

LA VITESSE AU COURS MOYEN

Jean-Loup Canal

Tout enfant, dès son jeune âge, est confronté à la "vitesse" et se donne une représentation de cette grandeur. Mais cette grandeur est complexe et ne peut se construire seule car elle dépend de deux autres, la distance et le temps. Elle se trouve au carrefour d'une foule de difficultés complexes de toutes sortes.

C'est au cours moyen deuxième année (10-11 ans) que nous nous intéresserons ici, classe où traditionnellement est abordée l'étude mathématique de la vitesse. La vitesse est posée a priori comme une évidence : c'est le résultat du quotient de la distance par la durée mise pour la parcourir. Le raccourci est effrayant et le résultat évident : seule une minorité d'élèves intègre cette définition. Le mécanisme étant monté, d'autres élèves l'utilisent sans comprendre, d'autres se bloquent.

I - LES PROBLEMES POSES PAR LA CONSTRUCTION DES NOTIONS DE VITESSE, DE DEPLACEMENT

I.1. Difficultés fondamentales propres à la notion de vitesse

. A quelles actions est associé le mot vitesse?

vie courante

Dans le langage courant, la vitesse peut se rapporter à une action quelconque : se déplacer, manger sa soupe, ranger sa chambre, s'habiller, effectuer un travail donné, grandir, etc...

Les représentations spontanées de la vitesse sont liées :

- à la rapidité des mobiles

"La vitesse c'est le contraire de lent, de labin"

"Un escargot n'a pas de vitesse"

"Une fusée file à toute vitesse"

"La vitesse, c'est courir".

- à la compétition

- ou à la contrainte dans l'exécution d'une tâche (lire, écrire, compter..)

... et physique

Pour le physicien, la vitesse est une grandeur liée avant tout au déplacement.

La vitesse est une grandeur dite dérivée qui ne peut se mesurer directement. Elle sera donc déterminée indirectement à partir des grandeurs dites primitives : le déplacement Δl et la durée de ce déplacement Δt . La vitesse se définira par le quotient $\Delta l/t$. Si la vitesse n'est pas

constante, le rapport l/t représentera la vitesse moyenne. La vitesse instantanée à un instant précis pourra se définir comme la limite de l/t quand t tend vers 0 :

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta l}{\Delta t} = \frac{d l}{d t}$$

La vitesse se définit simplement dans le cas où elle est constante.

. La quantification pose trois types de problèmes :

Le mesurage qui exige :

☆ La connaissance des points de départ et des points d'arrivée.

du départ
à
l'arrivée

Dans un CP, les enfants ayant décidé de savoir "qui dans la classe court le plus vite" ont tout de suite ressenti la nécessité de choisir une ligne de départ et un signal de départ, sans se soucier de la ligne d'arrivée. C'est après plusieurs essais suivis de discussions qu'est apparue la nécessité de définir la ligne d'arrivée.

Dans ce même CP, nous avons rencontré les mêmes difficultés quand les enfants ont voulu déterminer "quelle est la voiture (jouet) qui roule le plus vite", considérant que la voiture qui va le plus loin est celle qui roule le plus vite.

L'inverse s'est produit dans une autre classe où les enfants comparant les déplacements de deux voitures n'ont guère attaché d'importance à la ligne du départ, mais se sont montrés exigeants pour la ligne d'arrivée.

☆ La détermination de la distance parcourue entre le point de départ et le point d'arrivée.

Dans deux CM, cette détermination donna lieu à de vives discussions : où prendre les repères sur une voiture qui parcourt une distance donnée ? Les roues avant (ou le pare-choc avant) sont choisies comme repères au départ, mais ce sont les roues arrière (ou le pare-choc arrière) qui sont prises comme repères à l'arrivée, sinon l'arrière de la voiture n'aura pas franchi la ligne d'arrivée et n'aura donc pas parcouru la distance imposée ! Les enfants conçoivent que le véhicule traverse une zone dangereuse limitée par les deux lignes.

Le temps de la traversée dure tant qu'une partie du véhicule reste dans cette zone.

L'intervention du maître est nécessaire pour :

. faire constater que tous les points de la voiture par-

courent la même distance
 . expliquer qu'il suffit de prendre le même repère
 (quel qu'il soit) au départ et à l'arrivée.

Des enfants plus jeunes se soucient généralement peu du chemin suivi et de la distance parcourue, mais ce qui compte pour trouver le véhicule le plus rapide, c'est l'ordre d'arrivée.

☆ La connaissance des instants de départ et des instants d'arrivée

☆ La détermination de l'intervalle de temps entre ces deux instants (ou durée de déplacement).

Des élèves du CM proposent d'utiliser un chronomètre au départ et un à l'arrivée pour mesurer la durée du parcours d'un élève, puis la durée de déplacement d'une voiture.

☆ Le mesurage implique une marge d'incertitude (dans l'évaluation des grandeurs) dont les élèves doivent débattre afin de poursuivre la conceptualisation (ou la modélisation).

L'opération sur les nombres va de soi avec des connaissances mathématiques suffisantes. Les activités expérimentales peuvent contribuer à leur élaboration.

Mais les difficultés liées à la vitesse laissent croire dans certaines situations à une méconnaissance de l'outil mathématique.

Voici par exemple une situation proposée à des élèves dans deux classes du CM.2 :

Deux voitures roulent régulièrement, l'une fait 19 cm en 7 secondes, et l'autre 20 cm en 8 secondes.
 Quelle est la plus rapide ?

"toucher au nombre"

Seuls quatre enfants sur quarante ont pensé se servir d'un graphique (déjà utilisé), mais ils se sont contentés d'une construction à "main levée" qui ne permettait pas de conclure.

Les autres précisaient bien qu'ils devaient comparer les distances pendant des temps égaux (ou l'inverse). Aucune valeur simple n'étant possible, un seul propose de déterminer les distances parcourues pendant une seconde. Un seul a su découvrir que la solution était donnée par le quotient de la distance par le temps. Quatre enfants utilisèrent la division. Pour les autres en général, le raisonnement fut le suivant :

"20 cm en 8 secondes, soit 10 cm en 4 secondes, soit 5 cm en 2 secondes, soit 2,5 cm en 1 seconde. Pour l'autre voiture on ne peut pas !"

Le raisonnement mathématique et l'opération à effectuer sont les mêmes dans le problème suivant qu'ils savent faire :

"Un cultivateur achète deux lots d'arbres fruitiers, un lot de 7 arbres à 190 F, un lot de 8 arbres à 200 F. Quel est le lot le plus avantageux ?

La construction graphique

La construction graphique favorise l'explication des relations en les présentant sous une forme concentrée particulièrement pertinente et riche de possibilités. C'est un moyen d'aborder la grandeur vitesse.

"Une voiture électrique se déplace-t-elle toujours pareil, régulièrement, à la même vitesse ?"

Telle est une des situations proposées à des enfants du CM2. Deux solutions se présentent à eux :

- La voiture parcourt des distances égales en des temps égaux.
- La voiture parcourt en des temps égaux des distances égales.

C'est la première solution qui vient à l'esprit des élèves ; mais le résultat sera d'autant plus probant que la vérification est faite sur des intervalles successifs de distances (ou de temps) de plus en plus courts. Aussi, pour des raisons pratiques, c'est la deuxième solution qui est adoptée : "un chronométrateur" annonce "top" toutes les trois secondes par exemple, et un "marqueur" inscrit à chaque fois un repère indiquant la position du véhicule. Cette série de mesures constitue un tableau de résultats qui doit se transformer en graphique pour dégager une loi.

traduire les résultats

Pour les mathématiciens et les physiciens, se posent plusieurs problèmes ; celui de :

- la précision sur la position des points ainsi obtenus. Une étude critique sur la précision des mesures est faite et conduit à adopter une estimation des erreurs commises, qui se traduira sur le graphique par une zone d'incertitude.

- l'extrapolation de la construction d'une courbe. Il y a passage d'une suite discrète à une fonction continue, ce que les élèves admettent très bien en imaginant la multiplication des relevés. Il suffit ensuite de tracer une courbe passant par les zones d'incertitudes obtenues. Les

enfants relient alors immédiatement la vitesse à la pente de la courbe : lorsqu'elle est horizontale, ils reconnaissent l'immobilité de la voiture ; avec une pente négative, ils reconnaissent la marche arrière. La confusion entre diagramme et profil de la route se produit parfois dans l'esprit des enfants.

Quelles sont les différentes significations physiques de la vitesse ?

le mot vitesse est courant mais il est polysémique pour le physicien

Vitesse constante. Dans ce cas, distance et durée sont proportionnelles. Graphiquement, les points sont alignés et la vitesse est en relation avec la pente de la droite. Les voitures jouets électriques sur pistes planes, de pente constante et de rugosité uniforme ont des vitesses constantes.

Vitesse variable. La non proportionnalité entre la distance parcourue et la durée se traduit sur le graphique par un non alignement des points. Les déplacements de l'aiguille du compteur de vitesse d'une voiture indiquent les variations de la vitesse. Chaque position de l'aiguille définit une valeur de la vitesse instantanée.

