

## Quelles conditions influencent la réalisation de chaînes énergétiques par des élèves de cycle 3 (grade 4 et 5) ?

ANTONIN BOYER, DAMIEN GIVRY

Aix Marseille Université, ENS Lyon, ADEF EA 4671,  
13248, Marseille  
France

antonin.boyer@etu.univ-amu.fr  
damien.givry@univ-amu.fr

### RÉSUMÉ

*Cette étude décrit les premiers résultats d'une étude exploratoire qui s'intéresse aux conditions de la tâche qui peuvent avoir un effet sur l'activité de réalisation de chaînes énergétiques par des élèves de cycle 3. Les conditions étudiées dans cette étude sont le nombre d'éléments que comprend la chaîne énergétique, le nombre total d'objets présentés aux élèves sur chaque image ainsi que le type d'objets auquel les images font référence. Une méthodologie de type enquête à partir de questionnaire a été mise en place pour comprendre ces effets. Les résultats montrent que la taille de la chaîne et le nombre d'objets présents sur l'image ont un impact sur la réalisation de chaînes « complètes » par les élèves. En revanche le type d'objets auquel les images font référence semble n'avoir que peu d'influence.*

### MOTS-CLÉS

*Didactique des sciences, tâche-activité, registres sémiotiques, chaîne énergétique, école primaire*

### ABSTRACT

*This study describes the first results of an exploratory study focused on the conditions of the task that may affect how grade 4/5 students make energetic chains. The conditions observed in this study are the number of elements included in the energetic chain, the total number of objects presented to the students on each picture and the type of objects that the pictures refer to. A methodology type survey from questionnaire was implemented to understand these effects. The results show that the size of the chain and the number of objects on the picture have an impact on the energetic chains made by the students, while the type of objects that the pictures refer to appears to have little influence.*

### KEYWORDS

*Didactic of sciences, Task-activity, semiotic registers, energetic chain, primary school*

### INTRODUCTION

Les différentes caractéristiques du concept d'énergie présentent un grand nombre de difficultés pour l'enseignement et l'apprentissage. C'est un concept à propos duquel les élèves possèdent de nombreuses conceptions dans différentes disciplines scolaires (Duit, 1981; Watts, 1983; Chabalengula, Sanders, & Mumba, 2011; Bodzin, 2012). Ce concept est présenté

de manière fractionnée dans les différentes disciplines scolaires (Koliopoulos & Ravanis, 2000) et ne possède pas de terminologie commune entre les enseignants, les élèves et les programmes scolaires (Bruguière, Sivade & Cros, 2002). De plus, le concept d'énergie est constitué de différentes facettes et peut être abordé selon différents points de vue (Besson & Ambrosis, 2014). Pour pallier ces difficultés, il semble nécessaire de présenter aux élèves ce concept à travers une approche qui soit : globale (Morge & Buty, 2014), interdisciplinaire (Bruguière et al., 2002) et qui mette en avant les liens entre science et société (Doménech et al., 2007). À ces fins, certaines recherches recommandent l'utilisation du modèle de la chaîne énergétique. Ce modèle est recommandé pour : (a) sa nature trans-phénoménologique (Papadouris & Constantinou, 2011) qui permet une approche globale, (b) son utilisation possible dans différentes disciplines (Bruguière et al., 2002), ainsi que (c) son ancrage dans les problèmes de société (Koliopoulos & Argyropoulou, 2012; Vince & Tiberghien, 2012).

Cette étude s'inscrit dans un projet de recherche concernant les processus d'enseignements-apprentissages du concept d'énergie à l'école primaire. Ce projet s'intéresse plus particulièrement à l'efficacité de l'utilisation d'un modèle de la chaîne énergétique sur les apprentissages des élèves de cycle 3. Les analyses présentées correspondent à une première étude exploratoire sur la réalisation de chaînes énergétiques par des élèves de CM1-CM2 (grade 4 & 5). L'objectif de cette exploration est de dégager quels paramètres sont susceptibles d'influencer la construction de chaînes énergétiques par les élèves.

## CADRE THÉORIQUE

Notre recherche se situe dans le champ de la didactique des sciences et s'ancre dans la théorie de l'activité (Engeström, 2001) qui pour Ginestier et Tricot (2013) permet de comprendre le fonctionnement et les mécanismes à l'œuvre dans un système didactique considéré. L'articulation tâche-activité, permet de caractériser ce que font les sujets dans une situation donnée à partir de l'analyse de la tâche. C'est sur les facteurs inhérents à cette tâche que se centre notre étude. Afin de décrire ces facteurs notre étude s'appuie sur les facettes du savoir (Givry & Andreucci, 2015) mis en avant dans la tâche et sur les registres sémiotiques (Pozzer-Ardenghi, 2009) qu'elle mobilise. L'activité des élèves (Engeström, 2001) a été caractérisée à travers leurs productions écrites, afin de comprendre l'influence de ces facteurs.

La distinction entre tâche et activité est un élément central de la théorie de l'activité (Rogalski, 2008). Leont'ev définit la tâche comme « le but à atteindre dans des conditions spécifiques » (Leont'ev, 1978 p. 102). Dans notre recherche, le but à atteindre est spécifié par : l'énoncé écrit (demandant de réaliser une chaîne énergétique) et les conditions (qui dépendent essentiellement des objets représentés sur les images)

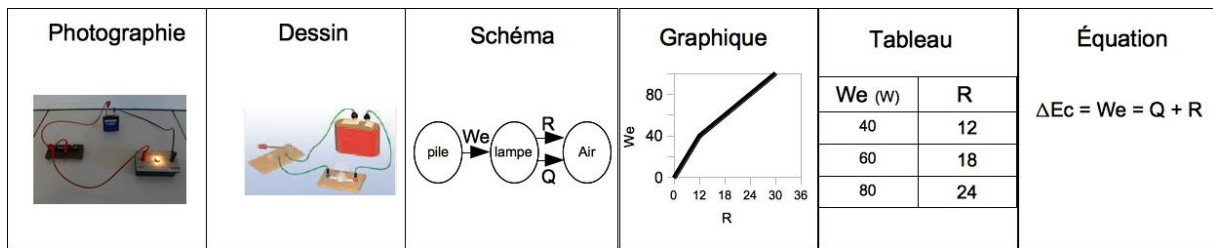
De plus, Nous avons considéré que la tâche était principalement conditionnée par les registres sémiotiques dans lesquels elle était présentée, qui dépendent eux-mêmes des facettes du savoir qui sont mises en jeux.

