

Introduction La transmission des informations par le biais de satellites artificiels se fait à l'aide **des ondes électromagnétiques** de très hautes fréquences. **Qu'est-ce qu'une onde électromagnétique ?** Comment est-elle exploitée pour transporter des informations ?

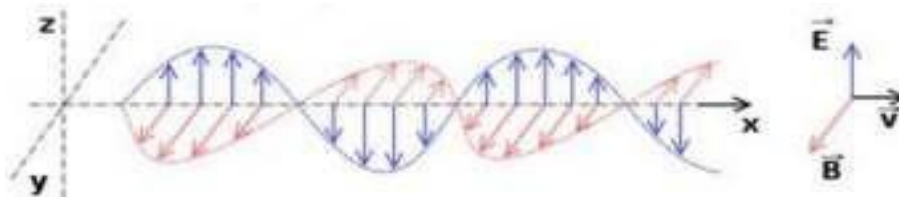


I- Les caractéristiques ondes électromagnétiques :

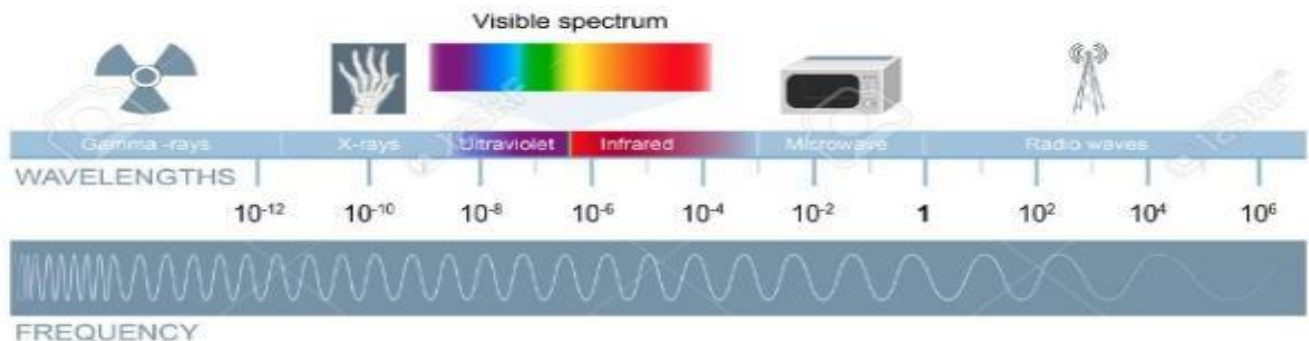
Les ondes électromagnétiques sont constituées de champ électrique \vec{E} et champ magnétique \vec{B} . Elles se propagent dans toutes les directions dans un milieu homogène et isolant, y compris le vide. Leur vitesse de propagation dans le vide, appelée célérité vaut : $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$. Elles sont caractérisées par leur fréquence f .

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f}$$

λ : longueur d'onde en (m) ; T : période en (s), et f : fréquence en Hz



Les domaines des ondes électromagnétiques



II -Utilisation des ondes électromagnétique:

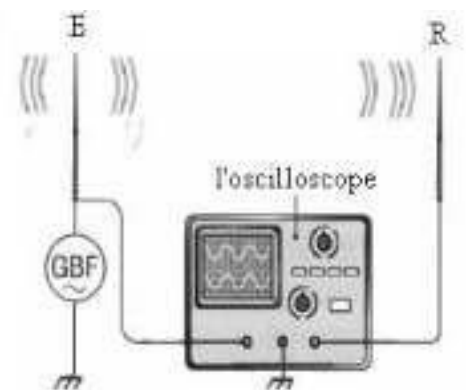
1- Emission-réception d'une onde électromagnétique :

Dans le montage suivant **E** et **R** sont deux fils électriques conducteurs qui jouent le rôle d'émetteur et de récepteur. On visualise sur l'entrée Y_A de l'oscilloscope un signal sinusoïdal émis par le générateur GBF et on obtient sur l'entrée Y_B un signal reçu par le récepteur R.

Observation

L'expérience montre que **le signal reçu** par le récepteur R qui la même fréquence et la même forme que le signal émis par E.

