
ELECTRICITE AU CYCLE III

Maryse CODA
Conseillère pédagogique

Thérèse FAY
Professeur de Physique

Cette séquence a été réalisée dans les classes de CE2 de Josiane Reboulet et de Christiane Taillandier à l'Ecole Clémenceau de Grenoble. Pour des raisons matérielles, l'analyse des résultats des élèves n'a pu être faite que dans l'une de ces classes.

A l'école élémentaire, les savoirs concernant l'électricité doivent permettre aux élèves de résoudre quelques problèmes concrets. Il s'agit de décrire les conditions de fonctionnement de montages simples et de connaître une propriété des matériaux, la conductibilité électrique. Les élèves peuvent ainsi comprendre les consignes de sécurité qu'il faut respecter dans la vie courante.

Dans cette séquence réalisée au CE2, les composants électriques utilisés ont été uniquement une pile (plate ou ronde) comme générateur et des ampoules comme récepteurs.

La séquence a été ordonnée ainsi :

- trois séances ont été consacrées à des activités concernant le circuit par double contact direct entre pile plate et ampoule

- quatre séances ont permis la généralisation de la notion de circuit par l'introduction de fils conducteurs d'une part, puis de différents matériaux conducteurs d'autre part. (Une des quatre séances a eu pour objet la sécurité dans les installations électriques).

- quatre séances ont eu pour but la recherche des circuits comportant une pile et deux ampoules et la fabrication d'un objet intégrant ces montages.

PHASE 1 : LES CIRCUITS PAR DOUBLE CONTACT DIRECT D'UNE PILE PLATE ET D'UNE AMPOULE

Les compétences attendues se situent :

- au niveau des savoir-faire : réussir à allumer une ampoule en ayant une pile plate à sa disposition,

- au niveau de la représentation du (des) montage(s) réalisé(s),

- au niveau de la formulation des solutions trouvées : mettre en relation l'action sur les objets et l'effet visible de cette action.

On rappelle que l'article «*Électricité au cycle 2*» de Grand N n° 41, repris dans le numéro spécial «*Sciences Physiques et Technologie au cycle 2*» propose une séquence d'apprentissage détaillée concernant ces premiers circuits.

C'est pourquoi cette première partie sera relatée brièvement. Elle est cependant nécessaire, même si les élèves ont déjà fait un travail sur le sujet dans les classes antérieures. La situation de départ a été choisie pour reprendre le sujet avec un aspect ludique.

Pendant la **première séance**, les élèves ont manipulé librement des jeux questions-réponses. Ils ont ensuite fait la liste des éléments «*électriques*» nécessaires à l'éclairage de l'ampoule : une pile plate, des fils, une ampoule.

La consigne a été alors :

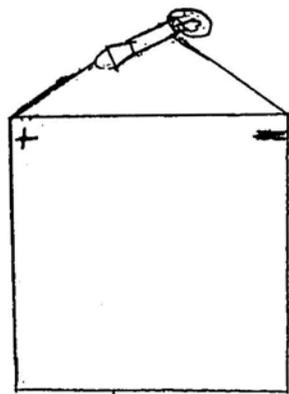
«*vous avez à votre disposition une pile plate et une ampoule ; vous devez trouver toutes les solutions qui permettent d'éclairer l'ampoule ; vous dessinerez ces solutions* ».

Les élèves ont eu le temps nécessaire pour expérimenter et confronter leurs solutions au sein du binôme de travail.

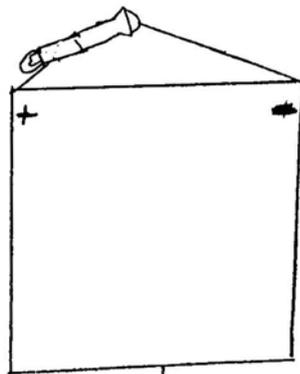
Il a été ensuite demandé d'écrire une phrase explicative en utilisant les termes techniques connus (pour la pile : les pôles et le corps ; pour l'ampoule : le globe, le filament, le culot, la partie noire, le plot).

L'analyse des productions des élèves :

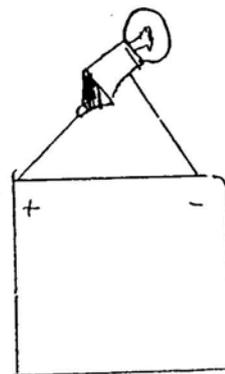
- 8 élèves représentent correctement les deux solutions avec une description correcte des situations d'éclairage (voir Sarah)
- 6 élèves représentent une solution correcte (voir Thomas)
- 9 élèves donnent des solutions avec un double contact entre pile et ampoule, les connexions n'étant pas efficaces (voir Ludovic)
- 1 seul élève ne représente pas un double contact (voir Yvann).



Le culot touche le pôle - et le plot touche le pôle +
~ Sarah ~

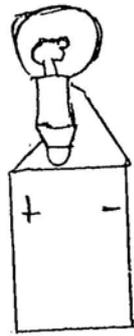


Le culot touche le pôle + et le plot touche le pôle -



Nous mettons le plot sur le pôle + et le culot sur le pôle -

~ Thomas ~



La partie noire touche le pôle +

et le ~~fil~~ pôle - touche le contact.

~ Ludovic ~



Tout allumer la petite ampoule il faut la
mettre sur le pôle + et le pôle - et le globe
de l'ampoule.

La notion de bipolarité semble donc acquise pour l'ensemble des élèves. Deux contacts entre la pile et l'ampoule sont dessinés même s'ils ne conduisent pas à une situation d'éclairage.

La deuxième séance est une séance de remédiation, construite en prenant en compte de l'état de savoir des différents élèves.