Dans une classe l'observation du radar routier a facilité la découverte de cette vitesse instantanée. Le radar intègre directement les deux grandeurs espace-durée pour afficher la valeur numérique de la vitesse instantanée (la gendarmerie prête volontiers son concours).

La voiture à friction a sa vitesse constamment variable, ce que traduit bien la construction graphique : la pente de la courbe tend peu à peu vers l'horizontale.

Vitesse moyenne. Mais on peut très bien envisager le déplacement d'une voiture en ne considérant que la durée du parcours sans se préoccuper de la façon dont il est effectué. On imagine qu'elle se déplace à vitesse constante :

"Elle était partie du même endroit à la même heure et arrivée au même endroit à la même heure sans jamais accélérer ni ralentir. Tandis que la voiture roulait d'abord moins vite, puis plus vite, encore plus vite et plus doucement".

Le graphique de la voiture à friction permet également d'introduire cette nouvelle grandeur.

1.2. Autres difficultés

. Difficultés d'ordre psychologique

confusion entre l'ordre temporel et l'ordre spatial

La confusion durée - distance parcourue : "tant que l'idée de vitesse n'est pas acquise sous une forme opératoire, c'est-à-dire comme un rapport entre l'espace parcouru (ou le travail fourni, etc...) et cette dimension commune aux différentes vitesses qu'ont précisément le temps, l'ordre temporel se confond avec l'ordre spatial et la durée avec le chemin parcouru"... "Celui qui va le plus loin est celui qui s'est déplacé le plus longtemps".(1)

Dans une classe du CE1, l'école et les maisons d'Alain et de Francis sont matérialisées par des dessins. Partent en même temps de l'école, les voitures jouets d'Alain et de Francis. Malgré des parcours inégaux, elles arrivent en même temps à destination.

Voici des réflexions illustrant cette confusion :

. "Les deux ont le même chemin"

. "Francis (sa maison est proche de l'école, sa voiture est plus lente) a le plus long chemin car sa voiture va moins vite".

des confusions qu'il faut prendre compte

La confusion dépassement - vitesse : "Inversement, tant que l'ordre temporel n'est pas lui-même constitué, la vitesse se réduit à une intuition insuffisante et parfois trompeuse, celle du dépassement, c'est-à-dire à nouveau d'une intuition spatiale, caractérisée par le changement de position respective du mobile".

"La construction du temps commence donc quand les en vitesses différentes sont comparées entre elles, vitesse des activités humaines comme des mouvements matériels, et cette construction s'achève avec la coordination de ces vitesses : les notions de temps et de vitesse sont donc corrélatives". (1)

Deux groupes d'enfants décident de chronométrer la durée d'un même parcours. Le groupe n°1 part quelques minutes avant le groupe n°2 et arrive un peu avant le groupe n°2. De retour en classe, les enfants comparent les durées et en déduisent que le groupe n°2 est allé plus vite, ce qui surprend Eric : le groupe n°2 marchait plus vite et il ne nous a pas dépassés".

(1) Jean PIAGET : "Le développement de la notion de temps chez l'enfant". Paris. PUF. 1946.

Une jeune fille tenant un foulard rouge parcourt un chemin deux fois plus court que sa camarade ayant un foulard bleu. Elles démarrent au même instant et s'arrêtent en même temps. A la question : "Qui court le plus vite ?", des enfants du CE1 ont répondu : "Elles courent aussi vite parce qu'elles sont arrivées au même endroit" ou "les deux filles courent de la même façon parce qu'elles arrivent en même temps".

La confusion distance - vitesse :

Dans la situation décrite précédemment, nous avons aussi ce type de réponse : "la rouge (sous-entendu court plus vite), parce que la bleue était plus loin" ou "les deux parce que c'était loin".

La confusion durée - vitesse :

Avec des enfants du CE2, nous avons observé la confusion entre "a été plus vite" et "a mis moins de temps" à propos de chemins de longueurs différentes parcourues à la même vitesse (il faut moins de temps pour parcourir le plus court chemin sans aller plus vite).

. Difficultés dues aux idées préconçues ou aux justifications abusives

- Relation entre vitesse et constitution du mobile

"un avion va plus vite" (qu'une voiture)

"le tank a plus de roues, donc forcément il va plus vite qu'une auto" CP-CM

"elle a de grandes jambes, elle va arriver la première" CE1

"Laurent a des baskets, il va gagner" CE1

"un escargot, une tortue n'ont pas de vitesse" CP-CE1

- Relation entre vitesse et puissance du véhicule

"une 2CV et une Mercedes ne peuvent pas rouler à la même vitesse. La Mercedes va doubler l'autre". (Avis d'un enfant de CP partagé par toute la classe).

- Relation entre vitesse et robustesse.

"un bateau pneumatique à moteur, normalement il devrait pas aller vite, il est fragile" CP

- Relation entre vitesse et quantité de carburant.

"cette voiture va plus doucement car elle n'a pas assez d'essence" CP

. Difficultés d'origine linguistique

L'ambiguïté de certaines expressions usuelles révèle, exprime, souligne et confirme bien cette confusion entre

des prérequis
parfois
trompeurs

le langage est aussi source d'ennuis

l'espace, le temps et la vitesse, par exemple :
 "il va vite" peut se rapporter au temps ou à la vitesse,
 "il est arrivé le premier" donne une information à la fois spatiale et temporelle.
 Une distance peut être donnée sous la forme d'une durée :
 "le lac est-il loin ?
 Il est à deux heures de marche".

Les formules elliptiques familièrement utilisées concourent à des confusions ou des assimilations espace-temps ou espace-vitesse.
 "il fait du 110", "il roule à 90 à l'heure".
 "il roule à 90 km heure" est une formule journalistique fréquente où produit est confondu avec quotient.

. Confusion entre grandeurs

Du point de vue qualitatif, le sens du mot vitesse appliqué à différentes actions traduirait l'action faite par unité de temps :

$$v = \frac{\text{Action faite}}{\text{temps mis pour l'effectuer}}$$

En physique, si l'action correspond à un déplacement, c'est bien la vitesse qui est définie. Mais il peut y avoir des confusions notamment :

quand la physique s'en mêle les difficultés augmentent

La confusion puissance-vitesse :

Si l'action correspond à un travail effectué, une énergie produite ou dépensée, c'est alors la puissance qui est en cause.

Par exemple : deux grues mettent des temps différents pour soulever une même charge d'une même hauteur. Pour effectuer un même travail, l'une va plus vite que l'autre, sa "vitesse d'action" est plus grande, sa puissance est supérieure.

La confusion fréquence - vitesse :

Prenons l'exemple suivant : "l'enfant mange vite sa soupe". Cela peut signifier : il porte rapidement sa cuillère à la bouche, la cadence est rapide. Dans ce cas, on souligne que l'enfant porte sa cuillère à la bouche un grand nombre de fois par seconde. Cela correspond à la fréquence qui est évidemment en correspondance avec la vitesse linéaire de la cuillère. Cette confusion entre fréquence et vitesse se retrouve souvent au cours des activités de musique et de danse.

Reprenons l'exemple précédent : on peut s'intéresser à la quantité de soupe et au temps mis pour l'avalier. "Manger vite sa soupe" signifie alors avaler rapidement tout le contenu de son assiette en un temps très court et dans ce cas, c'est le débit qui est en cause. Il n'y a pas forcément une fréquence élevée : si l'enfant utilise une louche, la fréquence sera faible, mais la soupe pourra être vite avalée !

2 - REPRESENTATIONS ENFANTINES SUR LE MOT VITESSE

2.1. Dans un premier CM2

ière séance

. Première phase :

Disposant chaque fois de cinq minutes, les enfants répondent individuellement par écrit à deux questions :

- que vous suggère le mot vitesse ?
- qu'entendez-vous par vitesse ?

Tous les enfants (sauf une fillette) aiment la vitesse.

Le terme vitesse est associé à la rapidité d'un mouvement (pour des véhicules, des projectiles, des êtres vivants, des éléments météorologiques) ou à la rapidité d'exécution d'une action, ou une sensation (vent dans la figure).

Un élève définit la vitesse comme la qualité d'une personne ou d'une chose qui se déplace, ou agit beaucoup en peu de temps.

La définition de la vitesse de déplacement est pressentie. Pour un élève "la vitesse pour un engin c'est la puissance qu'il contient".

. Deuxième phase :

Comparaison et confrontation des représentations lors d'un entretien collectif.

Pour certains enfants la vitesse se confond avec le "temps d'arrivée" (influence des compétitions sportives).

Un seul élève pense à la durée du parcours.

D'autres distinguent vitesse et temps, ou vitesse et record.

L'importance de la distance parcourue n'apparaît pas spontanément.

Pour l'ensemble de la classe, après discussion sur des exemples, il semble admis :

- . qu'un mobile rapide ou lent a une vitesse (ce qui

la polysémie du mot
vitesse

n'est pas le cas pour des enfants de CP).

