
Bulletin de l'Union des Physiciens

Association de professeurs de Physique et de Chimie

Il faut faire de l'électronique au lycée

par Bruno VELAY
Lycée Rodin, Paris

Plaidoyer pour ne pas sacrifier l'électronique au lycée sur l'autel des éventuelles réductions de programme.

Cet article est le reflet de mon travail d'animateur des stages de mise en place des nouveaux programmes de premières S et terminales. Je remercie sincèrement mes deux collègues J. Cohen - Tannoudji et R. Bourbonneux sans lesquels ces stages n'auraient pu avoir lieu. Je remercie aussi Mmes Dufour - Duboc et Le Bail, ainsi que M. Bérard, IPR de Paris, pour la confiance qu'ils m'ont témoignée.

Introduction

Enseigner l'électronique au lycée s'inscrit dans une continuité : du collège au lycée, puis dans le supérieur, nous pouvons ainsi présenter, expérimenter et appliquer l'intégralité des phénomènes électriques : intensité, tension, bilan d'énergie, condensateur, phénomènes périodiques, logique.

Cela implique une pratique expérimentale et théorique simple et formatrice tant pour la tête que pour les mains de nos élèves. Elle permet l'évolution de notre discipline en favorisant la prise en compte au baccalauréat de savoir-faire expérimentaux. Elle motive nos élèves par son aspect contemporain et technologique, sans excès.

Atteindre ces objectifs nécessite des effectifs-élèves raisonnables (7 groupes), des agents de laboratoire et du matériel, une formation continue, des centres de ressources...

Pour concilier la longueur des programmes, les horaires et la pratique régulière de travaux pratiques, il convient d'examiner, avec soin et prévoyance, le choix des notations, des sujets d'étude, des manuels pour rechercher le plus de cohérence possible au fil des années d'étude.

Dans cet esprit, je vous propose d'examiner quelques exemples de progressions horizontales (sur un niveau) et verticales (sur des niveaux successifs).

Plan

1^{re} partie - Exemples de progressions horizontales

1. En seconde : électricité, électronique.
2. En première S : composants pour une alimentation stabilisée.
3. En terminale C/D : oscillations d'un circuit RLC série.

2^e partie - Exemples de progressions verticales

1. Maîtrise de l'oscillo.
2. L'A.O. inverseur (bilan de puissance, expliquer le montage dérivateur).
3. Charge et décharge d'un condensateur, wobbuler.
4. Algébrisation des grandeurs électriques.
5. Moteur à courant continu.
6. Fonctions logiques. (... Oscillateur astable).

Annexes

1. Références, fournisseurs.
2. Utiliser les ultra-sons en première S.
3. Utiliser la «goulotte» d'électricien.

Première partie

Exemples de progressions horizontales

A un niveau donné, les sujets à traiter ont pu être abordés auparavant (au collège...). Seule l'analyse précise des contenus et des objectifs permettra de suivre le programme en évitant une inflation de concepts. Pour être efficace dans le temps imparti, il faudra nécessairement choisir de ne pas traiter des points qui peuvent encore figurer dans des manuels, qui seront toujours complets.

1. CLASSE DE SECONDE

L'ampleur des effectifs et l'hétérogénéité des élèves incitent à une démarche prudente, rigoureuse et non ambitieuse.

1.1. Introduction expérimentale de U et I

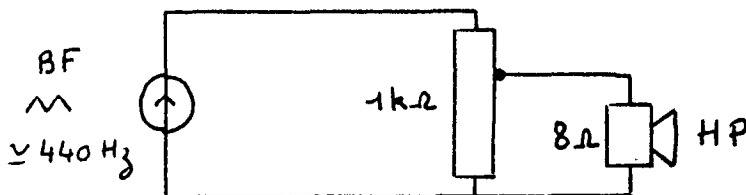
Reprise des notions de collèges, mesures (l'emploi de multimètres numériques est efficace), exercices sur les lois des nœuds et des mailles.

1.2. Interprétation

- Analogies hydrauliques (chauffage central).
- Différence de potentiel.
- Nature de la conduction (cuivre, verre, sel fondu, CuCl_2 aqueux, migration des ions).

1.3. Réinvestissement direct

1 - Le composant le plus simple R : loi d'ohm, montages associés en indiquant que le volume sonore dépend de la tension, ce potentiomètre peut expliciter le diviseur de tension (comparer avec le «la 440» du diapason).



2 - Trois TP à l'oscillo

- Déviation verticale (maquette, piles).
- Déviation horizontale (base de temps, pratique du BF, graphes).
- Étude de la led.

3 - Mesures de résistances : mesurer et tracer R en fonction de la température (thermomètre) pour une thermistance (CTN 500Ω à 20°C). Incertitudes.

4 - Montage à masse au point milieu. Il permet le tracé à l'oscillo de caractéristiques (résistance radio, ajustable ; thermistance ; led). On peut étudier la rotation à l'écran de la droite lorsque la température varie... expliciter la pente.

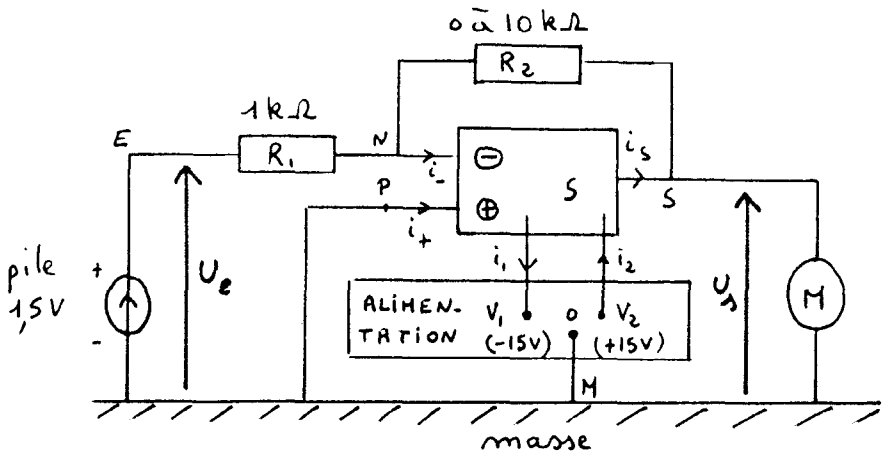
1.4. Réinvestissement en électronique

1 - Présentation du circuit intégré (CI), de son alimentation ($\mu\text{A} 741$).

2 - Ampli opérationnel inverseur (A.O.)

C'est au sens strict le montage choisi (dont parle le programme) dans cette progression (cf 2^e partie - § 2.).

