

LA RESOLUTION DE PROBLEMES COMME ACTIVITE DE RECHERCHE :

UN INSTRUMENT DE CHANGEMENT CONCEPTUEL ET METHODOLOGIQUE

D. GIL PEREZ
Universitat Autònoma de Barcelona
J. MARTINEZ-TORREGROSA
Universitat de València
F. SENENT PEREZ
Universitat de València

I - INTRODUCTION.

1.1 L'apprentissage de la physique comme changement conceptuel et méthodologique.

Des recherches récentes sur les idées intuitives des élèves et sur l'inefficacité de l'enseignement habituel des sciences pour modifier ces idées et faire acquérir les connaissances scientifiques, ont conduit à l'élaboration d'un modèle d'apprentissage conçu comme changement conceptuel (Posner et al. 1982), dans une optique constructiviste - de construction des connaissances par les élèves (Driver 1986) - qui s'oppose à la simple transmission de connaissances déjà élaborées.

De notre côté, nous avons essayé de montrer que ce changement conceptuel ne peut pas avoir lieu s'il n'est pas accompagné d'un profond changement méthodologique dans la façon d'aborder les questions, c'est-à-dire un changement méthodologique dont les caractéristiques sont semblables, dans une certaine mesure, à ce qui, historiquement correspond à l'introduction de la méthodologie scientifique et rend possible le remplacement du paradigme scolastique - ou physique du sens commun - par la physique classique (Gil et Carrascosa 1985).

Ce changement méthodologique implique, fondamentalement, l'ébranlement de la confiance dans les "évidences du sens commun" (Carrascosa et Gil 1985) - et l'introduction d'une pensée plus créative et plus rigoureuse, c'est-à-dire une pensée qui oblige à imaginer de nouvelles possibilités à titre d'hypothèse - tout en mettant en question ce qui semble évident - et à soumettre ces hypothèses à des vérifications dans des conditions contrôlées.

Il s'agit d'un changement qui n'est pas du tout facile - il ne le fut pas, non plus historiquement -, qui exige de mettre réitérativement les étudiants en situation de poser des problèmes dans un contexte théorique donné, de formuler des hypothèses à la lumière du corps de connaissances disponible, d'élaborer des stratégies de résolution et d'analyser attentivement les résultats obtenus.

Malgré cette difficulté, il s'agit d'un changement absolument nécessaire pour rendre possible une acquisition significative de connaissances : sans changement méthodologique, il ne peut pas y avoir de changement conceptuel, c'est-à-dire de modification des représentations intuitives des élèves. De même, historiquement, l'écroulement de la "physique du sens commun" a exigé une nouvelle forme de raisonnement que nous appelons aujourd'hui "méthodologie scientifique".

Traditionnellement la familiarisation des étudiants avec la méthodologie scientifique a été considérée comme un objectif autonome ; cet objectif étant poursuivi presque exclusivement à travers la réalisation de travaux de laboratoire caractérisés, d'ailleurs, par un positivisme poussé (Hodson 1985) qui identifie méthodologie scientifique avec expérimentation, en oubliant des aspects essentiels tels que la formulation d'hypothèses ou l'analyse des résultats (Gil et Paya 1986).

Le dépassement de cet inductivisme exige, cependant, beaucoup plus que la transformation des travaux pratiques. Comme Hodson (1985) l'a montré, même les travaux pratiques conçus selon une démarche hypothético-déductive, peuvent donner une image déformée de la science en faisant croire aux élèves, par exemple, que l'acceptation ou le rejet d'une théorie dépend d'expériences isolées ou de quelques résultats comme ceux qu'on peut obtenir dans un laboratoire scolaire. Il faut éviter des visions simplistes comme celle-là, qui continuent à empêcher la rupture avec la "méthodologie du superficiel". Dépenser l'inductivisme exige d'étendre la démarche d'apprentissage-comme-recherche à tout le travail de construction des connaissances : depuis l'introduction des concepts jusqu'à la résolution de problèmes à partir du corps des connaissances acquises (Gil 1986). L'objectif de ce travail est, très précisément, de montrer que la résolution des problèmes habituels – ceux que l'on trouve dans les manuels scolaires – peut devenir, en modifiant l'orientation de son enseignement, une occasion privilégiée de pratiquer la méthodologie scientifique et se transformer, ainsi, en un outil fondamental pour produire le changement méthodologique.

1.2 La résolution de problèmes comme activité de recherche.

Dans un travail précédent, (Gil et Martinez-Torregrosa 1983) nous avons présenté un modèle de résolution de problème orienté fondamentalement de façon à rendre impossible le traitement mécanique, purement opératif, de formules et données qui caractérise la résolution habituelle de problèmes (Gil et Martinez-Torregrosa 1984). Bien que cette situation ait été très souvent dénoncée - en partant, par exemple, de la comparaison entre le comportement des "experts" et des "novices" (Larkin et Reif 1979) - les élèves, et même beaucoup de professeurs, continuent à pratiquer une résolution mécanique inefficace pour tous les cas où il ne s'agit pas de la répétition d'un exercice déjà connu. On peut dire, en effet, qu'habituellement on n'enseigne pas à résoudre des problèmes mais à comprendre et retenir des résolutions expliquées par le professeur (Gil et Martinez-Torregrosa 1984).

