

SEPARATION DES VARIABLES ET DENOMBREMENTS AU CP ET AU CM

Activités technologiques et mathématiques

Daniel LACROIX

PLAN DE L'ARTICLE

- I – QUELQUES ELEMENTS DE REFLEXION
 - II – "CONDUCTEURS ET ISOLANTS AU CP "
 - III – "LES AIMANTS AU CM"
 - IV – "LA DIODE AU CM" OU "INTRODUCTION D'UN COMPOSANT ELECTRONIQUE
DANS UN CIRCUIT ELECTRIQUE AU CM"
-

I – QUELQUES ELEMENTS DE REFLEXION

TOUTE SITUATION EXPERIMENTALE EST UNE SITUATION COMPLEXE.

De multiples paramètres la caractérisent et permettent de la décrire.

L'évolution de certains d'entre eux peut modifier le phénomène observé, d'autres n'ont aucune influence sur lui.

Certains ont donc une incidence sur les résultats de l'expérience, d'autres non.

On peut dire que les premiers sont pertinents pour décrire la situation expérimentale, les autres non.

On distinguera les premiers par le nom : **'variable opérante'**.

Lorsque des enfants manipulent des circuits électriques pour la première fois, ou lorsqu'un nouveau composant est introduit dans le circuit, ils ont beaucoup de mal dans un premier temps à se dégager des vicissitudes expérimentales.

Des fils conducteurs isolés qui se croisent ou qui ne croisent pas, des fils plus ou moins longs, des fils de couleurs différentes voici des "objectifs" qui pourront leur apparaître comme des variables. Ces variables, dans les conditions habituelles, ne modifient pas les résultats expérimentaux : elles ne sont pas opérantes.

Trois composants peuvent être placés dans un circuit en série, par exemple ; une pile, une ampoule et une diode.

Lors des premières approches expérimentales, les enfants échangent les fils aux bornes de la pile, aux bornes de la diode, débranchent la diode puis l'ampoule, connectent la diode à la place de l'ampoule puis l'ampoule à la place de la diode ; dans ce cas l'éclairement de l'ampoule dépend du montage réalisé.

Le nombre de manipulations paraît très grand, lorsqu'elles sont effectuées au hasard et sans être répertoriées.

La brillance ou la non-brillance de l'ampoule observée au cours de ces manipulations met en évidence l'existence d'un paramètre opérant : ici c'est l'orientation différente de la diode par rapport aux bornes de la pile. (cf. Note 1 en fin de paragraphe I).

Le tâtonnement expérimental permet donc de mettre en évidence l'existence d'au moins un paramètre opérant. Dans le cas précédemment cité, est-ce que pour l'enfant ce paramètre opérant est la position relative pile / ampoule / diode, l'orientation de la diode dans le circuit, l'orientation de la pile dans le circuit, ou l'orientation relative de la diode par rapport à la pile ? Seule une étude plus systématique permet de dégager ce ou ces paramètres.

Dans l'expérience précédente, les paramètres cités avaient une caractéristique commune assez remarquable : ils ne pouvaient prendre qu'un petit nombre de valeurs ; par exemple le nombre de positions relatives différentes des différents composants est de deux. La diode ne peut être orientée que de deux manières par rapport aux bornes de la pile. Dans ce cas, et dans tous les cas où certains paramètres pourront prendre un nombre fini de valeurs, un dénombrement de toutes les situations expérimentales est possible ; une étude expérimentale de tous les cas possibles peut être menée à bien.

Dans le cas précédent, deux variables ont pu être isolées : on peut alors imaginer de maintenir constantes les positions relatives des composants et orienter différemment soit la pile, soit la diode.

Ces résultats expérimentaux peuvent alors être transcrits, par exemple sous la forme :

	La diode est placée entre le pôle – de la pile et l'ampoule
La pointe de la diode est reliée au pôle – de la pile	L'ampoule s'éclaire (schéma 1)
La pointe de la diode est reliée à l'ampoule	L'ampoule ne s'éclaire pas (schéma 2)

Puis on complète l'étude précédente en substituant l'ampoule à la diode.

On peut encore transcrire ces résultats :

	La diode est placée entre le pôle + de la pile et l'ampoule
La pointe de la diode est reliée à l'ampoule	L'ampoule s'éclaire
La pointe de la diode est reliée au pôle + de la pile	L'ampoule ne s'éclaire pas

En rassemblant ces résultats, on obtient le tableau ci-dessous :

Position relative Orientation de la diode	La diode est placée entre le pôle – de la pile et l'ampoule	La diode est placée entre le pôle + de la pile et l'ampoule
du + vers le –	0	0
du – vers le +	1	1

Les quatre situations expérimentales sont décrites dans ce tableau et il n'en existe pas d'autre.

Les résultats observés figurent eux aussi dans ce tableau.

On a pu transcrire dans ce cas simple l'ensemble des résultats sous la forme d'un tableau cartésien. Réciproquement on peut utiliser un tableau cartésien pour prévoir l'ensemble des situations expérimentales possibles pour les dénombrer de manière exhaustive, et dans ce cas, l'expérimentation pourra être menée elle aussi ultérieurement de manière exhaustive.

L'analyse des résultats du tableau précédent est intéressante ; on observe au terme de l'expérimentation que l'éclairement de l'ampoule ne dépend pas des positions relatives des composants dans le circuit; ce résultat s'exprime dans le tableau ci-dessus par le fait que, sur une même ligne, les résultats sont identiques.

On visualise ainsi l'existence des paramètres non opérants.

A l'inverse, pour l'autre paramètre, en passant d'une ligne à l'autre sur une même colonne on ne retrouve pas le même résultat. L'orientation de la diode est donc bien un paramètre opérant : **une variable**.

Cette étude permet pour certains paramètres identifiés de mettre en évidence leur caractère de variable. On leur donne ici l'ensemble des valeurs qu'ils peuvent avoir puis on les fait varier de manière successive les uns après les autres. Chaque case correspond à une situation expérimentale possible. Les valeurs des paramètres envisagés dans cette situation ne sont pas liées entre elles. On dit que **les paramètres sont indépendants**.

Il convient de noter que les enfants attribuent à un grand nombre de paramètres non opérants le statut de variable. Il ne serait pas possible de mener une étude exhaustive pour chacun d'entre eux, d'où la nécessité de centrer le travail d'études systématiques sur les variables qui paraissent les plus utiles. Mais est-il souhaitable de laisser complètement de côté celles qui ne sont pas étudiées ? Certes, ce type de problème nécessite la mise en œuvre de moyens pédagogiques très coûteux en temps mais si riches sur le plan logique !

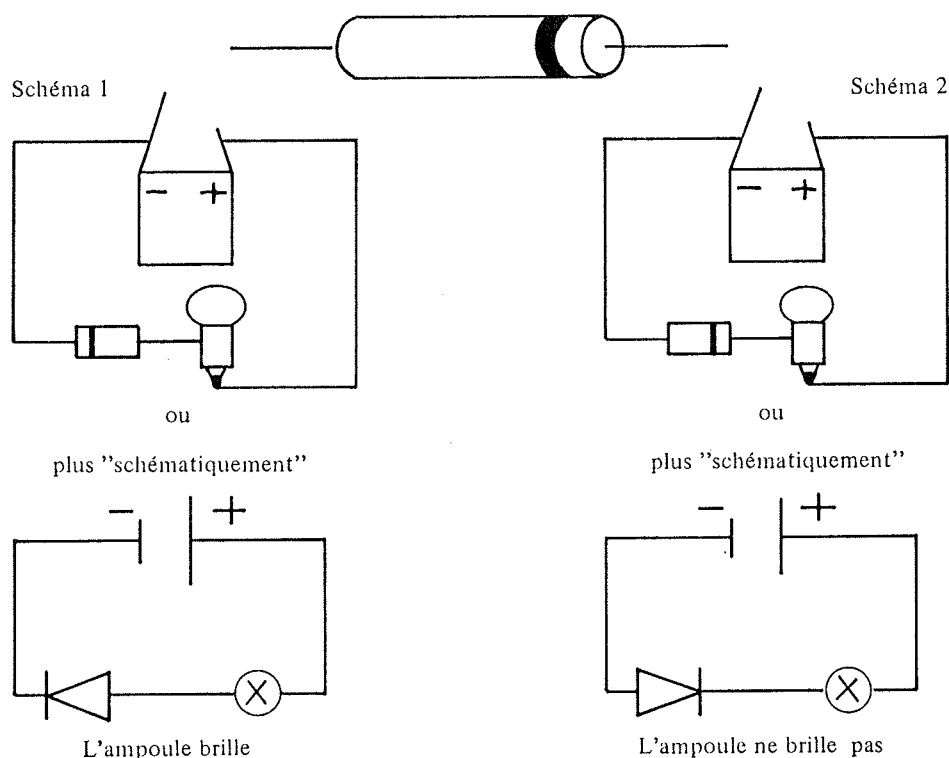
Au niveau de l'école primaire, l'expression de résultats à l'aide d'un schéma semble tellement aller de soi qu'il n'est peut-être pas nécessaire de décrire la procédure de simplification des dessins et d'élaboration des schémas.

Le passage progressif du dessin au schéma permet évidemment de dégager les relations spatio temporelles caractérisant le phénomène observé. Il permet aussi d'éliminer des variables non opérantes et de dégager celles qui le sont.

Les exemples qui suivent permettront de dégager ces étapes successives : énoncé d'un problème, tâtonnement expérimental, schématisation, étude de quelques variables opérantes et non opérantes.