• Mise en évidence du rôle du montage, notation

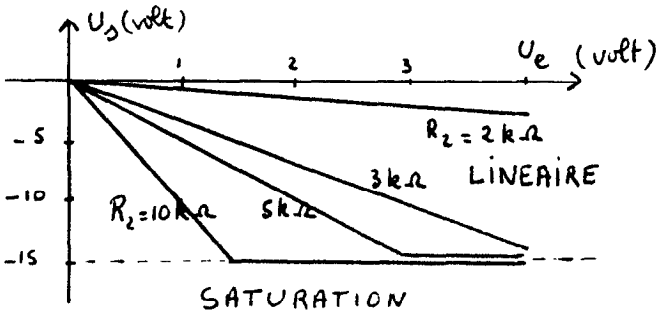
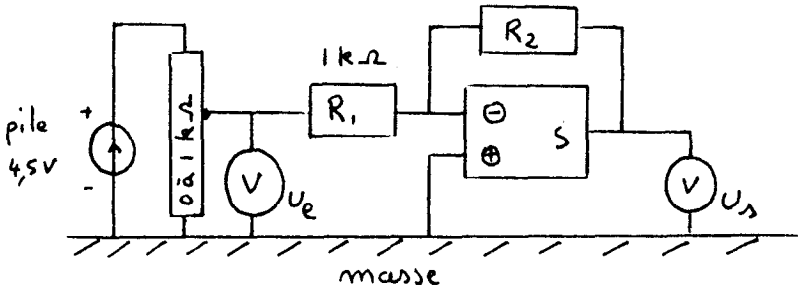


Un moteur à courant continu tourne s'il est alimenté directement avec une pile de 4,5 V, il ne tourne plus pour une pile de 1,5 V. Le montage indiqué permet un réglage précis de la rotation, en ajustant le gain en tension $G = \frac{U_s}{U_e}$

On peut aussi utiliser le BF et le haut-parleur précédent (principe de l'ampli d'un récepteur radio...) [1].

• Étude du gain, saturation (un TP)

On peut compléter le graphe pour U_e négatif (et U_s positif).



Critère de non saturation $V_1 < V_S < V_2$ ou $-V_A < V_S < +V_A$

Calcul du gain théorique $G = -\frac{R_2}{R_1}$

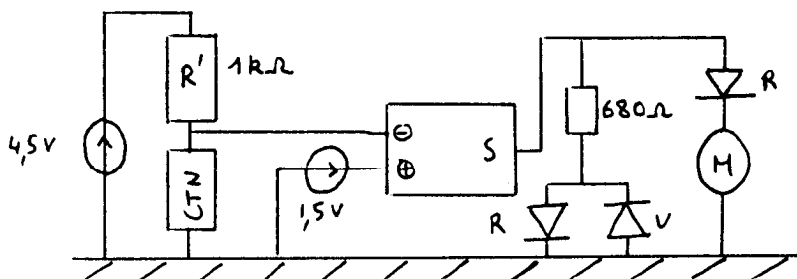
Critère de fonctionnement non saturé $\frac{V_1}{|G|} < U_e < \frac{V_2}{|G|}$

• Étude de l'ampli avec BF et oscillo, graphes.

3 - Chaîne électronique

Le remplacement de R_1 par la thermistance permet de faire varier G avec la température (usage en asservissement ou thermomètre électronique).

4 - CI fonctionnant en comparateur (éventuellement) chaîne : détecteur de température.



La thermistance détecte le changement de température, le comparateur analyse et commande le basculement des leds et la mise en marche du moteur ou d'une électrovanne, simulant la réponse du système.

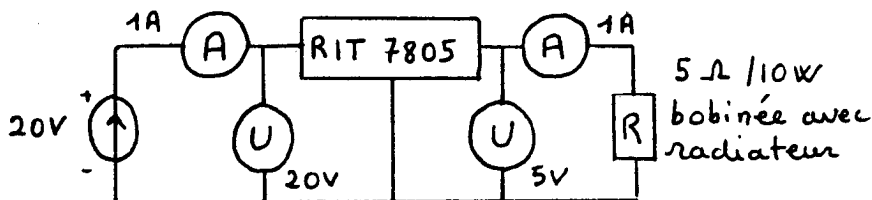
2. CLASSE DE PREMIÈRE S

En classe de quatrième, les élèves étudient le transformateur et le redressement (deux diodes leds, tête-bêche, indiquent l'influence sur le sens du courant).

Le programme de première S préconise la construction raisonnée d'une alimentation stabilisée en TP. Il recommande l'emploi de régulateur de tension intégré (RIT). Il est possible d'intégrer à la progression, l'étude des différents composants.

2.1. Usage du régulateur intégré 7805 en calorimétrie

Le TP collectif permet la mesure de quantités de chaleur et la comparaison des précisions des mesures électriques et calorimétriques. Il repose sur deux bilans de puissance : pour le RIT, la puissance thermique (15 W) vaut la puissance d'entrée (20 W) moins la puissance de sortie (5 W). Pour le résistor, la puissance thermique est la puissance Joule.



Le régulateur, muni d'un radiateur en tôle d'aluminium coudée, est câblé dans du tube PVC, isolé au silicone. Il plonge dans 100 g d'eau contenu dans un calorimètre. L'étude de la température en fonction du temps permet d'évaluer la puissance des pertes (thermomètre $1/10^\circ$, $\Delta\theta = 4^\circ\text{C}$ en 6 minutes, $P \approx 15\text{ W}$ à 20 % près).

On peut faire une étude similaire en plongeant la résistance isolée dans un autre calorimètre.

2.2. Le transformateur

Le bilan de puissance d'un transformateur 220/6 V constitue un exercice expérimental de cours (rappel valeur crête, valeur efficace) si l'on dispose d'un wattmètre. Le sujet reste délicat en première S [16].

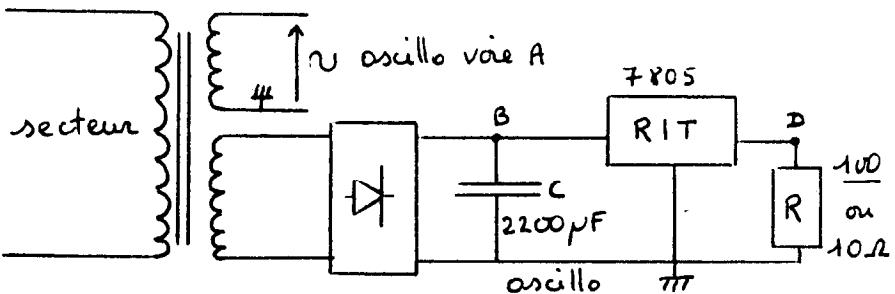
2.3. Le condensateur

- La charge et la décharge (à courant constant, à tension constante) permet d'expliquer l'effet de «générateur» à l'origine du lissage par condensateur [2] [3].
- L'aspect énergétique est spectaculaire avec un condensateur de 1 farad (supercap) et un moteur à bon rendement [4] [5] (cf 2^e partie - § 3.).

2.4. L'alimentation stabilisée [3] [17]

Elle se réalise ensuite aisément en un TP.

