

Les contrôles en question (suite)

Pourquoi des exercices du type « Questions sur les Méthodes et Raisonnements Expérimentaux » (M. R. E.) ?

Cet article a pour but de répondre à plusieurs collègues qui se sont intéressés aux différentes propositions d'exercice que nous avons faites dans l'article paru dans le n° 627 du B.U.P.

Pour préciser un peu les buts des exercices du type M. R. E., je donnerai, après la réponse à ces questions, une analyse succincte du test que nous avons fait avec des élèves de la M. R. E. n° 3, et j'indiquerai les principales difficultés que nous avons rencontrées et les avantages que nous avons pu trouver dans l'utilisation de ces exercices.

QUESTION N° 1.

Pourquoi, dans un exercice de ce type, donner aux élèves un renseignement concernant les connaissances du cours ?

(C'est la question qui nous a été posée le plus souvent).

Par exemple, dans la M. R. E. n° 3 dans l'article cité en référence, nous indiquons que la quantité de mouvement et l'énergie se conservent au cours d'un choc élastique. Devant cette pratique, de nombreux collègues réagissent assez vivement en disant : « Pourquoi donner cette indication ? Ils doivent le savoir ! Tant pis pour eux s'ils ne peuvent pas répondre, ils n'ont qu'à apprendre leur cours ! »

C'est sans doute vrai ! Mais il nous semble important d'affirmer nettement qu'un exercice ne devrait pas chercher à tester simultanément des capacités trop différentes. En l'occurrence, dans cet exercice, nous ne cherchons pas à savoir si les élèves connaissent leur cours sur les chocs, mais simplement s'ils sont capables d'exploiter des résultats de mesures bruts. Nous verrons, en commentant plus loin les résultats de cet exercice, que l'acquisition de cette capacité n'est pas évidente !

Cette délimitation des buts d'un exercice est importante au moins pour deux raisons qui se placent sur deux plans tout à fait différents :

- la première est la fonction « diagnostic » d'un contrôle,
- la deuxième est l'image que renvoie aux élèves l'ensemble des contrôles faits en classe.

1.1. Le diagnostic, tant individuel que collectif, de l'état des acquisitions des élèves est indispensable. Il est utile pour l'enseignant qui en tient compte dans sa progression et pour l'élève qui peut ainsi savoir où il en est. Il semble souhaitable qu'au moins de temps en temps ce diagnostic soit aussi précis que possible. En ce sens, il est tout à fait différent de constater que c'est un point de cours théorique qui n'a pas été compris ou bien que c'est une méthode d'analyse de documents expérimentaux qui n'a pas été assimilée.

1.2. De nombreuses études ont montré et nous avons nous-mêmes remarqué l'importance que pouvait avoir chez les élèves la nature des tests effectués pendant l'année. Les différents types d'exercices proposés constituent une image du cours de physique qui a autant de poids dans l'esprit des élèves que tous les discours que l'on peut tenir.

En particulier, si nous voulons mettre en avant la démarche expérimentale, il nous faut non seulement en tenir compte dans notre progression, dans les travaux pratiques, mais aussi dans nos contrôles. Tester explicitement les méthodes et les raisonnements expérimentaux est indispensable si l'on veut que les élèves les prennent au sérieux et les apprennent.

En conclusion, nous pensons qu'il est très important de bien séparer les capacités testées dans un contrôle. Dans cette optique, les exercices du type M. R. E. doivent être réservés à l'aspect expérimental. En effet, si le test de ces capacités est « noyé » dans un exercice où subsistent de façon notable d'autres difficultés, en particulier au niveau théorique, non seulement nous ne saurons pas ce que nous mesurons, mais en plus les élèves ne seront pas sensibilisés aux différents aspects de la démarche expérimentale. Au lieu de faire d'une pierre deux coups, nous risquons de tout perdre !

QUESTION N° 2.

« Au fond, la plupart des exercices proposés sont, somme toute, assez classiques ; il n'y a guère que l'habillage expérimental qui change ! »

On pourrait ajouter : *« Question de mode ! »*

En fait, « l'habillage expérimental » d'un exercice ne nous semble pas du tout anecdotique. Au contraire, nous voyons au moins trois raisons qui militent en faveur d'un très grand « respect » de cet aspect des contrôles.