Note 1 – La diode

Une diode se présente habituellement sous la forme d'un tronc de cylindre qui porte à l'une de ses extrémités un anneau coloré. L'axe de la diode est matérialisé par deux conducteurs sortant du cylindre.



La diode est une valve électrique.

II – CONDUCTEURS ET ISOLANTS AU CP

(Classe de Maryse CODA, Ecole Clémenceau, Grenoble)

Dans une séquence d'électricité antérieure, des enfants avaient eu l'idée de ne pas mettre directement en contact l'ampoule avec les deux lamelles de la pile.

L'ampoule touchait, par exemple, la plus petite languette et une règle ou un stylo assurait la liaison entre l'ampoule et la grande languette de la pile. Cette activité est reprise ici, avec deux objectifs : l'un d'ordre physique, l'autre d'ordre logique. Dans de nombreuses situations physiques, l'ampoule ne touche aucune des deux lamelles de la pile.

On se propose de partir de cette situation complexe pour la démêler.

On leur propose :

- deux fils de laine bleue
- deux fils de coton vert
- deux fils de cuivre (rouge)
- deux fils de plomb (gris)

Il y a dix paires différentes. Si les enfants prennent pour variable le contact, a priori 28 situations expérimentales peuvent être décrites.

Le dénombrement de ces situations, leur recherche systématique, constituent un exercice de recherche et de classement intéressant.

Ensuite, la notion physique de conducteur et d'isolant peut être dégagée assez rapidement, d'autant plus que certains enfants semblent l'utiliser dans le choix des fils.

Séquence 1

Un léger retour en arrière est nécessaire pour que chaque enfant perçoive le problème posé.

Les enfants ont entre les mains une ampoule et une pile. Pour que l'ampoule s'allume dit Laétitia "j'ai mis la partie grise sur la petite lamelle et la partie dorée sur la grande lamelle". "Il y a une autre solution" remarque Eric.

"Dans la lampe de poche, y-a-t-il contact direct entre l'ampoule et la pile ?"

Et dans ce jeu question-réponse ? "J'ai le même, il y a deux piles et deux fils".

"Pour que vous allumiez l'ampoule loin de la pile, que dois-je vous donner ?"

"Deux fils". "Voici deux fils de laine". "Je n'en veux pas, ça ne marcherait pas".

"Il va brûler".

Deux fils de laine bleue, deux fils de coton vert, deux fils de cuivre, deux fils de plomb, leur sont attribués. Ils doivent les placer entre la pile et l'ampoule pour que l'ampoule s'éclaire.

Un groupe d'enfants pose, à plat sur la table, la pile loin de l'ampoule. Ils prennent deux fils identiques en cuivre. Les enfants ont bien perçu le problème posé. Ils rencontrent une difficulté : comment maintenir les contacts entre les fils et les lamelles et au niveau de l'ampoule ?

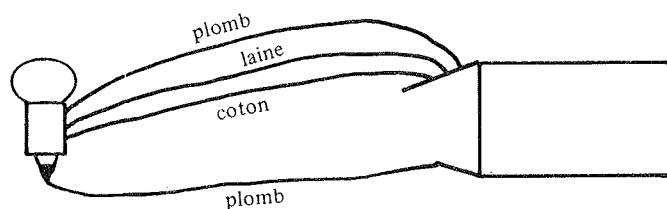
Comme les enfants manipulent par groupe de deux, il leur reste suffisamment de mains libres pour assurer le contact fils-ampoule. Pour les contacts fils-lamelles, certains entourent les fils autour des lamelles ou se proposent de les coincer avec un trombone.

D'autres enfants, dans un autre groupe, établissent le contact entre la pile et l'ampoule à l'aide du fil de plomb.

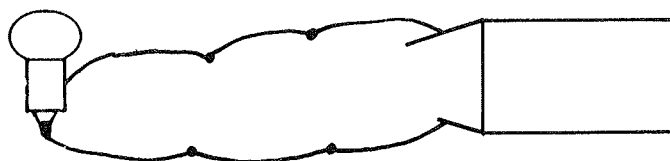
Certains enfants compliquent le montage en mettant en parallèle avec l'un des fils de plomb, un fil de laine et un fil de coton.

Dans le groupe de Laëtitia, les fils sont tous utilisés : les enfants les mettent en série, ou en parallèle.

Dans tous les groupes, un fil part de chaque lamelle, et touche l'une des parties grise ou jaune de l'ampoule.



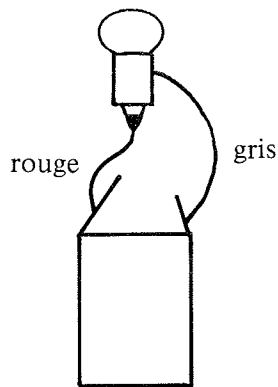
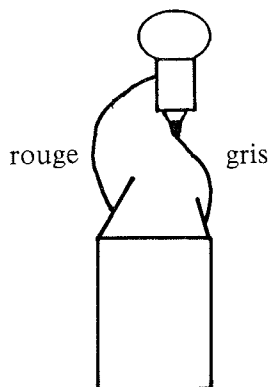
Groupe de Julien et Ludivine



Groupe de Laetitia et Stéphane

Ces situations conduisent la maîtresse à préciser le problème : mettre en contact les deux lamelles de la pile avec les deux parties de l'ampoule par l'intermédiaire de deux fils seulement.

Pour illustrer cette consigne, la visualiser, la préciser, on code collectivement au tableau une situation possible à l'aide d'un schéma défini comme un dessin "simple", "facile à faire", "vite fait", "bien fait".



Chaque groupe d'enfants réalise l'expérience et la code.

Les enfants ont un goût prononcé pour les dispositifs qui marchent.

Beaucoup d'entre eux choisissent de préférence le cuivre et le plomb, à l'exclusion de la laine et du coton.

Dans le Groupe d'Eric, deux solutions ont été expérimentées, transcrites et bien codées.

Cette schématisation a permis à tous les enfants de bien prendre conscience du problème, et de mettre en place les moyens dont on aura besoin pour communiquer, et discuter le problème ultérieurement.

Séquence 2

L'objet de cette deuxième séquence et des séquences ultérieures est de rechercher si possible tous les branchements et de les transcrire à l'aide de schémas.

Pour que les enfants ne se perdent pas dans les détails, et qu'ils aillent à l'essentiel, on a mis à leur disposition la feuille photocopiée ci-jointe (annexe I). Lorsqu'une situation a été trouvée, ils peuvent ainsi la coder rapidement.

On s'aperçoit que la notion de jonction double est bien perçue : chaque enfant signale sur son dessin ce qu'il pense confusément tout bas, et que Marc dit tout haut, pour décrire la situation qu'il a expérimentée : "le fil rouge part de la petite languette, et va à la partie grise, le fil vert part de la grande languette et va à la partie jaune".

Aucun fil n'était sur leurs schémas en contact avec la partie noire ou le verre de l'ampoule. Systématiquement, la position du contact était bonne. Deux fils reliaient la pile à l'ampoule. Mais les codages du point de contact représenté et du point de contact exécuté n'étaient pas toujours identiques.

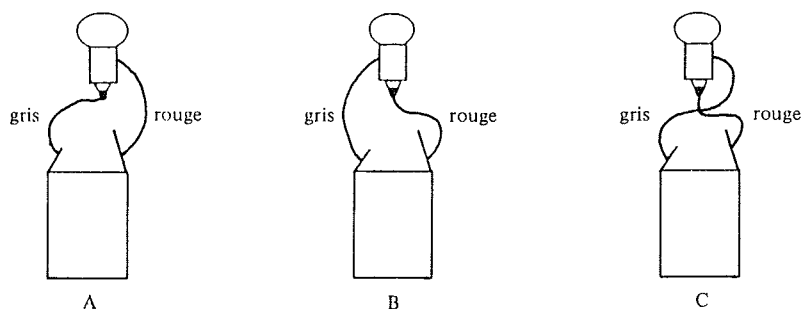
Sur l'ensemble de la classe, la presque totalité des groupes de fils sont choisis ou testés.

Marc a choisi le fil de cuivre et le fil de coton. Eric et Céline, le fil de plomb et le fil de coton . . .

Pour assurer un meilleur contact entre les languettes et les fils, l'ampoule et les fils, les enfants les entourent autour des languettes et de la partie dorée de l'ampoule.

Ce procédé est transcrit sur certains schémas.

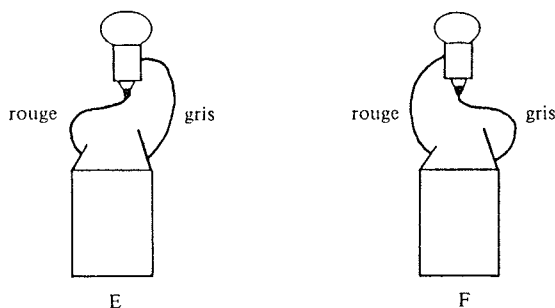
Voici ce que l'on trouve sur certaines feuilles. On les reproduit au tableau :



Est-ce que l'ampoule brille ? Comment coder le phénomène ?

Le codage de la nature des matériaux est conforme à l'expérience : mais les points de départ et d'arrivée sont parfois choisis arbitrairement.

L'absence de codage de l'ampoule en fonctionnement, les difficultés pour transcrire exactement l'expérience exécutée, les difficultés rencontrées par les enfants et signalées plus haut, ont conduit la maîtresse à faire exécuter par toute la classe le montage A, à montrer que C et B sont identiques, puis à rechercher et coder collectivement la totalité des montages possibles avec un fil de cuivre et un fil de plomb A, B, E, F.



