



HAL
open science

Justifier et prouver en sciences physique : Est-ce si simple pour des élèves ? Une étude de cas en physique en classe de 4ème

Philippe Briaud

► **To cite this version:**

Philippe Briaud. Justifier et prouver en sciences physique : Est-ce si simple pour des élèves ? Une étude de cas en physique en classe de 4ème. 11ème Rencontre de l'ARDiST, Sep 2020, Bruxelles, Belgique. hal-02513918

HAL Id: hal-02513918

<https://hal.science/hal-02513918>

Submitted on 21 Mar 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Justifier et prouver en sciences physique : Est-ce si simple pour des élèves ? Une étude de cas en physique en classe de 4^{ème}.

Philippe Briaud
Centre de Recherche en Education de Nantes (CREN)

Université de Nantes, INSPE de Nantes

Résumé: Des travaux en sociologie de l'éducation ont montré que des dispositifs didactiques avec des cadrages flous peuvent générer des malentendus sociocognitifs et des inégalités d'apprentissage chez certains élèves. Dans cette communication nous cherchons à caractériser comment les étapes « émettre une hypothèse explicative et l'investiguer » des démarches d'investigation promues dans les instructions officielles peuvent être sources de malentendus pour des élèves et à l'origine de certaines de leurs difficultés scolaires. Pour cela, nous étudions, avec les cadres théoriques des deux mondes et du développement cognitif, les réponses des élèves sur le fonctionnement de circuits électriques en classe de 4^{ème}. Un questionnaire leur est posé avant l'étude expérimentale des circuits et un autre après. Notre analyse permet de relier des difficultés d'élèves à des malentendus cognitifs.

Mots-clés : Démarche d'investigation – Malentendu socio-cognitif – Problématisation - Electricité.

Justify and prove in the physical sciences: Is it so simple for students? A case study in physics in year nine.

Philippe Briaud
Centre de Recherche en Education de Nantes (CREN)

Université de Nantes, INSPE de Nantes

Abstract: Studies in the sociology of education have shown that didactic devices with blurred frames can generate sociocognitive misunderstandings and learning inequalities in some students. In this communication we seek to characterize how the steps «make an explanatory hypothesis and investigate it» investigation procedures promoted in official instructions can be a source of misunderstanding for students and the cause of some of their academic difficulties. For this purpose, we study, with the theoretical frameworks of both worlds and cognitive development, the students' responses to the operation of electrical circuits in year nine. One questionnaire is asked before the experimental circuit study and another after. Our analysis helps to identify cognitive misunderstandings.

Keywords : Inquiry – Socio-cognitive misunderstanding – Problematization - Electricity.

CADRE ET PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE

Depuis plusieurs années, les instructions officielles¹ recommandent de pratiquer en classe des démarches d'investigation pour rendre les élèves acteurs de leurs apprentissages afin qu'ils leur donnent du sens en effectuant notamment des liens entre le problème posé, le processus de sa résolution et la solution proposée. Dans ce même document, l'institution scolaire propose le canevas suivant d'une démarche d'investigation en sept étapes pour aider les enseignants en collège à mettre en œuvre ce type de démarches :

- Le choix d'une situation problème par le professeur
- L'appropriation du problème par les élèves
- La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles
- L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves
- L'échange argumenté autour des propositions élaborées
- L'acquisition et la structuration des connaissances
- L'opérationnalisation des connaissances

Des travaux en sociologie de l'éducation ont montré que des dispositifs didactiques avec des cadrages flous, par exemple lorsque des « cheminements intellectuels » sont implicitement attendus des élèves (Bonnéry, 2011), peuvent générer des malentendus sociocognitifs et des inégalités d'apprentissage chez des élèves qui ne possèdent pas certains prérequis scolaires du fait de leur origine sociale (Bonnéry, 2009 ; Bautier & Rayou, 2013). Deux grandes tendances sont repérées par Bonnery (2009) : la fabrication passive d'inégalités qui peut se produire quand le dispositif requiert des prédispositions et « ne cadre pas l'activité de l'élève avec le cheminement intellectuel attendu pour s'approprier le savoir » (ibid., p.15), et la fabrication active qui risque d'émerger quand les élèves sont exposés inégalement à l'apprentissage, lorsque par exemple l'enseignant passe moins de temps sur la phase de conclusion et interroge surtout les bons élèves. Un rapport récent de la DEPP² pointe à nouveau une différence d'apprentissage des élèves liée à leur profil social mais aussi une baisse du niveau des élèves en sciences en fin de collège, ce que l'évaluation PISA Sciences 2015 avait déjà révélé (OECD, 2016).

