

CIRCUITS ET MODELISATION

Liliane Sarrazin
Jean-Claude Genzling

Les deux modèles présentés ci-dessous diffèrent non seulement par leur nature, mais aussi par leur champ de validité : ils n'ont pas été construits pour résoudre le même problème. Ils montrent bien la diversité des modèles qu'on peut construire et utiliser dans un domaine donné. Ils remplissent cependant les mêmes fonctions : interpréter des faits expérimentaux et si possible en prévoir d'autres. Ils illustrent la même méthode et c'est cette méthode (la modélisation) que devront peu à peu maîtriser nos élèves.

Les programmes au Cours Élémentaire préconisent la construction du concept de circuit électrique avec son cortège de notions ou de concepts associés : concept de conducteur ou d'isolant, notion d'interrupteur, de court-circuit...

Les définitions successives du concept sont les solutions à une chaîne de problèmes qu'on résout en classe pour répondre à des besoins précis et les élèves acquièrent ainsi la capacité de réaliser des montages de plus en plus complexes (montage série et montage parallèle de deux ampoules...).

Si les activités en classe focalisent les enfants vers la réalisation de circuits, nul ne peut les empêcher de s'interroger sur la cause des phénomènes observés ; ils savent bien que la lumière émise par l'ampoule ou la rotation du moteur sont les manifestations du courant électrique. Ce courant, quelle est sa nature ? Pourquoi chauffe-t-il la pile ou encore un fil métallique très fin ? Aucune expérience ne pourra répondre à ces questions.

On peut penser que les enfants par un raisonnement analogique suggéré par le mot courant assimilent le courant électrique à la circulation d'une substance qu'on peut appeler électricité. On connaît bien la **représentation à deux courants** qui se rencontrent dans l'ampoule ou encore la représentation à un courant. Cette dernière n'est pas plus acceptable pour le scientifique que la première car ce **courant s'épuise dans l'ampoule** et seule une partie de ce courant revient éventuellement vers la pile (la pile se vide de son électricité). Les enfants ne peuvent guère imaginer que l'intensité du courant est la même en tous les points du circuit. Ces représentations peuvent prendre le statut de modèle quand elles tentent d'être prédictives. Elles se heurtent alors à des contradictions lorsqu'une résistance ou une LED (diode électroluminescente) sont introduites dans un circuit électrique. Les activités décrites ci-dessous montrent comment on peut ame-

les représentations
des élèves fonctionnent
comme
des modèles

ner les élèves à construire de nouveaux modèles permettant d'interpréter correctement plusieurs montages électriques. Dans un premier exemple (Limoges), c'est l'intervention du mime analogue qui a permis aux enfants de comprendre le rôle de la tension (formation d'une "chaîne" en se tenant par les épaules), et dans un second exemple (Colmar) la construction d'un modèle particulière a permis d'interpréter l'échauffement d'un fil par un courant électrique.

1. CONSTRUCTION DU SENS DU COURANT ELECTRIQUE

1.1. Quelles sont les représentations des élèves ?

elles ne sont guère remises en cause au C.E.

Du Cours Préparatoire au Cours Moyen coexistent dans une classe deux types de représentations : la représentation à un courant, courant qui s'épuise dans l'ampoule, le moteur... et dont une partie revient éventuellement vers la piste et la représentation à deux courants qui sera présentée plus longuement ci-dessous. Ajoutons que ces représentations sont rarement modifiées par les activités en électricité au CE.¹

- la représentation à deux courants antagonistes

Si on interroge des élèves de CM1 sur la manière dont le courant se propage dans un circuit électrique fermé, on obtient pratiquement toujours la représentation suivante : (figure 1 et 2) : deux courants partent simultanément des bornes + et - de la pile et se "choquent" dans l'ampoule ou le moteur. Ce "choc" permet à l'ampoule de briller ou au moteur de tourner.

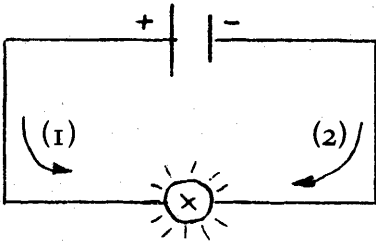


fig. 1

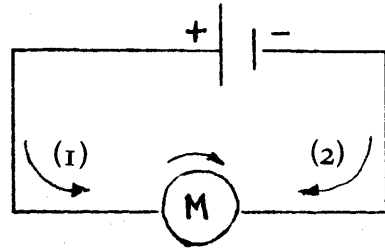


fig. 2

(1) Liliane SARRAZIN. "Activités de modélisation en électricité". Documents internes INRP, 1987 et 1988.
Jean-Loup CANAL. "Construction du sens de déplacement du courant". Document interne INRP, 1988.