On présentera des alimentations récupérées (chargeur de batteries pour calculette, pH mètre du CEMS, alimentation d'ampli d'antenne de TV...).



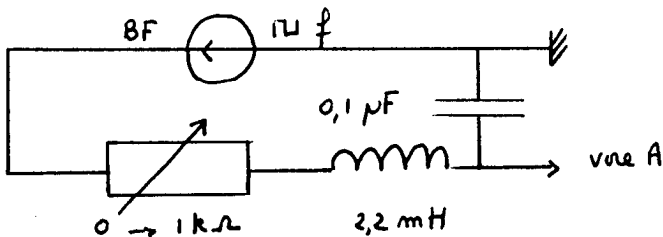
- On étudiera d'abord l'apport de chacune des fonctions successives en double-traces avec un transformateur à deux secondaires (ne pas mettre la masse de l'oscillo de part et d'autre du pont de diodes en même temps, sinon destruction du pont !).
- On distinguera le rôle du condensateur (obtention d'une tension presque égale à la tension crête) de celui du régulateur d'abord en ôtant le condensateur (la condition de fonctionnement du régulateur $U_e \geq U_{\text{régulation}} + 2 \text{ V}$ n'est pas vérifiée en permanence) puis en branchant un potentiomètre de puissance convenable, en amont du pont, et en observant successivement en B puis en D la limitation de la tension de sortie et sa stabilisation.

3. CLASSE DE TERMINALES C/D

L'oscillateur harmonique est un sujet classique de terminale, mais on ne disposait pas d'oscillateur non amorti. Maintenant il est possible d'étudier complètement les oscillations propres d'un RLC série.

3.1. Oscillations propres amorties

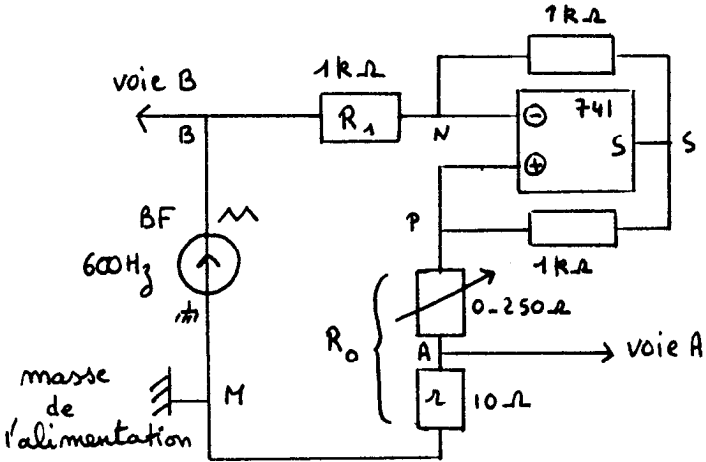
Le générateur BF est responsable d'une périodicité lente ($f \approx 1 \text{ kHz}$), il définit régulièrement les conditions initiales de l'oscillateur libre (fréquence propre $f_0 \approx 10 \text{ kHz}$).



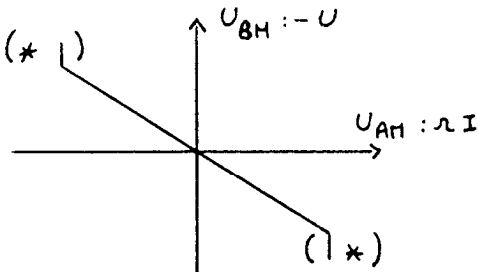
Régler R permet de visualiser les trois régimes transitoires.

3.2. Oscillations propres auto-entretenues [6]

- Générateur $U = KI$ $U = U_{\text{MN}}$



R1 permet le fonctionnement correct du BF.

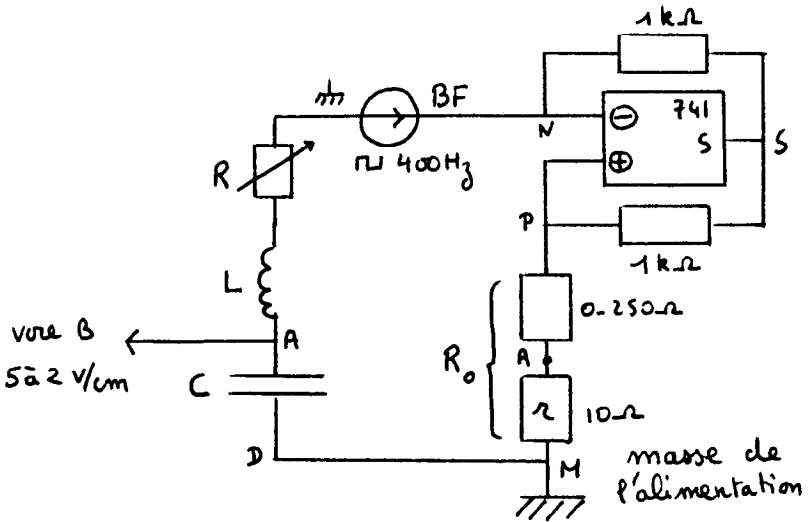


CARACTERISTIQUE DU GENERATEUR

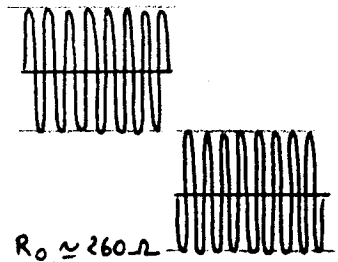
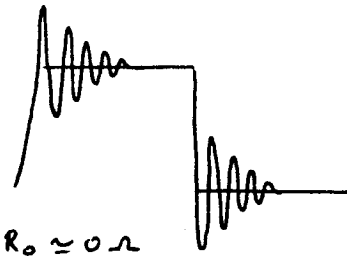
On observe I en voie A (50 mV/cm), U en voie B (2 V/cm) la pente négative $-K$ varie avec $R_0 \approx K$. Si le signal sature (*), baisser l'amplitude du BF. On peut redresser (touche -B), pour obtenir $U = KI$.

• *Auto-entretien des oscillations*

Le générateur précédent, en série, va compenser l'amortissement du à R du RLC.



On passe d'un régime pseudo-périodique amorti au régime oscillant propre si $R - K$ s'annule ($R - R_0$).



Remarque : Si le BF n'est pas à «masse flottante», il faut donc l'intercaler entre D et M et observer l'intensité dans le circuit, en A, aux bornes de $r = 10\Omega$.

• *Oscillateur auto-entretenu*

Il suffit de supprimer le BF du montage, ce qui enlève la périodicité lente (signal carré à f). On obtient les oscillations propres. L'énergie est fournie par l'alimentation du C.I.

Si $R \approx 0 \bullet R_0$ petit : belles oscillations quasi sinusoïdales.

- $R_0 \approx 260 \Omega$: oscillation déformées (triangles) par distorsion ; par contre les oscillations d'intensité sont saturées.

