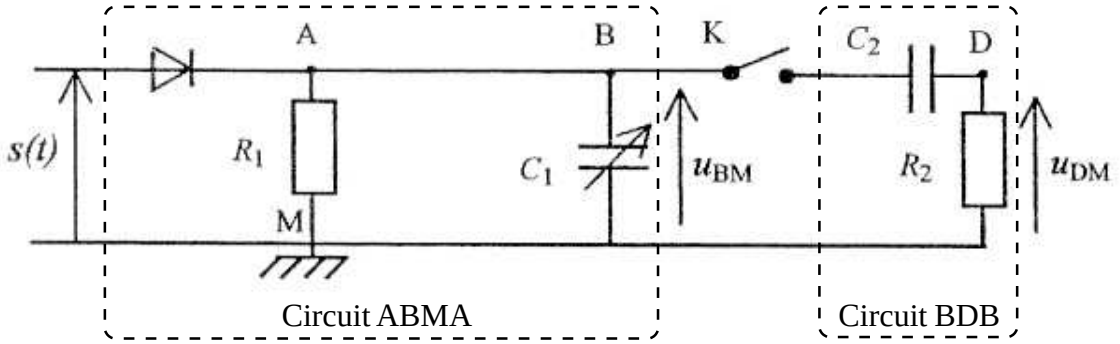
Partie ϕ 2 - PRODUIRE DES SIGNAUX, COMMUNIQUER

COURS ϕ 2 - LA RECEPTION DE L'INFORMATION - LA DEMODULATION

***Nota**. Pour aborder ces notions théoriques, j'ai pris le parti de résoudre un exercice type bac qui regroupe les principales questions qui se rapportent à ce thème parfois délicat à maîtriser par les élèves, en faisant le parallèle avec une approche expérimentale au bureau, c'est-à-dire effectuer une démodulation d'un signal modulé (voir la vidéo sur le site)*

On souhaite réaliser une démodulation, de façon à obtenir le signal modulant sinusoïdal de basse fréquence. On réalise le montage suivant :

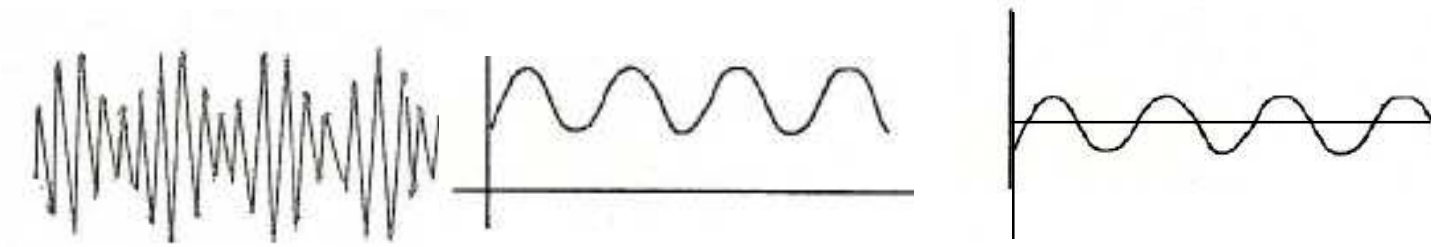


R_1 = 150 kΩ
C_1 = 1,0 nF
C_2 = 0,1 µF
R_2 = 1,0 MΩ

Une interface reliée à un ordinateur permet d'enregistrer successivement les tensions suivantes :

- ❑ la tension s(t) à l'entrée du dispositif du montage démodulateur
- ❑ la tension $u_{BM}(t)$ l'interrupteur K étant ouvert (courbes 1 et 2) ;
- ❑ la tension $u_{DM}(t)$ l'interrupteur K étant fermé (courbe 3).

Les courbes 1, 2 et 3 sont représentées ci-dessous.



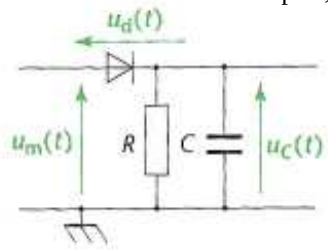
1. **<u>Etude du circuit ABMA: L'ensemble (diode - RC parallèle), appelé détecteur de crête ou d'enveloppe.</u>**

L'interrupteur K est ouvert. Lorsque la tension modulée s(t) augmente, à partir d'une valeur suffisante, la diode est passante, le condensateur de capacité C_1 se charge jusqu'à ce que $u_{BM} = s_{max}$, puis s(t) diminue et la diode est bloquée

1.1. Que se passe-t-il dans le circuit ABMA lorsque la diode est bloquée ?

Le module GOR2 comprend d'abord un ensemble (diode - RC parallèle), qui constitue un détecteur d'enveloppe d'une tension modulée en amplitude.