Séquence 3

Découvertes des variables opérantes

On reprend le problème précédent, avec deux fils vert et bleu, coton et laine.

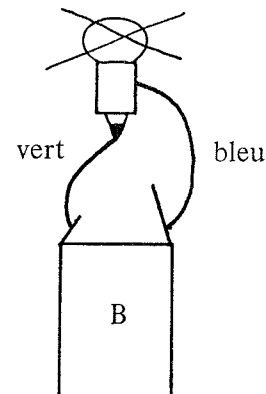
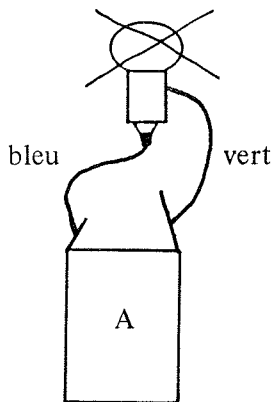
Pour certains enfants, le résultat expérimental ne fait pas de doute : "ça ne va pas marcher", "le fil vert n'est pas un fil de fer".

On recherche collectivement tous les montages possibles avec ces deux fils. L'un d'eux est dessiné au tableau par un enfant, puis le montage est testé par l'ensemble de la classe : "ça ne marche pas".

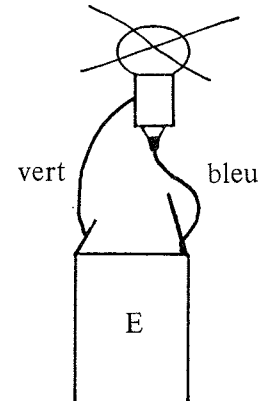
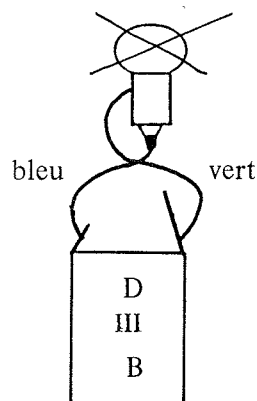
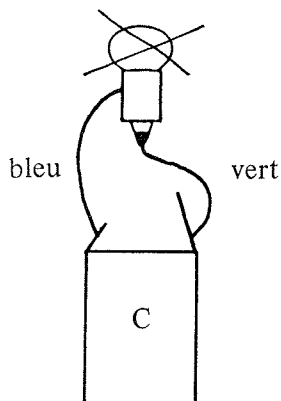
Peut-on inventer un autre montage ? "l'inverse", dit un enfant. Il échange les fils mais pas les contacts.

"Ça ne marchera pas", tout le monde en est maintenant persuadé."

"Ce n'est pas un métal" dit Ludivine, "il n'y a pas de courant", il faudrait choisir d'autres fils."



Les autres solutions de montage avec ces deux fils sont proposées :



"C'est pas la peine de les essayer, ça ne marchera pas".

La dernière solution a été difficilement trouvée, malgré un travail individuel préparatoire. La situation D est discutée. Elle est identifiée à la situation B. Elle est rejetée.

Au terme de ces activités, les enfants ont perçu qu'il existait plusieurs variables, la couleur ou la nature du fil, la position de leur contact avec la pile et avec l'ampoule.

Certaines de ces variables n'ont pas d'effet sur le résultat final.

"Avec le fil gris et le fil rouge ça marche" ; "ça dépend des fils, mais pas de là où ça touche".

C'est à cette conclusion que sont parvenus tous les enfants.

Séquence 4

Objectif

Faire résoudre aux élèves le problème de dénombrement suivant : combien y a-t-il de façons de choisir deux fils parmi huit, deux à deux identiques ?

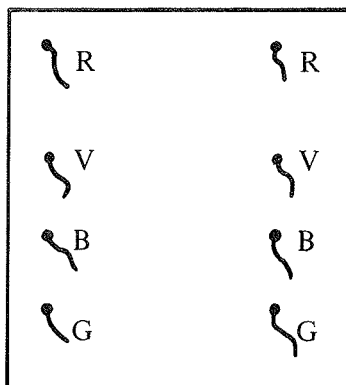
Moyen

Ne pouvant présenter le problème en ces termes, la maîtresse choisit de raconter l'histoire suivante :

Il était une fois dans la vitrine d'une mercerie huit fils très tristes, une famille de quatre fils : un rouge, un vert, un bleu, un gris, bien rangés l'un en dessous de l'autre, dans un coin de la vitrine, et une autre famille identique à la première, exposée de la même façon à l'autre bout de la vitrine. Toute la journée, ces fils s'ennuyaient, s'ennuyaient à mourir d'être ainsi tout seuls dans leur coin. D'ailleurs cette vitrine était la plus laide du quartier !

Regardez plutôt !

La maîtresse affiche alors une feuille de canson de couleur sur laquelle elle a fixé à la pâte les huit fils :

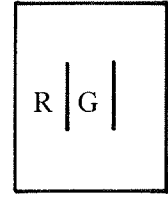
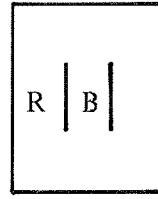
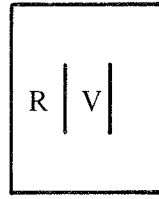
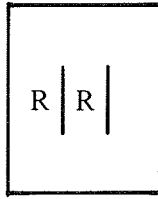


Les fils décidèrent alors de se marier deux à deux pour en finir avec cette triste vie. Ils ne peuvent évidemment pas prendre de partenaire dans leur propre famille.

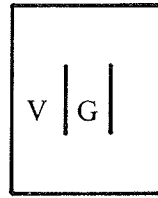
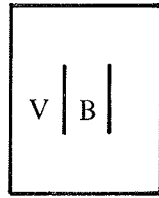
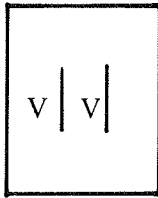
"Essayons de trouver tous les mariages qu'ils ont pu faire : par exemple, ce fil rouge avec qui peut-il se marier ?"

Les enfants viennent alors déplacer le fil rouge de gauche pour le mettre en face des fils rouge, vert, bleu, gris de droite.

Pour se souvenir de tous ces mariages, on décide de les noter sur des feuillets. On obtient :



On s'intéresse ensuite aux mariages possibles du fil vert en sachant que seuls les mariages différents de ceux déjà faits, nous intéressent. On note :



Donc on ne reprend pas le mariage vert-rouge car il a déjà été dénombré.

On s'intéresse ici au nombre de paires possibles et pas au nombre de couples ordonnés.

On fait de même avec le fil bleu puis avec le fil gris.

On obtient donc les dix mariages possibles.

Les enfants ont fait une activité de dénombrement en mathématique avec les huit fils. Ils ont ainsi découvert qu'il existait dix façons différentes de marier deux fils, et ont noté ces dix mariages sur des petits feuillets.

Ces feuillets vont être complétés.

''Vous allez prévoir si l'ampoule reliée à la pile par ces fils s'allume :

- si ça marche, on dessine un soleil sur le feuillet.
- si ça ne marche pas, on dessine un soleil barré sur le feuillet.
- si on ne sait pas, on dessine un point d'interrogation sur le feuillet''.

On passe individuellement auprès de quelques enfants.

A propos du couple cuivre (rouge) et coton (vert), on leur demande de justifier leur réponse.

La présence de ce fil vert est évoquée constamment pour justifier l'absence d'éclairage de l'ampoule.

Les résultats sont encourageants : 7 enfants vont voir leurs prévisions confirmées par l'expérience ; 6 enfants ne verront qu'une seule de leurs prévisions infirmée par l'expérience.

On choisit une paire de fils : gris - rouge.

4 enfants pensent que l'ampoule ne s'éclairera pas, les autres pensent le contraire !.

Qui a raison ? — ''Dis-nous maîtresse'' — ''On n'a qu'à essayer''. Ce qui sera l'un des objectifs de la séquence suivante.

Séquence 5

Cette séquence est une séquence de synthèse

On va terminer le travail précédent, c'est-à-dire vérifier les résultats prévus par les enfants, les exprimer, dégager la notion de conducteur et isolant.

C'est aussi une séquence d'évaluation des acquis

On a acquis des connaissances lorsque l'on peut les investir dans des situations nouvelles.

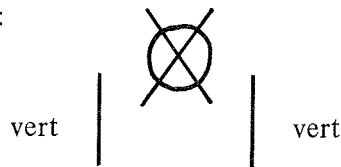
Voici les situations proposées : utilisation d'autres fils, mise en série de plusieurs fils, ou situation simplifiée (l'ampoule est en contact avec une des languettes, un seul fil relie l'ampoule à la pile).

Sont-ils en mesure d'en prévoir les résultats ?

Les enfants se souviennent de l'activité antérieure : on a dénombré tous les "mariages", on a imaginé si ça marchait.

"Que faut-il faire maintenant ?" "on va essayer tous les mariages".

On choisit une paire vert-vert, les deux fils de coton ; on vérifie collectivement le résultat. On le symbolise au tableau :



Chaque groupe pourrait tester la totalité des paires, ce serait trop long ; chaque rangée aura trois expériences à tester.

1ère rangée	2ème rangée	3ème rangée
bleu-bleu vert-bleu rouge-rouge	gris-gris gris-bleu vert-gris	bleu-rouge rouge-vert rouge-gris

Les enfants choisissent le matériel qui leur est nécessaire et exécutent les montages.