Ce modèle des deux courants" leur permet d'expliquer également le phénomène du court-circuit (figure 3) :

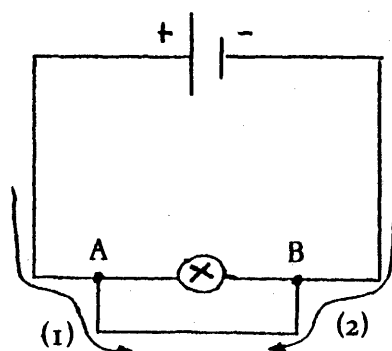
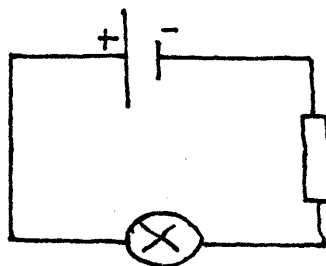
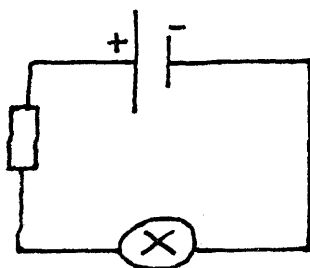


fig. 3

Si on court-circuite avec un fil les bornes de l'ampoule, elle s'éteint car les deux courants sont passés par le chemin le plus facile et se "choquent" dans ce fil qui chauffe.

- le courant "s'épuise" en traversant une résistance

Nous avons demandé aux élèves (deux mois après l'étude de circuits contenant une ampoule et une résistance) de prévoir l'éclat de l'ampoule dans les deux circuits représentés ci-dessous.



Les élèves disposent du questionnaire ci-dessous :

L'éclat de l'ampoule sera :

- le même en (1) et (2)
- plus fort en (1)
- plus fort en (2)

Résultats :

Neuf élèves seulement sur vingt deux estiment que l'éclat de l'ampoule sera identique dans les deux circuits !

Par contre, tous les autres enfants pensent que l'éclat de l'ampoule sera plus fort dans le schéma (2)

L'expérience avait, cependant, été réalisée et expliquée.

Interprétation :

Voici les explications des enfants du deuxième groupe. Le courant part très fort du pôle + de la pile, il s'affaiblit en passant

l'intensité du courant n'est pas la même avant et après la résistance

dans la résistance ; donc l'ampoule du schéma (1) brillera moins fort que dans le schéma (2) : le courant rejoint ensuite le pôle - de la pile, il se recharge et repart par la borne + !!... Il semble que les élèves utilisent la représentation à un courant. Ce courant s'affaiblit dans la résistance ; ils ne peuvent pas admettre que l'intensité du courant est identique dans toutes les portions du circuit.

1.2. Comment les élèves abandonnent-ils leur modèle de deux courants antagonistes ?

La diode que nous utilisons est un petit composant qui a l'aspect d'un parallépipède noir avec un anneau argenté proche d'une borne. (figure 4).

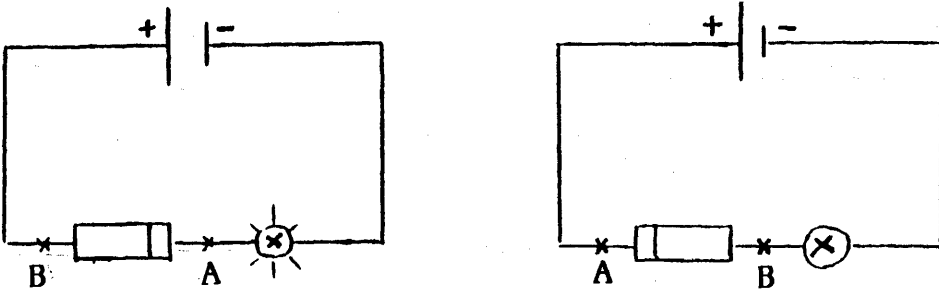


fig. 4

La diode est un semi conducteur qui ne laisse passer le courant que dans le sens de B vers A ; elle se comporte comme un interrupteur et ne laisse pas passer le courant dans le sens de A vers B.

• expériences avec les élèves

Les élèves réalisent les deux montages suivants (figures 5 et 6).



Les enfants constatent que l'ampoule s'allume si la bague est vers le - de la pile (ce savoir faire n'est, du reste, pas vraiment intégré par tous, nous allons le voir par la suite).

• interprétation de ces expériences

Si on demande ensuite aux enfants d'expliquer ce qui se passe pour le courant électrique, ils disent que quand le courant arrive par le côté de la diode, il peut passer ; que, par contre, quand il arrive par le petit côté, il ne peut pas passer (figure 7).

