

COMMENTAIRES SUR : "APPRENDRE ET COMPRENDRE LES CONCEPTS CLES DE L'ELECTRICITE"

(R. Duit et C. von Rhöneck)

Lillian C. McDermott

Department of Physics, University of Washington, Seattle, Washington, USA

Ce chapitre écrit par Renders Duit et Christoph von Rhöneck fournit une vue d'ensemble de la plupart des recherches qui ont été menées sur la compréhension par les élèves de l'électricité. L'accent est mis sur les circuits simples comportant des piles et des ampoules. Les auteurs, en citant plusieurs études, décrivent certaines difficultés conceptuelles largement partagées qui ont été identifiées chez les élèves (avant l'université). Il a aussi été largement prouvé que les étudiants, qui ont étudié la physique au début de leurs cursus universitaires, ont des difficultés conceptuelles similaires (McDermott and Shaffer, 1992). Il faut inclure parmi ces étudiants les professeurs de l'école élémentaire, du collège et du lycée, aussi bien ceux qui enseignent que ceux en formation initiale. Puisque l'électricité fait partie de l'enseignement pré universitaire, il est important que les professeurs dépassent leurs difficultés relatives à ce contenu et deviennent familiers avec les stratégies efficaces d'enseignement qu'ils peuvent utiliser pour aider leurs élèves.

Les auteurs de ce chapitre commentent brièvement la façon d'aider les élèves à améliorer leur compréhension. Ci-dessous nous élargissons cette discussion en donnant un exemple spécifique d'une séquence d'enseignement conçue à partir de résultats d'une recherche. Il a été montré que l'approche fondée sur un enseignement comportant des activités de laboratoireⁱ a été efficace en prenant en compte la plupart des difficultés mentionnées dans le chapitre (McDermott and Shaffer, 1992). Le contenu d'enseignement correspondant à cet exemple est disponible (McDermott et the Physics Education Group, 1996).

Exemple de l'application de la recherche à l'enseignement

Les étudiants sont guidés dans leur processus de construction d'un modèle conceptuel pour le courant électrique par des expériences effectives sur des circuits simples composés de piles et d'ampoules. Ils réalisent des expériences, font des observations, en tirent des conclusions en explicitant les concepts de base de courant et de résistance. Ils utilisent à la fois des raisonnements inductif et déductif pour synthétiser ces concepts dans un modèle qualitatif du courant électrique. Quand ils appliquent ce modèle à des circuits de complexité croissante, le besoin d'autres concepts apparaît. Ci-dessous nous donnons les grandes lignes de la progression logique suivie par les étudiants qui développent ainsi un modèle conceptuel qu'ils peuvent utiliser pour prédire et expliquer le comportement de circuits résistifs simples.

Les étudiants commencent le processus de construction du modèle en essayant de faire briller une ampoule avec une pile et un seul fil du plus grand nombre de manières possibles. Ils trouvent qu'il y a quatre arrangements possibles dans lesquels l'ampoule s'allume. On leur demande de comparer ces dispositifs avec ceux pour lesquels l'ampoule ne s'allume pas. Ils remarquent que pour que l'ampoule s'allume, chacune de ses bornes doit être reliée à une borne différente de la pile par l'intermédiaire d'une chaîne continue d'éléments conducteurs. Les étudiants formulent le concept de circuit complet et prennent conscience que les quatre arrangements peuvent être représentés par un seul schéma. Ils étudient la brillance des ampoules pour différentes configurations comportant une seule pile. Leurs observations rendent plausibles les deux hypothèses suivantes qui constituent la base du développement initial du modèle : (1) un flux (identifié comme le courant électrique) existe dans un circuit complet et (2) la brillance de l'ampoule indique la quantité de courant.

