

Quand l'enjeu d'apprentissage en travaux pratiques au lycée est la pratique de la démarche expérimentale.

Pr Saliou KANE

Laboratoire de didactique des sciences expérimentales Faculté des Sciences et Technologies de l'Education et de la Formation Université Cheikh Anta Diop – Sénégal

Date de publication : 24 mai 2006

Publié dans la revue : RADISMA, Numéro 1 (2006), 24 mai 2006, <http://www.radisma.info/document.php?id=408>. ISSN 1990-3219

Résumé

L'étude que nous présentons ici constitue l'un des volets d'une recherche-action portant sur l'élargissement des enjeux d'apprentissage en travaux pratiques, initiée dans le cadre de la formation de professeurs. Elle porte sur l'expérimentation de séquences de travaux pratiques dont l'enjeu d'apprentissage est la pratique de la démarche expérimentale. L'étude décrit, à titre d'exemple, le déroulement et l'analyse de l'une des séquences et fait la synthèse des résultats obtenus avec l'ensemble des travaux pratiques. Les résultats obtenus montrent que quelques étapes repérées par les chercheurs pour la démarche expérimentale ont été suivies avec succès par les élèves dans les activités d'apprentissage conçues à cet effet. Aussi, ils rendent compte du caractère linéaire de la démarche scolaire à l'opposé de la démarche savante. La transposition didactique de la démarche expérimentale savante au secondaire serait enfreinte par des contraintes liées au temps insuffisant imparti généralement aux activités expérimentales à ce niveau et au manque d'expérience et de formation des enseignants et des élèves. Les résultats de l'expérimentation fournissent des éléments pour l'amélioration du dispositif de formation des enseignants.

Table des matières

1. Cadre Théorique

Vision constructiviste de l'apprentissage et démarches d'élaboration du savoir

Démarche expérimentale et situation-problème

2. Question de recherche

3. Cadre Méthodologique

3.1 Les choix didactiques et pédagogiques

3.2 La fiche de travaux pratiques

La situation déclenchante

Le travail à réaliser et le matériel expérimental

3.3 La méthode d'analyse

3.4 Etude d'un exemple : TP n° III

4. Résultats et discussions

5. Conclusion

Annexe : Les quatre séances de travaux pratiques dont l'enjeu d'apprentissage est la pratique de la démarche expérimentale.

Texte intégral

1. Cadre Théorique

Vision constructiviste de l'apprentissage et démarches d'élaboration du savoir

Actuellement, dans l'enseignement des sciences, la plupart des didacticiens s'accordent sur des orientations constructivistes de l'apprentissage. Les connaissances sont le résultat d'opérations cognitives d'un sujet intellectuellement actif.

Dans le modèle constructiviste l'apprenant construit des signifiés, il ne reproduit pas simplement ce qu'il lit ou ce qu'on lui apprend ; il construit de nouvelles connaissances à partir de ses connaissances préalables et dans une interaction constante avec les objets.

C'est dire que l'apprenant n'est pas une " cire molle " sur laquelle l'enseignant peut laisser la marque du savoir, tout sujet étant porteur de conceptions lui permettant de donner du sens aux événements de son expérience quotidienne.

D'un point de vue pratique, le constructivisme a suggéré un véritable changement de l'enseignement traditionnel des sciences expérimentales, en proposant une nouvelle conception de l'apprenant et des activités de classe.

L'apprenant est placé au centre des situations d'apprentissage, en position de se questionner par rapport à un savoir énigmatique car comme le disait si bien G. BACHELARD (1980) déjà en 1938 : « ... toute connaissance est une réponse à une question ; s'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir de connaissance scientifique ; rien ne va de soit ; rien n'est donné, tout est construit » et un peu plus loin : « ... il s'agit alors, non pas d'acquérir une culture expérimentale, mais bien de changer de culture expérimentale, de renverser les obstacles déjà amoncelés par la vie quotidienne ».

