les sous-tendent, la centration des précédants cours sur la logique des classes et des relations ainsi que sur le nombre, a du même coup permis de montrer les liens étroits qui relient ces trois domaines majeurs de l'intelligence logico-mathématique.[2] Cependant, ces trois domaines ne concernent que des ensembles *discrets* d'éléments considérés comme indivisibles (un ensemble de billes de différentes couleurs, ou encore des bâtons de différentes longueurs). Ils ne couvrent pas les opérations portant sur des totalités en tant que ces totalités sont décomposables et décomposées en parties, comme le sont l'espace tout entier, ou encore les objets qui le peuplent, mais aussi le temps, tous considérés en tant que composés de parties (par exemple, un bâton ou un gâteau que l'on peut décomposer en différents morceaux, ou une semaine que l'on peut décomposer en mois). Piaget, qui a conduit également sur cet autre plan un grand nombre de recherches complémentaires au précédant [3], désigne du terme d'*infralogique* tout ce qui concerne le domaine des activités de pensée en tant que celles-ci portent non pas sur des éléments ou des collections d'éléments que l'on peut *ajouter* ou *soustraire* les uns aux autres, ou encore *multiplier* ou *diviser*, au sens arithmétique mais aussi logique de ces termes [4], mais sur de telles compositions ou

[2] Insistons sur le fait que les structures détectées grâce aux nombreuses recherches piagétiennes sur le développement de l'intelligence représentative ne cessent de sous-tendre la plupart des comportements observés chez l'enfant, même si c'est de manière plus cachée, moins fonctionnellement séparée que dans les cas où les enfants sont confrontés à des situations expérimentales propices à rendre quasi-observables ces structures, pour autant, encore une fois, que l'on aie appris à les reconnaître (ainsi que le signalait Piaget lors de son entretien avec Gilbert Voyat dont on peut lire le texte sur le site de la Fondation Jean Piaget : http://www.fondationjeanpiaget.ch/fjp/site/textes/index_autres_chrono.php, année 1980).

[3] Les recherches portant sur *La représentation de l'espace* et sur *La formation de la géométrie chez l'enfant* (1948) ont été réalisées en étroite collaboration avec Bärbel Inhelder et Alina Szeminska.

[4] Pour prendre un exemple permettant de préciser la notion de division logique, après avoir logiquement multiplié les propriétés de forme avec celles de grandeur des éléments d'une collection d'objets ronds, carrés, petits ou grands pour aboutir à quatre sous-classes d'objets : les ronds petits, les ronds grands, les carrés petits et les carrés grands, on peut annuler cette multiplication en procédant à une *division logique*, laquelle consiste en l'opération de *faire abstraction* de l'une ou l'autre des deux propriétés multipliées, ici celle de grandeur ; en faisant ainsi abstraction de cette dernière propriété, la division permet de

décompositions de parties et de totalités qui sont elles aussi, mais en un autre sens, susceptibles d'être ajoutées, soustraites, multipliées ou divisées.

Dans les termes de Piaget lui-même, et pour prendre le seul exemple de l'espace, au lieu « de réunir ou de dissocier les objets selon leurs ressemblances (fondement des classes et des relations symétriques) ou leurs différences (fondement des relations asymétriques), les opérations *infralogiques* réuniront ou dissocieront les *parties* d'objets selon leurs voisinages ou leurs différences de position [à gauche, devant, etc.] : ainsi quelques éléments voisins constitueront une réunion α, laquelle jointe à une réunion voisine α' formera la réunion β, etc., chaque réunion d'ordre α, β, γ, etc., constituant un objet partiel et ces totalités de divers étant elles-mêmes parties de l'objet total qui est l'espace considéré » (Piaget et Inhelder, *La représentation de l'espace chez l'enfant*, pp. 534-535, ou 543-544 de la 1ère édition).

Sans entrer dans le détail des recherches concernant ce domaine de recherche sur la pensée infralogique, notons simplement que celles-ci, ainsi que les modélisations logico-mathématiques des conduites et des jugements des enfants qui les complètent, ont cependant permis de montrer la parfaite similitude ou *isomorphisme* de structure qui existe entre les regroupements d'opérations portant sur des contenus logiques et arithmétiques d'un côté, et, de l'autre, les regroupements d'opérations portant sur l'infralogique (par exemple les opérations de placement et de déplacement spatial), y compris les opérations de mesure dans lesquelles on retrouve d'ailleurs le nombre, mais appliqué à la réalité spatiale ou temporelle.

Pour conclure cet examen de la pensée concrète, illustrons le parallélisme de développement et l'isomorphisme qui existent entre les opérations logiques et infralogiques par un exemple emprunté à l'une des recherches sur la construction de la notion de temps chez l'enfant, portant sur la notion d'âge [5].

Pour un enfant, savoir ce que signifie « avoir 5 ans » relève (au minimum) du même niveau de difficulté que savoir que l'on se trouve au 5ème étage d'une immeuble de 5 étages (chacun des étages étant considéré comme un élément dans une série d'éléments

retrouver les deux sous-classes initiales composées des ronds d'un côté, et des carrés de l'autre, ceci de la même façon qu'en arithmétique, après avoir multiplié 3 par 2, on peut retrouver 3 en divisant par 2 le résultat obtenu.

[5] J. Piaget, *Le développement de la notion de temps*, PUF, 1946. Cf. aussi F. Jamet et al., « Quel âge as-tu ? — Étude développementale chez l'enfant de 3 à 10 ans. *Revue Québécoise de Psychologie*, 31 (1), 171-192, 1910.

parfaitement identique du point de vue logique si rien ne distingue un étage d'un autre, sinon son nombre ordinal).