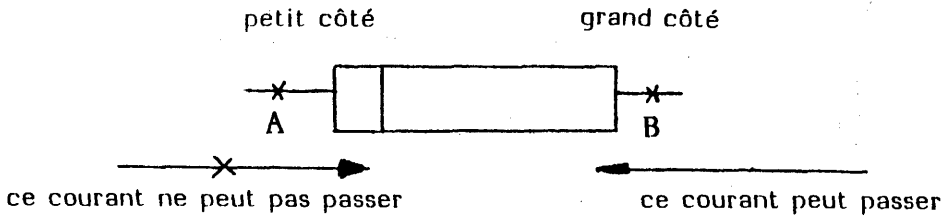


fig. 7

Mais ils n'abandonnent pas, pour autant, leur représentations à deux courants ! En effet, pour eux, dans ce montage, l'ampoule s'allume car il y a "choc" entre le courant (1) qui arrive par le grand côté de la diode et le courant (2) qui n'a pas eu à traverser la diode (figure 8).

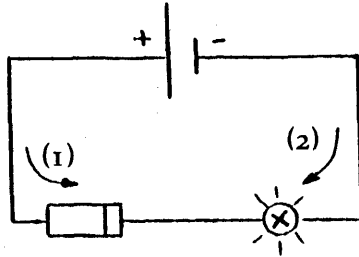


fig. 8

Ils estiment, par contre, dans le montage du schéma figure 9 que l'ampoule ne s'allume pas car le courant (2) arrive à l'ampoule mais qu'il manque le courant (1) qui a arrêté par le petit côté de la diode.

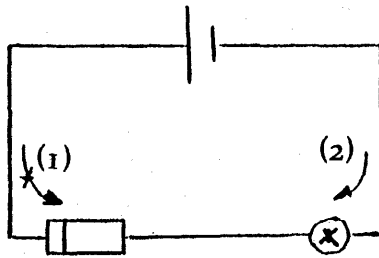


fig. 9

Les enfants n'ont donc pas abandonné leur représentation des deux courants : ils pensent et, ces expériences ne les détrompent pas, que les deux courants sont indispensables pour que l'ampoule s'allume.

• réflexion sur un schéma avec deux diodes en série

Nous proposons maintenant aux enfants de **réfléchir sur le schéma** suivant figure 10 et leur demandons qu'ils anticipent, sans faire le montage et disent si l'ampoule va s'allumer et pourquoi.

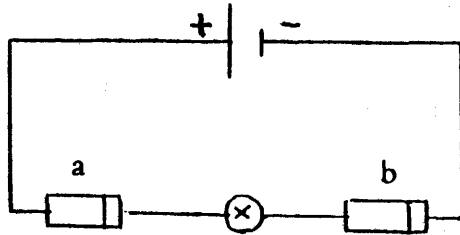


fig. 10

Certains enfants estiment que l'ampoule va s'allumer car les deux bagues de chaque diode sont reliées au - de la pile : ils réinvestissent là un savoir-faire sommairement acquis lors de la séquence précédente. Cependant, pour les autres enfants, l'ampoule ne va pas s'allumer : ils pensent qu'il n'y aura pas le choc des deux courants : le courant (1) qui arrive par le grand bout de la diode (a) pourra passer mais le courant (2) qui arrive par le petit bout de la diode (b) ne pourra pas passer (figure 11).

l'utilisation judicieuse de diodes remet en cause la représentation à deux courants

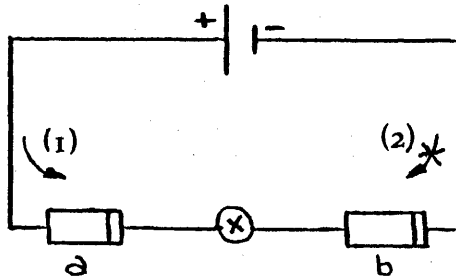


fig. 11

Ils estiment, donc que puisqu'il n'y aura pas choc entre les deux courants, l'ampoule ne pourra pas s'allumer.

• réfutation de ces deux courants

Les élèves réalisent le montage : **l'ampoule s'allume**. Leur représentation à deux courants ne fonctionne plus ! Il faut l'a-

bandonner et adopter une "représentation" avec un seul courant électrique.

1.3. Le courant "s'épuise" : quel modèle peut-on introduire pour faire comprendre la notion de tension de la pile ?

Ainsi, les enfants paraissent avoir évacué la représentation des courants antagonistes.

