

DE L'OBSERVATION DE PRATIQUES EXPERIMENTALES EN PHYSIQUE A DES PROPOSITIONS ARGUMENTEES DE PISTES D'ACTIVITES NOVATRICES.

Pr. Saliou KANE

Laboratoire de Didactique des Sciences Expérimentales (LARDISE),
Faculté des Sciences et Technologies de l'Éducation et de la Formation
(FASTEF), Université Cheikh Anta Diop, BP 5036 Dakar- Sénégal.
E-mail : salkane@refer.sn Téléphone : 221 77 643 43 72

RESUME

Dans ce travail nous présentons des propositions d'innovations dans le domaine de l'expérimental en physique et chimie suite à l'observation et à l'analyse des pratiques expérimentales des enseignants du secondaire.

Dans une publication récente (KANE, 2011), nous avons rendu compte des pratiques expérimentales déclarées par les enseignants et confortées par les points de vue de leurs élèves. Ce travail a permis de connaître les intentions, les positions épistémologiques et pédagogiques des enseignants dans le domaine de l'expérimental

Pour dépasser les déclarations des enseignants, les opinions des élèves et saisir la réalité dans toute sa complexité, nous procédons à des observations de classes lesquelles permettant de voir « in vivo » des exemples concrets de réalisations de séances expérimentales.

Notre étude a révélé une certaine cohérence entre les déclarations des enseignants et leurs pratiques au sujet des activités expérimentales.

La synthèse des résultats obtenus nous amène à proposer des innovations dans le but d'améliorer l'efficacité des pratiques expérimentales au profit des apprentissages.

Dans la partie théorique nous rappelons brièvement quelques apports récents de la recherche en didactique sur l'analyse et la conception des activités expérimentales, fournissant ainsi un cadre de référence pour la conception et l'analyse de propositions d'innovations. Ces propositions articulent des axes didactique et pédagogique.

Mots clés : innovations, analyse des pratiques expérimentales, pratiques expérimentales déclarées, observations de classes, axes didactique et pédagogique.

1 INTRODUCTION

L'élaboration et la validation des modèles ou des théories scientifiques s'appuient principalement sur l'expérience.

L'apprentissage des démarches qui conduisent à l'élaboration du savoir doit être un objectif prioritaire de l'enseignement pour forger une image correcte des sciences chez les apprenants. L'enseignement des sciences expérimentales comme la physique ne peut se restreindre à la présentation de résultats. Or le constat est que dans l'enseignement secondaire, les activités expérimentales semblent être orientées en priorité vers la présentation des concepts et des lois aux élèves, s'écartant ainsi des démarches scientifiques.

Nous nous sommes alors interrogés sur les points de vue des enseignants sur l'importance à accorder aux activités expérimentales et sur le rôle de celles-ci dans l'apprentissage de la physique.

Dans un passé récent nous avons interrogé les acteurs de classes, les enseignants et leurs élèves. Les déclarations des premiers confortées par les opinions des seconds ont permis de cerner les choix des enseignants, les objectifs poursuivis dans les activités expérimentales et leurs positions épistémologiques et pédagogiques dans le domaine de l'expérimental. Ce travail a fait l'objet d'un article publié dans RADISMA (KANE, 2011).

Dans le présent travail, pour dépasser les déclarations et fonder des propositions justifiées permettant de donner du sens aux activités expérimentales, nous procédons à des observations de classes en situation réelle.

QUESTION DE RECHERCHE

Le problème est de savoir : comment, à partir d'une analyse des pratiques expérimentales des enseignants, poser les bases sur lesquelles nous pouvons bâtir des innovations et procéder à leur analyse, condition nécessaire à leur évaluation ?

2 CADRE CONCEPTUEL.

La revue de la littérature sur les concepts de la didactique actuelle caractérisant les activités expérimentales et sur les fondements épistémologiques de la place et du rôle des activités expérimentales dans l'enseignement des sciences physiques a été développée dans un travail antérieur (KANE, 2011). Nous ne reprendrons pas l'intégralité de ce travail. Dans cette partie sont

rappelées quelques définitions de concepts didactiques clés qui seront utilisés dans la suite.

- ***Les objectifs conceptuels/ procéduraux/ épistémologiques.***

La notion d'objectif est élargie en considérant que l'apprentissage sert non seulement à acquérir des connaissances mais aussi des procédures. Les didacticiens ont introduit les concepts de savoirs conceptuels, savoirs procéduraux et de savoirs épistémologiques (SRE, 1998, 2001).

Les objectifs conceptuels

Les objectifs conceptuels portent sur les savoirs conceptuels lesquels ont trait aux connaissances ou savoirs théoriques. Dans de nombreux TP qui consistent à vérifier une loi, ou à en trouver une qui est parfaitement connue d'avance, on peut dire que la pratique est au service de la théorie, donc des savoirs conceptuels (HUCKE et FISCHER. 1998). Inversement on peut se demander comment mettre les savoirs conceptuels au service de la pratique pour améliorer l'efficacité des activités expérimentales. Des chercheurs ont développé l'idée qu'il existe des TP où, au contraire, la théorie est au service de la pratique. On peut en effet trouver des manipulations où, pour agir, les étudiants sont forcés en quelque sorte d'utiliser les concepts. En comprenant et en manipulant des appareils "chargés de théorie", l'élève peut utiliser de nombreuses notions théoriques, plutôt que de les vérifier. C'est pourquoi, la toute première phase des TP ne devrait pas être négligée. L'identification des appareils ainsi que les choix qui ont été faits par les concepteurs de l'expérience devraient être approfondis, étudiés et justifiés. Ici le savoir théorique est utilisé et il produit un savoir pratique qui peut être emmagasiné lors de situations où l'étudiant devra s'organiser lui-même.

