

Les dossiers
pédagogiques

A J

l'éducateur

ICEM · FIMEM

Pédagogie Freinet

49

discussion sur
LA FORMATION SCIENTIFIQUE

Table ronde dans le cadre du XXV^e Congrès
de l'Ecole Moderne

SUPPLÉMENT
au numéro 9-10
de mai-juin 1969

A. J. Robert
J. J. J.

Table ronde sur LA FORMATION SCIENTIFIQUE

organisée le jeudi 3 Avril 1969
au C. R. D. P. de Grenoble
dans le cadre du XXV^e Congrès
de l'Ecole Moderne

Les participants sont, autour de l'animateur Michel PELLISSIER, instituteur à Vénérieu (Isère) :

M. DREYFUS, physicien, professeur à l'Université de Grenoble et directeur d'un laboratoire de Recherche sur les très basses températures.

P. PERROUD, ingénieur au Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble (physique appliquée).

A. KAUFMAN, maître assistant à la Faculté des Sciences, en physique et chimie.

C. ROBY, assistant à la Faculté des Sciences, enseignant en 1^{re} année de propédeutique, fait de la recherche dans le domaine de la cristallographie.

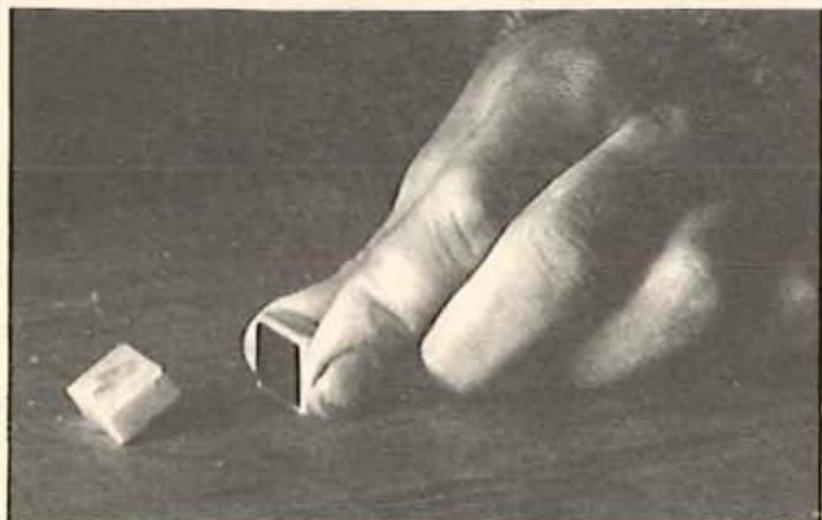
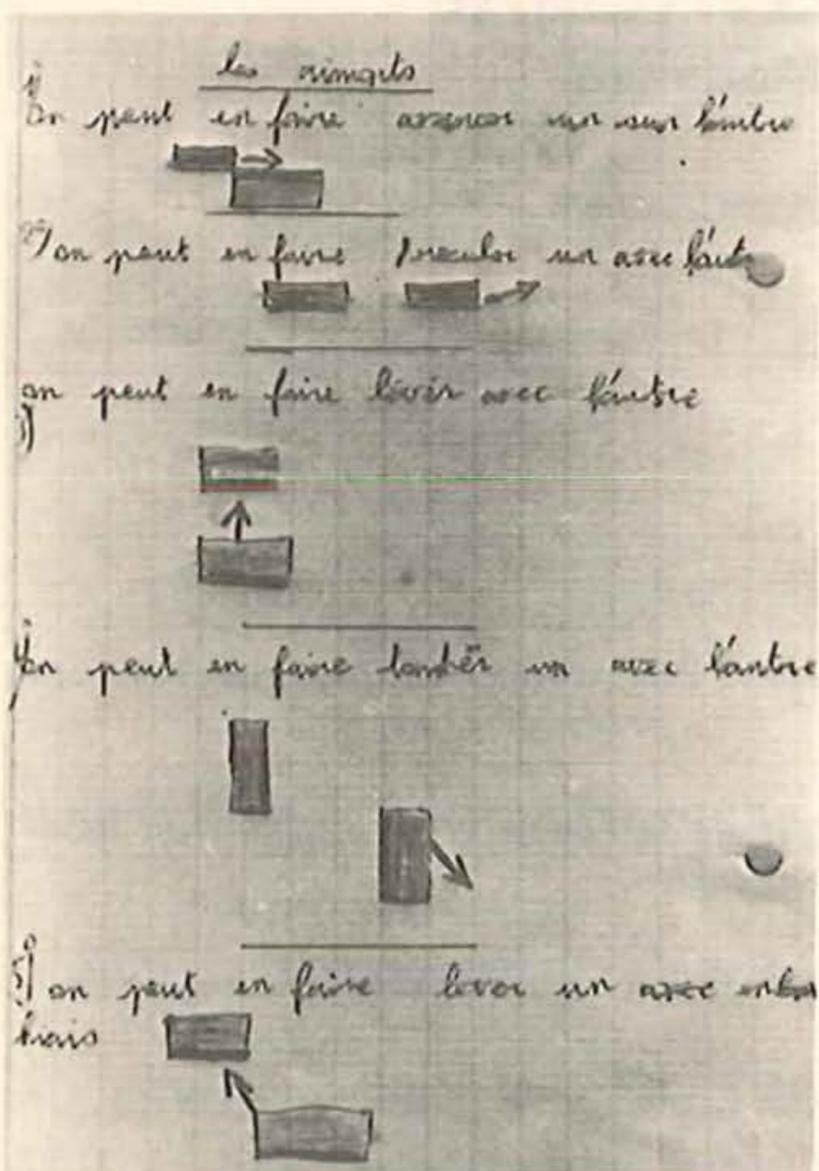
M. RENARD, ingénieur de recherches dans l'industrie, anime un groupe de recherches dites fondamentales pour des industriels, à la charnière entre la recherche, telle qu'on la pratique à l'Université et les applications.

A. NEMOZ, assistant à la Faculté des Sciences.

J. VESLIN, professeur de sciences naturelles au Lycée Champollion de Grenoble.

M. Pellissier — Le débat que nous allons mener ce soir s'inscrit dans le cadre du XXV^e congrès de l'Ecole Moderne - Pédagogie Freinet - et nous l'avons organisé, nous éducateurs de l'Ecole Moderne, pour prendre contact et discuter avec des gens qui sont, sur la place de Grenoble, des spécialistes de la recherche scientifique.

Cette réunion a pour thème : « L'ex-



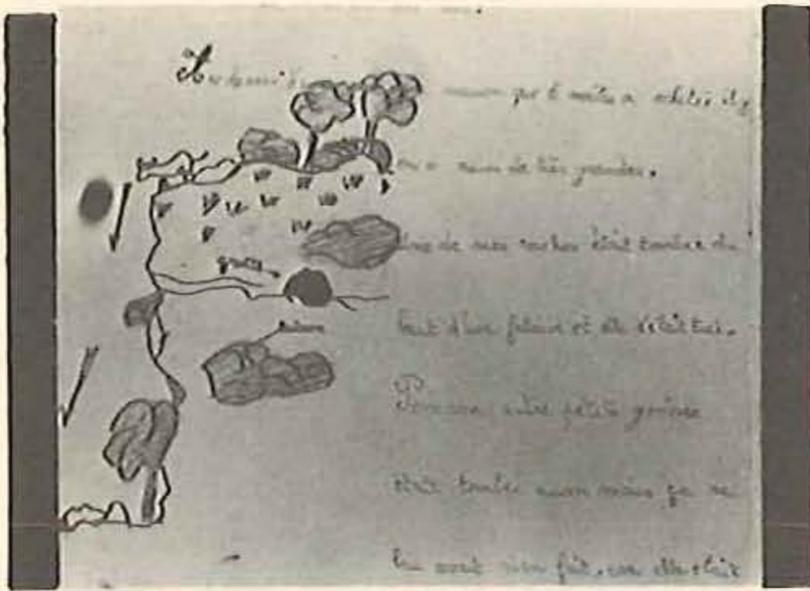
pression libre et la création dans la formation scientifique ».

Nous avons préparé un court document audiovisuel présentant quelques aspects de notre travail en classe, sur lequel les personnes réunies autour de cette table pourront donner leurs points de vue, leurs critiques, leurs remarques et à partir duquel les gens de la salle pourront poser des questions.

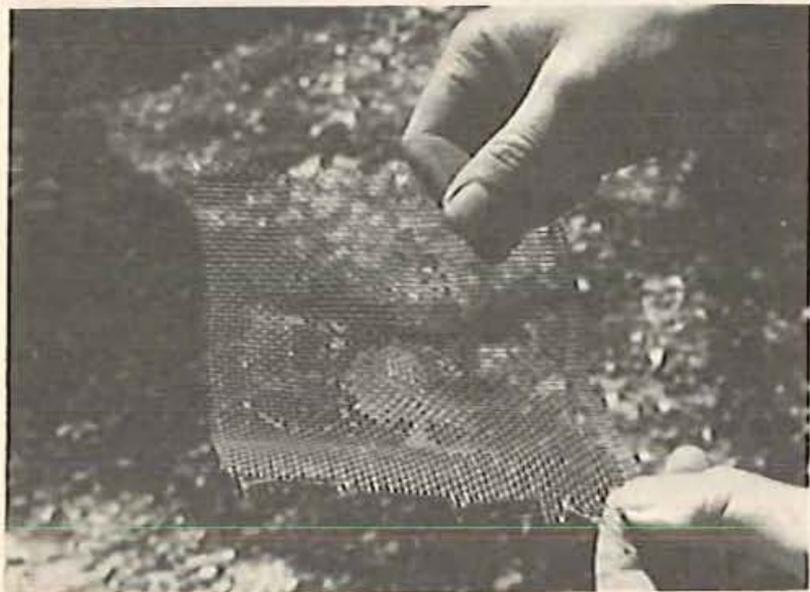
Les quelques documents que vous allez voir et entendre ne sont pas des documents longuement élaborés. Ce sont seulement des exemples, saisis tels que les enfants les apportent, et qui témoignent de ce que nos élèves peuvent dire et faire très spontanément. Ils n'ont pas été choisis non plus parmi un très grand nombre d'autres. Ce sont seulement les plus récents exemples qui sont arrivés dans ma classe et que j'ai enregistrés tout dernièrement.

Nous pensons que de tels moments sont des points de départ pour entamer des recherches et aller vers une formation scientifique. Les voici donc :

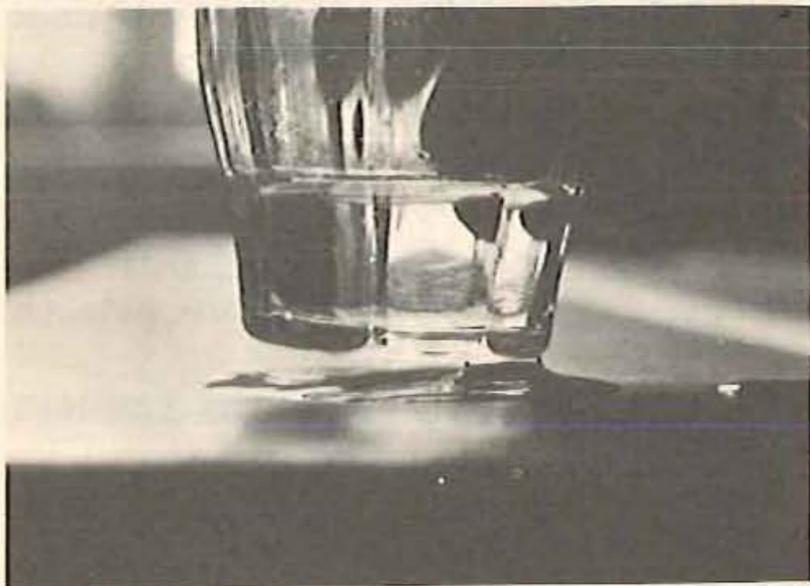
— Je prends un aimant et je présente le côté noir de l'aimant près d'un autre aimant qui est à plat, le côté jaune en l'air ; si j'avance le premier aimant, l'autre se lève.



— Une de mes vaches était tombée du haut d'une falaise et elle s'était tuée. Puis, une autre petite génisse était tombée aussi mais cela ne lui avait rien fait car elle était encore petite. Alors ses os faisaient un peu caoutchouc.



— J'ai pris une grille avec des petits carreaux et j'ai mis de l'eau dessus. Je l'ai arrosée d'eau. A travers les carreaux, il y avait une pellicule d'eau qui restait.



— Un jour, je dinais. J'avais mon verre. J'ai renversé un peu d'eau sur la table. J'ai posé mon verre dessus, puis je l'ai retiré. J'ai vu que l'eau restait attrapée après.

M.P. — Alors, vous avez vu quand Joël a refait l'expérience, là, tout de suite ?

— Oui.

M.P. — Tu dis que l'eau s'est... Tu dis comment ?

— S'est attachée.

M.P. — Est restée accrochée au verre.

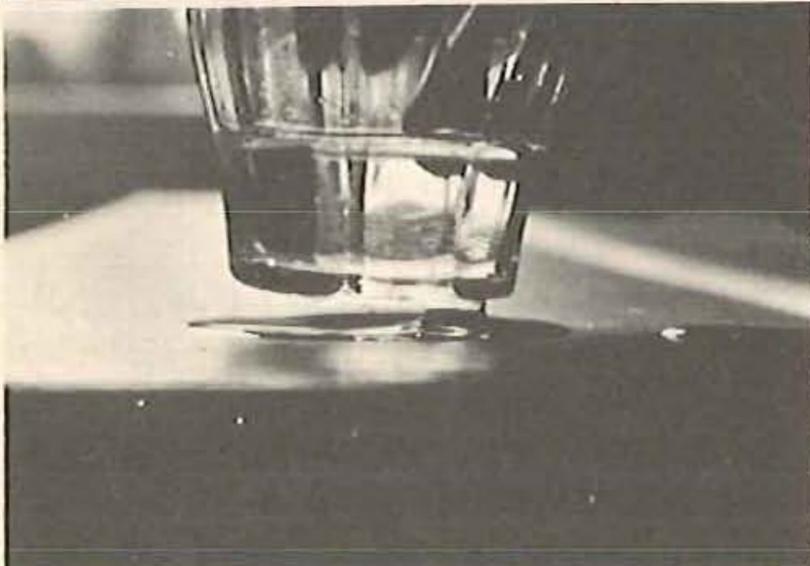
— Aimantée.

