

JEAN PIAGET

Professeur à l'Université de Neuchâtel
et à l'Institut J.-J. Rousseau de Genève

[1^{ères} pages et] Chapitre 1 de
La causalité physique chez l'enfant.
Paris: Félix Alcan, 1927.

Version électronique réalisée par les soins de la
Fondation Jean Piaget
pour recherches psychologiques et épistémologiques.
La pagination est conforme à l'original.

LA CAUSALITÉ PHYSIQUE CHEZ L'ENFANT

AVEC LE CONCOURS DE DIX-SEPT COLLABORATEURS

LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN
108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

1927

LISTE DES ÉLÈVES ET ANCIENS ÉLÈVES
DE L'INSTITUT J.-J. ROUSSEAU
AYANT COLLABORÉ A CET OUVRAGE

M. G. BIELER (Chap. I et II).
M^{lle} A. BODOURIAN (Chap VIII).
M^{lle} DAIBER (Chap. VI).
M^{lle} G. GUERX (Chap. II, III et IV).
M^{lle} L. HAHNLOSER (Chap. VI et VII).
M^{lle} R. HEPNER (Chap. III et IV).
M^{lle} HERZOG (Chap VI).
M^{lle} H. KRAFT (Chap. III et IV).
M^{lle} J. LEBHERZ (Chap. X et XI).
M^{lle} E. MARGAIRAZ (Chap. III et IV).
M^{me} V. J. PIAGET (Chap. II, III, IV et V).
M^{lle} H. REHFOUS (Chap . X et XI).
M^{lle} M. RODRIGO (Chap. III et IV).
M^{lle} M. ROUD (Chap. III et IV).
M^{lle} N. SVETLOVA (Chap. VIII).
M. le Dr VERSTEEG (Chap. I et II).
M^{lle} ZWICKHARDT (Chap. I et II).

SECTION PREMIÈRE

L'explication du mouvement

Dans un volume précédent ¹, nous avons essayé de dégager les traits principaux de la représentation du monde chez l'enfant. Le réalisme de la pensée, l'animisme et l'artificialisme nous ont paru les trois notes dominantes de cet ensemble. Il importe maintenant de procéder à une analyse plus détaillée et de chercher si, au réalisme magique, à l'animisme et à l'artificialisme correspondent une conception spéciale de la force et du mouvement et une physique particulière.

Les méthodes qui se proposent à nous, à cet égard, sont au nombre de trois, de valeur très inégale, mais qu'il importe cependant d'employer concurremment, pour être sûr de ne rien laisser échapper d'intéressant. La première est une méthode toute verbale : demander aux enfants si les corps (ou une série de corps que l'on nomme dans un ordre donné) ont de la force et pourquoi. L'on obtient ainsi la définition ou la notion verbale de la force. La seconde est une méthode mi-verbale, mi-concrète : on énumère à l'enfant un certain nombre de mouvements (celui des nuages, des ruisseaux, des pièces d'une machine, etc.) et l'on demande le pourquoi et le comment de ces mouvements. On obtient ainsi une vue plus directe sur la dynamique de l'enfant, mais cette vue est encore entachée de verbalisme, faute de manipulation possible. Enfin la troi-

¹ J. PIAGET, *La Représentation du Monde chez l'Enfant*. Alcan 1926. Nous désignerons cet ouvrage par les initiales R. M.

sième méthode est directe, autant que faire se peut : on institue devant l'enfant, quelques petites expériences de physique et l'on demande le pourquoi de chaque événement. On obtient ainsi des renseignements de première main sur l'orientation d'esprit des enfants.

Dans la présente section nous emploierons tour à tour ces trois méthodes. Le plan que nous allons suivre peut paraître bizarre, mais il nous a été dicté par les résultats de l'expérience beaucoup plus que par des idées préconçues. Nous commencerons par l'étude des représentations des enfants relatives à l'air, à son mouvement et à ses origines. Comme nous le verrons dans la suite, un grand nombre de mouvements naturels, comme ceux des astres, des nuages, des rivières, etc., sont conçus par l'enfant comme produits par le vent. Seulement, on ne comprend rien à cette affirmation — et nous ne l'avons nous-même pas comprise pendant des années — tant que l'on n'a pas de renseignements précis sur les explications que les enfants donnent du vent lui-même, car, chose étrange, le vent est souvent conçu comme produit précisément par les nuages en mouvement, ou les vagues, etc. Il y a ainsi un ou plusieurs cercles, dans l'esprit de l'enfant, et il faut se garder de les méconnaître au nom de la logique adulte. Il faut surtout éviter toute déformation ou « erreur systématique », comme disent les physiciens pour désigner les erreurs résultant de la disposition même de l'expérience, erreurs qui vicient, par conséquent, tous les résultats et toujours dans le même sens. C'est pour échapper à ce danger que nous commençons notre étude par une analyse des représentations relatives à l'air. Une fois cette analyse achevée, nous pourrions alors analyser les explications que l'enfant donne des mouvements naturels, et, de là, passer à la description de la notion de « force » chez l'enfant.

CHAPITRE PREMIER

EXPÉRIENCES RELATIVES A LA NATURE DE L'AIR

Le problème de l'air intéresse vivement l'enfant et un grand nombre de questions spontanées témoignent de sa curiosité naturelle pour le vent ou l'air en général. Sully ¹ cite des enfants dont les uns croyaient que le vent provenait d'un grand éventail agité par un être caché et dont les autres considéraient le vent comme produit par le mouvement des arbres. Stanley Hall ² cite les questions suivantes : « *Qu'est-ce qui fait souffler le vent ? Est-ce que quelqu'un le pousse ? Je pensais qu'il doit s'arrêter quand il va contre une maison ou un grand arbre. Est-ce qu'il sait qu'il fait tourner nos feuilles [de papier] ?* » (Garçon de 6 ans). Miss Morse Nice ³ a relevé ces autres questions, chez un enfant de 4 ans : « *Qu'est-ce que c'est que l'air ? Comment les personnes font l'air ? Qu'est-ce qui fait l'air ?* » Ces questions montrent, d'une part, l'existence d'un intérêt spontané des petits pour l'air et le vent, et, d'autre part, une tendance spontanée à concevoir le vent à la fois comme vivant et comme produit par des êtres humains (animisme et artificialisme combinés).

¹ *Etudes sur l'enfance*, trad. MONOD, p. 131, 135 et 139.

² *Pedag. Semin.*, 1903 (vol. X) *Curiosity a. Interest*.

³ *Ibid.*, 1921, p. 23.

Comment déceler les représentations réelles des enfants sur ces sujets ? Cette étude peut se faire d'une manière très concrète et directe, et il ne faut rien négliger pour éviter le verbalisme et pour saisir sur le vif les réactions de l'enfant. Après bien des tâtonnements, voici la technique que nous avons adoptée. Première expérience : on montre à l'enfant un couvercle de boîte retenu par une ficelle. On place un sou au fond de la boîte et l'on imprime à la ficelle un mouvement de rotation sur un plan vertical, en demandant à l'enfant pourquoi le sou ne tombe pas. Cette expérience préliminaire paraît n'avoir aucun rapport avec l'air. Mais, comme on le verra, c'est en faisant appel au mouvement de l'air que l'enfant explique (du moins au cours du stade supérieur) que le sou ne tombe pas. Deuxième expérience : en joignant les mains nous produisons, par la pression répétée des paumes, un petit courant d'air que l'enfant constate, en général, avec stupéfaction. Nous demandons alors à l'enfant d'où vient cet air, etc. Troisième expérience : nous présentons à l'enfant une balle de caoutchouc trouée en un point bien visible. Nous dégonflons la balle en ayant soin de diriger le jet de l'air contre la main ou la joue de l'enfant. Nous dégonflons ainsi complètement la balle, en faisant constater à l'enfant qu'elle est toute plate et ne contient plus d'air. Puis nous la laissons se regonfler seule et nous recommençons. Nous demandons à l'enfant d'où vient l'air qui est dans la balle, d'où est venu l'air qui est rentré dans la balle, etc. Éventuellement, même jeu avec une pipette ou une pompe à bicyclette, etc. Quatrième expérience : on fait à nouveau tourner le couvercle de boîte, mais sans le sou et horizontalement. On demande d'où vient l'air produit par ce mouvement. On peut aussi employer, un éventail, mais c'est inutile. Cinquième expérience : on prie l'enfant de souffler sur sa main. On lui demande d'où vient cet air, d'où vient l'air de la bouche, etc. Il s'ensuit un interrogatoire sur la respiration. Enfin, le sixième point,

qui est, cette fois, entièrement verbal : on demande à l'enfant d'où vient le vent, comment il a commencé, etc. Il convient naturellement de joindre à ces six questions des questions complémentaires sur la conscience ou la vie de l'air, etc.¹.

L'ordre de succession donné à ces six groupes de questions est destiné à éviter autant que possible la suggestion par persévération. La première expérience ne doit se faire qu'en tête de liste, sinon on peut toujours se demander si l'enfant ne fait pas intervenir l'air (dans l'explication du mouvement centrifuge) par simple persévération. Les questions relatives au vent ne sont à poser qu'à la fin de l'interrogatoire, sinon l'enfant fait intervenir le vent partout. Enfin, précaution indispensable, il va de soi que la chambre dans laquelle ont lieu les expériences doit être fermée, même en été ! Il faut même que les fenêtres aient été fermées avant que l'enfant apparaisse, sinon l'enfant (du moins avant 7-8 ans) dira inmanquablement que l'air des mains, ou de la balle, etc., vient de pénétrer par la fenêtre, la chambre étant habituellement conçue comme vide d'air.