Ils comparent le courant électrique à un courant d'eau qui "coule à sens unique et peut pousser une porte" (analogie avec la diode).

Cependant, dès qu'une expérience nouvelle, faisant appel à la notion de cycle, leur est présentée, ils sont désespérés.

En fait, même les adultes réagissent ainsi et, seuls ceux qui font appel aux notions de tension électrique et de structure particulière de l'électricité répondent correctement.

- un modèle de courant continu

On propose aux élèves un mime analogique : ils vont former une chaîne fermée. Chacun se tient bien droit, a **les bras bien tendus** et les mains sur les épaules du voisin placé devant lui. Le maître, qui appartient aussi à la chaîne, sera la pile tandis qu'un élève du cercle représentera l'ampoule.

Si les maître pousse les épaules de l'élève placé devant lui, celui-ci s'incline et de ce fait pousse les épaules de son voisin de devant et ainsi de suite : on voit le mouvement se transmettre à tous les élèves qui sont **solidaires** grâce à leurs bras tendus et revenir au maître qui, à nouveau, poussera les épaules de l'élève devant lui...

Impérativement, chaque élève doit rester rigide et **garder toujours les bras bien tendus**.

- comment notre modèle se comporte t-il avec une résistance ?

Supposons qu'un élève de la ronde représente une **résistance**. On décide que cet enfant ne **pourra pas bouger aussi amplement que les autres enfants**. Dans ce cas, tous ses voisins de derrière (qui ont, n'oublions pas, les bras bien tendus) ne pourront pas non plus se pencher amplement et, de même évidemment, ceux qui sont devant. Les élèves réalisent qu'ils se pencheront tous avec la même amplitude imposée par l'"élève résistance". Ils en déduisent que, dans un circuit avec une résistance, le courant est affaibli de façon identique dans toutes les portions du circuit.

une représentation analogique du modèle à un courant

ce modèle permet de comprendre le rôle de différents composants

- cas d'un interrupteur

Supposons, maintenant, qu'un élève de la ronde représente un interrupteur. Lorsque ses bras sont tendus et tiennent les épaules du voisin, le circuit est fermé et le mouvement d'oscillation peut se propager comme précédemment.

Si par contre, l'élève baisse les bras **tout en restant vertical**, le circuit est ouvert et aucun élève ne peut se pencher en avant. Les enfants saisissent vite, que dans ce cas, **il n'y a aucun courant dans le circuit lorsque l'interrupteur est ouvert.**

- circuit avec diode

Un élève va maintenant représenter une LED. Il se comporte de la manière suivante.

Soit, il se place dans le sens de la ronde et il peut alors se pencher vers l'avant lorsqu'il est poussé, soit il fait un demi-tour sur lui-même ; dans ce dernier cas, il ne peut pas se pencher lorsque son voisin le pousse par les épaules.

Cet élève représentera donc une diode dans le sens passant lorsqu'il sera placé dans le sens de la ronde et une diode dans le sens bloquant lorsqu'il fera face à son voisin qui lui pousse les épaules.

Les enfants concluent que dans ce dernier cas, aucun d'entre eux ne peut se pencher en avant et qu'il n'y a de courant dans aucune partie du circuit.

- circuit avec des diodes

Avec un tel modèle, les élèves n'ont plus aucune difficulté pour admettre que le courant passe lorsque les deux diodes sont dans le sens passant et qu'il n'y a pas de courant dans les autres cas.

- conclusion

Il serait hâtif de conclure précipitamment et sans le recul du temps que tous les élèves ont, ainsi, assimilé la notion de tension, donc d'action à distance de la pile.

Cependant les résultats du test effectué quelque temps après nos "rondes" nous laissent quelque espoir.

En effet, d'après ces tests, **19 élèves sur 22** estiment que le courant est identique dans toutes les portions d'un circuit comportant une résistance et **20 élèves** pensent qu'il n'y a pas de courant si le circuit est ouvert.

Nous sommes conscients que notre modèle ne peut pas expliquer tous les phénomènes électriques mais il fait saisir aux enfants la notion de propagation du courant, de cycle fermé et de tension électrique. Ce modèle, peut-être moins abstrait que le modèle hydraulique, nous paraît satisfaisant pour expliquer les expériences d'électricité à l'école élémentaire.

Autrement dit, le mime analogique qui a été mis en oeuvre a

le mérite d'être d'une nature assez différente de la réalité qu'il modélise. Ainsi, le risque que les enfants assimilent le modèle à la réalité est moindre. Et par contre, ce modèle permet des prévisions sur les divers circuits, prévisions qui s'avèrent assez correctes. On a donc bien ici un des usages de la modélisation, associée, dans une dynamique de confrontation au réel, à la nécessité de passer d'un modèle à un autre lorsque le premier ne permet plus de prévisions correctes.