Les activités d'apprentissage des sciences expérimentales, de la physique en particulier, ne sauraient être limitées à l'apprentissage de leurs résultats. Un des objectifs prioritaires de l'enseignement de la physique est l'apprentissage des démarches qui conduisent à l'élaboration des savoirs par les physiciens. Entraîner les élèves à pratiquer des démarches analogues à celles des chercheurs est bien un enjeu qui répond à cette vision constructiviste de l'apprentissage et qui donne aux élèves une image plus correcte de la science. Cet enjeu ne constitue pas une préoccupation majeure de la plupart des enseignants dans l'état actuel de l'enseignement de la physique au secondaire au Sénégal. Dans un article que nous avons récemment publié nous avons révélé le caractère limité du choix des expériences par les enseignants du secondaire et des enjeux d'apprentissage qu'ils assignent aux activités expérimentales (KANE et al, 2004). La plupart du temps les enseignants choisissent de faire des expériences de cours ou des TP-cours, ces expériences étant utilisées pour introduire un phénomène ou présenter des concepts ou des modèles. Dans ce processus, la démarche inductive fait force de loi. Mais pour bon nombre d'enseignants-chercheurs l'option inductiviste, très généralement utilisée dans l'enseignement des sciences expérimentales, est loin d'être motivante et productrice de connaissances chez l'élève. L'objectif de cette démarche est l'enseignement du modèle et non pas la modélisation. L'expérience de classe tend à enseigner directement le modèle en même temps qu'elle présente les faits. Elle est conçue pour coller au modèle : elle est donc artificielle, déconnectée de la vie. L'élève est spectateur d'un raisonnement sans tâtonnements, construit en dehors de lui. Il assiste à la

révélation de la loi, à l'élaboration des concepts. Cette option ne prend pas en compte suffisamment le fonctionnement cognitif de l'élève. Elle ne s'appuie pas sur ses représentations, elle les ignore ; elle vise plutôt à transmettre les représentations du maître ; conséquence, les représentations naïves des élèves résistent à un tel enseignement (JOHSUA et DUPIN, 1985). L'élève, loin d'être motivé, assimile plus ou moins intuitivement la démarche qui lui est enseignée à du bricolage pour le moins artificiel quand il n'y voit pas une sorte de malhonnêteté intellectuelle (BOYER et al, 1989).

Démarche expérimentale et situation-problème

A partir de ce constat, certains enseignants-chercheurs ont essayé d'élaborer une démarche didactique plus proche de la démarche scientifique : là l'expérience n'est plus première, elle ne vise plus la mise en évidence des lois, elle intervient, au contraire a posteriori, pour confirmer ou infirmer une hypothèse. Le raisonnement n'est plus inductif mais plutôt hypothético-déductif. Ces enseignants ont eu le souci d'engager les élèves dans des démarches plus complètes, plus proches des démarches de construction de la connaissance scientifique, comprenant plusieurs phases. Ils l'appellent démarche expérimentale.

Contrairement à la conception que l'on a de l'expérience dans la méthode inductive, dans la *méthode hypothético-déductive* le statut de l'expérience est modifié : l'expérience n'intervient plus a priori pour mettre en évidence des lois, mais au contraire a posteriori, pour confirmer ou infirmer des hypothèses.

L'enseignant peut proposer aux élèves une *question* ou une *situation – problème*, construite autour d'un problème concret. 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.

Cette démarche est actuellement reconnue par certains didacticiens comme une démarche expérimentale praticable dans l'enseignement et réalisant une réelle transposition didactique de celle des chercheurs.

Les activités d'apprentissage relevant de ce type de démarche et qui permettent de répondre à une situation-problème font généralement apparaître les rubriques suivantes :

- formulation du problème auquel il faut répondre, entre autres, par l'expérience,
- émission d'hypothèses d'explication,
- conception d'un protocole expérimental,
- réalisation de ce protocole,
- exploitation des résultats et confrontation.

Notons avec DEVELAY (1989) que ce schéma est à prendre plus interactivement que chronologiquement).

