

# MONTAGES ELECTRONIQUES

**Classes concernées : 2<sup>nd</sup>e MPI, TS, TS spé**  
(Bilbio : livres de 2<sup>nd</sup>e MPI, TS et TS spé Hachette)

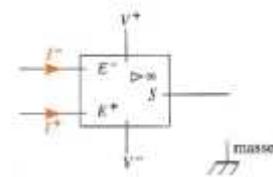
## INTRODUCTION

L'électronique est omniprésente dans notre quotidien. Que ce soit dans les appareils audio, vidéo, électroménagers, dans les voitures, les téléphones portables, les ordinateurs, sans cette technologie, notre vie en serait bouleversée. La course à la miniaturisation permet une évolution permanente des capacités des instruments construits autour de l'électronique. Des premiers postes volumineux de TSF développés pendant la 2<sup>nd</sup>e guerre mondiale aux nouveaux petits téléphones cellulaires capables d'effectuer un grand nombre de tâches numériques (téléphonie, photographie, vidéo, internet, musique, agenda...), les progrès de la recherche dans ce domaine ont été remarquables et ont participé au développement scientifique général (aéronautique, mécanique, imagerie médicale, télécommunications...). Nous verrons dans cette présentation l'intérêt de certains montages électroniques (2<sup>nd</sup>e) notamment pour l'émission / réception d'ondes radio (TS spé) et l'entretien d'oscillations électriques (TS) nécessaires dans les systèmes de mesure du temps.

## I. MONTAGES SUIVEUR ET COMPAREUR AVEC CIL (circuit intégré linéaire) (2<sup>nd</sup>e MPI)

### 1. Définition du CIL

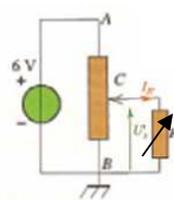
Le CIL est un composant électronique schématisé selon :  
Les bornes V<sup>+</sup>, V<sup>-</sup> et masse concernent l'alimentation. Les courants I<sup>+</sup> et I<sup>-</sup> sont nuls. Les bornes E<sup>-</sup> et E<sup>+</sup> sont les entrées et S la sortie.



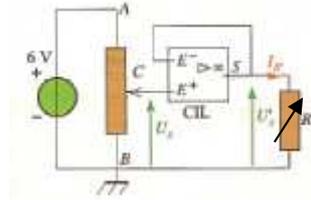
### 2. Comment construire un générateur de tension parfait ? LE SUIVEUR

#### Matériel

- un AOP 741
- un générateur de tension continue (6 V)
- 1 rhéostat
- 9 fils électriques
- 2 voltmètres
- 1 potentiomètre



montage 1



montage 2

#### Protocole      montage 1

- réaliser le montage ci-dessus tel que  $U_s = 4 \text{ V}$  (régler le potentiomètre de  $1 \text{ k}\Omega$ ).
- ajouter aux bornes de la résistance CB un rhéostat et faire varier  $R'$  (de  $100 \text{ k}\Omega$  à  $100\Omega$ ).
- dresser un tableau  $U_s = f(R')$  éventuellement

*On observe que le signal de la tension  $U_s$  reste à peu près stable pour de très grandes résistances de charge (si le potentiomètre débite sur sa branche de charge un courant négligeable). Si  $R'$  diminue,  $I_{R'}$  augmente et le courant débité par le générateur également.  $U_{AC}$  augmente (ce qui peut entraîner la destruction de cette partie car le courant qui la traverse devient grand et supérieur à  $I_{max}$ ) donc  $U_s$  diminue. Placer une charge aux bornes d'un montage potentiométrique fait varier la tension  $U_{AC}$ .*

*R : la partie surlignée n'est pas précisée en 2<sup>nd</sup>e.*

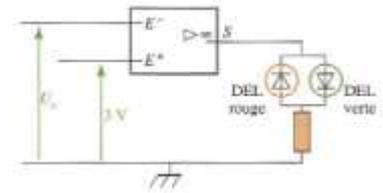
- rajouter un suiveur comme sur le montage 2.
- faire varier  $R'$  et observer que  $U's = U_s = 4\text{ V}$  pour une large gamme de  $R'$ .

On obtient un **générateur de tension  $U_s$  stable**, quelque soit la charge  $R'$  (sauf lorsqu'on atteint les limites en terme d'intensité fournie par le CIL).

### 3. Comment construire un capteur ? LE COMPAREUR

#### Matériel

- 1 AOP 741
- 1 résistance
- 2 DELs (rouge et verte)



#### Protocole

- réaliser le montage précédent
- faire varier  $U_e$  (-5 à +5 V) sachant que  $V_{sat} = 12\text{ V}$ .
- observer les effets sur l'allumage des diodes.

$R$  : **le régime saturé est vu en 2<sup>nde</sup> MPI**. Si  $U_e > 3\text{ V}$ ,  $E^- > E^+$  et  $V_s = +V_{sat}$ , la diode verte est passante donc s'allume. Sinon, la diode rouge est passante et s'allume.

## II. MODULATION ET DEMODULATION D'AMPLITUDE

(TS spé)

### 1. Modulation d'un signal

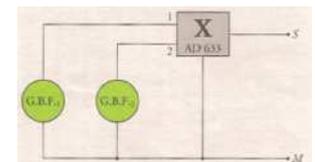
La transformation directe du signal sonore en signal électrique (**modulant**) puis la transmission de ce signal est impossible du fait de :

- la taille des antennes limitée
- la portée du signal trop petite
- l'encombrement des différents signaux.

Il est donc nécessaire de moduler ce signal par association à une **porteuse** de grande fréquence qui transporterait l'information. Le signal obtenu est appelé le **modulé**.