Nous faisons l'hypothèse que les démarches d'investigation placent les élèves dans des activités avec des cadrages flous, par exemple lorsque l'activité cognitive attendue des élèves est implicite, qui peuvent être source de difficultés scolaires pour certains d'entre eux comme cela peut-être le cas dans des séquences forcées pour aider les élèves à problématiser (Chalakov et Briaud, 2018). Deux étapes nous semblent particulièrement difficiles pour des élèves car elles leur demandent de développer un raisonnement complexe cohérent pour formuler des hypothèses explicatives au problème posé et conduire une investigation pour les tester. Comme il est précisé dans le programme au collège : - *description et exploitation des méthodes et des résultats ; recherche d'éléments de justification et de preuve, confrontation avec les conjectures et les hypothèses formulées précédemment.*

Dans de nombreuses démarches d'investigation en sciences les étapes d'émission d'hypothèse et d'investigation nécessitent un travail cognitif important de la part des élèves pour mettre en relation des fonctionnements imaginés ou observés, des grandeurs physiques mesurées ou non, afin d'identifier des faits et de les interpréter.

¹Bulletin officiel spécial n° 6 du 28 août 2008 : http://media.education.gouv.fr/file/special_6/52/7/Programme_physique-chimie_33527.pdf

² https://cache.media.education.gouv.fr/file/2019/37/8/depp-ni-2019-19-33-cedre-sciences-college_1174378.pdf

MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

C'est ce travail cognitif des élèves que nous avons cherché à caractériser pour savoir si les difficultés de certains d'entre eux peuvent être interprétées à l'aide du concept de malentendus cognitifs³. Pour ce faire, nous avons étudié, avec les modèles théoriques des deux mondes et du développement cognitif, comment des élèves de 4^{ème} procèdent pour conduire l'étape d'investigation en électricité. Nous avons choisi ce thème car il met en jeu les connaissances des élèves en électricité acquises en classe ou dans leur vie quotidienne. Plusieurs auteurs ont montré que les élèves conservent leurs conceptions initiales erronées sur le fonctionnement des circuits électriques après apprentissage (Joshua et Dupin, 1989 ; Closset, 1983 ; Briaud et Schneeberger, 2020). Ces conceptions initiales sont des obstacles à l'apprentissage scientifique lorsqu'elles s'opposent aux changements conceptuels attendus, du fait de leur adaptabilité, comme réponse première au problème que les élèves se posent (Viennot, 1996 ; Astolfi et Peterfalvi, 1993 ; Astolfi et Peterfalvi, 1997).

Dans cette communication, nous étudions la capacité d'élèves de 4^{ème} à prendre en compte les résultats de leurs expérimentations (observations du fonctionnement de circuits électriques et mesures des grandeurs électriques pour caractériser ces fonctionnements) pour discuter de la validité de leur hypothèse et justifier le fonctionnement de ces circuits électriques lorsqu'ils sont représentés par des schémas. L'activité proposée aux élèves doit dans un premier temps les conduire à prévoir individuellement le fonctionnement de deux lampes dans des circuits en série et en dérivation avec un générateur de tension continue en référence au fonctionnement d'une lampe identique seule dans le circuit. Puis l'observation en groupe de ces fonctionnements et les mesures de grandeurs électriques pour les caractériser doivent leur permettre de tester leurs propositions. Pour évaluer leur capacité à modéliser un fonctionnement à partir des mesures qu'ils viennent de réaliser, il leur est aussi demandé de proposer un modèle de fonctionnement du générateur. A la fin de cette première activité l'enseignante avec les élèves conclut sur le fonctionnement des circuits étudiés et les mesures électriques réalisées pour expliquer ces fonctionnements. Une semaine après et pour chacun des circuits étudiés, les élèves devaient choisir entre 3 réponses pour dire comment fonctionnaient les lampes et le générateur et justifier leur réponse à partir de leurs connaissances et des mesures électriques réalisées la semaine précédente et qui figurent dans l'énoncé.

