

DANS LA MÊME COLLECTION :

- I. *Logique et jeux logiques*
- II. *Ensembles, nombres et puissances*

À PARAÎTRE :

- Les fractions* (avec fiches de travail)
- La géométrie des transformations* (avec fiches de travail)
- Algèbre linéaire* (avec fiches de travail)

Les premiers pas en mathématique

III

EXPLORATION DE L'ESPACE ET PRATIQUE DE LA MESURE

par

Z. P. DIENES et E. W. GOLDING

O. C. D. L.

65, RUE CLAUDE-BERNARD - PARIS 5^e

Le texte original de cette initiation à la mathématique a été publié sous le titre *First years in mathematics: Exploration of space and practical measurement*, par O. C. D. L. pour ESA Harlow (Essex), Grande-Bretagne, et Herder and Herder, New York. Le texte anglais a été traduit et adapté par J. Confida.

Première partie

L'EXPLORATION DE L'ESPACE

I. IDÉES FONDAMENTALES

La géométrie est l'exploration de l'espace. Un enfant, dès sa naissance, explore l'espace. D'abord, il le regarde, puis il y étend ses membres, à la découverte, puis il s'y déplace. Il lui faut un temps assez long pour développer les idées de perspective, de distance, de profondeur, des notions comme celles de *dedans* et *dehors*, *devant* et *derrière*, *avant* et *après*, et ainsi de suite. Quand l'enfant arrive à l'école, certains de ces développements sont déjà en bonne voie : il faut les encourager et les étendre en multipliant les expériences offertes aux enfants. Mais auparavant la maîtresse devra s'efforcer de découvrir le point auquel chaque enfant, pris individuellement, est parvenu, les concepts qui se sont déjà formés. Il se trouve, par bonheur, que ce sont les leçons mêmes destinées à aider l'enseignant dans cette découverte qui peuvent être utilisées pour aider les enfants les moins expérimentés dans leur formation conceptuelle. En tout cas, rappelons-nous toujours que les concepts ne s'enseignent pas – tout ce qu'on peut faire, c'est de créer, de présenter les situations et les expériences qui aideront les enfants à les former. A l'école maternelle, c'est surtout à la formation des concepts qu'il faut consacrer l'enseignement, bien plus qu'à l'acquisition des faits.

Les toutes premières notions de géométrie n'ont rien à voir avec la mesure. Un enfant se soucie fort peu de la distance exacte des objets, ou de leurs déplacements, ou de l'angle sous lequel les choses se voient. Tout cela, il le remarque, en quelque sorte, implicitement. Ce qui l'intéresse surtout, c'est de se procurer les choses – de se déplacer dans l'espace pour faire ce qu'il désire. Ce qui compte, c'est que s'il y a certaines choses, par exemple des bonbons, dans une boîte, il faut ouvrir cette boîte pour pouvoir les prendre. C'est donc une découverte importante pour lui qu'il y ait des boîtes ouvertes et d'autres qui ont un couvercle. Les portes sont parfois ouvertes, parfois fermées, et il s'aperçoit qu'il ne peut ni entrer dans une pièce ni en sortir autrement que par une porte – ou une fenêtre – ouverte. Aussi l'idée de « trou », de « passage » est-elle de celles qui comptent!

Parmi les autres idées du même ordre, il y a celle de l'envers des choses. Même tout bébé, on le voit s'intéresser à ce qu'il y a de l'autre côté de la porte ouverte et, plus tard, quand il a fini de dessiner d'un

Tous droits de reproduction et de traduction réservés pour tous pays y compris l'U. R. S. S.

© O. C. D. L., Paris, 1966

côté de la feuille, il découvre qu'on peut la retourner et dessiner de l'autre côté aussi. De même, il s'intéresse au dedans et au dehors, aux trous, à l'avant et à l'arrière; et ainsi de suite. C'est par ces notions, qu'on qualifie en géométrie de « topologiques », qu'il faut débiter ici.

2. TOPOLOGIE

La topologie est l'étude des propriétés de l'espace qui ne sont pas affectées par une déformation continue. Par conséquent, si on veut rester dans le cadre de la topologie, on a le droit d'incurver ou de distendre les frontières, ou d'en changer la forme à volonté, mais on ne peut ni les déchirer ni les casser, ni faire un trou dans la surface.

Considérons, par exemple, un ballon gonflé - on peut le gonfler davantage ou laisser échapper de l'air. Ce faisant, on demeure dans les limites de la topologie. Tant que le trou demeure fermé, c'est encore un ballon avec de l'air dedans, et on peut s'en servir, tel qu'il est, pour jouer. Mais à partir du moment où on fait un trou dedans, même en desserrant la ficelle et en laissant l'air sortir, ce n'est plus un ballon - tout au moins pas un de ceux qu'on peut lancer en l'air pour jouer. Si on le gonfle mais qu'on n'attache pas la ficelle, il se propulse tout seul, par réaction. C'est un jeu très amusant pour les enfants, sinon pour les parents, qui trouvent que ce n'est pas sérieux, car il montre la différence qu'il y a entre une chose sans trou et la même avec un trou. La différence est importante : quand le ballon a un trou, c'est un avion à réaction ; quand il n'en a pas, c'est un simple ballon.

Une autre idée très importante au point de vue topologique, c'est celle de *frontière*. Quand un enfant a joué dans un jardin entouré d'une barrière, il sait qu'il ne peut pas en sortir sans passer par-dessus la barrière. C'est une expérience assez différente de celle qu'on acquiert dans une pièce munie d'une porte. On peut grimper par-dessus la barrière, sans même avoir à ouvrir le portillon, et se trouver dehors, alors que c'est impossible dans une chambre, car on ne peut passer ni par-dessus les murs ni par-dessus la porte.

La clôture du jardin, c'est une frontière enfermant un espace à deux dimensions, c'est-à-dire une surface, alors que les murs, le plancher, le plafond, la porte et la fenêtre sont les frontières d'un espace à trois dimensions. Les frontières d'un espace à trois dimensions sont elles-mêmes à deux dimensions : les parois, les sols, sont des surfaces planes (à deux dimensions), et pour enclore un espace à trois dimensions (volume), il faut des espaces à deux dimensions (surfaces). Mais pour enclore un espace à deux dimensions, comme le jardin, il suffit d'un espace à une seule dimension (par exemple, ce peut être une ligne plus ou moins courbe, tracée tout autour pour indiquer où ce jardin finit et où commencent les jardins voisins). Même s'il n'y a pas de clôture, il y a une frontière, et l'enfant sait bien, si on le lui a dit, qu'il est défendu de la franchir pour aller chez le voisin sans demander

la permission. Dans le jardin, il peut aller en avant, en arrière, de côté, etc., mais il ne peut pas flotter en l'air. Une fois qu'il serait en l'air, il ne serait plus dans le jardin.

Dans la chambre, par contre, il pourrait grimper, voire flotter en l'air, il serait encore dans la chambre. Pour sortir de la chambre, il lui faudrait passer à travers le mur, ou le plafond, ou par le trou constitué par la porte ou la fenêtre. Il y a une grande différence entre l'espace constitué par une chambre et celui que forme un jardin, et il y a une non moins grande différence entre les frontières de ces deux espaces.

On peut jouer à quelques jeux intéressants avec les frontières. Supposons qu'on ait affaire à un espace à deux dimensions : un jardin, une cour ; faisons comme s'il était tellement grand qu'on ne puisse en voir les frontières dans aucune direction, et traçons-lui des frontières de notre cru. Par exemple, disposons au hasard sur le sol un certain nombre de cerceaux de diamètres variés, en nous arrangeant pour qu'ils ne se touchent pas. On peut mettre certains petits cerceaux dans les grands. Puis, on dit aux enfants de se répartir comme ils l'entendent, certains en dehors de tout cerceau, d'autres dans un cerceau isolé, d'autres entre un petit et un grand cerceau. On demande alors à la classe s'il est possible, pour Pierre par exemple, d'aller voir Françoise sans traverser aucune « frontière ». Il faut refaire l'exercice plusieurs fois, avec des enfants différents : parfois c'est possible, parfois ce ne l'est pas.

La maîtresse suggérera, par exemple, que si on peut aller d'une partie de la pièce dans une autre sans passer par-dessus aucune frontière, c'est peut-être que les deux parties sont dans le même domaine. Si ce n'est pas possible, par contre, c'est que ces deux parties ne sont pas dans le même domaine. On peut d'ailleurs se demander combien il y a de domaines dans la pièce. Certains de ces domaines sont à l'intérieur des cerceaux, d'autres ne le sont pas. Certains « domaines » seront de forme circulaire. C'est ce qui se produira pour les domaines situés à l'extérieur d'un petit cerceau mais à l'intérieur d'un grand (quand ils ne se touchent pas). Les enfants ne tarderont pas, en présence d'un nombre de cerceaux quelconque posés à terre, à voir combien de domaines se trouvent déterminés sur le sol de la classe. Pour leur faciliter la compréhension, surtout aux plus lents, on peut, sur une feuille de papier, dessiner la classe, avec les cerceaux, et teinter de couleurs différentes les divers domaines.

Dès que ce qui précède est bien établi, et après avoir, peut-être, inscrit au tableau le nombre de « domaines », on peut jouer au jeu suivant. Tout point de la circonférence d'un cerceau est un point d'une frontière. On prend, donc, un point d'une frontière et, à partir de ce point, on commence à construire une autre frontière, soit avec des cailloux, soit en traçant une ligne à la craie, jusqu'à ce qu'on ait rejoint un autre point quelconque de la même frontière ou d'une autre frontière. Après quoi, on demande aux enfants s'ils peuvent faire la même promenade qu'avant, sans franchir aucune frontière. La réponse sera peut-être qu'on ne peut plus la faire, parce qu'il faut maintenant

traverser la nouvelle frontière mais, peut-être aussi, qu'on peut quand même atteindre le même point de destination par un autre itinéraire, qui évite de la traverser. S'il en est ainsi dans tous les cas, les enfants verront qu'il n'a été créé aucun domaine supplémentaire, et qu'on peut très bien ajouter des frontières sans ajouter des domaines. Cela fait, on peut demander aux enfants s'il y a moyen d'ajouter encore des frontières, toujours sans augmenter le nombre des domaines. Si on a commencé avec un nombre de domaines assez important, il faudra peut-être un certain temps avant de se heurter à une impossibilité. Comme les enfants avaient commencé avec l'idée qu'on pouvait sans cesse en ajouter, c'est avec une certaine surprise qu'ils se heurteront à l'obstacle. Certains enfants continueront, d'ailleurs, à essayer, et il faut les laisser faire ; qu'ils tracent des lignes de plus en plus compliquées, contournant en spirales les frontières déjà posées, ne s'apercevant pas que leurs tentatives sont vaines ; il viendra cependant un moment où, à force d'essayer sans résultat, ils acquerront la conviction que c'est impossible. Quant aux maîtres, nous leur laissons découvrir eux-mêmes les lois mathématiques qui régissent cette situation : nombre de domaines créés par un nombre donné de cerceaux, nombre de frontières supplémentaires qui peuvent, dans chaque cas, être tracées sans augmenter le nombre des domaines, etc. ; cela ne saurait en rien concerner les enfants, auxquels on ne peut pas demander de telles recherches à cet âge. Pour eux, il ne s'agit que d'un jeu avec les espaces, destiné à les faire réfléchir.

On peut aussi leur proposer une sorte de « puzzle ». La plupart des enfants ont déjà vu des jeux de patience de ce genre, où l'on assemble des pièces de formes et de couleurs différentes. Le résultat ressemble assez à la carte en couleurs de la France par départements. On dit d'abord aux enfants de dessiner une « carte » de ce genre, de n'importe quelle forme, avec plusieurs couleurs. Puis on leur propose de recommencer, mais seulement avec six couleurs, en leur recommandant de s'arranger pour qu'il n'y ait jamais, côte à côte, deux « pays » de la même couleur « pour qu'on ne puisse pas se tromper ». Enfin, dernier jeu, on leur demande de recommencer en employant le moins possible de couleurs différentes. Peu importe quelles formes ils choisiront, pourvu qu'il y ait au moins cinq divisions (et, en fait, il y en aura bien davantage!).

On peut toujours (dans l'état actuel de nos connaissances) atteindre ce résultat avec quatre couleurs, mais on n'a pas encore réussi à le démontrer. Personne n'est encore parvenu à réaliser un assemblage de ce genre nécessitant plus de quatre couleurs et il n'a pourtant jamais été établi que ce nombre fût suffisant. C'est un problème mathématique demeuré jusqu'à ce jour sans solution.

On incitera ensuite les enfants à faire d'autres dessins nécessitant encore moins de couleurs – deux, puis trois, puis quatre, en compliquant les tracés. Si les enfants croient avoir besoin de cinq ou six couleurs, on les invitera à reconsidérer leur choix, et l'ordre dans lequel elles ont été mises, jusqu'à ce qu'ils aboutissent à quatre.

Ainsi, nos jeunes enfants se sont intéressés à ce que nous avons appelé les propriétés « topologiques » de l'espace, aux frontières, aux « portes », aux espaces et aux « domaines », sans attention spéciale à la mesure. Vous trouverez ci-dessous, p. 21, d'autres jeux destinés à favoriser le développement de ces concepts. Il est à remarquer qu'ils aboutissent, progressivement, à la mesure, mais pas tout de suite. A noter, aussi, qu'on fait tracer aux enfants des lignes et des formes, des frontières et d'autres objets intéressants mais qu'à ce stade, il est vivement conseillé d'exécuter toutes ces opérations sur le sol, afin que les enfants puissent les contourner, les parcourir ou les franchir à pied. Ils ne sont pas encore mentalement préparés aux dessins géométriques de petit format réalisés sur une feuille de papier, et il ne faut pas les leur demander trop tôt.

3. EMPLOI DES TRANSFORMATIONS EN GÉOMÉTRIE

Cette étape du développement comporte l'introduction des transformations géométriques organisées autour des notions de *symétrie* et de *rotation*. Soulignons qu'il y faut action et attention, mais soulignons aussi et surtout qu'il n'est pas dans notre propos d'en faire le véhicule d'une théorie quelconque, qui ne serait pas du niveau des enfants. La première série de jeux sera composée de jeux de « pivotement » et intéresse la symétrie.

3.1 Jeux de « pivotement ». Transformations symétriques

Si on prend entre ses doigts une forme symétrique simple et si on la fait « pivoter », c'est-à-dire tourner autour de son axe de symétrie, on voit que cette transformation « transporte » chacun des points de la figure en une nouvelle position, bien que la forme, en soi, occupe le même emplacement de l'espace. C'est vrai de tous les points qui ne sont pas situés sur l'axe de symétrie, ces derniers ne changeant pas de place. Bien entendu, il n'est pas question pour les enfants, à cet âge, d'apprendre ce que sont les axes de symétrie d'une figure quelconque ; les maîtres, eux, savent bien que tout rectangle a deux axes de ce genre, tout triangle équilatéral trois, tout carré quatre et tout cercle une infinité d'axes de symétrie. Pour ajouter de la variété au jeu, on peut d'ailleurs recourir à des formes autres que ces figures géométriques simples, par exemple à un trèfle au lieu d'un triangle, et ainsi de suite.

A partir de ces éléments, on peut organiser quelques jeux très intéressants pour les enfants. Par exemple, on peut commencer avec un 8, forme qui, comme le rectangle, comporte 2 axes de symétrie. On trace à la craie, sur le sol, une sorte de marelle en forme de 8 et on y représente les deux axes, l'axe vertical par une ligne verte, l'axe

horizontal par une ligne rouge. On prend, d'autre part, une plaque de bois de forme semblable, sur laquelle on marque également les axes de symétrie, mais sans les colorier. Cinq enfants participent à ce jeu. Le premier, que nous appellerons, si vous voulez, le meneur de jeu, se tient au centre du huit, la plaque à la main. Chacun des quatre autres occupe, comme aux « quatre coins », un des secteurs de la marelle en huit, qu'il considérera comme son camp, sa base. Ses initiales y seront indiquées, sur le sol, à la craie. On porte les mêmes marques sur la plaque, au recto et au verso. Le jeu peut commencer.

La première partie a pour but de montrer aux enfants que s'ils étaient effectivement « dans leur camp » sur la plaque de bois, ils se trouveraient amenés à une nouvelle position quand on la fait tourner. Voir dans l'espace n'est pas toujours aisé, surtout pour certains enfants un peu lents, et on peut les y aider en faisant, dans la plaque, un petit trou par base ou camp, dans lequel on passe une ficelle. Quand on bascule la plaque, chaque enfant suit (avec un peu de difficulté) sa ficelle et trouve sa nouvelle place. En tout cas, les enfants admettent assez facilement qu'un pivotement les fasse changer de place.

Le second jeu consiste à faire deviner aux enfants leur point d'arrivée selon ce que le meneur de jeu annonce. Par exemple, il dit : « Je tourne vert » (ce qui veut dire qu'il fait pivoter la plaque autour de l'axe vert), il exécute rapidement le mouvement de pivotement, mais revient aussitôt à la position d'origine. Les camarades quittent alors leur camp pour gagner le coin qu'ils croient être le leur. Le meneur de jeu exécute alors de nouveau le pivotement et pose la plaque à terre. On peut alors y lire les noms (ou les initiales) et chacun peut voir s'il a deviné correctement. On recommence en tournant autour de l'axe rouge ou, encore, avec d'autres formes et d'autres pivotements.

Comme variante, on peut demander : « Comment arriver là ? » Le meneur de jeu dit à chacun où il doit aller et les autres doivent deviner quel est le pivotement nécessaire. Plus tard, on peut recourir à des figures plus complexes, mais il est préférable de s'assurer d'abord que les enfants ont bien compris les figures simples.

Un quatrième jeu consiste à se demander comment on retournera au camp en un seul pivotement, à partir de n'importe quelle position autre que celle d'origine. Au bout d'un certain temps, on peut lier tout cela à l'un ou l'autre des jeux précédents, et jouer le tout en partie double. Autrement dit, le meneur de jeu commence en disant : « Je vais tourner rouge » et les autres devinent où ils vont se trouver alors. Puis le meneur demande : « Comment faut-il tourner pour vous ramener à la maison ? » et la réponse est, évidemment : « Rouge. » Ou encore, le meneur dit : « Toi, tu vas être là, toi ici, toi là, toi là quand j'aurai tourné. Comment faut-il que je tourne ? » et les camarades devinent. Ensuite, ils exécutent réellement le mouvement, et si c'est faux ils retournent à leur place et recommencent. Quand ils ont deviné juste et qu'ils ont gagné la nouvelle position, le meneur de jeu

demande : « Comment faut-il que je tourne pour vous ramener au camp ? » et la réponse sera, bien entendu, que c'est le même pivotement, encore une fois.

On peut aussi jouer en associant deux pivotements, par exemple un rouge et un vert. Où seront alors les joueurs ? C'est beaucoup plus difficile et, pour commencer, il faut prendre les deux pivotements séparément et amener les enfants à bien voir leur nouvelle position. Il ne leur faut pas longtemps, toutefois, pour découvrir ce qu'elle sera au bout de deux pivotements successifs. Puis on inverse l'ordre de ceux-ci : le vert d'abord, le rouge ensuite. Là encore, les enfants doivent deviner leur nouvelle position.

La sixième sorte de jeu consiste, après avoir exécuté deux pivotements successifs, à demander aux enfants comment ils peuvent revenir à leur base en un seul mouvement. C'est difficile, car pour revenir au camp, il faut faire exécuter à la plaque une rotation d'un demi-tour dans son plan, sans pivotement autour d'un axe, et il faut parfois toute une leçon aux enfants pour le découvrir. Aussi ne faut-il pas vouloir aller trop vite.

Chacun de ces jeux peut – et devrait – être joué à nouveau avec des figures plus difficiles, ayant plus de deux axes de symétrie. Il n'est pas question, naturellement, que les enfants retiennent les solutions par cœur. Il s'agit seulement pour eux d'élaborer dans chaque cas la réponse par leur propre effort mental.

3.2 Jeux de rotation

Ces jeux sont de structure analogue, avec le même genre de « marelle » sur le sol, la même manière de marquer les camps, le même nombre d'enfants – un par base – et un meneur de jeu qui fait tourner la plaque dans son propre plan au lieu de la faire pivoter autour d'un axe de symétrie. On pose la plaque de bois au centre, sur le sol, et on la fait tourner de quatre manières : un tour, un demi-tour, un quart de tour à droite, un quart de tour à gauche. On peut, par exemple, prendre comme forme celle d'un trèfle à quatre feuilles, avec quatre axes de symétrie et huit sections, marquées chacune du nom de l'enfant dont elle est la base.

Le premier jeu sert à familiariser les enfants avec les différents mouvements possibles et avec leur exécution. Pour commencer, chaque enfant peut tenir la partie de la plaque correspondant à sa base, et suivre le mouvement quand le meneur de jeu la fait tourner. En principe, certains jeux antérieurs devraient leur avoir appris la différence entre « tourner à droite » et « tourner à gauche », mais il y a des petits pour qui c'est encore difficile pendant un certain temps.

Cette préparation achevée, on peut introduire des jeux suivant la progression exposée plus haut. Le meneur de jeu, ou « tourneur » dit : « Je vais faire un demi-tour. Où serez-vous ? » Il tourne rapidement la plaque d'un demi-tour et la ramène. Les autres changent

ensuite de position, puis le tourneur pose la plaque à terre, la tourne effectivement, et on contrôle. Si les enfants ont mal deviné, ils retournent à leur place et on recommence.

Dans le jeu suivant, le tourneur dit : « Quand j'aurai tourné ma plaque, vous serez là. Comment est-ce que je vais la tourner ? » Chacun se place, puis essaie de deviner comment la plaque va tourner.

Puis le meneur tourne la plaque et on vérifie.

Après quoi, un autre jeu consiste à deviner par quel mouvement on reviendra au point de départ après un mouvement antérieur. Ainsi, après un déplacement provoqué par « un quart de tour à droite », il faut, évidemment, pour revenir en position d'origine, « un quart de tour à gauche », et ainsi de suite.

Dans le jeu suivant, on combine deux rotations. Par exemple, le tourneur dit : « Je vais faire un demi-tour, puis un quart de tour à droite. Où serez-vous ? » Les enfants se placent, on vérifie, et la question suivante peut être : « Et maintenant, qu'est-ce qu'il faut faire pour revenir au camp ? » La réponse est, évidemment : « Un quart de tour à droite. »

3.3 Jeux combinés

Il y a, naturellement, des chances pour que les enfants aient envie de combiner jeux de pivotement et jeux de rotation ; il faut les laisser faire, car cela maintient les esprits en état d'alerte. Par exemple, les joueurs quittent leur base par deux pivotements successifs et y reviennent par une rotation. Quand on permet, quand on encourage même les enfants à inventer des jeux, ils le font avec grand plaisir et souvent, pour notre part, nous avons vu réussir l'introduction simultanée de pivotements et de rotations.

3.4 Jeux de poursuite

Les jeux de poursuite peuvent se jouer avec les pivotements comme avec les rotations. Le « lapin » annonce au « chasseur » les deux mouvements qu'il va faire (par exemple un « pivotement vert » suivi d'un « pivotement rouge ») et occupe la position qui en résulte. Le « chasseur » est tenu de le rattraper, c'est-à-dire de gagner la même position, grâce à une seule transformation, qui pourra être un pivotement ou une rotation selon ce qu'il est autorisé à faire. Quant au « lapin », il faut qu'il soit capable de revenir à sa base en un seul mouvement, qui sera, naturellement, le mouvement inverse de celui du chasseur si les deux joueurs sont partis de la même base.

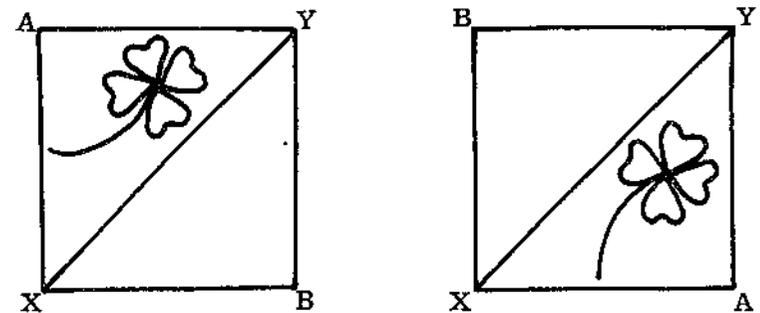
Supposons qu'on joue à la poursuite uniquement avec des rotations. Le tourneur se tient au centre de la marelle et les deux joueurs attendent dans le même secteur. Le « lapin » dit : « Je vais faire un quart de tour à droite, puis un demi-tour », et il le fait. Le « chasseur »

dit : « Je vais te rattraper par un quart de tour à gauche », ce qui est la bonne solution, comme le montrent le tourneur en tournant sa plaque et le chasseur en rejoignant le lapin. Pour retourner à la maison en un seul mouvement, le lapin doit faire l'inverse du mouvement du chasseur ; comme ce dernier était d'un quart de tour à gauche, il fait un quart de tour à droite.

3.5 Divers modes de réalisation des transformations symétriques

Supposons que les enfants aient découvert les quatre axes de symétrie du carré, ou du trèfle à quatre feuilles, par la méthode des pivotements. Par exemple, ils ont peut-être découvert que le carré

Fig. 1



de gauche de la fig. 1 devient le carré de droite par pivotement autour de l'axe xy , de sorte que les points A et B permutent, tandis que les points x et y demeurent inchangés. Il est recommandé, d'ailleurs, de se servir de carrés en matière plastique transparente pour cette démonstration, afin de permettre aux enfants de bien se rendre compte de l'orientation et de la position de la fleur après pivotement. Ce qui est même mieux encore, c'est d'avoir deux carrés transparents ; on peut ainsi superposer le carré « pivoté » et le carré « non pivoté » et comparer ainsi plus facilement les deux positions de la fleur. L'état initial et l'état final sont visibles simultanément, et l'enfant prévoit mieux quelle sera la situation après un pivotement.