— C'est le verre qui l'attire. Il y a trop d'eau. Ça marche.

— Ça coupe.

M.P. — Vous me dites que le verre aime... C'est cela que vous avez dit au début.

— Il attire l'eau. Alors, elle monte et à un moment elle lâche.



— C'est peut-être le verre qui fait ça...

M.P. — Vous parliez des gouttes tout à l'heure, des gouttes qui sont où ?

— Sur les fils...

— Sur le fil d'étendage...

— La goutte est ronde, puis il y en a d'autres qui viennent en bas, en bas, puis tout d'un coup elle lâche...

— Elle s'allonge...

— Elle craque...

— Elle se coupe...

M.P. — Si vous me dites que c'est sur un fil d'étendage...

— Ou un fil électrique.

M.P. — Ou un fil électrique. Ce n'est pas du verre.

— Non, c'est du fer.

— Ou du plastique.

M.P. — Alors, pour en revenir à notre verre, et à l'expérience de Joël ? Cela ne se ferait pas parce que c'est du verre ?

— Non.

— Ça n'a pas d'importance.

M.P. — Alors, d'où cela peut venir que l'eau cherche à monter avec le verre comme cela, que le verre l'entraîne un moment ?

— C'est peut-être l'eau qui fait ça parce qu'elle est légère.

— Parce qu'il n'y a pas d'air...

M.P. — Il n'y a pas d'air. Où ?

— Sous le verre...

— On pose le verre sur l'eau. Elle part sur les côtés.

— Quand on le pose, oui.

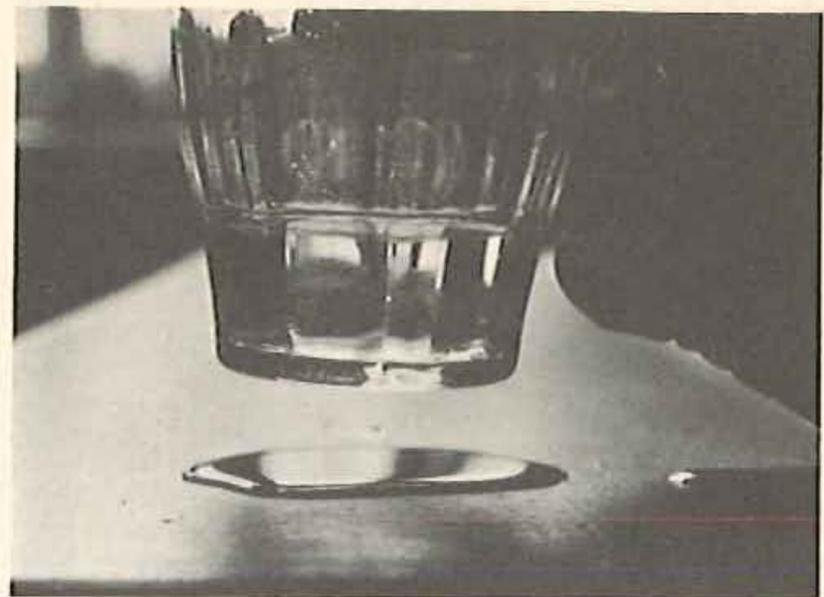
— Il faut que le verre soit mouillé dessous.

M.P. — Puisqu'il était posé sur l'eau que Joël avait versée, il était obligatoirement mouillé. Mais moi, je ne suis pas bien d'accord avec vous quand vous me dites qu'il n'y a pas d'air. Il n'y avait pas d'air au début quand le verre était posé sur l'eau.

— Oui.

M.P. — Mais là, regarde, quand je le soulève, il y a un moment où l'air passe. Pourtant est-ce que l'eau tombe tout de suite ?

— Non.



— Parce que l'air suit l'eau. Puis ça se rétrécit.

— Et puis, ça lâche.

— A un moment, on peut pas voir ; il y a de l'eau bien sous le verre, partout, puis on relève, ça lâche. Alors l'air arrive, arrive, il pousse et puis tac ! ça lâche.

M.P. — Et à propos des gouttes d'eau dont vous me parliez tout à l'heure. Est-ce qu'on peut donner la même explication pour les gouttes d'eau ?

— C'est parce que les gouttes d'eau sont rondes.

M.P. — Elles sont rondes.

— Oui, et puis il y a de l'eau qui arrive, qui arrive, alors ça s'étire, ça s'étire puis ça lâche.

M.P. — Et pourquoi ça ne lâche pas tout de suite ?

— Parce que l'eau elle n'est pas assez lourde pour faire casser.

M.P. — Au début, elle n'a pas assez de force pour quitter le fil ? Mais si vous me dites cela, cela veut dire qu'il y a quelque chose qui la retient contre le fil.

— C'est comme pour le verre.

— C'est le fil.

— Non, c'est comme le verre ? L'eau, pourquoi elle monte ?

— Dans l'eau, il y a de la force.

— La force, elle est pas assez forte pour tenir l'eau qui est dessous.

— Oui, il doit arriver de l'eau sur le côté.

M.P. — Alors, il y a d'autres gouttes qui viennent rejoindre la première ?

— Oui.

M.P. — Les gouttes s'alourdissent ?

— Oui et la force, la soi-disant force qui était dans le fil ou dans la goutte ne peut plus soutenir les gouttes, alors elles lâchent.

M.P. — Et alors, avec le verre ?

— C'est pareil.

M.P. — Par exemple ? Précise.

— Quand on lève, elle essaye de retenir et quand on lève un peu plus... ça lâche.

— La table, c'est comme le fil et le verre c'est comme la goutte et la force qui est dans la table...

M.P. — La force qui est dans la table ?

— La force qui retient.

M.P. — Vous m'avez dit : dans l'eau.

— A un moment, elle peut plus retenir.

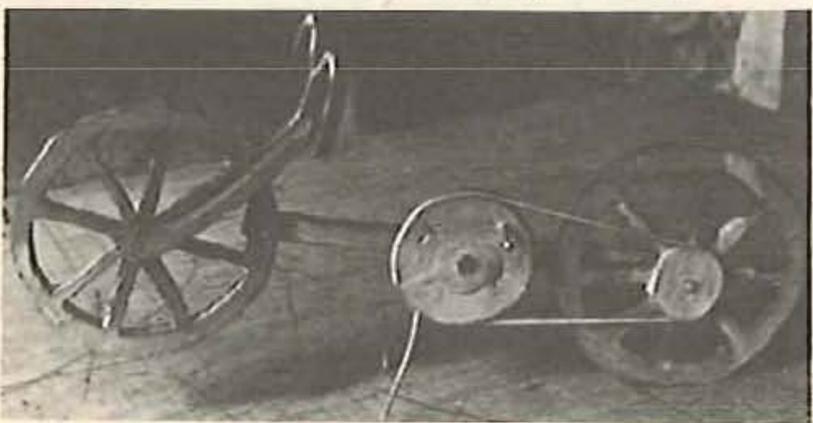
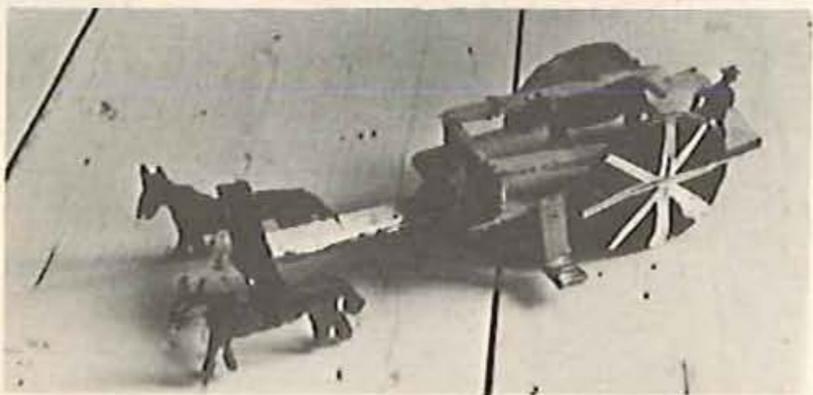
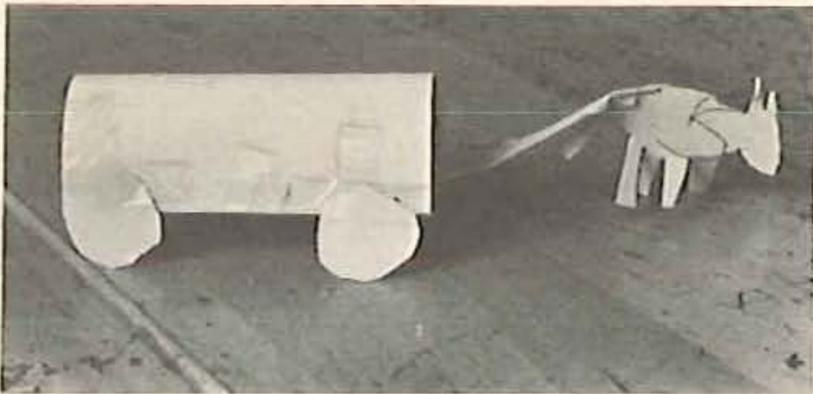
— Au lieu qu'elle devienne lourde, nous on tire. C'est la goutte qui devenait lourde. Nous on tire le verre.

— On a plus de force que l'eau du verre.

M.P. — Ce serait pas mal ce que vous dites, mais cette force qui est dans l'eau, comment pouvez-vous en parler ? Qu'est-ce que vous pouvez en dire de cette force ? Vous m'avez dit : il y aurait une force. Tu as même dit, toi, « une soi-disant force ».

— Je pense que la force, c'est comme ce qu'il y a dans les atomes. Je pense qu'il y a un noyau et puis des électrons qui tournent autour du noyau en très petit. Cela tourne très vite et ça retient.

— Moi, je pense que ce serait des petites bêtes. Elles ne seraient pas assez fortes pour retenir la goutte. Cela marcherait. S'il y avait de plus grosses bêtes, cela tiendrait encore plus longtemps. Puis, d'un seul coup, cela lâcherait.



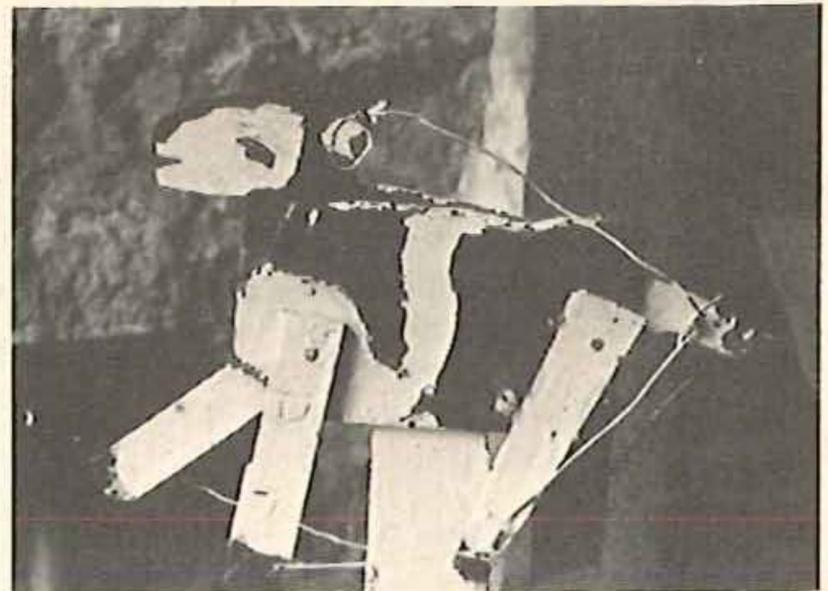
Les enfants construisent aussi beaucoup. Depuis des constructions très simples en carton collé et agrafé comme cette diligence.

Puis des constructions déjà plus élaborées en contre-plaqué notamment comme cet attelage.

Pour arriver enfin à des mécaniques plus complexes et plus élaborées telles que les deux que nous allons vous présenter maintenant :

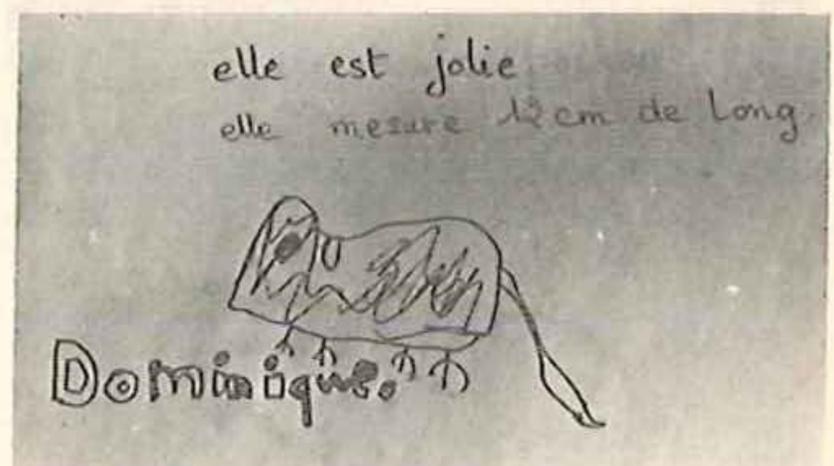
— J'ai fait un vélo en contre-plaqué. J'ai pris deux poulies. Puis un pédalier. A la place de la chaîne, j'ai mis un élastique. Quand je tourne la pédale, ça fait tourner la roue arrière. Des fois la chaîne saute. C'est un petit détail.

— J'ai fait une vache en contreplaqué. Les jambes, la queue et la tête sont séparées avec le ventre. J'ai mis des fils de fer pour faire bouger les quatre jambes et la queue et la tête. Quand je fais bouger la queue ça fait bouger les jambes et puis la tête avec.

