

# ***LA FORMATION À DISTANCE DES ENSEIGNANTS DU PRIMAIRE EN SCIENCES : ÉLECTROSTATIQUE, ÉLECTRODYNAMIQUE ET CIRCUITS ÉLECTRIQUES***

---

**Abdeljalil Métioui**

Professeur en didactique des sciences  
[metioui.abdeljalil@uqam.ca](mailto:metioui.abdeljalil@uqam.ca)

**Louis Trudel**

Professeur en didactique des sciences  
[ltrudel@uottawa.ca](mailto:ltrudel@uottawa.ca)

**Adresse professionnelle**

Université du Québec à Montréal, C.P 8888, Succursale Centre-ville, Montréal (Québec) Canada H3P3C8

**Résumé:** La présente recherche focalise sur l'épineuse problématique de la formation continue des enseignants de l'ordre primaire en sciences et technologies. Ainsi, nous allons d'abord identifier les problèmes à surmonter pour dispenser une telle formation. Ensuite, nous allons démontrer qu'il est possible de contourner ces problèmes en développant un modèle de formation à distance dont on peut tirer plusieurs avantages, contrairement à la formation présentielle. Ce modèle de formation sera explicité dans le cas de l'étude de l'électrostatique et de l'électricité où nous allons montrer que nous pouvons créer des environnements d'apprentissage interactifs.

**Summary:** The present research is centered on the critical problem of continuing education of primary teachers in science and technology. Hence, we will first try to identify the problems that have to be solved in this formation. Next, we will demonstrate that it is possible to solve, at least partially, these problems in designing an online instruction which has many advantages, in opposition to onsite instruction. This model will be described in the case of the study of electrostatic phenomena, and of electricity where we will show that we can create interactive environments.

**Mots clés:** Formation à distance, formation continue, enseignants, primaire, électrostatique, électrocinétique, circuit électrique, simulation, interactivité, conflit conceptuel.

**Key words:** Distance learning, continuous formation, teachers, primary, electrostatic, electrocinetic, circuitry, simulation, interactivity, conceptual conflict.

# **La formation à distance des enseignants du primaire en sciences : Electrostatique, électrocinétique et circuits électriques**

## **1 - PROBLÉMATIQUE**

Dans la majorité des pays développés (et pas du tout les pays émergents), on constate que les étudiants s'intéressent de moins en moins aux disciplines classiques : physique, chimie et mathématiques (OCDE, 2005). Pour expliquer cette désaffection, plusieurs facteurs ont été soulevés dont l'explosion du nombre de divorces puisque les enfants demeurent majoritairement avec leur mère et la science est généralement identifiée au modèle masculin, l'explosion du secteur tertiaire, la culture technique se perd ainsi que son rôle dans l'ascenseur social, les filles sont plus nombreuses à accéder aux niveaux supérieurs et manifestent une préférence pour les disciplines non scientifiques ou les sciences du vivant et le médical. Selon l'OCDE, si on veut que les jeunes développent un intérêt pour les disciplines précitées, le système éducatif actuel doit être remis en question car il est jugé vieillot et inadapté. Dans cette perspective, on doit entre autres repenser la manière dont on enseigne les sciences, ce qui nous amène indéniablement à soulever la question de la formation des enseignants aux plans scientifique et didactique. Dans le cas particulier des enseignants du primaire on souligne dans le rapport qu'elle est inadéquate et que la majorité des enseignants ne sont pas qualifiés pour enseigner les sciences et les technologies. Selon ces constats, il est pressant de développer pour eux des programmes de formation puisqu'ils occupent un rôle de premier plan auprès des jeunes encore à un âge d'avoir le goût d'apprendre et de découvrir le monde des sciences et des technologies, ce qui semble les fasciner! Or, pour développer un tel programme dans le cas des enseignants en exercice, plusieurs difficultés devront être surmontées, entre autres le coût associé à leur libération pour pouvoir suivre cette formation, le choix du lieu où cette formation sera dispensée et le coût associé aux équipements de laboratoires si on veut leur donner l'occasion de mettre la main à la pâte. Un autre problème de taille se posera dans le cas d'une formation présentielle, celui de permettre à chaque enseignant d'apprendre selon son rythme.

La présente recherche s'inscrit dans cette lignée et a pour objet de proposer un programme de formation capable de rendre compte de l'ensemble des problèmes précités. Ainsi, dans les sections suivantes, nous allons voir comment cette formation doit être organisée. Pour cela, dans un premier temps, nous présenterons le type de formation que nous privilégions, à savoir la formation à distance. Dans un deuxième temps, nous allons préciser la stratégie d'enseignement et d'apprentissage retenue pour dispenser cette formation, suivie de nos conclusions.

## **2 - FORMATION À DISTANCE**

Pour contourner les difficultés identifiées précédemment, on doit envisager la possibilité d'offrir aux enseignants une formation à distance, un peu comme dans le cas du site français «La main à la pâte» qui offre une foule d'information reliée à l'apprentissage et à l'enseignement des sciences. Malheureusement, ce site ne permet pas aux enseignants aux prises avec des difficultés majeures en sciences de combler cette lacune. En effet, il y a absence de démarches interactives permettant d'assimiler les notions scientifiques et surtout d'acquérir les rudiments de la démarche scientifique. Notons cependant qu'il s'agit d'un site très enrichissant pour les enseignants qui sont déjà prédisposés à offrir cette formation à leurs jeunes et qui ont une assez bonne compréhension des concepts scientifiques de bases.

