

Les préconceptions en théorie des circuits électriques au niveau universitaire : développement d'une stratégie de dépassement

Sommeillier, Raoul⁽¹⁾, Robert, Frédéric⁽²⁾

⁽¹⁾ BEAMS, Université Libre de Bruxelles - Belgique

⁽²⁾ BEAMS, Université Libre de Bruxelles - Belgique

Résumé : Cette communication traite des préconceptions présentes dans la structure cognitive d'étudiants universitaires dans le domaine des sciences, en particulier en théorie des circuits électriques. Une phase de diagnostic, via l'analyse de près de 800 copies d'examens, a révélé que nos étudiants sont sujets à des préconceptions rarement évoquées dans la littérature, ce qui nous a mené à caractériser des préconceptions d'un nouveau genre : les « préconceptions méthodologiques ». Ensuite, l'élaboration d'un modèle décrivant les préconceptions en termes de domaines de validité des objets cognitifs nous a dotés d'un formalisme approprié pour développer une stratégie d'apprentissage favorisant, par rupture cognitive, le dépassement de ces préconceptions de manière efficace. La phase d'expérimentation a consisté en l'implémentation de cette stratégie par la création de nouveaux matériels didactiques à destination d'une moitié de notre population étudiante (groupe B) alors que la seconde moitié (groupe A) suivait les séances habituellement dispensées. Enfin, une évaluation par inférence statistique a révélé globalement un niveau de maîtrise et une atteinte des objectifs pédagogiques significativement plus élevés au sein du groupe B qu'au sein du groupe A.

Mots-clés : Préconception ; Théorie des circuits électriques ; Rupture cognitive ; Stratégie d'apprentissage ; Changement conceptuel.

Introduction

Aujourd'hui, il est largement accepté par le milieu enseignant que les étudiants arrivent en cours avec des préconceptions, que ce soit au niveau pré-universitaire ou universitaire, en particulier dans l'enseignement des sciences générales (Bull *et al.*, 2010; Closset, 1992; Hammer, 1996; Michelet *et al.*, 2007; Turgut *et al.*, 2011). De nombreux auteurs définissent les préconceptions comme étant des structures cognitives stables pouvant initier des difficultés d'apprentissage et mettent en exergue la difficulté de leur traitement (Peşman, 2010; Hammer, 1996; Küçüközer et Kocakulah, 2007; Michelet *et al.*, 2007; Turgut *et al.*, 2011). De plus, la persistance de ces préconceptions peut constituer un handicap significatif lors d'apprentissages futurs de théories nouvelles (Bull *et al.*, 2010).

Nous nous sommes interrogés sur les origines, conséquences et méthodes de diagnostic et de traitement de ce phénomène dans le cadre d'un cours de théorie des circuits électriques à destination d'étudiants en polytechnique. La motivation qui a initié cette étude provient de la singularité des publications traitant des préconceptions dans ce cadre précis et de l'observation répétée d'erreurs inattendues lors d'interrogations et d'examens.

L'objectif était de concevoir une stratégie d'enseignement favorisant le dépassement de ces préconceptions. Cette communication nous permettra d'exposer et d'illustrer les méthodes d'enseignement développées, la méthodologie d'évaluation utilisée ainsi que les résultats obtenus par inférence statistique.

Phénomène de préconception : notre modèle

Une première étape a été de définir clairement ce qu'est une préconception. La littérature semblant présenter quelques points de divergence dans cet exercice, nous proposons un modèle original basé sur les domaines de validité des objets cognitifs. Celui-ci a pour objectif de représenter et donc de mieux comprendre la nature des préconceptions et du processus permettant leurs dépassements en vue de trouver un moyen de favoriser ces transitions conceptuelles.

