

# *Communauté française de Belgique*

*Ministère de la Communauté française  
Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique*

---

## **INITIER LES ENFANTS A L'ELECTRICITE : POURQUOI ET COMMENT ?**

**Recherche en éducation n° 65/98**

**Pierre GILLIS et Edith MALENGREAU**

**Université de Mons-Hainaut  
Physique expérimentale et biologique  
Centre de Didactique des Sciences  
Avenue du Champ de Mars 24  
7000 MONS**

Article publié dans  
**Le Point sur la Recherche en Education**  
**N° 15**  
**Mars 2000**

et diffusé sur  
<http://www.agers.cfwb.be/pedag/recheduc/point.asp>

---

Service général des Affaires générales, de la Recherche en éducation et du Pilotage interréseaux  
9-13, rue Belliard 1040 Bruxelles  
Tél. +32 (2) 213 59 11  
Fax +32 (2) 213 59 91

Nous avons appris, presque simultanément, que les petits Wallons et les petits Bruxellois de 12-13 ans sont en retard d'éducation scientifique (c'est un rapport international qui le montre, et il est en passe de battre des records en matière de nombre de citations), et que les études scientifiques dans le supérieur sont délaissées par les étudiants qui ont terminé leurs études secondaires (c'est le sens du cri d'alarme lancé par les doyens des Facultés des sciences).

Ces deux constats vont de pair, et le nœud du problème se situe probablement dans l'écart qui va grandissant entre l'apprentissage des sciences et le contact avec les pratiques expérimentales envisagées au sens large du terme.

En trois décennies, un cycle a été bouclé : dans le secondaire, les manipulations en labo, qui n'existaient pratiquement pas dans les années 50 et 60, ont été introduites avec le rénové... pour être progressivement supprimées avec l'extinction de ce même rénové. La tendance dominante, à l'heure actuelle, est de remplacer ces manipulations par des simulations sur ordinateur. Sans nier l'intérêt que celles-ci peuvent présenter, il nous semble nécessaire d'affirmer avec force que le recours à l'ordinateur n'est pas un substitut à l'observation : la pratique expérimentale implique, à partir de l'observation brute, un travail d'épuration que la simulation informatique court-circuite (c'est d'ailleurs en ce sens qu'on reproche parfois aux sciences expérimentales d'être réductionnistes). Et modifier les conditions d'une expérience est souvent au moins aussi amusant que faire varier les paramètres d'une simulation.

Jusqu'à présent, notre expérience d'enseignement de la physique, qui relève d'abord de l'enseignement universitaire, en première candidature, n'avait été élargie qu'en direction de l'enseignement secondaire. Il y a en effet une bonne dizaine d'années que nous proposons aux rhétoriciens une exposition annuelle, thématique, en visite guidée d'une heure et demie. Cette exposition est pensée et réalisée dans le but de faciliter la compréhension des élèves ; les différentes expériences sont parcourues dans un ordre logique correspondant à un niveau de difficulté croissant. La sélection des manipulations présentées est guidée par plusieurs impératifs :

ne pas être trop théorique, et respecter une suffisante diversité. L'objectif est aussi de montrer aux élèves et aux enseignants que découvrir et observer la physique n'est pas nécessairement conditionné par la maîtrise d'un matériel lourd. Cela dit, dans la plupart des cas, le rapport que les jeunes entretiennent avec les sciences dures a cessé d'être malléable au moment où ils sont rhétoriciens : tous, ou presque tous, savent (ou croient savoir) si les sciences les amusent ou pas, si elles les intéressent ou pas, si elles sont utiles ou pas.

Nous avons donc souhaité franchir un pas de plus, et proposer à de plus jeunes enfants de se frotter à une pratique scientifique élémentaire, à un moment où ils ne sont pas encore fermement conditionnés, avant qu'ils ne soient enfermés dans un rapport passif aux sciences, un rapport de dominés, pourrait-on dire. Pratique scientifique, et pas seulement exposé scientifique, ou information scientifique. Notre objectif est de rassembler à une échelle modeste, à propos de questions autorisant une approche simple, l'essentiel des ingrédients du travail scientifique. C'est l'objet de la recherche en éducation pour laquelle notre équipe a reçu le soutien de la Communauté française (projet 65/98).

