

Schémas électriques et circuits électriques : clarification des concepts et état de leurs formes prédicatives chez des élèves de troisième de collège en France.

Par Nicolas PARATORE - Université Lumière Lyon 2 – 69000 Lyon -UMR 5191 ICAR
paratore@aliceadsl.fr

Résumé

Devant la prolifération des termes utilisés et face à l'ambiguïté qui résulte de l'utilisation des termes schéma et circuit, nous effectuons dans la première partie de cet article, un essai de définition et de délimitation des termes schéma électrique et circuit électrique en contrastant certains points de vue de la littérature scolaire et de la recherche en didactique des sciences, où nous montrons qu'il s'agit en fait de deux concepts bien différents. Dans une deuxième partie, nous mettons en évidence auprès d'un public d'élèves de troisième de collège en France, que la distinction entre un schéma et un circuit n'est que très rarement comprise. En définitive, nous conseillons pour l'enseignement de l'électricité, l'emploi de trois termes : schéma, circuit et montage électrique.

Mots clés : schéma, schéma électrique, circuit électrique, montage électrique.

Introduction

La plupart des recherches dans le domaine de l'électricité et plus particulièrement en didactique de la physique ont principalement porté sur les conceptions des élèves, lors de la lecture de schémas ou de circuits électriques. Si quelques-uns (Weill-Fassina, 1969), Vézin (1984, 1986, 1987), Johsua (1982), Amigues (1986, 1987), Arnaud (1986, 1987), Caillot (1988) se sont attachés à définir le mot composé schéma électrique, rien n'a été dit quant à la différence avec le mot composé circuit électrique. Or, on observe dans la littérature scolaire (et même dans des articles scientifiques) bon nombre d'ouvrages dans lesquels sont employés ces deux termes, mais aussi d'autres termes tels que figure, montage, graphisme etc., sans les distinguer, pire d'ailleurs, en les confondant. Par exemple avec les mots circuit et schéma employés pour désigner ici un circuit : « [...] dans les schémas ci-dessous : circuit 1 ; circuit 2 ; circuit 3 » (Electricité-Lois générales, courant continu-courant alternatif, 2e professionnelle, Nathan technique, 1996, p. 32). Nous ne sommes pas persuadés qu'en milieu scolaire, les enseignants s'attachent à marquer leurs différences, mais cela reste à vérifier bien sûr. La distinction entre ces deux termes revêt d'une importance fondamentale d'un point de vue didactique. En effet, ce sont en fait deux concepts (au sens de Vergnaud) bien distincts qui renvoient chacun, en tant que triplet, à trois ensembles (signifiant, signifié et référence) différents. Dans un premier temps, nous nous proposons dans cet article, de définir et de délimiter les termes de schéma électrique et circuit électrique. Nous faisons remarquer que le terme «*montage électrique*» couramment usité, reste pertinent et devrait s'employer avec le mot circuit, mais pas avec le sens qu'on lui prête. Ensuite, dans un deuxième temps, nous vérifions la forme prédicative (au sens de Vergnaud) des concepts de circuit et schéma auprès d'un public d'élèves de troisième de collège en France. L'objectif que nous poursuivons consiste à montrer que ces élèves ne savent pas faire la différence entre un schéma électrique et un circuit électrique.

PREMIERE PARTIE

1-1 Sémantique générale du mot simple schéma

En référence à la linguistique, nous distinguons le mot simple schéma, du mot composé schéma électrique. Le mot simple schéma étant polysémique, nous ne retenons que quelques sens pertinents. A la suite de l'ouverture philosophique des Lumières, le mot schéma apparaît pour la première fois dans une encyclopédie ou un dictionnaire, en 1765. Voici ce que donne l'examen des dictionnaires : Le Littré de 1882 donne la définition suivante :

« Nom donné aux figures qui, à l'inverse de démontrer la disposition générale d'une appareil ou la succession des états d'un être ou d'un organe, sont exécutées en faisant abstraction de certaines

particularités de formes, de volume, de direction ou de rapport des parties, parce que ces particularités empêchent de saisir, d'un seul coup d'œil ou rapidement, l'ensemble des notions qu'il s'agit de connaître ».

D'après le Nouveau Larousse (1904), schéma serait l'autre forme de mot schème.

Pour l'encyclopédie en couleur Larousse (1966, p. 599) le schéma est un dessin ne comportant que les traits essentiels de la figure représentée, afin d'indiquer non sa forme, mais ses relations et son fonctionnement.

Le Grand Larousse Universel (1985, Tome 13) quant à lui distingue les schémas du domaine de l'électrotechnique, des schémas du domaine du dessin. Dans le domaine de l'électrotechnique, il s'agirait de « *schéma de connexion* » : dessin qui représente une installation électrique ou une partie d'installation, de façon à faire apparaître la disposition des circuits ainsi que certaines conditions de fonctionnement (p. 9399). Dans le domaine du dessin, on trouve les trois schémas suivants :

- schéma de principe : dessin d'étude figurant les éléments d'une installation (p. 9399) ;
- schéma développé : dessin dans lequel les différents organes de chaque machine ou chaque appareil sont séparés et étalés ou alignés de façon que le tracé soit le plus clair possible (p. 9399) ;
- schéma fonctionnel : dessin qui représente différents éléments de machines et leurs circuits de liaison par des symboles graphiques conventionnels, des expressions mathématiques pouvant fixer les caractéristiques de fonctionnement des différents éléments (p. 9399).

