

Représentation et circuits électriques au collège

par Danièle LAUNER
Collège, 95620 Parmain

La séquence présentée ici, expérimentée en classe de 6^{ème} pendant trois ans, met en œuvre une représentation des circuits électriques qui possède plusieurs avantages :

- les élèves se l'approprient avec une grande facilité,
- elle permet très rapidement des prévisions qualitatives, sur le fonctionnement de circuits non élémentaires,
- elle prépare à un approfondissement quantitatif ultérieur : addition des intensités dans un circuit en dérivation, notion de superposition des états électriques.

1. LA REPRÉSENTATION

Elle consiste en un simple coloriage réalisé par les élèves sur le schéma (normalisé ou non) du circuit :

- on ne colorie que les fils, cavaliers ou appareils électriques parcourus par du courant,
- s'il s'agit d'un courant dangereux (court-circuit), le coloriage se fait en rouge,
- si le montage comporte des dérivations, le circuit est virtuellement décomposé en circuits élémentaires superposés, chacun étant repéré par une couleur différente,
- les éléments non parcourus par un courant peuvent être barrés d'une croix.

Il n'y a rien d'original au premier abord, mais on constate que cette représentation offre aux élèves la possibilité d'aller plus loin dans les prévisions qualitatives.

2. LA SEQUENCE DE CLASSE (4 semaines + contrôle)

2.1. Conditions matérielles

Chaque séance dure 1h1/2, et comprend l'expérimentation, la synthèse collective et l'évaluation.

Les élèves disposent d'un matériel pour deux ou trois. Il se compose :

- d'une plaque de connexion Fixfil (Cicadis) assortie de cavaliers et de fils de raccordement,
- d'une pile plate 4,5V,
- de 2 lampes 3,5V - 200mA sur douille Fixfil.

Ce matériel est réuni dans une barquette (qui permet un contrôle rapide du contenu), à l'exclusion de la pile qui est distribuée à part dans certains cas.

Les plaques de connexion utilisées ont l'avantage d'être d'une parfaite lisibilité permettant de transposer la réflexion du circuit réel au dessin schématique. Les élèves peuvent inventer des circuits et réaliser effectivement ce qu'ils ont prévu.

Elles ont toutefois révélé à l'usage avoir l'inconvénient de résistances de contact non nulles, qui peuvent devenir non négligeables quand on recherche l'effet de court-circuit.

2.2. Première séance : Circuit fermé / ouvert

Présentation du matériel.

Activité expérimentale n° 1 : à partir d'une fiche distribuée (voir figure 1).

Les OBJECTIFS poursuivis ici sont :

- familiariser les élèves avec le matériel, et avec le respect d'un schéma de montage,
- démarrer le travail en groupe.

L'aspect ludique de cette première activité favorise les deux objectifs qui précèdent : les cavaliers inutiles du montage sont nécessaires pour le jeu, ainsi que le partenaire !

NOM Prénom	TITRE	Classe
-----	ÇA COMMENCE COMME UN JEU...	---

TRAVAIL DEMANDÉ :

- Réalisez le montage exactement comme sur le schéma .
- Chacun votre tour, enlevez un cavalier ; il ne faut pas que la lampe s'éteigne !

COMPTE-RENDU :

Barrez sur le schéma ce qui était inutile.

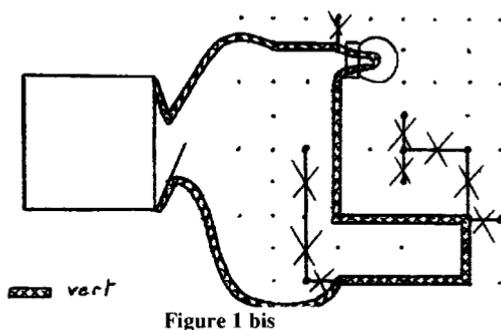
Coloriez le reste en vert ; que remarquez-vous ?

- - - - -
- - - - -
- - - - -

Figure 1

- introduire une représentation colorée donnant à l'objet réel (cavalier, lampe...) le statut de support d'un concept abstrait : le courant.

Synthèse collective : les fiches sont relevées (elles seront notées), le coloriage est repris au tableau (figure 1 bis) et les phrases de compte-rendu servent à dégager les notions de circuit ouvert et fermé, ainsi que l'idée de courant électrique.



Un exercice analogue, mais sans expérimentation, permet à chaque élève de s'autoévaluer.

Enfin, un schéma technologique de lampe, étudié sur le livre, amène un peu de vocabulaire nouveau, et permet de reconstituer le «chemin du courant» dans la lampe (la pile n'est pas abordée à ce niveau).

2.3. Deuxième séance : inventer un montage + court-circuit

Test n° 1 (10 min) : représentation du courant sur un schéma de montage, et vocabulaire.