Les élèves manipulent à nouveau le matériel : pile et ampoule. Ils sont par 3 ou 4, regroupés suivant le type de dessin produit.

- Les huit élèves dont la réussite est totale manipulent des piles rondes et cherchent les conditions d'éclairage d'une ampoule ; ils ont ensuite à dessiner leurs montages.

- Les six élèves qui n'ont représenté qu'une solution trouvent la seconde en confrontant leurs dessins et en les validant par l'expérimentation.

- Les autres font le montage correspondant à leur dessin et constatent le non éclairage de l'ampoule. La confrontation des expériences entre élèves et l'aide

individualisée de la maîtresse ont alors permis à tous les élèves d'exprimer par le schéma et le texte les deux conditions d'éclairement.

Suit une mise en commun faite avec une simulation des contacts sur une maquette constituée d'une pile et d'une ampoule dessinées en grand format et découpées dans du papier bristol. Un élève doit placer correctement l'ampoule en contact avec la pile.

La formulation des conditions d'éclairement est reprise par plusieurs élèves avec des connecteurs logiques appropriés.

Exemple : *« Pour que l'ampoule s'allume, il faut que le pôle + touche le plot et que le pôle - touche le culot »*

La séance se termine par une évaluation individuelle (voir annexe 1) qui conduit aux résultats suivants :

- pour 18 élèves sur 23, la réussite est complète,
- 3 élèves représentent 2 fois la même solution,
- 1 élève lente représente une solution correcte,
- 1 élève n'a pas su répondre aux consignes.

Le travail individuel proposé en **séance 3** a une fonction de renforcement des connaissances précédentes. La maîtresse demande aux élèves de classer neuf situations expérimentales exprimées sous forme de schémas ou de textes. (document ci-contre)

Les élèves ont à repérer les différentes expressions des deux situations d'éclairement.

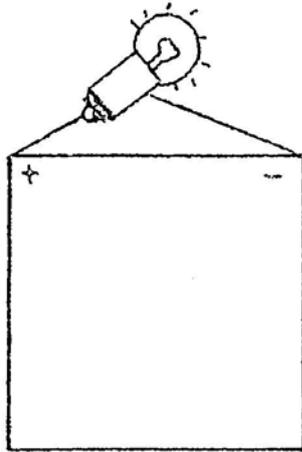
Les résultats :

- 16 réussites complètes
- 4 élèves font une erreur
- 1 élève fait 3 erreurs
- 2 élèves n'ont pas compris la tâche demandée

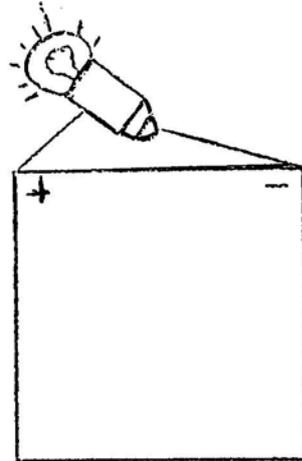
Analyse des erreurs :

- la permutation, dans deux phrases, de l'ordre des termes qui décrivent des connexions identiques paraît être un obstacle (phrases 5 et 7 ou phrases 6 et 8)
- deux dessins symétriques ne représentent pas nécessairement les mêmes contacts pour les élèves (dessins 2 et 4 ou dessins 1 et 3). Une interprétation possible est que le passage de la représentation à deux dimensions sur document à la réalité de l'espace à trois dimensions est encore difficile pour certains élèves.

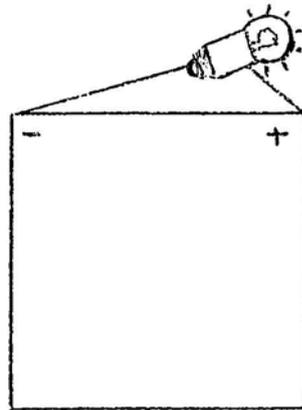
Voici des textes et des schémas qui décrivent des situations d'éclairement de l'ampoule. Vous les classez en faisant la liste des numéros qui correspondent à la même situation



①



④



②

Pour allumer l'ampoule, je relie le pôle + au culot et le pôle - au plot.

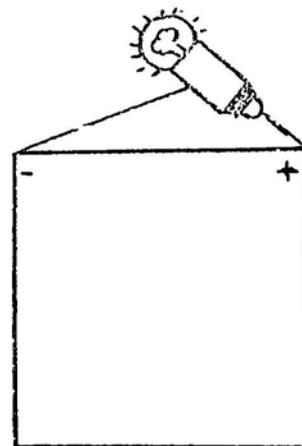
⑤

Pour allumer l'ampoule, je relie le pôle - au culot et le pôle + au plot.

⑥

Pour allumer l'ampoule, je relie le pôle - au plot et le pôle + au culot.

⑦



③

Pour allumer l'ampoule, je relie le culot au pôle - et le plot au pôle +.

⑧

Pour allumer l'ampoule, je relie le plot au pôle + et le culot au pôle -.

⑨

PHASE 2 : GÉNÉRALISATION DE LA NOTION DE CIRCUIT ; NOTION DE CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE

LES COMPÉTENCES ATTENDUES

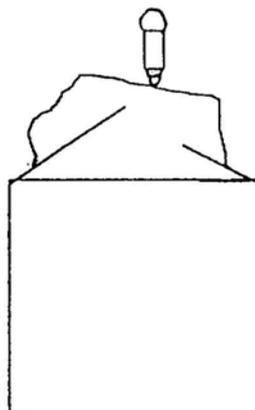
- l'élève doit résoudre les problèmes posés avec le matériel fourni en partie à sa demande,
 - il doit décrire par un schéma et par une phrase les conditions qui permettent la résolution des problèmes posés,
 - il doit imaginer une cause interne au montage, cause conduisant à l'effet perçu,
- A l'issue des quatre séances dont on décrit les points forts, l'élève devrait être capable de décrire un circuit électrique simple (suite de conducteurs intégrant un générateur et un récepteur).