Notre modèle s'inscrit dans une optique constructiviste et rejette la simple explication de la solution par le professeur, ainsi que la vision profondément erronée du travail scientifique - marquée par un inductivisme poussé - qui consiste à considérer les données comme point de départ d'une résolution conçue comme un cheminement allant "des données aux inconnues" (Polya 1945).

Notre point de départ a été, très précisément, de mettre en question cet inductivisme et de rapprocher les activités de résolution de problèmes des activités caractéristiques essentielles du travail scientifique. Pour cela nous avons proposé :

1 – La suppression des données dans l'énoncé du problème.

Il s'agit, répétons-le, d'une mesure absolument nécessaire ; le fait qu'on trouve les données comme point de départ ne peut s'interpréter que comme évidence d'une orientation empiriste aux antipodes de ce que signifie une recherche, c'est-à-dire une véritable résolution de problèmes, où la quête de données pertinentes dérive des hypothèses et des stratégies de résolution (1).

En accord avec cela, un énoncé comme celui-ci :

Une barque traverse un fleuve de 60 cm de large avec une vitesse de 8m/s qui forme un angle de 60° avec le rivage (dans le sens du courant). Si la vitesse du courant est de 2m/s, quelle sera la dérive de la barque ?

se transforme ainsi, en supprimant toute donnée, numérique ou non :

Une barque sort pour traverser le fleuve. A quelle point de l'autre rive arrivera-t-elle ?

2 – Une proposition explicite de travail, orientée pour éviter une résolution mécanique et pour rapprocher la résolution de problèmes de la démarche scientifique.

Nous pouvons résumer ainsi cette orientation :

i - Commencer par une étude qualitative de la situation et préciser le problème en prenant des options sur les conditions qu'on considère existantes.

Ainsi, dans le problème de la barque, les élèves proposent habituellement d'observer le déplacement d'une barque de vitesse constante qui traverse un courant, constant aussi, entre des rives rectilignes etc. Ce sont des simplifications logiques qui coïncident avec celles que les énoncés habituels imposent, sans que les élèves aient l'occasion de réfléchir à ce sujet.

Des différences d'approche apparaissent aussi : quelques groupes pensent à une barque orientée perpendiculairement au rivage, tandis que d'autres considèrent une situation plus générale, dans laquelle la barque forme un angle quelconque avec le rivage, selon le point P qu'on désire atteindre (voir fig. 1). Le professeur peut aider à choisir l'une ou l'autre des situations, en fonction de sa complexité, etc.

ii – Emettre des hypothèses fondées à propos des facteurs qui peuvent déterminer ce que l'on cherche et de la forme de la relation entre eux en imaginant en particulier des "cas limite", d'interprétation physique facile.

Les élèves considèrent sans difficulté que la distance d (voir fig. 2) choisie comme indicateur du point atteint par la barque doit dépendre de la vitesse du courant v_c et de celle de la barque v_b , ainsi que de l'angle entre elles, et de la largeur du fleuve a . Ils précisent ces hypothèses en justifiant ces dépendances : "plus grande est la vitesse du courant, plus grande doit être la dérive d ", etc.

Les cas limites sont spécialement intéressants à étudier. Par exemple, les élèves signalent que si $v_c = 0$ et si la barque sort perpendiculairement au rivage ($Q = 90^\circ$), la dérive devra être nulle ($d = 0$). Un autre cas limite usuellement analysé est celui d'une barque qui sort parallèlement au rivage : "elle ne pourra jamais arriver à l'autre rive et donc d sera infini" etc.

iii – Elaborer et expliciter des stratégies de résolution **avant** d'initier celle-ci, pour éviter un aveugle "essai et erreur". Chercher plusieurs voies de solution pour rendre possible la vérification des résultats obtenus ainsi que pour montrer la cohérence du corps de connaissances utilisé.

Les deux stratégies proposées par les élèves dans le problème étudié ici sont : faire une étude vectorielle du mouvement (obtenir le vecteur de position de la barque, etc.), ou utiliser des relations trigonométriques assez simple.

iv – Procéder à la résolution en expliquant ce qu'on fait, pour empêcher ainsi, encore une fois, une résolution mécanique sans signification physique.

Les élèves arrivent ainsi à obtenir, sans trop de difficultés :

$$d = a(v_b \cos Q + v_c) / v_b s.$$

v – Analyser soigneusement les résultats à la lumière des hypothèses avancées et, tout particulièrement, des cas limites considérés.

On peut voir maintenant comment l'expression obtenue est cohérente avec les hypothèses et cas limites considérés, ou avec d'autres situations que le professeur peut inviter à analyser, comme par exemple : quel doit être l'angle Q pour que la barque traverse perpendiculairement le fleuve ?

