

L'évaluation des acquisitions des élèves

REFLEXIONS A PARTIR DU TRAVAIL DU GROUPE CHAPHAM

par C. LARCHER et A. DUMAS-CARRÉ,
(L.I.R.E.S.P.T. - Université Paris VII).

INTRODUCTION.

Le groupe CHAPHAM s'est constitué en octobre 1979 à l'instigation du groupe LAGARRIGUE, à la suite d'une rénovation des objectifs de l'enseignement de la physique dans le second cycle (réforme 1981).

Constitué de professeurs du second cycle des lycées publics et privés, d'enseignants en classes préparatoires, de formateurs de P.E.G.C. et d'universitaires-chercheurs dans le domaine de la didactique des Sciences physiques, en tout une douzaine de personnes, ce groupe avait une mission d'innovation dans la construction d'exercices pour contrôler les acquisitions des élèves (Réf. 1 à 6) : Il s'agissait d'introduire, dans les contrôles, des objectifs (Réf. 9) spécifiquement liés à la méthode expérimentale de façon à permettre leur reconnaissance en tant qu'objectifs d'enseignement ; la mise en place d'une épreuve de travaux pratiques au baccalauréat ne paraissant pas réaliste dans l'immédiat, il était important d'établir une cohérence entre objectifs d'enseignement et objectifs de contrôle en proposant, dans l'épreuve écrite classique, des exercices mobilisant certaines capacités développées par cette méthode expérimentale.

Ce travail a donné lieu en 1982 à la publication, par le L.I.R.E.S.P.T. (*) et l'I.S.P. (**), d'un fascicule d'exercices sur les méthodes et raisonnements expérimentaux (M.R.E.) (Réf. 7). En plus des textes d'exercices, ce fascicule proposait une description des connaissances que chaque exercice était censé tester. Cette description était apparue nécessaire comme moyen de communication entre enseignants, pour permettre une utilisation judicieuse de ces exercices dans le déroulement d'un enseignement. Enfin, à chaque exercice était associée une grille de correction permettant

(*) L.I.R.E.S.P.T. : Laboratoire Interuniversitaire de Recherche sur l'enseignement des Sciences physiques et de la Technologie.

(**) I.S.P. : Institut Supérieur de Pédagogie.

de décrire la performance des élèves par rapport à la tâche proposée (cf. Annexe 1 : exemple de M.R.E.).

Un deuxième fascicule a été publié par le L.I.R.E.S.P.T. en juin 1984 (Réf. 8) ; les exercices proposés dans ce nouveau fascicule diffèrent des précédents par la forme de la réponse attendue des élèves : il s'agit de questions à réponse courte (Q.R.C.), souvent même de questions à choix multiple ; le raisonnement de l'élève ne sera pas explicité. L'avantage majeur de ce type d'exercice est un gain de temps (rapide à faire, rapide à corriger), mais il est alors particulièrement nécessaire de décrire précisément par une analyse de la tâche ce qui est testé par chaque question pour pouvoir interpréter les réponses globales qui sont fournies par l'élève (cf. Annexe 2 : exemple de Q.R.C.).

Le travail de construction d'exercices du groupe CHAPHAM a permis de mettre au point deux outils indispensables à l'action d'évaluation : l'analyse de la tâche et la grille de description de la performance dont nous allons maintenant discuter l'intérêt et l'utilisation.

I. L'ANALYSE DE LA TACHE.

Nous avons dit que l'analyse de la tâche avait été proposée pour décrire les connaissances qu'un exercice donné était censé tester. Notons tout d'abord que nous nous sommes placés dans le cadre d'une évaluation diagnostic (Réf. 11) : il s'agit de déterminer, à un moment donné du déroulement d'un enseignement, quelles sont, parmi les connaissances que l'on s'efforce de faire acquérir par les élèves (et que nous appellerons connaissances-objectifs) celles qui sont effectivement acquises par chaque élève et celles qui ne le sont pas. Ce diagnostic pourra permettre une rétroaction de l'enseignant (revenir sur telle ou telle connaissance-objectif mal assimilée par l'ensemble de la classe) et une rétroaction de l'élève (travail spécifique sur une partie des contenus de l'enseignement). Il apparaît tout d'abord nécessaire de préciser d'une part quelles sont les connaissances-objectifs (connaissance que l'on s'est fixé comme objectif d'enseignement) et d'autre part ce qu'on entend par « acquis ».

I.1. Les connaissances-objectifs.

Pour essayer de définir ces connaissances-objectifs, nous nous reportons au programme et aux commentaires du programme. Ils fournissent une liste de concepts et de relations en indiquant parfois les situations physiques à partir desquels ils doivent être dégagés.

Les exercices d'application des manuels permettent de se faire une idée du champ d'application dans lequel ces concepts

doivent être opérationnels, mais il n'existe rien d'explicite à ce sujet sinon quelques exclusions dans les programmes officiels (« l'étude de... n'est pas au programme »); on ne dispose donc que du consensus *a posteriori* des enseignants sur la possibilité d'utiliser telle ou telle situation-problème; on ne peut pas définir *a priori* un champ d'application pour les différents concepts.

Le programme indique aussi la connaissance de savoir-faire routiniers (tracé d'une courbe point par point par exemple) et la connaissance de matériel d'expérience utilisé en travaux pratiques (utilisation de l'oscillographe).

