

Effets comparés de la présence et de l'absence d'un schéma dans la conduite d'un raisonnement en électrocinétique

(CAS DU « VA-ET-VIENT ») (*)

par Samuel JOHSUA,

Faculté des Sciences de Luminy

70, route Léon-Lachamp, 13288 Marseille Cedex 9.

I. PRESENTATION GENERALE.

On peut aisément constater à quel point la schématisation est nécessaire à la conduite d'un raisonnement en électrocinétique. On peut d'abord y voir l'effet de l'apprentissage scolaire, ainsi que le montre le fait que la recherche de schémas « plus clairs » augmente régulièrement avec le niveau scolaire. Mais si cet effet est si solide, c'est sans doute que le schéma fournit effectivement des facilités importantes dans la conduite du raisonnement.

Nous voulons ici tenter d'éclairer la nature des facilités apportées par le langage schématique (au moins dans le cas de l'électrocinétique).

Pour ce faire, nous avons proposé le problème du « va-et-vient » sous des formes qui s'appuient plus ou moins sur le langage schématique.

Le problème général est le suivant : étant donné le principe du « va-et-vient », montrer quel est le circuit électrique qui y correspond.

a) Dans le premier cas (1), l'énoncé explique ce qu'est un « va-et-vient », et précise le matériel théoriquement disponible. On demande de fournir un schéma de principe du « va-et-vient ».

b) Dans le deuxième cas (2), on fournit deux schémas (erronés) qui sont censés correspondre au « va-et-vient ». On demande alors si c'est bien le cas et, dans le cas où la réponse est négative, de fournir le bon schéma.

c) Dans le troisième cas, les demandes sont les mêmes qu'en b), mais les élèves disposent d'une table de manipulation

(*) N.D.L.R. : Cet article relate les réactions d'élèves de lycées et de facultés devant un exercice relatif au « va-et-vient ». Mais il intéresse les professeurs des collèges qui sont les premiers à introduire la schématisation des circuits électriques dès la classe de Sixième.

où ils peuvent vérifier pratiquement la validité de leurs affirmations.

d) Dans le dernier cas enfin, tout intermédiaire schématique (ou même graphique) est exclu. Le principe étant présenté dans un énoncé écrit, on demande à l'élève de réaliser pratiquement le montage correspondant sur une table de travaux pratiques.

Ces quatre exercices peuvent nous aider à comparer les divers moyens d'aborder le problème : sans schémas ni manipulations ; avec un intermédiaire schématique — et, dans ce cas, avec et sans manipulation ; et enfin, sans intermédiaire schématique, mais avec une possibilité de manipulation.

II. ANALYSE DES RESULTATS DANS LE CAS OU N'EST FOURNI AUCUN SCHEMA ET OU IL N'Y A PAS DE MANIPULATION.

L'exercice a été posé à des élèves de terminale C et E et à des étudiants de première année universitaire scientifique. Dans la moitié des cas, on avait conseillé aux élèves de s'aider d'une succession de schémas montrant les positions successives des interrupteurs.

Nous avons recueilli 76 réponses. Les résultats sont particulièrement explicites... et décevants.

Seuls répondent juste les élèves qui ont déjà étudié le « va-et-vient » auparavant, et qui s'en souviennent suffisamment (nous avons demandé de préciser ce fait dans les réponses, le cas échéant) : 22 élèves sont dans ce cas.

La grande majorité des autres élèves ne produit *aucune réponse*, même pas une tentative d'approche. Les autres (une dizaine) produisent des bouts de schéma où n'intervient qu'un seul interrupteur.

Ces résultats sont donc particulièrement nets. Un exercice qu'on peut, *a priori*, considérer comme assez simple (il est introduit dès la quatrième dans le premier cycle) n'est pas soluble — sous cette forme — par des étudiants de faculté.

On peut y voir une indication de la difficulté, semble-t-il assez générale, de *concevoir* un schéma correspondant à certaines contraintes, alors que la *prévision* du comportement de certaines grandeurs semble plus aisée à l'aide d'un problème schématisé (I).

Ainsi, les élèves auraient les plus grandes difficultés à *intégrer toutes les données du problème en un tout cohérent*.

