

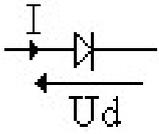
De la démodulation d'amplitude au récepteur radio

I) Quelques « rappels » utiles :

1) La diode :

Une diode est un dipôle dopé positivement d'un côté et négativement de l'autre.

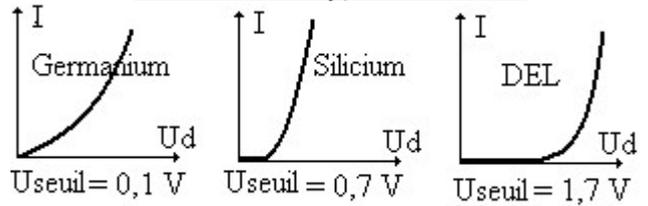
Symbole :



Comportement simplifié :

Si $U_d \geq U_{seuil}$: La diode est passante
 $\Rightarrow I \neq 0A$ (le courant passe)
 Si $U_d < U_{seuil}$: La diode est bloquante
 $\Rightarrow I = 0A$ (pas de courant)

Les différents types de diode :



2) Les filtres :

Schéma général d'un filtre :



En courant alternatif, on appelle filtre un ensemble de dipôles (RC, LC...) montés de telle façon que le rapport de la tension de sortie sur la tension d'entrée (U_s / U_e) dépende de la fréquence de la tension d'entrée.

Lorsque $U_s / U_e \sim 1$, les tensions sont transmises \Rightarrow Le filtre est passant. Ces fréquences sont favorisées

Lorsque $U_s / U_e \ll 1$, les tensions sont très atténuées \Rightarrow Le filtre joue son rôle. Ces fréquences sont filtrées

3) Etude expérimentale du filtre passe-haut : (RC série, U_s aux bornes du résistor)

Effectuer le montage du circuit RC en série schématisé ci-contre.

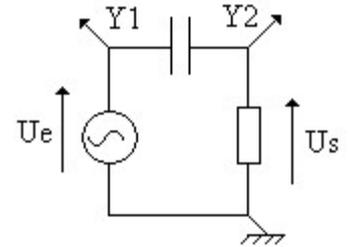
On prendra $R = 220\text{ k}\Omega$ et $C = 470\text{ nF}$

Brancher l'oscilloscope comme indiqué sur le schéma : en mode AC :

A l'aide de l'oscilloscope régler le générateur tel que $U_e\text{ max} = 6\text{ V}$

Sensibilité de la voie 1 = \Rightarrow hauteur du motif de $U_e\text{ max} = \dots\dots\dots$

Compléter le tableau suivant en réglant la fréquence et l'amplitude de la tension d'entrée U_e . Penser à ajuster le balayage suivant les besoins afin de toujours obtenir la meilleure précision de lecture.



f (Hz)	0	10	50	100	300	500	1000	2000	5000	10000
$U_e\text{ max}$ (V)	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
$U_s\text{ max}$ (V)										
$H = U_s / U_e$										

Terminer le tableau par le calcul de $H = (U_s\text{ max} / U_e\text{ max})$

Tracer rapidement l'allure du graphe $H = f(\text{fréquence})$

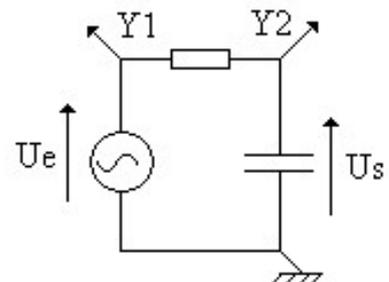
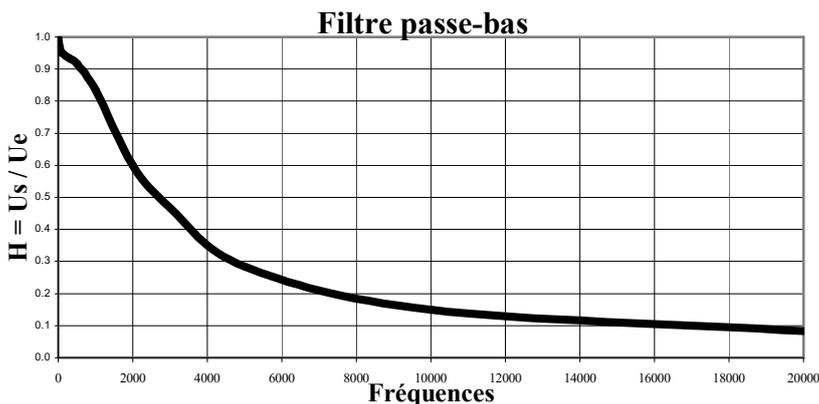
Pourquoi appelle-t-on ce montage un filtre passe-haut ?