Stade I. — À l'âge de 4-5 ans environ, il n'y a encore aucune véritable compréhension ni de la succession des âges ni des durées entre les âges successifs, ni de coordination entre les affirmations portant sur la succession et celles portant sur la durée. Par exemple, PTI[6] (4;9) « sait » qu'il a 4 ans et demi. Mais que signifie ce savoir ? Sait-il qu'il y a 4 ans ½ qu'il est né ? Non. Il sait qu'il a un grand frère qui va à la grande école. Il en conclut que ce grand frère est plus vieux que lui. Mais à la question de savoir s'il est né avant ou après ce grand frère, il répond qu'il est né avant celui-ci. PTI pense aussi que si, quand lui était plus petit, son frère avait 2 ans de plus, maintenant, il en aurait 4 de plus. L'écart des âges peut ainsi changer et même s'annuler. PTI affirme pouvoir aussi devenir le plus vieux s'il « mange beaucoup de soupe », parce qu'alors il sera plus grand en taille (il y a donc ici indissociation entre les notions d'âge et de taille, avec primauté de l'espace sur le temps).

Stade II. — Vers 6-7 ans, l'enfant peut répondre correctement à des questions concernant la succession, tout en se trompant sur l'écart des âges, ou au contraire répondre correctement à des questions portant sur l'écart, mais sans que cela entraîne des réponses justes au sujet de la succession. Le deuxième stade se caractérise donc par une absence de coordination entre les notions de succession et de durée. Par exemple, MON[7] (7;10) a une amie Eliane. MON sait que son amie a 9 ans ½ et qu'elle-même a 7 ans ½. Elle sait également que son amie est plus âgée et elle maîtrise suffisamment l'arithmétique pour déduire qu'il y a deux ans de différence d'âge entre elle et son amie. MON sait aussi qu'Eliane est née avant elle, mais lorsqu'on lui demande combien d'année avant, elle affirme qu'elle ne le sait pas et que l'on ne peut pas savoir. Elle pense aussi que lorsqu'elle sera une dame, son amie sera toujours plus vieille qu'elle, mais elle affirme là aussi ne pas savoir quelle sera alors leur différence d'âge. Lorsque l'expérimentateur lui demande si ce sera « deux ans, comme maintenant », MON pense que plus tard, la différence sera plus grande que deux. MON répond ainsi toujours correctement aux questions relatives à la succession, mais elle ne parvient pas à déduire de leur différence d'âge actuelle (qu'elle connaît) l'âge qu'avait Eliane lorsque elle-même est née.

---

[6] *Op. cit.*, pp. 212-213. Le chapitre dont est extrait cet exemple et les suivants est disponible sur le site de la Fondation Jean Piaget :
http://www.fondationjeanpiaget.ch/fjp/site/textes/index_extraits_chrono3.php (année 1946).

[7] Cf. J. Piaget, *Le développement de la notion de temps*, 1946, pp. 215-216.

Autre exemple du deuxième stade, DOUR[8] (7;5) sait qu'entre lui et son copain Gérald, qui a 12 ans, il y a une différence d'âge de 5 ans. Contrairement à MON, il sait que cette différence se conservera toujours. Mais à la question de savoir si Gérald est né avant ou après lui, DOUR répond qu'il ne sait pas, parce qu'il ne connaît pas la date de sa naissance.

Stade III. — Ce n'est qu'à 7-8 ans environ que les enfants parviennent à coordonner opératoirement les notions de durée et de succession des âges. Ainsi GILB[9] (7;9), qui est un enfant unique, a un ami qui a 15 ans. Interrogé sur leur différence d'âge, GILB répond : 8 ans. À la question de savoir si cet ami est né avant ou après, il répond « avant », et à celle de savoir combien de temps avant, il répond « 8 ans ». Enfin, lorsqu'ils seront tous deux des messieurs, son ami sera toujours le plus vieux, puisqu'il est né avant. De même, entre GILB et sa maman, la différence d'âge sera toujours la même, parce que « ça ne change jamais ». Par ailleurs, des personnées agées peuvent avoir des âges différents, cela dépend quand ils sont nés ; ils peuvent avoir 50 ans, ou 60, etc.

* * * * *

La présentation que nous avons faite dans le précédent cours en ce qui concerne la genèse du nombre, de même que ce que nous venons de constater chez le jeune enfant qui mesure l'âge à l'aune de la grandeur de l'individu, ou (chez un autre enfant) au fait d'avoir une grande barbe, etc., ont permis de mettre en lumière un fait très révélateur. Une grande partie des difficultés que les enfants doivent surmonter pour atteindre l'équilibre propre à la pensée opératoire concrète tient à deux facteurs. Premièrement, une *centration de la pensée sur les états et non pas les transformations*, *ou alors*, lorsqu'il y a centration sur ces dernières, comme cela arrive dans certaines expériences, *assimilation de ces transformations à l'activité propre*, par défaut de décentration du sujet (par exemple, une personne plus forte peut pousser ou tirer davantage qu'une personne moins forte, ou monter plus rapidement, etc. ; de cette expérience banale, un enfant peut faussement conclure qu'un wagon de chemin de fer peut lui aussi pousser ou tirer plus ou moins fort, ou encore monter ou descendre plus si on lui ajoute du poids). Deuxième facteur : l'*insuffisante différenciation des domaines de connaissance*. Par exemple, l'appui pris sur une grandeur spatiale (la longueur d'une rangée de jetons) pour juger de la conservation ou non du nombre, ou, au contraire, l'appui pris sur le nombre pour juger

[8] *Id.* pp. 27-218.
[9] *Id.* p. p. 219.

de la quantité de matière (une fois découpée entre 4 morceaux, une boulette de plasticine peut être jugée avoir une quantité plus grande qu'une boulette au départ identique mais non découpée en 4).