Cette activité est réalisée très rapidement. Les enfants sont tous d'accord sur les résultats des expériences.

Lorsqu'ils les transcrivent au tableau, ils les justifient :

- bleu-gris : "à cause du fil bleu ça ne s'éclairait pas". "Le bleu est sans courant".
- gris-gris : "les deux fils gris ont de l'électricité".
- vert-rouge : "c'est à cause du vert". "Comment le sais-tu ?". "Avec deux fils verts, ça ne marche pas", "avec les deux rouges, ça marche".

L'expression des conclusions est plus difficile.

La maîtresse les aide, pose la question : "qu'est-ce qu'il faut pour que ça ne marche

pas ?” Elle commence la réponse : ”Il suffit qu’il y ait ”un vert ou un bleu” . . . ”pour que ça ne marche pas” continuent coup sur coup deux enfants.

On reprend quelques situations pour faire réutiliser plus clairement, mentalement et oralement cette phrase.

Cette condition suffisante sera exprimée dans leur langage par les enfants plus tard : ”Quand il y a un fil de laine, ça ne marche déjà pas”.

Maintenant, une situation nouvelle est proposée afin de préparer le test :

La maîtresse a entre les mains deux fils jaunes en plastique.

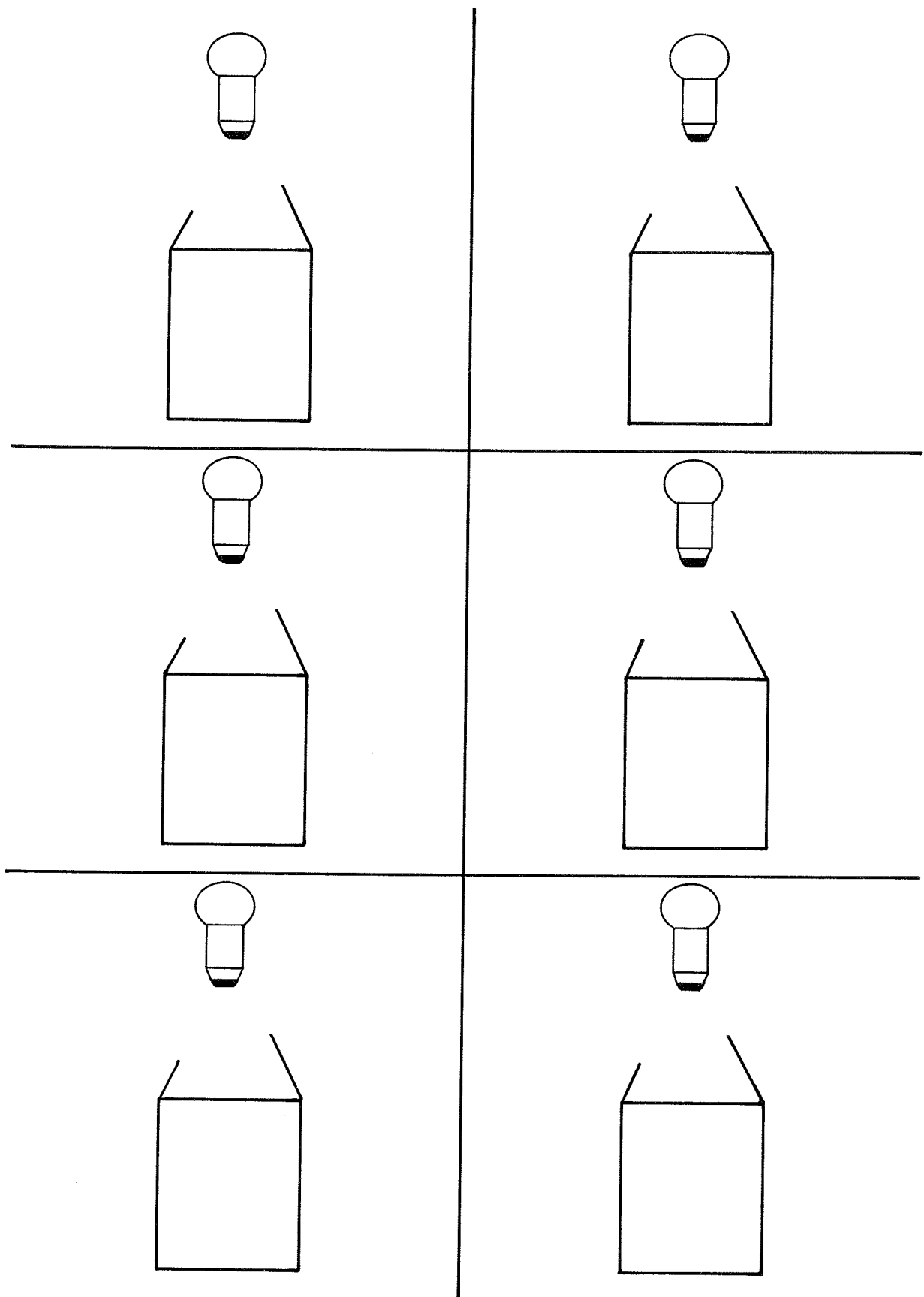
On les place entre la pile et l’ampoule. L’ampoule ne brille pas : c’est un isolant. ”J’en étais sûr” dit un enfant.

Le test est proposé :les résultats sont très satisfaisants.

Consigne :

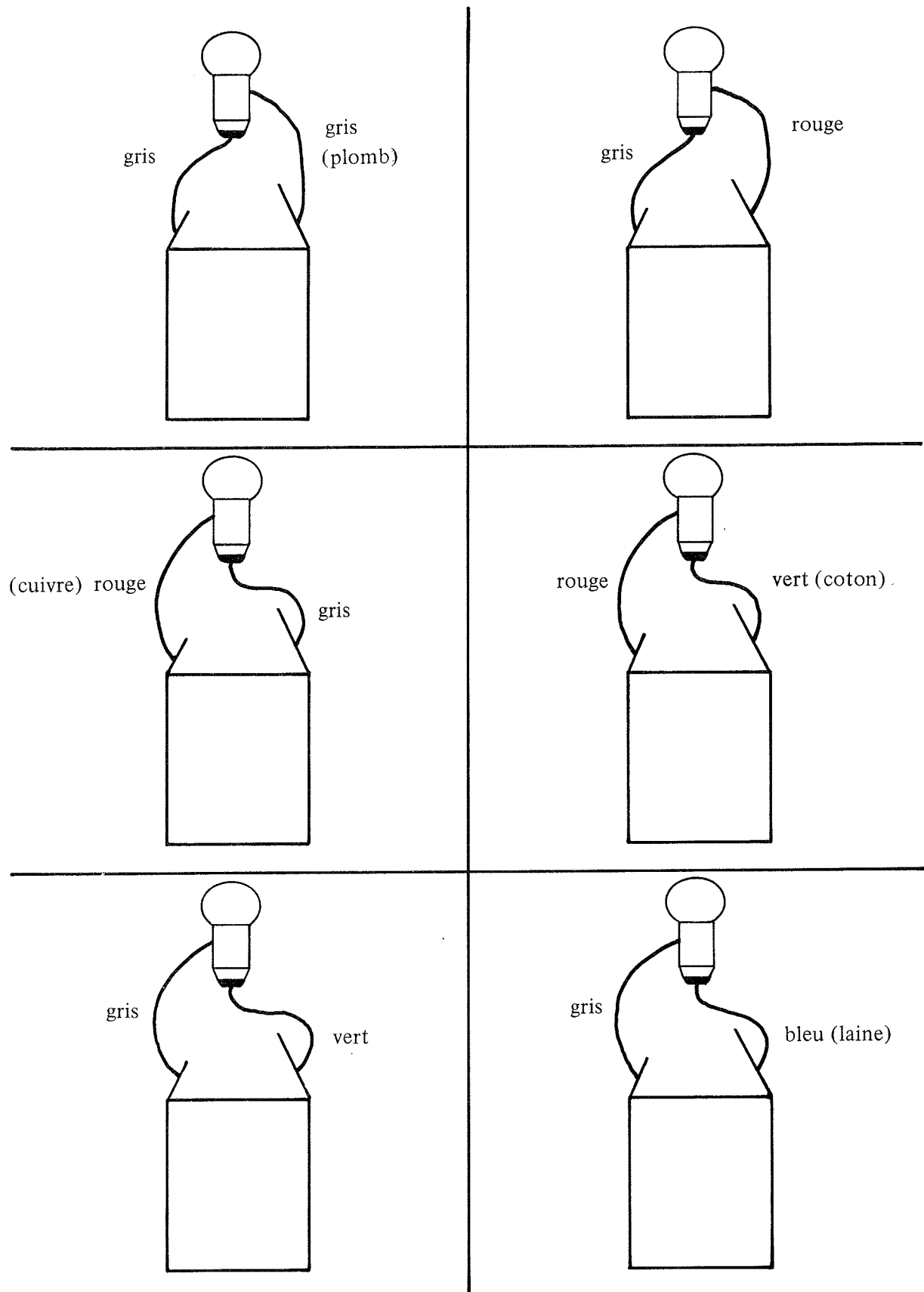
”Si l’ampoule s’éclaire, tu dessines un soleil, sinon tu barres l’ampoule” (annexe II et III).