## **3 - STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT ET D'APPRENTISSAGE**

La stratégie didactique mise de l'avant s'inscrit dans le cadre des travaux mettant l'emphase sur les activités de mise en relation que l'apprenant réalise entre les conceptions scientifiques qu'il doit maîtriser et les conceptions préalables dont il dispose (Ausubel, 1968; Piaget et al., 1977; Novak, 1976; Giordan et de Vecchi, 1987). Ces mises en relation engendreront un conflit conceptuel chez l'apprenant. Pour cela, on doit le placer dans une situation où ses

conceptions seront comparées à d'autres qui doivent être plausibles et intelligibles au sens de Posner, Strike, Hewson et Gertzog (1982). Ainsi, la stratégie proposée se déroulera en ligne selon quatre phases, telles que décrites ci-après.

<b>Phase 1</b> Conceptions de l'enseignant avant enseignement	<b>Phase 2</b> Simulations d'expériences
<b>Phase 3</b> Explications des phénomènes en cause dans les expériences simulées	<b>Phase 4</b> Conceptions de l'enseignant après enseignement

### 3.1 - Phase 1 : Conceptions de l'enseignant avant enseignement

Dans cette première phase, l'enseignant aura à compléter un questionnaire à choix multiples dans le but de préciser ses conceptions sur les notions qui seront étudiées. Cette phase d'investigation est pertinente puisqu'elle lui permet d'explicitier ses connaissances sur le sujet et de se poser un certain nombre de questions qui risquent de susciter son intérêt, voire lui donner le goût de s'investiguer dans la suite des activités. Notons à ce sujet que la majorité des didacticiens souligne à raison que toute démarche d'acquisition des notions scientifiques doit rendre compte des conceptions initiales des apprenants pour éviter le phénomène de cohabitation de plusieurs systèmes explicatifs contradictoires. Ainsi, l'enseignant sera amené à confronter ses conceptions avec celles des experts. C'est que, comme le souligne si bien l'historien et philosophe des sciences français Bachelard dans son célèbre ouvrage intitulé «La formation de l'esprit scientifique» (1938), on apprend contre nos connaissances antérieures.

Une fois le questionnaire complété, l'enseignant sera amené dans la prochaine phase à effectuer des expériences simulées décrit ci-après.

### 3.2 - Phase 2 : Simulation d'expériences

Dans cette deuxième phase, nous allons d'abord mettre au point des protocoles d'expérimentations simulées afin de faire découvrir à l'enseignant quelques propriétés relatives aux notions abordées dans le questionnaire d'introduction et aussi de lui permettre de confronter implicitement certaines de ses réponses avec les résultats de l'expérimentation.

Soulignons que le recours à la simulation est plus qu'approprié dans le cadre d'un apprentissage en ligne et offre plusieurs avantages à l'enseignant en l'aidant par exemple à identifier les variables pertinentes pouvant influencer le déroulement d'un phénomène, à formuler et à vérifier ses hypothèses. La simulation permet aussi de contourner certaines conditions d'expérimentation qui peuvent perturber les observations et induire ainsi l'observateur en erreur. Par exemple, en électrostatique les expériences réalisées dans un laboratoire réel fonctionnent difficilement à cause du taux d'humidité, ce qui dans le cas d'un néophyte peut être une source de découragement et d'abandon. De même, dans le cas de l'étude du fonctionnement de circuits électriques, le principe de la conservation ne s'applique pas à cause de la qualité électrique des fils de raccordement. Cependant, pour que l'enseignant puisse interagir avec le dispositif expérimental et lui éviter ainsi d'avoir l'impression d'exécuter des recettes, nous allons d'abord lui demander d'anticiper ses réponses sur des problèmes adaptés à son niveau de connaissances, un peu comme on l'a fait lors de la précédente phase. Ensuite, il aura à tester expérimentalement la validité de ses réponses. Cette phase d'exploration lui permettra de se rendre compte que certaines de ses réponses sont fausses tout en acquérant des connaissances sur le sujet. Ainsi, l'impossibilité dans laquelle il se trouvera à solutionner un problème simple en apparence engendrera chez lui un conflit conceptuel. Notons à cet égard qu'il ne suffit pas de le contredire en lui faisant remarquer en sous-entendus que ses conceptions sont fausses pour qu'il les abandonne. On doit plutôt lui présenter plusieurs problèmes dans lesquels elles se révèlent inadéquates, et ainsi il s'efforcera de neutraliser son état de déséquilibre conceptuel par un effort de compréhension, sans nécessairement réussir à réorganiser ou à abandonner son état conceptuel.

Il est important de noter que les activités d'expérimentation proposées dans cette phase ne consistent pas à vérifier une loi ou une théorie scientifique préalablement étudiée, comme on le fait généralement dans l'enseignement traditionnel (Nonnon et Métioui, 2003). Il s'agit plutôt d'activités de démonstration des conceptions de l'enseignant. Avant d'aborder la prochaine phase, nous allons lui demander de retourner au questionnaire d'introduction pour rectifier, le cas échéant, certaines

de ses réponses à l'instar des observations émanant des expériences réalisées.