La considération de cas limites devient ainsi un outil essentiel pour approfondir la compréhension de la situation physique étudiée, opérationnaliser les hypothèses, analyser les résultats et poser de nouveaux problèmes, tout en stimulant chez les élèves et l'imagination créatrice et la précision.

Evidemment, on peut donner maintenant aux élèves des valeurs pour les différentes grandeurs (v_c , ...), pour qu'ils fassent l'application numérique. Mais ces données répondent, maintenant, à toute une étude et ne sont pas a priori sans signification occultant une approche scientifique.

Nous nous limiterons à ces brèves indications sur les traits caractéristiques du modèle proposé, en renvoyant à d'autres documents pour un exposé et des exemples plus détaillés (Gil et Martinez-Torregrose 1986), et nous passerons maintenant à l'exposé et à la justification de l'hypothèse selon laquelle l'orientation didactique que nous venons de résumer peut transformer la résolution de problèmes en un instrument efficace pour faciliter le changement méthodologique.

II - HYPOTHESE DE TRAVAIL.

Le modèle de résolution de problèmes que nous venons de résumer prétend, comme nous l'avons déjà indiqué, donner à cette résolution des caractéristiques proches des caractéristiques fondamentales du travail scientifique, en tenant compte particulièrement du rôle essentiel de la pensée divergente et créatrice.

Notre hypothèse générale est que, de cette façon, les élèves peuvent se familiariser avec la méthodologie scientifique en dépassant les formes de pensée spontanées qu'on a nommées "méthodologie du superficiel".

En particulier, l'émission d'hypothèses, que le modèle demande, constitue une occasion privilégiée pour que les élèves explicitent leurs idées, leurs propres représen-

tations. Les différents problèmes peuvent devenir ainsi, des situations réitératives de conflit cognitif et, partant, de changement conceptuel. Il faut noter le caractère réitératif que le conflit cognitif peut acquérir à travers la résolution de problèmes qui abordent des situations différentes mais associées aux mêmes préconceptions. Cette réitération est absolument nécessaire – les changements conceptuels ne sont pas du tout faciles ! (Driver 1986) – mais, évidemment, on ne peut l'atteindre seulement avec des travaux pratiques de laboratoire, parce que le nombre de ceux-ci ne peut pas être assez grand. Nous voyons là une raison en faveur de l'utilisation des problèmes – avec l'orientation que nous avons proposée – comme instrument de changement conceptuel et méthodologique. Nous allons préciser les transformations que le modèle devrait produire dans le comportement des élèves pour qu'on puisse parler de changement méthodologique ; autrement dit, nous allons opérationnaliser l'hypothèse. Selon celle-ci, la pratique répétée du modèle produirait un changement méthodologique qui rendrait l'activité des élèves proche de celle du travail scientifique. D'une façon opérationnelle, cela signifierait que :

1 – Les élèves traités ne feront plus de manipulation immédiate des données et des formules, ce qui caractérise l'opérativisme aveugle. Il faut s'attendre au contraire à ce que

2 – ils consacrent un temps initial à des considérations qualitatives, formulations précises du problème, etc.

3 – ils émettent des hypothèses fondées et imaginent des cas limites avec une signification physique claire,

4 – ils essaient de trouver plus d'un chemin pour résoudre le problème,

5 – ils explicitent les stratégies de résolution avant de procéder à celle-ci,

6 – ils procèdent à une résolution avec des explications qui apportent du sens à ce qu'ils font,

7 – ils analysent les résultats obtenus, en tenant compte des hypothèses avancées, des cas limites considérés, etc.

En plus des conséquences que nous venons d'énumérer, qui répondent dans une bonne mesure à ce que le modèle demande explicitement, nous nous attendons aussi à deux autres conséquences qui montreraient indirectement la validité du modèle pour provoquer un changement méthodologique : nous nous attendons, en effet, à ce que l'utilisation répétée du modèle produise :

8 – une plus grande capacité des élèves traités à résoudre des problèmes, ce qui se traduirait par un pourcentage de résultats corrects notables et significativement supérieur au pourcentage habituel.

9 – On doit s'attendre aussi à ce qu'ils consacrent plus de temps à essayer de résoudre un problème qu'ils trouvent difficile, avant d'abandonner, sans tomber donc dans l'attitude habituelle de "reconnaître ou abandonner" (Gilbert 1980).

En dernier lieu, nous nous attendons aussi à ce que le modèle modifie l'attitude des élèves et des professeurs envers cette activité essentielle dans l'apprentissage des sciences.

10 – Il faut s'attendre à ce que la pratique du modèle augmente notablement et durablement l'intérêt des élèves pour la résolution des problèmes, à cause de la nature plus ouverte et créatrice de l'orientation proposée et à cause des meilleurs résultats qu'elle rend possibles.

