

Mesurage et initiation aux sciences physiques (*)

par M. BOTTIN, L. HOT (**),
J.-L. MARTINAND (***)

SOMMAIRE

1. Origines et fonctions du mesurage à l'école élémentaire.
 - 1.1. A partir d'activités fonctionnelles.
 - 1.1.1. Les activités de jeu.
 - 1.1.2. La résolution de problèmes techniques.
 - 1.1.2.1. Les activités de construction.
 - 1.1.2.2. Les activités de fabrication.
 - 1.1.2.3. L'utilisation correcte d'un objet technique.
 - 1.1.3. L'appréhension et l'organisation par les enfants du milieu de vie.
 - 1.2. A propos de questions conduisant à la résolution de problèmes scientifiques.
 - 1.3. Rôle du mesurage dans l'analyse de certaines variables d'une situation.
2. Aspects du mesurage et difficultés des enfants.
 - 2.1. Difficultés d'ordre conceptuel.
 - 2.1.1. Définition de la grandeur à mesurer.
 - 2.1.2. Unités, étalons et instruments ; identification de la grandeur.
 - 2.1.3. Variabilité des résultats ; problème d'encadrement.

(*) Travail effectué dans le cadre des recherches sur les activités d'éveil scientifiques à l'école élémentaire, I.N.R.P.

(**) Professeurs de sciences physiques aux Ecoles Normales d'Aix-en-Provence.

(***) Maître-assistant à l'E.N.S. de Fontenay, responsable des recherches physiques et technologie à l'école élémentaire, I.N.R.P.

- 2.2. Difficultés d'ordre opératoire.
 - 2.2.1. Choix de l'instrument de mesure.
 - 2.2.2. Choix de repères et d'origines.
 - 2.2.3. Problèmes de coïncidence zéro - origine.
 - 2.2.4. Erreurs manipulatoires.
 - 2.2.5. Limites d'une méthode ou d'un appareil.
 - 2.2.6. Evaluation approchée d'une longueur.
- 2.3. Grandeurs physiques et structures mathématiques.
- 2.4. Mesures indirectes et grandeurs dérivées.
 - 2.4.1. Difficultés d'ordre conceptuel.
 - 2.4.1.1. Définition de certaines grandeurs.
 - 2.4.1.2. Unités de mesure.
 - 2.4.2. Difficultés d'ordre opératoire.

Conclusion.

Exemples cités de thèmes d'étude.

Références bibliographiques.

Parmi les problèmes de la mesure et du mesurage, on peut distinguer deux catégories, ceux de la mesure au sens strict qui trouvent leur réponse dans les différentes théories de la mesure développées en mathématique, ceux de la pratique opératoire du mesurage qui font à eux seuls l'objet d'une science physique, la métrologie.

La théorie de la mesure prolonge la théorie des nombres (problèmes des unités, des structures numériques) et la théorie des espaces topologiques (problème de la continuité).

La métrologie s'occupe des questions concernant la mesure, questions surgies de la vie sociale, de la technique, de la science. Elle est confrontée avec la détermination, la définition des unités et étalons, les méthodes de mesures, les techniques et instruments qui améliorent les qualités de la mesure (fidélité, sensibilité, justesse, etc.). On ne peut séparer ces études des problèmes scientifiques de définition des grandeurs elles-mêmes et de formulation des lois physiques.

Les élèves de l'école élémentaire, amenés au cours de leurs activités scolaires à effectuer des mesures, vont se trouver

confrontés lors de ces opérations à ces multiples problèmes. Nous nous proposons, à partir de comptes rendus d'*expériences réalisées dans des classes* (1), et en restant le plus près possible des situations concrètes :

- 1° de rechercher comment se pose aux enfants le problème du *mesurage* ;
- 2° d'étudier les différents aspects pris par les opérations de mesurage et les *difficultés* auxquelles les enfants se sont trouvés confrontés ;
- 3° d'analyser le rôle que peuvent jouer les opérations de mesurage dans la *construction* de certains *concepts* physiques.

Le but principal de cet article est de montrer les aspects très variés et très précoces du mesurage à l'école élémentaire, même si la physique se présente surtout de manière qualitative à ce niveau.

1. ORIGINES ET FONCTIONS DU MESURAGE A L'ECOLE ELEMENTAIRE

L'enfant se trouve confronté au problème du mesurage :

- soit au cours d'activités fonctionnelles ;
- soit lors de la résolution de problèmes scientifiques le conduisant à confirmer ou infirmer une supposition.

1.1. A partir d'activités fonctionnelles (2).

Nous étudierons successivement différents types rencontrés dans les classes :

1.1.1. LES ACTIVITÉS DE JEUX.

Exemple A :

Les enfants manifestent un besoin de justice et d'équité qui, au cours de *compétitions*, va souvent les conduire au mesurage. En voici quelques exemples :

QUI A LE PLUS DE SOUFFLE ?

Dans une classe de C.P., il s'agit de désigner l'élève qui a le plus de souffle.

(1) Voir liste des exemples à la fin. Nous n'avons pas repris ici les thèmes figurant dans le n° 74 de « Recherches pédagogiques », auquel les lecteurs pourront se reporter.

(2) Nous appelons fonctionnelles des activités où l'enfant est très fortement impliqué intellectuellement et effectivement.

Première proposition : chacun des enfants souffle à tour de rôle sur la main d'un de leurs camarades qui apprécie la puissance du souffle et désigne ensuite le champion.

Certains élèves contestent la décision du juge : « Tu ne peux pas te souvenir de celui qui souffle le plus fort ».

Il y a dans cette proposition un essai de détermination d'une procédure objective mais ni l'élément de référence, ni l'outil de mesure n'étant précisés, on aboutit à un échec.

Deuxième proposition : « Il faut gonfler le ballon comme cela et maintenant nous allons souffler dessus ». L'enfant montre par l'action ce qu'il veut dire, pose le ballon par terre et souffle dessus.

Le maître fait la même chose mais place le ballon en un point différent du sol et souffle. Réaction immédiate des enfants : « Non, il ne faut pas placer le ballon n'importe où ! »

Le jeu est codifié par la classe et chacun apporte une précision, un rectificatif aux données de départ :

- « Il faut que tout le monde souffle du même endroit ».
- « Il faut tracer une ligne par terre ».
- « Non, on va poser le ballon sur une croix ».
- « Celui qui enverra le ballon le plus loin aura le plus de souffle ».

Celui qui avait proposé le jeu essaie et précise :

- « Il faut que tout le monde mette les pieds derrière la ligne ».

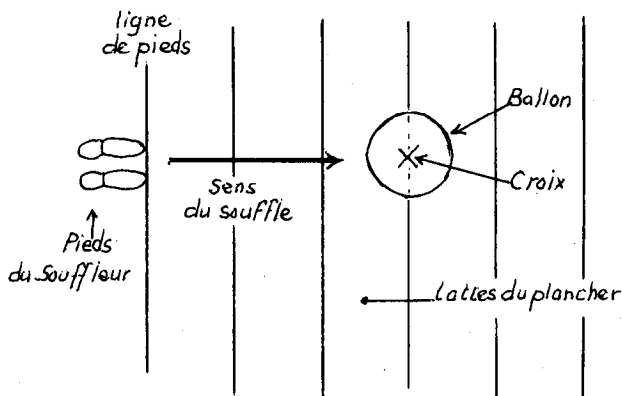


Fig. 1

Chaque élève viendra essayer et marquera la place où s'arrêtera le ballon d'une croix et de son prénom : « parce qu'on ne se souviendrait pas où serait notre endroit et on pourrait tricher ».

Il faut noter le souci d'éviter toute tricherie et l'essai d'une définition des conditions d'expérience et de mesure. Nous constaterons par la suite que l'origine n'a pas été définie avec toute la rigueur nécessaire.

Exemple B :

QUI EST LE PLUS ADROIT ?

L'exercice se déroule dans un cours préparatoire. Il s'agit de lancer un palet sur la croix dessinée sur le sol (fig. 2).

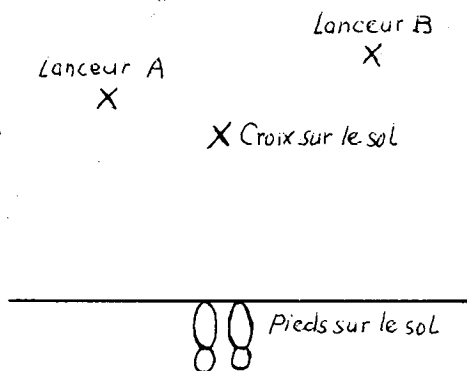


Fig. 2

Chacun lance le palet et essaie de se rapprocher le plus possible de la croix.

Un élève place le palet sur le but.

- (M) « Et les autres, comment les classer ? »
- (E) « Il aurait fallu marquer les emplacements ».

On recommence le jeu et un problème se pose : qui de A ou de B est le plus près ?

- (E) « C'est facile, il faut mesurer ».
-

Les jeux des enfants font souvent appel au comptage :

— soit pour déterminer celui qui a réalisé la meilleure performance (comptage du nombre de sauts consécutifs réalisés avec

une corde à sauter ; comptage du nombre de balles de tennis ayant atteint la cible) ;

- soit pour « mesurer » un temps déterminé dans le jeu de cache-cache : l'enfant qui doit chercher ses camarades compte jusqu'à cinquante ou trente pour leur permettre de se cacher.

Les enfants utilisent également des comptines afin de déterminer la durée de certaines phases de jeux :

« Loup, y es-tu ? que fais-tu ?... ».

« Une souris verte qui courait dans l'herbe... ».

1.1.2. LA RÉOLUTION DE PROBLÈMES TECHNIQUES.

Parmi les nombreux problèmes qui peuvent se poser au cours des activités scolaires, nous distinguerons :

- les activités de construction ;
- les activités de fabrication ;
- l'utilisation correcte d'un objet technique.

1.1.2.1. *Les activités de construction.*

Exemple C :

Les élèves d'un C.M. de Colmar, après avoir réalisé sur place le croquis d'une

MAISON ALSACIENNE,

décident de représenter « leur maison » par une maquette en carton. Au cours de l'assemblage, ils constatent :

- « que leur maison n'est pas droite » ;
- « qu'il manque des bouts » ;
- « qu'elle n'est pas fermée ».

Cet échec leur fait prendre conscience qu'il faut donner aux façades opposées même hauteur et même largeur.

Tenant compte de ces enseignements une équipe réalise, en carton, une maquette de la maison du « Pique-Fleurs ». Ce travail est livré à la critique du groupe classe. Les photos prises lors de la sortie étant alors disponibles, la comparaison de la maquette et de la photo met en évidence une ressemblance toute relative.

- « Les fenêtres ne sont pas à la bonne place ».
- « La poutre est trop grande par rapport à la vitrine ».
- « Le haut du toit est trop petit » (pignon trop petit par rapport à la hauteur des étages).
- « La maison est trop haute pour sa largeur ».
- « Ils ont réduit différemment la hauteur et la largeur ».

C'est à ce moment que la plupart des enfants ressentent la nécessité :

- d'aller mesurer les dimensions de la maison à représenter ;
- de réduire ces dimensions en les divisant par un même nombre afin d'obtenir une représentation ressemblante.