Ainsi la présentation d'une *situation-problème* aux élèves est un point de départ possible pour les amener à pratiquer une démarche expérimentale. Mais pour constituer une situation-problème, le problème doit présenter certains attributs, essentiellement (ROBARDET, 1990 et 2001) :

- l'étude doit être construite autour d'une situation concrète, non épurée qui doit permettre à l'élève de formuler des hypothèses – des conjectures, d'anticiper l'observation ou la réponse à la question posée.
- la situation-problème peut porter sur des objets réels ou elle peut seulement être formulée et porter sur des objets imaginés
- la situation doit revêtir un caractère énigmatique suffisamment attractif pour que l'élève éprouve le besoin de résoudre le problème : il doit y avoir un problème pour l'élève.
- L'élève ne doit pas avoir, au départ, des instruments de la résolution. En ce sens, la situation-problème se distingue de la plupart des problèmes habituellement proposés aux élèves. C'est le besoin de résoudre qui doit conduire l'élève à élaborer ou s'approprier les instruments de la résolution.

Vu la complexité du concept de situation-problème et les difficultés pour en imaginer, dans chacune des séances de travaux pratiques proposées dans la suite, à la place d'une situation-problème une *situation déclenchante* sera présentée à l'élève pour l'engager dans un processus d'appropriation du savoir. Nous appellerons situation déclenchante un « problème énigmatique », souvent tiré du vécu quotidien de l'élève, pour lequel il n'a pas au départ les éléments de sa résolution et qui peut constituer un prétexte à susciter en lui le besoin d'apprendre. Si la situation-problème peut être fictive, la situation déclenchante elle, porte sur des objets ou des phénomènes réels.

2. Question de recherche

Au Sénégal, la pratique de la démarche expérimentale, à travers les activités expérimentales, est une des recommandations fortes du programme officiel : « l'enseignement des sciences physiques doit permettre à tous les élèves d'approfondir leur formation méthodologique notamment en développant leur maîtrise de la démarche expérimentale, ce faisant il forme leur esprit à la rigueur et à la critique intellectuelles. Cet enseignement participe à la formation générale des élèves et leur assure une culture scientifique indispensable à l'aube du troisième millénaire (DIAW, 1999) ».

Malgré tout, la pratique de la démarche expérimentale ne semble pas constituer un enjeu d'apprentissage dans les activités expérimentales organisées au secondaire.

Question – problème : La pratique de la démarche expérimentale est-elle un enjeu réalisable au niveau secondaire dans le contexte sénégalais ?

C'est cette question-problème qui fonde la recherche-action que nous avons menée sur la démarche expérimentale. Le problème se pose en terme de transposition didactique de la démarche expérimentale au sens défini par CHEVALLARD (1991) : la transposition didactique est le processus par lequel on amène un savoir de l'institution de production, ici la démarche expérimentale, à celle de son enseignement.

Nous formulons l'hypothèse suivante :

Hypothèse : La pratique de la démarche expérimentale (au sens savant) est réalisable au niveau secondaire dans le contexte sénégalais

L'exploitation des résultats de l'expérimentation au lycée des travaux pratiques visant la pratique de la démarche expérimentale permet de confirmer ou d'invalider cette hypothèse.

Précisons qu'à notre connaissance aucune expérience de ce type n'a encore été menée au Sénégal et l'unique recherche en didactique sur la démarche expérimentale a été faite en sciences de la vie et de la terre. Cette recherche fait l'objet d'un article intitulé : « les représentations d'élèves sur la démarche expérimentale à l'entrée au collège » où l'auteur révèle l'existence d'une grande diversité des représentations vis-à-vis de la chronologie et de la signification des étapes de la démarche expérimentale chez des élèves à l'entrée au collège (THIAW, 2004). Mais l'auteur ne semble pas s'intéresser à la distinction profonde à faire entre la méthode expérimentale qui constitue un itinéraire balisé entre des étapes prévisibles dans un ordre chronologique et la démarche expérimentale qui renvoie à un cheminement, à une tentative sans a priori d'étapes prédéterminées. Cette distinction est fondamentale quand on s'intéresse à la problématique de la transposition didactique de la démarche expérimentale savante. Nous insisterons là-dessus.

3. Cadre méthodologique

Dans le cadre de l'expérimentation des travaux pratiques sur la pratique de la démarche expérimentale, quatre séances numérotées I, II, III, et IV ont été réalisées. Les thèmes de travaux pratiques relèvent de différents domaines de la physique et de la chimie : mécanique, optique, chimie organique (Cf annexe).

Au paragraphe 3- 4 on trouvera le résumé du déroulement de l'une de ces séances (TP III) et l'analyse qui en a été faite. La synthèse des résultats de l'analyse des quatre séances est faite au paragraphe 4.