### ***Registres de représentation sémiotique***

Une des spécificités des disciplines scientifiques est de faire appel à des systèmes sémiotiques multiples (langage naturel, formule, graphique, dessin...) pour représenter les concepts à l'écrit (figure 1). En ce qui concerne l'enseignement des sciences, Pozzer-Ardenghi (2009) identifie pour les inscriptions écrites, sept formes de représentations privilégiées : photographie, dessin, schéma, graphique, tableau, équation et langage naturel<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> En référence aux travaux en linguistique, l'expression « langage naturel » désigne ici le langage ordinaire (par opposition aux langages formels tel que le langage informatique) dont la complexité de même que les caractères acquis, artefactuel, socialisé et socialisant n'en sont pas pour autant évacués.

FIGURE 1



Exemple du concept de transfert représenté dans différents registres sémiotiques

La figure 1 illustre ces différents registres sémiotiques à propos du concept de transfert d'énergie. Elle permet de montrer que chaque type de représentation donne à voir des éléments de savoir différents (que nous décrivons à travers le terme de "facette").

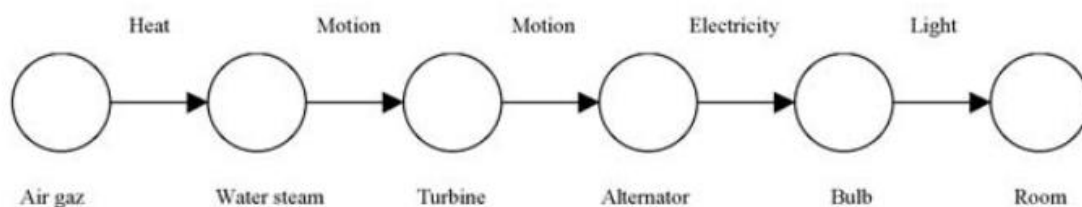
De plus, ces différents registres de représentation n'offrent pas les mêmes possibilités de traitement d'un point de vue cognitif. Pozzer-Ardenghi (2009) considère qu'à l'exception du langage naturel (pouvant impliquer l'ensemble des différents degrés d'abstraction), il existe une graduation allant des représentations les plus concrètes comme la photographie et le dessin (relevant du champ empirique), vers d'autres plus abstraites comme le graphique, le tableau ou l'équation (se rapportant au champ théorique).

Dans notre étude, nous avons fait le choix de nous focaliser sur le registre sémiotique du schéma pour représenter un modèle de chaîne énergétique. Nous considérons ce registre comme particulièrement intéressant, car il permet de faire apparaître sur une même représentation des éléments des champs empirique (objets et événements) et théorique (théorie et modèle). Il permet d'obtenir un bon équilibre entre niveau d'abstraction et représentation concrète.

**Facettes de la chaîne énergétique dans le registre sémiotique du schéma**

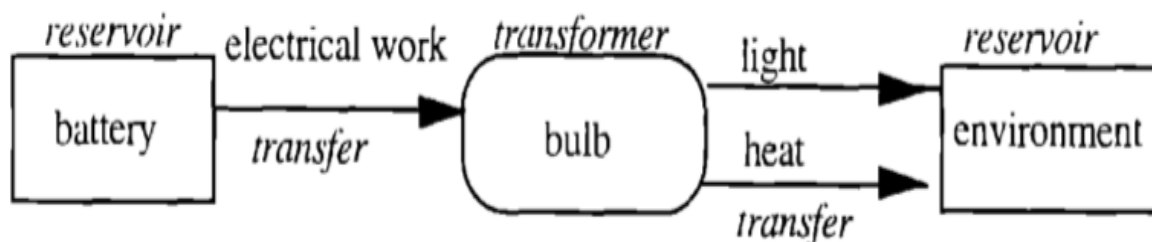
À l'intérieur du registre sémiotique du schéma, il existe différentes représentations (par exemple, figure 2, 3 et 4) du modèle de la chaîne énergétique qui mettent en jeu des facettes différentes du savoir. Le modèle de la chaîne énergétique, a été initialement conçu pour répondre à des problèmes de mécanique et de thermodynamique. Il met en effet l'accent sur les transformations de l'énergie et ses transferts (Devi, Tiberghien, Baker & Brna, 1996). Ce modèle est basé sur le raisonnement linéaire causal. Il intègre, le stockage, les transformations, les transferts, la conservation, et la dégradation comme principales propriétés du concept d'énergie (Koliopoulos & Argyropoulou, 2012).