1.1.2.2. *Les activités de fabrication.*

Les activités de cuisine (fabrication de gâteaux, de yaourts, préparation d'œufs à la coque, de boissons colorées) peuvent être source d'opérations de mesurage, mesurage du temps, des volumes, des « masses », de la température.

Exemple D :

Des élèves d'un C.E. 1 de Rodez ayant sollicité leur maîtresse pour « faire de la cuisine », il leur a été proposé de :

CUIRE DES ŒUFS A LA COQUE.

Chaque équipe a cherché sa recette, l'a exposée à la classe et effectivement réalisée.

Une équipe propose : « on fait bouillir de l'eau, après on met l'œuf dans la casserole cinq minutes pour le faire cuire ». Les enfants laissent chauffer l'eau, hésitent pour définir le moment où elle bout mais attendent néanmoins les grosses bulles. Ils mettent alors l'œuf dans l'eau et attendent qu'il cuise cinq minutes sans se préoccuper de mesurer ces cinq minutes. Un enfant propose de compter cinq fois soixante mais ne le fait pas. Finalement, le signal de fin des cinq minutes est soufflé par deux spectateurs qui avaient regardé leurs montres.

Une autre équipe propose la recette suivante : « trois minutes dans l'eau bouillante ». Pourtant, dès que l'eau s'est mise à chauffer, un enfant du groupe regarde sa montre et commence à chronométrer les trois minutes. Ses camarades le rabrouent, lui précisant que l'eau ne bout pas encore.

En plus du message d'une durée fixée à l'avance se pose le problème du début du mesurage. Ce début est lié à un *phénomène physique* : *l'ébullition* ; il convient de s'entendre sur la signification de l'expression « l'eau bout ». Voici les propositions des enfants :

- « L'eau bout quand c'est chaud ».
- « L'eau bout quand il y a de grosses bulles et quand l'eau est chaude ».
- « Il faut que l'eau soit très chaude et plus on laisse l'eau sur la flamme, plus l'eau est chaude ».

Elles les conduiront à utiliser un thermomètre pour s'assurer que l'eau bout. La lecture du thermomètre leur permettra de constater :

- que la température monte d'abord rapidement : 15°, 20°, 30°, 40°, 50° ;
- qu'à 60°, il y a de petites bulles ;
- qu'à 80°, les bulles deviennent plus grosses ;
- qu'à 90°, les bulles passent de plus en plus vite et que la température monte ensuite plus lentement :
 - « C'est drôle, c'est plus long à monter » ;
- qu'à 99°, ça bout ; la température ne monte plus et l'eau continue à bouillir.

Le repérage des températures successives de l'eau (il n'est pas question à ce niveau de relever la température de la vapeur surmontant le liquide) permet les constatations suivantes : lorsqu'on chauffe de l'eau, sa température monte d'abord rapidement, puis plus lentement. Elle se stabilise enfin à 99°. (Résultat de l'expérience réalisée à Rodez.)

La nécessité de déterminer avec précision le moment où l'œuf doit être mis dans l'eau a conduit les enfants au repérage de la température et à l'étude du phénomène d'ébullition.

1.1.2.3. *L'utilisation correcte d'un objet technique.*

En dehors de l'utilisation correcte d'instruments de mesure tels que mètres à ruban et pliant, double décimètre, règle plate graduée, rapporteur, verre doseur, balance, etc. dont nous parlerons dans le chapitre suivant, les enfants peuvent être amenés au mesurage lors de l'emploi d'objets techniques.

Exemple E :

Les élèves d'un C.M. d'Orléans s'intéressent au

PROJECTEUR DE DIAPOSITIVES.

Ils disposent d'un écran de dimensions données et sont confrontés au problème suivant : où placer le projecteur afin que l'image obtenue soit nette, tout entière sur l'écran, la plus grande possible. Les enfants parviennent à déterminer la position adéquate de l'appareil par tâtonnement en déplaçant le projecteur et en modifiant le tirage de l'objectif.

La position idéale de l'appareil obtenue, il devient intéressant de la repérer, en mesurant la distance écran-projecteur, afin d'opérer plus rapidement lors de séances ultérieures. Lors de celles-là, un problème scientifique surgira :

- « Comment connaître combien de fois l'image est plus grande que la diapositive ? »,
- « On mesure un côté de la diapositive et le même côté de l'image, après on fait une division »,

proposeront les enfants.

1.1.3. L'APPRÉHENSION ET L'ORGANISATION PAR LES ENFANTS DU MILIEU DE VIE.

Au cours de ses activités quotidiennes, l'enfant se trouve souvent confronté, voire conduit à des opérations de repérage ou de mesurage qui constituent un important acquis vécu dont le maître devra tenir compte. En voici un bilan sommaire :

— repérages :

- de l'heure à l'aide de montres, horloges, etc., afin d'être ponctuel en classe, sur le stade, chez un camarade, au départ du car de ramassage,
- de la température à l'aide de thermomètres à liquide ou métallique : température de la classe, de la cour, du bain de bébé, de l'eau de l'aquarium ou de celle de la chaudière du chauffage central,
- de la vitesse instantanée d'un véhicule : compteurs de vitesse des automobiles et de certains vélomoteurs ;

— comptage du nombre de billes, de crayons, de cahiers, de tours de roues, etc. ;

— mesurage :

- de longueurs (jeu de boules, prise de mesure pour réaliser un vêtement ou effectuer une commande),
- de poids à l'aide de balances, pèse-personnes ou pèse-lettres (poids de farine, de sucre, de beurre nécessaires à la fabrication d'un gâteau - poids d'une lettre afin de la timbrer correctement - poids de l'enfant),
- de capacités à l'aide d'un verre doseur.

1.2. A propos de questions conduisant à la résolution de problèmes scientifiques.

Le point de départ peut être une question d'enfant relative à un phénomène physique comme dans cette école de Camaret (Finistère) où une élève souhaite savoir :

- « Pourquoi, lorsqu'on porte une camarade dans l'eau, est-elle plus légère ? »

Exemple F :

(POIDS APPARENT).

Le problème posé fait jaillir de nombreuses remarques relatives à des observations dispersées :

- « Quand je ramassais du goémon, pour le vendre, les sacs chargés étaient plus faciles à traîner dans l'eau que hors de l'eau ».
- « Je me sens moins lourde quand je nage ».

Les élèves vont remettre en question ces affirmations, ce qui va les conduire au mesurage :

- « Il faudrait rechercher si c'est vrai ou si c'est une illusion ».
- « On pourrait peser un caillou, puis peser une bassine d'eau, puis le caillou dans la bassine d'eau ».

Une première conclusion va pouvoir être tirée de l'expérimentation :

- « Le poids du caillou dans l'eau et hors de l'eau ne change pas ».

Il convient donc de modifier la formulation de la première question. Les enfants proposent alors :

- « Pourquoi quand on porte une camarade dans l'eau, paraît-elle plus légère ? »

Après réflexion, discussion, un groupe d'élèves propose de peser la pierre suspendue à l'un des plateaux de la balance, la pierre étant successivement dans l'air puis immergée dans l'eau.

Des séries de pesées permettent aux enfants de prendre conscience de l'existence d'une poussée :

- « Le poids ne change pas, on l'a vu l'autre jour. Pourtant, ici, il se passe quelque chose de drôle. On ne voit pas pourquoi la pierre est plus légère dans l'eau ».
- « La pierre ne change pas de poids mais elle paraît changer. C'est l'eau qui doit la repousser vers la surface ».
- « Nous croyons que c'est comme lorsqu'on est dans une baignoire. Nos bras remontent tout seuls. On est soutenu. L'eau soutient la pierre. Elle pèse le même poids dans l'eau et hors de l'eau ».

Les enfants vont maintenant soulever des problèmes scientifiques les conduisant à de nouvelles mesures :

- « Pourquoi la poussée de l'eau n'est-elle pas la même dans toutes les expériences ? »
- « La poussée varie-t-elle avec la quantité d'eau du récipient ? »

- « La poussée varie-t-elle avec la grosseur de la pierre plongée dans l'eau ? »
- « Des liquides autres que l'eau produisent-ils aussi une poussée ? »

Dans ces trois cas, les enfants vont expérimenter et peser afin de confirmer ou d'infirmer leurs « hypothèses » de relations entre variables.

Exemple G :

Toujours à Camaret, l'équipe d'enseignants se penche sur un phénomène très habituel aux enfants vivant au bord de la mer :

LA MAREE.

Ils souhaitent savoir si les enfants ressentent la nécessité d'établir une loi physique. Les élèves se sont d'abord montrés perplexes devant la complexité du problème posé :

- « Je ne vois pas du tout ce qu'on pourrait faire comme travail sur la marée ».
- « La marée, des fois elle est haute, des fois elle est basse, tout le monde sait ça. Maintenant, étudier la marée, je suis sûr que c'est trop dur pour nous ».

Après inventaire de ce que savent les enfants et qui se réduit à des idées reçues de leur entourage et dont ils n'ont jamais songé à contrôler la véracité, la classe décide d'observer le déroulement d'une marée montante. Des modalités d'observation sont fixées : se rendre sur le quai du port où se trouve une échelle de marée et y lire la hauteur de la mer à *intervalles réguliers* de temps.

Au cours de la discussion naît l'idée que les résultats de l'observation pourraient être différents si l'on opérait sur une plage. Ils doivent, pour cela, jalonner une plage à très faible pente de repères fixes (des bâtons de 1 m après fixation) plantés de 10 m en 10 m sur une ligne perpendiculaire au front de la marée basse.

Lors d'une marée montante, les enfants relèvent :

- la hauteur de la mer à l'échelle des marées du port, tous les quarts d'heure ;
- l'heure à laquelle la mer atteint chacun des différents piquets.

Au cours de ces activités, les élèves ont pratiqué des opérations de mesurage. Nous reviendrons plus loin sur les difficultés rencontrées et les résultats obtenus.

En conclusion, la recherche des finalités du mesurage à partir des différentes situations exposées dans ce chapitre conduit à dire qu'elles peuvent se ramener à :

- l'équité au cours de jeux et, plus tard, d'échanges économiques ;
- la reproductibilité et l'efficacité d'opérations techniques ;
- l'acquisition et la validation d'un savoir objectif.

Ces finalités se combinent d'ailleurs au cours des activités avec les trois fonctions de la mesure, telles qu'on peut les voir dans les comptes rendus cités :

- comparaison analytique ;
- conservation ;
- communication.

1.3. Rôle du mesurage dans l'analyse de certaines variables d'une situation.

Très souvent, les activités de mesurage peuvent aider les enfants à mieux comprendre certains concepts physiques. Nous allons l'illustrer par quelques exemples :

Exemple H :

Les enfants d'un C.M. 2 de Quimper effectuent un travail sur la :

NOTION DE VITESSE DE DEPLACEMENT.

Un entretien avec la classe permet au maître de connaître les conceptions spontanées des enfants :

- « La vitesse, c'est fait rapidement ».
- « C'est une manière de faire les choses ».
- « La vitesse est le contraire de lent, de lambin ».

Pour eux, vitesse est liée à rapidité, compétition, course, contrainte dans l'exécution des tâches.