D'après le dictionnaire d'électronique, de matériel informatique et d'électricité (1996), le schéma, nom masculin, serait synonyme de « *schème* » p. 458. Par extension, la forme prise pour exprimer le verbe, « *schématiser* » (*en anglais, to schematize*), indique : « *représentation trop souvent simplifiée* » p. 458.

Pour le Robert (2002), le schéma (*nom masculin, du latin schéma, du grec skhêma, figure*) est une *figure donnant une représentation simplifiée et fonctionnelle d'un objet, d'un processus.* (p. 1530).

Pour le dictionnaire Auzou (2005), l'objet est complexe, et, il est fait allusion à la fonction : « *représentation simplifiée d'un objet complexe, d'un processus, servant à montrer le fonctionnement, la relation entre-eux de ses éléments* » (p. 425). Le petit Larousse (2005) se veut un peu plus précis. Le schéma ferait parti du domaine du dessin : « *tracé figurant les éléments essentiels d'un objet, d'un ensemble complexe, d'un phénomène ou d'un processus, et destinés à faire comprendre son fonctionnement et/ou sa conformation* » p. 966.

La théorie générale de la schématisation donne la définition suivante 3, 2003, p. 82 :

«le schéma est un système symbolique qui concerne tous les langages. Il peut être écrit, graphique, synthétique, idéographique [...] »

Pour Williams (1984), le schéma est un système non linéaire en deux dimensions d'une réalité concrète ou abstraite.

Le schéma serait un « *substitut abstrait* » d'après Chabal (1985), à qui on aurait substitué un certain nombre de « *particularité jugées inessentiels* » p. 94.

1-2 Des synonymes du mot simple schéma d'après les dictionnaires

D'après le dictionnaire des synonymes de l'Université de Caen, le CRISO¹, il y aurait 27 synonymes du mot schéma : abrégé, brouillon, cadre, canevas, carcasse, croquis, dessin, diagramme, ébauche, esquisse, extrait, figuration, figure, idée, image, indication, morphogramme, organigramme, pattern, plan, projet, représentation, résumé, schème, sommaire, squelette, sujet. Le dictionnaire procède à un classement dont voici les résultats² :

Le mot simple « *plan* » serait le synonyme possédant le plus de liaisons avec les autres synonymes. Il serait donc celui dont le sens se rapproche le plus du mot simple schéma. Viennent ensuite, les mots simples, esquisse, ébauche, canevas, dessin, représentation, image, etc.

Ainsi, le mot simple « *plan* » serait le synonyme possédant le plus de liaisons avec les autres synonymes. Il serait donc celui dont le sens se rapproche le plus du mot simple schéma. Viennent

¹ Centre de Recherches Inter-langues sur la Signification en Contexte. Laboratoire du CNRS de l'université Caen. www.crisco.unicaen.fret

² Voir ma thèse de doctorat pour les détails de l'analyse.

ensuite, les mots simples, esquisse, ébauche, canevas, dessin, représentation, image, etc.

1-3 la sémantique du mot composé « *schéma électrique* » d'après la littérature technique

La littérature technique ne donne pas systématiquement les définitions de ce mot composé.

Nous en donnons (dans le tableau 1 ci-dessous) quelques-unes présentes dans certains ouvrages, du plus récent au moins récent. On peut observer dans des ouvrages du début du 20^e siècle, l'utilisation de certains vocables en lieu et place de schéma. En effet, il était question de « *plan de pose* », comme par exemple d'éclairage électrique. On peut noter également la présence de certains adjectifs employés avec le mot simple « *schéma* » afin de former un mot composé, mais sans qu'il soit donné d'explications particulières aux lecteurs : schémas de pose (Electricité domestique, 1913); schémas de montage, schémas théoriques, schémas d'installations (Mon Electricien, c'est moi!, 1941); schémas théoriques, schémas pratiques (Mon Electricien, c'est moi!, 1957); schémas pratiques et schémas de branchement (installations électriques et électrodomestiques, 1963); schéma opérationnel (courant continu, Nathan Technique, 1981; Electricité, lois générales, Nathan Technique, 1994); Schéma d'installation (Technologie d'électricité générale et professionnelle, Dunod, 1967); schéma de câblage et schéma d'exécution (Electrotechnique et Normalisation, 2002, Nathan Technique); schéma de distribution, schémas de base (Installations électriques habitat-tertiaire, 2004, Foucher) .

Tableau 1 : Sens du mot composé « *schéma électrique* » d'après quelques ouvrages du domaine de la littérature technique.