Les objectifs procéduraux

Les objectifs procéduraux sont relatifs aux procédures c'est-à-dire aux savoir-faire et aux méthodes

Les savoirs procéduraux sont par essence des savoirs pratiques, en ce sens qu'ils permettent la conception des expériences et

qu'ils rationalisent l'action. Il existe une grande variété de procédures : réalisation de montages, mesures diverses (SERE et al 1997, 2001 ; BENEY, 1998).

Les objectifs épistémologiques :

Les savoirs épistémologiques correspondent aux attitudes envers la science (SERE et al, 2001).

La question est ici d'étudier le lien entre l'expérimentation et la formation du jugement des élèves sur ce qu'est la science, en d'autres termes de rechercher ces *attitudes* et *conceptions épistémologiques*, à l'occasion d'expériences.

- **Des enjeux d'apprentissage pour les activités expérimentales.**

Un groupe d'experts (LARCHER et al, 1998) a proposé de modifier le déroulement des TP en variant ce qu'il appelle leur "enjeu". Habituellement pour l'élève, comme nous l'avons montré à plusieurs reprises, les séances sont organisées autour de l'appropriation d'une loi, par le biais de la vérification ou de l'application. Il est proposé ici de leur faire mener des activités avec d'autres "buts", terme réservé à l'usage des élèves et n'ayant pas connotation d'objectifs, au sens pédagogique du terme. Ces enjeux très variés consistent par exemple à permettre aux élèves de comprendre qu'ils travaillent sur des modèles, qu'il y a plusieurs façons d'exploiter des données, qu'il existe des choix quand on veut recueillir des données. On peut aussi leur demander d'imaginer un montage et une expérience pour répondre à un problème que pourrait se poser un ingénieur.

Aussi, pour construire l'image de la discipline, il faut différents enjeux : comparer des modèles, des méthodes, des techniques, rechercher le champ d'application d'une loi, et aussi mesurer une grandeur physique, exploiter des données pour parvenir à un résultat, etc.

3 MATERIEL ET METHODE.

La méthodologie consiste à observer des activités expérimentales telles qu'elles existent actuellement : séances de TP, d'expériences de cours et TP-cours.

Nous considérons qu'une séance de TP c'est une suite d'événements "dans la tête des élèves" et avec utilisation de leurs mains. Nous n'avons pas d'accès direct à ce que les élèves pensent. D'autre part ce qu'ils font avec leurs mains est un signe dont on ne peut qu'inférer la signification. Pour ces événements on dégagera donc des indicateurs au fur et à mesure de l'observation.

Prioritairement ce sont les élèves qui seront observés. Mais dans cette recherche d'indicateurs ce que le professeur dit et fait, fournira aussi des informations. On ne l'observera pas en tant que tel mais les indicateurs qu'il nous fournit participent à la compréhension de ce qui se passe et de la succession des événements.

On veut encore dire que les observations des activités expérimentales ont une double signification : ce n'est pas l'observation seule des gestes en tant que telle qui fournit des indicateurs, on dispose de plus de l'expression personnelle des élèves à l'occasion des discussions de groupes, des réponses à la sollicitation de l'enseignant au cours de la séance de manipulation. Les prises de parole des élèves et les choix qu'ils font seront privilégiés comme particulièrement significatifs. Un type d'événements qui sollicite la pensée de l'enseignant et celle de l'élève, est constitué des événements imprévus, comme par exemple une expérience qui "rate". Nous les étudierons particulièrement.

Par ailleurs le repérage et la sélection d'indicateurs sont influencés par les premiers résultats concernant l'état des lieux. Nous chercherons à repérer les objectifs explicites ou cachés, poursuivis par l'enseignant. Nous chercherons à repérer tout type d'activité intellectuelle proposée aux élèves, sachant d'ores et déjà que c'est la vérification de loi qui est la plus fréquente. Nous mettrons ainsi à l'épreuve les concepts didactiques que nous avons passés en revue dans la partie théorique.

Au total les directions principales d'analyse des observations seront :

- la recherche d'indicateurs des objectifs visés, explicites ou implicites, annoncés aux élèves ou non,
- la recherche d'indicateurs des enjeux,

- la gestion des imprévus par l'enseignant,
- les initiatives prises par les élèves, s'il y en a,
- la prise de parole par les élèves (prise spontanée de la parole et prise de parole par suite de la sollicitation de l'enseignant),
- l'expression de représentations des élèves ou de leurs idées sur les activités expérimentales ou la physique.

La sélection des indicateurs a permis de mettre au point la grille d'observations ci-après.

GRILLE D'OBSERVATION DE SEANCE D'ACTIVITES EXPERIMENTALES.

Date : **Classe :**

Thème de l'activité :

Professeur

prestataire :

Cochez la case correspondant à votre appréciation

Direction d'analyse		Appréciations		
		OUI	NON	NR
Enjeu (x)	Vérification d'une loi ou d'un modèle			
	Appropriation (construction) d'une loi			
	Pratique de la démarche scientifique			
	Comparaison de méthodes expérimentale			
	Comparaison de modèles			
	Mise au point d'un protocole			
	Autre			
	Autre			
Objectif (s)	Conceptuels			
	Procéduraux			
	Epistémologiques			
Activités élèves	Pensée puis action			
	Essais-erreurs, initiatives			
	Exécution de tâches, suivi d'un protocole donné par le professeur			
Interactions élèves-élèves	Conflits, débat d'idées, argumentation			

Interaction professeur - élèves	Prise de parole, questionnements, Réponses des élèves			
	Guidage du professeur			
Gestion des imprévus par le professeur	Manque d'initiative			
	Prise de décision			

NR = non réponse (cas où on ne peut affirmer oui ou non)

Commentaires (à rédiger) :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4 RESULTATS D'OBSERVATIONS - ANALYSE ET DISCUSSIONS.