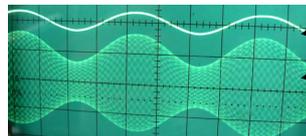
#### Matériel

- 1 AOP AD 633 (Multiplieur  $k = 0,1\text{ V}^{-1}$ )
- 1 oscilloscope
- 1 GBF<sub>1</sub> avec tension de décalage  $U_0$  (offset)
- 1 GBF<sub>2</sub>



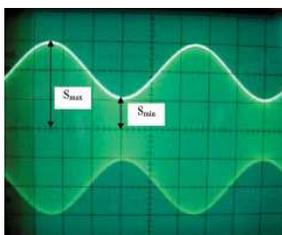
#### Protocole

- réaliser le montage ci-dessus et brancher l'oscillo aux bornes S et E<sup>-</sup>.
- fixer  $f_1 = 500\text{ Hz}$  et  $f_2 = 10\text{ kHz}$  avec  $U_0 > U_{1max}$  ( $\Delta$  se mettre en **DC** pour inclure l'**offset**)
- observer les signaux suivants :



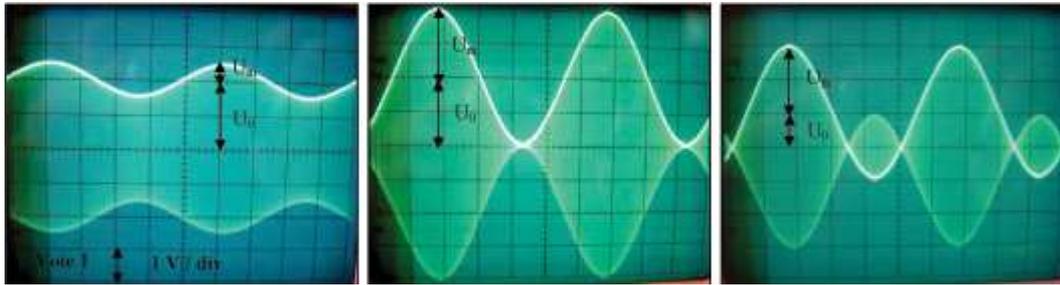
modulant :  $U_{1max} + U_0$   
signal modulé

On remarque que l'enveloppe du modulé correspond au modulant. La porteuse est modulée en amplitude. On peut alors calculer le taux de modulation  $m = (S_{max} - S_{min}) / (S_{min} + S_{max})$  (modifier la hauteur du signal)



- jouer sur l'offset (le diminuer) et l'amplitude du signal modulant (l'augmenter) et observer l'augmentation du taux de modulation.

On observe une diminution de  $S_{min}$  jusqu'au zéro ( $m = 1$ ) puis un chevauchement des enveloppes (surmodulation). On voit aussi une saturation du signal pour une amplitude du modulant donnée. Ceci témoigne des limites en tensions (+/-  $V_{sat}$ ) de l'AOP.



$m = 0,25$

$m = 1$

surmodulation ( $m > 1$ )

On peut observer la modulation en mode XY : trapèze – triangle – croix



trapèze ( $m = 0,25$ )

triangle ( $m = 1$ )

croix (surmodulation)

**Théorie : Pourquoi jouer sur  $U_{1max}$  ou  $U_0$  pour le modifier ? (vu en TS spé)**

$$U_s = k \cdot U_1 \cdot U_2 = k \cdot U_{2max} \cdot \cos(2\pi f_2 \cdot t) \cdot [U_{1max} \cdot \cos(2\pi f_1 \cdot t) + U_0]$$

$$U_s = A \cdot [1 + m \cdot \cos(2\pi f_1 \cdot t)] \cdot \cos(2\pi f_2 \cdot t) \quad \text{avec } A = k \cdot U_{2max} \cdot U_0 \text{ et } m = U_{1max} / U_0$$

De plus, par application des formules trigonométriques, on peut écrire :

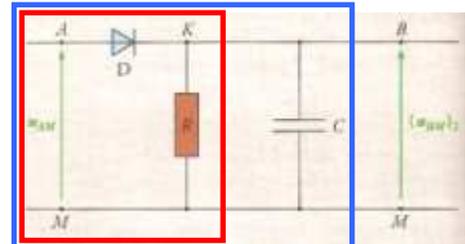
$$U_s = A \cdot \cos(2\pi f_2 \cdot t) + (m \cdot A / 2) [\cos[2\pi(f_1 + f_2) \cdot t] + \cos(2\pi(f_1 - f_2) \cdot t)] \quad \text{3 signaux de fréquences } \neq$$

## **2. Démodulation : montage redresseur à diode**

Le signal ainsi émis doit, après réception, être démodulé pour qu'on récupère le modulant. On utilise pour cela un montage redresseur à diode, ci-contre :

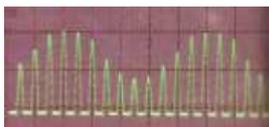
### **Matériel**

- 1 diode **haute fréquence**
- 1 résistance modulable (banc)
- 1 condensateur modulable (banc)

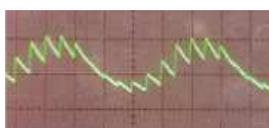


### **Protocole**

- brancher le signal de sortie de l'AD 633 entre A et M.
- observer à l'oscilloscope le signal  $U_{BM}$  pour le montage rouge puis bleu.



On observe pour le premier montage un redressement de la tension de sortie modulée du fait de la présence de la diode.



Si on rajoute un condensateur, on récupère en ses bornes un signal proche du modulant. Pour cela, il faut que  $f_1 < 1/2\pi RC \ll f_2$ . (expliquer en direct pour il faut se placer dans ces conditions).

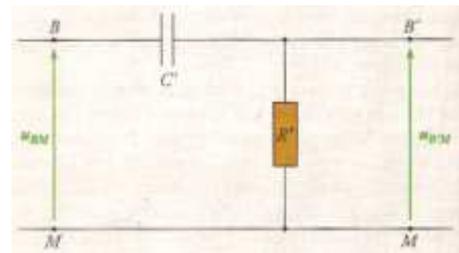
**Prog : ne pas séparer la diode du système de filtre...**

- Fixer R et C pour être dans ces conditions (filtre passe bas).