## **1. POURQUOI CHOISIR L'ELECTRICITE COMME SUJET ?**

Nous avons choisi de nous adresser à des enfants de 5<sup>e</sup> et de 6<sup>e</sup> primaire et de tenter avec eux une initiation à l'électricité. Le choix du sujet (l'électricité) a rapidement fait l'unanimité des physiciens associés à la réalisation de notre expérience. Ce sujet a en effet l'avantage d'être en prise directe sur la vie quotidienne de tous les enfants, de la radio à la friteuse, de l'éclairage à l'ordinateur, des jouets aux outils du bricolage domestique, de la chaîne hi-fi au grille-pain, du baladeur au sèche-cheveux. L'aborder à un niveau qui relève de l'initiation peut de plus se faire à l'aide de matériel aussi simple que peu coûteux, disponible dans n'importe quelle grande surface. Le thème «électricité» a donc été préféré à celui de «pression» (atmosphérique, dans les liquides), que nous avons envisagé de traiter - mais ce n'est peut-être que partie remise.

Nous ne sommes certes pas les premiers à nous lancer dans ce genre de travail. Pour nous guider dans la mise au point des séances de travail avec les enfants, nous nous sommes surtout appuyés sur des documents trouvés sur le Web, et en particulier sur le site <http://www.inrp.fr/lamap/> ("La main à la pâte", dirigé par Georges Charpak), sur le CD-Rom Mobiclic n°10 (février 1999), magazine multimédia pour les 7/12 ans édité par Milan presse. Le livre *«A la découverte de la science»* (Bordas Jeunesse, Paris, 1995) s'est également avéré très utile.

Deux écoles situées à proximité de l'UMH ont été contactées, à savoir l'école du Rossignol, école communale dont le pouvoir organisateur est la Ville de Mons, et l'école du Sacré-Cœur, du réseau catholique, située Chemin de la Procession à Mons.

De l'avis général, le nôtre et celui des institutrices, l'expérience a rencontré un très grand succès. Les enfants ont fait preuve d'une curiosité insatiable, ils ont fait preuve d'initiative, et nous avons eu l'impression, confirmée par les institutrices, que le sujet traité ne leur passait nullement au-dessus de la tête.

## **2. L'ORGANIGRAMME DES SEANCES**

Six séances d'une heure et demie chacune ont été programmées :

- l'électricité statique
- le courant électrique
- conducteurs et isolants
- l'interrupteur
- des circuits électriques amusants
- les fusibles.

Pour chaque séance, nous demandions aux enfants d'essayer de réaliser ce que nous avons appelé des «défis». Un défi, c'est l'objectif à atteindre (attirer de petits objets avec leur latte, allumer une ampoule à l'aide d'une pile et de fils conducteurs, réaliser un jeu "Electro", etc). Du matériel leur était proposé pour réaliser le défi. Dans une première étape, nous les laissions se débrouiller par eux-mêmes ; ensuite, dans la mesure où ils éprouvaient de la difficulté à y arriver tout seuls, nous les aiguillions petit à petit vers la solution.

Les enfants ont travaillé par groupes de deux ou trois, chaque groupe ayant son cahier d'expériences dans lequel nous les invitons à noter tout ce qu'ils faisaient et tout ce qu'ils observaient. C'est dans cette partie du travail (noter les observations dans les cahiers) qu'une certaine différence s'est marquée entre les enfants de 5<sup>e</sup> et ceux de 6<sup>e</sup>, en faveur de ces derniers, bien entendu : même s'il semble audacieux de tirer des conclusions générales, notre expérience étant trop limitée pour que nous nous le permettions, nous avons eu l'impression que la manière de procéder convenait mieux aux 6<sup>e</sup> qu'aux 5<sup>e</sup>. En pratique, il faut pouvoir compter sur un encadrement d'environ un «animateur» pour 10 enfants, tellement les questions et les sollicitations des enfants sont nombreuses.

A la fin de chaque séance, ou au début de la suivante, un travail de synthèse a été réalisé devant des maquettes réalisées à cet effet (notamment un modèle de courant électrique où des balles de ping-pong simulent les électrons), et à partir de la lecture de l'ensemble des cahiers (pour la classe la plus nombreuse, à savoir celle de 6<sup>e</sup> du Rossignol, il y avait 6 cahiers). Lors de cette synthèse, les observations les plus intéressantes et les plus pertinentes - de notre point de vue, didactiquement parlant - étaient mises en exergue. Le résultat de cette synthèse était ensuite noté comme conclusion. Les observations cruciales du point de vue de la compréhension des phénomènes figuraient toujours au moins dans un des cahiers, ce qui nous a évité d'introduire dans ces synthèses des éléments qui n'auraient été directement observés par les enfants. Nous visons ici les observations uniquement, il ne s'agit évidemment pas d'explications ou de tentatives d'explications, qui ne surgissent pas spontanément de la réflexion des enfants.