Dans l'exposé qui va suivre, nous ne respectons pas l'ordre dans lequel ont été faites les expériences. En outre, nous réservons les questions du vent et de la respiration pour le chapitre suivant.

§ 1. — LA PRESSION DES MAINS. On peut, dans les grandes lignes, répartir en quatre stades les réponses que nous ont données les enfants aux questions relatives à la deuxième de nos expériences, celle de la pression des mains. Durant le premier stade, qui s'étend en moyenne jusqu'à 6 ans (moyenne d'âge des enfants du stade : 5 ans 4 mois), l'enfant admet que l'air sortant des mains est produit par

¹ Nous avons en outre posé à quelques enfants deux séries de questions hors cadre, dont nous consignerons les résultats aux §§ 3 et 4.

la pression elle-même, la chambre étant considérée comme vide d'air ; mais, en outre, et c'est ce qui caractérise ce stade, les mains, en produisant de l'air, attirent, pour ainsi dire, une quantité supplémentaire d'air, laquelle provient du dehors (de l'air passant à travers la fenêtre fermée). Ce qui caractérise le premier stade, c'est donc l'idée d'une participation immédiate entre l'air produit par les mains et un réservoir externe de vent. Durant un second stade, qui a pour moyenne d'âge 7 ans, l'air est conçu comme produit par la pression même des mains (la chambre étant encore considérée comme vide d'air), mais cette pression fait sortir de l'air de la peau et de l'intérieur du corps. Durant un troisième stade (moyenne 8 ans), l'air est simplement produit par la pression des mains, sans apport supplémentaire. Enfin, durant un quatrième stade qui débute vers 9 ans en moyenne, le mécanisme du phénomène est compris : la chambre est pleine d'air et les mains se bornent à collecter et à renvoyer l'air ambiant.

Voici des exemples du premier stade, qui est très curieux au point de vue de la causalité physique de l'enfant : l'air du dehors accourt sur commande, pour ainsi dire, et accourt au travers de la fenêtre fermée.

BAT (4 ans) nous dit que le bruit qu'il entend est dû à de l'air. « D'où il vient ?... » « D'où il vient cet air ? — *Par la fenêtre*. — Elle est ouverte ? — *Non, fermée*. — Il a pu passer quand même ? — *Oui*. — Par où ? — ... — Regarde mes mains. [Elles sont ouvertes devant lui]. Il y a de l'air dedans ? — *Non*. — Et, maintenant [en les pressant l'une contre l'autre] ? — *Oui*. — D'où il vient cet air ? — *De la fenêtre*. — Il y en a clans la chambre ? — *Non*. »

ZEL (4 ½) : « Regarde. Tu entends ? Qu'est-ce que c'est ? — *Du vent*. — D'où il vient ? — *De la fenêtre*. — Il y a du vent dans mes mains ? — *Non*. — Et dans la chambre ? — *Non*. — Et maintenant [pression des mains] ? — *Oui*. — D'où il vient ? — *Des mains*. — Et le vent des mains d'où il vient ? — *De la*

fenêtre. — Et le vent de la fenêtre ? — *Du ciel*. — Comment il est venu ? — *Par la fenêtre, puis après il rentre dans les mains*. — Quand il est venu ? — *Quand on fait ça* [quand on serre les mains]. — Comment il est venu ? — *Je sais pas*. — Comment ? — *Entre deux la fenêtre* [la fenêtre est naturellement fermée : Zel suppose que le vent passe par la fente entre les deux battants de la fenêtre]. »

TAQ (7 ; 4. F.)¹ : « Qu'est-ce que je fais ? — *Vous fermez les doigts, puis ça tape*. » « *Ça souffle*. — Qu'est-ce que c'est ? — *Comme de la bise*. — D'où ça vient ? — *Dans votre main*. — Qu'est-ce que c'est qui souffle ? — *De la bise, du vent*. — Comment on l'appelle ? De l'air ? — *Oui*. » « D'où ça vient ? — *C'est de la bise qui vient, dans votre main*. — Et la bise de ma main, d'où elle vient ? — *De dehors* [geste : Taq montre la fenêtre fermée]. — L'air vient de dehors ? Comment ? — *Par la fenêtre*. — Elle est ouverte ? — *Non*. *Par votre main ouverte*. — [Nous répétons l'expérience]. La bise vient maintenant ? — *Non... Oui*. — Par où ? — *Elle rentre dans la chambre, puis elle vient dans votre main*. — La fenêtre est ouverte ? — *Il y a un instant elle était ouverte*. — La bise est entrée ? — *Non. Elle est dehors*. — Il y a de la bise ici ? — *Non*. » — « Il y a de l'air sur cette table ? — *Non*. — Ici [en l'air] ? — *Non*. — Ici ? — *Non*. — Par terre ? — *Non*. » « Comment elle fait pour rentrer, quand je fais ça avec les mains ? — ... — Un papillon pourrait entrer ici ? — *Non*. — Et la bise ? — *Oui*. — Par où ? — *Par la fenêtre*. » « L'air passe par la fenêtre quand même elle est fermée ? — *Oui*. »

MONT (7 ; 2). On fait l'expérience. Mont s'écrie : « *Il y a de l'air*. — Il vient d'où ? — *Du dehors* [il montre la rue]. — Il y en a dehors ? — *Oui*. — Et dans la chambre ? — *Non*. — Ici [dans les mains] ? — *Oui*. — Comment ça se fait ? D'où il vient ? — *Du dehors*. — Comment ça se fait ? — ... — Qu'est-ce qui fait l'air ? — *La main fait l'air*. — Comment ? — ... Nous essayons alors d'un intermède en montrant à Mont un déplacement d'air dû à la rotation de la boîte. « Cet air vient d'où ? — *Il vient de là-dedans*. — Et l'air de là-dedans ? — *Du*

¹ 7 ; 4 = 7 ans, 4 mois entièrement révolu. F = fille.

dehors. « Il vient d'où ? — *De là-dedans*. — Comment ça se fait ? — *Quand on tourne, ça fait de l'air*. — Pourquoi ? — *Parce qu'il fait froid* [la boîte en tournant produit du froid]. — Il vient d'où cet air ? — *De là-dedans*. — Alors il ne vient pas de dehors, ou bien il vient de dehors ? — *De dehors*. — Montre moi dehors [il montre la rue]. [Nous reprenons l'expérience des mains]. D'où vient cet air ? — *De dehors* ». Nous continuons, mais la réponse est toujours la même. Ce cas est donc très net la pression des mains ou la rotation de la boîte produisent de l'air, et cet air attire immédiatement l'air du dehors.

RE (8 ans) : « Qu'est-ce qui se passe ? — *Ça souffle*. — Pourquoi ? — *Parce qu'on tape des mains*. — Qu'est-ce qui souffle ? — *L'air*. — Il vient d'où cet air ? — *Du dehors*. — D'où ? — *Dans la rue*. — Il y a de l'air dans la chambre ? — *Dans notre chambre il y en a*. — Où ? — *Pas ici, chez moi*. — Pourquoi chez toi ? — *Il fait froid* [c'était en hiver, et le pauvre Re n'a pas l'air fortuné]. — Ici il y en a, de l'air ? — *Non*. — Pourquoi il n'y en a pas, dans cette chambre ? — *Parce que c'est fermé*. — Il y en a dans ma main ? — *Non*. — Et maintenant [mains à demi-fermées] ? — *Non*. — Et maintenant ? — *Oui. On tape des mains. Ça fait de l'air*. — Il vient d'où cet air ? — *De dehors*. — Où ? — *Dans la rue*. — Est-ce qu'il est venu de la rue dans mes mains ? — *Non... oui... parce qu'on tape des mains*. » Ici, de nouveau, on voit affirmer nettement que l'air est produit tout à la fois par la pression des mains et par une irruption d'air extérieur attiré précisément grâce au courant d'air produit par les mains.

Il est inutile de multiplier ces exemples du premier type dont nous trouverons l'équivalent à propos des expériences de la balle, de la pipette, de la boîte, etc. On voit en quoi consiste le phénomène. L'enfant affirme qu'il suffit de serrer les mains pour faire de l'air, bien qu'il n'y en ait point dans la chambre. Mais il ajoute que, dès qu'on presse les mains, l'air de la rue vient s'y précipiter. On constate que, dans presque chacun des cas cités cette dualité d'origine est nettement affirmée : d'une part, c'est la main qui « fait de

l'air » (Taq, Mont, Re), mais, en même temps, l'air vient « de dehors » (mêmes cas). Un tel fait est très important. Il n'est pas isolé. Nous verrons un grand nombre de ces explications par agglomérations de causes : en particulier, nous verrons des enfants affirmer que l'ombre produite par un objet sur une table vient à la fois de cet objet et de la nuit, ou de dessous les arbres. S'agit-il, dans le cas de l'air, d'une action à distance ? Un tel concept n'a pas sa raison d'être chez l'enfant : l'air peut fort bien être conçu comme un fluide assez subtil pour traverser une fenêtre fermée. S'agit-il d'une « attraction » ? C'est une manière adulte de parler. L'enfant ne précise pas le « comment ». La seule expression adéquate est celle d'une « participation » entre l'air du dehors et l'air produit par les mains : il y a du vent dehors, les mains font du vent, et ces deux sortes de vent sont directement et matériellement assimilées l'une à l'autre, sans souci du « comment » de cette liaison. Tel est le fait que nous désignons sous le nom de participation.