Parfois, vitesse est manifestation de puissance, force ou énergie :

- « Pour un engin, c'est la puissance qu'il contient ».

La définition de la vitesse de déplacement n'est clairement énoncée par personne.

Pour amener ses élèves à une meilleure compréhension, la maîtresse prend l'exemple de compétitions sportives. La connaissance de la vitesse apparaît alors liée à un temps : « temps d'arrivée, temps de départ ». Les enfants donnent de nombreux exemples de vitesse chiffrées : « 220 à l'heure, 180 à l'heure ». L'unité de distance n'est pas mentionnée (ils adoptent, d'ailleurs le langage courant : « 220 à l'heure » et non comme il faudrait le dire : « 220 km par heure »).

Grâce aux mesurages de temps réalisés lors de compétitions sportives, les élèves passent à une idée plus précise de la notion

de vitesse : ils admettent que tout mobile rapide ou lent possède une vitesse. Cependant, leurs conceptions restent très floues et même impropres. Dans les épreuves sportives, seul un temps est affiché, et pour certains élèves, la vitesse se confond avec ce temps qui n'est pas pensé comme durée d'un parcours.

De nouveaux entretiens suivent et ne font guère progresser le problème. La maîtresse propose alors d'effectuer une course. Les enfants se posent un premier problème :

- « Quel est celui de la classe qui court le plus vite ? »

L'institutrice veut profiter de cette motivation pour faire déterminer une vitesse de course, mais elle éprouvera de nombreuses difficultés. Les deux problèmes sont, en effet, différents : il s'agit, d'abord de comparer des vitesses, ensuite d'obtenir un nombre « mesurant » la vitesse avec des unités convenablement choisies. Les exigences de l'expérimentation ne seront pas les mêmes. La discussion est longue et confuse. Le chronomètre apparaît comme l'instrument « magique » qui apportera, par sa présence seule, davantage de précision.

Voici la proposition retenue par la classe : « On va tracer un chemin pour chacun, pour qu'ils aillent droit. On mettra un départ et une arrivée. On verra celui qui franchit le premier la ligne d'arrivée ».

Une amélioration est proposée :

- « Pour que ce soit précis, il faut trois chronomètres ».

(Les élèves ont voulu limiter la compétition aux trois garçons connus comme étant les plus rapides de la classe - il n'y a pas, pour eux, de faibles vitesses). La maîtresse demande de noter les temps au tableau : Alain : 2 mn - Jean-Jacques : 2 mn 15 s - Denis : 2 mn 20 s. Le dialogue maîtresse - élèves devient alors très intéressant :

- (M) « Qui va le plus vite ? ».
- (E) « Alain ».
- (M) « A quoi voyez-vous cela ? »
- (E) « C'est lui qui met le moins de temps ».
- (M) « Le moins de temps à quoi faire ? »
- (E) « A faire le parcours ».
- (M) « Quel parcours ? »
- (E) « Le même parcours. Ah si, il faut qu'il soit le même pour tous : c'est obligatoire. Si un fait 200 m, l'autre 2 m, c'est obligatoire que ce soit celui qui fait 2 m qui gagne ».

Les élèves prennent conscience de la nécessité :

- de réaliser toujours le même parcours,
- de mesurer le temps mis à l'effectuer.

L'idée de vitesse se précise, elle restera confuse, tant que les mesures ne seront pas réalisées par les élèves eux-mêmes.

L'épreuve de vitesse se déroulera dans le gymnase de l'école. La maîtresse demande l'objectif de la séance :

- « C'est la course de vitesse pour désigner le plus rapide de la classe ».
- (M) « Qu'entendez-vous par vitesse ? »
- « Vitesse de course ».

Les élèves miment un coureur, et répondent :

- « C'est courir le plus vite possible ».

La notion reste donc très floue avant l'expérimentation.

De nombreux problèmes de mesurage vont alors se poser : problème de la synchronisation départ chrono - départ coureur, arrêt chrono - arrêt coureur ; problème de la position du chronomètreur : ligne de départ ou ligne d'arrivée.

Les enfants, à l'instigation de l'institutrice, mesureront la distance parcourue, mais à seule fin de retrouver les mêmes conditions ; si l'expérience doit être refaite, ils n'en voient pas la nécessité pour le problème du jour. Il reste à interpréter les résultats : les concurrents sont classés sans difficultés par les enfants. La maîtresse profite de la discussion pour orienter la classe vers le problème suivant :

- « Quelle a été la vitesse d'Alain pendant sa course ? »

Les élèves hésitent, certains répondent 3,2 s (temps mis par Alain pour effectuer sa course).

- (M) « Ce temps de parcours est-il suffisant pour connaître la vitesse de course ? »
- « Non, la longueur est nécessaire ».

Tous les élèves sont d'accord.

- (M) « Hier, Anne-Sophie nous parlait d'une vitesse de 100 à l'heure. Que signifie 100 à l'heure ? »
- « Quand on donne une vitesse, on donne une distance en un temps donné ».
- (M) « Il faut donc rouler une heure pour connaître la vitesse de l'auto d'Anne-Sophie ? »

La maîtresse propose un exercice concernant une auto roulant à 120 km/h : 120 km — 1 heure - 60 km — 30 mn - 2 km — 1 mn.

Les enfants, après cet exercice, comprennent que la vitesse correspond à la distance parcourue par le mobile pendant l'unité de temps.

Acquis antérieurs, mesurage et exercice ont contribué à la construction de cette notion.

Lors d'exercices d'évaluation de l'acquis, les élèves arrivent sans difficultés à la conclusion suivante : « Celui qui va le plus vite, qui a la vitesse la plus grande est celui qui parcourt la distance la plus grande pendant le temps donné » (exemples choisis avec des vitesses exprimées en km/h).

Au gymnase, avec des exemples correspondant à un mesurage effectué par la classe, le résultat suivant est dégagé : « Celui qui a la plus grande vitesse est celui qui parcourt la distance donnée pendant le temps le plus court ».

La maîtresse propose l'exercice suivant :

- « Connaissant les vitesses comparées des enfants, que se passerait-il si on les faisait courir pendant le même temps ? »

Les enfants ne résolvent pas ce problème mathématique qui ne s'appuie pas sur l'expérimentation. Dans tout ce travail, le rôle du mesurage a été essentiel, permettant aux enfants l'approche de la notion sans toutefois la dominer.

Exemple F :

Lors d'une expérimentation sur le :

POIDS APPARENT,

menée par les enfants de Camaret en réponse à la question : « Pourquoi lorsqu'on porte une camarade dans l'eau est-elle plus légère ? », le mesurage a permis aux enfants de prendre conscience de l'existence de la poussée d'Archimède. Ils ont successivement pesé la pierre suspendue dans l'air, puis la pierre suspendue dans l'eau. Leurs réflexions sont révélatrices :

- « On ne comprend plus rien ».
- « La pierre ne change pas de poids, mais elle paraît changer, c'est l'eau qui doit la repousser vers la surface ».
- « Nous croyons que c'est comme lorsqu'on est dans une baignoire, nos bras remontent. L'eau soutient la pierre. Elle pèse le même poids dans l'eau et hors de l'eau ».

Les enfants sont donc passés de l'idée très floue : « C'est plus léger parce que c'est dans l'eau », à la prise de conscience de l'existence d'une poussée dirigée vers le haut, exercée par l'eau.

2. ASPECTS DU MESURAGE ET DIFFICULTES DES ENFANTS

Lors des activités d'éveil, les élèves sont conduits à exécuter des opérations de mesurage par voie directe ou indirecte. Au cours de ces opérations, différents types de difficultés peuvent advenir, d'ordres scientifique, technique et mathématique.

Nous commencerons par l'examen des mesures directes de « grandeurs premières » qui sont les plus courantes à l'école élémentaire (3).

2.1. Difficultés d'ordre conceptuel.

2.1.1. DÉFINITION DE LA GRANDEUR A MESURER.

Ce problème s'est posé à propos de certains objets et a trouvé des solutions diverses.

Exemple E :

Dans un C.M. d'Orléans, des enfants s'intéressent au :

PROJECTEUR DE DIAPPOSITIVES

et mesurent les dimensions d'une diapo et de son image sur l'écran.

Voici les premiers résultats obtenus :

longueur de la diapositive : 3,4 cm - 3,5 cm,

largeur de la diapositive : 2,3 cm - 2,4 cm.

Ils provoquent cette discussion :

- (E 1) « Ce n'est pas juste parce que l'image dans la diapo a des bords qui sont mis dans le contour du carton ; donc ce n'est pas exactement la mesure ».
- (E 2) « Mais on ne voit pas le morceau d'image qui est à l'intérieur. On n'a pas besoin de s'en occuper ».

La classe convient de ne considérer que la portion de pellicule visible mais un nouveau problème surgit lorsque la maîtresse demande :

- « Pourquoi vos résultats ne sont-ils pas les mêmes ? »
- (E 1) « Il y en a qui négligent les angles qui tournent ».
- (E 2) « Il faut trouver une solution pour ne pas négliger les angles ».

(3) Des grandeurs dérivées (voir 2.4.) peuvent faire l'objet d'un abord direct lors d'une initiation (premier niveau). La coordination des différents aspects mis à jour conduit à leur définition ultérieure comme grandeurs dérivées (deuxième niveau) : la masse volumique est l'exemple le plus connu, mais c'est aussi vrai de la vitesse (ex. H).

La recherche, par groupes, de la méthode à utiliser afin de mesurer le plus correctement possible permet de dresser le bilan suivant.

Un enfant propose une solution et la schématise au tableau (fig. 3).

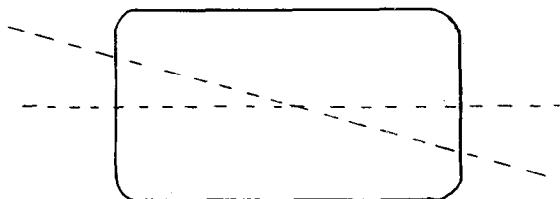


Fig. 3

- (E 1) « Je mets la règle au milieu ».
- (M) « Tu pourrais mettre la règle de travers ».
- (E 1) « Mais on ne trouve pas la même distance ».
- (E 2) « Le double décimètre doit être parallèle au bord du carton ».
- (M) « Que faudrait-il alors pour le vérifier ? »
- (E 2) « Une équerre ».
- (M) « Où placerais-tu l'équerre ? »

L'enfant montre au tableau et précise :

- « Il faut que la ligne soit perpendiculaire à la largeur » (fig. 4).
- (M) « Qui a mesuré d'une autre façon ? »

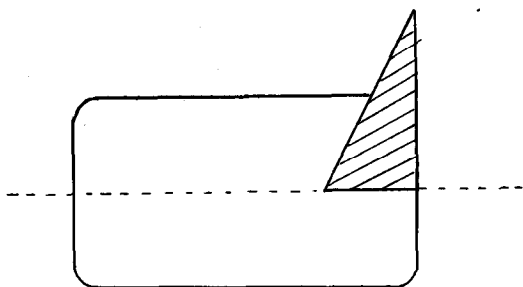


Fig. 4

Un enfant propose une solution qu'il schématise au tableau et colore ce qu'il mesure (fig. 5).