Dans la figure 1, les ellipses représentent les domaines de validité des modèles (connaissances) possédés par un étudiant et un enseignant, c'est-à-dire les conditions d'application dans lesquelles un modèle reste scientifiquement valide. Dans cet exemple, l'enseignant possède au sein de sa structure cognitive deux modèles différents pour comprendre une certaine réalité, représentée par un ensemble de phénomènes (les croix). En fonction des conditions requises par l'analyse de la situation, il est capable de passer d'une représentation de cette réalité (Modèle 1) à une autre (Modèle 2). Ainsi, l'enseignant pourra faire appel au Modèle 1 pour l'explication de ces phénomènes dans un certain périmètre, tout en étant conscient que d'autres phénomènes ne peuvent être expliqués par ce même modèle (croix située à l'extérieur de l'ellipse). Un autre modèle, plus puissant, c'est-à-dire qui présente un domaine de validité plus large est alors nécessaire : le Modèle 2.

Nous faisons l'hypothèse que pour la même réalité (même ensemble de phénomènes), l'étudiant a intégré le même Modèle 1 que l'enseignant mais lui attribue un domaine de validité trop large. C'est ce que nous appelons le « généralisation abusive implicite » (Robert, 2007). Tant que l'étudiant et l'enseignant considèrent des phénomènes relevant du domaine de validité réel du Modèle 1 (zone non hachurée), la discordance des domaines de validité de l'étudiant et de l'enseignant reste invisible et l'étudiant est conforté dans sa représentation qui l'amène néanmoins à utiliser potentiellement le Modèle 1 à tort.

Afin d'aider l'étudiant à dépasser cette situation et à accéder à une structure cognitive similaire à celle de l'enseignant, il faut le mener à une expérience qui va l'amener à douter des limites de son modèle (et non du modèle lui-même). Un conflit cognitif (Brousseau, 1989; Duval, 1992) peut être provoqué en confrontant l'étudiant à un obstacle cognitif qui est dans notre modèle un phénomène situé dans le domaine de validité du Modèle 2 mais hors du domaine de validité du Modèle 1 (croix située dans la zone hachurée).

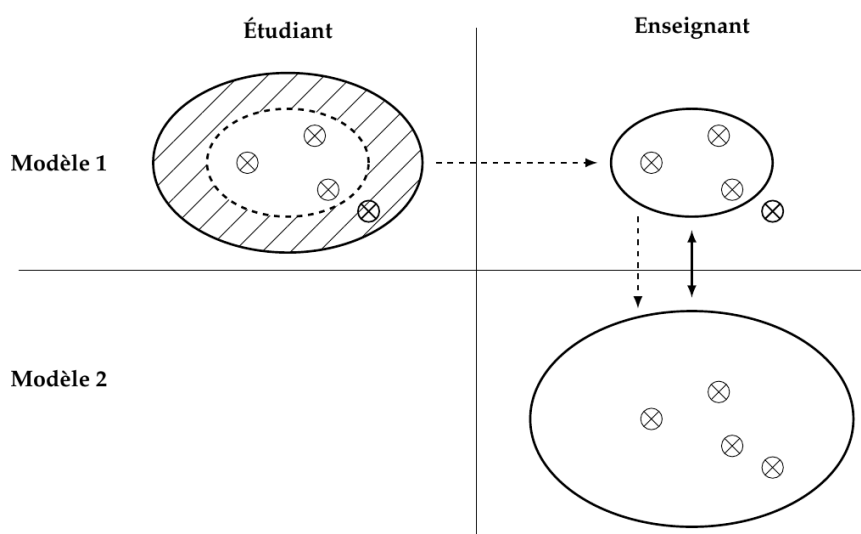


Figure 1: Schématisation du processus de rupture cognitive en terme de gammes de validité des modèles

C'est la restriction du domaine de validité du Modèle 1 (flèche pointillée horizontale), paradoxale au départ pour l'étudiant, qui va constituer le changement conceptuel (rupture cognitive) permettant ensuite d'intégrer le Modèle 2 (flèche pointillée verticale) dont le domaine de validité inclut cette fois l'expérience ayant déclenché le processus de rupture cognitive. Il est probable néanmoins que l'individu associera à cette nouvelle représentation de la réalité un domaine de validité surestimé. Le processus que nous venons d'expliquer revêt donc un caractère itératif, voire récursif si l'on se place dans une logique constructiviste (Bachelard, 1970; Piaget, 1967).