PROBLÈME POSÉ EN PREMIÈRE SÉANCE DE CETTE PARTIE

Comment allumer l'ampoule loin de la pile plate ?

Les élèves demandent des fils électriques. On leur fournit des fils non dénudés (du fil téléphone simple). Après des essais inopérants, («ça ne marche pas», «c'est du plastique», «le courant ne passe pas», «c'est pas du fer»), ils ont l'idée de dénuder les extrémités.

Les premiers montages ont conduit à de nombreux court-circuits. En particulier, certains élèves ayant précédemment manipulé une pile ronde relient les 2 pôles de la pile par un seul fil, puis placent l'ampoule au-dessus (schéma ci-dessous).



La maîtresse crée une confrontation entre les divers groupes pour mettre en évidence tous les résultats obtenus.

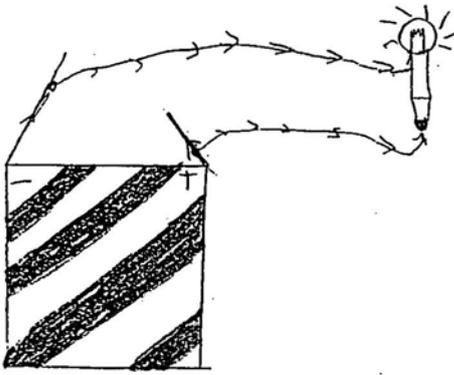
Les liaisons entre la pile et l'ampoule par l'intermédiaire des deux fils sont alors réalisées sans difficulté. Ensuite, tous les élèves représentent correctement les deux montages possibles.

Comme certains élèves parlent d'un déplacement de «l'électricité», on demande alors à chaque élève de trouver un moyen de représenter sur le schéma du montage précédent *pourquoi l'ampoule s'allume*, puis d'écrire une phrase explicative.

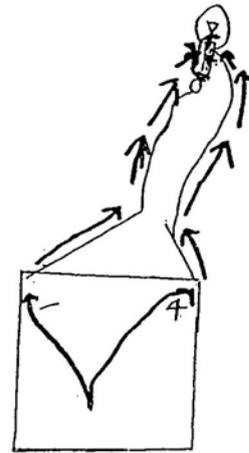
Nous constatons que, si tous les élèves pensent que l'électricité (ou le courant électrique) «part» de la pile et arrive dans l'ampoule, ils ne se représentent pas le trajet de la même façon.

- 19 élèves sur 23 représentent deux courants : l'un sort du pôle + de la pile et va vers l'ampoule, l'autre sort du pôle - et va vers l'ampoule : c'est la «rencontre» de ces deux courants qui provoque l'éclairage de l'ampoule.

Exemples de schémas et de commentaires :



le pôle + touche
le plot et le
pôle - touche le
plot à l'aide
~~de~~ de
deux fils

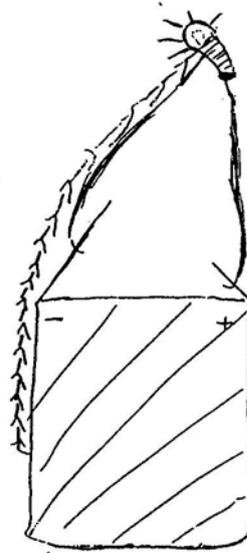


Le pôle + touche le culot ^{à l'aide d'un fil} et le pôle - touche
le plot à l'aide d'un autre fil

On retrouve ici une explication causale linéaire avec un modèle de fonctionnement nommé modèle des courants antagonistes dans les recherches en didactique.

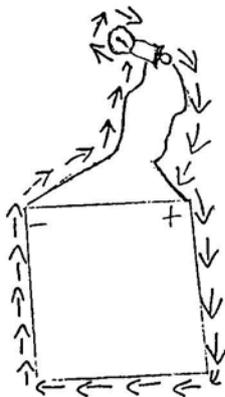
- 3 élèves dessinent un déplacement d'un des pôles vers l'ampoule. Il suffit d'une liaison pour que le courant s'établisse : c'est ce qui est appelé le modèle unipolaire.

Pour que l'ampoule s'allume
Le pôle - est en contact avec le
culot et par l'intermédiaire & à
l'aide d'un fil de fer



- 1 élève représente un déplacement d'un pôle à l'autre pôle.

C'est bien sûr la circulation du courant électrique qui n'a pas été confirmée dans un entretien ultérieur avec l'élève.



le culot touche le pôle - et le pôle + touche
le plot à l'aide des fils de fer.

pour que l'ampoule s'allume.

il y a de l'électricité dans la pile
et l'électricité va dans le fil et
fait allumer l'ampoule.

DEUXIÈME SÉANCE

Etablir la notion de circuit électrique

Sur la maquette -pile ampoule fils- disposée au tableau, les élèves exposent leurs idées concernant le «chemin» du courant.

E1 : «Le courant part du pôle + ; il va dans le fil ; il arrive à l'ampoule...»

M : «Que se passe-t-il à l'intérieur de l'ampoule ?»

Chaque élève doit proposer une solution sur un dessin représentant une ampoule.

Des exemples de dessins obtenus :



dessin 1



dessin 2



dessin 3

La plupart des élèves imaginent que le filament est relié par des fils conducteurs au culot d'une part, au plot d'autre part (dessin 3).