Une quinzaine de séances d'activités expérimentales ont été observées. Nous en exposons deux qui nous semblent assez représentatives de la situation actuelle de l'enseignement expérimental au lycée : une séance d'expériences de cours en chimie et une de TP-cours en physique. Seront présentés le déroulement de chaque séance et l'analyse que nous en faisons selon les directions que nous avons précisées.

4.1 Observation d'expérience de cours : Solutions aqueuses acides en 2^{de} S.

Nous classons cette séance dans la catégorie expérience de cours, car elle constitue un cours complet pendant lequel les élèves participent aux manipulations à la paillasse du professeur.

Thème	Classe	Organisation	Etablissement
Solution aqueuses acides	2ème S	Expérience de cours Classe de 44 élèves	Lycée Saydou Nourou Tall

➤ **Déroulement de la séance.**

I Rappels introductifs et classification de quelques solutions aqueuses.

Le professeur (noté P dans la suite) commence par faire rappeler quelques notions clefs : solvant, soluté, solution aqueuse. Il aborde la classification de quelques solutions aqueuses par *un test au bleu de bromothymol (BBT)*. Celui-ci est inconnu des élèves (E).

Le professeur présente un flacon contenant du BBT.

P : vous avez vu ici du BBT, quelle est sa couleur ?

E₁ : bleu !

La solution présentée était effectivement bleue, car elle n'avait pas sa teinte sensible, le vert. Probablement l'eau utilisée pour la préparation du BBT était basique.

P : on va utiliser le BBT pour tester des solutions.

Le professeur explique le principe du test et en donne un exemple, en ajoutant quelques gouttes de la solution à tester dans un tube à essais contenant quelques millilitres d'une solution de BBT.

Un problème de procédure se pose, car on peut se demander pourquoi verser quelques gouttes de la solution à tester dans un grand volume de BBT et non l'inverse quand on sait qu'un indicateur coloré est généralement un acide faible ou une base et peut par conséquent influencer sur le pH du milieu lorsqu'il est en grande quantité .

Après cet exemple de test, le professeur introduit du BBT dans 7 tubes à essais et propose aux élèves de tester les milieux aqueux suivants : solution de cendre, de soude, de citron, de bissap (oseille), de chlorure de sodium, de chlorure d'hydrogène et d'eau distillée.

Après quelques consignes (prise de notes), le professeur invite un élève à venir réaliser le premier test.

Le premier élève (E_2) prend la solution de citron et en verse quelques gouttes dans la solution de BBT comme indiqué par le professeur.

P : Qu'est qu'on observe ?

E_2 : il y a changement de couleur.

P : il y a changement de couleur, pouvez-vous être plus précis ?

E_2 : la couleur de la solution a changé.

P : c'est la couleur du BBT qui a changé.

Le professeur impose son point de vue : quels arguments permettent de dire que c'est le BBT qui a changé de couleur et non la solution ?

Rappelons que la couleur observée est due à une absorption. Ici la solution, devenue jaune, indique une absorption de radiation autour du bleu.

E_2 : le BBT est devenu jaune.

P : le BBT est devenu jaune.

Le professeur soulève le support contenant les tubes pour faire constater le changement de couleur.

P : vous allez tester les autres solutions.

Les élèves viennent successivement à la paillasse du professeur pour tester chacun une solution. Le professeur fait dire à la classe la couleur obtenue pour chaque test. Sur la paillasse du professeur les solutions testées sont dans des tubes à essais disposés sur un porte-tubes.

P : quelle remarque peut on faire ? (gêne des élèves)

Obtient-on la même couleur ?

E_3 : pour certaines solutions la couleur bleue du BBT n'a pas changé.

Il y a là un problème de procédure : la réponse de l'élève E_3 se comprend. Pour éviter d'induire les élèves en erreur il aurait fallu partir de la teinte sensible du BBT qui est le vert et non d'une solution basique de BBT qui est bleue. Le professeur a fait preuve d'un manque de savoir procédural.

P : en fait la couleur initiale du BBT n'était pas réellement bleue mais vert.

Il aurait fallu dire les choses telles qu'elles sont dès le début.

Dans la suite le professeur récapitule en pointant du doigt les tubes disposés sur le porte-tubes :

- la solution de cendre est bleue en présence de BBT,
- la solution de citron est jaune,
- la solution de bissap est jaune,
- la solution de soude est bleue,
- la solution de chlorure de sodium est verte,
- la solution de chlorure d'hydrogène est jaune.

Puis le professeur donne des définitions :

P : les solutions dont la couleur est bleue en présence de BBT sont des solutions basiques. Les solutions dont la couleur est jaune avec le BBT sont des solutions acides. Les solutions dont la couleur est verte avec le BBT sont neutres (ni acides, ni basiques).

Le professeur distribue une feuille à remplir, où les tubes sont déjà dessinés avec au dessus les noms des solutions testées. Les élèves colorent les solutions contenues dans les tubes en fonction des observations faites. Le professeur enchaîne : dans la suite nous allons nous intéresser aux solutions acides.

II Etude d'une solution acide, la solution chlorhydrique.

a) Préparation du chlorure d'hydrogène

Le professeur commence par présenter le dispositif. Il fait le schéma au tableau de l'action de l'acide sulfurique concentré sur le chlorure de sodium. Il nomme les produits à utiliser.