Nous voulons attirer l'attention sur cette dernière conséquence de notre hypothèse. La question des attitudes des élèves envers la science et son apprentissage est aujourd'hui une direction prioritaire de recherche (Schibeci 1984, Welch 1985, Soler 1986) : on ne peut pas s'attendre à un apprentissage significatif s'il n'existe pas une attitude favorable chez les élèves (et chez les professeurs !). On pourrait donc dire que de la même façon que le changement conceptuel n'est pas possible sans un changement méthodologique, l'un et l'autre demandent un changement d'attitude (Gil 1985).

III - DISPOSITIF EXPERIMENTAL.

Pour la validation des neuf premières conséquences dérivées de l'hypothèse – qui essaient de mesurer jusqu'à quel point le modèle de résolution proposé contribue au changement méthodologique – nous avons commencé par appliquer le modèle durant une année scolaire avec 40 élèves de première en utilisant comme groupes témoins un autre groupe de première (38 élèves) et deux groupes de terminale (68 élèves en tout). Pour comparer le comportement du groupe expérimental avec ceux de contrôle, nous avons utilisé trois problèmes avec les caractéristiques suivantes :

- Les problèmes ont été présentés de la façon habituelle, c'est-à-dire avec les données numériques, tels qu'on les trouve dans les manuels scolaires.

- Le premier problème, assez simple, a été présenté aux différents groupes comme un exercice à résoudre en classe. Son énoncé était le suivant :

Un train d'une longueur de 70 m circule à 10 m/s. Sur une voie parallèle s'approche, à 25 m/s un autre train d'une longueur de 50 m. Calculez le temps qu'ils mettront pour se croiser.

Le deuxième problème a été posé en situation d'examen au groupe expérimental et à l'autre groupe de première. Il s'agit aussi d'un énoncé classique auquel nous avons ajouté quelques données superflues pour mettre en évidence l'éventuelle utilisation mécanique et irréfléchie des données :

Un corps A qui pend verticalement est relié grâce à une corde et à une poulie à un autre corps B qui se trouve sur une surface horizontale. On pousse le corps B en lui donnant une certaine vitesse qui le fait avancer, en levant le corps A. Quelle distance parcourra B avant de s'arrêter ?

Données $M_A = 3 \text{ kg}$; $M_B = 2 \text{ kg}$; hauteur initiale de A par rapport au sol : 0,5 m ; hauteur de B au-dessus du sol : 1,5 m ; coefficient de frottement : 0,4 ; vitesse initiale de B : 2 m/s.

En dernier lieu, on a proposé à tous les groupes comme exercice en classe un problème de difficulté supérieure à celle qui est habituelle en première, en introduisant aussi des données superflues :

De la base d'un plan incliné de 12 m de longueur et qui forme un angle de 30° avec l'horizontale, on pousse vers le haut un bloc de 3 kg avec une vitesse initiale de 8 m/s. Le coefficient de frottement entre le plan et le bloc est 0,23. Trouvez la vitesse que le bloc aura quand il repassera à la base du plan.

L'analyse des résolutions a été réalisée indépendamment par deux professeurs avec un accord presque total dans les interprétations.

La difficulté majeure du dispositif a été la détermination de la démarche de chaque étudiant. Une technique usuelle pour connaître ce qu'on fait pendant la résolution d'un problème consiste à faire expliquer à haute voix ce qu'on est en train de penser à chaque instant. Cependant, cette technique connue comme "thinking aloud" (Larkin et Reif 1979) – a des inconvénients évidents, d'une part son caractère artificiel, d'autre part le temps excessivement long qu'elle demande.

Pour éviter ces inconvénients, nous avons utilisé une technique très simple mais assez efficace : toutes les cinq minutes, le professeur donnait un signal (il claquait des mains, par exemple), les élèves traçaient une ligne horizontale et ils continuaient à écrire à la suite. De cette façon, on peut connaître facilement, et sans déranger les élèves, quel a été le processus de résolution que chacun a suivi.

Pour ce qui est de la mesure des changements d'attitude envers la résolution de problèmes, nous avons élaboré un questionnaire ad hoc que nous avons fait passer aux élèves du groupe expérimental (voir table 7). Nous devons signaler que nous n'avons pas fait passer ce questionnaire durant l'expérimentation, comme on le fait habituellement, mais l'année suivante, pour empêcher la "survalorisation" usuelle de toute expérimentation.

Nous voulons remarquer, pour finir, que ce dispositif qui évalue dix aspects différents, en rapport plus ou moins direct avec le changement méthodologique, n'est qu'une partie du travail que nous sommes en train de réaliser pour vérifier la valeur de ce modèle de résolution de problèmes ; à ce que nous venons de présenter il faut ajouter des essais faits avec des professeurs en formation et en activité et l'application du modèle par douze professeurs dans leurs classes, avec des résultats que nous sommes en train d'obtenir et d'analyser, mais qui, jusqu'à présent, ne diffèrent pas significativement de ceux que nous allons présenter ici.

ANALYSE DES RESULTATS.