. que les vitesses peuvent être comparées, mais les valeurs relatives semblent plus importantes que les valeurs absolues,

. que la vitesse peut être chiffrée (180 à l'heure).

2ème séance

La maîtresse lit ce que trois élèves ont écrit à propos de la vitesse.

Le désordre des idées est flagrant d'où la proposition de classer les exemples en "catégories de vitesse".

les catégories
de vitesse ressenties
par les enfants

Sans les nommer les élèves distinguent :

- la vitesse de déplacement avec des subdivisions pour les véhicules, les projectiles, les êtres vivants, les "choses" naturelles ;

- la vitesse d'un mouvement (ou d'un phénomène) périodique.

- les vitesses qui s'énoncent par le temps demandé pour la réalisation d'une action.

- les vitesses d'augmentation (des prix, des croissances).

A l'issue de ce classement, nous décidons d'essayer de préciser la notion de vitesse de déplacement : course d'enfants.

3ème séance

Les enfants souhaitent savoir "quel est celui de la classe qui court le plus vite ?"

qui va le
plus vite ?

* "Faire une course, un par un, avec le chronomètre".

Tollé général ! Tout le monde sait que trois élèves courent beaucoup plus vite que les autres.

* "Faire une course entre les trois plus rapides sans chronomètre"

"Les trois partent en même temps, au même signal. On les met sur la même ligne de départ et on trace une ligne d'arrivée".

Remarque : la simple comparaison des ordres d'arrivée permet de résoudre le problème sans avoir besoin d'instrument de mesure.

et comment le savoir ?

Discussion sur la nécessité ou non d'un chronomètre pour "plus de précision", "pour départager" s'ils arrivent presque en même temps, "ça sert à rien un chrono au départ".

* "Les trois courent en même temps et il faut un chronomètre pour chacun"

"il faut un chronomètre à chaque bout" ; non - si non "ce sera plus précis"

"oui si les chronomètres appuient en même temps sur le petit bouton !"

Remarque : on veut utiliser des chronomètres, sans se préoccuper de la grandeur à mesurer.

quelle méthode utiliser ? * "On va tracer un chemin pour chacun, pour qu'ils aillent droit - on mettra un départ et une arrivée - et on verra celui qui franchit le premier la ligne d'arrivée".

Discussion au sujet des juges d'arrivée : suggestions diverses vues au cours de compétition...

. amélioration proposée : "pour que ce soit précis, il faut trois chronomètres".

"Non, le chrono ne servira à rien !"

La maîtresse invite à figurer l'expérience au tableau.

* "On peut les faire partir un par un et il faut un chronomètre"

"là, le chronomètre est indispensable"

"non" disent certains, puis ils changent d'avis sauf un.

"si, le chrono est indispensable !"

Pourquoi ? dit la maîtresse.

"il faut le chronomètre pour avoir le temps qu'il a fait"

"le temps mis à courir"

"le temps mis à parcourir le trajet"

La distance est matérialisée au sol, et les enfants n'envisagent pas de la mesurer.

La maîtresse demande une schématisation au tableau.

Le schéma consiste à attribuer des temps à chaque coureur afin de les classer.

La discussion permet de préciser que les coureurs doivent suivre le même parcours.

Les enfants retiennent la proposition suivante : les enfants courent trois par trois sur des lignes parallèles de même longueur, trois chronomètres mesurent le temps mis par leur coureur pour passer de la ligne de départ à la ligne d'arrivée, et l'on compare les temps pour désigner le coureur le plus rapide. Si le temps est minimal alors la vitesse est maximale.

Et prévoient l'organisation matérielle de l'expérience.

de la proposition à la réalisation de l'expérience

"Il faut un chronomètre, non, trois chronomètres. Il vaudrait mieux six ou neuf chronomètres pour comparer et être plus sûr." Cet enfant pense peut être à la possibilité de faire des moyennes (une intervention de la maîtresse aurait peut être été souhaitable)

"il faut un parcours"

- un départ marqué à la craie

- une ligne d'arrivée en face du départ

- une ligne droite de parcours

- la ligne d'arrivée doit être parallèle à la ligne de départ

- il faudra pendre la mesure du terrain !
- non la distance importe peu !

Remarque : la mesure de la distance est inutile pour savoir qui court le plus vite - Pour l'introduire il fallait que le problème se pose, par exemple besoin de transmettre et de comparer avec les correspondants.
 "Il faudra des contrôleurs"
 "Il faudra un starter".

4ème séance

En classe mise au point de la méthode et distribution des rôles et du matériel puis la course a lieu au gymnase et, en fin de séance, remise au net des résultats obtenus.

1ère méthode : Après avoir choisi la piste, trois coureurs se placent au départ.

Le premier essai, avec trois chronomètres, un starter et des juges, révèle que les chronométrateurs ne réagissent pas au signal de départ et que les départs ne sont pas simultanés.

Une vive discussion s'engage : "il faut un chrono et un chrono à l'arrivée" (pour chaque coureur), "c'est le coureur qui devrait avoir le chrono" (refus des coureurs et de la maîtresse)

"un chrono suffit pour chronométrer un coureur" l'accent est mis sur la nécessité de synchroniser le déclenchement et l'arrêt du chronomètre avec le départ et l'arrivée des coureurs. Il est décidé que le chronométrateur doit se placer à l'arrivée.

Lors du deuxième essai, les temps de parcours sont critiqués par les juges car ni les chronométrateurs, ni les coureurs n'ont démarré ensemble, mais les trois valeurs sont retenues à titre indicatif.

Dans un troisième essai, avec un deuxième groupe, on retrouve les mêmes difficultés liées au départ incertain.

Résultats de cette méthode : Le signal de départ est mauvais car d'une part les coureurs sont trop rapprochés à l'arrivée et les chronométrateurs ont du mal à juger, la distance parcourue étant trop courte et d'autre part les réflexes des chronométrateurs sont mis en cause.

Remarquons que personne ne met en doute les indications fournies par les chronométrateurs, les enfants ont une totale confiance dans l'appareil.

Deuxième méthode : la course en solitaire avec : choix

d'un signal de départ.

Pour avoir plus de précision, trois chronomètres mesureront la durée de parcours d'un coureur et se placeront à l'arrivée.

Six enfants font successivement la course et les résultats révèlent des différences entre les résultats proposés par les chronomètres pour un même coureur.

- les élèves tirent les conclusions suivantes :
 - . les deuxième et troisième chronomètres ont parfois de mauvais réflexes.
 - . on peut classer les coureurs.

Autres séances :

Plusieurs séances de classe suivirent où furent étudiés la définition mathématique de la vitesse, le déplacement d'une voiture-jouet (à vitesse constante), la vitesse de croissance du maïs. Cette dernière activité fut particulièrement riche avec activités de mesurages (sur vingt cinq jours au moins) et construction graphique. L'analyse du graphique fit apparaître très nettement différentes phases de croissance.

Si cette étude sur la croissance du maïs a constitué un excellent exercice de synthèse, elle aurait pu aussi bien fournir une très bonne situation-départ pour l'étude de la vitesse ; les mesures de la longueur du plan sont aisées, l'unité de temps est simple (le "jour") et toutes les mesures peuvent se faire hors activité systématique, sans précipitation et dans chaque groupe d'élèves.

2.2. Dans un autre CM2

Nous avons délibérément placé les enfants devant une suite de situations, les laissant réfléchir, argumenter, proposer et expérimenter sur chacune d'elles, avec en particulier l'étude du déplacement d'une voiture-jouet électrique, et nous avons complété par :

- une situation qui permet la comparaison de deux déplacements non simultanés
- l'étude du déplacement d'une voiture-jouet à une vitesse variable
- l'étude de la course de vitesse d'un enfant
- l'observation du radar routier.

ière séance : "Comparaison des vitesses de deux véhicules".

Afin de montrer aux élèves que si on veut comparer les vitesses de deux véhicules, il y a deux possibilités :

une variété
de situations

des mesures
sont
nécessaires

vitesse de deux véhicules, il y a deux possibilités :

- . comparer les temps mis pour parcourir une même distance,
- . comparer les distances effectuées en un même temps,

On leur propose comme matériel deux voitures (jouets) électriques, ici deux tanks à vitesse lente. Les deux véhicules sont distingués par deux drapeaux, bleu et blanc. Les deux tanks sont mis à la disposition des enfants. L'un d'eux ne marche pas. Les enfants pensent tout de suite à vérifier si les piles sont bonnes. Il n'y en a pas. La maîtresse précise le problème : "nous n'avons qu'un jeu de piles. Pouvons-nous tout de même savoir lequel va le plus vite ?".

. Travail de recherche en groupe

1er groupe : On les fait marcher l'un après l'autre. On chronomètre celui qui va le plus vite.

Oui mais il faut mesurer les longueurs.

(Nous avons noté dans une séance ultérieure que pour certains enfants un chronomètre mesure la vitesse).

2ème groupe : On compte les crans sur les chenilles. Plus il y a de crans, plus il va vite.

Plus les roues sont grandes plus elles font de chemin. Non c'est le contraire. Regarde sur ta bicyclette le petit pignon c'est celui qui va la plus vite ! Est-ce qu'un tank est plus lourd ?