Auparavant nous précisons le cadre de l'expérimentation et la méthode d'analyse.

3.1 Les choix didactiques et pédagogiques

La nouveauté des TP innovants est présentée aux professeurs suivant deux options.

La première option est d'élargir les enjeux d'apprentissage en travaux pratiques à d'autres que la vérification de lois 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). Dans la référence définissant les enjeux (LARCHER et al, 1998), la démarche expérimentale n'est pas citée en exemple. C'est de façon évidente un enjeu bien différent de la vérification de loi. Il intéresse directement les enseignants ; c'est une des recommandations officielles du programme de sciences physiques.

L'élargissement des enjeux d'apprentissage et des objectifs nécessite de favoriser l'autonomie des élèves et de demander aux enseignants de leur laisser des initiatives pour réaliser les enjeux choisis ; c'est la seconde option du cadre pédagogique de l'expérimentation des travaux pratiques.

Dans les séances de TP, les élèves travaillent en groupes élargis de 6 à 8 pour tenir compte de la taille actuelle des effectifs de classe au secondaire (en moyenne 60 élèves par classe). 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, faire des suggestions, les expliciter et les argumenter.

Afin de favoriser l'autonomie des élèves, le contrat établi avec le professeur est qu'il abandonne son rôle encyclopédique de diffusion du savoir et accepte de guider tout simplement les élèves 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.

3.2 La fiche de travaux pratiques

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

Dans la fiche de TP, une situation déclenchante, dans le sens où nous l'avons défini dans la première partie, est présentée dès le départ aux élèves pour susciter en eux le besoin d'apprendre.

Le travail à réaliser et le matériel expérimental

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, nous préparons à l'avance avec le professeur une « fiche de TP professeur » anticipant sur le déroulement de la séance et permettant de répondre aux sollicitations et aux questions éventuelles des élèves.

3.3 La méthode d'analyse

L'analyse des TP est faite à l'aide d'une grille conçue sur la base des concepts de la didactique actuelle permettant de caractériser les activités expérimentales et en tenant compte des choix didactique et pédagogique précisés dans le paragraphe 3.1.

Sont relevés et analysés les objectifs déclarés par l'enseignant, son attitude et sa manière de conduire la séance. Quant à l'enjeu de chaque TP, il a été défini préalablement et déclaré

comme étant la pratique de la démarche expérimentale par les élèves; ce sera sa réalisation qui sera analysée. L'accent est surtout placé sur l'analyse des activités réalisées par les élèves, le comportement de ceux – ci, leurs interactions et leurs prises éventuelles d'initiatives..

3.4 Etude d'un exemple : TP n° III

La séquence de TP est réalisée en classe de 1^{ère} après l'étude des phénomènes de réflexion et de réfraction et avant le cours sur la dispersion de la lumière.

- **La fiche de TP élève**

<p>SITUATION DECLENCHANTE :</p> <p>Après l'orage, un de vos camarades contemple un bel « arc-en-ciel » qui est sans doute un des phénomènes naturels les plus spectaculaires. Il cherche à trouver une explication qualitative à ce phénomène mais il n'y parvient pas. Aidez-le à comprendre.</p>	
<p>TRAVAIL A REALISER :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Comment expliquer qualitativement ce phénomène ? 2. Concevoir et réaliser une expérience qui puisse étayer qualitativement vos propos. 3. Un compte rendu de groupe devra être rédigé et rendu à la fin de la séance. 	<p>MATERIEL</p> <p>Après avoir identifié le matériel dont vous aurez besoin, vous irez le chercher à la salle de rangement.</p>

- **Le résumé du déroulement de la séquence**

Le tableau ci-après indique les différentes étapes des activités du professeur et des élèves.

Durée (min)	Activités du professeur	Activités des élèves dans les groupes
05	Présentation de la situation de départ.	
05	Dévolution.	Questions adressées au professeur pour s'approprier de la situation. Discussions.
10	Guidage	Emission d'hypothèses d'explication. Confrontations des idées. Conception d'un protocole. Identification du matériel.
32	Mise à disposition du matériel demandé. Guidage.	Réalisation de l'expérience.