Ces éléments de connaissance (concepts, relations, savoir-faire) constituent les « briques » de base de l'édifice que l'on veut construire.

Mais la construction de cet édifice nécessite aussi l'acquisition de raisonnements, de démarches ou stratégies; les raisonnements sont utilisés par le professeur dans le cours ou dans les corrections des exercices; les démarches sont celles qu'utilise le professeur lorsqu'il traite une situation physique donnée. L'élève doit savoir les réutiliser faute de quoi toute connaissance restera non opérationnelle, inutilisable.

Ces raisonnements et ces démarches font partie des connaissances-objectifs; nous avons appelé cet ensemble « savoir procédural »; mais il ne suffit pas de prendre conscience de ce « savoir procédural » (réf. 12) comme objectif d'enseignement, il faut essayer de le décrire en explicitant des éléments de raisonnements, des étapes de démarche dont on puisse tester l'acquisition.

Le programme, les commentaires de programmes ne nous donnant pas d'information directe sur ce type de connaissances-objectifs, c'est en analysant les raisonnements et les démarches utilisés par les manuels et par les professeurs, lorsqu'ils présentent un concept, une loi ou lorsqu'ils traitent un exercice d'application que l'on peut repérer des unités de savoir procédural qu'il est nécessaire d'acquérir pour l'assimilation d'un « programme » donné. Nous avons pu ainsi définir :

* des étapes de stratégie (réf. 13) de résolution. Par exemple : définir le système, chercher des cas limites, se fixer des sous-buts, faire un bilan,

* des modes de raisonnement. Par exemple : comparer, identifier, classer, différencier nécessaire et suffisant, faire un raisonnement par l'absurde,

qui interviennent fréquemment dans le traitement des tâches proposées aux élèves et qui doivent donc être reconnus comme objectifs d'enseignement au même titre que les concepts, les

relations et les savoir-faire. Des exemples plus détaillés d'éléments de raisonnement ou d'étapes de stratégies sont donnés dans le fascicule Q.R.C. du groupe CHAPHAM.

Notons que cette séparation entre « éléments de connaissances » et « savoir procédural » est très arbitraire ; il ne saurait y avoir acquisition de concept sans acquisition de raisonnement et de démarche, mais cette séparation est apparue utile pour mettre en évidence et pouvoir contrôler, en tant que tels, des éléments de raisonnement et des étapes de démarches.

1.2. L'acquisition.

En fait, les connaissances-objectifs pourront rarement être testées individuellement ; la tâche proposée aux élèves nécessite en général la mobilisation de plusieurs éléments de raisonnements, de plusieurs concepts ou relations. L'assemblage qu'il faut faire pour construire un chemin de résolution pour la tâche proposée peut alors être plus ou moins proche des assemblages qui ont été utilisés au cours de l'enseignement. Si la tâche proposée aux élèves est identique à une situation physique déjà traitée en cours, l'élève n'aura pas à construire une solution mais à identifier un assemblage préconstruit dans une situation antérieure.

Reconnaître comme identique et être capable de reproduire une procédure (définie ici comme un ensemble d'étapes non dissociées) sont, bien sûr, des acquisitions ; mais peut-on considérer comme acquis chacun des éléments de raisonnement, chacun des concepts mobilisés dans ces situations répétitives ? Sont-ils fonctionnels dans d'autres situations ? Par ailleurs, l'identification par l'élève de la tâche proposée à une situation physique déjà traitée peut alors se faire sur des traits de surface (Réf. 10) sans qu'une analyse en termes de concepts physiques soit nécessaire.

Nous considérerons plutôt comme acquis l'ensemble des éléments de raisonnements, des éléments de connaissance qui interviennent dans la construction de la solution dès lors qu'il y a nécessité d'un assemblage effectif et non pas seulement reproduction d'une procédure. Pour cela, la tâche proposée aux élèves devra se différencier des situations physiques traitées en cours soit au niveau de la situation elle-même soit au niveau de son traitement (cf. Annexe 3). Notons toutefois que considérer une connaissance comme acquise est une inférence et qu'en toute rigueur la réussite à une tâche ne permet pas une conclusion sur l'acquisition.

1.3. L'analyse comparative.

La tâche contrôle proposée aux élèves doit, dans un premier

temps, être comparée aux situations physiques déjà traitées en cours pour pouvoir déterminer si une reconnaissance globale sur des traits de surface est possible ou non sans analyse. Cette comparaison permettra de ne pas faire d'inférence audacieuse sur les acquisitions des élèves. Si cette tâche de contrôle intervient dans le déroulement de l'enseignement après la correction de plusieurs problèmes différents faisant intervenir les mêmes objectifs d'enseignement, il n'est cependant pas utile de faire cette comparaison avec chaque situation proposée car alors la multiplicité et la variété des situations de référence (Réf. 14) implique de toute façon une analyse préalable à une identification. Nous n'envisageons donc la comparaison de la tâche proposée qu'avec les quelques situations physiques traitées dans le cours. Cette analyse comparative est propre à chaque professeur compte tenu de la présentation qu'il a faite en cours ; néanmoins, l'étude des différents manuels permet de déterminer un ensemble de situations physiques de référence (cf. Annexe 4).

Lorsque la possibilité d'une reconnaissance globale est écartée, l'analyse de la situation physique proposée dans la tâche contrôle, en se référant aux objectifs de l'enseignement que l'on a dégagés (cf. § I.1.), permet de construire la résolution que l'on attend des élèves (ce n'est pas forcément celle que choisirait un physicien expert !)