Nous sommes convaincus de l'importance du rôle de ces cahiers dans le succès de l'expérience. C'est l'obligation de formuler (relativement) clairement ce qu'on a fait et observé qui conditionne l'assimilation des connaissances nouvelles - sans parler de l'utilité de l'exercice quant à l'usage du français.

### **3. LE CONTENU DES SEANCES DE TRAVAIL AVEC LES ENFANTS**

La fixation du contenu des séances n'a prêté à discussion qu'en ce qui concerne la première d'entre elles, consacrée à l'électricité statique. Le principal objectif de l'opération était la compréhension de circuits électriques élémentaires, et plus précisément la compréhension d'une idée simple : un circuit doit être fermé pour permettre le passage du courant. L'observation des phénomènes relevant de l'électricité statique n'était a priori pas indispensable, de ce point de vue. Nous avons cependant décidé de consacrer une séance à l'électricité statique, pour des raisons que nous ne pensons pas être de détail : les effets statiques (étincelles, grésillement lorsqu'on passe un sweater par-dessus la tête, choc malencontreux quand on touche la poignée de portière d'une voiture, ...) sont parmi les rares phénomènes électriques directement observables, naturellement observables - au contraire de ce qui relève des circuits (les piles, les câbles électriques, les ampoules, les douilles, etc., sont tous des objets manufacturés). Commencer par "jouer" avec ces fabricats ne permet pas de se poser la question : qu'est-ce qui, un jour, a pu donner l'idée de construire de tels objets à quelqu'un, sans doute un inventeur farfelu ?

La conclusion que nous voulions amener à partir des observations d'électricité statique est simple, mais importante : l'électricité existe dans les choses, elle est dans la matière, il ne s'agit pas d'une substance (un fluide, comme on disait au XVIII<sup>e</sup> siècle) que l'on va puiser dans une prise électrique ou dans une pile. Pour le dire autrement, l'électricité est une propriété de la matière.

Dans ce contexte, la manipulation décisive se fait à l'aide de deux ballons de baudruche gonflés. Si l'on frotte les deux ballons à l'aide d'un lainage, ils se repoussent. S'ils sont frottés l'un contre l'autre, ils s'attirent. Ces deux observations, a priori déconcertantes, cessent de l'être si on les interprète en suggérant aux enfants que l'action de frotter a pour effet de faire passer de l'"électricité" (des charges électriques) d'un corps à l'autre : les deux ballons frottés par le lainage sont porteurs de "la même électricité", puisqu'ils ont subi la même opération, alors que le fait de frotter les ballons l'un sur l'autre a pour effet de transférer des charges de l'un à l'autre, de sorte que le premier ballon gagne ce que le second a perdu. Encore faut-il, pour que l'expérience soit concluante, admettre qu'un corps neutre n'est pas un corps dépourvu d'électricité, mais plutôt un corps contenant en quantité égale deux types d'électricité susceptibles de s'équilibrer, d'annuler leurs effets, de se compenser, et dont l'expérience des ballons nous montre qu'elles s'attirent lorsqu'elles sont opposées, c'est-à-dire susceptibles de se compenser, et qu'elles se repoussent lorsqu'elles sont de même type.

Cette suggestion (les corps neutres sont des corps contenant autant de charges positives que de charges négatives) est à son tour soutenue par la spectaculaire observation du filet d'eau coulant du robinet, dévié par la présence d'un ballon chargé par frottement : le filet d'eau cesse de tomber verticalement pour adopter une trajectoire qui épouse la forme du ballon. Il est donc attiré par le ballon. Or, l'idée que l'eau est neutre est facilement acceptée par les enfants - l'eau ne fait pas partie des objets, des substances qui ont manifesté les propriétés d'attraction/répulsion testées auparavant. Si elle est attirée par le ballon, c'est parce que la présence du ballon chargé produit dans le filet d'eau une séparation entre les charges qui s'équilibrent autrement - il fallait donc bien qu'elles y soient déjà auparavant.

