"Dis, comment ça s'allume ?" Découverte de l'électricité à l'école primaire

Stéphanie Cassan¹, Sylvie Galdin-Retailleau², Cécile Durieu¹

¹ENS de Cachan, Département EEA, 61 Avenue du Président Wilson, 94235 Cachan Cedex
stephanie.cassan@eea.ens-cachan.fr, cecile.durieu@eea.ens-cachan.fr

²Faculté des Sciences d'Orsay, Université Paris-Sud 11 Orsay, Bât 220, 91405 Orsay Cedex
sylvie.retailleau@ief.u-psud.fr

RÉSUMÉ Cet article présente une expérience pédagogique originale menée dans le cadre de l'année mondiale de la physique. Des étudiants de l'ENS de Cachan et de l'université Paris-Sud 11 Orsay ont fait découvrir les sciences physiques, et plus particulièrement l'électricité, à des élèves d'école primaire. Ce travail a été effectué à l'occasion du TER (travail d'étude et de recherche) de la première année du master IST (Information, Systèmes et Technologie), qui est en habilitation partagée entre l'université Paris-Sud 11 Orsay et l'ENS de Cachan. Au travers de cette communication, nous abordons dans un premier temps l'importance du travail préparatoire nécessaire à la réussite d'un tel projet ainsi que la démarche pédagogique adoptée par les étudiants. Ensuite, pour chaque séance détaillée dans l'article, nous en décrivons succinctement le déroulement afin de montrer les ajustements qui ont été nécessaires. Nous décrivons également la réaction des enfants et des étudiants. L'intérêt porté par les enfants montre qu'une telle expérience aide à promouvoir la découverte des sciences dès l'école primaire et contribue à la formation des professeurs des écoles.

Mots clés : école primaire, transfert de connaissances, électricité, énergie, expériences ludiques.

1 CONTEXTE

À l'occasion de l'année mondiale de la physique [1] et dans le cadre des TER (travail d'étude et de recherche) de la première année du master IST (Information, Systèmes et Technologie), les départements EEA de l'ENS de Cachan et de l'université Paris-Sud 11 Orsay ont proposé aux étudiants d'intervenir sur un projet ayant attiré aux sciences physiques au sein d'une école primaire. Cinq étudiants ont participé à ce projet, réalisé en partenariat avec six classes de l'école primaire du Centre à Orsay.

En accord avec le programme des enseignements en école primaire [2] et en concertation avec les professeurs des écoles, le thème de l'électricité a été retenu. Ce thème a été traité au travers d'exposés présentés par les étudiants et surtout d'expériences réalisées par les élèves entre le 11 avril et le 22 avril 2005. Les élèves des classes de CP et CE1 se sont intéressées plus particulièrement aux sources d'énergie et aux transformations permettant de produire de l'électricité alors que ceux des classes de CE2 et CM1 ont étudié des notions plus poussées comme les matériaux conducteurs, les piles, les cellules photovoltaïques...

En plus des thèmes liés à l'électricité décrits dans cet article, les mélanges eau/liquide et eau/solide et les changements d'état de l'eau ont été traités dans deux classes de CE2.

Dans cette communication nous présentons tout d'abord le déroulement du projet puis le travail de préparation, travail de long haleine, et enfin le travail effectivement mené dans les classes. Évidemment nous ne manquerons pas de faire part des réactions des enfants et des professeurs des écoles et du ressenti des étudiants.

2 DÉROULEMENT DU PROJET

Le projet s'est déroulé sur toute l'année universitaire car il nécessitait un travail préparatoire important. À la demande des professeurs des écoles, trois séances d'une heure ont été proposées aux enfants, et ce quel que soit le niveau de la classe :

- La séance 1 avait pour thème la production de l'énergie électrique (énergie fossile, énergie nucléaire et énergie renouvelable). Les dangers de l'électricité ont été rapidement présentés.
- Les séances 2 et 3 étaient expérimentales et avaient pour but de faire découvrir aux élèves ce qu'est une expérience et d'introduire la notion de "démarche scientifique". Ces séances ont été l'occasion pour les enfants de travailler en groupe autour d'un thème nouveau, ce qui nécessite de leur part de savoir écouter, échanger des idées, comprendre son camarade et parfois reconnaître que l'on s'est trompé.

