

# ÉVALUATION DES SAVOIRS ET SAVOIR-FAIRE ASSOCIÉS À L'UTILISATION DE MOYENS INFORMATISÉS DANS LES CLASSES SCIENTIFIQUES DU LYCÉE

**Hélène RICHOUX**

*Professeur associé INRP*

*Lycée Marcel Pagnol, 85 Avenue de la Terrasse, 91205 ATHIS-MONS*

**Daniel BEAUFILS**

*INRP-Technologies nouvelles et Éducation*

*91 rue Gabriel Péri, 92120 MONTROUGE*

**Chantal CAMGUILHEM**

*Lycée Henri Wallon*

*146 rue des Cités, 93300 AUBERVILLIERS*

**Françoise FONDÈRE**

*DidaScO, Université ParisXI*

*Centre scientifique d'Orsay, 91405 ORSAY*

L'intégration réelle de l'ordinateur "outil d'investigation scientifique" en physique-chimie au lycée, c'est-à-dire à travers une utilisation significative par les élèves eux-mêmes, impose de prendre en compte l'enseignement de nouveaux savoirs et savoir-faire [Beaufils, 1994 ; Beaufils et Richoux, 1996]. S'intéressant donc aux acquis des élèves, les questions relatives à leur évaluation se posent alors logiquement, en particulier :

- Quels sont les savoirs et savoir-faire "raisonnablement exigibles" pour un niveau d'enseignement donné ?
- Quelles modalités permettent d'en évaluer l'acquisition ?

Nous présentons ici quelques éléments de réponse apportés à ces questions dans le cadre d'une recherche en cours à l'INRP<sup>1</sup>. Ceux-ci contribuent par ailleurs à la réflexion actuelle sur l'évaluation des "capacités expérimentales des élèves" au baccalauréat [UdP, 1995].

Dans une première partie, nous présentons les savoirs et savoir-faire qui sont mis en jeu dans les travaux pratiques utilisant des moyens informatisés et la classification que nous en proposons en vue d'une évaluation. Dans une seconde partie nous précisons, à travers un exemple de sujet de physique, les modalités que nous avons adoptées pour une évaluation sommative en terminale S.

## **1. Des compétences associées à l'utilisation des instruments informatisés**

### ***1.1 Une première liste***

La mise au point de travaux pratiques dans le cadre de la recherche et l'analyse de fiches de TP publiées<sup>2</sup> ont permis de faire le repérage des différentes compétences mises en jeu par l'utilisation de moyens informatisés de mesures, représentation et modélisation. Celles-ci font

---

<sup>1</sup> Caractérisation et évaluation des activités expérimentales utilisant des moyens informatisés (resp. D. Beaufils).

<sup>2</sup> comme les fiches mises à la disposition des enseignants « La physique, la chimie, l'ordinateur »[MEN, 1994].

intervenir deux registres complémentaires qu'il convient de bien distinguer : *les savoirs et les savoir-faire*.

*Des savoir-faire, par exemple :*

- savoir charger un fichier spécifié ou sauvegarder des résultats dans un fichier au format spécifié ;
- savoir reconnaître les différents éléments d'une chaîne de mesure informatisée ;
- savoir conduire/contrôler une acquisition semi-automatique ;
- savoir utiliser une régression linéaire sur un ensemble de données pour déterminer les valeurs des paramètres.

*Des savoirs associés, par exemple :*

- connaître des termes de vocabulaire spécifiques tels que : acquisition, configuration, déclenchement, voie, etc. ;
- connaître la (les) commande(s) logicielle(s) de paramétrage d'une acquisition de mesures, etc. ;
- connaître le rôle d'une interface en tant que convertisseur analogique numérique, connaître le principe de la "dérivation numérique" ...