		Analyse des résultats. Conclusion.
23		Rédaction du compte rendu. Rangement du matériel.
Soit une durée totale de 1h15 min		

- **éléments d'analyse de la séquence.**

La situation déclenchante a particulièrement accroché les élèves; l'arc-en-ciel est bien un phénomène qu'ils ont observé mais pour lequel ils n'ont jamais connu l'explication. Ce qui les a motivé et fait qu'ils se sont approprié le problème après que le professeur ait répondu à quelques unes de leurs questions dans la phase de dévolution.

Dans la phase d'explication du phénomène, les élèves ont émis des hypothèses et confronté leurs idées. Si certains groupes interprètent la formation de l'arc-en-ciel par des expressions peu précises telles que « le contact entre les gouttes d'eau et les rayons solaires » ou « l'action des gouttes d'eau sur les rayons solaires », d'autres ont une vision plus claire du phénomène. Un des groupes note avec conviction : *« après l'orage il y a des gouttes d'eau en suspension dans l'air pendant la journée. Les rayons lumineux du soleil quittent un milieu transparent qui est l'air, traversent un autre milieu transparent, les gouttelettes d'eau, en changeant de direction. On dit qu'ils sont réfractés en donnant une bande composée de plusieurs couleurs (rouge, orange, jaune, vert, bleu, indigo, violet) appelé arc – en – ciel ».*

La phase de réalisation de l'expérience a été la plus durable de la séance. Manifestement les élèves ont eu des difficultés pour passer d'un phénomène pour lequel ils ont déjà une explication théorique à l'invention d'une expérience de validation et à sa réalisation.

Dans un groupe, à l'issue des discussions et de beaucoup d'hésitations, les élèves ont porté leur choix sur un bécber à moitié rempli d'eau, une feuille blanche, ils sont allés dans la cour pour intercepter la lumière solaire. Une fois dans la cour de l'école, les élèves se sont rendus compte que selon l'orientation du bécber par rapport aux rayons lumineux le phénomène est plus ou moins perçu. La feuille de papier étant disposée horizontalement et en dessous du bécber un élève prend l'initiative de changer progressivement l'orientation de l'axe du bécber à partir de la verticale jusqu'à l'obtention de bandes colorées tout à fait nettes sur la feuille de papier, les rayons solaires entrant par l'ouverture du bécber.

Dans les autres groupes plusieurs essais ont été nécessaires également pour mener à bien l'expérience.

Finalement, l'expérience de validation de l'hypothèse générale a été conçue et réalisée par l'ensemble des groupes. A l'issue du travail réalisé, trois groupes sur cinq tirent la conclusion selon laquelle la lumière solaire est constituée de plusieurs composantes de couleurs différentes.

Les élèves ont su rédiger avec soin leurs comptes rendus. La description du protocole n'a pas été facile ; certains groupes préférant faire un schéma explicatif en lieu et place.

Durant la séance, le travail de groupe a été accueilli favorablement par tous les élèves.. Spontanément des rôles ont été joués par chacun dans les différentes phases de l'expérience et dans la rédaction du compte rendu : orientation du bécher, tenue de l'écran, décompte des raies du spectre, relevé des couleurs, réalisation de schémas, rédaction du compte rendu après que les termes aient été discutés.

4. Résultats et discussions

Le parcours des élèves entre les étapes repérées pour la démarche expérimentale.

Dans le TP d'optique dont le déroulement est résumé ci-dessus (TP III), il s'agissait de mettre au point une expérience qualitative (pas de mesures) par variation de paramètres.

Le suivi de la séance de TP et l'analyse des activités réalisées par les élèves montrent que la séance n'aura duré que 1h15 min, soit moins qu'une séance classique de TP dont la durée moyenne est 2h. Mais finalement les élèves ont appris à :

- émettre des hypothèses devant un phénomène, dans leur vocabulaire propre,
- argumenter et confronter leurs idées,
- concevoir une expérience pour valider leurs hypothèses en faisant varier des paramètres,
- réaliser cette expérience,
- tirer une conclusion.

