

Une question d'actualité : comment impliquer les élèves dans l'apprentissage en physique-chimie ?

Des outils pour aider les enseignants à analyser et concevoir des activités expérimentales

par **Hélène RICHOUX**

IUFM de l'académie de Versailles et INRP-UMR ICAR

Marie-Hele.Richoux@ac-versailles.fr

Monique SAINT-GEORGES

IUFM du Limousin

monique.saintgeorges@limousin.iufm.fr

et **Christiane SIMON**

Lycée Jean-Jacques Rousseau - 95200 Sarcelles

christiane.simon@ac-versailles.fr

RÉSUMÉ

L'implication des élèves dans l'apprentissage est un enjeu fort pour tout enseignant, enjeu qui apparaît tout particulièrement crucial en sciences physiques et chimiques actuellement. Les outils qui sont présentés dans cet article, associés à des exemples et à des pistes pour leur mise en œuvre en formation, ont pour objectifs d'aider les enseignants à la fois à analyser leur pratique et à choisir des démarches d'enseignement qui engagent l'élève dans la construction de ses connaissances.

Ces outils (grille d'analyse des consignes données aux élèves en travaux pratiques, formulaire d'objectifs d'apprentissage, fiches de travaux pratiques avec explicitation de la construction de la séance, extraits vidéos d'élèves, extraits de copies, références bibliographiques) ont été élaborés dans le cadre d'une recherche en didactique des sciences physiques. Ils sont présentés et illustrés dans un cédérom intitulé « Concevoir et analyser les activités expérimentales en sciences physiques – Une démarche centrée sur l'observation des élèves » et s'adressent en premier lieu aux formateurs des professeurs de physique et chimie mais sont également accessibles aux enseignants qui s'intérogent et souhaitent analyser leur pratique.

1. INTRODUCTION

Impliquer les élèves dans l'apprentissage de nouvelles connaissances est un enjeu naturellement fort pour tout enseignant mais qui est crucial en physique et chimie face à la désaffection actuelle des nouvelles générations pour les sciences.

De nombreuses publications proposent des démarches d'enseignement qui ont pour objectif d'aider les élèves à donner du sens aux apprentissages visés et les engager dans un travail constructif qui les motive [13]. De la compréhension du fonctionnement de la physique et de son articulation avec la vie quotidienne [4] à la conduite de la démarche d'investigation [5], de la résolution de situations problèmes [10] à la construction de modèle (gaz, interactions, etc.) en utilisant une simulation [3], les exemples⁽¹⁾ sont nombreux et visent à renouveler et enrichir les pratiques traditionnelles.

Dans cet article nous présentons un ensemble d'outils élaborés par une équipe d'enseignants, de chercheurs et de formateurs⁽²⁾. Ces documents s'adressent en premier lieu aux formateurs (formations initiale et continue) des professeurs de physique et chimie mais sont également accessibles aux enseignants qui s'interrogent et souhaitent analyser leur pratique. Dans une première partie, nous présentons deux outils permettant l'analyse de séances de TP (une grille pour repérer les tâches confiées aux élèves et un formulaire des objectifs d'apprentissage). Dans une deuxième partie nous montrons comment des activités conçues pour susciter la réflexion des élèves, bien qu'exigeantes sur le plan cognitif, réussissent à les impliquer. Ceci est illustré par un court exemple tiré des expérimentations au cours desquelles des enregistrements vidéos d'élèves ont été réalisés et analysés. Enfin dans une dernière partie, nous proposons des pistes pour la formation qui s'appuient sur l'ensemble de ces outils (grille, formulaire, vidéos d'élèves, etc.).