1.4. L'analyse descriptive.

Lorsque la résolution attendue a été définie, elle est analysée en termes d'éléments de connaissances, d'étapes de démarches, d'éléments de raisonnements. Il s'agit de décrire quels sont les connaissances-objectifs d'enseignement qu'il faut mobiliser et utiliser dans cette tâche.

Cette analyse descriptive, en explicitant tous les éléments de la construction, permet de vérifier la cohérence entre ce qu'il est nécessaire de mobiliser pour résoudre le problème posé et les objectifs de l'enseignement que l'on a définis. Il est nécessaire cependant de se fixer un niveau de prérequis faute de quoi la liste des éléments de la construction deviendrait vite démentielle.

En faisant l'hypothèse que les élèves suivent effectivement le chemin de résolution que l'on a défini, l'ensemble des éléments de savoir décrits par l'analyse descriptive seront supposés acquis en cas de réussite de l'élève.

1.5. Intérêt comparé de ces deux analyses.

Le choix d'une tâche de contrôle est en général guidé par des objectifs intentions plus ou moins explicites de l'enseignant. Ces objectifs intentions peuvent être soit en terme « d'éléments de connaissance », soit en termes de « savoir procédural ». L'ana-

lyse de la tâche descriptive permet, en les explicitant, de vérifier la cohérence entre les objectifs effectivement testés par la tâche (de quoi a-t-on effectivement besoin pour conduire la résolution ?) et les objectifs intentions : les objectifs intentions sont-ils bien un sous-ensemble des objectifs testés ? Les objectifs testés sont-ils bien des objectifs d'enseignement ?

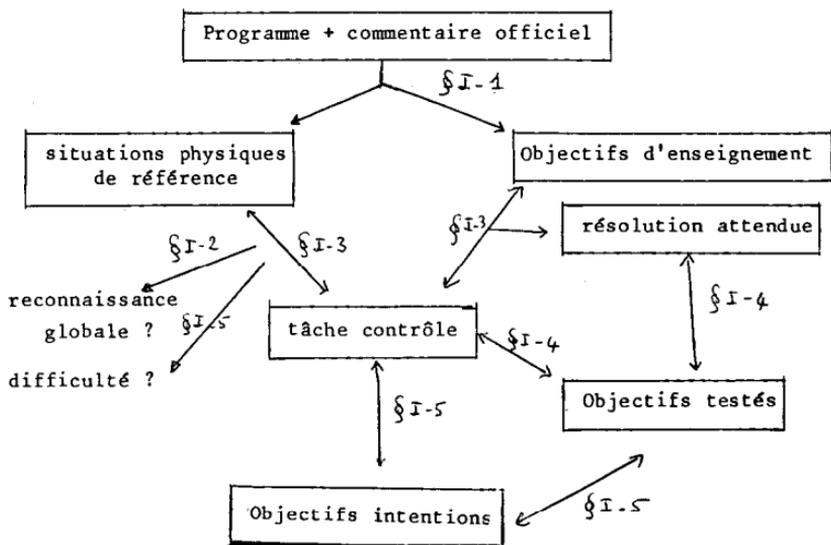
A long terme, sur l'ensemble de l'année, la compilation des analyses descriptives de l'ensemble des tâches de contrôle permettra de s'assurer que tous les objectifs de l'enseignement ont bien été, à un moment donné, testés ; les objectifs d'enseignement qui n'apparaissent pas dans les contrôles sont en effet dévalorisés aux yeux des élèves au profit d'objectifs plus « rentables » (ceci était, rappelons-le, l'idée de départ du travail du groupe CHAPHAM).

En l'absence d'analyse descriptive, certains objectifs difficiles à tester (objectifs de stratégie par exemple) risquent d'être éliminés ; en effet, on corrige alors ce qu'il y a dans les copies, sans références aux deux objectifs intentions explicites et on risque de ne pas s'apercevoir que ces objectifs intentions ne sont pas réellement testés ; les objectifs de stratégie tels que « se fixer un sous-but » ou « définir le système » sont parfois éliminés du fait de l'introduction de questions intermédiaires qui guident trop.

L'analyse descriptive avait été introduite (*cf.* Introduction) comme un moyen de communication entre enseignants pour décrire quels objectifs on entendait tester par ce contrôle de façon à ce qu'une modification du texte du contrôle puisse être perçue comme conservant ou modifiant les objectifs du contrôle en toute connaissance (*cf.* Annexe 5). Son rôle d'information s'est amplifié et précisé ; elle est devenue un outil indispensable à l'acte d'évaluation du fait des vérifications de cohérence qu'elle permet.

Le rôle de l'analyse comparative est également fondamental puisqu'elle permet d'élaborer la « résolution attentive » et qu'elle rend l'inférence de l'acquisition à partir de la réussite plus fiable. Par ailleurs, cette analyse comparative permet de se rendre compte du degré de difficulté de la tâche de contrôle alors que l'analyse descriptive, du fait de l'émiettement des objectifs testés, ne traduit pas cette information, chaque objectif n'étant pas difficile en soi.