2.1. Ces exercices portent sur des méthodes et des raisonnements utilisés dans une démarche expérimentale, ils concernent donc essentiellement des savoir-faire. On pourrait imaginer des

exercices de pure routine, des espèces de « gammes » ou d'exercices techniques pour employer le langage de la musique. Par exemple, sans aucun support expérimental, faire calculer des vitesses à partir d'un tableau de nombres censés représenter la position d'un mobile. Nous savons tous combien ces exercices « gratuits » deviennent vite rébarbatifs ! En conservant tout l'habillage expérimental, c'est-à-dire en rédigeant l'exercice comme le compte rendu d'une expérience qui pourrait être faite avec les élèves, on peut espérer (il faut bien être un peu naïf...) garder un certain attrait à l'exercice.

2.2. Il y a une autre raison, sans doute plus fondamentale. Une phrase typique des conseils de classe la résume très bien : « Cet élève sait son cours, mais ne sait pas l'appliquer ! » Nous connaissons la difficulté de l'opération dite de transfert qui consiste uniquement à utiliser dans un cas concret une méthode rencontrée dans un autre cas ou exposée à un niveau théorique. Pour garder l'exemple de la M. R. E. n° 3, il n'est pas du tout équivalent de réciter « la quantité de mouvement d'un système isolé se conserve » et de savoir calculer cette quantité de mouvement à partir de données expérimentales pour vérifier éventuellement sa conservation. L'acquisition de ces deux capacités (et sans doute de bien d'autres !) est indispensable à la compréhension de la notion de quantité de mouvement. Les exercices M.R.E. cherchent à tester l'acquisition de la deuxième de ces capacités.

2.3. La troisième raison concerne un point qui nous semble très important : l'interprétation physique du résultat obtenu dans un exercice. C'est, comme on dit, le retour à la réalité ! Voire ! il faudrait que pour l'élève cette réalité existe... Elle ne peut exister que si l'exercice fait explicitement référence à un contexte expérimental (encore que cette condition pour nécessaire qu'elle soit, n'en est pas pour autant suffisante !)

En conclusion, ces trois raisons :

- attrait et crédibilité,
- aide au transfert,
- développement du sens physique,

imposent qu'un exercice du type M.R.E. inclut de façon évidente dans sa rédaction tout l'aspect expérimental du point précis sur lequel porte l'exercice.

QUESTION N° 3.

Elle regroupe des remarques du type : « Certains des exercices proposés manquent de précision dans l'énoncé » ou « C'est trop vague » ou encore « On ne sait pas bien quel calcul faire ! »

Nous pouvons répondre : « La plupart du temps, c'est voulu ! »

L'objectif de ces exercices est la construction du modèle répondant au problème posé. En fait, c'est sans doute une des étapes les plus difficiles du raisonnement scientifique. Aussi, faut-il employer ce type de M.R.E. avec précaution.

Là encore, il ne faut pas courir plusieurs lièvres à la fois et, dans ce cas, les calculs, s'ils existent, doivent rester accessoires. Il nous semble essentiel d'habituer nos élèves aux raisonnements qualitatifs. Ce type de travail, bien sûr, n'est pas unique, mais il est fondamental en physique ; en particulier, il permet la construction de modèles. De plus, on peut espérer ainsi, relativiser dans l'esprit des élèves l'importance du sacro-saint calcul. Nous accepterions volontiers la maxime d'un physicien théoricien citée par J.-M. LÉVY-LEBLOND dans son livre « La physique en question » : « Ne jamais faire aucun calcul avant d'en connaître le résultat ! »

4. UN EXEMPLE D'ANALYSE DES RESULTATS D'UN M.R.E.

La M.R.E. n° 3 déjà citée a été testée dans plusieurs classes. La majorité des élèves n'ont pas su calculer effectivement la vitesse des palets. Nous pensions que la difficulté se situerait au niveau du signe de la quantité de mouvement. Mais, en fait l'erreur la plus fréquente a été l'emploi de l'expression suivante :

$$v(t) = \frac{x(t)}{t} \text{ dans tous les cas.}$$

L'erreur la plus fréquente ne s'est donc pas située au niveau attendu, mais elle a pu être localisée de façon précise : la notion de vitesse, quotient d'une variation de position divisée par une variation de temps. Il importait donc qu'une reprise de cette notion de vitesse soit faite sous une forme ou sous une autre.

Ce qui est important, ce n'est pas ce que nous avons constaté, mais que nous avons pu le constater facilement. Il n'est pas du tout sûr que cette possibilité se retrouve toujours dans les exercices de ce type, mais ce qui est sûr, c'est qu'elle ne peut se trouver que dans un type d'exercice où le nombre de capacités testées est déjà volontairement restreint.

5. QUELQUES REMARQUES PRATIQUES SUR LES EXERCICES DU TYPE M.R.E.

5.1. Emploi des documents expérimentaux.

a) Dans l'état actuel de notre enseignement, les élèves sont encore peu ou pas habitués à ce genre de travail. Il faut donc respecter une certaine progression en donnant ce genre d'exercice. Il faut expliciter la règle du jeu, ceci est fondamental.