L'antenne émettrice **E** émet une onde électromagnétique de même fréquence que le signal électrique du circuit. Cette onde se propage dans tout l'espace et provoque dans l'antenne réceptrice R un signal de même fréquence.



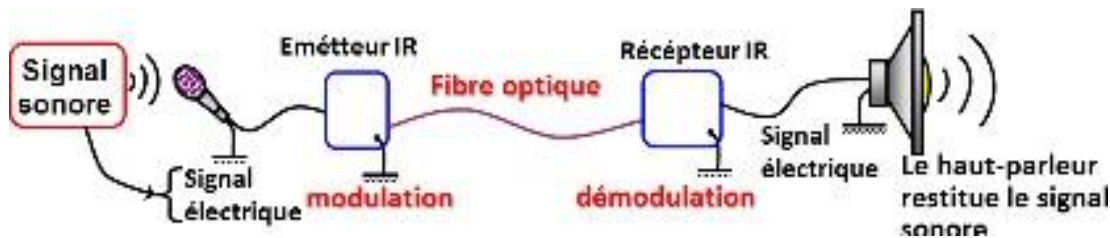
Conclusion

L'onde électromagnétique peut transporter **le signal** qui contient l'information à des grandes distances sans aucun **transport de matière** et avec une vitesse égale à la **célérité de lumière dans le vide**.

2- Transmission d'une information par une onde lumineuse

Comment transmettre un signal sonore par une onde lumineuse ?

On capte le **signal sonore émis** par un microphone qui le transforme en **signal électrique** qui est transporté par un faisceau lumineux dans une fibre optique. Un haut-parleur restitue le signal sonore à partir du **signal électrique reçu**.



- Le signal sonore représente l'information ou le **signal modulant**.
- Le faisceau lumineux est **la porteuse**, c'est-à-dire support qui transporte le signal électrique.

❖ Principe de transmission d'une information par une onde électromagnétique.

Pour transmettre une information (images, vidéos, audio etc), on a besoin d'une **onde porteuse** de haute fréquence **HF**, **la porteuse** est une onde qui se modifie par le signal qu'on veut transmettre. On dit qu'elle est **modulée** et le signal transmis est un **signal modulant** de basse fréquence **BF**. Cette opération s'appelle **la modulation**. À la réception, il faut séparer le signal modulant (:l'information) de l'onde porteuse, cette opération s'appelle **la démodulation**.

2- Pourquoi doit -t'on faire la modulation ?

Activité 2 : Pour capter un signal de réception, on utilise en générale des antennes de l'ordre de la moitié de la longueur d'onde du signal de réception $l = \frac{\lambda}{2}$

1- Quelle est la longueur de l'antenne qui peut capter un signal de basse fréquence BF de $f = 200 \text{ Hz}$?

.....

.....

2- Quelle est la longueur de l'antenne qui peut capter un signal de haute fréquence HF de 100 MHz ?

.....

.....

3- A votre avis, quel est le signal qui est possible à utiliser ?

.....

.....

4- Comment résoudre le problème de la transmission des signaux de basse fréquence BF?

Conclusion

Pour **transmettre**, on doit utiliser une technique **s'appelle la** **La modulation** est un processus qui consiste à **transmettre le signal de sa forme original** en une forme adaptée au **canal de transmission** en faisant **varier son** ou **sa** ou bien **sa**

3- Modulation d'une tension sinusoïdale :

La tension sinusoïdale est un signal électrique

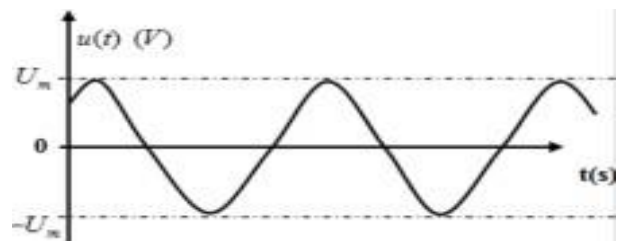
$$\text{Tension } u(t) = U_m \cdot \cos(2\pi f \cdot t + \varphi)$$

U_m : amplitude en volts (V)

f : fréquence en hertz (Hz)

t : temps en seconde (s)

φ : phase à l'origine en radian (rad)