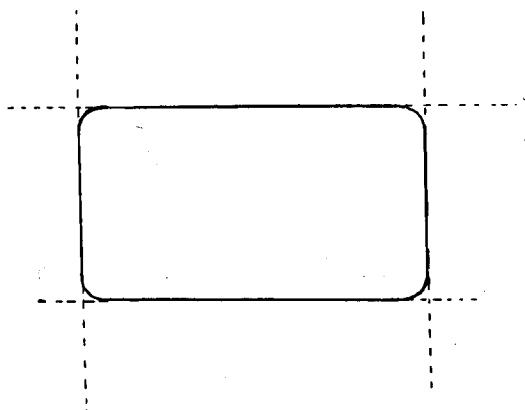


Fig. 5

Un autre procédé rappelant celui de la fig. 2 est indiqué (fig. 6).

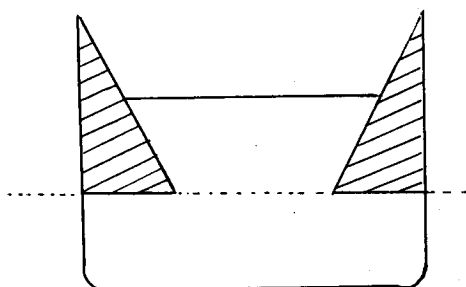


Fig. 6

Lors de cet exercice, les élèves ont dû préciser *la distance à mesurer* afin de retrouver le même résultat lors de mesurages successifs. Ils ont imaginé des procédés techniques qui, tous, les ont conduits à une définition implicite mais correcte de la distance entre deux droites parallèles : longueur du segment de droite perpendiculaire aux parallèles.

Exemple I :

Les élèves d'une sixième de Clamart, confrontés au problème de la :

DURETE DES MATERIAUX,

sont d'abord contraints d'établir une distinction entre dur, cassant et souple.

Après une longue discussion, ils proposent :

- pour constater que le matériau est cassant ou non, de taper dessus :
 - (E 1) « Si on a du verre et qu'on tape dessus, ça va se casser ».
 - (E 2) « Donc, taper dessus, ce sera plutôt pour voir si un matériau est cassant ».
- pour voir si le matériau est souple, d'essayer de le plier :
 - (E) « Le fait de plier ou de ne pas plier, ça prouve que c'est souple ou pas souple ».
- pour indiquer si le matériau est dur, d'appuyer dessus avec la main ou un clou :
 - (E) « Avec la main, on n'a pas assez de force pour enfoncer le clou ».
 - (M) « Mais avec la main, est-ce qu'on ne ferait pas une marque en poussant sur le clou ? Si on essaie d'enfoncer un clou dans une plaque de tôle, que va-t-il se passer ? »
 - (E) « Ça va faire une rayure ».
 - (M) « A votre avis, qu'est-ce qui raye l'autre, le plus dur ou le plus mou ? »
 - (E) « Le plus dur ».

Ainsi les enfants parviennent à une définition opératoire de la propriété de dureté. Ils vérifient, après chaque essai, qu'il s'agit bien d'une rayure et non d'une trace, en frottant l'objet rayé avec leur doigt. Ils peuvent ainsi classer les différents matériaux par ordre croissant de dureté.

Ils utilisent ensuite un second critère opératoire : la propriété d'un corps dur de s'enfoncer dans un corps plus mou que lui, à condition d'exercer sur lui une pression suffisante à l'aide d'un étau portatif, d'une bille d'acier, de deux plaques métalliques différentes et de pâte à modeler, ils réalisent le montage ci-après (fig. 7).

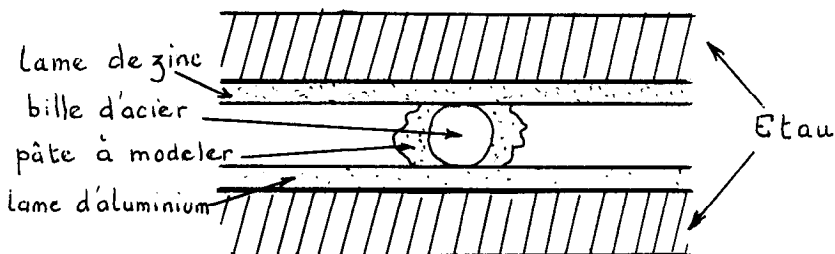


Fig. 7

- (E) « On serre fort et on regarde s'il y a des creux ».
- (M) « Si les deux matériaux ont un creux, qu'est-ce que cela signifie ? »
- (E) « C'est que la bille est plus dure que les deux ».
- (M) « Dans ce cas, comment savoir quel est le matériau le plus dur ? »
- (E) « C'est celui qui a le trou le moins profond ».
- (M) « Est-il facile de mesurer la profondeur du trou, d'un petit creux ? »
- (E) « Non. On pourrait mesurer le diamètre avec une règle graduée ».

Avec l'aide du professeur, les élèves tirent la conclusion que la marque de plus grand diamètre correspond au matériau le plus mou.

Ils dressent un tableau sur lequel ils notent le nom du matériau et le diamètre correspondant de l'empreinte.

Cet exercice permet de distinguer les différentes étapes de la démarche des élèves dans leur recherche d'une méthode d'évaluation de la dureté d'un matériau :

1° Différenciation des propriétés de dureté, fragilité et souplesse permettant d'isoler expérimentalement chacune d'elles.

2° Définition d'un critère opératoire — rayer — permettant de comparer deux à deux les duretés des différents matériaux et d'établir entre eux la relation d'ordre « être plus dur que » et un rangement par ordre de dureté croissante ou décroissante (il est à noter que c'est le critère utilisé par les minéralogistes pour déterminer la dureté d'un minéral. Ils se réfèrent à l'échelle de Mohs qui a attribué des duretés numériques à des minéraux connus : 1. au talc, 2. au gypse, 3. à la calcite... 10 au diamant).

3° Définition d'un autre critère opératoire qui permet d'associer à chaque matériau le nombre correspondant à la mesure du diamètre de l'empreinte laissée par la bille dans une comparaison, deux à deux, des échantillons. Cette méthode présente des limites d'utilisation qui seront évoquées plus loin. Il est à noter que c'est là une adaptation d'une méthode industrielle de mesure des duretés des métaux, la méthode de la bille de Brinell (4).

(4) Il faut aussi remarquer ici, que s'il y a mesurage, les raisonnements qui s'appuient sur des relations d'ordre et la transistivité sont qualitatifs : il s'agit encore de physique qualitative.

Exemple J :

Les élèves d'un C.M. de Rodez ont mesuré les :

PERIMETRES DES ROUES

de quatre bicyclettes et ont constaté qu'ils sont différents :

- (E) « C'est normal, les roues ne sont pas pareilles ».
- (E) « Il faut mesurer la grandeur de la roue ».
- (M) « Comment définir "la grandeur" de la roue ? »
- (E) « Il faut mesurer entre deux points du pneu ».

Le maître, volontairement, prend deux points du pneu n'appartenant pas à un même diamètre. Protestations des enfants qui précisent que la règle doit passer par l'axe de la roue. Le maître indique alors que la distance ainsi mesurée s'appelle le diamètre de la roue.

Ces différents exemples montrent l'importance de définir avec précision la grandeur à mesurer.

2.1.2. UNITÉS, ÉTALONS ET INSTRUMENTS ; IDENTIFICATION DE LA GRANDEUR.

Exemple K :

Les élèves d'un C.M. 2 d'Aix-en-Provence préparent des :

CREPES.

Ils ont besoin d'œufs, de farine, de sucre, de sel, de lait et d'eau. Un problème se pose : « Comment "mesurer" les quantités nécessaires ? » Voici les solutions proposées par les élèves :

- Pour le sucre, la farine, on peut utiliser :
 - un verre,
 - un verre mesureur,
 - un pot de yaourt vide,
 - une balance.
- (M) « Vaut-il mieux dire 100 g ou 6 verres de farine ? »
- (E) « 100 g, car les verres peuvent être petits ou grands et la farine tassée ou pas ».
- pour les œufs, on les compte ;
- pour le sel, on compte les « pincées » ;
- pour l'eau, le lait, on peut utiliser :
 - un verre,
 - un verre mesureur,
 - un pot de yaourt vide.

Au cours de cet exercice, les élèves utilisent intuitivement ou par simple imitation des adultes, deux techniques du mesurage :

- a) le comptage d'objets (les œufs) ou de contenus (verres, pots de yaourt). Ils considèrent ces objets ou ces contenus comme identiques, ce sont pour eux des unités ;
- b) le repérage d'un niveau sur une graduation (liquide, solide en poudre, cristallisé ou en grains).

Ces graduations indiquent :

- soit une masse en grammes,
- soit une capacité en fractions de litre.

Si, pour les capacités, les enfants prennent conscience de l'unité, le litre, qui représente pour eux quelque chose de concret, il n'en va pas de même pour le gramme.

Exemple L :

Les élèves d'un C.E. 1, désireux de déterminer la :

HAUTEUR D'UN GEANT EN CARTON-PATE,

ont réussi, par un procédé décrit plus loin, à couper une longueur de ficelle égale à la hauteur du géant.

- (M) « Que faire, maintenant, pour savoir combien ça mesure ? »
- (E) « Il faudrait un long mètre ».
- (E) « On met une bande de papier et on met des numéros ».

Pour que la ficelle reste tendue sur le sol, un élève colle un morceau de scotch à chaque extrémité.

La maîtresse donne des bandes de papier d'égale longueur.

Les enfants les placent bout à bout et parallèlement à la ficelle (fig. 8).

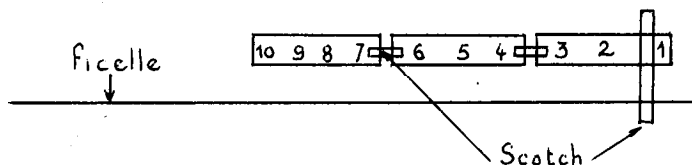


Fig. 8

Marie-Hélène inscrit des « numéros ». Elle écrit de droite à gauche 3 chiffres sur les deux premières bandes, puis peu à peu,

elle resserre les nombres. « Si on n'a pas de numéros, on ne peut pas savoir combien ça fait ». Le dernier nombre inscrit est 52, d'où la conclusion des enfants : « Ça fait 52 cm ». Mais les bandes de papier ne sont pas bien à plat. Après avoir « tiré », « c'est trop grand », « il faut couper », on arrive à 51.

Delphine veut mettre des chiffres sur une grande bande de papier déroulée de l'autre côté de la ficelle. « Oh, c'est pas pareil, ça fait 36 » (fig. 9).

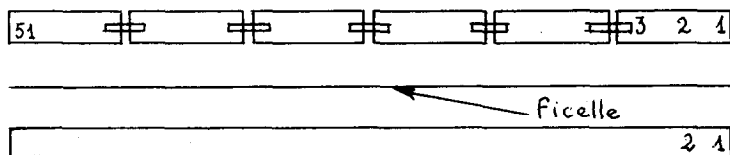


Fig. 9

- (E 1) « Les numéros sont trop espacés ».
- (E 2) « C'est Marie-Hélène qui les a trop serrés ».

La maîtresse intervient alors pour comparer ce que fait leur maman quand elle mesure et ce que les élèves viennent de faire.