ANNEXE I



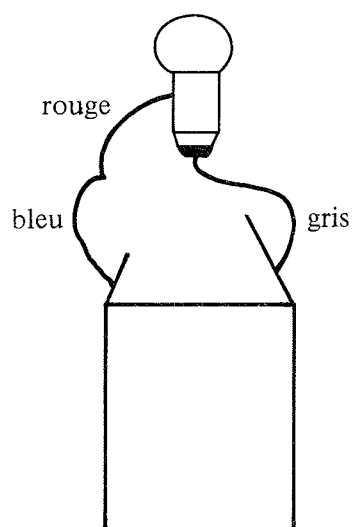
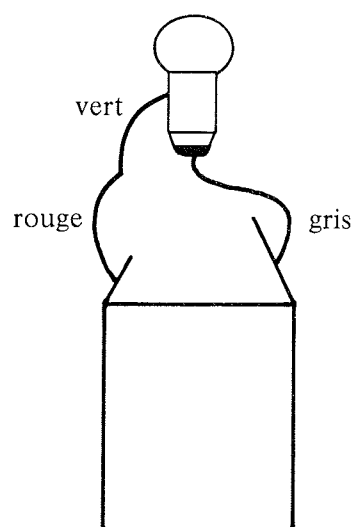
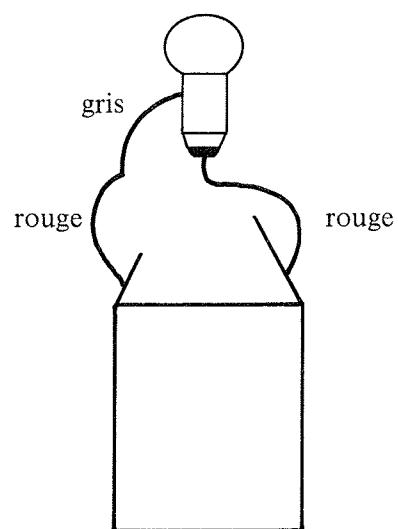
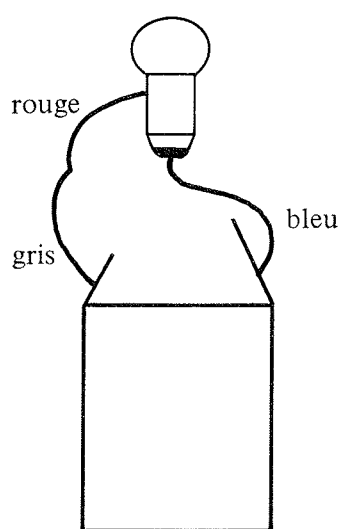
Test

ANNEXE II



Test

ANNEXE III



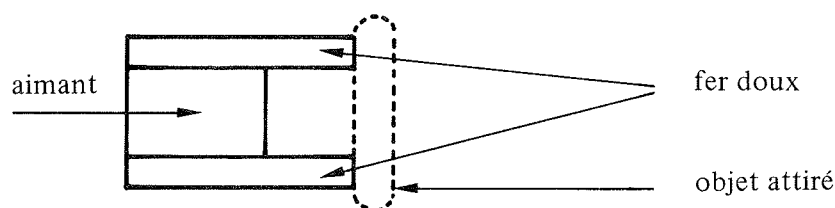
III – AIMANTS AU CM 2

(Classe de Claude CROQUETTE, Ecole Clémenceau, Grenoble)

Beaucoup d'enfants avant le CM 2 ont déjà manipulé des aimants. Certains ont même eu entre les mains une boussole. Presque tous en connaissent l'existence. Sa forme n'est pas étrangère à la représentation qu'ils se font d'un aimant. Ainsi, pour eux, un aimant possède deux pôles qui occupent les faces de plus petites dimensions.

Dans les aimants métalliques c'est souvent le cas. Mais pour les aimants récents de qualité courante, les ferrites, ce n'est plus pareil, souvent au contraire les deux pôles sont localisés sur les faces de plus grande dimension.

Ces aimants sont rarement utilisés seuls ; ces deux faces de grande dimension sont en contact avec deux morceaux de fer doux. L'aimant est ferré et prolongé par une carcasse métallique qui donne à l'ensemble une forme de U



L'objet qui sera attiré ne sera pas en contact avec l'aimant lui-même, mais avec les deux pièces métalliques.

Dans la classe, on dispose de ferrites qui ont la forme de pavés.

On se propose de déterminer, sur ces pavés, les faces opposées qui ont des propriétés particulières (les pôles)

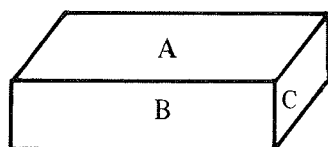
On suppose donc :

- que chacun des aimants a deux pôles de nature différente.
- que ces deux pôles occupent deux faces opposées.

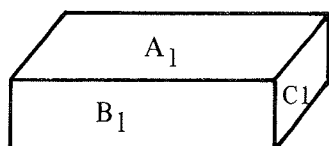
N.B. On ne se propose pas d'identifier la nature de ces deux pôles.

A) UN PEU DE THEORIE

Deux aimants identiques ont la forme d'un pavé droit (parallépipède rectangle). On désigne par P et P1 ces deux aimants.

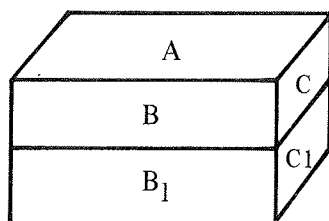


On désigne par A,A', B,B', C,C', les faces de l'aimant P.



On désigne par A1, A'1, B1, B'1, C1, C'1 les faces de l'aimant P1.

Lorsqu'on rapproche ces deux aimants, ils peuvent s'associer pour ne former qu'un seul pavé de plus grande dimension. Les pavés peuvent être en contact par leurs faces A,B ou C.



Ex. : Pavé constitué par les deux aimants en contact par leurs faces A', A1.

On maintient les faces en contact et l'on fait pivoter l'une de ces faces de 180° par rapport à celle de l'autre aimant. Avec les faces A' et A1 ou A'1 et A, les deux aimants restent en contact tel qu'ils ont été placés. Avec les quatre autres faces, pour les maintenir en contact, il faut les plaquer l'une contre l'autre, sinon les deux aimants se repoussent. Les deux faces qui ont des propriétés particulières (A et A', A1 et A'1) sont celles qui portent les deux pôles de l'aimant. Voilà une procédure simple pour déterminer rapidement leur position.

B) ACTIVITES DANS LA CLASSE

Cette analyse n'est pas réalisée spontanément par les enfants. Voici les activités proposées pour leur permettre de l'effectuer.

Les enfants ont entre les mains un aimant. On l'observe : c'est "un rectangle, non un pavé, un pavé droit" ; "c'est un volume qui prend de l'espace" ; "il a six faces qui sont des rectangles" ; "les deux faces opposées sont égales".

On les caractérise par leur dimension.

Faces A et A' : 4 cm x 2 cm

B et B' : 4 cm x 0,5 cm

C et C' : 2 cm x 0,5 cm

Voici un deuxième aimant identique au premier, ses faces pour les distinguer des précédentes porteront les indices 1, on a ainsi les six faces notées :

A1 A1'

B1 B1'

C1 C1'

Les enfants essaient d'associer deux aimants. "Parfois ça attire", "parfois ça repousse".

"Vous allez approcher les deux aimants de telle sorte qu'une face de l'un soit entièrement en contact avec l'une des faces de l'autre. Vous déterminez pour **chaque** position s'ils attirent ou s'ils se repoussent. On veut connaître ce qui va se passer dans chaque cas. On ne veut en oublier aucun."

Les enfants tripotent les aimants sans se préoccuper de la consigne. Elle doit être rappelée dans chaque groupe puis à toute la classe :

”Vous allez chercher à établir tous les contacts possibles entre les deux aimants à condition que l’une des faces d’aimant soit entièrement en contact avec celle de l’autre aimant”.

Certains enfants décrivent quelques situations en particulier les contacts entre les faces de même nom, mais d’indice différent. Ils obtiennent ainsi six possibilités : A A1 , A, A1’ , B B1 , B’ B1’ , C’ C1’ , C C1.

D’autres prennent une face d’un aimant et la mettent en contact avec toutes les faces de l’autre aimant. Ils ne notent que les situations stables :

Ex. : A A1 ; A’ A’1

D’autres construisent le tableau :

	A1	A’1	B1	B’1	C1	C’1
A						
A’						
B						
B’						
C						
C’						

Enfin, d’autres sont intéressés par la différence de comportement des aimants lorsque les faces en contact pivotent l’une par rapport à l’autre de 180°.

Cécile remarque : ”Toutes les faces C peuvent venir en contact et le rester si on ne les retourne pas”.

La proposition de Cécile de faire pivoter de 180° les faces en contact est reprise par toute la classe pour compléter le tableau cartésien.

Devant l’ampleur de la tâche, il est décidé de se répartir le travail. Chaque cas est testé par deux groupes différents pour éliminer les erreurs. L’une d’entre elles est ainsi corrigée.

Voici les deux tableaux obtenus dans la classe :

	A	A’	B	B’	C	C’
A1	X	O	O	O	O	O
A’1	O	X	O	O	O	O
B1	O	O	X/O	X/O	X/O	X/O
B’1	O	O	X/O	X/O	X/O	X/O
C1	O	O	X/O	X/O	X/O	X/O
C’1	O	O	X/O	X/O	X/O	X/O

	A	A’	B	B’	C	C’
A1	O	X	O	O	O	O
A’1	X	O	O	O	O	O
B1	O	O	X/O	X/O	X/O	X/O
B’1	O	O	X/O	X/O	X/O	X/O
C1	O	O	X/O	X/O	X/O	X/O
C’1	O	O	X/O	X/O	X/O	X/O

N.B. 1) Pour remplir leur tableau, les enfants ont, de manière systématique, fait pivoter de 180° les faces en contact.

