

Oscillations électriques – V2

Classes concernées : TS, TS spé

Introduction

Un oscillateur est un système dont un paramètre au moins, varie au cours du temps selon une loi sinusoïdale. Nous rencontrons des phénomènes oscillatoires aussi bien en mécanique (également au programme de TS) qu'en électricité.

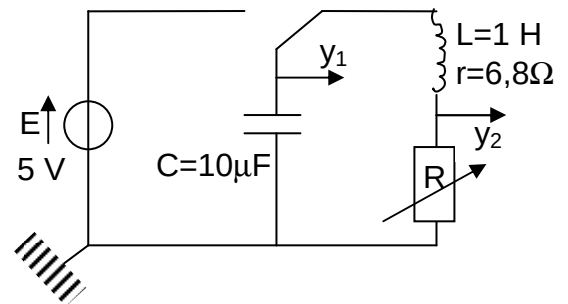
Nous allons montrer, dans ce montage, les différents régimes qui dépendent de l'amortissement : les régimes périodique, pseudo-périodique et apériodique. Nous verrons également qu'il est possible d'entretenir ces oscillations. Une étude énergétique accompagnera les différentes situations.

I. Décharge d'un condensateur dans un circuit RLC série

♦ Présenter les différents régimes d'oscillations libres d'un circuit RLC série en fonction de la valeur de R.

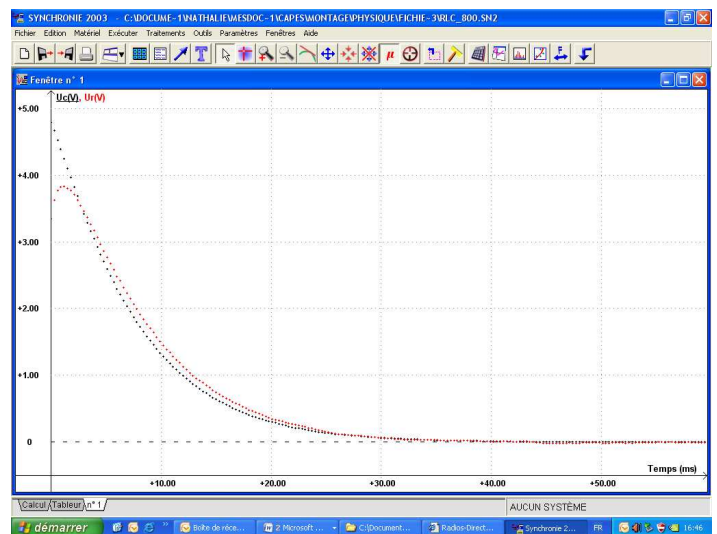
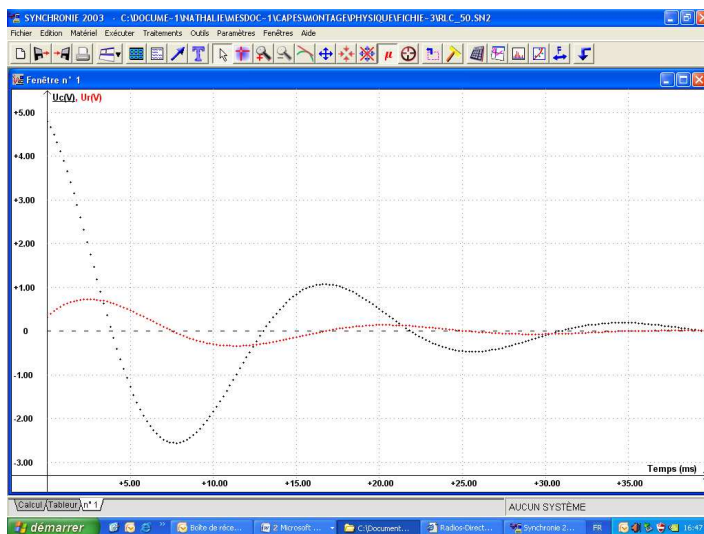
$R_{\text{critique}} = 2\sqrt{\frac{L}{C}} = 632 \, \Omega$ (uniquement pour avoir un point de repère car le régime critique n'est pas au programme)

1. Régime pseudo-périodique : $R < R_{\text{critique}}$
Amortissement faible : oscillations
2. régime apériodique $R > R_{\text{critique}}$



R=50 Ω

R=800 Ω



Régime pseudo-périodique :

♦ Mesurer de la pseudo période : $T_{\text{exp}} = 17,4 \, \text{ms}$

Période propre du circuit RLC série : $T_{\text{théorique}} = 2\pi\sqrt{LC} = 19,8 \, \text{ms}$

La pseudo période est à peu près égale à la période propre.