L'ensemble des résultats obtenus montre des **différences** notables et statistiquement significatives entre le groupe expérimental et le groupe contrôle sur **tous les aspects évalués**. Voici un résumé de ces résultats :

i – Le tableau 1 montre jusqu'à quel point les élèves des groupes de contrôle utilisent les données immédiatement, sans réflexion sur leur pertinence. Ceci est encore plus évident dans le tableau II où l'on peut constater comment un pourcentage très élevé d'étudiants de ces groupes contrôles utilisent des données superflues. Ces résultats là, qu'on peut considérer comme l'expression de ce qui est habituel dans la résolution de problèmes, contrastent fortement et significativement ($p < 0.01$ dans tous les cas) avec ceux du groupe expérimental.

A propos du moment de l'introduction des formules – un autre indicateur de l'opérativisme habituel – les graphiques 1 et 2 montrent aussi de notables différences entre le groupe expérimental et le groupe contrôle.

ii – Les différences sont aussi très marquées à propos de tous les aspects clé de la démarche scientifique : de l'existence ou non d'une réflexion qualitative initiale jusqu'à l'analyse des résultats.

A titre d'exemple nous avons inclus les tableaux 3 et 4 relatifs respectivement à l'application ou non des stratégies **avant** de procéder à la résolution et à l'existence ou non d'analyse des résultats. Les différences montrées par ces tableaux nous épargent tout commentaire. Il faut noter pourtant que nous avons choisi deux aspects considérés

nécessaires par tous les auteurs, indépendamment de leur orientation ; les différences sont donc encore plus marquées quand on considère d'autres aspects tels que l'émission des hypothèses, etc.

iii – Nous allons maintenant faire référence à trois aspects spécialement pertinents et clairement en relation entre eux et avec le changement méthodologique que nous cherchons. Il s'agit de la réussite dans la résolution (tableau 5), des pourcentages d'élèves qui abandonnent (tableau 6) et du temps consacré à la résolution d'un problème (graphique 3).

Le tableau 5 montre que les élèves du groupe expérimental obtiennent systématiquement de meilleurs résultats et que ces différences augmentent avec la difficulté du problème. De cette façon, nous mettons en évidence jusqu'à quel point on n'enseigne pas à résoudre des problèmes mais seulement à apprendre par cœur des solutions expliquées par le professeur, ce qui fait que les élèves se trouvent littéralement perdus quand ils ne "reconnaissent" pas un problème (Gil et Martínez-Torregrosa 1984). Cela devient encore plus évident quand on considère le nombre d'élèves qui abandonnent la résolution (tableau 6) ou le temps qu'ils consacrent à résoudre le problème. Dans le graphique 3 on peut voir comment, bien qu'il se soit agi d'une situation d'examen, et que le temps n'ait pas été limité, presque 50 % des élèves témoins avaient fini en moins de 20 minutes et 98 % en moins de 30 minutes (avec seulement 7,3 % de résultats corrects). Ceci contraste clairement avec le comportement des élèves du groupe expérimental, ce qui est une nouvelle manifestation d'un indubitable changement méthodologique.

iv – En dernier lieu, nous avons recueilli dans le tableau 7 l'évaluation que les élèves du groupe expérimental ont fait du modèle, neuf mois après la fin de l'année scolaire. Ces évaluations paraissent indiquer que le changement méthodologique est associé à un véritable changement d'attitude, favorisé par la nature ouverte et créatrice de la forme de résolution introduite, et par la réussite et la confiance en soi qu'elles rendent possible. Les nombres dans le tableau 7 ne représentent pas des pourcentages mais les moyennes, sur une échelle de 0 à 10, attribuées par les élèves à chaque item.

CONCLUSION.

Les résultats obtenus ont montré que l'application du modèle de résolution de problèmes proposé produit, entre autres, les modifications suivantes chez les élèves traités :

1 – Le dépassement de l'habituel traitement opérativiste, caractérisé par l'utilisation presque immédiate des données et des formules sans une approche qualitative préalable.

2 – Une notable familiarisation avec des aspects essentiels du travail scientifique.

3 – Une attitude beaucoup plus positive envers la résolution de problèmes.

Nous pouvons donc conclure en affirmant que ces résultats semblent prouver l'efficacité du modèle pour produire un véritable changement méthodologique et d'attitude qui facilitent un apprentissage significatif.