Cependant, au signal modulant de départ, on a rajouté une composante continue (offset). Il convient maintenant de la supprimer du signal démodulé.

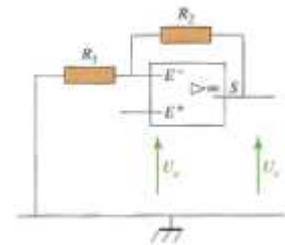
- brancher en B et M le montage suivant :

Ce système est un filtre passe-haut qui va éliminer la composante continue (fréquence nulle). On observe alors pour  $U_{B'M}$  le même signal que  $U_{BM}$  sans offset.



### 3. Amplification du signal démodulé

Le signal obtenu correspond au signal émis avec un facteur  $k = 0,1$ . Il est donc nécessaire de l'amplifier. Pour cela, on utilise, à la suite du montage précédent, un montage amplificateur non inverseur, dont le schéma est présenté ci-contre.



#### Matériel

- 1 AOP 741
- 2 résistances ( $R_1 = 2,2 \text{ k}\Omega$  et  $R_2 = 4,7 \text{ k}\Omega$ ) ( $R_2$  est réglable pour éviter de saturer l'AOP)

#### Protocole

- appliquer à l'entrée  $E^+$  le signal démodulé
- observer à l'oscilloscope les signaux  $U_e$  et  $U_s$  et observer une amplification du signal.
- évaluer le gain ( $= 1 + (R_2 / R_1)$ ) (*pas démontré en cours mais admis*).

## III. OSCILLATIONS ELECTRIQUES AUTO-ENTRETENUES

(TS)

Cf Montage P-9 Oscillations électriques

### CONCLUSION

L'électronique a une application importante dans le domaine de l'électricité. On peut effectivement réaliser des générateurs de tension et de courant parfaits (contre-exemple : Cf Montage P-6), des amplificateurs et redresseurs de tension, des lisseurs, indispensables aux appareils électriques remplis de circuits intégrés. Une autre application concrète réside dans la modulation et démodulation d'ondes électro-magnétiques. Enfin, et c'est en 2<sup>nde</sup> MPI que les élèves le découvrent, les montages électroniques sont omniprésents pour effectuer des calculs mathématiques (montages à AOP sommateurs...), coder des informations numériques en analogique et vice-versa, et dans les capteurs de température (détecteur à incendie...) et de lumière (allumage des réverbères...).

### Questions

#### Q1 Principe d'un émetteur radio.

R1 Source d'information; transformation en signaux électriques; modulation; amplification; émission par l'antenne.

#### Q2 Principe d'un récepteur radio.

R2 Antenne; circuit d'accord (circuit bouchon); amplification haute fréquence; démodulation; amplification basse fréquence; haut-parleur.

#### Q3 Pourquoi amplifie-t-on avant de démoduler ?

R3 Pour avoir une tension seuil supérieure à celle de la diode.

**Q4** Habituellement, il faut agir sur le potentiomètre qui règle l'amplitude de la tension de sortie du GBF pour la maintenir constante au cours de l'étude de la résonance, proposer un montage permettant de s'affranchir de cette tâche.

**R4** Il faut intercaler entre le GBF et le dipôle RLC un montage suiveur.

**Q5** A quoi sert un circuit bouchon ?

**R5** C'est un circuit LC, passe-bande. Il sélectionne les ondes reçues en fonction de leur fréquence de porteuse.

**Q6** Les entrées inverseuse et non inverseuse sont-elles réellement symétriques ?

**R6** Non, pour des raisons technologiques. Cette dissymétrie engendre un petit signal en sortie de l'AOP en l'absence de signal d'entrée.

**Q7** Comment s'appelle cette petite tension de sortie ? Comment la supprime-t-on ?

**R7** Elle appelée tension de décalage (ex : AO 741,  $V_d=7,5$  mV). Pour la supprimer, on utilise les pattes 1 et 5 de l'AOP : l'offset.

**Q8** Pourquoi l'AOP s'appelle « Amplificateur Opérationnel » ?

**R8** Car c'était au départ des calculateurs analogiques.

**Q9** Pourquoi faut-il allumer d'abord l'AOP avant le GBF ?

**R9** Pour polariser les transistors.

## 10. Montages électroniques

Classes concernées : 2<sup>nd</sup>e MPI, TS, TS spé.

Expérience	But	Matériel
1	Réaliser quelques montages de base utilisant l'amplificateur opérationnel : amplificateur de tension, suiveur, sommateur.	2 générateurs basse fréquence, résistances, amplificateur opérationnel avec alimentation, oscilloscope.
2	Réaliser l'entretien d'oscillations avec un montage amplificateur à résistance négative.	Bobine d'inductance réglable, boîte de condensateurs, résistances, amplificateur opérationnel avec alimentation, oscilloscope à mémoire.
3	Réaliser un générateur de courant avec un amplificateur opérationnel. Montrer la charge d'un condensateur à courant constant. Mesurer sa capacité.	Générateur de tension continue, résistances, condensateurs, amplificateur opérationnel avec alimentation, oscilloscope à mémoire.
4	Réaliser une modulation d'amplitude avec un multiplicateur. Visualiser le trapèze de modulation, mesurer un taux de modulation.	2 générateurs basse fréquence, multiplicateur avec alimentation, oscilloscope.

## C. Évolution des systèmes électriques

(3 TP - 1 OHCE)

### Objectifs

Les élèves ont abordé dans le cours de physique de la classe de première quelques propriétés de circuits électriques en courant continu. Dans cette partie, on s'intéresse à des phénomènes associés à des courants *variables*, et plus spécifiquement aux éléments qui permettent de contrôler l'évolution temporelle d'un courant électrique : condensateurs et bobines. Les lois fondamentales utilisées en courant continu (loi des tensions, loi des intensités) seront dans les applications toujours valables pour les valeurs instantanées des tensions et des intensités variables.