P : vous avez le schéma sur la feuille qui vous est distribuée ; il s'agira de l'annoter. Mais suivez, vous complétez le schéma après.

Puis le professeur fait la préparation sur sa paillasse. Les élèves assistent à la préparation.

P : pourquoi peut-on recueillir le gaz chlorhydrique par déplacement d'air ?

E₃ : la masse volumique de HCl est supérieure à celle de l'air.

P : Qu'est ce que la masse volumique ?

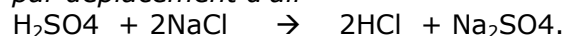
E₃ : c'est la densité.

P : oui.

[Le professeur laisse passer une approximation. Il manque peut-être de recul par rapport aux réponses des élèves.]

Le professeur dicte

Le chlorure d'hydrogène est obtenu par action de l'acide sulfurique concentré sur des cristaux de NaCl. Le gaz est recueilli par déplacement d'air



Les élèves annotent le schéma de la préparation sur la feuille qui leur est distribuée (Annexe 09).

b) La structure du chlorure d'hydrogène :

Le professeur donne des éléments de cours : structures de Lewis de H, de Cl et de HCl; liaison polarisée.

P : Le chlorure d'hydrogène gazeux est composé essentiellement de molécules HCl.

P : quelle est la structure de Lewis de H? de Cl? Qu'est ce qu'on peut dire sur la liaison covalente? Est ce qu'il n'y a pas une caractéristique?

E : c'est une liaison polarisée.

P : la liaison covalente entre l'atome d'hydrogène et l'atome de chlore est une liaison polarisée.

c) Les propriétés physiques du chlorure d'hydrogène.

Le professeur dicte : " Le chlorure d'hydrogène est un gaz incolore, d'odeur piquante. Sa densité par rapport à l'air est de 1,26. Il est plus dense que l'air ".

P : comment calculer la densité du chlorure d'hydrogène?

E₃ : on fait le rapport de sa masse volumique sur la masse volumique de l'air pris dans les mêmes conditions.

P : on fait le rapport M/29.

On remarque que le professeur passe très vite, ne donne pas de consignes de sécurité pour la manipulation et l'utilisation des gaz toxiques, et n'exploite pas cette dernière réponse, qui du reste est juste.

P : maintenant on va essayer de voir comment obtenir la solution chlorhydrique.

d) Expérience du jet d'eau.

Le professeur présente le matériel : cuve à eau, ballon rempli de chlorure d'hydrogène et muni d'un tube à dégagement.

Après avoir introduit quelques gouttes d'eau dans le ballon initialement rempli de gaz chlorhydrique, il agite celui ci tout en maintenant bouché par le doigt puis il le retourne dans la cuve contenant de l'eau et quelques gouttes de BBT.

Le tube étant débouché, rien de spécial ne s'est produit contrairement à ce que les élèves auraient pu attendre : L'EXPÉRIENCE A ÉCHOUÉ. Le professeur, qui avait pris la précaution d'amener plusieurs ballons remplis de chlorure d'hydrogène reprend l'expérience : ÉCHEC À NOUVEAU! Au troisième essai, le tube étant débouché, un violent jet d'eau envahit le ballon.

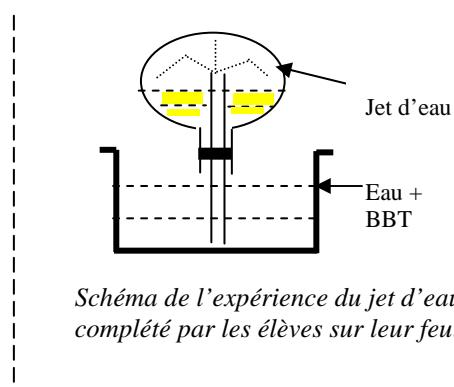


Schéma de l'expérience du jet d'eau tel que complété par les élèves sur leur feuille.

On peut dire ici que le professeur a été prévoyant. Il avait prévu que l'expérience peut rater et il a bien géré l'échec puisqu'il a disposé du matériel nécessaire pour recommencer l'expérience. Il interprète ensuite les faits observés par l'extrême solubilité du chlorure d'hydrogène dans l'eau, sans toutefois faire la différence entre l'expérience «ratée » et l'expérience réussie. Aussi les élèves n'ont rien retiré de cette suite d'événements. .

Il demande aux élèves d'annoter le schéma de l'expérience du jet d'eau de leur photocopié.

➤ **Analyse de la séance.**

- **Les objectifs :**

Des objectifs conceptuels ont été poursuivis : rappels et consolidation des notions de solution, solvant, soluté et

acquisition des concepts de solution acide, solution basique et solution neutre ; structures de Lewis, liaison de covalence.

En revanche, le professeur laisse passer des erreurs sur d'autres notions (masse volumique et densité).

Quelques tâches ont été réalisées : prélever des solutions, les faire agir sur le BBT, noter les résultats, etc. Il y a donc eu également des objectifs procéduraux.

Il n'y a pas eu d'objectif de sécurité car l'occasion a été manquée par le professeur de sensibiliser les élèves sur les conditions de manipulation et d'utilisation des gaz toxiques.

L'introduction de produits de la vie quotidienne peut être interprétée comme un objectif épistémologique, non précisé et implicite : la chimie permet de comprendre la vie quotidienne.

- **L'enjeu.**

L'enjeu est une application de concepts et de procédures à des produits quotidiens.