On voit donc que le passage d'une pensée préopératoire marquée par des centrations et des oscillations de la pensée sans stabilité ni conservation des jugements à une forme de pensée atteignant un ensemble cohérent de pensées et de jugements concrets (portant sur des propriétés du réel perçu et représenté, ou des événements qui s'y déroulent) résulte de la capacité de regrouper par famille les opérations relatives à des activités de classification, de sériation, de dénombrement, de placement et de déplacement dans l'espace ou dans le temps, à des comparaisons, à des mises en correspondance, etc. Mais on va aussi pouvoir constater maintenant que cette dissociation des domaines de réalité (la logique, le temps, l'espace, le nombre) qui est la condition du passage des jugements préopératoires aux jugements opératoires propres à la pensée concrète en chacun de ces domaines va être à son tour source de nouvelles difficultés, notamment lorsqu'il s'agira d'anticiper ou de comprendre les transformations jamais épurées d'une réalité physique dans laquelle ces domaines ne cessent de se chevaucher, d'être entremêlés. Le monde et ses objets se laissent certes en bien des situations se prêter à des activités dans lesquelles dominent l'une ou l'autre des activités de rangement, de sériation, de dénombrement, de mesure, etc. qui sont propres aux différents regroupements d'opérations logiques-mathématiques composant la pensée opératoire concrète ; mais dès qu'il s'agit de le pénétrer en profondeur, d'expliquer les transformations qui s'y déroulent, une complexité apparaît face à laquelle les opérations concrètes se trouvent le plus souvent démunies, quand bien même elles mettent un certain ordre dans ce à quoi le sujet se confronte.

Comme on va tout de suite le constater à travers quelques exemples, cette complexité de la réalité extérieure, qui est le plus souvent sinon toujours le résultat d'un *mélange de facteurs causaux*, est l'une des sources de la nécessité pour l'enfant de 10 ans ou plus de construire progressivement, au dessus de la pensée concrète, cette nouvelle forme de pensée qu'est la pensée formelle (une autre source importante étant le besoin de convaincre autrui et de se convaincre soi-même de la véracité des affirmations que l'on soutient).

Mais il existe par ailleurs une autre source de progression, à savoir certaines limitations purement internes de la pensée concrète. Par exemple, lorsque la pensée s'applique indûment à des situations dans lesquelles les arguments justifiant les jugements portés sur la conservation de la longueur du périmètre d'une surface font croire que cette surface se conserve lorsque l'on modifie la forme du périmètre (mais pas sa longueur), ou encore lorsque, dans un problème tel que celui de la conservation des liquides, on cherche à connaître quelle hauteur exacte le niveau de liquide atteindra dans le nouveau verre plus allongé. Entrent en jeu ici des questions de proportionnalité que seule une structure plus puissante, propre à la pensée formelle, permettra de maîtriser.

DE LA PENSÉE CONCRÈTE À LA PENSÉE FORMELLE.
I. LE MÉCANISME DE DISSOCIATION DES FACTEURS

Pour prendre connaissance et comprendre le passage de la pensée concrète à la pensée formelle ainsi que les caractéristiques propres à cette dernière, les nouvelles opérations et structures qui la composent, le mieux est de présenter directement quelques-unes des expériences exposées par Inhelder et Piaget dans leur ouvrage de 1955 [10]. Ce qui permettra, dans une première étape, de découvrir une première caractéristique majeur de la pensée formelle, à savoir l'utilisation d'un procédé majeur de la pensée hypothético-déductive telle qu'elle intervient dans l'expérimentation scientifique : la dissociation des facteurs et le procédé du « toute chose égale par ailleurs ».

1. Le billard et l'égalité des angles d'incidente et de réflexion

Le problème auquel sont confrontés les enfants et adolescents interrogés est simple. Le sujet est placé debout, devant une sorte de billard avec des emplacements particuliers et un dispositif de lancement de bille (voir la photographie). Après avoir montré au sujet comment fonctionne le propulseur, l'expérimentateur E pose un objet (un cylindre) sur l'un des emplacements et demande à l'enfant de se servir du propulseur pour atteindre le cylindre au moyen de la bille. Le dispositif est tel que la

[10] *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*. Plusieurs chapitres de cet ouvrage sont disponibles sur le site de la Fondation Jean Piaget pour recherches psychologiques et épistémologiques.

bille ne peut atteindre sa cible qu'après avoir ricoché sur le bord du billard.

Les comportements des sujets révèlent leur niveau de compréhension de la loi de l'angle de réflexion que doit suivre la bille par rapport au bord du billard pour atteindre le but fixé. Les conduites les plus typiques se laissent ranger en trois stades.

Stade I (période préopératoire et tout début des opérations concrètes). — Les enfants les plus jeunes, vers 5-6½ ans, après avoir, pour certains, tenté d'atteindre directement la cible en plaçant le propulseur dans la direction de la cible, ce que le dispositif ne permet pas, procèdent par pur tâtonnement aléatoire, sans avoir aucune idée de la façon de procéder. S'ils peuvent atteindre la cible par pur hasard, et s'ils se réjouissent de leur succès, ils n'en sont pas moins incapables d'en livrer une explication physique. Par exemple, DAN[11] (5;2) réussit par tâtonnement à orienter à peu près correctement le propulseur de manière à ce que la bille atteigne la cible, mais, prié de décrire ce qui s'est passé, il décrit sa trajectoire comme une courbe allant de la sortie du propulseur jusqu'au cylindre, sans tenir compte du fait que la bille a heurté la paroi du billard. PER[12] (6;6) montre également par un geste la trajectoire également courbe qu'aurait suivi la bille pour atteindre la cible. Certains enfants en arrivent cependant à admettre que la bille *doit* toucher le bord du billard, mais ils assimilent alors cette condition à une contrainte quasi-morale. Les plus avancés des enfants de ce niveau parviennent cependant à reconstituer à peu près correctement la trajectoire de la bille, mais sans pouvoir l'expliquer. C'est le cas de ANT[13] (6;6), qui prend conscience que la bille fait un ricochet et qui en conséquence indique correctement les deux moments rectiligne de la trajectoire tout en affirmant : « Elle (la bille) tape là, puis elle va là ». [14]