En un sens, cette participation est rationnelle, puisqu'elle est un essai pour dégager l'origine du vent produit par les mains. En un autre sens, elle ne l'est pas, car, d'une part, il n'y a pas de souci du « comment » dans une telle explication, et, d'autre part, l'origine du vent des mains est conçue comme double, sans que cette dualité gêne l'enfant : la main produit du vent, mais ce vent est en même temps de l'air du dehors.

Il semble que l'on puisse expliquer cette conception enfantine de la manière suivante : faute de subsumer les cas particuliers sous une loi générale, l'enfant identifie ces cas l'un à l'autre, matériellement et pas seulement logiquement ; il crée des participations faute d'établir des comparaisons. En effet, pourquoi n'identifions-nous pas réellement, mais seulement logiquement, le courant d'air produit par le mouvement des mains avec le vent du dehors ? C'est que : 1° nous comparons ces deux sortes de

courants d'air pour dégager ce qu'ils ont de commun, et 2° nous considérons ce *quid commune*, non comme pas une action directe d'un courant sur l'autre, mais comme une loi générale, abstraite, de la forme : « Tout mouvement produit un courant d'air, etc. » Nous disons bien, comme l'enfant : « Le courant d'air produit par le mouvement des mains est identique au vent du dehors », mais « identique » signifie ici « comparable » ou « faisant partie de la même espèce » ou « régi par la même loi ». Au contraire, l'enfant, faute de synthèse et d'abstraction suffisantes, ne cherche pas une loi commune aux deux sortes de courants d'air ; il ne les compare pas, si l'on appelle comparaison la recherche de l'élément commun abstrait. Il les identifie matériellement, ce qui est le premier stade de la comparaison. L'analogie est sentie comme identité d'essence, et l'identité d'essence implique la participation réelle.

Dira-t-on que les choses sont plus simples et que l'enfant se borne à chercher d'où vient l'air que déplacent les mains, faute d'admettre que le mouvement des mains suffit à créer de l'air ? L'enfant, dans ce cas, admettrait, comme nous, que les mains déplacent simplement de l'air, sans en former, mais, comme l'enfant ignore que la chambre est pleine d'air, il recourrait à l'air de la rue pour s'expliquer le phénomène. Seulement cette interprétation est contredite par les faits suivants. C'est seulement durant les stades suivants que l'enfant découvre que l'air est une substance existant même à l'état immobile. Auparavant l'enfant ne connaît que le « vent » ou l'air en mouvement. En outre, durant le troisième stade encore, l'enfant considère que le mouvement des mains crée de l'air, et que, dans une chambre vide d'air, il en créerait aussi. L'enfant du premier stade admet donc bien que les mains créent du vent (= de l'air en mouvement), et que ce vent ou le geste des mains attirent l'air de la rue. Il y a bien participation. Mais peut-être mettra-t-on en doute l'authenticité du fait lui-même, en le déclarant

mal observé. Seulement nous retrouverons ce fait sous bien des formes, à propos d'autres expériences, et surtout nous verrons des restes non équivoques du même fait chez des enfants susceptibles d'arriver au second, au troisième et même au quatrième stade.

Auparavant, passons aux réponses du second stade. Elles marquent un progrès par rapport à celles du premier stade en ce que l'enfant cherche à imaginer un réservoir d'air immobile et le situe dans le corps. Le courant d'air provoqué par la pression des mains devient donc intelligible : lorsqu'on serre les mains, l'air sort de la peau, car, nous sommes « pleins d'air ».

GAVA (6 ½) : « Qu'est-ce que je fais ? — *Vous tapez.* — Qu'est-ce que tu entends ? — *Un soufflet.* — Qu'est-ce qu'il y a ? — *C'est les mains.* — Qu'est-ce qu'elles font les mains ? — *Elles tapent, pis ça fait souffler.* — Qu'est-ce qui souffle ? — *Du vent.* — D'où vient ce vent ? — *Des mains.* — Et le vent des mains ? — *De dans la peau.* » « D'où — *De dans la viande.* — Où il est, ce vent ? — *Partout dans le corps.* »

GEH (7 ans) : « *Ça fait le souffle.* — D'où vient-il ? — *De la main.* — Comment ? — *Parce que vous faites comme ça* [geste]. — Il y a de l'air dans la chambre ? — *Non.* — Du souffle ? — *Non.* — D'où vient-il alors ? — *De la main.* — Et l'air de la main ? — *De là-dedans* [dans la peau]. — Et l'air de là-dedans ? — *Quand on fait comme ça* [il respire], *ça vient depuis là* [montre la bouche], *ça vient jusque-là* [montre le bras]. » Naturellement respirer, pour Geh, c'est produire de l'air et non en inspirer : la chambre est vide d'air.

LUG (8 ans) : « *C'est le souffle qui s'en va* [qui sort des mains]. — Il vient d'où ce souffle ? — *Des mains.* » « Il vient d'où, des mains ou de la chambre ? — *Des mains.* — Comment ? — *Parce qu'aux mains il y a des petits trous. On peut pas les voir.* »

COM (10 ; 4) : « *Parce que vous appuyez sur la main.* — Qu'est-ce que ça fait ? — *Ça crie, ça souffle.* » « D'où vient ce souffle ? — *C'est le sang qui fait le souffle.* — Pourquoi ? — *Parce que vous avez beaucoup trop appuyé.* — Et puis ? — *Parce que vous*

y tapez dessus. C'est forcé de faire crier si vous appuyez trop fort. — Comment le sang fait le souffle ? — Parce que ça arrête. — Qu'est-ce que ça fait ? — Ça souffle. — Pourquoi ? — Parce qu'il y a le sang plus serré. » Autrement dit, en pressant les mains on arrête le sang qui est serré et souffle en se dégageant !

Naturellement, ce n'est pas au jugé que nous déclarons que ces réponses constituent un stade postérieur au précédent. C'est parce que la moyenne des âges des enfants de ce type est de 7 ans 3 mois, tandis que la moyenne d'âge du premier type est de 5 ans 4 mois. L'explication du deuxième stade est, comme on le voit, rationnelle malgré sa puérilité. Elle est bien supérieure à la conception d'un vent accourant à travers les fenêtres fermées. Néanmoins, on trouve encore des enfants qui font l'hypothèse caractéristique du premier stade, tout en donnant en outre l'explication du second stade. Voici un exemple de ces cas mixtes, d'ailleurs rares :

ROC (6 ½, F) : « Qu'est-ce que c'est ? — *Du vent. — D'où il vient ? — De dehors. — D'où ? — Par la fenêtre* [premier stade] ». « D'où il vient ? — *De nos mains... — D'où ? — De notre corps* [deuxième stade]. » La suite de l'interrogatoire montre une oscillation continue entre les deux hypothèses.

Quant au troisième stade, il est, au premier abord, plus difficile à définir que les précédents ; il reste, cependant, facile à distinguer. La plupart des enfants de ce stade ont découvert qu'il existait de l'air dans la chambre. Pour eux, le courant d'air provoqué par les mains est donc dû, en partie, au fait que les mains remuent de l'air déjà donné. Seulement, certains autres n'ont pas encore fait cette découverte, et ceux qui l'ont faite admettent cependant que, même s'il n'y avait pas d'air dans la chambre, les mains en produiraient par leur mouvement. Ce qui caractérise donc le troisième stade, c'est l'idée que l'air produit

par les mains ne provient que du mouvement des mains, ou pourrait ne provenir que du mouvement des mains. L'idée que les mains créent de l'air était déjà présente durant les stades précédents, mais toujours avec, en plus, un appel à quelque réservoir de « vents », soit extérieur à la chambre soit intérieur au corps. C'est cet appel qui seul disparaît durant le troisième stade, mais l'idée demeure que les mains créent du vent. Or, il importe de le rappeler, ce n'est pas « au jugé » que nous déclarons ce troisième stade supérieur aux précédents : c'est simplement parce que la moyenne d'âge des enfants de ce stade est de 8 ans, au lieu d'être de 7 ans et de 5 ans, comme c'est le cas des précédents.