Prenons maintenant un enfant qui, après un certain nombre d'expériences personnelles, a bien compris cette situation. Donnons-lui un petit miroir doté de deux surfaces réfléchissantes, une de chaque côté. Demandons-lui de disposer le miroir par rapport au carré fleuri de telle manière qu'en regardant dans le miroir il y voie la fleur comme si le carré avait pivoté. Beaucoup d'enfants y trouvent une

grande difficulté. On en voit même qui rampent sur le dos en tenant le miroir horizontalement au-dessus de leur tête. Quand, finalement, l'enfant découvre qu'il faut placer le miroir verticalement sur la diagonale xy, quel sentiment de triomphe! Il semble que pour un enfant de cet âge, « trouver l'image dans le miroir » et « faire pivoter la figure autour de son axe de symétrie » soient deux activités très différentes. D'ailleurs, elles le sont, en fait. Seul le contenu mathématique est le même. Découvrir la similitude mathématique entre deux modes de réalisation de la même transformation symétrique, c'est peut-être là le premier pas de l'enfant en direction de ce qu'il y a d'abstrait dans une transformation à base de symétrie.

L'étape suivante du jeu des miroirs peut consister en la création d'une image apparente à partir de matériaux concrets. Par exemple, on construit, à l'aide de bouts d'allumettes, la lettre L d'un côté du miroir (de préférence, un miroir à double face, fixe dans un plan vertical). La plupart des enfants, quand on leur dit de construire l'image réfléchie du L dans le miroir, oublient de le faire à l'envers. Ils sont tout surpris de s'apercevoir que ce qu'ils ont fait n'est pas ce qu'on voit dans le miroir. Une multitude d'exercices de ce genre fait pénétrer dans l'intelligence des enfants le caractère essentiellement « inverseur » des miroirs et, bien entendu, d'une manière plus générale des transformations symétriques.

On passe à l'étape suivante en prenant deux miroirs. On les dispose dans deux plans verticaux faisant entre eux un angle droit. Le mieux est d'obtenir que les enfants les disposent aussi près que possible l'un de l'autre, de manière à faire un « coin ». On peut alors construire ou dessiner quelque chose dans le coin, puis construire derrière chaque miroir les images de ce qui a été construit. Il ne faudra pas longtemps aux enfants pour découvrir qu'il y a une autre image, qui se présente comme le reflet du reflet dans chacun des miroirs. Dans chaque miroir il y a un reflet de l'autre miroir, et ce miroir réfléchi donne une autre image. Les enfants veulent aussi construire cette image. La maîtresse doit s'assurer que chaque enfant réinverse ses figures. La quatrième « construction » ne sera plus un reflet, mais une version « retournée » de la construction première.

A titre de variante intéressante de ce jeu, on peut mettre des lettres, de préférence des majuscules, dans le coin formé par les deux miroirs. On découvre que certaines lettres sont tout à fait insensibles à ce genre de traitement et demeurent obstinément semblables à ce qu'elles sont, tandis que d'autres, plus délicates, tendent à changer dans un des miroirs, ou dans l'autre, ou dans les deux à la fois. Parmi les lettres intéressantes, citons Z, M et S, qui changent dans l'un ou l'autre miroir, et, cependant, apparaissent correctement dans l'image de coin. Si on a des lettres en matière plastique ou en bois, on peut s'en servir à cet effet, et on peut demander aux enfants ce qu'il faudrait qu'ils fassent aux lettres *dans la réalité* pour qu'elles deviennent comme leur image du miroir. Parfois il faut les retourner sens dessus dessous, parfois il suffit de les faire pivoter dans leur propre plan.

Ce jeu de pivotement ou de rotation obéit aux mêmes règles que celui que nous avons décrit dans *Logique et jeux logiques*, en 10.4.

Si on a des triangles équilatéraux en bois ou en plastique, on peut commodément s'en servir pour disposer les deux miroirs à 60° l'un de l'autre. Les enfants ont alors la surprise de découvrir qu'en construisant quelque chose dans le coin, ils voient six constructions (en comptant celle qu'ils ont réalisée) et non plus quatre. Certains enfants s'écrient d'émerveillement. Certains veulent alors construire les « étoiles » à six branches qui résultent du matériel employé pour la construction.

Il est évident qu'on peut poursuivre dans cette direction en mettant les miroirs à 45° , ce qui donne huit constructions. Deux constructions non consécutives peuvent se superposer par rotation, mais il n'en est pas de même de deux voisines.

Bien entendu, il n'est nullement question de faire « apprendre » une explication mathématique quelconque de ce qui précède. Les jeux et activités que nous avons décrits n'ont d'autre but que d'ouvrir aux enfants des fenêtres donnant sur divers champs de recherche, afin que, lorsque le moment sera venu, les idées qu'ils développeront soient basées sur des situations avec lesquelles ils seront déjà familiarisés.

JEUX CONDUISANT A UNE CERTAINE COMPRÉHENSION DE LA GÉOMÉTRIE

Nous ne donnons ici que quelques exemples de chaque type de jeu ; il appartiendra au maître d'approfondir le détail en multipliant les jeux de type semblable, impliquant soit les mêmes concepts, soit des concepts analogues.

1.1 *Emploi des attributs*

C'est à la compréhension d'attributs tels que *long, court, rugueux, lisse, grand, petit, droit, tordu, pointu, émoussé, rond, plat*, et ainsi de suite que visent ces jeux.

Pour cela, on répartit les enfants en petits groupes de six à huit, et à chaque groupe on remet un plateau dans lequel il y a, par exemple, un crayon long et un crayon court, un bâton droit et un bâton tordu, une grande boîte et une petite boîte, une feuille de papier abrasif et une feuille de papier à écrire, une forme arrondie, un bâton pointu, un dé, et ainsi de suite.

On demande aux enfants de choisir un objet quelconque dans le plateau. La maîtresse demande, par exemple: « Jeannette, veux-tu nous apporter une grande boîte? » ou « Jacques, veux-tu me donner une feuille de papier rugueux? » Il faut donner à chaque enfant l'occasion de choisir lui-même chaque type d'objet, et noter soigneusement ceux qui ne sont pas capables de se tirer de cette tâche. On les prendra à part et on multipliera pour eux les exercices. Dans certains cas, il faudra choisir une paire d'articles et les faire comparer. Par exemple, on comparera un « crayon taillé » et un « crayon émoussé », ou une « grande » boîte avec une « petite » boîte, et ainsi de suite.

En multipliant le nombre des objets, on peut contrôler si tel ou tel concept s'est bien formé, et contribuer éventuellement à son développement.

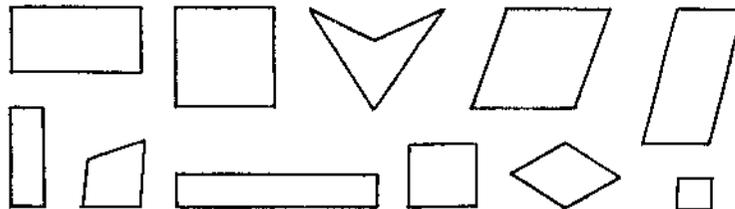
1.2 *Formes*

Ces jeux conduisent à la reconnaissance des formes telles que carré, triangulaire, rond, rectangulaire (long).

Il vaut mieux, pour ce genre de jeux, commencer avec toute la classe, car il est peu probable que beaucoup d'enfants aient déjà eu l'occasion

de découvrir ces différentes formes. On se servira de « blocs logiques » ou l'on découpera, dans du carton, plusieurs exemples de chaque forme, en plusieurs tailles. Il n'est pas inutile d'en colorier certaines.

Fig. 2 DIFFÉRENTES SORTES DE QUADRILATÈRES



Colorier les carrés en rouge, en bleu les « longs » rectangles qui ne sont pas des carrés.

La maîtresse choisit une forme et demande aux enfants de chercher celles qui sont « pareilles ». On peut ensuite en discuter, et même en tracer un grand modèle sur le sol, afin que les enfants puissent en faire le tour. Puis on lui donne un nom. Quand on a bien discuté de toutes les formes, on peut personnaliser le jeu en faisant choisir à chaque enfant, tour à tour, une forme particulière.

1.3 Couleurs

Ces jeux conduisent à la reconnaissance des couleurs le plus souvent rencontrées, le rouge, le jaune, le vert, le bleu, le blanc et le noir. On met des objets divers dans les couleurs choisies sur un plateau et on demande aux enfants de « prendre quelque chose de vert », quelque chose de jaune, etc. Plus tard, on pourra demander « un crayon vert », etc. On s'aperçoit qu'il y a de grandes différences dans l'aptitude des enfants à reconnaître les couleurs avec certitude. Lorsqu'on constate qu'un degré satisfaisant de précision dans la reconnaissance des couleurs est atteint, on peut combiner ce jeu avec le précédent.

1.4 Relations spatiales simples

Ces jeux conduisent au développement d'autres concepts, tels ceux de *près, dedans, dehors, sur, près de, sous, avant, après*, et ainsi de suite. Il faut faire travailler les enfants par groupes relativement réduits, et chaque groupe doit disposer d'un plateau comportant un nombre relativement important d'objets. La maîtresse, ou un moniteur de groupe, peut demander à un enfant : « Marie, veux-tu, s'il te plaît, mettre le crayon long dans la grande boîte ? » ou « Jeannot, veux-tu poser le dé sur la petite boîte ? » et ainsi de suite. Là encore, il faut

vérifier une à une la formation de tous les concepts chez tous les enfants.

Nous n'ignorons pas que toutes les bonnes maîtresses des écoles maternelles connaissent, et appliquent ce genre de jeux depuis longtemps, et si nous les mentionnons ici, c'est seulement pour être complets, et dans l'hypothèse où quelque maître ou maîtresse manquant encore un peu d'expérience n'y aurait pas songé, car la formation correcte de ces concepts est fondamentale pour le genre de géométrie dont il est question ici. Si nous suggérons de jouer ces jeux en groupes, c'est afin de fournir à chaque enfant le plus grand nombre possible d'expériences au cours d'une même leçon. Ce qu'il faut surtout, c'est encourager la discussion, y compris la mise en question *par certains élèves* des résultats ou des réponses des autres, le maître n'intervenant que si c'est absolument nécessaire.

1.5 Combinaison des concepts

N'oublions pas que même si ces exercices ont pris beaucoup de temps au début de l'année, on a affaire à des enfants qui ne savent pas encore lire et ne peuvent donc pas se conformer à des instructions écrites. Le maître a préparé des cartes, sur lesquelles sont portées des instructions telles que : « Mettre le grand crayon rouge dans la petite tasse blanche ». Il les bat, les fait tirer chacun à son tour par les enfants, et lit lui-même à haute voix ce qui y est écrit. Si l'opération a été correctement exécutée, l'enfant prend un jeton. Si un camarade lui fait remarquer, à juste raison, qu'il s'est trompé et rectifie, c'est ce dernier qui a droit au jeton. Le maître compte les jetons et proclame le gagnant.

1.6 Pratique des concepts

On pose à terre le plus grand nombre possible d'objets de toutes les formes et de toutes les couleurs. Un premier enfant, désigné par le sort, dit : « Attention ! Je vois quelque chose de rouge, devinez ce que c'est. » Les autres enfants trouvent divers objets rouges et demandent au premier enfant si c'était celui-là. C'est celui qui a deviné juste qui, à son tour, pose la question suivante. On « marque » à l'aide de jetons.

L'étape suivante sera de penser à des objets qui ne sont pas à terre, mais n'importe où dans la pièce, et même dans la cour : il faut les chercher du regard, et même en se déplaçant.

1.7 Frontières et domaines

Il est recommandé de jouer ce jeu dans la cour : on divise la classe en deux groupes, par exemple les garçons et les filles. Les garçons

ont deux camps, situés à quelque distance l'un de l'autre, entourés chacun d'une frontière, et les filles ont un seul camp, entouré, lui aussi, de sa frontière. Les filles se mettent dans leur camp, et les garçons dans un de leurs deux camps. Au signal, les garçons changent de camp, mais si une fille peut attraper un garçon en le touchant pendant qu'il est hors du camp, ce garçon doit se joindre aux filles et aider à attraper les autres garçons. La partie est finie quand tous les garçons ont été attrapés. Puis on permute équipes et camps, et ce sont les garçons qui doivent attraper les filles.

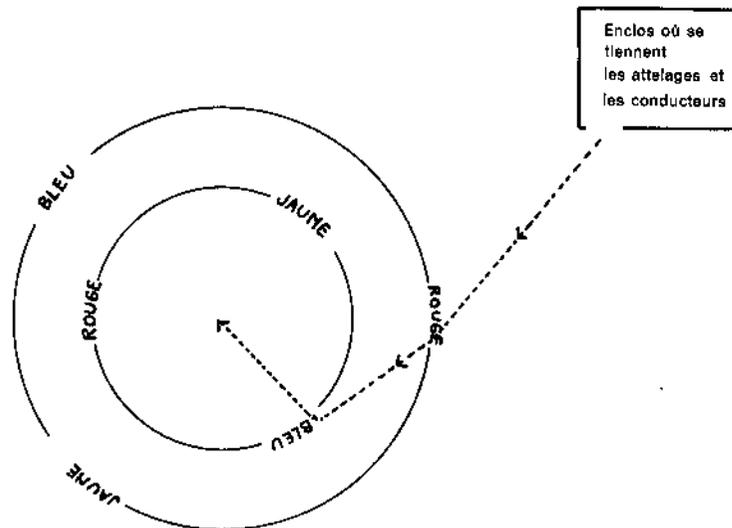
Pendant ces jeux, on utilisera, toutes les fois que c'est nécessaire, les termes « frontière » et « domaine » ou « camp ».

1.8 Frontières et passages

La plupart des enfants aiment à jouer « au cheval » ou « au train », ou « à Zorro » : deux enfants sont les chevaux, attachés par une corde dont les extrémités sont tenues par un « conducteur » ou un « cocher ». On peut utiliser ces jeux pour introduire la notion de « passage », de « porte ». Sur le sol de la cour on trace deux enceintes concentriques de grandes dimensions (deux « cours »), possédant chacune une porte bleue, une porte rouge et une porte jaune, mais disposées de telle manière que la porte d'une certaine couleur de l'une des deux enceintes

Fig. 3 LE PASSAGE DES PORTES ROUGES ET BLEUES

Le chemin le plus court est indiqué par le pointillé.



On peut également faire l'exercice du retour à l'enclos.

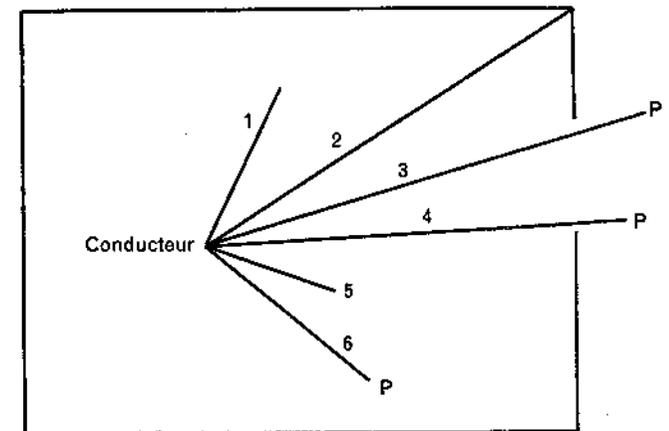
ne soit pas voisine de la porte de même couleur de l'autre enceinte. On commence en disant au conducteur, mais à lui seul : « Tu conduiras tes chevaux jusque dans le parc du milieu, mais seulement en passant par les portes bleues. » Les « chevaux » ne savent pas par quelle porte il faut passer, et c'est le conducteur qui doit les guider en se servant des rênes. Il a gagné s'il réussit à prendre le plus court chemin. On recommence en renversant les rôles.

A l'étape suivante, le conducteur doit utiliser deux couleurs (par exemple, rouge et bleu), et il sait qu'il doit passer par la porte extérieure rouge et la porte intérieure bleue. Les autres enfants ont le droit de contester l'itinéraire choisi et de montrer qu'il y en avait un plus court. Si les « chevaux » passent par-dessus les frontières au lieu d'emprunter une porte, cela compte comme une faute et l'équipe perd un point.

1.9 Salles et portes

Ce jeu se joue dans une pièce ne comportant qu'une seule porte. La maîtresse a préparé plusieurs morceaux de ficelle de longueurs différentes et plusieurs morceaux de carton, dont la plupart n'auront aucune inscription, mais dont certains porteront le dessin d'une porte. Chaque enfant prend une ficelle dans une boîte tenue au-dessus de sa tête, afin de l'empêcher de voir ce qu'il prend. On mélange les morceaux de carton et on les pose à terre, le recto contre le sol ; chaque

Fig. 4 SALLES ET PORTES



Des six joueurs le numéro 2 a tiré la ficelle la plus longue, mais il a obtenu une carte nulle et ne peut pas aller plus loin que jusqu'à l'angle. Le numéro 6 de son côté a tiré un P (dessin d'une porte), mais une ficelle assez courte. Pour jouer le jeu, le joueur doit tirer une ficelle longue et doit être capable de passer par la porte grâce à la carte qui l'y autorise.

enfant en tire un. Ensuite, un enfant se met au milieu de la pièce. Chacun des autres lui fait tenir l'une des extrémités de sa ficelle et s'éloigne ensuite de lui le plus possible. Seuls ceux qui ont tiré un carton représentant une porte ont le droit d'ouvrir la porte et de la franchir. Cela signifie qu'il y a deux facteurs déterminant la distance à laquelle chaque enfant a le droit de s'éloigner : la longueur de la ficelle et le droit de prendre la porte. Si l'enfant est allé le plus loin possible mais sans pouvoir sortir de la pièce, il doit enrouler sur elle-même ce qui lui reste de ficelle. Le gagnant est celui qui a réussi à s'en aller le plus loin. L'accent se trouve ainsi mis sur l'importance des ouvertures dans un espace à trois dimensions.

On peut varier ce jeu en faisant prendre à l'arbitre des positions différentes dans la pièce. Les enfants verront rapidement les différences qui en résultent.

1.10 L'envers

Dans le jeu précédent, il fallait trouver l'enfant qui irait « le plus près » et celui qui irait « le plus loin » de l'arbitre. On peut approfondir cette idée de « point le plus rapproché » ou « le plus éloigné » d'un point de départ. Pour cela, on se servira d'abord d'un tableau noir dont les deux faces soient accessibles, et on marquera un point de départ au centre de l'une des faces. Chaque enfant choisit au hasard une ficelle et s'en sert pour déterminer un point sur le tableau. On organise ensuite un concours entre les enfants, chacun essayant de marquer le point qui, selon lui, est le plus éloigné du point de départ. On « mesure » ensuite les différentes tentatives en comparant la longueur des morceaux de ficelle.

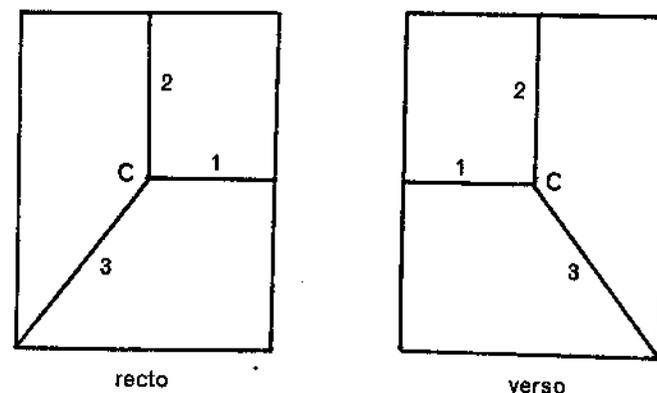
La maîtresse attire ensuite l'attention sur le fait que le tableau comporte une autre face et qu'on peut peut-être s'éloigner davantage du point de départ en se servant des deux côtés du tableau. Il en résulte quelque réflexion, car certains enfants, en essayant de se servir de l'autre face du tableau, ne se rendent pas compte qu'il y a plus d'une manière d'atteindre le point d'arrivée à partir du point de départ. (Par exemple, si on démarre du centre recto du tableau, certains enfants vont partir en traversant le petit côté, d'autres le grand côté, puis, au verso, continuer dans une autre direction. S'il leur arrive, au verso, d'aller au-delà du point opposé au point de départ, ils se rapprocheront, à partir de là, du point de départ.) Tous ces exercices entraînent force discussions, donc force réflexions, et c'est cela seul qui compte.

1.11 Verso et trous

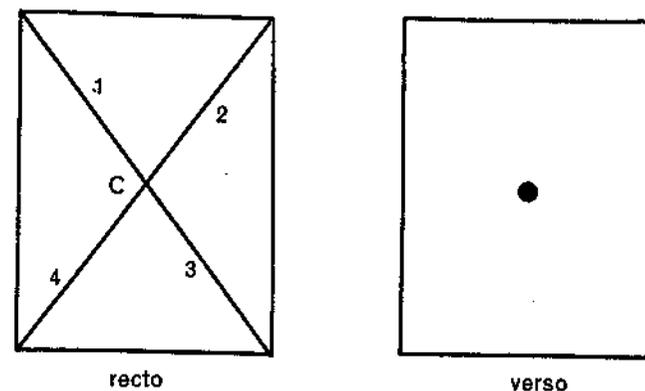
Ce jeu est analogue au précédent, à une importante, très importante variante près. Au lieu d'utiliser un tableau noir, il se joue avec une feuille de carton de dimensions semblables. Là encore, il y a un point de départ, mais cette fois on fait un trou dans le carton, après quoi

on recommence à chercher quel est le point le plus éloigné, ou le plus rapproché, du point de départ. Les enfants s'aperçoivent de ce que la présence d'un trou modifie complètement l'aspect du problème de la distance entre deux points situés de part et d'autre du tableau, puisqu'on peut faire passer la ficelle par le trou.

Fig. 5 LES POINTS LES PLUS ÉLOIGNÉS DE C



L'ENVERS AVEC UN TROU



1.12 Les frontières considérées comme chemins

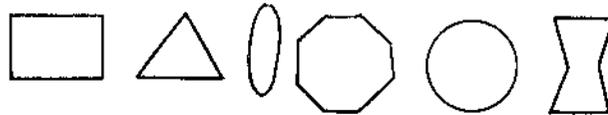
On divise la classe en groupes, et on attribue à chaque groupe, comme « base » ou « domaine », une partie de la cour de récréation. À l'intérieur de son domaine, chaque groupe a le droit de tracer plusieurs bases. On demande à chaque groupe d'essayer de dessiner différentes sortes de frontières dans ses bases. Certains essaient de

dessiner des bases circulaires, d'autres vont essayer de tracer des frontières formées de lignes droites - certaines à trois côtés, d'autres à quatre, voire davantage. La plupart formeront, si vous voulez, des « chemins simples », c'est-à-dire simplement tracés autour de la base. Après avoir tracé des chemins ronds, les groupes dessinent généralement des quadrilatères de divers aspects. La plupart sont des figures « convexes », c'est-à-dire à l'intérieur desquelles il est possible de se déplacer en ligne droite entre deux points sans sortir des limites de la figure. Peu d'enfants, à ce stade, tendent à tracer des figures « concaves ». Mais il y en a quelques-uns. Aussi peut-on introduire l'idée de figures convexes et de figures concaves, et revenir sur les différentes formes jusque-là présentées aux enfants. Les enfants peuvent examiner les diverses sortes de quadrilatères (figures à quatre côtés) et décider lesquelles sont des carrés, lesquelles sont des « longs », c'est-à-dire des « rectangles », et lesquelles ne sont ni l'un ni l'autre.

Quand on a discuté de ces figures, on peut demander aux enfants s'il n'y aurait pas d'autres sortes de frontières ou de « chemins » qu'on pourrait utiliser. Ce que nous essayons d'introduire là, ce sont les « chemins complexes ». Examinons un « chemin » ou une frontière

Fig. 6 « CHEMINS » SIMPLES ET « CHEMINS » COMPLEXES : FRONTIÈRES

Simples



Complexes



Figures convexes et non-convexes

Convexes



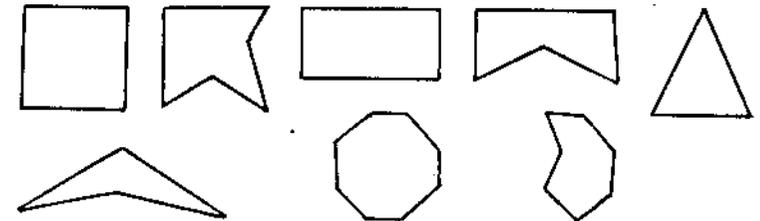
Non-convexes, c'est-à-dire concaves



en forme de 8. C'est la forme la plus simple de « chemin complexe », puisque les côtés n'ont qu'un seul point commun. Il se peut qu'un tel « chemin » soit construit par un enfant sans qu'on le lui ait dit. En fait, si on suggère aux enfants d'essayer de dessiner un « chemin » qui soit différent de tous ceux qu'on a dessinés jusque-là, il y a des chances pour qu'ils en découvrent un de ce genre. Étant donné que les enfants ont généralement l'impression qu'un tel chemin entoure en fait plus d'une base ou région, il est préférable, à ce stade, de parler de « chemins » plutôt que de « frontières ».

Ainsi, grâce à cette série de jeux, les enfants sont en mesure d'apprendre et de discuter les notions de « figure convexe » et de « figure concave », et de « chemins simples ou complexes » tout en approfondissant leurs connaissances dans le domaine des figures simples en général.

Fig. 7 FIGURES CONVEXES ET NON-CONVEXES



Coloriez en rouge toutes les figures convexes.