FIGURE 2



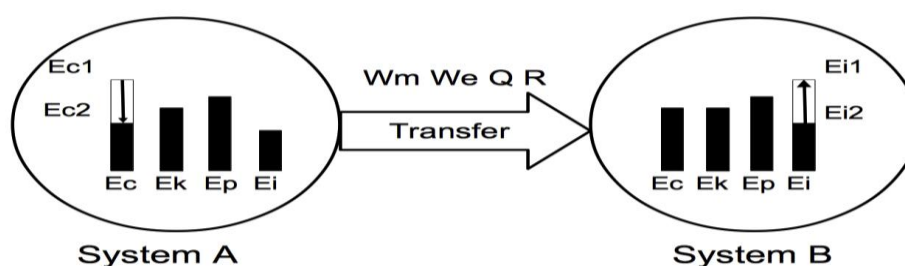
Représentation schématique de l'explication qualitative de l'éclairage d'une lampe à partir d'un bec bunsen (Lemeignan & Weil-Barais, 1994 cité par Koliopoulos & Argyropoulou, 2012)

FIGURE 3



*Exemple de chaîne énergétique, solution idéale pour l'expérience de la lampe (Devi et al., 1996)*

FIGURE 4



*Diagramme décrivant la transformation d'énergie dans les systèmes (A et B) et les transferts d'énergie entre ces deux systèmes (Givry & Pantidos, 2015)*

Dans chacune des représentations précédentes : les flèches symbolisent les transferts d'énergie (travail mécanique, travail électrique, chaleur ou rayonnement) et les formes géométriques (cercle, rectangle...) sont utilisées pour décrire les systèmes. Sur la figure 3, les formes varient pour mettre en avant la distinction entre les transformateurs et les réservoirs. La figure 4 détaille certaines transformations des formes d'énergie [énergie chimique ( $E_c$ ), cinétique ( $E_k$ ), potentiel ( $E_p$ ) ou interne ( $E_i$ )] à l'intérieur d'un système.

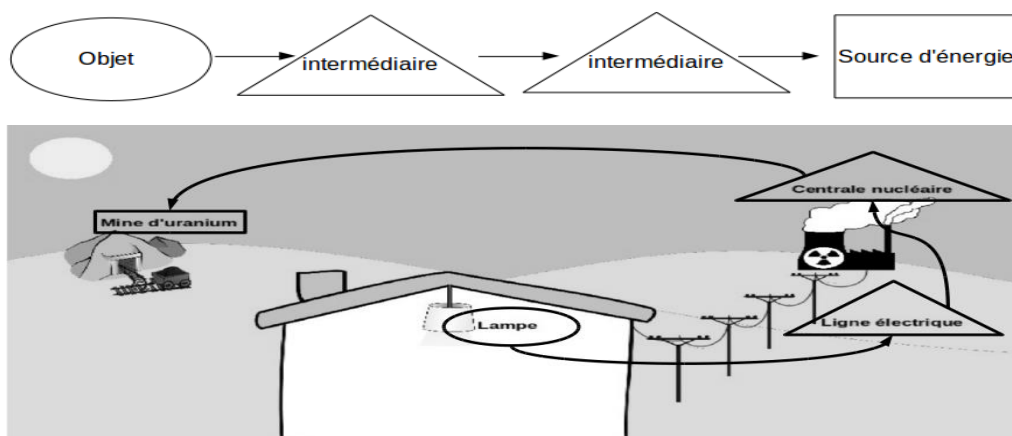
À partir de ces précédents travaux, nous avons élaboré un modèle particulier de la chaîne énergétique pour aider les élèves de cycle 3 à mieux comprendre les enjeux, dans nos sociétés, associés à l'énergie. Ce modèle a pour objectif de permettre aux élèves de remonter aux sources d'énergie dites « primaires » en partant soit d'objets qui éclairent, chauffent où se déplacent ; soit de centrale électrique. Comme dans la figure 3, nous avons décidé d'utiliser des formes géométriques différentes (un rond pour les objets, un rectangle pour les sources naturelles et un triangle pour les objets intermédiaires). Contrairement, aux modèles précédents nous avons fait le choix d'utiliser la flèche, non pas pour représenter les transferts (qui apparaissent uniquement dans les objets qui chauffent, éclairent et se déplacent, ainsi que les centrales électriques), mais pour illustrer « d'où provient l'énergie » en remontant la chaîne jusqu'à la source d'énergie primaire. Par exemple : l'énergie d'une ampoule provient d'une ligne électrique, dont l'énergie provient d'une centrale nucléaire, dont l'énergie provient d'une mine d'uranium (Figure 5).

### **Conditions spécifiques de la tâche**

Nous avons considéré que trois conditions (au sens de Leont'ev, 1978) étaient prépondérantes pour atteindre le but de la tâche (qui est de réaliser une chaîne énergétique en reliant par une flèche différentes formes géométriques (rond, triangle rectangle) représentant des objets, des intermédiaires et des sources d'énergie). La première en lien avec le registre du schéma est le

nombre d'éléments reliés par des flèches que contiennent chaque chaîne énergétique et qui diffère en fonction du type d'objets. La deuxième en lien avec le registre du dessin est le nombre d'objets représentés sur chaque image qui comprend le nombre d'éléments qui composent la chaîne, ainsi qu'un nombre variable d'objets qui ont un rôle de leurre. Enfin nous considérons que la tâche est également conditionnée par le type d'objet représentés, en fonction des connaissances sur l'énergie que les élèves ont sur ces objets.

**FIGURE 5**



*Modèle de la chaîne énergétique et exemple d'application du modèle utilisé dans cette étude*

### **Conditions spécifiques de la tâche**

Nous avons considéré que trois conditions (au sens de Leont'ev, 1978) étaient prépondérantes pour atteindre le but de la tâche (qui est de réaliser une chaîne énergétique en reliant par une flèche différentes formes géométriques (rond, triangle rectangle) représentant des objets, des intermédiaires et des sources d'énergie). La première en lien avec le registre du schéma est le nombre d'éléments reliés par des flèches que contiennent chaque chaîne énergétique et qui diffère en fonction du type d'objets. La deuxième en lien avec le registre du dessin est le nombre d'objets représentés sur chaque image qui comprend le nombre d'éléments qui composent la chaîne, ainsi qu'un nombre variable d'objets qui ont un rôle de leurre. Enfin nous considérons que la tâche est également conditionnée par le type d'objet représentés, en fonction des connaissances sur l'énergie que les élèves ont sur ces objets.