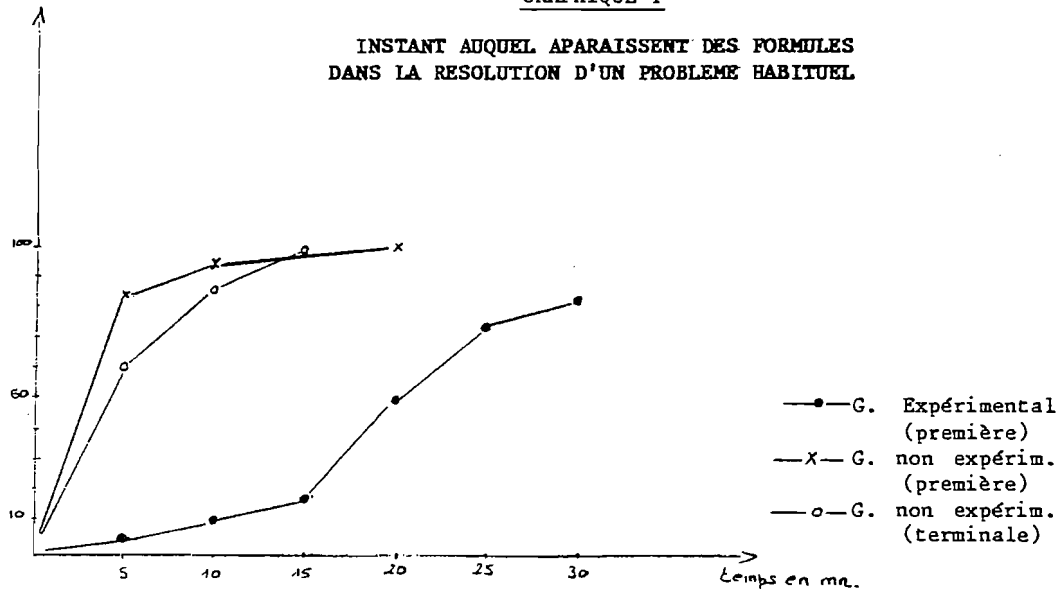
REFERENCIAS BIBLIOGRAPHIQUES.

D.P. AUSUBEL, 1978. *Psicología Educativa Un punto de vista cognoscitivo*. (Trillas : Mexico).

- J. CARRASCOSA et D. GIL, 1985. La "metodologia de la superficialitat" l'aprenentatge de les ciències, *Ensenanza de las Ciencias*, 3(2), 113-120.
- R. DRIVER, 1986. Psicologia cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Ensenanza de las Ciencias*. 4(1), 3-15.
- D. GIL, 1985. El futuro de la enseñanza de las ciencias : algunas implicaciones de la investigación educativa. *Revista de Educacion* 278, 27-38.
- D. GIL, 1986. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias : unas relaciones controvertidas. *Ensenanza de las Ciencias* 4(2), 111-121.
- D. GIL et J. MARTINEZ-TORREGROSA, 1984. Problem-solving in Physics : a critical analysis. In *Research on Physics Education*. (Editions du CNRS, Paris).
- D. GIL et MARTINEZ-TORREGROSA, 1986. *La resolución de problemas de Física*. (Ediciones del M.E.C. : Madrid).
- D. GIL et J. PAYA, 1986. Los trabajos prácticos de Física y Química y la metodología científica. *Revista de enseñanza de la Física*. (aceptada para publicación).
- G.L. GILBERT, 1980. How do I get the answer ? *Journal of Chemical Education*. 57, 79-81.
- D. HODSON, 1985. Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*. 12, 25-57.
- J.H. LARKIN et F. REIF, 1979. Understanding and teaching problem solving in Physics. *European journal of Science Education*. 1(2), 191-203.
- METTES et al., 1980. Teaching and learning problem solving in science Part I : a general strategy. *Journal of Chemical Education*. 57, 882-885.
- G. POLYA, 1945. *How to solve it*. (Princeton University Press : Princeton).
- G.J. POSNER, K.A. STRIKE, P.W. HEWSON W.A. GERTZOG, 1982. Accommodation of a scientific conception : towards a theory of conceptual change. *Science Education*. 66, 211-227.
- R.A. SCHIBECI, 1984. Attitudes to science : an update. *Studies in Science Education*. 11, 26-59.
- J.B. SOLER, 1986. La actitud de los alumnos hacia la ciencia y su aprendizaje. *Ensenanza de las Ciencias*. 4(2), 174-175.
- W.W. WELCH, 1985. Research in Science Education review and recommendations, *Science Education*. 69, 421-448, *Education* 66, 211-227.