**Condensateurs** et bobines sont caractérisés empiriquement par l'expression de la tension que l'on mesure à leurs bornes. Dans cette logique, il n'est pas nécessaire d'introduire la notion d'auto-induction, puisque le phénomène d'induction n'est pas au programme. On indique que la possibilité de produire des signaux électriques modulables dans le temps est à l'origine de nombreuses applications.

Dans chaque cas considéré (circuit RC, RL et LC), ce qui est appelé « résolution analytique » dans la colonne des compétences exigibles comprend : l'établissement de l'équation différentielle, la vérification qu'une solution analytique proposée la satisfait, et la détermination des constantes à partir des paramètres du circuit et des conditions initiales. On rappelle que ces compétences sont des compétences scientifiques transversales.

**Les savoir-faire expérimentaux concernant l'oscilloscope ne sont exigibles qu'à la fin de l'étude de l'évolution des systèmes électriques ; c'est pourquoi ils figurent à la fin de cette partie.** Tous les autres réglages, tels la synchronisation ou le décalibrage, ne sont pas exigibles.

EXEMPLES D'ACTIVITÉS	CONTENUS	CONNAISSANCES ET SAVOIR-FAIRE EXIGIBLES
<i>Comparaison visuelle, à l'établissement du courant, de l'éclairement d'une lampe mise en série avec une résistance ou un condensateur, ou une bobine, alimentés par un générateur de courant continu.</i>		
<i>Illustrations expérimentales par quelques montages simples : oscillateurs de relaxation, temporisation, etc.</i>  <i>Illustration de l'utilisation des condensateurs (alimentation continue, condensateur de découplage, stimulateur cardiaque, etc.)*</i>  <i>Charge d'un condensateur à courant constant.</i>	<b>1 - Cas d'un dipôle RC</b> 1.1 <b>Le condensateur</b> Description sommaire, symbole. Charges des armatures. Intensité : débit de charges.  Algèbreisation en convention récepteur $i, u, q$ . Relation charge-intensité pour un condensateur $i = dq/dt$ , $q$ charge du condensateur en convention récepteur. Relation charge-tension $q = Cu$ ; capacité, son unité le farad (F).	Connaître la représentation symbolique d'un condensateur. En utilisant la convention récepteur, savoir orienter un circuit sur un schéma, représenter les différentes flèches-tension, noter les charges des armatures du condensateur. Connaître les relations charge-intensité et charge-tension pour un condensateur en convention récepteur ; connaître la signification de chacun des termes et leur unité. Savoir exploiter la relation $q = Ca$ .

EXEMPLES D'ACTIVITÉS	CONTENUS	CONNAISSANCES ET SAVOIR-FAIRE EXIGIBLES
<p>Mise en évidence de l'énergie emmagasinée.</p> <p>Exemples d'application du stockage de l'énergie par des condensateurs (principe du flash).</p> <p><i>Charge et décharge d'un condensateur à travers une résistance :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utilisation d'un oscilloscope et/ou d'un système d'acquisition informatisé avec traitement de l'information,</li> <li>- visualisation des tensions aux bornes du générateur, du condensateur et du conducteur ohmique,</li> <li>- influence des paramètres R et C,</li> <li>- mesure de la constante de temps,</li> <li>- influence de la tension du générateur.</li> </ul>	<p><b>1.2 - Dipôle RC:</b></p> <p>Réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension : tension aux bornes du condensateur, intensité du courant ; étude expérimentale et étude théorique (résolution analytique). Énergie emmagasinée dans un condensateur. Continuité de la tension aux bornes du condensateur. Connaître la représentation symbolique d'un condensateur.</p>	<p>Effectuer la résolution analytique pour la tension aux bornes du condensateur ou la charge de celui-ci lorsque le dipôle RC est soumis à un échelon de tension. En déduire l'expression de l'intensité dans le circuit. Connaître l'expression de la constante de temps et savoir vérifier son unité par analyse dimensionnelle. Connaître l'expression de l'énergie emmagasinée dans un condensateur. Savoir que la tension aux bornes d'un condensateur n'est jamais discontinue. Savoir exploiter un document expérimental pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les tensions observées,</li> <li>- montrer l'influence de R et de C sur la charge ou la décharge,</li> <li>- déterminer une constante de temps lors de la charge et de la décharge.</li> </ul> <p>Savoir-faire expérimentaux Réaliser un montage électrique à partir d'un schéma. Réaliser les branchements pour visualiser les tensions aux bornes du générateur, du condensateur et du conducteur ohmique. Montrer l'influence de l'amplitude de l'échelon de tension, de la résistance et de la capacité sur le phénomène observé lors de la charge et de la décharge du condensateur.</p>
<p>Vérification expérimentale, pour des <math>i(t)</math> de formes imposées, de l'expression de la tension aux bornes d'une bobine.</p> <p>Illustration de l'utilisation des bobines (lissage, etc.)<sup>*</sup>.</p> <p>Exemples d'application du stockage de l'énergie dans une bobine (production d'une étincelle, etc.).</p> <p>Mise en évidence expérimentale de l'énergie emmagasinée par une bobine.</p> <p>Établissement du courant dans un circuit RL :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utilisation d'un oscilloscope et/ou d'un système d'acquisition informatisé avec traitement de l'information,</li> <li>- visualisation des tensions aux bornes du générateur, de la bobine et d'un conducteur ohmique supplémentaire,</li> </ul>	<p><b>2. Cas du dipôle RL.</b></p> <p><b>2.1 La bobine</b></p> <p>Description sommaire d'une bobine, symbole. Tension aux bornes d'une bobine en convention récepteur :</p> $u = ri + L \frac{di}{dt}$ <p>Inductance : son unité le henry (H).</p> <p><b>2.2 Dipôle RL</b></p> <p>Réponse en courant d'une bobine à un échelon de tension : étude expérimentale et étude théorique (résolution analytique). Énergie emmagasinée dans une bobine. Continuité de l'intensité du courant dans un circuit qui contient une bobine.</p>	<p>Connaître la représentation symbolique d'une bobine. En utilisant la convention récepteur, savoir orienter le circuit sur un schéma et représenter les différentes flèches-tension. Connaître l'expression de la tension aux bornes d'une bobine ; connaître la signification de chacun des termes et leur unité. Savoir exploiter la relation.</p> <p>Effectuer la résolution analytique pour l'intensité du courant dans un dipôle RL soumis à un échelon de tension. En déduire la tension aux bornes de la bobine. Connaître l'expression de la constante de temps et savoir vérifier son unité par analyse dimensionnelle. Connaître l'expression de l'énergie emmagasinée. Savoir qu'une bobine s'oppose aux variations du courant du circuit où elle se trouve et que l'intensité de ce courant ne subit pas de discontinuité. Savoir exploiter un document expérimental pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les tensions observées,</li> <li>- montrer l'influence de R et de L lors de l'établissement et de la disparition du courant,</li> <li>- déterminer une constante de temps.</li> </ul>