Si $R > R_0$ pas d'oscillations (!).

- **Oscillateur forcé en régime sinusoïdal**

Il s'agit du cours classique.

On peut tracer la courbe de résonance à l'oscillo (cf 2^e partie - § 3.). Les valeurs choisies pour R , L et C au 1^o) conviennent mal : le facteur de qualité est mauvais.

Deuxième partie

Exemples de progressions verticales

Au fil des quatre années de collège, l'acquisition des notions d'électricité, de sécurité et d'électronique est voulue progressive et pratique. Au lycée, l'élève doit être amené à préciser, maîtriser et réinvestir ses savoirs et savoir-faire. Les exemples suivant présenteront quelques possibilités de réinvestissement.

1. MAÎTRISE DE L'OSCILLO

Le montage à masse en point milieu permet de tracer des caractéristiques en seconde et en terminale (générateur $U = -KI$, circuit logique). Il permet de maîtriser les graphes $f(t)$, éventuellement avec opposition de phase. Ce savoir est réutilisé par l'étude de l'A.O. inverseur en seconde, de la dérivation / intégration et de la propagation en première S, des oscillateurs en terminales.

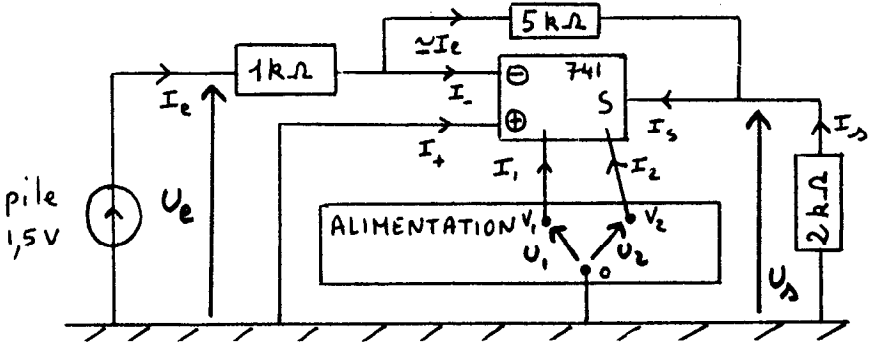
2. MONTAGE A.O. INVERSEUR

En seconde, c'est un montage simple et utile. Il peut être réutilisé deux fois en première S.

2.1. Bilan de puissance pour un A.O.

Les valeurs sont telles que l'A.O. n'est pas saturé. La résistance de 2 k Ω simule l'utilisation (charge).

$$\begin{aligned} \text{On évalue la puissance d'entrée } P_e &= |U_e I_e| = 2,6 \text{ mW} \\ P_s &= |U_s I_s| = 33 \text{ mW} \end{aligned}$$



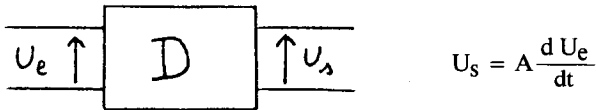
Comme $P_s \geq P_e$, le rôle de l'alimentation s'impose : puissance fournie par l'alimentation $P_a = |U_1 I_1| + |U_2 I_2| = 130 \text{ mW}$.

Le rendement est $\eta = \frac{P_s}{P_e + P_a} \approx 0,25$ ce qui est faible.

L'A.O., commandé par la tension d'entrée, permet de délivrer la puissance fournie par l'alimentation du CI, moins les pertes thermiques (radiateur...).

2.2. Expliquer le montage dérivateur (ou intégrateur) [7], [8]

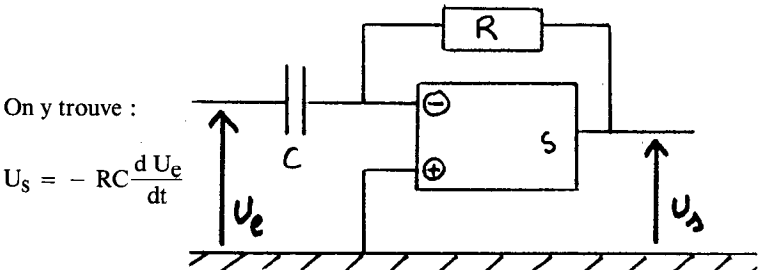
- Opérateur de dérivation



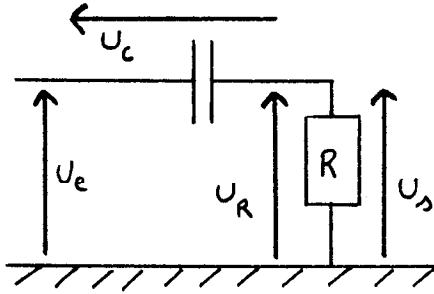
La tension de sortie de l'opérateur est la dérivée de celle d'entrée.

- Comment le réaliser ?

On se réfère à un répertoire de schémas électroniques éprouvés [9].



- Qui est responsable de la dérivation ? Le C.I est-il indispensable ?
Enlevons le !



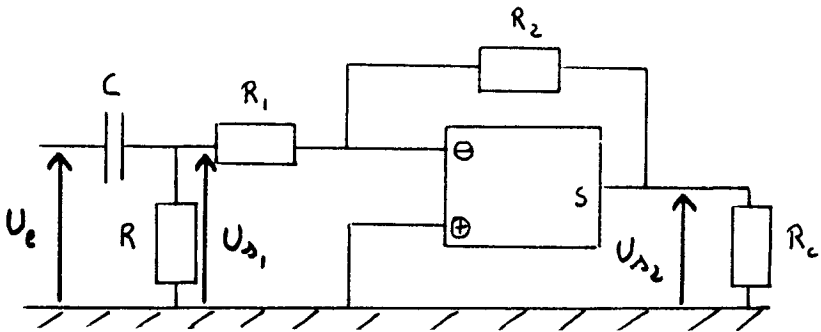
La loi des mailles donne $U_e = U_c + U_R$ et $U_s = U_R = RI$

$$\text{d'où } U_s = R \frac{dq}{dt} = R \frac{d}{dt}(C U_c) = RC \frac{dU_c}{dt}$$

Si $U_c \approx U_e$, c'est-à-dire $U_R \ll U_c$ on a : $U_s \approx RC \frac{dU_e}{dt}$ avec $U_e \gg U_s$

Le condensateur est responsable de la dérivation, mais cet opérateur n'est pas utilisable car U_s est trop petite (mV).