Afin de répondre aux besoins spécifiques de chaque classe, deux équipes d'étudiants ont été formées. Une équipe a travaillé avec les classes de CP et CE1 pour lesquelles les différentes transformations nécessaires pour produire de l'énergie électrique ont été étudiées. L'autre équipe s'est intéressée au phénomène de conduction et au stockage de l'énergie, ces thèmes étant au programme des classes de CE2 et CM1.

Enfin, sur proposition des étudiants et en accord avec la directrice de l'école primaire, une quatrième séance a eu lieu début juin sous forme de fête scientifique. Cette séance a permis de présenter à tous les élèves de l'école primaire ainsi qu'à leurs familles les différents travaux réalisés.

3 COMMENT ABORDER LES SCIENCES À L'ÉCOLE PRIMAIRE ?

Une recherche bibliographique importante et une réflexion étaient nécessaires pour savoir comment aborder les sciences à l'école primaire (enfants âgés de 6 à 10 ans). L'association "La main à la pâte", créée en 1996 à l'initiative de Georges Charpak, propose une démarche pédagogique : *"construire les connaissances scientifiques par l'exploration, l'expérimentation et la discussion, les élèves réalisant eux-mêmes des expériences, pensées par eux, et discutant entre eux pour en comprendre l'apport"* (extrait du site internet de "La main à la pâte" [3]). Cette démarche nécessite plusieurs séances pour traiter un même thème. L'approche proposée par "La main à la pâte" ne peut donc pas être utilisée telle quelle dans le cadre de ce projet, les étudiants ne disposant que de trois séances d'une heure. En particulier les enfants n'auront que très peu l'opportunité de proposer eux-mêmes des expériences. Par conséquent, une réflexion a été menée pour construire le contenu des trois séances en fonction du public et de la nature des séances. Les orientations retenues et communes à tous les niveaux, sont les suivantes :

- utilisation d'un support informatique (animations sous Power Point) pour présenter les notions théoriques afin de permettre aux enfants de mieux comprendre les concepts,
- expériences réalisées par les enfants, associées à des fiches d'observation qu'ils auront à compléter,
- fiches d'évaluation permettant de vérifier que les élèves ont bien compris les notions enseignées,
- discussion et échanges entre les élèves et les étudiants au cours des exposés.

3.1 Séance 1 niveau CP et CE1

3.1.1 Travail préparatoire

La séance 1 est une présentation générale concernant les différentes sources d'énergie, et plus particulièrement les sources permettant de produire de l'électricité. Les étudiants ont choisi de découper cette séance en quatre activités permettant d'alterner explications des différentes notions abordées et participation des élèves.

Lors de la première activité, les étudiants questionneront les enfants pour savoir ce qu'ils connaissent des différentes sources d'énergie. Les réponses aux différentes questions seront écrites au tableau afin de vérifier, lors de la seconde activité, si les réponses apportées sont correctes.

La deuxième activité est plus "théorique" : la notion d'énergie devra être définie avec des termes simples en s'appuyant sur la définition donnée par un dictionnaire pour enfants et sur des présentations animées. Les différentes sources d'énergie permettant de créer de l'électricité seront alors décrites, à savoir le soleil, le vent, l'eau, les sources fossiles (bois, charbon, pétrole)

et l'uranium. Les énergies hydraulique et éolienne seront étudiées plus en détail lors des séances 2 et 3.

La troisième activité est réalisée sous forme de jeu : une fiche constituée de dessins sera proposée à l'ensemble de la classe, le but étant de relier par un trait la source d'énergie à l'utilisation qui peut en être faite. La figure 1 présente un extrait de cette fiche.

fig 1 : extrait d'une fiche d'évaluation

Une seconde fiche, qui pourrait s'intituler "des énergies à l'électricité", sera ensuite proposée. À partir du dessin de la figure 2, extrait du site internet d'Edumedia [4], les enfants devront repérer les différentes sources d'énergie et les identifier puis repérer la centrale associée.

Enfin, la dernière activité visera à introduire la notion d'énergie renouvelable et d'énergie non polluante afin de sensibiliser les élèves à la protection de l'environnement. Cette dernière activité s'intègre tout à fait dans le cadre de la réforme mise en place en 2000 lors du plan de rénovation des sciences à l'école primaire [2] puisqu'elle vise à développer une culture de la citoyenneté. En effet, aujourd'hui les enfants doivent certes apprendre les sciences mais ils doivent aussi apprendre à vivre avec les sciences, maîtriser leur développement et les techniques associées.