3ème groupe : On prend trois mètres. On prend un tank on le fait rouler et on le chronomètre pendant qu'il roule. On peut prendre n'importe quelle longueur. On fait pareil avec l'autre.

On regarde le temps qu'il va mettre à faire ce trajet.

4ème groupe : On fait un parcours d'un mètre. On prend un premier tank on le chronomètre. On change les piles du tank. On fait pareil avec l'autre et on compare.

5ème groupe : On fait une course. On prend une longueur de deux carrés (carrelage). On le chronomètre ; on met les deux piles dans l'autre et on recommence.

. Compte-rendu du travail des groupes et expérimentation

Le deuxième groupe présente ses idées. Le reste de la classe critique leurs propositions et fait remarquer que, de toute façon, les deux tanks sont identiques. Mais plusieurs fois nous avons remarqué que des enfants veulent déterminer la plus ou moins grande rapidité d'un véhicule

première expérimentation =
distance fixe
on mesure le temps

problème du choix
des repères

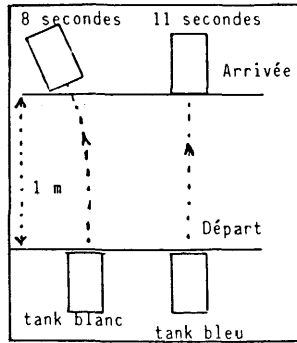
problème de la
trajectoire

à partir de sa constitution, nombre de roues, dimensions des roues, dimension et poids du véhicule, nombre de piles etc...

La proposition commune aux autres groupes est expérimentée. Ils ont choisi un intervalle de un mètre (proposition du 4ème groupe) mais sans y attacher d'importance.

La position du char sur la ligne de départ fait l'objet d'une discussion mais finalement les enfants conviennent de placer l'avant du char sur la ligne de départ.

En revanche ils disent curieusement "stop" quand l'arrière du char passe la ligne d'arrivée. Nous avons retrouvé cette difficulté relative aux choix des repères liés au véhicule dans différentes classes. La maîtresse fait remarquer ce changement de repère : les élèves lui précisent que "c'est pareil pour les deux !". C'est vrai, mais la difficulté devra être résolue au cours d'une discussion importante à la deuxième séance.
Une trajectoire non rectiligne pose un autre problème.



La trajectoire du tank blanc s'infléchit nettement "son chemin se voûte" ! Les enfants voudraient que la trajectoire soit rectiligne. Un enfant fait remarquer que de toute façon cela n'a pas d'importance car celui qui a mis le moins de temps est celui qui a parcouru la plus grande distance. En effet les résultats observés ont été les suivants :

Le tank blanc met huit secondes pour parcourir un peu plus d'un mètre. Le tank bleu met onze secondes pour parcourir un mètre. Ils concluent que le plus rapide est le tank blanc. Ils essayent aussitôt d'excuser, de justifier, d'expliquer la moins grande vitesse de l'autre :
- peut-être que le bleu, on s'en n'est pas beaucoup servi ; il n'est pas rodé ou bien quand les piles sont allées dans le tank bleu, elles avaient déjà servi dans le tank blanc, elles étaient plus usées !

Le raisonnement est logique et approuvé par la classe. Un des enfants propose de recommencer avec le blanc. L'expérience refaite donne le même résultat : huit secondes.

Alors la maîtresse intervient : "existe-t-il une autre méthode" ?

A cette question de la maîtresse les enfants cherchent mais ne trouvent pas. Elle précise :

"vous avez fixé une distance de parcours aux deux tanks et vous avez mesuré les temps correspondants. Ne pourrait-on agir différemment ?"

Un élève - "on pourrait s'occuper du temps"

M - "oui comment ?"

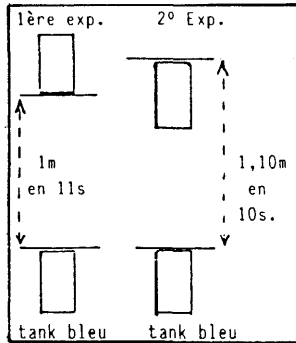
"on le fait rouler dix secondes et on mesure la distance".

Cette proposition reçoit l'accord des autres et entraîne une nouvelle expérimentation :

En dix secondes, le tank bleu parcourt 1,10 m.

Une élève fait remarquer que ce n'est pas normal : "tout à l'heure il a mis onze secondes pour faire un mètre !"

deuxième expérimentation = temps fixe on mesure la distance parcourue



les repères ont changé

Chacun cherche ce qui a pu changer et il faut l'intervention de la maîtresse pour trouver la solution : le parcours mesuré à la deuxième expérience est limité par l'avant du tank à l'arrivée, ce qui n'était pas le cas dans la première expérience.

Les enfants admettent qu'il n'y a pas contradiction.

Plusieurs enfants insistent pour que le tank soit laissé en place. Le tank blanc effectue son parcours en dix secondes (fig.3).

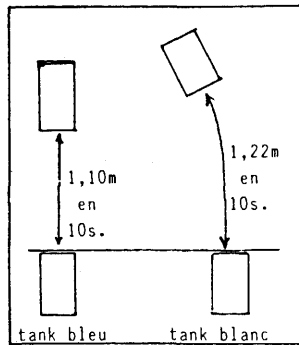


fig 3

comment mesurer la trajectoire non rectiligne

Les avis sont partagés à cause de la trajectoire non rectiligne du blanc :

- les uns soutiennent que de toute façon il est inutile de mesurer puisque le blanc est devant le bleu et "qu'en plus son chemin est tordu".

- D'autres tiennent à mesurer. Ils suggèrent de prendre un mètre ruban de couturière. Des contradicteurs leur avancent qu'on ne sait pas où le tank passé. Ils décident de renouveler son parcours mais en "dessinant" son trajet

- "on accroche une craie derrière"

- "et non ça va le freiner".

Ils conviennent de le suivre avec une craie. Ensuite ils appliquent une ficelle sur la trajectoire ainsi dessinée ; il ne reste plus qu'à mesurer la ficelle avec un mètre de bois.

2ème séance : Positions d'une voiture à des instants successifs égaux.

objectif = construction graphique avec mise en relation des temps et des distances

Nous souhaitons amener les enfants à réaliser un tableau de mesures donnant les positions d'une voiture électrique et les temps correspondants, avec pour objectif : la construction graphique.

Une voiture électrique qui roule très lentement (à peu près un mètre à la minute) est donnée aux élèves.

Après l'observation du déplacement de la voiture la maîtresse pose la question : "la voiture roule-t-elle toujours à la même vitesse ?"

Tous les groupes, sauf un, réinvestissent les résultats de la première séance :

- on fait parcourir à la voiture deux fois la même distance et on compare les temps correspondants.

- on compare les distances parcourues pendant un même temps.

première proposition = distance fixe on compare les temps

Un groupe s'est proposé de compter chaque fois les crans sur les pneus. Mais quand il leur a été demandé de le faire, ils se sont récusés. Une proposition voisine avait été avancée et réalisée par des adultes : mettre de l'encre sur les pneus et vérifier si oui ou non les traces laissées par les crampons sur le sol sont régulièrement espacées. Ce groupe là, ayant constaté les espacements réguliers avait conclu à la régularité de l'avancement de la voiture !

Lors de l'expérimentation les enfants disposent les roues avant sur la ligne de départ. Mais ils protestent afin de déterminer l'instant d'arrivée de la voiture : passage des pare-chocs avant, roues arrière ou pare-chocs arrière sur la ligne ?

le choix des repères est cette fois cohérent

La discussion est vive. Mais une idée s'impose, celle de prendre pour instant de départ, le passage des pare-chocs avant sur la ligne et, pour instant d'arrivée, le passage des pare-chocs arrière sur la ligne. Après les interventions de la maîtresse les enfants se rendent compte qu'il faut prendre le même repère sur la voiture pour le départ et l'arrivée. Ils choisissent les roues avant.

Résultats : 1er essai 50 cm en 28 s.
2ème essai 50 cm en 28 s.

deuxième proposition = temps fixe, on compare les distances parcourues

Ensuite ils réalisent la deuxième proposition : comparer les distances parcourues pendant un même temps. Un élève propose de choisir vingt huit secondes comme durée.

"comme cela on vérifiera mieux !"

Résultats : 1er parcours 46 cm en 28 s.
2ème parcours 44 cm en 28 s.

La désapprobation est générale devant ces résultats !

E *"Elle ne roule pas régulièrement" ?*

M : *"Non c'est lui, il lit pas bien le temps" !*

Le chronométreur se défend ; il voudrait que l'on choisisse un autre temps : **"vingt-huit secondes c'est difficile à lire"** (c'est vrai, il avait une montre).

En outre pour mesurer la distance parcourue, ils s'aperçoivent que le choix des roues n'est pas heureux ; il ne sont pas sûrs de ce qu'ils mesurent. Des améliorations sont proposées prendre un chronomètre et un repère lié à la voiture (un fil de fer) (fig. 4)

amélioration des mesures

Cette amélioration est apportée par la maîtresse.