Activité expérimentale n° 2 :

Chaque élève conçoit un montage à une lampe, le schématise, et lui superpose la représentation du courant. L'élève prévoit ainsi les cavaliers inutiles, et fait la vérification expérimentale.

Normalement la réalisation pratique succède à la schématisation et l'analyse ; mais elle peut aussi être simultanée pour les élèves qui le souhaitent. Seule la pile est retenue jusqu'à un avancement suffisant du compte-rendu. Cette souplesse canalise les impatients, et encourage les timides.

OBJECTIFS :

- Passage réciproque du montage au dessin schématisé,
- Rédaction autonome d'un compte-rendu individuel, même si la manipulation est faite en groupe.

Les élèves apprécient de pouvoir décider eux-mêmes de ce qu'ils vont faire (ils en auront d'autres occasions), et acceptent d'autant mieux les consignes imposées par ailleurs.

Si une observation imprévue survient, les élèves sont invités à ne pas la dissimuler, mais au contraire la porter sur le compte-rendu avant de chercher une remédiation. Cela permet en général de «récupérer» un schéma de montage en court-circuit qui pourra être soumis à la réflexion de la classe*.

Activité expérimentale n° 3 :

Les élèves réalisent ce montage «qui n'a pas donné ce qu'on attendait». Les observations (lampe éteinte, cavaliers brûlants) et l'interprétation sont consignées sur le cahier (figure 2).

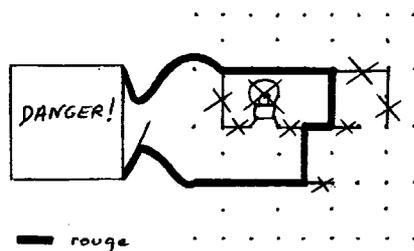


Figure 2

OBJECTIFS :

- identifier les effets d'un court-circuit,
- savoir repérer un court-circuit sur un schéma ou un montage,
- préciser la représentation : utiliser du rouge pour ce courant dangereux qui ne passe pas par la lampe.

* J'ai noté qu'au fil des années, j'ai de plus en plus rarement l'occasion de voir des courts-circuits lors de cette activité, ce qui est à mettre à l'actif des instituteurs du primaire. Grâce à eux les élèves n'attendent pas la 4^{ème} pour faire des sciences physiques...

2.4. Troisième séance : Montages en série et dérivation

Test n° 2 (10 min.)

Activité expérimentale n° 4 :

Les élèves conçoivent et réalisent un (ou plusieurs) montages permettant d'allumer deux lampes à l'aide d'une seule pile, sans cavaliers inutiles. Le compte-rendu est fait à deux, comme la manipulation.

Cela impose soit une coopération réelle, soit une répartition des tâches. Pour certains élèves de 6^{ème}, cela ne va pas sans heurts.

En général, il se trouve des élèves pour remarquer que l'éclat des lampes varie d'un groupe à l'autre, c'est alors l'occasion de les engager à rédiger des observations plus détaillées.

Synthèse collective : A partir des comptes-rendus, on reproduit au tableau des montages en série et des montages en dérivation, qui sont surlignés ensuite en couleurs. Les deux types de montages sont définis par le nombre de lampes sur chaque circuit élémentaire :

- en série : toutes les lampes sont sur le même « chemin »,
- en dérivation : chaque lampe est seule avec la pile sur un « chemin », (figure 3).

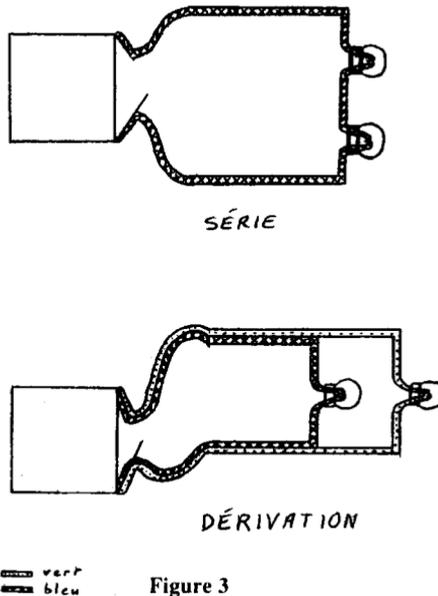


Figure 3

2.5. Quatrième séance : lampe court-circuitée et prévisions de fonctionnement

Test n° 3 (10 min)

Activité expérimentale n° 5 :

Les élèves réalisent un montage en série et court-circuitent une lampe. La manipulation est dirigée et le compte-rendu collectif sur cahier (figure 4).