Le questionnaire 1 en début d'activité, demande aux élèves, sans choix de réponses, de prévoir les fonctionnements de deux lampes branchées en série ou en dérivation en référence au fonctionnement d'une même lampe seule dans le circuit. Les élèves doivent ainsi répondre avec leurs connaissances sur le fonctionnement des circuits électriques vus précédemment en classe. Le questionnaire 2 en fin d'activité propose des choix de réponses aux élèves pour les inciter à justifier leur réponse à l'aide des mesures. L'étude des réponses des élèves avant et après les expérimentations nous permet de caractériser leurs capacités à conduire « l'étape d'investigation » dans une « démarche d'investigation » en physique. Comme dit précédemment, nous voulons notamment savoir s'ils prennent ou non en compte les observations et les mesures électriques réalisées pour expliquer une semaine après et par écrit les fonctionnements des circuits étudiés.

³ Nous n'aborderons pas dans cette étude exploratoire le volet social des difficultés et malentendus pour l'apprentissage.

Pour analyser et classer les réponses des élèves aux deux questionnaires, nous utilisons le modèle des deux mondes proposé par Tiberghien (2015) pour concevoir des séquences d'enseignement en physique au secondaire. Dans ce cadre, la construction de nouvelles connaissances par les élèves s'effectue par une mise en relation de leurs connaissances issues de la vie quotidienne et/ou en physique dans des registres des objets –événements et des théories et modèles. Nous nous servons aussi du modèle des trois paliers d'évolution des explications scientifiques proposé par Piaget et Garcia (1983). « *Le premier palier se caractérise par une centration sur les propriétés perceptives des objets et des explications locales et particulières. Au second palier des mises en relation entre objets apparaissent et des déductions sont possibles. Au troisième palier les mises en relations se font sur la base de structures hypothétiques* » (Resta-Schweitzer et Weil-Barais, 2009). Ces deux cadres théoriques nous ont permis de définir trois types pour classer les réponses des élèves. Le type A correspond à une réponse correcte avec une argumentation qui repose sur les lois des circuits électriques et les mesures de grandeurs électriques si elles sont connues. Le type B permet de répertorier les réponses d'élèves qui sont correctes mais non justifiées et/ou non argumentées. Ces deux types de réponses se réfèrent aux paliers trans-objectal et inter-objectal de développement cognitif car elles utilisent explicitement ou implicitement les concepts d'intensité, de tension et les lois qui les relient pour décrire le fonctionnement des circuits électriques étudiés. Le type C correspond aux réponses fausses des élèves qui sont répertoriées dans des travaux de recherche comme par exemple l'usure du courant dans un circuit en série ou la place des dipôles dans le circuit ou leur branchement en série ou en dérivation. Nous considérons que cette catégorie de réponse correspond au palier intra-objectal de développement cognitif car elle repose sur une description des circuits et une mise en relation des propriétés descriptives des objets qui les constituent. Les autres réponses fausses ou sans lien avec le thème sont mises dans la rubrique « Autre ».

RESULTATS ET DISCUSSION

Nous avons questionné les élèves individuellement par écrit (questionnaire 1), sur le fonctionnement de circuits électriques avec deux lampes en série puis en dérivation après un enseignement conduit dans le cadre des instructions officielles. Puis collectivement une discussion est conduite avec l'enseignante pour confronter les différentes hypothèses émises par les élèves, définir les grandeurs électriques (tensions et intensités) à mesurer pour caractériser les différents fonctionnements et réaliser ces mesures en groupe. A la fin de la séance, un bilan collectif des mesures et des fonctionnements observés a été réalisé. L'éclairage des lampes dans les deux circuits est relié aux mesures des tensions et intensités. Et il est précisé que le générateur est un générateur de tension car la tension entre ses bornes est la même pour les deux circuits alors que l'intensité qu'il délivre est différente. Une semaine après, le questionnaire 2 leur est posé avec des propositions de réponses à choisir et les valeurs des mesures des courants et tensions réalisées la fois précédente. Nous présentons en annexes 1 et 2 les items des questionnaires 1 et 2 sur le fonctionnement des deux lampes en série. Les élèves sont supposés répondre au deuxième questionnaire à l'aide de leurs connaissances en électricité, qu'ils ont pu réactiver ou acquérir, avec les observations du fonctionnement des circuits et les mesures de grandeurs électriques qu'ils ont réalisées à la séance précédente.