Inversement, le *schéma manifesterait cette cohérence dans sa propre existence* et il suffirait alors de la décrypter, de la mettre en évidence, et non de la construire.

Pour comprendre notre résultat, on peut aussi s'aider de certains résultats obtenus par CLOSSET (II). Cet auteur montre qu'un schéma en électrocinétique est « analysé » localement, par un raisonnement de proche en proche, où ce qui se passe en aval n'est pas censé influencer sur ce qui se passe en amont.

Un tel raisonnement — efficace dans certaines limites — est, *bien entendu exclu* quand on ne dispose pas du schéma pour guider ce raisonnement.

III. ANALYSE DES RESULTATS DANS LE CAS OU CERTAINS SCHEMAS SONT FOURNIS.

1. Résultats globaux.

Il est alors intéressant de poser un exercice en quelque sorte intermédiaire. Des schémas sont fournis, mais ils sont faux, et on demande de les modifier pour aboutir au résultat demandé (cf. énoncé page 526).

Dans ces conditions, un nombre beaucoup plus important d'élèves parvient au résultat (cf. tableau p. 527). On trouve ainsi le pourcentage suivant de réponses « justes » :

en seconde	10 %,
en terminale	28 %,
en faculté	59 %.

La moitié des réponses « justes » en faculté provient d'étudiants qui se « rappelaient » le « va-et-vient ».

Si l'on tient compte de ce fait, on voit que, même sous cette forme, le problème n'a rien d'évident.

Bien entendu, on peut noter une évolution très significative en fonction du niveau scolaire. Mais ce n'est pas de l'analyse du nombre de réponses justes qu'on peut tirer les enseignements les plus intéressants. Contrairement à l'exercice (1), l'analyse des échecs en (2) est possible et révélatrice.

2. Analyse des échecs.

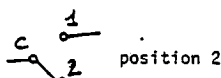
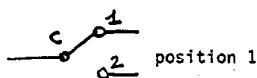
Il s'agit, dans la totalité des cas, d'élèves qui n'ont pas déjà étudié le « va-et-vient ». On leur propose l'énoncé suivant :

Un système de « va-et-vient » est un système électrique courant. Il permet de commander l'allumage et l'extinction d'une même lampe à partir de deux interrupteurs situés à des endroits différents. Chaque fois que l'on appuie sur l'un ou l'autre de ces interrupteurs, on allume la lampe si elle était éteinte, on l'éteint si elle était allumée.

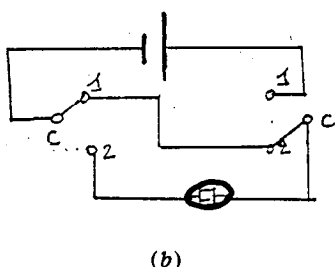
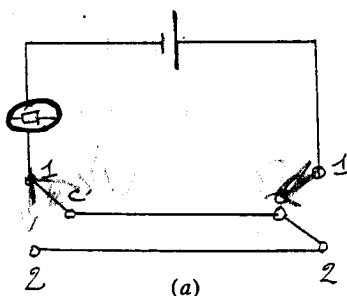
Le matériel mis en jeu est le suivant :

- Une alimentation électrique, notée $(-|+)$
- Une lampe, notée $(\oplus)$
- Deux interrupteurs à trois plots $\begin{array}{c} \text{c} \\ \text{---} \end{array} \begin{array}{c} 1 \\ \text{---} \\ 2 \end{array}$

Ces interrupteurs ont chacun deux positions possibles (et deux seulement), et on passe de l'une à l'autre à chaque fois que l'on appuie sur la commande.



Des élèves proposent les schémas suivants pour représenter un « va-et-vient » :



- L'un ou l'autre de ces schémas vous semble-t-il correct ?
- Sinon, comment faut-il modifier le (ou les) schémas erronés pour représenter convenablement un « va-et-vient » ?

Tableau

	seconde N = 31	terminale N = 25	faculté N = 29	Total N = 85
Réponses <i>exactes</i> (a) et (b) faux et schéma correct fourni	10 %	28 %	59 %	32 %
Réponses <i>fausses</i> :	90 %	72 %	41 %	68 %
(a) et (b) faux mais pas de schéma correct fourni	16 %	56 %	38 %	35 %
(a) considéré seul comme correct	32 %	16 %	3 %	18 %
(b) considéré seul comme correct	19 %	0 %	0 %	7 %

A l'université, un seul étudiant trouve que l'un des schémas est juste. Tous les autres les considèrent comme erronés, même s'ils ne parviennent pas à les modifier dans le sens adéquat.

