

Des coffrets de manipulation pour l'électricité au collège ⁽¹⁾

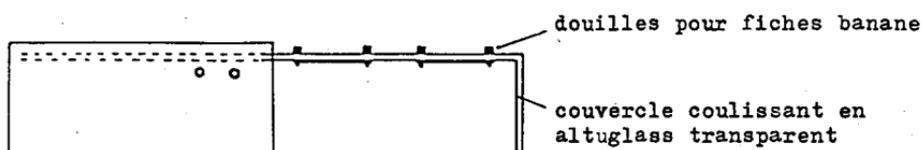
par J.-J. PEUZIAT,
Professeur de Physique, Quimper.

Résumé.

Présentation d'un ensemble de matériel pédagogique élaboré par un enseignant de collège pour répondre à un certain nombre de préoccupations quotidiennes du professeur et de ses élèves face aux manipulations en électricité.

Matériel disparate, aide de laboratoire souvent inexistant, absence de salles spécialisées, séquences de travail grignotées par une distribution puis le regroupement d'une multitude d'accessoires de manipulation, de trop nombreux groupes d'élèves qui n'en finissent pas de démêler leurs fils de connexion... Quel est l'enseignant de sciences physiques au collège qui n'a pas été tenté de recourir aux expériences réalisées à son bureau, faute de pouvoir faire face à bon nombre de ces problèmes ?

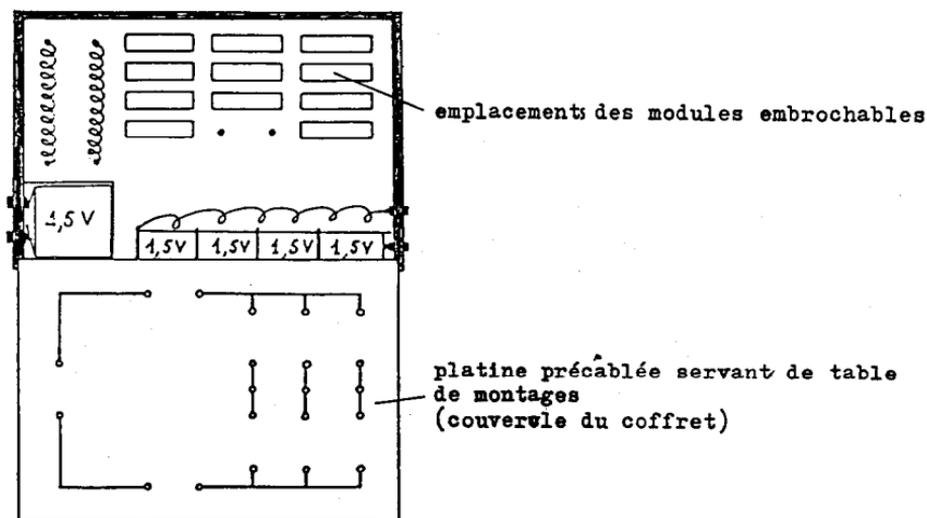
Au Collège La Tour d'Auvergne à Quimper, les élèves ont à leur disposition, depuis trois ans, pour toutes leurs manipulations d'électricité, un matériel original présenté dans un coffret (32 × 22 × 9,5 cm).



Coffret vu de côté en position « ouvert ».

(1) Il existe également des coffrets de manipulation :

- en électronique (seconde),
- en optique (quatrième et première).



Coffret vu de dessus, couvercle tiré.

Caractéristiques du coffret.

* Il s'adresse à un groupe de 2 ou 3 élèves ; il constitue le support de toutes leurs expériences en électricité de la 6^e à la 3^e.

* Son couvercle coudé sert de plan de travail en position « tiré ».

— Il porte 21 douilles pour fiches bananes offrant de nombreux intervalles standard dans un circuit précâblé à l'image des schémas conventionnels.

— Il est transparent, d'où un contrôle immédiat du contenu.