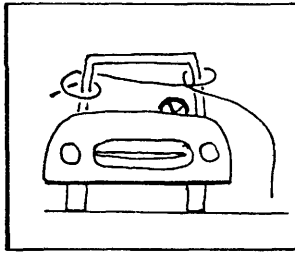


fig 4

Haïda propose de prendre deux durées consécutives de dix secondes. Elle obtient 16 centimètres en dix secondes, 32,5 cm en vingt secondes. Un autre enfant propose de déterminer les temps mis pour parcourir 50 cm et 100 cm sans arrêter la voiture. A l'usage cette proposition s'avère impossible : le temps est trop difficile à lire au "top" du juge à chaque passage du repère en fil de fer sur les lignes tracées au sol.

La maîtresse reprend les résultats obtenus après la proposition de Haïda.

"que peut-on en dire" ?

Les enfants affirment que la voiture roule régulièrement.

M . *"si je dis à vos parents que vous travaillez régulièrement, à partir de quand pourrai-je le leur dire"?*

Les enfants conviennent que deux jours seraient insuffisants. Mais pour la voiture ils se contenteraient

volontiers des deux résultats obtenus !

répétition des mesures

Plusieurs mesures sont faites : toutes les dix secondes la position de la voiture est repérée et ceci pendant soixante secondes. Pour ce faire un chronométrateur annonce les temps dix, vingt, trente ... précédés d'un "attention" pour prévenir le "marqueur" qui suit le repère de la voiture avec une craie.

Un tableau est alors construit :

Distance (en cm)	15,5	30	43,5	60	75	88,5
temps (en s.)	10	20	30	40	50	60

Les enfants souhaitent relever uniquement les intervalles : s'ils sont égaux, la voiture roulera régulièrement. Dans le but de réaliser le graphe du déplacement en fonction du temps la maîtresse leur demande de relever les distances parcourues en dix secondes, vingt secondes En outre l'incertitude sur la mesure de la longueur étant la même chaque fois, la précision augmente.

3ème séance - La construction du graphe

du tableau au graphe

La maîtresse demande aux enfants de représenter sur leur cahier les distances relevées sur le tableau.

Les enfants n'ont pas encore appris à présenter des distances supérieures aux dimensions de leur cahier.

Le problème de l'échelle va se poser.

Elle demande que ces distances soient représentées "verticalement" côte à côte, sur leur cahier. Pourquoi ? Etant donné que c'est une première étape vers la construction graphique il est souhaitable que l'axe des ordonnées représente les distances. Si on ne donne aucune consigne les enfants seront conduits à les représenter "horizontalement".

Immédiatement les enfants protestent. La maîtresse leur demande de se débrouiller. Les solutions proposées et réalisées sont multiples :

- les uns ajoutent des "rallonges" à leur feuille
- d'autres fractionnent la distance en un certain nombre de segments de longueurs telles que leur somme soit égale à celle de la distance à représenter.
- certains enfants se contentent de dessiner plusieurs segments de dimensions croissantes mais sans qu'il y ait de relations particulières avec les distances du tableau.

problème de l'échelle

- un enfant prend une distance unitaire correspondant à quinze cm et il la double, triple, quadruple en diminuant ou en majorant suivant le cas, en correspondance avec les valeurs données avec le tableau.

- un autre met la première valeur à l'échelle un, la deuxième ne rentrant pas il la divise par deux, la troisième aussi : pour la quatrième valeur il se voit obligé de la diviser par trois ! Mais il réalise à ce moment là que sa représentation manque de logique : la deuxième est plus petite que la première et la quatrième est également plus petite que la troisième. Il recommence et divise tout par quatre.

- enfin, plusieurs enfants divisent tout par cinq ou par dix.

La maîtresse demande aux enfants d'expliquer ce qu'ils font et pourquoi. Après discussion les enfants conviennent de diviser par cinq ou par dix et de préférence par dix ("c'est plus facile").

Mais les difficultés apparaissent pour tracer des segments de 15,5 mm, 43,5 mm. Ce problème de précisions sera repris plus loin.

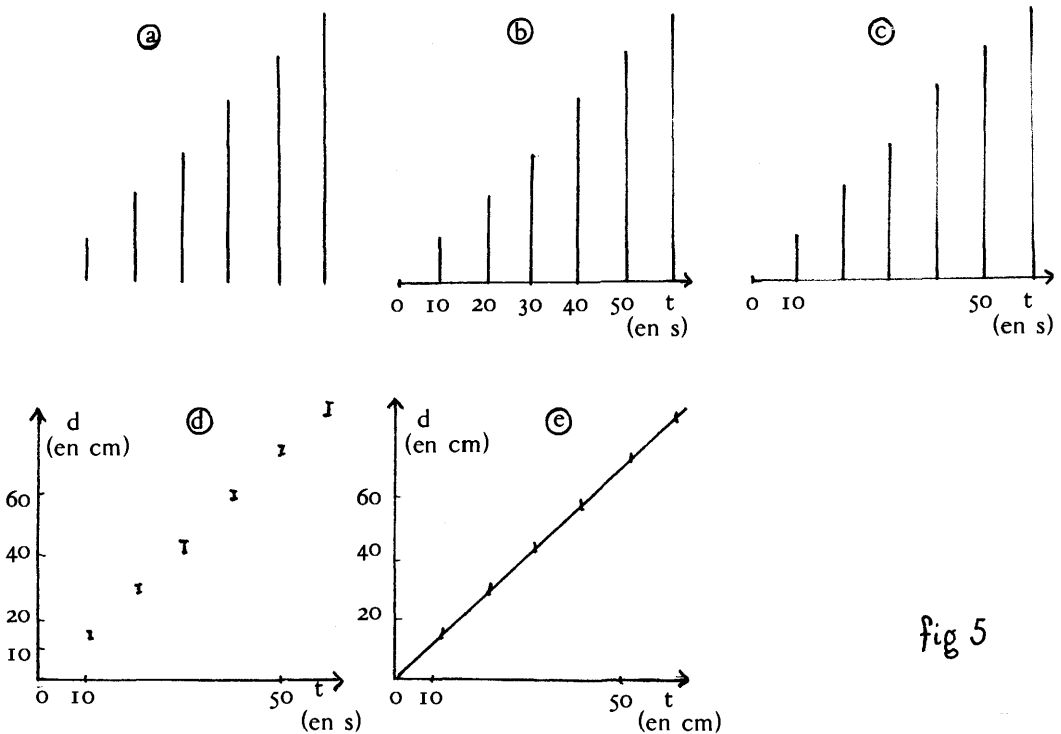


fig 5

En ce qui concerne le tracé de l'axe des temps, la maîtresse constate que quelques uns des élèves ont tracé les différents segments parallèles entre eux et à la même distance des uns des autres. (Fig.5a).

Elle leur demande de justifier : "c'est plus propre mais ça n'a pas d'importance" !.

Une seule élève précise que l'auto s'est déplacée avec chaque fois une durée de dix secondes en plus. L'idée est proposée, discutée et reprise par le reste de la classe. La maîtresse demande aux enfants de préciser l'instant 0. L'axe des temps est ainsi introduit. (Fig.5b).

La maîtresse leur demande ensuite si on est sûr de la longueur des différents segments. Les élèves font facilement une critique des mesures faites et retrouvent les différentes sources d'erreurs :

"le suiveur est souvent en retard"

"le suiveur indique la position avec une craie qui fait un trait large" !

"en mesurant avec la règle jaune on n'a pu se tromper".

Ils conviennent d'admettre que le lecteur du chronomètre a dit stop au bon moment. Personne ne met en doute la précision du temps donné par le chronomètre.

Le problème est de savoir à combien on estime l'erreur faite. Les enfants la situe entre deux et 3 cm.

Cela se traduit par un certain "flou" de l'extrémité du segment que l'on encadre par : plus 1,5 cm. (Fig.5c). Enfin est-il important de tracer le segment ? Les élèves conviennent que seule l'extrémité est intéressante. (Fig.5d).

Extrapolation et construction de la courbe : la maîtresse demande ce que l'on aurait obtenu si on avait fait une mesure toutes les secondes au lieu de les faire toutes les dix secondes.

Puis elle leur demande de tracer la courbe qui passe par toutes les "zones". (Fig.5e).

Les enfants constatent que c'est pratiquement une droite et relient aussitôt ce résultat à la régularité d'avancement de la voiture. La maîtresse précise que la voiture roule peut être irrégulièrement mais que ces irrégularités sont trop faibles et sont masquées par le manque de précision des mesures.

Rapidement car c'est la récréation, la maîtresse trace une autre demi-droite d'origine 0, plus "redressée". Elle leur dit "voici la représentation obtenue avec une autre voiture. Quelle est celle qui va le plus vite" ?.

Les enfants interprètent correctement le graphique et il semble que toute la classe soit d'accord pour dire que

critique des
mesures

construction et inter-
prétation de la courbe

la deuxième voiture est plus rapide.