Une ampoule sciée longitudinalement permet aux élèves de visualiser les soudures entre les fils et les deux parties conductrices du corps de l'ampoule.

La discussion qui suit cette matérialisation de la suite des conducteurs du montage a porté sur la **signification du mot «circuit»** pour les enfants : circuit de petites voitures, circuit d'un train électrique, circuit de Formule 1...

M : «Qu'est-ce qu'un circuit pour vous ?»

E1 : «C'est un tour»

E2 : «C'est une boucle»

Maîtresse : «Alors, comment peut-on appeler le chemin que l'on suit en partant du pôle de la pile et en revenant à ce pôle en passant par les fils et l'ampoule ?»

E3 : «...un circuit»

Il y a alors un retour sur les idées des enfants concernant le déplacement du courant qu'ils l'ont représenté à la séance précédente.

«La plupart d'entre vous ont dessiné le courant qui se déplace dans deux sens à partir de la pile».

La maîtresse parle alors de l'évolution des connaissances scientifiques au cours de l'histoire.

«Il y a 100 ans, les scientifiques imaginaient aussi qu'il existait deux sortes d'électricité qui partaient de la pile. Actuellement, les découvertes permettent d'affirmer que le courant se déplace dans le même sens dans tout le circuit électrique».

La conclusion de la séance est une première formulation de la notion de circuit :
«Un circuit électrique est une suite continue d'objets qui laissent passer l'électricité dans le même sens».

Cette phrase est obtenue après avoir pris en compte les éléments cités par les élèves.

E1 : «le circuit , c'est la pile, puis le fil, puis l'ampoule»

E2 : «...le filament de l'ampoule...»

M : «oui, continuez...»

E3 : «...l'électricité passe dedans...»

M : «on va trouver une phrase qui rassemble tout ce que vous dites...»

PROBLÈME POSÉ EN TROISIÈME SÉANCE

Pouvez-vous, dans votre circuit, voir si un autre objet laisse passer l'électricité ?

Les élèves ont à leur disposition une dizaine d'objets familiers et le circuit précédent.

Par groupe de deux, ils recherchent en tâtonnant des liaisons entre les objets pour construire un circuit permettant l'éclairage de l'ampoule.

Cette recherche s'avère inopérante pour un certain nombre. Ce sont les élèves ayant trouvé une solution qui l'exposent à l'ensemble de la classe.

Il y a alors un débat sur les différents montages possibles (remplacement d'un fil par l'objet ou intégration de l'objet en différents points du circuit existant)

Tous les élèves se remettent alors en recherche pour tester les objets et leurs montages sont dans l'ensemble corrects.

Ils notent les résultats de leurs expériences dans les deux premières colonnes du tableau reproduit en page suivante.

Les élèves disent alors:

«La pièce de monnaie, le trombone, les lames de ciseaux ... laissent passer l'électricité».

«Le fil de laine, le bocal ... ne laissent pas passer l'électricité».

Le vocabulaire spécifique «conducteurs, non conducteurs» est mis en place.

Suit une recherche collective des noms des matériaux constitutifs des objets testés.

L'analyse des résultats est faite ensuite en associant la propriété de conductibilité ou non-conductibilité à ces matériaux.

La formulation élaborée par les enfants avec l'aide de la maîtresse est :

«Le fer, le nickel, le cuivre (qui sont des métaux), et aussi le graphite laissent passer le courant : ce sont des conducteurs».

«Le plastique, la laine, le papier, le bois, le verre ne laissent pas passer le courant : ce sont des isolants».

En conclusion de cette séance, une deuxième formulation du circuit électrique a pu être exprimée par les élèves :

«Un circuit électrique est une suite continue de conducteurs électriques traversés par le courant dans le même sens ».

Objets			
trombone			
pièce de monnaie			
lame de pile			
fil de laine			
feuille de papier			
clou			
papier aluminium			
crayon à papier	mine		
	partie extérieure		
ciseaux	partie orange		
	lame		
air			
bocal			

Tableau dans lequel les enfants notent leur résultats

QUATRIÈME SÉANCE

Elle a eu comme objectif d'apporter, par l'intermédiaire d'un film («*Risquer n'est pas jouer, l'électrocution*», CNDP 1989), quelques connaissances sur les dangers liés à l'utilisation des appareils électriques dans la vie quotidienne.

Suite au visionnement, les élèves se sont posé des questions sur la conductibilité de l'eau et du corps humain. Un protocole expérimental a été proposé et mis à l'épreuve par les élèves pour tester l'eau.

A ce sujet, nous avons pu remarquer que le passage d'une matière solide à une matière liquide pour le test de conductibilité n'a pas posé de problème.

Un travail antérieur avait été fait en classe sur les états de la matière. Nous pensons que les connaissances acquises sur ce sujet sont opérationnelles puisque elles ont été transférées dans une situation totalement différente.

Le résultat de l'expérimentation conduit à classer l'eau dans les non-conducteurs de l'électricité.