♦ Diminuer C et montrer que la pseudo-période diminue.

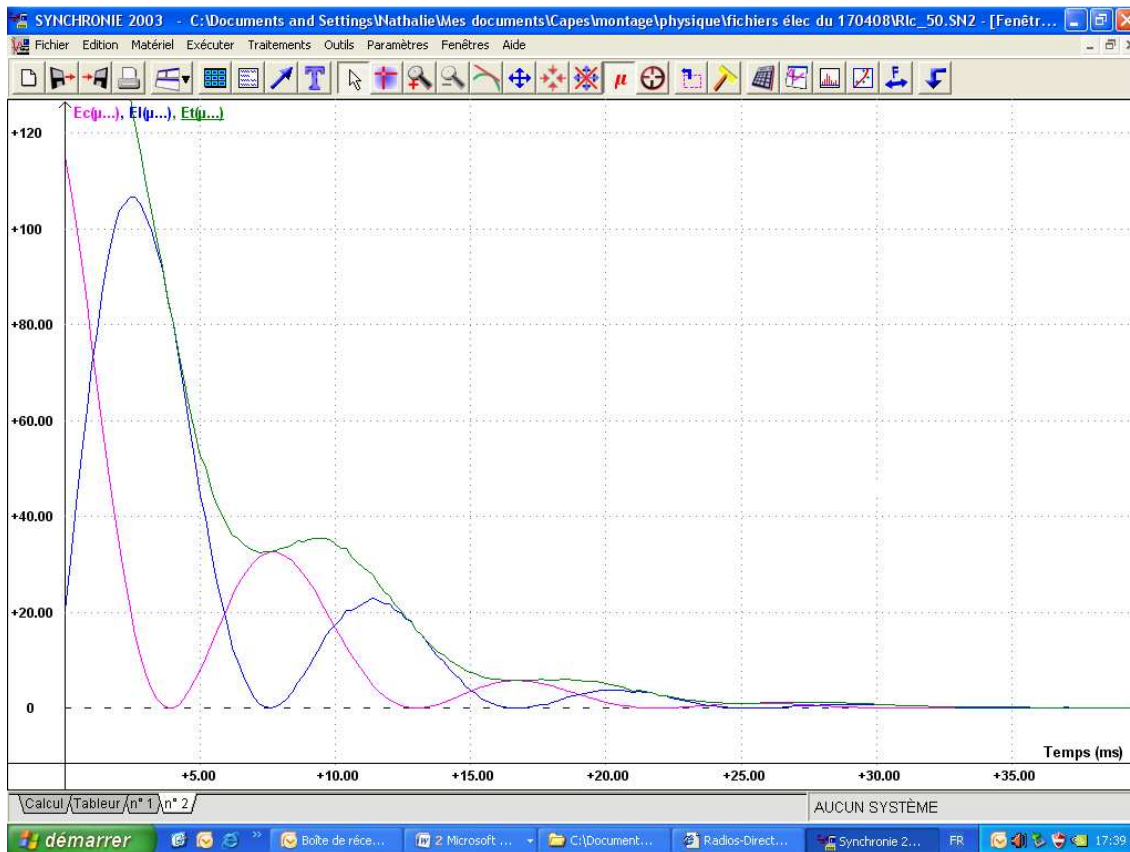
II. Etude énergétique du régime pseudo périodique

Extrait du BO : « Savoir interpréter en terme d'énergie les régimes périodique, pseudo-périodique, apériodique et entretenu. »

$$E_c = 0,5 \cdot 0,00001 \cdot U_c^2$$

$$E_l = 0,5 \cdot (U_r/50)^2$$

$$E_t = E_l + E_c$$



Conclusions

- L'énergie stockée dans le condensateur est maximale quand celle emmagasinée dans la bobine est nulle.
- Quand $E_c(t)$ augmente, $E_l(t)$ diminue, et inversement.
- L'énergie totale diminue au cours du temps dû au fait d'une dissipation d'énergie par transfert thermique par effet Joule (car la résistance totale du circuit est non nulle).