- L'amplification rendra ce signal utilisable



$$U_{s1} = RC \frac{dU_e}{dt} \ll U_e$$

$$U_{s2} = \left(-\frac{R_2}{R_1} \right) RC \frac{dU_e}{dt}$$

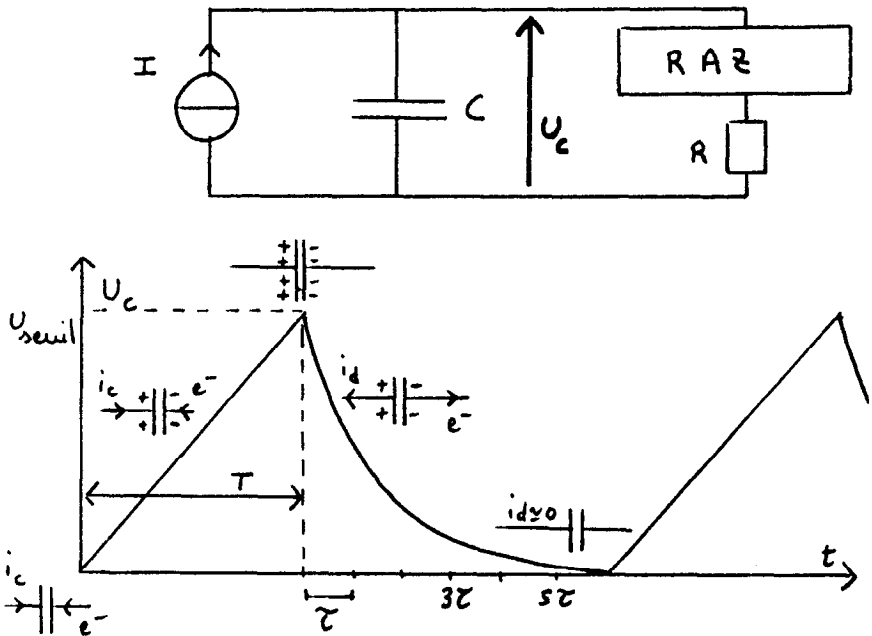
utilisable par R_c résistance de charge qui simule l'utilisation. U_{s2} est «grande et propre».

L'alimentation du CI fournit donc la puissance nécessaire.

- Finalement le montage initial est quand même plus simple ! (retrouver sa formule).

3. CHARGE D'UN CONDENSATEUR [17] [3]

Le montage suivant permet en première S d'étudier la charge d'un condensateur à courant constant et sa décharge exponentielle à tension constante. Cette dernière est nécessaire à la compréhension du lissage en première S et du fonctionnement de l'oscillateur à portes logiques en terminale.



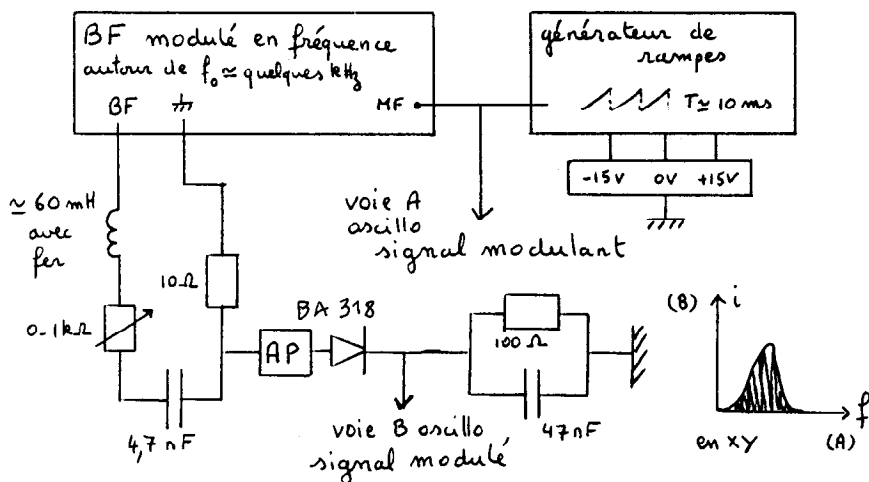
Lorsque $U_C < U_{seuil}$, le module de remise à zéro (RAZ) se comporte comme un interrupteur ouvert. C se charge, U_C croît. Lorsque $U_C = U_{seuil}$, le module RAZ se comporte comme un interrupteur fermé, le condensateur se décharge alors dans la résistance R . La courbe exponentielle (!) peut être décrite alors à l'aide du temps caractéristique $\tau = RC$ car lorsque il s'écoule τ , U est divisé par environ 3, la charge est finie (moins de 1 % de la valeur initiale car $\frac{1}{3^5} = \frac{1}{125}$) après une durée de 5τ .

Avec $R \approx 0 \Omega$ $C = 1 \mu\text{F}$ $I \approx 1 \text{ mA}$, la période T est proche de 10 ms. Ce générateur de rampes permet de transformer un BF adéquat en wobblateur [15] et de tracer à l'oscillo la courbe de résonance d'un RLC série en terminale.

Le générateur Matelco utilisé assure :

- alimentation +15 0 -15V ;
- modulation de fréquence (MF) ;
- BF modulable ;
- amplification de puissance (AP) ;
- masse.

La diode est une diode «rapide» (ou de «signal»).



4. ALGÈBRISATION DES GRANDEURS ÉLECTRIQUES

L'idéal est de n'algèbriser que lorsque c'est réellement nécessaire. On peut ainsi introduire l'algèbrisation de la tension en seconde, de l'intensité en première S et de la puissance seulement en terminale.

4.1. En seconde

Il est indispensable d'algèbriser la tension $U_{AB} = V_A - V_B$. La déviation verticale du spot de l'oscillo, l'indication \mp du voltmètre numérique seront utiles. Par contre, le courant peut rester positif. Un calcul donnant I négatif n'est pas un drame : le sens choisi pour la flèche indiquant I est le sens inverse du sens réel dans le fil.

4.2. En première S

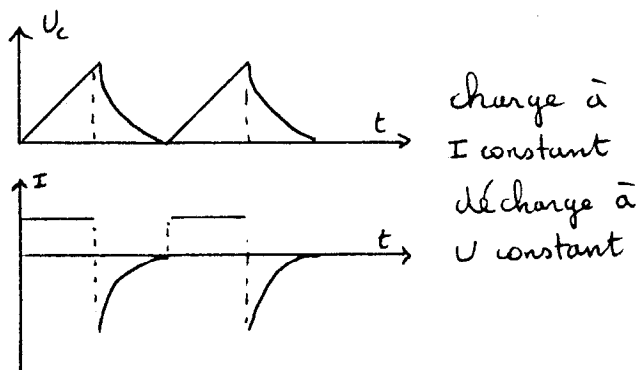
L'algèbrisation de I est introduite lorsque c'est utile, par exemple :

- Bilan de courant sur le montage inverseur (cf 2^e partie - § 2.1.)

$$I_- + I_+ + I_S + I_1 + I_2 = 0 \quad \text{supposés rentrants.}$$

Le C.I. 741 est un nœud du réseau (loi des nœuds).

- Charge et décharge d'un condensateur (cf 2^e partie - § 3.)



On accompagnera la figure donnée au § 3. par le graphe du courant (éventuellement disponible aux bornes de R).