3.1.2 Travail en classe

La séance en classe s'est déroulée comme prévu. Les enfants n'ont pas hésité à participer et à répondre, la plupart du temps correctement, aux questions des étudiants. Afin de bien illustrer leurs propos, les étudiants ont réalisé des expériences simples comme, par exemple :

- l'utilisation d'une dynamo de vélo pour illustrer la transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique,
- l'utilisation d'un aimant, d'une bobine et d'un noyau de fer doux (cf. figure 3) pour illustrer le principe de la création d'électricité à l'aide d'un alternateur.

fig 2 : différentes sources d'énergie [extrait de 4]

fig 3 : principe de l'alternateur

Les fiches d'évaluation réalisées sous forme de jeu lors de cette séance et de la suivante ont montré que les notions inculquées ont été correctement assimilées. Le pari a donc été gagné. Cependant le temps imparti (séance d'une heure) n'a pas permis de sensibiliser les enfants à la protection de l'environnement ni aux dangers liés à l'électricité.

3.2 Séance 1 niveau CE2 et CM1

3.2.1 Travail préparatoire

Les élèves concernés par cette séance étant plus grands, une approche un peu différente a été choisie pour aborder le thème de l'énergie.

Après discussion avec les enfants pour savoir comment le mot "énergie" pourrait être défini, quelles sources d'énergie ils connaissent, les étudiants présenteront les différentes sources d'énergie sous forme de présentations animées. Pour chaque source d'énergie, les étudiants s'attacheront à montrer l'évolution dans l'utilisation de l'énergie considérée. Par exemple, l'énergie éolienne a d'abord été utilisée avec des moulins à vent pour moudre le grain avant de servir à fabriquer de l'électricité. Ce type de présentation a pour intérêt de replacer dans son contexte chaque énergie. Une fois les différentes sources d'énergie présentées, les étudiants expliqueront de manière simple la transformation de ces différentes sources d'énergie en électricité [5]. Suite à cette présentation, des fiches d'évaluation se-

ront proposées. En particulier, il sera demandé de compléter le dessin de la figure 2 avec les termes "énergie hydraulique", "énergie éolienne", "énergie nucléaire", "énergie thermique" et "énergie solaire". Une sensibilisation aux dangers de l'électricité sera également effectuée lors de cette première séance.

3.2.2 Travail en classe

La séance s'est déroulée comme prévu, des expériences analogues à celles utilisées pour les classes de CP et CE1 ont permis d'illustrer les propos. Durant toute la séance, les enfants ont énormément participé et ont convenablement répondu aux questions des étudiants. De plus les notions vues pendant la séance ont été correctement assimilées, ce qui a pu être vérifié en réalisant un jeu puis la semaine suivante en faisant compléter une fiche d'évaluation.

3.3 Bilan

Quelle que soit la classe, les professeurs des écoles ont été très satisfaites de cette séance et impressionnées par la participation des élèves et, tout comme les enfants, par les moyens mis en œuvre pour réaliser la séance : vidéo-projecteur et nombreuses expériences. Elles ont découvert chez certains enfants un goût pour les sciences et l'expérimentation, découverte qui s'est confirmée lors des séances expérimentales.

Quant aux étudiants, cette première séance les a rassurés sur le bien-fondé de leurs choix pédagogiques et ils ont pu préparer les séances expérimentales sereinement.

4 EXPÉRIENCES

La découverte et l'apprentissage des sciences passent par l'expérience. Ainsi, quel que soit le niveau, des expériences doivent être réalisées, dans la mesure du possible, par les élèves eux-mêmes et par petits groupes. Chaque séance devra permettre de réaliser une ou deux expériences, d'analyser les résultats obtenus au sein de

chaque groupe puis entre les différents groupes, et d'apporter une explication aux phénomènes observés. Pour ce faire, il a été choisi de mettre à la disposition des enfants une fiche expérimentale afin qu'ils y consignent leurs observations et leurs remarques.