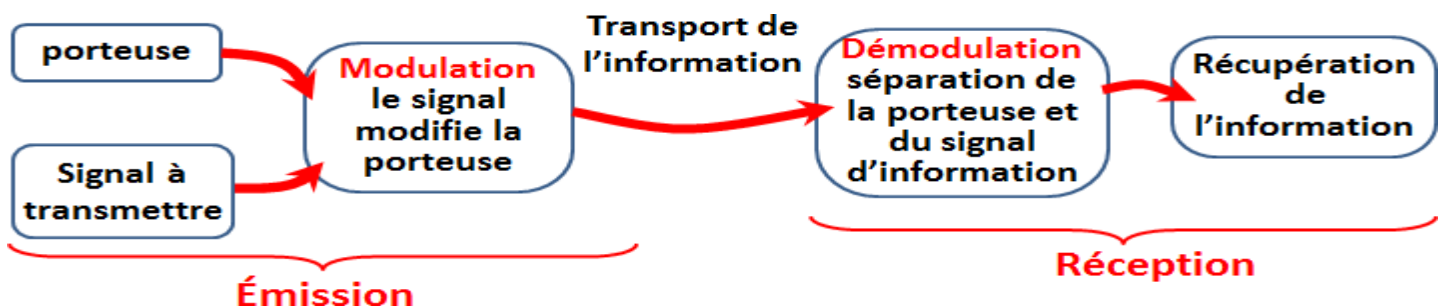


4- Les différents types de modulations :

On peut moduler une onde porteuse, $u(t) = U_m \cdot \cos(2\pi f \cdot t + \varphi)$ en modifiant une des caractéristiques : amplitude U_m , fréquence f ou phase à l'origine φ .

Modulation de phase	Modulation de fréquence :	Modulation d'amplitude
La phase φ varie en fonction du signal modulant. $u(t) = U_m \cdot \cos(2\pi f(t) \cdot t + \varphi(t))$ f et U_m sont des constantes caractéristiques de la porteuse	Ici, la fréquence varie en fonction du signal modulant $u(t) = U_m \cdot \cos(2\pi f(t) \cdot t + \varphi)$ U_m et φ sont des constantes caractéristiques de la porteuse.	Dans ce cas, l'amplitude U_m varie en fonction du signal modulant. $u(t) = U_m(t) \cdot \cos(2\pi f \cdot t + \varphi)$ f et φ sont des constantes caractéristiques de la porteuse.

L'organigramme d'émission - réception d'une information



Introduction Le fonctionnement d'un récepteur radio se base dans la réception des émissions radiophoniques sur le principe de la (modulation - démodulation) d'amplitude ou de la (modulation - démodulation) de fréquence. Quel est le principe de la modulation d'amplitude ? Quel est le principe de la démodulation d'amplitude ? Comment exploiter ce dernier pour réaliser un récepteur radio ?



I- La modulation d'amplitude

1- Principe de la modulation d'amplitude

L'information à transmettre est contenue dans un signal électrique $s(t)$ de basse fréquence BF. Pour le transporter, on utilise une « onde porteuse » de haute fréquence HF. L'amplitude de l'onde porteuse est modulée par le signal électrique de basse fréquence BF. Ceci est effectué par un **modulateur**.

2- Le modulateur d'amplitude

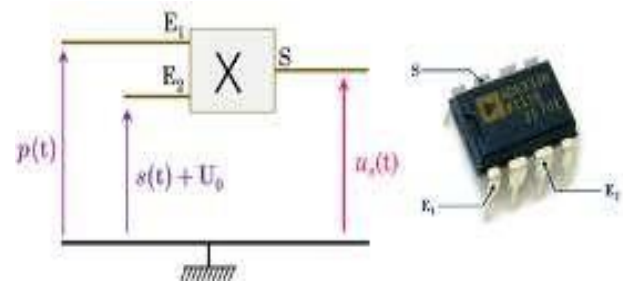
Pour moduler l'amplitude de l'onde porteuse on utilise un multiplieur (symbole : X) qui réalise le produit du signal informatif décalé $[s(t)+U_0]$ par le signal porteur $P(t)$.