Pour classer les réponses des élèves selon les types A, B et C ou dans la rubrique « autre » que nous avons définis précédemment, nous les avons interprétées en référence aux savoirs

en électrocinétique, aux cadres théoriques des modèles des deux mondes et de développement cognitif. Ceci nous permet notamment de distinguer les réponses qui relient le fonctionnement des circuits à des grandeurs physiques (tension et intensité par exemple) et celles qui le décrivent en terme de position des dipôles dans le circuit. Nous donnons dans le tableau ci-dessous les résultats obtenus dans plusieurs classes de 4^{ème} :

Réponse	4ème E	4ème G	4ème D	4ème A	4ème C					
Série										
Type A	11	26	3	26	11	11	2	11	5	18
Type B	22	19	23	12	17	19	19	14	30	26
Type C	17	8	24	12	21	13	21	25	11	8
Autre	3	1	2	6	3	5	2	0	0	0
Dérivation										
Type A	4	21	3	21	7	8	1	10	0	18
Type B	24	19	25	7	17	20	23	21	11	13
Type C	18	13	18	16	16	16	10	18	22	18
Autre	1	1	1	5	3	3	3	0	1	0
Générateur										
Type A	5	5	0	20	28	16	0	10	6	20
Type B	8	12	0	7	0	2	0	8	0	0
Type C	7	18	0	19	0	28	0	31	5	21
Autre	2	1	2	2	4	1	0	2	0	0

Tableau 1 : Nombre de réponses de chaque type, des élèves de 4^{ème}, aux deux questionnaires sur le fonctionnement de circuits électriques en série ou en dérivation.

Pour chaque classe, la 1^{ère} colonne correspond aux réponses des élèves au premier questionnaire et la seconde colonne à celles du deuxième questionnaire. La quasi-totalité des élèves (28 en moyenne par classe) ont répondu aux questionnaires et seules quelques réponses sont hors de propos comme le montrent les faibles scores de la catégorie « autre ». Toutes les autres réponses utilisent un raisonnement qui porte sur une seule grandeur, la tension principalement ou l'intensité suivant le circuit étudié. La moitié des élèves environ donne une réponse correcte aux deux questionnaires et seulement quelques-uns ont su modéliser correctement le fonctionnement du générateur, ce qui n'est pas surprenant car cette modélisation est très difficile pour des élèves de 4^{ème}. En effet, elle se construit à partir des valeurs mesurées de la tension et de l'intensité dans les circuits, mais contrairement à la modélisation du fonctionnement des lampes pour lesquelles les élèves peuvent relier leur éclairage à la valeur de la tension ou de l'intensité, le fonctionnement du générateur peut seulement être modélisé avec les mesures.

Le questionnaire 1 a été rempli par les élèves au cours de la 1^{ère} séance avant de réaliser les circuits électriques et de caractériser leur fonctionnement à l'aide des mesures de la tension et l'intensité. Dans chaque classe, à peu près la moitié des élèves répondent avec leurs « conceptions » erronées sur le fonctionnement des circuits électriques, du type de celles répertoriés dans des travaux de recherche sur ce thème (Joshua et Dupin, 1989 ; Closset, 1983 ; Briaud et Schneeberger, 2020). Ils utilisent par exemple un raisonnement linéaire causal avec usure du courant ou justifient le fonctionnement du circuit par son type (série ou