Le changement de signe de I correspond au changement de sens (charge, décharge).

Par contre on évitera d'algèbriser les puissances (et donc les quantités de chaleur ?) en préférant un bilan type (II₁).

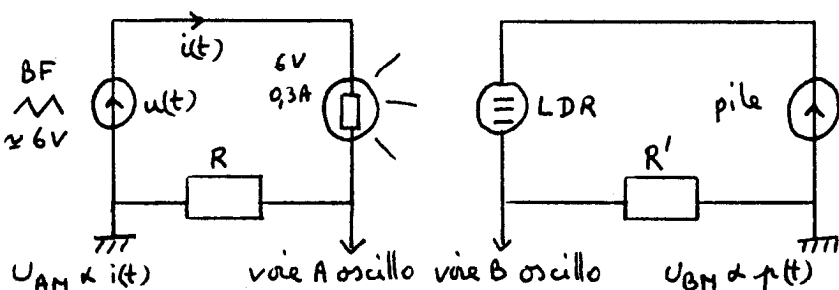
$$P_{\text{entrée}} + P_{\text{alimentation}} = P_{\text{sortie}} + P_{\text{pertes}}$$

4.3. En terminale

La puissance sera aussi algèbrisée. Par exemple, la puissance en régime permanent sinusoïdal.

$$p(t) = U(t) i(t) = \frac{U_m I_m}{2} [\cos \varphi + \cos (2\omega t + \varphi)]$$

On peut montrer le doublement de fréquence d'un signal proportionnel à la puissance instantanée.



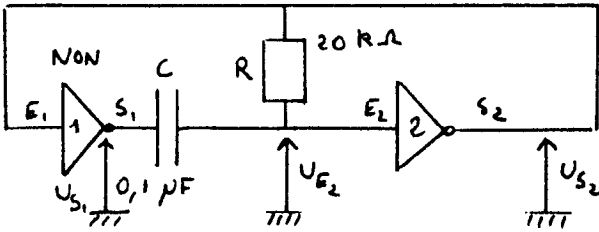
La puissance lumineuse émise est proportionnelle à $p(t)$, la LDR voit sa résistance varier en fonction de la puissance lumineuse reçue. L'intensité dans le circuit de réception est donc modulée en amplitude, à la fréquence de $p(t)$; on peut aussi utiliser un phototransistor (TIL 78).

5. MOTEUR À COURANT CONTINU

- Présent dès le collège, il est l'application en troisième des notions de magnétisme introduites en cinquième.
- En seconde, un moteur est un dipôle utilisant l'énergie électrique de manière plus spectaculaire qu'une simple résistance (A.O., chaîne).
- Il permet un fort intéressant bilan d'énergie en première S en étant alimenté par la décharge d'un condensateur [4] [5].
- C'est une bonne application, avec le haut-parleur, de l'étude de l'induction en terminale.

6. FONCTIONS LOGIQUES [10] [11]

- Présentation en sixième et cinquième de la notion d'interrupteur logique et des portes logiques intégrées.
- En seconde, le montage comparateur du CI 741 simule l'opérateur «ou» ($U_d = U_{PN}$ est positive ou négative).
- Le programme de terminale propose une autre méthode pour créer une tension périodique à partir d'une source de tension continue (cf 1^{ère} partie - § 3.) : un oscillateur actuel, le multivibrateur astable à portes logiques (opérateur NON par exemple). (Relire à ce sujet les commentaires du programme).



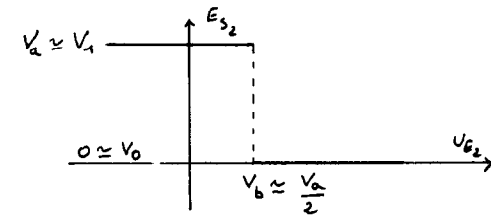
Les fonctions NON peuvent être réalisées en reliant les deux bornes d'entrée d'une porte NON ET (CMOS 4011 Nand).

Les oscillations sont disponibles en S_2 par exemple.

La masse est celle de l'alimentation du C.I., non représentée.

• *Modèle simplifié de porte NON*

On observe la tension d'entrée U_{E2} et celle de sortie U_{S2} en voies A et B sur l'oscillo, en mode XY. On trace la caractéristique de transfert :



caractéristique de transfert

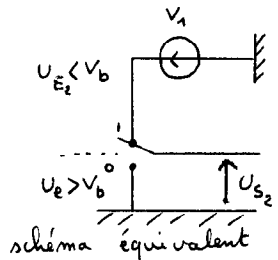


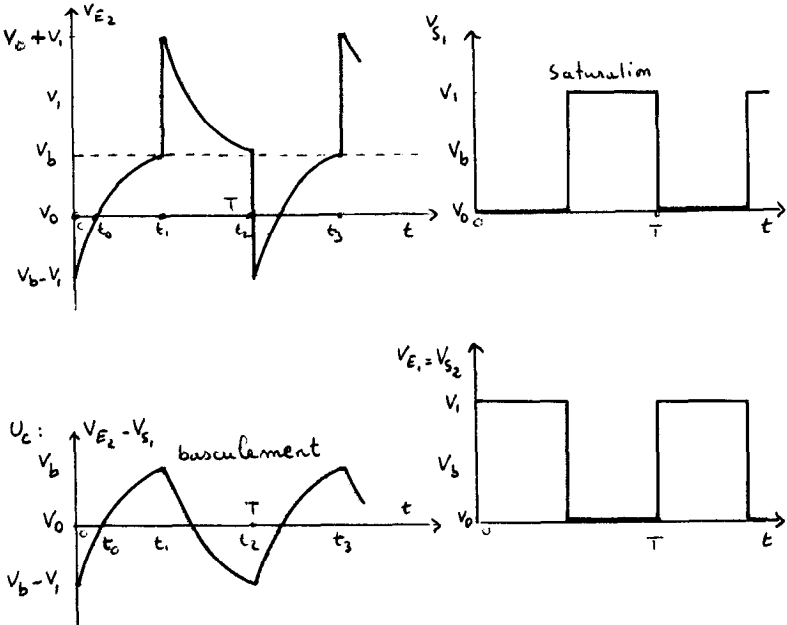
schéma équivalent

Il existe une tension d'entrée V_b dite « de basculement » (V_b est de l'ordre de la moitié de la tension d'alimentation).

si $U_e < V_b$, la sortie est au niveau logique 1 ($V_1 \approx V_a$)

si $U_e > V_b$, la sortie est au niveau logique 0 ($V_0 \approx 0$).

• *Graphes des tensions*



• *Origine des oscillations*

S_2 étant relié à E_1 , S_1 et S_2 sont systématiquement dans des états logiques différents.

exemple : $V_{S1} = V_1 = V_a \quad \Rightarrow \quad V_{S2} = v_0 = 0.$

C'est la cause de l'astabilité du système.