2. INTERPRETATION DE L'ECHAUFFEMENT D'UN CONDUCTEUR A L'AIDE D'UN MODELE PARTICULAIRE

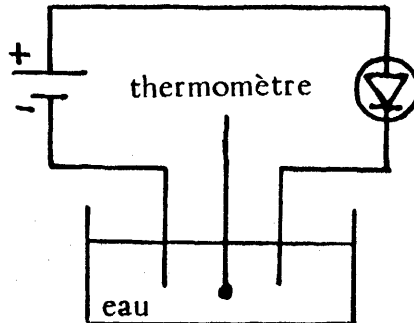
un modèle pour interpréter

l'échauffement d'un conducteur

L'utilisation d'un modèle particulière en électricité ne peut être tentée que si les enfants ont construit et utilisé de tels modèles dans d'autres domaines (par exemple les transformations de la matière...). Ce fut le cas de la classe dans laquelle nous avons mené la séquence que nous décrivons ci-dessous². Généralement on utilise un modèle (proposé par le maître ou construit par la classe) pour interpréter un phénomène ; il s'agit ici "d'expliquer" pourquoi un filament parcouru par un courant s'échauffe. Tout d'abord ce fait doit être clairement établi.

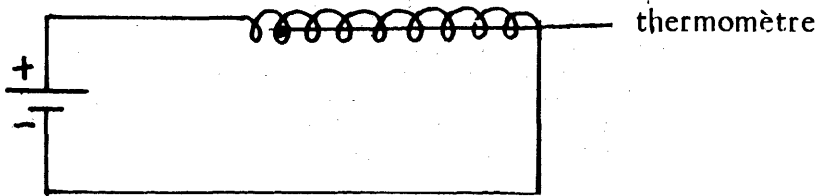
2.1. Comment montrer qu'un conducteur s'échauffe lorsqu'il est traversé par un courant électrique ?

Après une courte discussion portant sur le sens des mots conducteur et s'échauffer, les enfants réfléchissent à des expériences permettant de répondre à cette question ; deux montages retiennent essentiellement l'attention du groupe classe, celui de Jérôme



(2) Jean-Claude GENZLING, Daniel RIBER. "La modélisation à l'école élémentaire". Document interne INRP, 1988.

et celui de Caroline



la première étape de la modélisation est l'établissement du phénomène

Le montage proposé par Jérôme a déjà été réalisé par l'ensemble des enfants pour montrer que l'eau conduit (faiblement) le courant.

Très vite le montage de Caroline a la préférence des enfants et du maître car avec le fil "ça chauffera plus vite, ou le fil est un bon conducteur" (par opposition à l'eau qui est un mauvais conducteur).

2.2. Recherche d'une explication du phénomène observé

un problème à résoudre

Le problème qu'il faut résoudre est formulé ainsi :
Pourquoi le conducteur s'échauffe-t-il lorsqu'il est traversé par un courant électrique ?

Maître : *Quels sont les mots importants dans cette question à votre avis ?*

Elève : *Conducteur, s'échauffe, courant électrique.*

Le maître les souligne.

Maître : *Peut-on faire une relation entre conducteur, courant électrique et échauffement ? Un conducteur, qu'est-ce c'est pour vous un conducteur ?*

Elève : *Une chose qui laisse passer le courant.*

Maître : *Une chose ? est-ce qu'on peut être plus précis sur la chose ?*

Elève : *Un métal.*

Elèves : *Ça peut être un métal, ce n'est pas forcément un métal, les bons conducteurs ce sont les métaux.*

Maître : *Comment pourrait être fait un conducteur ? On va prendre un métal puisque vous parlez de métal.*

la question clé

Les élèves ne répondent pas. Le maître débloque la situation en leur rappelant qu'ils ont déjà répondu à une question identique portant sur l'eau (lors de l'étude de l'évaporation).