## 1.2 Une liste hiérarchisée

Ces différentes compétences ne sont clairement pas toutes du même niveau. Certaines sont très générales et relèvent d'une culture informatique, d'autres sont très spécifiques à une utilisation en tant qu'instrument de laboratoire. Séparer ce qui relève d'une formation ou d'un enseignement "d'informatique"<sup>3</sup> de ce qui entre logiquement dans les apprentissages scientifiques est évidemment essentiel, en particulier dans la perspective d'une évaluation des acquis des élèves.

Au-delà du recensement premier des différentes compétences, il s'agit donc de les hiérarchiser. En particulier, et en cohérence avec la remarque précédente, un certain nombre de savoirs et de savoir-faire doivent être considérés comme des prérequis. On peut même distinguer deux sous-niveaux : des prérequis "du premier ordre" (que l'on peut considérer comme "fondamentaux" à l'instar de savoir utiliser les quatre opérations), d'autres "du second ordre" (prérequis à l'utilisation de certains logiciels mais ne relevant pas de l'enseignement physique-chimie et ne pouvant/devant donc pas faire l'objet d'une évaluation dans ce cadre).

| <b>prérequis "du premier ordre"</b>   | <b>prérequis "du second ordre"<sup>4</sup></b>   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• savoir charger un fichier spécifié ou sauvegarder des résultats.... ;</li> <li>• connaître des termes de vocabulaire spécifique</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• savoir obtenir une courbe (graphique) à partir de l'expression mathématique d'une fonction donnée (pour un logiciel donné) ;</li> <li>....</li> </ul> |

Parmi les compétences que l'on peut estimer constitutives d'une formation scientifique, en particulier celles qui relèvent d'une utilisation significative en sciences physiques, nous avons été amenés de nouveau à définir deux sous-niveaux : il est apparu en effet nécessaire de

<sup>3</sup> Tel que celui qui est actuellement mise en place en classe de seconde des lycées.

<sup>4</sup> Ces compétences sont d'ailleurs en jeu dans l'utilisation de moyens informatiques dans d'autres disciplines comme les mathématiques, l'économie, etc.

distinguer dans cet ensemble, les savoirs et savoir-faire que l'on peut raisonnablement considérer comme exigibles à l'issue d'une formation<sup>5</sup>.

La répartition adoptée pour nos expérimentations d'évaluation est la suivante<sup>6</sup> :

| savoir-faire et savoirs<br>à évaluer en cours de formation  | savoir-faire et savoirs<br>pour une évaluation sommative  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• savoir reconnaître les différents éléments d'une chaîne de mesure informatisée ;</li> <li>• savoir utiliser un pointeur ;</li> <li>• savoir utiliser une procédure/ commande de résolution numérique d'équation différentielle.</li> <li>• savoir utiliser la régression linéaire sur un ensemble de données pour déterminer les valeurs des paramètres ;</li> <li>• savoir mettre en oeuvre une méthode d'optimisation de modèle sur un ensemble de données pour déterminer des paramètres ;</li> <li>• savoir mettre en oeuvre une méthode de résolution numérique d'équation différentielle.</li> <li>• connaître le rôle d'une interface en tant que convertisseur analogique numérique : savoir que les mesures sont faites par échantillonnage dans le temps et que les valeurs mesurées sont quantifiées ;</li> <li>• connaître le principe d'une méthode de moindres carrés (non pondérée, telle la régression linéaire) ;</li> <li>• connaître le principe de résolution numérique d'une équation différentielle du premier ordre.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• savoir faire la connexion sur une voie d'entrée spécifiée d'une interface ou sélectionner le bon calibre d'entrée de l'interface.</li> <li>• savoir conduire/contrôler une acquisition semi-automatique (déclenchement, validation clavier, entrée de valeurs au clavier, etc.) ;</li> <li>• savoir utiliser une procédure/ commande d'optimisation de modèle ;</li> <li>• savoir paramétrer une acquisition automatique ou semi-automatique.</li> <li>• savoir utiliser une méthode de dérivation numérique ou d'intégration numérique ;</li> <li>• connaître l'existence de paramétrages d'acquisition : durée, intervalle de temps, nombre de points, mode de déclenchement ;</li> <li>• connaître le principe de la "dérivation numérique" ;</li> <li>• connaître les conditions d'utilisation d'une méthode de moindres carrés (non pondérée, en particulier la régression linéaire) ;</li> </ul> |