Afin que les deux séances expérimentales soient profitables, il a été nécessaire de tester les expériences proposées auparavant car, même si elles sont simples et parfois décrites dans de nombreux livres, leur réalisation peut poser des soucis (la pile au citron en est un exemple (cf. sous-section 4.2.2)). Dans le but d'illustrer la démarche pédagogique adoptée par les étudiants, sont présentés ci-après deux des expériences, l'une pour le niveau CP/CE1 et l'autre pour le niveau CM1.

4.1 Expérience niveau CP et CE1

4.1.1 Travail préparatoire

Comme indiqué dans la section 2, les étudiants devront traiter des énergies éolienne et hydraulique, et de leur transformation pour produire de l'électricité. Lors de la séance 2, les étudiants définiront ce qu'est la force de l'eau et du vent, pour ensuite montrer lors de la séance 3 que cette force peut être utilisée soit pour soulever une charge, soit pour entraîner une turbine et donc produire de l'électricité à l'aide d'un alternateur, leur objectif final étant d'expliquer le fonctionnement d'un barrage construit par les étudiants.

A priori les enfants doivent savoir répondre à la question : "Qu'est ce qu'une force ?". Mais savent-ils répondre aux questions suivantes "L'eau et le vent ont-ils une force ?", "Comment pourriez-vous montrer que l'eau possède une force ?". Se poser de telles questions et chercher à y répondre est un début à la "démarche scientifique". C'est donc l'occasion, avant de commencer toute expérience, d'expliquer ce qu'est une expérience, à quoi elle sert, comment la mettre en œuvre et comment en exploiter les résultats.

Après cet échange entre les élèves et les étudiants, on pourra essayer de voir si, d'eux mêmes, les enfants sont en mesure de proposer des expériences simples pour mettre en évidence la force de l'eau, le matériel à leur disposition étant un robinet. Penseront-ils à passer la main sous l'eau pour tenter d'apprécier la force de l'eau qui s'écoule du robinet ? Sauront-ils exprimer ce qu'ils ressentent ? Rien n'est moins sûr. Les étudiants devront être en mesure de répondre aux questions et de proposer d'autres expériences pour compléter les premières observations. Afin de conforter l'idée que l'eau possède une force, l'expérience, décrite ci-après et représentée sur la figure 4, sera proposée. Elle consiste à essayer de quantifier la force de l'eau à l'aide d'une jauge.

En utilisant des récipients percés d'un trou plus ou moins gros, il est possible de mettre en évidence que plus le débit d'eau est important plus la force appliquée sur la plaque est grande. De même, plus le récipient est placé en hauteur, plus la force appliquée par l'eau est grande. Cette expérience nécessite une fine observation

et une fiche devra permettre aux enfants de consigner les résultats expérimentaux et d'aboutir à la conclusion : pour augmenter la force de l'eau, on peut augmenter le débit ou la hauteur de chute.

fig 4 : mesure d'une force

4.1.2 Travail en classe

Au vu du déroulement de la première séance et contrairement à ce qui avait été envisagé (cf. section 4.1.1), les étudiants ont préféré s'intéresser uniquement, lors de la séance 2, à la force du vent et montrer que cette force peut être transformée en énergie mécanique. Pour ce faire, les enfants ont tout d'abord fabriqué leur propre moulin, puis des expériences ont été menées sur les moulins fabriqués par les étudiants (cf. figure 5a).

5a : en classe

5b : réalisation personnelle d'un élève

fig 5 : moulin à vent

Les expériences consistaient à mesurer avec un chronomètre le temps de montée d'un bouchon de liège, fixé à l'extrémité du moulin, en fonction de plusieurs critères comme la force du vent, matérialisée par un sèche cheveux à deux vitesses. Dans la fiche expérimentale, les élèves devaient compléter des tableaux à double entrée et tracer des graphes. Cette partie était un peu difficile pour les classes de CP mais aucun élève ne s'est découragé. Cette séance leur a beaucoup plu à tel point que l'un d'entre eux a réalisé, chez lui, le moulin avec l'aide de son grand-père (cf. figure 5b).