En résumé, selon notre représentation, une préconception n'est pas due à la mobilisation d'une connaissance intrinsèquement fautive mais à l'inadéquation du domaine de validité qui lui est attribué. Notons que cette modélisation ne s'intéresse pas aux causes et propriétés des préconceptions, mais au mécanisme permettant à l'enseignant d'aider l'étudiant à passer outre.

Un exemple de préconception en physique générale est la tendance qu'ont les étudiants à penser que *plus un objet est lourd, plus sa vitesse de chute est élevée* (Modèle 1). Les étudiants supposent donc une proportionnalité entre les notions de masse ou poids et de vitesse de chute. Ce modèle peut s'avérer suffisant au quotidien, par exemple, pour expliquer pourquoi une pièce de monnaie tombe plus vite qu'une feuille de papier lâchée à même hauteur. Mais elle peut poser problème dans d'autres situations. Pour en convaincre l'étudiant, il faut défier sa conception initiale (conflit cognitif) via une expérience ou une question (croix dans la zone hachurée) : si seule la masse détermine la vitesse de chute, pourquoi donc sauter d'un avion avec un parachute étant donné que la masse supplémentaire qu'il représente nous fera chuter plus rapidement ? Cela peut permettre à l'étudiant de se rendre compte qu'il accorde un domaine de validité trop large à son modèle initial et de reconnaître la nécessité d'une nouvelle variable : la force de traînée qui est proportionnelle à la surface de contact entre les objets et l'air et qui s'oppose à leur chute (traînée). Cette considération l'amènera à formaliser un nouveau modèle (Modèle 2) : *plus le rapport entre la masse et la surface de contact avec l'air d'un objet est élevé, plus sa vitesse de chute est élevée*. Ce nouveau modèle présente une gamme de validité plus grande mais pourra à son tour être remis en question par la même approche.

Le passage de l'étude des circuits en courant continu à celle de l'étude des circuits en courant alternatif a déjà fait l'objet de recherches (Khantine-Langlois, 2004), mais une analyse de celui-ci en termes de domaines de validité des modèles nous paraît particulièrement pertinente. Un exemple typique est l'application de l'additivité des tensions pour résoudre un circuit RC en courant alternatif. Cette méthode permet la résolution en courant continu, mais le calcul des tensions en courant alternatif nécessite la mobilisation d'un nouvel outil : le formalisme des phaseurs. L'absence d'utilisation des phaseurs, erreur fréquemment rencontrée, relève d'une « préconception méthodologique » telle que nous l'expliquerons dans la section suivante.

Méthodologie de l'expérience

État de l'art, identification et diagnostic

Nous avons établi une liste de préconceptions en électricité et de leurs origines sur base des travaux d'auteurs ayant analysé le phénomène (Bagheri-Crosson et Venturini, 2006; Bull et al., 2010; Chang et al., 1998; Demirci et Çirkinoglu, 2004; Michelet et al., 2007; Andre et Ding, 1991; Turgut et al., 2011). Nous vous exposerons le fruit de ces recherches.

L'analyse de 796 copies d'examens nous a ensuite permis de faire état de deux constats. Premièrement, il s'est avéré difficile de faire le lien entre les préconceptions rencontrées dans la littérature et les erreurs recensées dans l'analyse des examens précédents : les erreurs rencontrées au niveau universitaire (dans notre contexte) ne sont pas les erreurs prioritairement citées dans la littérature. Deuxièmement, une des causes importantes de ces erreurs semble être d'ordre méthodologique et stratégique dans la résolution : l'étudiant n'arrive pas à sélectionner correctement les méthodes de résolution adaptées à la situation. En effet, il aura tendance à choisir une méthode qui lui a apporté satisfaction dans des situations qu'il juge similaires, mais est dans l'incapacité de déterminer adéquatement si les conditions justifiant son application sont réunies ou non. Ceci nous a amené à définir un type particulier de préconception en référence à ce manque de stratégie de résolution : la « préconception méthodologique ».