### 3.3 - Phase 3 : Explications des phénomènes en cause dans les expériences simulées et retour au questionnaire d'introduction

Dans cette troisième phase, on présentera les théories, les lois et les modèles scientifiques dont l'acquisition est indispensable pour expliquer les résultats découlant des expérimentations précédentes. Ces notions seront exposées selon une perspective historique. Une telle démarche permettra d'être au fait des lois et des théories fausses qui ont été développées par des scientifiques de renom et qui ont souvent marqué plusieurs générations de chercheurs. Selon cette perspective, le problème des conceptions erronées sera valorisé dans un contexte de formation puisque l'enseignant établira un certain parallélisme entre certaines de ses fausses conceptions et celles développées par des scientifiques qui ont marqué à leur façon le développement des connaissances scientifiques. Une telle approche nécessite entre autres de clarifier la structure conceptuelle des notions développées dans différentes époques afin de déterminer les concepts, les lois, les théories, les méthodes et le savoir-faire qui ont le plus marqué le développement d'un champ donné de connaissances (Vergnaud, Halbwachs et Rouchier, 1978). Une telle étude permet aussi de préciser les abus de langage, les faux concepts, les conceptions erronées et la limite des lois, des analogies et des théories étudiées.

Force est de constater que la plupart des sites pédagogiques (Métoui et Trudel, 2008a) et des manuels scolaires (Métoui, 2007; Métoui et Trudel, 2007a; Paatz, Ryder et Scott, 2004) n'adoptent pas une telle approche et se limitent souvent à présenter la science comme le résultat d'un cheminement qui ne relève que de considérations logico-mathématique. Ci-après on présentera, bien entendu sous une forme abrégée, la structure conceptuelle de l'électrostatique, de l'électrocinétique et des circuits électriques reflétant une vision générale des notions à enseigner. Notons que notre choix s'est arrêté sur ces champs de connaissances parce qu'ils touchent des phénomènes qui sont omniprésents dans l'environnement immédiat des jeunes et plusieurs notions sous-jacentes sont prescrites dans la majorité des curriculums.

### 3.4 - Phase 4 : Conceptions des enseignants après enseignement

Dans cette dernière phase, l'enseignant aura l'occasion d'évaluer ses connaissances suite aux activités réalisées. À ce stade, il n'aura pas accès aux réponses du questionnaire. Il aura à résoudre des problèmes qui nécessitent l'acquisition des concepts, des lois et des théories étudiés. Selon les réponses fournies, des activités supplémentaires lui seront présentées.

## 4 - ILLUSTRATION DE LA STRATÉGIE : ÉLECTROSTATIQUE

### 4.1 - Conceptions initiales des enseignants

Notons que les questions suivantes ont été construites à l'instar des travaux portant sur les conceptions des enseignants du primaire à l'égard de l'électrostatique (Métoui et Trudel, 2007b). Ainsi, à titre d'illustration, voici les questions auxquelles l'enseignant doit répondre en indiquant pour chacun des énoncés suivants s'il est "vrai" ou "faux" et d'expliquer son choix.

- Pour charger un corps d'électricité statique, on doit le frotter.
- Si on frotte à l'aide d'un morceau de laine une règle en métal, elle acquiert la propriété d'attirer à distance des petits morceaux de papier.

### 4.2 - Simulation d'expériences

L'enseignant aura à réaliser plusieurs expériences sous forme simulée. D'abord, il doit anticiper des réponses, ensuite il effectuera des expériences pour vérifier ses réponses. Voici à titre d'illustration des activités que nous lui proposerons :

- À l'aide des bâtons en métal, en bois, en plastique, en verre et en ébonite frottés avec des morceaux de tissu en laine et en soie, complétez le tableau par la lettre "O" si les bâtons attirent des petits morceaux de papier et par la lettre "N" si les bâtons ne les attirent pas.

	Bâton métal	Bâton bois	Bâton plastique	Bâton verre	Bâton ébonite
Tissu laine					
Tissu soie					

Ensuite, l'enseignant vérifiera ses réponses anticipées grâce à un clip vidéo développé à cette fin. Il observera que l'électrisation par frottement dépend

de la nature des objets frottés et aussi, peut-être à sa grande surprise, que le bâton en métal n'attirera pas les morceaux de papier.

- Lorsqu'on approche un bâton en plastique préalablement frotté à l'aide d'un morceau de laine d'une boule en styromousse enveloppée d'aluminium, on observe que les feuillets s'écartent, comme illustré ci-dessous :



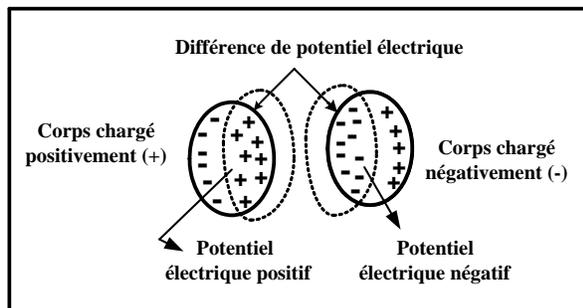
- Si on touche avec un doigt la boule, tout en maintenant le bâton de plastique dans la position précédente comme illustré ci-dessous, indiquez laquelle des affirmations suivantes est juste :

- les feuilles seront moins écartées;
- les feuilles seront plus écartées;
- les feuilles se toucheront;
- les feuilles seront écartées, comme précédemment.

