Vitesse et temps chez l'enfant

En physique, les trois notions de longueur, vitesse et temps sont définies traditionnellement à partir de deux d'entre elles : la longueur et le temps. Mais est-ce une bonne méthode pédagogique ? Le but de cet article qui résume deux ouvrages de Piaget :

- Le développement de la notion de temps chez l'enfant
- les notions de vitesse et de mouvement chez l'enfant

est de montrer qu'il est beaucoup plus satisfaisant pour l'esprit de présenter le temps comme dérivé des notions de longueur et de vitesse. La notion même de vitesse uniforme peut en effet se définir sans référence au temps. On pourra se reporter, pour une construction axiomatique à l'article : "La vitesse en physique relativiste" parru dans l'ouvert nº6 de Mai 1975.

I - LA NOTION DE TEMPS

Comme pour toutes les grandeurs unidimensionnelles, la notion de temps peut faire apparaître deux composantes : la relation d'ordre (avant, après, en même temps que) et la métrique, c'est-à-dire la comparaison des durées.

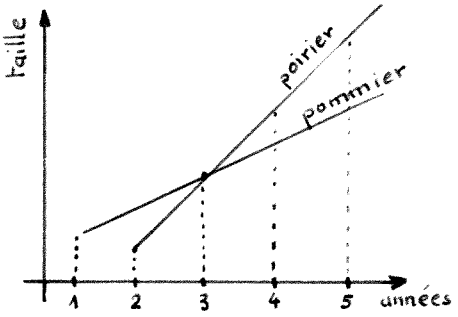
Il est déjà peu aisé de faire des expériences simples sur la notion d'ordre temporel ne faisant intervenir que le temps à l'exclusion de l'espace (mot employé de préféérence à longueur, car les vitesses peuvent ne pas être relatives à des longueur — angle, lecture, écriture,...) Il est encore plus difficile, voire impossible de réaliser des expériences de durée ne faisant pas intervenir cette notion d'espace. De plus le langage courant lui-même établit cette confusion espace-temps dans des locutions telles que :

- avant - après
- être le premier
- s'arrêter d'abord, ...

Par ailleurs, nous avons l'habitude, en tant qu'adulte, de la non réversibilité du temps, non réversibilité que l'enfant doit découvrir petit à petit. Un excellent exemple en est donné par la méthode du récit en image présenté en désordre. Jusque vers 7-8 ans, les enfants se bornent à raconter une histoire cadrant avec une présentation aléatoire des images et sont ensuite incapables d'en changer malgré une modification de l'ordre des images.

Voyons maintenant quelques exemples d'expériences :

a) La notion d'âge : Elle est toujours mise en relation avec la taille des gens : le plus grand est le plus vieux. Cela s'étand à toute la création, y compris pierres et cailloux. Le meilleur exemple est celui de la croissance comparée d'un pommier et d'un poirier. Le poirier planté un an après le pommier le rattrape en taille la deuxième année. Pour les enfants si au début le pommier est effectivement plus vieux que le poirier, il n'en est plus de même quand les tailles relatives sont inversées : le poirier devient plus vieux que le pommier.



b) La simultanéïté : Deux lampes situées à un ou deux métres l'une de l'autre sont allumés simultanément ou à un ou deux dixième de seconde d'intervalle. On demande aux enfants ce qu'il en est en leur imposant de fixer ou non tel ou tel point :

âges	5	6	7	10-11	ans
regard libre	41	28	29	6	lampes sur une droite horizontale et frontale
fixé au milieu	33	I3	I2	II	
fixé sur une lampe	42	3I	24	I3	
regard libre	40	23	9	3	lampes en profondeur.
fixé sur une lampe	48	28	20	I2	

Le tableau ci-dessus donne le pourcentage d'erreurs sur l'apréciation de la simultanéïté dans les différents cas d'expériences en fonction de l'âge des sujets.

Ce qui est mieux, c'est que si au lieu de faire cette expérience (la seule à ne pas faire intervenir le mouvement - mais il y a mouvement des yeux) on utilise de petits mobiles qui se déplacent à vitesse variable, mais qui partent et s'arrêtent simultanément, la simultanéïté des arrêts sera très difficilement perçue. Pour l'enfant, le mobile aura marché d'autant plus longtemps qu'il aura été plus loin.

c) Autres expériences : Au leiu de faire bouger des petits mobiles, on peut faire une course avec l'enfant, lui faire tracer lentement ou vite une page de bâtons, étudier l'écoulement de l'eau dans un récipient : soit remplir à la même vitesse deux récipients de forme différente, soit faire s'écouler par simple pesanteur de l'eau d'un récipient en forme de poire dans un récipient cylindrique ... On demande à l'enfant, dans chaque expérience, de comparer les vitesses de remplissage et/ou de vidage des deux récipients.