- **La conduite de la séance par le professeur et ses activités.**

Dans l'ensemble, la séance a été encadrée : elle a été conduite par le professeur avec peu de liberté laissée aux élèves. Les actions réalisées par les élèves d'après les consignes du professeur ont été seulement de prélever des solutions, les faire agir sur le BBT, noter la couleur, les ranger suivant la couleur, compléter un document. Ils ont réalisé exactement les sollicitations du professeur. Leur initiative et leur expression personnelle n'ont pas été sollicitées avec même un manque d'attention à leurs réponses, même justes.

De par son expérience, le professeur a " prévu l'imprévu ", ou du moins ce qui apparaissait comme imprévu (l'expérience qui rate) pour les élèves. Cette situation intéressante a été gérée mais non exploitée.

En ce qui concerne l'utilisation et l'enseignement de procédures, comme c'est fréquent en chimie, nous avons vu que plusieurs procédures ont été utilisées, mais non mises en lumière. Il aurait été possible de sensibiliser les élèves et d'argumenter les choix méthodologiques : pourquoi verser quelques gouttes de la

solution à tester dans un grand volume de BBT et non l'inverse?
quels arguments militent en ce sens ?

- **Le comportement des élèves.**

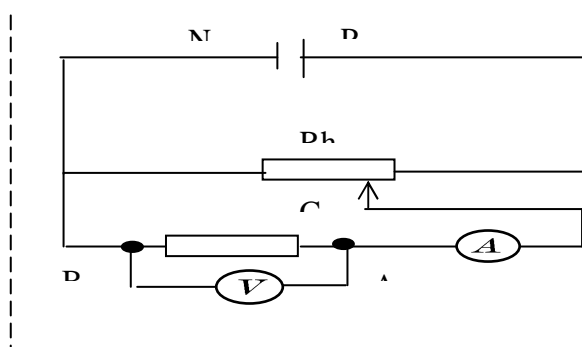
La recension précédente ne permet pas de commenter le comportement des élèves. Ils réalisent parfaitement ce que le professeur demande et on ignore leurs représentations et idées personnelles.

4.2 Observation d'expérience de TP- cours : loi d'ohm pour un conducteur ohmique

La séance observée « in vivo » que nous présentons ci-dessous est un TP-cours. Ces observations ont l'intérêt de montrer une séance d'électricité qui a pour caractéristique d'utiliser du matériel spécifique. On peut s'attendre à ce que les fonctions de familiarisation ainsi que les objectifs procéduraux soient plus importants que dans d'autres domaines. C'est ce que nous allons examiner à l'aide d'une observation.

Thème	Classe	Organisation	Etablissement
Loi d'Ohm pour un conducteur ohmique	2 ^{de} S	TP-Cours Classe de 45 élèves	Lycée Saydou Nourou Tall

➤ **Déroulement de la séance.**



I Introduction et présentation du montage expérimental.

Le professeur commence par un rappel sur le cours précédent et annonce le titre de la leçon du jour : *Etude expérimentale d'un conducteur ohmique.*

D'emblée il annonce :

P : pour faire l'étude expérimentale du conducteur ohmique nous allons faire varier la tension,

Il ne suscite pas l'expression personnelle des élèves, qui pourtant ont des idées.

P : Quel dispositif permet de faire varier U ?

E₁ : le montage potentiométrique.

P : Je vais représenter le montage potentiométrique.

Le montage est dessiné par le professeur, et non par les élèves.

P : Qui peut préciser la polarité de l'ampèremètre ? Quel est le signe de la borne reliée au curseur du rhéostat ?

Les élèves répondent correctement. Le professeur complète le schéma et indique le sens de branchement des deux appareils de mesure.

P : prenez le schéma.

Les élèves dessinent le schéma sur leur cahier. Le professeur dicte, les élèves prennent note.

P : On alimente le conducteur ohmique à étudier par une tension continue réglable d'un montage potentiométrique. Pour chaque position du curseur C, on lit un couple de valeurs (U, I)

II Réalisation de l'expérience.

Le professeur présente les appareils devant permettre de réaliser le circuit. Puis il réalise lui même le circuit en commentant au fur et à mesure ce qu'il fait. Il ferme le circuit.

Après avoir réglé l'intensité I du courant à zéro le professeur fait remarquer que :

Si le conducteur ohmique n'est pas traversé par un courant, la tension à ses bornes est nulle. Conclusion, le conducteur ohmique est un dipôle passif.

III Résultats des mesures.

En faisant varier la position du curseur du rhéostat le professeur fait remarquer que I et U varient simultanément.

A la demande du professeur trois volontaires vont au tableau : un relève I_{AB} , un autre U_{AB} , le troisième remplit le tableau de mesures.

Les élèves savent réaliser des tâches qu'on leur confie.

Les mesures effectuées sont vérifiées au fur et à mesure par le professeur. Le tableau de mesures suivant est obtenu :