2) Conventions choisies par les enfants :

X $\rightarrow$ s'attirent

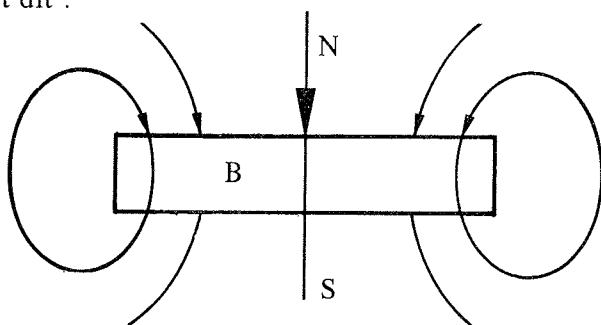
O $\rightarrow$ se repoussent.

L'origine de la différence entre ces deux tableaux est rapidement identifiée par les élèves après une nouvelle manipulation portant sur les contacts des faces A et A', avec A1 et A'1. "C'est, disent-ils, parce que l'on n'a pas tous placé les étiquettes de la même manière."

Depuis le début de l'activité, on a supposé que deux pôles occupent deux faces opposées. Les enfants s'intéressent donc aux deux faces opposées qui ont un comportement singulier.

"Les faces A ont un comportement différent des faces B, C" ; "ça ne se produit que sur les grandes faces" ; "c'est peut-être l'endroit où il y a les pôles". Il faudrait faire le spectre pour en être sûr.

La maîtresse suggère de prévoir quel spectre on devrait obtenir. Un enfant dessine au tableau et dit :



"Pour réaliser l'expérience il faudrait mettre l'aimant debout sur la face B ou B' "

La maîtresse reprend alors la parole pour conclure :

"On vient de trouver une nouvelle solution permettant de retrouver la position des pôles sans utiliser de limaille de fer :

Pour trouver les pôles de deux aimants identiques, on met ces derniers en contact par les faces de mêmes dimension. Les faces qui restent en contact après rotation de 180° sont les pôles."

Conclusion du travail de recherches des enfants

Sur ces aimants plats, les pôles occupent, comme sur une boussole, deux faces opposées, mais ce sont ici les deux faces de plus grande dimension.

IV – LA DIODE AU CM

(Conseiller pédagogique Mr DECORPS – Classe de Mme REBUT, Ecole Louis Armand, Seyssins).

A) LA DIODE

La diode est un objet très courant (poste de radio, jeu électronique . . .), c'est un dispositif peu cher (inférieur à 1 F. pièce), robuste.

Les enfants n'ont pas l'appréhension des adultes en face de ce qu'ils ne connaissent pas ; ils se sentent au contraire très valorisés lorsqu'on leur confie ces petits objets.

Pourquoi introduire une diode dans le circuit ?

Pour les conducteurs habituels, leur orientation dans le circuit n'a pas d'importance. On veut amener les enfants à faire preuve de prudence, et à réfléchir sur un problème quelquefois verbalisé : est-ce qu'une feuille d'aluminium conduit aussi bien dans le sens de la longueur que dans le sens de la largeur ? C'est-à-dire, est-ce que quelque soit son orientation, l'objet laisse passer le courant de la même manière ?

L'étude expérimentale est intéressante. Les enfants vont être amenés à séparer au moins deux variables : la position de la diode par rapport à la pile et à l'ampoule, et l'orientation de la diode par rapport aux pôles de la pile.

En fait, d'autres variables sont évoquées : la couleur des fils, la position des fils . . . Un tableau cartésien simple (2 x 2) donne toutes les possibilités de branchements. C'est une façon parmi d'autres dans ce cas d'exprimer les résultats.

L'étude de la diode va nous permettre de montrer comment apparaissent les variables, comment s'introduisent assez naturellement certains langages et comment s'expriment dans ces langages des variables aux statuts très différents.

Certaines diodes peuvent être utilisées comme détecteurs plus sensibles que l'ampoule. Dans le carton proposé par l'agence pour les économies d'énergie, il y a une diode électroluminescente qui émet de la lumière lorsqu'elle est traversée par un courant ; c'est à dire lorsque la tension à ses bornes est supérieure à 1,5 V. C'est un détecteur polarisé et sensible.

On est obligé de traiter successivement ces deux aspects; son usage permet une sériation des conducteurs et la mise en évidence de la conductibilité du corps humain ; d'où les dangers de l'électricité. On traite ainsi un des alinéas du programme de technologie CM.

B) PRELIMINAIRES

Antérieurement, les élèves ont mené quelques séances sur l'électricité. Elles leur ont permis d'approcher la notion de circuit électrique dégagée lors de la résolution des deux problèmes classiques :

- Comment allumer une ampoule avec une pile plate ?
- Comment allumer une ampoule loin de la pile ?

Plus précisément, les enfants ont pu aborder :

- la notion de double-jonction entre la pile et l'ampoule.
- la notion de conducteur et d'isolant.

Ces concepts ont été découverts puis réinvestis dans l'analyse, la conception et la construction de jeux questions-réponses et de douilles.

Tout au long de ces séquences, on a laissé les enfants verbaliser et utiliser leurs modèles propres.

Dans les séquences décrites ici, les mêmes problèmes vont être abordés en introduisant un composant électronique, la diode, dans le circuit :

- Comment inclure une diode dans un circuit pour que l'ampoule brille ?
- Quels corps placés entre la pile et la diode électroluminescente permettent à celle-ci de s'éclairer ? (non relaté ici).

Dans notre esprit ces activités ont en fait un double but :

- amener les enfants à réaliser la séparation des variables.
- augmenter le nombre de situations expérimentales vécues par les enfants dans un même domaine pour développer leurs représentations (ou modèles).

N.B. Qu'est-ce qu'un modèle en physique ?

1) Constatations lors d'expériences

Lorsque de jeunes enfants placent l'ampoule sur les languettes d'une pile plate, celle-ci s'éclaire. Certains d'entre eux disent : "L'ampoule s'allume" ; d'autres affirment : "Ce sont les courants provenant des pôles + et - de la pile qui s'associent dans l'ampoule pour produire de la lumière." Lorsqu'on laisse longtemps l'ampoule en contact avec la pile, la luminosité de l'ampoule décroît, puis l'ampoule reste éteinte.

La pile est usée peut-on dire. On entend souvent : "La pile est morte, elle est vide."

Des enfants joignent parfois le geste à la parole, et, pour s'assurer que la pile est "vide", la secouent devant leur oreille. Or la pile garde, tout au long de l'expérience, toujours la même masse.

2) Conclusions

On exprime donc verbalement le même phénomène de manière diverse. En fait certaines descriptions sont déjà une interprétation des phénomènes. On cherche à établir une relation causale, à relier entre eux les faits expérimentaux. Ici on évoque l'existence de **deux courants électriques** pour interpréter l'éclairement de l'ampoule.

L'existence du courant est ici une hypothèse, un postulat.

Le nombre de courants est un autre postulat.

Un ensemble de postulats constitue en physique **un modèle**.

C) ACTIVITES DANS LA CLASSE

Séquence 1

La diode est introduite dans le circuit, on constate que dans 2 groupes l'ampoule brille et que dans 4, l'ampoule ne brille pas ; on demande alors de faire un croquis des montages. Pourquoi cela ne marche t-il pas dans ces 4 groupes ?

Conclusion des enfants

- sur la diode il doit y avoir un plus et un moins ;
- il y a un sens pour mettre le fils ;
- il n'y a pas de contact, donc l'ampoule ne brille pas ;
- il faut relier le + au –, et le – au +, donc il faut faire comme pour les associations de piles ;
- il y a forcément un + et un – sur la diode ;
- si ça ne marche pas, il faut inverser la pile ou la diode.

Conclusion

On va mettre une étiquette ou un repère sur ce que l'on pense être le + de la diode. La première séquence qui est une séquence de découverte, va dans toutes les directions. Il conviendra ultérieurement, de décanter et de structurer les notions découvertes.

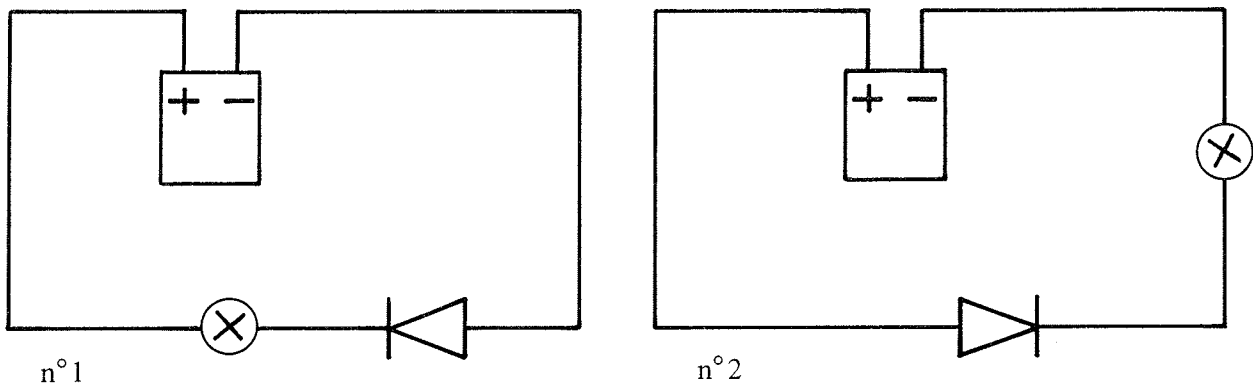
Les séquences suivantes permettent de mener à bien ce travail.