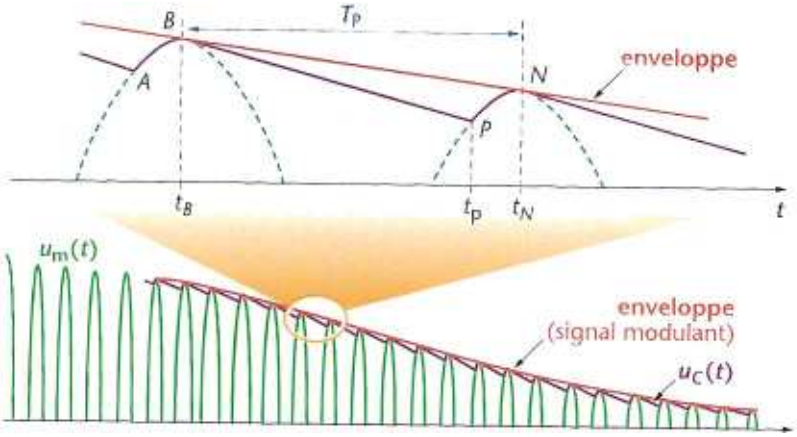
La tension $u_C(t)$ de l'ensemble (diode - RC parallèle) montre effectivement que celui-ci permet, pour des valeurs de R et C adaptés, d'obtenir une tension $u_C(t)$ qui reproduit les variations de l'enveloppe de la tension modulée.



On considère pour simplifier, la diode comme idéale.

D'après la loi d'additivité des tensions appliquées avec les orientations choisie:

$$u_m(t) = u_C(t) + u_d(t) \text{ ou encore } u_d(t) = u_m(t) - u_C(t)$$



❑ Sur la partie AB de la courbe, la tension $u_m(t)$ croît. La diode est passante et fonctionne comme un interrupteur fermé: $u_C(t) = u_m(t)$. Le condensateur se charge et la tension $u_C(t)$ reproduit les variations imposées par $u_m(t)$

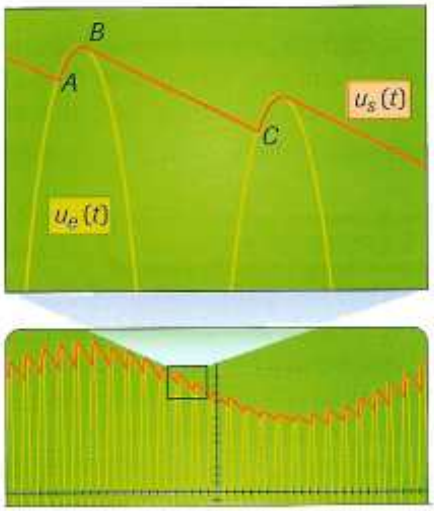
❑ Sur la partie BP, la tension $u_m(t)$ commence à décroître. pendant un bref instant, la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur chargé est alors supérieure à $u_m(t)$. La diode est alors bloquante et fonctionne comme un interrupteur ouvert. Le condensateur se décharge à travers le conducteur ohmique de résistance R, ce qui se traduit par une décroissance exponentielle de $u_C(t)$.

Cette décharge se poursuit jusqu'à ce que la tension modulée redevienne égale à la tension $u_C(t)$. la diode redevient alors passante et le processus recommence.

1.2. Donner l'expression littérale du temps caractéristique τ_1 de l'évolution de la tension u_{BM} lorsque la diode est bloquée.

1.3. Calculer la valeur de τ_1 correspondante.

1.4. Dire quelle propriété doit posséder ce temps caractéristique τ_1 par rapport à la période T_P de la porteuse pour avoir une bonne qualité de démodulation.