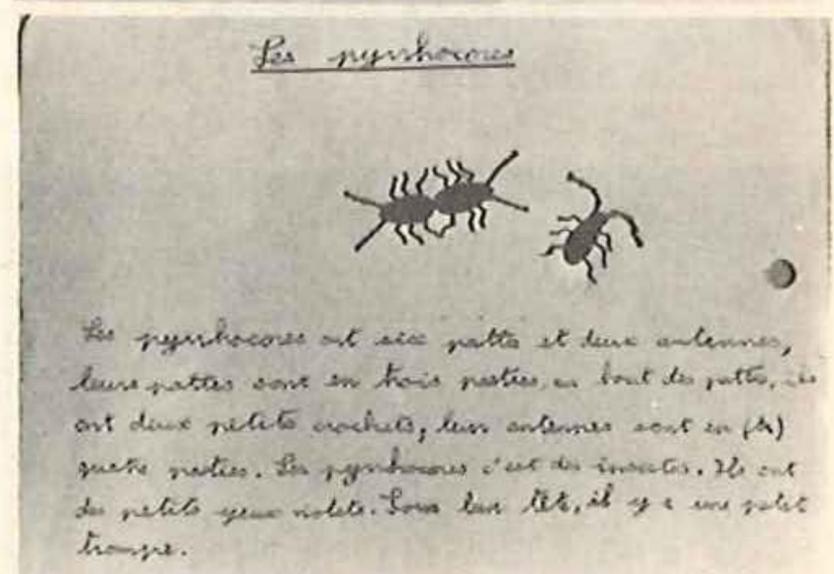


Ce début de printemps où la vie n'a pas encore repris dans les champs ne nous a pas permis d'enregistrer des observations sur les animaux, pourtant si nombreuses et si intéressantes. J'ai donc repris dans des travaux antérieurs, les deux exemples suivants qui montrent l'évolution d'un enfant.

Dominique a dessiné cette souris à l'âge où il ne savait encore écrire que son nom. On nous dit quelquefois qu'en laissant dessiner les enfants ainsi, c'est-à-dire d'une façon qui n'est pas ressemblante, nous risquons de les handicaper et de ne pas leur apprendre à observer.



Pourtant, le même enfant, à 11 ans, a dessiné les pyrrhocores, ces petits insectes rouges qui trottent le long des murs, de la façon suivante qui est très rassurante.



En plus des observations et de toutes leurs remarques, — que les enfants appellent volontiers des découvertes — ils posent aussi beaucoup de questions :

— Je voudrais savoir, quand je passe dans une flaque d'eau avec mon vélo si la roue se mouille toute ?

— Quand deux voitures prennent un virage, une à droite, l'autre à gauche, quelle est celle qui fait le plus de chemin ?

Et la vie de tous les jours nous apporte ainsi un très grand nombre d'occasions de réfléchir, de discuter, de chercher, d'observer, bref de faire, comme on dit souvent, « des sciences ».



M. Pellissier — Vous avez vu, en toute simplicité et comme je les ai recueillis il y a trois semaines, quelques moments de la vie de la classe qui ne sont, je l'ai dit, que des points de départ. Je vous pose la question : « Messieurs, qu'en pensez-vous ? »

X. — Je voudrais savoir quel âge ont vos élèves ?

M. Pellissier — Les enfants que vous avez entendus ont 10 et 11 ans. Un seul a 14 ans.

Quelqu'un dans la salle — On obtient aussi ce genre de travail avec des enfants plus jeunes.

X. — Combien d'enfants étaient autour de l'expérience ?

M. Pellissier — Cinq enfants.

M. Kaufman — Je voudrais vous donner mon impression en particulier sur le problème du verre et de la capillarité. Je dois dire que j'ai trouvé extraordinaire la précision avec laquelle ces enfants abordent les problèmes, une précision certainement bien supérieure à celle de la plupart des étudiants à l'Université. J'ai trouvé que c'était assez émouvant parce qu'à deux ou trois reprises, j'ai eu l'impression qu'ils étaient presque prêts à trouver l'explication profonde de la

chose. Je n'imaginai pas du tout, n'ayant pas l'habitude d'élèves de cet âge, qu'on puisse avoir avec eux une conversation d'un niveau aussi élevé.

M. Dreyfus — Pour lancer le débat, je dirai qu'il y a une petite chose qui m'a gêné : c'est le manque de conclusion. Peut-on laisser partir les enfants et ne rien leur expliquer, alors que l'un a dit « c'est les atomes qui tournent » et l'autre « il y a des petites et des grosses bêtes » ?

M. Pellissier — Mon document n'était peut-être pas très bien construit. Ce n'était pas la première fois qu'on s'interrogeait sur ce phénomène. Vous avez vu la grille qui retient l'eau, nous avons déjà eu la goutte sur le fil. Le problème est pendant. La question est posée. Nous avons entamé la démarche. Maintenant, je vous avouerai que je ne sais pas ce qui est sous le phénomène de tension superficielle et de capillarité, quelle est son explication profonde... Ce que j'essaie de faire, c'est de sauvegarder l'intérêt. J'attends. Dans quinze jours, trois semaines, il va se présenter un phénomène sous-tendu par la même loi physique. J'y crois beaucoup.

A l'âge de mes élèves, mon attitude, c'est la sauvegarde. Je ne peux pas leur expliquer le phénomène comme

vous pourriez le faire : je les laisse explorer en les aidant à garder une attitude logique.

Les enfants n'ont pas encore fait tous les rapprochements et quand ils délayent la peinture, ils n'ont pas encore compris pourquoi les poudres restent à la surface. C'est un problème qui est pendant. Un jour, la jonction va s'établir. L'expérience que j'ai, me permet de le croire et nous aurons un élément de plus pour la construction de notre formation scientifique (1).

X. — Vous pouvez simplifier le problème et l'expliquer d'une façon concrète.

M. Pellissier — Peut-être. Vous avez vu ma part dans la discussion. Je n'ai pas donné d'explication mais j'aide les enfants à exprimer leur pensée et à la préciser.

X. — Est-ce que vos élèves ne vous en demandent pas ?

(1) *Remarque de M. Pellissier* : Depuis la rentrée de Pâques, nous avons déjà rencontré une nouvelle occasion de reparler de ce phénomène : après la pluie, Joël a vu un ver de terre grimper à un arbre ! Passé le premier moment d'incrédulité et de rire, nous sommes allés voir : effectivement un ver de terre montait contre le tronc d'un platane mouillé. Et nous avons très bien vu que de l'eau montait un peu de chaque côté du corps de l'animal. Plus haut, sur une partie de tronc sèche, le ver avait des difficultés à tenir. Voici donc un nouveau maillon de notre recherche, une nouvelle observation inattendue qui nous confirme le rôle de l'eau dans notre expérience précédente.

M. Pellissier — Si, ils m'en demandent. Mais je suis obligé d'être honnête et de dire que je ne la sais pas. Cela pose le problème de notre recyclage et vous explique un peu pourquoi nous vous avons fait venir ce soir. Les enfants ne m'en veulent d'ailleurs pas pour mon ignorance et nous cherchons ensemble. Si je leur donnais à chaque fois une explication, je me demande s'ils seraient encore curieux.

M. Dreyfus — Je crois que c'est un point important et qu'il y a un équilibre à trouver. Je comprends bien que pour les amener à être curieux et à découvrir par eux-mêmes, il ne faut pas leur donner la réponse immédiatement. Mais il me semble que si l'on tarde trop, étant donné la complexité des problèmes, ils risquent de s'égarer et de perdre patience.

Je pense qu'il faut leur faire attendre la réponse mais quand même pas trop. En tout cas, dans cette expérience, du moment qu'un élève imagine des atomes qui tournent, il me semble qu'on peut expliquer qu'il s'agit d'une membrane qui entoure l'eau et arriver à donner des explications, même approximatives.

M. Veslin — Ce regret que vous manifestez qu'aucune réponse n'ait été donnée, m'amène à poser une question : « qu'est-ce qu'on veut apporter aux enfants par l'enseignement scientifique ? Veut-on leur apporter des réponses ou autre chose ? » Si on veut leur apporter des réponses, c'est une possibilité ; mais on peut se demander si l'apport de l'enseignement scientifique, ce ne serait pas d'amener les enfants à se poser des questions d'une part et à essayer de les résoudre d'une façon scientifique d'autre part,

plutôt que d'avoir simplement des réponses.

M. Pellissier — Il m'est arrivé de leur proposer de nouvelles expériences qui leur permettraient d'aller de l'avant.

M. Perroud — Vous auriez pu varier l'expérience et en montrer les différents aspects : la goutte d'eau, la mouche qui se promène sur l'eau, etc. alors que vous n'avez utilisé que l'expérience du verre qui est très complexe.

Les questions qui peuvent paraître naïves, sont en réalité très pertinentes et à peu près les mêmes que celles que nous nous posons, nous, dans les laboratoires.

M. Kaufman — La méthodologie qui a été suivie est également sensiblement parallèle à celle que nous suivons.

On a senti aussi l'utilisation de la BT. Certainement l'enfant qui parle des électrons tournant autour du noyau a glané cela dans une BT.

M. Némoy — Je voudrais dire un mot de la méthode d'investigation. Ce qui m'a plu : on commence toujours par faire une erreur — nous la faisons nous aussi — les enfants ont attribué la cause de la capillarité au verre. Puis ils ont fait d'autres expériences et se sont aperçu que le matériau n'y était pour rien, que le facteur commun était l'eau, donc que la force était dans l'eau. On fait toujours des erreurs et on arrive à converger vers une hypothèse qui est plus ou moins vraie : c'est l'eau qui est responsable.

Une autre chose m'a frappé : ils ont utilisé le mot « force ». Or, la notion de force est une des notions les plus abstraites qui soit. Pratiquement, dans toutes les expériences évoquées, la force est un facteur commun. La vache qui tombe, c'est la force de

pesanteur. Les aimants qui s'attirent, c'est la force magnétique. Ce sont même des forces qu'on pourrait dire à interaction à distance. On ne voit pas ce qui attire la vache ou l'autre aimant. L'eau, on conçoit un peu mieux qu'elle grimpe sur le verre. En fait, aux dimensions rapportées des atomes, les proportions sont les mêmes. Les rapports de distance sont les mêmes. Ce sont des forces de même qualité qui interviennent.

Alors, je voudrais poser deux questions : Avez-vous discuté avec les enfants de la notion de force ? Est-ce que les enfants et même les adultes ont une notion très précise de ce qu'est la pesanteur ? Est-ce que vous avez demandé un jour à vos enfants de réfléchir à ce qui se passerait s'il n'y avait pas de pesanteur ?

B. Monthubert — Ce n'est pas nous qui posons des questions aux enfants, ce sont les enfants qui les posent.

M. Pellissier — Il m'arrive de poser des questions aux enfants mais ce que je ne leur pose jamais, ce sont des questions à vide. Je ne leur dirai pas par exemple : « Maintenant, il faut que nous réfléchissions au phénomène des forces ». Je ne le leur dirai jamais parce qu'à ce moment-là, nous entamerions une recherche gratuite. Mais les forces, sans que je leur aie jamais posé la question, nous les rencontrons continuellement. Les enfants en ont une notion intuitive et globale qui est, je crois, le premier pas vers la construction et l'abstraction de la notion de force.

Ils parlent de poids et de force et, instinctivement, ils disent que c'est la même chose. Ils utilisent encore la notion de lourd et la notion de force. Déjà dans leur tête — puisque l'un équilibre l'autre et qu'après l'équi-

libre est rompu — ils ont fait cette abstraction intellectuelle, mais au niveau du langage, ils ne l'ont pas encore faite. Je serais partisan, moi, d'affiner le langage et la démarche, mais nous faisons également du français, des mathématiques, du dessin, de la céramique, de la gymnastique. Je regrette de ne pouvoir être un spécialiste dans chacune de ces matières. C'est pourquoi je reprends la formule de tout à l'heure : avant tout, je sauvegarde.

Quelqu'un dans la salle — Tout à l'heure, on a abordé le problème de donner la réponse à l'enfant. Il y a ici des chercheurs. Est-ce que lorsque vous cherchez, vous avez la réponse? Non. Si vous aviez la réponse, vous ne chercheriez plus.

M. Pellissier — Je voudrais préciser que j'ai essayé, dans le document présenté, de montrer plusieurs aspects de la vie de l'enfant qui sont un point de départ pour une formation scientifique, à notre point de vue et à l'heure actuelle. J'ai donc présenté :

1. Ce que l'enfant appelle des découvertes : « Quand je verse de l'eau sur la grille, l'eau reste. » Nous appelons cela une découverte.

2. Il y a ensuite des questions orales. Christian demande par exemple : « Quand je passe dans une flaque en bicyclette, est-ce que cela mouille toute la roue? » Nous avons fait tout un tas d'expériences et, par un lent tâtonnement, nous avons répondu à cette question de façon très précise.

Il y a un phénomène que je me dois de signaler parce qu'il est très important : un enfant qui pose une question provoque quelque chose dans un groupe et un phénomène incontrôlé fait que dans les deux jours, il est très rare qu'un autre enfant ne pose pas

une question analogue. C'est le cas de Philippe qui, au tableau, demande : « Quand deux voitures vont dans deux sens opposés, est-ce qu'elles font le même chemin? » Cette question a été posée deux jours après celle de Christian, alors que nous étions en train de chercher à mesurer et calculer le périmètre des roues. Je suis sûr que c'est la question de Christian et nos travaux qui ont provoqué la question de Philippe.

3. Ensuite, il y a l'aspect constructions libres, que les enfants font totalement sans plan.

4. Enfin, il y a l'aspect observation des choses de la nature et notamment des animaux. C'est un domaine qui passionne les enfants mais sur lequel j'ai encore peu d'éléments parce que nous ne sommes qu'au début du printemps. J'ai repris deux documents qui justement nous amènent à un troisième problème : est-ce qu'en utilisant cette démarche tâtonnante et en ne faisant que cette sauvegarde les enfants évoluent et progressent? Je vous ai montré deux étapes d'un même enfant qui n'a jamais reçu de leçons de dessin autres que toutes les occasions de dessiner qui se sont présentées à lui dans la classe, et pour son correspondant, et pour nous expliquer à nous ce qu'il voulait. A cinq ans, il ne savait écrire que son nom mais il a dessiné une souris avec trois doigts aux pattes ; elle est élephanterresque. Il l'a dessinée comme il pouvait. Et le même enfant dessine à 11 ans les pyrrochores, ces petites bêtes rouges. Il les a observées à la loupe. Vous voyez les segments des pattes. Je ne lui ai jamais donné de leçons de dessin...