Fig. 8 « CHEMINS » SIMPLES ET COMPLEXES. COLORIEZ EN ROUGE TOUS LES « CHEMINS » SIMPLES

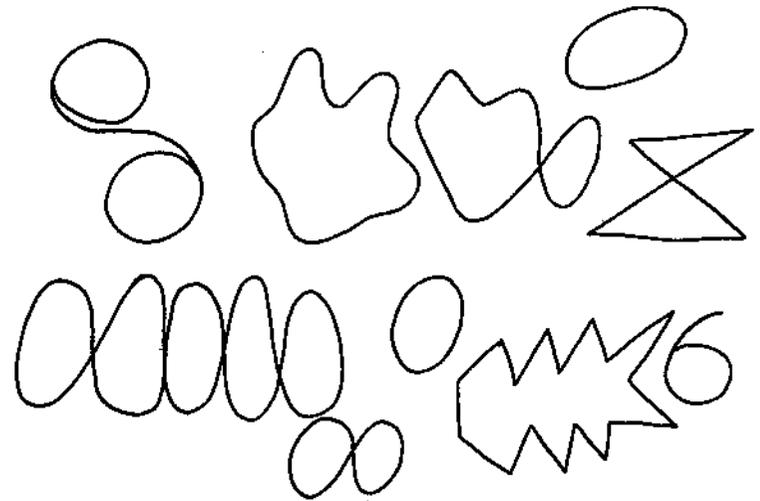
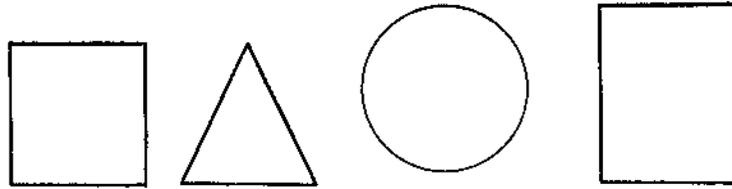


Fig. 9 A L'INTÉRIEUR, A L'EXTÉRIEUR



1. Dessinez une ligne à l'intérieur du triangle.
2. Dessinez un petit triangle à l'intérieur du cercle.
3. Faites un gros point à l'extérieur du carré.
4. Dessinez une ligne courte à l'extérieur du rectangle.

1.13 Frontières et domaines

Nous avons décrit ce jeu dans le texte. On convient avec les enfants « pour rire » que la cour de récréation ou la salle de classe dans laquelle on joue s'étendrait très, très loin, et qu'elle n'aurait pas de frontières. On va y faire « des frontières à nous », par exemple avec des cerceaux de diverses tailles. Prenons cinq enfants et faisons leur choisir des cerceaux : trois grands et deux petits, par exemple. Chacun va poser son cerceau quelque part dans la cour, n'importe où, à condition que les cerceaux ne se touchent pas. Lorsque chaque enfant a posé son cerceau à terre, il reste dedans, et c'est son domaine, et il a le droit de s'y promener comme il veut à condition de ne pas franchir la frontière. Si l'on demande alors : « Combien de frontières avons-nous fait ? » la réponse sera, naturellement : « Cinq. » Si, ensuite, on demande : « Et des domaines, combien en avons-nous fait ? » il se peut que la réponse soit encore : « Cinq. » Mais cette fois, la réponse est fautive, car il y a un grand domaine, situé à l'extérieur de tous les cerceaux, dans lequel on peut, aussi, se promener sans traverser de frontière. Mettons-y un enfant : tous les autres voient alors qu'il y a bien six domaines.

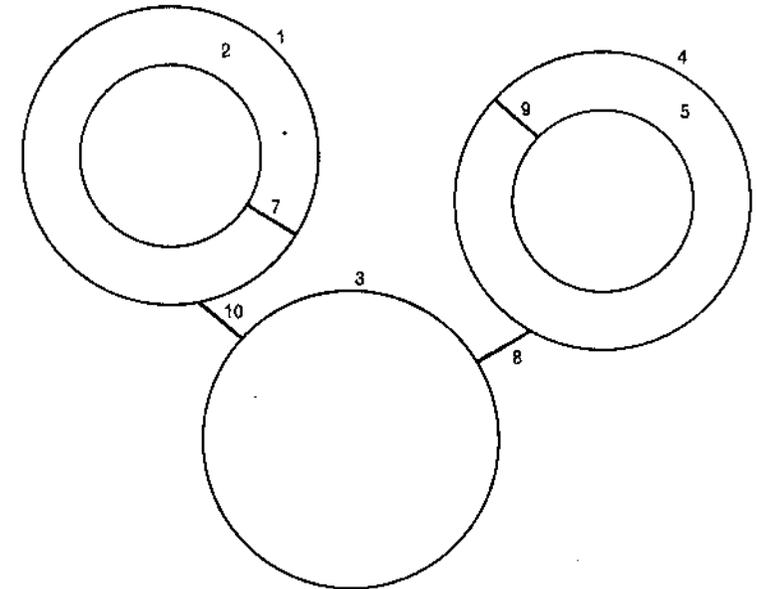
Ramassons maintenant les cerceaux et essayons de les disposer autrement. Y aura-t-il nécessairement toujours six domaines ? Existe-t-il une autre manière possible de placer les cerceaux de manière qu'ils ne se touchent pas ? Les enfants découvrent bientôt qu'on peut mettre les petits dans les grands. Encore une fois, on examine combien il y a de domaines, et on découvre avec surprise qu'il y en a toujours six, malgré le raccourcissement de certaines des promenades possibles.

Il faut recommencer ce jeu avec moins, puis avec plus de cerceaux, afin de bien laisser découvrir aux joueurs combien on obtient de domaines et de frontières dans chaque cas.

1.14 Augmenter le nombre de frontières

Revenons à nos cinq cerceaux et à nos six domaines. On explique aux enfants qu'ils ont le droit de réunir par une ligne n'importe quel point d'une frontière à n'importe quel point d'une autre frontière, comme ils voudront. Le plus simple, c'est de le faire à la craie, mais on peut le faire aussi en posant des cailloux, etc. Puis on demande : « Combien avons-nous de frontières maintenant ? » La réponse est : « Cinq, mais il y en a une qui est complexe. » On demande alors : « Et des domaines, combien y en a-t-il ? » Beaucoup d'enfants répondront qu'il y en a sept. Alors, il suffit de remettre les joueurs en marche, et de voir quels parcours ils peuvent effectuer. Un des joueurs va s'apercevoir que son itinéraire est coupé. Mais en résulte-t-il pour

Fig. 10 FRONTIÈRES ET DOMAINES



Supposez que nous commençons avec les cerceaux 1 à 5 comme frontières. Compter les 6 domaines. Tracer la frontière 7. Nous pouvons toujours faire les mêmes promenades, nous avons donc encore 6 domaines. Ajoutons la frontière 8 et nous avons encore la même situation. Il en sera de même en traçant la frontière 10. Nos 6 personnes peuvent faire encore les mêmes promenades dans leurs domaines, sans être obligées de traverser une frontière. Pourrons-nous encore ajouter des frontières sans faire de nouveaux domaines ? Si oui, où pourrons-nous tracer la frontière 11 ? Qu'est-ce qui arrive si nous partons avec 4 frontières ou 6 et ainsi de suite. Peut-on découvrir une règle ?

autant un nouveau domaine? Demandons-lui s'il peut encore aller dans tous les endroits qu'il pouvait atteindre avant, et il s'apercevra qu'il le peut, même s'il lui faut pour cela faire un détour. On a ajouté une frontière, mais sans augmenter le nombre des domaines.

On essaie alors de réunir deux autres frontières, puis une autre encore, et c'est toujours la même découverte : on a ajouté des frontières, on n'a pas augmenté le nombre des domaines, puisque chaque enfant peut encore atteindre, sans franchir aucune frontière, tous les points qu'il pouvait atteindre auparavant.

Il vient toutefois un moment où, quelle que soit la nouvelle frontière tracée, on ne peut pas éviter d'augmenter le nombre des domaines. (Le maître découvrira rapidement à quel moment cela doit se produire, mais les enfants seront intrigués, puisqu'ils croyaient avoir établi que le nombre de domaines n'augmentait pas, quelles que fussent les modifications des frontières. Il faut les laisser essayer les dessins les plus compliqués, jusqu'à ce qu'ils soient convaincus.)

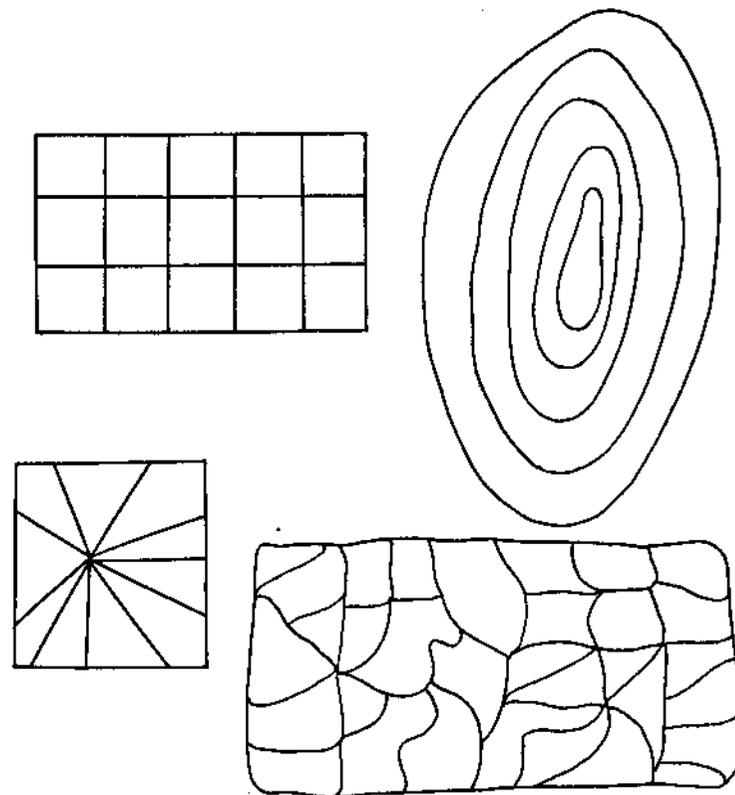
1.15 Jeux de puzzles (ou de « patchwork »)

Nous avons déjà décrit ce jeu ci-dessus, p. 10. Quand les enfants sont plus âgés, on peut leur faire colorier des cartes politiques, mais au niveau de la maternelle, les enfants ne savent pas encore ce qu'est une carte, et il vaut mieux leur présenter l'exercice d'une manière différente. Pour le cas où les enfants n'auraient encore rien vu de semblable, montrez-leur une robe en « patch » ou, à défaut, des illustrations de « patch » dans un journal de modes. On fait du « patch » en assemblant des bouts de tissus de diverses couleurs et en s'arrangeant pour qu'il n'y en ait jamais deux de la même couleur côte à côte, un peu comme un manteau d'Arlequin. Pour commencer, on fait tracer aux enfants, sur une feuille de papier, des frontières variées, et on leur dit de colorier les « territoires » en prenant toutes les couleurs possibles. Puis, dans un nouveau jeu, on leur demande de les colorier avec le moins de couleurs possibles, tout en veillant à ce qu'il n'y ait jamais deux pièces voisines de la même couleur. Il ne faut pas faire une pièce rouge à côté d'une autre pièce rouge, une pièce verte à côté d'une autre pièce verte, et ainsi de suite. Le gagnant est celui qui a réussi à employer le minimum de couleurs tout en respectant la règle.

Il est possible, dans ce cas, et autant qu'on puisse le savoir, de descendre jusqu'à quatre couleurs. Personne n'a encore jamais réussi à tracer un « manteau d'Arlequin » dans lequel il *fallait nécessairement* plus de quatre couleurs, mais il n'a pas été démontré que quatre couleurs seraient *toujours suffisantes*.

On peut, maintenant, demander aux enfants d'imaginer des modèles dans lesquels il n'y ait même pas besoin de quatre couleurs. Nous en avons indiqué un pour lequel il n'en fallait que deux. Voyons si les enfants peuvent en trouver un pour lequel il en faille trois.

Fig. 11 COUVERTURES FAITES DE PIÈCES ASSEMBLÉES



Combien de couleurs différentes vous faut-il pour ces couvertures sans que jamais deux pièces voisines aient la même couleur. Pouvez-vous inventer un modèle qui ait besoin de plus de 4 couleurs?

1.16 Pliages de papiers

A ce niveau, la plupart des enfants ont déjà eu l'occasion de faire des pliages. En tout cas, nous recommandons les exercices à base de pliage comme préparation à certains exercices ultérieurs. Il serait très profitable aux enfants d'acquiescer empiriquement des notions de symétrie – par pliage selon un axe de symétrie (qu'ils découvriront eux-mêmes et qu'il ne s'agit aucunement pour eux d'apprendre!), en veillant à ce que les sections symétriques se recouvrent exactement.

Il ne faut pas que ces exercices soient trop compliqués, car l'expérience montre qu'à cet âge la plupart des enfants sont incapables d'un

travail de précision ; si l'opération à réaliser est trop complexe, et dépend de pliages préalables précis, elle risque fort d'échouer. Une fois de plus, insistons bien sur le fait que nous recherchons, là comme ailleurs, que l'acquisition d'un concept ait lieu par l'expérience personnelle des enfants ; les interventions de la maîtresse doivent être réduites au minimum ; l'idéal serait même que la maîtresse n'intervienne pas du tout, quelle que soit la médiocrité des réalisations des enfants.

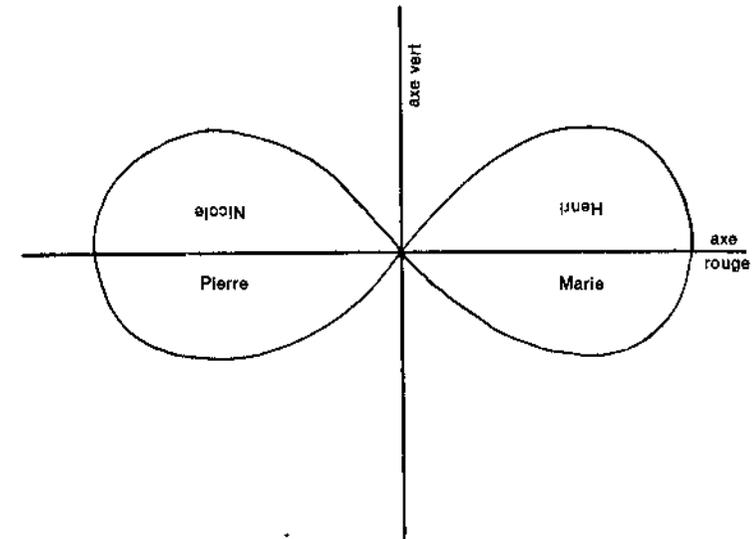
1.17 Premier jeu de pivotement. « Où va-t-on ? »

On commence par tracer sur le sol un grand chiffre 8. Puis on trace ses deux axes de symétrie – un axe longitudinal rouge et un axe transversal vert. Cela divise le 8 en quatre sections, constituant chacune le camp de l'un des joueurs, chaque camp étant marqué au nom de son titulaire. Au centre du huit on met un cinquième enfant, le meneur de jeu, ou le pivoteur, qui tient en main une réplique en bois ou en carton du huit. Cette plaque est divisée de même en quatre camps et porte, elle aussi, les axes de symétrie, mais non coloriés. On marque la réplique de la même manière sur ses deux faces, et on s'assure qu'au commencement du jeu le meneur tient la plaque dans la même position que le dessin sur le sol. Tous les joueurs doivent en avoir conscience, et avoir eu la possibilité de s'en convaincre en vérifiant eux-mêmes.

Le pivoteur annonce qu'il va tenir la plaque par les deux extrémités de l'un des axes de symétrie (« par les deux bouts de ce trait qui est marqué dessus » – ne demandez pas aux enfants d'employer d'emblée des mots compliqués ; cela viendra plus tard) et qu'il va la faire pivoter (« la retourner »). Il exécute le mouvement lentement, et les autres joueurs ont le droit de mettre le doigt sur la partie de la plaque correspondant à leur camp et de suivre le mouvement, ou encore de tenir une ficelle fixée à la partie de la plaque correspondant à leur camp, tout cela afin de bien voir et sentir que, lorsque le mouvement est terminé, la plaque a l'air d'avoir la même position qu'au début, mais qu'en réalité la position de leur camp a changé. On essaie à nouveau après avoir fait changer les joueurs de place conformément au pivotement, et on recommence plusieurs fois, tantôt avec l'un des axes, tantôt avec l'autre, jusqu'à ce que tout le monde ait bien compris et soit bien convaincu.

Et maintenant, abordons le premier genre de jeux. « Où faut-il aller ? » Le meneur dit : « Je vais retourner sur le rouge. Où serez vous quand j'aurai fini ? » Ce disant, il tient la plaque par les deux extrémités de l'axe rouge et la fait pivoter, en s'arrangeant pour que tout le monde voie bien ce qu'il a fait, puis il la ramène à sa position initiale. Les autres joueurs doivent maintenant gagner leur nouvelle position. Il peut se faire que deux enfants veuillent occuper la même place :

Fig. 12 LE PREMIER JEU DE PIVOTEMENT



Où vais-je aller avec un « saut » rouge ? Avec un « saut » vert ?
 Quel « saut » me conduira à la maison de ... ? Quel « saut » me permettra de rentrer chez moi d'un seul coup ?
 Où irai-je après premièrement un « saut » vert, ensuite un « saut » rouge ?
 Où me conduira d'abord un « saut » rouge, suivi d'un « saut » vert ?
 Quelle sorte de « saut » me conduira chez moi d'un seul coup ?

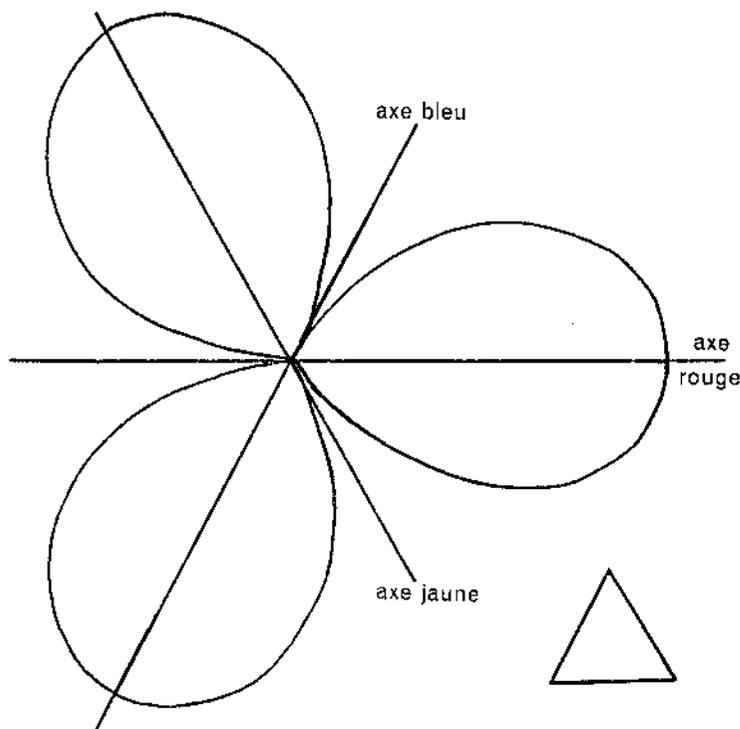
laissez-les en discuter jusqu'à ce qu'ils se soient mis d'accord. Après quoi, chacun se place et le meneur de jeu exécute une seconde fois son pivotement de plaque, puis pose la plaque à terre, au centre du huit, dans sa nouvelle position. Comme les noms des joueurs sont inscrits dans chacun des quatre « camps » de la plaque, tout le monde peut vérifier si le mouvement a été correctement exécuté. Puis chacun regagne son camp d'origine, le meneur remet la plaque dans sa première position, et on essaie un autre pivotement. On peut rendre le jeu compétitif en laissant chaque enfant qui a bien réussi prendre un jeton. A la fin de la partie, c'est le maître qui désigne le gagnant si les enfants ne savent pas encore compter.

On peut compliquer les jeux de cette série en prenant comme formes un trèfle ordinaire (3 axes de symétrie), un trèfle à quatre feuilles (4 axes de symétrie) ou toute autre figure ayant plus de deux axes, après quoi on pourra passer aux formes plus abstraites de la géométrie, carré, triangle équilatéral, rectangle, pentagone, hexagone, etc., auxquelles elles sont assimilables.

1.18 *Second jeu de pivotement.* « Comment faire pour arriver là? »

On commence encore avec un huit tracé au sol, avec ses deux axes de symétrie, le meneur de jeu au centre avec sa plaque, et les camps inscrits au sol et sur la plaque. Cette fois, le meneur dit : « Je vais retourner la plaque, et quand je l'aurai retournée, Nicole sera à la place de Pierre. Comment faut-il que je la retourne? Est-ce autour

Fig. 13 JEU DE PIVOTEMENT ET DE ROTATION

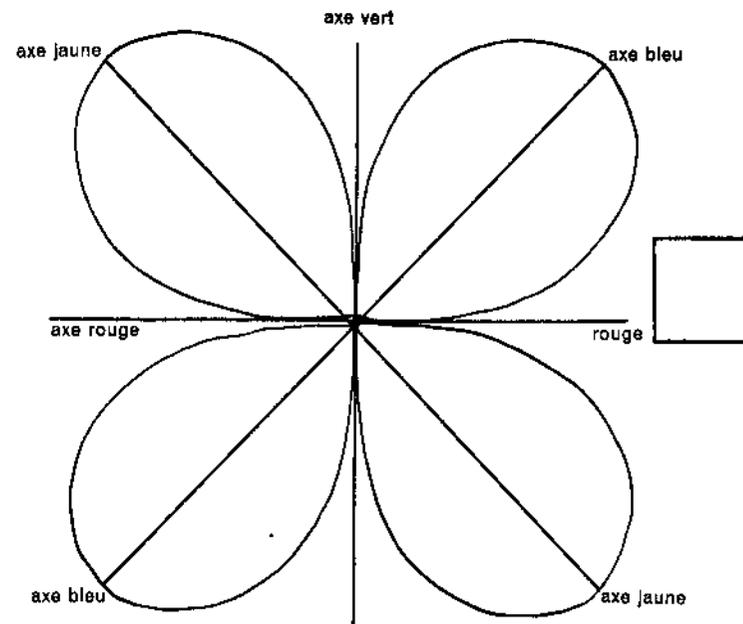


La feuille de trèfle (comme le triangle) a 3 axes de symétrie.

de la ligne rouge ou est-ce autour de la ligne verte? » Les enfants discutent et décident, par exemple, que ce sera autour de la ligne verte. Le meneur de jeu fait comme on le lui a dit, et pose la plaque sur le sol, ce qui permet à chacun de vérifier. Si on s'est trompé, on recommence.

On peut compliquer les jeux de cette série, comme pour la précédente, en prenant des formes plus complexes. A mesure que le nombre des axes de symétrie augmente, la partie devient plus difficile.

Fig. 14 JEU DE PIVOTEMENT ET DE ROTATION



Trèfle à quatre feuilles (ou carré) avec 4 axes de symétrie.

1.19 *Troisième jeu de pivotement.* « Comment retourner à la maison en un seul mouvement? »

Ce jeu est une combinaison des deux premiers. On commence avec le 8, et on joue d'abord à « Où va-t-on? » Quand les joueurs ont quitté leur camp pour gagner leur nouvelle position, le meneur demande : « Et maintenant, comment faut-il que je retourne la plaque pour que vous rentriez chez vous en un seul mouvement? » Pour le maître, il est évident que si c'est un « pivotement vert » qui les a conduits où ils sont, c'est encore un « pivotement vert » qui les ramènera au camp, mais pour les enfants ce n'est pas aussi évident. Bien entendu, avec une forme aussi simple, le jeu devient rapidement très facile, mais il n'en est pas de même avec des formes plus complexes. Aussi faut-il, là encore, essayer de compliquer peu à peu le jeu, mais il se peut que certains enfants aient besoin, pour réussir, d'une expérience dont l'acquisition nécessitera un certain temps.

1.20 *Quatrième jeu de pivotement.* « Où va-t-on en deux mouvements? »

Une fois de plus, on prend le huit avec ses marques habituelles. Les enfants sont maintenant habitués au jeu de « Où va-t-on? »

et ils seront très heureux de jouer à un jeu comportant deux déplacements successifs au lieu d'un. Le meneur dit, par exemple : « Je vais retourner la plaque deux fois de suite, et il faut que vous deviniez où vous serez après. Je vais la retourner d'abord sur le rouge, puis sur le vert. Allez! » Après quelque discussion, les joueurs décident de leur nouvel emplacement. (Comme précédemment, le meneur aura montré rapidement comment il allait retourner la plaque, puis l'aura ramenée à sa position d'origine.) Les enfants exécutent le déplacement, puis le meneur fait les deux retournements « pour de vrai » et pose la plaque à terre afin que chacun puisse vérifier. En cas d'erreur, chacun regagne son camp et on recommence. Le meneur peut, bien entendu, recommencer ensuite en inversant l'ordre des couleurs de retournement. Une fois encore, on complique progressivement les formes, l'intérêt de ces complications étant à la fois d'obliger les enfants à réfléchir et de les empêcher, en raison du grand nombre de variantes, de retenir les solutions par cœur, puisqu'il ne s'agit pas d'apprendre des cas, mais d'exercer son jugement.

1.21 Cinquième jeu de pivotement. « Comment rentrer au camp en un seul mouvement après deux retournements successifs? »

Quand les enfants ont bien compris où ils seront après deux pivotements successifs, on peut leur demander : « Comment faut-il retourner la plaque pour vous ramener à votre camp en un seul mouvement? » Ce jeu se révèle souvent assez difficile pour les enfants, surtout s'ils n'ont pas assez prêté attention au retour au camp après un seul mouvement (peut-être en devinant que le mouvement à exécuter est l'inverse de celui de départ). Aussi faut-il faire plusieurs exercices, très soigneusement, avec des formes simples, afin de s'assurer que les enfants ne devinent pas « au petit bonheur », mais considèrent effectivement la forme et réfléchissent à ce qui va se passer. Ils finissent par découvrir qu'il existe un mouvement qui les ramène au camp en un seul coup. On peut imaginer, là encore, d'autres jeux en prenant des formes plus complexes.

1.22 Sixième jeu de pivotement. La poursuite

Cette fois, tout en conservant le dessin du 8, on ne prend que trois joueurs - un meneur de jeu, un « chasseur » et un « lapin ». Le chasseur et le lapin partent du même camp, qui sera le seul marqué. Le « lapin » dit, par exemple, au chasseur : « Je vais faire deux mouvements : un retournement rouge, puis un retournement vert. Rattrape-moi en un seul coup. » Le meneur exécute les retournements, et le « lapin » fait le déplacement. Après quoi le « chasseur » doit découvrir comment rattraper l'autre joueur en un seul coup. S'il y parvient, il a gagné.