--

les protons d'un atome réussissent à se tenir ensemble, malgré leurs charges identiques, grâce aux neutrons qui servent en quelque sorte de "colle";

- tous les corps peuvent être chargés (+ ou -) par frottement. Cependant, certains corps, peuvent garder cet état alors que d'autres l'évacuent. Les premiers sont des isolants et les seconds des conducteurs;
- un corps isolant ne peut pas être chargé par contact contrairement à un corps conducteur;
- la majorité des corps ayant une structure moléculaire comme l'eau ( $H_2O$ ) sont de bons isolants;
- on peut mesurer l'état de charges électriques d'un corps à l'aide d'un électroscope;
- la séparation des charges électriques par frottement ou par induction engendre une surface chargée positivement (+) et une surface chargée négativement (-). Dans le premier cas, on dit qu'il y a un potentiel électrique positif et dans le deuxième, on dit qu'il y a un potentiel électrique négatif. Entre les deux surfaces chargées, il s'établit une différence de potentiel électrique comme illustré ci-dessous :



Pour acquérir ces connaissances, on lui exposera d'abord une synthèse des travaux réalisés sur l'électrostatique avant l'avènement de la théorie atomique, tout en faisant un retour sur les expériences réalisées précédemment. Cette étude permettra par exemple d'identifier les erreurs effectuées entre autres par William Gilbert (1544-1603) sur son interprétation des propriétés d'objets frottés. De même, les travaux de Stephen Gray (1670-1736) sur le transfert des charges par conduction seront étudiés.

#### 4.4 - Questionnaire de renforcement

Les questions qui seront formulées dans cette phase

permettront à l'enseignant d'évaluer ses connaissances après enseignement.

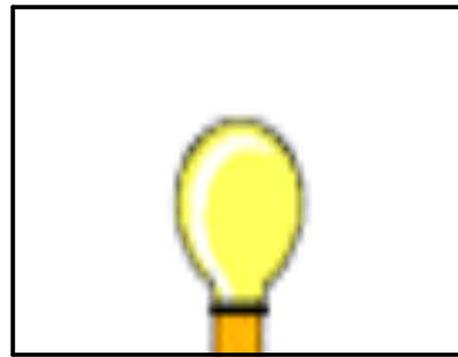
- Un objet électriquement neutre n'a aucune charge électrique.
- Lorsque vous frottez vos pieds sur une moquette en laine et touchez une poignée en métal, vous recevez des charges provenant de la poignée.
- Lorsqu'on frotte une règle en plastique avec un tissu en laine, il y a un échange de charges entre les deux objets frottés.
- Pendant que l'essence se déverse dans le réservoir d'une auto, il est dangereux que les passagers entrent ou sortent du véhicule.
- Si on approche une règle chargée d'un objet donné et qu'on observe une attraction, cela implique que cet objet est neutre.

### 5 - ILLUSTRATION DE LA DÉMARCHÉ : ÉLECTROKINÉTIQUE ET CIRCUITS ÉLECTRIQUES

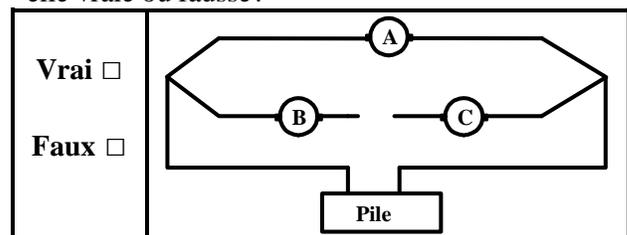
#### 5.1 - Conceptions initiales des enseignants

Les questions suivantes ont pour objet d'identifier les conceptions de l'enseignant à l'égard des notions de circuit fermé et de circuit ouvert.

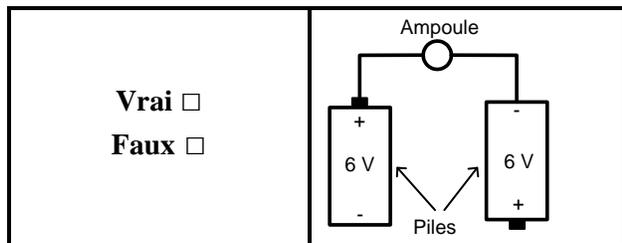
- Indiquez l'ampoule ou les ampoules qui sera (seront) allumée(s) dans chacun des circuits suivants.



- Si les ampoules A, B et C du schéma électrique ci-après sont identiques, elles brilleront avec la même intensité lumineuse. Cette affirmation est-elle vraie ou fausse?



- Dans le montage ci-dessous, l'ampoule éclairera normalement puisque le courant électrique circule du + au -.



Cette question a pour objet de connaître les conceptions de l'enseignant sur le principe de la conservation des charges électriques.

### 5.2 - Expériences simulées

La croissance exponentielle de la technologie informatique facilitera un développement important de logiciels de simulation comme SPICE (1988) qui permet de composer à l'écran des circuits électriques et de simuler leur fonctionnement. Ainsi, l'apprenant peut expérimenter en toute sécurité et réaliser des circuits dans un intervalle de temps relativement court. Il existe aussi des logiciels sur l'étude des mouvements sur ordinateur qui permettent de créer des simulations en dessinant des objets sur l'écran et de les animer (Couture, 2004). Nous constatons que malgré l'apport irréfutable de ces logiciels, ils ne tiennent pas compte de manière systématique des conceptions des apprenants qui, par conséquent, pourront difficilement reconstruire les modèles sous-tendant les circuits électriques (Métioui et Trudel 2008b; Rohrer, 1990). Par ailleurs, d'autres logiciels comme ELAB développé par Brna (1988) et Brna et Caiger (1992) tentent de tenir compte des modèles cognitifs des apprenants.