III. Entretien des oscillations

Extrait du BO : « Savoir que le dispositif qui entretient les oscillations fournit l'énergie évacuée par transfert thermique. »

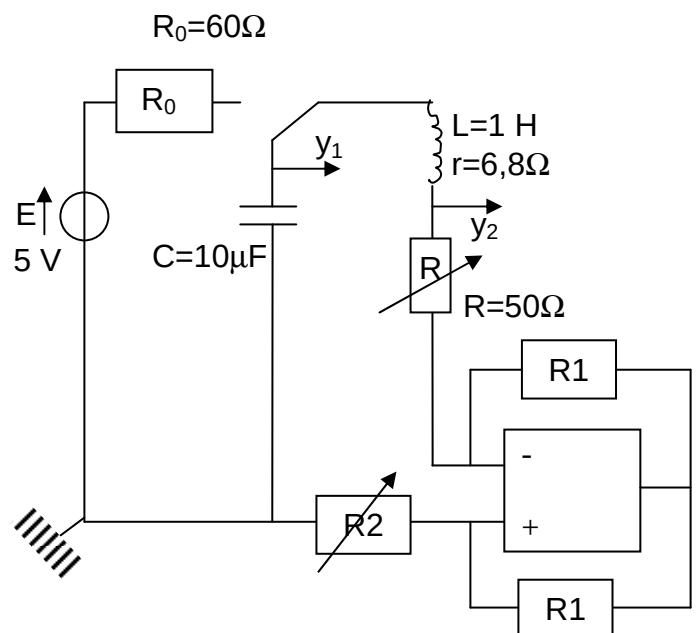
Il est possible d'entretenir les oscillations et d'obtenir, pour les grandeurs oscillantes, une amplitude constante en utilisant un dispositif qui fournit continuellement l'énergie dissipée par transfert thermique. (dispositif à résistance négative (son étude est hors programme...))

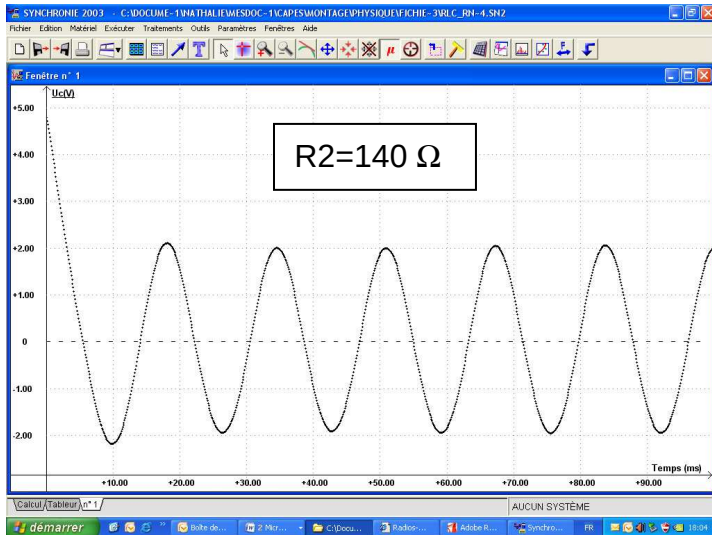
$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$

On fait varier R_2 jusqu'à obtenir une amplitude constante. (on a trouvé $R_2 = 140 \Omega$)

R_q : on trouve $T_0 = 16,4 \text{ ms}$ (devrait être égal à $19,8 \text{ ms}$)

Les oscillations obtenues sont sinusoïdales. Le régime est périodique.



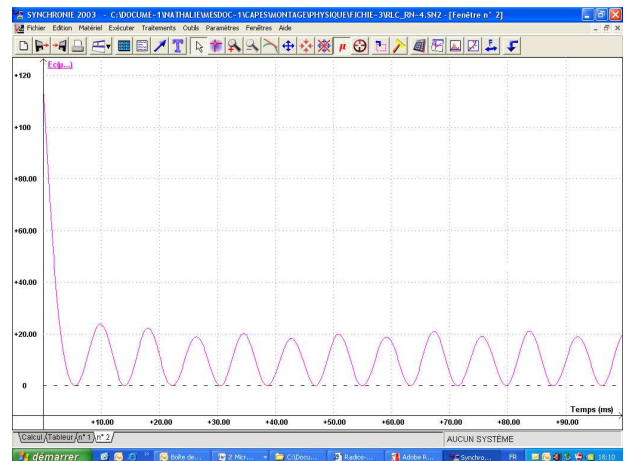


Etude énergétique :

Ec. (je ne peux pas représenter E_I car on n'a pas fait l'acquisition de $U(r)$)

Au cours des oscillations entretenues, il y a en permanence, un transfert d'énergie entre la bobine et le condensateur. Les pertes d'énergie par effet Joule sont intégralement compensées par un dispositif d'entretien. L'énergie totale du circuit reste constante.

BO : « 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. »



Conclusion

Nous avons vu dans ce montage, qu'un circuit électrique constitué d'un condensateur et d'une bobine est capable d'osciller du fait du transfert d'énergie permanent entre la bobine et le condensateur. Ces oscillations sont toutefois amorties car il y a des pertes énergétiques par effet Joule, dues aux résistances présentes dans le circuit. Il est toutefois possible de se rapprocher d'un véritable régime périodique (donc non amorti) en introduisant dans le circuit un dispositif qui compense les pertes d'énergie par effet Joule. Les systèmes oscillants sont très utilisés en électronique, notamment dans les filtres.

