

Un parcours de développement conceptuel et critique

*à propos de l'explication du sens du
courant électrique*

Nicolas Decamp ⁽¹⁾

Laurence Viennot ⁽¹⁾

⁽¹⁾LDAR, Université Paris Diderot - Paris VII, Université
d'Artois, Université Paris-Est Créteil, Université de Rouen,
Université de Cergy Pontoise

Résumé

De nombreux rapports officiels sur l'éducation scientifique présentent l'attitude critique comme un objectif prioritaire. Le développement de l'attitude critique et ses liens avec la compréhension des concepts scientifiques font cependant l'objet de débats. La présente étude s'inscrit dans une série de recherches sur ce sujet. Nous testons ici les réactions critiques de professeurs stagiaires en physique-chimie lors d'entretiens au cours desquels nous les confrontons à des textes sur un thème scientifique donné: ici, le sens du courant électrique. Après une analyse de contenu sur les limites habituelles des explications sur ce thème, nous présentons le parcours de développement conceptuel et critique conçu pour ces entretiens. Nous cherchons à caractériser les réactions des participants à notre étude, et confrontons nos résultats aux tendances majoritaires observées lors de nos précédentes recherches.

Mots-clés

Analyse critique, professeurs stagiaires en physique-chimie, sens du courant électrique.

A conceptual and critical pathway concerning the direction of the electric current

Abstract

Many official reports on science education present critical attitude as a priority objective. However, the development of critical attitude and its links with the understanding of scientific concepts is debated. This study is part of a series of research studies on this topic. Here we test the critical reactions of physics-chemistry trainee professors in interviews during which we confront them with texts on a given scientific theme: the meaning of electric current. After a content analysis on the usual limits of explanations on this topic, we present the conceptual and critical development path designed for these interviews. We will try to characterize the reactions

of participants in our study, and compare our results with the majority trends observed in our previous studies.

Key-words

Critical analysis, physics-chemistry trainee professors, electric current.

INTRODUCTION ET CONTEXTE DE L'ETUDE

L'étude présentée ici s'inscrit dans une série de travaux visant à caractériser les liens entre le développement de la compréhension conceptuelle et de l'attitude critique en physique. Lors de ces premières investigations (Auteur1 & Auteur2, 2015 ; Auteur2 & Auteur1, 2016a,b) nous avons sondé l'attitude critique de professeurs stagiaires de physique-chimie au cours d'entretiens sur différents contenus physiques (datation au carbone 14, principe de la couverture de survie, osmose, capillarité). Pour ce faire nous les avons confrontés à différents textes sur ces contenus (textes présentant des défauts identifiés a priori), et nous leur avons alors demandé si les explications fournies par ces textes leur semblaient suffisantes pour comprendre le phénomène en jeu.

Nos résultats lors de ces premières enquêtes semblent montrer que l'attitude critique des stagiaires est liée au développement de leur compréhension sur le plan conceptuel et qu'elle se déclenche rarement dans les phases initiales de ces entretiens. Ainsi, bien qu'il soit souvent possible de détecter dès le départ et sans connaissances particulières sur le thème étudié une incohérence ou un manque manifeste dans une explication, les participants ne réagissent souvent que dans des phases ultérieures de ces entretiens, alors qu'ils ont acquis (ou réactivé) une compréhension plus profonde du thème d'étude choisi.

THEME DE L'ETUDE ET QUESTIONS DE RECHERCHE

Nous avons choisi pour cette nouvelle étude de nous intéresser aux explications concernant le sens du courant dans des circuits élémentaires ne comprenant qu'une pile et un récepteur. Ce thème d'étude présente une particularité par rapport aux précédents : il est couramment enseigné en classe de physique-chimie dans le secondaire. Les stagiaires interrogés ont de ce fait une familiarité sans doute plus grande avec ce sujet qu'avec les thèmes précédemment investigués.

Nos trois questions de recherche sont les suivantes :

QR1 : la tendance à un déclenchement différé de l'attitude critique, tendance majoritaire lors de nos premières investigations, se retrouve-t-elle pour ce nouveau thème d'étude ?

QR2 : quels sont les principaux activateurs d'une telle attitude critique sur le plan conceptuel ?

QR3 : dans la mesure où les professeurs stagiaires seront amenés à enseigner ce thème, dans quelle mesure envisagent-ils de transmettre à leurs futurs élèves les limites de certaines explications ou les critiques qu'ils auront été amenés à prononcer ?