Conception et implémentation d'une stratégie d'apprentissage

Considérant les préconceptions mises en évidence, et les deux sessions d'exercices préexistantes portant respectivement sur la résolution en courant continu de circuits résistifs (session 7) et réactifs (session 8), nous avons conçu deux sessions d'exercices alternatives. Celles-ci visent les mêmes objectifs pédagogiques que les sessions de référence (être capable de résoudre les circuits concernés) mais centrent implicitement l'apprentissage sur le domaine de validité des concepts et méthodes utilisés, en vue de favoriser l'émergence de ruptures cognitives. Pour chaque session, les assistants ont reçu une fiche directive afin de diriger de la meilleure des manières les étudiants vers le dépassement de leurs préconceptions.

Méthode d'évaluation

Afin de pouvoir évaluer les résultats de l'apprentissage via ces nouvelles sessions, les 170 étudiants suivant le cours ont été séparés en deux groupes : le groupe A a suivi les sessions d'exercices de référence et le groupes B, les sessions alternatives (figure 2).

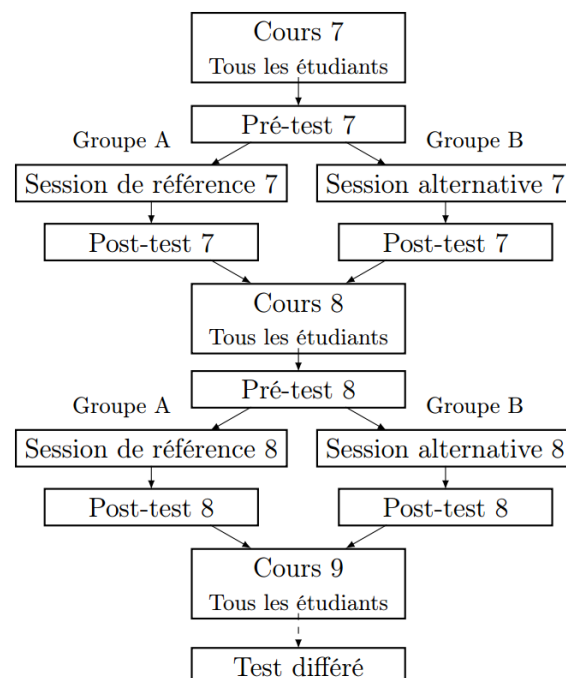


Figure 2: Méthodologie d'évaluation

Après chaque lecture relative aux deux séances étudiées un même pré-test était soumis à l'entièreté des étudiants dans le but de vérifier l'égalité des niveaux des deux groupes a priori. Ceux-ci nous ont également permis de conforter le choix des préconceptions à traiter. Après chaque session d'exercices, un post-test était soumis aux étudiants afin de pouvoir évaluer les différences entre les deux groupes. Un test différé a également été soumis quelques semaines plus tard afin d'évaluer la rétention des concepts et méthodes vus pendant ces séances.

Résultats

Sur base des réponses obtenues lors des pré- et post-tests, des méthodes d'inférence statistique ont permis d'évaluer les hypothèses suivantes : (1) les niveaux des deux groupes d'étudiants sont initialement significativement semblables et (2) après les sessions d'exercices, le niveau du groupe B dans les sujets spécifiques à ces sessions est significativement supérieur à celui des étudiants du groupe A.

Voici un exemple de résultat concluant cette étude : pour le post-test relatif à la session 7, la moyenne était de 75% (89%, 74% et 62% pour les questions 1, 2 et 3 respectivement) pour le groupe B contre 50% (54%, 69% et 28%) pour le groupe A. Un test statistique paramétrique (t-test) avec un intervalle de confiance de 95% a été utilisé pour vérifier l'hypothèse (2) (figure 3).