$I_{AB}(10^{-3}A)$	0,0	60,0	50,0	43,0	32,0	25,5.	19,5.	6,5.
$U_{AB}(V)$	0,0	2,7	2,3	2,1	1,5	1,2	0,9	0,3

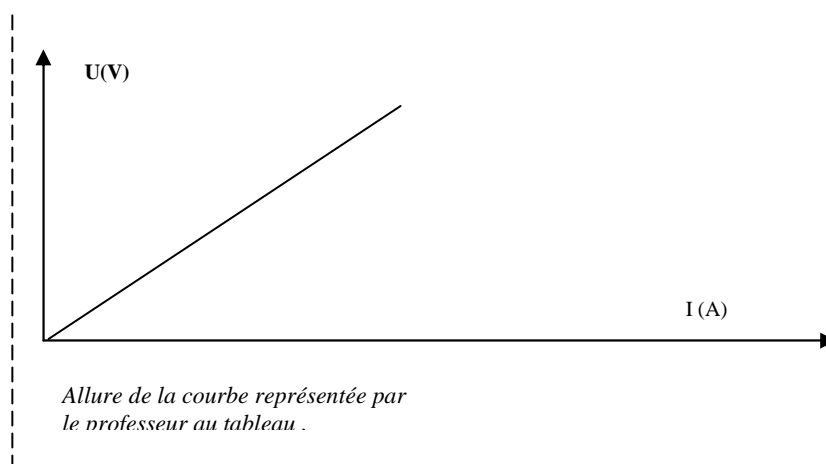
Un élève : *Est ce qu'on fait la même lecture si on utilise une autre déviation maximale ?*

Pour répondre à la question le professeur se propose de réaliser des mesures en utilisant des échelles différentes, le montage restant inchangé. Les mêmes résultats sont obtenus.

Après les premières mesures effectuées par les élèves, le professeur prend l'initiative de continuer lui même les mesures pour gagner du temps.

L'idée qu'il faut achever en classe ce qui est prévu dans sa préparation obnubile souvent le professeur et influe sur le déroulement du cours.

Les mesures de sécurité en électricité ont été rappelées.



IV Exploitation des résultats.

Le professeur met en titre : *Caractéristique intensité-tension.*

Après un bref commentaire du tableau de mesures le professeur demande :

P : Que dire de U et I ?

E₃ : quand I croît U croît. U est une fonction croissante de I .

P : Si on fait les rapports qu'est ce qu'on constate ?

Le professeur propose une exploitation des mesures : les élèves ne sont pas sollicités comme s'ils n'avaient rien à proposer.

Le professeur calcule les rapports lui-même sans attendre la réponse des élèves et trouve les valeurs : 45 ; 46 ; 45,1.

Sans demander l'avis des élèves, le professeur conclut :

P : On voit que U/I est pratiquement le même d'une mesure à une autre mais ce n'est pas exactement le même. Pour mieux établir la relation entre U et I nous allons tracer $U = f(I)$ ».

Le professeur fixe lui-même les échelles : en abscisse $10 \cdot 10^{-3}$ A pour 2 cm, en ordonnée 1V pour 2 cm.

Les élèves se mettent à tracer la courbe sur leur cahier. Elle a pour allure une droite passant par l'origine. Le professeur se déplace pour vérifier ce qu'ils font. S'étant rendu compte que seule la moitié de la caractéristique est obtenue, le demie droite positive, le professeur leur demande de compléter les mesures.

P : Maintenant il faut prendre les valeurs négatives ; il faut intervertir.

■ Analyse de la séance.

- Les objectifs

Les objectifs visés par le professeur sont d'ordre conceptuel :

- loi d'Ohm,
- résistance d'un conducteur ohmique.

On peut supposer qu'ils restent en grande partie implicites pour les élèves, puisqu'ils assistent au travail du professeur.

- L'enjeu

Il est seulement de vérifier une loi, car on ne peut réellement dire qu'il y a construction du modèle.

- La conduite de la séance et les activités du professeur.

Le professeur est le maître d'œuvre principal de la séance puisqu'il propose de faire varier la tension pour faire l'étude expérimentale puis d'utiliser un montage potentiométrique, pourtant connu des élèves. Il réalise le circuit et propose la méthode d'exploitation.

Pendant ces mesures, les caractéristiques des appareils n'ont pas été communiquées aux élèves même si le professeur, lui, a pris soin de tenir compte de ces caractéristiques pour bien mener l'expérience. Les limites à respecter pour l'intensité et la tension n'ont pas été portées à la connaissance des élèves. On peut donc dire que la méthodologie mise en oeuvre pour l'exploitation des résultats, ne permet pas de fournir des procédures aux élèves.

La décision de passer du calcul du rapport U/I au tracé de la courbe $U = f(I)$ a été prise par le professeur sans impliquer les élèves :

On voit que U/I est pratiquement le même d'une mesure à une autre mais ce n'est pas exactement le même. Pour mieux établir la relation entre U et I nous allons tracer $U = f(I)$.

Il y avait là la possibilité de laisser les élèves prendre une décision ou à défaut faire des propositions. Déjà le titre « caractéristique » proposée après les mesures présumait de la méthode d'exploitation que le professeur allait imposer. Même les échelles à utiliser pour le tracé des graphes ont été données par le professeur.

- Les activités, comportements et attitudes des élèves.

Au cours des relevés de mesures effectuées sur la paillasse du professeur, trois élèves sont interrogés et réalisent des tâches : lecture de déviation, calcul de l'intensité, report des valeurs au tableau. Mais il ne leur est pas demandé de parler. Ils n'utilisent

donc pas leurs propres mots et ne dévoilent aucune de leurs représentations. Les autres élèves suivent.

4.3 Synthèse des résultats - discussions.

Les observations de séances d'activités expérimentales permettent de faire les remarques suivantes :

- La séance de chimie, comme la plupart des TP-cours, a été conduite par le professeur avec comme objectif majeur l'acquisition de savoirs conceptuels. Des occasions ont été manquées par le professeur pour faire apprendre aux élèves des procédures et des mesures de sécurité.

On voit ici que ce type de séance n'a pas permis au professeur d'être attentif aux élèves qui ont des idées et qui sont peut-être prêts à s'engager dans d'autres pistes que celles qu'il a lui-même prévues. On peut se demander si la présentation des mêmes objectifs à travers d'autres enjeux, ne permettrait pas aux élèves de mieux profiter de ces séances en leur laissant plus d'initiative.