La tension de sortie $u_s(t)$ du multiplieur, modulée en Amplitude s'écrit alors :

$$u_s(t) = \dots\dots\dots$$

avec k : constante du multiplieur en (V^{-1})

Circuit intégré AD633

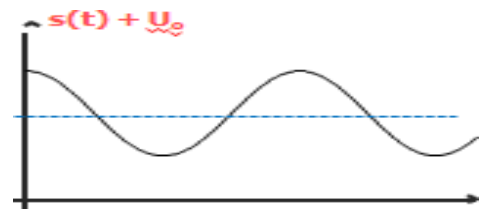


3- Application à la modulation d'amplitude :

On applique une tension $s(t) + U_0$ à l'entrée E_2

-Le signal sinusoïdal contenant l'information à transmettre, signal **modulant** :

$$s(t) = \dots\dots\dots$$



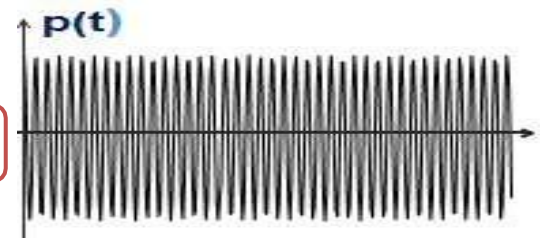
U_0 : Tension continue de décalage ajoutée à $s(t)$:

f_0 ou f_s : fréquence de signal modulant.

On applique une tension $p(t)$ à l'entrée E_1

Le signal sinusoïdal de **porteur de haute fréquence** :

$$p(t) = \dots\dots\dots$$

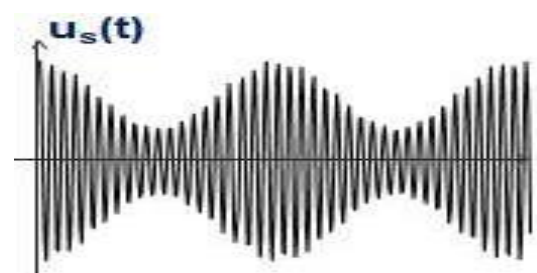


f_p : fréquence de signal porteur

-Le signal porteur est **modulé**, afin que son **amplitude varie** à l'image du signal BF (signal modulant).

À la sortie du multiplieur, on récupère le signal **modulé** $u_s(t)$ tel que :

$$u_s(t) = \dots\dots\dots$$



4- Expression de la tension modulée en amplitude

On a : $u_s(t) = \dots\dots\dots$ avec $p(t) = \dots\dots\dots$

Donc $u_s(t) = \dots\dots\dots$

Une **tension modulée** en amplitude a pour expression générale : $u_s(t) = \dots\dots\dots$

Après identification on constate que : $U_m(t) = \dots\dots\dots$

d'où $U_m(t) = \dots\dots\dots$ avec $a = \dots\dots\dots$ et $b = \dots\dots\dots$

L'**amplitude** $U_m(t)$ de la tension modulée est une fonction.....de la tension modulante $s(t)$. Elle en reproduit les variations de $s(t)$ au cours du temps.

4-1- cas de d'une tension modulante sinusoïdale

On a $u_s(t) = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$

soit $s(t) = \dots\dots\dots$

En posant : $A = \dots\dots\dots$ et $m = \dots\dots\dots$ appelé **taux de.....**,

d'où :

$$u_s(t) \dots\dots\dots$$

$$U_m(t) = \dots\dots\dots$$

5- Autre expression de taux de modulation

On peut écrire $u_s(t)$ sous la forme $u_s(t) = U_m(t) \times \cos(2\pi.f_p.t)$

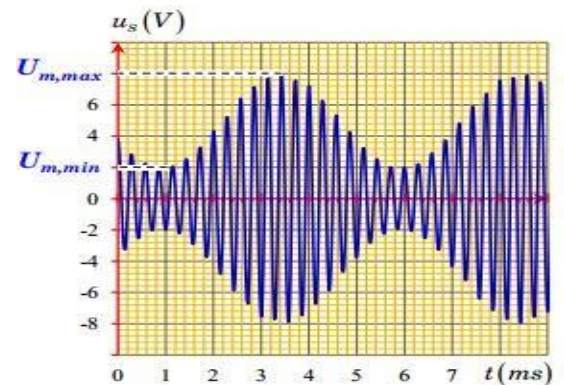
où $U_m(t)$ est l'amplitude du signal modulé :