### **Tâches dans le registre du dessin**

Dans la perspective d'adopter une approche globale de l'énergie, nous avons utilisé le registre du dessin comme support pour la réalisation des chaînes énergétiques par les élèves (figure 5). Ce registre permet de représenter sur une même image l'ensemble des objets pouvant servir à la réalisation d'une chaîne énergétique. Pour favoriser une approche interdisciplinaire, nous avons choisi d'introduire dans nos images des objets de type différent (vivants, « quotidiens » et centrales électriques). De plus, afin de ne pas directement donner les éléments qui composent la chaîne aux élèves certaines images comportent un nombre d'objets supérieur au nombre d'éléments qui composent la chaîne et qui ont un rôle de leurre.

### **Résultats de l'activité : production écrite**

Pour étudier l'influence des trois conditions (définies ci-dessus) de la tâche nous proposons d'étudier les chaînes énergétiques réalisées à l'écrit par les élèves sur les différentes images de notre questionnaire. En nous appuyant sur la structure de l'activité, et sa décomposition en

activité, actions, opérations (Leont'ev, 1978) nous avons caractérisé l'activité des élèves à travers leurs productions écrites qui constituent les résultats de leurs actions. Engeström (2001) décrit l'action comme la production d'un résultat issu de l'interaction d'un objet, d'un sujet et d'instruments. Dans le cadre de cette recherche, c'est l'influence des conditions de la tâche qui est observée et l'activité a donc été reconstruite uniquement à travers les productions écrites des élèves que nous avons considérées comme le résultat de leur activité.

Nous proposons d'étudier l'impact des trois conditions de chacune des tâches de notre questionnaire sur les productions écrites de chaîne énergétique des élèves, définies par : (1) le nombre d'éléments qui composent la chaîne demandée dans l'énoncé de la question, (2) le nombre d'objets présents sur les images et (3) le type d'objets auquel l'image fait référence.

### **Question de recherche**

Nos questions de recherche sont les suivantes : « quelles conditions de la tâche influencent la production de chaînes énergétiques dans le registre du schéma par des élèves de cycle 3 ? ». Plus particulièrement quel est le rôle : (1) du nombre d'éléments qui composent la chaîne demandée dans l'énoncé de la question, (2) du nombre d'objets présents sur les images des questions et (3) du type d'objet (quotidien, vivant, centrale) auquel l'image fait référence.

## **MÉTHODOLOGIE**

Cette étude s'appuie sur une méthodologie de type enquête. Notre échantillon se compose de 56 élèves Français (29 filles, 27 garçons) issus d'une classe de CM1 (grade 4, enfants âgés de 9 ans) et de trois classes de CM2 (grade 5, enfants âgés de 10 ans) d'écoles publiques du sud de la France. Le faible nombre d'élèves par rapport au nombre de classes, s'explique par une passation du questionnaire en fin d'année scolaire à un moment où de nombreux élèves n'étaient plus à l'école. Il est important de souligner que les élèves de ces classes n'avaient pas reçu d'enseignement spécifique sur les chaînes énergétiques cette année-là. La tâche leur a été présentée sous forme d'un questionnaire papier, composé de trois parties. Les questionnaires ont été administrés aux élèves en présence des enseignants et des chercheurs, qui ont expliqué aux élèves les tâches qu'ils auraient à réaliser. Les élèves ont fait une pause entre chacune des trois parties du questionnaire. Les analyses présentées sont issues des parties 2 et 3 du questionnaire qui correspondent aux parties où les élèves devaient réaliser les chaînes énergétiques.




### **Questionnaire**

La tâche réalisée par les élèves était la même dans les parties 2 et 3 du questionnaire. Ils avaient à dessiner une chaîne énergétique à partir d'une image sur laquelle étaient représentés différents objets. Pour cela, ils devaient : (a) entourer un objet qui : chauffe, est en mouvement, éclaire ou fabrique de l'électricité, (b) encadrer la source d'énergie utilisée par cet objet, (c) dessiner un triangle autour de tous les objets qui sont des intermédiaires entre l'objet de départ et sa source d'énergie (d) relier par une flèche l'ensemble des objets sélectionnés en commençant par l'objet et en remontant jusqu'à la source d'énergie. La différence entre les parties 2 et 3 du questionnaire repose sur le nombre d'objets représentés sur les images, sur lesquelles les élèves doivent dessiner la ou les chaînes énergétiques. Dans les deux parties, chaque image était accompagnée de la consigne, ainsi que d'un exemple.

La partie 2 du questionnaire se compose de 19 images : les 7 premières comportent 2 objets, les 7 suivantes sont composées de 3 ou 4 objets qui appartiennent tous à la chaîne énergétique attendue, et les 5 dernières images comportent 6 ou 7 objets, dont les objets qui correspondent aux chaînes énergétiques attendues, ainsi que deux ou trois objets qui ont un

rôle de leurre (tableau 1).