• *Description du fonctionnement*

Le condensateur est donc soumis systématiquement à charge et à décharge en fonction du basculement des portes logiques.

On visualise $U_C = V_{E2} - V_{S1}$, en observant U_{E2} en voie A, V_{S1} , en voie B (touche -B) et en choisissant le mode A + B de l'oscillo, s'il le possède, ou alors en mettant la masse de l'oscillo au point S_1 .

t	V_{S_2}	V_{S_1}	U_C	V_{E_2}	
t_0	V_1	$V_0 = 0$	0	0	
$t_0 \rightarrow t_1$	V_1	0	$\nearrow V_b$	$\nearrow V_b$	$V_{S_2} > V_{E_2}$ charge de C au travers de R
t_1	$V_0 = 0$	V_1	V_b	$V_b + V_1$	basculement des deux portes
$t_1 \rightarrow t_2$	0	V_1	$\searrow V_b - V_1$	$\searrow V_b$	$V_{E_2} < V_{S_2}$ décharge de C au travers de R
t_2	V_1	$V_0 = 0$	$V_b - V_1$	$V_b - V_1$	basculement
$t_2 \rightarrow t_3$	V_1	0	$\nearrow V_b$	$\nearrow V_b$	$V_{S_2} > V_{E_2}$ charge de C etc
etc					

• Période des oscillations

Il faut évaluer la durée de la charge et de la décharge. La discussion complète se trouve dans les manuels des séries F [18].

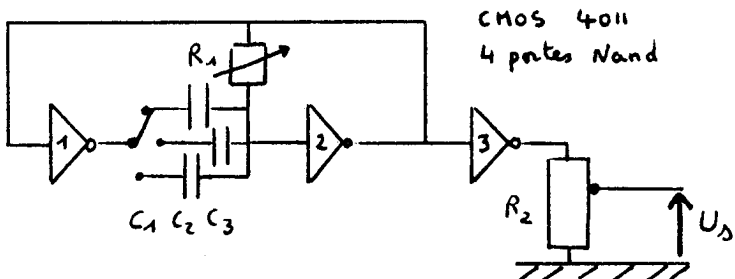
$$\text{période théorique : } T = RC \ln \frac{(2V_1 - V_b)(V_1 + V_b)}{V_b(V_1 - V_b)} \approx 2RCLn3 \text{ si } V_b \approx \frac{V_1}{2}$$

dans la pratique, il peut exister des diodes interdisant à V_{E_2} de devenir négative ou supérieure à V_a : la période réelle de l'horloge est donc plus courte que la valeur théorique.

• Motivations

Les deux montages suivants illustrent cette technique.

Générateur «basses fréquences» didactique.



Le montage génère un signal quasi carré, d'amplitude ajustable par R_2 (gain), de fréquence ajustable R_1 . Le choix de C_1 C_2 ou C_3 correspond au choix de gammes de fréquence (faire calculer les valeurs adéquates en problème).

Pour obtenir un signal BF de meilleure qualité, il vaut mieux choisir des CI spéciaux type 555 [19] ou XR 2206 et ICL 8038 [20].

La porte 3 découple le circuit oscillant de l'utilisation, ce qui permet de débiter sans abimer les oscillations.

• *Oscillateur à quartz*

On peut stabiliser sans difficulté, les oscillations en remplaçant le condensateur par un quartz [5]. Par exemple on peut en choisir un qui oscille à 40 kHz, $R_1 = 2,7 \text{ M}\Omega$. Il servira de générateur alimentant un transducteur piezo-électrique capable de transformer des oscillations électriques en oscillations mécaniques (production et réception d'ultra-sons) [12] [13] [14], les BF à 40 kHz étant rares dans nos lycées.

On peut ainsi manipuler en première S (annexe II) :

- propagation d'une onde et mesure de la célérité ;
- interférences à deux ondes.

Annexe 1

1. RÉFÉRENCES

- [1] Utilisation de l'A.O. en seconde BUP n° 697 octobre 1987 p. 1023.
- [2] Montage BUP n° 675 juin 1985 p. 1210 (la résistance à droite est $4,7 \Omega$ et non $4,7 \text{ k}\Omega$).
- [4] Analyse du montage : moteur, condensateur 1F, BUP n° 691 février 1987.
- [6] Oscillateurs sinusoïdaux LC BUP n° 628 novembre 1980.
- [7] Tout sur les A.O. et leurs défauts BUP n° 687 octobre 1986.
- [8] Calcul analogique BUP n° 624 mai 1980.
- [9] Schémas d'électroniques J. Mormand, Dunod.
- [10] Portes logiques BUP n° 696 été 1987.
- [11] Circuits à éléments logiques BUP n° 690 janvier 1987.
- [12] Oscillations d'un quartz BUP n° 695 juin 1987.
- [13] Émission, réception et usage en TP d'un transducteur piezo-électrique BUP n° 649 décembre 1982.
- [15] Le wobulateur BUP n° 637 octobre 1981.
- [16] Le transformateur BUP n° 709 décembre 1988 p. 1277.
- [17] Alimentation stabilisée, générateur de rampes BUP n° 711 février 1989
- [18] Électronique en TF₂ ch 18 Niard, Nathan.

- [19] Générateur de créneaux dissymétriques BUP n° 661 février 1984.
- [20] Formation pratique à l'électronique pratique M. Archambault (ed. ETSF). Cette référence est en fait une présentation, sans calcul, des composants, montages et emplois. Simple et précis.

2. FOURNISSEURS

- [5] Électrome ZI Alfred Daney, Le Bougainville
33000 BORDEAUX - Tél. : (16) 56.39.69.18.
Quartz 40 kHz (\approx 30 F.), condensateur 1F + moteur (\approx 250 F.).
- [14] Électronique Diffusion, 62, rue de l'Alouette - 59110 ROUBAIX.
Transducteur piezo 40 kHz (la paire \approx 30 F.).

3. AUTRE

- [3] Académie de Paris :
Centre de ressources en physique, Lycée technique Jacquard
2, rue Bouret - 75019 PARIS - Tél. : (1) 46.07.16.02 (poste 19 ou 47)
Mrs. Fromont et Gancel.

Annexe 2

Utiliser les ultra-sons en première S

par J. COHEN-TANNOUDJI et R. BOURBONNEUX

Ces deux manipulations sont complémentaires de celles décrites par René Allard dans son article : «étude expérimentale des ondes sonores et ultra-sonores» (BUP n° 649 décembre 1982).

1. PRINCIPE

Un transducteur piezo-électrique est alimenté par un signal à 40 kHz délivré par un BF, un oscillateur à quartz, un astable à portes logiques, etc... ; il est émetteur d'ondes ultra-sonores. Un autre transducteur identique reçoit ces ultra-sons et crée une tension observable à l'oscillo (fabrication cf. BUP n° 649 p. 353 et 361).