$$U_m(t) = A \cdot [1 + m \cos(2\pi.f_m.t)]$$

- Si $\cos(2\pi.f_m.t) = \dots\dots\dots$ alors $U_{m \max} = \dots\dots\dots$

- Si $\cos(2\pi.f_m.t) = \dots\dots\dots$ alors $U_{m \min} = \dots\dots\dots$

D'où $U_{m \max} - U_{m \min} = \dots\dots\dots$ et $U_{m \max} + U_{m \min} = \dots\dots\dots$



En faisant le **rapport** des deux dernières égalités, on obtient finalement :

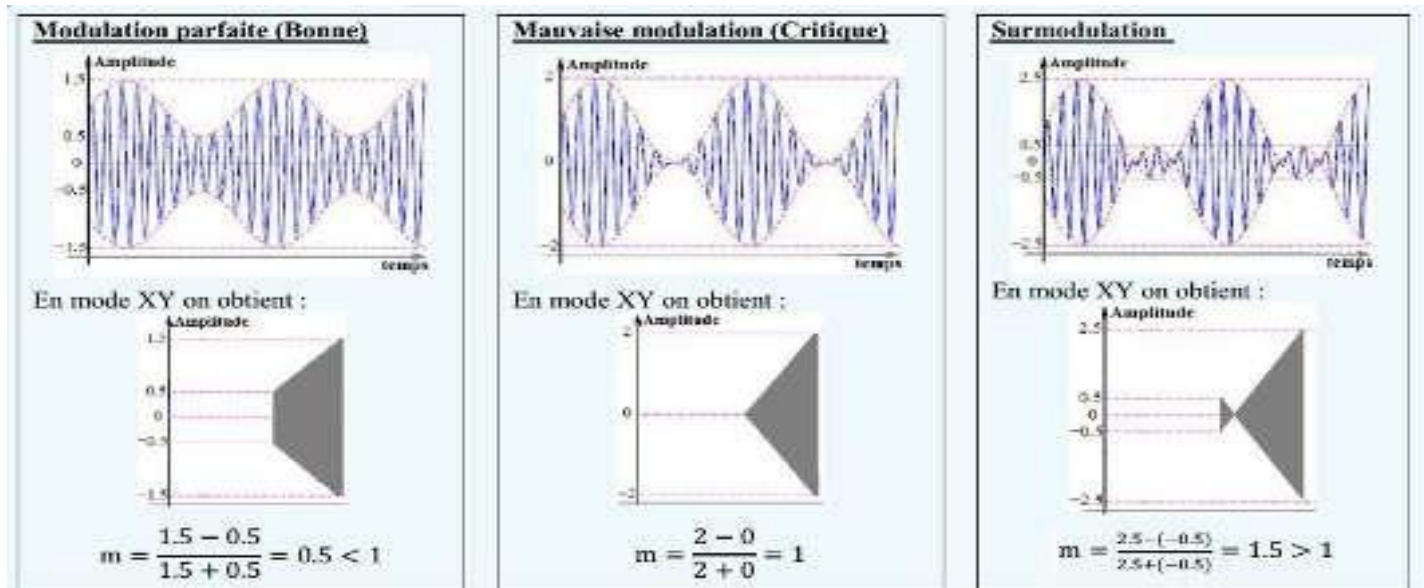
$$m = \dots\dots\dots$$

6- Qualité de la modulation

Pour obtenir une modulation d'amplitude de bonne qualité il faut que :

- La tension de décalage U_0 doit être plus grande à l'amplitude S_m de la tension modulante : $U_0 > S_m$ donc $m < 1$.

- La fréquence F_p de la tension porteuse doit être supérieure à la fréquence f_s de la tension modulante. ($F_p \gg f_s$).



Application 1

La figure ci-contre représente une tension de signal modulé

- 1- Calculer la fréquence de l'onde porteuse F_p et celle de l'onde modulante f_0

.....

.....