Toutes ces expériences montrent que pour réellement comprendre la notion

de temps, il faut dominer la relation opératoire : $v = e/t$, c'est à dire essentiellement les vitesses, car le temps apparait toujours à travers une vitesse.

Citons pour conclure ce paragraphe la conclusion même de Piaget dans son livre sur la notion de temps (p. 269) :

"Tant que l'idée de vitesse n'est pas acquise sous une forme opératoire, c-à-d, "comme un rapport entre l'espace parcourru et cette dimension commune aux diffé- "rentes vitesses qu'est précisément le temps, l'ordre temporel se confond avec l'or- "dre spatial et la durée avec le chemin parcourru. Inversement, tant que l'ordre "temporel n'est pas lui-même constitué, la vitesse se réduit à une intuition in- "suffisante et parfois trompeuse, celle du dépassement, c'est-à-dire à nouveau d' "une intuition spatiale, caractérisée par le changement de position respective des "mobiles. La construction du temps commence donc quand les vitesses différentes "sont comparées entre elles."

Pour bien comprendre l'intérêt pédagogique d'une définition du temps à partir de la vitesse, nous allons maintenant étudier de plus près cette notion de vitesse. Auparavant, il nous faut vérifier les connaissances de l'enfant en matière de longueur. Ce sera l'objet du paragraphe suivant.

II - LE PLACEMENT ET LE DEPLACEMENT

Je me contenterai dans ce paragraphe ainsi que dans le suivant de présenter les expériences proposées par Piaget et d'endonner les résultats.

a) Les deux sens d'orientation d'une droite :

Expérience : Trois perles de couleur différente coulissent le long d'un fil et sont masqué dans une partie du trajet.

Questions : 1) Ordre de passage après l'écran

2),Ordre de passage au retour

et si ces deux questions sont résolues

3) On fait changer l'enfant de côté et on repose les questions 1 et 2.

4) On tourne le montage de 180º et onrepose la question 1.

5) On fait faire au montage un nombre quelconque de demi-tout et on demande si la deuxième perle peut sortir.

Résultats : On peut distinguer trois étapes entre 4 et 8 ans : Dans une première étape seule la première question est résolue, puis dans une deuxième étape les deux premières questions ainsi que les deux suivantes mais seulement après que l'expérience ait été montré aux enfants, donc il n'y a aucune anticipation. Enfin toutes les questions sont résolues

d'emblée sauf parfois la dernière.

b) Le déplacement :

A partir de maintenant, toutes les expériences que nous allons décrire montreront que pour l'enfant ce qui prime avant tout c'est le point d'arrivée, comme si toute action, tout mouvement obéissait à une finalité. Plus tard seulement apparaîtra la prise en considération du point de départ puis enfin de la totalité de l'action, de l'intervalle ou dela durée.

Expérience :

On fait se déplacer un petit mobile sur chacun des deux trajets A_1 et A_2 où les points de départ sont visiblement situé l'un au dessous de l'autre. Dans l'expérience A tous les segments sont égaux, il n'en est pas de même dans l'expérience B. L'enfant dispose éventuellement de bandelettes de papier de différentes tailles pour faire des mesures.

Questions : 1) L'expérimentateur déplace un mobile de la longueur d'un segment sur A_2 et demande à l'enfant de faire "le même long chemin" sur A_1 .

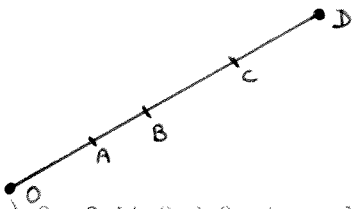
2) Afin de faciliter le travail de l'enfant on lui suggère d'utiliser les bandelettes pour faire des mesures

3) Si l'expérience A a été comprise on reprend les deux premières questions avec l'expérience B.