Ouvrage	définition	Page/Année
Schémas d'électricité	Représentation graphique conventionnelle d'une installation (ou d'une partie d'installation) qui montre de façon simplifiée les relations mutuelles des différentes parties et les moyens.	Page 7 1983
Electrotechnique et normalisation Schémas d'électricité	Le schéma électrique est un langage graphique commun à tous les électriciens. Il est fondé sur la représentation des différents organes par des symboles, et de leurs liaisons électriques par des traits.	Page 5 1995
Electricité, Nathan Technique	représentation graphique du circuit où sont symbolisés les différents éléments qui le composent.	Page 13 2000
Technologie d'électrotechnique	Représentation graphique à l'aide de symboles des relations entre les composants et les parties d'un système	Page 25 2002
Electrotechnique et normalisation Schémas d'électrotechnique	Le schéma d'électrotechnique est un langage graphique commun à tous les électriciens. Il est fondé sur la représentation des différents organes par des symboles, et de leurs liaisons électriques par des traits. Un schéma représente à l'aide de symboles graphiques, les différentes parties d'un réseau, d'une installation, d'un équipement, qui sont reliées et connectées fonctionnellement.	Page 6 2002

3-La sémantique du mot composé « *schéma électrique* » d'après le domaine des sciences de l'éducation et de la psychologie du travail ergonomique

Les Sciences de l'Éducation et la psychologie du travail ergonomique se sont approprié le mot composé « *schéma électrique* », mais aussi le mot simple « *schéma* ». Nous faisons un tour d'horizon rapide des définitions qu'elles en donnent en faisant référence à certains auteurs.

3-1 Le schéma électrique : quelques définitions

Nous avons choisi de citer quelques auteurs qui, à notre sens, ont effectué des travaux très significatifs sur les schémas électriques.

La psychologie du travail, considère les schémas comme des « *intermédiaires graphiques décrivant un aspect de l'objet sur lequel porte l'activité de l'opérateur* » (Gillet, 1980, p. 375). Cela concerne également les schémas électriques.

Globalement, d'après Weill-Fassina (1987/8), les schémas électriques comme les dessins mécaniques et les plans d'architecture seraient rattachés aux graphismes techniques et leurs formes seraient bi-dimensionnelles. L'auteur donne la définition suivante :

« Ce sont des instruments de pensée servant de descripteur et de guide d'action au cours de la conception et de la fabrication » p. 645

Le schéma électrique serait une image dans un espace à deux dimensions, plus exactement, celle « d'une certaine réalité physique : un montage électrique [...] ». Il serait un exemple de langage graphique ainsi qu'une organisation particulière de données (Joshua, 1982, 1987). Par contre il ne serait pas un pur dessin (dont il faudrait apprendre les règles de construction) mais plutôt un « intermédiaire entre un montage et des données symboliques » (Gillet, 1980 p. 376).

D'après Amigues (1985), le schéma électrique appartient à la famille des schémas « explicatifs » ou de « principe ». Il serait « une représentation structurée de connaissances spatialement organisées et graphiquement représentées, donc un système de relation entre les concepts de courant, tension, puissance et résistance (1979).

Vézin parle de schéma d'un point de vue général, et, même lorsqu'il s'agit de schémas électriques, il utilise seulement le mot schéma (1987, p.663). Le schéma serait considéré comme un moyen d'expression qui oriente l'activité cognitive de l'élève dès le début de l'apprentissage.

Les schémas électriques peuvent être considérés comme des « systèmes de communication codés des états mais également des transformations (opérations) » (Cuny, 1979, Weill-Fassina, 1979-1980).

Pour Caillot (1988), le schéma d'un circuit électrique est une représentation simplifiée et fonctionnelle d'un circuit.

Nous voudrions également parler de la distinction faite récemment par Szczygielski (2005) entre schéma d'électrotechnique et schéma d'électrocinétique. Cet auteur distingue un schéma d'électrotechnique d'un schéma d'électrocinétique qu'il fait correspondre à deux types de représentations. A partir des deux schémas de la figure 1 proposés par cet auteur, d'un point de vue structurel, la différence semble (elle n'est pas expliquée) se situer au niveau de la structure du schéma. Dans le schéma d'électrotechnique, il existe d'une part, une ouverture de la structure, et d'autre part, on peut noter la présence de signifiants d'appareils de mesures (voltmètre, oscilloscope, résistances etc.), alors que dans le schéma d'électrocinétique, il n'existe pas d'ouverture, et l'on trouve une source de tension (voir de courant). L'auteur utilise les vocables de schéma électrique, schéma d'électrotechnique et schéma d'électrocinétique sans les distinguer clairement. Ces deux derniers semblent appartenir aux représentations des schémas électriques.

Exemple de schémas électriques dans les deux représentations

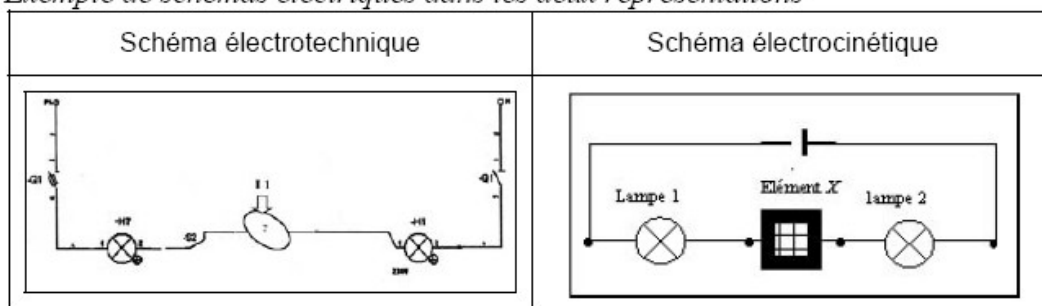


Figure 1 : schéma d'électrotechnique et schéma d'électrocinétique d'après Szczygielski (2005).