* Son contenu :

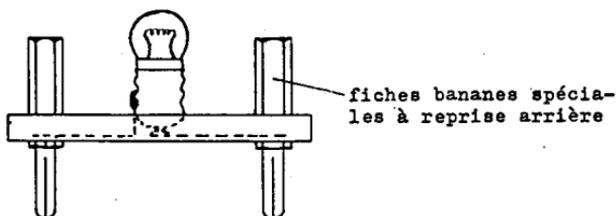
— 1 pile 4,5 V dont les pôles + et — sont reliés par des lames-ressort à 2 douilles rouge et noire solidaires du coffret ;

— 4 piles 1,5 V offrant les tensions 1,5 V ; 3 V ; 4,5 V ; ou 6 V par simple déplacement d'une barrette métallique ;

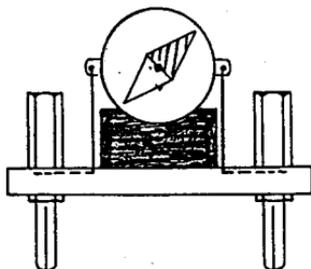
— 2 fils de connexion spiralés : ils suffiront à tous les montages sauf celui du télérupteur qui nécessite la mise en service des 2 sources du coffret ;

— 11 accessoires montés sur plaquettes altuglass transparentes (modules embrochables), dont :

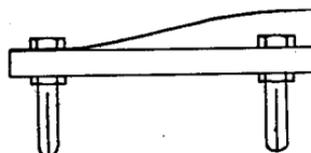
3 lampes 3,5 V
(0,2 A et 0,3 A)



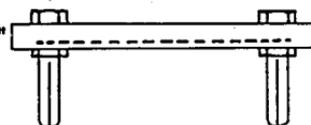
1 moteur (1,5 V -
6 V)



3 inters à lames



4 connexions "pont"



2 pinces crocodiles
montées sur fiche banane



LES MANIPULATIONS DE LA CLASSE DE 6^e EN ELECTRICITE.

A priori, on est tenté de penser qu'au stade de la découverte du circuit électrique élémentaire, de la notion de conducteur et isolant... il est indispensable que l'élève « débroussaille » lui-même son environnement expérimental en « bricolant » ses premiers circuits à partir de fils divers, conducteurs massifs, pinces crocodile, etc.

Par rapport au coffret de manipulation que je présente, il peut y avoir effectivement un choix pédagogique difficile à assumer pour certains. Qu'il me soit permis simplement de présenter ma modeste expérience à cet égard :

1^{re} séquence :

Pour leur première leçon d'électricité, les élèves ont entre les mains une lampe 3,5 V, une pile plate 4,5 V et une pile ronde 1,5 V avec pour mot d'ordre : « Faire l'inventaire des manipulations permettant d'obtenir de la lumière, avec toutes les variantes possibles ». Ils découvrent que les bornes de la lampe doivent entrer en contact avec les pôles de la pile, directement ou par l'intermédiaire de liaisons métalliques.

Pourquoi ne pas, dès lors, présenter les éléments de câblage de la platine de travail du coffret, les fils de connexion, les « ponts », les fiches bananes... comme autant de liaisons « métalliques » permettant d'obtenir le même résultat dans des conditions de confort accrues ?

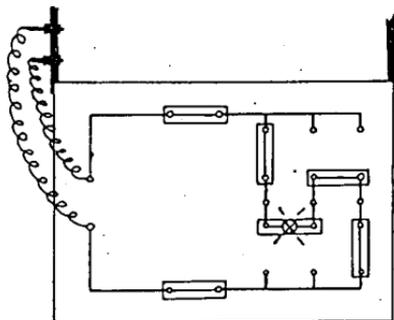
2^e séquence :

L'exécution de plusieurs circuits différents peut être guidée par des consignes du genre :

« Allumer la lampe le plus loin (ou le plus près) possible de la pile 4,5 V (ou 1,5 V) ».

« Allumer la lampe en utilisant la plus grande longueur de liaisons métalliques (ou la plus courte) » ; etc. mais en s'imposant de n'utiliser que les accessoires du coffret.

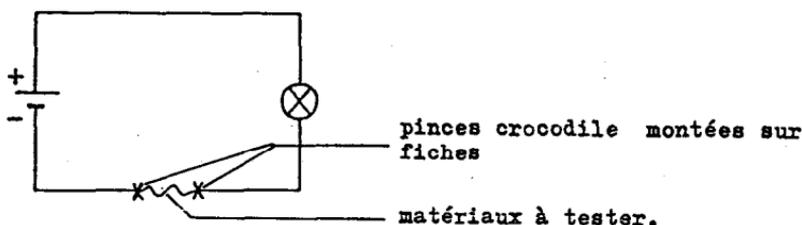
On obtient alors dans une classe des cas de figures très divers du genre :



Echecs et succès amènent professeur et élèves à faire le point sur la nécessité de constituer des boucles fermées. Tout en se familiarisant avec les nombreuses possibilités de cette platine de montage précâblée, les notions de circuit, de courant électrique ont été abordées ; si le professeur l'a jugé opportun, un premier schéma conventionnel aura été suggéré introduisant la notation du générateur et de la lampe.