En conclusion, cette séance fut longue (1 h.30) et d'un niveau d'abstraction élevé. Mais jamais les élèves n'ont donné l'impression de trouver le temps long. La séance était essentiellement consacrée à l'utilisation ou à la découverte de notions mathématiques ; ce travail avait pour base une situation très concrète et les élèves devaient découvrir les difficultés pour les résoudre. L'un des intérêts essentiels était le passage d'une suite discrète à une fonction continue ; la continuité de la fonction étant définie de façon expérimentale.

4^{ème} séance - Exploitation et lecture du graphique.

Le graphique étant construit, il faut que les enfants sachent le lire correctement, interpréter de nouvelles courbes en faisant une lecture correcte. Dans le cas de déplacement à vitesse constante, les élèves doivent réaliser que pour comparer des vitesses ils peuvent :

*** avec le graphique :**

- . comparer les pentes
- . comparer pour une même durée les déplacements correspondants
- . comparer pour un même déplacement les durées correspondantes

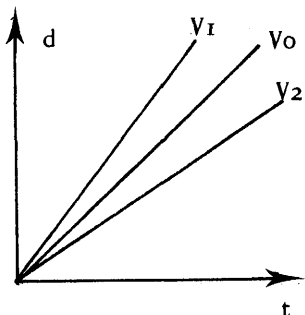
*** sans graphique :**

se ramener par des opérations mathématiques à une des situations de comparaison énoncées ci-dessus.

La maîtresse trace au tableau le graphique suivant : la demi-droite V_0 correspond au déplacement précédemment obtenu. (Fig.6).

lecture et interprétation
du graphique

Fig. 6



M - "Les voitures roulent-elles régulièrement?"

Plusieurs élèves disent non parce que ce n'est pas plat (horizontal) !

D'autres élèves : "si elles roulaient pas régulièrement ça baisserait et ça monterait".

L'intervalle de vingt jours entre les deux séances est très important et malgré l'intérêt pour le sujet, certains élèves ont du mal à s'y remettre.

Dans les autres classes le problème ne s'est pas posé.

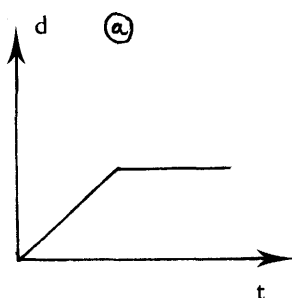
M - "Quelle est la voiture qui roule la plus vite?"

Les élèves ne répondent pas. Nous sommes déçus. La maîtresse inscrit des valeurs sur les axes et plus particulièrement celles de la voiture V_0 obtenues expérimentalement.

Les enfants retrouvent facilement ce résultat et peuvent lire correctement le graphique : en dix secondes V_0 fait 15,5 cm tandis que V_2 en dix secondes en fait moins. V_2 va moins vite que V_0 et V_I va encore plus vite car en dix secondes, elle a parcouru davantage de chemin.

La maîtresse dessine alors le graphique suivant au tableau. (Fig.7a).

Fig.7(a)



Quelle est signification ?

elle fait un parcours

horizontal puis elle

monte une grande côte"

"elle monte une côte puis

une descente !"

"elle reste sur le même

centimètre et sur le même

temps"

"le temps change mais pas

la voiture"

"plusieurs enfants font

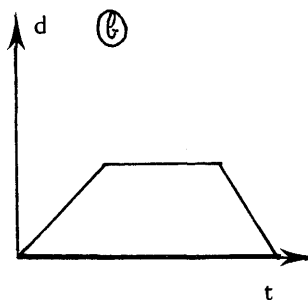
une interprétation

correcte : l'immobilité

de la voiture.

La maîtresse complète le graphique précédent : (Fig.7b)

le graphique représente le déplacement de la voiture



Des enfants trouvent

immédiatement l'inter-

prétation correcte : la

voiture revient à son

point de départ. Pour

d'autres un temps de

réflexion est nécessaire.

Deux ou trois enfants ne

parviennent pas à

analyser correctement le

graphique, pour eux, il

représente le profil de

la route. Nous avons

retrouvé dans chaque CM

10 % d'élèves rencontrant

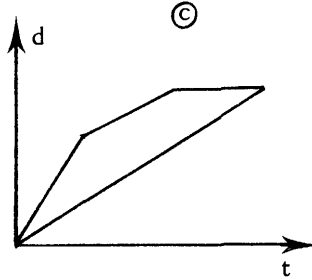
cette difficulté.

La maîtresse mime le déplacement d'une voiture :

- elle marche, elle court, elle s'arrête, elle attend.

Les enfants doivent représenter approximativement le déplacement.

De Nombreux enfants font une représentation correcte.
 - elle court, elle marche, elle s'arrête, elle attend, elle revient au point de départ en marchant.
 . quatre enfants proposent le graphique suivant : (Fig.7c).
 . plusieurs le font correctement.



Définition mathématique de la vitesse.

La maîtresse propose les données suivantes :
 Deux voitures roulent régulièrement. La rouge a parcouru dix cm en quatre secondes, la bleue dix neuf cm en sept secondes. Quelle est celle qui va le plus vite ?

calcul de la
vitesse

Quatre élèves se lancent dans la construction graphique. Mais curieusement ils renoncent assez vite à cause, semble-t-il, du minimum de précision nécessaire pour pouvoir l'interpréter valablement.

Tous les élèves ressentent la nécessité de comparer soit des distances parcourues en des temps égaux soit des temps mis pour parcourir des distances égales. Certains adoptent des solutions très fantaisistes comme par exemple ajouter également trois aux quatre secondes et aux dix cm de la voiture rouge qui se retrouve donc avec une distance de 13 cm parcourue en sept secondes.

Aucun élève ne pense à ramener le temps à vingt huit secondes multiple des deux autres. Après cinq mn de recherches infructueuses une élève propose de comparer les distances parcourues en une seconde. Son idée est proposée à toute la classe. Mais le problème n'est pas résolu pour autant. Seul quatre élèves pensent à utiliser la division. Les autres ne savent pas obtenir le résultat pour la voiture bleue. Pour la voiture rouge ils ont fait des divisions par deux successivement. La division est proposée à toute la classe par un enfant. Ils trouvent 2,5 pour la voiture rouge et 2,7 pour la voiture bleue.

La maîtresse leur fait préciser la signification de ces deux nombres :

Ils représentent la distance parcourue par chacune en une seconde.

La maîtresse leur indique qu'ils viennent de calculer ce que l'on appelle la vitesse. Elle leur fait préciser les unités : cm/s.

M - Quelle autre unité connaissez-vous ? Le kilomètre par heure.

La séance se termine par un calcul de conversion en km/h des deux résultats obtenus précédemment.

Conclusion

La séance est dominée par les difficultés suivantes :

- . le graphique est une abstraction du déplacement et des enfants ont tendance à le comparer au profil de la route.

- . connaissant la distance parcourue en un certain temps il n'est pas évident du tout pour des enfants que la distance parcourue pendant l'unité de temps s'obtienne par une simple division.

Nous avons observé les mêmes difficultés dans d'autres CM2. Il aurait été intéressant de construire et comparer les représentations graphiques des deux voitures et retrouver les distances parcourues par chacune en une seconde.

5ème séance : Exercice d'évaluation et vitesse moyenne

Nos intentions : Amener les enfants à réfléchir sur une situation amusante mais présentant des difficultés de raisonnement et de lecture de graphique.

Jusqu'à présent, toutes les situations exploitées correspondaient à des déplacements à vitesse constante ou à une suite de déplacements à vitesse constante. Nous voulons maintenant mettre les enfants face à des situations plus conformes à la réalité quotidienne c'est-à-dire des mouvements où la vitesse varie constamment.

La situation proposée est simple : étude du déplacement d'une voiture-jouet à friction.

Une feuille est distribuée. (Fig.8)

Sur une partie sont dessinées huit images numérotées représentant des moments ou des endroits différents relatifs aux trajets effectués, par un cycliste et un automobiliste.

Sur l'autre partie deux courbes matérialisent des trajets des deux véhicules précédents. Il s'agit de placer sur ces

variations de la
vitesse

Petits voyages d'un jeune homme en bicyclette et d'une famille en automobile;

Un cycliste et une auto quittent à des moments différents Rodez dans une direction commune.
 Leurs déplacements sont respectivement matérialisés par les deux courbes C et A.
 Des images en désordre les montrent à différents moments de la journée. Tu admettras que :

- si le cycliste (ou l'automobile) est vu de l'arrière, il s'éloigne de Rodez
- vu de face, il y retourne
- une image correspond au début de l'action qu'elle représente.
- En t'aidant du graphique indique l'heure dans chaque image.
- Place à l'endroit voulu sur chaque courbe les numéros correspondants aux images.