Le diagramme suivant résume les différentes interactions que nous avons décrites dans le chapitre I :



II. DESCRIPTION DE LA PERFORMANCE DES ELEVES.

Les objectifs d'enseignement testés par la tâche contrôle ayant été déterminés, il s'agit maintenant de recueillir l'information pertinente dans les productions des élèves pour pouvoir discerner ce qui est acquis de ce qui ne l'est pas, c'est-à-dire pour faire un diagnostic sur l'état des connaissances.

Dans le cas des exercices de type Q.R.C. il n'y a pas de choix d'information à faire puisqu'on ne dispose que d'une réponse globale. L'analyse descriptive pour chaque question est fondamentale mais l'inférence réussite-acquisition est rendue moins fiable par la possibilité de choix au hasard qu'on ne peut éliminer complètement. Quelques mesures (cf. Réf. 8) permettent de limiter les risques.

Dans le cas des exercices à réponses rédigées le chemin de résolution suivi par l'élève n'est jamais explicité complètement ; cependant, on peut en général déterminer dans la résolution attendue un certain nombre de points de passage obligés pour lesquels on peut définir des indicateurs repérables dans les copies (cf. Annexe 6) qui permettent de vérifier si les objectifs de stratégie sont effectivement testés. Mais, très souvent, la succession des questions intermédiaires guide le chemin de résolution en imposant la stratégie ; les objectifs testés sont alors ceux qui sont mis en jeu dans chacune des questions (cf. Annexe 5) : on peut séparer l'objectif de calcul, l'objectif de choix de la bonne relation, l'objectif d'utilisation d'unités correctes par exemple.

La grille de description des performances des élèves est donc construite en « balisant » la résolution attendue par un certain nombre d'indicateurs. Elle va servir à recueillir l'information jugée utile pour l'évaluation diagnostic des acquisitions des élèves.

	Elève 1,	Elève 2,	Elève 3...
Indicateur 1			
2			
3			

Une lecture verticale décrit les réussites et met en évidence les lacunes d'un élève. Une lecture horizontale donne le panorama de l'ensemble de la classe pour un objectif donné. Cette double lecture permettra la rétroaction du professeur et de l'élève (cf. § 1).

Cette grille peut servir d'outil pédagogique pour une auto-correction des élèves. Cette pratique permet d'accroître l'intérêt des élèves pour cette phase de « correction de problème » (comparaison entre leur résolution et la résolution type) puisqu'ils y sont acteurs et qu'ils peuvent mieux percevoir sélectivement leurs erreurs ou lacunes.

Cette grille permet également de conserver d'une année sur l'autre le coefficient de réussite des classes pour un objectif donné, la mémoire étant parfois peu fiable quand trop d'informations du même type doivent être stockées et les notes ne traduisant qu'une réussite globale à un exercice.

Il faut signaler aussi le rôle important que joue cette grille pour valider les hypothèses que l'on a faites lors des analyses de la tâche à savoir l'hypothèse sur le niveau de prérequis et l'hypothèse sur la résolution attendue.

En effet si, pour un certain nombre de copies « mauvaises » (c'est-à-dire pour lesquelles l'ensemble des objectifs testés n'est pas atteint) la grille ne permet pas de préciser quelle est la lacune, c'est que le niveau de prérequis que l'on s'était fixé était trop haut. Il faudra expliciter des objectifs moins ambitieux pour faire apparaître les lacunes dans ces copies.

Par ailleurs, un ensemble de copies peut apparaître globalement « bonnes » pour le correcteur et pourtant ne pas passer par les points balisés décrits par l'analyse de la tâche ; dans ce cas, c'est le choix de la résolution attendue qui est à remettre en question. Il faudra alors refaire une analyse de la tâche pour une nouvelle « résolution attendue » et reconstruire une nouvelle grille de description de la performance adéquate.

III. CONCLUSION.

Nous avons essayé de décrire l'apport important, comme outils d'évaluation, des *analyses de la tâche* (Réf. 15) et de la *grille de description de la performance*.

La phase d'évaluation des acquisitions en cours d'enseignement joue un rôle fondamental dans le déroulement de tout enseignement et il est important de disposer d'outils adéquats pour que cette action soit le plus fiable possible.

Il est bien évident que le travail d'analyse/construction de grille/dépouillement de copies est laborieux (d'autant plus si une nouvelle boucle doit être envisagée dans le cas où la grille s'avère inutilisable!) Une mise en commun d'un tel travail entre professeurs est indispensable.

Lors de cette mise en commun, une discussion sur l'importance relative des différents objectifs à tester pourrait être intéressante.

Les analyses et grilles qui apparaissent dans les fascicules CHAPHAM doivent être améliorées en mettant en œuvre la méthode que nous avons mise au point dans ces essais. L'objectif que nous nous proposons est d'améliorer le rapport bénéfice (en information)/coût (en temps).