**TABLEAU 1**

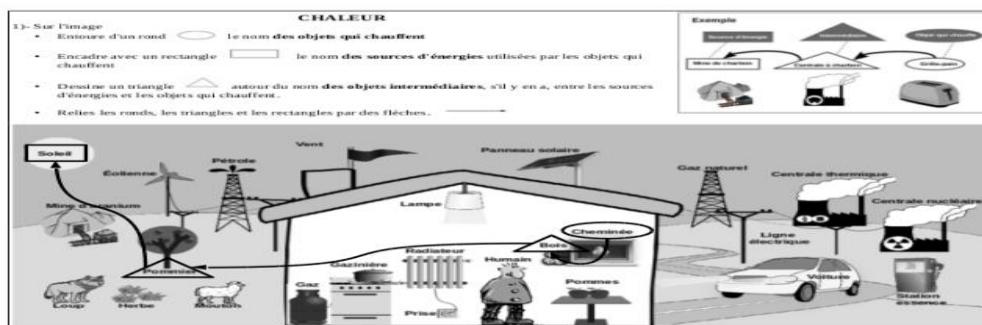
<p>11- Sur l'image</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Entourer d'un rond ○ le nom des objets qui réchauffent</li> <li>Encadrer avec un rectangle □ le nom de la source d'énergie utilisée par les objets qui chauffent</li> <li> Dessiner un triangle ▲ autour du nom des objets intermédiaires, s'il y en a, entre la source d'énergie et l'objet qui chauffe</li> <li> Relier les objets, entre par des flèches → le rond, les triangles et le rectangle que tu as dessinés.</li> </ul> 	<p>12- Sur l'image</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Entourer d'un rond ○ le nom des objets qui chauffent</li> <li>Encadrer avec un rectangle □ le nom de la source d'énergie utilisée par les objets qui chauffent</li> <li> Dessiner un triangle ▲ autour du nom des objets intermédiaires, s'il y en a, entre la source d'énergie et l'objet qui chauffe</li> <li> Relier les objets, entre par des flèches → le rond, les triangles et le rectangle que tu as dessinés.</li> </ul> 	<p>13- Sur l'image</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Entourer d'un rond ○ le nom des objets qui chauffent</li> <li>Encadrer avec un rectangle □ le nom de la source d'énergie utilisée par les objets qui chauffent</li> <li> Dessiner un triangle ▲ autour du nom des objets intermédiaires, s'il y en a, entre la source d'énergie et l'objet qui chauffe</li> <li> Relier les objets, entre par des flèches → le rond, les triangles et le rectangle que tu as dessinés.</li> </ul> 
<p>Chaîne à 2 éléments</p>	<p>Chaîne à 4 éléments</p>	<p>Chaîne à 4 éléments + leurre</p>

*Exemple de chaînes de tailles différentes que les élèves devaient réaliser dans la partie 2 du questionnaire*

À part dans le cas des centrales électriques (centrale nucléaire et panneau solaire) et des objets qui utilisent de l'électricité, les élèves ont été amenés à construire les chaînes de manière progressive : d'abord sur une image comportant deux objets correspondant aux deux premiers éléments de la chaîne complète, puis sur une image avec les objets correspondant à tous les éléments de la chaîne, et enfin une image avec les objets correspondant à tous les éléments de la chaîne, et d'autres jouant le rôle de leurre.

La partie 3 du questionnaire se compose de 4 images sur lesquelles les élèves doivent réaliser des chaînes énergétiques en choisissant quels objets sont pertinents parmi 25 objets (figure 6).

**FIGURE 6**



*Exemple d'une chaîne énergétique réalisée sur une image avec 25 objets de la partie 3 du questionnaire*

Parmi les chaînes demandées certaines avaient déjà été réalisées dans la partie 2, alors que d'autres n'ont été réalisées que sur l'image comportant 25 objets.

**Choix des chaînes analysées**

Afin de pouvoir étudier l'effet des conditions de la tâche (le nombre d'éléments qui composent la chaîne, le nombre d'objets représentés sur l'image et le type d'objet), nous avons été contraints de focaliser notre analyse sur certaines questions du questionnaire.

Les chaînes analysées sont celles qui présentent les mêmes modalités de présentation dans la partie 2 du questionnaire et qui sont communes aux parties 2 et 3 du questionnaire. Seules les chaînes qui avaient été réalisées progressivement ont été prises en compte (d'abord deux éléments puis trois ou quatre) dans l'observation de l'effet du nombre d'éléments qui composent la chaîne.

De la même manière, concernant le nombre d'objets représentés sur l'image, certaines chaînes qui n'avaient pas été présentées accompagnées de leurres ont été écartées. Les types de chaînes analysées correspondent donc à des chaînes de type vivant (loup et humain), de type « quotidien » (voiture, gazinière, cheminée) et de type centrales (panneau solaire et centrale nucléaire). Les chaînes concernant des objets « quotidiens » qui utilisent de l'électricité n'ont pas été prises en compte, car les élèves avaient plusieurs possibilités de réponse et que par conséquent elles ne pouvaient pas être catégorisées en fonction du nombre d'éléments qui les composent.

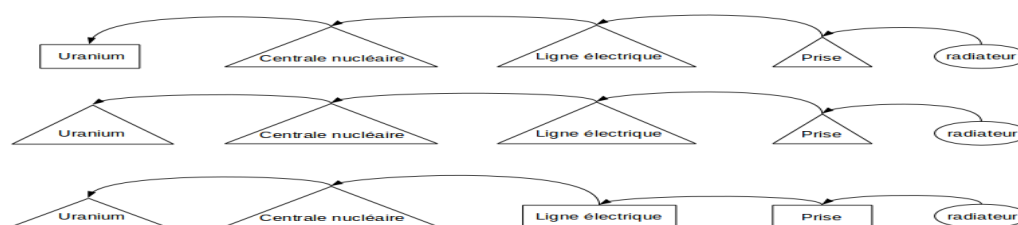
En ce qui concerne le type d'objet auquel l'image fait référence, les chaînes sélectionnées correspondent uniquement à des chaînes à 2 éléments, de manière à ce qu'elles soient toutes composées du même nombre d'éléments et que le même nombre d'objets soit représenté sur les images.

### ***Résultats de l'activité des élèves : Codage des chaînes énergétiques***

Pour réaliser les chaînes énergétiques, les élèves devaient dessiner un symbole autour de certains objets présents sur l'image puis relier les objets par des flèches dans un ordre précis (objet => intermédiaire (0, 1 ou plus) => source).