Résultats : On peut ici aussi distinguer trois niveaux entre 4 et 9 ans. Dans un premier stade, la longueur des chemins est évaluée en fonction de l'ordre intuitif des points d'arrivée. En particulier l'enfant n'avancera pas ou avancera de quelques millimètres sur l'injonction de l'expérimentateur quand celui-ci avancera son mobile perpendiculairement au trajet A_1 . Dans un stade un peu plus avancé l'enfant comprendra et réagira correctement pour des trajets courts, mais retombera dans l'erreur première pour un trajet plus long. Dans un deuxième stade, l'enfant évaluera correctement les distances mais échouera au niveau des mesures, aussi bien en B qu'en A. Enfin les trois questions seront résolues d'emblée correctement.

c) Composition des déplacements :

Expérience : Un plan incliné surlequel un mobile peut se déplacer par rapport à



à différents repères fixes symbolise un funiculaire. Des bandelettes de papier sont proposées aux enfants afin qu'ils puissent faire des mesures comparatives.

Questions : 1) On fait O,D,O et on demande si on a plus monté ou descendu ?

2) On fait O,C,B,D,O et on demande si il y a eu plus de monté que de descente ? Eventuellement on lui propose les bandelettes et s'il ne mesure pas on le fait pour lui.

3) On fait O,B,A,C,B,D,O et on demande de comparér la somme des montées avec la somme des descentes.

Résultats : Nous distinguerons également trois niveaux :

I) L'enfant répond qu'il y a plus de monté que de descente à la première question, il ne cherche aucunement à mesurer et la mesure de l'expérimentateur ne le convainc pas.

II) Mêmes réactions, toutefois la mesure de l'expérimentateur le convainc à la première question, mais il est incapable d'appliquer ce qu'il vient de voir à la deuxième question. Il admet cependant l'égalité quand l'expérimentateur mesure devant lui.

III) Dans un premier temps la première question est résolue d'emblée, mais non les suivantes. Dans un deuxième temps, il y a formalisation (vers 8 ans) et la dernière question est résolue par généralisation à partir de la précédente.

Dans le cas où le mouvement est horizontal, on observe les mêmes stades dans le développement intellectuel de l'enfant, mais à un âge moyen plus faible.

d) Le mouvement relatif :

Expériences : Une petite coquille symbolisant un escargot est placée sur une planchette qui est déplacée soit dans le même sens, soit en sens inverse de la marche de l'escargot (les deux déplacements sont soit simultanées, soit successifs).

Questions : 1) Les deux mouvements sont de même sens et le sujet dispose de bandelettes pour mesurer. On demande le trajet total de l'escargot.

2) même question, les trajets étant de sens contraire.

3) On demande au sujet d'imaginer l'expérience dans le cas de mouvement en sens inverse mais de même longueur. Où sera le point d'arrivée ?

4) Toujours de façon verbale; On demande si l'escargot arrivera à droite ou à gauche de son point de départ suivant qu'il fait en sens inverse des trajets plus courts ou plus longs que la planchette.

Résultats : Les enfants interrogés avaient de 5 à 14 ans. On distingue 4 étapes.

I) Il y a absence totale de composition, les enfants ne tiennent compte que d'un seul mouvement, en général celui de l'escargot.

II) Il y a maintenant mesure des deux trajets à la première question, mais le sujet se borne à mettre les bandelettes côte à côte.

III) Vers 8 ans il y a compréhension de l'addition et de la soustraction pour les deux premières questions qui sont d'abord seules résolues, les deux suivantes le étant progressivement par généralisation.

IV) Ce n'est que vers 11-12 ans que les quatre questions sont résolues d'emblée.

III - LA VITESSE

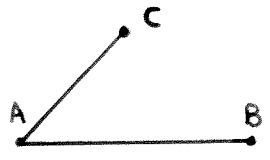
Ce paragraphe est décomposé en cinq alinéas qui permettront de mieux comprendre comment l'intuition de la vitesse s'affine petit à petit jusqu'à aboutir à la notion de vitesse uniforme.

a) L'intuition de la vitesse :

Dans une première expérience, deux tunnels parallèles de longueurs inégales et de même point de départ sont parcourrus par deux mobiles qui arrivent et qui partent aux mêmes instants. C'est vers 6 ans que les sujets, après observation des trajectoires sans les tunnels (car alors il y a vision d'un dépassement) donnent une réponse correcte qui est donnée d'emblée vers 7-8 ans.

Expériences et questions :

1) On fait constater l'inégalité des trajets AB et AC et on demande si deux voitures parcourant ces deux routes à la même vitesse arrivent au bout en même temps. On fait ensuite l'expérience et on demande des explications.