3-2 En résumé

D'après les définitions des dictionnaires, on relève le plus souvent que le schéma serait un dessin représentant une réalité simplifiée. Dans le domaine des sciences de l'éducation et de la psychologie, nous pouvons faire les remarques suivantes :

la définition donnée par Amigues (1985) évoque les aspects didactique et méthodologique. Mais nous pensons d'une part, qu'un schéma électrique n'appartient pas de fait à la famille des schémas

explicatifs, car tous les schémas n'appartiennent pas à cette famille (il y a aussi les schémas descriptifs). D'autre part, l'aspect méthodologique ne rend pas compte de la réduction opérée. Ce sont les schémas de principes qui appartiennent à cette famille, et dans ce cas, ils jouent le rôle de descripteurs alors que les schémas multifilaires par exemple jouent un rôle de guide d'action. Cette définition ne dit rien sur le réel représenté.

La définition de Weill-Fassina semble très intéressante parce qu'elle inclue les fonctions de description et de guide d'action (fonction didactique). Toutefois elle ne dit rien sur le réel représenté (aspect méthodologique).

Par ailleurs, nous ne suivons pas Joshua sur le point suivant : « *le schéma est tout d'abord une image* ». En effet, pour nous, il ne peut pas l'être, car si l'on fait référence au vocabulaire de la schématisation, l'image, dans son principe, est une forme qui vise à reproduire la réalité physique perçue, imaginée. Le schéma n'est pas la reproduction d'une réalité, ce serait plutôt le circuit. En disant cela, nous disons ce que n'est pas un schéma ; Il n'est pas reproduction d'une réalité, mais simplification de celle-ci.

La distinction schéma d'électrotechnique, versus schéma d'électrocinétique peut paraître intéressante également, mais pas telle que l'a donnée Szczygielski. Le schéma d'électrotechnique définit par cet auteur reste pour nous, un schéma électrique de principe. Mais encore aurait-il fallu distinguer l'électrotechnique de l'électrocinétique. Nous disons que l'électrocinétique étudie les mouvements des charges (alors que l'électrostatique étudie les répartitions immobiles de charges électriques). Quant à l'électrotechnique, comme nous l'avons déjà dit plus haut, elle étudie les applications techniques de l'électricité.

Si l'on veut parler de schémas d'électrotechnique et de schémas d'électrocinétique, alors nous disons qu'il faudrait plutôt parler en ces termes :

« *Il y a des schémas électriques du domaine de l'électrotechnique avec toutes les représentations qui peuvent les accompagner (unifilaires, multifilaires etc.), et les schémas électriques du domaine de l'électrocinétique* ».

La distinction entre les deux domaines est aussi une affaire de représentation du réel, mais également une question de finalité, au sens de Caillot (1988). C'est-à-dire qu'un schéma ne peut être discuté que par rapport à sa finalité. Un schéma d'électrocinétique aurait pour finalité l'étude des mouvements des charges dans un circuit, alors qu'un schéma d'électrotechnique, ou plutôt du domaine de l'électrotechnique aurait pour finalités les points suivants :

- expliquer le principe de fonctionnement (schéma de principe) ;
- montrer les connexions entre les composants (schéma multifilaire) ;
- montrer l'emplacement du matériel (schéma architectural).

Nous considérons la représentation unifilaire comme un peu particulière dans la mesure où elle opère une réduction macroscopique que nous situons sur une échelle de représentation du réel (voir échelle micro-simplificatrice et échelle macro-simplificatrice, Paratore, à paraître).

Quant aux définitions du mot schéma données par la littérature scolaire, elles font références à l'aspect graphique et à l'aspect méthodologique.

4-Le mot composé « *circuit électrique* »

Ce terme est également polysémique. Nous ne retenons aussi que les sens pertinents.

Le Nouveau Larousse illustré (1904) précisait à son époque qu'un circuit est une suite ininterrompue de conducteurs (p. 583).

Pour le Grand Larousse Universel, (1985, Tome 3), un circuit est un nom masculin (du latin circuitus, de circuire, entourer). Dans le domaine de l'électrotechnique, un circuit électrique est un ensemble de dispositifs ou de milieux dans lesquels peuvent circuler des courants électriques. On peut lui adjoindre les adjectifs suivants : ouvert, fermé passif, équivalent, magnétique etc. (p. 2255). Pour le dictionnaire d'électronique de matériel d'informatique et d'électricité, (1996), « *le terme circuit est utilisé dans le sens de conducteur ou d'ensemble de conducteurs à travers lequel circulent des électrons* » p. 92. Cet ouvrage mentionne également l'emploi du nom masculin « *circuit électrique* » (en anglais, *electric circuit*, p. 189).

Le mot circuit en tant que mot masculin fait parti du vocabulaire de la schématisation : « *un circuit*

est un chemin qui n'utilise pas deux fois le même arc et dont le nœud initial coïncide avec le nœud terminal [...] p. 133

D'un point de vue général, tout circuit électrique peut se représenter à l'aide d'un générateur d'énergie alimentant un récepteur, reliés entre-eux par des conducteurs. Son fonctionnement est décrit par un transfert de charges entre ces deux éléments (Granjon, 1997, François, 2004).

La norme C 15-100 (2002) nomme le « *circuit électrique d'installation électrique* » puis donne la définition suivante : « *ensemble des matériels électriques de l'installation électrique alimentés à partir de la même origine et protégés contre les surintensités par le ou les mêmes dispositifs de protection. Un circuit comprend les conducteurs actifs, de protection et les appareillages associés* » (termes relatifs aux circuits généraux, p. 30).