Stade II (période des opérations concrètes). — Ayant atteint le niveau des opérations concrètes, les enfants n'ont toujours pas les compétences leur permettant d'atteindre la loi d'égalité des angles d'incidence et de réflexion et donc de résoudre déductivement, par anticipation opératoire, le problème de placer sans tâtonnement (ou avec un minimum d'ajustements) le propulseur de manière à ce que la bille atteigne à coup sûr du premier coup la cible. Toutefois, les enfants de ce niveau, prennent non seulement conscience de la nécessité du ricochet, mais aussi du rôle que joue la plus ou moins

[11] Inhelder et Piaget, *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*, p. 8.

[12] *Id.*

[13] *Id.*, p.8.

[14] Un extrait de film réalisé par B. Inhelder et ses collaborateurs à la fin des années 1950 illustre les comportements de ce premier niveau. Pour le découvrir, consulter la note 14 de la version électronique du présent cours.

grande inclinaison de la tige, sans cependant parvenir à concevoir la loi d'égalité des angles. Procédant par tâtonnement dirigé et non plus aléatoire, les sujets utilisent leurs opérations concrètes pour faire intuitivement correspondre l'angle avec lequel la bille va venir frapper le bord du billard avec la direction que prendra la bille après avoir frappé ce bord. Cette compétence opératoire permettra par exemple à KAR[15] (9;6) de soutenir, après une série d'essais, que plus on place le propulseur tout près de la perpendiculaire du billard (par rapport au point où la bille viendra frapper le bord) « et plus la bille viendra comme ça » (KAR montre par un geste que la trajectoire de la bille forme une sorte de V renversé, la pointe du V se confondant avec le point auquel la bille frappe le bord du billard). En cherchant à vérifier cette hypothèse, il en arrive aussi à découvrir que la bille revient vers le propulseur si celui-ci est dirigé perpendiculairement au bord du billard. Mais chez lui, tout cela reste de l'ordre de l'expérimentation par tâtonnement progressif et d'intuitions anticipatrices reposant sur cette expérimentation. Néanmoins, c'est bien une sorte de mise en correspondance empirique de deux séries d'inclinaisons qui semble avoir été à l'œuvre chez ce sujet.[16]

Stade III (période des opérations formelles). — Après quelques explorations utilisant les opérations concrètes, les sujets de ce stade découvrent la loi d'égalité des angles d'incidence et de réflexion qui leur permettront de ne plus recourir au tâtonnement (exceptions faites d'ajustement mineur) pour résoudre le problème d'atteindre une cible au moyen d'une bille et d'un propulseur. Si, pour une raison ou pour une autre, un lancer aboutit à un échec, la loi n'est pas remise en cause ; tout raté s'explique par des erreurs de manipulation ou tout autre raison (la présence d'un obstacle, etc.) qui ne change en rien la généralité, ressentie comme nécessaire, de l'égalité des angles d'incidence et de réflexion. Par exemple, DEF[17] (14;8), après trois essais, constate que « plus le plot se rapproche du lanceur, plus le lanceur doit aussi se rapprocher du plot ». À l'expérimentateur qui lui demande de préciser sa pensée, il répond : « par exemple, s'il y avait une ligne ici [= la perpendiculaire au point de rebondissement de la bille], il faudrait que la même largeur soit ici [entre cette ligne et le propulseur] et là [entre la ligne et le plot] », ce que confirme le fait particulier que la bille revienne vers le lanceur

---

[15] *Id.*, p. 10.

[16] Un 2e extrait de film réalisé par B. Inhelder et ses collaborateurs à la fin des années 1950 illustre les comportements de ce niveau des opérations concrètes chez un enfant de 9 ans. Pour le découvrir, consulter la note n. 16 de la version électronique du présent cours.

[17] *Id.*, p. 13.

si celui-ci est placé perpendiculairement au bord du billard. Un autre adolescent, BON[18] (14;8) en viendra lui aussi, après quelques expérimentations, à formuler la loi selon laquelle les deux angles (d'incidence et de réflexion qu'il désigne du doigt) sont égaux. Comme l'affirmera après deux ou trois essais un autre sujet, GUG[19] (14;4), qui a d'emblée suspecté que « plus on tire horizontalement et plus la bille s'éloigne de son point de départ », pour atteindre une cible, « il faut trouver l'angle » et pour cela « il faut tracer la perpendiculaire » par rapport au butoir. Ce qu'il fait et ce qui le conduit à découvrir la loi de l'égalité des angles d'incidence et de réflexion.[20]

À comparer les comportements et les réponses des enfants ayant atteint le niveau des opérations concrètes et les adolescents ayant atteint le stade 3, la question se pose de la raison pour laquelle les premiers, alors même qu'ils découvrent, comme les seconds, la correspondance entre la plus ou moins grande inclinaison du lanceur et la plus ou moins grande inclinaison que parcourt la bille après avoir rebondi contre le bord du billard, ne parviennent pas à découvrir la loi d'égalité des angles d'incidence et de réflexion. Peut-être est-ce affaire d' « attitude expérimentale », comme le suggérait Bärbel Inhelder dans un article de 1954[21] ? Peut-être n'insèrent-ils pas leur démarche empirique dans un processus de raisonnement hypothético-déductif leur permettant de transformer leur supposition en loi nécessaire ? Chez le sujet de niveau formel, en effet, une fois formulée l'hypothèse, il suffit de quelques essais systématiquement conduits pour aboutir non seulement à vérifier celle-ci, mais à en déduire le caractère nécessaire, lié à un début d'explication rationnelle des régularités constatées : la bille venant heurter sous un certain angle le bord du billard doit nécessairement repartir dans une direction symétrique formant un même angle avec ce bord, ceci en raison de principes généraux tels que ceux d'égalité de l'action et de la réaction, de conservation du mouvement, etc. Comme les recherches que nous allons maintenant résumer l'ont montré, ce changement d'attitude expérimentale est très étroitement lié à une transformation profonde de la pensée qui, de tournée vers le réel (y compris le réel imaginé propre à un type de jeux),

---

[18] *Id.*, p. 12.