Les étudiants étudient ensuite le comportement de circuits série et parallèle d'une manière systématique. La diminution de la lumière d'une ampoule qui se produit quand une deuxième ampoule identique est ajoutée en série fournit une base pour introduire le concept de résistance. Les étudiants reconnaissent que la même brillance de deux ampoules implique que le courant n'est pas "consommé". Ils déterminent que ni la direction du courant ni l'ordre des éléments n'affecte la brillance de l'ampoule. Quand ils observent que lorsque des ampoules, qui sont chacune reliée en parallèle directement aux bornes d'une pile idéale, brillent autant qu'une seule ampoule reliée de la même manière, ils prennent conscience que leur intuition de la pile comme source de courant constant n'est pas correcte. Ils sont forcés de conclure que le courant qui passe dans la pile dépend de la configuration du circuit. Le concept de résistance équivalente est introduit. Les étudiants trouvent que cette quantité dépend de la configuration et pas seulement du nombre d'éléments ou de branches. Les étudiants étudient ensuite le comportement de différentes configurations d'ampoules et observent que des changements faits n'importe où dans un circuit amènent souvent à des changements à d'autres endroits du circuit. Ils trouvent que le modèle qu'ils ont développé leur permet de prédire la relative brillance des ampoules dans une variété de circuits, mais pas pour toutes les situations.

Jusqu'alors seulement un raisonnement qualitatif a été nécessaire pour la construction du modèle. Ceci est alors particulièrement adapté aux étudiants de l'école primaire et du collège et à leurs professeurs, dont les capacités mathématiques ne sont pas très grandes. Pour les élèves du lycée et leurs professeurs et pour les étudiants de l'université, le développement d'un modèle conceptuel ne devrait pas s'arrêter aux concepts de courant et de résistance. Le besoin d'étendre le modèle devient clair avec une série d'expériences pour lesquelles les étudiants étudient l'effet de l'ajout de piles en série dans un circuit. Les étudiants remarquent que la brillance de l'ampoule augmente chaque fois qu'une pile est ajoutée. Cet effet suggère l'idée qu'une pile est un agent qui "pousse" le courant dans le circuit. Le concept de différence de potentiel est introduit. Avec l'aide d'un ampèremètre et d'un voltmètre, les étudiants élaborent une définition opérationnelle avec laquelle ils quantifient les concepts d'intensité du courant, de potentiel, de différence de potentiel et de résistance. Ils formulent les première et deuxième lois de Kirchoff et déterminent la relation entre l'intensité du courant et la différence de potentiel pour des matériaux ohmiques (loi d'Ohm).

Le modèle que les étudiants ont développé leur permet de prédire la brillance relative quand des ampoules dans un circuit sont identiques mais pas quand leurs résistances sont différentes. Les étudiants concluent que ni l'intensité du courant, ni la résistance, ni la différence de potentiel seules ne sont suffisantes pour déterminer la brillance. Quand le modèle est étendu pour inclure le concept de puissance, les étudiants peuvent faire des prédictions pour des ampoules qui ne sont pas identiques. Les expériences qui montrent que les piles ont une durée de vie limitée aident les élèves à identifier l'énergie comme la quantité qui est dissipée. Ils peuvent alors réconcilier leur connaissance formelle que le courant est conservé avec leur croyance intuitive qu'il y a quelque chose qui est "consommé" dans le circuit.

Généralisation

Ce chapitre a pour but d'attirer l'attention sur les résultats de recherche sur la compréhension par les étudiants des circuits électriques. Cependant, l'identification des difficultés constitue seulement une partie de la contribution que peut faire la recherche à l'amélioration de l'enseignement. Il est aussi important d'utiliser les résultats pour guider le développement de l'évaluation de l'enseignement. L'exemple décrit ici en est une illustration.

Remerciements

La recherche et le développement de curriculum sur lesquels ces commentaires sont basés sont le résultat de travaux menés en collaboration par les membres du "Physics Education Group" (Groupe sur l'enseignement de la physique) de l'université de Washington. Nous remercions aussi la "National Science Foundation" pour son aide.

Références

McDermott, L.C. & the Physics Education Group at the University of Washington (1996). *Physics by Inquiry, Vols. I and II*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

McDermott, L.C. and P.S. Shaffer (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity, Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics*. 60, 994-1003, and Printer's erratum to Part I, (1993), *ibid.* 61, 81.

Shaffer, P.S. & L.C. McDermott (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity, Part II: Design of instructional strategies. *American Journal of Physics*. 60, 1003-1013.

Note du traducteur

¹Laboratory based approach signifie une enseignement tout au long duquel les élèves font des expériences, on pourrait dire des TP-cours.