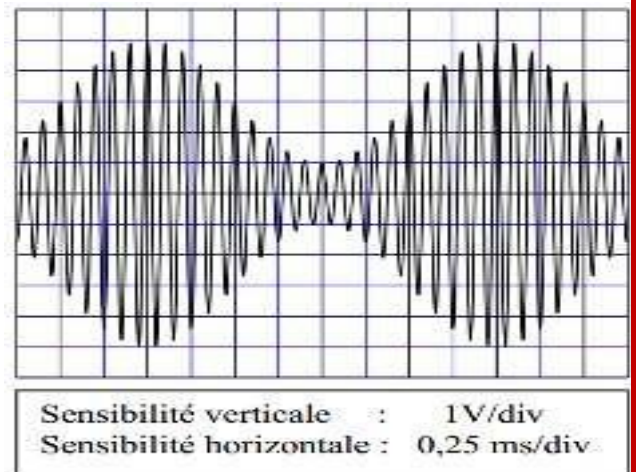
.....

- 2- Calculer le taux de modulation m , et Déduire la qualité de modulation.

.....

.....

.....



7) Analyse fréquentielle

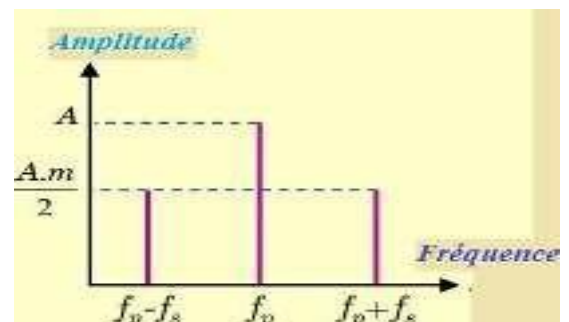
En développant l'expression de la tension modulée : $u_s(t) = A[m \cdot \cos(2\pi f_s t) + 1] \cos(2\pi f_p t)$

En utilisant la relation : $\cos(a) \cos(b) = \frac{1}{2} [\cos(a + b) + \cos(a - b)]$

On obtient : $u_s(t) = A \cdot \cos(2\pi f_p t) + \frac{A \cdot m}{2} \cos(2\pi(f_p + f_s)t) + \frac{A \cdot m}{2} \cos(2\pi(f_p - f_s)t)$

L'analyse de spectre modulé montre qu'il contient trois fréquences :

f_p ; $f_p + f_s$; et $f_p - f_s$



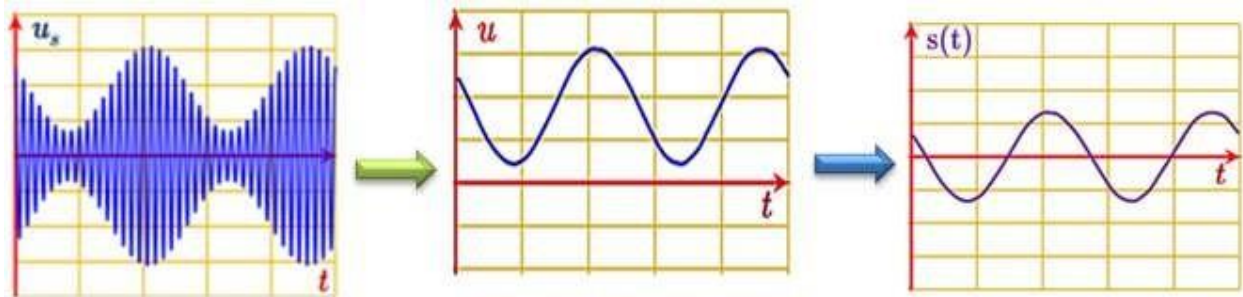
II- Démodulation d'amplitude :

1) Définition

La **démodulation** consiste à récupérer le **signal informatif** modulant qui est contenu dans la partie supérieure de l'enveloppe du signal modulé en amplitude

Elle s'opère en deux étapes:

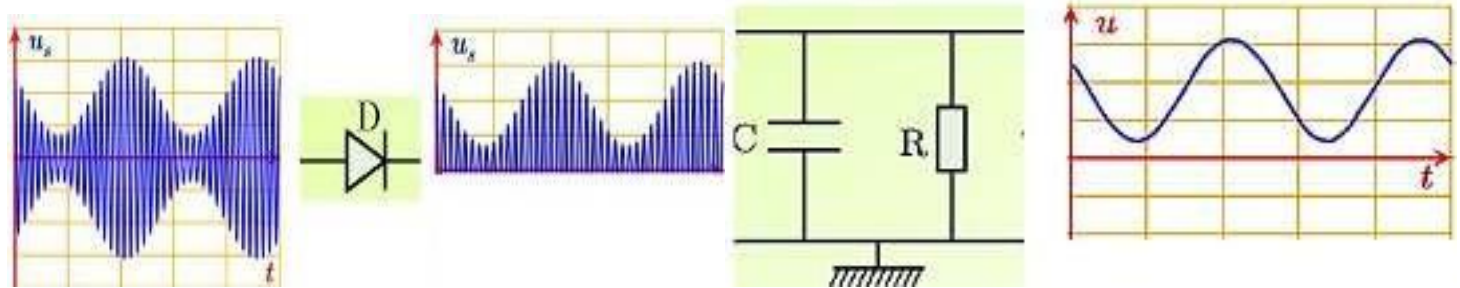
- La **détection d'enveloppe**.
- L'**élimination de la tension continue par filtrage**.



2) Les étapes de démodulation:

1^{ère} étape: Suppression des alternances négatives et élimination de l'enveloppe.

Le montage utilisé nommé **détecteur d'enveloppe** est constitué d'une diode qui bloque les alternances négatives et le filtre **passes-bas** qui élimine la partie restante de la porteuse.



Remarque : Pour obtenir **une bonne détection d'enveloppe** il faut que la constante de temps du dipôle RC vérifie la condition suivante:

$$T_p \ll RC \ll T_s$$

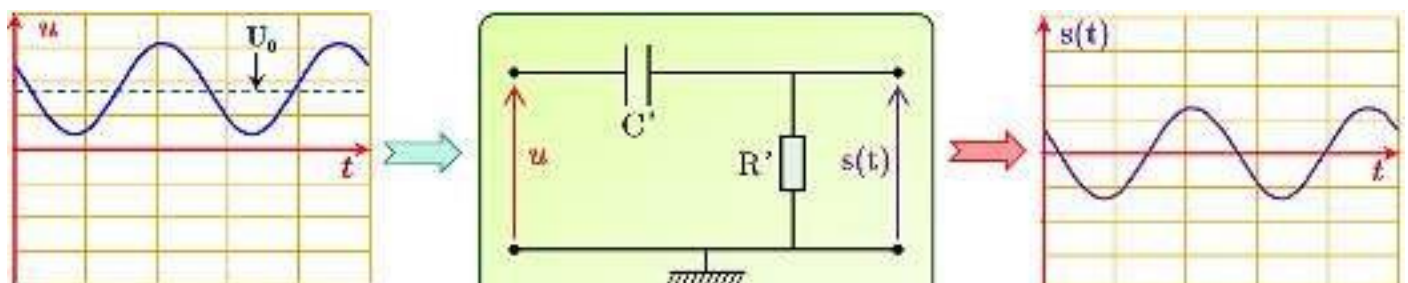
Avec :

T_s : La période du signal modulant.

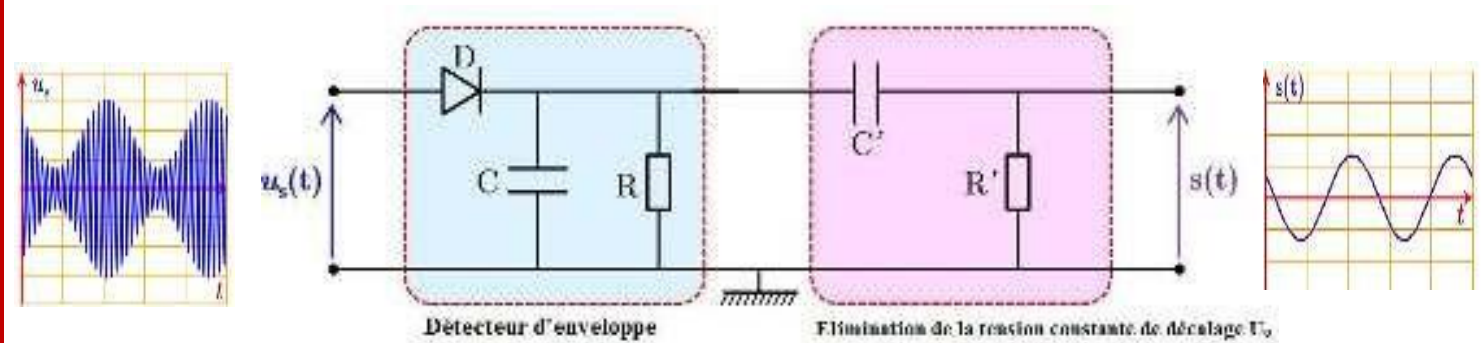
T_p : La période de l'onde porteuse.