REFERENCES

1. *A propos du contrôle des connaissances*, B.U.P. n° 627, p. 29-72, 1980.
2. *Les contrôles en question*, B.U.P. n° 632, p. 685-869, 1980.
3. *Le problème classique du baccalauréat est-il un mode de contrôle conforme à l'esprit des nouveaux programmes*, B.U.P. n° 632, p. 870-875, 1980.
4. *Les contrôles en question* (suite), B.U.P. n° 634, p. 1135-1145, 1980.
5. *Le contrôle des acquisitions des élèves en Sciences physiques au second cycle*, Bulletin de la Société Française de Physique, n° 41, p. 129-130, 1981.
6. *Réflexions du groupe CHAPHAM sur le contrôle des connaissances en Sciences physiques* (2nd cycle des lycées), L'actualité ch. p. 35-41, février 1982.
7. *Contrôles de Sciences physiques pour les classes de 2^{nde}, 1^{re} et Terminales (M.R.E.)*, L.I.R.E.S.P.T.-I.S.P., 1982.
8. *Contrôles de Sciences physiques pour les classes de Terminale, 1^{re} et 2^{de}*, L.I.R.E.S.P.T., 1982-1984.
9. R.-F. MAGER, *Comment définir les objectifs pédagogiques*, Bordas, Paris, 4^e, éd. 1969.
10. M. CHI, P. FELTOVITCH, R. GLASER, *Cognitive structure* 5, 121-152, 1981.
11. J.-M. DEKETELE, *Observer pour éduquer*, Berne, éd. Peter Lang, 1980.
12. A.-E. LAWSON, *Sciences Education* 66 (2) p. 229-241, 1982.
13. F. REIF and J.-L. HELLER, *Knowledge structure and problem solving in physics*. Educational Psychologist 17, 102-127, 1982.
14. J.-L. MARTINAND, *Contribution à la caractérisation des objectifs de l'initiation en Sciences physiques*. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Paris Sud, 1982.
15. J.-M. Hoc, *Bulletin de psychologie*, tome XXXIII n° 344, p. 207.

Remarque.

Les fascicules Réf. 7 et 8 sont à nouveau disponibles en écrivant au L.I.R.E.S.P.T., Tour 23-13, 5^e étage, 2, place Jussieu, 75005 Paris.

ANNEXE 1

M. R. E. « MESURES A L'OSCILLOSCOPE »

1) A partir du document joint, déterminez l'amplitude et la période du signal représenté par la courbe n° 1. Expliquez, sur les graphiques ci-après, la façon dont vous les avez obtenues.

2) On veut connaître le déphasage de l'intensité par rapport à la tension d'alimentation introduit par le dipôle AC.

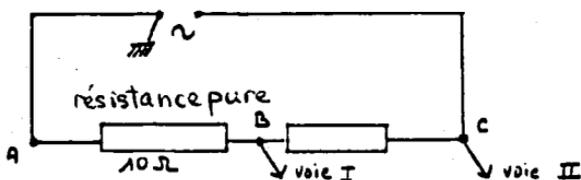
a) Quelle est la courbe représentative de l'intensité ? Justifiez.

b) Marquez, sur le graphique, ce qui représente le déphasage.

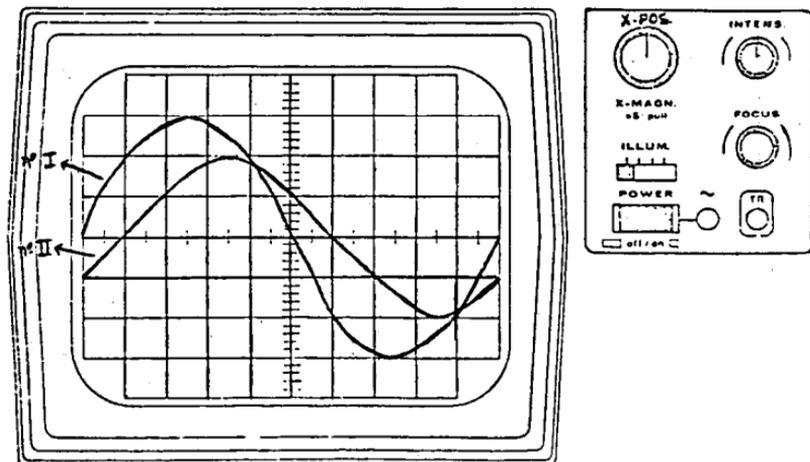
c) Quelle est la valeur de ce déphasage ?

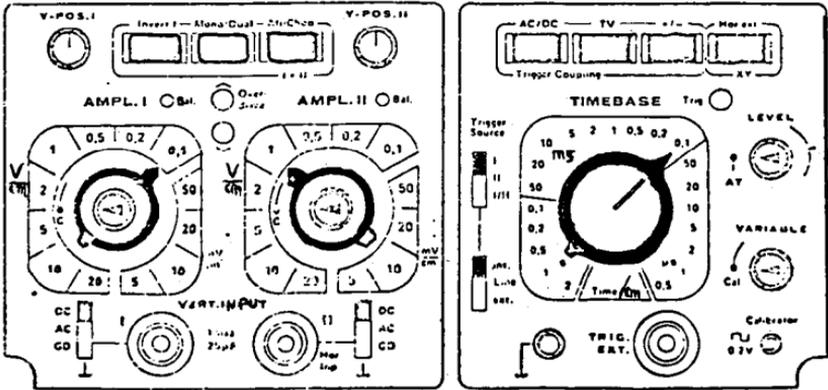
d) L'intensité est-elle en retard ou en avance sur la tension ?

3) Quelle est l'impédance du dipôle AC ? Détaillez vos raisonnements et calculs.



OSCILLOSCOPE HM 412





Éléments de connaissance nécessaires.

Notions et relations entre elles.

- * Amplitude d'un signal alternatif.
- * Période d'un signal alternatif.
- * Aux bornes d'une résistance la tension est, à un facteur près, l'intensité passant dans le circuit.
- * Un oscilloscope donne sur son écran la courbe $U(t)$ de la tension aux bornes où il est branché.
- * Déphasage entre 2 fonctions sinusoïdales de même période.
- * Avance/retard.
- * Impédance d'un dipôle.