X. — S'agit-il d'un cas isolé?

M. Pellissier — Non, c'est vrai pour

tous les enfants. Certains vont très vite, d'autres plus lentement mais nous pensons qu'ils ont tous la possibilité de le faire. Il faudrait que l'école leur en laisse le temps. Freinet définissait justement l'intelligence comme la perméabilité à l'expérience. Il y en a qui sont très perméables à l'expérience. Quelquefois même à l'expérience des autres : un enfant fait une expérience. Certains s'en emparent sans l'avoir faite. Au contraire, certains enfants ont besoin de la refaire quatre fois, cinq, six fois avant de l'intégrer. Mais tous les enfants — sauf évidemment des cas d'ordre pathologique ou physiologique profonds — ont tous cette possibilité d'évolution. Seulement, l'école ne leur en laisse pas le temps. (Il faudrait faire l'entrée en 6^e à 14 ans parce qu'ils ont la maturité intellectuelle à cet âge).

J'ai énuméré ces différents aspects de l'activité des enfants pour bien montrer qu'il n'y a jamais une seule occasion de recherche, un seul cheminement : c'est dans cet ensemble complexe que s'affine la pensée scientifique de l'enfant.

M. Dreyfus — Je voudrais revenir sur la question des forces. Je pense qu'effectivement — et c'est normal — avant de vouloir faire de la science, les enfants accumulent un certain nombre de notions qui sont parfaitement intuitives. Il y en a d'autres qui sont encore plus immédiates comme la notion de temps ou d'espace. Je crois qu'il ne faut pas se choquer qu'on utilise dès le début des notions intuitives en tant que telles. Je pense que très jeune l'enfant sait ce que c'est qu'une droite bien avant qu'on ne lui en démontre les propriétés ou lui en fasse valoir les axiomes. Ce qui serait le plus intéressant, ce serait

qu'on profite de leur jeune âge pour enrichir au maximum ces données intuitives. En particulier, je pense à cet exemple de force dont on discute. Sans vouloir faire des mathématiques très compliquées, on pourrait expliquer qu'on trouve les forces dans deux espèces de phénomènes, comme étant capables à la fois de créer du mouvement et des déformations. Si on habitait les jeunes à se poser des questions quand il y a des mises en mouvement (par exemple la chute des corps) ou bien des déformations (par exemple un ressort comprimé qui pourrait déformer un corps plastique), je crois que, même sans faire de calcul, on aurait vraiment enrichi sa notion de force.

Il y a un autre problème important : c'est celui de ce qu'on cherche en faisant cet enseignement scientifique aux jeunes. Je crois que tout le monde ici est d'accord ; le plus important, c'est d'éveiller leur curiosité scientifique et de la discipliner, parce qu'on peut être curieux, mais d'une manière anarchique. Ce qui m'a bien plu dans l'exemple qu'on a montré, c'est qu'on a amené petit à petit le jeune à préciser les questions qui se posaient. C'est quelque chose d'extrêmement important. A titre d'exemple, je dirai qu'il y a quelques années, lorsque j'enseignais en propédeutique, je m'amusais parfois à décrire un montage, un circuit électrique, puis, en matière de plaisanterie — mais c'était une plaisanterie sérieuse — je disais : « Première question : quelle question vais-je vous poser ? » Parce qu'il me semble qu'effectivement, ce serait quelque chose d'extraordinaire pour la recherche de mettre les gens en face d'un phénomène et, contrairement à cette habitude scolaire qui est très mauvaise, de ne pas leur dire : « Premièrement, deuxièmement, troisièmement », mais

leur dire : « Que pouvez-vous bien vous poser comme question avec les éléments que vous avez et quelle réponse pouvez-vous y apporter ? » Je crois que toute cette phase qui est très dure pour les physiciens : la mise en équation des phénomènes, la recherche des lois physiques, la recherche des questions à se poser, est quelque chose d'extraordinairement important dans la mentalité des jeunes. Malheureusement, il faut dire qu'à l'Université (ils ne sont pas tous passés entre vos mains, hélas !) ils s'en moquent royalement. Les étudiants attendent religieusement qu'on leur donne le problème et c'est d'ailleurs tellement scolaire que, si par hasard on veut s'amuser à leur tendre un piège, on leur donne une donnée de trop dont ils n'ont que faire — et dans la vie hélas, ou on en manque, ou on en a trop, mais personne ne donne juste le nombre qu'il faut — et à ce moment-là, ils sont complètement perdus.

D'autre part, il me semble que par deux fois le point de vue a été exprimé que la seule chose importante était d'éveiller la curiosité et de la discipliner, et là je ne suis pas tout à fait d'accord. Je crois que la science ce n'est pas uniquement l'esprit scientifique mais aussi les résultats. Il me semble que vouloir former simplement des gens prêts à faire de la recherche mais qui, au fond, ne s'inquiètent pas de savoir si le résultat est trouvable, ou a été trouvé, ou sert à quelque chose, ou ne sert à rien, serait quand même assez faux. Il me semble que d'une manière globale, les sociétés humaines sont des sociétés, c'est-à-dire pas seulement des collections d'individus ayant à redécouvrir les choses indépendamment les uns des autres, indépendamment du passé. Nous sommes en 1969. Il ne faut

pas les amener à découvrir le monde physique tel qu'il est mais tel qu'il se présente pour des gens de notre époque. Il est certain que pour ce qui est du phénomène de capillarité, aucun pédagogue, aussi doué fût-il, n'aurait eu l'idée de poser ce genre de problème avant Archimède. Il y a un certain acquis à chaque époque et, en plus de l'état d'esprit scientifique, il faut quand même amener les jeunes à vivre avec leur temps le plus vite possible, pour pouvoir maîtriser un certain nombre de bases. Je crois qu'on ne pourrait pas vivre raisonnablement dans notre temps sans savoir qu'il y a des ondes hertziennes, des noyaux, toutes choses qui maintenant font partie de la vie absolument courante. C'est pourquoi je crois qu'il y a un équilibre à trouver. D'ailleurs, pour les chercheurs, c'est absolument la même chose : on souhaite qu'ils cherchent, mais on ne leur donne absolument pas tout à chercher. On essaye de les amener le plus rapidement possible au niveau actuel et puis après, ils cherchent et on essaie de les aider. J'aime autant vous dire que s'ils ne trouvent pas de réponse à leurs recherches, en général ils acquièrent un sentiment d'insatisfaction et d'échec qui n'est pas tellement agréable sur le plan humain et je ne crois pas qu'il faille en traumatiser vos élèves.

Je crois qu'il y a donc un équilibre à trouver. Faites-les chercher, mais aussi, récompensez-les, si je puis dire, de temps en temps en leur donnant un élément de la solution du problème ou en les guidant pour la trouver.

M. Roby — Personnellement, je ne crois pas qu'il faille donner la réponse et cela pour deux raisons. Pellissier en a donné une : préserver la curiosité. Il y en a une autre. Si l'on se presse

dé la donner, on peut la donner fausse. Quand on parlait d'air et puis d'eau, cela faisait penser à cette expérience qui met en évidence la pression atmosphérique et j'ai eu peur que cela interfère à ce niveau-là et que les enfants aient une idée fausse du phénomène.

Il ne faut pas sous-estimer l'explication parce qu'à partir du moment où elle est donnée, elle devient un élément d'une base théorique (et des gamins futés peuvent être amenés à vérifier ou à infirmer l'explication que leur donne l'enseignant par de nouvelles expériences). Toute explication doit donc être sérieuse, s'appuyer sur une théorie exacte, vérifiée.

Au sujet de la remarque qu'a faite M. Dreyfus tout au début. Il a été frappé par la précision des questions et des observations des enfants par rapport aux observations que peuvent faire des étudiants. J'y ai été très sensible également. Une chose me semble essentielle. Les enfants sont concernés par le phénomène. Les étudiants ne sont absolument pas concernés. Toi, Pellissier, ton souci c'est de sauvegarder, d'arriver à éveiller la curiosité. Mais quand on se dit ensuite : il faut transmettre quelque chose, il faut amener les gens à comprendre et à connaître les lois que d'autres ont découvertes avant nous ? Je me demande, à partir de ce moment-là, comment on peut partir de l'expérience vécue des enfants et des étudiants pour les amener progressivement à la découverte et à la compréhension de ces lois, de ces phénomènes. Avec les étudiants, c'est le problème qui se pose. Ils ne sont pas concernés mais je demande comment, partant des choses qui les préoccupent et de leur motivation personnelle, je me demande comment

on pourrait faire passer le programme ou les notions qu'on doit étudier.

M. Renard — Je suis excessivement sensible au respect absolu de l'expérience dont témoigne le document que nous venons de voir et c'est le fondement même de la méthode scientifique. Le problème c'est que — et en cela je rejoins Dreyfus — depuis quelques siècles les gens ne se contentent plus d'observer, ils construisent leurs expériences. A telle enseigne qu'au laboratoire, on dit souvent : « Une manip' n'a pas marché ». Cela ne veut pas dire que les lois de la physique n'étaient pas vérifiées ce jour-là, mais qu'à cause d'une coupure dans le circuit, par exemple, le résultat n'était pas celui qu'on attendait. Ce n'est peut-être pas pour l'école primaire mais pour l'extension des méthodes actives au secondaire et au supérieur je crois, qu'il faut poser le problème des expériences construites qui sont certainement plus compliquées sur le plan technique mais beaucoup plus simples sur le plan de l'interprétation et de la compréhension. On veut parler par exemple du principe d'inertie. C'est une chose que vous pouvez observer si vous avez un billard sous la main. Le mouvement des boules de billard se conserve admirablement parce que les frottements sont faibles, ou si vous avez un système avec des roulements à bille parfaitement lubrifiés. Mais avec une poussette d'enfant ou une roue de bicyclette, c'est déjà beaucoup moins vrai. Les lois sont beaucoup plus compliquées.

Je crois qu'il y a là un problème financier pour avoir l'appareillage nécessaire et, en même temps, pédagogique pour trouver des expériences probantes qui ne soient pas trop compliquées et suffisamment intéres-

santes sur le plan de la simplicité de l'interprétation.

M. Veslin — Dans le secondaire, je suis de plus en plus amené à me méfier de l'expérience construite. En effet, je constate qu'il y a de plus en plus de décalage entre ce qu'on met, dans une expérience, dans un cours et ce que l'enfant y voit en réalité. On a l'impression qu'après, il doit avoir compris ceci, senti cela. En fait il a compris tout autre chose et parfois même des choses qui vont à l'encontre de ce qu'on espérait. Quand nous présentons une expérience bien construite, dans la présentation, dans le raisonnement qui suit, nous, enseignants, nous attachons une grande importance à cette expérience. Nous voulons nous appuyer sur elle et nous avons l'impression que l'enfant aura compris parce que l'expérience aura servi à la démonstration.

En fait, quand on essaye de comprendre ce qu'il y a réellement dans la tête des jeunes, on s'aperçoit que c'est tout autre chose. Pour eux, la science est science. Ce sont des choses données, qui existent, immuables, qu'on ne peut pas critiquer, qu'on ne peut pas mettre en cause. C'est quelque chose de définitif et ils ne croient pas qu'il y ait une recherche possible, des questions possibles et que ces questions, on puisse les aborder d'une façon scientifique. C'est le sentiment que j'ai. Nos adolescents se font une idée totalement fautive de ce qu'est la science et je me demande si ce n'est pas à cause de ces expériences construites. Elles marchent toujours ! Or, quand on cherche, cela ne marche pas toujours ! Quand on fait une expérience, c'est pour savoir si c'est comme ci ou comme ça !

M. Dreyfus — Par expérience construite, nous voulons dire une expé-

rience où l'on ne se contente pas d'observer, mais où l'on agit sur la nature. Pas forcément en sachant ce qu'on va faire. C'est une mentalité qui est récente et qui date des temps modernes. Jusqu'alors, les gens observaient et observaient bien en général. Pratiquement, à partir de Bacon, les gens se sont mis à agir sur l'expérience pour forcer la nature dans ses retranchements. Ce n'est pas tout à fait construit dans le même sens. Pour vous, une manip' construite, c'est une manip' qui doit donner un résultat, tandis que pour moi, c'est un moyen d'action sur la nature, c'est-à-dire que cela peut être une source de haute tension, des choses techniquement évoluées mais dont on ne sait pas au départ ce que cela peut donner.

M. Bertrand — Je voudrais reprendre quelques éléments dans les trois ou quatre dernières interventions. *M. Dreyfus* a dit qu'il fallait éviter l'échec et ne pas traumatiser les élèves. *M. Renard* a dit qu'il était nécessaire de choisir les expériences. Est-ce qu'on pourrait entamer la collaboration entre vous, scientifiques, et nous, pédagogues, et consacrer quelques minutes sur ce que devraient être à votre avis dans ce cas, les nouveaux manuels de sciences ou les nouvelles brochures de travail de sciences ?

M. Dreyfus — Il nous faudrait d'abord connaître ceux qui sont en service.

M. Bertrand — Ce sont les mêmes que ceux que vous aviez ! Vous nous parlez d'expériences bien choisies. Ce ne sont pas celles qui étaient dans vos manuels de sciences et qui y sont encore ?

M. Pellissier — Je me permets de préciser que nous avons à l'heure actuelle de nouveaux outils, par exemple la Bibliothèque de Travail et

d'autres brochures et même des essais de bandes en sciences. M. Dreyfus et M. Perrot ont collaboré avec M. Guillard à la rédaction de certaines de ces brochures.

M. Roby — La question posée, c'est finalement : quels sont les concepts scientifiques à faire passer. En fin de compte, tu nous demandes de définir un programme et à mon avis, cette chose-là n'est pas faite encore. Il faudrait qu'il y ait un conclave de scientifiques qui se réunisse pour le faire, pour savoir effectivement ce qui est indispensable à des enfants sortant du primaire.

M. Bertrand — Au premier stade, ce pourrait être ce que disait M. Dreyfus : éviter le traumatisme de l'échec et donner une explication minimum. Sans attendre la réunion du colloque d'éminents spécialistes, peut-être pourrait-on tenter de définir ce minimum.

M. Pellissier — Je voudrais vous tranquilliser à propos de ce traumatisme de l'échec. Je vous ai livré un document dont je vous ai bien dit que c'était un point de départ. Nous irons plus loin. Comment? je ne le sais pas encore avec assez de précision, mais nous irons plus loin.