- (E 1) « Elle utilise un mètre ».
- (E 2) « Mais ce n'est pas assez grand ».

La maîtresse donne une règle de 30 cm, une autre de 1 m et un mètre de ruban.

- « On peut prendre les trois, mais ça ne sera pas assez long ».
- « On pourrait en prendre un, mettre un trait et recommencer ».
- « On pourrait demander aux mamans des mètres, on les mettrait bout à bout et on saurait ».

En fin de séance, l'idée d'itération apparaît et les enfants décident d'apporter des instruments de mesure pour la séance suivante.

Après un rappel de ce qui a été fait à la séance précédente, Murielle propose :

- « Il faudrait mettre des règles bout à bout ».

Murielle et Laurent prennent différentes règles, un mètre ruban et un mètre dérouleur pour lequel ils s'interrogent :

- « C'est un mètre de combien de mètres ? »

Ils les placent l'un à la suite de l'autre le long de la ficelle :

- « Ça dépasse la ficelle ».

- « Il faut enlever la petite règle ».
- « Maintenant, il faut voir jusqu'où ça va ».
- « C'est pas ça, on va encore tout mélanger, c'est encore toujours les mêmes numéros ».

Le premier instrument va jusqu'à 150, le deuxième jusqu'à 65, le troisième jusqu'à 300.

- Xavier : « Ça peut pas aller, ils n'ont pas tous les mêmes chiffres ».

Il prend un mètre ruban qui va jusqu'à 150, puis un autre instrument qu'il met à la suite et indique en montrant le début de ce deuxième instrument :

- « Là il faudrait 151, il faudrait des chiffres »
- [en désignant le point A (fig. 10)].

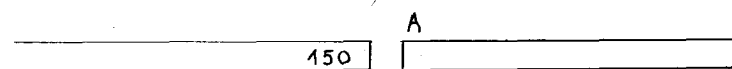


Fig. 10

- Florence : « Il faudrait un mètre qui fait toujours un mètre ».
- (M) « Qui saurait trouver un mètre qui fait un mètre ? »

Florence prend une règle jaune en bois :

- « Elle va jusqu'à 100 ».

La maîtresse intervient pour confirmer que la règle choisie a bien une longueur dont la mesure est 1 mètre.

Les enfants comparent les différents instruments apportés avec la règle jaune.

- Murielle : « On peut prendre toutes les règles de 1 m et on les mettrait tout au long de la ficelle ».
- « Il y en a sept qui vont ».

Les sept règles sont mises bout à bout :

- « Il n'y en a pas assez, ça fait sept mètres et un petit peu ».

La maîtresse fournit une huitième règle de 1 m aux élèves :

- « C'est trop grand, il faudrait couper la règle ».
- « La hauteur de M. Gayant est plus petite que 8 m et plus grande que 7 m ».
- « C'est peut-être 7 mètres et demi ».
- « C'est plus près de 8 mètres ».
- « Il faudrait voir jusqu'à combien ça va ».

L'enfant regarde :

- « Ça va jusqu'à 87 ».
- « Alors, ça fait 7 m 87 cm ».

L'exposé complet de cet exercice met en lumière :

- *un problème linguistique* : dans le langage courant, on désigne sous le nom de mètre tout instrument permettant d'effectuer des mesures de longueur. Il y a donc ambiguïté entre l'instrument, dont la longueur est souvent différente de 1 m, et l'unité de longueur. Les enfants ont dû lever cette équivoque ;
- *des problèmes géométriques* (mathématiques et physiques) :
 - Comparaison par superposition de deux longueurs, soit pour en vérifier l'égalité, soit pour en constater l'inégalité.

Il est à noter que les enfants ne font pas de différence nette entre l'objet et sa longueur. Des activités nouvelles seront indispensables pour leur permettre de construire cette différence :

- définition de la somme de deux longueurs en portant la seconde à la suite de la première suivant la même direction (ficelle tendue) ;
- correspondance entre des longueurs de plus en plus grandes et des nombres croissants. Cette correspondance est intuitive lorsque les enfants numérotent les bandes qu'ils ont placées bout à bout ;
- souci de la continuité dans la graduation : « Là, il faudrait 151 » ;
- souci d'obtenir le même nombre en mesurant la ficelle avec des bandes de papier placées bout à bout et une seule bande ;
- problème de l'itération : les enfants ont envisagé de placer le mètre sur la ficelle, de tracer un trait et de recommencer. En réalité, ils ont opéré autrement puisqu'ils ont aligné huit règles de 1 m ;
- recherche d'un étalon de mesure : la règle jaune en bois de 1 m qui constituera l'unité. Recollement de toutes les règles superposables à la règle jaune, c'est-à-dire à l'unité ;
- *des problèmes « techniques »* :
 - conditions pratiques de la mesure : la ficelle et les bandes de papier doivent être tendues ;
 - coïncidence entre l'origine de la grandeur, à mesurer (la longueur de la ficelle) et l'origine de l'instrument de mesure. De même coïncidence entre l'extrémité de la ficelle et la graduation lue ;

- expression du résultat final 7 m 87 cm qui permet de se passer des nombres décimaux qui ne sont pas abordés à ce niveau.

Exemple M :

Les élèves d'un C.E. 2 d'Aix-en-Provence, après avoir utilisé la :

**BALANCE DE ROBERVAL POUR COMPARER 2 A 2
LES POIDS DE DIFFERENTS OBJETS**

ont ordonné ceux-ci par ordre de poids croissants. Ils ont ensuite pesé ces objets en utilisant des rondelles en caoutchouc de même poids, puis des billes d'acier de même poids. Ils ont constaté que pour certains objets, il leur était possible d'établir l'équilibre alors que pour d'autres, cela leur était impossible. Dans ces derniers cas, ils ont noté le nombre d'unités le plus faible provoquant le déséquilibre en faveur des unités de poids et le nombre d'unités le plus fort correspondant à un déséquilibre en faveur de l'objet.

Voici le tableau des résultats obtenus et les remarques faites par les enfants :

Objets à peser	Etui	Tube jaune	Tube bleu	Tube blanc	Tube rouge
Poids en rondelles de caoutchouc ..	26	16	12	12 - 11	10
Poids en billes ..	10	7 - 6	5 - 4	5 - 4	4

- « Lorsque nous n'arrivons pas à faire l'équilibre, les deux nombres trouvés se suivent toujours ».
- « Le nombre correspondant au poids n'est pas le même selon que l'on pèse avec des rondelles ou avec des billes. Il est toujours plus petit avec les billes ».

Cet exercice a permis aux élèves de prendre conscience du fait que le résultat de la mesure dépend de l'unité choisie et que si l'on souhaite que d'autres personnes, pesant les mêmes objets, obtiennent les mêmes résultats, il faudra qu'elles utilisent les mêmes unités. Nous abordons là le problème des unités légales de mesure, de leurs multiples et de leurs sous-multiples. Il est également intéressant de constater, à partir du tableau, que plus l'unité de mesure est petite, plus le nombre exprimant le résultat de la mesure est grand.

2.1.3. VARIABILITÉ DES RÉSULTATS. PROBLÈME D'ENCADREMENT.

La plupart du temps, l'approche de la notion de mesure s'opère, au niveau de l'école élémentaire, par encadrements suc-

cessifs. Au cours des exercices décrits précédemment, les enfants ont traduit les résultats :

— soit par des encadrements :

- « Le géant Gayant a une hauteur comprise entre 7 m et 8 m ».
- « Le tube blanc a un poids compris entre 4 et 5 billes ».
- « Le tube blanc a un poids compris entre 11 et 12 rondelles » ;

— soit par un seul nombre. Ce sont les cas :

- où la balance est en équilibre :
« Le tube rouge a un poids de 4 billes » ;
- où l'extrémité de la longueur à mesurer « paraît » coïncider parfaitement avec une graduation de la règle :
« Le géant Gayant mesure 7 m 87 cm » ;
- où le niveau supérieur de la colonne de liquide « paraît » coïncider parfaitement avec la graduation du thermomètre.

Que se passe-t-il lorsque plusieurs opérateurs effectuent la même mesure ?

Exemple E :

Les élèves d'un C.M. d'Orléans souhaitent voir si les angles d'un triangle dessiné sur une :

DIAPOSITIVE

conservent leurs valeurs respectives lorsqu'on projette cette dernière. A cet effet, ils mesurent, sur des photocopies réalisées par le maître, les valeurs des trois angles. Ils obtiennent :

pour l'angle $\hat{A}$: 81,5 - 82 - 82,5 - 82,5.

- (M) « Comment exprimer la valeur de l'angle $\hat{A}$? »
- (E) « Il est plus grand que 81,5 ».
- (E) « Il est plus petit que 82,5 ».
- (E) « On écrit $81,5 < \hat{A} < 82,5$ ».

Il faut noter que les enfants éliminent *a priori* les valeurs limites 81,5 et 82,5 :

pour l'angle $\hat{B}$: 39,5 - 40 - 41 - 41,5 - 42.

Un élève a trouvé 36,5. Des camarades vérifient : le rapporteur était mal placé. Cette mesure est éliminée ; résultat pour $\hat{B}$:

$$39,5 < \hat{B} < 42 :$$

pour l'angle $\hat{C}$: 56,5 - 57 - 57,5 - 58 - 58,5 - 59 - 59,5.

Résultat exprimé par les enfants : $56,5 < \hat{C} < 59,5$.

Il est à noter qu'au cours de cet exercice, il n'a pas été envisagé de faire une moyenne.

Exemple H :

Les élèves d'un C.M. 2 de Quimper s'intéressent à la :

VITESSE D'UNE VOITURE A PILE.

Cinq chronomètres mesurent le temps qu'elle met pour parcourir une distance de 3 m.

Voici le tableau des résultats obtenus :

	Distance en m	1 ^{er} chrono	2 ^e chrono	3 ^e chrono	4 ^e chrono	5 ^e chrono
1 ^{re} expérience	3	$8 \frac{7}{10}$	$8 \frac{8}{10}$	$8 \frac{7}{10}$	$8 \frac{7}{10}$	9
2 ^e expérience	3	$8 \frac{8}{10}$	$8 \frac{9}{10}$	$9 \frac{2}{10}$		
3 ^e expérience	3	$8 \frac{9}{10}$	9	$9 \frac{2}{10}$	$8 \frac{9}{10}$	9

Etant donnée l'imprécision de l'instant de départ, les enfants sont satisfaits et considèrent que la voiture met environ 9 secondes pour parcourir 3 mètres. Il y a dans l'expression du résultat, l'idée de valeur moyenne.

- (E) « Il faudrait un mètre enrouleur ».
- (M) « Pourquoi ? »
- (E) « Il est gradué en millimètres. Il est assez long ».

Cette discussion montre que les élèves ont pris conscience des problèmes posés par le choix de l'instrument (longueur suffisante pour éviter tout report, graduation en mm) et qu'ils ont su les résoudre.

Exemple G :

Dans le travail sur les :

MAREES,

les élèves ont affronté une source plus difficile de variabilité : l'aspect aléatoire dans la manifestation de la grandeur (les vagues). De longues discussions ont été nécessaires pour qu'ils assument une position commune. Mais ce n'est pas du temps perdu : c'est, au fond, la situation « normale » du physicien.