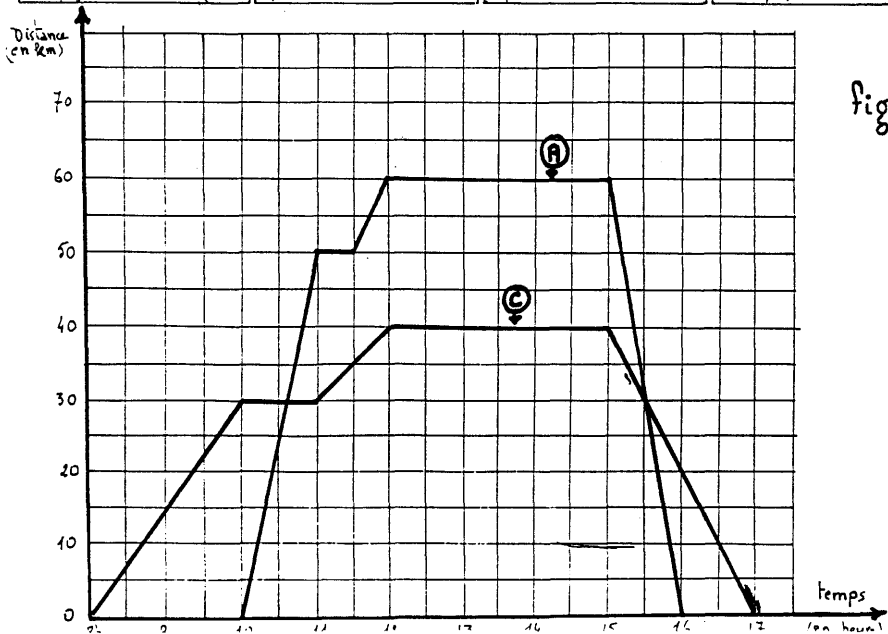
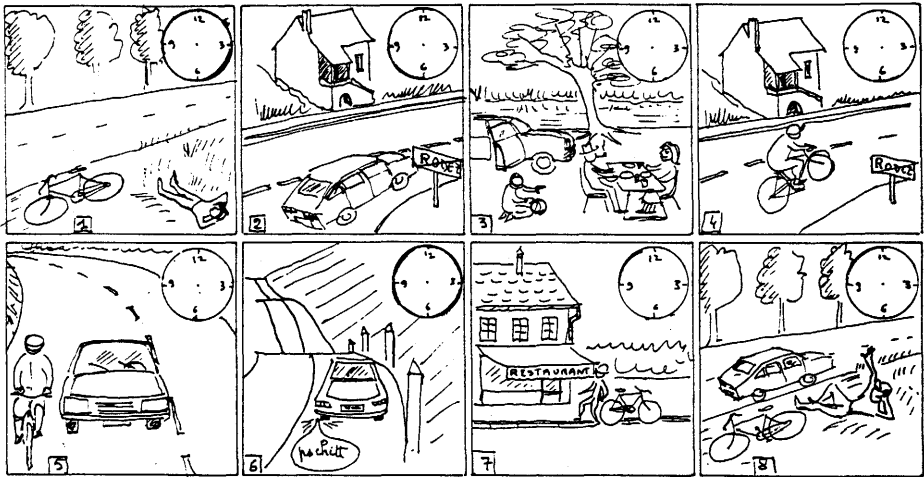


fig 8

courbes les numéros correspondants des images proposées dans la première fiche.

Plusieurs enfants réussissent facilement l'exercice, d'autres ont besoin de l'intervention de la maîtresse. Mais tous sont très intéressés par l'exercice.

Construction graphique du déplacement de la voiture rouge

La maîtresse montre la voiture rouge et leur demande de vérifier si cette voiture roule régulièrement.

Les enfants proposent de faire des mesures, deux ou trois reprennent les propositions faites tout à fait au début, à savoir leur faire faire deux fois le même parcours et comparer les temps. D'autres proposent de relever ses positions toutes les dix secondes pendant le mouvement.

La deuxième proposition est réalisée. Il s'avère que le temps prévu est trop long et c'est l'intervalle de temps de deux secondes qui est adopté.

contradiction entre l'observation et le graphique : il y a une erreur

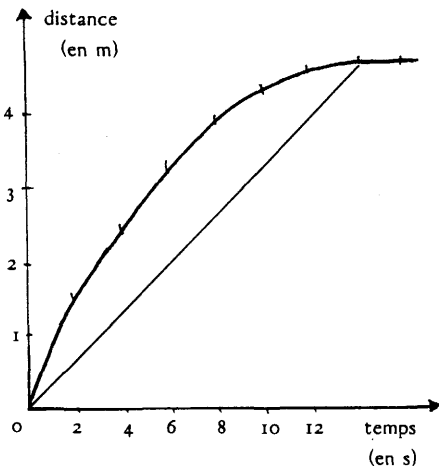
Un chronomètre donne le top toutes les deux secondes, un autre enfant trace sur le sol les positions correspondantes.

Les enfants en voyant le déplacement de la voiture indiquent qu'il n'est pas régulier.

A partir du tableau des résultats obtenus, ils réalisent le graphique. (Fig.9). Trois enfants le font correctement. Tous les autres font la même erreur : sur l'axe des

temps (en s)	distance (en m)
2	1,55
4	2,65
6	3,35
8	3,88
10	4,28
12	4,46
14	4,55
16	4,55

fig 9



ordonnées, une unité pour 1,55, deux unités pour 2,65
etc

De ce fait, il en résulte un déplacement régulier de la voiture, une vitesse égale et ils s'interrogent !
La maîtresse est obligée d'intervenir.

"Construisez le graphique du déplacement d'une voiture qui roulant régulièrement aurait parcouru 4,55 m en quatorze secondes".

Tous le réalisent correctement.

M - Quelle est la vitesse de cette voiture?

calcul de la vitesse
moyenne

Certains ne pensent plus à la division ... Beaucoup le font et trouvent 32,5 cm/s. Aucun ne fait la lecture directe sur le graphique. La maîtresse précise qu'ils viennent de calculer la vitesse moyenne de la voiture rouge et la leur fait lire sur le graphique.

A titre d'exercice elle demande aux enfants de calculer la vitesse moyenne qu'ils mettent pour rentrer chez eux, du moins pour ceux qui peuvent connaître la distance séparant l'école de leur maison.

Conclusion

Les enfants avaient étudié en mathématique la proportionnalité les jours précédents. Les exercices réalisés à cette occasion s'étaient faits sans aucune difficulté, construction graphique en particulier. Dans la plupart des exemples si les points s'alignaient sur le graphique le passage à la droite ne devait pas se faire sans précautions :

"Quelle serait la signification des autres points de la droite constituant des intervalles" ?.

- L'étude récente en mathématique de la proportionnalité s'est traduite dans la séance par une erreur faite par la majorité des enfants : la systématisation de la proportionnalité.

- Cette construction graphique n'est pas sans intérêt :

. si cette fonction n'est pas linéaire, elle est continue, chaque point à une existence et une signification.

. elle montre qu'il n'y a pas en général, proportionnalité entre la distance et la durée du parcours.

- Il est remarquable de constater que les élèves suivent les variations de la vitesse en symbolisant la tangente à

la courbe avec leur main depuis sa plus grande pente au départ jusqu'à sa valeur nulle à l'arrivée. Nous n'avons pas relié la vitesse affichée par le compteur de vitesse ou relevée par le radar routier (abordée ou observée dans une séance suivante) avec la tangente à la courbe.

RESUME DES SEANCES SUIVANTES

6ème séance - Faire construire par les élèves la courbe correspondant à la course de l'un d'eux. On devrait constater que : le déplacement ne se fait pas à vitesse constante, départ lent, ralentissement en fin de course. Nous pensions pouvoir les amener à corriger leur course par l'analyse critique de la courbe.

Nous avons rencontré quelques difficultés dans le repérage des positions des coureurs aux temps deux, quatre, six... secondes. Les résultats sont à demi-exploitable. Ce même travail pourrait être repris de façon plus simple avec la course d'un élève mais cette fois-ci en piscine.

7ème séance - Observation du radar de la gendarmerie afin de matérialiser, par des mesures directes la vitesse instantanée - relier cette vitesse instantanée avec les panneaux de limitation de vitesse, la lecture du compteur de vitesse.

Une simple demande au commandant du peloton mobile de gendarmerie du département a suffi. Toute facilité nous a été accordée. La rencontre a passionné les enfants et les questions ont très largement débordé le cadre de l'observation du radar (son principe de fonctionnement, les prix des P.V., les moyens de se les faire enlever (?), la vie du gendarme, et l'alcooltest etc...).

8ème et 9ème séance

Evaluation individuelle de l'acquis portant sur la totalité de l'étude.