2^{ème} étape: Elimination de la tension constante de décalage U_0 .

Le montage à utiliser comporte un **filtre passe-haut**, c'est-à-dire ne laissant passer que les composantes aux fréquences élevées et arrêtant celles aux basses fréquences et continues.



Le montage final de la démodulation est :

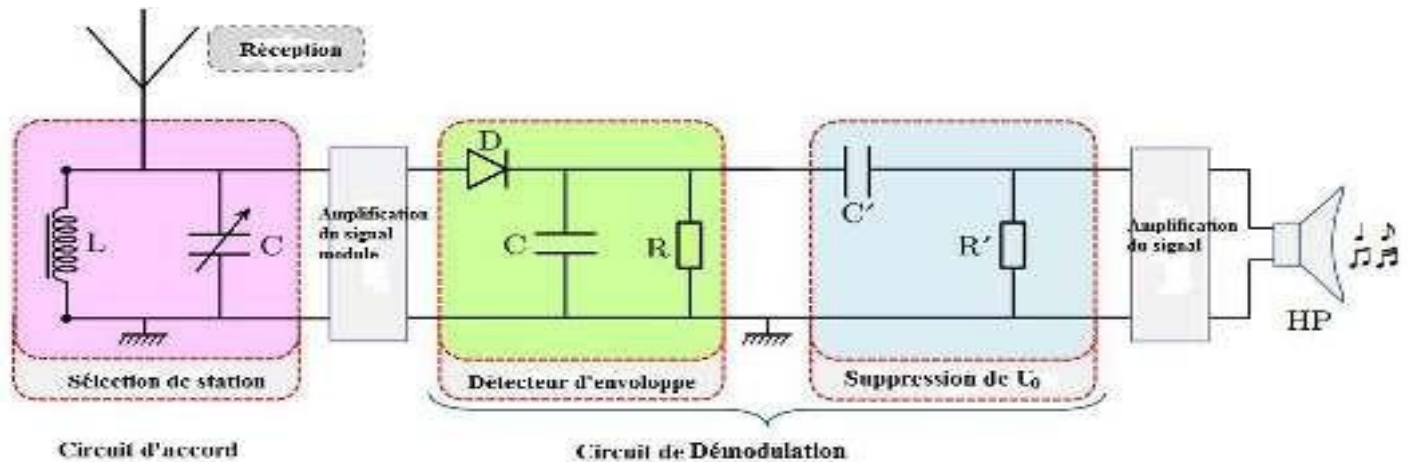


II- Les éléments d'un récepteur radio:

1) Définition

Un modèle de récepteur radio (AM) est représenté par le schéma simplifié ci-dessous dans lequel on distingue 5 parties:

- Une antenne réceptrice d'ondes radio qui capte les ondes électromagnétiques modulées en amplitude.
- Un dipôle LC parallèle qui sélectionne la station souhaitée en fonction de la fréquence de la porteuse.
- Un module d'amplification du signal modulé sélectionné.
- Un circuit démodulateur formé de : 'un dispositif de détection d'enveloppe et de suppression de composante continue.
- Un dispositif d'écoute (haut-parleur).



2- Sélection de la porteuse

Pour sélectionner un signal émet, il faut faire **un accord** entre la fréquence propre f_0 du circuit LC parallèle et la fréquence porteuse f_p de la station

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Cette sélection se fait en faisant varier le coefficient d'induction L de la bobine ou la capacité C du condensateur