2) Mêmes questions avec les trajets ci-contre :

3) On reprend la première question et on demande ce qu'il en est des vitesses de deux voitures qui partent et arrivent en même temps.

4) Même question que précédemment avec le deuxième trajet.

Résultats : I) Vers cinq ans, les enfants ont encore du mal à reconnaître la dif-

férence de longueur des chemins. Aucune question n'est résolue et en particulier pour les deux dernières, les sujets estiment les vitesses égales.

II) Vers six ans, il y a résolution des deux premières questions et échec au deux suivantes. Cependant, si l'expérience est faite devant eux, les enfants comprennent que les temps sont proportionnels aux espaces à vitesse égale, sans toutefois détaché la notion de temps de celle d'espace.

III) Enfin vers sept ans, il y a résolution opératoire et prévision des résultats de toutes les questions avant expérience.

b) L'élaboration des relations de vitesse

Première expérience :

1) l'auto nº 1 part en arrière de l'auto nº 2, mais elles arrivent simultanément au même point. On demande laquelle des deux a été le plus vite.

2) on reprend la même expérience, mais l'auto nº 1 ne rattrape pas tout à fait la seconde (bien que sa vitesse soit largement supérieure).

3) toujours la même expérience, mais l'auto nº 1 dépasse largement la nº 2 à l'arrivée.

4) Les deux autos partent simultanément de deux points symétriques par rapport à O et s'y arrête au même instant ou s'y croise très légérement.

Résultats : I) Dans un premier stade, la vitesse est évaluée intuitivement en tenant compte des points d'arrivée. En conséquence les réponses sont justes en cas de dépassement visible (et non pas seulement quand il y a rattrapage sans dépassement).

C'est la notion de dépassement qui, correspondant avec l'intuition, ira en se généralisant. L'exemple le plus typique de réponse à la première question est donné par un sujet de 5 ans 9 mois qui commence par répondre que 1 a été plus vite que 2 parcequ'il croit l'avoir vu dépasser 2, puis se reprend en affirmant l'égalité des vitesses.

II) Le deuxième stade est un stade de transition. Les enfants vont d'abord assimiler les notions de dépassement et de rattrapage. Le croisement quant à lui présente d'avantage de difficultés, à cause des points d'arrivée, mais il y a rapidement décentration sur les points de départ puis sur le rapprot des points extrêmes (sans toutefois faire intervenir la notion de longueur).

Deuxième expérience :

1) Les deux voitures partent successivement du même point et en suivant une trajectoire rectiligne, arrivent simultanément au même point. On demande laquelle des deux a été le plus vite.

2) Les deux voitures partent successivement du même point, mais la deuxième ne rattrape pas tout à fait la première. (Il y a donc à la fois inégalité des temps et des longueurs).

Résultats : I) Dans un premier stade, il y a soit égalité des vitesses car les points d'arrivée sont identiques, ou bien c'est le premier parti qui va le plus vite car il devance tout simplement l'autre. Il faut augmenter notablement l'inégalité des vitesses pour que celles-ci soient perçues comme telles.

II) Comme dans la première expérience, le deuxième stade consiste en une transition de 6 à 7 ans vers les solutions opératoires. Il y a d'abord oscillation entre les deux réponses puis dansune étape intermédiaire l'enfant attribue les mêmes vitesses, par compensation.

III) Enfin ,il y a d'emblée des réponses justes par solution opératoire.

Ces expériences restent fondamentales pour comprendre le développement de la notion de vitesse : Il y a d'abord centration sur les points d'arrivée, les autres notions étant sous-estimées en tant qu'élément de raisonnement : c'est une attitude égocentrique car les points d'arrivée intéressent l'activité propre en tant que but des actions. Ensuite il y a une nouvelle centration sur les points de départ sans oubli des points d'arrivée, c'est-à-dire que l'enfant porte alternativement son attention sur les points d'arrivée puis sur les points de départ et qu'il met ainsi ces deux objets progressivement en relation par la longueur des chemins. Ce n'est que petit à petit et à la limite que le sujet atteindra le stade opératoire.

c) Les vitesses relatives

expérience : On dispose d'un châssis muni d'un ruban sans fin surlequel sont fixés huit cyclistes de carton ; une manivelle permet d'en régler la vitesse. Parallèlement à ce ruban une ficelle sans fin, actionnée par une autre manivelle porte un observateur qui compte les bicyclettes. L'observateur est soit immobile pendant 15 secondes, soit en mouvement uniforme, dans un sens ou dans l'autre pendant 15 secondes également.