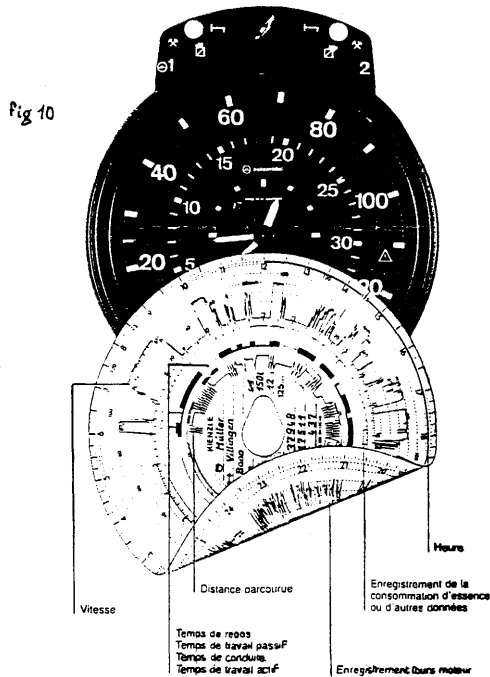
Elle est faite sous forme :

- d'interprétation de graphique
- de calcul de vitesse

Dans l'ensemble, les résultats obtenus sont satisfaisants.

Autres possibilités

L'étude des enregistrements provenant des chronotachigraphes (le mouchar) n'a pas été faite mais pourrait faire l'objet d'un exercice intéressant.



3. EN GUISE DE CONCLUSION

Reprenons une partie des conclusions de J. Piaget dans "Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant": "Pour les petits, la vitesse c'est le dépassement, c'est-à-dire l'interversion de l'ordre des positions respectives de deux mobiles en cours de déplacement".

"Dans le domaine des vitesses, ils (les groupements qualitatifs obtenus par des enfants de 7 à 11 ans) conduisent à affirmer qu'en deux durées synchrones, le mobile qui parcourt le plus grand chemin a une plus grande vitesse, ou que, à espaces parcourus égaux, le mobile le plus rapide est celui qui emploie le temps le plus court ; mais encore faut-il, en cette seconde situation, que les durées comparées débutent ou prennent fin simultanément. De ces compositions, peut enfin être déduite la plus ou moins grande vitesse relative selon le mouvement de l'observateur. Mais en aucun de ces cas, les opérations qualitatives décrites jusqu'ici ne permettent de mesurer les vitesses, et elles ne sont même pas aptes à étendre aucun des rapports que l'on vient de rappeler aux mouvements successifs et non plus

les limites de la notion de vitesse qui reste qualitative chez les petits selon Piaget

tent de mesurer les vitesses, et elles ne sont même pas aptes à étendre aucun des rapports que l'on vient de rappeler aux mouvements successifs et non plus simultanés. Par conséquent, elles demeurent impuissantes à fonder les notions de vitesse uniforme ou d'accélération, quelque intuitives que soient ces notions en certains de leurs aspects".

Dans "Galilée, Newton lus par Einstein", Françoise Balibar retrace la genèse de la relativité en s'appuyant comme Einstein l'a fait lui-même sur les "relativités" de Galilée et Newton.

On y trouvera par exemple ce texte de Galilée sur la vitesse :

"Pour le mouvement régulier ou uniforme, nous avons besoin d'une seule définition que je formule ainsi :

Par mouvement régulier ou uniforme, j'entends celui où les espaces parcourus par un mobile en des temps égaux quelconques sont égaux entre eux.

A la vieille définition (qui entend simplement par mouvement uniforme celui où en des temps égaux sont franchis des espaces égaux) il a paru bon d'ajouter le terme "quelconques" s'appliquant à tous les intervalles de temps égaux : il peut en effet advenir que pendant des temps égaux déterminés un mobile parcourt des espaces égaux, alors que les espaces parcourus pendant des parties plus petites et égales de ces mêmes temps ne seront pas égaux".

3.1. Y a-t-il contradiction avec les observations de Piaget ?

Les résultats obtenus dans nos classes, semblent contredire les conclusions de Piaget :

- . des élèves du CE.1 arrivent à comparer deux déplacements non simultanés
- . ceux du CM.2 peuvent distinguer la vitesse instantanée, la vitesse moyenne et calculer cette dernière.

en classe, les élèves réalisent des performances supérieures

En fait les situations ne sont pas comparables.

Dans un cas l'élève est seul et l'adulte est là pour proposer des situations permettant simplement de "photographier" ses représentations, ses formes de pensées et son raisonnement.

Dans l'autre, l'enfant n'est plus seul ; il peut s'appuyer sur sa pensée, sur celle de ses pairs. L'adulte l'aide dans la formulation de ses difficultés, la réalisation de ses recherches, l'interprétation de ses résultats, la structura-

les travaux de Piaget permettent de connaître les obstacles

tion de son acquis.

Les travaux de Piaget permettent de connaître la suite des obstacles sur lesquels les élèves vont "butter" et pouvoir ainsi rechercher des situations permettant de les dépasser successivement.

3.2. Durée des activités

une certaine durée du travail est nécessaire

Les activités sont échelonnées sur plusieurs séances. Certains penseront que c'est long, ou que les obstacles rencontrés sont nombreux. Une des difficultés essentielles, qui n'est pas sans intérêt, se trouve dans l'utilisation des acquis d'ordre mathématique : mesures et encadrements des mesures, échelle, graphique, division à virgule.

Ces exercices permettent aux enfants, dans des situations concrètes, soit d'utiliser l'outil mathématique déjà défini soit de devoir élaborer un nouvel outil qui sera ensuite repris et complété de façon plus systématique.

En outre cette situation fait partie de leur environnement immédiat et quotidien. Il nous a semblé intéressant et nécessaire de la faire formuler, de l'objectiver, de la clarifier, d'en donner une idée juste complète et accessible.

3.3. Nécessité des repères et difficultés liées à leur définition

le problème des repères

Les enfants ont du mal à concevoir qu'il doit y avoir un seul repère sur le véhicule pour définir son passage sur la ligne de départ et celle d'arrivée. Mais cette situation peut s'expliquer : pour eux, le véhicule traverse une zone "dangereuse" limitée par les deux lignes ; tout ou partie du véhicule sera dans cette zone. En adoptant ce point de vue ils sont amenés très logiquement à prendre le pare-choc avant comme repère sur la ligne de départ et le pare-choc arrière sur la ligne d'arrivée.

3.4. Difficulté liée à la généralisation à tout exemple de la proportionnalité

montrer que la proportionnalité n'est pas toujours applicable

L'idée naturelle, c'est la proportionnalité et, même s'ils ont vu lors de l'observation du déplacement que cette proportionnalité n'était pas réalisée, les enfants ont tendance à vouloir l'appliquer au cours de la représentation graphique. Après avoir étudié un mouvement uniforme en

priorité pour des raisons de gradations des difficultés, mouvement somme toute assez peu fréquent, il est nécessaire de leur proposer d'étudier d'autres mouvements plus complexes et plus naturels.

3.5. Le graphique

le graphique, outil commode mais astreignant

L'élaboration et la construction du graphique est toujours une étape passionnante. Mais, si c'est un outil commode, les enfants qui viennent de l'étudier répugnent à l'utiliser. Nous avons pu faire les mêmes constats dans d'autres classes dans la même situation. Mais de toute façon ce n'est que petit à petit, après avoir réalisé et rencontré de nombreux exemples, que les enfants sauront traduire un ensemble de mesures par un graphique et exploiter ce dernier. ✎

Pour la vitesse nous avons constaté, dans les deux démarches exposées, que les enfants établissent immédiatement la correspondance entre la pente de la droite (et plus tard de la courbe) et de la vitesse. Cette approche nous semble être une étape intéressante pour permettre aux enfants d'objectiver la vitesse.

3.6. Difficulté pour utiliser la division (cf.4ème séance)

la division de la distance par le temps n'est pas utilisée spontanément

"Deux voitures roulent régulièrement : l'une fait 19 cm en 7 secondes et l'autre 20 cm en 8 secondes. Quelle est la plus rapide ?"

Tel était l'exercice proposé. Les enfants n'ont pas utilisé le graphique pour répondre à ce problème, nous l'avons rappelé précédemment. Mais en outre, sachant qu'il fallait rechercher les distances parcourues pendant l'unité de temps, les enfants (sauf un) dans deux classes n'ont pas réalisé que la solution était donnée par le quotient de la distance par le temps.

3.7. En fait

Nous ne pensons pas qu'imposer très succinctement la vitesse par une simple division, suivie d'une série d'exercices répétitifs, soit une méthode très pertinente. Réduire le problème à une formule comme cela se faisait avant Galilée, ne simplifie nullement mais au contraire accumule les difficultés en occultant les représentations, en brouillant les différents types de vitesse et en ne permettant pas la construction du concept.

Nous croyons pouvoir affirmer qu'il est possible de

construire la notion
de vitesse

donner, dès l'école élémentaire, une perception plus fine de cette grandeur à condition de lui consacrer du temps, un outillage mathématique déjà élaboré ou en cours d'élaboration, un support concret, le tout construit en appliquant des méthodes actives. D'une manière générale, quel que soit l'objet d'étude, grandeur ou phénomène physique, objet technique, il faut partir de situations-problèmes diverses et complémentaires où toutes les facettes de l'objet d'étude apparaissent et où les élèves puissent s'impliquer. Les meilleures situations d'apprentissage sont celles où les enfants s'étonnent, recherchent, construisent et peuvent s'approprier ainsi du savoir.

Jean-Loup CANAL

Ecole Normale de RODEZ.