Elle reconnaît à ce sujet deux circuits : le circuit de distribution et le circuit terminal.

- Circuit de distribution : circuit électrique alimentant un ou plusieurs tableaux de distribution (p. 31) ;
- Circuit terminal : circuit électrique destiné à alimenter directement des appareils d'utilisation ou des socles de prises de courant (p. 31) ;

La littérature scolaire et de vulgarisation ne donne pas non plus des définitions du mot simple « *circuit* ». Nous nous attachons à donner celles du mot composé circuit électrique trouvées dans quelques ouvrages que nous classons du plus récent, au moins récent.

- D'après Electricité pratique, 1952, p.12
Circuit : « *suite ininterrompue de corps conducteurs* » ;
- D'après Electricité Industrielle, 1957, p. 25 :
Circuit : « *l'ensemble du générateur, des récepteurs et des conducteurs constitue un circuit électrique.* » ;
- D'après Electricité-sonneries-chauffage, 1965, p. 4 :
Circuit : « *nom donné à l'ensemble d'une canalisation quelconque comprenant la source, les conducteurs ainsi que les appareils qui y sont branchés* ».

Dans cet ouvrage également, l'auteur utilise sans les distinguer les termes de montage, circuit, schéma figure et représentation. Un circuit ne serait pas considéré comme étant fermé. Il est également aisé de trouver les vocables circuit ouvert et circuit fermé. Ainsi, ce qui pour nous serait un schéma, reste un circuit.

- D'après Electricité pratique, 1984. pp 6-7 :
Circuit : « *en réunissant les bornes d'un générateur par des corps convenables, c'est-à-dire des corps conducteurs, on réalise un circuit fermé, c'est-à-dire dans lequel le courant électrique peut circuler.* »

Dans cet ouvrage, l'auteur utilise sans les distinguer, les termes de montage, circuit, schéma et figure. Seul le terme circuit est défini ;

- D'après Schémas d'électrotechnique, 2002, p. 14 :
Circuit : un circuit est un ensemble de matériels électriques (conducteurs, appareillage) protégés contre les surintensités par le même disjoncteur ou le même fusible ;
- D'après Electrotechnique, 2003, p. 18 :
Circuit : « *On appelle circuit électrique, l'ensemble des dispositifs de production de l'énergie électrique, des dispositifs de transformation de cette énergie et des organes de liaison* »

Un circuit serait constitué d'un générateur, d'un récepteur et d'une ligne. Cet ouvrage distingue trois formes de circuits : le circuit série, le circuit parallèle et le réseau (constitué d'éléments en série et en parallèle).

- D'après Installations électriques habitat-tertiaire, 2004, p. 14 :
Circuit : « *ensemble des matériels électriques de l'installation électrique alimentés à partir de la même origine et protégés contre les surintensités par le ou les mêmes dispositifs de protection.*

L'ambiguïté est apparente dans un ouvrage destiné à l'enseignement supérieur (Exercices sur les

circuits électriques, DEUG, 1ers cycles 1997), qui utilise pour qualifier deux circuits presque identiques³, les termes circuit et schéma (page 45 et page 49, pour ne citer qu'elles).

Il existerait également, d'après Electricité, Nathan Technique, (2000, p. 30) le circuit « *complexe* », qui associe des dipôles dans montage mixte et le circuit « *simple* », qui n'est pas défini (p. 79). A partir des deux figures présentées dans cette même page, on peut inférer que ce sont des circuits qui comprennent un nombre minimum d'objets. L'ouvrage utilise alternativement plusieurs termes entretenant une certaine ambiguïté sémantique.

4-1 En résumé

Il paraît bien difficile de s'y reconnaître dans tout cela. Commençons par dire qu'un circuit ne peut pas, et ne doit pas être considéré comme une représentation simplifiée d'un réel. Si l'on prend la définition du mot circuit d'après schémas d'électrotechnique (2002), on apprend qu'un circuit à comme propriété d'être protégé contre les surintensités. Ces propos sont aussi utilisés dans la définition donnée par la norme C 15-100, mais pas dans les autres ouvrages concernés par notre étude. Nous ne sommes pas persuadé qu'il faille considérer la présence d'un dispositif de protection comme étant une caractéristique propre au circuit. D'ailleurs, un schéma électrique peut contenir un dispositif de protection, cela dépend du niveau pris sur l'échelle de simplification du réel⁴. Nous n'avons pas relevé de définition du mot circuit comme étant une représentation graphique, une image. Un circuit serait le réel. Nous pensons que ces définitions ne sont pas correctes, car un circuit est aussi un graphisme technique. Voici la définition que nous proposons :

« un circuit électrique est une représentation en deux dimensions servant de descripteur, où prédomine la vue de dessus, d'un ensemble de conducteurs, de récepteur(s), alimentés par un générateur d'énergie et pouvant comprendre un ou plusieurs organes de commandes et de protections, n'ayant subi aucune réduction par rapport au système réel. Cet ensemble forme un contour fermé. Toutefois les organes de commandes et/ ou de protection peuvent être ouverts ou fermés. On parlera alors de circuit ouvert, ou de circuit fermé. »