La fréquence de coupure (f_c) est la valeur de la fréquence correspondant à $H / \sqrt{2}$. Déterminer graphiquement la fréquence de coupure de ce filtre.

4) Etude rapide d'un filtre passe-bas (circuit RC série, U_s aux bornes du condensateur) :

Le montage est toujours un circuit RC en série, mais la tension de sortie est mesurée aux bornes du condensateur. Si on effectue le même type de mesure, on obtient les résultats suivants.

f (Hz)	0	10	50	100	300	500	1000	2000	3000	5000	10000	20000
$U_e\text{ max}$ (V)	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
$U_s\text{ max}$ (V)	6.0	5.9	5.8	5.7	5.6	5.5	5.0	3.6	2.8	1.7	0.9	0.5
$H = U_s / U_e$	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.6	0.5	0.3	0.2	0.1

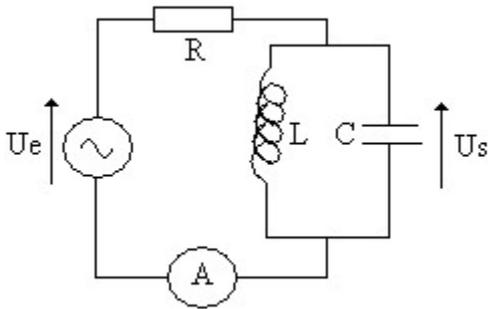


Rechercher la fréquence de coupure (f_c) de ce filtre passe-bas.

Rappeler ce que représente cette fréquence de coupure.

Ce montage est un filtre passe-bas car il permet (il favorise) le passage des basses fréquences.

5) Etude expérimentale du filtre passe-bande ou circuit bouchon : (circuit LC en //)



Ajouter sur le schéma les branchements de l'oscillographe permettant de visualiser U_e en voie 1 et U_s en voie 2.

Effectuer le montage en ajoutant l'oscilloscope permettant les mesures de U_e et de U_s .

On donne : $R = 220 \Omega$ $L = 9,5 \text{ mH}$ $C = 470 \text{ nF}$

a) Réglages de l'oscilloscope :

Balayage : $0,2 \text{ ms / cm}$.

Placer (en mode GND) la trace de la voie 1 (pour la visualisation de U_e) au centre de la moitié supérieure de l'écran et la trace de la voie 2 (pour la visualisation de U_s) au centre de la moitié inférieure de l'écran.

Sensibilité en voie 1 = 1 V / cm

Sensibilité en voie 2 = $0,2 \text{ V / cm}$

Synchronisation (source) sur la voie 1 (CH1), stabiliser l'image si besoin avec le bouton « level ».

b) Réglages du générateur :

Bouton de gamme de fréquence sur 10 kHz . Choisir une fréquence quelconque entre 1 kHz et 10 kHz . Et ajuster l'amplitude de U_e à 1 V .

c) Mesures de U_s en fonction de la fréquence :

Avec le bouton fréquence du générateur, se placer sur la plus petite fréquence possible sans changer de gamme (environ 200 Hz). Que vaut U_s ? Augmenter progressivement la fréquence de U_e jusqu'à son maximum (environ 22 kHz). Comment varie l'amplitude de U_s , alors que celle de U_e reste constante (1 V).

Tracer ci-contre l'allure du graphe $U_s = f$ (fréquence).

Justifier le nom de filtre passe-bande pour ce montage.

Mesurer la valeur de la fréquence f_0 correspondant au maximum de la tension de sortie U_s : $f_0 = \dots\dots\dots \text{ Hz}$

L'ensemble RLC, aux bornes duquel on mesure U_s est un circuit oscillant. Calculer sa fréquence propre f_0 .