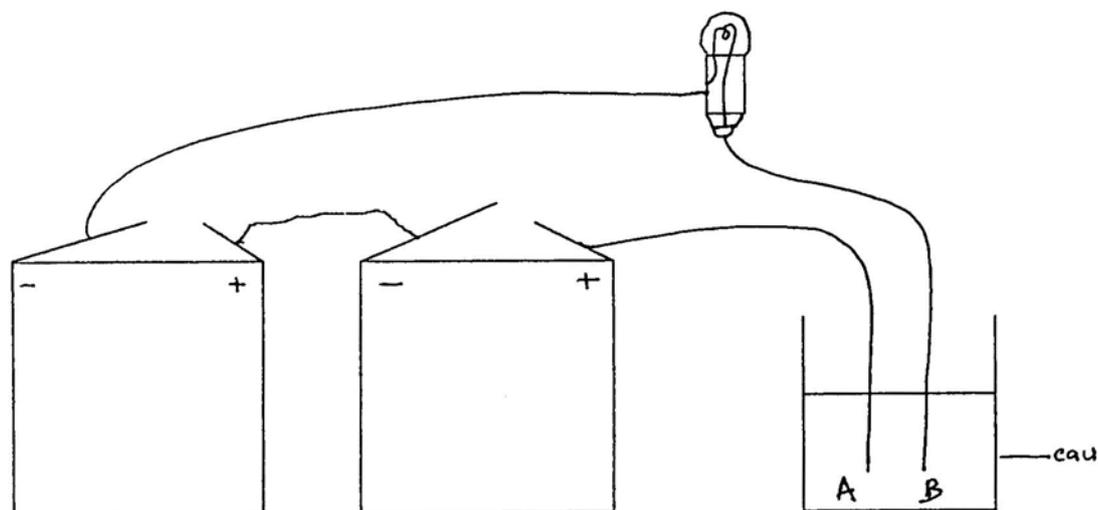
La contradiction entre ce résultat et les accidents d'électrocution en milieu humide provoque une discussion intéressante dans le groupe classe.

M : «*Qu'est ce qu'on utilise à la maison pour faire fonctionner un appareil électrique ?*»

E : «*la prise de courant*».

La maîtresse fait alors lire la valeur de la tension d'utilisation sur une lampe, sur une plaque chauffante.

Certains élèves proposent alors de placer deux piles (en série) dans le circuit. L'éclairement d'une ampoule 3,5V ; 0,07A est alors visible.



Il semble qu'intuitivement certaines relations quantitatives commencent à être élaborées (relation entre valeur de la tension et effet perçu).

Il reste à mettre en place une expérience qui permette aux enfants de percevoir la conductibilité du corps humain.

Dans le montage précédent, on remplace l'ampoule par une diode électroluminescente rouge (décrite comme une lampe très sensible). Si un enfant ferme le circuit en mettant ses mains en A et B, le diode s'allume.

PHASE 3 : LES CIRCUITS COMPORTANT UNE PILE ET DEUX AMPOULES IDENTIQUES

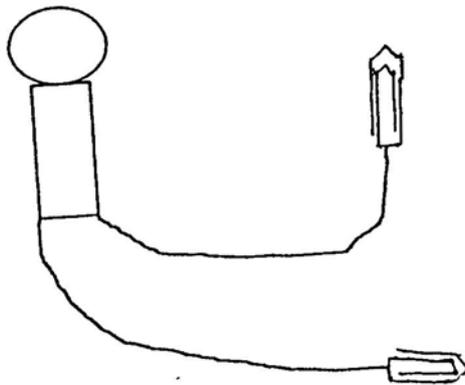
COMPÉTENCES ATTENDUES

- L'élève doit imaginer différentes possibilités de connexion des 3 éléments entre eux en utilisant des fils (montage en série, montage en parallèle),
- il doit pouvoir représenter chaque montage à l'aide d'un schéma,
- il doit décrire les montages et ce qu'il observe (éclat des ampoules entre elles pour un même montage, éclat comparé des ampoules dans les différents montages).

LES ACTIVITÉS

Problème posé après présentation du matériel (une pile plate, deux ampoules identiques vissées dans des douilles, deux fils fixés par une extrémité à chaque patte de la douille (voir schéma ci-dessous)) :

Vous devez trouver toutes les solutions qui permettent aux ampoules d'être éclairées en même temps ; vous faites un schéma pour chaque solution trouvée.



Les élèves découvrant ce nouveau matériel hésitent à l'utiliser.

Maîtresse : «A quoi peuvent servir les trombones ?»

Un élève : «C'est pour relier les lames de la pile» (propos 1).

Cette phrase déclenche immédiatement l'action des élèves : tous les groupes réussissent le montage en parallèle.

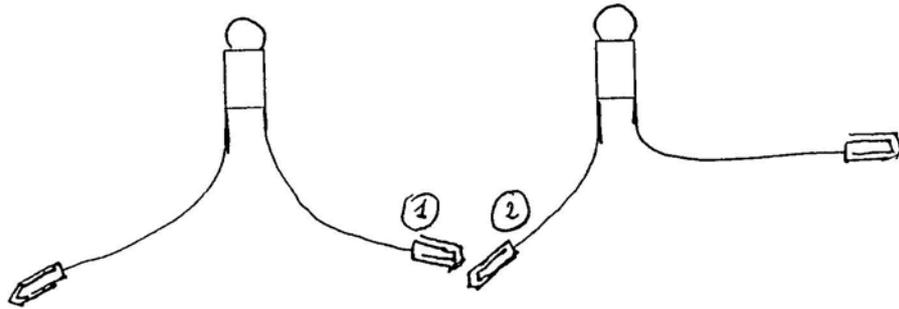
Pour trouver un autre montage, la plupart des élèves intervertissent les deux fils aux bornes de la pile.

Maîtresse : «Est-ce que le schéma de ce montage est différent du premier ?»

«Est-ce que dans ce montage (nouveau...) l'éclairement des ampoules est différent de celui du montage précédent ?»

Les élèves conviennent alors de l'identité des deux montages.

- La construction du montage en série pose des difficultés. La proposition de la maîtresse : «Que pouvez-vous faire avec les deux trombones ? » (1 et 2 sur le schéma) permet la réalisation du circuit en série.