Ainsi, d'après nous, ce serait le fait de n'avoir pas subi de réduction par rapport au réel d'une part, et d'autre part, d'avoir un contour fermé qui caractériserait le circuit par rapport au schéma. Mais attention, par contour fermé, nous entendons par là que toutes les liaisons entre les différents éléments des circuits soient présentes. Dès lors, ce qui pourrait paraître comme étant ouvert, n'est ni plus, ni moins que l'état de certains éléments du circuit, interrupteurs, contacts etc. En ce sens, un circuit serait une image telle que Vézin (1986) et Estivals (2003) l'ont définie : « *l'image présente une visualisation de la réalité [...] p. 656. « L'image est une forme qui vise à reproduire la réalité perçue [...] p. 168.*

5- Définitions et fonctions du schéma électrique de principe de circuits domestiques

Les schémas électriques de principe de circuits domestiques apparaissent généralement dans la littérature du domaine de l'électricité (ils ne sont pas les seuls) lorsqu'il s'agit de présenter un circuit de façon simplifié en vue de décrire un phénomène. Par ailleurs, ils sont également utilisés en milieu scolaire dès lors qu'il s'agit d'étudier un circuit électrique domestique de manière simplifiée.

Moles (2003) définit une échelle de schématisation iconique et place le schéma de principe au niveau 7 (théorie générale de la schématisation 3, p. 155).

D'après Fassina (1969), le schéma électrique de principe fait partie des schémas explicatifs. C'est-à-dire que leurs structures sont isomorphes à la structure fonctionnelle de l'objet représenté. Une des particularités de ce schéma de principe tel qu'il apparaît dans la littérature scolaire tient au fait que son formalisme lui confère une structure ouverte des éléments qui le composent. Généralement, cette ouverture se situe en amont du dispositif de protection (quand il est présent)⁵. Ainsi, il se distingue du circuit (de la famille de « *circum* », contour) et de la représentation multifilaire possédant tout deux une structure fermée.

A son sujet, il est couramment employé le vocable de schéma « *développé* » comme synonyme, sans

³ Ils ne diffèrent que par l'ajout d'un élément.

⁴ Voir schémas électriques et échelles de simplification du réel (Paratore), à paraître.

⁵ Sinon, l'ouverture se situe en amont des éléments placés juste derrière le dispositif de protection.

y adjoindre l'adjectif « *domestique* » (du latin *domesticus*), qui concerne le domicile. Toutefois, nous lui préférons le premier pour lequel nous donnons une définition inspirée d'Arnaud (1986-1987) :

Schéma électrique de principe : représentation simplifiée fonctionnelle et modélisante d'un phénomène permettant de faire comprendre l'apparition de ce phénomène.

Généralement, la simplification opérée donne le schéma avec une ouverture de son contour, par suppression de liaisons filaires. On se situe du côté du « *comment ça marche* ». Ici, le terme fonctionnel présuppose que la fonctionnalité est centrée sur la réalisation de tâches techniques.

Les notions de définition et de délimitation sont primordiales pour caractériser un concept tel que celui de schéma. Il conviendra donc de s'accorder sur l'emploi des termes. Schéma électrique de principe ? Schéma de principe électrique ? Schéma de principe de circuit électrique ou tout simplement comme le veut l'usage, schéma de principe ? Et la liste n'est pas exhaustive.

Reste à savoir s'il s'agit d'un problème syntaxique, sémantique ou sémantico-syntaxique ? Un peu des deux serions-nous tenté de dire. Quoiqu'on pourrait toujours dire « *schéma électrique de principe de circuits électriques domestiques* ». Si le schéma est une représentation simplifiée du réel, encore faudrait-il préciser le réel que l'on observe. Ici, le réel observé n'est autre que celui où se manifeste des phénomènes électriques dans des habitations domestiques. Il nous paraît donc essentiel de préciser ce réel. (Figure 1).

Nous sommes donc en accord avec le fait qu'un schéma est une représentation simplifiée du réel observé, ce qui semble loin d'être partagé par la littérature technique (voir tableau ci-dessous). Pour cette dernière, un schéma (et non pas schéma électrique d'ailleurs) est une représentation graphique. En définitive, nous retenons le groupe nominal suivant : « *schéma électrique de principe de circuits domestiques* ». Afin de ne pas trop alourdir la phrase, nous avons opéré une réduction lexicale, Nous distinguons alors, le schéma électrique de principe canonique et le schéma électrique de principe a-canonique (voir Paratore, Thèse de doctorat).

6-Conclusion de la première partie

Nous avons vu que la littérature technique reste assez ambiguë sur la distinction entre schéma et circuit, et emploie ces deux termes sans les distinguer. Mais en parcourant cette littérature, nous constatons aussi qu'elle emploie également d'autres termes, comme graphisme, figure et plus particulièrement le terme montage pour désigner un schéma et/ou un circuit électrique (la place nous manque pour le recenser).

Les sciences de l'éducation et la psychologie du travail ergonomique ont pris position au sujet de la définition (ainsi que de son rôle et de ses fonctions) du mot schéma, mais, à notre connaissance, rien n'a été dit quant à la comparaison avec le mot circuit, ni même d'ailleurs avec le mot montage si couramment usité par la littérature.

Pour les raisons que nous avons évoquées en introduction, cette comparaison nous paraît d'une grande importance, notamment sur le plan didactique.