Voici des exemples de ce troisième stade :

KENN (8 ans) : « Qu'est-ce que c'est ? — *Du vent. — Il vient d'où ? — Des mains. — Il sort d'où, ce vent des mains ? — Des mains. — Il y a de l'air dans la chambre ? — Oui... non.* » Nouvelle expérience : « Ce vent vient d'où ? — *Des mains. — Il y en a là [mains ouvertes] ? — Non. — Et là [mains fermées] ? — Non. — Il vient d'où, des mains ou de la chambre ? — Des mains.* »

ROY (7 ans) : « Qu'est-ce que je fais ? — *Vous tapez des mains. — Qu'est-ce qui se passe ? — Ça fait de l'air. — Pourquoi ? — Parce que vous tapez des mains. — Il vient d'où, cet air ? — Il vient d'ici. — D'où ? — D'ousqu'on est. — D'où ? — D'ici. — Montre où ? — De la chambre. — Regarde ; quand j'ai mes mains ouvertes, il y a de l'air autour de mes mains ? — Non. — Pourquoi ? — Parce que vous faisez plus comme vous faisiez avant.* »

DUSS (10 ans) : « Qu'est-ce que je fais ? — *De l'air. — Il vient d'où ? — De la chambre. — Comment ça se fait ? — Parce que l'air rentre dedans [les mains] et elle [l'air] sort. Il y a de l'air tout autour [des mains]. — Dans une chambre sans air, ça en ferait ? — Oui. — Comment ? Il viendrait d'où, cet air ? — Parce que, quand on bouge, il y a toujours un peu d'air, et*

quand on bouge, ça remue l'air. — Mais s'il n'y en avait pas du tout dans la chambre, ça en ferait ? — *Oui.* »

BUS (10 ; 7) : L'air des mains vient de la chambre, « *parce qu'il y a tout le temps de l'air.* » « Dans une chambre sans air, ça ferait de l'air ? — *Oui.* — Pourquoi ? — *Parce que c'est comme si on pomperait.* — La pompe ferait de l'air dans une chambre sans air ? — *Elle ferait de l'air.* — Pourquoi ? — *Ça viendrait de la pompe.* »

On voit en quoi consistent ces réponses. Certains enfants nient encore qu'il y ait de l'air dans la chambre (Kenn), d'autres l'admettent (Duss et Bus), d'autres enfin hésitent entre les deux hypothèses (Roy). Mais tous affirment que le mouvement des mains suffit à faire de l'air. Dira-t-on qu'il y a équivoque, en ce qui concerne le vocabulaire, et que l'enfant n'appelle « air » que l'air en mouvement ? Ainsi Roy affirme tantôt qu'il y a de l'air dans la chambre, tantôt qu'il n'y en a pas autour des mains au repos. Est-ce parce que, dans un cas, il pense à l'air au repos et, dans l'autre cas, au « vent » ou à l'air en mouvement ? Cela est possible, mais ce qui est certain, c'est que, pour ces enfants, « faire de l'air » signifie « créer de l'air » : l'air au repos est donc mal distingué de l'air en mouvement, ou plutôt l'air en repos est encore conçu comme le résidu ou le produit de l'air en mouvement, lequel est premier.

Ce troisième stade est donc bien l'aboutissement des stades précédents. Il nous permet ainsi de préciser leur signification propre. Durant le premier stade, l'enfant ne connaît que l'air en mouvement : le vent. Mais tous les vents participent les uns des autres et celui qui sort des mains appelle celui du dehors. Durant le second stade encore, le vent seul existe, mais le corps en est plein, et l'air produit par les mains peut provenir du souffle de la respiration. Durant le troisième stade enfin, l'air en tant que substance au repos est découvert, mais il est conçu comme le produit du « vent » ou de l'air en action : aussi les mains

sont-elles encore conçues comme capables de créer, par leur seul mouvement, de l'air dans une chambre sans air.

Voici maintenant des réponses du quatrième stade, c'est-à-dire des réponses correctes. C'est, en moyenne, à partir de 9 ans que ces explications apparaissent :

DELESD (8 ans) : « Qu'est-ce qui se passe ? — *De l'air.* — D'où vient cet air ? — *Des mains.* — D'où vient l'air des mains ? — [Delesd essaye lui-même]. *Ça souffle pas si je le fais.* — Tu as une idée ? — *Non, Msieu, ça vient de la chambre.* — Tu es sûr ? — *Pas sûr.* — Il y a de l'air dans la chambre ? — *Oui.* — D'où il vient ? — *De dehors.* — Il y a de l'air dans mes mains [mains ouvertes] ? — *Oui.* — D'où il vient ? — *De la chambre.* — Tu le savais ? — *Je le trouve maintenant. S'il y en avait pas, on ne pourrait pas souffler !* — Pourquoi tu n'étais pas sûr ? — *Parce que je savais pas.* — Si j'étais dans une chambre où il n'y a pas d'air, qu'est-ce que ça ferait ? — *Ça ne ferait rien.* — Pourquoi ? — *Parce qu'il y a [= il n'y aurait] pas d'air.* »

ARB (9 ans) : « *C'est l'air.* — Comment ça se fait ? — *Parce qu'on la [= l'air] prend.* — Où ? — *Ici.* — Il y a de l'air dans la chambre ? — *Oh oui !* — Il vient d'où ? — *De dehors.* — Dans une chambre sans air, ça ferait aussi de l'air, de faire ça avec les mains ? — *Ça n'en ferait pas.* »

De telles réponses sont excellentes et montrent assez — par opposition — la portée de celles des stades précédents.

§ 2. L'AIR DE LA BALLE TROUÉE, DE LA PIPETTE ET DE LA POMPE. — Nous n'exposons les résultats suivants qu'à titre de contre-épreuve. L'hypothèse d'un air sortant du corps par la peau ne pouvant expliquer la présence de l'air dans la balle, comme elle a servi à expliquer le courant d'air produit par les mains, il peut être intéressant de voir ce que sont les stades des explications relatives au courant d'air produit par la balle trouée. En fait, ces stades sont tout à fait analogues à ceux que nous venons d'observer à propos de la pression des mains. Durant un premier stade,

dont la moyenne d'âge est de 5 ans, l'enfant déclare que l'air produit vient tout à la fois de la balle et du dehors (au travers de la fenêtre fermée). Durant un second stade (moyenne 6 ans), l'enfant répond que la balle est pleine d'air ; parce que le marchand l'a gonflée, et que c'est cet air qui sort, rentre et ressort, lorsqu'on la presse pour la vider et qu'on la laisse se regonfler. Durant un troisième stade (moyenne d'âge 8 ans), l'enfant comprend que l'air de la balle trouée vient de la chambre, mais il admet encore que, dans une chambre vide d'air, la balle pressée ferait de l'air. Enfin, durant un quatrième stade (moyenne 9 ans), l'explication correcte est trouvée. Comme on le voit, la succession de ces stades, ainsi que leur âge moyen (sauf celui du second), correspondent à ce qui se présente à propos du courant d'air produit par les mains.

Voici des exemples du premier stade :

SCHNEI (4 ½) : « Regarde ce que je fais [nous pressons la balle en dirigeant le courant d'air sur la joue de Zel*]. Qu'est-ce que c'est ? — *Le vent qui est quand la paume est cassée.* — D'où il vient ? — *De dehors.* — Il y en a encore [la balle est entièrement dégonflée et plate] ? — *Non.* — Où il est allé ? — *Il est en allé.* — Où ? — *Par la fenêtre.* — Comment ? — *Quand elle est ouverte.* — Elle est ouverte maintenant ? — *Non.* » On laisse la balle se regonfler sous les yeux de Zel « D'où il vient cet air ? — *De dehors...* », etc.

ZEL (4 ans) : C'est du « *courant d'air.* — D'où il vient ? — *Du ciel.* — Comment il est venu ? — *Par la fenêtre* [elle est fermée] *et par le petit trou* [de la balle]. — Quand est-ce qu'il a passé par la fenêtre ? — *Quand vous faites comme ça* [quand on presse la balle], *il vient tout de suite.* » Zel affirme naturellement, comme Schei, qu'il n'y a pas d'air dans la chambre.

SUT (6 ans) : « *C'est parce qu'elle* [la balle] *se gonfle par l'air.* » — « D'où vient cet air ? — *De dehors.* — Il y a de l'air dans la chambre ? — *Non.* »

ANT (8 ans) : « *Ça entre par la fenêtre* [elle est fermée], *pis ça*

[*Note FJP: C'est vraisemblablement de "Schnei" dont il est question et non pas de Zel...]

entre dans la balle, par le petit trou. Si on la serre, il sort, puis il rentre. »

DE (8 ans) : « *Ça fait de l'air.* » Cet air vient de ce qu'on presse la balle et « *de dehors* », etc.

On voit assez combien ces réponses sont semblables à celles que nous avons observées à propos de la pression des mains. On peut même pousser l'analyse plus loin au moyen de la balle. Les plus grands des enfants de ce stade font, en effet, l'économie d'un passage d'air incessant à travers la fenêtre fermée et admettent que, lors qu'on regonfle la balle après l'avoir entièrement aplatie, c'est le même air qui rentre en elle après s'être promené dans la chambre : l'air vient donc de dehors, au début de l'expérience, pour entrer dans la balle, puis il ressort dans la chambre et rentre dans la balle suivant qu'on la presse ou non. Au contraire, les plus jeunes enfants du stade admettent qu'à chaque pressée l'air vient de dehors dans la balle ou sort de la balle pour retourner dehors, malgré la fenêtre fermée !

Durant le second stade, l'enfant renonce à admettre que l'air traverse les fenêtres fermées. Il fait alors appel à un air faisant partie de la balle elle-même et suppose que cet air, mis tout exprès par le marchand, peut entrer et sortir à volonté. L'air est comme un animal ayant une niche et la rejoignant intelligemment lorsqu'il en est sorti :

ROY (6 ans) « *Ça fait de l'air !* — D'où vient-il ? — *D'après quelque chose où il y a de l'air.* — Qu'est-ce que c'est ? — *C'est quelque chose où l'on gonfle les bécans* [autrement dit, on a gonflé la balle avec une pompe]. — Il y a encore de l'air [nous aplatissons la balle] ? — *Non.* — Il y en a de nouveau maintenant ? — *Oui.* — D'où il vient ? — *C'est l'air qui a parti et qui est revenu* [le même] ». « C'est le même air qui est revenu ? — *Oui.* — Comment il est revenu ? — *Parce que l'air se pousse.* — Qu'est-ce que ça veut dire ? — *Parce qu'il avance.* — Pourquoi il avance ? — *Parce qu'il y a de l'air, et puis derrière il y a encore*

de l'air qui pousse ; parce qu'il y a de l'air qui a poussé l'autre air. — Il est allé jusqu'où, l'air qui est sorti de la balle ? — Jusqu'à là. » [Roy montre un point à quelques millimètres du trou, sur le caoutchouc même de la balle].