On peut remarquer l'effet fortement inducteur du matériel mis à la disposition des élèves et des propos de la maîtresse dans cette séance.

En ce qui concerne le matériel, nous avons opté pour un matériel simple à réaliser par les maîtres, facile à manipuler par les élèves et d'un coût peu élevé.

Après avoir représenté les schémas des deux montages, chaque élève doit faire des remarques sur les deux montages.

On donne les schémas et les commentaires d'un élève :

Quand on enlève une ampoule le circuit marche encore : il est fermé.

Dans ce circuit électrique les ampoules s'allument toutes à la fois.

Si on enlève une ampoule le circuit ne marche plus : il est ouvert, dans ce circuit électrique les ampoules s'allument toutes à la fois.

La suite de la séquence a été un réinvestissement de ces deux montages dans une fabrication «La voiture et son système d'éclairage».

La démarche pédagogique choisie a été de faire travailler les élèves à partir du décodage et de la mise en pratique d'une fiche technique (voir annexe 2).

Le matériel et les outils nécessaires étant présents dans la classe, chaque élève va chercher ce dont il a besoin pour procéder aux actions décrites dans la fiche.

Les schémas de l'implantation du système électrique réalisés par deux élèves sont donnés ci-contre.

QUELQUES ÉLÉMENTS POUR CONCLURE CETTE SÉQUENCE

Premier point qui nous semble important : les élèves ont été passionnés par l'ensemble des activités et particulièrement par la réalisation de l'objet technique. On voit ainsi l'intérêt et le plaisir que procurent des activités manipulatoires chez les jeunes enfants.

Deuxième remarque : l'analyse de notre séquence d'enseignement nous permet de retenir quelques aides à l'apprentissage de ces premières notions concernant le domaine de l'électricité :

- le choix d'un matériel expérimental simple et évolutif a permis aux élèves d'établir et de transférer les conditions conduisant au même effet du courant dans des montages de plus en plus complexes,

- l'utilisation du matériel didactique toujours présent dans la classe (maquette en grand format de tous les éléments utilisés).

La démarche pédagogique a fait alterner expérimentations individuelles, confrontation dans les groupes de travail, recentrage collectif. Elle s'est toujours appuyée sur l'analyse des différentes productions d'élèves : montages, formulations orales, traces écrites (-schémas, textes-).

Il sera bien sûr nécessaire de poursuivre cet apprentissage dans les classes suivantes, notamment pour savoir si les premières représentations du courant électrique ont évolué chez ces mêmes élèves.

BIBLIOGRAPHIE

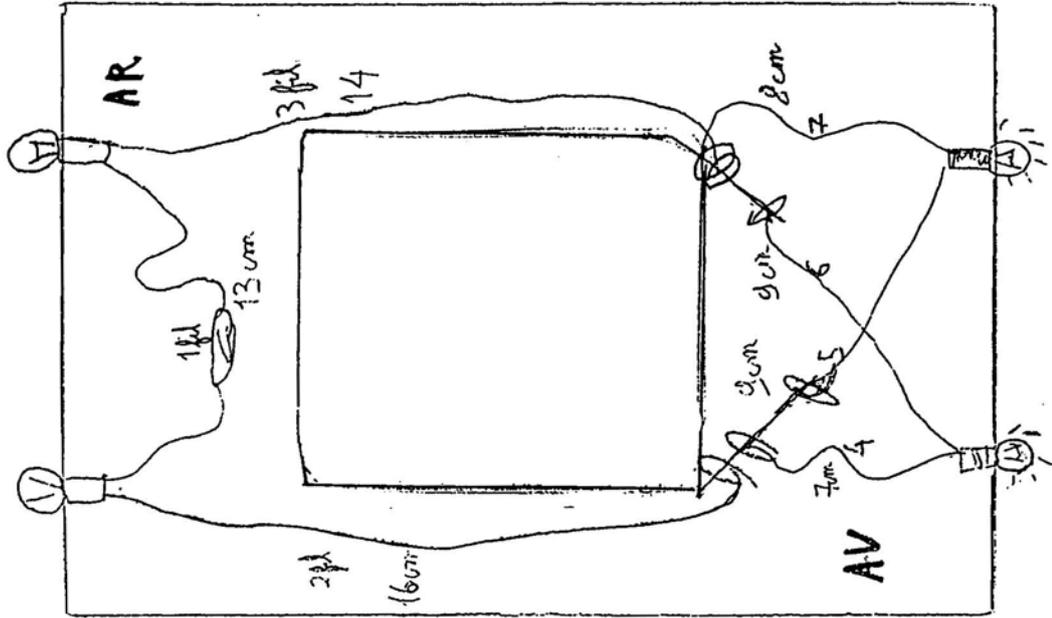
CODA M., HOFMAN M.H., LACROIX D., (1987), Électricité en GS et au CP, *Grand N* n°41 et *spécial Grand N sciences physiques et technologie*.

HALBWACHS F., (1971), Réflexions sur la causalité physique, in *Les théories de la causalité*, PUF.