M. Bertrand — Je reviens à cette idée d'outil. Il faut penser que cette démarche doit être généralisée et qu'on doit passer au stade que nous appelons, nous, de pédagogie de masse. Ce n'est pas Pellissier seul qui doit réussir...

M. Pellissier — Je ne suis pas le seul !

M. Bertrand — ...mais dans une prochaine décennie, la majorité des maîtres de France et par conséquent il faut les aider à parvenir à ce moyen nouveau d'enseignement et leur offrir des outils qui les aident. Alors, je

vous demande si vous pouvez nous aider à concevoir de nouvelles brochures, si vous pensez nous apporter quelque chose ou s'il va falloir se débrouiller tout seuls avec les barrières qui se dressent devant Pellissier et devant chacun de nous.

M. Kaufman — Je suis étonné que personne n'ait relevé les propos de M. Dreyfus quand il disait qu'il fallait un minimum et qu'il y a certaines choses qu'il faudrait que les enfants sachent à un certain âge. Je ne suis pas d'accord surtout avec l'exemple qu'il a donné des ondes hertziennes, quoique bien entendu, cela dépende de l'âge et du pouvoir d'abstraction. Je pense que c'est le type de notions qu'on ne peut leur donner que très tard, quand il y a un certain pouvoir d'abstraction, parce qu'ils ne disposent d'aucune expérience possible où pratiquement ils pourront faire ce qu'ils ont fait avec le verre d'eau. Jusqu'à 13, 14 ou 15 ans, leur parler de cela, ce serait faire un cours magistral. Qu'est-ce qu'ils peuvent faire avec des ondes hertziennes? Ils peuvent brancher un poste de radio ou de télévision. C'est tout. Il n'y a pas de support matériel. Il y a bien certaines expériences qui permettent d'approcher la chose. Par exemple, si on est au soleil, on a chaud. Si on se met derrière la vitre toujours au soleil, on sent la chaleur. Donc la lumière transporte de l'énergie. A partir de là, il y a peut-être une amorce. Sur le plan des ondes hertziennes proprement dites, je ne crois pas qu'on puisse en parler très tôt.

J'essaye de répondre aux questions posées ensuite : Qu'est-ce qu'il faut transmettre à tel âge? C'est une question de pouvoir d'abstraction. On ne peut transmettre que ce qui peut être

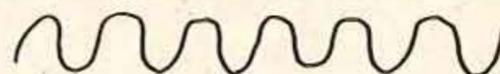
l'objet d'expériences du genre de celles que nous avons vues tout à l'heure. Nous constatons que lorsqu'on revoit au supérieur certaines choses qui ont été enseignées au lycée, les étudiants n'y comprennent rien. Je donne un exemple qui est fréquent : c'est le courant alternatif. Il est fréquent de voir des gens qui ne savent pas ce qu'est le courant alternatif. Ils savent faire des calculs sur le courant alternatif parce qu'ils appliquent des recettes de cuisine. Quand on revoit ces sujets dans l'enseignement supérieur, cela a l'air de leur brouiller les idées. Par contre, si on aborde des sujets pour la première fois comme l'électrostatique, cela marche en général très bien. Il y a là un problème pédagogique qui est lié à celui dont on parlait tout à l'heure. D'abord le problème pédagogique de la théorie qui dit qu'il faut étudier par couches successives ou alors, ce qui est à mettre en cause, c'est ce qu'on a enseigné dans la première couche.

B. Monthubert — J'ai entendu parler de « connaissance exacte ». Qu'est-ce qu'une connaissance exacte et dans quelle mesure peut-on être sûr que c'est une connaissance exacte. En particulier dans l'exemple que nous avons vu tout à l'heure, je me demande si vous seriez bien tous d'accord sur l'explication du phénomène.

Ensuite, je voudrais savoir ce que l'on appelle « quelque chose d'intéressant, quelque chose d'indispensable ». A propos des ondes, les enfants n'auront peut-être pas l'occasion de faire des expériences, mais ils se posent des questions sur ces ondes, ils en discutent entre eux.

M. Pellissier — A propos des ondes auxquelles on faisait allusion, nous avons essayé de faire des brochures

qui permettent aux enfants d'aujourd'hui de construire, pour 10 F, des postes à diodes (1). Il n'est pas question de comprendre le phénomène des ondes hertziennes tel qu'on le représente, j'ai attendu l'âge de 20 ans pour comprendre qu'elles ne se promenaient pas dans l'air comme ça :



que c'était là, la représentation d'une équation mathématique. C'est en me remettant à faire des mathématiques que je l'ai compris. Pensez-vous que faute de pouvoir leur expliquer — à l'âge où nous les avons — ce que sont les ondes hertziennes, il est quand même bon de leur faire construire des postes à diode et à transistor et éventuellement de petits émetteurs pour qu'ils constatent et qu'ils vivent la situation suivante : je suis là, j'appuie sur le bouton d'un émetteur, j'entends : tutt ! là-bas à 10 mètres ?

M. Dreyfus — Personne ne peut comprendre, avec ses cinq sens ce que c'est qu'une onde hertzienne. Tout ce qu'on peut faire, ce sont des analogies et ces analogies, ce sont effectivement soit des petits dessins au tableau, soit des ondes sur des cordes, soit n'importe quoi de ce genre et je pense que des enfants relativement jeunes peuvent comprendre. Faire des postes de radio, je crois que c'est bon. Je parlais tout à l'heure d'une certaine connaissance intuitive. Je ne suis pas sûr que des jeunes de dix ans n'aient pas des ondes radio une connaissance différente de celle que des gens de 50 ou 60 ans peuvent avoir. Parce qu'au début, c'était vraiment mystérieux, cela tombait du ciel. Les gens qui l'ont compris ne

(1) Voir SBT n° 207.

pouvaient le comprendre qu'avec des équations. Tandis que maintenant, pour les jeunes, il y a une sorte de donnée de tous les jours et moi j'ai l'impression que c'est un peu comme la notion de temps ou de couleur. Ils en ont une certaine connaissance intuitive qui n'est peut-être pas extraordinaire mais qu'il n'y a pas lieu de négliger.

A propos de la conversation qui a précédé, je précise qu'il n'y a jamais eu dans mon esprit une sorte de calendrier précisant qu'à tel âge, il fallait savoir telle ou telle chose. Je voulais simplement dire qu'à mon avis, on ne faisait pas faire de la recherche pour faire de la recherche mais aussi pour trouver de temps en temps. On ne peut pas former seulement la curiosité des gens. Il faut aussi leur apprendre un certain nombre de notions et je souhaite que les adultes aient un certain nombre de connaissances qui leur permettent de vivre avec leur temps, connaissances qui varieront d'ailleurs d'un adulte à un autre, suivant son milieu, son métier, ses préoccupations. Et ce calendrier, il n'est pas question de l'échelonner pour les enfants : à 10 ans, il faut savoir ce que sont les ondes hertziennes, à 12 ans, la désintégration des noyaux, etc. Je crois d'ailleurs que de ce point de vue, ce qu'on proposait n'est pas réaliste. Il ne s'agit pas de faire un bilan de ce qu'on peut enseigner à 10 ans. Ce qu'on pourrait proposer, c'est plutôt de faire des essais. Un jour quelqu'un a une bonne idée pour expliquer quelque chose, il l'essaye avec une classe et si on s'aperçoit que la classe en question comprend de cette manière là, alors on pourra avec plusieurs essais généraliser la chose et admettre qu'on peut l'enseigner à tel âge. Maintenant, il y en a d'autres comme

la relativité du temps et de l'espace que je me sens absolument incapable d'expliquer avec des doigts ou en faisant des modèles et que je pense n'être compréhensibles que lorsque le niveau mathématique le permet.

Alors il me semble que si nous pouvons collaborer avec vous, ce n'est pas tellement en vous aidant à trouver les bonnes explications parce que vous avez beaucoup plus d'imagination que nous et que vous êtes beaucoup plus près des élèves, mais comme nous l'avons fait avec M. Guillard qui écrit des brochures. Simplement les corriger un petit peu quand il y a des choses qui pourraient être un peu simplifiées ou qui sont un peu erronées. Cela, nous pouvons le faire avec vous. Par exemple sur la capillarité où bien entendu — c'est une question posée entre temps — il n'y a évidemment de théorie exacte nulle part. On s'en contente bien. Quand on reçoit une bombe atomique sur la tête, on se moque de savoir si la théorie a été faite exactement ou pas. C'est la même chose pour les voitures et pour tout ce qui marche. Du moment que ça marche, la connaissance théorique qu'on en a, est relativement suffisante.

M. Berteloot — Je voudrais dire à M. Dreyfus pourquoi nous nous méfions des explications verbales. Parce que nous avons la conviction que l'explication verbale devient vite un dogme et que, en fait, les résultats de l'esprit scientifique ne sont que les fruits d'une expérience. Les expériences ne sont pas construites par le maître, mais par l'élève. Et entre une expérience construite par le maître et une expérience construite par l'élève, il y a tout un monde de différences qui font que justement l'expérience construite donne une réponse. Cela

ne veut pas dire que cela donne une réponse à la question posée mais cela donne d'abord certaines réponses et surtout, l'avantage d'une expérience construite par l'élève. Cette expérience pose d'autres questions, elle ouvre des pistes nouvelles qui sont à exploiter pendant toute l'année. Ici on a montré un exemple mais il faut assurer le travail scientifique pendant toute l'année. Et ainsi, concentriquement, à partir d'expériences construites par les élèves, il y a une foule de pistes qui se découvrent et, à ce moment-là, nous n'avons plus besoin des programmes parce que les programmes se font automatiquement par les élèves eux-mêmes.

C'était une réponse à M. Dreyfus. Mais je voudrais poser des questions. Selon vous qui êtes des chercheurs pour les uns, des ingénieurs de sciences appliquées pour les autres, des pédagogues presque tous, quelles sont les conditions que nous devons respecter, nous, pour la formation d'un véritable esprit scientifique?

Je voudrais poser une deuxième question — on y a répondu en partie mais je voudrais qu'on précise — Quels sont les différents stades de l'évolution de l'esprit scientifique, chez un enfant d'abord, et ensuite est-ce que cette évolution de l'esprit scientifique ressemble exactement à l'évolution génétique, si l'on peut dire, de l'esprit scientifique? Pouvons-nous nous servir véritablement et à fond de la redécouverte historique de travaux?

Je voudrais poser une troisième question : quelles sont les démarches différentes selon vous entre ce qu'on appelle la redécouverte et la découverte? Vous êtes des chercheurs qui font quelquefois de véritables découvertes. Nos enfants font ce que nous appelons, nous « découvertes », mais

qui ne sont en fait que des « redécouvertes ». Les démarches sont-elles les mêmes?

M. Rogerie — Quelle explication faut-il donner à l'enfant? Aucune. Voilà ma position personnelle. Il faut tâcher de faire en sorte que l'enfant découvre lui-même toutes les connaissances. Il faut commencer par accepter toutes les réponses des enfants. On a parlé d'une traumatisation de l'échec. Cela n'existe pas. La traumatisation vient de l'intervention malencontreuse du maître.

Quelqu'un dans la salle — Je voudrais poser le problème de la mesure. Est-ce qu'à votre avis il est important de faire de la mesure, plusieurs mesures parce que l'enfant aime ça? Si oui, avec ces mesures, doit-on chercher à dégager une idée de loi et, troisième question, n'avez-vous pas peur que la mesure sclérose l'enfant et lui fasse perdre l'imagination?

M. Pellissier — Je crois qu'il faudrait remettre un peu d'ordre dans le débat. Je donne d'abord la parole à M. Nemoz qui l'avait demandée et ensuite nous tâcherons de répondre aux différentes questions.

M. Nemoz — Je voudrais répondre à trois questions. La première qui a été posée à propos des ondes. Je ne suis absolument pas d'accord sur le fait que cela doit être réservé à l'âge de 14 ans. Je rejoins Dreyfus sur ce point. Il y a des phénomènes qui ont été découverts récemment mais dont les explications sont maintenant bien connues. On peut parfaitement, il me semble, faire des expériences là-dessus. L'expérience de l'aimant est certainement une expérience bien plus difficilement explicable que des expériences faites avec les ondes. Vous la faites parce que l'aimant est intro-

duit dans les classes, parce que c'est un produit naturel qu'on connaît depuis 150 ans. Les ondes, on ne s'en doutait pas. Mais les rayonnements scolaires, les couleurs qui sont des phénomènes de tous les jours sont essentiellement des rayonnements. On joue avec eux en n'en connaissant pas tellement les explications. Je crois qu'on peut faire des expériences avec des phénomènes d'apparence compliquée mais qui depuis 30 ou 40 ans se sont relativement expliqués. On a des assurances là-dessus et on peut y aller. On ne ferait certes pas cela avec des expériences de désintégration ou des phénomènes dont on ne connaît presque rien ou sur la structure du noyau mais il y a des tas de domaines où les choses sont relativement avancées et bien connues.

Voilà pour le premier point. Pour le deuxième point, il a été posé la question : comment concevez-vous l'esprit scientifique.

M. Pellissier — Exactement : quelles sont les conditions à respecter pour la formation de l'esprit scientifique ?

M. Némoz — Je n'ai pas la prétention de répondre dans l'intégralité à ce problème. Je vais donner quelques avis sur la question. Pour ma part, il faut savoir s'étonner. On fait une expérience. Très souvent, ce qu'on veut obtenir n'arrive pas. Mais très souvent, c'est ce qui est à côté qui est intéressant et il faut savoir recueillir ce qui est à côté, développer le phénomène, le sortir et s'intéresser à lui. Très souvent, c'est cela qui arrive. Ce n'est pas la direction qu'on avait envisagée, mais c'est le chemin de droite ou le chemin de gauche.

A ce moment-là, il faut savoir se poser des questions, et savoir le faire n'est pas évident.

Troisièmement — et c'est peut-être là une méthode plus personnelle — lorsqu'il y a un problème, une question qui se pose, il faut essayer de la comparer à d'autres méthodes qui risqueraient de produire le phénomène de la même manière ou dans les mêmes conditions. Il me semble que cela a dû être un des soucis de M. Pellissier dans les documents qu'il nous a présentés : utiliser une méthode comparée, essayer de voir comment un phénomène, une loi physique est un facteur commun à différents phénomènes. Et tant qu'on n'a pas montré qu'une loi physique était suffisamment fréquente dans la nature, il me semble qu'il n'est peut-être pas nécessaire d'en donner des explications.