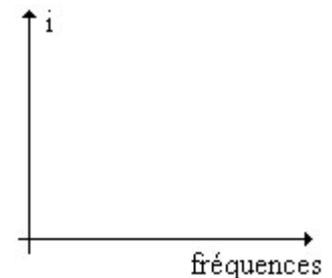
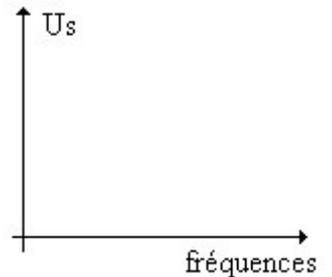
Comparer la fréquence propre du circuit oscillant et la valeur de f_0 trouvée précédemment. Interpréter le phénomène physique qui a eu lieu.

d) Mesures de i en fonction de la fréquence :

Avec le bouton fréquence du générateur, se replacer sur la plus petite fréquence possible sans changer de gamme (environ 200 Hz). Que vaut i ? Augmenter progressivement la fréquence de U_e jusqu'à son maximum (environ 22 kHz). Comment varie i , alors que U_e reste constante et égale (1 V).

Tracer ci-contre l'allure du graphe $i = f$ (fréquence).

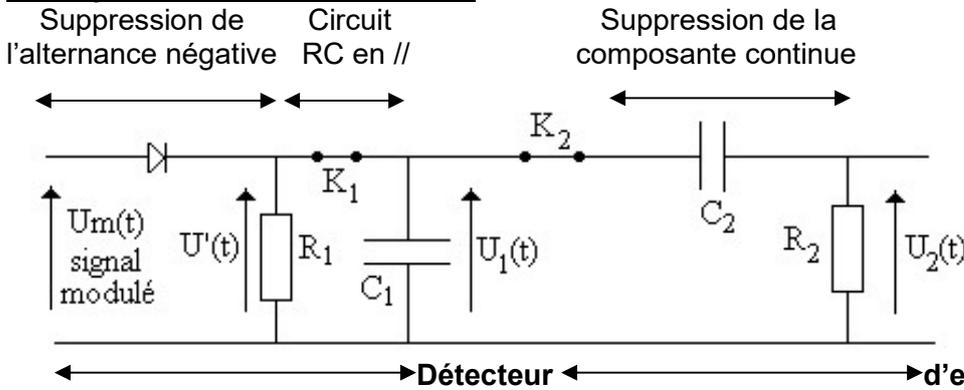
Justifier le nom de **circuit bouchon** qui est aussi attribué à ce montage.



II) Etude de la démodulation d'un signal modulé en amplitude :

1) Schéma général et analyse du montage de démodulation :

Montage complet de démodulation :



La démodulation d'un signal modulé en amplitude consiste à reproduire le signal modulant du départ à partir du signal modulé.

Tension mesuré	$U'(t)$	$U_1(t)$	$U_2(t)$
Etat de K_1			
Etat de K_2			

haut

Remarque : Dans ce montage, on a représenté des interrupteurs afin de pouvoir mesurer séparément les 3 tensions $U'(t)$, $U_1(t)$ et $U_2(t)$. Dans le montage réel (TP) il suffira de débrancher ou de rebrancher le fil de connexion.

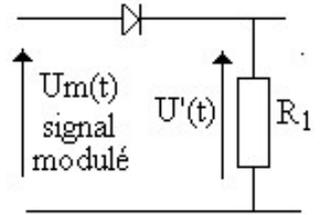
La démodulation s'effectue en 2 étapes :

- **Détection de l'enveloppe du signal modulé**
 - **Suppression des alternances négatives (avec une diode)**
 - **Suppression de la porteuse avec un circuit RC en dérivation.**
- **Suppression de la composante continue avec un filtre passe-haut.**

2) Etude du rôle de la diode dans le détecteur d'enveloppe :

Mise en évidence de l'influence de la tension de seuil de la diode et choix de la diode :

Effectuer le montage schématisé ci-contre en utilisant une DEL verte de tension de seuil $U_d \sim 1,5 \text{ V}$ et un résistor de 220Ω . A l'aide l'oscilloscope, visualiser Le signal modulé de départ $U_m(t)$ en voie 1 et la tension $U'(t)$ aux bornes du résistor en voie 2. On observe la disparition des alternances négatives, mais la forme de la tension $U'(t)$ n'est plus la même que celle du signal modulé. Le choix de cette DEL n'est donc pas approprié, sa tension de seuil est trop grande.