BIBLIO

Livre TS obligatoire Nathan collection Sirius

Questions

1. Oscillations électriques.

Classes concernées : TS, TS Spé

Expérience	But	Matériel
1	Présenter les différents régimes d'oscillations libres d'un circuit RLC série. Mesurer une pseudo-période et vérifier qu'elle est voisine de la période propre $T = 2\pi\sqrt{LC}$.	Générateur de tension continue, interrupteur à 3 points, bobine d'inductance réglable, boîte de condensateurs, boîte de résistances, oscilloscope à mémoire.
2	Réaliser l'entretien d'oscillations avec un montage amplificateur à résistance négative. Vérifier qu'il s'agit de la période propre du circuit LC.	Bobine d'inductance réglable, boîte de condensateurs, résistances, amplificateur opérationnel avec alimentation, oscilloscope à mémoire.
3	Tracer la courbe de résonance en tension d'un circuit bouchon (circuit LC parallèle). Montrer l'intérêt du circuit bouchon pour sélectionner la fréquence d'un émetteur radio.	Générateur basse fréquence, Boîte d'inductances, boîte de condensateurs, boîtes de résistances, oscilloscope, tableur.

Progression

Extraits du BO

Classe de TS

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
----------------------	----------	---

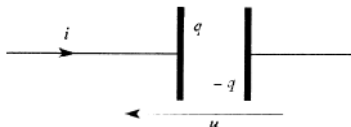
<i>Observation d'une décharge oscillante amortie.</i> <i>Illustration expérimentale de l'entretien des oscillations (réalisation d'un oscillateur sinusoïdal).</i>	3 - Oscillations libres dans un circuit RLC série Décharge oscillante d'un condensateur dans une bobine. Influence de l'amortissement : régimes périodique, pseudo-périodique, apériodique. Période propre et pseudo-période. Interprétation énergétique : transfert d'énergie entre le condensateur et la bobine, effet Joule. Résolution analytique dans le cas d'un amortissement négligeable. Expression de la période propre $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$. Entretien des oscillations.	Définir et reconnaître les régimes périodique, pseudo-périodique et apériodique. Savoir tracer l'allure de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps pour les régimes périodique, pseudo-périodique et apériodique. Dans le cas d'un amortissement négligeable, effectuer la résolution analytique pour la tension aux bornes du condensateur ou la charge de celui-ci. En déduire l'expression de l'intensité dans le circuit. Connaître l'expression de la période propre, la signification de chacun des termes et leur unité. Savoir que le dispositif qui entretient les oscillations fournit l'énergie évacuée par transfert thermique. Savoir interpréter en terme d'énergie les régimes périodique, pseudo-périodique, apériodique et entretenu. Savoir exploiter un document expérimental pour : - identifier les tensions observées, - reconnaître un régime, - montrer l'influence de R et de L ou C sur le phénomène d'oscillations, - déterminer une pseudo-période.
<i>Étude expérimentale de la décharge d'un condensateur dans une bobine inductive :</i> - évolution de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps, - régimes oscillant (pseudo-période) et apériodique, - influence de la résistance, - régime oscillant avec amortissement faible ; période propre, - entretien des oscillations.		Savoir-faire expérimentaux Réaliser un montage électrique à partir d'un schéma. Réaliser les branchements pour visualiser les tensions aux bornes du condensateur et de la résistance supplémentaire éventuelle. Montrer l'influence de R, L et C sur le phénomène observé. Mesurer une pseudo-période et une période. Utiliser un oscilloscope : - 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 ; - repérer les tensions observables simultanément dans un circuit ; - visualiser et déterminer les caractéristiques d'une tension ; - visualiser l'image d'une intensité ; - visualiser simultanément deux tensions.

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.

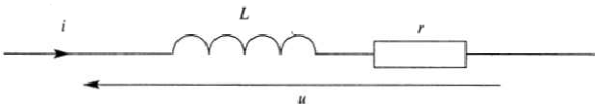
Les conventions choisies seront celles du schéma ci-dessous :



q désigne la charge du condensateur

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 crêteaux 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 crêteaux. 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.

Classe de TS Spé

EXEMPLES D'ACTIVITÉS	CONTENUS	CONNAISSANCES ET SAVOIR-FAIRE EXIGIBLES
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.)	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.	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. Savoir exploiter les oscillogrammes relatifs à une modulation et à une démodulation d'amplitude. 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.
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.	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.	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. Savoir-faire expérimentaux Réaliser un montage, à partir d'un schéma, associant les divers modules nécessaires à la réalisation d'un récepteur radio.