Et j'en arrive au troisième point : je ne suis absolument pas d'accord sur le fait qu'il faut laisser l'élève sans réponse à une question précise. Il me semble que lorsqu'on a un peu cerné le phénomène, lorsqu'on a vu qu'il était un facteur commun, reproductible, donc un phénomène sérieux, il faut y aller franchement, avoir une tentative d'explication. Peut-être cela ne peut-il pas se faire à l'âge primaire mais au moins il me semble que cela peut se faire au niveau secondaire.

M. Pellissier — Cela dépend du phénomène. Il y a des phénomènes qu'on peut aborder et même dépasser au niveau primaire, des choses très simples : c'est ce que nous avons fait avec les questions de Christian et Philippe et le périmètre du cercle.

M. Veslin — Je pense à ce qu'on disait tout à l'heure au sujet de la transmission des connaissances, au contact que peut avoir un enfant avec un adulte qui sait des choses, comment l'adulte peut lui transmettre ces choses, lui donner la réponse. Il me semble

qu'on ne peut avoir des chances de transmettre quelque chose à l'enfant si, au départ, on ne sait pas ce qu'il a dans la tête, comment il voit le phénomène. Je repense au gosse de tout à l'heure qui disait : « Il y a des petites bêtes dans l'eau ». Pour lui c'est ça...

M. Pellissier — Cela ne se sent pas dans sa voix, mais il le disait sur un ton mi-plaisantin, en même temps qu'intrigué.

M. Veslin — De toute façon, on trouve souvent des choses qui surprennent énormément quand on essaye de voir ce qu'il y a chez les enfants. La première chose à faire si l'on veut avoir des chances de transmettre quelque chose de valable aux enfants, c'est de commencer par les écouter avant de parler soi-même.

Je voudrais donner un élément de réponse au sujet de la mesure dans le domaine scientifique. Dans le secondaire, nous avons un programme nouveau. En sixième, on nous dit : « Mesurez, mesurez, mesurez, faites des mesures ». Je simplifie peut-être, mais on insiste beaucoup sur ce côté mesure. Personnellement, je vois un danger à cet état d'esprit. Certes, on a besoin de mesurer quand on veut chercher mais si on ne pense qu'à cela, on risque de faire des mesures pour faire des mesures, sans raison. La mesure n'a son plein sens que si on fait des mesures pour avoir une réponse à quelque chose.

M. Dreyfus — Je reviens au problème de la mesure parce que cela me paraît important. Il n'est pas vrai par exemple qu'on ne puisse pas faire de mesure de tension superficielle ; seulement il faut un appareil pour le faire. C'est ce que je disais tout à l'heure. Je crois vraiment que c'est

par l'intermédiaire de ce genre de mesure qu'on peut arriver à la notion de loi physique et également à la notion d'application physique. C'est ce que nous faisons journellement. Même si on n'a pas une théorie complète d'un phénomène, on mesure des paramètres dont on a besoin pour une réalisation. Cela fait partie de l'état d'esprit « sciences appliquées » peut-être plus que « science fondamentale ». Mais je crois personnellement que le rôle de la mesure est vraiment très important.

Je voudrais répondre sur la formation de l'esprit scientifique chez les jeunes. Je ne sais pas le rôle que vous pouvez faire jouer à la bibliographie. Dans notre vie à nous, elle a un rôle important. Sur le temps imparti à la recherche, on passe 50% à faire des expériences, 25% à essayer de les comprendre et 25% à faire de la bibliographie. Je ne sais pas du tout ce que vous pouvez faire dans ce domaine mais là, je crois que vous êtes obligés de faire acte d'autorité, à moins d'avoir une bibliothèque gigantesque sous la main.

M. Berteloot — Je vous rassure tout de suite. Il se passe dans nos classes exactement le même phénomène : 50% du temps au moins réservé aux expérimentations, 25% pour essayer de les comprendre parce que le travail d'expérimentation est plus important encore, et 25% en travail de bibliographie dans les BT, les fiches, recherche de documents, etc.

M. Barré — Je crois qu'effectivement une des phases de la recherche est forcément la mesure mais on aborde la mesure trop vite, on anticipe et on fait mesurer aux gens des phénomènes qu'ils n'ont pas encore bien vus. Dans l'enseignement secondaire,

c'est caractéristique. Avant même qu'un phénomène soit perçu sur le plan qualitatif, on veut déjà le faire mesurer sur le plan quantitatif.

Un deuxième aspect mais qui rejoint le premier, c'est pour la construction des expériences, l'utilisation d'un matériel spécial qui vient très souvent dénaturer la vision des phénomènes.

Je voudrais citer une anecdote. Je faisais la classe à des enfants inadaptés, des enfants de 13-14 ans environ qui avaient un âge mental de 9-10 ans. Nous avons fait des recherches en électricité. Les enfants avaient fabriqué eux-mêmes leur matériel : des boussoles, un galvanomètre avec du fil électrique très fin (non avec des bobines prêtes : c'était eux qui vraiment avaient réalisé les enroulements, très rudimentaires). Ils avaient fait ainsi des tas de découvertes. Je devais faire un stage avec des moniteurs de colonies de vacances, donc des jeunes gens de 18-20 ans et j'étais tellement imprégné de toutes ces expériences faites avec les enfants que je voulais les sensibiliser à ces problèmes. Un après-midi, j'ai proposé un atelier : « petites recherches de physique » et comme chacun venait librement à ces ateliers, je me suis retrouvé tout seul... Cela n'a pas fait un drame, je me suis mis avec un camarade dans un autre atelier mais c'est quand même une réaction révélatrice ! Malgré tout, pendant le goûter, tous ceux qui n'étaient pas venus, avaient quand même mauvaise conscience, surtout vis-à-vis de moi. Ils se disaient : « Il doit être vexé. On l'a laissé tomber » et me demandaient : « Qu'est-ce que tu voulais nous montrer ? »

— « Ce que je fais avec mes enfants ».

Et puis, malgré tout, intrigués, ils se demandaient ce que j'aurais pu montrer. Si bien que nous avons

goûté en vitesse et j'ai montré les expériences qu'ils auraient pu redécouvrir eux-mêmes et que mes enfants avaient redécouvertes. Ils ont manipulé des circuits électriques. Ils ont fait fonctionner le galvanomètre.

Et d'un seul coup, une fille qui était en train de préparer le bac dit brutalement : « Ça y est ! J'ai compris ! Je comprends enfin pourquoi un transformateur ne marche qu'avec un courant alternatif ! » Cela a été une révélation pour elle, justement parce qu'elle avait compris avec un matériel qui était vraiment à sa portée, alors que le matériel très scientifique avec lequel elle manipulait — du moins je l'espère — dans son lycée, pour elle n'évoquait rien d'autre que des expériences de physique.

M. Dreyfus — On a parlé de ce que devrait être le véritable esprit scientifique. On a donné ici des tas de détails. Mais il me semble qu'il ne faut pas oublier l'essentiel. Le véritable esprit scientifique — du moins tel qu'on peut le connaître à travers son évolution — nécessite de mener les gens, d'une manière plus ou moins progressive suivant les disciplines d'une expérience brute à un certain niveau d'abstraction. Je crois qu'il n'y a absolument pas l'ombre d'un doute là-dessus. Notre objectif, quand même, c'est d'arriver à ce que le travail que vous êtes obligés de faire (montrer des gouttes d'eau ou des choses de ce genre), on ne soit pas obligé de le refaire avec des étudiants à leur arrivée à l'Université. C'est-à-dire qu'au moins pour des choses relativement simples, en leur expliquant — à condition bien sûr de les leur expliquer raisonnablement — on ne soit pas obligé de leur montrer des atomes ou des électrons pour qu'ils comprennent l'équation de Schrödinger

sinon on ne s'en sortira absolument jamais.

Je crois qu'il ne faut pas du tout négliger cette partie d'abstraction dans les sciences. Il me semble qu'elle est absolument visible dans l'histoire de l'humanité. Je ne crois pas par exemple que c'est en envoyant des pommes sur la tête de vos élèves que vous leur ferez redécouvrir la théorie de la gravitation. Il fallait la célèbre pomme (plus bien sûr le génie de Newton — il ne faut quand même pas l'oublier). On pourrait donner d'autres exemples. Il ne faut pas que vous transformiez vos élèves en alchimistes. On a dit tout à l'heure que nos ancêtres avaient des dons d'observation beaucoup plus développés que nous. Je crois que c'est vrai, en particulier pour les alchimistes mais justement, ce que nous cherchons à faire, c'est le petit détail, le petit pas en avant qui a fait que par la suite les gens, tout en continuant à faire des expériences qui ressemblaient un peu aux précédentes, n'étaient plus des alchimistes mais des chimistes et que justement la part d'abstraction là-dedans, tout ce qui fait que l'homme a un cerveau et pas seulement des mains, jouait un rôle important.

Alors? où est le problème actuellement? Je crois que, au cours de son histoire, l'humanité a résolu ce problème elle-même. Elle a fait de la recherche. Le problème, c'est que faisant de la recherche, elle a fait de l'enseignement et que l'enseignement, par suite d'un certain nombre de raisons, est devenu beaucoup trop abstrait. On a employé souvent le terme de scolastique et je crois que c'est vrai. Alors, pourquoi est-il abstrait? Peut-être parce qu'il n'a pas toujours été fait par des gens qui comprenaient très bien la nature des

choses, qui ont vu des tas de mathématiques, qui ont cru que le secret était là et les ont mises en première place. Et c'est une très mauvaise chose. Je crois surtout aussi qu'il y a quelques siècles, les enseignants ne comprenaient pas très bien que l'enfant n'était pas un adulte en miniature. Alors, très souvent, on découpait les programmes, on bâtissait les choses d'une manière logique et puis on commençait à la sixième ou à la troisième pour la physique, exactement comme on aurait enseigné un adulte. Je crois qu'actuellement c'est contre ces excès qu'il faut réagir mais en n'oubliant pas, en dernier ressort me semble-t-il, que l'enseignement, pour mériter son nom, doit amener les gens à un certain niveau d'abstraction. Sinon, vous ferez de bons sauvages! Je crois qu'on n'en est plus là!

C'est là où vous jouez un rôle particulier parce que vous avez les élèves à l'âge le plus jeune possible. C'est à ce moment-là qu'il ne faut pas faire d'erreurs pour les enseigner et qu'il faut prendre beaucoup de précaution en développant leur sens de l'observation — mais je crois qu'ils l'ont naturellement — et en les amenant graduellement à une certaine abstraction. Et c'est de cette abstraction qu'il faut parler longuement. Personnellement, je ne suis pas du tout d'accord que cette abstraction nécessite des mesures. Je crois que la mesure, c'est souvent très ennuyeux pour un élève de 10 ou 11 ans et je crois qu'on peut déjà être abstrait, avoir des idées sur des phénomènes un peu compliqués sans savoir les mesurer, simplement en sachant qu'il y en a de plus grands et de plus petits.

On parlait de la nécessité de construire les expériences et de ne pas les subir.

Je ne pense pas que cela doive passer à tous les coups par du matériel acheté — et qui d'ailleurs n'est pas toujours tellement bien pensé par les fabricants — mais je crois qu'il est extrêmement important d'essayer de mettre sous les yeux des enfants des expériences qui soient relativement simples. C'est l'éternelle histoire de la dynamique. Ce n'est pas du temps des chars à bœufs qu'on comprenait qu'un char livré à lui-même, d'après les principes de l'inertie, aurait dû continuer son mouvement d'une manière rectiligne et uniforme. Cela ne pouvait marcher parce que les forces de frottement étaient beaucoup trop grandes. Alors, je ne crois pas qu'il faille d'un coup faire redécouvrir les lois de la dynamique sur les chars à bœufs. A mon avis, c'est bien plus facile actuellement sur les satellites parce qu'il n'y a pas de frottement, etc., etc. Je crois qu'il faut simplement — sans obligatoirement faire appel à du matériel vendu par des maisons pas toujours pédagogiques — faire très attention à ne pas mettre n'importe quoi sous le nez de vos jeunes parce que c'est parfois tellement compliqué qu'ils feront « de l'observation » mais cela n'aura vraiment rien de scientifique.

On parlait de suivre l'histoire de l'humanité. Il y a un petit détail. Il me semble que l'histoire de l'humanité, en ce qui concerne son intellect, a commencé par beaucoup de religion et de magie. Est-ce que vous croyez que, simplement par mimétisme, vous allez faire subir à vos élèves, jusqu'à tel âge, un enseignement à base un peu magique? Je crois qu'ils seraient d'ailleurs très réceptifs là-dessus. Ils seraient tout prêts à admettre beaucoup d'interprétations magiques des phénomènes que vous leur donnez mais je crois que ce n'est pas notre

rôle. On n'a pas à refaire ce chemin qui a été fait par nos ancêtres mais simplement à voir quel est le chemin le meilleur pour arriver à faire des hommes modernes (Je ne sais d'ailleurs pas si vraiment cela en a valu la peine et si on n'était pas plus heureux du temps où on était sauvage mais cela, c'est une autre histoire et je crois qu'on ne peut pas en discuter ici...)

B. Monthubert — J'ai entendu les termes de découvertes et de redécouvertes. On pense certaines fois que les enfants font des redécouvertes uniquement, tout simplement, parce que les découvertes, on ne les voit pas. Lorsque les enfants remarquent quelque chose, si cela entre dans le cadre de nos connaissances — même de nos connaissances confuses — nous l'acceptons. Lorsque cela n'entre pas dans ce cadre, nous avons tendance à les refuser, et peut-être que les enfants, dans ce cas-là, font des bêtises.

Il a été dit qu'il ne fallait pas laisser les enfants sans réponses. J'ai posé le problème tout à l'heure et je disais que si on en discutait, je me demandais si on arriverait bien tous à une explication commune. En ce qui me concerne, je ne voudrais pas qu'on me donne *d'abord* des explications mais je voudrais *d'abord* chercher par moi-même et réfléchir, et peut-être qu'après je serais intéressé par les réponses. Je tiens à faire cette recherche personnellement *d'abord* et je me demande si, après tout, je ne trouverais pas une explication aussi valable que celle que vous pourriez me donner.