EXEMPLES D'ACTIVITÉS	CONTENUS	CONNAISSANCES ET SAVOIR-FAIRE EXIGIBLES
<ul style="list-style-type: none"> <li>- influence des paramètres R et L,</li> <li>- mesure de la constante de temps,</li> <li>- influence de la tension du générateur.</li> </ul>		<p>Savoir-faire expérimentaux</p> <p>Réaliser un montage électrique à partir d'un schéma.</p> <p>Réaliser les branchements pour visualiser les tensions aux bornes du générateur, de la bobine et du conducteur ohmique supplémentaire.</p> <p>Montrer l'influence de l'amplitude de l'échelon de tension, de R et de L sur le phénomène observé.</p>
<p>Observation d'une décharge oscillante amortie.</p> <p>Illustration expérimentale de l'entretien des oscillations (réalisation d'un oscillateur sinusoïdal).</p> <p>Étude expérimentale de la décharge d'un condensateur dans une bobine inductive :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- évolution de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps,</li> <li>- régimes oscillant (pseudo-période) et aperiodique,</li> <li>- influence de la résistance,</li> <li>- régime oscillant avec amortissement faible ; période propre,</li> <li>- entretien des oscillations.</li> </ul>	<p>3 - Oscillations libres dans un circuit RLC série</p> <p>Décharge oscillante d'un condensateur dans une bobine.</p> <p>Influence de l'amortissement : régimes périodique, pseudo-périodique, aperiodique.</p> <p>Période propre et pseudo-période.</p> <p>Interprétation énergétique : transfert d'énergie entre le condensateur et la bobine, effet Joule.</p> <p>Résolution analytique dans le cas d'un amortissement négligeable.</p> <p>Expression de la période propre <math>T_0 = 2\pi\sqrt{LC}</math></p> <p>Entretien des oscillations.</p>	<p>Définir et reconnaître les régimes périodique, pseudo-périodique et aperiodique.</p> <p>Savoir tracer l'allure de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps pour les régimes périodique, pseudo-périodique et aperiodique.</p> <p>Dans le cas d'un amortissement négligeable, effectuer la résolution analytique pour la tension aux bornes du condensateur ou la charge de celui-ci.</p> <p>En déduire l'expression de l'intensité dans le circuit.</p> <p>Connaître l'expression de la période propre, la signification de chacun des termes et leur unité.</p> <p>Savoir que le dispositif qui entretient les oscillations fournit l'énergie évacuée par transfert thermique.</p> <p>Savoir interpréter en terme d'énergie les régimes périodique, pseudo-périodique, aperiodique et entretenu.</p> <p>Savoir exploiter un document expérimental pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les tensions observées,</li> <li>- reconnaître un régime,</li> <li>- montrer l'influence de R et de L ou C sur le phénomène d'oscillations,</li> <li>- déterminer une pseudo-période.</li> </ul> <p>Savoir-faire expérimentaux</p> <p>Réaliser un montage électrique à partir d'un schéma.</p> <p>Réaliser les branchements pour visualiser les tensions aux bornes du condensateur et de la résistance supplémentaire éventuelle.</p> <p>Montrer l'influence de R, L et C sur le phénomène observé.</p> <p>Mesurer une pseudo-période et une période.</p> <p>Utiliser un oscilloscope :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le régler : mode balayage, finesse du trait, réglage du « zéro », choix de la sensibilité verticale et choix d'une base de temps, sélection des voies ;</li> <li>- repérer les tensions observables simultanément dans un circuit ;</li> <li>- visualiser et déterminer les caractéristiques d'une tension ;</li> <li>- visualiser l'image d'une intensité ;</li> <li>- visualiser simultanément deux tensions.</li> </ul>

\* Activités pouvant donner lieu à l'utilisation des technologies de l'information et de la communication.

## Commentaires

L'objectif de la manipulation introductive est de montrer, d'un point de vue qualitatif, l'influence d'un conducteur ohmique, d'un condensateur et d'une bobine sur l'établissement du courant dans un circuit. Les trois dipôles pourront être montés en dérivation.

1. Aucun développement sur la technologie des condensateurs n'est demandé. Le symbole du condensateur électrochimique est hors programme. L'orientation d'un circuit sera indiquée par une flèche sur un fil de jonction, surmontée de  $i$ . On insistera auprès des élèves sur le fait que si le courant passe dans le sens de la flèche, alors  $i$  est positif et que si le courant passe en sens opposé, alors  $i$  est négatif.

Les conventions choisies seront celles du schéma ci-dessous :



Après avoir rappelé que l'intensité est un débit de charges électriques, on introduira  $i = dq/dt$ , uniquement pour le condensateur,  $q$  étant la charge du condensateur à l'instant  $t$ .

L'expression  $q = Cu$  pourra être introduite à partir de l'expérience de la charge d'un condensateur à courant constant.

L'expression de la capacité d'un condensateur plan est hors programme.

Les associations de condensateurs sont hors programme.