En terminale, ils ne sont plus, dans ce dernier cas, que 56 % (sur 72 % de réponses classées comme « fausses ») et 16 % (sur 90 %) en seconde.

A côté d'un plus grand nombre de réponses justes, on peut noter un nombre important de *succès partiels* ; de nombreux élèves rejettent les deux schémas comme erronés, même s'ils ne parviennent pas à les modifier correctement. Et cela augmente avec le niveau de familiarité avec l'électrocinétique de la seconde à l'université.

Toujours est-il que la différence avec les résultats de (1) est nette.

Et ceci non seulement pour les résultats globaux, mais dans la structure même des réponses. Même quand les réponses sont fausses, les élèves produisent en général un raisonnement, alors qu'ils sont « muets » en (1).

Ainsi donc, la fourniture de schémas (fussent-ils erronés) aide à résoudre le problème. Deux raisons (au moins) peuvent être invoquées pour expliquer ce fait :

- Le schéma (même erroné donc) aurait une supériorité importante sur le langage verbal pour « donner une idée du problème à résoudre », pour matérialiser les données et les synthétiser (III).
- La fourniture du schéma permet le raisonnement de « proche en proche » (surtout dans ce cas particulier où il s'agit d'un

raisonnement « en courant », dont plusieurs études ont mis en évidence à quel point il était privilégié par les élèves (IV).

IV. ANALYSE DES RESULTATS DANS LE CAS OU SONT FOURNIES, A LA FOIS, UNE SCHEMATISATION ET LA POSSIBILITE DE RECOURS A LA REALISATION PRATIQUE.

Nous avons fourni à 12 groupes de deux élèves l'énoncé (2) et la possibilité de manipuler à loisir les appareils sur une table de manipulation pour dégager d'abord le montage correct, puis le schéma correct.

1. Analyse des résultats.

Tous ces élèves étaient dans une ancienne classe de seconde AB, c'est-à-dire au niveau approximatif d'une bonne quatrième, au point de vue électrocinétique.

Aucun groupe ne tente de savoir si les schémas sont corrects ou incorrects *a priori*. Tous tentent d'abord un montage pratique (rappelons que le niveau scolaire en physique est relativement peu élevé).

En revanche, à l'aide d'un temps de réflexion et de manipulation qui varie entre 15 minutes et 35 minutes, *tous les groupes* finissent par trouver la solution.

Enfin, tous les groupes fournissent un schéma correct tiré de leur montage convenable.

2. Comparaison avec (2) et (1).

Le niveau scolaire des élèves testés ici est nettement inférieur à celui des élèves testés en (1) et (2). Et pourtant les résultats sont incontestablement meilleurs. Pour expliquer ceci, on peut avancer les raisons suivantes :

- La possibilité de recours au montage interdit de s'arrêter sur un schéma erroné, puisqu'on peut le vérifier pratiquement. On sait donc qu'on est dans l'erreur, et on cherche plus avant.
- La possibilité de progression par des essais aléatoires de mise en contact des appareils doit aussi être retenue, bien qu'on ne doive pas la surestimer (cf. ci-après).
- La fourniture de schémas de départ, même erronés, permet d'orienter le travail [différence avec (1)], sans que le raisonnement « de proche en proche » s'impose, puisque des essais nombreux, et peu coûteux du point de vue de la procédure, peuvent être effectués pratiquement [différence avec (2)].

V. ANALYSE DES RESULTATS DANS LE CAS OU ON ELIMINE LA SCHEMATISATION, MAIS OU ON AUTORISE LE TRAVAIL PRATIQUE.

1. Analyse des résultats.

Dans ce cas, nous avons éliminé tout schéma d'appui, et même, d'ailleurs, tout dessin.

Sept élèves de seconde « indifférenciée » ont été interrogés. Sur ceux-là, deux se sont immédiatement souvenus du « va-et-vient » et ont fourni une réponse exacte.

L'analyse des productions des cinq autres a surtout une valeur indicative, vu le faible nombre d'élèves testés.