[19] *Id.*, p. 14.

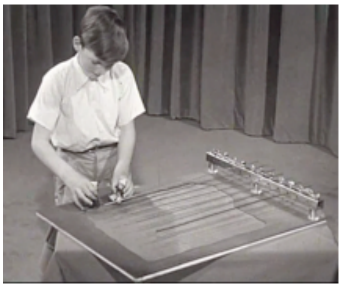
[20] Un 3e extrait de film réalisé par B. Inhelder et ses collaborateurs à la fin des années 1950 illustre la découverte rapide, chez un adolescent, de la loi d'égalité des angles d'incidence et de réflexion. Pour le découvrir, consulter la note n. 20 de la version électronique du présent cours.

[21] Bärbel Inhelder, Les attitudes expérimentales de l'enfant et de l'adolescent, *Bulletin de psychologie*, 1954, pp. 272-282. Cet article est disponible sur le site de la Fondation Jean Piaget (http://www.fondationjeanpiaget.ch/fjp/site/textes/index_litt_sec_alpha.php).

s'en détache pour considérer des ensembles de possibilités, et dont le fonctionnement devient sous-tendu par de nouvelles structures opératoires que Piaget a découvertes et modélisées dans son *Traité de logique : essai de logistique opératoire* de 1949.

2. La flexibilité des tiges et la dissociation des facteurs

Cette expérience confronte les sujets avec ce qui est au cœur de l'attitude expérimentale formelle : la capacité de *dissocier les multiples facteurs* susceptibles d'expliquer les transformations physiques qui se produisent au sein de la réalité. Comme on va le voir, cette capacité repose sur un procédé expérimental classique, la méthode du « toute chose égale par ailleurs », que la science expérimentale a mis beaucoup de temps à découvrir (peut-être avec Galilée, au 16e siècle[22]), et encore plus de temps à entrevoir la thématisation (peut-être avec Francis Bacon, au tournant du 16e et du 17e siècle).



Voilà la situation à laquelle l'expérimentateur psychologue confronte les sujets qu'il interroge. Un ensemble de tiges sont fixées sur un dispositif (voir la figure). Ces tiges peuvent être de différentes matières plus ou moins flexibles (acier, laiton, cuivre, par exemple), de différentes formes (carrées, arrondies) et elles peuvent varier en épaisseur et en longueur (par déplacement par rapport au dispositif de fixation des tiges). Des poupées de poids différents peuvent en outre être glissée sur l'une ou l'autre des tiges et les faire fléchir jusqu'au point où leur extrémité touche le sol (ou la surface de l'eau, si les tiges sont supposées se trouver au dessus d'un bassin rempli d'eau).

Dans une première phase de l'expérience, après que l'expérimentateur a présenté le dispositif et que les sujets ont pu explorer librement le dispositif, l'expérimentateur les invite à partager leurs observations et à expliquer les variations d'inclinaison constatées lorsque la poupée est placée sur les différentes tiges.

Comme dans l'expérience précédente, les comportements et réponses des enfants se laissent ranger en trois étapes principales.

[22] Il est évident que cette méthode de dissociation des facteurs et du « toute chose égale par ailleurs », qui allie expérience et raisonnement pour découvrir la ou les causes d'un phénomène, et que les adolescents vont spontanément réinventer dans les situations auxquelles l'expérimentateur-psychologue les confronte a très certainement été spontanément été utilisée avant même que la science expérimentale moderne n'en fasse un usage systématique. Mais il semble que cela ne soit n'est guère avant le 16e siècle que cet usage a été généralisé. Je n'ai pas trouvé d'ouvrage historique ni d'étude clarifiant cette question.

Stade I (période de la pensée préopératoire). — À ce niveau, les enfants ne peuvent aller au-delà de dire ce qu'ils voient lorsqu'une poupée est placée sur telle ou telle tige. Ainsi, lorsqu'on leur demande d'expliquer le fait que telle poupée touche ou non la surface de l'eau selon qu'elle est sur telle planche plutôt que telle autre, ils mentionnent chaque fois une caractéristique associée à l'une des situations, sans se soucier de relier les unes aux autres les différentes explications successivement proposées et même sans se soucier de vérifier que cette caractéristique est bien celle qui s'applique au fait en question.

Par exemple, pour RIC[23] (5;0) : lorsque la poupée est mise sur l'une des tiges, celle-ci touche l'eau « parce que [le pont] est plus bas » (l'effet devient sa cause !) ; par contre pour une autre tige, la poupée ne touchera pas l'eau, « parce que la barre est trop haute », ou bien, pour une autre encore : parce que celle-ci « est trop courte » (ce qui est cette fois une des explications possibles, qui par pur hasard est ici effectivement prégnante et pertinente). Autre exemple, HUC[24] (5;5) : à la question de savoir pourquoi les baguettes ne descendent pas toutes la même chose, il répond « parce que le poids *doit* aller dans l'eau ». Et lorsqu'une poupée de 200g est placée sur une grosse tige et une autre de 100g sur une tige fine, à la question de savoir pourquoi la plus fine plie plus, HUC répond : « le poids est plus gros ici » (sur la tige qui plie le moins !). Mais lorsque la poupée de 200g est placée sur la tige fine, HUC répond que si cela touche maintenant, c'est « parce que ça doit ! ».