3^e séquence :

Quels sont les matériaux qui conduisent le courant électrique ? Le professeur propose le schéma conventionnel suivant :



L'élève est invité à en exécuter le montage sur sa platine ; le professeur fera observer différentes variantes, qui ne manqueront pas d'apparaître d'un groupe à l'autre, afin de bien situer le schéma conventionnel par rapport au schéma de montage.

Dans le tableau des résultats, on n'omettra pas de mentionner *l'air* car sa propriété isolante pourra être immédiatement exploitée pour introduire un nouvel accessoire pratique : l'interrupteur.

Les élèves disposent alors de tous les éléments nécessaires à la réalisation du montage « simple allumage ». Une confrontation des choix faits dans des groupes voisins quant à la disposition des éléments générateur - lampe - interrupteur sur la platine sera intéressante.

A titre d'exercice de consolidation, on peut déjà, à ce stade, procéder à une recherche des causes de non-fonctionnement du circuit simple allumage.

Cette démarche me paraît de nature à justifier de l'utilisation, dès la 2^e leçon, de la platine de montage et des accessoires du coffret. L'élève de 6^e apprécie de disposer d'un matériel simple et efficace ; il n'a pas ainsi à superposer constamment 2 difficultés : le mode d'emploi du matériel et les connaissances qu'il doit en tirer.

Quand la manipulation se situe à la frontière du jeu.

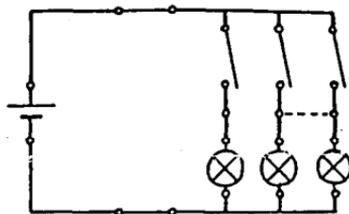
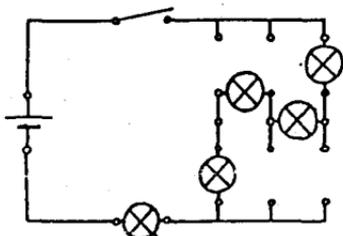
Le coffret d'électricité, sa platine de montage et les accessoires de base sont devenus des éléments familiers. Voici encore

quelques aspects du programme dans lequel l'enfant de 11 ans va progresser à travers l'observation de ses propres montages qu'il prendra plaisir à exécuter :

* *Sens du courant* : Le petit moteur 1,5 V - 6 V monté sur module embrochable deviendra tout de suite pour lui son « récepteur » préféré !

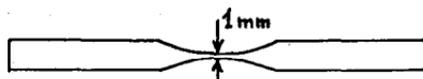
* *Association de piles* : Fini les pôles qui ne veulent pas rester en contact ou l'usage de pinces crocodile : il peut associer à loisir 4 piles de 1,5 V de toutes les façons possibles et tester à chaque fois le résultat obtenu à travers l'éclat d'une lampe, le sens ou la vitesse de rotation du moteur.

* *Association de récepteurs* : 2 exemples de réalisations possibles parmi beaucoup d'autres (les 3 inters à lames autorisent beaucoup de variantes).

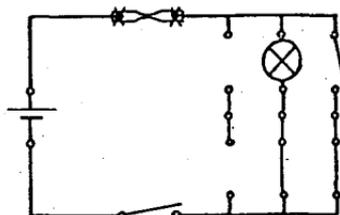


* *Le court-circuit et le fusible* : Je voudrais souligner ici les résultats particulièrement spectaculaires obtenus en utilisant du papier aluminium contrecollé sur un support papier (emballage de cigarettes par exemple) :

- découper une bande de ce papier en ménageant un étranglement de l'ordre de 1 mm :



- pincer ce conducteur entre les 2 pinces crocodile du coffret dans un montage du genre :

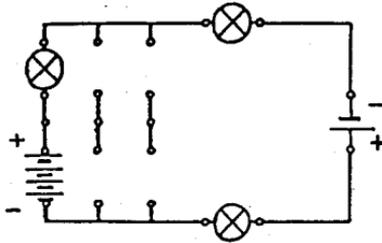


Lorsqu'on appuie sur les 2 inters à la fois, plusieurs cas de figures peuvent se présenter selon l'état de la pile et l'importance de l'étranglement :

- l'aluminium fond ; on a montré le principe du fusible ;
- l'aluminium chauffe et fait prendre feu au support en papier : danger d'incendie dans un circuit ;
- l'aluminium chauffe mais résiste : le circuit est mal protégé.