RE (8 ½) : « Qu'est-ce qui se passe ? — *Il y a de l'air. Parce qu'il y a un trou, puis ça sort. — D'où il vient cet air ? — Ils en ont mis. — Qui ? — Le Monsieur. » « C'est le Monsieur qui a pris la paume et qui a mis l'air dedans. »* On dégonfle et la balle se regonfle d'elle-même : « *Il revient. — Par où ? — Il revient par le trou. — Mais d'où ? — Il rentre. — Est-ce que c'est l'air de la chambre qui rentre, ou bien l'air que j'ai enlevé qui revient ? — L'air que vous avez enlevé. »*

GEH (6 ans) : « *Elle [la balle] fait de la souffle... » « Parce que dedans il y a plein de souffle. — D'où il vient ? — De la paume. Ils mettent un machin. Ils mettent la souffle [ils gonflent] et puis ils recollent la même couleur où il y a le trou. »* On dégonfle la balle : « *Ah oui ! Vous avez plati. La souffle est plat aussi. — Et maintenant d'où vient le souffle ? — De la paume. — Mais il n'y en avait plus ! — La souffle, elle se platit bien, et puis quand vous la remettez [la balle], elle [le souffle] se remet comme elle a été. »*

On voit combien, pour ces enfants, l'air est susceptible de rester attaché à l'endroit où on l'a fixé. Le marchand a mis de l'air dans la balle : donc l'air, lorsqu'il sortira de cette balle, y rentrera de lui-même dès qu'on lui en fournira l'occasion. A noter que, pour tous ces enfants, l'air est conscient et vivant. Il « sait » qu'il sort de la balle et il « sait » quand il faut rentrer, etc. : l'air est « vivant », nous dit Com, il « sait » qu'il avance « *parce qu'il court* », nous dit Geh, etc. A noter aussi l'explication intéressante que donne Roy du mouvement de l'air : l'air se pousse lui-même, c'est-à-dire qu'il avance spontanément et pousse celui qui est devant lui. Nous retrouvons de tels faits dans la suite.

Voici maintenant des exemples du troisième stade. Les enfants de ce stade admettent en général qu'il y a de l'air dans la chambre. C'est cet air qui entre dans la balle par le

trou et qui en ressort lorsqu'on dégonfle la balle. Mais, d'autre part, l'action de serrer la balle produit à elle seule de l'air, et, s'il n'y avait pas d'air dans la chambre, la balle en créerait ainsi.

KENN (8 ans) : « Il y a du vent là-dedans [balle dégonflée] ? — *Non. — Et maintenant ? — Il rentre par le trou. — Il vient d'où ? — De la chambre. — C'est le même ou un autre ? — Il revient ; le même qui était sorti. — Il y a du vent dans la chambre ? — Oui. — Où ? — Partout. » « La paume pourrait faire du vent s'il n'y en avait pas ? — Oui. — Il viendrait d'où ? — De là-dedans [de la balle]. »*

BUSS (10 ans) : « Dans une chambre sans air ça en ferait ? — *Ça en ferait un petit peu. »*

Enfin, les enfants du quatrième stade raisonnent comme l'adulte :

BURD (9 ans) : « Qu'est-ce qui se passe ? — *Il y a de l'air. — Il vient d'où ? — De la paume. — Et l'air de la paume vient d'où ? — De la chambre. — Comment ? — Parce qu'il y a de l'air dans la chambre. — [On dégonfle la balle]. Il y a encore de l'air ? — Non. — Et maintenant ? — Oui. — Il vient d'où ? — De la chambre. » « Dans une chambre sans air, la balle ferait de l'air ? — Non. — Et ça [la pipette] ? — Non plus. — Pourquoi ? — Parce qu'il n'y aurait pas d'air. »*

On voit combien l'évolution de ces réponses est comparable à celle des réponses obtenues au moyen de l'expérience des mains. Bien plus, l'expérience de la pompe et de la pipette a donné exactement les mêmes résultats, à tel point qu'il est inutile de les consigner ici.

§ 3. LA FORMATION DE L'AIR ET LE MOUVEMENT DES PROJEC-
TILES. — Un résultat net semble se dégager des précédents paragraphes : c'est qu'il suffit de faire un mouvement pour produire de l'air et même pour attirer le vent du dehors grâce à une sorte de participation immédiate. Il importe de donner une dernière confirmation de ce fait au

moyen d'un mouvement plus élémentaire que ceux dont nous nous sommes servis jusqu'ici et de chercher où conduisent ces conceptions de l'enfant en ce qui concerne l'explication du mouvement.

Présentons simplement à l'enfant la boîte retenue par une ficelle dont nous avons parlé, faisons tourner cette boîte et demandons aux enfants d'où vient l'air dont ils constatent la formation. Nous trouvons trois stades dans les réponses de l'enfant.

Durant le premier stade (moyenne 5 ans $\frac{1}{2}$), l'enfant déclare que la boîte fait du vent et que, par là-même, elle attire l'air du dehors :

ROC (6 ans) : « Qu'est-ce qui se passe ? — *La boîte fait de l'air.* — D'où il vient ? — *De dehors.* — Comment ? — *Par la fenêtre* [elle est fermée]. »

TAQ (7 ; 5) : « Qu'est-ce qui se passe ? — *De la bise.* — D'où elle vient ? — *De la boîte.* — La bise de la boîte, d'où elle vient ? — *C'est de dehors. C'est la boîte...* »

Durant le second stade (moyenne 7 ans), la boîte fait de l'air dans une chambre conçue comme vide d'air, ou bien pourrait en faire s'il n'y avait pas d'air dans la chambre.

GEH (6 ans) : Qu'est-ce qui se passe ? — *Ça fait du vent, ça souffle.* — Ça vient d'où ? — *Quand vous tournez, ça fait du vent, un petit peu de vent.* — D'où il vient ? — *Il vient de la boîte, parce que, quand vous tournez, ça fait du vent.* » Geh affirme naturellement qu'il n'y a pas d'air dans la chambre.

DELES (8 $\frac{1}{2}$) : « *Ça fait de l'air quand on la fait tourner.* — Pourquoi ? — *Parce que ça tourne.* — Dans une chambre sans air [Deles vient de nous affirmer qu'il y a de l'air dans la chambre], *ça en ferait ou ça n'en ferait pas ?* — *Ça ferait de l'air.* — Pourquoi ? — *Parce que ça tourne* », etc.

Enfin, durant un troisième stade (moyenne 9 ans), la boîte déplace l'air de la chambre, mais ne produit pas d'air :

CHAI (11 ; 8) : « ... *En tournant vite ça donne beaucoup d'air.* — Qu'est-ce qui fait l'air ? ... — D'où vient l'air ? — *Au tour de la boîte. On prend tout l'air de la chambre.* — Si on tourne dans une chambre sans air, ça fait de l'air ? — *Non.* »

Nous retrouvons donc le schéma habituel des stades, moins les complications auxquelles donnent lieu les mains et la balle (deuxième stade des séries précédentes). Or il est intéressant de constater que la succession de ces stades reste la même alors qu'il s'agit dans le cas particulier d'un objet en mouvement. Un tel fait nous a conduit à nous demander s'il en serait encore ainsi dans le cas d'un mouvement de translation, comme le mouvement d'une balle lancée à travers la chambre. Or, chose remarquable, non seulement nous avons retrouvé le même processus d'évolution, mais nous avons découvert, d'une manière tout à fait inattendue, que les enfants donnent du mouvement des projectiles, une explication rappelant de très près l'ἀντιπεριστάσις de la physique grecque.

Partons de deux faits entièrement spontanés. Un enfant de 6 ans, à qui nous demandons si le vent est fort, répond d'emblée « *Oui, parce que, si je suis en train de marcher, ça me fait courir, ça m'élanche.* » A quoi nous objectons : « Mais d'où vient le vent quand on court ? » L'enfant répond que c'est nous qui le faisons en courant. Autrement dit, nous sommes poussés par le vent que nous produisons nous-mêmes. Un autre enfant nous donne la même explication à propos de sa toupie :

CAR (4 $\frac{1}{2}$), pendant un interrogatoire, sort de sa poche une toupie et dit « *Quand ça fait du vent, ça fait tourner.* — Ça fait du vent ? — *Oui.* — D'où il vient ? — *De ça* [de la toupie]. »

De tels faits nous ont poussé à soumettre aux enfants la question même qu'Aristote s'était posée : pourquoi un projectile abandonné à lui-même continue-t-il à avancer

au lieu de rejoindre immédiatement le sol ? Autrement dit, pourquoi cette balle, lancée dans la chambre, avance-t-elle au lieu de tomber ? On dira que, c'est une question bien artificielle pour l'enfant. Nous en convenons. Mais nous trouverons, au cours de ce volume, tant de cas spontanés d'explications par *l'αντιπεριστάσις*, que nous avons tenu à contrôler l'existence de ce phénomène en posant à l'enfant le problème des projectiles. Or, comme ce problème touche naturellement à la question de la production de l'air par les mobiles, l'exposé de nos résultats doit être donné ici, au risque de laisser momentanément au lecteur une impression de doute.