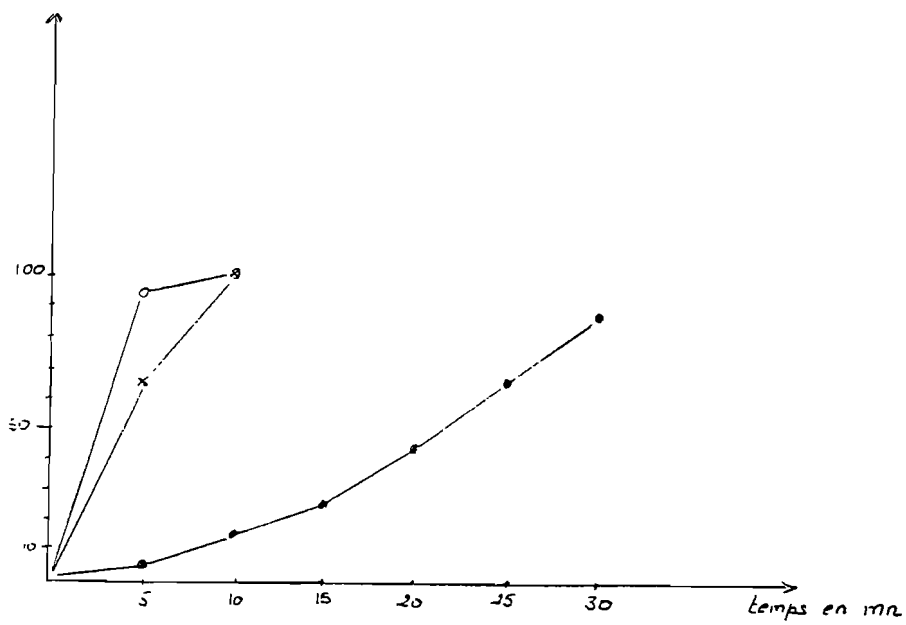
GRAPHIQUE 1

INSTANT AUQUEL APPARAISSENT DES FORMULES
DANS LA RESOLUTION D'UN PROBLEME HABITUEL



GRAPHIQUE 2

INSTANT AUQUEL APPARAISSENT DES FORMULES DANS LA RESOLUTION
D'UN PROBLEME DE DIFFICULTE SUPERIEURE AVEC DES DONNEES SUPERFLUES