Maître : *Est-ce qu'on n'a pas déjà réfléchi une fois à une question qui ressemble à celle-là en fait ? Je vous ai déjà posé la question "comment était fait autre chose ?", non ?*

Elève : *L'eau.*

Maître : *Un liquide par exemple ; qu'est-ce qu'on a dit des liquides ?*

Elève : *Il y avait des molécules.*

Elève : *Il est constitué de plusieurs molécules.*

Elève : *Il peut être aussi constitué de plusieurs molécules de cuivre.*

Cyril : *Oui, de molécules de fer et de molécules de cuivre.*

Jérôme : *Le fer ne circule pas à mon avis.*

Maître : *Oui, comme dit Jérôme, il y a un petit problème en plus, il y a quelque chose qui pourrait peut-être...*

Jérôme : *Circuler... Mais moi je ne pense pas qu'il circule.*

Maître : *Comment pourrait être un métal ?*

Elève : *Peut-être que le courant se déplace aussi avec des molécules et elles se poussent peut-être.*

Elève : *Des molécules qui se poussent dans le métal ?*

Maître : *Vous vous raccrochez tous à cette idée de molécules dans un métal...*

Jérôme : *Je pense que c'est peut-être de petites brindilles de fer.*

Maître : *C'est pas des brindilles, c'est autre chose... Vous ne pouvez pas le savoir, il y a d'autres particules, elles ne s'appellent pas des molécules, mais ce sont comme les molécules des particules identiques, qui ont une autre propriété... Claire, qu'est-ce que tu voudrais qu'elles aient comme propriétés, ces particules ?*

Claire : *Qu'elles puissent rouler*

Maître : *Rouler ? disons...*

Elève : *Se déplacer.*

Maître : *Se déplacer... On pourrait imaginer qu'il y a dans un métal des particules qui peuvent se déplacer ; ces particules on les appelle pas des molécules, on les appelle des électrons.*

Le maître inscrit au tableau :

la première hypo-
thèse

"On suppose que dans un métal (bon conducteur) il y a des particules identiques appelées électrons qui peuvent se déplacer.

Maître : *Est-ce que vous pensez que toutes les particules se déplacent ?*

Elève : *Toutes, non je ne pense pas, certaines, car si c'était toutes...*

Elève : *C'est pas le fer qui se déplace.*

Maître : *Ce serait tout le bout de métal qui se déplace, c'est vrai ! C'est pourquoi il y a aussi d'autres particules...*

Cyril : *Qui restent sur place !*

Elève : *Qui restent immobiles*

Maître : *Ce ne sont pas les mêmes (que les électrons), elles n'ont pas le même nom ; on les appelle ions. [...]*

Maître : *Qu'est-ce qu'elles ont comme propriétés par rapport aux électrons ?*

Elève : *Elles ne peuvent pas se déplacer.*

Le maître complète alors la phrase précédente :
"et d'autres particules appelées ions qui sont immobiles."

La phrase précédente est l'hypothèse de base fondant le modèle (elle est notée P1). Il aurait été préférable de désigner les particules mobiles par l'expression "grains d'électricité". Il va de soi que les particules que pensent concevoir les enfants ne sont pas les particules du physicien (Jérôme parle de petites brindilles de fer !) L'existence d'un courant (détecté par une ampoule)... est évidemment lié à la présence d'une pile dans le circuit (supposé fermé).

le rôle de la pile

Maître : *Quel pourrait être maintenant le rôle de la pile en supposant que le métal est formé des particules appelées électrons et d'autres particules appelées ions ?*

Camille : *Elle fait avancer les électrons.*

Maître : *Tu penses qu'elle fait avancer les électrons ?*

Camille : *Se déplacer plutôt.*

Maître : *Tout le monde est d'accord pour penser que c'est uniquement un déplacement d'électrons ?*

Elève : *Parce que là, dans la phrase, on dit que les ions sont immobiles.*

Maître : *Oui, on a supposé que les ions étaient immobiles... Ce qu'on vient de dire du courant est intéressant. On pourrait l'écrire à l'aide d'une phrase ; on pourrait commencer par : la pile... Qu'est-ce qu'elle fait, la pile ?*

la deuxième hypothèse

Après discussion, le groupe classe s'accorde sur la phrase suivante :

La pile pourrait provoquer le déplacement des électrons.

Maître : *Oui... Et on ajoute encore quoi ? Se déplacer n'était pas suffisant pour Malka.*

Elève : *Dans un seul sens.*

Maître : *Qu'est-ce qu'on pourrait préciser si on voulait... Si on voulait provoquer le déplacement dans l'autre sens, qu'est-ce qu'il suffirait de faire ?*

Elève : *Inverser la pile.*

Maître : *Donc ce sens dépend de quoi ?*

Pierre-Henri : *Ce sens dépend du sens de la pile.*

Le maître complète ainsi l'hypothèse écrite au tableau :
La pile pourrait provoquer le déplacement des électrons dans un seul sens.

Cette phrase est notée P2.

2.3. Représentations graphiques des deux hypothèses précédentes

Pour comprendre ou pour donner du sens, les enfants s'appuient sur leurs représentations. Une même hypothèse peut ainsi être interprétée différemment par les élèves d'une même classe. Dans un souci de clarté, pour lever les doutes ou les ambiguïtés éventuelles, on peut demander aux élèves de traduire les hypothèses (ou propositions supposées vraies) dans un langage graphique convenable et de soumettre des dessins (ou schémas) les plus représentatifs à la discussion du groupe classe.