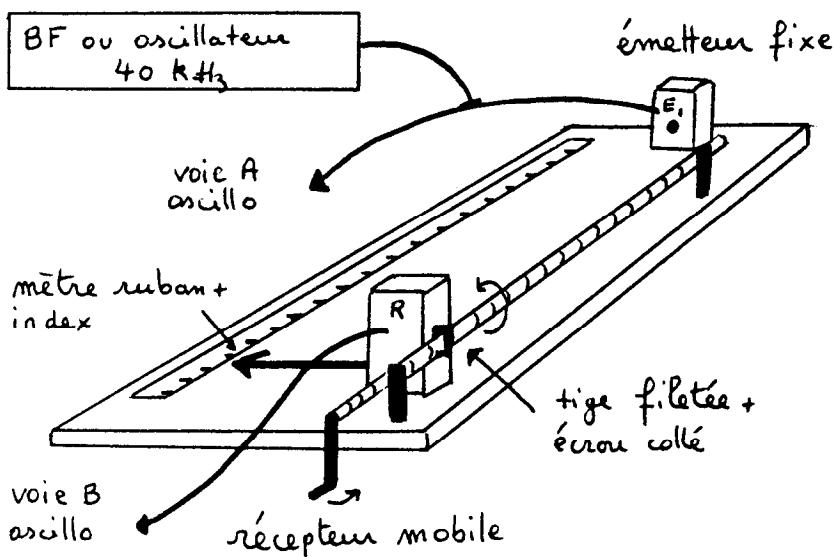
Ces manipulations nécessitent moins de place qu'en ondes sonores et ne sont pas perturbées par le bruit ambiant. L'idéal est d'utiliser cependant du fil blindé type coaxial pour éviter le 50 Hz.

2. MESURE DE LA LONGUEUR D'ONDE D'UNE ONDE PROGRESSIVE

La longueur d'onde est courte :

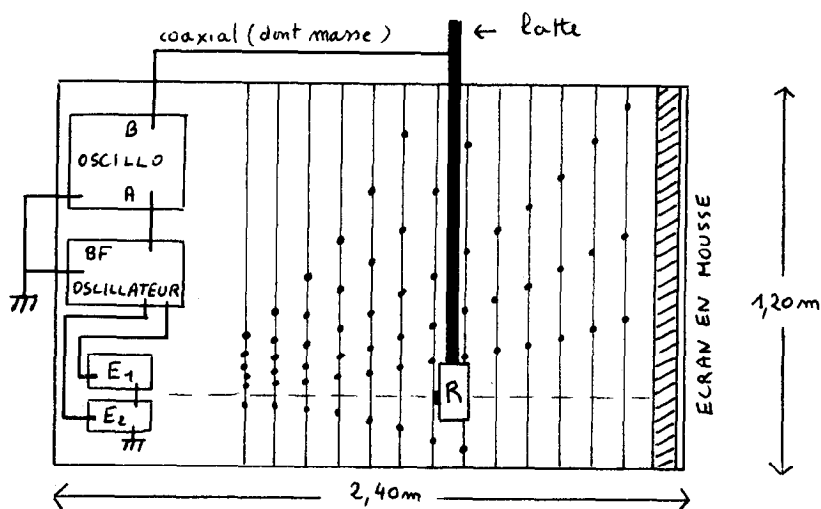
$$d = \frac{c}{f} = \frac{330}{40\,000} \approx 8 \text{ mm}$$

Il faut donc cumuler 10 à 20 coïncidences entre le signal émis (voie A) et le signal reçu (voie B) ce qui entraînera un déplacement du récepteur de 10 ou 20 λ (8 à 16 cm).



3. INTERFÉRENCES CRÉÉES PAR DEUX ÉMETTEURS ULTRA-SONORES

Il s'agit d'un travail collectif sur quatre tables de TP, rapprochées et lignées perpendiculairement à l'axe des sources par du papier adhésif de peintre, permettant le repérage et le marquage. Chaque groupe déplace le récepteur, fixé sur une latte de bois, le long d'une bande. Il repère maxima et minima à l'oscillo. Ne pas ligner trop près des sources. Le tracé des hyperboles se fait à la craie en fin de séance.



Annexe 3

Utiliser la «goulotte» d'électricien

par Régis BOURBONNEAUX
Lycée Rodin

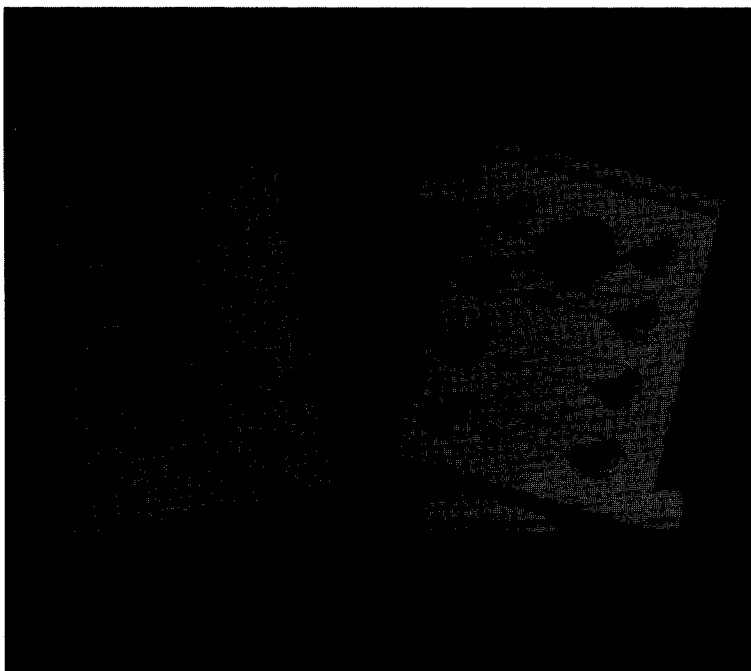
Notre option a été de réaliser des modules aptes à assurer telle ou telle fonction (A.O., lissage, rampes, etc...). Pour contenir composants et circuiterie, des sections de goulottes (ex : 70 × 120 mm) conviennent très bien. Il s'agit de gaine utilisée dans le bâtiment pour faire passer les câbles dont le couvercle amovible se clipse.

1. AVANTAGES

- Isolant (PVC) ;
- Solide ;
- Esthétique ;
- Facile à scier et percer (gabarit) ;
- Pas de faux contacts (les composants sont soudés sur les bornes) ;
- Laisse apparaître les composants et permet le collage d'adhésif transparent recouvrant le schéma électrique.

2. DÉFAUTS

- Son prix (\approx 120 F. la barre de deux mètres) ;
- Nécessite des bornes vissées (clé à tube Facom) ;
- Doit être réalisé au lycée.



NDLR : Le BUP de décembre 1989 (n° 719) contiendra deux articles sur le montage multivibrateur à portes logiques, complétant sur ce sujet le présent article.