Dans l'ensemble des quatre séances de TP dont l'enjeu visé est la pratique de la démarche expérimentale, la phase de formulation du problème s'est réduite à la présentation d'une situation déclenchante par le professeur. Le raccourci ainsi emprunté par les professeurs de ne pas exiger des élèves la formulation du problème est justifiée par un souci de perdre moins de temps et de bien cadrer le problème qu'il veut leur faire étudier. Il faut reconnaître que les élèves eux, ne peuvent pas tout redécouvrir, ni même, le plus souvent, savoir à l'avance le problème à résoudre. C'est alors à l'enseignant de les mettre sur une piste de recherche en leur proposant des situations qui piquent leur curiosité et les motivent.

La formulation du problème lorsqu'elle est bien menée, même si c'est fait par l'enseignant, est une étape importante qui amène les élèves à réfléchir et à s'investir par la pensée et l'action.

L'émission d'hypothèses trouve sa source dans les situations présentées qui sont tirées des événements quotidiens. Conformément au contrat établi avec le professeur, tous les élèves se sont engagés dans les discussions ; ils ont eu des idées qu'ils ont su exposer et argumenter. Il y a eu des discussions au sein des groupes et entre les groupes. Cette phase de discussions argumentées entre pairs peut être considérée comme une transposition didactique du débat scientifique, celui des chercheurs.

Dans l'étape de vérification des hypothèses, les élèves ont fait des expérimentations. Il s'agissait, de concevoir un protocole, d'inventorier le matériel nécessaire afin de réaliser l'expérience. Dans les différents cas, l'expérience réalisée par les groupes leur a permis de valider leurs hypothèses. Peut être qu'il aurait fallu des exemples d'hypothèses infirmées pour donner une image plus correcte de la démarche expérimentale savante. Les élèves auraient

appris que la démarche expérimentale renvoie à un cheminement, à une tentative pour réussir une entreprise, sans à priori d'étapes prédéterminées.

Même si toutes les hypothèses ont été validées, il n'en demeure pas moins que cette phase a constitué une dimension créative pour les élèves et favorisé l'esprit d'initiative et d'inventivité. Elle aura permis d'acquérir une certaine confiance en soi et une autonomie par la réalisation d'une expérience qu'il a fallu mener jusqu'au bout.

L'expérience en elle-même ayant pour rôle de valider ou d'infirmer des hypothèses, les élèves n'ont pas été tentés d'arranger les résultats pour répondre aux attentes du professeur : d'où la liberté des groupes de présenter librement les valeurs trouvées même si certaines d'entre elles sont aberrantes. Les élèves peuvent ainsi perdre de leurs certitudes et prendre du recul par la mise en commun avec les autres sous la direction du professeur.

Dans l'ensemble, les élèves ont su analyser qualitativement les résultats et tirer des conclusions. Mais dans la séance dont le thème est la réflexion de la lumière (TP IV), l'interprétation des résultats n'a pas lieu parce qu'elle préexistait à la démarche même de recherche; la loi de Descartes a été vue en cours, l'expérience à laquelle mène la démarche entreprise par les élèves sert de vérification à cette loi. Dans la séance de TP n° III dont la situation déclenchante porte sur l'arc-en-ciel, il n'y a pas eu, non plus, d'interprétation des résultats du fait certainement de la complexité du phénomène étudié et du travail limité à l'explication qualitative qui avait été demandé aux élèves.

Nous considérons que la démarche expérimentale n'a pas pour unique objectif d'analyser les résultats de l'expérience qu'elle a conduit, mais qu'elle a aussi comme intention d'en interpréter les résultats afin de les mettre en relation avec d'autres phénomènes, dans le but de créer un sens nouveau. Autrement dit dans la phase d'exploitation des résultats nous distinguons une étape d'analyse des résultats et une étape d'interprétation de ces résultats.

En définitive, pendant ces séances de TP, si quelques étapes repérées pour la démarche expérimentale ont été suivies avec succès par les élèves, le parcours décrit entre ces étapes a été tout à fait linéaire, voire balisé ; ce qui est en rupture avec une démarche scientifique pour laquelle le cheminement est, a priori, sans étapes prédéterminées (cf. schéma comparatif).

Ces résultats infirment notre hypothèse : dans le contexte sénégalais nos travaux montrent qu'il n'a pas été possible de faire pratiquer aux élèves une démarche expérimentale authentique.