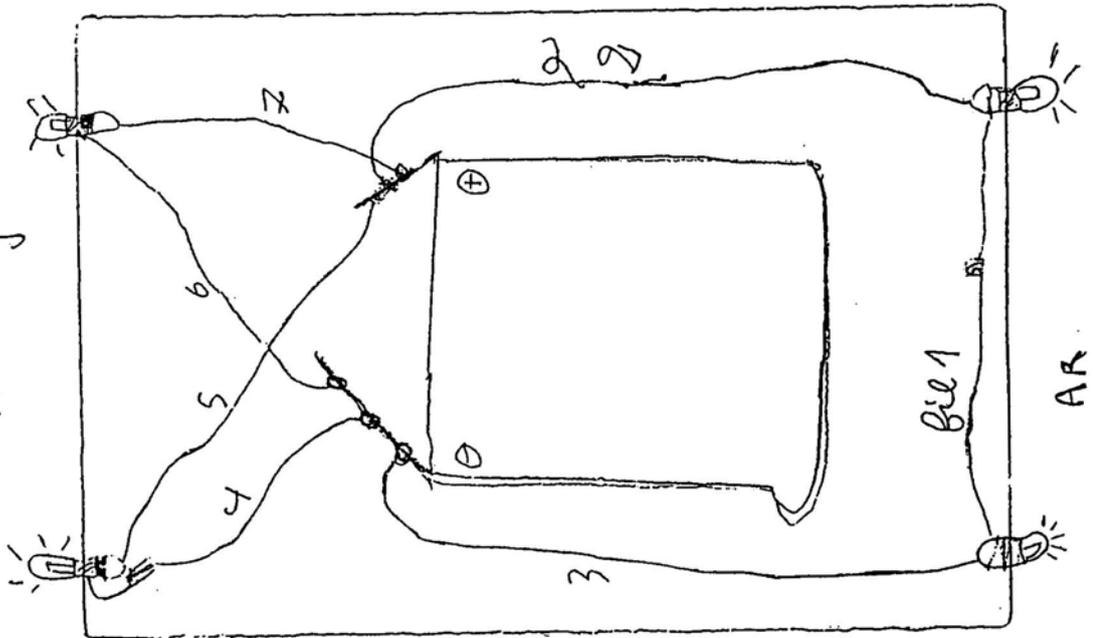
TIBERGHEN A., (1984), Revue critique pour élucider les conceptions des élèves de 8 à 20 ans concernant les circuits électriques, in *Recherches en didactique de la physique, Les Actes du premier atelier international*, La Londe, Ed.CNRS.

Exemples de schémas d'implantation du système électrique réalisé par des élèves pour «la voiture et son système d'éclairage»

Victor.



AV Cyrille



Annexe 1

Tu complètes le schéma du montage électrique en dessinant **la pile**; l'ampoule doit s'allumer.



Tu écris une phrase qui explique le montage dessiné

Dessine la **pile et l'ampoule** - lorsque l'ampoule s'allume- , dans une autre situation

Tu écris une phrase qui explique le montage dessiné

Annexe 2

LA VOITURE ET SON SYSTEME D'ÉCLAIRAGE

Deux sous-systèmes sont à construire :

- le système mécanique qui assure la fonction de roulement,
- le système électrique qui assure la fonction éclairage.

A. LE SYSTÈME MÉCANIQUE

. les différentes parties :

- le châssis : une plaque de bois rectangulaire de dimensions 150 mm sur 100 mm, en latté d'épaisseur 16 mm,
- les roues qui sont des disques en bois de diamètre 35 mm et d'épaisseur 5 mm environ.

. les opérations à faire :

. les roues

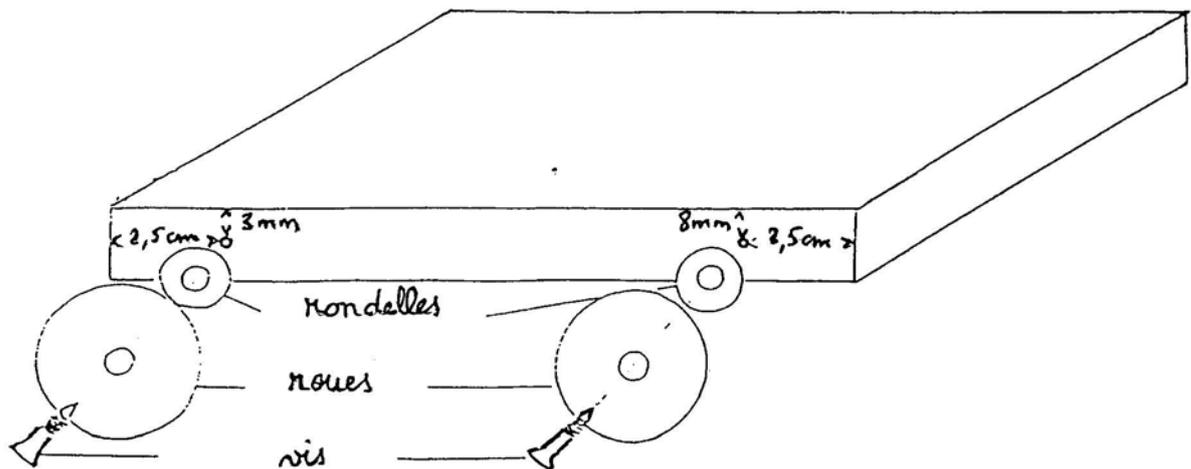
- recherche le centre de chaque roue et marque-le par un point au crayon,
- perce un trou de diamètre 3 mm à cette position.

. le châssis

- marque au crayon les positions des quatre roues (la voiture doit être bien équilibrée),
- fais un avant trou avec une vrille.

. l'assemblage des roues au châssis

- relie chaque roue au châssis avec une vis de 3 mm de diamètre et de 20 mm de longueur.