D'après nous, trois termes devraient être en usage pour l'apprentissage des graphismes techniques : le schéma électrique, le circuit électrique et le montage électrique. En effet, on devrait pouvoir rendre compte du réel (circuit), du réel simplifié (schéma), et du réel modifié, c'est-à-dire de toutes transformations apportées (ajout de récepteurs, d'organes de commandes en série, en parallèle etc.) mais pas réduites. Nous retenons les définitions suivantes :

schéma électrique : « *représentation simplifiée fonctionnelle et modélisante en deux dimensions, où prédomine la vue de dessus, d'un phénomène, qui, en tant qu'instruments de pensée servant de descripteur et de guide d'action au cours de la conception et de la fabrication* »

schéma électrique de principe : « *représentation simplifiée fonctionnelle et modélisante d'un phénomène permettant de faire comprendre l'apparition de ce phénomène. La simplification opérée doit laisser le schéma avec une ouverture de son contour, par suppression de liaisons filaires* ».

Circuit électrique : « *un circuit électrique est une représentation en deux dimensions servant de descripteur, ou prédomine la vue de dessus, d'un ensemble de conducteurs, de récepteur(s), alimentés par un générateur d'énergie et pouvant comprendre un ou plusieurs organes de*

commandes et de protections, n'ayant subi aucune réduction par rapport au système réel. Cet ensemble forme un contour fermé. Toutefois les organes de commandes et/ ou de protection peuvent être ouverts ou fermes. On parlera alors de circuit ouvert, ou de circuit fermé. »

Montage électrique : « un montage électrique est une représentation transformée d'un circuit électrique ».

DEUXIEME PARTIE

1-EXPERIENCE

Le but de cet expérience est de tester après d'une public d'élèves de fin de 3^e de collège en France, l'hypothèse suivante : les élèves ne connaissent pas la distinction entre un schéma électrique et un circuit électrique

1-1 Plan d'expérience et sujets

Nous interrogeons en fin de troisième trimestre, 47 sujets (39 garçons et 12 filles) de la classe de 3^e de collège de l'académie de Grenoble. Cet échantillon a été constitué de façon aléatoire simple. Un questionnaire est transmis par nos soins en juin 2007, soit en fin d'année scolaire. La taille de l'échantillon considérée nous amène à qualifier cette étude, d'étude de cas (Van der Maren, 1996).

2- METHODE

Matériel et déroulement de l'expérience. On distribue aux sujets un questionnaire. Il n'y a pas de contrainte temporelle pour répondre. La question posée est la suivante :

- dites s'il existe une différence entre un schéma électrique et un circuit électrique ? Entourez la bonne réponse. Puis donnez les définitions de ces deux termes.

Il y a une (ou plusieurs) différence(s) : OUI NON

Un schéma, c'est ... ; Un circuit, c'est ...

3- Brefs résultats

Chez les élèves de 3^e de collège, 57,44 % pensent qu'il existe une différence entre les concepts de schéma et de circuit. Dans ce cas, le schéma serait considéré comme un dessin, « un circuit dessiné sur la feuille » (sujet 12), « quelque chose sur papier » (sujet 24), alors que le circuit serait considéré comme le « montage réel ». On observe chez les élèves de 3^e qui pensent qu'il n'existe pas de différence, des réponses avec explications (12,76 %) et des réponses sans explications (25,53 %). Parmi les réponses « Pas de différence avec explications », on a trouvé les occurrences suivantes : « un circuit : c'est comme un schéma » ; « un schéma : c'est comme un circuit ». En ce qui concerne les sans réponse (4,25 %), les sujets déclarent ne pas connaître les réponses.

Tableau 2 : pourcentage des réponses des élèves de 3^e.

Population d'élèves	Réponses en % (de la population totale)				
	Sans réponse	Pas de différence avec explications	Pas de différence sans explication	Différence avec explication	Différence sans explication
3e	4,25	12,76	25,53	57,44	0

4- Conclusions

Devant la prolifération des définitions des termes schéma et circuit, nous avons tenté de stabiliser leur terminologie, tout en montrant qu'il s'agit en fait, de deux concepts bien différents. Pour l'étude des graphismes techniques, il nous paraît pertinent de retenir trois termes : schéma, circuit et montage. Sur le plan du référent du concept, le schéma devrait-être vu comme une représentation simplifiée d'un réel, alors que le circuit devrait-être vu comme une représentation du réel (une image). Quant au terme montage, si couramment employé, il serait pour nous une représentation modifiée, mais pas simplifiée du réel. (Voir tableaux 3 et 4 en annexes). On devrait donc s'attacher à parler de « schéma de circuit » à propos de schémas, car un schéma reste toujours un schéma de quelque chose.

Concernant les formes prédicatives des concepts de schéma et de circuit, les résultats montrent qu'en fin de scolarité au collège, 38,29 % d'élèves de 3^e pensent qu'il n'y a pas de différence entre

ces deux concepts, et n'énoncent donc pas de propriétés différentes. Dans ce cas, les explications qu'ils en donnent ne sont pas justes. Chez cette population d'élèves, pour 57,44 %, le schéma serait vu comme étant un dessin, alors que le circuit serait le réel, tel que nous l'avons défini ici.

Il nous paraît nécessaire d'aborder dès le collège la distinction entre un schéma électrique et un circuit électrique : « *La complexité n'est pas seulement dans le faire, elle est aussi dans le dire* » (Vergnaud, 2002). Cette distinction devrait s'accompagner de l'introduction du terme « *montage* », pour rendre compte de toutes modifications apportées à un circuit (souvent rencontrées).