2. LES OUTILS POUR ANALYSER ET CONCEVOIR LES ACTIVITÉS EXPÉRIMENTALES

2.1. Des outils issus de la recherche en didactique

Ainsi que le montre BÉCU-ROBINAULT [1] les consignes (type de tâches et formulation) données aux élèves jouent un rôle important dans l'activité que ces derniers réalisent. Une étude des consignes données aux élèves dans les fiches de TP a été réalisée avec une grille fine de description-codage [7]. Elle a permis de montrer que les tâches qui leur sont confiées sont fortement centrées sur les appareils et les mesures ; l'espace qui leur est donné pour construire des liens entre les objets qu'ils manipulent, les événements qu'ils observent et les théories et modèles qu'ils doivent acquérir apparaît limité. Le travail de l'équipe s'est alors porté vers l'élaboration d'une grille simplifiée de caractérisation des tâches des élèves en travaux pratiques qui puisse être opérationnelle pour des enseignants en formation.

-
- (1) Pour ne citer que quelques exemples parmi les articles de didactique publiés dans « Le Bup ».
- (2) Ces outils (grille, formulaire, vidéos d'élèves, etc.) ont été élaborés par une équipe d'enseignants, de chercheurs et de formateurs des académies franciliennes dans le cadre d'une recherche INRP-UMR ICAR « Conception et analyse d'activités pour la formation scientifique » dirigée par A. TIBERGHEN (1999-2002). Ils sont disponibles sur le cédérom intitulé « Concevoir et analyser les activités expérimentales en sciences physiques – Une démarche centrée sur l'observation des élèves » dont la réalisation technique a été faite par J.-P. PRIVIN et R. IBÁÑEZ (IUFM de l'académie de Versailles).

Dans le même temps, l'équipe a construit un formulaire visant l'explicitation des objectifs que se fixe l'enseignant pour la séance de travaux pratiques correspondante⁽³⁾.

2.2. Repérer et identifier les types de tâches prescrites

Ainsi que nous venons de l'évoquer, l'analyse des consignes données aux élèves *via* les fiches de travaux pratiques notamment est la première étape permettant de prendre conscience à la fois du type des tâches prescrites et de leur diversité. La grille de caractérisation des tâches prescrites est un outil élaboré pour cette analyse. Elle est structurée en grandes rubriques (*cf.* encadré 1).

- E.** *Exploiter de l'information dans un texte, un tableau, etc.* (fourni en annexe).
- O.** *Observer, avec ou sans manipulation.*
- C.** *Choisir, imaginer, proposer.*
- J.** *Juger de la qualité/validité.*
- S.** *Schématiser, représenter.*
- K.** *Calculer, analyser.*
- R.** *Réaliser, conduire une manipulation sur des objets ou des instruments.*
- F.** *Fournir une réponse, donner un résultat.*
- D.** *Dire, écrire une connaissance (demandée).*

Encadré 1 : Les rubriques de la grille de caractérisation des tâches prescrites.

Chacune des rubriques est détaillé en différents items comme le montre l'encadré 2.

- C.** *Choisir, imaginer, proposer*
 - 1** - Formuler une hypothèse, faire une prédiction, etc.
 - 2** - Choisir un appareil, un graphique, une méthode, etc.
 - 3** - Proposer un modèle, une relation mathématique, une explication, etc.
- R.** *Réaliser, conduire une manipulation sur des objets ou des instruments*
 - 1** - Exécuter des actions simples ou d'une suite d'actions simples spécifiée.
 - 2** - Réaliser un montage, conduire un protocole
 - 3** - Utiliser, mettre en œuvre un instrument pour un réglage, un mesurage.

Encadré 2 : Extrait de la grille de caractérisation des tâches prescrites.

Chaque consigne explicite de la fiche de TP est repérée et caractérisée par un code unique ce qui permet d'analyser ainsi la part dévolue effectivement à l'élève comme l'illustre l'étude d'un court extrait d'une fiche de TP (A) intitulée « Comportement des gaz aux faibles pressions ».

(3) Pour cela, elle s'est appuyée sur différentes grilles existantes dont la *Map* du projet Labwork in Science Education [6].