Les exercices traditionnels nécessitaient par eux-mêmes moins d'explications, de plus, le « genre littéraire » était parfaitement connu de tout le monde, l'interprétation des règles implicites se faisait en général sans difficultés. Il n'en est plus du tout de même avec des exercices de type nouveau, comme les M.R.E. Enfin, même avec l'habitude, l'exploitation de documents expérimentaux est longue à faire. Il faut en tenir compte (1). Cette « perte de temps », souvent difficile à faire admettre, intègre dans notre enseignement une des démarches du physicien. Il faut que nous soyons bien conscients que cet aspect va être difficile à faire passer dans les faits et ensuite à maintenir.

b) L'emploi de documents expérimentaux dans un contrôle n'est cependant pas une « garantie » que l'exercice teste effectivement les acquisitions des élèves relativement aux méthodes ou aux raisonnements expérimentaux. Prenons un exemple : la réaction entre un acide faible et une base forte. La courbe de variation du pH en fonction du volume de base versée a la forme bien connue indiquée par la figure 1. Ceci constitue une donnée expérimentale. Mais l'interprétation peut se situer à plusieurs niveaux :

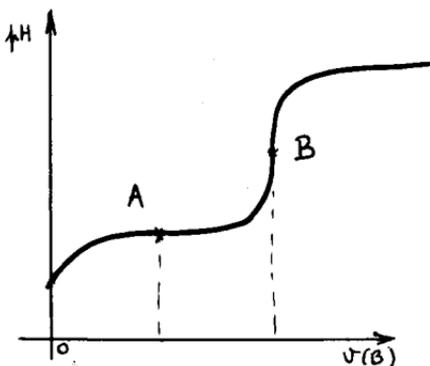


Fig. 1

- niveau « mathématique » : les points d'inflexion de la courbe en A et B ;
- premier niveau « physique » : la description du phénomène, ici la faible, ou au contraire la forte, variation du pH autour de ces points ;
- deuxième niveau « physique » : l'interprétation des deux phénomènes :

(1) Voir à ce sujet les « Commentaires sur les épreuves du baccalauréat ». B.O. du 8 janvier 1981, p. 10-11.

- en A, l'effet tampon et ses applications éventuelles,
- en B, l'utilisation de la brutale variation du pH dans les dosages.

Pour qu'un exercice soit du type M.R.E., il doit bien sûr se situer au niveau 3 (sans exclure obligatoirement les deux premiers niveaux).

5.2. Comment « fabriquer » un exercice du type M.R.E.

Nous n'avons pas de recette ! Mais nous avons pu observer le fonctionnement de notre groupe. Nous avons vu apparaître en gros deux méthodes de travail :

a) Certains partent d'une expérience faite (ou faisable) en classe et bâtissent le contrôle à partir de sa description et de son interprétation.

b) D'autres partent d'un ou plusieurs objectifs (de méthode ou de raisonnement) qui leur semblent importants et cherchent dans le programme de la classe le cadre expérimental permettant de le tester. L'expérience nous a montré jusqu'à présent que le premier processus était le plus fréquent, mais ceci n'a sans doute rien de général et ne concerne peut-être que notre groupe. Enfin, il semble bien que le résultat ne soit pas ou très peu fonction du point de départ.

Par contre, une fois le canevas mis en place, il nous est apparu important de préciser scrupuleusement les points suivants :

1. Les connaissances théoriques nécessaires (qu'on les fournisse ou non aux élèves),
2. la ou les méthodes expérimentales à utiliser pour résoudre l'exercice (2),
3. le degré d'élaboration des données fournies aux élèves, à partir des données effectivement recueillies par l'expérimentateur,
4. le degré de « guidage » dans les opérations nécessaires pour obtenir le résultat demandé,
5. le degré de précision nécessaire dans les calculs éventuels pour que l'exercice ait un sens.

Je voudrais commenter avec un peu plus de détails les points 3, 4 et 5.

(2) Nous entendons « méthode expérimentale » dans le sens où nous l'avons employé en définissant les exercices M.R.E.

Les données fournies aux élèves (points 3 et 4).

C'est un des aspects les plus nouveaux pour les élèves : la grandeur utile pour résoudre l'exercice n'est pas fournie et ne figure pas explicitement dans les données de base. Par exemple, dans la M.R.E. n° 3, la quantité de mouvement et l'énergie cinétique constituent les grandeurs utiles. En particulier, pour la question 2, l'énergie cinétique n'est même pas nommée.