## 2. Exemple d'évaluation de savoirs et savoir-faire

### 2.1 Des modalités d'évaluation

La réalisation de l'évaluation rencontre ensuite deux difficultés. La première est de trouver des situations permettant l'évaluation tout en assurant une cohérence avec les activités expérimentales proposées à l'élève durant l'année scolaire. La seconde est de pouvoir séparer les différentes composantes car, si la réussite à un savoir-faire permet de conclure sur le savoir

<sup>5</sup> Le terme exigible utilisé ici est à prendre dans le même sens que "les compétences exigibles" qui figurent dans les programmes, de Terminale, en particulier.

<sup>6</sup> Une expérimentation de l'évaluation des élèves à plus grande échelle est en cours et conduira sans aucun doute à des ajustements de nos grilles.

qui le sous-tend, il faut pouvoir aussi vérifier l'acquisition d'une connaissance même en cas d'insuccès dans la manipulation.

Nous avons donc été amenés à séparer explicitement les "connaissances de savoir-faire"<sup>7</sup> des "savoir-manipuler" et à proposer une *séance d'évaluation séparée en 2 parties* :

- la première partie : activité "papier-crayon", de 20 minutes, centrée sur l'évaluation de la connaissance d'un protocole expérimental et du principe des appareils utilisés, l'estimation des incertitudes, etc. ;
- la seconde partie : manipulation à partir de consignes écrites, de 35 minutes, centrée sur l'évaluation du "savoir-manipuler" correspondant.

Nous donnons, ci-dessous, un exemple issu des cinq sujets qui ont été élaborés de cette manière (deux sujets de mécanique, deux d'électricité et un de chimie) et qui ont fait l'objet d'une expérimentation auprès d'élèves de première et terminale scientifiques. Les élèves ont travaillé par "binôme", leurs manipulations ont été filmées et suivies à l'aide d'une grille d'observation, et leur dialogue a été enregistré. Cette procédure nous a permis d'ajuster les modalités de l'évaluation (durée, contenus et détails des sujets).

## 2.2 Un exemple de sujet en Terminale S

Nous présentons ici des extraits d'un sujet portant sur le régime transitoire dans un circuit R, L. Les savoirs et savoir-faire que nous avons considérés comme "raisonnablement exigibles" sont les suivants :

- savoir faire la connexion sur une voie d'entrée spécifiée d'une interface ;
- connaître l'existence de paramétrages d'acquisition : durée, intervalle de temps, nombre de points, mode de déclenchement ;
- savoir paramétrer une acquisition automatique ;
- savoir utiliser une procédure/commande d'optimisation de modèles ;
- connaître les conditions d'utilisation d'une méthode des moindres carrés.

### 2.2.1 Première partie : évaluation de connaissances de savoir-faire

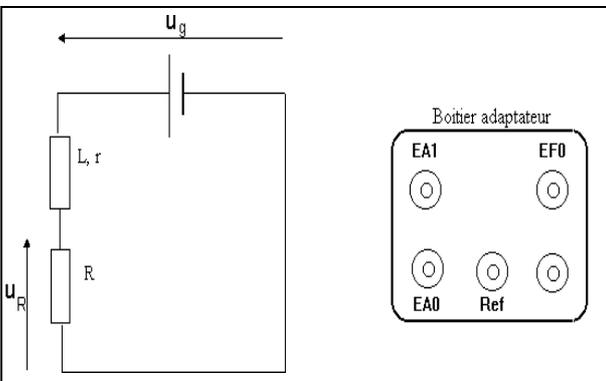
Dans cette partie les questions portent sur le principe de la mesure et sur les méthodes de modélisation.