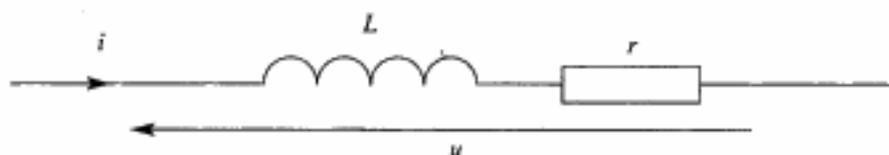
On étudiera aussi bien la charge que la décharge d'un condensateur en utilisant un oscilloscope à mémoire ou un système d'acquisition de données. Dans cette partie, on évitera d'utiliser des tensions créneaux pour ne pas se heurter aux difficultés liées à l'utilisation du matériel (offset) ou conceptuelles ( $-E$ ,  $+E$ ).

La constante de temps sera déterminée par une méthode au choix de l'enseignant.

L'expression de l'énergie pourra être établie mais sa démonstration n'est pas exigible. On indiquera que le stockage et le déstockage de l'énergie ne peuvent jamais s'effectuer instantanément. Par conséquent, la tension aux bornes d'un condensateur ne subit pas de discontinuité.

2. L'inductance pourra être introduite avec un courant en dents de scie, dans des conditions où le terme  $ri$  est négligeable devant  $Ldi/dt$ .

La force électromotrice  $e = -Ldi/dt$  est hors programme ainsi que le modèle équivalent de la bobine qui l'utilisait. La bobine sera représentée par le schéma ci-dessous, en convention récepteur :



On pourra faire remarquer que l'introduction d'un noyau de fer doux augmente l'inductance d'une bobine. Cependant, la validité de la relation  $u = ri + Ldi/dt$  n'est assurée que pour une bobine sans noyau de fer doux. En travaux pratiques, seule l'étude de l'établissement du courant est exigée. On pourra utiliser un oscilloscope à mémoire ou un système d'acquisition de données.

Pour montrer qualitativement qu'une bobine s'oppose aux variations de l'intensité du courant dans le circuit où elle se trouve, on pourra utiliser un générateur de fonctions. La constante de temps sera déterminée par une méthode au choix de l'enseignant.

L'expression de l'énergie pourra être établie mais sa démonstration n'est pas exigible. On indiquera que le stockage et le déstockage de l'énergie ne peuvent jamais s'effectuer instantanément. Par conséquent, l'intensité du courant dans un circuit qui contient une bobine ne subit pas de discontinuité.

3. L'étude formelle de l'amortissement est hors programme.

On étudiera la décharge d'un condensateur dans une bobine en utilisant un oscilloscope à mémoire ou un système d'acquisition de données afin d'éviter des tensions créneaux.

Le dispositif utilisé pour l'entretien des oscillations n'est pas à étudier. Seule sa fonction doit être connue des élèves et les oscillations entretenues doivent toujours être sinusoïdales. Cette étude sera l'occasion de montrer aux élèves comment créer une tension sinusoïdale de période choisie.

## TS spé

### **C. Produire des signaux, communiquer**

(4 séquences de 2 h)

#### **Objectifs**

On étudie les possibilités qu'offrent les ondes électromagnétiques pour transmettre à grande distance et à grande vitesse des informations.

Ceci nécessite un choix pertinent des fréquences de ces ondes.

L'information est transportée par une modulation de cette onde : modulation en amplitude, en fréquence et en phase ; on n'étudiera que la modulation d'amplitude d'une onde porteuse sinusoïdale.

L'utilisation de dipôles ou de quadripôles, dont les principes ne sont pas à étudier, permet de réaliser un dispositif attrayant pour les élèves à partir de peu de composants.

Il faut noter que le récepteur radio fabriqué ne correspond pas aux dispositifs mis sur le marché, mais permet d'utiliser un minimum de fonctions pour obtenir une réception.