On peut, bien entendu, continuer avec d'autres formes, et on peut, également, demander au « lapin » de retourner à son « terrier » en un seul coup. Pour cela, bien entendu, il faut qu'il exécute le mouvement inverse de celui du chasseur ; ce sera facile, s'il s'est fait attraper, mais dans le cas contraire il faudra qu'il le trouve par lui-même.

1.23 Premier jeu de rotation. « Où va-t-on? »

Nous allons maintenant reprendre tous les jeux qui viennent d'être décrits, mais cette fois-ci au lieu d'exécuter des séries de basculements, on « tournera à plat », c'est-à-dire qu'on fera exécuter à la plaque des rotations dans son propre plan. Histoire de changer un peu, commençons, cette fois-ci, non plus avec un huit, mais avec un trèfle à quatre feuilles tracé sur le sol, le meneur de jeu disposant, bien entendu, d'une plaque en forme de trèfle à quatre feuilles aussi. On trace les quatre axes de symétrie, et on porte dans chacun des camps le nom du joueur auquel il est affecté.

Comme nous l'avons vu dans le texte, il y a quatre mouvements de rotation possibles - un tour complet, un demi-tour, un quart de tour à droite (nous dirons « un à-droite ») et un quart de tour à gauche (nous dirons « un à-gauche »). Pour commencer, les joueurs ont le droit de tenir la plaque pendant que le meneur la fait tourner, afin de leur faire bien sentir et comprendre que les camps ont changé de place quand la plaque a tourné, même si elle *semble* être dans la même position.

Le meneur demande alors aux joueurs : « Je vais faire un demi-tour. Où êtes-vous maintenant? » Il montre le mouvement en l'exécutant rapidement et en ramenant la plaque à sa position première. Les enfants discutent, prennent place, le meneur exécute effectivement la rotation et pose la plaque sur le sol pour vérification. En cas d'échec, chacun retourne à son camp et on recommence. Puis on exécute un tour complet, ou un à gauche, et on change de formes, pour aboutir à des formes géométriques pures.

1.24 Second jeu de rotation. « Comment faire pour arriver là? »

On prend le trèfle à quatre feuilles. Cette fois, le meneur dit : « Je vais faire tourner la plaque, et quand j'aurai fini, Michel sera à la place de Jeannot. Comment va-t-elle tourner? » De nouveau, les enfants discutent puis répondent, par exemple : « Un à-droite » ou « Un demi-tour ». Le meneur fait tourner alors la plaque conformément à la réponse, et on vérifie si les joueurs ont bien changé de place comme prévu.

On peut recommencer avec d'autres formes. On peut également varier le jeu en disant au tourneur de n'interroger qu'un seul enfant chaque fois, ce qui rend le jeu compétitif si on l'estime opportun.

1.25 *Troisième jeu de rotation.* « Comment rentrer au camp en un seul mouvement ? »

On se sert encore du trèfle à quatre feuilles. Le meneur provoque d'abord un déplacement à l'aide d'une rotation simple et unique. Puis, quand les joueurs ont gagné leur position nouvelle, il leur demande : « Quel genre de tour faut-il faire, maintenant, pour revenir au camp en un seul mouvement ? » Il est évident que ce mouvement est l'inverse du mouvement de départ, mais les enfants ne le discernent pas toujours du premier coup, et certains y éprouvent de la difficulté. Là aussi, on peut varier le jeu en posant la question d'abord à toute l'équipe, puis à un seul joueur à la fois. On peut également employer des formes différentes, et changer la position initiale des joueurs, pour varier les perceptions.

1.26 *Quatrième jeu de rotation.* « Où va-t-on en deux mouvements ? »

On se sert, toujours, du trèfle à quatre feuilles. Cette fois, le tourneur dit aux joueurs : « Je vais faire un demi-tour, puis un à-droite. Où serez-vous alors ? » Les joueurs réfléchissent, discutent, le cas échéant, puis prennent position. Le tourneur exécute la première rotation, fait une pause, puis exécute la seconde rotation et, enfin, pose la plaque sur le sol dans sa nouvelle position. Les joueurs vérifient leur position en regardant leur nom sur la plaque. S'ils se sont trompés, ils regagnent leur camp et essaient de recommencer.

1.27 *Cinquième jeu de rotation.* « Comment rentrer au camp en un seul mouvement après l'avoir quitté en deux mouvements successifs ? »

Les joueurs se placent dans leurs camps d'origine, puis le tourneur joue à « Où va-t-on en deux mouvements ? », jeu auquel, en principe, les joueurs ont eu le temps de s'habituer. Quand ils auront gagné leur position, le tourneur demande : « Et maintenant, comment faut-il que je tourne ma plaque pour que vous reveniez au camp en un seul mouvement ? » Les joueurs en discutent entre eux et donnent la réponse (par exemple : « Fais un à-droite »). Le tourneur exécute la rotation et pose la plaque sur le sol. Il est facile, alors, de voir si la réponse était juste, car si elle ne l'était pas, les noms des joueurs ne seront pas en face de leurs camps respectifs. Il faudra alors recommencer.

1.28 *Sixième jeu de rotation.* *La poursuite*

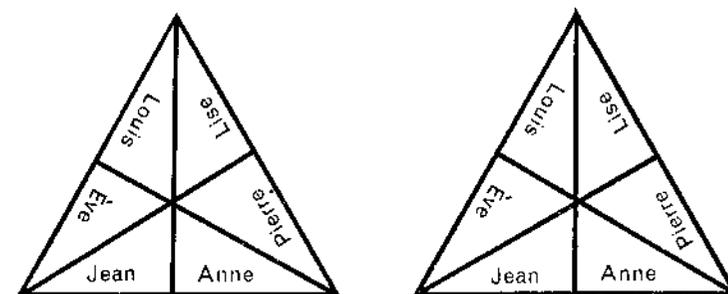
Ce jeu se joue comme celui qui a été décrit plus haut en 1.22. Le « lapin » décide, par exemple, de faire d'abord un quart de tour à

gauche, puis un demi-tour, et il faut ensuite que le chasseur le rattrape en un seul mouvement ; celui-ci sera, bien entendu, un quart de tour à droite. Si le « lapin » doit rentrer à son terrier en un seul mouvement, ce sera par un mouvement inverse de celui du chasseur, donc par un quart de tour à gauche.

On peut poursuivre, dans cette série, en prenant d'autres formes, et en ne manquant pas d'étudier, notamment, les effets du tour complet (qui équivaut à l'absence de tout mouvement).

Tous les jeux dont il vient d'être question ci-dessus peuvent se jouer avec deux figures superposées. Par exemple, on fait deux triangles

Fig. 15



L'un des triangles sera marqué sur ses deux faces (c'est-à-dire au recto et au verso, en veillant bien à ce que les inscriptions portées au verso soient exactement en dessous des inscriptions correspondantes portées au recto) tandis que l'autre ne portera d'inscriptions que sur une seule face ; on peut d'ailleurs se contenter de le dessiner par terre, puisque ce sera le triangle témoin, fixe, tandis que le premier sera mobile. Grâce à ces deux figures, au lieu de faire déplacer les enfants, on peut se contenter de leur faire deviner la position du triangle, et les vérifications se font en superposant les deux triangles.

On peut, naturellement, faire de même avec d'autres figures : carrés, rectangles, losanges, chiffres 8, trèfles à 3 ou à 4 feuilles, etc., pour bien faire comprendre aux enfants qu'on peut jouer aux mêmes jeux avec des figures très différentes.

Nous nous permettons de souligner une fois encore que si nos jeux sont indiqués dans un certain ordre, c'est uniquement parce que nous n'avons pas pu faire autrement ; mais il n'y a aucune nécessité de s'en tenir rigide à cet ordre. En fait, on peut très bien, par exemple, combiner très vite pivotements et rotations, d'autant plus que c'est parfois nécessaire : ainsi, le mouvement équivalent à deux pivotements successifs autour de deux axes de symétrie différents

n'est pas un pivotement autour d'un axe de symétrie mais une rotation dans le plan (1.21 ci-dessus).

Il existe, cependant, du point de vue psychologique, un certain ordre dans la succession des constructions mentales, entre les jeux état-opérateur-état et les jeux opérateur-opérateur-opérateur. Les jeux de « Où va-t-on ? » et de « Comment arriver là ? » sont des jeux état-opérateur-état. Dans le jeu « Où va-t-on ? » on a un premier état et l'opérateur qui agit sur cet état, et la question est de savoir quel état on obtient quand un certain opérateur agit sur un certain état. Dans le jeu « Comment arriver là ? » on donne l'état initial et l'état final, et la question est de savoir quel est l'opérateur qui produit ce changement d'état. Ces deux jeux sont le contraire l'un de l'autre.

Le troisième jeu, « Comment revenir au camp en un seul mouvement ? » est manifestement un jeu d'inverses, puisque, pour rétablir la situation initiale, à savoir celle d'être au camp, il faut exécuter le mouvement inverse de celui qui avait été nécessaire pour quitter le camp. C'est déjà, là, poser une question sur le mouvement lui-même. Tout mouvement, dans les jeux que nous avons décrits, comporte un mouvement inverse. La compréhension des propriétés des inverses conduit à une meilleure compréhension des relations entre l'addition et la soustraction, et plus tard entre la multiplication et la division.

L'étape suivante consiste à rechercher l'effet de deux mouvements consécutifs dans une situation particulière, c'est-à-dire à se demander, en présence d'un état initial connu, quel sera l'état final après application de deux opérateurs successifs.

Ce n'est pas le quatrième, mais le cinquième type de jeux de rotation qui conduit à la généralisation de cette étape. Dans les jeux de poursuite, ce qu'on recherche, c'est le *déplacement équivalent*, correspondant à deux mouvements consécutifs donnés. Les enfants ne se rendront compte de l'équivalence que lorsqu'ils verront que, *quelle que soit la situation au départ*, le chasseur recourt toujours à un certain mouvement pour rattraper le lapin, du moment que le lapin a exécuté certains mouvements, au nombre de deux, dans un certain ordre. Plus exactement, si le lapin exécute les deux mouvements A, B, dans cet ordre, le chasseur fera toujours le même mouvement unique, C, pour rattraper le lapin, quel qu'ait été le point de départ de la chasse. C'est pourquoi, d'ailleurs, il est bon de jouer au jeu de la poursuite de telle manière que toute succession donnée de deux mouvements du lapin soit exécutée à partir de tous les points de départ possibles de la chasse.

Ce n'est qu'après qu'on pourra se demander si l'ordre dans lequel le lapin exécute ses mouvements exerce une influence sur le mouvement du chasseur. On découvrira ainsi que dans les jeux à quatre positions (huit, trèfle à quatre feuilles, carré), cet ordre n'a aucune importance. Par contre, s'il s'agit des rotations ou des pivotements d'un triangle équilatéral, l'ordre est déterminant, et peut-être les enfants trouveront-ils là leur première expérience concrète de situations dans lesquelles l'ordre d'intervention des opérateurs affecte le résultat.

Deuxième partie

PRATIQUE DE LA MESURE

1. EXERCICES PRÉLIMINAIRES

Les faits, les événements qu'on observe dans la nature peuvent, d'un certain point de vue, être classés en deux catégories : ceux qui sont *continus*, ceux qui sont *discontinus*. Par exemple, quand on compte combien il y a de pommes dans un panier, le passage d'une pomme que l'on compte à la suivante n'est pas continu. Il en est de même des pas que l'on fait sur un chemin, car il n'y a aucun pas entre le premier et le second, entre le second et le troisième : chacun suit l'autre, en succession régulière. Par contre, beaucoup de phénomènes de la nature nous apparaissent comme continus : l'écoulement du temps, la croissance d'une plante, les déplacements dans l'espace, etc. La mesure ou le comptage d'événements discontinus n'offrent que peu de difficultés, mais il n'en est peut-être pas de même des événements continus. Comment mesurer la croissance ? Comment savoir qu'une chose est plus grande qu'une autre ? Comment mesurer la fuite du temps ?

Naturellement, l'enfant résout souvent ces questions d'un simple regard. Il voit bien que la maîtresse est plus grande que lui, et il n'y trouve aucune difficulté. Il n'a aucun besoin de mesurer la maîtresse ; surtout quand il est tout jeune, il se tire de situations de ce genre à l'aide de ses sens, uniquement. L'analyse ne lui est pas nécessaire.

Il vient un moment, toutefois, où la nécessité d'une mesure se fait sentir - mesure de la distance, mesure de la capacité, mesure du poids, etc. C'est de ce genre de mesures que nous traiterons ici.

Comment compare-t-on deux poids, par exemple ? Il est facile à un enfant de vous dire qu'un livre est plus lourd qu'un autre, s'il peut en éprouver le poids avec les mains. Mais si on lui donne deux livres qui ont à peu près le même poids, il aura du mal à trancher. Il se peut qu'il réponde : « C'est peut-être celui-ci ! » ou « Je ne sais pas. » Dans un tel cas, il n'y a qu'une manière de résoudre la difficulté, c'est de recourir à la mesure. Pour mesurer une quantité qui change de manière continue, on choisit une quantité unitaire arbitraire, et on mesure la croissance, la variation, en fonction de cette quantité unitaire choisie.

Distance

Supposons qu'on veuille mesurer la distance entre deux murs opposés de la classe : on peut, si l'on veut, prendre un livre, n'importe quel livre, et voir combien de fois on peut le poser sur le sol entre les deux murs ; la distance sera de « tant de livres ». Ou, mieux encore, on peut prendre les cahiers des enfants, s'ils sont tous du même modèle, et les poser bout à bout entre les deux murs. On compte ensuite le nombre de cahiers et on a la distance. Mais c'est déplacer le problème, c'est provoquer la question qu'un enfant pourrait très bien poser : « Et un cahier, c'est long comment ? » Il faut alors trouver une unité plus petite pour mesurer le cahier ; on peut chercher, par exemple, combien un cahier « fait » de boîtes d'allumettes, et en déduire, même, la longueur de la classe en boîtes d'allumettes. Mais « quelle est la longueur d'une boîte d'allumettes ? » On peut la mesurer avec des pièces d'un centime, et ainsi de suite. C'est évidemment là la plus petite unité pratiquement utilisable pour mesurer la longueur. Et si on veut que le résultat obtenu soit utilisable par d'autres, qui n'ont pas assisté à l'opération, il est non moins évident qu'il faut que l'unité choisie soit nettement définie et acceptée par tous ceux qui, eux aussi, veulent mesurer la longueur.

Temps

Même chose en ce qui concerne le temps. Supposons qu'on veuille savoir combien de temps il faut à quelqu'un pour faire un certain travail, son devoir, par exemple. Il faudra se servir d'un procédé quelconque de mesure du temps. Supposons qu'on prenne un sablier. On le retourne au moment où le travail commence et, chaque fois que le sable a fini de s'écouler, on le retourne de nouveau. En définitive, le nombre de fois qu'on l'a retourné constitue une mesure du temps mis à exécuter le travail. Mais, là encore, la question ne manquera pas d'être posée : « Et le sable, il lui faut combien de temps pour s'écouler ? » Il faut, alors, trouver une unité de mesure plus petite. On peut, peut-être, laisser un robinet couler goutte à goutte, ou frapper du pied sur le sol en cadence, et dire qu'il faut « tant » de gouttes pour qu'un sablier se vide. Mais alors, quelqu'un pourra demander combien de temps il y a entre deux gouttes, etc.

Poids

Et c'est encore la même chose avec le poids. De combien un objet est-il plus lourd qu'un autre ? On peut, par exemple, mettre un objet sur un plateau d'une balance et l'autre sur l'autre plateau, et compter les objets qu'on ajoute pour établir l'équilibre entre les deux plateaux. Prenons, par exemple, des clous moyens de 5 cm de longueur et supposons qu'il ait fallu cinq clous dans l'un des plateaux pour rétablir l'équilibre. On peut dire que l'objet le plus lourd est « plus

lourd de cinq clous » que le plus léger. Mais alors, quelqu'un peut demander : « Et le plus léger, il est plus lourd que les clous de combien ? » ou « Il est plus lourd qu'un clou de combien ? » On peut répondre en posant un clou dans un des plateaux, l'objet léger dans l'autre, puis ajouter des clous dans le premier plateau jusqu'à obtention de l'équilibre. Mais il peut se faire qu'on n'arrive pas à trouver la différence ; il se peut qu'après avoir mis dix clous dans le premier plateau, la balance penche encore du côté de l'objet, qui est dans le second plateau, et que si on ajoute un clou de plus dans le premier plateau, la balance penche de l'autre côté. On pourrait alors dire que ces clous ne font pas bien l'affaire, et en prendre des plus petits, ou des pièces d'un centime, ou tous autres objets égaux entre eux quant au poids et en fonction desquels on puisse mesurer le poids.

Il faut donner aux enfants l'occasion de découvrir que les unités qu'ils utilisent pour mesurer des quantités à variation continue sont tout à fait arbitraires. Il n'y a, mathématiquement, aucune différence entre l'utilisation de clous pour mesurer le poids d'une noix de coco et l'utilisation, à cette même fin, de poids du système métrique. Naturellement, pour des raisons d'ordre social, il est nécessaire de disposer d'un système unifié de mesures de poids, de longueur ou de temps. Si, en effet, on disait à quelqu'un : « Venez quand j'aurai tapé par terre deux mille fois », cette personne arriverait plus ou moins tard suivant qu'on aurait tapé plus ou moins vite. De même pour les clous. On ne manquerait pas de demander de quelle sorte de clous il s'agit. Aussi a-t-on créé un système normalisé de mesures de longueur, de poids, de capacité, de temps. Mais ce qu'il faut bien voir, c'est qu'à l'origine, ces mesures ont été choisies tout à fait arbitrairement.

2. DÉCOUVERTE DE LA MESURE

Considérons d'abord la mesure des distances. Comme il est souhaitable d'utiliser toutes sortes de longueurs arbitraires, pour bien mettre en lumière leur caractère arbitraire, il faut prévoir des quantités assez importantes de baguettes de bois de différentes longueurs, à l'entière discrétion du maître. Par exemple, on pourra prendre des unités de 10 cm de longueur, d'autres de la longueur de la chaussure de Marie-Jeanne, et ainsi de suite.

Après avoir choisi l'unité arbitraire de mesure qu'on va utiliser, on peut en prendre une cinquantaine d'exemplaires, emmener les enfants dans la cour et y disposer deux pierres à une certaine distance l'une de l'autre. Puis on demandera aux enfants combien de baguettes de bois on pourrait placer bout à bout entre les deux pierres. Ce sera pour eux une première expérience d'estimation des longueurs. Un enfant dira : « Dix », d'autres : « Vingt-cinq », d'autres encore : « Trois. » Les jeunes enfants n'ont aucune idée de la longueur en fonction d'une autre longueur tant qu'ils n'en ont pas acquis une cer-

taine pratique ; aussi pourra-t-on jouer un jeu de groupe, chaque enfant devant, à son tour, deviner combien il y a d'unités d'une pierre à l'autre. Une fois notées toutes les estimations, on vérifie en posant les baguettes de bois en ligne... aussi droite que possible, bout à bout, et on compte. Celui qui a deviné le plus près de la vérité prend les deux pierres, va les poser ailleurs, et on recommence la partie. Il faut jouer ces jeux avec des unités différentes.

On peut naturellement organiser des jeux semblables dans la salle de classe et poser des questions assez différentes, comme : « Si on mettait cette armoire entre la fenêtre et le tableau, est-ce qu'il y aurait assez de place pour la mettre ? » ou encore « Est-ce qu'il reste de la place pour mettre une chaise entre ces deux armoires ? » Pour la chaise, on peut en décider en essayant, mais pour l'armoire, c'est plus difficile, et les enfants découvrent l'intérêt et l'utilité de la mesure. La condition pour y parvenir, c'est de toujours choisir des situations qui aient un sens pour eux.

Après avoir ainsi joué avec des unités arbitraires, les enfants les échangeront contre des unités correspondant à des unités légales, décimètre, mètre, ou encore verge, pied et pouce, et recommenceront tous ces jeux. On peut alors leur demander combien ils peuvent mettre de baguettes d'un mètre, ou d'un décimètre, entre les deux pierres. Au bout d'un certain temps, ils saisiront qu'il y a une relation entre ces unités, qu'il y en a une qui est dix fois (ou trois fois) plus longue que l'autre. On peut aussi introduire des longueurs d'un centimètre, peut-être même des centimètres carrés découpés dans du linoléum ou dans du bois, et ce sera particulièrement instructif si, par exemple, les règles et réglottes d'un mètre et d'un décimètre ont été découpées dans du matériau d'un centimètre de largeur.

Jusqu'à présent, toutefois, les mesures n'ont été effectuées qu'avec une seule et même unité de longueur chaque fois, en mettant bout à bout des éléments de cette unité et en comptant ensuite ces éléments. Les enfants ont compris qu'on a remplacé ces diverses mesures arbitraires par quelques mesures « spéciales » dont on leur aura donné les noms sur leur demande.

Mais les enfants vont sans doute découvrir alors que certaines longueurs ne sont pas exactement mesurables en fonction de l'unité utilisée, et ils ne se sentiront pas satisfaits d'avoir laissé, au bout, une certaine longueur qu'ils n'ont pas pu mesurer. Il est bon que ce petit problème se pose de lui-même à l'occasion d'une mesure effectuée avec des règles d'un mètre (ou d'une verge) : les enfants ne seront pas longs à s'apercevoir qu'on peut se servir des décimètres ou des pieds pour « remplir le trou ». Et si les décimètres (ou les pieds) n'y suffisent pas, ils recourront aux morceaux d'un centimètre (ou d'un pouce), de sorte que peu à peu se construira la notion de mesure effectuée d'abord avec des unités de grandes dimensions, puis avec des unités de plus en plus petites.

Au stade suivant se forme l'idée de mesure sans recourir à un si grand nombre de pièces unitaires. La maîtresse pose deux pierres

à un nombre rond de mètres de distance l'une de l'autre et demande aux enfants : « Est-ce que vous pouvez mesurer la distance entre ces deux pierres avec une seule mesure d'un mètre ? » La solution de ce petit problème demande parfois un certain temps, mais habituellement, il y a quelques enfants, plus doués, qui se mettent à essayer. On verra que l'idée leur vient très vite de poser la règle sur le sol, de faire une marque, de reporter la règle, de refaire une marque, et ainsi de suite, puis de compter le nombre de marques pour savoir combien ils ont posé de mètres. L'étape suivante consiste à compter les mètres au fur et à mesure, plutôt que de se fier aux marques faites sur la règle ou sur le sol. On passera ensuite assez facilement du mètre au décimètre et aux centimètres.

Bien entendu, on ne peut pas faire mesurer les enfants tant qu'ils ne savent pas compter et qu'ils n'ont pas acquis au moins cette notion élémentaire du nombre qui découle de l'addition. Une fois maîtrisée l'addition des nombres, on peut aussi, bien entendu, procéder à des additions de longueurs ou d'expressions de cette longueur en fonction de diverses unités. Par exemple, supposons que les enfants, mesurant la distance entre deux arbres de la cour, aient trouvé sept barres d'un mètre, neuf barres d'un décimètre et quinze pièces d'un centimètre¹. (Et c'est ce qui arrive assez souvent dans la réalité avec de jeunes enfants!) Si on les encourage à recommencer, il se peut qu'ils découvrent qu'on peut remplacer dix des quinze bouts d'un centimètre par une réglotte d'un décimètre, ce qui fait, entre les deux arbres, sept mètres, dix décimètres et cinq centimètres. Un autre enfant remarquera peut-être que si on a dix baguettes d'un décimètre on peut les remplacer par une baguette d'un mètre, de sorte que, finalement, ils aboutiront à huit mètres, pas de décimètres et cinq centimètres. Il faut, bien entendu, de nombreux exercices avant que les enfants saisissent pleinement l'équivalence entre une longueur exprimée d'une certaine manière et la même longueur exprimée d'une autre manière. C'est d'ailleurs une activité qu'il faut, autant que possible, mener de pair avec celle des échanges avec des blocs multibases. (Voir : *Ensembles, Nombres, Puissances.*)

Il ne faut cependant pas s'attendre à ce que les enfants soient déjà capables de se servir d'un double-décimètre gradué d'écolier sans la moindre aide. La plupart de ces instruments sont trop finement gradués pour de jeunes enfants et il vaut mieux commencer avec des règles graduées seulement en centimètres ou en pouces. Les enfants se trouveront ainsi conduits à découvrir le lien entre ces graduations et les baguettes isolées d'un centimètre ou d'un décimètre. Il est très important, d'ailleurs, d'utiliser des décimètres ayant juste un décimètre de long, ce qui n'est généralement pas le cas des instruments vendus dans le commerce, qui sont presque toujours plus longs.

1. Ou encore onze baguettes d'une verge, deux d'un pied et dix d'un pouce. (Nous donnons ces mesures pour nos lecteurs canadiens.)

Nous avons décrit avec beaucoup de détails tout le processus d'acquisition de la notion de mesure de longueur. Il faut passer par les mêmes étapes en matière de surface ou de volume.

3. MESURE DU TEMPS

L'estimation du temps constitue également une activité importante. Nous avons déjà parlé du sablier, et il est bon de recourir à d'autres moyens analogues avant d'aborder les pendules et les montres, par exemple à la « bougie d'horloge ». Elle est très facile à réaliser. Il suffit de prendre une bougie très mince, qui brûle vite, et d'y marquer des graduations espacées d'un centimètre. On peut aussi taper du pied, compter les gouttes qui tombent du robinet, et ainsi de suite, peu importe ; c'est au maître d'en décider, mais ce qui est important, c'est qu'il adopte au moins deux moyens différents. Il faut insister aussi sur le fait que la mesure du temps, comme celle des longueurs, commence par l'emploi d'unités arbitraires.