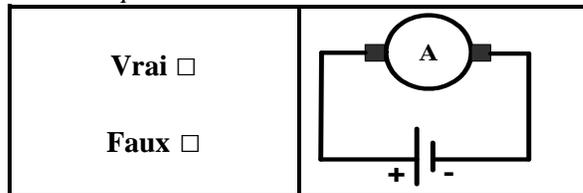
Ainsi, l'enseignant sera amené à composer à l'écran des circuits électriques pour vérifier ses réponses anticipées. Pour cela, il aura accès à une fenêtre contenant des générateurs, des récepteurs et différents fils de raccordement.

Voici, à titre d'illustration, des activités que nous lui proposerons :

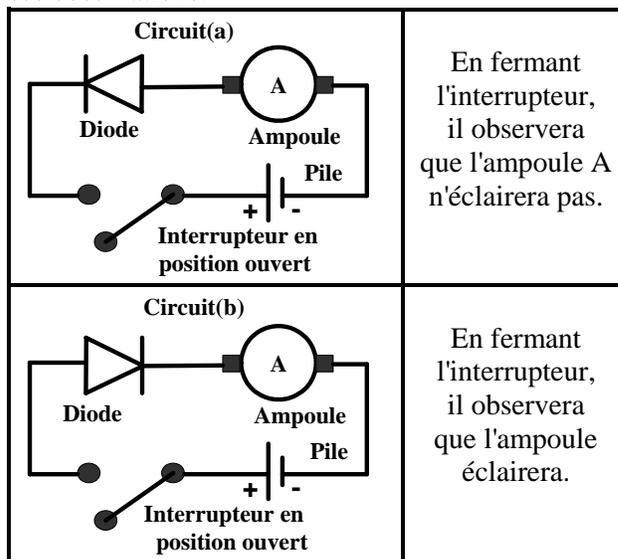
- Le circuit ci-dessous représente une ampoule qui éclaire normalement à l'aide d'une pile. Selon vous, l'affirmation suivante est-elle vraie ou fausse?

*Dans ce circuit, deux courants électriques circulent en partant l'un de la borne + de la pile, l'autre de la borne - de la pile et se rencontrent*

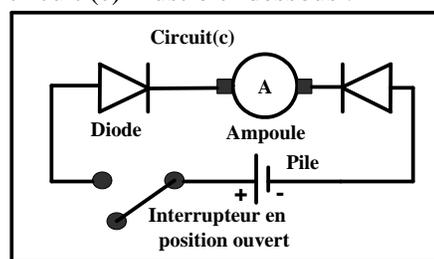
dans l'ampoule.



Pour que l'enseignant puisse vérifier sa réponse, nous lui proposons dans un premier temps de dessiner les deux circuits (a) et (b) illustrés ci-après et de noter ses observations.



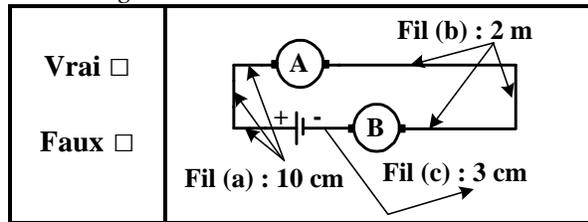
Il observera que la diode agit comme un interrupteur ouvert dans le cas du circuit (a) puisque l'ampoule ne s'allumera pas alors que dans le circuit (b), la diode agit comme un interrupteur fermé puisque l'ampoule s'allumera. Ensuite, on lui demandera d'anticiper sa réponse relativement à l'éclairage de l'ampoule A dans le circuit (c) illustré ci-dessous :



Finalement, il devra vérifier expérimentalement sa réponse. Ainsi, il sera amené à conclure que l'affirmation précédente est fausse.

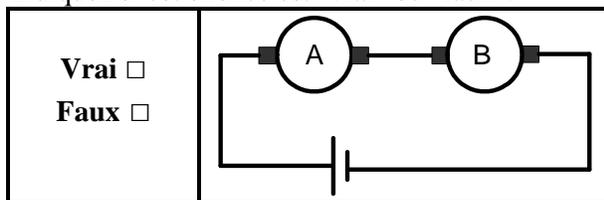
- Dans le schéma électrique ci-après, on observe que l'ampoule A brille plus fortement, comparativement à l'ampoule B. Cette différence de luminosité peut s'expliquer selon ce qui suit :

«L'ampoule A éclaire plus que l'ampoule B car il y a plus de perte d'électricité au niveau du fil (b) d'une longueur de 2 m par rapport au fil (a) d'une longueur de 10 cm.»



Une fois que l'enseignant a complété sa réponse, il doit la valider par l'entremise de l'expérimentation. Or, une telle expérimentation nécessite l'utilisation d'un ampèremètre. Il s'agit d'un appareil qui permet de mesurer l'intensité du courant électrique qui représente le débit des charges électriques en un point d'un circuit donné. Son unité est l'ampère (un ampère correspond à un débit de charges électriques de  $1 \text{ coulomb par seconde}$ , soit au passage de  $6,24 \cdot 10^{18}$  électrons par seconde). Pour que cet appareil puisse indiquer le débit des charges, on doit l'insérer dans le circuit. Nous allons illustrer cette question importante du placement de cet appareil en faisant une analogie avec la mesure du débit de l'eau d'une rivière. Après cette séance de familiarisation, l'enseignant aura à concevoir le circuit à réaliser pour vérifier si l'affirmation précédente est juste ou fautive. Pour cela, il doit placer deux ampèremètres (avant et après l'ampoule A) dans le circuit en question, ce qui va lui permettre de noter que les appareils indiqueront le même affichage de l'intensité du courant.