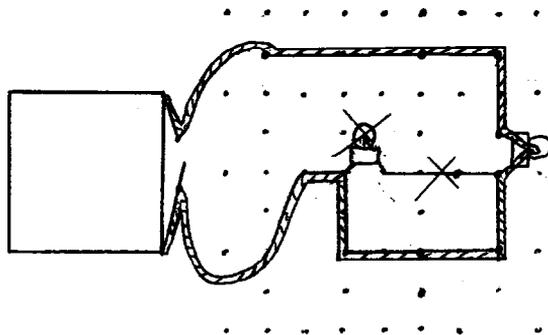


Figure 4

OBJECTIFS :

- savoir qu'une lampe s'éteint quand on la court-circuite,
- repérer cette situation et la distinguer d'un court-circuit véritable.

Chapitre de synthèse : analyse d'un montage :

La représentation colorée sert de base pour analyser deux montages à titre d'exemples, analogues à ceux présentés figure 5.

Un montage supplémentaire est posé en exercice à la maison.

2.6. Evaluation

L'exercice est corrigé à la cinquième séance, avec vérification expérimentale, et un contrôle sommatif (30 min) est posé à la sixième séance (voir figures 5 et 5 bis)

Coloriez le ou les chemins parcourus par du courant (une couleur différente par chemin, en réservant le rouge aux courts-circuits).
 Pour chaque lampe, indiquez si elle s'allume normalement, faiblement, ou pas du tout, en justifiant la réponse.

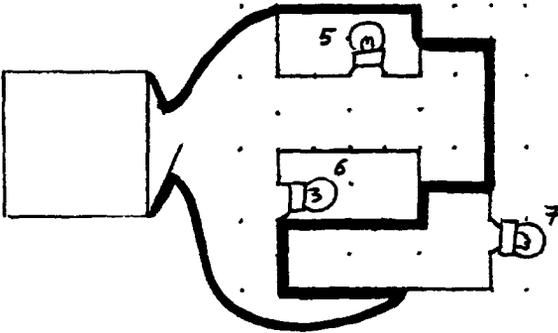
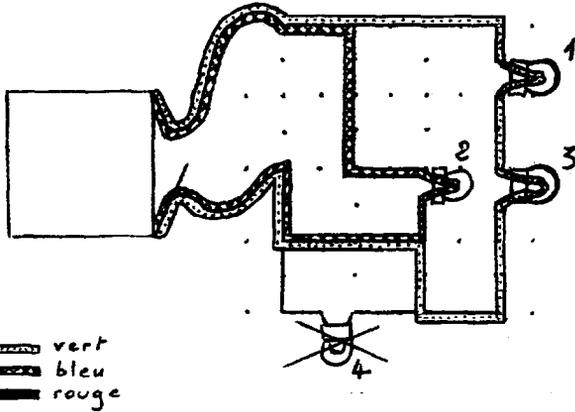


Figure 5

RÉPONSES DE DEUX ELÈVES :

- La lampe 2 s'allume normalement car elle est seule sur le chemin. Les lampes 1 et 3 s'allument faiblement car elles sont en série. La lampe 4 ne s'allume pas, elle est court-circuitée car elles sont sur le même chemin (bleu).
Dans le deuxième schéma, aucune lampe ne s'allume, elles sont court-circuitées, il y a un court-circuit. C'est un montage dangereux.
- - Dans le 1^{er} montage, la lampe 4 ne s'allumera pas, elle est court-circuitée. Le courant passera dans 2 chemins, dans le 1^{er} chemin il y aura la lampe 2 qui s'allumera normalement. Dans le 2^{ème} chemin il y aura les lampes 1 et 3 qui s'allumeront faiblement car elles sont deux sur le chemin.
- Dans le 2^{ème} montage, il y a un court-circuit, les lampes 5, 6 et 7 sont court-circuitées. Elles sont contournées par le courant, car le courant passe là où il n'y a que des cavaliers.

3. DIFFICULTES DE FONCTIONNEMENT

– Récupérer le matériel complet sans perdre un temps énorme en vérifications est une nécessité. Les séquences d'1h1/2 (en fait 1 h 22 min) évitent un ramassage précipité deux minutes avant la sonnerie ; tous les collègues n'ont pas cet avantage. Cependant cela ne suffirait pas si je n'avais pas passé de longues heures à récupérer des boîtes à couvercle transparent, et à percer des supports, pour y ranger la plaque, les cavaliers, etc... Cela me permet de regarder tranquillement les élèves qui défilent rapporter leur boîte complète au bureau. La distribution est encore plus simple : les élèves sont responsables de la vérification du matériel qui leur est confié.

– Gérer le travail de 12 groupes de 2 ou 3 élèves est éprouvant. En classe de 6^{ème}, les élèves sont encore très individualistes, pourtant il faut les aider à conduire une activité à plusieurs. On pourrait restreindre les difficultés par un dirigisme assez fort, mais ce serait renoncer à un objectif fondamental de l'éducation, la socialisation.