Lors de la séance 3, l'énergie hydraulique a été traitée en deux temps : tout d'abord, comme décrit en 4.1.1, les enfants ont pu vérifier que l'eau a d'autant plus de force que le débit et la hauteur de chute sont importants. Les expériences ont été menées par groupe de cinq ou six élèves afin que chacun ait un rôle, sous l'œil attentif d'un adulte (étudiants, enseignant ou professeur des écoles). La photographie de la figure 6 illustre cette expérience.

fig 6 : jauge réalisée par les étudiants

Ensuite, le principe de fonctionnement d'un barrage a été expliqué à l'aide de présentations animées puis les enfants ont pu l'expliquer à leur tour avec leurs propres mots en s'appuyant sur la maquette réalisée spécialement pour cette occasion (cf. figure 7).

fig 7 : barrage réalisé par les étudiants

Les deux séances expérimentales ont été très animées car les enfants étaient excités à l'idée de réaliser leurs propres expériences. Le fait de travailler en petits groupes de cinq ou six enfants encadrés par un adulte a permis de réaliser les manipulations, de faire des mesures et de critiquer éventuellement les résultats obtenus. Une initiation à la démarche scientifique a donc pu être menée. Les professeurs des écoles ont été très satisfaites de ces séances expérimentales, séances qu'elles ne peuvent pas réaliser elles-mêmes d'abord par manque de moyen humain, ensuite par manque de temps, et parfois du fait de leur formation.

4.2 Expérience niveau CM1

4.2.1 Travail préparatoire

Pour la classe de CM1 une initiation à l'électricité a été envisagée sur deux séances. Les étudiants ont choisi d'expliquer lors de la séance 2 ce qu'est un conducteur et comment est transportée l'électricité. Là encore, les enfants devront mener des expériences simples permettant de savoir si les matériaux sont conducteurs ou isolants. Une fiche expérimentale leur permettra de consigner les résultats. Après l'exploitation de ces résultats par les enfants, les étudiants devront expliquer, à l'aide d'un support informatique, ce qu'est un électron et pourquoi le courant passe ou ne passe pas au travers de certains matériaux.

La séance 3 sera dédiée à la fabrication d'une pile au citron (cf. figure 8). Cette expérience, qui se trouve dans de nombreux livres et sur internet, se prête à diverses expérimentations [6] et permet de mettre aisément en place la "démarche d'investigation scientifique".

fig 8 : pile au citron

Cependant certaines explications devront être données aux élèves sur les conditions nécessaires pour allumer une diode électroluminescente : la pile doit délivrer une tension de l'ordre de 1,6 V, afin de rendre passante la diode électroluminescente, et un courant suffisant pour que celle-ci s'allume (nous avons choisi d'utiliser des diodes faible consommation (2 mA max)). De plus le type d'électrode à utiliser n'est pas indifférent. Nous avons choisi d'utiliser le couple d'électrodes cuivre/zinc qui permet de délivrer avec un citron et une paire d'électrodes une tension de 0,8 V avec un courant de 0,25 mA environ.

La notion de courant ayant été introduite à la séance 2, il faudra, avant de commencer l'expérience, introduire la notion de tension. Ensuite plusieurs petits groupes seront constitués et un défi pourra être lancé : à partir du matériel mis à leur disposition, les enfants devront tenter d'allumer la diode électroluminescente et, si possible, avec le minimum de citrons. Évidemment, ce travail devra être interactif et chaque étape devra être expliquée. On pourra ainsi montrer aux enfants qu'une découverte se fait pas à pas et que chaque expérience qui ne "marche" pas est porteuse d'enseignements permettant de construire de nouvelles expériences et d'aboutir à la réussite du projet.

4.2.2 Travail en classe

La séance 2 n'a posé aucun souci, d'autant plus que les élèves avaient déjà abordé les notions sur les conducteurs l'année précédente en CE2. Ils ont été ravis de réaliser des expériences comme le montre la figure ci-dessous.

fig 9 : travail en groupe

Lors de la séance 3 les étudiants ont expliqué la notion de branchement en série et branchement en parallèle pour que les enfants puissent réaliser leur pile. Une démonstration de la fabrication de la pile a été faite avant que les élèves réalisent eux-mêmes leur propre pile par petits groupes de quatre. De plus un schéma électrique de la pile a été mis au tableau pour les aider (cf. figure 10a). La plupart des groupes ont réalisé la

pile mais la diode n'étant pas très lumineuse, les enfants n'ont pas été subjugués par cette expérience. Quelques uns ont néanmoins beaucoup apprécié et compris tout de suite la réalisation de la pile comme le montre le dessin réalisé par un enfant plutôt introverti (cf. figure 10b).