Chaque étape supplémentaire nécessaire à la résolution d'un exercice introduit automatiquement deux difficultés d'ordre différent :

1. il faut que l'élève *trouve* la grandeur à utiliser (difficulté d'ordre théorique);
2. il faut que l'élève *calcule* effectivement la grandeur en question (difficulté d'ordre méthodologique).

Ceci justifie l'attention à porter aux points 3 et 4. Une même expérience peut donner des exercices très différents suivant le choix qu'on fera dans les données fournies et dans les indications sur la méthode de résolution. Ces considérations ne sont pas, certes, nouvelles ! Mais elles prennent une très grande importance quand on cherche à définir avec un peu de précision un type d'exercice comme les M.R.E.

Le degré de précision nécessaire dans les calculs (point 5).

Ces exercices peuvent avoir pour base, en particulier en mécanique, des enregistrements expérimentaux (table à coussin d'air par exemple). Pour un contrôle, se pose toujours le problème de la reprographie. Quand on dispose d'un tel appareil, quelquefois l'échelle est modifiée de façon différente suivant les directions (anamorphose due à l'objectif). L'exercice devient alors infaisable !

Indépendamment de cette difficulté, il faut bien indiquer aux élèves la précision qu'ils devront chercher à atteindre dans leur mesure. A ce propos, je peux citer un exemple. Nous avons fabriqué une M.R.E. à partir de l'enregistrement d'un pendule (fig. 2). Le but recherché était la vérification de la conser-

vation de l'énergie mécanique $E_m = \frac{1}{2} mv^2 + mgh$. (Dans le cas précis, nous nous étions assurés que l'énergie cinétique du solide était bien assimilable à $\frac{1}{2} mv^2$). La difficulté était donc

double : déterminer pour chaque point la vitesse du mobile, et h la hauteur du centre d'inertie par rapport à un niveau de

référence à déterminer. Nous nous sommes rendus compte très vite que cette détermination était très difficile à faire compte tenu de la précision nécessaire pour que l'énergie mécanique « ait l'air de se conserver ». Il nous a fallu compléter le graphique en fournissant la direction de la verticale et un niveau de référence.

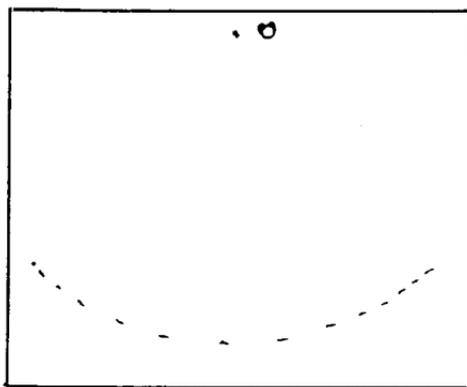


Fig. 2

En résumé, il nous semble indispensable dès qu'il y a des mesures à effectuer d'indiquer avec quelle précision nous attendons la vérification demandée.

En conclusion, nous pouvons dire que l'apport qu'a pu constituer l'utilisation de ces exercices est encore difficile à déterminer de façon précise, mais il semble bien que deux points se dégagent nettement :

- une meilleure connaissance de l'état des acquisitions des élèves sur les points testés,
- un impact sur la classe évident. Les élèves sont en général intéressés, souvent surpris. Est-ce la forme en elle-même qui frappe ou simplement la nouveauté ? Il est impossible de le dire.

Mais le pari de la démarche expérimentale est tenable, c'est sûr ! Il est difficile, c'est sûr également !

Les conditions matérielles sont un facteur déterminant ; l'action que l'Union des Physiciens entreprend dans ce domaine est irremplaçable.

Indépendamment de cet aspect, nous avons un travail d'imagination important à fournir. Certains de nos collègues dans les discussions que nous avons eues nous ont fait la remarque : « Vous êtes trop ambitieux ! S'il fallait sans arrêt autant de

précision dans la fabrication et dans l'exploitation d'un contrôle, nous n'en finirions pas ! Il y a en plus les cours et les T.P. à préparer ! » C'est sûr ! Nous donnons ici les résultats de notre travail, à titre indicatif. Comme toujours, quand un groupe réfléchit sur un point, le reste semble oublié.

Notre groupe a simplement souhaité proposer des axes de réflexion à partir d'un travail concret et partiellement testé dans des classes.

Nous restons, bien sûr, à la disposition des collègues intéressés par ce travail et qui souhaitent :

- soit participer au groupe,
- soit tester en classe les exercices que nous proposons.

pour le groupe CHAPHAM,
Michel MEALLET,
(*Sainte-Geneviève - Versailles,*
I.S.P. - Paris).