Les résultats ainsi obtenus sont à comparer avec ceux des tentatives menées par d'autres chercheurs. Des évaluations et des enquêtes réalisées récemment dans les lycées français montrent que les élèves éprouvent de sérieuses difficultés lorsqu'on les met en situation de pratiquer véritablement une démarche scientifique. Tout se passe au jour le jour, comme s'ils ignoraient tout d'elle, si bien que cette pratique est généralement exclue des épreuves d'évaluation et d'examens (ROBARDET, 1990).

En France toujours, des chercheurs se sont préoccupés d'enseigner "les" démarches expérimentales en tenant compte de leur complexité, et en distinguant plusieurs suivant la succession et l'articulation des différentes phases que constituent l'observation, la formulation de questions, la modélisation, la confrontation des résultats de la théorie et de l'expérience. Ainsi GUILLON (1996) a caractérisé quatre démarches expérimentales suivant les modèles

élaborés par le physicien (modèle théorique, modèle de comportement, modèle mathématique, modèle par simulation). Il a enseigné ces démarches pendant un cursus de deux ans correspondant aux deux premières années d'université, en concevant une succession de TP qui dépassent notablement le niveau du lycée. Ces travaux ont montré la faisabilité de cet enseignement au niveau de l'université. Ils montrent aussi qu'au secondaire il n'est guère possible de faire parcourir aux élèves des démarches qui soient réellement celles des chercheurs. Il est à la charge de chaque enseignant souhaitant introduire ses élèves à la démarche expérimentale, de réaliser une transposition personnelle et de choisir des caractéristiques ou éléments de la démarche expérimentale.

Des contraintes réelles

L'analyse des contraintes liées à la transposition de la démarche savante dans le contexte scolaire permet de comprendre en partie ce qui est faisable dans ce domaine.

Le travail préparatoire des TP innovants que nous avons réalisé avec les professeurs titulaires et les observations que nous avons menées dans leur classe révèlent que, de manière générale, l'enseignant qui transpose la démarche expérimentale se trouve confronté à différentes contraintes :

- les contraintes temporelles : le temps que l'enseignant passe avec les élèves est contraint par le découpage de l'emploi du temps et l'horaire prévu dans les programmes officiels alors que le temps d'élaboration de la démarche savante n'est généralement pas compté (ce professeur de collège nous dit : nous *n'avons que trois heures hebdomadaires en classe de 3^{ème}*) ;
- l'expérience personnelle de l'enseignant : comme la plupart des professeurs de lycée et collège, les professeurs avec lesquels nous avons expérimenté les TP n'ont aucune expérience en recherche scientifique et n'ont pas subi de formation en didactique ; ils ont été amenés à transposer une démarche qu'ils ne connaissent qu'à travers la lecture et une formation personnelle ; le chercheur quant à lui, il évolue dans un domaine qu'il connaît de par sa formation et son expérience ;
- l'expérience des élèves : les élèves de lycées et collèges ne sont pas encore très habitués à cette nouvelle organisation et ne maîtrisent pas tout le contexte théorique qui donne sens à la démarche mise en place par l'enseignant alors que les destinataires de la démarche expérimentale menée par un chercheur sont des pairs, donc des habitués, pour lesquels le contexte théorique est immédiatement mobilisable ; comme le dit si bien VERHAEGHE (2004), les élèves n'ont pas derrière eux tous les pré requis, que ce soient des savoirs initiaux ou l'expérience personnelle, pour pouvoir saisir tous les éléments concourant à créer un problème ou le résoudre,
- les élèves ne sont pas a priori sensibles aux problèmes scientifiques ; ils ont des centres d'intérêt différents de ceux des hommes de sciences qui ont construit les savoirs que l'on va tenter d'enseigner. En outre à travers les savoirs enseignés il faut donner une image de la démarche de ceux qui les ont inventés.

Le professeur se trouve donc face à des élèves qui ne possèdent pas les mêmes clefs de lecture du monde que ceux qui ont découvert les savoirs enseignés et pour qui la discipline scientifique ne présente pas forcément un intérêt majeur.