LE SENS DU COURANT : ANALYSE DE CONTENU

De nombreuses études didactiques ont exploré les conceptions des élèves sur le thème de l'électricité. Elles ont notamment mis en lumière que le raisonnement des élèves est souvent séquentiel et qu'il associe la traversée des récepteurs à une forme « d'usure du courant ». Pour s'attaquer à ces conceptions, des préconisations sur l'importance de la fermeture du circuit et sur la mention de l'existence d'un courant à l'intérieur de la pile ont souvent été faites. Des analogies ont parfois été proposées, comme celles de la chaîne de bicyclette (Härtel, 1982) ou de circuits hydrauliques (Shipstone, 1985) contenant une chaudière et un radiateur. Si ces analogies sont utiles pour développer l'idée de la conservation de la charge, elles ne fournissent pas d'explication concernant les raisons physiques du mouvement des charges.

Quand cette question est explicitement traitée deux principaux types d'explication peuvent intervenir :

- Des explications locales en termes de charge ponctuelle : la pile est présentée comme possédant un pôle positif qui attire les électrons du circuit et un pôle négatif qui les repousse. Ces explications posent la question de ce qui se passe de l'autre côté de chacune de ces charges ponctuelles. A l'intérieur de la pile, pourquoi les cations ne sont-ils pas attirés par le pôle négatif de la pile ? D'autant que le même type d'explication est parfois fourni pour les électrolyseurs, où cette fois les cations sont bien attirés par le « pôle négatif » de l'électrolyseur (celui relié au pôle négatif de la pile), sans qu'il soit jugé utile dans ce cas d'expliquer pourquoi les électrons du circuit ne sont pas, eux, repoussés par ce même pôle. Bref, de telles explications, fondées sur l'existence d'une charge « ponctuelle » en un point du circuit, n'expliquent le sens de circulation du courant qu'à condition de se placer du côté de la charge correspondant effectivement au sens de circulation connu. Elles posent donc un problème.
- Des modèles alternatifs, tenant compte de la répartition des charges peuvent être trouvés dans certains cas (Chabay & Sherwood 2002). Ces modèles permettent localement d'expliquer la circulation des charges en fonction du gradient du potentiel. Mais pour un circuit fermé le gradient du potentiel peut-il être toujours orienté dans le même sens ? Si le potentiel est maximum à la borne positive de la pile et minimum à sa borne négative, faut-il penser que les cations remontent les potentiels lorsqu'ils se dirigent vers le pôle positif (cf. figure 1a) ? Ce qui se passe à l'intérieur de la pile étant généralement caché aux élèves de nombreuses conceptions (Garnett & Treagust, 1992) peuvent apparaître lorsqu'on les invite à réfléchir à cette question.

Ce problème global concernant le potentiel peut cependant être aplani en le modélisant de manière simplifiée comme sur la figure 1b et en rappelant qu'un saut de potentiel est présent entre chacune des deux électrodes de la pile et la solution électrolytique. Ces deux sauts n'étant pas de même amplitude, le gradient du potentiel est bien, dans ce cas, orienté toujours dans la même direction.

Figure 1 : Quelle est l'allure du potentiel dans un circuit série simple ?

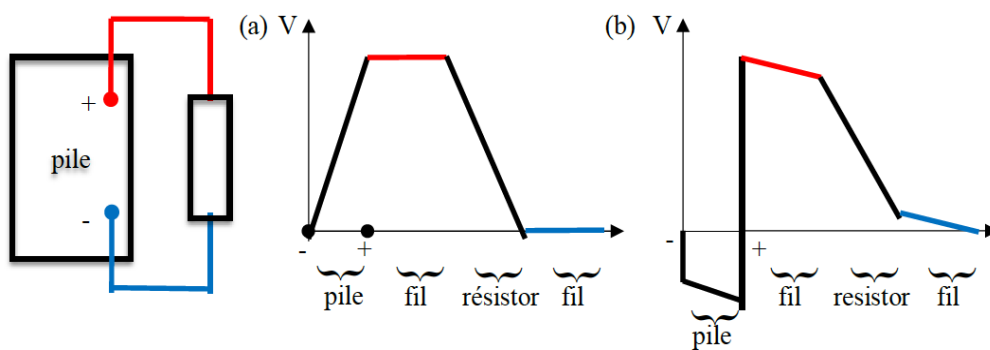


Figure 1. – (a) une proposition incohérente : le courant « remonte les potentiels » à l'intérieur de la pile (b) une proposition plus cohérente : pour chacune des électrodes le potentiel n'est pas le même dans la solution et dans le métal.