M. Dreyfus — Il y a des gens qui le croient. On répète souvent « la science officielle... » mais je dois dire que dans la pratique, tous les inventeurs de mouvements perpétuels ou autres n'ont jamais pu réaliser leurs appareils.

Je crois qu'il ne faut pas nous prendre comme des potiches ou des mandarins de la science officielle. Nous faisons notre métier et j'aime autant vous dire qu'il a été dur à apprendre et il paraît peu probable que ce qu'on a eu tant de mal à comprendre, à vérifier dans des cas particuliers — cela peut arriver, mais il ne paraît pas totalement probable que dans les domaines les mieux explorés, vous parveniez à d'autres conclusions. Je ne veux pas vous décourager mais je pense qu'il faut quand même que vous restiez les pieds sur terre.

B. Monthubert — La question n'est pas là. Ce que je veux dire principalement, c'est que j'avais besoin de faire cette recherche personnellement pour mieux comprendre vos explications par la suite.

M. Kaufman — Je vais juste revenir sur la question de la mesure pour dire avec M. Dreyfus que la mesure en soi, dans le fond, c'est fastidieux. Alors, quel est le type de mesures que l'on peut faire au premier stade, à 10-11 ans? Uniquement celles qui permettent de vérifier une idée, vérifiable matériellement. On peut mesurer les poids avec la balance, on peut mesurer les longueurs avec un mètre et on peut vérifier l'équilibre. On peut le faire avec différentes longueurs, avec différents poids, je crois que c'est un type de mesure qui doit être fait.

Quelqu'un dans la salle — On a parlé du rôle du maître et nous sommes à une époque où on parle du recyclage des maîtres. A votre avis, quel est le plus important, est-ce de leur donner une formation pédagogique beaucoup plus étendue ou de leur donner des connaissances?

M. Dreyfus — Moi, je verrais très bien les sessions de recyclage de la manière suivante : les gens viennent exposer leurs problèmes et à ce moment-là, par exemple si c'est sur les expériences de capillarité, l'un d'entre nous peut voir un peu la chose, donner des explications et enchaîner avec les problèmes pédagogiques de manière simplement à vous permettre de mieux faire votre métier. Maintenant, si, de temps en temps, en plus, vous voulez de la psychologie pure, ou de la physique pure, ou de la mathématique pure, nous pouvons vous en faire mais je ne crois pas que cela vous aidera pour le travail de tous les jours. Je crois qu'on devrait faire cela à partir de vos problèmes.

M. Veslin — Il me semble qu'un recyclage pédagogique — peut-être pas pour les gens qui sont dans cette salle mais pour les enseignants en général — est tout à fait prioritaire. Dans l'enseignement secondaire en particulier, cela manque terriblement.

M. Barré — Je me demande s'il ne serait pas possible de faire les deux choses à la fois et si on ne pourrait pas commencer par exemple dans les lieux où l'on forme les futurs maîtres à leur apprendre d'une certaine façon, la matière de ce qu'ils auront à enseigner. Peut-être que si, dans les écoles normales, on apprenait aux futurs enseignants la physique, la chimie, les sciences naturelles avec la même méthode qu'on voudrait leur voir appliquer avec leurs élèves, on aurait fait coup double, c'est-à-dire d'une part donné un minimum de connaissances indispensables, mais d'autre part les méthodes pédagogiques que l'on souhaite voir appliquer.

Sur le problème de la redécouverte et du cheminement de l'humanité, je

ne crois pas qu'il faille piétiner, mais je crois qu'il y a des enseignements qui valent la peine d'être étudiés. Je pense que si l'on attachait une place plus importante à l'histoire de la science, non pas à la petite histoire à propos de la science mais vraiment aux documents d'origine qui sont à la portée des jeunes parce qu'ils ont été souvent rédigés sous une forme très simple et quelquefois lapidaire — par exemple aux expériences, de Torricelli à Pascal, sur la pression atmosphérique, aux expériences de Spallanzani sur la génération spontanée — je crois que toutes ces expériences mériteraient d'être retrouvées dans le texte. Ce serait un premier apprentissage de cette utilisation de la littérature non pas à un niveau encore inaccessible aux adolescents, mais à un niveau très simple qui était celui des chercheurs à l'époque où ils vivaient et avec les éléments qu'ils possédaient pour leur recherche.

Quelqu'un dans la salle — Tout à l'heure, on parlait de formulation magique et on disait qu'on n'avait pas besoin de retrouver cela. Je crois quand même qu'il faut bien voir que les enfants très jeunes se donnent des réponses qui relèvent d'un système magique. Les enfants de moins de cinq ans ont fréquemment des réponses de style magique.

M. Berteloot — C'est un problème extrêmement important. Nous savons bien qu'à l'école maternelle, les sciences, la poésie, la musique, la magie sont très voisines et quelquefois synonymes dans l'esprit des enfants. Il n'existe pratiquement pas d'exemple qu'un enfant de l'école maternelle reste sans réponse devant n'importe quel phénomène. La réponse est-elle scientifique? Ne l'est-elle pas? A nous de juger. Mais à partir de là, je me

demande si les explications que nous nous donnons ne sont pas remises en question à chaque fois par le tâtonnement expérimental qui les détruit petit à petit et dans ce sens, cela ressemble bien à l'évolution de l'humanité : la magie qui se détruit petit à petit sous les coups de boutoir de la science ; je me demande dans quelle mesure, chez vos étudiants vous retrouvez cela, cet esprit de « mythe » à côté de l'esprit scientifique et dans quelle mesure, dans l'humanité d'aujourd'hui, on retrouve toujours des questions de mythe à côté de l'esprit scientifique, et même cette partie de mythe n'est pas encore immense par rapport au véritable esprit scientifique.

M. Dreyfus — Hélas ! dans leur attitude de tous les jours, politique ou autre, je crois que les hommes sont tout à fait au stade de la magie, tout au moins beaucoup d'entre eux. Mais sur le plan des études scientifiques qu'on essaye de leur faire faire, je crois qu'hélas ! ils ont perdu toute leur fraîcheur, tous les mythes de leur petite enfance et n'ont plus du tout l'esprit magique. Moi, au fond, j'aimerais bien qu'un étudiant ne sachant pas faire un problème me mette à la fin de sa copie « Ben, ça doit être les petites bêtes... » A la rigueur, j'aurais un certain respect pour lui. Je crois que réellement — c'est ce que j'ai dit tout à l'heure — s'il y a une certaine faillite de l'enseignement, c'est que voulant l'abstraire — et je crois que j'en ai montré la nécessité — on l'a fait très mal. C'est devenu vraiment scolastique, formel, vide de vie et je crois que c'est justement là contre qu'il faut agir et c'est le sens qu'il faut donner à toutes les réformes de l'enseignement. On a parlé de Pascal tout à l'heure.

C'est un petit peu en marge du problème, mais voilà un bon exemple de la manière dont l'enseignement a été déformé. Pascal était un double Monsieur. Tout le monde sait qu'il a été un savant et puis aussi qu'il a écrit « Les Pensées », mais si actuellement vous faites le décompte des citations de Pascal, vous vous apercevez que Pascal le physicien, Pascal le mathématicien sont infiniment plus cités que Pascal le philosophe, le moraliste qui par contre est seul enseigné dans les lycées. Je crois que justement à ce propos, on pourrait faire gagner beaucoup de connaissances ou d'expériences aux futurs maîtres et également aux adolescents. On parlait de magie tout à l'heure. Je me souviens que la grande querelle (j'avais lu des œuvres de Pascal qui avaient été traduites en français parce qu'il ne faut pas oublier que la littérature scientifique, à ce moment-là, était écrite en latin et qu'elle n'est pas toujours accessible), que la grande bagarre de Pascal, Torricelli et autres, c'était de montrer que l'explication à la montée du mercure dans le baromètre, c'était la pression atmosphérique et non pas cette phrase magique : « La nature a horreur du vide ». Et comme tout cela remonte à trois siècles, il faut voir qu'entre l'élève qui disait il y a quelques instants qu'il y avait des petites bêtes qui accrochaient la membrane et les gens d'il y a trois siècles — dont certains d'ailleurs étaient peut-être professeurs à la Sorbonne, enfin des scientifiques tout à fait officiels — il n'y a vraiment pas de différence de nature.

M. Berteloot — Quelle différence faites-vous entre celui qui, il y a trois siècles, disait : « La nature a horreur du vide » et celui qui, dans

un livre de physique, dit : « La pesanteur est la force qui attire les objets vers la terre » ?

M. Dreyfus — C'est tout le problème de savoir ce que vaut la physique.

M. Berteloot — Est-ce que ce n'est pas une explication magique ?

M. Dreyfus — Non, ce n'est pas une explication magique du tout. Parce que, actuellement, on a les moyens de s'éloigner de la terre. Quand on dit une chose de ce genre, c'est déjà extraordinairement riche de contenu parce que cela veut dire que le phénomène de pesanteur nécessite deux objets : la terre et le corps en question. Si vous changez l'un des deux ou si vous changez leur disposition réciproque, le phénomène change. A mon avis, il y a déjà des quantités d'expériences que vous pouvez faire à partir de là. Changez l'objet : son poids change. Changer la terre, ce n'est pas commode, mais maintenant des hommes vont aller dans la lune et on va remplacer la terre par la lune, on peut s'éloigner de la terre. On peut vérifier la loi. Il me semble que dans cette dernière phrase, bien qu'effectivement les explications scientifiques tiennent dans des phrases (le verbe, on n'y coupe pas !) ce n'est pas de la même nature. Dans la première phrase il n'y avait pas d'expériences à faire. Il faudrait se remettre dans le contexte de cette époque, mais il me semble que pour donner un sens à la phrase « la nature a horreur du vide » il aurait fallu chiffrer cette horreur, remplacer du vide par du non-vide, etc. Cette phrase n'a amené aucune découverte scientifique nouvelle. D'ailleurs, elle a été balayée par l'explication de Pascal tandis que l'autre est vérifiable et je pense que ce n'est pas du tout la même chose.

M. Berteloot — La loi est vérifiable, mais la nature même de la force?

M. Dreyfus — Qu'est-ce que la nature de l'espace, la nature du temps, la nature de l'électron? Alors là, je suis désolé, il faut comprendre ce qu'est la science, du moins celle qui n'est pas les mathématiques. Elle ne peut établir que les relations des choses les unes avec les autres. C'est l'ordre des relations qui compte mais comme dans tout dictionnaire, quand vous définissez deux objets l'un par rapport à l'autre, vous renvoyez en quelque sorte la définition d'un nom à un autre et en dernier ressort, la science n'est que cela. Je ne vois pas ce qu'elle peut être d'autre. Il n'y a que Dieu qui puisse comprendre la nature...

M. Berteloot — Dans les écoles primaires et dans les lycées on en est encore au « Pourquoi? » mais pas encore au « Comment? »

M. Dreyfus — Nous parlions de la formation de l'esprit scientifique. Je crois qu'il est important de faire comprendre qu'il n'y a pas une ultima ratio des choses, une explication définitive et qu'en fait, les phénomènes sont des relations des choses avec les autres. L'explication, qui peut l'avoir? Comment pouvez-vous comprendre l'espace? Pourquoi sommes-nous dans un univers qui a trois dimensions d'espace et une de temps? Pourquoi pas deux de temps et deux d'espace? Vous pouvez l'expliquer, vous? Moi, je ne connais pas de physicien qui puisse l'expliquer actuellement. Je crois qu'il faut bien comprendre que la science n'est pas la religion. Mais il me semble que nous ne sommes plus tout à fait dans le domaine qui intéresse l'Ecole Moderne...

Ginette Fournès — Je me pose des problèmes. Mes gosses font des ex-

périences, comme tous les gosses qu'on laisse libres. L'un d'eux a frotté son stylo contre son tablier. Il a pris un petit bout de papier. Le papier est resté accroché. J'étais aussi étonnée que lui...

M. Dreyfus — Je puis vous dire que, bien que ce phénomène soit connu depuis très longtemps, il étonne tout autant les spécialistes qu'il peut vous étonner vous-même. Ce que je peux vous dire, ce que tout le monde dit : au début, les deux objets sont neutres, le stylo et l'étoffe (ou la peau de chat parce que d'habitude, dans le temps, on faisait cela avec de la peau de chat). Ensuite, au moment du frottement, il y a des charges qui se séparent. Les uns deviennent chargés positivement, les autres négativement. Il y a tous les phénomènes d'interaction entre les charges électriques. Maintenant, comment, au moment du frottement les charges se sont-elles séparées? A ma connaissance du moins, même encore actuellement, ce phénomène bien que connu déjà par les Grecs, n'est encore pratiquement pas expliqué. Il y a d'ailleurs beaucoup de choses comme cela. Par exemple, les Grecs savaient qu'il fallait forger le fer pour avoir des épées solides et pas seulement les couler. Et bien, il y a seulement une cinquantaine d'années qu'on a compris pourquoi le fer forgé était plus solide que le fer coulé ou simplement moulé. Il n'y a pas toujours d'explications à tous les problèmes. C'est pour cela que M. Renard disait tout à l'heure qu'il faut de temps en temps construire un peu l'expérience de façon à la simplifier parce qu'il y a des choses de la vie de tous les jours qui sont pratiquement inexplicables actuellement.

G. Fournès — Est-il nécessaire que

l'enfant ait toujours une réponse quand il cherche? Dans le fond, n'est-il pas préférable de lui laisser le temps de la trouver?

M. Dreyfus — Je suis d'accord avec vous. Tout à l'heure, je parlais de la nécessité d'enrichir un peu les concepts intuitifs. Je crois que si l'enfant a fait cette expérience, assez vite, peut-être à 14-15 ans, quand il en parlera au lycée, il aura une idée de ce qu'est un champ électrique d'une manière générale, c'est-à-dire l'existence de forces qui ne sont pas de pesanteur au sens usuel. Si quelqu'un me demande comme tout à l'heure d'expliquer ce qu'est un champ magnétique ou un champ électrique, je suis incapable de le faire. Simplement, on constate qu'il y a des phénomènes de gravitation, des phénomènes électriques, des phénomènes magnétiques, des phénomènes nucléaires. A ma connaissance il n'y en a pas d'autres actuellement mais enfin, un jour, on rouvrira la liste. Maintenant, comment les séparer les uns avec les autres? Simplement par leurs manifestations et il me semble que plus vite l'enfant aura compris qu'il y a des phénomènes magnétiques, des phénomènes électriques, des phénomènes de gravitation, qu'il en aura une sorte de connaissance intuitive, alors on pourra après bâtir dessus. Mais je crois qu'il n'y a pas à rougir que vous ne puissiez en donner qu'une connaissance intuitive. Et d'ailleurs, en dernier ressort, même à l'Université, c'est ce qu'on fait lorsqu'on ne peut pas faire autrement!