Des unités arbitraires on passe à l'emploi des secondes et des minutes, qui sont d'ailleurs des unités usuelles de mesure déjà connues des enfants, car elles font partie de leur univers quotidien. Il est très utile, dans une classe maternelle, d'avoir un chronomètre : on s'aperçoit avec un peu de pratique que les enfants sont tout à fait capables d'évaluer le temps à une ou deux secondes près. Si les adultes n'y parviennent pas toujours, c'est plutôt faute de pratique qu'en raison d'une difficulté inhérente à l'opération. Comme pour la mesure des longueurs, il faut donner à la mesure du temps une motivation : ainsi minutes et secondes pourront prendre un sens si elles sont utilisées pour mesurer la durée d'une tâche exécutée par les enfants. Par exemple, on peut mesurer combien il faut de temps à un enfant pour faire le tour de la classe, ou tout autre circuit à l'intérieur de l'école. Par exemple, on les fera aller, à tour de rôle, jusqu'à la porte, puis dans le couloir, jusqu'à la porte de la classe suivante, et revenir au point de départ, en mesurant chaque fois le temps qui s'est écoulé. Très tôt, les enfants remarquent que certains marcheurs mettent plus de temps, d'autres moins, et cette constatation conduit à la notion de vitesse. Mais il faut beaucoup d'expériences avant que les enfants comprennent que quand on marche plus vite on met moins de temps, et que quand on marche moins vite on met plus de temps. A ce sujet, un bon exercice consiste à tracer une piste de course sur laquelle les enfants peuvent d'abord marcher normalement, puis marcher vite, puis courir, puis courir de toutes leurs forces, en mesurant chaque fois le temps. A l'aide d'expériences de ce genre, les enfants se font une idée de ce qu'est la mesure de la vitesse – telle distance couverte dans tel temps –, et on peut, par exemple, adopter comme unité de vitesse le nombre de mètres parcourus en tant de secondes, ce qui a beaucoup plus de sens que le nombre de kilomètres par heure. Un enfant de cet âge ne fait jamais cinq à six kilomètres à la fois, et, en tout cas,

une heure est une durée beaucoup trop longue pour commencer ; si on veut procurer des expériences accessibles aux enfants de la maternelle ou du cours préparatoire, il faut leur faire mesurer en mètres par seconde la vitesse à laquelle ils peuvent marcher.

Un autre excellent exercice, qui peut aider les enfants à acquérir de l'expérience dans l'estimation et la mesure du temps, peut être réalisé avec un plan incliné. Il faut disposer d'une planche assez longue, inclinée sous un certain angle, qu'on ne mesurera pas, mais qui sera connu du maître ; on y fera descendre des objets ronds, en mesurant le temps qu'il faut à chacun pour arriver en bas. Quand on modifie la pente, il faut le faire d'une manière très visible pour les enfants. Après l'avoir ainsi modifiée, on y fait à nouveau rouler des objets. On mesure les temps, et les enfants découvrent qu'il faut plus de temps aux objets pour faire leur parcours si la pente est faible, et moins de temps si elle est forte.

Comme dans le cas des mesures de longueurs, surtout si on se sert d'un chronomètre à poussoir, les enfants découvrent les relations entre secondes et minutes, ces deux unités étant l'une et l'autre dans les limites de leur capacité d'attention. Cependant, le nombre « 60 » est trop grand pour être saisi de manière immédiate, et il ne faut pas compter l'employer, sauf avec les enfants les plus doués.

Quant à l'unité de mesure qu'est le « jour », elle est accessible aux enfants, si l'on s'en sert pour mesurer l'accomplissement d'une tâche : un dessin que François a terminé en trois jours et Henri en quatre jours, etc. On note chaque jour consacré à l'accomplissement d'une tâche. Par contre, il s'établit souvent une confusion dans leur esprit, à ce stade, entre la « semaine scolaire » de cinq jours et la semaine complète de sept jours. Aussi est-il peut-être préférable de renvoyer au moins à la seconde année d'école toute considération de relations entre les jours et la semaine.

4. MESURE DE LA CAPACITÉ

On peut aborder les mesures de capacité de manière analogue. Il faut plusieurs récipients différents dans lesquels on puisse mettre de l'eau ; ils seront d'ailleurs de différentes formes. Nous avons débuté avec des bouteilles et flacons de diverses tailles, essentiellement parce qu'il est facile de se les procurer : bouteilles d'un litre, bouteilles de trois quarts, d'un demi-litre, petits flacons de pharmacie de diverses contenance et même, avec un peu de chance, grandes bouteilles de deux litres d'eau de javel, magnums de champagne, etc. On peut les marquer A, B, C, D, E par ordre de contenance (pour commencer, on les traitera comme des mesures arbitraires) et, en même temps, utiliser des casseroles, des poêles à frire, des moules à tarte et autres récipients plats, car il est essentiel pour les enfants d'acquiescer de l'expérience avec des récipients de même capacité mais de forme différente. Là encore, on commence par des estimations,

en prenant les différentes bouteilles et en demandant aux enfants d'évaluer, par exemple, combien il y a de « bouteilles A » dans la « bouteille E ». Même avec un entonnoir, l'exercice est difficile pour les jeunes, qui répandent beaucoup d'eau et, parfois, ne savent plus où ils en sont. Il devient encore plus difficile si on dit à l'enfant de remettre dans de plus petites bouteilles l'eau qui vient d'être versée dans la grande, afin de vérifier, par comptage, la réponse précédente. En fait, il faut un certain temps aux enfants pour admettre que cette opération inverse constitue bien une contre-épreuve. Il faut donc répéter assez souvent tous ces exercices : remplir un grand flacon avec des petits, reverser dans les petits le contenu du grand. Il faut, aussi, faire verser le contenu d'une bouteille dans une casserole ou dans un récipient plat de même capacité (car les enfants, on le verra, ont tendance à se figurer qu'un récipient haut contient plus de liquide qu'un récipient de faible hauteur, même après avoir versé la même quantité de liquide dans les deux).

A partir des unités arbitraires, les enfants passeront aux « litres » et autres mesures conventionnelles, et ne mettront pas longtemps à saisir les relations qui existent entre elles. On utilisera les concepts nombres dont ils disposent déjà d'une façon sûre.

Il est très intéressant de faire des exercices d'estimation de volume, car ils conduisent à la notion, extrêmement importante, de conservation de la quantité. Les enfants auront l'occasion de voir qu'il peut y avoir autant d'eau dans un récipient large et plat que dans un récipient haut et étroit et que le volume de l'eau ne dépend pas de la manière dont elle est répartie. Au début, les enfants ont de la peine à le comprendre, mais on peut se demander si cela ne vient pas simplement du fait qu'ils n'ont jamais eu l'occasion de faire des expériences de ce genre. Si les enfants font et refont des exercices à ce sujet, versant toujours la même quantité d'eau dans des récipients de diverses formes et de diverses tailles, ils se rendent compte que c'est la même eau, et qu'il ne peut pas y en avoir plus dans le récipient haut et étroit que dans le récipient large et plat. Ou alors, il faudra leur demander d'où elle vient, s'il y en a plus.

5. MESURE DU POIDS

On introduira la mesure du poids en suivant la même progression. Pour commencer, on fera porter deux objets de poids sensiblement différent ; on fera évaluer quel est « le plus lourd » ou « le plus léger » ou s'ils sont « pareils ». Tout cela dépendra, bien entendu, de la manière dont les concepts de comparaison auront été acquis antérieurement par le moyen des jeux de formation de concepts. S'ils ne l'ont pas été encore, les premiers jeux sur les poids contribueront à les introduire. Puis on présentera la balance ordinaire, avec ses deux plateaux, et, pour commencer, on y mettra des objets de même poids, pour montrer que le fléau reste à l'horizontale. Puis on prendra deux objets de poids

nettement différent – et dont les enfants auront eu l'occasion d'apprécier la différence en les prenant dans les mains. On les mettra sur les plateaux de la balance, qui penchera d'un côté : il faudra alors laisser les enfants reprendre eux-mêmes les objets sur les plateaux pour sentir si c'est le plus lourd ou le plus léger qui fait pencher la balance. Puis on inversera les objets, et les enfants verront que c'est encore l'objet le plus lourd qui est en bas.

Vient ensuite une étape essentielle, celle où, avec deux objets de poids inégaux, on s'efforce de rétablir l'équilibre, ce qui revient à chercher *de combien* l'un est plus lourd que l'autre. On prendra des clous, ou des pièces d'un centime, peu importe, et on comptera ces unités arbitraires de poids pour mesurer la différence. A ce stade, certains enfants particulièrement doués se rendront compte qu'ils ont mesuré la différence de poids entre les deux objets, mais qu'ils n'ont pas mesuré le poids des objets eux-mêmes, et ils demanderont à le faire. Nous avons constaté, quant à nous, que nos enfants aimaient tenir les objets à la main et estimer combien ils représentent de clous ou de piécettes de monnaie – parfois, même, ils gardent l'objet dans une main tandis qu'avec l'autre ils ramassent des clous et soupèsent jusqu'à ce qu'ils croient avoir trouvé le même poids. Puis ils mettent l'objet dans un des plateaux et l'ensemble de clous ou de pièces dans l'autre, et s'il n'y a pas équilibre, ils ajoutent ou retirent des clous jusqu'à ce que le fléau soit « bien droit ». Bien entendu, puisqu'on est au stade des unités arbitraires, il n'y a aucune raison de ne pas prendre des unités plus petites, comme des clous de tapissier, par exemple. On leur fait peser ainsi quantité d'objets variés, choisis, pour que l'expérience ait toute sa signification, dans leur entourage immédiat.

L'étape suivante consiste à leur faire équilibrer l'objet d'abord avec des gros clous, puis avec des petits. Cela fait, la maîtresse demande : « Qu'est-ce qui est plus lourd, votre ensemble de gros clous ou celui de petits clous ? » ou encore « Quel est le tas de clous où il y a le plus de fer ? Le tas de gros clous ou le tas de petits ? » Et alors, bien que les enfants aient « pesé » le même objet avec les gros clous et avec les petits, on s'aperçoit qu'ils répondent, presque toujours, qu'il y a plus de fer dans les gros, qu'ils sont plus lourds. Le moment est donc venu de peser l'un des ensembles de clous avec l'autre, pour qu'ils constatent qu'ils ont le même poids. Tout cela a été fait avec des « unités » arbitraires de poids.

Il est temps maintenant d'introduire les unités légales. On remplace donc les tas de clous par des tas de poids de 1 gramme ou de 1 once. On procède comme auparavant, mais les enfants savent que, cette fois, tous les poids sont pareils. On se met à peser, mais les enfants savent qu'il n'y a plus, désormais, des « petits grammes » ou des « grands grammes » comme il y avait des petits clous et des grands clous. On pèse donc avec des grammes, jusqu'à ce que la maîtresse présente des poids de dix grammes et que les enfants découvrent d'eux-mêmes que ces derniers peuvent remplacer chacun dix poids d'un gramme.

Il sera très amusant de présenter, peu à peu, la collection complète des poids cylindriques en laiton, avec son système de multiples :

1 g	2 g	5 g
10 g	20 g	50 g
100 g	200 g	500 g

ainsi que les poids en fonte. Dans tous les cas, il faut laisser les enfants découvrir eux-mêmes les correspondances et les équivalences, et faire pratiquer les exercices de pesée en mettant l'objet dans un des plateaux de la balance et, dans l'autre, de gros poids d'abord, puis des poids de plus en plus petits, jusqu'à obtention de l'équilibre. Il se peut qu'ils trouvent qu'un objet pèse, par exemple, 1 kg et 2 poids de 500 g et 4 poids de 100 g à condition d'avoir à la disposition deux séries. On leur demandera alors si on ne pourrait pas faire autrement, et ils trouveront qu'on peut remplacer les deux poids de 500 g par un poids d'un kilogramme et énoncer le poids de l'objet sous la forme : « 2 kilogrammes et 400 grammes ». Nous avons déjà rencontré cette situation à propos de la mesure des longueurs, mais il faut la reprendre avec toutes les variantes possibles.

6. MESURE DES AIRES

Il nous est apparu utile d'introduire à ce stade la mesure des aires, mais sans la développer autant que les autres mesures. Là encore, on commence par des mesures arbitraires – des carrés découpés dans du carton ou du linoléum, de 12 comme de 25 cm de côté, aussi bien que des carreaux de céramique du commerce (les carreaux de sol ont souvent 10 cm de côté, mais certains carrelages muraux sont de 11 cm, peu importe, puisqu'on ne cherche pas à tomber exactement dans le système métrique), et on s'exerce à « couvrir ». On mesure ainsi, à l'aide de ces mesures arbitraires, la surface de carrés ou de rectangles tracés à la craie sur le sol, le dessus des tables et des chaises, les couvertures de livres avec des carrés plus petits (on trouve des carreaux de céramique d'environ 3 cm de côté). Les enfants posent leurs carrés sur la surface à mesurer, en s'arrangeant pour la couvrir complètement (au début, on choisira des formes telles que cela « tombe juste »), puis comptent le nombre de carreaux posés. Peu à peu, on enlève les unités arbitraires, en ne laissant que des carrés d'un décimètre et d'un centimètre de côté. On peut même avoir quelques panneaux en fibres agglomérées d'un mètre de côté, pour mesurer dans la cour, mais comme ce serait trop encombrant – pour ne rien dire du prix – d'en avoir en grand nombre, on pourra faire des reports en traçant les contours à la craie sur le sol et en comptant le nombre de carrés ainsi dessinés. On terminera en effectuant la mesure de surfaces nécessitant l'utilisation successive d'unités de plus en plus petites pour achever le « recouvrement » commencé avec de grandes unités.

Ce qu'il est essentiel de bien comprendre, en tout cas, c'est qu'il faut que les enfants découvrent eux-mêmes les relations existant entre les diverses unités. Qu'ils apprennent alors qu'il y a dix centimètres dans un décimètre passe encore, mais ce qu'il faut à tout prix éviter, c'est de leur faire apprendre par cœur des tables d'équivalence sans qu'ils les aient découvertes eux-mêmes. La découverte personnelle au travers d'expériences réelles est indispensable ; et il ne suffit pas d'une expérience isolée : il en faut une multitude, afin que l'enfant en tire sa conviction, et puisse s'y reporter si, par la suite, il venait à oublier.

Certains maîtres penseront sans doute que c'est consacrer bien du temps pour ne pas apprendre grand-chose, que les enfants n'acquièrent pas, de la sorte, assez de « données », de « faits », pour justifier le nombre de leçons qu'il y faut consacrer. Il n'en est rien. Il y a assez longtemps qu'on fait apprendre par cœur pour savoir que le psittacisme n'est qu'un médiocre substitut d'expériences de ce genre¹.

1. L'absence de telles expériences dans les méthodes traditionnelles a des conséquences assez graves dans les pays en voie de développement où trop souvent des élèves invités à évaluer la longueur d'une salle p. ex., répondront indifféremment 5 mm ou 1 mètre, etc. Ils ont appris par cœur des mots qui sont restés vides de sens. (N. D. É.)

JEUX DESTINÉS A FACILITER L'INTRODUCTION DE LA PRATIQUE DE LA MESURE

Il est conseillé aux maîtres d'organiser les exercices concernant la mesure de manière à mener de front l'étude des divers aspects : distances, temps, poids, etc. Ces exercices dépendront du niveau atteint par l'enfant dans la connaissance du nombre ; cependant, il n'est pas indispensable que l'enfant ait atteint une compréhension complète de tous les aspects, aussi bien cardinal qu'ordinal, du nombre. Il arrive d'ailleurs que la compréhension du nombre sorte renforcée de l'application, faite à la mesure, des notions déjà acquises.

Nous appelons l'attention des maîtres sur certains jeux préparatoires intéressant les concepts, que nous avons rangés dans les jeux conduisant à l'étude de la géométrie ; il est entendu que ces jeux doivent précéder les jeux de mesure tout comme ils précèdent les jeux sur la géométrie. D'ailleurs, on trouvera certains de ces jeux dans le présent chapitre, en raison même de leur relation directe avec les mesures.

JEUX CONDUISANT À LA COMPRÉHENSION DE LA MESURE DES LONGUEURS

2.1 *Jeux conceptuels*

L'étude de la mesure des longueurs implique la compréhension de concepts tels que *plus long que, plus court que, aussi long que, plus haut que, aussi haut que, plus grand que, plus petit que, aussi grand que, plus près que, plus loin que, aussi loin que, étroit, large, plus étroit que, plus large que, épais, mince*, et ainsi de suite, sous réserve que, dans chaque cas, le concept soit limité à la mesure des longueurs.

Quand un enfant arrive à l'école, le maître ne connaît pas l'étendue de son expérience antérieure et de la formation de ses concepts ; aussi faut-il organiser des exercices en groupes, permettant au maître de se faire une idée de l'état de développement de chaque enfant dans ces domaines, exercices qui, de surcroît, aideront certains enfants à rattraper un éventuel retard.

On prendra, comme nous l'avons déjà dit, un plateau contenant divers objets, et on demandera aux enfants de choisir un crayon « plus court que » celui qu'on leur montre, ou une boîte « plus large », et ainsi de suite. Les enfants eux-mêmes peuvent servir de comparaison pour établir « plus grand que » ou « plus petit que », à condition de limiter la comparaison à deux enfants à la fois, à ce stade du développement. On

peut recourir aux objets de la classe ou de la cour en matière de concepts de distance, et on peut d'ailleurs demander aux enfants de disposer des objets satisfaisant à diverses conditions d'éloignement ou de rapprochement. Il ne faut pas aller trop vite, et il n'est pas mauvais que la maîtresse note sur un carnet les constatations tirées de plusieurs expériences, afin d'être sûre que chaque enfant a bien compris de quoi il s'agit dans chaque cas. S'il existe un concept qui fasse sentir à l'enfant le besoin d'une mesure de longueur (faible différence de taille ou de distance), il faudra l'introduire à ce moment, et s'assurer qu'il a été bien compris, avant d'aller plus loin.

Cependant, les opérations de mesure elles-mêmes ne sont pas conseillées à ce stade. Tout ce qu'on peut laisser faire aux enfants, c'est de placer les objets côte à côte, pour faciliter la comparaison, mais il faut qu'ils décident de la différence en se référant uniquement à leur perception.

2.2 Disposition par ordre de taille

Il s'agit d'une extension des jeux précédents. Au lieu de se contenter de décider si un objet est, par exemple, « plus long » qu'un autre, on peut en comparer plusieurs (trois et davantage) en les faisant ranger par les enfants selon la taille, la distance, etc., mais toujours en fonction de la seule *perception* sans qu'intervienne la mesure. Il y a des enfants qui, du début, ont du mal à comprendre ce qu'on entend par « par ordre de taille », mais, quand ils ont vu plusieurs fois des rangements selon la taille, ces difficultés disparaissent. Ce qu'ils aiment beaucoup, c'est comparer la taille de leurs camarades de classe. Nous croyons que, dans cette phase, il est préférable de présenter des différences bien tranchées, afin d'écarter tout besoin de mesure.

2.3 Évaluer des distances

C'est dans la salle de classe qu'il faut, de préférence, commencer ces jeux, à l'aide du mobilier, par exemple. La maîtresse demande : « Si on laisse la grande armoire dans le coin, croyez-vous que je pourrais mettre mon bureau et la petite armoire le long de ce mur, ou est-ce qu'il n'y aura pas assez de place ? » A de telles questions, les enfants réagissent de diverses manières. Certains lancent une réponse, n'importe laquelle, au hasard, d'autres, jugeant sans doute la question au-dessus de leurs forces, demeurent muets, d'autres enfin examinent la longueur des meubles en question et proposent des réponses. La maîtresse peut alors dire : « Eh bien, si on essayait ! » Les enfants aident à déplacer les meubles, et on voit ce qui se passe. A partir de cette première expérience, qui aura fourni des éléments de comparaison, la maîtresse peut demander : « Et cette chaise, est-ce qu'on va pouvoir la mettre aussi ? » La question est plus facile, car les enfants sont aidés par le problème précédent et, en outre, la distance à apprécier est plus faible. Cette

fois, on obtient des réponses plus nettes, et de la part d'un plus grand nombre d'enfants. Puis, la maîtresse demande : « Croyez-vous qu'on pourrait mettre une de vos tables de chaque côté du piano ? » et pose d'autres questions du même genre ; les réponses seront d'abord des évaluations, suivies d'un contrôle par déplacement des meubles. On peut même introduire la notion de « combien de » dans certaines questions : « Combien de tables pourrait-on mettre entre la fenêtre et le tableau noir ? »

Après quelques questions de ce genre, l'intérêt se portera sur les gros meubles, qu'on ne peut pas déplacer : la grande armoire, le piano. Les enfants réfléchissent plus ou moins longuement, les réponses diffèrent et on discute. A un moment donné, la maîtresse intervient et dit : « De toute façon, on ne peut pas les déplacer, car ils sont trop lourds. Comment pourrait-on faire pour voir qui a raison ? » Généralement, il y a au moins un enfant qui propose de voir quelle est la longueur du piano, et de la marquer sur le sol. A défaut, la maîtresse trouvera bien le moyen d'amener les enfants à découvrir qu'on est dans une situation où il faut effectuer une mesure, d'une manière ou d'une autre.

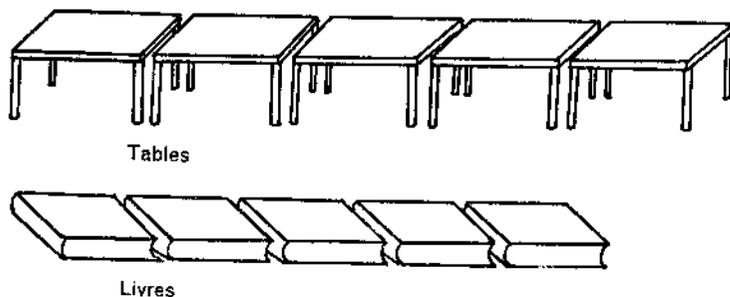
On peut également mettre en évidence cette nécessité d'une mesure en essayant de comparer des tailles d'enfants peu différentes. (Dans les jeux précédents, on avait pris des enfants de tailles nettement différenciées.) Ou encore, on pose deux pierres dans la cour, à des distances sensiblement équivalentes, et on demande leur avis aux enfants. Là encore, après discussion, les enfants conviennent qu'il faut mesurer.

2.4 Introduction d'unités arbitraires de longueur

Les jeux suivants interviennent aussitôt que les enfants ont senti la nécessité d'un mode quelconque de mesure des longueurs. La maîtresse peut alors demander : « Quelle distance y a-t-il d'ici au mur ? » et, bien entendu, les enfants ne savent que répondre, puisqu'ils n'ont encore aucune expérience de la mesure. Par contre, ils ont déjà rencontré des questions comme : « Combien peut-on mettre de tables entre ces deux murs ? » Certains répondront peut-être : « Cela fait (à peu près) six tables. » C'est donc qu'ils utilisent leur table comme unité arbitraire de longueur. Si cette réponse n'apparaît pas d'elle-même, la maîtresse peut la susciter en demandant : « Eh bien, combien croyez-vous qu'on pourrait mettre de tables entre le tableau et le fond de la classe, en les mettant bout à bout, comme dans notre dernier jeu ? » Les réponses diffèrent, et on vérifie en faisant le déménagement. On compte, et on décide, après quelque hésitation, que cela fait à peu près dix tables. La maîtresse peut alors demander s'il n'y a pas autre chose, dans la classe, qu'on pourrait utiliser pour mieux mesurer. En général, les enfants proposent de prendre les chaises, et on exécute l'opération. On trouve, par exemple, vingt chaises. On peut ensuite prendre les cahiers, les aligner bout à bout sur le sol, et trouver qu'il

en fait quarante. La longueur de la classe est donc « égale » à « dix tables » ou « vingt chaises » ou « quarante cahiers ».

Fig. 16 MESURES ARBITRAIRES DE LONGUEUR



On peut ensuite, avec les mêmes unités arbitraires, mesurer d'autres distances. Puis la maîtresse introduit d'autres unités arbitraires, par exemple un morceau de bois d'une longueur quelconque. Elle en possède en réserve un certain nombre, de même longueur exactement, et les confie à plusieurs groupes d'enfants pour mesurer diverses distances comme ils l'ont fait avec les chaises et les cahiers. Après avoir fait le plus possible de mesures dans la classe, ils peuvent aller dehors et mesurer des distances, par exemple, entre deux pierres posées sur le sol. Avant de commencer à mesurer, on peut leur demander de « deviner » la réponse. On inscrit les résultats de ces « devinettes » ; l'enfant qui a donné la meilleure réponse est chargé de placer les pierres pour l'exercice suivant.

On peut introduire d'autres unités arbitraires semblables, qu'on utilise de la même manière. Quant à nous, nous avons toujours donné à ces « unités » la même largeur d'un centimètre, quelle que soit leur longueur. C'est une préparation à l'introduction ultérieure des unités légales. Certaines de ces « unités » avaient plus d'un mètre (ou d'un pied, ou d'un yard), d'autres n'avaient que cinq centimètres, etc., le tout dans l'intention de fournir aux enfants des expériences aussi variées que possible, tout en demeurant dans les limites de leurs facultés de compréhension. Les enfants adorent faire des mesures de longueur et de distance, ils discutent passionnément des résultats, et apprennent, par l'expérience, qu'il faut, autant que possible, aligner les unités en ligne droite!

2.5 Présentation des unités légales

Quand les enfants se sont familiarisés avec l'emploi d'unités arbitraires, on peut les amener à constater, au cours d'une discussion, qu'ils

ont mesuré la même distance avec, par exemple, 25 baguettes d'une certaine unité, 16 d'une autre et 70 d'une troisième. Ils trouveront que c'est très bien, puisqu'ils savent de quelle unité on s'est servi chaque fois. La maîtresse demande alors : « Et si en rentrant à la maison vous vouliez dire à maman la longueur du piano, comment feriez-vous ? » Les enfants répondent d'abord qu'il n'y a qu'à dire qu'il mesure « douze baguettes d'unité », mais certains camarades rétorquent qu'il ne mesure que « sept baguettes ». « Mais alors, comment faire pour être sûr qu'elle va savoir vraiment la longueur du piano, sans emporter à la maison une des unités et la lui montrer ? » Il est probable que certains enfants diront qu'il faut une unité que maman connaisse aussi, et, en définitive, une unité que tout le monde connaisse. Si l'idée ne vient à personne, la maîtresse peut la suggérer, puis présenter « le mètre » (ou « la verge ») dont tout le monde a plus ou moins entendu parler déjà, qui porte partout le même nom et qui a toujours la même longueur. On le confie aux enfants, qui commencent à l'expérimenter en mesurant des longueurs comportant un nombre rond de mètres. Après quoi, la maîtresse peut demander : « Et comment s'y prendrait-on pour mesurer cette distance-là ? », et elle en montre une qui mesure moins d'un mètre. Les enfants reconnaissent qu'il faut une unité plus petite, et connue aussi de tout le monde. On peut alors, dans les mêmes conditions, leur montrer le décimètre, le centimètre, et leur faire exécuter des mesures¹. De même, on leur fera mesurer les mêmes distances tantôt en yards, tantôt en pieds, à condition de bien séparer ces opérations.