Formules correspondantes.

- * $U = R I.$
- * $U = Z I.$

Savoir-faire.

- * « Lecture » de courbe.
- * « Lecture » de schéma électrique.

Matériel d'expérience à connaître : oscilloscope.

Savoir procédural.

— Reconnaître la courbe représentative de l'intensité comme identique à celle donnant U aux bornes de AB , portion de circuit pour laquelle U et I sont en phase.

— Reconnaître I comme ayant la même valeur en chaque instant en tout point du circuit : $I_{AB} = I_{AC}$.

— Choisir l'espace entre les deux courbes qui permet d'évaluer facilement le déphasage.

— Reconnaître la grandeur en avance comme celle qui passe le plus tôt par son maximum ; pour cela, tenir compte de l'orientation de l'axe des temps.

— Rechercher les informations nécessaires (facteurs d'amplification sur chaque ampli, base de temps).

— Pour calculer Z, se fixer des sous-buts : $U_{AB} \rightarrow I \rightarrow U_{AC} \rightarrow Z$.

				Oives		
		Baudme		1	2	3
P ₁	A Ampli. tude	SR				
		Faux	autre			
			calib			
			double			
		Juste	A uni			
			Av. un			
	Juste	SR				
		Faux				
		Juste.				
	T periode	SR				
		Faux	autre			
			calib			
1/2 per						
Juste		A uni				
		av. uni				
Juste	SR					
	Faux					
	Juste					
P ₂	a)	SR				
		Faux				
		Juste	A uni			
	b)	SR				
		Faux	total			
			Faux. total			
	Juste					
	c)	SR				
		Faux				
		Juste				
	d)	SR				
		Faux	total			
Faux/r						
Juste						
P ₃	Ampli courbe II	SR				
		Faux				
		Juste				
	Z = U I	SR				
		Faux	total			
			Faux. - en			
Juste	99 uni					
		Av. uni				

ANNEXE 2

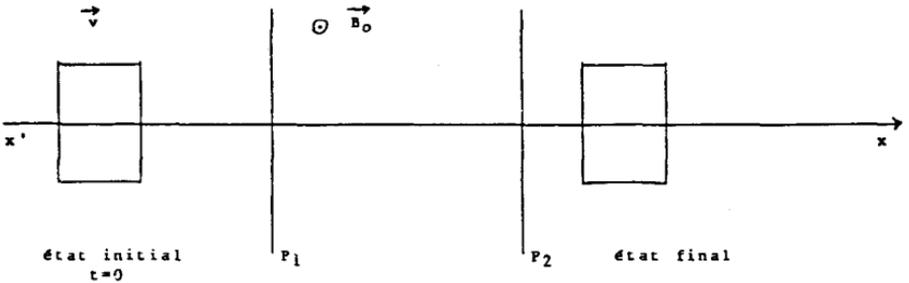
COURANT INDUIT

On déplace un cadre rectangulaire rigide, en cuivre, le long d'un axe $x'x$ fixe, de x' vers x , à vitesse constante \vec{v} dans le référentiel du laboratoire.

Entre les plans P_1 et P_2 règne un champ magnétique uniforme \vec{B}_0 perpendiculaire au plan du cadre (cf. figure).

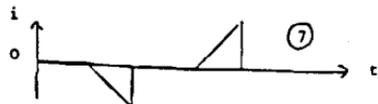
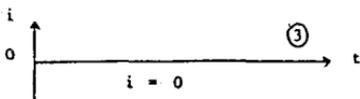
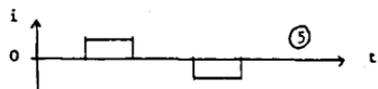
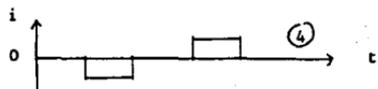
Le coefficient d'auto-induction du cadre est négligeable.

On choisira par convention le sens trigonométrique comme sens positif des courants.



Parmi les courbes suivantes, indiquez celle qui représente le courant induit dans le cadre en fonction du temps.

N° Je ne sais pas



Éléments de connaissance nécessaires.*Notions et relations :*

- * Loi de Faraday : expression de la f.é.m. induite.
- * Flux magnétique à travers un circuit fermé.
- * Variation du flux magnétique.
- * Loi d'Ohm.
- * Détermination du sens du courant induit.

Formules associées :

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} \quad \Phi = BS \quad v = \frac{dl}{dt} \quad e = Ri.$$

Savoir-faire :

- * Application d'une règle permettant de trouver le sens du courant induit.

Matériel d'expérience à connaître : aucun.**Savoir procédural.**

- * Identification du phénomène en jeu (apparition d'une f.é.m. due à une variation de flux dans le temps).
- * Modélisation du phénomène.
- * Identification des variables pertinentes pour décrire le cadre (R, a, L).
- * Formalisation du flux $\Phi = Bal$ (avec introduction d'une variable pertinente l longueur du cadre dans le champ $\leq L$).
- * Identification des zones où il existe une variation de flux dans le temps :
 - $dl/dt \neq 0$ pour $l < L$ $d\Phi/dt \neq 0$,
 - $dl/dt = 0$ pour $l = L$ $d\Phi/dt = 0$.
- * Prise en compte de l'information « à vitesse constante », ce qui implique : $d\Phi/dt = c^{ste}$ si $d\Phi/dt \neq 0$.
- * Identification de discontinuités.
- * Traduction de la f.é.m. induite en termes de courant.
- * Traduction des intervalles d'espace en intervalles de temps.
- * Prise en compte d'une convention de signe.
- * Identification d'une courbe à partir des informations construites.