Maître : *On pourrait faire comme pour les liquides ; on a mieux compris les phrases qu'on avait imaginées en faisant un schéma pour chacune d'elles.*

Le maître demande aux enfants d'illustrer chacune des phrases précédentes par un schéma.

- Représentation de la phrase 1

Claire-Marie propose de représenter un morceau de métal agrandi. Céline quant à elle représente le déplacement d'un électron par une flèche.

Maître : *Tu parles d'électrons qui se déplacent représentés par cette flèche-là...*

Jérôme : *Non, je ne vois pas pourquoi ils se déplaceraient... Il n'y a pas de courant qui passe.*

Claire-Marie : *Mais si, il (l'électron) se déplace.*

Maître : *Mais attends, relis voir la phrase 1*

Claire-Marie relit cette phrase.

Claire-Marie : *Ils peuvent se déplacer.*

Maître : *Est-ce qu'on a dit qu'ils ne se déplaceraient pas ?*

Jérôme : *Oui..., peut-être... Il y en a peut-être qui ne se déplacent pas avant qu'il y ait une pile*

Maître : *On ne sait pas, mais quel est le changement quand on ajoute une pile ?*

Elève : *Avec la pile ils vont tous dans le même sens.*

Maître : *Oui, ils ont tendance à aller tous dans le même sens, tandis que là...*

Elève : *Ils peuvent aller dans tous les sens.*

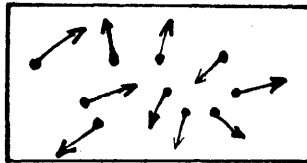
Maître : *Céline, vas-y, continue ; est-ce que comme ça on a l'impression qu'ils vont dans tous les sens ?*

Céline : *Oui.*

Claire : *Je mettrais plusieurs électrons avec des flèches dans différents sens.*

Le maître illustre l'idée de Claire.

l'agitation "thermique" des électrons



Maître : *Qu'est-ce qu'il manque encore sur ce schéma ?*

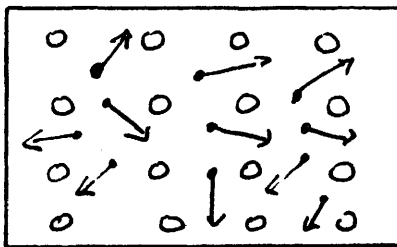
Elève : *Les ions*

Maître : *Comment on va différencier les ions ?*

Elève : *Avec une autre couleur.*

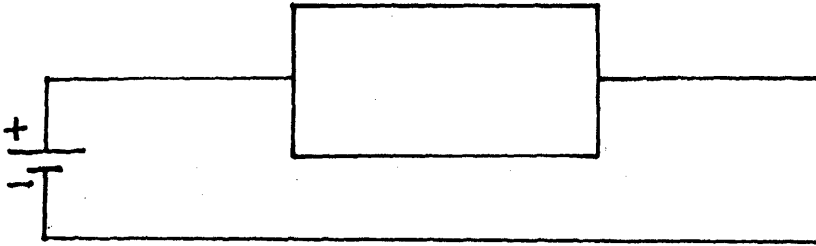
Elève : *Avec un rond.*

La phrase P1 est représentée ainsi :



• Représentation de la phrase 2

Le maître dessine au tableau le schéma suivant :



Maître : *Qu'est-ce qui est important pour la deuxième phrase ?*

Elève : *La pile.*

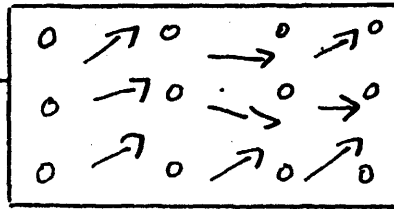
Maître : *Quoi encore ?*

Elève : *Le bout de métal.*

Maître : *On va imaginer un circuit et là un bout de métal grandi comme si on mettait une loupe dessus...*

Lorsqu'il y a une pile, tous les électrons se déplacent dans le même sens (phrase P2) Après discussion le schéma précédent est complété de la façon suivante :

le courant est un déplacement d'électrons dans le même sens



On remarquera que fort logiquement les élèves supposent que les électrons (ou mieux les grains d'électricité) se déplacent dans le sens conventionnel du courant. Cela ne paraît pas gênant ici.