Séquence 2

Maintenant, sur chaque composant la maîtresse a placé une étiquette qui porte la représentation conventionnelle de la diode. (cf. note sur le fonctionnement de la diode).

On demande aux enfants d'**éclairer** l'ampoule placée en série avec la pile et la diode. Ils décrivent ce montage à l'aide d'un schéma.

Ces schémas ne doivent pas comporter des fils qui se croisent. On reproduit au tableau les deux types de schémas exécutés par les enfants en utilisant la représentation conventionnelle de la diode.



Chaque groupe ayant fait le schéma de son installation vérifie s'il se rattache au n°1 ou au n°2.

Remarque 1

Si les enfants avaient réellement réalisé leur montage conformément au schéma 1, l'ampoule serait restée éteinte.

Remarque 2

On peut noter que la flèche qui représente la diode est toujours orientée pour les enfants de la pile vers l'ampoule. Donc l'enfant ne transcrit pas le schéma du montage qu'il a effec-

tivement réalisé, mais fait un schéma conformément à sa propre représentation du courant électrique.

A notre avis les enfants pensent :

- qu'il existe deux courants allant de la pile vers l'ampoule et s'y associant pour permettre l'éclairement ;
- que la diode peut laisser passer l'un ou l'autre de ces courants à condition que la flèche soit orientée dans le sens du courant qui passe dans cette branche de circuit.

On demande à tous les enfants de réaliser le même montage : celui dans lequel la diode est située entre l'ampoule et le pôle + de la pile. (schéma n°2)

Il y a toujours des ampoules qui fonctionnent, et d'autres non. (Certains enfants ne savent pas réaliser un montage conformément à un schéma proposé)

Une remarque de Cédric va débloquer la situation : "si on inverse les pôles de la diode, on obtient le résultat inverse." (Cédric inverse les fils au niveau de la diode donc la retourne).

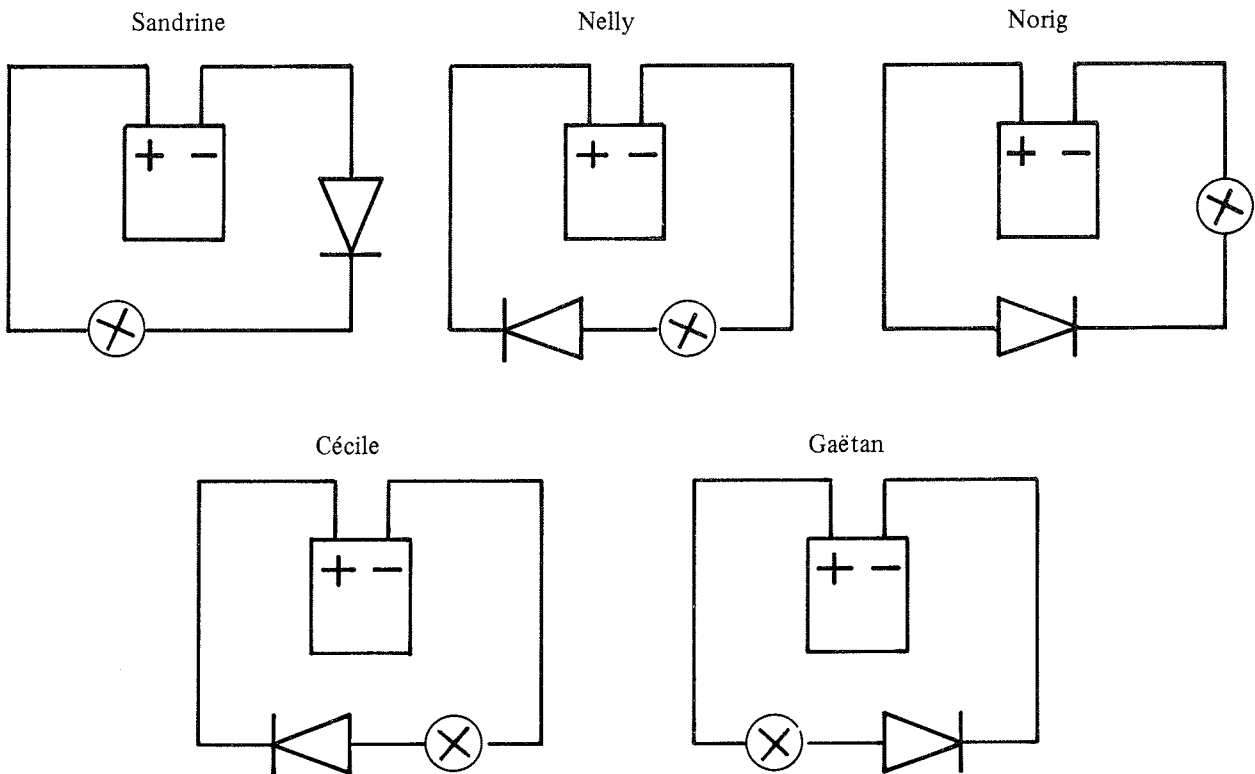
On vérifie la remarque précédente et on branche maintenant la diode de telle sorte que l'ampoule s'allume.

Ils décrivent à nouveau qui "marche" à l'aide d'un schéma.

Séquence 3

Certains schémas sont reproduits au tableau, puis testés les uns après les autres. Il est alors possible de conclure.

Voici quelques croquis d'élèves :



On demande pourquoi les croquis de Sandrine, Nelly, Cécile ne fonctionnent pas.

— la diode n'est pas dans le bons sens.

La place de la diode a-t-elle de l'importance ?

— non, c'est le sens de la diode qui est important.

A quoi sert la diode dans un circuit ?

— à conduire ou non le courant, — à le conduire dans un seul sens, — la partie pointue la flèche doit aller vers le moins.

Comparaison

La diode joue le même rôle qu'une valve de bicyclette, qui ne laisse passer l'air que dans un sens.

On vérifie que la place de l'ampoule dans le circuit n'a aucune importance.

D) L'EXPRESSION DES RESULTATS

L'expression des résultats peut se faire de différentes manières, soit en utilisant des schémas, c'est ce qui a été fait plus spécialement ici. C'est de cette manière que les enfants s'expriment le plus naturellement en face de ces problèmes. L'expression du phénomène exige d'aller plus loin, en voici un exemple à l'aide d'un tableau cartésien.

On désigne arbitrairement par A et B, les deux bornes du dipôle (la diode). Comme pour l'ampoule, ces deux bornes peuvent-être reliées par l'intermédiaire du détecteur (l'ampoule) soit au pôle + soit au pôle — de la pile ; et l'on obtient le tableau insistant encore sur la double jonction.

	A +	B +
A —	1	1
B —	0	1

Les cas situés sur la diagonale sont triviaux, la diode est alors hors circuit.

On retrouve donc les deux cas décrits par le schéma; c'est une valve fonctionnant en tout ou rien.

L'interrogation qui prend tout son sens avec la diode, peut être reprise pour étudier d'autres situations expérimentales. Dans ces autres situations expérimentales, on peut aussi modifier l'orientation ou la position relative des composants. Certaines d'entre elles peuvent-être décrites avec des tableaux à doubles entrées 2 x 2.

Voici des exemples :

L'étude expérimentale menée avec la diode peut-être reprise avec un conducteur quelconque. De même les deux variables évoquées sont la position du conducteur, et son orientation dans le circuit. L'ampoule s'allume de manière identique quel que soit le montage ce que l'on peut traduire par le tableau :

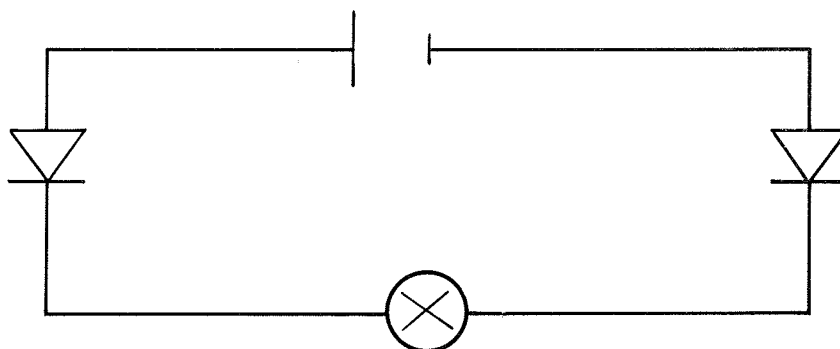
	Conducteur placé entre l'ampoule et le pôle +	Conducteur placé entre l'ampoule et le pôle -
Orientation du + vers le -	1	1
Orientation du - vers le +	1	1

Cette expression des résultats n'amène rien de nouveau sur le plan physique ; elle permet de familiariser l'enfant avec la manipulation de ces tableaux, de séparer, compléter des variables, de traiter des quantités comme variables, de reconnaître, en fonction des résultats, les variables opérantes et celles qui ne le sont pas.

Des situations physiques sont plus intéressantes. On dispose maintenant de deux iodes l'une placée entre l'ampoule et le pôle +, l'autre placée entre l'ampoule et le pôle -. Les variables sont ici l'orientation de chacune de deux iodes.