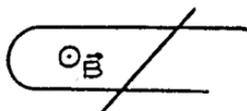
Utilisation.

Si on ne veut pas tester la détermination du sens du courant, il suffit de donner les courbes 1 - 3 - 4 - 7.

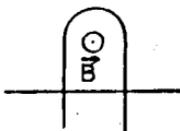
ANNEXE 3

**EXEMPLE DE SITUATIONS PHYSIQUES D'ÉVALUATION
NE PERMETTANT PAS UNE RECONNAISSANCE GLOBALE**

Si, au cours de l'enseignement (exposition, exemplification) du phénomène de l'induction, le dispositif habituel de la tige mobile sur les rails parallèles a toujours été étudié horizontal :



on peut utiliser le même dispositif mais dans un plan vertical, et créer ainsi une situation physique non prototypique.

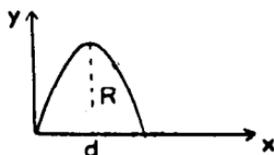


En effet, même si les éléments du dispositif sont les mêmes, dans ce cas, la masse de la tige intervient. Une force de plus doit être incluse dans le bilan et il n'est pas possible de construire la solution correcte par réutilisation globale des résultats obtenus lors de l'étude des situations physiques prototypes.

**EXEMPLE DE « CHEMINS DE RAISONNEMENT » DIFFÉRENTS
SUR UNE MÊME SITUATION PHYSIQUE**

— Le chemin de raisonnement prototype pour la chute libre des corps est généralement le suivant : on connaît la vitesse initiale du corps et on cherche la hauteur maximale atteinte (R) et la portée de la parabole (d).

On peut utiliser la même situation physique mais un autre « chemin de raisonnement ». On connaît h et d et on cherche les composantes de v_0 .



ANNEXE 4

PHÉNOMÈNE PHYSIQUE	SITUATION PHYSIQUE PRÉSENTÉE
Mouvement oscillatoire rectiligne.	Pendule vertical : masse accrochée à un ressort (4). Pendule horizontal : masse accrochée à un ressort (3) ou située entre deux ressorts (1).
Mouvement oscillatoire de rotation.	Pendule de torsion : disque entre deux fils ou suspendu à un fil (4). Aiguille aimantée dans un champ magnétique (1).
Amortissement des oscillations.	Balancier à frottement solide (1). Balancier à frottement visqueux (1). Pendule vertical à ressort à frottement visqueux (1). Pendule de torsion à frottement visqueux (3). Pendule horizontal à ressort à frottement visqueux (1).
Oscillations d'un circuit électrique.	Circuit électrique R, L, C avec : — générateur continu + commutateur (4), — générateur de signaux carrés (1), — observation à l'oscilloscope (3).
Comportement d'un dipôle RLC série soumis à une excitation sinusoïdale (résonance électrique).	Circuit électrique R, L, C avec : — générateur B.F. (3), — générateur alternatif (1), — mesure de V et I (2), — observation à l'oscilloscope (3).
Résonance mécanique.	Masse suspendue à un ressort avec excitateur (3). Deux pendules simples (un excitateur et un résonateur) (2). Gyroscope à lames (3). Ecouteur, haut-parleur, microphone (3). Ponts (4). Suspension automobile (2). Divers : houle, piézo-électricité, moteur sur support, balançoire (1).

Le chiffre entre parenthèses indique le nombre de fois où cette situation a été présentée dans l'ensemble des manuels étudiés.

Propagation d'un signal.

Propagation d'un phénomène vibratoire entretenu (onde).

Ondes stationnaires.

Transversal : le long d'une corde (1).
 Longitudinal : le long d'un ressort (1).
 De torsion : échelle de perroquet (1).

Le long d'une corde tendue (3).
 Ondes circulaires à la surface de l'eau (2).
 Ondes sonores avec microphone (2).
 Ondes planes à la surface de l'eau (1).

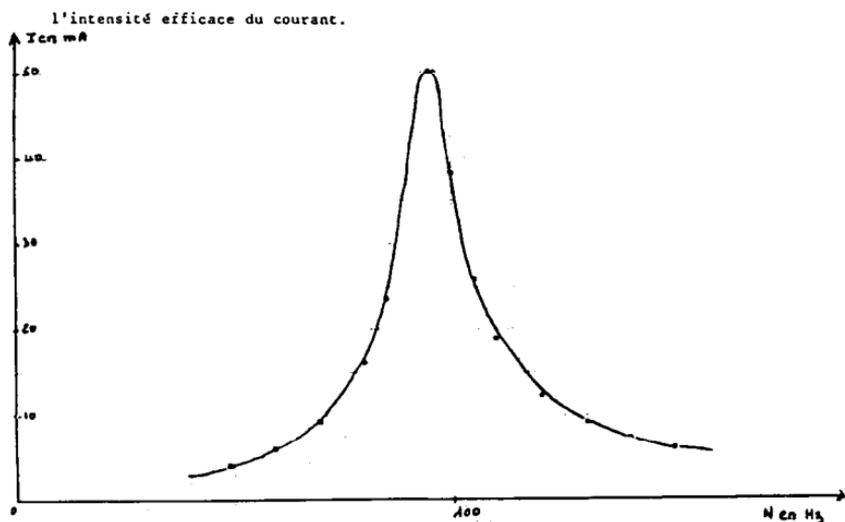
Expérience de Melde sur fil élastique (4).
 Ondes longitudinales le long d'un ressort (4).
 Ondes électromagnétiques (4).
 Ondes acoustiques :
 — tuyau excité par haut-parleur (3),
 — tube de Kundt (2),
 — cavités résonantes (1).