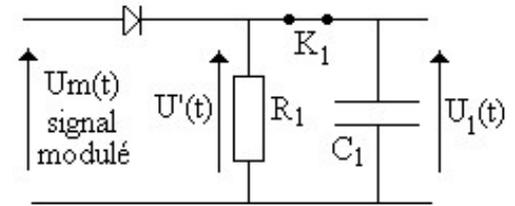
Remplacer la DEL verte ($U_d \sim 1,5 \text{ V}$) par une diode au germanium ($U_d \sim 0 \text{ V}$) => La forme de l'enveloppe supérieure de la tension modulée est bien reproduite. Quelle conclusion peut-on en tirer ?

3) Utilisation du circuit RC en // :

a) Visualisation du rôle du circuit RC en // :

La tension modulée utilisée a été obtenue avec une porteuse de fréquence $f_p = 200 \text{ kHz}$ et un signal de fréquence $f_s = 200 \text{ Hz}$.

Effectuer le montage schématisé ci-contre en utilisant une diode au germanium, un résistor de résistance $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ et un condensateur de capacité $C_1 = 10 \text{ nF}$.



Visualiser $U_m(t)$ en voie 1 et $U_1(t)$ en voie 2.

Q'observe-t-on à l'écran ? Qu'a-t-on réussi à effectuer ?

b) Choix des composants :

Afin de comprendre comment choisir les composants pour effectuer une bonne détection d'enveloppe, on va faire varier la constante de temps du circuit RC en //. Pour cela, il y a 2 solutions, on peut faire varier soit R soit C. Par souci de simplification (en raison du matériel utilisé dans ce TP) on a choisi de faire varier C. Pour chaque valeur de la capacité de C_1 , compléter le tableau suivant :

$R_1 (\Omega)$	$C_1 (\text{nF})$	Schéma de la tension obtenue et de l'enveloppe de l'onde modulée	T_p	$\tau = R \times C$	T_s
10^4	1				
	10				
	100				
	470				

Comparer la constante de temps du circuit RC en // aux périodes T_p de la porteuse et T_s du signal modulant. Quelle conclusion peut-on donner pour obtenir une bonne détection d'enveloppe ?

c) Interprétation :

Donner une explication du fonctionnement du circuit de détection d'enveloppe. Voir corrigé du TP

4) Etude du rôle du filtre passe-haut :

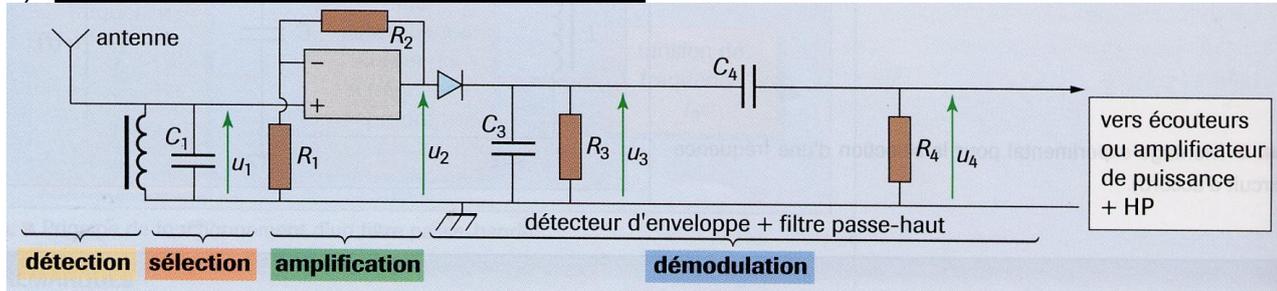
Compléter le montage précédent en ajoutant le filtre passe-haut (constitué d'un circuit RC série) afin d'obtenir le montage complet schématisé précédemment. On choisira $C_2 = 1 \mu\text{F}$ et $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$

A l'oscilloscope, continuer de visualiser le signal modulé de départ en voie 1. Observer la tension $U_2(t)$ aux bornes de R_2 en voie 2 (sortie du filtre passe-haut).