B. LE SYSTÈME ÉLECTRIQUE

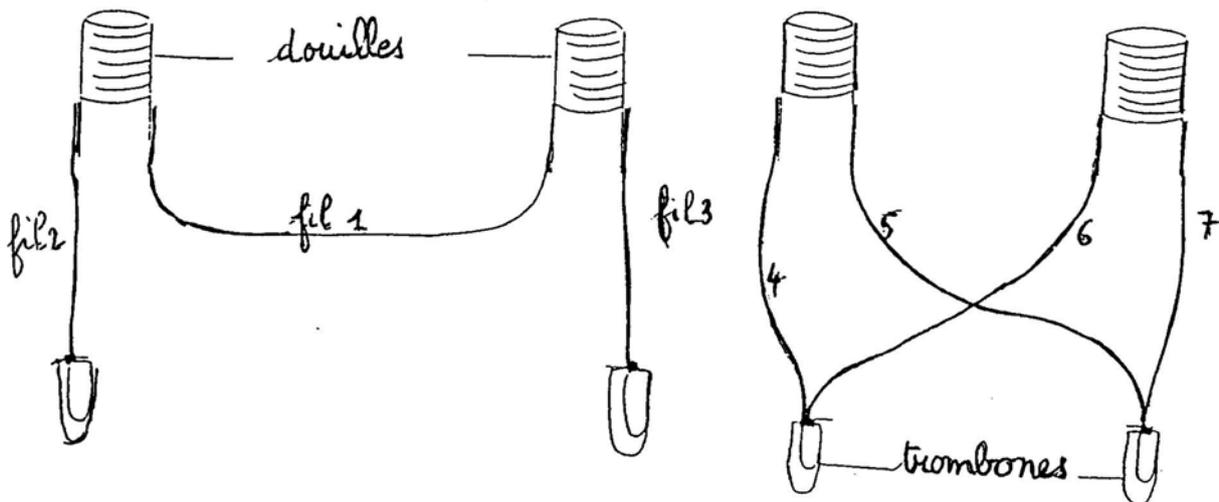
la conception

Problème à résoudre: tu as à ta disposition quatre ampoules identiques et une pile plate, tu dois imaginer un système d'éclairage tel que les phares, placés à l'avant, éclairent plus que les feux arrière.

- par groupe de quatre élèves, recherchez, avec le matériel utilisé en classe une solution à ce problème.
- tu dois ensuite rechercher la place des cinq éléments (la pile et les quatre ampoules) sur le châssis de la voiture ; pour cela :
 - . découpe un rectangle en papier de la dimension du châssis,
 - . marque les emplacements sur la feuille de papier,
 - . puis dessine au crayon les fils électriques qui permettent de répondre au problème posé,
 - . fais contrôler ta solution par la maîtresse.

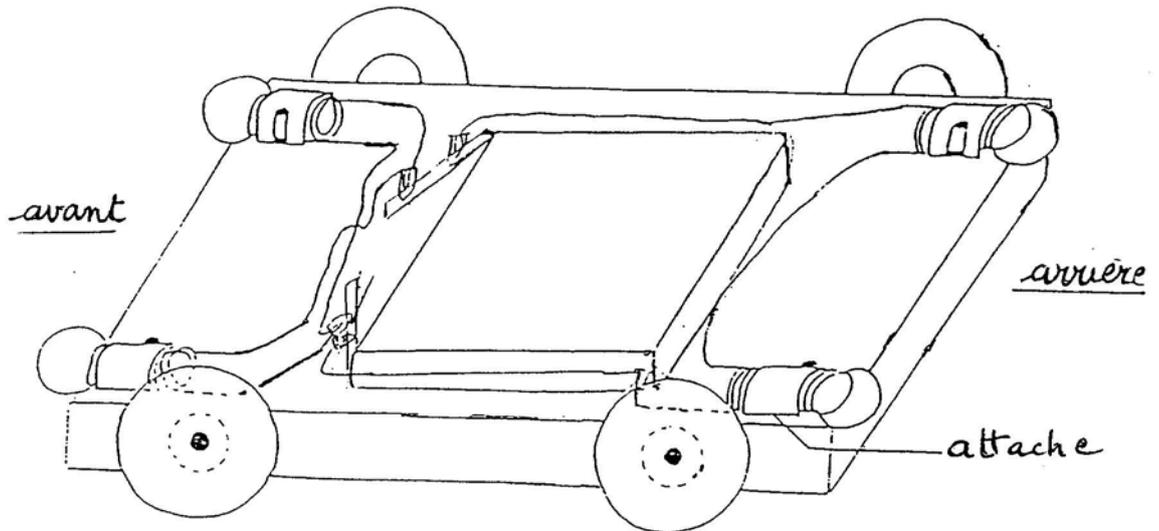
la réalisation

- . l'éclairage arrière :
 - mesure la longueur de chaque fil et ajoute 4 cm à chaque longueur pour les assemblages,
 - le fil 1 est relié à une patte de chaque douille,
 - les fils 2 et 3 ont une extrémité reliée à une douille, l'autre extrémité est reliée à un trombone.
- . l'éclairage avant :
 - mesure la longueur de chaque fil et ajoute 4 cm à chaque longueur pour les assemblages,
 - les fils 4 et 5 sont reliés à une douille par une extrémité et à un trombone à l'autre extrémité,
 - les fils 6 et 7 sont reliés à l'autre douille par une extrémité et à un trombone à l'autre extrémité.



C. L'ASSEMBLAGE DES DEUX SYSTÈMES

- reporte au crayon la position de la pile et des quatre ampoules sur la plaque de bois,
- fixe à chacune des positions des ampoules une attache fixe câble pour maintenir la douille,
- mets en place le système électrique en plaçant chaque douille sous l'attache en plastique,
- fixe la pile au châssis avec du scotch double face.



Ta voiture est terminée!!!, c'est à dire qu'elle roule de nuit et de jour. Il te reste à la personnaliser suivant tes idées en lui ajoutant un capot et des accessoires divers.