Nous sommes conscients que l'enchaînement des idées indiqué ci-dessus est loin d'être immédiat. Rien n'est d'ailleurs prouvé, même si l'on n'est pas très exigeant quant à la rigueur de la preuve en question. Mais le modèle est cohérent, et c'est là que nous situons l'essentiel de l'enjeu. Après tout, cette démarche (tester la cohérence d'un modèle face à des observations et à des expériences) est typique de la démarche scientifique.

Reste, pour faire le lien avec la suite des séances et avec la réalisation de circuits et l'interprétation de ce qu'on l'on fait, à ajouter que seule une des deux électricités, que rien n'interdit de baptiser négative (l'évocation du nom "électrons" ne nuit d'ailleurs en rien), est réellement mobile, au moins dans les conducteurs métalliques ordinaires. Cette dernière idée a dû être injectée telle quelle - elle ne s'explique, nous semble-t-il, que dans le cadre d'un modèle atomique dont la présentation allait au-delà de nos ambitions, et surtout au-delà de l'interprétation des phénomènes électriques.

En ce qui concerne les circuits, abordés à partir de la deuxième séance, l'analogie hydraulique a (une fois de plus...) montré son efficacité. Le courant est un fleuve d'électrons, qui prend naissance lorsque les charges dont on a parlé lors de la discussion des phénomènes électrostatiques sont libres de se mettre en mouvement et d'aller où bon leur semble, là où des charges de l'autre type les attirent, et loin d'où des charges semblables à elles-mêmes les repoussent. Où bon leur semble, mais pas hors du lit du fleuve, image associée au conducteur. Nous parlons d'électrons voyageurs. Cette image rend compte de beaucoup de choses ; en premier lieu, elle permet de faire passer l'idée qu'un circuit doit être fermé pour que le courant puisse circuler - si le fleuve vient buter sur un barrage, plus rien ne coule, pas même en amont du barrage.

La troisième séance, nettement plus facile d'un point de vue didactique, est destinée à appréhender la différence entre conducteurs et isolants, en interposant divers objets entre deux fils de connection du circuit. Divers objets : attaches trombone en métal et en plastique, un crayon, la mine du même crayon, du carton, une gomme, une gaine de fil électrique, un fil électrique, etc. C'est l'ampoule qui fait office d'ampèremètre. cette séance est couplée avec la suivante (la quatrième) au cours de laquelle un interrupteur est introduit dans le circuit, concrètement réalisé à l'aide d'un morceau de carton sur lequel sont fixées deux attaches parisiennes (petits rivets de laiton), un attache trombone étant fixé à l'une des attaches parisiennes et susceptible d'être ou pas raccordé à l'autre.

Cinquième séance : place au jeu. Electro d'abord : il s'agit d'associer à une question (il y en a quatre en tout) la réponse correcte parmi celles qui sont proposées - et l'ampoule s'allume si on ne se trompe pas. Le choix des couples questions/réponses est laissé aux enfants. Second jeu : un test d'adresse ; il s'agit de suivre un conducteur dénudé et plus ou moins tordu avec une boucle métallique qui l'entoure, en évitant de toucher le conducteur fixe avec la boucle mobile. L'ampoule s'allume si on touche. Dans les deux cas, on applique tout simplement l'idée force que l'ampoule s'allume dès que le circuit est fermé, ce qui suffit pour construire le jeu, et on applique les acquis de la troisième séance : on ne peut fermer un circuit qu'avec des conducteurs.

Enfin, sixième et dernière séance, les fusibles. On fait brûler de la paille de fer suffisamment fine pour qu'elle ne résiste pas au courant débité par une pile ordinaire de 4,5 V. Encore une fois (on aura décidément enfoncé le clou), un courant excessif détruit le conducteur, qui brûle et/ou fond,

de sorte que le circuit est interrompu, et que plus rien (plus aucun courant) ne passe. Pas d'électricité si le circuit n'est pas fermé. Mais pour l'effet Joule, l'explication suggérée s'écarte un peu de l'analogie hydraulique, pour se rapprocher d'une vision plus corpusculaire, les électrons sont individualisés (*"c'est comme si une foule de personnes se mettait à courir toutes ensemble dans un couloir encombré de différents objets : ça frotte, ça se bouscule, ça se cogne de partout ! Tous ces chocs vont faire chauffer les fils"*).