ANNEXE 5

M. R. E. « EXPLOITATION D'UNE COURBE DE RESONANCE »

Un circuit comprend en série une bobine d'inductance L , un condensateur de capacité C , un ampèremètre et un générateur délivrant un signal sinusoïdal de fréquence N réglable et de tension efficace constante égale à 10 V.

On relève expérimentalement la courbe suivante où I est l'intensité efficace du courant.

**Formulation 1.**

On rappelle quelques formules d'électrocinétique (pas nécessairement toutes utiles) :

$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2} \quad Q = L\omega_0/R \quad 1/Q = R/L\omega_0$$

$$\Delta\omega/\omega_0 = 1/Q \quad T_0 = 2\pi \sqrt{LC}$$

Question.

— A partir de cette courbe, déterminez : l'inductance L de la bobine, la capacité C du condensateur, le facteur de qualité du circuit, la bande passante du circuit, la période des oscillations propres du circuit et la résistance totale du circuit. Ne donnez pas seulement les résultats, détaillez tout votre raisonnement.

N.B. — Les différentes grandeurs à calculer sont données dans un ordre quelconque, qui n'est pas à respecter pour répondre.

Formulation 2.

Quelle est l'intensité dans le circuit à la résonance ?

Déterminez la résistance totale du circuit.

Déterminez la période des oscillations propres du circuit résonant ; calculez la pulsation correspondante.

Déterminez la bande passante du circuit : en déduire l'inductance du circuit puis la capacité.

Objectifs correspondant à la formulation 1.

Eléments de connaissances :

A la résonance $LC\omega_0^2 = 1$ donc $U = R I_0$:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{N}.$$

Définition de la bande passante.

Savoir procédural :

Lecture de graphes.

Identifier la courbe comme courbe de résonance.

Analyser les informations fournies par la courbe.

Calcul numérique/unités.

Stratégie : Organiser les données.

Choix de l'inconnue à déterminer en premier.

Objectifs correspondant à la formulation 2.

Eléments de connaissances :

Toutes les formules qui étaient fournies dans la formulation 1.

A la résonance $LC\omega_0^2 = 1$ donc $U = R I_0$:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{N}.$$

Définition de la bande passante.

Savoir procédural :

Lecture de graphes.

Analyse des informations fournies par la courbe.

Calcul numérique/unités.

ANNEXE 6

Quelle résistance chauffante doit-on choisir pour faire bouillir en 5 minutes de l'eau pour faire le thé ? Vous devez préciser le contexte que vous choisissez et évaluer en conséquence les différentes grandeurs physiques qui sont nécessaires avec des ordres de grandeur raisonnables.

Éléments de connaissances :

Loi de Joule.

Notion de chaleur massique : $Q = mc \Delta\theta$.

Savoir procédural :

Stratégie :

Relier connaissances en électricité (loi de Joule) et connaissances en calorimétrie ($Q = mc \Delta\theta$).

Etablir une relation où apparaissent la résistance et le temps.

Repérer les différentes variables sur lesquelles on peut jouer selon la situation choisie (4 demoiselles prenant le thé dans un appartement chauffé ou 50 soldats à réchauffer dans la plaine de Sibérie !)

Évaluer des ordres de grandeur raisonnable pour U , m , θ (m reconnue comme masse d'eau + masse en eau du récipient).

		grandeurs utilisées							
Masse Eau +	non								
	oui	ordre du grandeur non raisonnable **	raisonnable **						
reculvert	non								
	oui	déraisonnable **	raisonnable **						
θ	non								
	oui	déraisonnable **	raisonnable **						
θ	non								
	oui	déraisonnable **	raisonnable **						
Capacité calorifique sans reculvert	non								
	oui	déraisonnable **	raisonnable **						
dérivation	non								
	oui	déraisonnable **	raisonnable **						
Jeu de fuite	non								
	oui								
rôle de l'ambiant	non cité								
	oui								
relation $Q = mc \Delta\theta$	non cité								
	cité								
calcul de Q	SR								
	Faux	calcul							
relation $E_1 = \frac{V_1^2}{R}$	non cité								
	cité								
valeur $E_2 = Q^{***}$	absente								
	présente								
calcul de R	SR								
	calcul								
	Faux	unité	sur B						
		unité	m/s						
			sur E						
			cal/s						
	Exact								

* Contexte signifie la chose suivante : Les ordres de grandeur des quantités utiles peuvent considérablement varier tout en restant raisonnables selon la situation choisie.

Par exemple, la masse d'eau pour faire le thé pour 4 personnes ou pour une colonie de vacances n'est pas la même. Les 2 peuvent être raisonnables si l'on a précisé.

** Raisonnable ou déraisonnable se juge en fonction du contexte choisi.

*** $E_2 = Q$ avec la bonne unité bien sûr !