- Dans le circuit ci-dessous, l'ampoule A éclaire normalement alors que l'ampoule B n'éclaire pas parce que la tension à ses bornes est nulle. Indiquez si cet énoncé est "vrai" ou "faux":



Si la tension aux bornes de l'ampoule B est nulle, cela implique qu'aucun courant ne la traverse, ce qui est impossible puisqu'elle est montée en série avec l'ampoule A et que dans un circuit en série, l'intensité du courant a la même valeur en tous les points du circuit. Donc, l'énoncé est faux. L'enseignant sera amené à mesurer la tension aux bornes de

l'ampoule B en plaçant un voltmètre à ses bornes et non dans le circuit, comme dans le cas de l'ampèremètre. Dans cette activité, il sera aussi amené à déduire que la tension aux bornes d'un ensemble de composants montés en série est égale à la somme des tensions aux bornes de chaque composant ( $U_{\text{pile}} = U_A + U_B$ ).

### 5.3 - Explications des phénomènes en cause dans les expériences simulées

Dans toutes les expériences étudiées, nous avons un mouvement de charges alors que dans le cas des expériences en électrostatique, les charges étaient fixes. Pour que l'enseignant puisse bien saisir la différence entre l'interprétation des phénomènes en cause dans les expériences simulées, cela nécessite une connaissance appropriée des concepts de courant et de tension électriques et la dualité qui existe entre eux. Donc, l'enseignant doit savoir que dans un circuit électrique :

- un nœud correspond à un ensemble de bornes et de conducteurs reliés entre eux;
- une branche est une portion de circuit entre deux nœuds;
- la borne positive (P) d'une pile possède un déficit d'électrons alors que la borne négative (N) possède un excès d'électrons;
- la grandeur qui représente la concentration des charges est appelée "potentiel électrique". Ainsi, entre les deux bornes P et N de la pile, il existe une "différence de potentiel électrique" (notée  $V_P - V_N$ ). Souvent, on dit tout simplement "tension électrique" (notée  $U_{PN}$ ). La tension est reliée en quelque sorte à sa force. Elle représente la force électromotrice que la pile exerce sur les charges électriques pour les faire déplacer. Donc, un courant ne peut pas circuler en l'absence d'une tension. Son unité est le volt et on peut la mesurer à l'aide d'un voltmètre qu'on branche entre ses bornes + et - ;
- la tension entre les deux extrémités d'un fil électrique de bonne qualité est négligeable;
- un court-circuit se produit lorsque deux fils ayant des potentiels différents viennent en contact;
- une pile est une source de tension constante;
- une pile est une source de courant variable;
- la diode permet aux charges électriques de circuler dans un seul sens;
- il y a présence d'électrons libres dans les métaux et non dans une solution. Dans cette dernière, il y

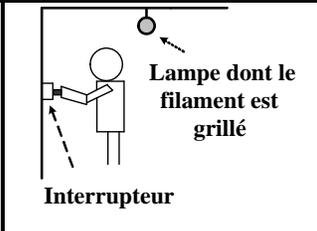
a présence de particules chargées (ions positifs et ions négatifs). Au contact des électrodes d'une pile, les ions se déchargent;

- dans un montage en série, il n'existe qu'un seul circuit possible pour le courant;
- dans un circuit en parallèle, l'intensité du courant dans la branche principale est égale à la somme des intensités des courants dans les branches dérivées;
- des composants montés en parallèle sont soumis à la même tension.

#### 5.4 - Conceptions des enseignants après enseignement

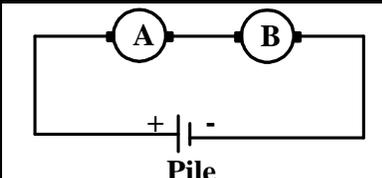
Les questions qui seront formulées dans cette phase permettront à l'enseignant d'évaluer ses connaissances après enseignement. Par exemple, pour s'assurer que la notion de circuit fermé a été assimilée ainsi que le principe de fonctionnement d'une pile électrochimique, l'enseignant sera confronté à des situations simples, comme celles illustrés ci-après.

- Dans le schéma suivant, l'interrupteur est en position "marche", mais le filament de la lampe est "grillé".  
«Il y a du courant électrique qui circule dans les fils menant à la lampe.»

Vrai <input type="checkbox"/>	
Faux <input type="checkbox"/>	

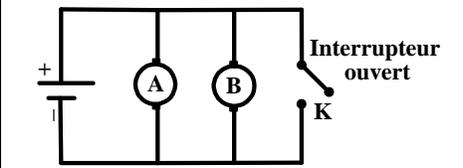
Dans cette situation, l'enseignant est supposé affirmer qu'aucun courant ne circule dans les fils menant à l'ampoule puisque le filament de la lampe est grillé, donc nous avons un circuit ouvert.