Par exemple :

Dans le travail expérimental qui vous sera donné ensuite, on demandera d'étudier les variations de l'intensité et de la tension aux bornes d'une bobine, au cours de l'établissement d'un courant.

Pour cela on utilisera le circuit ci-contre.

*Représenter sur le schéma les connexions à réaliser pour mesurer  $u_R$  sur EA0 et  $u_g$  sur EA1.*



*Dans le circuit donné, comment peut-on, à partir des mesures de  $u_g$  et  $u_R$  :*

<sup>7</sup> Ceci est évidemment à rapprocher de l'item "A2" des référentiels de sciences physiques.

a) obtenir la valeur de l'intensité qui le traverse ?

b) obtenir la valeur de la tension  $u_B$  ?

On demandera de représenter des résultats expérimentaux par une fonction du type :

$$i = a \cdot (1 - \exp(-k \cdot t))$$

Le logiciel permet de calculer les valeurs des paramètres  $a$  et  $k$  de façon à approcher au mieux les points expérimentaux. Ci-dessous, un exemple de résultat de l'optimisation logicielle :

$$a = 72.514 \text{ m} \pm 190 \mu$$

$$k = 121.07 \text{ m} \pm 1.30$$

$$\text{Écart relatif sur } i = 0.68\%$$

Quelles sont les valeurs que l'on déduit pour les grandeurs  $a$  et  $k$  ?

On peut noter que, dans la dernière question, on attend que l'élève soit capable de présenter les résultats de  $a$  et  $k$  avec les unités et avec une écriture scientifique comportant un nombre de chiffres significatifs qui tienne compte de l'incertitude affichée.

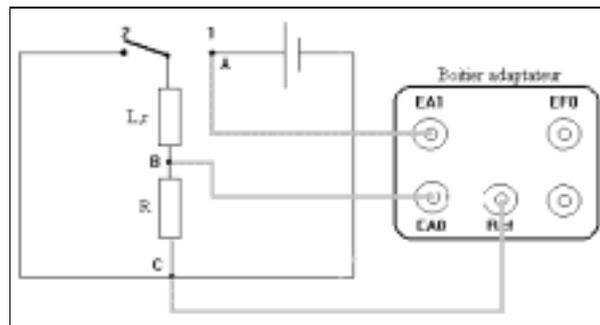
### 2.2.2 Deuxième partie : évaluation des savoir-manipuler

Dans la seconde partie, il s'agit pour l'élève de montrer qu'il sait faire : réaliser le circuit, effectuer les mesures, etc. Les consignes sont notamment :

Réaliser le montage correspondant au schéma ci-contre.

Régler les composants et calibres.

Réaliser une ou plusieurs acquisitions en choisissant les paramètres de façon à pouvoir faire apparaître la phase transitoire et le régime permanent.



Définir la variable  $i = u_R/30$

Obtenir la représentation de  $i(t)$ .

Décrire et expliquer l'allure de  $i(t)$ .

On propose pour  $i(t)$  le modèle suivant :  $i = a(1 - \exp(-k \cdot t))$

Donner ci-dessous les valeurs de  $a$  et  $k$  sous la forme d'un encadrement, en utilisant le bon nombre de chiffres significatifs et en précisant les unités.

Quelles sont les conditions requises pour utiliser la méthode d'optimisation ci-dessus ? Sont-elles à votre avis vérifiées ici ?

Que représente  $a$  dans le phénomène étudié ? Quelle est son expression en fonction des grandeurs qui caractérisent le circuit ?

Le résultat est-il en accord avec les valeurs indiquées pour le montage ?

En correspondance avec la remarque précédente, on peut noter que, cette fois, la consigne pour l'écriture des résultats de  $a$  et  $k$  est explicite.

### 2.3 Quelques résultats

L'observation des élèves a permis de vérifier leur maîtrise globale de l'outil informatique : aisance dans la manipulation du clavier, familiarité avec les commandes logicielles. Dans l'ensemble, les élèves maîtrisent la procédure de modélisation : utilisation du modèle proposé, choix des bornes, obtention et signification physique des paramètres. Par ailleurs, bien qu'ils ne sachent pas tous correctement écrire les incertitudes d'après les valeurs affichées,

l'information obtenue après modélisation sur les coefficients et leurs incertitudes est assez souvent bien utilisée.