N'ayant pas encore acquis les opérations logiques élémentaires, les enfants de ce niveau n'essaient pas de mettre un minimum d'ordre dans leurs observations, et lorsqu'un début d'apprentissage et de transfert se produit d'une situation à l'autre, le mécanisme en jeu reste du type de ceux que l'on peut rencontrer dès le 5e niveau de développement du développement sensori-moteur, auquel s'ajoute une transcription verbale qui reste à la surface des choses et relève tout au plus de la causalité phénoméniste, de la causalité par efficace, ou de la « causalité » morale ou psychologique[25].

---

[23] *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*, 1955, p. 44.

[24] *Id.*

[25] Piaget (*De quelques formes primitives de causalité chez l'enfant: phénoménisme et* efficace, *Années psychologique,* 1925, p. 34) : « Nous dirons qu'il y a *causalité phénoméniste* lorsqu'un événement A est censé produire un événement B simplement parce que A et B ont été perçus ensemble » et sans qu'il existe entre eux un véritable lien de causalité physique. À cette 1ère forme de causalité s'ajoute ici une *causalité par efficace* calquée sur ce que le sujet perçoit de lui-même ou (par projection) chez autrui dans les actions sur les objets (personnes autre que soi y comprises) : être plus fort permet de faire telle action de manière intérieurement ressentie comme plus efficiente, ou encore une forme de *causalité morale* (devoir faire quelque chose), et c'est ce sentiment d'efficace ou bien de cause morale ou psychologique qui peut être projeté sur un objet extérieur.
L'article de 1925 dont est tirée cette citation de Piaget peut être téléchargée sur le site de la Fondation, à l'adresse : http://www.fondationjeanpiaget.ch/fjp/site/textes/index_autres_chrono.php.

Stade II (période des opérations concrètes). — Les sujets de ce niveau se distinguent des précédents en parvenant effectivement à mettre en relation les différentes caractéristiques des tiges, leurs différences de longueur, de matière et de forme. Grâce à leur capacité de mettre en correspondance qualitatives ces caractéristiques (par exemple les longueurs et les épaisseurs), les enfants les plus avancés de ce stade peuvent même juger être compensé l'effet d'un facteur par celui d'un autre facteur en s'appuyant sur les observations qu'ils ont pu faire au cours de leurs expériences (présentes ou passées). Mais lorsqu'il s'agit de vérifier que tel ou tel facteur joue bien un rôle positif ou négatif, ils mélangent les facteurs les uns avec les autres (soit involontairement, soit intentionnellement dans le but de rendre encore plus évident ce qu'ils croient être le facteur ou la caractéristique entraînant tel ou tel effet).

Par exemple, MOR[26] (7;10), après avoir mis une poupée sur une tige mince et constaté que la tige touche l'eau, s'attend à ce que cela ne « tombera pas la même chose avec [une tige épaisse] parce que l'autre est plus mince ». Puis, sans confirmer sa prévision, il place une poupée plus lourde sur une tige courte et une plus légère sur une tige longue en prévoyant que la plus courte pliera plus « parce que l'autre bonhomme [celui placé sur la plus longue tige] est plus léger que celui-là ». Il s'attend donc à ce que la plus lourde fera plus plier une tige que la plus légère. Cette intuition de départ est certes correcte et fondée sur l'expérience courante, mais l'introduction d'une différence de longueur entre les deux tiges et donc le mélange des facteurs contredisent cette attente. Du coup, il allonge la courte de manière à aboutir, par tâtonnement, à l'effet attendu, etc.

Autre exemple : BAU[27] (9;2) pense que les tige minces penchent plus que les autres parce qu'elles sont plus légères. L'expérimentateur demande à l'enfant de lui montrer que c'est le cas. BAU prend deux poupées de même poids et en place une sur une tige longue et fine, et l'autre sur une tige courte et épaisse. Evidemment il est satisfait. En réponse à une question du psychologue, il admet que si l'on a qu'une tige mince et une tige épaisse, on peut quand même savoir si la mince plie plus, mais il pense que c'est mieux de prendre une longue et mince et une courte et épaisse pour montrer qu'une tige mince plie davantage qu'une épaisse !

Stade III (période des opérations formelles). — Les adolescents commencent en général eux aussi à réaliser quelques expériences, dans le but de se faire une idée des

[26] *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*, 1955, p. 45.
[27] *Id.*, p. 46.

facteurs en jeu et en utilisant à cet effet les opérations concrètes de classification et de sériation dont ils disposent. Mais selon qu'ils sont plus ou moins avancés dans le développement de la pensée formelle et de ses opérations, ainsi que dans son utilisation, ils vont plus ou moins rapidement modifier leur approche et avoir l'idée, pour connaître l'effet de tel ou tel facteur, de ne modifier que celui-ci en se gardant de faire varier les autres.

Premier exemple : PEY[28] (12;9, stade IIIA[29]). Pey suppose que pour faire plier la tige jusqu'à ce qu'elle touche l'eau, il faut qu'elle soit « longue et mince ». Invité à vérifier son affirmation, il procède à différents essais, ce qui l'amène à conclure que « plus c'est gros et épais, plus ça résiste ». Invité à préciser sa pensée, il indique avoir remarqué qu'une grosse tige carrée en laiton plie plus qu'une grosse tige carrée en acier (les autres conditions étant égales), mais aussi qu'une tige ronde, mince et en laiton plie plus qu'une tige carrée, grosse et en laiton. Il tend donc à dissocier les facteurs, mais sans avoir encore une claire idée de la méthode du toute chose égale par ailleurs, ce qui l'empêche d'atteindre un contrôle systématique de l'ensemble des facteurs. [30]

Deuxième exemple : DEI[31] (16;10, stade IIIB) commence par explorer les différentes facettes de la situation, puis résume ses observations en affirmant que parmi les facteurs qui interviennent, il y a « le poids, la matière, la longueur de la baguette, peut-être la forme ». Appelé à prouver que c'est le cas, elle commence par comparer les effets de deux poupées de poids différents successivement placées sur la même baguette. Pour la matière, elle commence par dire qu'elle ne sait pas (comment le prouver), puis pense qu'elle doit « prendre deux baguettes de même forme », et enfin s'apprêtant à passer à l'acte, elle affirme qu'elle doit également raccourcir l'une des deux tiges pour qu'elles soient toutes deux de la même longueur, etc.