fig 10a : principe de la pile

fig 10b : fiche d'évaluation

5 LA FÊTE SCIENTIFIQUE

La fête de fin d'année de l'école du Centre a mis à l'honneur la présentation de toutes les expériences scientifiques. Cinq stands ont été présentés à tous les élèves de l'école ainsi qu'à leurs familles :

- énergie éolienne : les moulins à vent ont permis de réaliser des courses de voitures en remplaçant les bouchons de liège par des petites voitures,
- énergie hydraulique : la maquette du barrage a été présentée à tous et les enfants pouvaient la faire fonctionner,
- électricité : des piles au citron pouvaient être réalisées,
- énergie solaire : les courses de robots photovoltaïques ont remporté un vif succès. D'autres expériences utilisant l'énergie solaire ont été présentées,
- transformation de l'énergie en électricité et énergies renouvelables : le principe de l'alternateur a été présenté à l'aide de la maquette de la figure 3.

Cette kermesse scientifique a rencontré beaucoup de succès et fut l'occasion de sensibiliser petits et grands à l'importance des énergies renouvelables et non polluantes et aux dangers de l'électricité

6 CONCLUSION

Nous pouvons dire sans hésiter que le projet "Découverte de l'électricité à l'école primaire" a été une réussite. Comme nous venons de le voir le travail préparatoire, qui fut certes lourd, a porté ses fruits car l'ensemble des séances se sont très bien déroulées et les étudiants ont été contents. Pour preuve ces deux phrases qu'ils ont écrites dans le poster présentant leur travail : *"Durant ce TER, nous avons appris à mettre à la portée des enfants le thème de l'énergie, notion présente dans leur quotidien mais difficile à appréhender. Le sourire émerveillé des enfants et l'intérêt qu'ils ont porté à nos interventions ont été la plus belle des récompenses."*

Quant aux enfants, voici les mots qu'ils utilisent pour résumer l'expérience qu'ils ont vécue : *"Nous aimerions que cette expérience continue toute l'année", "Nous*

avons appris beaucoup de choses", "En tout les trois séances étaient très bien et je me suis beaucoup amusé". La classe de CE1/CE2 a même réalisé un petit journal qui se conclut par un poème :

*"Merci à nos grandes sœurs étudiantes
Et à leurs professeurs charmantes...
Vos démonstrations nous ont intéressés
Et nous sommes maintenant informés
Grâce à vos expériences
Et à votre patience
Sur l'importance des énergies
Et leurs rôles dans notre vie."*

Un tel projet a permis de proposer indirectement une formation aux professeurs des écoles au travers des exposés théoriques et des expériences. En effet, les étudiants étaient en mesure d'expliquer les notions abordées à plusieurs niveaux :

- d'une part, ils ont su répondre aux questions des enfants en utilisant des termes simples et en essayant de donner des explications imagées.
- d'autre part, ils ont pu, grâce à leur formation, répondre aux questions des professeurs en leur apportant le maximum d'information.

Les étudiants ont aussi laissé aux professeurs des écoles l'ensemble de leur travail (documents informatifs, fiches d'expérimentation et fiches d'évaluation) ainsi que les explications orales données lors des exposés afin que les professeurs puissent réutiliser, si elles le désirent, le travail mené lors de ce TER.

La réalisation d'un tel projet permet de promouvoir la découverte des sciences à l'école primaire et des travaux menés dans ce sens devraient être encouragés.

7 REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier :

- la directrice et l'ensemble de l'équipe enseignante de l'école primaire du Centre à Orsay pour nous avoir permis de réaliser ce projet,
- les techniciens qui ont aidé les étudiants à préparer leurs expériences,
- les étudiants (Carine, Clément, Jeremy, Laetitia et Vanessa) et les enfants sans qui ce projet n'aurait pu être mené à bien.

Bibliographie

1. <http://www.physique2005-idf.com>
2. Bulletin officiel hors-série n°1 du 14 février 2002 : "Horaires et programmes d'enseignement de l'école primaire"
3. <http://www.inrp.fr/lamap/>
4. <http://www.edumedia.fr>
5. http://www.edf.com/index.php4?coe_i_id=407
6. <http://www.seed.slb.co>