Question	Retenir (Hyp. 2) / Rejeter (Hyp. 2)
Q1 : Déterminer quelle source fournit le courant le plus élevé dans deux circuits résistifs comportant des nombres différents de résistance en parallèle	Retenir
Q2 : Déterminer la résistance équivalente la plus élevée entre deux circuits résistifs qui diffèrent uniquement par la présence d'une résistance en court-circuit	Rejeter
Q3 : Résoudre totalement un circuit résistif <ul style="list-style-type: none"> • Suivi d'une stratégie de résolution de circuit • Définitions des courants et tensions • Loi des nœuds et mise en équation • Loi des mailles et mise en équation • Conventions électriques • Simplifications 	Retenir Retenir Retenir Retenir Rejeter Rejeter Retenir

Figure 3: Résultats du t-test pour le post-test de la session 7

Conclusion

La présence de préconceptions dans le domaine des sciences est largement reconnue. Nos étudiants de polytechnique suivant un cours d'électricité ne font pas exception. Notre travail a révélé qu'ils sont néanmoins sujets à des préconceptions rarement évoquées dans la littérature. Nous présenterons par ailleurs une formalisation de la nature des préconceptions et de leur dépassement qui se concentre sur le domaine de validité des représentations utilisées vis-à-vis de phénomènes définis plutôt que sur la véracité scientifique des représentations elles-mêmes. Tout modèle demeurant une approche subjective de la réalité (pour lequel on fait des choix et pose des hypothèses), nous sommes conscients qu'il existe de nombreuses limites à notre conceptualisation du phénomène des préconceptions. Néanmoins, celle-ci a servi de point de départ à l'élaboration d'une stratégie de contre-attaque dont l'implémentation a mené à des résultats concluants.

Bibliographie

- Bachelard, G. (1938) *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : J. Vrin.
- Bagheri-Crosson, R., Venturini, P. (2006) Analyse du raisonnement d'étudiants utilisant les concepts de base de l'électromagnétisme. *Didaskalia*, n°28, 33-53
- Brousseau, G. (1989) Obstacles épistémologiques, conflits socio-cognitifs et ingénierie didactique. In N. Bednarz, C. Garnier (Eds.), *Construction des savoirs*, CIRADE/Agence d'ARC, Montréal, 277–285
- Bull, S., Jackson, T. J., Lancaster, M. J. (2010) Students' interest in their misconceptions in first-year electrical circuits and mathematics courses. *International Journal of Electrical Engineering Education*, n°47, 307–318.
- Chang, K.-E., Liu, S.-H., Chen, S.-W. (1998) A Testing System for Diagnosing Misconceptions in DC Electric Circuits. *Computers & Education*, n°31, 195- 210.
- Closset, J.-L. (1992) Raisonnements en électricité et en hydrodynamique. *Aster*, n°14, 143-155.
- Demirci, N., Çirkinoglu, A. (2004) Determining Students' Preconceptions/Misconceptions in Electricity and Magnetism. *Journal of Turkish Science Education*, n°1, 51–54.
- Duval, R. (1992) Argumenter, démontrer, expliquer: continuité ou rupture cognitive. *Petit x*, n°31, 37–61.
- Haki Peşman, A. E. (2010) Development of a Three-Tier Test to Assess Misconceptions About Simple Electric Circuits. *Journal of Educational Research*, n°103, 208-222.
- Hammer, D. (1996) Misconceptions or P-Prims: How May Alternative Perspectives of Cognitive Structure Influence Instructional Perceptions and Intentions? *The Journal of the Learning Sciences*, n°5, 97-127.
- Khantine-Langlois, F. (2004) Passer du continu à l'alternatif: pas si simple. *Bulletin de l'Union des physiciens*, n°866, 1167-1175.
- Küçüközer, H., Kocakulah, S. (2007) Secondary school students' misconceptions about simple electric circuits. *Journal of Turkish Science Education*, n°4, 101–115.
- Michelet, S., Adam, J.-M., & Luengo, V. (2007) Adaptive learning scenarios for detection of misconceptions about electricity and remediation. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, n°2.
- Piaget, J. (1967) *Logique et connaissance scientifique*. Paris : Gallimard.
- Robert, F. (2007) How do we learn models? Introducing the supposed range vs. real range hypothesis. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, n°2, 1–8.
- Thomas Andre, P. D. (1991) Student misconceptions, declarative knowledge, stimulus conditions, and problem solving in basic electricity. *Contemporary Educational Psychology*, n°16, 303-313.
- Turgut, Ü., Gürbüz, F., & Turgut, G. (2011) An investigation 10th grade students' misconceptions about electric current. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, n°15, 1965-1971.