Il est apparu très tôt dans la saisie et les analyses, que les élèves avaient des difficultés avec le terme et la notion d'intermédiaire. Par conséquent les chaînes ont été codées à partir de l'ordre dans lequel les objets étaient reliés les uns aux autres. Les chaînes ont été considérées comme complètes à partir du moment où les objets choisis étaient placés dans le bon ordre et que la chaîne se terminait par l'objet représentant la source d'énergie (figure 7).

**FIGURE 7**



*Exemple de chaînes énergétiques catégorisées comme chaînes complètes*

## **RÉSULTATS**

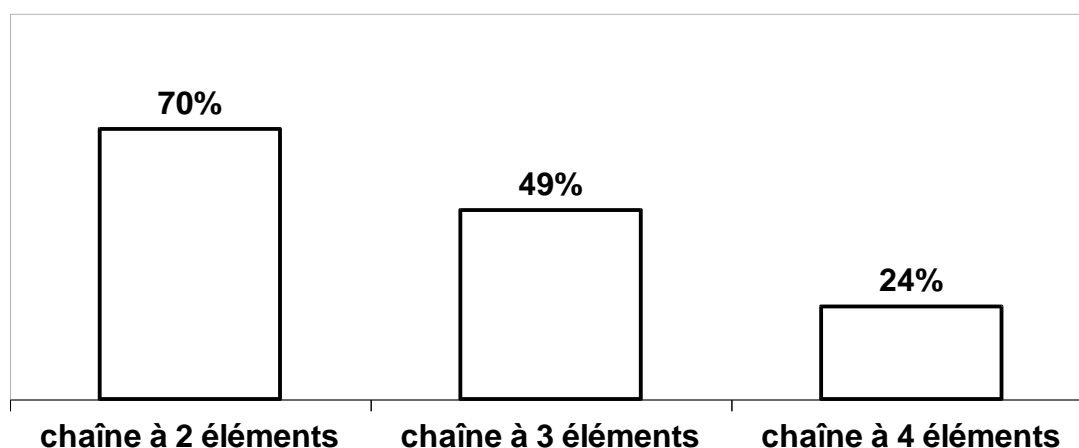
Les résultats sont présentés sous forme de pourcentage. Ils représentent le nombre d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes sur les 56 élèves qui composent notre échantillon.

### ***Effet du nombre d'éléments constituant la chaîne énergétique***

Nos résultats montrent que plus la chaîne énergétique comporte d'éléments et moins les élèves réussissent à réaliser une chaîne énergétique complète (figure 8)



FIGURE 8



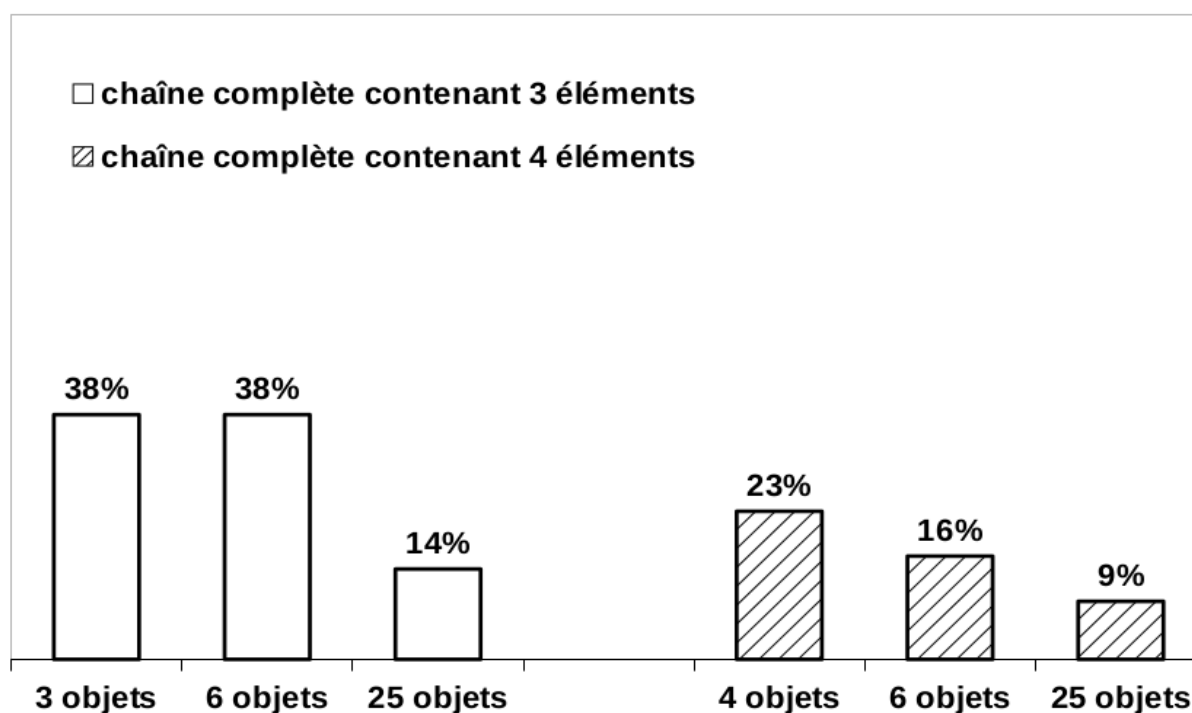
*Pourcentage d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes en fonction du nombre d'éléments constituant la chaîne énergétique attendue*

La figure 8 montre le pourcentage d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes en fonction de la longueur de la chaîne attendue (2, 3 ou 4 éléments). Les résultats montrent que le nombre d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes baisse de 70 % à 24 % lorsque la longueur de la chaîne augmente de 2 à 4 éléments.

#### ***Effet du nombre d'objets présents sur l'image***

Nos résultats montrent qu'il est très difficile pour les élèves de réussir à faire une chaîne énergétique complète de 3 ou 4 éléments, lorsqu'il y a 25 objets sur l'image.