* *Un exercice de synthèse des connaissances* : Alimenter normalement 3 lampes 3,5 V - 0,3 A placées en série à partir des piles du coffret.

Rechercher une disposition du circuit permettant d'insérer un inter de commande des lampes.

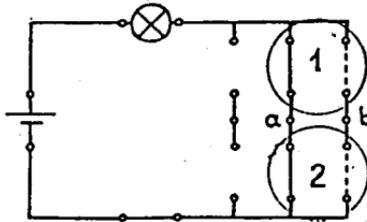


LES MANIPULATIONS DE LA CLASSE DE 5^e EN ELECTRICITE.

En 5^e, l'élève retrouve son coffret de base enrichi pour chaque leçon d'un accessoire s'y adaptant :

- *Le va-et-vient* : Il est invité à réaliser et à étudier le montage suivant :

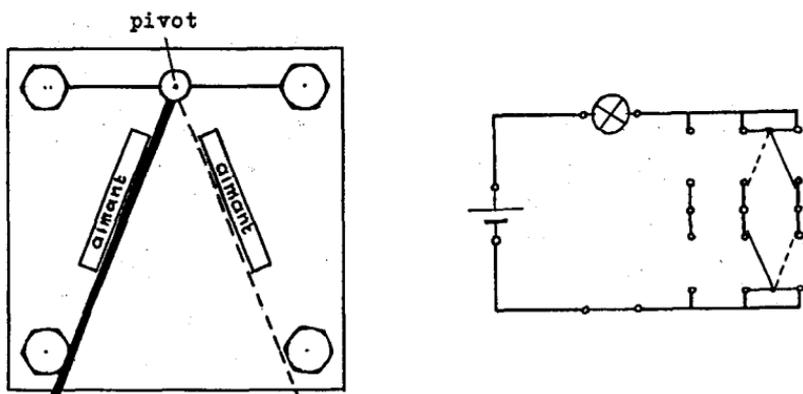
Les cercles (1) et (2) symbolisent deux postes de commande (les 2 portes d'une pièce par exemple).



* Sortant de la pièce, il est possible d'éteindre de (1) ou de (2) en déplaçant la connexion « pont » de la voie *a* sur la voie *b*.

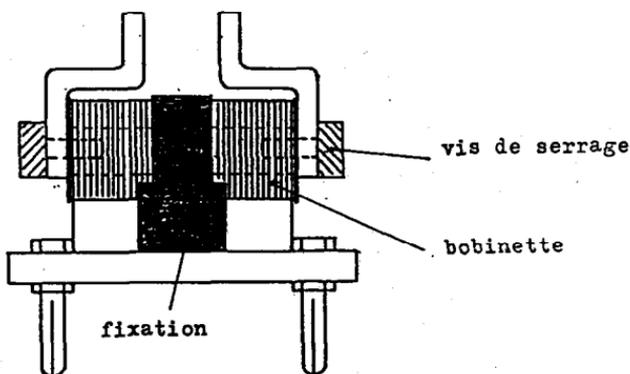
* Rentrant dans la pièce, par (1) ou par (2), il est possible de rallumer par une manœuvre similaire.

Il n'y a plus qu'à présenter à l'élève le modèle didactique de commutateur à double direction : il saura réaliser son va-et-vient.



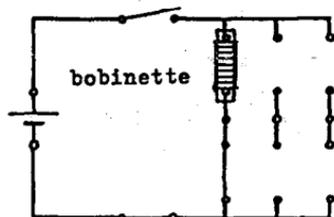
— *L'électroaimant* : Une bobinette de fil conducteur (3/10 mm) montée sur un module embrochable devient l'élément permanent de la découverte de l'électromagnétisme dans la classe de 5^e.

Son noyau en fer doux est amovible et peut être muni d'une armature.

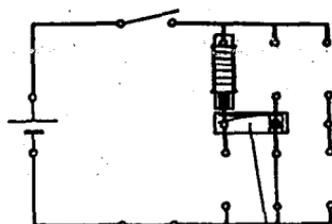


La série des manipulations suivantes donne un aperçu de l'exploitation possible de cette bobinette :

- * Inter fermé, le noyau en fer doux est un aimant.
- * Une boussole permet de repérer les pôles.
- * Une pointe en acier trempé substituée au noyau autorise l'expérience de l'aimant brisé.