- Dans le schéma électrique ci-après, on observe que l'ampoule A éclaire fortement alors que l'ampoule B n'éclaire pas, donc l'ampoule B est brûlée.

Vrai <input type="checkbox"/>	
Faux <input type="checkbox"/>	

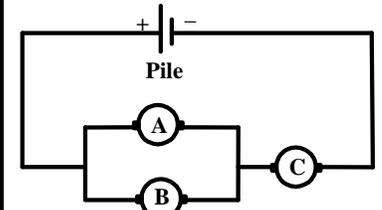
De même, l'enseignant doit être en désaccord avec cette affirmation puisque si l'ampoule B est brûlée le circuit serait ouvert, donc l'ampoule B ne peut éclairer. Si l'ampoule B n'éclaire pas, c'est parce qu'elle n'a pas les mêmes caractéristiques de fonctionnement que celles de l'ampoule A.

- Dans le montage électrique ci-dessous, si on ferme l'interrupteur K, les ampoules A et B s'allumeront. Cette affirmation est-elle vraie ou fausse?

Vrai <input type="checkbox"/>	
Faux <input type="checkbox"/>	

Dans cette situation, on veut vérifier si l'enseignant a bel et bien assimilé que les électrons circulant par le chemin qui offre le moins de résistance à leur passage. Ainsi, la majorité des électrons traversera la branche contenant l'interrupteur, donc les ampoules A et B n'éclaireront pas ou éclaireront très faiblement, selon la qualité des fils de raccordement.

- Dans le montage électrique ci-dessous, si on dévisse l'ampoule C, les ampoules A et B brilleront plus fortement.

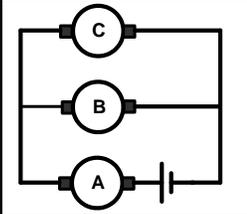
Vrai <input type="checkbox"/>	
Faux <input type="checkbox"/>	

Dans cette situation, l'enseignant est supposé affirmer que les ampoules A et B n'éclaireront pas puisque le circuit sera ouvert.

- Dans le circuit ci-après, toutes les ampoules sont identiques et elles sont allumées. Si on court-circuite l'ampoule C à l'aide d'un fil électrique, cochez la réponse qui vous semble correcte :

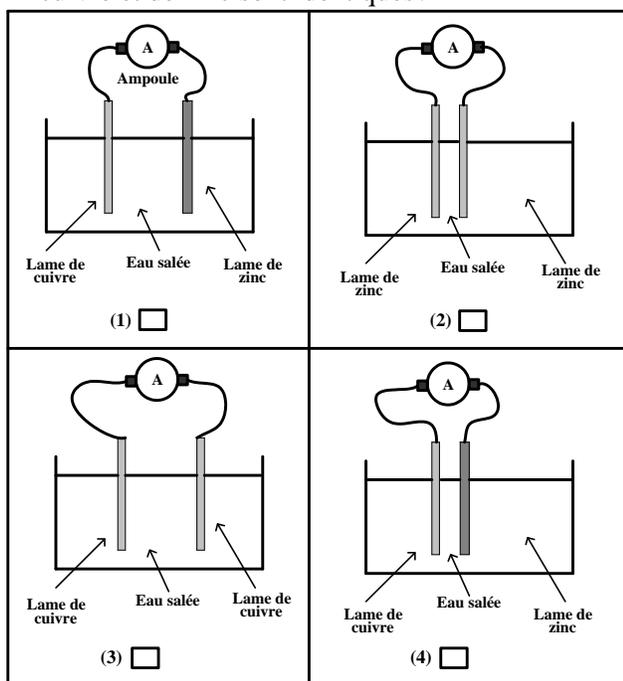
<input type="checkbox"/> Les ampoules A et B ne s'allumeront pas. <input type="checkbox"/> L'ampoule A s'allumera et l'ampoule B ne s'allumera pas. <input type="checkbox"/> Les ampoules A et B vont s'allumer avec la même	
--	--

intensité lumineuse.  
 Autre réponse : \_\_\_\_\_



Dans ce circuit mixte, si on court-circuite l'ampoule C, l'ampoule B n'éclairera pas puisqu'elle sera elle aussi court-circuitée. Par contre, l'ampoule A brûlera à cause du problème de surtension créé par en court-circuitant C. Ce circuit permet aussi de vérifier la question importante reliée aux montages de circuits. En effet, l'enseignant serait tenté de conclure qu'aucune ampoule n'allumera puisqu'elles sont montées en parallèle.

- Dans lequel des circuits suivants l'ampoule A aura un éclairage fort si la quantité d'eau salée est la même dans chaque contenant et si les lames de cuivre et de zinc sont identiques?



(1)

(2)

(3)

(4)

L'enseignant doit savoir qu'une réaction d'oxydoréduction aura lieu uniquement dans les montages 1 et 4. Aussi, il doit tenir compte de la distance entre les deux électrodes pour finalement conclure que l'ampoule éclairera plus fort dans le montage 4 car la distance entre le cuivre et le zinc est moins grande, comparativement au montage 1.