On procédera de même pour présenter le pouce, sans aller au-delà pour le moment.

Pendant cette phase du développement, il ne faut faire mesurer que des distances contenant un nombre rond d'unités, afin d'éviter tout mélange d'unités : on mesure tout en mètres, ou tout en centimètres, etc.

2.6 Emploi de plusieurs unités différentes dans la même mesure

Maintenant, les enfants sont passés maîtres dans l'art de mesurer en « mètres » ou en « décimètres » ou en « centimètres » ; ils savent poser bout à bout un certain nombre de baguettes de l'unité choisie, en ligne aussi droite que possible, et les compter.

Le moment est donc venu de changer d'exercice. On dispose dans la cour trois ensembles de baguettes – mètres, décimètres et centimètres ou verges, pieds et pouces – et la maîtresse place deux pierres à une certaine distance l'une de l'autre, en veillant à ce que cette distance ne

1. Un yard ou une verge = 0,914 m ; un pied = 30,48 cm ; un pouce canadien = 54 mm. On pourra suivre la même procédure en introduisant successivement le mètre, puis le décimètre, enfin le centimètre. Mais c'est plus artificiel, en un sens.

soit pas égale à un nombre rond de mètres. On demande aux enfants : « Quelle mesure allez-vous prendre pour mesurer cette distance aussi vite que possible ? » Bien entendu, les enfants prennent des mètres, mais il reste, au bout, une certaine distance qui n'a pas pu être mesurée, et on leur demande : « Est-ce suffisant ? » Ils reconnaissent généralement que ce ne l'est point, et certains enfants proposent de recommencer toute l'opération avec des baguettes plus petites. La maîtresse admet que c'est, certainement, une manière de résoudre le problème, mais demande s'il n'y en aurait pas une autre, s'il n'y aurait pas moyen de mesurer seulement ce qui reste, avec une unité plus petite. Les enfants l'admettent, et prennent assez de baguettes d'un décimètre pour combler la différence. On note le résultat, 7 mètres et 3 décimètres, par exemple. On recommence, toujours avec mètres et décimètres, jusqu'à ce que les enfants aient bien saisi le processus. Puis la maîtresse donne à mesurer une distance dans laquelle ce sont les décimètres qui ne tombent pas juste.

Cette fois, les enfants n'y trouvent aucune difficulté ; ayant utilisé mètres et décimètres autant que faire se pouvait, ils n'éprouvent aucune hésitation, quand on leur demande comment « boucher le trou », à prendre des centimètres, à compter et enfin à énoncer la distance en mètres, décimètres et centimètres.

On mesurera ainsi de nombreuses longueurs, de nombreuses distances, en faisant travailler les enfants par paires ou par petits groupes, afin de leur fournir l'occasion de discuter de ce qu'ils sont en train de faire.

C'est au cours de cette étape que, plus d'une fois, nous avons observé des enfants qui comparaient entre elles les unités, en disposant, à côté d'un mètre, des baguettes d'un décimètre, ou à côté d'une baguette d'un décimètre les réglettes d'un centimètre¹. Il y en avait même qui essayaient de compter combien il y avait de centimètres dans un mètre, mais le nombre était encore un peu grand pour eux. De toute manière, si vraiment il ne leur venait pas à l'esprit de faire de telles comparaisons, on pourrait les leur suggérer, mais ce ne sera généralement pas nécessaire.

2.7 Différents énoncés possibles d'une même mesure. Conservation

Au cours du sixième jeu de mesure, on entendra parfois des réponses formulées d'une manière « non conforme » ; cela provient de ce que certains enfants commencent à utiliser des unités d'un ordre moins élevé alors qu'ils auraient encore pu en prendre une plus grande : il peut d'ailleurs en résulter quelques discussions entre enfants. Une même mesure peut avoir été effectuée tout à fait correctement, mais être énoncée de deux, voire de plusieurs manières différentes. Un en-

1. Le matériel « Facteurs en couleurs » ou les « Nombres en couleurs » ont des réglettes d'un centimètre et d'autres de dix centimètres.

fant peut très bien annoncer : « Quatre mètres, douze décimètres et seize centimètres » et se faire reprendre par un camarade, qui prétend que ce n'est pas correct. La meilleure manière de faire face à cette situation, c'est d'en discuter pendant que les baguettes ou les réglettes sont encore en place : nous avons, dans ce cas, sur le sol, 4 baguettes d'un mètre, 12 réglettes d'un décimètre et 16 réglettes d'un centimètre. On les compte à nouveau, et on fait admettre à tous les enfants que le résultat énoncé donne bien une mesure exacte de la distance en cause. On demande alors à l'enfant qui n'était pas d'accord de dire comment il ferait et, après discussion, on conviendra peut-être qu'on peut toujours remplacer dix réglettes d'un décimètre par une règle d'un mètre, et que si on veut aller vite c'est comme cela qu'il faut faire. On le fait donc, ce qui donne 5 mètres 2 décimètres et 16 centimètres. Si aucun enfant ne proteste, la maîtresse peut demander : « Est-ce qu'on pourrait encore y changer quelque chose ? » Nouvelle discussion. On peut toujours remplacer dix réglettes d'un centimètre par une réglette d'un décimètre. On le fait, et on trouve 5 mètres, 3 décimètres et 6 centimètres. Est-ce encore exact ? Au début, tout le monde n'est pas d'accord, mais finalement les enfants reconnaissent que 4 mètres 12 décimètres 16 centimètres, c'est la même chose que 5 mètres 2 décimètres 16 centimètres ou que 5 mètres 3 décimètres 6 centimètres. C'est toujours la même distance qu'on a mesurée, mais la dernière manière d'énoncer le résultat est sans doute la plus simple.

Si l'on procure à chaque groupe de nombreuses expériences de ce genre – et il faudra parfois un peu d'imagination pour les susciter –, les enfants saisiront qu'on peut formuler une mesure avec exactitude de plusieurs manières différentes, selon l'unité de mesure utilisée, mais qu'il y a, aussi, dans chaque cas, une manière de procéder meilleure que les autres.

2.8 Mesurer avec un minimum d'unités

Il est temps de demander aux enfants comment ils feraient pour mesurer une longueur ou une distance s'ils n'avaient qu'un seul mètre, un seul décimètre et un seul centimètre. On se rappelle, en effet, que jusqu'à présent ils en ont eu autant qu'ils voulaient et qu'ils les ont posés bout à bout sur le sol et comptés pour trouver le résultat. Supposons qu'un groupe soit chargé de mesurer la grande armoire, et que les enfants n'aient pas l'air de savoir comment faire. La maîtresse peut leur demander, par exemple : « Eh bien, qu'est-ce que nous allons prendre d'abord ? » Dans la lancée des jeux précédents, les enfants conviendront de se servir du mètre. On pose donc le mètre à terre, et la maîtresse demande : « Est-ce qu'il nous faut vraiment plus d'un mètre ? » Si c'est l'avis des enfants, elle peut ajouter : « Oui, mais nous n'en avons qu'un... Comment faire ? » Très vite, un des enfants suggère de faire une marque sur le sol au bout du premier mètre, de le reporter, de faire une autre marque, et ainsi de suite. Si, cependant, cela ne se

produit pas, la maîtresse peut faire une marque au bout du premier mètre et attendre la réaction des enfants. Quand le mètre est trop long pour ce qui reste à mesurer, on note le nombre de mètres déjà posés et on continue en décimètres, puis, de même, en centimètres.

Il est fréquent, toutefois, que ce procédé de mesure avec une seule règle de chaque modèle, se révèle assez difficile pour certains enfants dans les débuts. Pour la première fois, ils n'ont pas sous leurs yeux, simultanément, la totalité de l'opération de mesure, et ils ne sont pas capables de revenir en arrière et de vérifier ce qu'ils ont déjà fait avec autant de certitude ; aussi leur faut-il beaucoup de pratique. Dans certains cas, il peut même s'avérer nécessaire, après avoir effectué la mesure, d'en noter le résultat puis de recommencer en posant toutes les réglettes à la suite, pour bien convaincre certains enfants plus lents qu'on a bien, en fait, exécuté une opération équivalente.

Il se produit parfois des inexactitudes quand les enfants comptent les marques, et il est bon de les encourager à compter à haute voix.

2.9 *Emploi de marques sur des règles*

Pour ce jeu, on utilise une règle graduée d'un mètre en décimètres, et une réglette graduée d'un décimètre en centimètres. Quand on leur présentera ces instruments pour la première fois, on invitera les enfants à comparer ces graduations avec les unités déjà en leur possession. Par exemple, on leur fera poser sur une table une règle d'un mètre et, à côté, dix réglettes d'un décimètre, ou une règle d'une verge et trois règles d'un pied afin de leur permettre de se convaincre que les graduations correspondent bien aux unités utilisées jusqu'alors. On procédera de même avec les décimètres et les centimètres ou les pieds et les pouces. Comme ils ont déjà, au cours de leurs discussions, admis que dix décimètres représentent un mètre et que dix centimètres remplacent un décimètre, toute cette opération ne devrait pas offrir de difficulté particulière, mais il ne faudrait cependant ni en sous-estimer l'importance ni l'omettre.

Les enfants se servent maintenant de leurs nouvelles règles graduées pour mesurer la distance d'un point à un autre ou la longueur d'un objet ; ils font des marques s'ils le jugent utile et notent les résultats le cas échéant. Ce n'est pas une manière de procéder facile à acquérir pour des enfants de cet âge, et il ne faut pas vouloir aller trop vite. Ils commettront un certain nombre de fautes dans les débuts, en raison surtout de la négligence dans la lecture des résultats, et ce sera une bonne occasion d'insister sur la nécessité du soin et de la précision. Certains enfants plus prompts trouveront plus commode, du point de vue de la précision, de poser leur règle sur son arête, ce qui facilite la lecture, et d'autres les imiteront. Il faut les y encourager, car ce leur sera plus tard d'un grand secours.

2.10 *Jeux d'échanges*

On pourra faire appel à ce genre de jeux dès qu'on aura introduit les jeux d'échanges avec les blocs multibases. On donne aux enfants une quantité d'« unités » de mesure, par exemple 9 règles d'un mètre, 14 réglettes d'un décimètre et 46 réglettes d'un centimètre. On leur dit de les échanger contre d'autres mesures, si c'est nécessaire, de manière à avoir la même longueur de bois et pouvoir mesurer la même distance totale, mais avec le moins de pièces possible. On leur recommande de commencer par les petites réglettes d'abord. Un premier enfant, par exemple, va prendre dix réglettes d'un centimètre et les échanger contre une réglette d'un décimètre. Un second enfant fait de même, puis un troisième, enfin un quatrième, et il ne reste plus que six réglettes d'un centimètre. Il y a donc maintenant 9 règles d'un mètre, 18 réglettes d'un décimètre et 6 réglettes d'un centimètre. L'enfant suivant prend dix réglettes d'un décimètre et va les échanger contre une règle d'un mètre. Un autre veut en faire autant, mais ce n'est plus possible et, en définitive, on a 10 règles d'un mètre, 8 réglettes d'un décimètre et 6 réglettes d'un centimètre, ce qui constitue la réponse.

Mais il faut que les enfants soient bien persuadés qu'en agissant ainsi on n'a pas changé la longueur totale de réglettes ou la distance susceptible d'être couverte. Il y a deux manières d'en faire la vérification. On peut, en premier lieu, faire, à l'origine, un second ensemble de réglettes égal à celui qu'on a donné aux enfants, et comparer les résultats ; on peut aussi, au départ, mettre bout à bout toutes les réglettes et tracer au sol des repères aux deux extrémités, puis, après échange, aligner à nouveau les pièces obtenues, et constater qu'on demeure dans les mêmes limites, c'est-à-dire que la distance est la même.

Conclusion

Les jeux ci-dessus ne constituent nullement la seule manière d'aborder l'apprentissage de la mesure des longueurs dans la pratique. Il y en a certainement bien d'autres. Ce qui est essentiel, c'est que les enfants passent par toutes les étapes qui viennent d'être décrites.

JEUX CONDUISANT À LA COMPRÉHENSION DE LA MESURE DU TEMPS

Les jeux qui suivent seront autant que possible du même ordre que ceux qui ont servi à l'apprentissage de la mesure des longueurs mais ils comporteront cependant certaines différences, dues à la nature même du temps et à la manière dont il faut le mesurer.

3.1 Première sorte de jeux. Formation de concepts

Il existe bien peu d'enfants qui, à cet âge, auront envisagé consciemment l'écoulement du temps, et les maîtres ne trouveront guère d'enfants qui se fassent une idée nette de ce que signifie « aussi longtemps que », « plus longtemps que » ou « moins longtemps que ».

Il ne faut pas perdre de vue, non plus, qu'en procurant aux enfants les expériences dont on attend qu'elles contribuent à développer ces concepts simples, il faut recourir à des intervalles de temps assez brefs, l'étendue temporelle de l'attention des enfants étant encore assez limitée. C'est peut-être l'ouïe qui offre la meilleure voie de pénétration première de ces expériences. Par exemple, la maîtresse peut jouer deux passages de musique assez différente et demander quel est celui qui a pris le plus – ou le moins – de temps. Si l'un des morceaux est lent et grave (l'air du loup, de l'ours), l'autre brillant et rapide (l'air des petits lapins), les enfants pourront s'y référer sans avoir à employer les termes « le premier » et « le second » qu'ils ne comprennent peut-être pas encore, ou qu'ils ne savent pas encore utiliser. En jouant à des jeux de ce genre, la maîtresse peut aider les enfants à la fois à prêter attention à l'écoulement du temps et à se faire une idée des intervalles qui sont « plus longs que » ou « plus courts que » ou « aussi longs que » d'autres.

On peut ensuite charger les enfants de deux « travaux » différents. L'un, par exemple, consistera à traverser la salle, ou la cour, de bout en bout tandis que l'autre sera d'en faire le tour. On peut demander à un enfant, ou à un groupe d'enfants, d'exécuter successivement chacun des déplacements pendant qu'un autre enfant, ou un autre groupe, se préoccupe du temps passé. On peut ensuite demander à la classe ce qui a pris le plus – ou le moins – de temps. La différence entre les deux déplacements étant assez nette, les enfants doivent pouvoir répondre sans difficulté.

Dans l'exercice suivant, on demande à plusieurs enfants de faire exactement la même chose. On a, par exemple, une très grande boîte pleine de boutons mélangés, et chaque enfant doit en sortir un certain nombre de boutons du même modèle. Dès qu'un enfant a fini, il se lève et dit à haute voix : FINI. Que de questions on peut alors poser ! « Qui a mis le moins de temps ? », « Qui a mis le plus de temps ? », « Qui a mis plus longtemps que Pierre ? », « Qui a mis moins longtemps que Marguerite ? », « Qui a fini le premier ? » et ainsi de suite, le tout à condition de ne pas donner l'impression que l'on considère avec plus de faveur l'enfant qui a été le plus rapide.

On fera encore divers « travaux » de ce genre, en faisant porter l'attention des enfants uniquement sur le temps écoulé, jusqu'à ce qu'ils aient bien conscience des différences entre intervalles de temps et puissent décider si un intervalle est plus court, ou plus long, ou de la même durée qu'un autre.

Peu à peu, on s'orientera vers des cas où les enfants seront obligés d'hésiter, en raison du peu de différence ; la maîtresse pourra alors

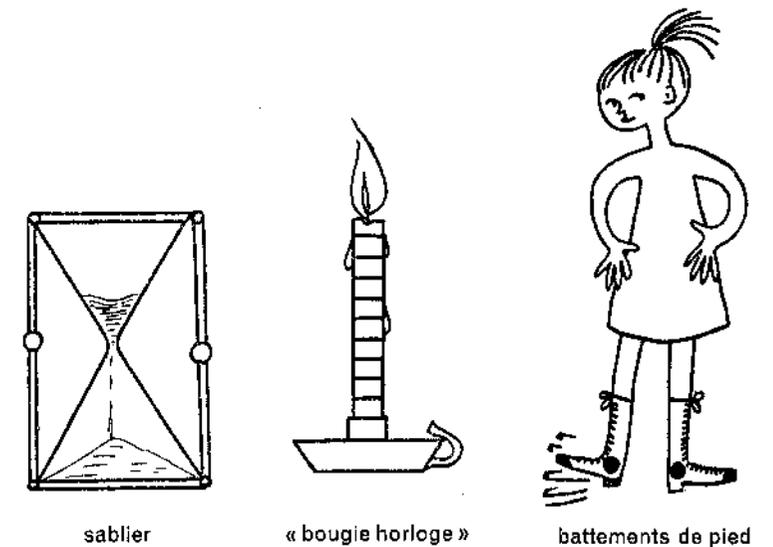
demander s'il n'y a pas un moyen de mesurer le temps, pour être sûr de ne pas se tromper. Bien entendu, la plupart des enfants suggéreront de prendre une montre ou un réveil ! La maîtresse acquiescera, mais demandera s'il n'y aurait pas d'autre moyen.

3.2 Deuxième sorte de jeux. Emploi d'unités arbitraires de mesure du temps

Si on veut mesurer le temps, il faut avoir un moyen de le mesurer, et on pourra en profiter pour raconter aux enfants qu'il n'y a pas toujours eu des montres. Pour les préparer à l'idée d'employer des unités de mesure arbitraires, la maîtresse peut très bien présenter une bougie qu'elle aura divisée en sections en y traçant des cercles de couleur. Ces cercles seront assez proches les uns des autres, pour que l'unité de temps soit relativement brève. On charge un groupe d'enfants de surveiller la bougie pendant qu'un autre groupe fait un certain « travail ». Ceux qui surveillent la bougie doivent compter combien de marques ont disparu pendant que le travail se faisait. On peut présenter des bougies de divers modèles, avec des cercles, des « ronds » plus ou moins espacés, afin de faire bien comprendre que les unités n'ont pas toujours la même longueur.

Il peut se faire que certains travaux ne correspondent pas à un nombre exact d'unités de bougie, et la maîtresse peut suggérer qu'on tape

Fig. 17 MESURER LE TEMPS AVEC DES UNITÉS ARBITRAIRES



du pied pour mesurer les intervalles intermédiaires. On aura donc, par exemple, un groupe qui surveillera la bougie, un autre qui tapera du pied tandis qu'un troisième groupe fera le travail. On découvrira ainsi que pour trier tous les boutons, le travail a duré, p. ex., trois « ronds » de bougie et sept battements de pied.

La maîtresse peut alors présenter un sablier. Les enfants voient comment le sable s'écoule, comment on retourne l'appareil quand tout le sable s'est écoulé. Là encore, un groupe d'enfants peut être chargé de surveiller le sablier, de le retourner et de compter combien de fois il a été retourné, pendant que d'autres battent du pied ou comptent à haute voix.

En général, tout le monde tombe d'accord pour la bougie ou le sablier, mais lorsqu'il s'agit de taper du pied ou de compter, on discute, parce qu'il y en a qui comptent plus vite que d'autres ; finalement, on se rend compte que ces derniers procédés ne sont pas satisfaisants, puisque tout le monde ne compte pas « pareil », et comment savoir si quelqu'un tape, ou compte, aussi vite qu'un autre ?

3.3 Troisième sorte de jeux. Les unités conventionnelles

L'étape suivante nécessite une pendule, de préférence avec une trotteuse à secondes centrale. La maîtresse fait observer cette pendule aux enfants, en attirant d'abord leur attention sur le comptage des secondes. Ils s'exercent à compter en secondes en regardant le cadran, puis en lui tournant le dos et en se retournant ensuite pour voir s'ils ont bien deviné. Ils découvrent ensuite les minutes. Ils observent la pendule pendant une minute, puis essaient d'évaluer une minute sans la regarder.

Une fois qu'ils se seront familiarisés avec les minutes et les secondes, et qu'ils auront découvert combien il est difficile d'en tenir un compte exact, la maîtresse leur présentera un chronomètre à poussoir et leur montrera comment il fonctionne. On laissera quelques enfants le manipuler, mettre la trotteuse en marche et l'arrêter. On s'en servira pour vérifier les estimations de temps faites par les enfants, et on y lira les durées exactes. Les enfants verront que c'est le même principe que lorsqu'ils tapent du pied, mais que là les intervalles sont toujours les mêmes. On commence alors à se servir du chronomètre pour mesurer les temps de diverses tâches. Comme l'unité qui est le plus accessible aux enfants est la seconde, on prendra des tâches relativement courtes, et les réponses seront en secondes. Il faut donner à tout enfant l'occasion de se servir du chronomètre et d'y relever les résultats.

Ensuite, on introduira des tâches plus longues, qu'on mesurera en minutes, ou, mieux encore, en minutes et secondes. On demandera parfois aux enfants d'estimer des intervalles de plus d'une minute, et on contrôlera leurs réponses à l'aide du chronomètre. Au bout d'un certain temps, on voit que les enfants ont acquis l'habitude d'estimer correctement de courts intervalles de temps, et ils savent se servir du chronomètre.



Mesures de longueur



Pesées



Le jeu de pivotement



Jeu de rotation

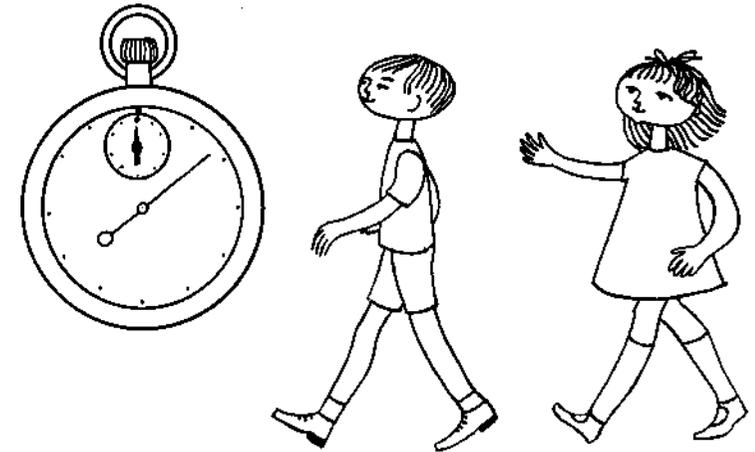
Grâce à cet instrument, les enfants auront pris conscience de la relation qui existe entre les secondes et les minutes – mais comme il y a 60 secondes dans une minute, ce nombre est encore trop grand pour être vraiment compris à ce stade.

3.4 Quatrième sorte de jeux. Vitesse et temps

En jouant avec le chronomètre, les enfants ont mesuré les temps mis pour l'exécution de certaines tâches, et notamment des « promenades » autour de la pièce ou de la cour. On demande maintenant à plusieurs enfants, tour à tour, de faire le même parcours, et on note les temps au tableau. On remarque bientôt que certains enfants mettent plus de temps que d'autres. On peut demander à la classe pourquoi il en est ainsi : les enfants répondront probablement que c'est parce qu'il y en a qui vont plus vite que d'autres, mais à part cela il n'est pas certain qu'ils établiront la relation correcte entre le temps et la vitesse. En fait, beaucoup d'enfants croiront que c'est celui qui a le nombre le plus élevé de secondes devant son nom qui a été le plus vite.

On trace alors une piste de course dans la cour, et on y fait marcher un certain nombre d'enfants d'un bout à l'autre, en chronométrant. Puis on les fait recommencer, mais en leur disant, cette fois, d'aller aussi vite qu'ils pourront mais sans courir, et on chronomètre encore. Puis la maîtresse demande : « Quand ont-ils été le plus vite ? » Naturellement, les enfants répondent que c'est la seconde fois. Alors, nouvelle question : « Avez-vous mis plus de temps ou moins de temps quand vous avez marché plus vite ? » Même si la réponse est déjà visible au

Fig. 18 VITESSE ET TEMPS



chronomètre pour mesurer le temps

tableau, il se peut que la plupart des enfants n'aient pas encore une compréhension complète de la relation. On recommence donc l'expérience, mais cette fois en courant, et on recommande aux enfants de courir de toutes leurs forces. Les temps sont pris et notés, puis on pose à nouveau les deux questions : il y a des chances pour que, maintenant, les enfants se rendent compte que plus on va vite moins on met de temps pour faire le même parcours.

S'il y en a encore quelques-uns qui n'ont pas compris, la maîtresse peut intervenir. Elle choisit un enfant, p. ex. Jean, qui court le plus vite possible, et on note le temps. Puis c'est elle qui court – le plus lentement possible – et on note aussi son temps. Quand on leur demande qui a couru le plus vite, tous les enfants répondent : « Jean » et il suffit de se reporter aux résultats pour voir que c'est Jean qui a le moins de secondes, et inversement.

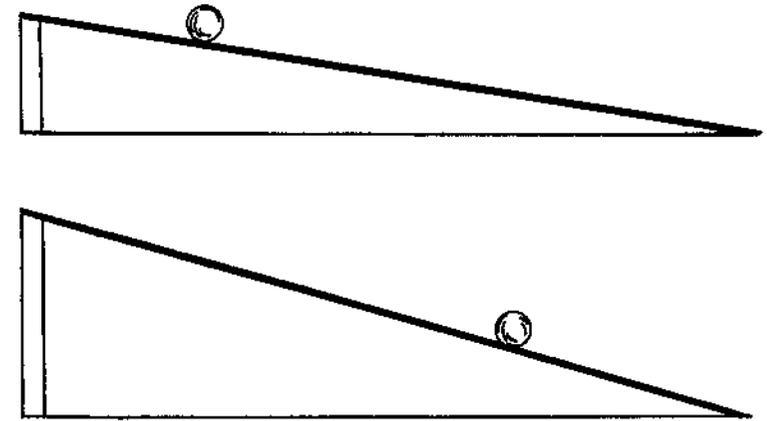
Plus tard, on pourra exprimer la vitesse en mètres par seconde, mais à ce niveau, les enfants peuvent très bien ne pas être encore prêts.