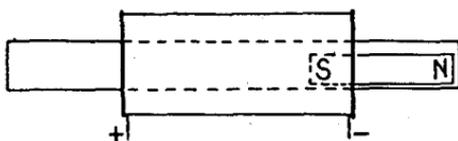


* Une adaptation « vibreur » placée judicieusement dans le circuit de la platine permet à l'élève d'observer dans quelles conditions cet aimant temporaire peut provoquer la vibration d'une lame élastique montée sur support embrochable. La vis pointeau est réglable par l'élève.



adaptation "vibre"
sur module embrochable

Retour à l'étude de la bobinette seule :



Bobinette alimentée par la pile 4,5 V.

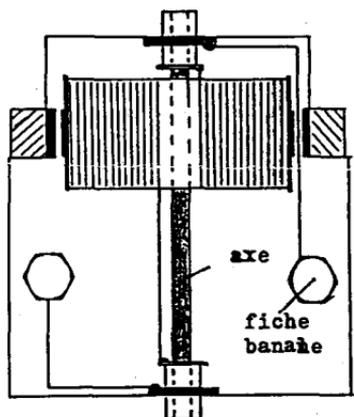
* Un tube en plastique transparent a remplacé le noyau ; il servira de support à un petit barreau aimanté présenté aux faces de la bobinette.

* Une étude préalable aura été menée à l'aide d'une boussole pour définir la relation entre sens du courant et faces de la bobinette.

- * Présenter un pôle de l'aimant : il est repoussé.
- * Présenter l'autre pôle de l'aimant : il est avalé.

* Comment le récupérer par une intervention magnétique ? L'élève trouvera qu'il suffit d'inverser le sens du courant dans la bobinette, et il est éjecté !...

- *Le pré-moteur* : Une bobinette identique à celle de l'électroaimant est rendue mobile autour d'un axe et mise en présence de un ou deux aimants. Une bague isolée de l'axe assure le contact électrique avec les supports métalliques puis les fiches bananes.



Pré-moteur, vu de dessus.

* Placé dans le circuit de la pile 4,5 V sur la platine du coffret, cet accessoire original que j'ai baptisé « pré-moteur » permet à l'élève une étude très intéressante de l'action d'un aimant fixe sur une bobine parcourue par un courant et mobile autour d'un axe.

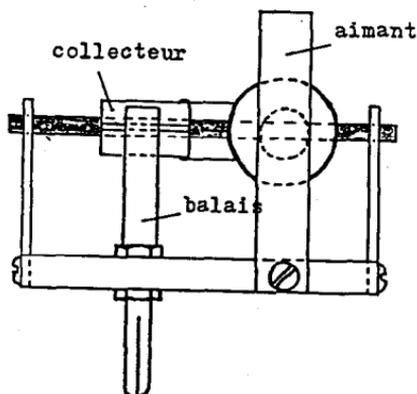
* La bobinette est verticale : lancer le courant en fermant l'inter à lame du circuit ; la bobinette effectue un quart de tour, *oscille* autour de la position horizontale, puis se stabilise.

* Permuter les branchements de la pile ; placer la bobinette dans la position atteinte tout à l'heure grâce à l'énergie cinétique acquise ; lancer de nouveau le courant ; elle opère encore un demi-tour.

Quelques répétitions de cette expérience conduisent très vite l'élève moyen de 5^e à envisager la possibilité d'une inversion automatique du sens du courant dans la bobinette, à chaque demi-tour, afin d'obtenir le vrai MOTEUR ÉLECTRIQUE !

— *Le moteur électrique bipolaire :*

* La maquette « pré-moteur » est alors enrichie du système (demi-bagues-balais). Lorsque l'élève aura fait tourner à loisir et



Moteur bipolaire, vu de côté.

non sans un certain émerveillement, ce moteur électrique enfin démystifié, le professeur pourra guider son étude.

* Rotation de l'induit à la main pour prendre conscience du mécanisme d'inversion du sens du courant.

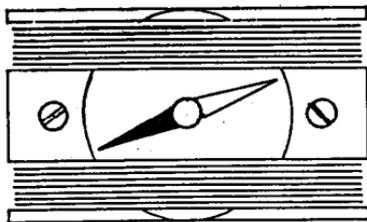
* Echec au démarrage lorsque l'induit est horizontal (balais en contact avec l'isolant : d'où l'idée d'un perfectionnement, induit tripolaire...).

* Quantité de manipulations sont possibles pendant la rotation :

- enlever un aimant,
- le replacer à l'envers, inverser les deux aimants,
- éloigner très progressivement les 2 aimants, certains élèves obtiendront alors un véritable ralenti très intéressant à observer.