dérivation). Nous avons classé ces réponses en type C car elles ne justifient pas le fonctionnement du circuit. Les autres élèves, bien qu'ils n'utilisent qu'une seule grandeur, ont des raisonnements corrects sur le fonctionnement des circuits en série et en dérivation. Nous nous avons classé leurs réponses dans le type A lorsqu'elles sont justifiées par une loi scientifique (additivité ou unicité de la tension par exemple) ou de type B lorsqu'elles ne sont pas justifiées. Dans toutes ces classes, peu d'élèves savent justifier leurs réponses et seuls les élèves de la classe de 4^{ème} D ont un nombre élevé de réponses de type A pour le générateur. On peut penser que ces élèves ont noté sur leur feuille la conclusion faite en fin de la 1^{ère} séance sur le fonctionnement du générateur et que cela n'a pas été fait dans les autres classes.

La plupart des élèves utilisent le même raisonnement pour répondre au deuxième questionnaire. De nombreux élèves n'ont pas pris en compte les valeurs des grandeurs électriques mesurées à la 1^{ère} séance et données dans le texte du 2^{ème} questionnaire. Ce résultat est illustré dans le tableau 1 par la faible diminution du nombre des réponses classées dans le type B lorsque la réponse est correcte mais non justifiée ou de type C lorsque la réponse est erronée, comme pour le 1^{er} questionnaire. L'augmentation du nombre de réponses de type A correspond aux élèves qui ont justifié leurs réponses en faisant référence aux valeurs données dans le texte implicitement (annexe 3) ou explicitement (annexe 4). L'élève qui a donné la réponse de l'annexe 4, est une des seul(e)s élèves à avoir su justifier sa réponse sur le fonctionnement de la pile (Document 1). Elle fait aussi partie du petit nombre d'élèves qui ont changé de raisonnement entre le 1^{er} et le 2^{ème} questionnaire. Sans doute a-t-elle su tirer profit des activités qu'elle a réalisées dans ce scénario pédagogique.

Document 1 : Réponse d'une élève sur le fonctionnement de la pile avec la prise en compte des mesures.

E-3°) Fonctionnement de la pile

Entourer la (ou les) proposition(s) de votre choix :

- a) La pile délivre la même énergie dans les 3 circuits ;
- b) La pile délivre la plus grande énergie dans le circuit 3 ;
- c) La tension aux bornes de la pile est la même dans les 3 circuits ;
- d) Le courant délivré par la pile est le même dans les 3 circuits ;
- e) Le courant délivré par la pile dépend du nombre de lampes dans le circuit.

Justifier

Il faut regarder les mesures.

A la fin du questionnaire 2, beaucoup d'élèves ont répondu que la tension aux bornes de la pile est constante, mais peu ont justifié leur réponse par des valeurs. Nous avons donc classé cette réponse dans le type B. Ces élèves ont répondu avec leurs « conceptions » d'une pile qui délivre toujours la même énergie avec la même tension et le même courant sans prendre en compte les valeurs de la tension et du courant données dans le texte. Ils n'ont pas vu non plus que leur réponse est en contradiction avec les explications qu'ils ont données sur le fonctionnement des circuits en série et en dérivation où ils précisent qu'en dérivation les deux lampes brillent plus qu'en série et autant que la lampe seule. Les réponses de ces élèves laissent supposer qu'ils relient l'éclairage des lampes à une seule des grandeurs mesurées

(la tension ou l'intensité selon le circuit étudié) comme si c'était l'énergie de la pile. Ces élèves semblent avoir une conception de sens commun de l'énergie de la pile (une quantité de quelque chose pour faire fonctionner des lampes) qui peut faire obstacle pour modéliser son fonctionnement. Alors que le concept scientifique d'énergie électrique s'exprime par le produit des valeurs du courant, de la tension et du temps pour chaque cas étudié.

CONCLUSION

Dans notre étude, de nombreux élèves (42 réponses de type A et 22 de type B sur 136 réponses) ont su construire une explication du fonctionnement des circuits électriques en mettant en relation des données du registre des modèles (grandeurs tension et intensité) et du monde matériel (les valeurs de l'intensité et de la tension aux bornes des lampes et de la pile) et les phénomènes observés (l'éclairement des lampes). Mais aucun n'a utilisé les concepts scientifiques d'énergie ou de puissance qu'ils avaient vus en classe.