### 3. Conclusion

Ce travail nous a donc permis, par une analyse de travaux pratiques existants, d'élaborer une liste hiérarchisée de savoirs et savoir-faire spécifiques à l'utilisation des moyens informatiques dans les sciences physiques et, à travers la mise en oeuvre de plusieurs séquences avec des élèves, de montrer qu'il est possible d'évaluer ces compétences. La démarche utilisée a nécessité une réflexion approfondie pour l'élaboration et la justification de cette liste de savoirs et savoir-faire à évaluer puis pour la construction de plusieurs sujets qui permettent de les tester en situation avec des élèves.

Nos modalités s'écartent des indications relatives à l'évaluation des compétences expérimentales envisagée pour le baccalauréat. Notre expérimentation nous a permis, d'une part, de constater une plus grande facilité d'élaboration de sujets lorsqu'on effectue la séparation des objectifs et, d'autre part, l'intégration plus facile de ce type d'évaluation dans le cursus : la première partie peut, par exemple, être insérée dans une évaluation en cours d'année, la seconde pouvant constituer un contrôle expérimental sommatif.

La phase de mise au point de l'évaluation s'est appuyée sur un petit nombre d'élèves. Le développement sur plusieurs sujets et la réussite de cette première mise en oeuvre permettent d'envisager la généralisation à un plus grand nombre. L'évaluation se poursuivra cette année et son expérimentation sera étendue à tous les élèves de trois classes de terminale S.

Au-delà des questions abordées, notre réflexion nous a conduit à nous interroger sur le niveau général de l'évaluation que l'on peut envisager à l'issue du cycle terminal [Welford]. L'exigence doit-elle viser un "savoir-manipuler" minimal (savoir exécuter une suite de consignes précises mettant en jeu des appareils connus) ? Doit-elle plutôt viser un "savoir mettre en oeuvre" (nécessitant la connaissance et la maîtrise de protocoles classiques) ? Ne doit-elle pas, *in fine*, viser à un savoir de plus haut niveau permettant, par exemple, de "savoir-interpréter" le fonctionnement ou le dysfonctionnement d'un dispositif ?....

### 4. Références

- [Beaufils 92] Beaufils D., L'ordinateur outil d'investigation scientifique au lycée : implications didactiques et pédagogiques, in *actes des 5èmes journées Informatique et Pédagogie des Sciences Physiques*, Paris, INRP-UDP, 1992, 105-110.
- [Beaufils 94] Beaufils D., De l'ordinateur à l'enseignement des sciences : questions de vigilances, in *actes des 6èmes Journées Nationales Informatique et Pédagogie des Sciences Physiques*, Paris : UDP-INRP, 1994, 67-72.
- [Beaufils & Richoux 96] Beaufils D., Richoux H., Intégration de l'ordinateur outil d'investigation scientifique dans l'enseignement des sciences physiques au lycée, INRP, Paris, 1996, 136p.
- [Beaufils & Richoux 96 b] Beaufils D., Richoux H., Expérimentation d'une évaluation des savoirs et savoir-faire dans des activités scientifiques utilisant les outils informatiques, Rapport d'étape, 1996.
- [MEN 94] Ministère de l'Éducation Nationale. *La physique, la chimie, l'ordinateur*, (vol.2), CRDP de Champagne-Ardenne, 1994, 210p.
- [UdP 95] Union des Physiciens, Introduction d'outils informatiques et audiovisuels dans l'enseignement des sciences physiques au lycée, *BUP n°778*, 1995, 1-20.
- [Welford] Welford G., L'évaluation des travaux pratiques dans l'enseignement des sciences à l'école, in *Innovations dans l'enseignement des sciences, la technologie*, UNESCO, vol.III.