2.2. Difficultés d'ordre opératoire.

2.2.1. CHOIX DE L'INSTRUMENT DE MESURE.

Exemple E :

Ce problème s'est posé aux élèves d'Orléans lorsqu'ils ont voulu mesurer les dimensions de l'image donnée par le :

PROJECTEUR DE DIAPOSITIVES

sur l'écran.

- « Il faudrait que l'on prenne la même règle que pour la diapo ».
- « Parce que deux règles peuvent ne pas être graduées de la même façon ».

Ce souci, fort légitime, de vérification de l'identité des deux graduations a été négligé par l'institutrice qui s'est contentée de rassurer.

- « Il faut prendre le double décimètre pour la diapo et une règle pour l'image ».
- « Non, il faut utiliser le double décimètre pour les deux ».
- « Mais pour l'image, il faudrait le reporter plusieurs fois et on peut faire des erreurs ».
- « La règle n'est graduée qu'en centimètres. Il faudrait faire une conversion ».

2.2.2. CHOIX DE REPÈRES ET D'ORIGINES.

Exemple N :

Lors de l'étude de la :

CROISSANCE DE LA JEUNE PLANTE,

les enfants d'un C.E. 2 de Mâcon se posent la question suivante :
« La plante pousse-t-elle par le haut ou par le bas ? »

Au cours de l'expérimentation, les enfants utilisent des dispositifs conçus par eux et faisant appel à des repères fixes.

En voici deux exemples (fig. 11 et 12).

Sur la fig. 11, l'entre-nœuds sera comparé au segment *ab* repéré sur la baguette.

Sur la fig. 12, le repérage se fera par rapport au niveau du sol.

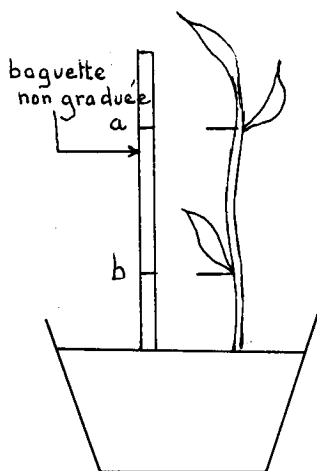


Fig. 11

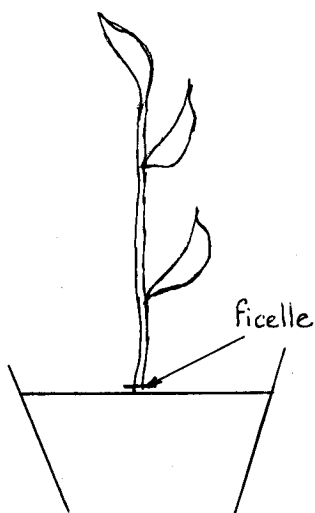


Fig. 12

Exemple O :

Lors de l'étude

DE LA DILATATION D'UNE PIÈCE DE MONNAIE

lorsqu'on la chauffe (C.M. Mâcon), un enfant a proposé le dispositif de la fig. 13 :

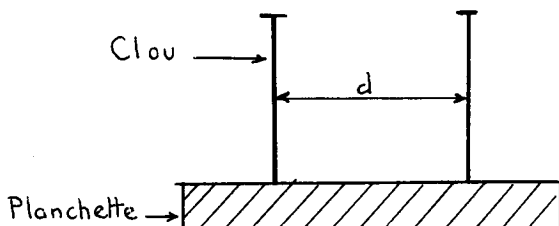


Fig. 13

Les deux clous sont fixés dans la planchette de manière que l'écartement d soit juste égal au diamètre de la pièce de monnaie à la température ambiante.

On chauffe fortement la pièce. Elle ne passe plus.

Après avoir conclu avec l'aide du maître que le diamètre de la pièce augmente lorsqu'on la chauffe, certains enfants se de-

mandent s'il y a aussi augmentation d'épaisseur, d'où recherche d'un dispositif pour repérer cette augmentation.

Ils proposent le dispositif précédent, constatent que les têtes des clous sont gênantes et que d est supérieur à l'épaisseur de la pièce à froid. Ils proposent alors le dispositif de la fig. 14

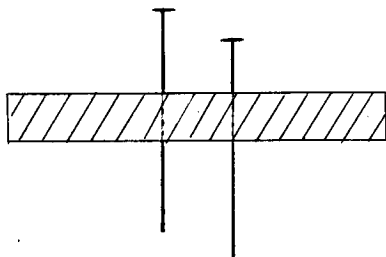


Fig. 14

et sont très sensibles à la difficulté suivante : « bien voir si la pièce passe juste lorsqu'elle est froide ».

Au cours de cette expérimentation, les élèves ont construit des repères qui leur ont permis de vérifier que le diamètre et l'épaisseur de la pièce de monnaie augmentaient sous l'action de la chaleur. Ils ont également été amenés à se poser la question du choix de l'instrument de mesure : le double décimètre habituellement utilisé ne servant à rien ici.

Exemple P :

Pour comparer les :

DUREES DE DEUX AIRS DE MUSIQUE,

les élèves d'un C.E. 1 de Douai ont eu l'idée de compter le nombre de tours faits par le disque durant l'audition de l'air considéré. La nécessité de choisir un repère apparaît assez vite. Elle montre un dessin sur la partie centrale du disque. Ce repère se trouve momentanément en face de lui, ce qui n'est pas vrai pour ses camarades. La maîtresse fait tourner le disque à la main pour bien montrer ce que représente un tour. Un élève fait remarquer : « on doit compter à partir du début de la musique. » Plusieurs essais sont réalisés afin de bien repérer où se trouve le dessin quand la musique commence. Pour dénombrer les tours effectués, « on compte chaque fois que le dessin passe sous le bras du tourne-disque ».

Cet exercice montre qu'après une phase de tâtonnement, les enfants ont réussi à se mettre d'accord sur un repérage commun à tous et sur le moyen d'assurer la coïncidence entre le début du morceau et le début du comptage.

Exemple H :

Les élèves d'un C.M. de Quimper ont convenu de mesurer, à l'aide de chronomètres, le temps mis par une voiture à piles pour parcourir une distance de 3 m. Ils se sont ralliés à la solution suivante :

- 1° La voiture tenue en l'air est mise en marche.
- 2° Elle est placée, les roues avant au-dessus du trait de départ et maintenue immobile à la main.
- 3° Elle est libérée au signal. Les chronométrateurs font démarrer leur chrono à cet instant.

Lors de la première expérience :

3 chronométrateurs annoncent $9\frac{2}{10}$ de s,

2 chronométrateurs $9\frac{5}{10}$ et $9\frac{6}{10}$ de s.

Le décalage a été sensible à tous les auditeurs spectateurs. Ils réalisent que les trois premiers ont arrêté leur chrono à l'instant du passage des roues avant au niveau de la ligne d'arrivée, alors que les deux autres l'ont arrêté à l'instant du passage des roues arrières.

Une discussion s'instaure. Deux groupes se constituent :

- (1) « Si les roues sont le repère départ, elles sont aussi le repère arrivée ».
- (2) « Les roues avant sont forcément le repère départ, mais ce sont les roues arrières qui sont le repère arrivée, sinon la voiture entière n'a pas passé la ligne, elle n'a donc pas parcouru les trois mètres ».

Devant une situation tendue, la maîtresse intervient et fait rouler l'auto lentement à la main. Elle dit (fig. 15) :

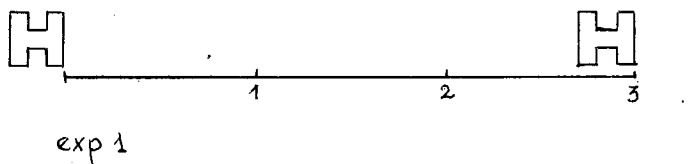


Fig. 15

- « Le pare-chocs avant parcourt 3 mètres ».
- « Le pare-chocs arrière parcourt 3 mètres ».

Les deux groupes restent sur leurs positions à la différence que le groupe (1) se dit partisan de choisir le pare-chocs arrière comme repère. Il pense convaincre ainsi son adversaire.

Le groupe (2) conserve son point de vue initial : pare-chocs avant repère départ, pare-chocs arrière repère arrivée.

Nouvelle intervention expérimentale de la maîtresse. Elle déroule un deuxième décimètre, le place parallèlement au premier et provoque un décalage des zéros (décalage ayant la longueur de l'auto).

Une boîte de gouache sert à immobiliser les rubans (fig. 16) :

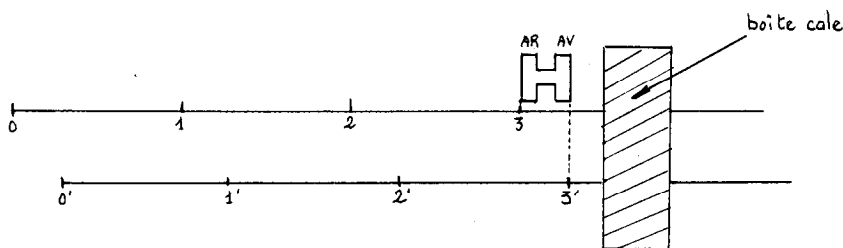


Fig. 16

- les élèves constatent que la voiture mesure 0,25 m de longueur,
- un élève propose de placer la boîte en guise de butoir (fig. 17).

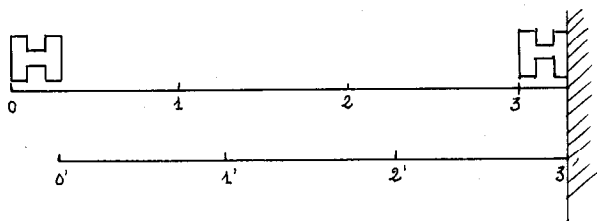


Fig. 17

L'essai est superbe ! A l'instant où le pare-chocs avant heurte le butoir, le pare-chocs arrière coïncide avec la ligne 3.

Il semble que cela mette tout le monde d'accord. Cependant, personne n'énonce clairement qu'il suffit de considérer le même repère sur la voiture, quel qu'il soit ; au départ comme à l'arrivée. Personne ne dit que tous les points de la voiture parcourent la même distance.

Mais les enfants ont découvert la raison du temps excédentaire mesuré préalablement : il correspond à un parcours supplémentaire de 0,25 m.

2.2.3. PROBLÈMES DE COÏNCIDENCE ZÉRO - ORIGINE.

Ce problème se pose certes, à propos de mesures de longueur lorsque le zéro de la graduation n'est pas situé à l'extrémité de la règle ou lorsque l'origine de la graduation est abîmée mais il est beaucoup plus fréquent lorsqu'il s'agit de réaliser la simultanéité entre le début d'un mouvement et la mise en route de l'instrument de mesure (sablier, chronomètre).

Exemple H :

Les élèves d'un C.M. de Quimper souhaitent connaître l'élève le plus rapide de leur classe. Ils organisent d'abord des courses par groupes de trois dans les conditions suivantes :

- signal de départ : 3 - 2 - 1 - 0. Les trois chronométreurs n'ont pas réagi, ils n'ont pas choisi de place déterminée. Les départs n'ont pas été simultanés. Les enfants critiquent cette méthode :
 - « Le signal de départ est mauvais : énoncé de zéro ».
 - « Mieux vaudrait 3 - 2 - 1 ».