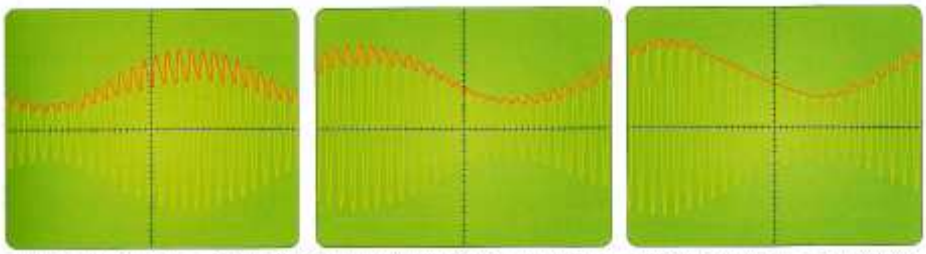


Zoom sur la détection des crêtes d'une tension de sortie du quadripôle.

A partir de l'instant de date t_B, $u_m(t)$ effectue une oscillation en une durée T_P correspondant à la période de la porteuse.

- Au cours de cette durée, le condensateur doit se décharger (partie BP de la courbe $u_C(t)$) et se charger (partie PN).
  Pour que la courbe représentant $u_C(t)$ reste proche de l'enveloppe de $u_m(t)$ et la reproduire donc le plus fidèlement possible, le condensateur doit se décharger faiblement. La tension $u_C(t)$ doit diminuer mais beaucoup moins vite que $u_m(t)$.
  Ainsi la constante de temps τ = RC du dipôle RC doit être très supérieure à T_P

$$\tau >> T_P.$$



a. La constante de temps $\tau = RC$ est trop petite, le condensateur se décharge trop vite entre les crêtes.

b. L'enveloppe est détectée au mieux, la démodulation est bonne.

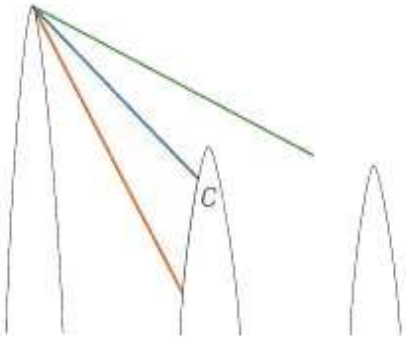
c. La constante de temps τ est trop grande. La tension démodulée ne suit plus les variations du signal contenant l'information.

1.5. Dire quelle propriété doit posséder ce temps caractéristique τ_1 par rapport à la période T_m de la modulante pour avoir une bonne qualité de démodulation.

- La décharge ne doit pas être trop lente non plus, au risque que $u_C(t)$ soit supérieure à $u_m(t)$ à l'instant de date t_N. Dans ce cas, la diode reste bloquante bien plus longtemps. La décharge se poursuit jusqu'à ce que l'enveloppe de $u_m(t)$ soit croissante et qu'à nouveau $u_C(t) = u_m(t)$.
  Pour que le condensateur se décharge suffisamment vite, la constante de temps τ = RC doit être inférieure à la période de l'enveloppe donc à celle du signal modulant

$$\tau << T_m.$$

On doit donc remplir $T_P << \tau << T_m$



Décharge du condensateur entre deux crêtes suivant la valeur de la constante de temps.

2. Etude du circuit BDB: L'ensemble RC série, appelé filtre passe-haut

L'interrupteur K est fermé. La tension u_{DM} obtenue après la démodulation correcte est une tension alternative périodique représentant le signal modulant.
En comparant les courbes 2 et 3 représentées, expliquer le rôle de l'ensemble $\{R_2 - C_2\}$ série.