3.5 Cinquième sorte de jeux. Le plan incliné

Ce jeu implique la compréhension de la relation entre le temps et les différentes vitesses d'un même mouvement. Il nous faut à cet effet une planche assez longue qu'on inclinera plus ou moins en faisant reposer une de ses extrémités sur des supports de diverses hauteurs : une boîte, une chaise, une table. Il faut aussi quelques boules ou billes de différentes dimensions et de différentes couleurs, et d'une consistance qui empêche le rebondissement. On donne d'abord au plan une faible inclinaison, on confie le chronomètre à un enfant, tandis qu'un autre laisse descendre les billes une à une. Les autres observent, évaluent la vitesse, notent les temps. On fait descendre ainsi plusieurs billes différentes, puis on augmente l'inclinaison et on recommence. On demande aux enfants : « La boule a-t-elle roulé plus vite ou moins vite cette fois ? » et tout le monde convient qu'elle a roulé plus vite. Puis on demande : « Chaque bille a-t-elle mis plus de temps ou moins qu'avant ? » et les enfants reconnaissent qu'elle a mis moins de temps. On monte encore davantage la planche, et les enfants comprennent assez vite que plus la planche est inclinée, plus les billes vont vite et moins elles mettent de temps.

Bien entendu, les enfants ne sont pas forcément capables d'exprimer leurs conclusions de cette manière « adulte », et il faut éviter de leur expliquer la relation dans ces termes. Du moment que chaque enfant comprend ce qui se passe et montre qu'il le comprend, peu importe le mode d'expression. Il faut que chaque enfant ait l'occasion de prendre une part active à tous les aspects du jeu, car il n'apprendra que par ses propres expériences, et il y en a à qui il faut plus d'expériences qu'à d'autres. Comme la maîtresse ne disposera probablement pas de plus d'un chronomètre, il faut prévoir d'autres activités simultanées, en répartissant les enfants en groupes d'effectif relativement réduit.

Fig. 19 VITESSE ET TEMPS – UTILISER UN PLAN INCLINÉ



3.6 Sixième sorte de jeux. Le jour comme unité de temps

Maintenant que les enfants ont acquis par l'expérience les notions de seconde et de minute, il est temps d'aborder celle de jour. Il y a, bien entendu, diverses manières d'y parvenir. L'une d'elles consiste à utiliser des bandelettes de couleur pour représenter les jours successifs passés à l'école. Chaque matin, quand les enfants arrivent, ils « barrent » la journée en collant une bandelette de couleur sur un tableau spécial. Le premier jour de la semaine scolaire peut ainsi être marqué d'une bande rouge, le second en vert, le troisième en jaune, le quatrième en marron et le cinquième en bleu. Quand ils ont procédé ainsi pendant deux ou trois semaines, on tient compte des jours où il y a congé, qu'on peut marquer par une bandelette blanche et par une bandelette noire. Il faut que les enfants puissent compter le nombre de jours passés à l'école et le nombre de jours passés à la maison, puis le total. Si la maîtresse demande aux enfants comment s'appelle ce groupe de jours, ils lui répondront sans doute « une semaine », car c'est un terme familier. Ils pourront compter qu'il y a sept jours dans la semaine, et qu'ils vont à l'école cinq jours par semaine.

Il est temps maintenant de leur enseigner les noms des jours, et là, ce ne peut être que par cœur, car il n'y a guère d'autre moyen. En s'aidant d'abord du tableau, puis ensuite sans le regarder, ils s'exerceront à répondre à des questions comme : « Vendredi, c'est combien de jours après jeudi ? » et ainsi de suite, mais il faut s'efforcer d'asseoir leur compréhension par des exercices significatifs, et non par du « dressage ».

Bien entendu, chez le tout jeune enfant, le jour, ce sont les heures où il fait jour, et il n'admet pas l'idée d'une journée de vingt-quatre

heures. On pourra donc discuter aussi de la division de la journée en « matinée » et « après-midi », séparées par le moment du déjeuner.

3.7 Septième sorte de jeux. Les heures, savoir lire l'heure

L'heure est un intervalle de temps très long pour un jeune enfant, trop long pour être gardé présent à l'esprit sans aide. La maîtresse peut faciliter cette compréhension en se servant d'une pendule à carillon ou d'un réveil qu'elle règle pour sonner au bout d'une heure. L'entendant sonner toutes les heures, les enfants sauront qu'il s'est écoulé encore une heure. Au bout de quelques jours d'expérience avec l'heure, les enfants voudront peut-être l'utiliser comme ils ont fait des jours, en la marquant sur un tableau à l'aide de bandes colorées, et, par ce moyen, ils apprendront quelque chose sur le passage du temps, mesuré à l'aide de cette unité plus longue.

Quand l'enfant a passé deux ans à l'école, il doit savoir « lire l'heure » avec au moins les heures, les quarts et les demies, mais ce sont là des connaissances qui sont déjà très bien enseignées ; aussi ne nous y étendrons-nous pas.

Lorsque l'enfant est arrivé à l'étape de l'échange entre unités de mesure d'un même ordre, on peut lui faire faire quelques exercices d'échange de semaines et de jours, mais il ne faut pas s'y aventurer avant que les enfants soient parvenus, dans d'autres domaines, à ne plus avoir besoin d'unités concrètes. Les relations entre secondes et minutes, ainsi qu'entre minutes et heures, nécessitent le recours au nombre 60, qui rend les échanges très difficiles. Aussi faut-il réserver ce genre d'exercices aux enfants les plus avancés.

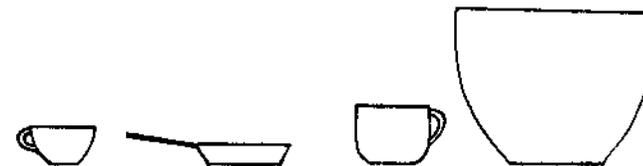
JEUX CONDUISANT À LA COMPRÉHENSION DE LA CAPACITÉ

4.1 Première sorte de jeux. Unités arbitraires de capacité

C'est en jouant à remplir ou à vider un grand récipient à l'aide d'un ou de plusieurs petits récipients que l'enfant acquiert sa première expérience du volume ou de la capacité. La meilleure manière de le faire à l'école, c'est sans doute de se servir de sable sec plutôt que d'un liquide, en prenant comme petit récipient une tasse et comme grand récipient une cuvette ou un bol. Pour commencer, il n'y a aucun besoin de compter et aucune manière de noter combien il a fallu de tasses pleines. Quand la tasse est pleine, on la vide et on recommence. On peut ensuite varier le jeu en prenant le même grand récipient, mais une tasse plus petite ou plus grande. L'enfant acquiert, à travers ces jeux et d'autres jeux analogues, une vaste expérience d'une nature implicite, qui lui est indispensable. Aussi les maîtres doivent-ils faire en sorte que chaque enfant tire son expérience personnelle d'un nombre aussi

grand que possible de manipulations avec des récipients de contenances très diverses.

Fig. 20 UNITÉS ARBITRAIRES DE CAPACITÉ



Quand les enfants se sont habitués à ces jeux et qu'ils sont capables de compter, on peut les encourager à estimer, d'abord, la quantité de sable nécessaire pour remplir la cuvette, ensuite le nombre de tasses qu'il y faudra. On leur fait contrôler leurs estimations de deux manières complémentaires - d'abord en remplissant le récipient, ensuite en le vidant.

4.2 Seconde sorte de jeux. Série d'unités arbitraires

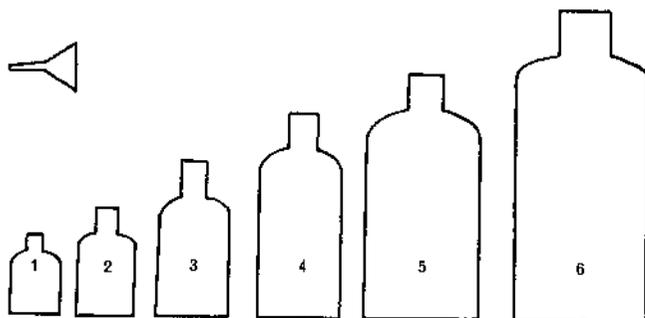
Il faut, pour organiser ces jeux, disposer d'une série de récipients de capacités différentes, mais de même forme, afin de faciliter la comparaison. Il serait souhaitable, en principe, de disposer de récipients au goulot assez large et, en même temps, relativement résistants, du type des carafes de lait. Mais ce qui compte surtout, c'est qu'il y ait entre leurs différentes capacités des rapports simples et intéressants. Il existe, par exemple en France, en pharmacie, une série de flacons normalisés non gradués, dont la contenance est d'ailleurs gravée sous le culot. On peut constituer une série de six flacons, que l'on étiquettera de 1 à 6 sans en indiquer la capacité métrique.

On peut, pour le contenu, se servir d'eau (nous l'avons fait) mais il n'y a aucune raison de ne pas prendre du sable fin, du riz ou toute autre matière « fluide ». On prévoira un entonnoir par groupe, et on marquera, à l'aide de ruban adhésif coloré, le niveau jusqu'auquel chaque bouteille doit être remplie, sinon les enfants risquent d'être dérouterés plus tard.

Au début, on laisse les enfants jouer librement avec la série de flacons, les remplir, les vider, faire des transvasements du plus grand aux plus petits et inversement. Il faut plusieurs flacons de chaque taille, et beaucoup d'exemplaires de petites tailles.

Quand l'activité libre a perdu un peu de son intérêt, on peut demander aux enfants d'accomplir un certain nombre de « tâches », conçues pour leur faire saisir les relations entre les diverses « unités ». On peut, par exemple, leur demander combien de fois on peut mettre le contenu du flacon n° 1 dans le flacon n° 6, ou, inversement, combien il

Fig. 21 UNE SÉRIE DE MESURES ARBITRAIRES POUR MESURER LA CAPACITÉ



Exercices : Combien de bouteilles n° 2 pleines d'eau sont nécessaires pour remplir la bouteille n° 5 ?
Combien de bouteilles n° 3 peuvent être remplies avec l'eau que contient la bouteille n° 6 ?

faut de flacons n° 1 pour y vider le flacon n° 6. On peut recommencer les mêmes exercices avec d'autres calibres de flacons, et compliquer en demandant quelle est la bouteille qu'on peut remplir avec, par exemple, quatre contenus du flacon n° 1 et deux contenus du flacon n° 4, ou comment vider le contenu du flacon n° 5 dans deux flacons de même contenu, etc. Grand est ainsi le nombre des jeux possibles avec des flacons de différentes tailles qui, pour le moment, constituent nos unités arbitraires.

4.3 Troisième sorte de jeux. Unités arbitraires de même capacité mais de formes différentes

On pratique ces jeux avec tous les accessoires de la seconde série, mais en y ajoutant d'autres « unités » de même capacité et de formes différentes. Nous avons, quant à nous, pris à cette fin des casseroles, des pots à confiture, des plats creux, des moules à tarte ou à charlotte, des brocs, etc. Ce qui compte, c'est que les enfants parviennent à comprendre que la même quantité d'eau ou de sable peut tenir dans des

Fig. 22 MESURES DE LONGUEURS AVEC UNITÉS ARBITRAIRES

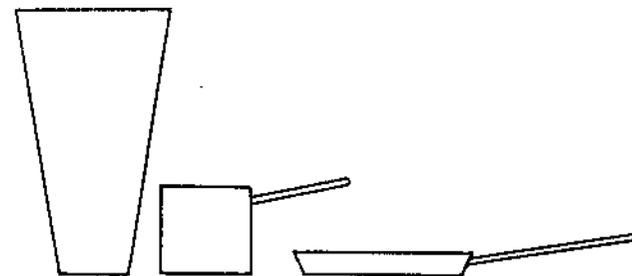


réipients de formes différentes, ayant le même volume que les flacons de la série, et numérotés, en conséquence, de la même manière. Il est bon d'avoir, notamment, des réipients hauts et étroits, correspondant à des réipients larges et plats de même capacité.

Les enfants commencent par découvrir quels sont les réipients qui ont la même capacité quoique de forme différente. Par exemple, on leur fera chercher quels sont les réipients qui correspondent au flacon n° 2 en leur faisant remplir ce flacon d'eau et le vider, au jugé, dans divers réipients. Il est intéressant d'observer les enfants au cours de ces tâtonnements, car ils pensent généralement que les flacons hauts et étroits contiennent plus que les flacons larges et plats. Il faut, dans tous les cas, qu'ils procèdent à la contre-épreuve, en reversant à nouveau dans le flacon d'origine le contenu du réipient découvert. Comme chaque bouteille numérotée doit en principe posséder plusieurs équivalents, les jeux possibles ne manquent pas.

Une fois les réipients nouveaux « étalonnés », les enfants sont prêts à commencer les opérations en associant les réipients des diverses formes – considérés dorénavant comme interchangeable. Par exemple, on peut leur faire remplir trois réipients, de forme différente mais de même capacité, à l'aide du contenu du flacon n° 3, ou prendre 4 réipients, différents à la fois de forme et de capacité, pour remplir le flacon n° 6, ou une cocotte n° 12, et ainsi de suite. On remarquera qu'il s'agit là de deux problèmes différents.

Fig. 23 RÉCIPIENTS DE FORMES DIFFÉRENTES, MAIS DE MÊME CAPACITÉ



Peu importe d'ailleurs les jeux, à condition que les enfants aient l'occasion de faire des expériences, avec des réipients de formes différentes mais de même capacité, ou avec des réipients de capacité différente, mais ayant entre eux des rapports bien définis.

Lorsque les enfants se sont familiarisés avec ces exercices, on passe aux exercices d'estimation. On demande, par exemple, combien on peut remplir de casseroles n° 9 avec deux casseroles n° 4, et ainsi de suite. Après estimation, on fait la contre-épreuve en remplissant ou en vidant effectivement les réipients.

4.4 Quatrième sorte de jeux. Présentation des unités légales

Comme pour la longueur, les enfants conviendront que si on veut parler de ce qu'on fait et des résultats obtenus à quelqu'un qui n'a pas assisté à l'opération, force est bien de recourir à des unités connues de tout le monde. On retire donc tous les récipients, sauf ceux qui contiennent exactement un litre, un demi-litre ou un quart de litre, et on cesse de les désigner par leur numéro pour leur donner dorénavant leur nom officiel. Les enfants les discutent, les remplissent, les vident les uns dans les autres, et découvrent les relations qui existent entre eux. (Il est extrêmement souhaitable que ces relations, ils les découvrent eux-mêmes. Le maître doit s'abstenir de les indiquer et doit même veiller à ce qu'elles ne soit pas révélées par certains enfants plus avancés.)

En plus, on présente un certain nombre de récipients de grandes dimensions et de plusieurs formes différentes (comme c'est le cas pour les « unités » précédemment utilisées), et on reprend les mêmes exercices que précédemment, à cela près qu'au lieu de parler de « bouteilles n° 3 » ou de « casseroles n° 6 », on parle de « pintes » ou de « litres ». On peut demander aux enfants, par exemple : « Combien faut-il de litres pour remplir cette marmite ? » ou encore : « Combien de quarts de litre peut on remplir avec la bouteille n° 6 ? » et ainsi de suite.

Dans les débuts, il est bon d'aligner les unités, une fois remplies, et de les compter avant de les vider dans le grand récipient et, inversement, quand on veut savoir combien d'unités il y a dans le grand récipient préalablement rempli, d'aligner des unités de capacité, de les remplir, puis de compter combien on en a remplies. Plus tard, ce ne sera plus nécessaire, et on se contentera de prendre un seul flacon unité, de le remplir et de le vider le nombre de fois nécessaire, en comptant à haute voix ou en faisant des marques pour se rappeler ce qu'on a fait. Autrement dit, on suivra la même progression que pour la mesure des longueurs.

4.5 Cinquième sorte de jeux. Mesure avec des unités de capacité de grandeur décroissante¹

Jusqu'à présent, les enfants ont mesuré uniquement en pintes¹, ou uniquement en gallons, et on s'est arrangé pour que les quantités à mesurer contiennent toujours un nombre entier de l'unité choisie. On peut décider maintenant, par exemple, de remplir en partie une lessiveuse, en y mettant 19 pintes d'eau, et demander aux enfants de mesurer. Les enfants disposent de toutes les unités habituelles, et on leur suggère de commencer avec la mesure d'un gallon, en raison de la grande quantité d'eau à mesurer. Comme les enfants ont acquis l'habitude de ce travail, ils remplissent d'abord une première mesure d'un

1. Nous donnons ici un jeu avec les mesures en usage au Canada.



Axes de symétrie (Nouvelle-Guinée)



Jouer avec des ombres. Ces exercices préparent la compréhension des projections parallèles (Nouvelle-Guinée)



*Axes de symétrie du carré. Jeu de réflexions et de rotations en utilisant un miroir
(jeu : état-opérateur-état) (photo Jan Dalman)*

gallon¹, puis une seconde. Manifestement, il reste alors moins d'un gallon dans la lessiveuse. Les enfants peuvent alors vider ce qui reste dans une troisième mesure d'un gallon, et ils ne sauront plus que faire ensuite, ou le laisser en place. La maîtresse peut alors intervenir pour demander : « Eh bien, combien avez vous mesuré d'eau ? » Quelques enfants diront qu'ils en ont mesuré 3 gallons, mais la plupart ne seront pas d'accord et ils répondront qu'ils en ont mesuré « deux gallons et puis comme ça ». La maîtresse peut alors demander s'il n'y a pas une autre manière de mesurer ce qui reste. S'ils ont devant eux la collection des unités légales, certains enfants diront qu'il n'y a qu'à prendre un « quart », tandis que d'autres voudront prendre une « pinte ». Supposons qu'ils décident d'abord de prendre la pinte. Il faut les laisser faire, et ils découvriront que ce qui reste d'eau tient exactement dans trois mesures d'une pinte. Aussi répondront-ils qu'il y a « deux gallons et trois pintes ». On reverse aussitôt ces trois pintes dans le grand récipient, et on laisse le groupe qui voulait mesurer en « quarts » le faire à son tour. Ce groupe découvre alors qu'on peut remplir un « quart » et qu'il reste encore un peu d'eau ; ce qui reste fait juste une pinte, de sorte que, finalement, la réponse est : « deux gallons, un quart et une pinte. »

Le moment est venu pour la maîtresse de discuter ces résultats avec les deux groupes d'enfants, qui ont l'un et l'autre effectué la mesure de la même quantité d'eau et qui sont l'un et l'autre convaincus de l'avoir mesurée correctement, tout en ayant trouvé des réponses formulées différemment. La maîtresse demande : « Est-ce que la réponse : '2 gallons et 3 pintes' nous a bien indiqué combien il y avait d'eau ? » Comme les enfants ont vu faire la mesure, ils répondent affirmativement. Si maintenant la maîtresse demande : « Est-ce que la réponse : 'un gallon, un quart et une pinte' nous a bien indiqué combien il y avait d'eau ? », là encore les enfants répondent affirmativement. Cependant, il faudra encore beaucoup de discussions avant que tous les enfants admettent que ces deux mesures ont la même valeur, tout en ayant été effectuées avec des récipients différents. Un enfant finit toujours par découvrir qu'on peut dans tous les cas se servir d'« un quart » au lieu de « deux pintes ». Les autres essaient, et s'aperçoivent qu'au lieu de dire : « trois pintes » on peut toujours dire : « un quart et une pinte », et qu'il est plus normal de dire : « un gallon, un quart et une pinte » que : « un gallon et trois pintes »².

1. N. D. T. 1 « gallon » = 4 « quarts » ; 1 « quart » = 2 « pintes »
1 gallon = 4,54 litres
1 quart = 1,14 litre
1 pinte = 0,57 litre

La quantité totale à mesurer est de onze litres environ. On peut adapter cet exercice au système métrique en faisant mesurer avec des litres et des décilitres une quantité totale de 4,2 l.

2. N. D. T. Ce genre d'exercices présente relativement moins d'intérêt avec les unités du système métrique, à moins, comme nous l'indiquions plus haut, de se servir des mesures de 1 litre, 1/2 litre et 1/4 de litre pour développer le concept de moitié et de quart. Mais on peut utiliser l'exercice de mesure

On multipliera les jeux de ce genre, organisés de manière à permettre aux enfants, sans trop d'invéraisemblance, de donner des réponses exactes mais différentes, conduisant aux regroupements d'unités. Ce qui compte surtout, c'est qu'ils aient de tout cela une expérience personnelle, qu'aucun enseignement ne peut remplacer.

On ne négligera pas, non plus, le processus inverse, qui consiste à « débiter » des quantités successives différentes de liquide à diverses personnes. On jouera, par exemple, au laitier, servant tour à tour un « quart » (un litre) ou une pinte (un demi-litre), ou un gallon pour une grande famille, et ainsi de suite, chaque famille pouvant à son tour mesurer les quantités qui lui ont été attribuées.

4.6 Sixième sorte de jeux. Échanges

Si, parallèlement, les enfants ont acquis une certaine expérience des échanges avec les blocs multibases, on peut leur fournir l'occasion d'agir de même avec les unités de capacité. Pour la première sorte de jeux, on s'arrangera pour qu'ils disposent d'un assez grand nombre de mesures d'un gallon, d'une pinte, d'un quart. On peut, par exemple, commencer avec 3 gallons, 6 quarts et 7 pintes, le tout rempli d'eau, et demander aux enfants de garder cette quantité d'eau avec le plus petit nombre possible de récipients, du moment qu'ils sont tous pleins. On leur conseille de commencer par les mesures les plus petites. Ils prennent donc les sept « pintes » et les vident dans des mesures d'un quart, ce qui donne 3 « quarts » et une pinte. On a donc maintenant 3 gallons, 9 quarts et 1 pinte. On peut prendre les 9 « quarts » et les vider dans des gallons ; on remplit ainsi 2 gallons et il reste un « quart ». On a donc 5 gallons, 1 quart et 1 pinte, c'est-à-dire, en tout, 7 récipients pour contenir toute l'eau qui, avant, tenait dans 16 récipients, tous les récipients étant pleins dans chaque cas. Voilà des expériences nécessaires qui permettront aux enfants à un stade ultérieur de comprendre les symboles dont ils se serviront.

Passons maintenant à un exercice intéressant, qui nécessite les récipients suivants : demi-pinte, pinte, quart, demi-gallon, gallon, double gallon. Chacune de ces unités est le double de la précédente, et il y a une analogie manifeste avec les blocs de base 2. Si les enfants ont déjà fait des exercices avec ces blocs, ils n'éprouveront aucune difficulté à faire celui-ci avec de l'eau. On commence, toujours, par le récipient de plus petite capacité, et on finit par trouver comme résultat, par exemple, 3 doubles gallons, 1 gallon, 0 demi-gallons, 1 quart, 1 pinte et 0 demi-pintes. Étant donné qu'on est en base 2, on ne peut jamais avoir de résultat supérieur à 1, sauf pour les récipients correspondant à la plus grande unité.

indiqué dans la note précédente (4 litres et 2 décilitres) pour aboutir au même résultat, en passant par l'étape du résultat « inexact » de 3 litres et 12 décilitres. Déjà préparés à la numération décimale par les jeux des blocs multibases, les enfants trouveront un nouvel exemple de groupement par dizaines.

JEUX CONDUISANT À LA COMPRÉHENSION DU POIDS

5.1 Première sorte de jeux. Jeux conceptuels

Avant que les enfants puissent commencer à mesurer des poids, il faut qu'ils sachent ce que signifie *lourd*, *léger*, *plus lourd que*, *moins lourd que*, *aussi lourd que*, et ainsi de suite, et il faut que leurs expériences soient telles qu'ils ne risquent pas de confondre la taille d'un objet avec son poids.

Une fois de plus, il faut que la maîtresse dispose de collections d'objets permettant aux enfants d'acquérir cette expérience. Ces objets doivent être aussi variés que possible, tout en étant d'usage courant pour les enfants. Une expérience est plus chargée de sens quand elle est associée à la vie de tous les jours. On aura donc des pierres de diverses tailles, des petits paquets, des livres, des morceaux de bois, de métal, et ainsi de suite. Leurs dimensions devront être choisies de manière que les enfants puissent les tenir d'une seule main, mais on peut aussi en avoir quelques-uns plus grands et plus lourds.

Il faut donner à chaque enfant de nombreuses occasions de tenir un objet dans chaque main et d'évaluer quel est le plus lourd ou le plus léger. On peut aussi leur faire ranger des objets en deux tas, le tas des objets « légers » et le tas des objets « lourds ». Cette division est assez arbitraire, mais elle a sa valeur. On peut varier ces deux jeux en donnant aux enfants de grands objets à tenir, un à la fois, et en leur demandant lequel est le plus lourd. L'expérience est toute différente de celle où l'on tient deux objets en même temps, un dans chaque main.

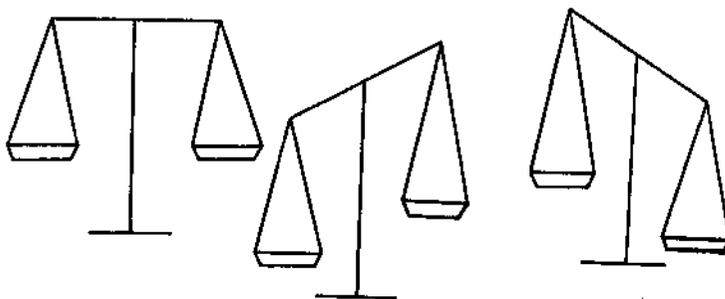
Plus tard, on leur fera décider entre deux objets de poids presque égal, choisis de manière que les enfants ne puissent pas faire trop facilement la différence. Ils seront alors conduits à se demander s'il n'y aurait pas un moyen de savoir de façon certaine la réponse, et même si aucun enfant n'a la moindre idée de l'opération de peser ou de mesurer des poids, ils admettront tous qu'il y a des cas où ce serait nécessaire.