La question du pourquoi du mouvement de la balle donne lieu à cinq types de réponses, que les âges moyens respectifs nous permettent de considérer comme caractéristiques de cinq stades.

Durant le premier stade, l'enfant ne comprend pas le problème et déclare simplement que, si la balle avance, c'est qu'« on l'a lancée ». Durant un second stade (moyenne 7 ans), l'enfant estime que la balle continue à avancer parce qu'elle fait de l'air, et que, en outre, l'air du dehors vient la soutenir. Naturellement, nous avons choisi pour cette expérience des enfants qui n'avaient pas encore été interrogés sur les problèmes de la balle, des mains, de la pipette, etc. Dans ces conditions, on ne peut faire intervenir la persévération. Voici un exemple de ce second stade :

VEL (7 ans) estime qu'il n'y a pas d'air dans la chambre. « Pourquoi la balle continue à avancer quand je l'ai lancée et que je la lâche ? — *Quand ça marche, ça va vite et ça peut pas tomber.* — Pourquoi ça ne tombe pas quand ça va vite ? — *C'est l'air qui tient.* — Quel air ? — *L'air du ciel.* » D'autre part, Vel dit que, quand ça va vite, « *il y a toujours de l'air* », parce que le projectile « *fait de l'air* ». Autrement dit, la balle en avançant fait de l'air et attire l'air du ciel, ce qui lui permet de ne pas tomber.

Durant un troisième stade (moyenne d'âge 9 ans), l'enfant déclare que la balle fait de l'air et que c'est cet air qui la pousse. Les enfants de ce stade estiment qu'il n'y a pas d'air dans la chambre, ou bien ils croient que, s'il n'y avait pas d'air, la balle en ferait. On remarque que la moyenne d'âge de ce stade est de 9 ans et non de 8 comme c'est le cas des stades correspondants étudiés au § 1 et au § 2 (troisièmes stades) : c'est que l'illusion suivant laquelle un mouvement engendre par lui-même de l'air est plus forte avec un projectile qu'avec le mouvement des mains ou de la balle trouée. Voici des exemples de ce stade :

GAL (10 ; 2) : « Pourquoi la balle avance..., etc. ? — *On a donné un élan.* — Mais comment ça va si loin ? — *Par l'air.* — D'où vient cet air ? — *De nous, parce qu'on bouge.* — Pourquoi il y a eu de l'air jusque là-bas ? — *Parce que ça fait de l'air.* — Il y en avait déjà de l'air dans la chambre ? — *Oui.* — Et dans une chambre sans air, est-ce que la balle tomberait quand on la lâche ? — *Elle ne tomberait pas, parce que c'est un mouvement... la paume fait un mouvement, ça fait de l'air.* »

TAC (9 ans) : « *On la lance fort, elle va loin.* — Comment ? — *C'est le vent.* — Quel vent ? — *C'est l'air.* — Comment ? Quel air ? — *Parce qu'on lance fort... Parce qu'il la pousse.* — Comment le vent la pousse ? — *C'est la force.* — Quelle force ? — *Du vent.* ». Tac admet qu'il n'y a pas d'air dans la chambre. Le vent dont il parle est donc celui de la balle.

Durant le quatrième stade (moyenne d'âge 10 ans), l'enfant admet que la balle déplace l'air de la chambre et que c'est cet air, venant refluer derrière elle, qui la pousse en avant. Dans une chambre sans air, la balle n'avancerait pas, et ne saurait faire elle-même de l'air. Voici un bon exemple :

MART (10 ans). Nous mettons une allumette sur la table. Nous la projetons au loin en lui imprimant un élan avec l'ongle de l'index et nous demandons pourquoi elle va si loin :

« *Parce qu'elle a de l'élan, elle est partie vite. — Qu'est-ce que ça fait qu'elle ait de l'élan ? — Ça la pousse. — Comment ? — Elle a été fort. Ça lui a aidé. — Qu'est-ce qui lui a aidé ? — Le vent. — Quel vent ? — C'est l'air. — Comment ça l'aide ? — L'allumette est partie. L'air, elle [l'air] part tout le temps [avec l'allumette], et ça l'a poussée avec. — Dans une chambre sans air, qu'est-ce qui se passerait ? — Ça tomberait tout de suite [= l'allumette ne pourrait être projetée]. — Pourquoi ? — C'est l'air qui y pousse. »*

Enfin, durant un cinquième stade (vers 11-12 ans), l'enfant déclare que l'élan suffit à expliquer la marche de la balle et que l'air gêne le mouvement plus qu'il ne le favorise. Dans une chambre sans air le phénomène se produirait d'autant mieux. Voici un exemple :

DESP (12 ; 1) : « *C'est la force, l'élan. — Comment la force la fait rester ? — S'il y a du vent, elle le coupe. — Comment ? — Quand on la lance [la balle], le vent peut pas la faire [re]venir en arrière, si elle a trop de force. »* « Mais la main ne la touche plus, quand elle est en l'air ! — *C'est le reste de la force. — Comment ça se fait qu'il reste de la force ? — Parce qu'il y a toujours de l'élan. »* « Dans une chambre sans air on pourrait faire ça avec la balle ? — *La même chose. »*

On voit donc que la conception d'un élan se suffisant à lui-même est postérieure, génétiquement parlant, à l'hypothèse d'un reflux d'air venant pousser le projectile. Il est vrai que tous les enfants précédents ont commencé par faire appel à l'élan. Mais, il suffisait d'insister pour que, très rapidement, ils fissent intervenir l'air, tandis que les enfants du cinquième stade, c'est-à-dire les plus âgés, se sont refusés à faire cette hypothèse. C'est probablement que, sous l'influence du sens commun contemporain, formé par l'industrie et habitué au principe d'inertie grâce au machinisme, les enfants de 11-12 ans ont dépassé ce qui

constituait le fonds du sens commun correspondant à la physique grecque.

En conclusion, sans vouloir aborder ici les problèmes délicats que supposerait résolu une comparaison de la physique de l'enfant avec la physique grecque, disons simplement que les explications de nos enfants, durant le troisième et le quatrième stade, rappellent de près ou de loin les deux célèbres explications du mouvement des projectiles qu'Aristote a discutées dans sa *Physique*. La première de ces explications est celle de l'ἀντιπεριστάσις, qu'Aristote semble admettre en certains passages, mais qu'il réfute en d'autres : « ... C'est l'air qui joue le rôle de moteur. Ébranlé par le projectile au sortir de la catapulte et de la fronde, il reflue sans cesse derrière lui et le pousse en avant »¹. Mais, dit M. Carteron, pour Aristote un tel phénomène est « un effet plutôt qu'une cause... Il faut donc penser que le projecteur délègue à un milieu capable d'être à la fois mû et moteur, non seulement du mouvement, mais de la force motrice »². Autrement dit, « la continuation du mouvement d'un projectile, alors que celui-ci n'est plus en contact avec le moteur, s'explique par un transfert de l'impulsion originelle au milieu traversé par le mobile. Par un phénomène comparable à l'aimantation, une aptitude à mouvoir s'éveille dans le milieu. Or, si cette aptitude décroît avec l'éloignement, c'est en raison des résistances qui sont précisément dans la masse même du mobile, à savoir son poids naturel. Aristote est donc très loin de la loi d'inertie »³.

On peut considérer ces deux explications, celle du reflux de l'air derrière le projectile et celle du mouvement délégué

¹ Arnold REYMOND, *Histoire des sciences exactes et naturelles dans l'Antiquité gréco-romaine*. Paris, 1924, p. 183.

² H. CARTERON, *La notion de force dans le système d'Aristote*. Paris, 1924, p. 23.

³ Léon ROBIN, *La pensée grecque*. Paris. 1923, p. 335.

à l'air par le projecteur, comme deux explications très voisines (comme le fait M. Reymond) ou comme deux explications distinctes (comme, le fait M. Carteron). Il n'en reste pas moins que, dépouillées de leur systématisation savante et de leurs rapports avec l'ensemble de la physique péripatéticienne, elles se trouvent toutes deux dans les conceptions spontanées de l'enfant, ce qui tend à montrer qu'elles font partie du sens commun correspondant à un certain niveau mental ou à un certain niveau d'information. Dans les exemples cités tout à l'heure, Mart nous dit que, lorsque le projectile est parti, « l'air... part tout le temps, et ça l'a poussé avec ». Il ajoute que, sans air, le projectile tomberait et que « c'est l'air qui y pousse. » C'est l'ἀντιπεριστάσις typique. D'autre part, Gal nous dit que c'est l'air qui pousse le projectile, mais que cet air vient « de nous, parce qu'on bouge ». C'est donc l'idée que le projecteur délègue son mouvement au milieu même. Dans les deux cas, l'analogie avec la physique péripatéticienne est frappante. Il est vrai que, généralement, l'enfant conçoit le projectile et le projecteur comme produisant (et pas seulement comme déplaçant) de l'air (troisième stade) ; mais le schéma de l'explication reste le même en passant du troisième au quatrième stade, et là est l'important.