	Diode 1 Diode 2	Orientation du + vers le -	Orientation du - vers le +
Orientée du + vers le -		1	0
Orientée du - vers le +		0	0

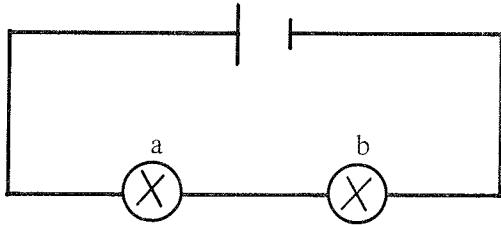
Pour beaucoup d'enfants, la situation qui favorise, a priori, l'éclairement de l'ampoule est celle décrite par le schéma ci-dessous. Persistant dans leur représentation ils affirment : "Ainsi, les courants + et - vont pouvoir aller jusqu'à l'ampoule."



La vérification expérimentale contredit leur prévision, sans remettre en cause de manière définitive leur modèle à deux courants, comme le montre les activités ultérieures.

On dispose dans le circuit en série deux ampoules identiques notées a, et b. Ces ampoules peuvent s'éclairer : leur éclairement est noté : e_a et e_b . On demande aux enfants de prévoir en fonction de leur position relative et leur orientation, l'éclairement relatif des ampoules.

Ici le paramètre orientation n'est pour ainsi dire jamais évoqué. Par contre, la position relative a une grande importance.



Dans la situation décrite par le schéma ci-contre, l'inégalité souvent proposée est $e_a > e_b$.

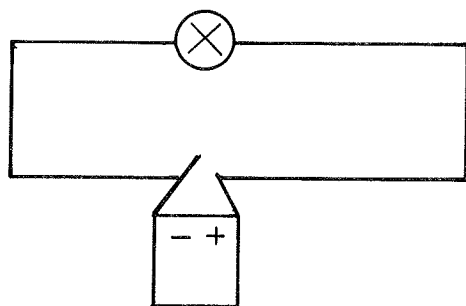
Celle qui s'éclaire le plus est reliée directement au pôle + de la pile. Là encore, les résultats expérimentaux constituent une surprise pour beaucoup. L'existence d'un seul courant est souvent évoquée alors pour justifier ces prévisions. Ils pensent, dans ce cas, que l'intensité du courant n'est pas la même en tous les points du circuit et qu'elle décroît après chaque obstacles. On note que les enfants utilisent, selon la situation expérimentale, diverses représentations (ou modèles).

E) TEST D'EVALUATION

Voici le test proposé aux enfants à l'issue des séances de travail en électricité. Il vise en outre à faire surgir les modèles des enfants.

ELECTRICITE

1) On a réalisé le circuit ci-dessous :



Explique comment l'ampoule s'allume

.....
.....
.....

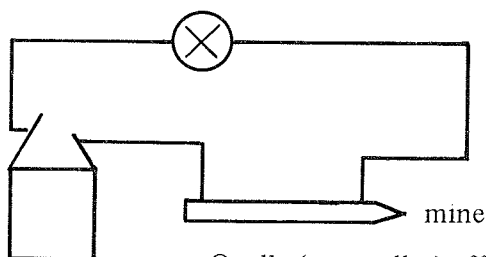
Quel est le trajet de l'électricité ?

.....
.....

2) Dans ce circuit, il y a une mine de crayon. L'ampoule brille peu.

Voilà ce que disent quelques camarades. L'ampoule brille peu parce que :

- la mine, ce n'était pas tout à fait du métal
- on a mis les pinces au bout
- la mine ne conduit pas l'électricité loin
- il y a un peu de courant qui se perd



Quelle (ou quelles) affirmation te paraît (paraissent) juste ? Pourquoi ?

.....
.....

3) Dans la mine de crayon, il y a peut-être une partie conductrice et une partie qui ne l'est pas ; dessine sur la mine, où se trouve à ton avis, la partie conductrice et la partie isolante.

.....
.....
.....

4) La grosse ampoule 220 V – 100 W ne s'éclaire pas lorsqu'elle est branchée aux bornes de la pile. Explique pourquoi.

.....
.....

5) On a mis à l'extrémité des fils la lame d'un couteau et un morceau de papier. La lame de couteau et la feuille de papier se touchent.

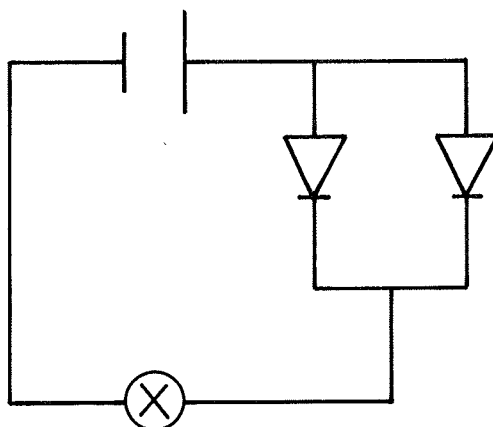
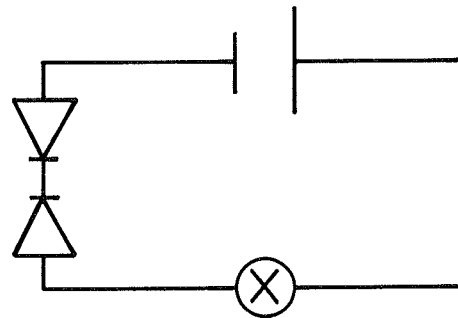
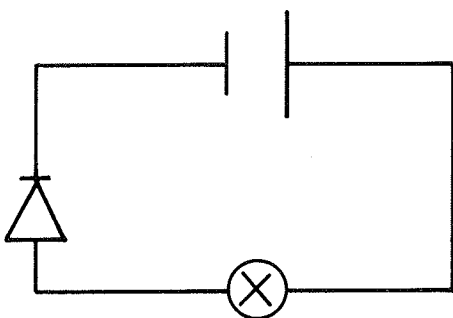
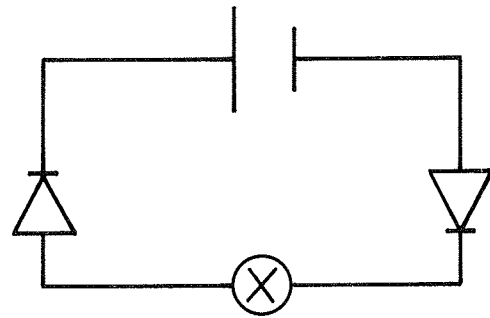
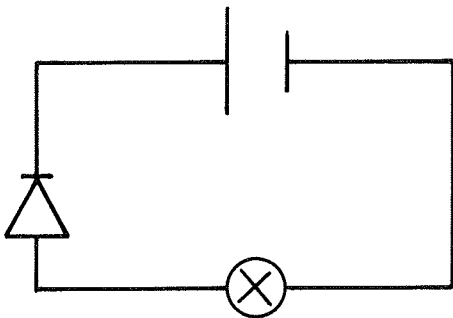
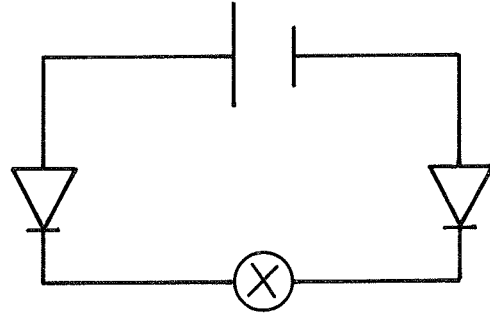
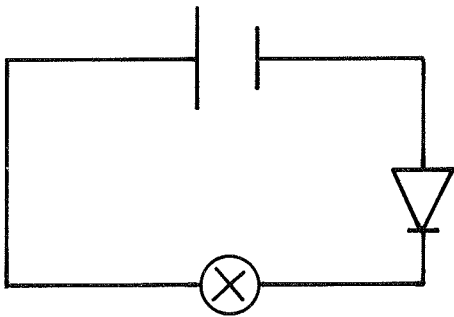
L'ampoule s'allume t-elle ? Pourquoi ?

.....

ELECTRICITE

Examine attentivement ces schémas.

Si tu penses que l'ampoule s'allume dessine au crayon des rayons tout autour de l'ampoule.



Commentaires à propos de ce test

1) A la question : "Comment l'ampoule s'allume-t-elle ? " les réponses, quand il y en a, sont du type :

"L'ampoule s'allume avec deux contacts, un contact au + et un contact au - . Le trajet de l'électricité est du + à l'ampoule et du - à l'ampoule. Il y aurait donc un courant qui sort par chaque borne de la pile."

Un seul élève fait un schéma donnant une idée de circuit.

Par conséquent, la notion de circuit est loin d'être évidente puisque la majorité des enfants opte pour le double courant.

2) En très grosse majorité, les enfants répondent que la mine ne conduit pas le courant très loin. Ils sont incapables de dire pourquoi.

3) On trouve des réponses très diverses, mais aucune n'est satisfaisante.

4) La réponse la plus fréquente est que l'ampoule ne s'éclaire pas parce que la pile n'est pas assez puissante.

5) Une grosse majorité dit que le papier n'est pas conducteur.

6) Quant à l'analyse des schémas, on constate qu'une grande partie des élèves a compris le rôle de valve joué par la diode.

Les problèmes surgissent lorsque l'on met deux diodes en parallèle.

GRAND N

**Coordination
des articles** *Micheline Burgun*

**Coordination des
services techniques** *Christian Gaudin*

Secrétariat *Françoise Favier*

Composition *Fernande Lionet*

**Dessins techniques,
photogravure
et mise en page** *Bernard Cuchet*

Impression *Philippe Castellano*

Assemblage *Jean-François Berbel
Maurice Faure
Gilbert Jamet*

Diffusion *Françoise Favier
Laure Ravel*

Publicité *Nicole Cornier*