— *Le détecteur de courant à boussole :*

A ce stade il est indispensable de faire observer un autre profit que l'on peut tirer du comportement d'une bobine parcourue par un courant, pouvant recevoir une boussole en son sein : le détecteur de courant est aussi monté sur un module embrochable en tout intervalle de la platine du coffret.



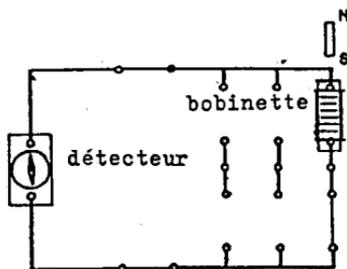
Le détecteur vu de dessus.

* L'élève pourra détecter le faible courant dû à la pile 4,5 V, ou mieux 6 V, à travers l'eau salée, l'eau du robinet et jusqu'à sa langue ou ses doigts humectés de salive.

Il y a là matière à une approche des dangers du courant électrique par comparaison des effets produits par une source de 1,5 V, 6 V, puis 10,5 V (obtenue par mise en série de toutes les piles du coffret).

— *Le courant induit :*

Deux manipulations peuvent permettre à l'élève de prendre conscience de la production d'un courant par déplacements relatifs bobine-aimant :

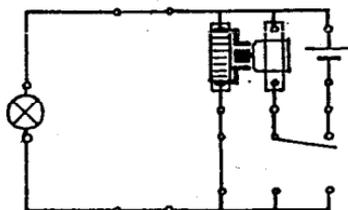


* (1) La bobinette est placée en série avec le détecteur de courant, sur la plus grande boucle afin d'éviter l'influence de l'aimant sur l'aiguille de la boussole.

* Le courant induit par le déplacement du petit barreau aimanté au voisinage des faces de la bobinette est mis en évidence par le détecteur ; les opérations sont facilitées par l'utilisation du tube support en plastique dont on aura bouché une extrémité.

* (2) La bobinette est remplacée par le moteur électrique bipolaire : si on fait tourner le rotor à la main, le détecteur témoigne de la production d'un courant continu.

— *L'alternateur* (principe de la génératrice de bicyclette) :



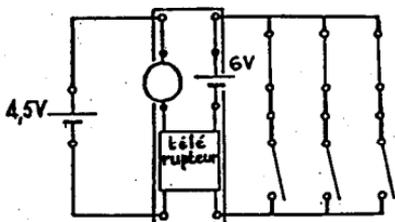
* La bobinette est équipée de sa carcasse magnétique : l'entrefer est placé horizontalement côté moteur.

* L'axe du moteur 1,5 V - 6 V, est équipé d'un montage de 2 petits aimants collés sur une entretoise en matière plastique.

* Ce moteur est alimenté par un circuit indépendant à l'aide des piles 1,5 V.

Lorsque l'aimant tourne dans l'entrefer, la lampe (3,5 V - 0,2 A) s'allume. Il est difficile d'utiliser l'oscillographe au niveau de la classe de 5^e, je signale cependant que la tension aux bornes de la lampe est particulièrement intéressante à observer : on obtient une belle sinusoïde dont on peut étudier la période et l'amplitude en fonction de la vitesse de rotation de l'aimant (moteur alimenté en 1,5 V - 3 V - 4,5 V ou 6 V).

Pour terminer le tour d'horizon de la classe de 5^e, je précise aussi que le télérupteur distribué dans tous les établissements peut se monter sur un support altuglass embrochable sur la platine du coffret.



On obtient alors une triple commande à distance d'un circuit de puissance (moteur ou lampe).

Observez comme la configuration du montage expérimental reste toujours très sobre, stable et très proche du schéma conventionnel : l'élève y retrouve son compte...

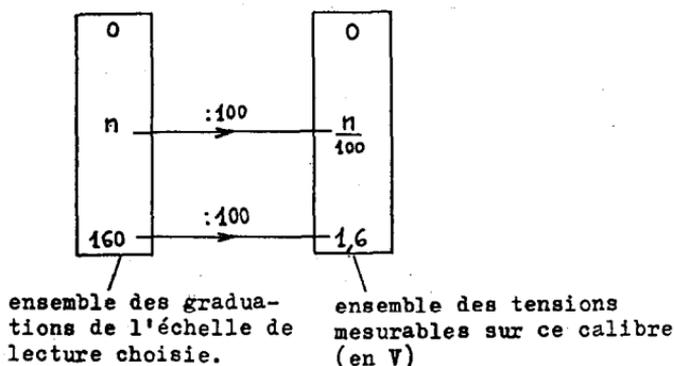
A noter aussi dans les accessoires un I.L.S. monté sur support embrochable. On pourra l'utiliser comme interrupteur en différentes circonstances.