- En physique c'est une séance typique de TP-cours qui a été observée. Les élèves ont été menés et bien menés vers des objectifs conceptuels. Les procédures pour manipuler avec précaution les appareils électriques, relever des mesures, exploiter ces mesures n'ont pas été précisées aux élèves. Bien qu'utilisées, ces procédures n'ont sans doute pas été identifiées et retenues par les élèves. Encore une fois, le modèle qui a été fourni est représenté par une droite. Si l'enseignant l'avait souhaité, il aurait trouvé beaucoup d'occasions de laisser les élèves prendre des initiatives, de leur faire faire des tâches et même de s'exprimer librement, dévoilant ainsi leurs conceptions. Mais, manifestement, l'enseignant ne l'a pas souhaité.

On peut alors se demander si l'élargissement des objectifs ainsi que des enjeux différents, auraient pu apporter plus aux élèves. C'est là le choix de l'enseignant.

Ces résultats d'observations corroborent les conclusions de nos travaux antérieurs (KANE, 2011).

Pour l'essentiel les activités expérimentales visent l'acquisition de savoirs conceptuels par l'élève à travers l'enjeu classique « vérification de lois ».

Les élèves manquent d'autonomie et n'ont pas souvent l'occasion de faire preuve d'initiative.

Les représentations des élèves se manifestent à l'occasion des activités expérimentales, mais ne sont pas exploitées par les professeurs

Notre problème est de montrer aux enseignants d'autres possibilités pour les activités expérimentales en termes d'apprentissage.

5 PROPOSITIONS DE PISTES D'ACTIVITES EXPERIMENTALES NOVATRICES.

Les conclusions tirées des observations fournissent des éléments permettant de fonder des propositions, l'objet de ce travail étant la mise en œuvre d'une démarche innovante en collaboration avec des professeurs en formation.

Nous entendons concevoir et organiser les activités expérimentales de telle sorte que les élèves se posent réellement des questions, agissent et construisent leurs savoirs même dans le cas où l'enjeu est la vérification de lois. En tant que praticien de la recherche (KANE, 1986), nous aurons à distinguer des postures de « chercheurs novices » qui sont possibles à enseigner. Nous imaginons des situations où les élèves peuvent adopter et acquérir ces postures. Ainsi plutôt que de faire "consommer" des expérimentations aux élèves, ceux-ci seront amenés souvent à concevoir eux-mêmes leurs expérimentations à partir de questions que, certes nous les amenons à se poser, mais pour lesquelles les modèles que nous voulons qu'ils acquièrent, seront les solutions optimales.

Nous ne proposons pas d'innovations en termes d'expérience de cours ou de TP-cours mais plutôt en travaux pratiques, activités où les élèves sont plus impliquées.

5.1 Les choix didactiques et pédagogiques.

- ***Elargissement des enjeux d'apprentissage / autonomie des élèves.***

Nous avons cherché les concepts didactiques actuels qui peuvent être le support d'une rénovation des travaux pratiques

La première option est d'élargir les enjeux d'apprentissage en travaux pratiques et de ne plus se limiter à des objectifs conceptuels ; le champ des objectifs est élargi à ce que l'on appelle des objectifs procéduraux (touchant aux savoir-faire et aux méthodes) et aux objectifs épistémologiques (permettant aux élèves de se former une image de la science).

L'autre option forte est de favoriser l'autonomie des élèves et demander aux enseignants de leur laisser des initiatives pour réaliser les enjeux choisis. La notion pédagogique d'initiative qui s'exprime à travers le contrat didactique établi entre les acteurs de la classe et la fiche-élève est considérée comme un critère déterminant de réalisation des enjeux d'apprentissage en travaux pratiques.

- ***l'organisation de la classe / contrat didactique.***

Dans le cadre des innovations, l'organisation de la classe revêt ici une importance toute particulière.

Nous garderons les grandes lignes de l'organisation de la classe. Dans les lycées et collèges, elle correspond à la gestion des grands groupes dont les difficultés ont été étudiées depuis des années et qui constituent une réalité contraignante. Cependant nous pourrions également tester des séances de TP dans un Bloc Scientifique et Technologique, où les classes ont des effectifs raisonnables, soit vingt cinq élèves.

La classe est subdivisée en groupes de 6 à 8 élèves. Au sein d'un groupe, chaque élève est responsabilisé vis à vis de lui-même et vis à vis des membres du groupe, il est censé participer activement au travail, assurer le rôle qui lui est dévolu par le groupe, faire des suggestions, expliquer et argumenter.

Le rôle de l'enseignant est de guider les groupes, pour recentrer l'activité sur ses objectifs.

Il participe à la discussion et aide les élèves à s'écouter et à développer clairement leurs idées. Il les pousse à exprimer leurs divergences, les invite à confronter leurs idées et à les

argumenter. L'enseignant abandonne donc son rôle encyclopédique de diffusion du savoir.

Il anime et coordonne l'apprentissage des élèves, en les motivant, en les guidant, en les accompagnant dans leur construction progressive du savoir.

- ***La fiche de TP – élève et la fiche de TP professeur.***

Comme pour toute séance de TP une « fiche de TP élève » est remise à chaque groupe d'élèves en début de séance. Cette fiche est rédigée de manière à responsabiliser au maximum l'élève dans le déroulement. On y trouve la situation déclenchante, le travail que l'élève doit réaliser et le matériel.

La situation déclenchante correspond à ce qui est convenu d'appeler situation-problème.