## 6 - LIMITES DE LA STRATÉGIE ET CONCLUSION

La simulation occupe une place centrale dans la démarche d'enseignement et d'apprentissage présentée dans la présente recherche. Bien entendu, le recours à la simulation a ses avantages et ses inconvénients. Par exemple, elle a l'inconvénient de présenter à l'enseignant une situation expérimentale toute faite où justement le nombre de variables et la façon dont elles interagissent est déterminée par le concepteur à l'avance, créant une situation qui n'offre pas de parallèle à la situation de laboratoire réel. Malgré cela, on pense que les avantages qu'on peut soustraire sont nombreux, entre autres la possibilité de mobiliser l'enseignant sur des environnements d'apprentissage s'inspirant à la fois de ses conceptions et des difficultés conceptuelles inhérentes à l'apprentissage de l'électrostatique, de l'électrocinétique et des circuits électriques. Par ailleurs, ces environnements informatiques ne prétendent pas couvrir toutes les difficultés conceptuelles de l'enseignant ainsi que celles associées aux thèmes précités.

Afin d'évaluer l'efficacité de cette stratégie de formation qui a pour enjeu la recherche d'un système explicatif permettant à l'enseignant de modéliser diverses observations, plusieurs expérimentations seront réalisées avec un groupe représentatif de la population cible.

## BIBLIOGRAPHIE

- Ausubel, D.P. et al. (1968). *Educational psychology, a cognitive view*, Holt, Rinehart and Winston.
- Bachelard, G. (1938). «La formation de l'esprit scientifique», Vrin, Paris.
- Couture, M. (2004). «Realism in the design process and credibility of a simulation-based virtual laboratory». *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 20, no 1, p. 1.
- Giordan, A., De Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir*, Delachaux.

Novak, J.D. (1976). «Understanding the learning process and effectiveness of teaching method», *Journal of Science Education*, vol. 60, no 4, p. 493-512.

Nonnon, P., Métioui, A. (2003). «L'appropriation du

- processus de vérification expérimentale par des étudiants en formation des maîtres au secondaire : exemple de la diffusion de la chaleur dans un liquide», *RES (Revue de l'Enseignement Supérieur)*, *Academica*, vol. 21, no 1, p. 39-61.
- Métioui, A., Trudel, L. (2008b). Innovative Teaching Strategies: Teaching Circuit Analysis from first Principles. In *Proceeding of International Conference \*Teaching and Learning 2008\* \*Achieving Excellence and Quality in Education\**. Coordinated by: Mario Munoz, Ivan Jelinek and Fernando Ferreira, May 26-28, Aveiro, Portugal, p. 352-359 - ISBN: 987-972-99397-8-5.
- Métioui, A. & Trudel, L. (2008a). Analyse critique de sites scientifiques et structure d'un site interactif : Apprentissage des sciences sans frontière. *Revue permanente en ligne des utilisateurs des Technologies de l'Information et de la Communication, ISDM n° 32 - TICE MEDITERRANEE 2008*. En ligne dans : <http://isdm.univ-tln.fr/PDF/isdm32/isdm32-metioui.pdf>
- Métioui, A. (2007). Étude de la technologie de l'électricité selon une approche système. In *cédérom : Le manuel scolaire, d'ici et d'ailleurs, d'hier à demain*, sous la direction de M. Lebrun, Presses de l'université du Québec, p. 1-10 - ISBN 978-2-7605-1481-2.
- Métioui, A. & Trudel, L. (2007a). Analyse critique des expériences proposées dans les manuels destinés aux jeunes de 8 à 12 ans: Magnétisme, électrostatique et circuits électriques. In *Critical Analysis of School Science Textbooks*, IOSTE International Meeting Tunisia Hammamet, 7 to 10, February, Cederom, p. 764-778.
- Métioui, A., & Trudel, L. (Septembre, 2007b). Explications des phénomènes électrostatiques par des étudiants en formation des maîtres pour l'ordre primaire. *Revue de Recherche appliquée sur l'apprentissage*, 1(2), article 3, p. 1-21, en ligne dans : <http://www.ccl-cca.ca/NR/rdonlyres/D1E02765-4742-46FE-8DCA-D11955665BB5/0/JARLArticle3sept07.pdf>
- OCDE (2005). *Declining enrolment in Science & Technology Studies. Is it real? What are the causes? What can be done?*
- Piaget, J. et al. (1977). *Recherche sur l'abstraction réfléchissante*, PUF, Paris.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. (1982). «Accommodation of scientific conception : Toward theory of conceptual change», *Science Education*, vol. 66, n° 2, p. 211-227.
- Paatz, R., Ryder, J., Scott, P. (2004). «A case study analyzing the process of analogy-based learning in a teaching unit about simple electric circuits», *International Journal of Science Education*, vol. 26, n° 9, p. 1065-1081.
- SPICE. (1988). Department of electrical engineering, University of California at Berkeley, Roden, M.S.
- Rohrer, D.A. (1990). «Taking circuits seriously», *IEEE Proceedings on Circuits and Devices*, p. 27-31.
- Brna, P. (1988). «Conforming Misconceptions in the Domain of Simple Electrical Circuits», *Instructional Science*, 17, p. 29-55.
- Brna, P., et Caiger, A. (1992). "The Application of Cognitive Diagnosis to the Quantitative Analysis of Simple Electrical Circuits", in *Intelligent Tutoring Systems*, C. Frasson, G. Gauthier et G. McCalla (Eds.), Springer-Verlag, Germany, p. 405-412.
- Vergnaud, G., Halbwegs, F., Rouchier, A. (1978). «Structure de la matière enseignée, histoire des sciences et développement conceptuel chez l'élève», *Revue française de pédagogie*, no 45, p. 7-15.