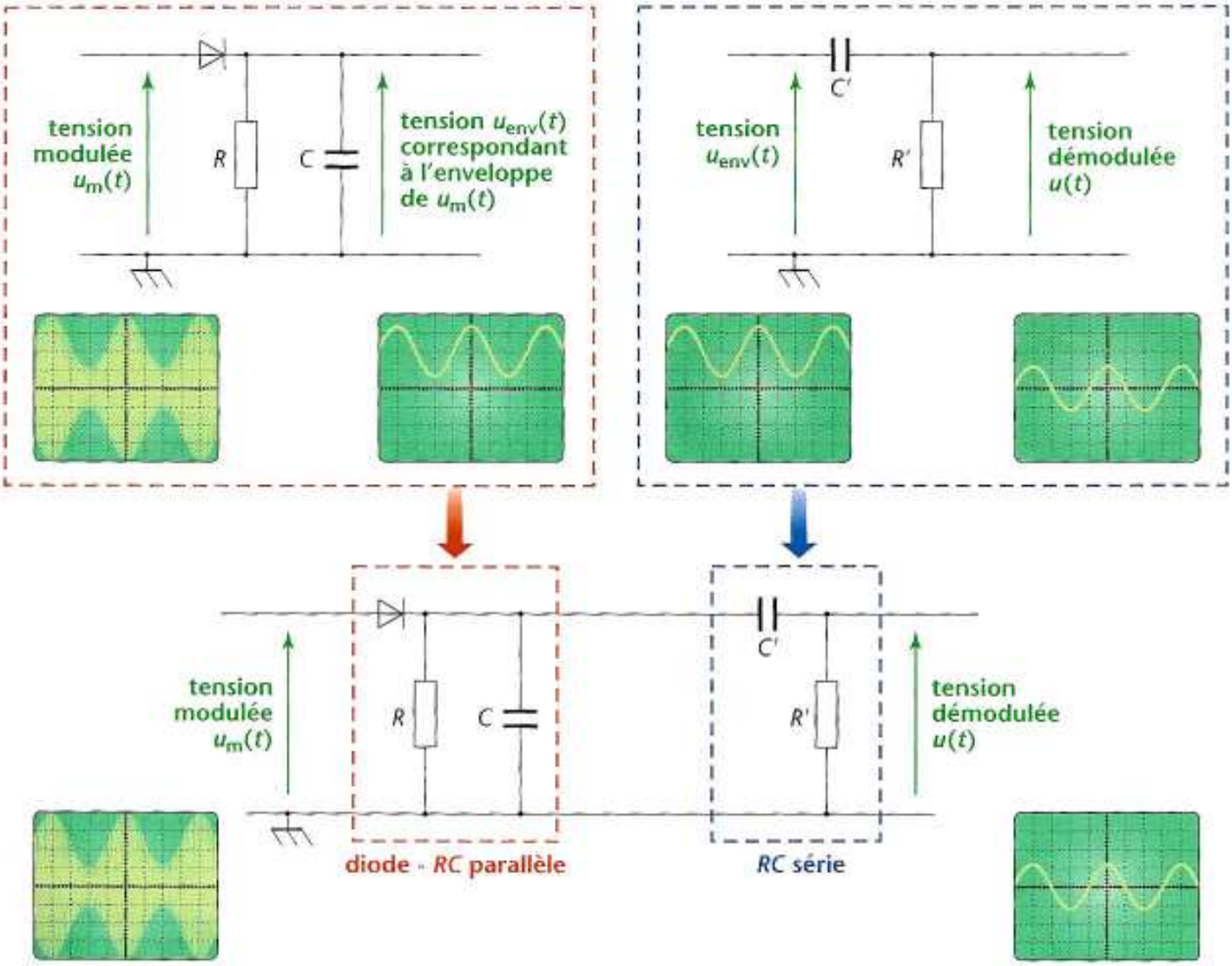
La tension $u_C(t)$ récupérée à la sortie du détecteur d'enveloppe, correspond au signal informatif (tension variable) décalé verticalement. Pour achever la démodulation, il faut éliminer la tension de décalage (tension continue).

Cette tension est constante. Elle correspond, à la limite, à une tension de période infinie et de fréquence nulle que le filtre RC passe-haut peut éliminer pour restituer le signal informatif uniquement.

3. Pour conclure, le démodulateur complet.

L'interrupteur K est fermé. La tension u_{DM} obtenue après la démodulation correcte est une tension alternative périodique représentant le signal modulant.Pour démoduler une tension modulée en amplitude, il faut:

- détecter l'enveloppe de la tension modulée en utilisant l'ensemble (diode - RC parallèle). La restitution de la forme et de la fréquence de l'enveloppe (et donc du signal modulant) nécessite, pour cet ensemble, des valeurs de R et C adaptées;
- supprimer la composante continue en ajoutant après l'ensemble précédent, un filtre (RC série) monté en passe-haut.


tension modulée $u_m(t)$
R
C
tension $u_{env}(t)$ correspondant à l'enveloppe de $u_m(t)$
C'
tension $u_{env}(t)$
R'
tension démodulée $u(t)$
tension modulée $u_m(t)$
R
C
C'
R'
tension démodulée $u(t)$
diode - RC parallèle
RC série