Aucun élève n'aboutit au résultat.

La raison principale en est qu'en cours de manipulation, l'objet du problème est complètement oublié. A la question « qu'es-tu en train de faire ? », ou « pourquoi as-tu fait ce montage ? », les élèves répondent invariablement « j'essaie d'allumer la lampe ». La consigne écrite (commande de la lampe à partir de deux interrupteurs) est complètement oubliée.

Il n'y a pas d'activité intermédiaire spontanée de schématisation, pas plus que de raisonnement à partir de l'énoncé. La part d'essais apparemment aléatoires est importante : en fait les élèves tentent « d'allumer simplement la lampe » (sans faire aucun cas des conditions exposées dans l'énoncé).

2. Comparaison avec (2).

Même si l'on ne peut déduire des conclusions très strictes de ces quelques tests, il apparaît tout de même des différences avec (2).

L'absence de fourniture de schéma conduit à l'absence de cadre qui soit un minimum contraignant où conduire une éventuelle expérimentation. Au point où le problème lui-même peut être « oublié » et remplacé par un autre.

VI. QUELQUES CONCLUSIONS.

1) Les expériences que nous avons menées permettent de donner quelques indications sur l'ordre des difficultés que présentent les différentes formes proposées aux élèves.

a) *L'intermédiaire schématique* facilite nettement l'approche d'un problème en électrocinétique : même la fourniture de schémas erronés à modifier facilite la compréhension de la situation et la conduite du raisonnement ; cette facilité est encore accrue quand il s'agit de repérer des schémas convenables, et, surtout, quand l'approche schématique se combine avec la possibilité du recours à un montage pratique.

b) La suppression de l'intermédiaire schématique complique l'approche du problème, aussi bien quand on se limite aux montages pratiques que quand on se limite à un énoncé verbal (et surtout dans ce dernier cas).

c) A l'intérieur du langage schématique, des variations peuvent encore faciliter ou compliquer l'approche. Mais l'intermédiaire schématique lui-même semble un outil indispensable en électrocinétique.

2) L'expérience conduite ici est trop restreinte pour qu'on puisse valablement fonder une interprétation globale de ces constatations. On peut cependant — au moins dans le cas particulier de l'électrocinétique et même plus précisément de ces exercices sur le « va-et-vient » — avancer les éléments suivants :

- Par rapport à l'énoncé verbal, le langage schématique permet une présentation globale, synthétisée, des données du problème. Il permet de plus une analyse de « proche en proche », surtout dans le cas particulier de cet exercice qui se résout à l'aide d'un raisonnement « en courant ».
- Par rapport à l'approche pratique, le schéma présente l'avantage d'une vision déjà construite, formalisée à un certain degré, du problème à résoudre.

3) La plupart des études pédagogiques en électricité prennent le schéma comme une donnée de départ. Or, le schéma d'électricité apparaît comme beaucoup plus qu'une simple « photo simplifiée » d'un montage concret, mais bien comme le résultat d'un « traitement » conceptuel. C'est pourquoi il nous semble qu'il est utile de prendre en compte la manière dont les élèves appréhendent, construisent ou utilisent un schéma électrique.

Cela peut s'avérer particulièrement révélateur sur les représentations des phénomènes électriques que se forgent les élèves, ainsi que sur leur évolution au cours de la scolarité.

BIBLIOGRAPHIE

- (I) B. GILLET. — « Analyse d'un type de conduite cognitive : le raisonnement technique ». Bulletin de psychologie - 338 ; XXX-10-13.
- (II) J.-L. CLOSSET. — « D'où proviennent certaines « erreurs » rencontrées chez les élèves et les étudiants en électrocinétique ? Peut-on y remédier ? » B.U.P. n° 657, octobre 1983, p. 81.
- (III) J.-F. VEZIN. — « L'apprentissage des schémas. Leur rôle dans l'acquisition des connaissances ». Année psychologique 1972 - N° 1, p. 179-198.
- (IV) S. JOHSUA. — « L'utilisation du schéma en électrocinétique : aspects perceptifs et aspects conceptuels. Propositions pour l'introduction de la notion de potentiel en électrocinétique ». Thèse de 3^e cycle. Marseille 1982.