Qu'observe-t-on ? Justifier le résultat obtenu et l'utilisation d'un filtre passe-haut.

II) Etude d'un récepteur radio en modulation d'amplitude :

1) Schéma de principe d'un récepteur radio :



Quels

ensembles déjà rencontrés précédemment retrouve-t-on dans ce schéma ?

2) Etude de l'antenne et du circuit LC en // permettant la sélection des stations :

Les stations de radio grandes ondes (G.O.) et petites ondes (P.O.) émettent des ondes électromagnétiques modulées en amplitude. Chaque station utilise une porteuse de fréquence donnée, qui définit le canal, modulée par le signal correspondant à l'onde sonore à transporter.

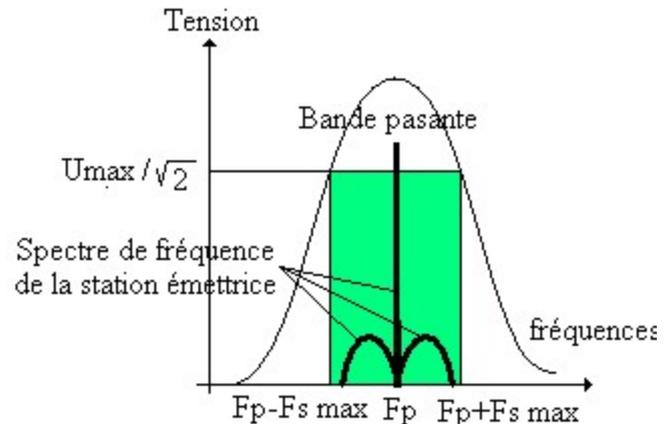
Les ondes électromagnétiques engendrent dans l'antenne de réception un courant électrique de très faible intensité et de même fréquence que l'onde porteuse.

Pour sélectionner une station, il faut accorder la fréquence de la porteuse avec la fréquence propre du filtre passe-bande (circuit LC en //). Pour cela on fait varier la valeur de l'inductance L de la bobine en déplaçant un noyau de fer doux ou on fait varier la capacité C du condensateur.

Le circuit LC en // est appelé circuit sélectif ou circuit d'accord et doit posséder les propriétés suivantes :

- Sa fréquence propre doit être ajustable afin de pouvoir changer de canal et capter les différents radios.
- Sa bande passante doit être suffisamment étroite pour ne recevoir qu'une seule station à la fois.
- Sa bande passante doit être suffisamment large pour permettre la transmission de l'ensemble du signal modulé (cf cours modulation). C'est à dire que la largeur de la bande passante du circuit LC en // doit englober le spectre de fréquence de la station émettrice : $[F_p - F_{s \max}; F_p; F_p + F_{s \max}]$ Voir schéma ci-contre.

Stations	λ (m)	F (kHz)
France inter	1852	164
Europe 1	1648	183
RTL	1282	234



Exemple :

- Comment choisir les composants du circuit d'accord pour recevoir France-inter si on prend $C = 1,0 \text{ nF}$?
- Connaissant les canaux de France-inter et de Europe 1 qui sont 2 stations voisines, quelle est la largeur maximale de leur bande passante ?
- On laisse toujours 1 kHz de séparation entre les 2 bandes passantes de 2 stations voisines pour éviter tout risque de superposition. Quelle est la largeur réelle de la bande passante de ces stations de radio ?
- Quel domaine de fréquences sonores peut-on transmettre avec ces radios ? L'ensemble des fréquences sonores audibles peut-il être transmis ? Est ce un problème ?

3) Etage de préamplification :

Pourquoi faut-il amplifier le signal en sortie d'antenne ?

Quel composant électronique utilise-t-on pour réaliser cette amplification ?

Quel problème cette amplification va-t-elle entraîner ?

4) Démodulation :

Rappeler les différentes parties qui constituent l'étage de démodulation.

Rappeler la condition que doit respecter la constante de temps du circuit RC en // pour obtenir une bonne détection d'enveloppe.

A quoi sert le filtre passe-haut dans cet étage de démodulation ?