A peu près dix élèves par classe répondent aux deux questionnaires en mobilisant leurs conceptions erronées et sans prendre en compte les données fournies par l'énoncé du 2ème questionnaire. On peut penser que cette non utilisation des résultats des mesures n'est pas due à une inattention de leur part mais plutôt à une absence de signification pour eux ou elles. Ces informations ne feraient pas sens pour ces élèves, car leurs conceptions du fonctionnement des circuits, qu'ils expriment dans leurs réponses, portent principalement sur des propriétés perceptives des objets : le nombre des lampes, leur emplacement dans le circuit ou des lois génériques (l'unicité ou l'additivité sans préciser de quoi) mais pas sur une mise en relation des concepts de tension et intensité avec le fonctionnement, supposé ou observé, des lampes (Annexe 5 a et b). Malgré la focalisation mise par l'enseignante, qui est la même dans toutes les classes, sur le rôle des expériences pour tester une hypothèse par la mise en relation des mesures réalisées et des fonctionnements observés des circuits, les activités que ces élèves ont effectuées à la 1^{ère} séance ne semblent pas avoir fait sens pour eux. Dans leurs réponses aux questionnaires ils disent ce qu'ils savent de ces circuits électriques mais ils n'expliquent pas leur fonctionnement à partir de ce qu'ils peuvent en connaître avec les données du deuxième énoncé notamment. Nous considérons que cela peut être mis en lien avec les résultats d'une étude des évaluations PISA qui relie en partie les faibles résultats des élèves de milieu défavorisé à leurs difficultés à combiner des ressources externes à leurs ressources internes lorsque c'est nécessaire pour répondre Duclos et al. (2018).

Pour cette étude prospective, nous n'avons pas cherché à connaître l'origine sociale des élèves. Nous pouvons donc juste conclure que les difficultés repérées de ces élèves relèvent de malentendus cognitifs car ils répondent au questionnaire 1 et 2 de la même façon alors que dans le questionnaire 2 figurent des données à prendre en compte pour répondre différemment qu'au questionnaire 1. Nous poursuivrons cette étude en effectuant des entretiens avec certains de ces élèves pour connaître leur milieu social et continuer à caractériser les difficultés qu'ils rencontrent dans l'apprentissage scientifique et notamment avec des démarches d'investigation.

BIBLIOGRAPHIE

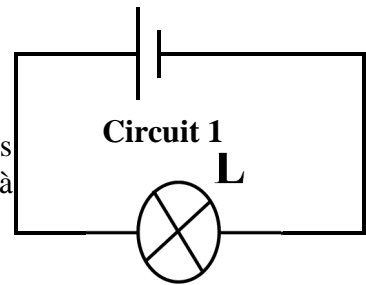
Astolfi, J-P. & Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. Aster, 16. Pp 103-141. Lyon : INRP.