EXEMPLES D'ACTIVITÉS	CONTENUS	CONNAISSANCES ET SAVOIR-FAIRE EXIGIBLES
<p>Présentation de divers modes de transmission d'informations. Aspect historique et techniques actuelles.*</p> <p><i>Exemples de phénomènes physiques permettant de détecter des ondes électromagnétiques : écran fluorescent, plaque photo, œil, antenne.*</i></p> <p><i>Observer qu'un fil conducteur connecté sur une entrée de l'oscilloscope fournit un signal confus, nécessitant un traitement pour le décoder. Réalisation de la transmission d'un signal de fréquence sonore par un faisceau lumineux. Visualisation du signal émis par une télécommande infrarouge.</i></p>	<p><b>1 - Les ondes électromagnétiques, support de choix pour transmettre des informations</b></p> <p>1.1 Transmission des informations À travers divers exemples, montrer que la transmission simultanée de plusieurs informations nécessite un « canal » affecté à chacune d'elles. Intérêt de l'utilisation d'une onde : transport à grande distance d'un signal, contenant l'information sans transport de matière mais avec transport d'énergie.</p> <p>1.2 Les ondes électromagnétiques Propagation d'une onde électromagnétique dans le vide et dans de nombreux milieux matériels. Classement des ondes électromagnétiques selon la fréquence et la longueur d'onde dans le vide. Rôle d'une antenne émettrice (création d'une onde électromagnétique), d'une antenne réceptrice (obtention d'un signal électrique à partir d'une onde électromagnétique).</p> <p><b>1.3 Modulation d'une tension sinusoïdale</b> Information et modulation. Expression mathématique d'une tension sinusoïdale : <math>u(t) = U_{\max} \cos(2 \pi f t + \phi_0)</math></p> <p>Paramètres pouvant être modulés : amplitude, fréquence et/ou phase.</p>	<p>Savoir que la lumière fait partie des ondes électromagnétiques et correspond à un domaine restreint de fréquences. Savoir que pour une antenne émettrice, l'onde électromagnétique émise a la même fréquence que celle du signal électrique qui lui est transmis. Savoir que dans une antenne réceptrice, l'onde électromagnétique engendre un signal électrique de même fréquence. Reconnaître les différents paramètres de l'expression d'une tension sinusoïdale : amplitude, fréquence et/ou phase.</p> <p>Savoir-faire expérimentaux <i>Savoir observer, avec un oscilloscope, le signal d'un fil conducteur connecté à une des entrées.</i> <i>Savoir transmettre un signal de fréquence sonore par un faisceau lumineux</i></p>
<p><i>Obtention d'une tension électrique modulée en amplitude à partir d'un multiplicateur ; visualisation à l'oscilloscope des tensions pertinentes.</i></p> <p><i>Visualisation à l'oscilloscope, par la méthode dite « du trapèze », de la qualité de la modulation.</i></p> <p><i>Utilisation d'un analyseur de fréquence ou d'un système d'acquisition et d'un logiciel adaptés dans le seul cas d'un signal modulant sinusoïdal.</i></p>	<p><b>2. Modulation d'amplitude</b></p> <p>2.1 Principe de la modulation d'amplitude Tension modulée en amplitude : tension dont l'amplitude est fonction affine de la tension modulante. Un exemple de réalisation d'une modulation d'amplitude. Notion de surmodulation. Choix de la fréquence du signal à moduler en fonction des fréquences caractéristiques du signal modulant.</p>	<p>Savoir que réaliser une modulation d'amplitude c'est rendre l'amplitude du signal modulé fonction affine de la tension modulante.</p> <p>Connaître les conditions à remplir pour éviter la surmodulation.</p> <p>Dans le cas d'une tension modulante sinusoïdale de fréquence <math>f_m</math>, savoir que la tension modulée est la somme de trois tensions sinusoïdales de fréquences <math>f_c - f_m</math>, <math>f_c</math>, <math>f_c + f_m</math>, <math>f_c</math> étant la fréquence du signal qui a été modulé.</p> <p>Savoir-faire expérimentaux <i>Réaliser un montage de modulation d'amplitude à partir d'un schéma.</i> <i>Choisir des tensions permettant une modulation de bonne qualité ; savoir visualiser les tensions pertinentes.</i></p>

EXEMPLES D'ACTIVITÉS	CONTENUS	CONNAISSANCES ET SAVOIR-FAIRE EXIGIBLES
<p><i>Illustration expérimentale du rôle des filtres, associant une résistance et un condensateur, utilisés dans le montage de démodulation. (L'utilisation d'un oscilloscope à mémoire est recommandée.)</i></p>	<p>2.2 Principe de la démodulation d'amplitude Fonctions à réaliser pour démoduler une tension en amplitude. Vérification expérimentale : - de la détection d'enveloppe réalisée par l'ensemble constitué de la diode et du montage RC parallèle, - de l'élimination de la composante continue par un filtre passe-haut RC. Restitution du signal modulant.</p>	<p>Connaissant la fonction de l'ensemble diode-RC parallèle et du dipôle RC série, savoir les placer correctement dans un schéma de montage de démodulation.</p> <p>Savoir exploiter les oscillogrammes relatifs à une modulation et à une démodulation d'amplitude.</p> <p>Savoir-faire expérimentaux Réaliser un montage de démodulation d'amplitude à partir d'un schéma. Choisir les composants permettant une démodulation de bonne qualité ; savoir visualiser les tensions pertinentes.</p>
<p><i>Étude expérimentale du dipôle bobine condensateur monté en parallèle : sa fonction de filtre passe bande. Réalisation d'un récepteur radio en fonction des connaissances acquises précédemment.</i></p>	<p>3. Réalisation d'un dispositif permettant de recevoir une émission radio en modulation d'amplitude Le dipôle bobine condensateur monté en parallèle : étude expérimentale ; modélisation par un circuit LC parallèle. Association de ce dipôle et d'une antenne pour la réception d'un signal modulé en amplitude. Réalisation d'un récepteur radio en modulation d'amplitude.</p>	<p>Savoir que le dipôle LC parallèle, utilisé ici comme filtre passe bande pour la tension, est un circuit bouchon pour l'intensité. Expliquer l'utilité de ce dipôle pour la sélection d'une tension modulée.</p> <p>Savoir-faire expérimentaux Réaliser un montage, à partir d'un schéma, associant les divers modules nécessaires à la réalisation d'un récepteur radio.</p>

\* Activités pouvant donner lieu à l'utilisation des technologies de l'information et de la communication.

## Commentaires

1. On pourra montrer des exemples des catégories de transmission suivantes : support matériel / signal unique (téléphone local, fils d'entrée de l'oscilloscope, etc.), support matériel / signaux multiples (câble TV, téléphone entre centraux, etc.), support non matériel / signal unique (télécommande infra-rouge, etc.), support non matériel / signaux multiples (radio, etc.).

Le terme « canal » s'applique aussi bien à un support matériel qu'à une onde porteuse.

Cette partie sera l'occasion de discuter de la répartition des bandes de fréquence entre les différents utilisateurs, sachant que la bande passante affectée à chacun d'eux est limitée. On pourra signaler les avantages et les inconvénients de chaque gamme de fréquences, en insistant en particulier sur les propriétés de propagation différentes des ondes selon leur fréquence.

À partir du paragraphe 1.3, on ne s'intéresse plus qu'au signal électrique transmis à l'antenne émettrice et au signal électrique issu de l'antenne réceptrice. Le terme de signal électrique désigne aussi bien la tension que l'intensité du courant électrique.

L'expression mathématique de la tension sinusoïdale est introduite dans le cas général mais on n'utilisera que l'expression où la phase à l'origine est nulle.

Les grandeurs pouvant être modulées, autres que l'amplitude, ne sont pas exigibles.