Personne ne propose un bruit bref et sec ;

- les coureurs sont trop rapprochés à l'arrivée et les chronométreurs ont du mal à juger leur concurrent ;
- les réflexes des chronométreurs sont mis en cause.

Après discussion, la méthode suivante est retenue.

Course individuelle :

- le signal de départ sera 4 - 3 - 2 - 1 ;
- les coureurs partiront l'un après l'autre ;
- pour avoir « plus de précision », 4 chronométreurs, surveillés chacun par un juge, repèreront le temps de parcours d'un coureur. Ils seront situés au niveau de la ligne d'arrivée.

Voici quelques résultats obtenus sur une distance de 15,84 m :

	1 ^{er} chrono	2 ^e chrono	3 ^e chrono	4 ^e chrono
Anne-Sophie	3,6 s	3,4 s	3,4 s	3,5 s
Dominique	4,1 s	3,9 s	3,9 s	4,1 s
Florence	3,4 s	3,5 s	4 s	3,5 s

Dans l'ensemble, les mesures sont correctes. Les enfants prennent conscience des difficultés rencontrées pour réaliser la synchronisation entre : le signal - le départ du coureur - la mise

en route du chronomètre et la synchronisation, entre le passage par le coureur de la ligne d'arrivée et l'arrêt du chronomètre.

Signalons l'erreur du 3^e chronométrateur pour la prise de temps du parcours de Florence.

2.2.4. ERREURS MANIPULATOIRES.

Les principales erreurs, dues aux expérimentateurs, constatées au cours des divers exercices ont été les suivantes :

— ERREURS dues

- à une *mauvaise utilisation de l'instrument de mesure*. Ainsi, des élèves d'un C.M. 1 de Rodez, utilisant une règle plate de 1 mètre qui portait une graduation sur les deux bords de la règle, se sont trompés de bord et ont pris systématiquement le complément à 100 cm de la longueur mesurée. Ils annonçaient 24 cm au lieu de 76 cm ;
- au fait de compter 1 au lieu de zéro lorsqu'on commence à dénombrer des tours ou des oscillations ;

— ERREUR due à une *mauvaise synchronisation* entre la mise en marche du chronomètre et le début du mouvement ou du phénomène ;

— ERREUR DE LECTURE : elles sont fréquentes lors de l'utilisation de rapporteurs, de certains thermomètres, des chronomètres ;

— ERREUR DE PARALLAXE.

2.2.5. LIMITES D'UNE MÉTHODE OU D'UN APPAREIL.

Exemple I :

Lors d'un essai de mesure de la :

DURETE D'UN MATERIAU

par la mesure du diamètre de l'empreinte laissée par une bille d'acier (cf. p. 420), le problème des conditions d'utilisation de la méthode a été lancé par le maître :

- « Pourrait-on faire l'essai avec tous les matériaux que vous avez apportés ? »
- « Ça dépend, avec du tissu on ne pourrait pas faire ça, c'est mou, ce n'est pas rigide ».
- « Avec du bois non plus. Il éclaterait ».
- « Avec de la mousse non plus ».
- « On peut la serrer, mais après ça revient, c'est élastique ».
- « Quand on serre l'étau, il y a une empreinte. Mais pour la voir, il faut desserrer. Alors l'empreinte disparaît ».

- (M) « Voyez-vous, dans la liste, des matériaux que nous ne pourrions pas étudier ? »
- « Le caoutchouc ». (Accord général).
- « Le plastique ».
- « Ça dépend s'il est dur ou souple ».

Les élèves de 6^e ont pris conscience des limites de la méthode utilisée, limites qui dépendent d'une part de la nature du matériau utilisé, d'autre part de la méthode elle-même (toute comparaison des matériaux testés devient impossible si la bille s'enfonce d'une profondeur supérieure à son rayon). L'élaboration de la grandeur n'est donc pas achevée avec la formulation d'une définition opératoire ; il faut éprouver les limites de l'abstraction : pour une méthode donnée, tout matériau n'a pas forcément une dureté.

Exemple M :

Dé même, les élèves d'un C.E. 2 d'Aix-en-Provence comparant les :

POIDS DE DIVERS OBJETS,

par allongement d'un ressort, ont constaté que la méthode ne pouvait plus être utilisée avec des objets trop lourds : « Il est impossible de suspendre des corps trop lourds, nous abîmons le ressort ».

L'observation et l'emploi d'appareils de mesure tels que : pèse-lettres, pèse-bébés, balances, verres doseurs, etc., permettront de sensibiliser les enfants aux notions de :

- limites d'utilisation d'un instrument de mesure ;
- recherche de l'instrument le mieux approprié à une mesure à effectuer.

2.2.6. EVALUATION APPROCHÉE D'UNE LONGUEUR.

Amener les élèves à rechercher les moyens propres à déterminer approximativement la mesure d'une grandeur constitue un exercice intéressant et totalement différent par ses objectifs de l'évaluation pure et simple.

Ainsi, pour déterminer une longueur de 3 m, les élèves d'un C.M. de Quimper ont compté 25 carreaux de 12 cm de côté, carreaux constituant le revêtement du sol de la classe. La longueur ainsi déterminée a été ensuite mesurée avec un décamètre-centimètre et les résultats comparés.

Les élèves d'un C.M. d'Aix-en-Provence ayant à déterminer la hauteur d'un immeuble de trois étages, construit en pierres parallélépipédiques identiques ont compté le nombre de pierres constituant la hauteur, mesuré la hauteur d'une pierre, ajouté 1 au

nombre de centimètres trouvé pour tenir compte du joint en ciment et multiplié ce résultat par le nombre de pierres.

2.3. Grandeurs physiques et structures mathématiques (5).

Parmi les difficultés rencontrées, signalons surtout :

- la somme de deux segments lorsqu'ils n'ont pas la même direction ;
- plus généralement, quelle est la signification de la somme de deux capacités, de deux poids ? Quelles opérations physiques (placer côte à côte, mélanger...), sont compatibles avec l'additivité des mesures ?
- la notion d'égalité de deux grandeurs de même espèce ne paraît pas poser de problème sauf en ce qui concerne l'égalité de deux durées ;
- la question des relations d'ordre a été abondamment abordée dans les pages précédentes ;
- les problèmes de numération et d'unités, par exemple pour le « système sexagésimal » sont cause de nombreuses embûches.

Exemple P :

Dans un C.E. de Douai, les élèves ont écouté un disque et la maîtresse a chronométré la durée de chacune des chansons.

chanson 1	1 minute 16 secondes
chanson 2	0 minute 34 secondes
chanson 3	1 minute 4 secondes
chanson 4	1 minute 16 secondes
chanson 5	0 minute 40 secondes

- (M) « Quelle est celle qui a duré le plus longtemps ? »
- (E) « C'est le 5 ».

Nous rencontrons ici un problème de numération que nous n'avions pas connu au moment des comparaisons des durées de la même chanson aux trois vitesses du tourne-disque, car nous avions obtenu :

33 tours — 3 minutes 4 secondes,
45 tours — 2 minutes 16 secondes,

(5) D'autres travaux sont en cours sur cette question très importante pour la liaison avec les mathématiques.

78 tours — 1 minute 20 secondes,
et les enfants avaient alors comparé les minutes.

A propos du tableau précédent, un enfant fait remarquer :

- « Il y en a deux à 1 minute 16 secondes, ça ne peut pas aller ».
- « C'est égal, ça ».
- (M) « Quelle est la chanson qui a duré le moins longtemps ? »
- « C'est pas facile ».

Un petit groupe d'enfants arrive à classer les chansons dans l'ordre de durées croissantes mais la majorité ne suit pas. Si les résultats sont convertis en secondes, les enfants ne se trompent plus.

— La conservation du volume étant acquise, un problème subsiste : comment les enfants perçoivent-ils l'égalité de deux volumes, volume d'eau contenu dans une bouteille pleine de un litre et volume intérieur de cette bouteille.

— Problème de correspondance entre l'unité de volume : le m^3 (base 1 000) et celle de capacité : le l (base 10).

2.4. Mesures indirectes et grandeurs dérivées.

2.4.1. DIFFICULTÉS D'ORDRE CONCEPTUEL.

2.4.1.1. Définition de certaines grandeurs (vitesse, masse volumique).

Exemple H :

Les enfants du cycle élémentaire conçoivent facilement que l'élève le plus rapide de la classe est :

- celui qui met le moins de temps pour parcourir une distance donnée ;
- celui qui, dans une course départ aligné, franchit la ligne d'arrivée le premier.

Nous verrons, plus loin, que la démarche est longue pour les amener à prendre conscience que la détermination de la vitesse de déplacement d'un mobile nécessite en général le mesurage de deux grandeurs distinctes : une longueur et un temps et qu'en effectuant le quotient :

nombre correspondant à la distance parcourue

nombre correspondant à la durée du parcours

ils obtiennent la vitesse moyenne du mobile. L'observation, lors d'une sortie familiale ou scolaire, du compteur de vitesse de la

voiture ou du car, aide les enfants à constater que la vitesse n'est pas toujours constante et qu'elle peut varier dans le temps.

- (M) « Est-ce fréquent de rouler à vitesse constante dans la vie habituelle ? »
- « Oui ».
- « Non, non » (les « non » dominant largement).
- « Oui sur une autoroute, mais autrement on ralentit dans les virages et aux carrefours ».
- « Oui, quand il faut rouler à 90 ! »
- (M) « Dans la réalité, ton papa roule-t-il à vitesse constante ? »
- « Non... non, pas tout le temps ».

La notion de masse volumique d'un solide ou d'un liquide homogène se pose aux élèves de cours moyen à l'occasion :

- de l'observation de la superposition de deux liquides non miscibles,
- de l'observation du comportement dans l'eau de solides pleins et insolubles.

Les enfants se contentent de traduire ces situations par des phrases telles que :

- « L'huile est plus légère que l'eau, le fer est plus lourd que le bois ».

Pour avoir une signification réelle, ces phrases devraient être accompagnées de la précision suivante : à volume égal.

L'approche de la notion de masse volumique nécessitant le mesurage de la masse du corps d'une part, du volume de matière homogène le constituant d'autre part, nous paraît trop difficile en ce qui concerne les solides mais abordable pour les liquides (6).

2.4.1.2. Unités de mesure.

Dans l'expression orale d'une vitesse, les enfants indiquent avant tout la valeur de la distance parcourue, bien que l'unité de longueur ne soit pas toujours exprimée : « Il roule à 100 à l'heure », « Il ne faut pas dépasser le 90 ». L'unité de temps, en l'occurrence, l'heure passe le plus souvent inaperçue des élèves.

L'unité S.I. de vitesse, le m/s, est étrangère aux enfants et n'a point d'appui dans la réalité quotidienne.

(6) Il n'est pas fait de distinction entre masse volumique et poids volumique à l'école élémentaire ; avec les enfants, l'expression poids volumique paraît préférable. Dans les expériences citées (superposition), il s'agit d'ailleurs dans un premier temps de comparaisons de densités pour aboutir à des relations d'ordre, puis d'une analyse en terme de « poids » à volume égal (poids volumique comme grandeur première).