FIGURE 9



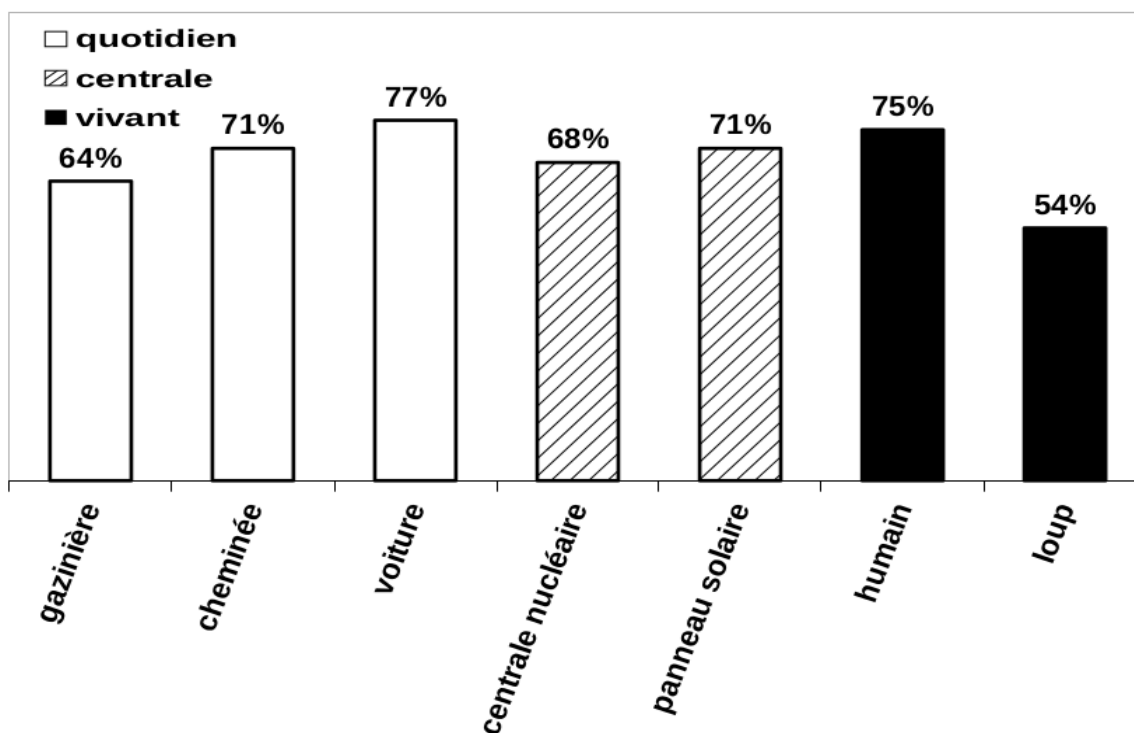
*Pourcentage d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes en fonction du nombre d'objets présents sur l'image pour des chaînes énergétiques constituées de 3 éléments (bâtonnets blancs) et 4 éléments (bâtonnets hachurés)*

La figure 9 montre le pourcentage d'élèves ayant réalisé des chaînes énergétiques complètes en fonction du nombre d'objets (3, 6 ou 25) sur l'image pour des chaînes constituées de 3 éléments (bâtonnets blancs) et de 4 éléments (bâtonnets hachurés). Les résultats montrent que très peu d'élèves arrivent à réaliser des chaînes énergétiques complètes (14 % pour des chaînes à 3 objets et 9 % pour des chaînes à 4 objets) lorsqu'il y a 25 objets sur une image. En revanche, il ne semble pas y avoir de différence significative entre la réussite par les élèves sur les images à 6 objets et les images avec le nombre d'objets correspondant à la longueur de la chaîne (3 et 4 éléments).

### *Effet du type d'objet auquel l'image fait référence*

Nos résultats montrent que le type d'objet auquel l'image fait référence est une condition moins déterminante que le nombre d'éléments qui composent la chaîne énergétique ou que le nombre d'objets représentés sur l'image.

**FIGURE 10**



*Pourcentage d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes en fonction de la situation dans la partie 2 du questionnaire sur des chaînes comportant 2 éléments*

La figure 10 montre le pourcentage d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes composées de deux éléments en fonction du type d'objet représentés sur les images (quotidien, centrale électrique, vivant). Sur ce graphique, on voit que la majorité (entre 64 % et 77 %) des élèves ont réalisé des chaînes complètes pour la quasi-totalité des objets (aussi bien les objets quotidiens, que les centrales électriques, que les objets faisant référence aux vivants). Parmi les objets de type « vivant », seule la chaîne énergétique utilisant un loup comme objet de départ semble poser des difficultés. En effet, seul un peu plus de la moitié (54 %) des élèves ont réussi à faire une chaîne énergétique complète dans le cas du loup. Il semble que lorsque les élèves doivent réaliser des chaînes complètes à deux éléments, excepté dans le cas du loup, le type d'objets représentés n'a pas une grande influence.

## DISCUSSION-CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent que les élèves ont beaucoup de difficultés à réaliser des chaînes complètes lorsque les chaînes énergétiques contiennent 4 éléments. Ils montrent également que les élèves arrivent difficilement à faire une chaîne énergétique complète lorsqu'il y a 25 objets sur les images. En revanche, le fait de rajouter 2 ou 3 objets sur l'image du questionnaire ne semble pas modifier le nombre d'élèves qui réalisent des chaînes complètes. Enfin, pour une taille de chaîne donnée, le type d'objets qui composent la chaîne ne semble quasiment pas influencer le nombre d'élèves qui réalisent des chaînes complètes.