4. ASPECTS DIDACTIQUES

La représentation et la progression privilégient l'aspect circulaire de l'électricité. Ce choix est en harmonie avec la cohérence dégagée par J.L. MARTINAND [1] dans les programmes d'électricité avant le lycée : en primaire, l'accent est mis sur les objets du circuit, en 6^{ème} sur le courant, en 5^{ème} s'ajoute la tension, et en 3^{ème} l'énergie. En effet en 6^{ème} la tension n'apparaît que comme indication du fabricant utile pour l'adaptation générateur-récepteur.

Il n'est pas évident que cette approche du circuit par la notion de courant soit la plus favorable à un réinvestissement immédiat en électronique par exemple. Cependant, ce choix étant admis, j'ai pu observer que les confusions habituelles «courant-tension» et «courant-énergie» qui mènent aux conceptions de «générateur à courant constant» pour la pile, et «d'épuisement du courant» le long du circuit [2] étaient plus rarement observées dans les interprétations ou prévisions des élèves. (Notez pourtant «le» courant, répété trois fois dans la réponse d'élève (figure 5 bis en bas).

D'autre part, il semble que la décomposition en sous-circuits indépendants favorise la mise en œuvre de la notion de tension. Un peu

comme si le travail de coloriage épuisait aux yeux des élèves l'aspect «courant», et qu'ils se tournaient ensuite vers un outil complémentaire pour finir l'analyse. Cet outil est dans un premier temps le nombre de lampes, puis le partage des tensions (voir séance 9).

5. FAVORISER LE PASSAGE A L'IMAGE MENTALE

Les séances suivantes permettent l'assimilation progressive, aussi je les présente brièvement.

5.1. Cinquième séance : conducteurs et isolants

TP n° 6 : conducteurs et isolants, puis quelques «cas étranges» : résistances (22 Ω , 67 Ω , 220 Ω), et diode. Notion qualitative d'intensité, et sens du courant.

5.2. Sixième séance : interrupteurs

Symboles normalisés.

Rôle d'un interrupteur.

TP n° 7 : inventer un (ou plusieurs) montages où deux interrupteurs servent à commander deux lampes.

5.3. Septième séance : ET, OU, VA et VIENT

TP n° 8 : en autonomie à partir des schémas de montages et du code binaire. Des hypothèses sont demandées avant de réaliser le branchement. A ce stade, les élèves sont «rôdés», et réalisent les trois études en une séance.

5.4. Huitième séance : adaptation

TP n° 9 : Pile 4,5 V et lampes 3,5 V - 0,2 A ; 6 V - 100 mA ; 12 V - 50 mA. Au bureau : lampe 1,5 V grillée. Interprétation. Exercices, Contrôle sur les circuits à interrupteurs.

5.5. Neuvième séance

TP n° 10 : préparer un montage permettant à 4 lampes 6 volts de s'allumer normalement avec le générateur 12 V du bureau (les élèves apportent leur montage prêt pour vérifier). Mise en commun des observations. Interprétation.

OBJECTIFS :

Mis à part l'acquisition des notions citées, les 6^{ème} et 7^{ème} séances permettent aux élèves de faire fonctionner la représentation au niveau mental. En effet, les interrupteurs schématisés ouverts ne permettent plus de colorier les circuits (c'est la raison de leur introduction tardive). Les symboles normalisés interviennent à ce moment pour inciter à l'abstraction.

La 9^{ème} séance voit réapparaître la représentation colorée (figure 6).

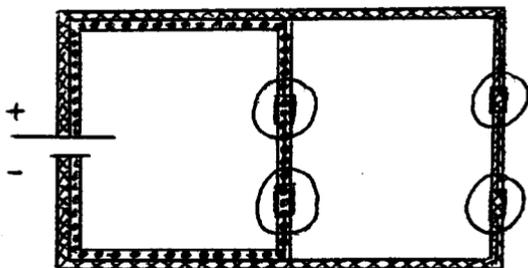


Figure 6

L'étude séparée de chaque branche permet d'introduire le «partage» des tensions pour les lampes en série.

CONCLUSION

A l'issue de ces séquences, les élèves disposent d'un outil efficace pour analyser le fonctionnement de nombreux montages, sous réserve que l'on évite les circuits en ponts et les lampes différentes en série.

Certains ont pu juger cela abstrait et rébarbatif, au point de décider la suppression de notre enseignement en 6^{ème} et 5^{ème}, mais je peux assurer que cette opinion n'est pas celle des élèves !

RÉFÉRENCES

- [1] J.L. MARTINAND - Conférence à l'école d'été de didactique des mathématiques à Orléans - 1987.
- [2] J.J. DUPIN, S. JOHSUA - L'électronique du collège à l'université 1983 - B.U.P. n° 683.

[Voir aussi B.U.P. n° 716 SPÉCIAL DIDACTIQUE, 1989].