M. Roby — Ce que vous venez de dire, M. Dreyfus, me plonge un peu dans la perplexité parce qu'après avoir démolé la notion d'explication-mythe, vous me semblez y revenir un peu. Donner l'explication que vous donnez sur le coup de l'attraction électro-

statique, c'est une explication, et actuellement c'est l'ensemble des paroles, des concepts, des images qui permet d'aller le plus avant dans ce domaine. Que voulez-vous dire en disant: « Je ne puis pas vous donner d'explications »? Vous en donnez une.

La connaissance exacte, c'est parmi toutes les explications qu'on peut donner, celle qui, à l'heure actuelle, avec ce qu'on sait et ce qu'on fait, permet d'aller le plus avant. C'est dans ce sens que la collaboration entre les enseignants du primaire et du secondaire et ceux qui font de la recherche leur métier, a une signification. Partant de vos problèmes, du problème de la capillarité posé par les élèves de Pellissier, venir voir quelqu'un qui, dans un labo, travaille sur la capillarité et savoir quelle est l'explication la plus satisfaisante que se font actuellement les gens qui étudient la question. Je pense qu'il ne faut pas dire: je ne peux pas donner une explication; on en trouve toujours une. Mais ce qui me semble dangereux, c'est de donner, en tant qu'enseignants du primaire ou du secondaire ou comme assistants, une explication qui soit en-deçà des explications que des gens plus compétents donnent actuellement. Je crois que c'est ce danger que l'on doit essayer d'éviter car en fin de compte, cela revient à donner une connaissance fausse. Oui, il y a des connaissances fausses, parce que ce sont des connaissances dont on se rend compte par la suite qu'elles ne mènent à rien, qu'elles conduisent à une impasse.

M. Veslin — Cela me semble un peu ennuyeux de considérer finalement qu'au lycée l'enseignant doit pouvoir donner la réponse la meilleure dans chaque domaine. Matériellement, je ne vois pas bien cela réalisable.

M. Pellissier — A moi, cela me fait bien plaisir. Jusqu'à présent, je ne vous connaissais pas. Je ne savais pas à qui m'adresser. Désormais, je le saurai. Parce que je n'ai pas seulement des problèmes avec la capillarité, attention ! J'en ai aussi avec l'arc-en-ciel. Nous avons, l'an dernier, pendant très longtemps réfléchi et discuté sur l'arc-en-ciel et nous avons fait toutes les expériences possibles avec le matériel et les limites de connaissance que nous avons mes élèves et moi.

J'ai relu des livres de physique. Nous avons beaucoup tâtonné. Nous avons fait des recoupements. Nous avons déjà fait une petite synthèse mais il nous manque encore des éléments. Je voulais faire un document de ces recherches. Je ne l'ai pas fait parce que nous nous sommes mis à préparer le congrès. Mais j'aurais voulu donner toutes les étapes de la démarche de l'enfant et les miennes, c'est-à-dire l'histoire du verre d'eau mais en beaucoup plus précis, plus développé, la situer dans la classe et en fin de compte, donner la conclusion *momentanée* à laquelle nous étions arrivés.

Je cherche depuis ce temps-là. Alors, si vous nous offrez de nous aider, c'est très précieux. Je le disais un jour dans je ne sais plus quel stage : « Si j'étais ministre de l'Education Nationale »... (cela avait fait rire les stagiaires parce qu'ils s'imaginaient bien que je ne le serais pas de sitôt !), je proposerais justement cela comme recyclage, très exactement ce que disait M. Dreyfus tout à l'heure, c'est-à-dire un recyclage motivé par des questions et des situations authentiques, vécues en classe. Hier soir, je parlais de recyclage « vivant » en mathématique. Je peux dire que tout ce que je sais, tout ce que je commence à savoir, et en mathématiques, et en

sciences, un peu en électronique, un petit peu de chose par-ci, un petit peu de chose par-là, je ne le sais que parce que j'en ai vécu les points de départ dans la classe. Je les avais manqués au collège et à l'Ecole Normale. Je les ai retrouvés avec mes enfants. Je m'y suis à nouveau intéressé avec eux et je n'ai compris que parce que j'ai pu intégrer, en les vivant, un certain nombre de connaissances. Et si maintenant vous me donnez cette possibilité d'aller vous voir quand je suis en panne, alors j'y cours. Personnellement, je fonce. Et je n'ai pas honte d'avouer que j'ai envie de savoir, que j'ai envie de comprendre, même si je sais que c'est momentané, que dans dix ans on me l'expliquera peut-être autrement ; mais, nous sommes passés à côté de tant de choses !...

M. Roby — Ce que je voulais dire, surtout, c'est qu'il ne me semble pas forcément dangereux de donner une réponse en deçà de ce qu'on peut donner actuellement, ce qui me semble dangereux, c'est que l'enfant ou vous-même considérez comme définitive n'importe quelle réponse.

M. Dreyfus — Ce qui me paraît incroyable, non seulement dans l'enseignement français mais dans d'autres pays, c'est qu'on en arrive à découvrir à l'issue d'une réunion que vous aviez envie de venir. Cela paraît extraordinaire que vous ne soyez pas venu plus tôt ou qu'on se soit comporté de telle manière que vous n'ayez pas osé venir. Il n'y a pas l'ombre d'un doute, il y a quelque chose qui ne tourne pas rond dans notre pays !

Puisqu'on parle de la formation des jeunes, il y a une chose que je voudrais bien que vous fassiez avec vos élèves parce que j'en profiterais quand ils

arriveraient à l'Université. C'est qu'ils osent poser des questions aux professeurs. On parle beaucoup en ce moment de contacts entre étudiants et professeurs. Il est certain que les professeurs ont beaucoup de travail mais je connais bien mes collègues. La plupart d'entre eux seraient non seulement disposés à les accueillir mais ravis que les étudiants viennent poser des questions. Or, même maintenant, après tous les événements de mai, finalement, à part savoir quels sont les coefficients à l'examen, nous n'arrivons pas à avoir de vrais contacts avec les étudiants. Ils n'osent pas poser des questions. J'ai enseigné en Amérique. J'étais obligé de mettre les étudiants dehors pour garder un peu de temps pour moi, tellement ils venaient poser des questions. En France, j'ai beau me rouler par terre à la fin de mon cours, il est très rare qu'on vienne me poser des questions. Je pense qu'il y a quelque chose de cassé dans la psychologie de nos jeunes. Donnez-leur donc l'habitude de ne pas rougir de leurs questions et de nous en poser (1).

Quant à vous, venez nous trouver chaque fois que vous le voudrez. Je pense que parmi les 120 professeurs ou les 300 enseignants de la Faculté des Sciences, 90% vous accueilleront les bras ouverts.

Quelqu'un dans la salle — Je vous signale un ouvrage qui est édité par Marabout Université : *L'ABC de la Physique*. Il donne pas mal d'explications et peut aider les enseignants.

(1) *Remarque* : Dans nos classes, il n'y a pas de difficulté à cela. Mais entre nos classes et l'Université, il y a de longues années où la scolastique continue hélas! ses ravages.

M. Pellissier — C'est le problème, ça, de la vulgarisation scientifique. On pourrait en parler un peu. Parce que c'est effectivement délicat. Il y a eu dans ce domaine des publications vraiment douteuses. Je pense, par exemple, à ces microbes dessinés comme des petits nains armés de pioches et creusant une dent, pour expliquer la carie dentaire.

Paulette Quarante — Mes élèves sont atteints d'une maladie qui m'affole un peu : c'est « l'encyclopédite ». Dès qu'il se pose une petite question en classe, le lendemain, j'ai une réponse toute trouvée dans les encyclopédies. Résultat, ils ont une réponse, ils ne cherchent plus. Le cycle est complètement fermé. Est-ce que cela vous arrive? Que dois-je faire contre cet envahissement des encyclopédies?

M. Berteloot — Voilà pourquoi on disait tout à l'heure qu'il ne faut donner qu'un minimum d'explication. Ces réponses trouvées dans les encyclopédies deviennent un dogme, et un dogme pratiquement indestructible. L'esprit scientifique est l'inverse du dogmatisme et nos enfants deviennent des dogmatiques. Ils ont réponse à tout mais ils n'expérimentent plus. Or, si vous faites expérimenter l'enfant, automatiquement avec l'expérience qu'il fait, il obtient des résultats et ces résultats, eux, ne sont pas définitifs parce qu'ils sont relatifs à l'expérience, au matériel qu'il a employé. Par conséquent, ces résultats, il pourra les détruire constamment. Ils viennent de lui. Ils lui appartiennent. Il détruira toujours les résultats et en même temps, il détruira l'esprit dogmatique parce qu'il saura que véritablement sa connaissance ne peut venir que d'une expérience. A ce moment-là, la documentation devient tout à fait inoffensive. Mais si on donne

l'encyclopédie aux tout petits avant l'expérience, alors c'est dommage. On tue l'envie d'expérimenter.

M. Barré — A plusieurs reprises, on a parlé de l'enfant qui cherche et ne trouve pas. Moi, je pense que l'enfant trouve toujours. Tout dépend de ce que l'on appelle trouver. L'enfant qui a frotté son stylo à bille sur son tricot et a attiré un bout de papier, a trouvé. Il n'a pas tout découvert, mais quand il a réussi à formuler ce qu'il a observé, il a trouvé. Il a trouvé : « Quand je frotte mon stylo sur mon tricot, il attire un petit bout de papier. »

Alors, ce que j'attends des gens qui sont plus élevés que moi dans le domaine scientifique, c'est moins qu'ils donnent l'explication que, dans certains cas, ils m'aident à transformer l'expérimentation, à la pousser plus loin, à dire par exemple comment on pourrait transformer cette expérience encore brute, l'affiner. Mes enfants avaient une robe de chambre en rhovyl. J'avais ramené d'Afrique des couvertures de laine très rêche. Quand ils se jetaient à plat ventre sur le lit et qu'ils venaient ensuite nous embrasser pour nous dire bonsoir, ils nous flanquaient une décharge électrique. Ils ont fait des tas de recherches, selon la manière dont ils étaient chaussés, s'ils étaient sur la moquette ou pas. Ils ont trouvé. Mais ce que j'aurais aimé, c'est qu'un homme de sciences me dise quelles expériences on pouvait faire pour affiner cette compréhension et la pousser plus loin.

M. Pellissier — On ne peut pas l'envisager ce soir. Mais ce serait une possibilité de collaboration.

M. Dreyfus — Finalement, la réponse à la question posée, c'est que l'enseignement est continuellement une lutte. On parle de donner des explications, de ne pas en donner. Au fond, les deux dangers extrêmes qui ont été décrits longuement ce soir, c'est d'un côté le pragmatisme — les alchimistes — et de l'autre le dogmatisme, les défauts dans lesquels l'enseignement est tombé. Toute la difficulté, c'est de garder un bon équilibre.

En soi, les encyclopédies ne sont quand même pas une mauvaise chose. Le fait que les gosses puissent en acheter, en avoir à la maison, c'est quand même mieux qu'il y a cinquante ans quand on savait à peine lire. Je crois que maintenant le problème c'est d'utiliser ces réponses qu'ils ne comprennent pas au début, qu'ils ont tout de suite tendance à ériger en dogme, pour les ramener à l'expérience et faire que ces réponses qui malgré tout sont un progrès, deviennent une véritable connaissance scientifique. Je crois qu'il faut s'éloigner de ces deux pôles qui sont, à mon avis, tout aussi dangereux l'un que l'autre.

M. Pellissier — Ce sera notre conclusion. Il me reste à vous remercier : c'est un tout petit mot... J'ai été quant à moi, enchanté de vous avoir rencontrés et je vous dis « Au revoir », car nous nous reverrons.

LES DOSSIERS PÉDAGOGIQUES

(Supplément à l'EDUCATEUR magazine)

Les numéros parus ont traité de :

1. Le limographe à l'Ecole Moderne
2. Instructions officielles
3. Classes de transition
4. L'écriture
5. L'organisation de la classe
6. Bandes enseignantes
7. Plus de manuels, plus de leçons
8. L'Imprimerie et les techniques annexes
9. Exploitation pédagogique des complexes d'intérêt
10. L'éducation musicale
11. Journal scolaire au second degré
- 12-13. Les sciences au second degré
14. Brevets et chefs d'œuvre
- 15-16. Mathématiques au second degré
17. Mode d'emploi de l'imprimerie
18. Enquêtes et conférences au second degré
19. Mémento de l'Ecole Moderne
20. L'apprentissage de l'expression orale et écrite de 6 à 15 ans
21. La documentation audiovisuelle, utilisation de la B.T. Sonore
22. Expérience de raisonnement mathématique à l'école maternelle
23. Gerbe des journaux au second degré
24. L'organisation de la classe de transition
25. L'organisation de la classe au CP et au CE
26. La pédagogie Freinet au Second degré
27. L'enseignement des langues au S. degré
- 28-29. Expériences d'initiation au raisonnement logique
- 30-31. Cinéma et télévision - l'emploi des moyens audiovisuels
- 32-33. L'enseignement mathématique (2^e degré)
- 34-35. La coopérative scolaire au sein de la pédagogie Freinet
- 36-37. Calcul et mathématique au CM et en Classe de Transition
38. La méthode naturelle en histoire, géographie et sciences d'observation
- 39-40. L'étude du milieu au Second degré
- 41-42-43. Initiation au raisonnement logique à l'école maternelle
44. Une méthode naturelle d'apprentissage de l'anglais en classe de 6^e
45. Les conférences d'élèves en classe de transition
- 46-47-48. Une expérience de mathématique libre, dans un C.E. 1^{re} année.



La directrice de la publication : E. FREINET © Institut Coopératif de l'École Moderne
06 - Cannes — Printed in France by Imprimerie CEL — Cannes — Dépôt légal :
2^e trimestre 1969 — N^o d'édition 179 — N^o d'imp. 1286 — Prix du numéro simple 1,50 F