#### **4. LA REJOUISSANTE CURIOSITE DES ENFANTS**

La capacité d'initiative, l'inventivité des enfants nous ont étonnés tout au long du travail. Ainsi, lors de la découverte de l'électrostatique, et en réponse à la consigne d'essayer de voir quel matériau était susceptible d'attirer de petits objets après avoir été frotté par un linge, ou quels petits objets étaient susceptibles d'être attirés, les enfants ont essayé tout ce qui leur tombait sous la main, jusqu'aux lattes des stores de la salle où ils se trouvaient. Il est d'ailleurs clair que la liberté d'exploration et de découverte est plus grande à partir du moment où la consigne, comme lors de la séance consacrée à l'électricité statique, est de tester le plus grand nombre d'objets possible - faire briller l'ampoule est un programme dont le nombre de degrés de liberté est nettement moindre. Seule l'exploration des propriétés isolant/conducteur est comparable, sur ce plan.

Les enfants nous ont aussi, à l'occasion, forcés à aller au-delà de ce qui était prévu. Lors de leurs tentatives de réaliser des circuits électriques élémentaires, et lors de l'exploration des propriétés conducteur/isolant des matériaux, il est arrivé (au moins deux fois) que des enfants réalisent un circuit fermé, provoquant donc l'allumage de l'ampoule, et puis qu'ils glissent entre les électrodes de la pile une plaquette d'aluminium, mettant cette pile en court-circuit, ce qui éteint l'ampoule. Ils ont ainsi mis en évidence le fait que le courant passe là où la résistance est la moindre, lorsque plusieurs passages sont possibles, ce que nous n'avions a priori pas pensé devoir leur montrer.

En pratique, les six séances n'ont pas suffi pour aller au bout de ce que nous avions prévu. Faute de temps, nous avons dû nous en tenir à la réalisation du jeu Electro. Le test d'adresse n'a pas été construit.

Enfin, nous aurions pu proposer aux enfants de réaliser une pile (électrodes de zinc et de cuivre plantées dans une pomme de terre ou dans un citron), et d'utiliser cette pile pour alimenter un appareil ne nécessitant qu'une faible force électro-motrice, comme une petite calculette, ou une carte postale musicale. Ce sera pour un travail suivant !

#### **5. PENSER A LA FORMATION DES ENSEIGNANT(E)S**

Il nous reste, pour que le travail soit achevé, à mettre en forme nos propositions, et à présenter nos résultats sous forme de fiches destinées aux élèves, et de fiches plus élaborées destinées aux enseignant(e)s, sur lesquelles figureront les grandes lignes du guidage des enfants par les animateurs. Le succès de cette dernière entreprise, en particulier, conditionne la possibilité de s'appuyer sur notre travail pour passer de la réalisation d'une expérience amusante, enrichissante et passionnante, à la formulation de propositions concrètes opérationnelles dans les

écoles primaires. La difficulté à vaincre est facile à cerner.

D'une part, sous réserve de démenti toujours possible, les leçons d'initiation scientifique dans le primaire sont traditionnellement branchées vers ce qu'on appelait jadis l'étude du milieu, orientée biologie, et plus particulièrement botanique. La pratique pédagogique des instituteurs(trices) en matière d'introduction à l'électricité, ou plus généralement à des sujets relevant de la physique, est donc singulièrement réduite : il n'y a pas (très peu, si l'on préfère être plus prudent) de formation sur le tas. D'autre part, les cours de physique dispensés dans les écoles normales restent assez proches des cours de physique du secondaire ; cela signifie qu'une base scientifique existe dans la formation, mais qu'elle reste en pratique éloignée de programmes du type de celui que nous proposons. Il y a donc un hiatus à combler en ce qui concerne la formation des enseignant(e)s, sur le genre de questions que nous abordons. C'est pourquoi nous entendons bien mettre l'accent dans les fiches pédagogiques destinées aux enseignant(e)s sur les analogies à développer, dont quelques exemples sont repris ci-dessus, sur des métaphores qui parlent à l'imagination, sur des modélisations prenant, s'il le faut et à l'occasion, quelques distances avec une théorisation rigoureuse. Si c'est le prix à payer pour répondre avec succès à la curiosité que les enfants manifestent spontanément, il ne nous paraît pas excessif.