- Astolfi, J-P. & Peterfalvi, B., (1997). Stratégies de travail des obstacles : Dispositifs et ressorts. *Aster*, 25, pp. 193-216. Lyon – INRP.
- Bautier, É., & Rayou, P. (2013). *Les inégalités d'apprentissage programmes, pratiques et malentendus scolaires*. Paris : Presses universitaires de France.
- Briaud, Ph & Schneeberger, P. (2020, à paraître). Des aides au processus de problématisation : Une étude de cas en SVT et en Physique. Ouvrage collectif coordonné par B Lebouvier et A. Musquer.
- Bonnéry, S. (2009). Scénarisation des dispositifs pédagogiques et inégalités d'apprentissage. *Revue française de pédagogie*, 167, 13-23. Lyon : INRP.
- Bonnéry, S. (2011). Les définitions sociales de l'apprenant : Approche sociologique, interrogations didactiques. *Recherche en didactique*, 12, 65-84.
- Chalak, H. & Briaud, P. (2018). Problématisation et malentendus didactiques dans une séquence forcée sur la respiration au cycle 3. 10^{ème} rencontre de l'ARDIST, 27 au 30 mars, Saint Malo.
- Closset J.-L. (1983). Les obstacles à l'apprentissage de l'électrocinétique. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n° 716, pp. 931-950.
- Duclos, M., Le Hebel, F., Montpied, P., Tiberghien, A., Fontanieu, V., Noveck, I. & Jayez, J. (2018). Quelles caractéristiques des tâches de sciences discriminent la performance des élèves en fonction de leur niveau socio-économique et culturel. 10^{ème} rencontre de l'ARDIST, 27 au 30 mars, Saint Malo.
- Johsua S. & Dupin J.-J. (1989). Représentations et modélisations: Le « débat scientifique » dans la classe et l'apprentissage de la physique. Berne, Peter Lang.
- OECD (2016). PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematical and Financial Literacy, PISA, OECD Publishing, Paris.
- Piaget, J. & Garcia, (1983). *Psychogénèse et histoire des sciences*. Paris : Flammarion.
- Resta-Schweitzer, M. & Weil-Barais, A. (2009). Initiation scientifique et développement intellectuel de l'enfant à l'âge préscolaire. *Les dossiers des sciences de l'éducation- Didactique : approche vygotkienne*, 21, 101-113.
- Tiberghien, A. (2015). La modélisation : quel rôle dans l'enseignement de la physique à l'école secondaire ? in *Les modèles des incontournables pour enseigner les sciences !* dir. Evrard T. & Amory B. Bruxelles : De Boeck.
- Viennot, L. (1996). *Raisonner en physique: La part du sens commun*. Bruxelles : De Boeck Collection Méthodes en sciences humaines.

Annexe 1 : Electricité questionnaire 1

Ci-contre le circuit électrique n° : 1

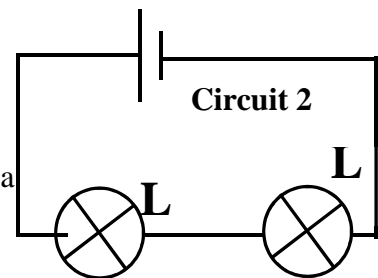
Son fonctionnement est pris comme référence. Dans les autres circuits ci-dessous, le générateur et les lampes sont identiques à ceux de ce circuit 1.



E-1°) Dans le circuit 2 ci-contre :

Comparer l'éclairement des deux lampes entre-elles :

Comparer l'éclairement de ces lampes par rapport à celui de la lampe du circuit 1 :



Annexe 2 : Conclusion de la séance Electricité questionnaire 2

Ci-contre le circuit électrique n° : 1

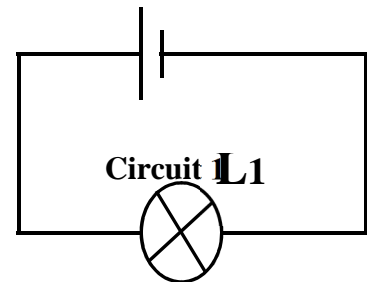
Son fonctionnement est pris comme référence. Dans les autres circuits ci-dessous, le générateur et les lampes sont identiques à ceux de ce circuit 1.

Mesures électriques :

Tension aux bornes du générateur : $U_G = 6,11 \text{ V}$

Intensité du courant dans le circuit : $I = 0,3 \text{ A}$

Tension aux bornes de la lampe : $U_{L1} = 6,10 \text{ V}$



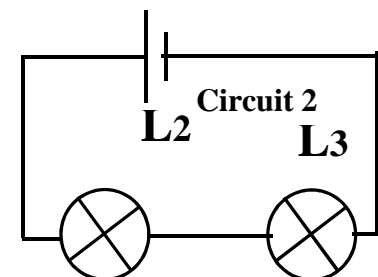
E-1°) Dans le circuit 2 ci-contre :

Mesures électriques :

Tension aux bornes du générateur : $U_G = 6,12 \text{ V}$

Intensité du courant dans le circuit : $I_G = 0,2 \text{ A}$

Tension aux bornes de chaque lampe : $U_{L2} = U_{L3} = 3,10 \text{ V}$



Comparer l'éclairement des deux lampes entre-elles :

Entourer la (ou les) proposition(s) de votre choix :

- Les deux lampes brillent pareil.
- La 1^{ère} lampe brille le plus.
- La 2^{ème} lampe brille pas.