Nous avons d'ailleurs vérifié que les élèves de CM ne peuvent pas différencier sens conventionnel du courant et sens réel. Il faudra évidemment remodeler ce modèle plus tard (au collège) lorsque les élèves découvriront l'existence de grains d'électricité négative. C'est à ce moment-là qu'on pourra introduire le terme électron.

ce modèle devra être remodelé plus tard

2.4. Interprétation de l'échauffement d'un filament parcouru par un courant

Maître : ... A quoi est dû cet échauffement ? Tu as une idée, Camille ?

Camille : Je trouve que c'est logique parce que quand on court, en hiver on court pour se réchauffer et ça nous réchauffe et là les molécules...

Maître : On ne parle pas de molécules.

Camille : Les électrons, ils se déplacent, alors ça fait aussi une espèce de chaleur.

Jérôme : Quand ils déplacent, à mon avis, ils se frottent contre les ions qui ne se déplacent pas et ça peut provoquer une chaleur.

Maître : Est-ce que c'est vrai que quand on frotte, il y a de la chaleur qui se dégage ? Est-ce que vous avez des idées de choses auxquelles vous pensez lorsqu'il y a des frottements, comme dit Jérôme, entre les électrons et les ions et qu'il y a un échauffement ?

Malka : La pierre dans le briquet.

des raisonnements par analogie

Un raisonnement par analogie mène à l'idée suivante : le dégagement de chaleur dans le conducteur est dû aux frottements des particules qui se déplacent contre les particules immobiles.

Cette explication tire son origine de leurs représentations en relation avec la production de chaleur (corrélation, frottement, échauffement). Toute autre explication paraît hors de leur portée.

2.5. Pour conclure

Le modèle ci-dessus rend évidemment compte du sens du courant ; il permet également de comprendre pourquoi un courant peut être plus ou moins intense : on peut par exemple rechercher les facteurs qui sont en relation avec l'intensité :

- nombre de particules susceptibles de se déplacer (il dépend de la nature de la substance...)
- vitesse de particules (elle dépend de la pile, mais aussi de la résistance que rencontrent ces particules au cours de leur déplacement...).

Il a cependant ses **limites** car la phrase 2 ne dit rien des actions à distance (on imaginerait plutôt une action de proche en proche) et dans ces conditions on ne peut pas comprendre pourquoi l'intensité d'un courant est constante dans tout le circuit (pour résoudre ce problème, le modèle hydraulique paraît mieux adapté).

Les cas limites sont intéressants car, pour répondre au problème posé, le modèle doit généralement être modifié. C'est le cas ici. L'étude des interactions électrostatiques (hors pro-

les limites du modèle

un modèle n'est qu'une représentation hypothétique de la réalité

gramme au C.M.) permet un remodelage considérable du modèle précédent (notion d'action à distance, existence de charges de signe opposé...). Le champ d'application du modèle s'élargit alors : ainsi l'étude de la conduction pourrait être étendue aux solutions et éventuellement aux semi-conducteurs. La mise en évidence du caractère **évolutif** des modèles (ce ne sont pas des produits finis !) permet de mieux saisir leur nature : ce sont des représentations hypothétiques de la réalité et non pas la réalité elle-même.

3. CONCLUSION

Le texte ci-dessus relate la construction de deux modèles très différents qui répondent chacun à une classe de problèmes précis. Nous n'ajouterons rien ici aux conclusions partielles développées dans le corps du texte même.

On peut se demander quel est l'intérêt de telles activités à l'école élémentaire. On pourrait arguer que le modèle particulier n'est qu'une pâle approche de ceux qui sont **exposés** à partir de la classe de 6ème, de même le modèle mime peut apparaître bien naïf au physicien. Il n'est évidemment pas question pour nous de pratiquer dès l'école élémentaire des activités qui trouvent leur place au collège.

Leur intérêt est ailleurs. En nous restreignant au cas de l'électricité et indépendamment de l'intérêt de la méthode, on peut dire qu'elles jouent un rôle essentiel qu'on peut énoncer ainsi : faire évoluer les représentations des élèves concernant le courant électrique (celles en relation avec le sens du courant, son intensité, la constance de l'intensité en tous les points d'un circuit simple, etc...)

Nous avons pu vérifier que l'enseignement délivré à partir du collège avait peu de prise sur ces représentations et que faute de **modèles adaptés**, elles sont encore présentes chez bien des adultes. La constructions et l'utilisation de tels modèles permet dès l'école élémentaire d'élaborer un ensemble de notions cohérentes et de comprendre la fonction, dans un circuit simple, de certains composants (citons le cas du résistor qui protège une LED...) Nous considérons que cela constitue un grand progrès.

Liliane SARRAZIN
Ecole Normale, Limoges

Jean-Claude GENZLING
Ecole Normale, Colmar