Aucun ordre de grandeur ne peut leur servir de repère.

C'est pourquoi il nous paraît intéressant d'habituer les élèves de C.M. 2 à changer de systèmes d'unités.

$$60 \text{ km/h} \longrightarrow 1 \text{ km/mn}$$

$$72 \text{ km/h} \longrightarrow 1,2 \text{ km/mn} \longrightarrow 20 \text{ m/s}$$

$$1\,188 \text{ km/h} \longrightarrow 19,8 \text{ km/mn} \longrightarrow 330 \text{ m/s}$$

(vitesse de propagation du son dans l'air à 0°C).

2.4.2. DIFFICULTÉS D'ORDRE OPÉRATOIRE.

Souvent, dans la pratique, certaines grandeurs telles que longueur, masse, aire, devront être mesurées de façon indirecte. Voici quelques exemples de recherche de méthodes permettant le mesurage de grandeurs inaccessibles avec instruments de mesure usuels.

Exemple L :

Les élèves d'un C.E. 1 de Douai qui ont assisté à une séance de tournage du film « Les enfants de Gayant » se sont trouvés confrontés au problème de la :

DETERMINATION DE LA HAUTEUR DU GEANT.

Un enfant dit qu'il fait 100 m, un autre propose 10 m.

- (M) « Comment faire pour savoir la hauteur de M. Gayant ? »

Les enfants proposent différentes solutions :

- « Aller encore le voir, mais on ne pourra pas prendre un mètre parce qu'on n'est pas aussi haut que lui ».
- « Monter dans une maison jusqu'au premier étage ».
- « On découpe un grand bout de papier et l'on marque 1, 2, 3... et on collerait sur le mur ».
- « On le met couché et on regarde combien il fait, mais ça va salir ses vêtements ».
- « En mesurant ses habits, on pourrait savoir combien il mesure mais il faut sa tête aussi ».

Les enfants ne pensent pas à l'utilisation possible de documents pour trouver la réponse. Ils ne proposent que des moyens liés à l'expérimentation.

Les élèves et la maîtresse repèrent où arrive le haut du chapeau de M. Gayant par rapport à la façade d'une maison. Ils estiment qu'il est aussi haut que le bord inférieur de la fenêtre du 2^e étage (cette estimation introduit naturellement une erreur de parallaxe).

Une élève, Martine, monte au 2^e étage de la maison, après en avoir demandé l'autorisation. Elle déroule une ficelle. La maîtresse, accompagnée d'une autre élève, tendent la ficelle contre le sol. Martine coupe alors la ficelle qui va servir à déterminer la hauteur du géant.

La longueur de la ficelle sera ensuite mesurée.

Exemple C :

Les élèves d'un C.M.2 de Colmar ont entrepris de réaliser le plan d'une :

MAISON ALSACIENNE

voisine afin d'en effectuer la maquette.

Après avoir représenté sur leur plan le « mur en béton » et la première rangée de poutres, se pose à eux un sérieux problème : les étages supérieurs et le pignon sont inaccessibles à la mesure directe. Ils avancent alors plusieurs solutions :

- « Il faut prendre un escabeau » (très vite, ce moyen se révèle insuffisant).

- « Il faut prendre une échelle » (après essai, la classe prend conscience des inconvénients, voire des dangers, ainsi que des limites de ce moyen, vite abandonné).

- « Il faut demander le plan au propriétaire » (ce plan s'avère introuvable).

Aucune de ces propositions ne permettant de résoudre le problème posé, les enfants se tournent vers le maître :

- (M) « Qu'est-ce qui pourrait éventuellement remplacer le plan ? »
- (Cendrine) « On pourrait faire une photo ».

Cette solution est retenue par la classe qui dispose d'« Instamatics 155 ».

La classe se rend sur place. L'élève désigné pour la prise de vue se place le plus loin possible de la façade et dans son axe médian (directive du maître afin de limiter les effets de perspective et photographie la maison alsacienne).

Après développement et tirage, chaque équipe reçoit une épreuve :

- (M) « Comment pouvons-nous utiliser ces photos pour continuer le tracé du plan de la maison ».
- (Agnès) « Nous mesurons sur la photo et nous reportons sur le plan tout simplement ».

- (Sunil) « Ce n'est pas possible. Regarde, la largeur du magasin sur le plan est 280 mm et sur la photo elle est de 58 mm. Ça ne va pas aller comme ça ».
- (Sunecta) « Il faut trouver combien de fois la photo est plus petite que la réalité ».

Les différentes équipes s'engagent sur cette piste et communiquent leurs résultats au groupe classe.

- Nous avons mesuré la largeur du magasin sur la photo. Nous avons trouvé 58 mm. Puis nous avons mesuré la largeur réelle du magasin. Nous avons trouvé 5 600 mm. Puis nous avons fait la division : 5 600 par 58 et nous avons trouvé 96. La maison de la photo est donc « 96 fois plus petite » que la réalité ».

Les élèves ont réalisé ensuite un travail fort intéressant du point de vue méthodologique, à savoir :

- vérifier si, en multipliant par 96 les dimensions mesurées sur la photo, ils retrouvaient bien les dimensions réelles.

	sur la photo	calculée	mesurée	différé
Largeur de la vitrine	26 mm	$26 \times 96 = 2\,496$	2 530	34
Hauteur de la vitrine	18 mm	$18 \times 96 = 1\,728$	1 740	12

La classe juge ces différences normales et partant, acceptables.

Dans ces deux exemples de types différents, les élèves ont adopté la même démarche :

- inventaire des procédés possibles,
- choix du mieux adapté,
- réalisation pratique et critique de la méthode par les élèves de C.M.

Le mesurage des aires de surfaces planes de contreplaqué ou de carton, estimés homogènes et d'épaisseur constante, par pesée ainsi que le mesurage du volume de corps insolubles par déplacement de liquide dans une éprouvette graduée, constituent des exercices intéressants conduisant à des mesures indirectes.

CONCLUSIONS

Au terme de ce tour d'horizon bien incomplet et parfois superficiel, nous pensons avoir fait ressortir que le mesurage ne saurait être absent des activités d'éveil. C'est d'ailleurs une des raisons qui permettent d'affirmer qu'elles réalisent une véritable initiation aux sciences physiques.

Nous souhaiterions que ce travail donne l'occasion aux collègues d'Ecoles Normales d'approfondir ces questions et ceux des Collèges de tenir compte des acquis éventuels, comme des difficultés manifestées par les enfants.

Juin 1981.

EXEMPLES CITES

A	Qui a le plus de souffle ?	C.P.	Ecole annexe Dax	M. LALANNE, P.E.N.
B	Qui est le plus adroit ?	C.P.	Ecole annexe Dax	M. LALANNE, P.E.N.
C	La construction d'une maison alsacienne.	C.M.	Ecole d'applic. J.-J. Rousseau, Colmar	M. GENSLING, P.E.N. MM. SIMMENDENGER, TENNE, C.P.E.N.
D	La cuisson des œufs à la coque.	C.E. ₁	Ecole d'application Rodez	M. CANAL, P.E.N. M ^{me} LONGUET, MM. MAZARS, TILLET, C.P.E.N.
E	Le projecteur de diapositives.	C.M.	Ec. annexe Orléans	M. SOUESME, P.E.N. M. MICHEL, C.P.E.N.
F	Le poids apparent.	C.M.	Circonscription de Chateaulin	M. MORISSET, I.D.E.N. M ^{me} MILLOUR, C.P.A.I.D.E.N.
G	Les marées.	C.M.	Circonscription de Chateaulin	M. MORISSET, I.D.E.N. M ^{me} MILLOUR, C.P.A.I.D.E.N.
H	La vitesse de déplacement.	C.M. ₂	Ec. annexe Quimper	M ^{me} BEULZE, P.E.N. MM. POINSON, PRISCHAUX, C.P.E.N.
I	La dureté des matériaux.	6 ^e - 5 ^e B ₂	C.E.S. Al.-Fournier Clamart	M. MARTINAND, I.N.R.P. M ^{mes} SCHOTT, CHOMAT, professeurs
J	Le périmètre d'une roue.	C.M. ₁	Ecole d'application Rodez	M. CANAL, P.E.N. MM. MAZARS, SEGOND, C.P.E.N.

K	La fabrication des crêpes.	C.M.	Ecole annexe filles Aix-en-Provence	M. HOR, P.E.N. M ^{me} GIROD, C.P.E.N.
L	Le géant « Gayant ».	C.E. ₁	Ecole annexe filles Douai	M ^{me} FONTAINE, P.E.N. M ^{lle} REGNAULT, C.P.E.N.
M	Comparer des objets avec une balance.	C.E. ₂	Ecole annexe filles Aix-en-Provence	MM. BOTTIN et HOR, P.E.N. M ^{me} FOUQUE, C.P.E.N.
N	La croissance d'une plante.	C.E. ₂	Ec. annexe Mâcon	M. et M ^{me} VAUTREY, P.E.N. M. CLEAU, C.P.E.N.
O	La dilatation d'une pièce de monnaie.	C.M. ₂	Ecole d'application Mâcon	M. et M ^{me} VAUTREY, P.E.N. M. PERRIN, C.P.E.N.
P	La mesure des durées.	C.E. ₁	Ecole d'application Blancs - Mouchons E.N.F. Douai	M ^{me} FONTAINE, P.E.N. M ^{me} DAYEZ, C.P.E.N.

I.D.E.N., Inspecteur départemental Education nationale,

C.P.A.I.D.E.N., Conseillers pédagogiques auprès des inspecteurs départementaux de l'Education nationale,

P.E.N., Professeur école normale,

C.P.E.N., Conseiller pédagogique école normale.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Techniques de l'ingénieur : mesures - généralités I et II, 1973 :

Mesures : principes et notions de base. — F. RUSSO. R. 130, 21 p.

Terminologie. — M. BASSIÈRE, E. GAIGNELET. R. 160, 14 + 2 p.

Méthodes de mesure. — J. OHSMAN. R. 170, 11 p.

Qualités métrologiques et mise en œuvre des instruments de mesure. — A. DEFIX. R. 520, 10 p.

Dépouillement et exploitation des résultats de mesure. R. 620, 14 p.

Métrologie générale. — M. DENIS-PAPIN, J. CASTELLAN. T. 1 et 2. Dunod, 1970, 197 p. - 200 p.

Métrologie appliquée. — M. DENIS-PAPIN, A. FOUILLÉ. Dunod, 1966, 303 p.

La précision instrumentale d'ordre scientifique. — M. LACHENAUD. Masson, 1970, 194 p.

Métrologie année 100. — Revue du Palais de la Découverte. Numéro spécial, 5 juin 1975, 147 p.

Les mesures physiques. — A. PÉRARD et J. TERRIEN. P.U.F. (Q.S.J.). 1972, 128 p.

Recherches pédagogiques. I.N.R.P. :

N° 62 : *Objectifs, méthodes et moyens.*

N° 74 : *Initiation physique et technologique.*

N° 108 : *Démarches pédagogiques en physique et technologie.*

Questions d'enfants et activités d'éveil à orientation scientifique. — P. MORISSET. I.N.R.P., s. d., 117 p.