LE PROGRAMME DE LA CLASSE DE 4^e.

* J'ai monté un transistor BD 522 sur un module embrochable en suivant les instructions données par Marcel GUINET dans le B.U.P. n° 650 de janvier 1983. Les résultats sont très satisfaisants. Ainsi, dès le début de ses leçons d'électrostatique, l'élève de 4^e retrouve avec plaisir son coffret de montages électriques.

* Pour l'étude de l'intensité et de la tension dans les différents circuits série ou dérivation, la réalisation du montage lui-même ne nécessite plus qu'une ou deux minutes. Le professeur dispose alors d'un temps très confortable à chaque séance pour aborder l'essentiel : place de l'ampèremètre (il suffit d'ôter une connexion « pont ») du voltmètre (les fiches bananes sont toutes à reprises arrière sur les récepteurs) et lecture sur un maximum de calibre dans des situations très diverses... (piles en série, en opposition...).

A propos du passage de la lecture en divisions à la mesure en A ou en V, je voudrais faire part aux collègues qui rencontrent des difficultés, d'une petite méthode que j'applique depuis plusieurs années et qui me paraît efficace. Les élèves sont invités, à chaque changement de calibre, à dessiner un diagramme sagittal du genre :



Si l'aiguille s'arrête sur la graduation n , alors :

$$U = \frac{n}{100} V.$$

Relation P = UI.

J'ai monté sur un module embrochable sur la platine du coffret une douille pour lampes voitures dont les puissances

affichées vont de 4 W à 21 W. Cette gamme permet à l'élève de vérifier la relation dans de bonnes conditions.

J'avoue, à propos de cette relation $P = U.I.$, avoir pris la liberté de retarder son étude, en accord avec mes collègues de l'établissement, jusqu'à la fin de la classe de 3^e (2). En effet, des réflexions d'anciens élèves comme de collègues enseignant en classe de seconde m'ont fait prendre conscience du grand intervalle de temps séparant l'apprentissage du contrôleur en classe de 4^e de sa réutilisation en classe de seconde des lycées. Qu'en pensez-vous ?

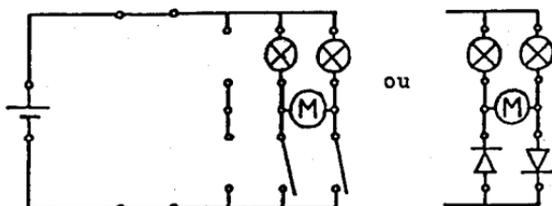
Redressement du courant alternatif.

Chaque groupe d'élèves dispose de 4 diodes du type 1 N 4002 ou similaire, montées sur module embrochable.

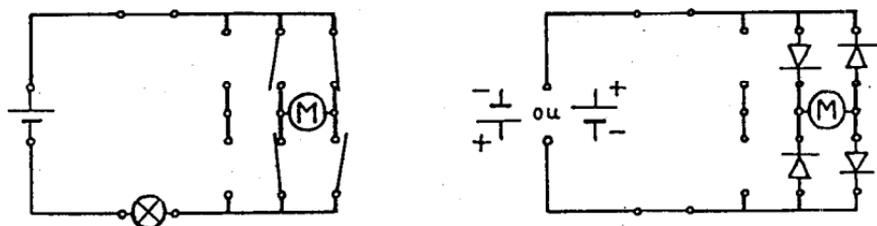
Le pont à diode est souvent présenté aux élèves de façon assez artificielle. A condition d'émettre certaines réserves quant à une comparaison trop poussée, il me semble intéressant au niveau de la classe de 4^e de mener une étude comparative entre une diode abordée par le courant en sens direct ou inverse et un interrupteur en position fermée ou ouverte.

1^{re} étape :

Comparer la fonction des interrupteurs d'une part, et des diodes, d'autre part, dans ces deux montages.



2^e étape :



(2) N.D.L.R. : Ce point de vue n'engage que l'auteur.

Avec les 4 diodes ainsi disposées, le sens de rotation du moteur ne dépend plus du branchement de la pile.

Il en va de même si on passe à une alimentation par courant alternatif.

Ainsi, le coffret d'électricité auquel viennent s'ajouter progressivement une quinzaine d'accessoires embrochables sur la platine couvercle permet à chaque groupe d'élèves de conduire l'ensemble des manipulations prévues au programme d'électricité de nos collègues.