Rappelons, à ce propos, que la situation-problème fait partie d'une démarche pédagogique qui s'inscrit dans le paradigme socio-constructiviste de l'apprentissage. Son objectif est la construction d'un nouveau savoir ou savoir-faire par l'élève lui-même. L'enseignant propose aux élèves une question construite autour d'un problème concret présentant un caractère énigmatique. Face à une situation initiale problématique, et avant toute manipulation expérimentale, les élèves formulent des hypothèses, ce qui les oblige à dévoiler leurs représentations. Ils conçoivent ensuite un protocole expérimental, puis réalisent les expériences qui vont permettre de tester leurs hypothèses. La confrontation des résultats constatés avec les résultats attendus permet de valider ou d'infirmer les hypothèses. Ainsi, les activités d'apprentissage qui permettent de répondre à une situation-problème font généralement apparaître les phases essentielles repérées par les chercheurs pour la démarche expérimentale. Toutefois il faut reconnaître la complexité du concept de situation-problème. Plusieurs essais nous ont permis de constater que les enseignants ont d'énormes difficultés pour imaginer des situations-problèmes répondant aux exigences des chercheurs (ROBARDET, 1990 et 2001). Dans nos propositions d'innovations, à la place d'une situation-problème c'est une situation déclenchante qui sera présentée à l'élève pour l'engager dans un processus d'appropriation du savoir. Nous appellerons situation

déclenchante une « question première », souvent tirée du vécu quotidien de l'élève, pour laquelle il n'a pas au départ la réponse et qui est suffisamment attrayante pour susciter en lui le besoin d'apprendre.

Outre la situation déclenchante ou le problème à étudier, sur la fiche de TP élève sont indiqués le travail à réaliser et une rubrique « matériel ».

Le travail que doivent réaliser les élèves reste défini par le professeur, comme il l'est généralement, mais il ne correspond plus à une suite de tâches ponctuelles à exécuter comme dans les TP classiques.

Les informations données dans la rubrique « matériel » dépendent des activités visées par le professeur dans la séance de TP. Pour certaines activités, le matériel nécessaire devra être identifié et listé par chaque groupe ; dans ce cas, le matériel ne sera donc pas communiqué au départ aux groupes. Cela suppose bien entendu un travail de préparation de la part de l'enseignant, pour qu'il puisse fournir aux élèves ce dont ils ont besoin dès qu'ils en font la demande. Pour d'autres activités, le matériel est indiqué et mis à disposition des élèves, c'est le cas lorsqu'ils n'ont pas à imaginer une expérience et à lister eux mêmes le matériel à utiliser.

Enfin, une « fiche de TP professeur » doit être préparée par le professeur permettant d'anticiper sur le déroulement de la séance et de répondre aux sollicitations et aux questions éventuelles des élèves.

5.2 La méthode d'analyse.

L'analyse des activités expérimentales sera faite sur la base de concepts clés dans le cadre conceptuel.

Dans cette analyse seront relevés les enjeux d'apprentissage visés et les objectifs poursuivis par les enseignants, en ne se limitant pas aux objectifs conceptuels. Aussi, l'attitude de l'enseignant et sa manière de conduire la séance seront également analysées. L'accent sera surtout mis sur l'analyse des activités réalisées par les élèves. La fiche de suivi confectionnée à cet effet se présente comme indiquée en 2.

Ces pistes d'innovations ont fait l'objet d'applications pratiques à une dizaine de travaux pratiques de physique et de chimie que nous publions ultérieurement.

BIBLIOGRAPHIE

BENEY, M. (1998). *Contribution à l'analyse des phases manipulatoires des travaux pratiques de physique en premier cycle universitaire. Les apprentissages possibles à travers la conduite de l'action*. Thèse présentée à l'Université Paris Sud XI, ORSAY.

HUCKE, L., & FISCHER, H.E. (1998). The link of theory and practice in traditional and in computer-based University laboratory experiments in Germany. In D.Psillos and H. Niedderer (Eds), *Case-studies of the project "Labwork in Science Education"*. Working Paper 7.

KANE, S. (2011) : *Pratiques expérimentales au lycée – regards croisés des enseignants et de leurs élèves*. RADISMA n°7.

KANE, S. (1986). *Contribution à l'étude des constituants de la composée Tagetes erecta*. Thèse de Doctorat en chimie organique. Université Cheikh Anta Diop , Dakar .

LARCHER, C., & GROUPE TP. (1998). *Des TP différents pour des enjeux différents. Activités expérimentales des élèves en physique-chimie : quels enjeux d'apprentissage?..* Paris : Ministère l'Education Nationale et de la Recherche Scientifique et de la Technologie.

ROBARDET, G. (1990). Enseigner les sciences physiques à partir de situation-problèmes. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 720, 17.

ROBARDET, G. (2001). Quelle démarche expérimentale en classe de physique ? Notion de situation-problème. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 836, 1173-1190.

SERE, M-G. (1998). *Improving Science Education : issues and research on innovative empirical and computer-based approaches to labwork in Europe*. Final report of project "Labwork in Science Education", Targeted Socio-Economic Research, Science, Research & Development, European Commission.

SERE, M-G., FERNANDEZ-GONZALEZ, M., LEACH, J., GONZALEZ-GARCIA, F., DE MANUEL, E., GALLEGOS, A.J., & PERALES, F.J. (2001). Images of science linked to labwork : a survey of secondary school and university students, *Research in Science Education*.

SERE, M-G., JOURNEAUX, R., & WINTHER J. (1997). Enquête sur les objectifs des travaux pratiques dans les classes de seconde, premières S et de terminales S. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 796 (91), 1377-1389.