METHODOLOGIE

Ces constatations nous ont permis d'identifier une série de noeuds conceptuels nécessaires à une compréhension relativement complète du courant électrique dans ces circuits simples et, sur cette base, nous avons conçu un entretien destiné à des professeurs stagiaires (N=7). Ceux-ci étaient invités à réagir de manière critique à des textes sur ce sujet et à exprimer leur frustration ou leur satisfaction intellectuelle à leur propos.

Les premiers textes soumis aux professeurs stagiaires sont très incomplets. L'accent est mis successivement sur ce qui se passe à l'extérieur de la pile, à l'intérieur d'un électrolyseur et à l'intérieur d'une pile, des explications incohérentes sont également proposées (fig 1.a) et une explication plus complète de la situation est finalement avancée (fig 1.b). Le tableau ci-après résume les principales étapes de l'entretien.

Tableau 1 : Les différentes phases de l'entretien

	Contenu synthétique de chaque texte	Critiques possibles
1	Analogie hors de la pile (rivière descendant une montagne)	Explication incomplète
2	Explication de type « charge ponctuelle » (électrons attirés par le pôle positif de la pile)	Explication incomplète (le champ créé par une charge devrait être isotrope).
3	Graphique (type fig.1a)	Opposé au texte 1
4	Affirmation que dans une pile le courant remonte les potentiels	Contradiction avec $\vec{F} = -q \overrightarrow{\text{grad}} V$
5	Explication de type « charge ponctuelle » dans un électrolyseur (et schéma)	Explication incomplète (cf Texte 2)
6	Affirmation que « dans une pile les cations vont vers le pôle positif grâce à l'énergie chimique »	Changement d'explication par rapport au texte 5
7	Explications concernant une pile rechargeable.	Contradictions internes
8	Explication plus complète (fig. 1b)	

A chaque étape les réactions des professeurs stagiaires face aux textes proposés sont relevées afin de répondre aux questions de recherche QR1 et QR2. A la fin de l'entretien, la question explicite du réemploi ou non de ces explications avec leurs élèves est posée (afin de répondre à QR3).

PREMIERS RESULTATS

L'analyse complète des entretiens est encore en cours, néanmoins quelques résultats préliminaires peuvent être avancés.

Concernant notre première question de recherche QR1, la majorité des professeurs interrogés s'inscrivent dans la tendance déjà observée, à savoir un déclenchement tardif, voire absent, de l'attitude critique. Un seul participant exprime une critique dès le premier texte : « je connais cette analogie mais je ne comprends pas comment l'eau remonte la montagne à la fin ».

En ce qui concerne QR2, il semble que les contradictions dans les explications en termes de charge ponctuelle déclenchent plus facilement la critique que celles qui présentent les explications en termes de potentiel (ou de distribution de charge). Cela conduit à s'interroger sur la compréhension par les professeurs stagiaires du lien entre force électrique et gradient du potentiel. D'autres aspects plus fins sont en cours d'étude.

Enfin, tous les professeurs stagiaires se sont montrés enthousiastes à la fin des entretiens et présentaient des signes de satisfaction intellectuelle mais seul 1/7 envisageait de modifier sa pratique à la lumière des critiques exprimées sur les textes de l'entretien. Cette question essentielle de l'impact d'une telle expérience critique sur leur pratique appelle, à nos yeux, un approfondissement de cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

- Auteur1 & Auteur2 (2015). Co-development of conceptual understanding and critical attitude : analysing texts on radiocarbon dating, *IJSE*, 37 (12), 2038-2063
- Auteur2 & Auteur1 (2016a). Co-development of conceptual understanding and critical attitude: toward a systemic analysis of the survival blanket, *EJP*, 37(1), 015702
- Auteur2 & Auteur1 (2016b). Conceptual and critical development in student teachers: First steps towards an integrated comprehension of osmosis, *IJSE*, 38 (14), 2197-2219
- Chabay R. W. & Sherwood B.A. (2002) *Matter and Interactions*. New York: Wiley
- Garnett P. J. & Treagust D. F. (1992). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry : Electrochemical (galvanic) and electrolytic cells, *JRST*, 29(10), 1079-1099
- Härtel H. (1982) *The Electric Circuit as a System : A New Approach*. *IJSE*, 4(1), 45-55
- Shipstone D. (1985) *Electricity in simple circuits*. In R. Driver, E. Guesne and A. Tiberghien (Eds) *Children's ideas in science*, Philadelphia: Open University Press, pp. 33-51