DEI prend donc conscience en cours d'expérience de la nécessité de ne varier qu'un facteur à la fois pour être certain de son rôle causal, découverte qu'elle généralise

[28] *Id.*, p. 52.

[29] « IIIA » désignent les comportements des adolescents lors de leur entrée dans la pensée formelle. Par contre « IIIB » désignent les comportements et réponses d'adolescents ayant déjà acquis la maîtrise de cette pensée, ce qui ne veut pas dire que des tâtonnements ne soient pas nécessaires pour se familariser avec la situation particulière à laquelle ils sont confrontés.

[30] Un extrait de film tiré des recherches longitudinales de B. Inhelder et de ses collaborateurs sur le développement du raisonnement inductif illustre cette attitude d'un adolescent de niveau IIIA face à un problème de dissociation des facteurs. Pour le visionner, consulter la note 30 de la version électronique de ce cours disponible à l'adresse internet suivante : http://www.cepiag.ch/blog/?p=1233.

[31] *Id.*, p. 55.

aussitôt pour démontrer le rôle de chaque autre facteur. Elle résiste également à une contre-suggestion en disant que l'on ne peut pas prouver le rôle que joue la forme si l'on prend deux tiges certes de formes différentes (l'une carrée et l'autre ronde), mais ayant des grosseurs également différentes (l'une de 16mm, l'autre de 7mm).

3. Les oscillations du pendule — La chute des corps sur un plan incliné

Plusieurs autres expériences dans lesquelles il s'agit de trouver la raison d'un phénomène sont présentées dans le livre de 1955. Elles permettent d'explorer différentes facettes de la pensée formelle, mais qui toutes découlent des opérations qui lui sont propres et sur lesquelles nous reviendrons plus loin. La multiplication de ces expériences est importante : la convergence des constatations et des conclusions auxquelles chacune aboutit renforce la thèse selon laquelle la pensée de l'adolescent est sous-tendue par la présence de structures logico-mathématiques et de conduites sans lesquelles il n'y aurait pas de science expérimentale. Deux de ces expériences, l'une sur les oscillations du pendule, l'autre sur la chute des corps sur un plan incliné, sont particulièrement intéressantes en ce qu'elles portent sur la capacité, non plus seulement de dissocier les facteurs et de vérifier leur effet respectif sur les variations d'un phénomène tel que celui de l'inclinaison d'une tige, mais d'*exclure* des facteurs qui au départ paraissent intuitivement cause d'un phénomène physique.

(1) *Les oscillations du pendule*. — Dans cette expérience, il s'agit d'expliquer la *fréquence* des oscillations d'un pendule (= un poids attaché à une ficelle) ; pour parvenir à une solution exacte, le sujet doit *exclure* les facteurs qui, au départ, paraissent s'imposer : le poids du pendule ou bien sa hauteur de chute (dont la variation entraîne seulement une *amplitude* plus ou moins grande de mouvement) pour parvenir à la conclusion que seule une modification de la longueur de la ficelle explique une variation de fréquence. Dans la précédente expérience, tous les facteurs en jeu étaient intuitivement jugés avoir un impact sur l'inclinaison des tiges ; qui plus est les hypothèses spontanément formulées chez des sujets ayant atteint le niveau des opérations concrètes étaient d'emblée correctes quant à l'impact des différents facteurs sur la plus ou moins grande inclinaison de la tige ; le sujet devait simplement vérifier la véracité de ses suppositions, ce qui n'était possible qu'au niveau de la pensée formelle et une fois découvert le procédé du « toute chose égale par ailleurs ». Dans cette nouvelle situation, le procédé à utiliser reste certes le même, à la nuance près que son résultat ne

peut que contredire l'intuition première qui, le plus souvent, s'impose (à savoir que c'est le poids suspendu à la ficelle, ou alors la hauteur à partir de laquelle le poids est lâché qui entraîne une variation de la vitesse de balancement du pendule). On comprend dès lors facilement que les stades par lesquels passent les enfants et les adolescents sont les mêmes que ceux observés dans l'expérience sur la dissociation des facteurs. C'est seulement lorsque les sujets comprendront qu'il s'agit d'étudier séparément l'effet ou l'absence d'effet de chaque facteur en jeu qu'ils parviendront à démontrer que seule la longueur du pendule agit sur sa fréquence).

(2) *La chute des corps sur un plan incliné.* — Soit une sorte de tremplin ou piste de lancement qui peut être plus ou moins incliné et sur lequel on dépose une bille qui, prenant de la vitesse, retombe plus ou moins loin, de manière cachée, dans des casiers à tiroir plus ou moins distants de la base du plan qui la catapulte (voir la figure illustrant le dispositif).