Après trois années d'expérimentation, je n'hésite pas à affirmer que ce matériel simple, robuste et efficace, résoud un certain nombre de problèmes quotidiens du professeur d'électricité au collège ; quelques exemples parmi les plus notables :

- Les piles ne sont plus un problème ; grâce aux inters à lames il n'est pas rare de les voir dépasser le demi-trimestre (dans un collège de 900 élèves !)
- Les coffrets « gerbables » circulent d'une salle à l'autre en toute autonomie ; ils sont numérotés ; les élèves sont responsables de leur rangement ;
- Le professeur est décontracté, il sait que la rapidité d'exécution des montages lui permettra de suivre presque de façon satisfaisante ses douze groupes de travail... en tout cas à la sonnerie de fin de séance, les coffrets lui seront ramenés sur le bureau en bon ordre ;
- Il n'est pas rare de voir les élèves prendre goût à leur travail autour de leur coffret !...

Reste le problème de mettre ce matériel à la disposition des élèves. Je souhaite bon courage au collègue qui voudrait entreprendre lui-même sa réalisation !...

Alors je suis heureux de pouvoir dire ici, dans les pages du B.U.P., que j'ai eu la chance de rencontrer un industriel, dirigeant un atelier *protégé*, qui a tout de suite compris l'intérêt que pouvait présenter ce matériel simple, mais bien adapté aux besoins exprimés par les enseignants et leurs élèves.

Ce matériel est actuellement fabriqué en série et distribué par :

KERPONT DÉCOLLETAGE,
Z.I. Bellevue, 56850 Caudan.
Tél. : (97) 76.09.43.

Il est livré avec un document d'accompagnement développant les possibilités d'exploitation énumérées dans cet article.

A noter.

1) A l'intention des collègues enseignant l'électronique en classe de seconde, une version « second cycle » du même coffret permet une étude très complète de tous les composants de base : résistors, VDR, CTN, photorésistance, diodes, transistors... avec possibilité de faire des montages, toujours à partir de modules embrochables, du type :

détecteur d'incendie,

éclairage public,

détecteur de courant faible (montage à 2 transistors),

rhéostat électronique,

...

2) Un coffret « Optique en 4^e » est en étude de fabrication et sera disponible prochainement. Ses caractéristiques essentielles sont :

- Tous les accessoires enclipsables sur un rail de guidage sont regroupés dans un coffret analogue à celui d'électricité et d'électronique.
 - Une source (lampe 3,5 V avec réflecteur parabolique) alimentée à partir du coffret est commandée par un inter à lame incorporé.
 - Quatre lentilles ; une boule pour étude des ombres ; une série de diaphragmes, un écran, un miroir, une chambre noire, une cuve étanche à fluorescéine pour la visualisation des rayons et faisceaux.
 - Enfin, une enceinte obscure coiffant le volume expérimental autorise les expériences les plus délicates en salle claire.
-

Prix et conditions de vente.

* Le coffret de base (garni selon la description du paragraphe « Caractéristiques du coffret ») : 460,00 F T.T.C.

* Les accessoires sont indiqués ci-dessous avec leur prix (T.T.C.) :

	F (T.T.C.)
1. Lot de deux commutateurs didactiques pour va-et-vient .	48,00
2. Une bobinette de fil conducteur avec :	
— noyau en fer doux amovible	}
— armatures en fer doux	
— tube plastique transparent	
— petit aimant droit cylindrique	
3. Une adaptation pour sonnette électrique type « ronfleur »	60,00
4. Un détecteur de courant avec boussole \varnothing 35 mm	68,00
5. Un télérupteur type « Finder » monté sur platine embrochable	102,00
6. Un « pré-moteur » (étude de l'action d'un aimant sur une bobine)	135,00
7. Un moteur bipolaire de démonstration	143,00
8. Une adaptation pour l'étude du principe de la génératrice de bicyclette (alternateur)	92,00
9. Un I.L.S. monté sur support embrochable	27,00
10. Lot de quatre diodes montées sur support embrochable .	96,00
11. Détecteur de charges électriques	32,00
12. Une douille pour lampes « voitures » 12 V - 5 à 21 W	23,00
13. Coffret nu	75,00

* Le coffret d'électronique : 690,00 F T.T.C.

* Conditions de vente :

- Prix départ usine,
- Prix pour commande unitaire,
- Prix pour commandes groupées, nous consulter,
- Frais de port et d'emballage : environ 50,000 F le coffret pour les commandes unitaires,
- Possibilité de commande à l'essai durant 15 jours.