GRAPHIQUE 3

TEMPS TOTAL UTILISE POUR LA RESOLUTION D'UN PROBLEME DE DIFFICULTE SUPERIEURE AVEC DES DONNEES SUPERFLUES

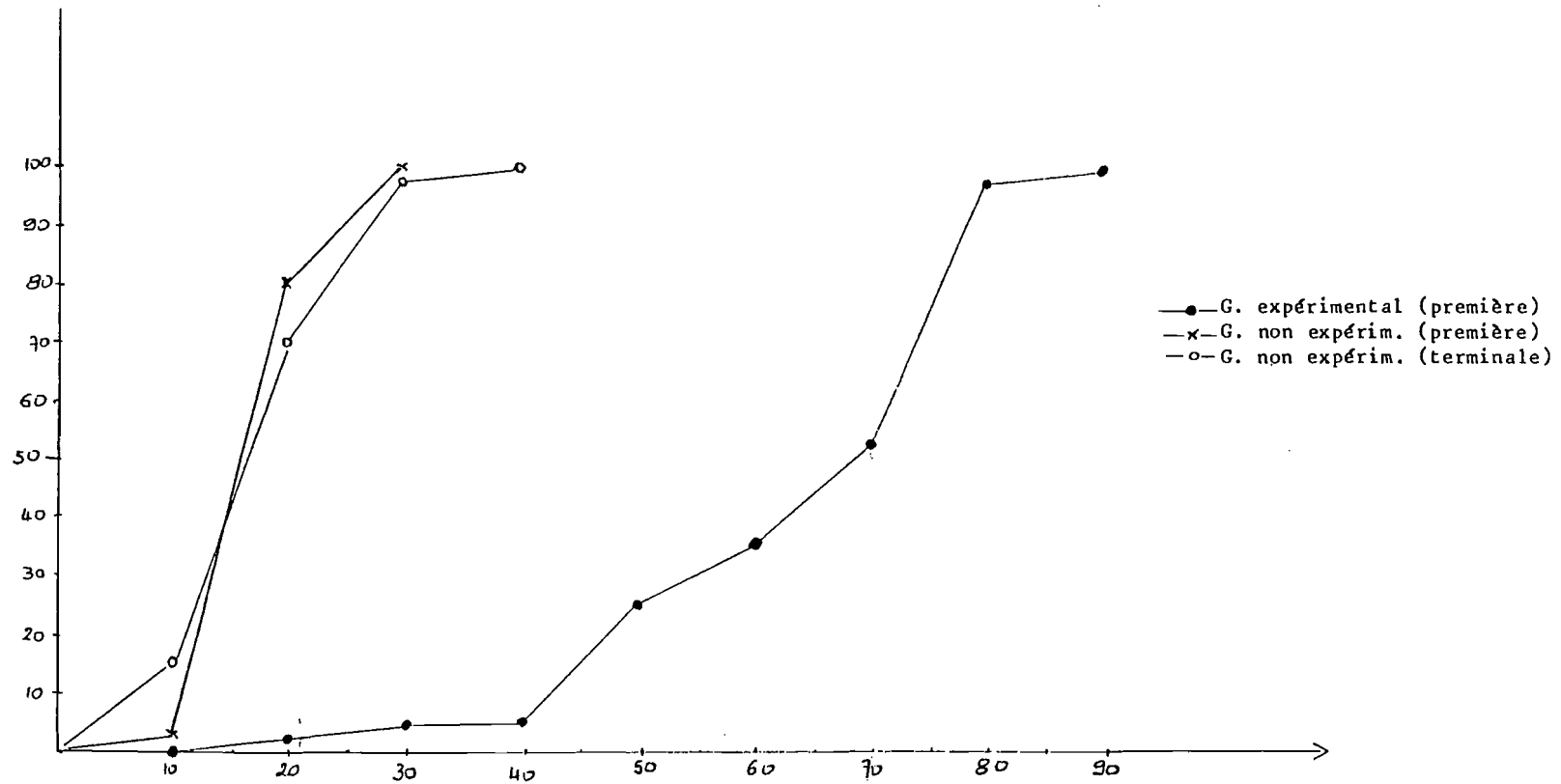


TABLEAU 1

| Les données apparaissent immédiatement | Groupe expérimental lère | | Groupe non expér. lère | | Groupe non expér. Term. | |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------|------------------------------|-------|-------------------------------|-------|
| | % | Sd | % | Sd | % | Sd |
| Problème habituel | 25 | (6,8) | 100 | (-) | 89,7 | (3,7) |
| Problème en situation d'examen avec des données superflues | 17,9 | (6,1) | 97,1 | (2,1) | -- | -- |
| Problème de difficulté supérieure avec des données superflues | 35 | (7,5) | 100 | (-) | 100 | (-) |

TABLEAU 2

| Pourcentage des élèves qui utilisent des données superflues | Groupe expérimental lère | | Groupe non expér. lère | | Groupe non expér. Term. | |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------|------------------------------|--------|-------------------------------|-------|
| | % | Sd | % | Sd | % | Sd |
| Problème en situation d'examen avec des données superflues | 10,3 | (4,9) | 54,4 | (6,0) | -- | -- |
| Problème de difficulté supérieure avec des données superflues | 22,5 | (6,6) | 52,0 | (10,0) | 55,0 | (6,8) |

TABLEAU 3

| Pourcentage des élèves qui éla- borent une stratégie <u>avant</u> d'initier la résolution | Groupe expérimental lère | | Groupe non expér. lère | | Groupe non expér. Term. | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------|------------------------------|-------|-------------------------------|-------|
| | % | Sd | % | Sd | % | Sd |
| Problème habituel | 80 | (6,3) | 10,5 | (5,0) | 7,3 | (3,2) |
| Problème en situation d'examen avec des données superflues | 74,4 | (7,0) | 0 | (-) | -- | -- |
| Problème de difficulté supérieure avec des données superflues | 52,5 | (7,9) | 3,1 | (3,1) | 0 | (-) |

TABLEAU 4

| Pourcentage des élèves qui analysent le résultat | Groupe expérimental lère | | Groupe non expér. lère | | Groupe non expér. Term. | |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------|-------|------------------------|-------|-------------------------|-------|
| | % | Sd | % | Sd | % | Sd |
| Problème habituel | 65 | (7,5) | 2,6 | (2,6) | 2,9 | (2,0) |
| Problème en situation d'examen avec des données superflues | 71,8 | (7,2) | 0 | (-) | -- | -- |
| Problème de difficulté supérieure avec des données superflues | 55 | (7,9) | 0 | (-) | 0 | (-) |

TABLEAU 5

| Pourcentage des élèves pour qui le résultat obtenu est correct | Groupe expérimental lère | | Groupe non expér. lère | | Groupe non expér. Term. | |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------|-------|------------------------|-------|-------------------------|-------|
| | % | Sd | % | Sd | % | Sd |
| Problème habituel | 45 | (7,9) | 26,3 | (7,1) | 25 | (5,2) |
| Problème en situation d'examen avec des données superflues | 48,7 | (8,0) | 7,3 | (3,2) | -- | -- |
| Problème de difficulté supérieure avec des données superflues | 32,5 | (7,4) | 0 | (-) | 1,8 | (1,7) |

TABLEAU 6

| Pourcentage d'élèves qui abandonnent | Groupe expérimental lère | | Groupe non expér. lère | | Groupe non expér. Term. | |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------|-------|------------------------|-------|-------------------------|-------|
| | % | Sd | % | Sd | % | Sd |
| Problème habituel | 12,5 | (5,2) | 26,3 | (7,1) | 30,9 | (5,6) |
| Problème en situation d'examen avec des données superflues | 2,6 | (2,5) | 17,7 | (4,6) | -- | -- |
| Problème de difficulté supérieure avec des données superflues | 2,5 | (2,5) | 68,7 | (8,2) | 35,1 | (6,3) |

TABLEAU 7

EVALUATION COMPARATIVE DES METHODOLOGIES DE RESOLUTION
UTILISEES PAR LES ELEVES TRAITES

Moyenne obtenue sur une échelle de 0 à 10.

| | Méthodologie utilisée cette année (modèle habituel) | Méthodologie utilisée l'année dernière (modèle expérimental) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1 - Intérêt généré par la résolution des problèmes | 2,4 | 8,9 |
| 2 - Préparation facilitée pour résoudre des problèmes jamais faits auparavant | 1,2 | 9,2 |
| 3 - Meilleure compréhension des concepts rendue possible par le modèle | 2,6 | 8,7 |
| 4 - Confiance en soi générée pour résoudre des problèmes | 2,3 | 8,5 |
| 5 - Familiarisation avec la méthodologie scientifique | 1,7 | 8,9 |
| 6 - Acquisition d'habitudes de réflexion, de planification des stratégies, de vérification des résultats | 1,0 | 9,4 |