« La loi de Mariotte permet-elle de décrire le comportement de l'air de la salle aux pressions usuelles ? »

1. Avec le matériel suivant : seringue graduée, manomètre, thermomètre, quel protocole envisagez-vous de réaliser pour tenter de répondre à la question posée ? [...]
2. Réalisez le protocole décidé par la classe.
3. Préparez sur une copie que vous rendrez à la fin de la séance vos résultats expérimentaux et une réponse argumentée à la question posée [...]

Encadré 3 : Extrait de la fiche de TP (A) « comportement des gaz aux faibles pressions ».

Dans la première question, l'élève (en concertation avec son binôme) doit proposer (et rédiger) un protocole expérimental (C), il doit ensuite réaliser le protocole choisi en commun (R) sans qu'*a priori* une succession de consignes guide cette réalisation ; il doit enfin analyser ses résultats pour répondre à la question posée (F). On peut ainsi relever que chacune des consignes de cette fiche donne à l'élève un travail cognitif important.

Pour un même objectif d'apprentissage (apprendre / donner du sens à la loi de Mariotte), l'enseignant aurait pu choisir une fiche de TP (B) différente dans laquelle l'élève aurait été guidé par une succession de consignes comme l'indique l'extrait de la fiche de TP ci-dessous (*cf.* encadré 4).

1. Enfermez une quantité d'air dans la seringue, en plaçant le piston à mi-course et en adaptant le tuyau à la sortie (R).
2. Reliez le capteur de pression au tuyau (R).
3. Connectez le capteur de pression à la carte d'acquisition... (R).
4. Faites un relevé d'une dizaine de mesures (R) pour différents volumes.
5. Entrez dans un tableur (R) les valeurs des couples de grandeurs V et P.
6. Créez la grandeur $1/V$ (K).
7. Affichez (S) le graphe $P = f(1/V)$.
8. Modélisez le graphe par une fonction affine (K).
9. Déduisez du résultat de la modélisation que le produit P.V est constant dans cette expérience (F).

Encadré 4 : Extrait de la fiche de TP (B) « la loi de Mariotte ».

On voit bien sur ces deux exemples que le codage global de chaque consigne permet de clairement différencier les activités des élèves. Pour un même but, il y a plusieurs voies possibles : le type de consigne donnée à l'élève peut, soit favoriser son implication dans l'activité (C ou J), soit le guider étroitement (succession de nombreuses consignes de la catégorie R notamment) pour qu'il arrive au résultat prévu. Ce codage des consignes explicites conduit l'enseignant à s'interroger sur les activités que l'élève sera amené à réaliser et sur les démarches qu'il pourra mettre en œuvre pour réaliser la tâche qui lui est demandée.

Il peut être éclairant de tracer les représentations graphiques de la chronologie des consignes ainsi codées : ceci permet de comparer aisément les démarches d'enseignement correspondantes (cf. figure 1).

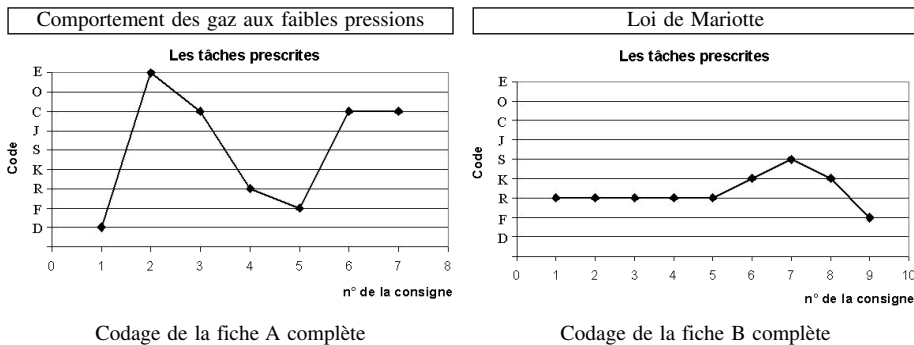


Figure 1

2.3. Repérer et identifier les objectifs d'apprentissage

Le second outil liste les différents objectifs d'apprentissage (cf. figure 2) auxquels participe la séance de TP, c'est-à-dire les savoirs et savoir-faire que l'enseignant, dans cette séance, vise à faire apprendre aux élèves. Ces items sont structurés selon trois catégories qui prennent en compte les apprentissages en termes de contenus (savoirs) en plus des apprentissages de méthodes ou savoir-faire liés à un appareil ou un protocole et de méthodologie de démarches scientifiques (ces deux dernières catégories se retrouvant dans la grille proposée avec les programmes de physique et chimie [2]).