5.2 Seconde sorte de jeux. Emploi de la balance

Mais il y a des chances pour qu'un enfant au moins ait déjà vu sa grand-mère se servir d'une balance pour faire ses gâteaux ou ses confitures. La maîtresse peut alors présenter une balance simple, à fléau, avec deux plateaux disposés à égale distance du centre : c'est le modèle qui est le plus parlant pour ce qui nous intéresse ici, et on s'en servira simplement pour comparer entre eux les poids des objets, et non pour les « peser » en valeur absolue. Avant de s'en servir, les enfants examinent la balance, et sont conduits à remarquer que lorsque les deux plateaux sont vides, ils sont au même niveau. La maîtresse prend alors deux objets de même poids et en met un dans chaque plateau. Comme les enfants les auront, au préalable, tenus entre les mains, ils

savent qu'ils sont « aussi lourds » ou « aussi légers » l'un que l'autre. Ils remarquent avec intérêt que les deux plateaux demeurent en équilibre. Puis on prend deux objets de poids très différents. On les fait d'abord soupeser aux enfants, puis on les met dans les plateaux de la balance. Les enfants remarquent que l'un des plateaux est plus bas que l'autre. S'ils veulent, on peut les laisser prendre les objets, et bien se rendre compte que c'est le plateau le plus bas qui contient l'objet le plus lourd. La maîtresse peut alors dire : « Je me demande ce qui se passerait si on les changeait de côté. » On le fait, et les enfants remarquent que cette fois c'est l'autre plateau qui est en bas. Quand ils l'auront fait plusieurs fois, ils sauront que c'est toujours dans le plateau le plus bas que se trouve l'objet le plus lourd. Il ne faut pas précipiter cette expérience, et il faut donner à chaque enfant plusieurs occasions d'essayer lui-même, car il se produit plus tard bien des confusions quand cela n'a pas été bien compris au début.

Fig. 24 COMPARER DES POIDS EN SE SERVANT D'UNE BALANCE



où se trouve le poids le plus lourd ?

5.3 Troisième sorte de jeux. Différence de poids. Unités arbitraires

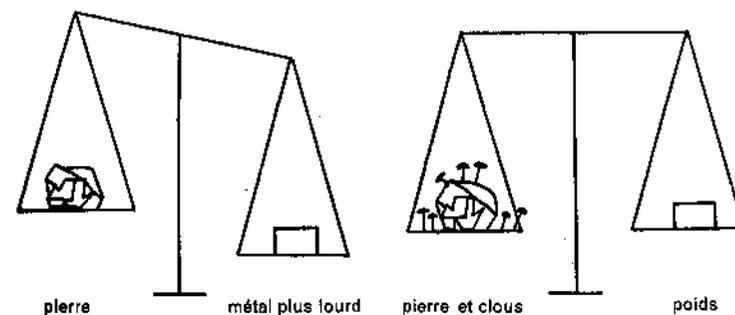
Très rapidement, les enfants veulent savoir « de combien plus lourd ou de combien plus léger » est tel objet par rapport à tel autre. Comme nous l'avons expliqué dans le texte, il faut d'abord en décider à l'aide d'unités arbitraires. Nous avons trouvé, quant à nous, que des clous de diverses tailles, des pièces de monnaie, pouvaient très bien faire l'affaire.

On dispose un objet dans chacun des plateaux de la balance, et comme on les a choisis très différents, il y a un des plateaux qui est nettement plus bas que l'autre. Tous les enfants savent, maintenant, lequel est le plus lourd, mais ce qui les intéresse, c'est de savoir de combien l'un est plus lourd que l'autre, et ils vont essayer d'amener du même niveau les deux plateaux. La maîtresse donne, par exemple, de

grands clous, et on les ajoute un à un dans le plateau du haut, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli. La maîtresse peut alors demander : « Combien plus lourd est cet objet que cet autre objet ? » Supposons que la réponse soit : « De sept clous. » Il n'en demeure pas moins que tous les enfants ne le comprendront pas du premier coup. Ce qu'ils verront, c'est qu'il a fallu mettre sept clous pour établir l'équilibre entre les deux plateaux.

On recommence l'exercice avec deux autres objets et encore des clous. Très vite, tous les enfants du groupe voient que le nombre de clous donne une mesure de la différence de poids. Quand ils semblent l'avoir bien admis, la maîtresse peut décider de laisser les mêmes objets dans la balance mais de prendre d'autres « unités » pour mesurer la différence. Admettons qu'on prenne des pièces d'un centime, et qu'on trouve, par exemple, qu'au lieu de : « douze clous » la réponse est : « huit pièces ». Les enfants apprennent ainsi qu'il n'est pas indispensable de se servir de clous. On peut tout aussi bien prendre des sous, ou autre chose. La seule différence, c'est que la réponse n'est pas toujours la même. Puis on recommence avec d'autres objets, tantôt avec des pièces d'un centime, tantôt avec des clous, tantôt avec des pièces d'un franc, et ainsi de suite.

Fig. 25 COMBIEN PLUS LOURD ? SE SERVIR D'UNITÉS ARBITRAIRES



Pierre métal plus lourd pierre et clous poids

Cependant, il faut remarquer que, jusqu'à présent, on n'a pesé aucun objet.

5.4 Quatrième sorte de jeux. Mesure du poids. Unités arbitraires

Certains enfants parmi les plus doués vont vouloir savoir combien il faut de clous, ou de pièces de monnaie, pour équilibrer un objet quelconque. On dispose donc un objet dans un des plateaux de la balance, qui descend alors à fond. Puis on se met à entasser des clous de l'autre côté, un à un, jusqu'à ce que la balance soit de nouveau en équilibre. A la question posée par la maîtresse, les enfants sont d'accord pour

répondre qu'il a fallu « tant » de clous pour équilibrer l'objet, de sorte que l'objet pèse autant que ce nombre de clous. On prend un autre objet, et cette fois-ci on l'équilibre avec des centimes, ou avec des francs, peu importe, et on obtient une autre réponse. On peut aussi équilibrer le même objet successivement avec deux sortes d'unités différentes, ce qui donne deux réponses différentes.

On demande maintenant aux enfants d'estimer combien de clous, ou de pièces de monnaie, pèseront autant qu'un objet quelconque choisi. On peut les laisser d'abord soupeser l'objet à la main tout en ramassant de plus en plus de clous dans l'autre main, puis on vide chaque main dans un des plateaux de la balance et on voit ce qui se passe. S'il n'y a pas équilibre, on ajoute ou on retire des clous, ce qui permet de voir de combien on s'est trompé. A l'étape suivante, on leur laisse tenir seulement l'objet, et il faut deviner combien il faudra de clous pour l'équilibrer. Il faut laisser chaque enfant du groupe faire sa propre estimation, et le gagnant est celui qui est arrivé le plus près de la vérité.

5.5 Cinquième sorte de jeux. Comparaison entre poids d'unités arbitraires

On demande maintenant aux enfants de peser le même objet avec au moins deux espèces d'unités arbitraires différentes – par exemple des grands clous et des petits clous. On fait passer l'objet à la ronde et on décide ensuite, par exemple, de prendre des clous de 5 cm et des clous de 2 cm, ou des clous de trois pouces et des clous d'un pouce, peu importe. On pèse d'abord l'objet avec les grands clous, puis on enlève les grands clous du plateau et on les pose sur la table. On recommence la même opération avec les petits clous. La maîtresse demande ensuite : « Quel est le tas de clous qui est le plus lourd, le tas des gros ou le tas des petits ? » ou encore : « Quel est le tas qui contient le plus de fer, le tas des gros ou le tas des petits clous ? » Il faut poser la question de ces deux manières différentes, mais à des moments différents. Les enfants ont beau avoir vu deux fois de suite le fléau en équilibre, il se peut très bien qu'ils répondent que le tas de gros clous est plus lourd, et la maîtresse dit : « Bon, eh bien, contrôlons à l'aide de la balance. » On met le tas de gros clous dans l'un des plateaux, le tas de petits clous dans l'autre, et les enfants constatent qu'il y a équilibre. Ils reconnaissent que les deux tas de clous ont le même poids. C'est là une opération qui devra être faite par les enfants eux-mêmes, plusieurs fois, jusqu'à ce qu'ils aient compris qu'il en est toujours ainsi. Il faut recommencer la partie avec d'autres objets, avec d'autres unités, encore et encore, tant qu'ils n'ont pas saisi qu'il en est toujours ainsi, quelle que soit l'unité adoptée.

5.6 Sixième sorte de jeux. Présentation des unités légales

Comme dans le cas des unités de longueur ou de capacité, on commence par une discussion sur la manière de communiquer à d'autres

une information relative au poids, et tous les enfants admettent qu'il faut, là aussi, des unités connues de tout le monde.

On présente alors les unités légales. Les enfants trouvent toujours amusant de manipuler ces objets en laiton joliment poli, de même forme mais de tailles croissantes.

Il ne faut pas longtemps aux enfants pour commencer à se demander quelles sont les relations entre ces divers poids¹. Dans le système métrique, si certains enfants ont déjà appris à chercher, ils essayeront de découvrir les relations entre les poids d'une boîte de poids, et il ne faut pas les en empêcher.

JEUX CONDUISANT À LA COMPRÉHENSION DE L'AIRES

6.1 Première sorte de jeux. Mesure des surfaces avec des unités arbitraires

Pour amener ce sujet, la maîtresse peut commencer par demander, en montrant le siège d'une chaise d'enfant et le dessus d'un bureau : « Quel est le morceau de bois qui est le plus grand, celui-ci ou celui-là ? » Très peu d'enfants ont la moindre idée de la façon de se tirer de ce problème, mais la plupart diront quand même que le dessus de la table est plus grand que celui de la chaise. On demandera ensuite aux enfants de comparer le dessus du bureau de la maîtresse avec celui de la table d'un élève, et ils pourront généralement le faire. On comparera ainsi plusieurs surfaces, en décidant toujours par appréciation visuelle.

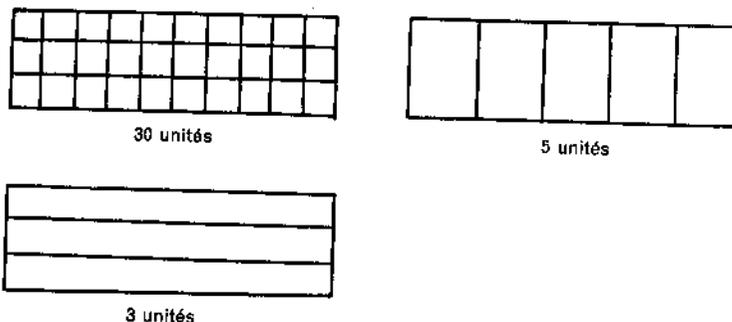
Puis on demandera aux enfants de comparer une surface longue et étroite avec une surface plus courte et plus large : on s'aperçoit alors qu'il y a des hésitations. Pour aider, la maîtresse peut leur proposer une unité arbitraire quelconque – par exemple des carreaux de céramique ou de carton, rectangulaires, ou d'une quinzaine de centimètres de longueur et d'une dizaine de centimètres de largeur (six pouces sur quatre). Elle posera ensuite la question en d'autres termes, demandant : « Combien faut-il de morceaux de carton pour couvrir cette table, et celle-là ? » Avec l'aide de la maîtresse, les enfants disposent les morceaux de carton ou les carreaux jusqu'à ce que toute la surface soit couverte (ou à peu près) et on compte combien il y a de carreaux dans chaque cas. Si, ensuite, la maîtresse demande de nouveau quelle est la plus grande, les enfants n'auront pas de difficulté à répondre.

On comparera d'autres surfaces de la même manière, à l'aide de ces unités ou d'autres unités de dimensions différentes. Puis les enfants se mettront à mesurer toutes les surfaces possibles. Si deux groupes opèrent en même temps avec des unités différentes, on obtiendra des réponses variées, mais on les admettra, du moment qu'elles sont exactes.

Par ces méthodes, les enfants acquièrent peu à peu l'idée que c'est toute la surface qu'ils mesurent, et ils deviennent capables de décider

1. Au Canada p. ex., 16 onces pour une livre.

Fig. 26 MESURER DES SURFACES. COUVRIR DES SURFACES AVEC DES UNITÉS ARBITRAIRES



si une surface est plus grande ou plus petite qu'une autre, ou, plus simplement, de mesurer une surface en fonction d'une certaine unité choisie.

6.2 *Seconde sorte de jeux. Emploi du décimètre carré ou du pied carré*

Là, encore, on admet qu'il faut une unité connue de tout le monde, et la maîtresse présente « un décimètre carré » ou « un pied carré », découpé dans du carton ou du contre-plaqué. On laisse les enfants le manipuler, le comparer avec les unités de longueur dont ils disposent. Il est probable que les enfants admettront qu'on l'appelle ainsi parce que c'est un carré et qu'il mesure un pied ou un décimètre de longueur. Il faut en prévoir un nombre suffisant pour que tous les enfants puissent « mesurer », par recouvrement, des surfaces relativement importantes. Bien entendu, il ne faut présenter, pour commencer, que des surfaces aisément mesurables par ce procédé. On veillera à ce que les enfants posent les unités bien soigneusement les unes à côté des autres, et quand tout est recouvert on compte les unités. On découvre ainsi que telle forme simple mesure six décimètres carrés, et ainsi de suite.

6.3 *Troisième sorte de jeux. Le centimètre carré ou le pouce carré*

On procède exactement comme pour les décimètres carrés ou pour les pieds carrés. Bien entendu, il est bon de prendre des surfaces à mesurer plus petites.

Fig. 27 MESURER DES SURFACES EN LES COUVRANT AVEC DES UNITÉS LÉGALES

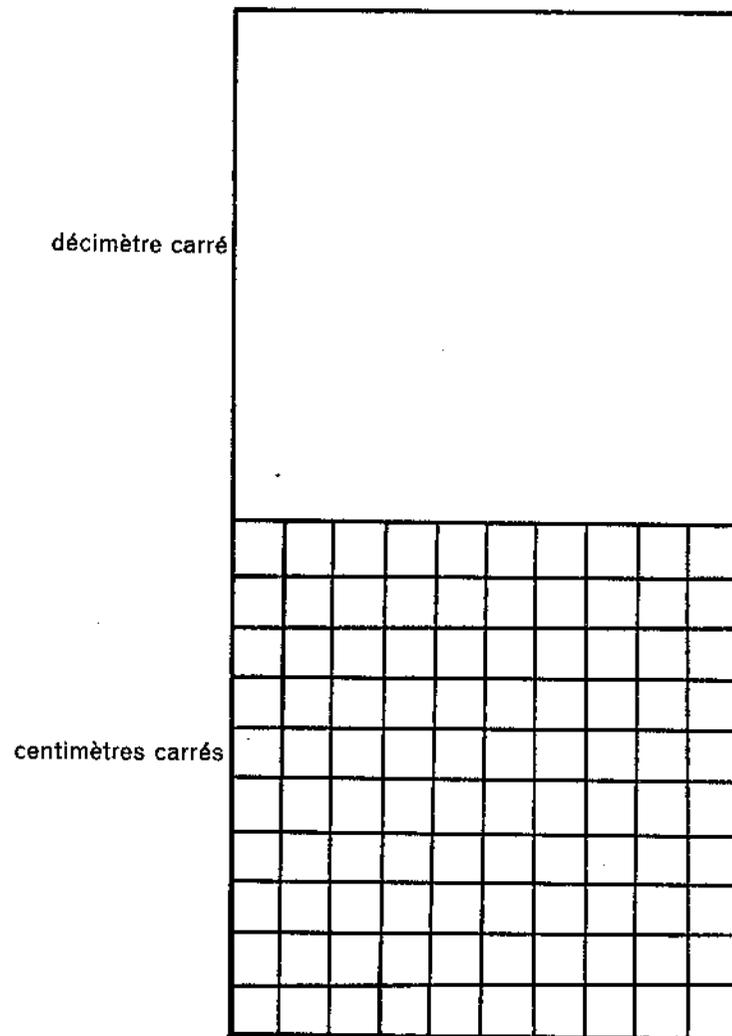
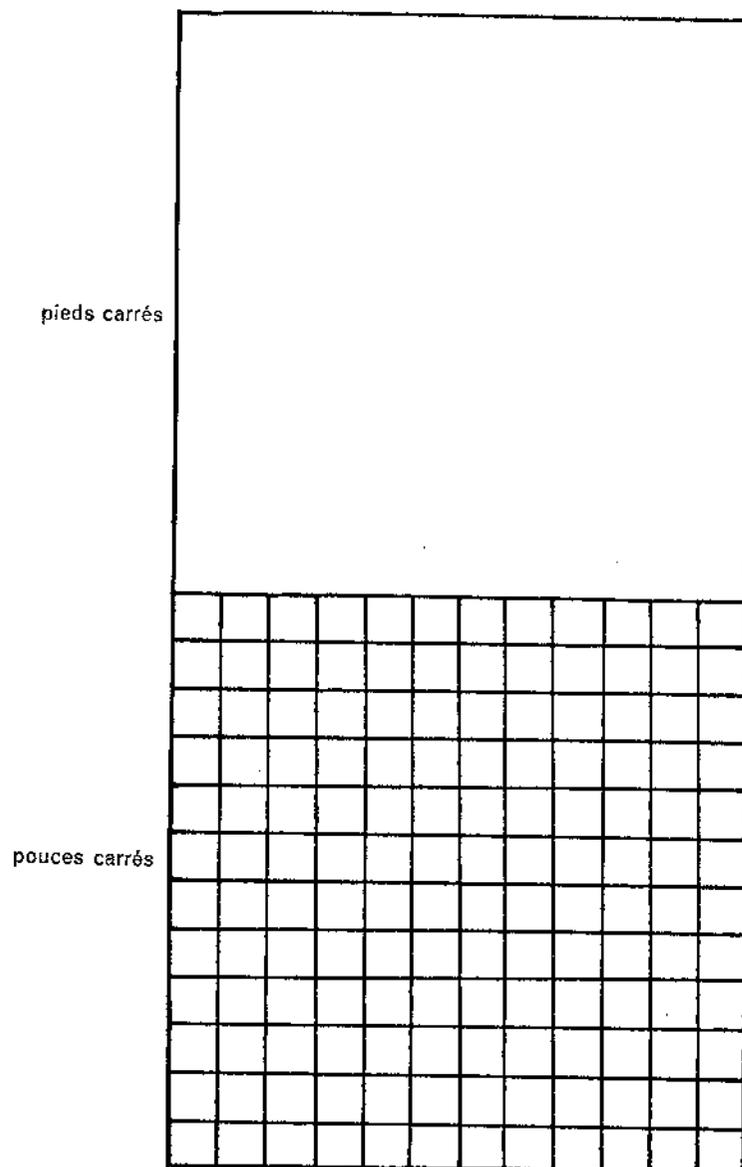


Fig. 28 MESURER DES SURFACES AVEC DES UNITÉS CANADIENNES



6.4 *Quatrième sorte de jeux. Mesure d'une surface avec deux unités à la fois (décimètres et centimètres carrés, pieds et pouces carrés)*

La maîtresse présente une surface rectangulaire qui n'a pas un nombre rond de décimètres carrés, et on donne aux enfants deux tas, un de décimètres carrés, l'autre de centimètres carrés. On leur suggère de commencer à mesurer avec la plus grande des deux unités. S'il reste une partie non couverte, les enfants, se rappelant les jeux antérieurs, finiront de la couvrir avec des centimètres carrés. Puis ils comptent le total.

6.5 *Cinquième sorte de jeux. Mesure d'une surface avec une seule unité de chaque ordre*

Là encore, la maîtresse choisit une surface qui ne mesure pas un nombre entier d'unités de l'ordre supérieur, par exemple plus de sept décimètres carrés mais moins de huit, et on ne donne aux enfants qu'un seul décimètre carré et un seul centimètre carré. Il va donc falloir, comme dans les jeux de mesure de longueur antérieurs, poser soigneusement le décimètre carré, marquer son contour au crayon, puis le reporter un certain nombre de fois, et faire de même avec le centimètre carré, le moment venu. Puis on compte, comme précédemment.

Certains enfants veulent savoir quelle relation il y a entre les décimètres carrés et les centimètres carrés, ou entre les pieds carrés et les pouces carrés. Ils peuvent y arriver en couvrant la grande unité avec des petites. Quelle surprise de voir qu'il y a 144 petits carrés d'un pouce dans le grand carré d'un pied! Quelles découvertes intéressantes, plus intéressantes même à bien des points de vue, que celles faites avec les unités du système métrique!

La maîtresse peut même, si elle le juge utile, présenter le mètre carré ou la verge carrée, et encourager les comparaisons avec les unités plus petites.

Il est sûr que certains enfants voudront mesurer des surfaces qui ne sont pas rectangulaires ou qui, pour toute autre raison, ne peuvent pas être mesurées avec nos unités carrées. Cela peut nous conduire à des découvertes intéressantes, par exemple à la découverte d'unités triangulaires de mesure des surfaces.

TABLE DES MATIÈRES

Première partie

EXPLORATION DE L'ESPACE

1. IDÉES FONDAMENTALES	7
2. TOPOLOGIE	8
3. EMPLOI DES TRANSFORMATIONS EN GÉOMÉTRIE	11
3.1 <i>Jeux de « pivotement ». Transformations symétriques</i>	11
3.2 <i>Jeux de rotation</i>	13
3.3 <i>Jeux combinés</i>	14
3.4 <i>Jeux de poursuite</i>	14
3.5 <i>Divers modes de réalisation des transformations symétriques</i>	15

APPENDICE I

JEUx CONDUISANT À UNE CERTAINE COMPRÉHENSION DE LA GÉOMÉTRIE

1.1 Emploi des attributs	19
1.2 Formes	19
1.3 Couleurs	20
1.4 Relations spatiales simples	20
1.5 Combinaison des concepts	21
1.6 Pratique des concepts	21
1.7 Frontières et domaines	21
1.8 Frontières et passages	22
1.9 Salles et portes	23
1.10 L'envers	24
1.11 Verso et trous	24
1.12 Les frontières considérées comme chemins	25
1.13 Frontières et domaines	28
1.14 Augmenter le nombre de frontières	29
1.15 Jeux de puzzles (ou de « patchwork »)	30
1.16 Pliages de papiers	31
1.17 Premier jeu de pivotement. « Où va-t-on ? »	32

1.18	Second jeu de pivotement. « Comment faire pour arriver là? »	34
1.19	Troisième jeu de pivotement. « Comment retourner à la maison en un seul mouvement? »	35
1.20	Quatrième jeu de pivotement. « Où va-t-on en deux mouvements? »	35
1.21	Cinquième jeu de pivotement. « Comment rentrer au camp en un seul mouvement après deux retournements successifs? »	36
1.22	Sixième jeu de pivotement. La poursuite	36
1.23	Premier jeu de rotation. « Où va-t-on? »	37
1.24	Second jeu de rotation. « Comment faire pour arriver là? »	37
1.25	Troisième jeu de rotation. « Comment rentrer au camp en un seul mouvement? »	38
1.26	Quatrième jeu de rotation. « Où va-t-on en deux mouvements? »	38
1.27	Cinquième jeu de rotation. « Comment rentrer au camp en un seul mouvement après l'avoir quitté en deux mouvements successifs? »	38
1.28	Sixième jeu de rotation. La poursuite	38

Deuxième partie

PRATIQUE DE LA MESURE

1.	EXERCICES PRÉLIMINAIRES	41
	<i>Distance</i>	42
	<i>Temps</i>	42
	<i>Poids</i>	42
2.	DÉCOUVERTE DE LA MESURE	43
3.	MESURE DU TEMPS	46
4.	MESURE DE LA CAPACITÉ	47
5.	MESURE DU POIDS	48
6.	MESURE DES AIRES	50

APPENDICE II

JEUX DESTINÉS À FACILITER L'INTRODUCTION DE LA PRATIQUE DE LA MESURE

2.1	Jeux conceptuels	53
2.2	Disposition par ordre de taille	54
2.3	Évaluer des distances	54

JEUX CONDUISANT À LA COMPRÉHENSION DE LA MESURE DES LONGUEURS

2.4	Introduction d'unités arbitraires de longueur	55
2.5	Présentation des unités légales	56
2.6	Emploi de plusieurs unités différentes dans la même mesure	57
2.7	Différents énoncés possibles d'une même mesure. Conservation	58
2.8	Mesurer avec un minimum d'unités	59
2.9	Emploi de marques sur des règles	60
2.10	Jeux d'échanges	61
	Conclusion	61

JEUX CONDUISANT À LA COMPRÉHENSION DE LA MESURE DU TEMPS

3.1	Première sorte de jeux. Formation de concepts	62
3.2	Deuxième sorte de jeux. Emploi d'unités arbitraires de mesure du temps	63
3.3	Troisième sorte de jeux. Les unités conventionnelles	64
3.4	Quatrième sorte de jeux. Vitesse et temps	65
3.5	Cinquième sorte de jeux. Le plan incliné	66
3.6	Sixième sorte de jeux. Le jour comme unité de temps	67
3.7	Septième sorte de jeux. Les heures, savoir lire l'heure	68

JEUX CONDUISANT À LA COMPRÉHENSION DE LA CAPACITÉ

4.1	Première sorte de jeux. Unités arbitraires de capacité	68
4.2	Seconde sorte de jeux. Série d'unités arbitraires	69
4.3	Troisième sorte de jeux. Unités arbitraires de même capacité mais de formes différentes	70
4.4	Quatrième sorte de jeux. Présentation des unités légales	72
4.5	Cinquième sorte de jeux. Mesure avec des unités de capacité de grandeur décroissante	72
4.6	Sixième sorte de jeux. Échanges	74

JEUX CONDUISANT À LA COMPRÉHENSION DU POIDS

5.1	Première sorte de jeux. Jeux conceptuels	75
5.2	Seconde sorte de jeux. Emploi de la balance	75
5.3	Troisième sorte de jeux. Différence de poids. Unités arbitraires	76
5.4	Quatrième sorte de jeux. Mesure du poids. Unités arbitraires	77
5.5	Cinquième sorte de jeux. Comparaison entre poids d'unités arbitraires	78
5.6	Sixième sorte de jeux. Présentation des unités légales	78

JEUx CONDUIsANT À LA COMPRÉHENSION DE L'AIRe

6.1 Première sorte de jeux. Mesure des surfaces avec des unités arbitraires	79
6.2 Seconde sorte de jeux. Emploi du décimètre carré ou du pied carré	80
6.3 Troisième sorte de jeux. Le centimètre carré ou le pouce carré	80
6.4 Quatrième sorte de jeux. Mesure d'une surface avec deux unités à la fois (décimètres et centimètres carrés, pieds et pouces carrés)	83
6.5 Cinquième sorte de jeux. Mesure d'une surface avec une seule unité de chaque ordre	83