Il est vrai que le problème du projectile est bien artificiel pour l'enfant. Mais, répétons-le, nous verrons dans la suite que le schéma de l'explication du mouvement par le reflux de l'air est très général chez l'enfant : le mouvement des nuages, de l'eau des rivières, des vagues et même parfois des astres s'explique de la même manière. Nous allons voir, d'ailleurs, dès le prochain paragraphe, une nouvelle application de ces mêmes conceptions.

§ 4. LA FORCE CENTRIFUGE. — Nous allons montrer que les effets de la force centrifuge, elle-même s'expliquent, pour l'enfant, grâce à l'idée d'un reflux de l'air. C'est pourquoi nous situons à ce moment de notre exposé le récit

d'une expérience qui, au premier abord, n'a aucun rapport avec le problème de l'air.

On peut faire deux expériences sur la force centrifuge. La première consiste à mettre un sou dans la boîte déjà décrite à faire tourner la boîte sur un plan vertical et à demander à l'enfant pourquoi le sou ne tombe pas. La seconde consiste à faire tourner la boîte vide sur un plan horizontal, d'abord très lentement, puis de plus en plus vite, et à demander à l'enfant pourquoi la boîte monte (à mesure que l'on va vite, mais on laisse trouver cette relation à l'enfant).

La première de ces expériences a donné lieu à quatre types d'explications d'enfants, caractéristiques de quatre stades. Durant un premier stade (moyenne d'âge 6 ans), l'enfant répond que le sou ne tombe pas parce que la boîte a des rebords ; l'enfant n'a aucun souci de la position de la boîte au cours de la rotation. Durant un second stade (moyenne d'âge 7 ans), l'enfant répond que le sou ne tombe pas parce que la boîte tourne vite et que le sou n'a pas le temps de tomber. Durant un troisième stade (moyenne d'âge 8 ans) l'enfant déclare que la boîte en tournant produit de l'air (qu'il y ait ou non de l'air dans la chambre) et que c'est cet air qui, refluant dans la boîte, retient le sou. Durant un quatrième stade, enfin (moyenne d'âge 9-10 ans), l'enfant admet que la boîte, en tournant, déplace l'air de la chambre, et produit ainsi un courant d'air qui retient le sou.

Naturellement, les enfants que nous avons interrogés ne sont pas les mêmes que ceux dont il a été question au § 3, à propos des projectiles. L'hypothèse de la persévérance est donc exclue.

Voici des exemples du premier stade :

GEH (6 ans) prévoit, avant l'expérience, que le sou ne tombera pas : « *J'ai essayé d'y faire, chez nous, avec de l'eau.* — [On

fait l'expérience]. Pourquoi il n'est pas tombé ? — *Parce qu'il est dans la boîte.* — Pourquoi il reste ? — *Parce qu'il y a des bords pour pas tomber le sou* [= pour que le sou ne tombe pas]. — Pourquoi les bords font retenir ? — *Parce que le sou était là* [montre contre le bord]. *Bien sûr il tombe pas !* ». — Oui, mais pourquoi ça ne tombe pas ? Quand la boîte est en l'air, elle est renversée. Le sou est dessous, tu vois, il devrait tomber. Pourquoi il ne tombe pas ? — *Parce qu'on a ça* [le rebord]. — Mais comment ça se fait que le sou ne tombe pas ? — *Parce qu'on a ça* [le rebord] *pour tenir le sou.* »

GAV (6 ans) prévoit aussi que le sou restera : « *Souvent je mets des oignons dans le panier et je tourne.* [On fait l'expérience]. Pourquoi c'est resté ? — *Parce que ça balançait pas* [=parce que la boîte est restée dans la même position !]. — Qu'est-ce que ça veut dire ? — ... [Gav fait lui-même l'expérience, mais trop lentement et le sou tombe]. — Pourquoi c'est tombé ? — *C'étaient les rebords qui y tenaient.* — Est-ce que ça tombera si je tourne lentement ? — *Non.* [Gay n'a pas aperçu le rôle de la vitesse]. — [On fait la démonstration]. *C'est tombé parce que vous êtes allé doucement.* — Pourquoi ça ne tombe pas quand je vais vite ? — *C'est les rebords.* — Pourquoi les rebords n'empêchent pas le sou de tomber quand je vais lentement ? — ... — Tu trouves ? — ... — [Nouvelle démonstration : le sou tombe]. — *C'est les bords qui y tiennent.* »

Les réponses de ce stade sont très curieuses, mais plus au point de vue géométrique qu'au point de vue physique. Ou bien l'enfant n'arrive pas à comprendre que la boîte est renversée sur elle-même lorsqu'elle passe par le sommet de sa trajectoire, ou bien il raisonne sur les rebords sans tenir compte de la position de la boîte. Dans les deux cas, l'enfant ne comprend donc pas que les rebords ne peuvent retenir le sou quand la boîte est à l'envers, et il ne le comprend pas, faute de représentation spatiale des positions successives de la boîte.

Voici maintenant deux exemples intermédiaires entre ce

premier stade et le second : les rebords retiennent le sou, mais seulement quand la boîte va assez vite :

DELES (8 ans) prévoit que le sou « *restera.* — Pourquoi ? — *Parce que ça tourne.* — [On fait l'expérience]. Pourquoi le sou reste quand ça tourne ? — *Parce qu'il y a les rebords.* — [On tourne lentement]. Ça tombe. Pourquoi ? — *Parce que vous tournez pas assez vite.* ». « Pourquoi ça reste quand ça tourne vite ? — *Parce qu'il y a les rebords.* — Et quand ça va lentement ? — *Ça tombe, parce que ça va pas assez vite.* »

BURD (9 ans) : « Qu'est-ce qui se passera ? — *Ça tombera pas.* — Pourquoi ? — *Parce que ça va vite.* — Alors pourquoi ? — *Parce que ça n'a pas le temps de tomber.* — Pourquoi ? — *Parce que les rebords de la boîte l'empêchent.* »

Ici l'idée semble claire : quand la boîte va vite, le sou est projeté contre le rebord et retenu par lui. Il n'a pas le temps de tomber. Nous sommes ainsi conduits au deuxième stade, durant lequel l'enfant abandonne l'idée que les rebords jouent un rôle, pour attribuer uniquement à la vitesse de la rotation le fait que le sou ne tombe pas de la boîte. Voici des exemples de ce deuxième stade :

LUG (8 ans) : « *Il va pas tomber.* — Pourquoi ? — *Parce que ça tourne vite.* » « Si je vais lentement, ça tombera ? — *Oui.* — Pourquoi ça tombe quand je ne tourne pas vite ? — ... *Parce qu'il a pas le temps de tomber* [le sou]. — Pourquoi pas ? — *Parce que ça va trop vite.* — Quelque chose le retient ? — *Personne ne retient.* — Non, mais quelque chose ? — *Non.* »

PAT (10 ans) : « *Le sou ne tombera pas.* — Tu as déjà vu ça ? — *Oui, avec du lait.* — Pourquoi ça ne tombe pas ? — *Parce qu'il a pas le temps de tomber.* — Comment ça se fait ? — *Parce que ça tourne vite.* — Pourquoi ça tient quand on va vite, et ça ne tient pas quand on va lentement ? — *Le sou n'a pas le temps de tomber, et puis quand on va lentement il a le temps.* »

Ce stade paraît plus avancé que les suivants. Mais l'âge des enfants montre qu'il n'en est rien. A part Pat, aucun

enfant de ce second stade n'a dépassé 8 ans et l'âge moyen du stade est de 7 ans. Au contraire, l'âge moyen du troisième stade est de 8 ans, c'est-à-dire qu'une bonne fraction des enfants de ce stade ont 9 et 10 ans. Durant ce troisième stade, l'enfant admet que le sou reste parce que la boîte, en tournant, produit de l'air, lequel reflue vers l'intérieur et retient le sou. Voici des exemples :

ROY (7 ans) : « Qu'est-ce que fera le sou, quand on tournera ? — *Il tombera.* — [On fait l'expérience]. Pourquoi est-il resté ? — *Parce que ça a tourné vite.* — Pourquoi ça ne tombe pas quand on tourne vite ? — *Parce que ça l'empêche de tomber.* — Pourquoi ça l'empêche ? — *Parce que c'est l'air.* — D'où vient cet air ? — *Parce qu'on tourne.* — Il y a de l'air dans la chambre ? — *Oui.* — Il y en a maintenant ? — *Non.* — Quand on tourne la boîte, d'où vient l'air ? — *Parce que, quand on tourne, ça fait de l'air.* ». « Est-ce qu'il y a de l'air ici [près de la boîte] ? *Non.* — Il y en a dans la chambre ? — *Non.* »

ACK (8 ½) : « Qu'est-ce qui se passera ? — *Il tombera.* — Regarde [expérience]. Il est tombé ? — *Vous tournez trop vite [pour que cela tombe].* — Comment ? — *C'est l'air qui fait ça.* — Comment ? — *C'est l'air qui pousse [le sou]. L'air fait pousser.* — Pourquoi l'air ne fait pas tomber le sou ? — *Vous tournez trop vite.* — Et alors ? — *C'est le courant.* — Où est le courant ? — *Dans la boîte.* — Qu'est-ce que c'est, le courant ? — *L'air.* ». « D'où vient cet air ? — *Quand ça tourne, ça fait de l'air.* ». « Il y a de l'air dans la chambre ? — *...Oui... non ! Parce que c'est renfermé.* »

BOR (9 ½) « Qu'est-ce qui se passera ? — *Il [le sou] tombera pas.* — Pourquoi ? — *Parce qu'il se tient au milieu. L'air le pousse dans la boîte.* — D'où vient cet air ? — *C'est le courant de la boîte quand elle tourne.* — Il y a de l'air dans la chambre ? — *Non.* — Il y a de l'air dans la boîte ? — *Non.* — Et maintenant [en la faisant tourner] ? — *Oui, parce que la boîte tourne.* »

Ces cas sont très clairs et rappellent de près le schéma

de l'explication du mouvement des projectiles (troisième stade).