<p>Contenu (savoirs)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Connaître des objets, des phénomènes, des faits • Connaître une théorie, un modèle théorique représentatif, un concept • Connaître le principe d'un protocole
<p>Méthodes ou savoir-faire liés à un appareil, un protocole</p> <ul style="list-style-type: none"> • Savoir utiliser un instrument, un appareillage de laboratoire • Savoir mettre en œuvre un protocole standard • Savoir utiliser une méthode quantitative d'analyse de données
<p>Méthodologie de démarches scientifiques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Savoir imaginer une expérience répondant à un objectif précis • Savoir mettre en relation des objets ou événements avec des théories ou des modèles • Savoir tester un modèle (pertinence, limite de validité, etc.)

Figure 2 : Extrait du formulaire des objectifs d'apprentissage.

Pour chaque séance de travaux pratiques l'enseignant doit pouvoir ainsi repérer et identifier les apprentissages qu'il vise pour les élèves. Il peut alors s'interroger sur leur nombre et sur la cohérence avec les types de consignes qui figurent sur la fiche.

3. OBSERVER LE TRAVAIL DES ÉLÈVES DANS DES ENREGISTREMENTS VIDÉOS ET ANALYSER LEURS PRODUCTIONS

Le travail de recherche effectué en amont a reposé sur l'expérimentation de séances de travaux pratiques élaborées par l'équipe. Celles-ci ont été conçues de manière à favoriser la diversité des types de tâches, en particulier des tâches exigeantes sur le plan cognitif, telles que prévoir un résultat, argumenter, formuler une hypothèse, etc. Une analyse du travail de l'élève à partir des enregistrements vidéos réalisés en classe et de l'ensemble des copies relevées pour une séance de travaux pratiques de mécanique du niveau de première scientifique a fait l'objet d'un précédent article dans le BUP [8]. Un travail analogue a été réalisé pour deux autres séances : « Association de conducteurs ohmiques » (niveau seconde option MPI ou niveau première S) et « Conduire un protocole de dosage de manière raisonnée » (niveau première S).

Les analyses de ces séances construites pour favoriser l'établissement, par les élèves, de liens entre expérience et théorie amènent aux mêmes conclusions :

- ◆ les élèves expriment leurs connaissances / conceptions et les confrontent à celles de leur coéquipier ;
- ◆ confrontés à des tâches qui les impliquent, ils construisent dans l'interaction des réponses argumentées en faisant de nombreux liens entre la situation expérimentale et la théorie ;
- ◆ les démarches qu'ils mettent en œuvre sont riches et variées.

Le TP « association de conducteurs ohmiques » permet d'en donner un exemple.

En réponse à la consigne « prévoir comment varie l'intensité du courant dans le circuit (schématisé ci-contre) lorsqu'on augmente ou diminue la valeur de la résistance R », les élèves (Florian et Thomas) proposent chacun leur raisonnement comme l'indique l'extrait de dialogue ci-dessous.

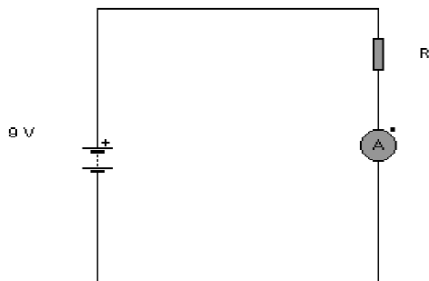


Figure 3

T : Si, si par exemple on augmente R , elle va arrêter moins, elle va arrêter beaucoup plus de courant donc l'intensité va diminuer.