5. Conclusion

La démarche expérimentale recouvre de nombreuses pratiques et nous n'avons pas épuisé les possibilités de la mettre en œuvre suivant les domaines. D'ores et déjà, nous avons vu que, sous la direction de l'enseignant, les élèves sont mis en situation d'apprentissage basée sur la communication et l'expérimentation, donc proche d'une situation de recherche authentique. Ils apprennent ainsi des démarches analogues à celles qui conduisent à l'élaboration du savoir par les physiciens. Mais si des phases essentielles de la démarche expérimentale sont repérées dans la démarche scolaire, le parcours emprunté par les élèves est linéaire et s'écarte de celui du chercheur dans une démarche expérimentale authentique.

La transposition didactique de la démarche expérimentale au secondaire est enfreinte par des contraintes liées à la fois à l'insuffisance du temps généralement imparti aux travaux pratiques, au manque d'expérience et de formation des professeurs et des élèves. Nous aurons le souci d'enseigner la démarche expérimentale, d'une part aux élèves, mais également et préalablement, aux enseignants en formation au Sénégal, en accord avec les recommandations du programme officiel. Mais nous ne nions pas qu'un nombre limité de séances de TP ne peut donner lieu immédiatement à une démarche scientifique et que la pratique d'une telle démarche est un enjeu à poursuivre à travers plusieurs séances pendant une année, deux, voire plus. Certes, il n'est pas toujours possible de confronter les élèves aux vrais problèmes que se posent les chercheurs ou qu'ils se sont posés, mais il est néanmoins possible de leur proposer des situations déclenchantes qui soient à leur mesure et qui les initient à une démarche de type scientifique et à une réflexion de type épistémologique à son propos.

Annexe : Les quatre séances de travaux pratiques dont l'enjeu d'apprentissage est la pratique de la démarche expérimentale.

N° TP	Thème / Classe	Situation-déclenchante	Travail demandé aux élèves
(I)	Equilibre d'un solide mobile autour d'un axe (2 ^{ème} S)	<p>Une enseigne lumineuse peut être assimilée à un solide mobile autour d'un axe fixe. L'enseigne peut elle être en équilibre lorsqu'elle est soumise à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un couple de forces, - deux couples de forces, - trois couples de forces ? 	<p>Pour répondre au problème posé :</p> <ul style="list-style-type: none"> - émettre des hypothèses plausibles, - imaginer des expériences permettant de valider ces hypothèses et réaliser ces expériences, - analyser les résultats et conclure. <p>Faire un compte rendu de groupe.</p> <p>NB : le matériel vous sera remis par le professeur à votre demande.</p>
(II)	Caractérisation de	Un flacon porte sur son étiquette la	Identifier le composé

	composés organiques (1 ^{ère})	seule mention C_3H_6O et contient un liquide pur incolore.	contenu dans le flacon. Faites un compte rendu de groupe. Matériel fourni : solution de DNPH, Réactif de Schiff, solution de nitrate d'argent ammoniacal, liqueur de Fehling
(III)	Dispersion de la lumière blanche (1 ^{ème})	Après l'orage, un de vos camarades contemple un bel " arc-en-ciel " qui est sans doute un des phénomènes naturels les plus spectaculaires. Il cherche à trouver une explication qualitative à ce phénomène mais il n'y parvient pas. Aidez-le à comprendre.	1 Comment expliquer qualitativement ce phénomène ? 2 Concevoir et réaliser une expérience qui puisse étayer qualitativement vos propos. 3. Un compte rendu de groupe devra être rédigé et rendu à la fin de la séance. NB : Après avoir identifié le matériel dont vous aurez besoin, vous irez le chercher à la salle de rangement.
(IV)	Réflexion de la lumière (2 ^{ème} S)	Très tôt le matin après le bain, vous vous mettez devant le miroir pour achever votre toilette. La lampe étant allumée vous percevez alors votre image ; mais brusquement il y a coupure de courant, vous ne percevez plus votre image, la toilette se trouve ainsi interrompue.	1. Mettre au point une démarche expérimentale permettant d'expliquer cette situation, donc les faits observés, et de vérifier les lois qui régissent le phénomène physique mis en jeu. 2. Chaque groupe fera un compte rendu du travail réalisé. NB : Le matériel demandé vous sera remis par le professeur