Justifier

Comparer l'éclairement de ces lampes par rapport à celui de la lampe du circuit 1 :

Entourer la (ou les) proposition(s) de votre choix :

- Les deux lampes brillent comme dans le circuit 1
- Les deux lampes brillent moins que dans le circuit 1.
- La 1^{ère} lampe brille comme dans le circuit 1.

Justifier

Annexe 3 : Réponse d'un élève au questionnaire 2 avec une prise en compte implicite de la valeur mesurée du courant notée dans l'énoncé.

Comparer l'éclairement des deux lampes entre-elles :

Entourer la (ou les) proposition(s) de votre choix :

- a) Les deux lampes brillent pareil.
- b) La 1^{ère} lampe brille le plus.
- c) La 2^{ème} lampe brille pas.

Justifier

Les lampes brillent pareil car l'intensité est la même dans tout le circuit.

Comparer l'éclairement de ces lampes par rapport à celui de la lampe du circuit 1 :

Entourer la (ou les) proposition(s) de votre choix :

- d) Les deux lampes brillent comme dans le circuit 1
- e) Les deux lampes brillent moins que dans le circuit 1.
- f) La 1^{ère} lampe brille comme dans le circuit 1.

Justifier

Car l'intensité du circuit est moins élevée que dans le circuit 1

Annexe 4 : Réponse d'un élève au questionnaire 2 avec une prise en compte explicite de la valeur mesurée du courant notée dans l'énoncé.

Comparer l'éclairement des deux lampes entre-elles :

Entourer la (ou les) proposition(s) de votre choix :

- g) Les deux lampes brillent pareil.
- h) La 1^{ère} lampe L3 brille le plus.
- i) La 2^{ème} lampe L4 ne brille pas.



Justifier

Les deux lampes brillent pareil car les mesures indiquent qu'elles sont traversées par une intensité de 0,29 A.

Comparer l'éclairement de ces lampes par rapport à celui de la lampe du circuit 1 :

Entourer la proposition de votre choix :

- j) Les deux lampes brillent comme dans le circuit 1
- k) Les deux lampes brillent moins que dans le circuit 1.
- l) La 1^{ère} lampe brille comme dans le circuit 1 et l'autre moins.

Justifier

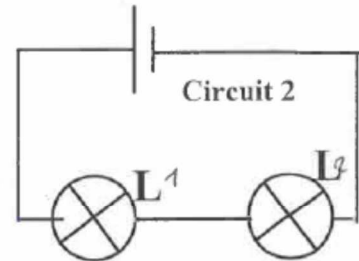
Les deux lampes brillent à peu près comme dans le circuit 1 car l'intensité du circuit 1 est de 0,3 A et celle des lampes est de 0,29 A

Annexe 5 a) : « conceptions » d'un élève pour répondre au 1^{er} questionnaires.

E-1°) Dans le circuit 2 ci-contre :

Comparer l'éclairement des deux lampes entre-elles :

La lampe de gauche éclaire plus car c'est la première à capter l'énergie comme le courant circule dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.



Comparer l'éclairement de ces lampes par rapport à celui de la lampe du circuit 1 :

La lampe du circuit numéro 1 va mieux éclairé car elle est seul sur son circuit.

Annexe 5 b) : « conceptions » d'un élève pour répondre au 2^{ème} questionnaire sans tenir compte des valeurs de la tension et du courant de l'énoncé.

Comparer l'éclairement des deux lampes entre-elles :

Entourer la (ou les) proposition(s) de votre choix :

- a) Les deux lampes brillent pareil.
- b) La 1^{ère} lampe brille le plus.
- c) La 2^{ème} lampe brille pas.

Justifier

Les deux lampes brillent pareil car elle ont le même circuit

Comparer l'éclairement de ces lampes par rapport à celui de la lampe du circuit 1 :

Entourer la (ou les) proposition(s) de votre choix :

- d) Les deux lampes brillent comme dans le circuit 1
- e) Les deux lampes brillent moins que dans le circuit 1.
- f) La 1^{ère} lampe brille comme dans le circuit 1.

Justifier

Les deux lampes brillent moins car le sur le circuit 1 il n'y a qu'une seule lampes.