Questions : On fait compter au sujet le nombre de cyclistes qui passent devant l'observateur immobile.

1) En verra-t-il plus ou moins s'il marche dans le même sens qu'eux ? Et on demande une explication.

2) Même question dans le cas où les sens des marches sont opposés.

3) A l'intention des plus petits, on introduit une question supplémentaire en ne faisant intervenir qu'un seul cycliste : On demande s'il faut plus ou moins de temps à l'observateur pour le rencontrer suivant qu il marche dans un sens, dans l'autre ou qu'il reste immobile.

Résultats : I) Avant 6 ans on n'obtient aucune réponse, même à la troisième question du cycliste unique.

II) Entre 6 ans et 7 ans et demi, la question du ciclyste unique est résolue, tandisque les autres donnent lieu à une réponse unique ; " Il en verra le même nombre". Il n'y a donc aucune relativité des vitesses.

III) Entre 8 ans et 10 ans et demi, le sujet n'arrive pas à déduire d'avance les résultats, mais il donne après coup une interprétation correcte. C'est le stade des opérations concrètes.

IV) Enfin, vers 11 ans, quand le stade des opérations formelles est atteint, il y a déduction correcte, avant toute expérience et compréhension excellente de la relativité des vitesses.

d) Vitesses successives

Au lieu de faire se mouvoir les mobiles sur des trajectoires parallèles, avec départ ou arrivée simultannée, les deux trajets sont à angle droit et les mouvements se font l'un après l'autre, les temps étant simplement mesurés avec un chronomètre. L'enfant dispose de papier, centimètre et crayon pour comparer les longueurs.

On retrouve dans cette expérience les mêmes stades que dans l'alinéa (b) avec cependant un retard de deux ans au début et d'un an à la fin.

On peut remarquer de plus que si les enfants arrivent à comparer les vitesses lorsque l'une des deux quantités : temps ou espace est la même, ils échouent à comprendre les différences de vitesses en cas de temps et d'espace inégaux même pour des proportions de vitesses allant de 2 à 1. Ce n'est que dans le cas d'une très grande disproportion qu'ils répondent juste par décentration.

e) Conservation des vitesses uniformes et de leurs rapports

Expérience : On présente deux droites parallèles. Sur la première avance un camion qui roule toute une journée et parcourt une certaine distance. Pen-

dant ce temps un bonhomme partant et s'arrêtant aux mêmes instants, parcourt un trajet plus court de moitié.

Questions : 1) On fait observer la simultanéïté des départs et arrivées ainsi que l'égalité des temps de marche.

2) On demande de combien marchera le camion le deuxième, troisième ... jour si il part et s'arrête aux mêmes heures et roule à la même vitesse ? (conservation de la vitesse uniforme)

3) Quel est le trajet parcouru par le bonhomme s'il continue à temps égaux à marcher à la même vitese ? (conservation de la différence des vitesses uniformes).

4) Le dernier jour, le camion s'arrête à midi (la moitié du temps) et à rouler à la même vitesse ; où arrive-t-il ?

5) Trouver le chemin parcouru par le bonhomme pendant la même demi-journée.

6) Etant donnée une position du camion et une du bonhomme, combien de jours le bonhomme mettra-t-il pour rattraper le camion ce dernier restant immobile?

7) La distance entre les points d'arrivée de l'automobile et du bonhomme à la fin de chaque journée demeure-t-elle la même ou augmente-t-elle régulièrement ?

Résultats : I) Avant 6 ans, il n'y a aucune compréhension de la conservation de la vitesse, même en ne considérant qu'un seul des deux mobiles. Quant aux parcourts du bonhomme, il se borne à reporter une différence constante en arrière du camion.

II) Vers 6 - 7 ans, le report des distances à la deuxième question se fait bien, mais seulement en ne considérant qu'un seul mobile, la conservation de la différence des vitesses se traduisant par la conservation du rapport des distances n'étant pas comprises.

IV) Vers 7 - 8 ans, c'est le stade des opérations concrètes ; donc il ne peut y avoir de prévision, en particulier les réponses aus deux dernières questions sont fausses ou données de façon aléatoire.

V) Au delà de cet âge, le stade des opérations formelles étant atteint toutes les questions sont résolues.