2. Dans cette partie, il s'agit d'amener de façon raisonnée les différentes fonctions que doit présenter le montage pour retrouver l'allure du signal modulant. Ces différentes fonctions sont introduites expérimentalement. Aucun développement théorique n'est exigible. Il est important de ne pas dissocier la diode de l'ensemble de détection : c'est le quadripôle diode - RC parallèle qui réalise la détection d'enveloppe (charge du condensateur à travers la diode et décharge à travers la résistance).

La définition proposée pour la modulation d'amplitude est traduite par l'expression  $u_m(t) = [a u_e(t) + b] \cos(2\pi f_p t)$  ; où  $u_e(t)$  est la tension modulante, et  $f_p$  la fréquence de la tension que l'on module.

Dans le cadre de la réalisation de la modulation d'amplitude avec un montage multiplicateur, on sera amené à passer de l'expression directement issue de la définition  $u_m(t) = [a u_e(t) + b] \cos(2\pi f_p t)$  à l'expression  $u_m(t) = k[U_0 + u_e(t)] U_{pmax} \cos(2\pi f_p t)$  où  $U_0$  est une tension continue ajoutée. La surmodulation se produit lorsque l'amplitude instantanée  $[a u_e(t) + b]$  devient négative. Dans le cas de la réalisation pratique, ceci se produit lorsque  $U_0 + u_e(t)$  change de signe au cours du temps.

La qualité de la modulation peut être estimée en utilisant l'oscilloscope en mode X-Y, avec en X la tension modulante et en Y la tension modulée (méthode dite « du trapèze »).

Le résultat démontré dans le cas d'une tension modulante sinusoïdale permettra de préciser la largeur de bande créée par la modulation et la nécessité d'écartier suffisamment les fréquences des ondes porteuses pour éviter le mélange des informations.

Tout tracé de courbe de réponse d'un filtre est hors programme.

Le taux de modulation peut être évoqué mais n'est pas exigible.

3. Il s'agit essentiellement de laisser les élèves en autonomie en mettant du matériel à leur disposition pour réaliser un montage récepteur radio.

### B - RECOMMANDATIONS

Il s'agit d'un enseignement expérimental devant favoriser l'apprentissage de l'autonomie et de l'initiative ; les conditions matérielles doivent donc être suffisantes pour que l'option fonctionne dans de bonnes conditions : chaque binôme doit disposer d'un matériel de base suffisant et d'un ordinateur. Le laboratoire (ou le lycée) doit disposer de ressources documentaires nécessaires à la mise en application du programme.

Chaque étude de grandeur à mesurer est l'occasion d'aborder des lois physiques, d'utiliser de façon réfléchie les instruments de mesure, d'affiner le traitement des mesures et de diversifier les techniques utilisées. La progression durant l'année scolaire se fait par un réinvestissement des connaissances et savoir-faire antérieurs, auxquels s'ajoutent des compléments appartenant à chacune des colonnes du programme : chaque semaine, un ou deux alinéas nouveaux du programme seront traités.

Il est nécessaire de laisser aux élèves du temps pour réfléchir, imaginer et intégrer la logique d'un système fiable de mesures et de traitement.

L'évaluation se fera à partir de réalisations pratiques, de comptes-rendus écrits ou oraux, de recherches documentaires..., tous ces travaux se pratiquant pendant les heures de présence en classe. On pourra être amené à donner aux élèves des tâches différentes pendant une même tranche horaire pour utiliser au mieux le matériel disponible au laboratoire.

**Recommandations propres à chaque colonne du tableau des contenus ci-après :**

Il serait contraire à l'esprit du programme de traiter les seuls contenus d'une même colonne durant plusieurs semaines consécutives : la lecture doit en être faite horizontalement de sorte que des notions appartenant à plusieurs colonnes soient traitées lors d'une même séance et réinvesties au cours des séances suivantes.

#### • Mesures :

La technologie des différents appareils ou capteurs est hors programme.

Aucune considération mathématique n'est à développer quant à l'étude statistique des mesures : on se limitera à observer le sens physique des notions de moyenne et d'écart type.

L'utilisation des mots grandeur intensive et grandeur extensive est hors programme.

#### • Physique analogique :

L'échelle de température est une première approche de ce qui sera approfondi dans le programme de tronc commun de physique et chimie.

Loi d'ohm, loi des intensités, loi des tensions sont des rappels et des compléments de ce qui a été vu au collège. Le pont diviseur de tension sera étudié de façon expérimentale ; l'étude théorique pouvant faire l'objet d'un exercice si le niveau (ou la demande) de la classe le justifie. Les montages suiveur, comparateur, amplificateur, et amplificateur différentiel ne seront étudiés que dans un but fonctionnel : on visualisera les grandeurs d'entrée et de sortie et on établira la relation les reliant.

#### • Physique numérique :

Les systèmes de numération : on s'efforcera de montrer qu'avec un nombre restreint de symboles on peut dénombrer de grandes quantités d'objets. On traitera les systèmes à base deux, dix, seize.

En ce qui concerne les convertisseurs, toute étude technologique est hors programme.

Résolution et fréquence d'échantillonnage seront traitées expérimentalement : toute étude théorique est hors programme. L'utilisation comparée d'une interface et d'un oscilloscope pour la visualisation d'un même phénomène sera démonstrative.

#### • Informatique :

Aucune connaissance théorique sur l'ordinateur et ses périphériques n'est exigible, hormis ce qui est indispensable à son utilisation.

Aucune connaissance spécifique à l'utilisation d'un logiciel n'est exigée. Par contre, on pourra montrer que les fonctions de logiciels de même type se manipulent de façon voisine.

#### • Culture scientifique et technique :

L'histoire de la numération : c'est toujours une surprise pour les élèves de "découvrir" les techniques de numération des civilisations disparues. Les systèmes à base 12 et 60 seront évoqués.

La lecture d'une publicité peut être le prétexte à comprendre l'architecture d'un ordinateur et sa compatibilité avec les différents périphériques.

La lecture de la notice technique d'un capteur renseigne sur ses conditions d'utilisation, ses performances, et suggère souvent des exemples d'utilisation.