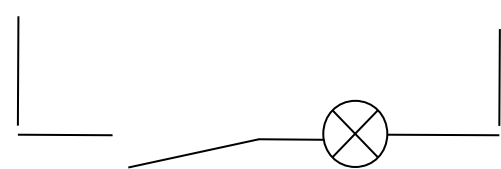
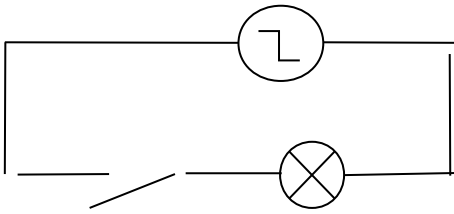
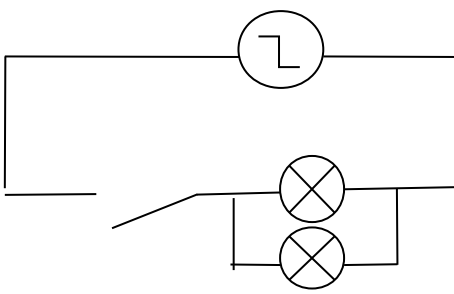
L'énonciation de ces objets et de leurs propriétés reste donc un point essentiel dans les processus de conceptualisation. Il conviendra donc de traiter particulièrement les trois formes prédicatives de ces concepts pour que les élèves puissent faire face à la plus grande variété possible de situations qu'ils peuvent être amenés à rencontrer lors de l'enseignement de l'électricité.

ANNEXES

Tableau 3 : synthèse des différentes définitions en fonction des aspects retenus.

Termes	Champ d'application	Aspect graphique	Aspect didactique	Aspect méthodologique
Schéma	Disposition générale d'un appareil	Figure	Démontrer, saisir rapidement	Fait abstraction des particularités
Schéma électrique	Prédomine la vue de dessus d'un phénomène électrique	Image Représentation en 2D	Descripteur Guide d'action	Simplifiée Fonctionnelle modélisante
Circuit électrique			Descripteur	Contour fermé, n'ayant pas subi de réduction par rapport au réel
Montage électrique	Prédomine la vue de dessus d'un phénomène électrique	Représentation en 2D	Néant	Représentation transformée mais non réduite du réel

Tableau 4_: correspondances entre graphismes et objets.

Objet	Représentation graphique	Commentaires
Schéma explicatif		Hypothèse de réduction du réel. Représente une catégorie générale
Circuit		Pas de réduction du réel.
Montage		Représentation modifiée mais pas simplifiée (ici, on a inséré un récepteur supplémentaire)

BIBLIOGRAPHIE

- Amigues, R. (1987). *Raisonnement spatial et inférence fonctionnelle dans l'activité de compréhension de schémas électriques et électroniques*. In le dessin technique. Hermès.
- Arnaud, P. (1986-7). *Forme et fonctions des éléments figuratifs dans la littérature didactique en chimie*. In bulletin de psychologie, Tome XLI (13-16), n°386, 1986-7, La communication par images. pp. 577-582.
- Bertrand, L. (1987). *Difficultés d'utilisation des schémas de circuits dans les activités de diagnostic*. In le dessin technique. Hermès.
- Caillot, M. (1988). Circuits électriques : schématisation et résolution de problèmes. Revue Technologie, Idéologie, Pratiques, VII n° 2, pp. 59-83.
- Cuny, X., et al (1979). Les accidents du travail. Collection Que-sais-je ?, n° 159, Paris : PUF.
- Estivals, R. (2003). Théorie générale de la schématisation 3 (théorie de la communication). L'harmattan.
- Gillet, B. (1980). L'élaboration de schémas en électronique élémentaire, Bulletin de psychologie, Tome 33 (4-11), N°344, 1980, p. 375-380.
- Joshua, S. (1982). « L'utilisation du schéma en électrocinétique : aspects perceptifs et aspects conceptuels. Propositions pour l'introduction de la notion de potentiel en électrocinétique ». Thèse de doctorat de 3^e cycle. Aix-Marseille.
- Joshua, S. (1986-7). *Le schéma électrique : aspects perceptifs, aspects conceptuels*, Bulletin de psychologie, Tome XLI (13-16), n°386, 1986-7, La communication par images. pp. 687-693.
- Szczygielski (2005). Les résultats de la didactique de l'électrocinétique sont-ils applicables aux élèves en formation professionnelle aux métiers de l'électricité ? Séminaire de didactique des disciplines technologies, Cachan.
- Vergnaud, G. (2002). La prise en compte de l'enseignant dans la théorie des champs conceptuels. Cahiers du laboratoire Leibniz, n°53
- Vézin, J.F. (1986-7). Illustration, schématisation et activité interprétative, Bulletin de psychologie, Tome XLI (13-16), n°386, 1986-7, La communication par images. pp. 655-666
- Weill-Fassina, R. (1970). Un intermédiaire dans le système Homme-Travail : le dessin technique, lecture et écriture des schémas explicatifs, *Bulletin de psychologie*, Tome 23 (17-19), N°286, 1970, p. 1129-1132.
- Weill-Fassina, A. (1980). Guidage et planification de l'action par les aides au travail, *Bulletin de psychologie*, Tome 33 (4-11), N°344, 1980, p. 343-349.