F : Oui, puisque c'est une division ($I = U / R$), donc c'est normal, c'est évident.

T : Je sais pas.

F : Ça paraît logique, c'est ce qu'on a appris non ? [...].

T : Si R augmente et est beaucoup plus gros, par exemple, admettons, on va dire que I c'est un missile et que R c'est un mur.

F : Ben voilà [...]

T : Si on grossit R, le mur il va grossir donc le mur sera beaucoup plus gros, le missile va avoir beaucoup plus de mal à traverser le mur, voilà c'est ça.

F : Ouais, ouais ouais.

Puis Thomas et Florian se mettent d'accord sur la réponse dans laquelle, pour le professeur, peu d'indices subsistent de leurs raisonnements (cf. figure 4).

Si on augmente ou si on diminue la valeur de R prévoir comment va varier l'intensité I_0
 Si on augmente la valeur de R, l'intensité I_0 va diminuer
 Si on diminue la valeur de R, l'intensité I_0 va augmenter.
 En effet une résistance sert à limiter le passage du courant

Figure 4

Les extraits vidéos qui ont été sélectionnés éclairent le professeur sur le travail effectif des élèves : ils permettent d'accéder aux représentations des élèves, de suivre l'argumentation qu'ils développent pour convaincre leur équipier, d'étudier le rôle de l'expérience, de la simulation, pour valider (ou invalider) une prévision, etc. et, lorsque les données recueillies le permettent, de rendre compte de la variété des démarches des différents binômes d'élèves.

4. EN CONCLUSION : UN CÉDÉROM SUPPORT DE FORMATION ET D'AUTOFORMATION

Dans le cédérom ainsi réalisé, nous avons présenté les outils d'analyse (grille de caractérisation des tâches prescrites et formulaire des objectifs) et explicité les choix qui ont prévalu à la construction des séances de TP. Nous y avons également intégré des extraits des enregistrements vidéos recueillis en classe (accompagnés de leur transcription) et des extraits de copies.

L'ensemble de ces outils a été mis en œuvre dans huit IUFM⁽⁴⁾, en formation continue et en formation initiale (PLC2 physique-chimie, PLP2 mathématiques-sciences, PLC1 en préparation à l'épreuve sur dossier du CAPES de physique-chimie). Les équipes de formateurs ont intégré les documents du cédérom dans leurs modules de formation, adaptant leurs usages aux conditions locales de chacun⁽⁵⁾. De ces expériences très variées, il ressort que les utilisations peuvent se regrouper sous deux grands thèmes,

(4) Cette expérimentation, soutenue par la « Mission formation » de l'INRP, s'est déroulée pendant l'année scolaire 2004-2005.

(5) Pour des analyses et des bilans d'expérimentation voir [11-12].

correspondant à deux objectifs principaux de formation :

- ◆ l'analyse des démarches d'enseignement ;
- ◆ le travail sur les conceptions et sur le raisonnement des élèves.

Les enseignants en formation découvrent aussi, à travers les enregistrements vidéos, une partie du travail des élèves qui est difficile à observer par le professeur quand il enseigne dans sa classe et prennent conscience de la variété des cheminements et des raisonnements des élèves lorsqu'ils ont un espace d'autonomie.