Dans cette expérience, le sujet doit agir sur ce dispositif de telle manière que la bille atteigne l'un des casiers préalablement désigné, qu'il pourra ouvrir après chaque tentative. Comme dans l'expérience précédente, il s'agira pour lui de découvrir et de prouver quel est ou quels sont les facteurs déterminant la réussite. Pour cela, il va lui falloir là aussi exclure deux des trois facteurs qui semblent s'imposer avec la plus grande évidence (le poids de la bille et l'inclinaison de la tige) et démontrer que le seul facteur expliquant le plus ou moins grand éloignement du point de chute de la bille est la hauteur à laquelle elle est placée sur le tremplin. On trouvera sur la version électronique du présent cours[32] un extrait de film dans lequel on voit une fillette de 11 ans découvrir successivement que le poids de la bille ne joue pas de rôle, puis que l'inclinaison en joue apparemment un, mais sans qu'en soit dégagé le seul facteur qui importe, à savoir la hauteur. C'est là typiquement un comportement du deuxième stade dans lequel les opérations concrètes auxquelles a accès l'enfant (les opérations de sériation qualitative

[32] http://www.cepiag.ch/blog/?p=1233

en particulier) lui permettent de découvrir certaines régularités, mais sans qu'une pleine dissociation des facteurs accompagnée d'une exclusion des facteurs les plus prégnants la conduise à découvrir le rôle exclusif de la hauteur. Là encore, c'est faute d'avoir acquis les opérations constitutives de la pensée hypothético-déductive que cette enfant ne peut parvenir à résoudre et expliquer de manière purement opératoire la situation à laquelle l'expérimentateur psychologue la confronte.

On trouvera également sur le site de la Fondation un autre extrait[33] de film illustrant cette fois le comportement d'un jeune adolescent typique du passage du stade IIB au stade IIIA. Dans cet illustration, le sujet considère toujours, comme l'enfant de niveau IIB, que l'inclinaison est le facteur décisif, mais qu'une variation de cette dernière peut être contrebalancée au moyen d'une variation de la distance horizontale plus ou moins grande par rapport à la verticale tirée à partir de la base du lanceur (pour chaque inclinaison successive plus faible du lanceur, le sujet place la bille un peu plus loin de cette verticale mais toujours sur la même horizontale, ceci dans le but de toujours faire tomber la bille dans le même casier). Michel parvient de cette façon à résoudre le problème d'atteindre toujours une même cible quelle que soit l'inclinaison de la tige, au moyen d'une mise en correspondance de deux sériations de longueurs (la longueur du déplacement de la bille sur le plan incliné, et la distance horizontale dont il vient d'être question), mais sans s'apercevoir que le seul facteur déterminant dans la solution proposée est la constance de la hauteur à laquelle est placée la bille au départ de sa chute, hauteur pourtant bien visible et qui à elle seule explique la distance à laquelle parvient le projectile au terme de sa chute !

Au stade IIIB finalement, après avoir eux aussi commencer par donner un rôle déterminant au poids ou à l'inclinaison, les sujets parviennent, à démontrer qu'il suffit de considérer la seule hauteur de chute pour rendre compte de la distance que parcourra la bille après avoir quitté la rampe de lancement et pour anticiper la façon dont utiliser le dispositif pour atteindre toujours le même casier, quels que soient le poids de la bille et l'inclinaison de la rampe. Ce stade peut être illustré par le comportement et les affirmations de SAL[34] (13;3), qui, après avoir cru que le poids, puis l'inclinaison et la distance jouaient un rôle, en arrive à l'hypothèse, seule exacte, selon laquelle « [la] bille doit toujours partir à la même hauteur, à la même horizontalité », ou encore que « quelle

[33] http://www.cepiag.ch/blog/?p=1233

[34] *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*, 1955, p. 80.

que soit la pente, une bille grande ou petite arrive (au même casier en partant) à la même hauteur ». Cette dernière formulation n'est certes pas très claire, mais ayant affirmé cette hypothèse, il la teste ensuite en choisissant intentionnellement une même hauteur pour deux inclinaisons différentes, ce qui suffit à démontrer que l'inclinaison ne joue aucun rôle.

****

En définitive, ce qui caractérise la démarche des adolescents qui réussissent les épreuves précédentes est la double capacité de *formuler des hypothèses* par rapport aux différents facteurs susceptibles d'expliquer un certain phénomène, ainsi que de *prouver quels sont les facteurs* qui interviennent effectivement. Mais d'autres caractéristiques tout aussi importantes interviennent dans les comportements et la logique propres au stade formel de développement de la pensée. Ce sont 1° *les opérations combinatoires*, non apprises à l'école, qui s'avèrent cependant aussi indispensables pour le développement de l'intelligence formelle que l'étaient précédemment les capacités de classification, de sériation, de mise en correspondance et de dénombrement propres à la pensée logico-arithmétique, ainsi que les capacités correspondantes propres à la pensée infralogiques (entrant dans la maîtrise opératoire de l'espace et du temps) ; 2° la capacité de *regrouper ensemble des opérations appartenant à des groupements séparés d'opérations concrètes*, en d'autres termes d'opérer sur les opérations des groupements de la pensée concrète en les reliant les uns aux autres au sein d'un même tout, ces groupements co-intervenant dans l'assimilation et la compréhension de certains phénomènes ou certaines situations auxquels sont confrontés les sujets (ce regroupement des opérations appartenant à des groupements initialement séparés d'opérations concrètes devant, dans sa phase finale et pleinement opératoire, lui-même obéir à des lois de structure) ; 3° enfin, en lien d'ailleurs avec le (méta)regroupement opératoire formel des groupements d'opérations concrètes, la capacité de concevoir les rapports de proportionnalité non seulement mathématiques, mais également logiques tels qu'ils interviennent, par exemple, dans un problème tel que celui de l'équilibre de la balance. Nous examinerons lors du prochain cours ces trois caractéristiques de la pensée formelle, en nous arrêtant tout spécialement sur les opérations combinatoires ainsi que sur le groupe INRC qui interviennent constamment dans la résolution des problèmes révélateurs des spécificités de cette forme de pensée à laquelle accèdent les adolescents.