Voici maintenant des cas du quatrième stade. C'est encore l'air qui est censé retenir le sou, mais cette fois l'air est considéré comme venant de la chambre et non comme étant produit par la balle elle-même. Entre le troisième et le quatrième stades il existe naturellement tous les intermédiaires. Voici des exemples du quatrième stade :

COM (10 ; 4) : « Le sou tombera ou ne tombera pas ? — *Il tombera.* — [Expérience]. Pourquoi n'est-il pas tombé ? — *Parce que vous avez tourné trop fort.* — Pourquoi ne tombe-t-il pas quand on tourne fort ? — *Il y a la boîte qui retient l'air.* — Pourquoi elle ne retient pas le sou quand ça va doucement ? — *Si vous allez fort, le sou reste. Si vous allez doucement, il tombe.* — Pourquoi il reste ? — *L'air le tient en l'air.* — Quel air ? — *L'air qu'il y a ici.* ». « Il vient d'où cet air ? — *De la salle...* »

CHAI (11 ; 8) « Qu'est-ce qui se passera ? — *Il [le sou] tombera.* — [Expérience]. Pourquoi n'est-il pas tombé ? — *En tournant il n'a pas pu tomber.* » — « Pourquoi pas ? — *Parce que l'air va contre le centime.* — Et quand on tourne lentement, pourquoi cela tombe ? — *Parce qu'on va pas assez vite ; et puis, en tournant vite, ça donne beaucoup d'air.* — D'où vient cet air ? — *Autour de la boîte. On prend [en tournant la boîte] tout l'air de la chambre.* — Si on tournait cette boîte dans une chambre sans air, ça ferait de l'air ? — *Non.* »

Il peut être intéressant maintenant de chercher les relations qui existent entre la prévision du phénomène et son explication, c'est-à-dire entre le fait que l'enfant prévoit ou non que le sou restera dans la boîte malgré la rotation de celle-ci, et la nature de l'explication que l'enfant donne du phénomène après l'expérience, qu'il ait ou non prévu le résultat de celle-ci. Or, le résultat de notre enquête est à cet égard très net : dans le cas particulier, il n'y a aucun rapport entre la justesse de la prévision et la nature de l'explication.

D'une part, en effet, l'explication des effets de la force centrifuge obéit, comme nous venons de le voir, à des stades d'âge très nets. Ainsi, en-dessous de 8 ans, il n'y a presque pas d'enfants qui songent à faire intervenir l'air dans l'explication du phénomène, etc. Au contraire, la prévision du phénomène nous a semblé presque indépendante de l'âge, du moins chez les enfants que nous avons examinés. Nous avons trouvé qu'une moitié de nos enfants savaient prévoir le phénomène et qu'une moitié ne le savaient pas. Or ces deux groupes d'enfants se répartissent avec les mêmes fréquences de 4 à 14 ans, et la moyenne d'âge de chacun des deux groupes est de 8 ans $\frac{1}{2}$. Il n'y a donc aucune relation entre la prévision et l'âge : à tous les âges, certains enfants ont fait l'expérience qui consiste à faire tourner verticalement un panier plein et un seau d'eau, etc. D'autre part, et par conséquent, on trouve des cas de prévision et des cas de non-prévision dans chacun de nos stades. La prévision et l'explication, dans le cas particulier, sont donc entièrement indépendantes l'une de l'autre.

Un tel fait est exceptionnel, et nous trouverons, en général, une relation étroite entre le degré de prévision (c'est-à-dire la connaissance de la loi) et la valeur de l'explication. Si, dans le cas particulier, cette relation n'existe pas, c'est que le phénomène physique sur lequel a porté notre expérience ne peut avoir été observé spontanément par l'enfant : ce n'est qu'initié par des camarades ou par des aînés que les enfants essayent de faire tourner sur eux-mêmes des seaux d'eau ou des paniers. Au contraire, la juste prévision des lois de la pesanteur, du mouvement, etc., résulte d'observations spontanées en relation avec l'âge, c'est-à-dire avec le niveau intellectuel. Le cas particulier que nous discutons maintenant ne doit donc, en aucune façon, être tenu pour représentatif.

Il n'en est pas moins intéressant pour nous d'en tirer les

leçons qu'il comporte. Un tel fait nous montre — et cela est extrêmement précieux pour justifier la méthode même dont nous nous sommes servi — qu'une explication inventée par l'enfant sur place et pendant l'interrogatoire est, dans les grandes lignes, identique à une explication préparée par des observations antérieures de l'enfant lui-même. Qu'il ait déjà, ou non, réfléchi à la question, l'enfant d'un niveau donné arrive pendant l'interrogatoire au même résultat. Il y a donc quelque chose de « spontané » dans les croyances « déclenchées », ces deux mots étant pris dans le sens que nous avons défini ailleurs¹.

Passons maintenant à un autre effet de la force centrifuge. On fait tourner horizontalement la boîte vide, suspendue à la ficelle, et on demande à l'enfant pourquoi elle monte (au fur et à mesure que la vitesse de rotation augmente). Les réponses obtenues se laissent répartir en trois stades, qui correspondent point pour point aux trois derniers stades observés à propos de la rotation du sou. Durant un premier stade (moyenne d'âge 6 ans), l'enfant répond que la boîte monte simplement parce qu'elle va vite, ce qui est l'énoncé de la loi observée beaucoup plus que la découverte d'une cause. Durant un second stade (moyenne d'âge 8 ans), l'enfant répond que la boîte monte à cause de l'air qu'elle fait en tournant. Durant un troisième stade (moyenne d'âge 9 ans $\frac{1}{2}$), l'enfant répond que la boîte monte à cause du courant d'air qu'elle produit en déplaçant l'air de la chambre. Naturellement, les enfants que nous avons interrogés à ce point de vue ne sont pas les mêmes que ceux dont il a été question à propos de sou. Tout danger de persévération est ainsi exclu.

Voici un exemple du premier stade :

LEO (7 ; 3) : « Pourquoi la boîte monte ? — *Parce que vous faites toujours tourner plus fort... vous faites aller plus fort et ça*

¹ R. M., Introd., § 2.

va plus haut. — Pourquoi ça va plus haut ? — *Plus on va fort, plus on va haut* », etc.

Un exemple du deuxième stade :

BOR (9 ans). Spontanément : « *C'est l'air qui fait monter.* — Comment ? — *Parce qu'en tournant la boîte fait de l'air.* — Il y a de l'air dans cette chambre ? — *Oui.* — Dans une chambre sans air, est-ce que la boîte ferait quelque chose en tournant ? — *De l'air.* »

Voici enfin quelques exemples du troisième stade :

STOE (11 ans) : « Pourquoi ça monte ? — *Parce qu'avec la main on fait tourner.* — Mais pourquoi ça monte quand je tourne vite et ça descend quand je tourne lentement ? — *Parce que dans la boîte il y a de l'air. Ça fait voler quand on y fait tourner avec la ficelle.* — Il y a de l'air dans la chambre ? — *Oui* », etc.

JEL (10 ans) : « Pourquoi ça monte ? — *Ça va vite, pis l'air fait monter. En montant, l'air vient, pis ça la pousse encore plus.* »

DELESD (8 ½) : « *C'est l'air qui fait monter.* — Comment ? — *C'est l'élan. C'est l'air qui aide l'élan de monter.* »

On retrouve donc très nettement le schéma, l'explication du mouvement par le reflux de l'air déplacé.

CHAPITRE II

L'ORIGINE DU VENT ET LA RESPIRATION

Les expériences qui précèdent projettent une certaine lumière sur le développement de la notion d'air. L'air, pour l'enfant, c'est simplement la substantification ou la « réification », comme dit Sully ¹, de l'« élan » ou du mouvement. Seulement, c'est une substantification d'une physionomie particulière, car elle échappe à tout principe de conservation : l'air n'existe que pendant qu'il souffle, pour rentrer dans le néant tût après. L'air, nous dit Bor (9 ans), « c'est le courant de la boîte quand elle tourne », et ces définitions sont innombrables. Il est vrai que les plus jeunes des enfants que nous avons examinés semblent au contraire postuler un principe de conservation très ferme, plus ferme même que les nôtres, puisque ces enfants considèrent tous les « courants » comme participant les uns des autres le courant de la boîte vient du vent du dehors, etc. Mais cette participation n'est que dynamique et ne comporte aucune notion rationnelle de conservation : elle n'identifie entre elles que des actions ou des intentions et n'établit que des relations occultes entre des substances séparées dans l'espace ou dans le temps. On peut donc bien décrire la participation en termes de conservation, mais c'est à condition

¹ SULLY, *Etudes sur l'enfance*, trad. MONOD », p. 134-135.