L'intérêt du cédérom est donc de réunir une grande variété de ressources et de documents dont les usages croisés permettent des combinaisons multiples et adaptables à différents objectifs de formation. Ce support permet aussi une libre exploration à tout enseignant de physique et de chimie qui s'interroge sur ses pratiques, sur la façon de d'impliquer ses élèves dans les activités expérimentales ou qui est curieux de leurs modes de raisonnements.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BÉCU-ROBINAULT. Activités de modélisation des élèves en situation de travaux pratiques traditionnels : introduction du concept de puissance. *Didaskalia*, 1997, 11, p. 7-38.
- [2] BOEN hors série n° 6 du 12 août 1999. Programmes de physique-chimie de la classe de seconde.
- [3] CHAUVET F. Une simulation pour explorer un modèle cinétique de gaz en seconde. *Bull. Un. Prof. Phys. Chim.*, juillet-août-septembre 2004, vol. 98, n° 866, p. 1091-1105.
- [4] GAIDOZ P., VINCE J. et TIBERGHEN A. Aider l'élève à comprendre le fonctionnement de la physique et son articulation avec la vie quotidienne. *Bull. Un. Prof. Phys. Chim.*, juillet-août-septembre 2004, vol. 98, n° 866, p. 1029-1042.
- [5] LAUGIER A. La démarche d'investigation au collège : du déjà vu ou une (R)évolution annoncée ? *Bull. Un. Prof. Phys. Chim.*, juillet-août-septembre 2004, vol. 98, n° 866, p. 1043-1056.
- [6] MILLAR R., LE MARÉCHAL J.-F. et BUTY C. A map for characterising the variety of labwork in Europe *Working paper 1*. European Project: Labwork in Science Education, 1998, (Contract No. ERB-SOE2-CT-95-2001).
- [7] RICHOUX H. Instruments et techniques dans l'enseignement de la physique au lycée : quelle image à travers les travaux pratiques ? In *Actes JIES XXIII*, Chamonix, 2002.
- [8] RICHOUX H., SAINT-GEORGES M. et CRIADO M.-T. Mais que font donc nos élèves pendant les séances de travaux pratiques ? *Bull. Un. Prof. Phys. Chim.*, juillet-août-septembre 2004, vol. 98, n° 866, p. 1107-1120.
- [9] RICHOUX H., SAINT-GEORGES M. et SIMON C. Concevoir et analyser les activités expérimentales en sciences physiques - Une démarche centrée sur l'observation des élèves. Cédérom publié par l'INRP, 2005.

- [10] ROBARDET G. Quelle démarche expérimentale en classe de physique ? Notion de situation problème. *Bull. Un. Phys.*, juillet-août-septembre 2001, vol. 95, n° 836, p. 1173-1190.
- [11] SAINT-GEORGES M., RICHOUX H. et SIMON C. Des outils pour aider les professeurs stagiaires de sciences physiques à analyser et concevoir des séances de travaux pratiques. In *Actes des journées de l'ARDIST*, octobre 2003, Toulouse.
- [12] SAINT-GEORGES M., RICHOUX H. Utiliser en formation des vidéos d'élèves : quels apports pour les enseignants ? In *Actes des journées de l'ARDIST*, octobre 2005 (à paraître), Lyon.
- [13] VIAU R. *La motivation en contexte scolaire*. De Boeck - Pratiques pédagogiques, 2003.

Les formateurs (outre les auteurs) engagés dans l'expérimentation

- ◆ IUFM d'Aix-Marseille : Jean-Marie BOILEVIN ; Michèle CLÉMENTE.
- ◆ IUFM d'Auvergne : Elyane YACINE.
- ◆ IUFM de Créteil : Sophie CANAC ; Béatrice JOUIN.
- ◆ IUFM de Midi-Pyrénées : Alain RABIER.
- ◆ IUFM de Paris : Josette MAUREL.
- ◆ IUFM des Pays de la Loire : Philippe BRIAUD ; Armelle MANCEAU.



Hélène RICHOUX

Professeur de sciences physiques au lycée Marcel Pagnol à Athis-Mons (Essonne), associée à l'IUFM de Versailles, détachée à mi-temps auprès de l'INRP, coordonne depuis quelques années des projets de recherche associant l'INRP et l'UMR ICAR.



Monique SAINT-GEORGES

Maître de conférences en physique à l'IUFM du Limousin intervient en formation des PLC2 de physique-chimie et participe aux projets de recherche INRP/UMR ICAR.



Christiane SIMON

Professeur de sciences physiques au lycée Jean-Jacques Rousseau à Sarcelles (Val d'Oise), est associée depuis plusieurs années aux projets de recherche INRP/UMR ICAR.