Les conditions spécifiques de la tâche (Leont'ev, 1978) qui modifient le plus l'activité (Engeström, 2001) des élèves sont donc le nombre d'éléments qui composent la chaîne, ainsi que le nombre d'objets représentés sur chaque image. Le type d'objets, auquel les images font référence, semble avoir une influence moindre à l'exception de l'objet loup de type vivant. Il semble donc que les conditions de la tâche liées au registre sémiotique (Poizzer-Ardenghi, 2009) du schéma (pour la chaîne énergétique) et à celui du dessin (pour les objets représentés sur les images) aient une influence sur l'activité des élèves plus importante que les connaissances des élèves sur le type d'objets représentés.

Nos travaux se sont basés sur ces premiers résultats (concernant les conditions qui semblent influencer la réussite des élèves quant à la construction d'une chaîne énergétique complète) pour développer une séquence d'enseignement sur la chaîne énergétique, ainsi qu'un test d'évaluation.

La longueur de la chaîne énergétique a été fixée à 4 éléments (dans le modèle de la séquence d'enseignement, ainsi que le test d'évaluation) pour permettre une progression importante suite à la séquence d'enseignement. De plus, le modèle a été transformé en modifiant la notion d'intermédiaire (triangle sur le schéma) en source et transformateur. Finalement, la chaîne énergétique se compose de 4 éléments reliés par une flèche : (1) un objet qui chauffe, éclaire ou se déplace, (2) une source d'énergie, (3) un transformateur et (4) une ressource naturelle.

Le nombre d'objets présents sur chaque image (des tâches proposées dans le test d'évaluation) a été limité à douze. Ce nombre nous semble être un bon compromis pour ne pas donner directement les éléments pour réaliser la chaîne énergétique (c'est le cas des images à 4 objets), sans pour autant donner un nombre de choix possible trop important, qui fait chuter le nombre de réalisations correctes (c'est notamment le cas pour les images avec 25 objets).

Nous sommes en train de recueillir des données pour étudier plus finement les effets de la nature des objets sur la réalisation d'une chaîne énergétique complète par les élèves. Plus particulièrement sur les effets liés à l'introduction de chaînes énergétiques utilisant le vivant (humain, animaux) sur l'apprentissage des élèves.

## RÉFÉRENCES

- Besson, U., & Ambrosis, A. D. (2014). Teaching energy concepts by working on themes of cultural and environmental value. *Science & Education*, 23(6), 1309-1338.
- Bodzin, A. (2012). Investigating urban eighth-grade students' knowledge of energy resources. *International Journal of Science Education*, 34(8), 1255-1275.
- Bruguière, C., Sivade, A., & Cros, D. (2002). Quelle terminologie adopter pour articuler Enseignement disciplinaire et enseignement thématique de l'énergie, en classe de première de série scientifique ? *Didaskalia*, 20, 67-100.
- Chabalengula, V. M., Sanders, M., & Mumba, F. (2011). Diagnosing students' understanding of energy and its related concepts in biological context. *International Journal of Science and*

*Mathematics Education*, 10(2), 241-266.

Devi, R., Tiberghien, A., Baker, M., & Brna, P. (1996). Modelling students' construction of energy models in physics. *Instructional Science*, 24(4), 259-293.

Doménech, J. L., Gil-Pérez, D., Gras-Martí, A., Guisasola, J., Martínez-Torregrosa, J., Salinas, J., & Vilches, A. (2007). Teaching of energy issues: a debate proposal for a global reorientation. *Science & Education*, 16(1), 43-64.

Duit, R. (1981). Students' notions about the energy concept before and after Physics instruction. Retrieved from <http://eric.ed.gov/?id=ED229237>.

Engeström, Y. (2001). Expansive Learning at Work: Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), 133-156.

Ginestíe, J., & Tricot, A. (2013). Activité d'élèves, activité d'enseignants en éducation scientifique et technologique. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 8, 9-22.

Givry, D., & Andreucci, C. (2015). Un schéma vaut-il mieux qu'un long discours ? *Education & Didactique*, 9(1), 119-141.

Givry, D., & Pantidos, P. (2015). Ambiguities in representing the concept of energy: a semiotic approach. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 9(2), 41-64.

Leont'ev, A. N. (1978). Activity, Consciousness, and Personality. Retrieved from <https://www.marxists.org/archive/leontev/works/activity-consciousness.pdf>.

Koliopoulos, D., & Argyropoulou, M. (2012). Constructing qualitative energy concepts in a formal educational context with 6-7 year old students. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 5(1), 63-80.

Koliopoulos, D., & Ravanis, K. (2000). Réflexions méthodologiques sur la formation d'une culture concernant le concept d'énergie à travers l'éducation formelle. *Spirale*, 26, 73-86.

Morge, L., & Buty, C. (2014). L'énergie : vers des recherches pluridisciplinaires. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 10, 9-34.

Papadouris, N., & Constantinou, C. P. (2011). A philosophically informed teaching proposal on the topic of energy for students aged 11-14. *Science & Education*, 20(10), 961-979.

Pozzer-Ardenghi, L. (2009). Research on inscriptions: Visual literacy, authentic science practices, and multimodality. In K. Tobin & W.-M. Roth (Eds), *The world of science education. Handbook of research in North America* (pp. 307-324). Rotterdam: Sense Publishers.

Rogalski, J. (2008). Théorie de l'activité et cadres développementaux pour l'analyse liée des pratiques des enseignants et des apprentissages des élèves. In F. Vandebrouck (Éd.), *La classe de mathématiques : activités de élèves et pratiques des enseignants*. Toulouse: Octares.

Vince, J., & Tiberghien, A. (2012). Enseigner l'énergie en physique à partir de la question sociale du défi énergétique. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 6(1), 89-124.

Watts, D. M. (1983). Some alternative views of energy. *Physics Education*, 18(5), 213-217.