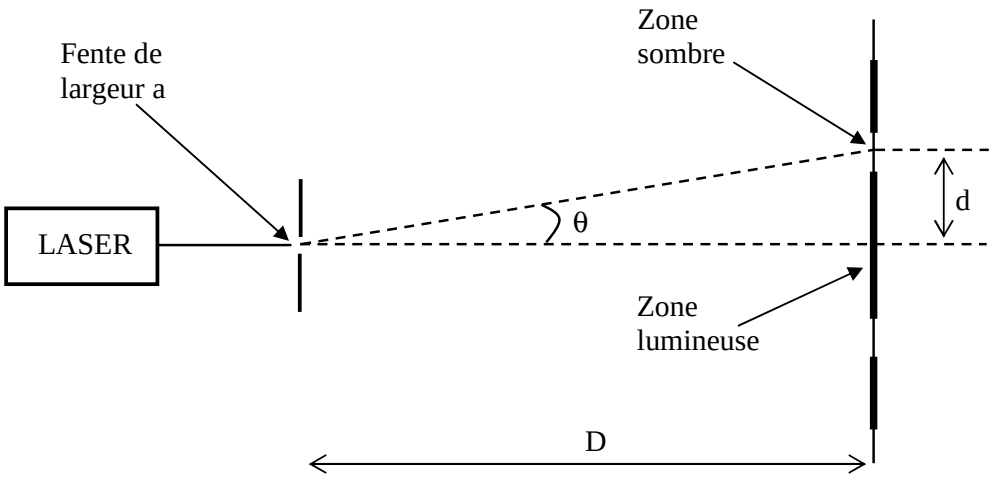
Amérique du sud 11/2009
EXERCICE III. CARACTÈRE ONDULATOIRE DE LA LUMIÈRE (4 points)

On réalise une expérience en utilisant un LASER, une fente de largeur réglable et un écran blanc. Le dispositif (vu de dessus) est représenté ci-dessous :



Les mesures de la largeur de la fente a, de la distance de la fente à l'écran D et de la largeur de la zone lumineuse centrale 2d conduisent aux résultats suivants :

a = 0,200 mm *D = 2,00 m* *2d = 12,6 mm*

1. Quel est le nom du phénomène observé ?

2. Exploitation des résultats de l'expérience.

2.1. *L'angle θ étant « petit », on peut faire l'approximation : tan θ ≈ θ (en rad).*
En utilisant les résultats des mesures, calculer la valeur de l'angle θ en radians.

2.2. Donner la relation qui lie les grandeurs θ (écart angulaire), λ (longueur d'onde de la lumière) et a (largeur de la fente). Indiquer les unités dans le système international.
Calculer la valeur de la longueur d'onde λ.

2.3. Quelle est la relation entre λ (longueur d'onde de la lumière), c (célérité de la lumière) et ν (fréquence de la lumière) ?
Indiquer les unités dans le système international.

2.4. Indiquer comment varie d lorsque :
- on remplace la lumière émise par le LASER (lumière rouge) par une lumière bleue ?
- on diminue la largeur de la fente a ?

2.5. Qu'est-ce qui différencie une lumière monochromatique d'une lumière polychromatique ?

3. Dispersion de la lumière.

On remplace le LASER par une source de lumière blanche et la fente par un prisme en verre.

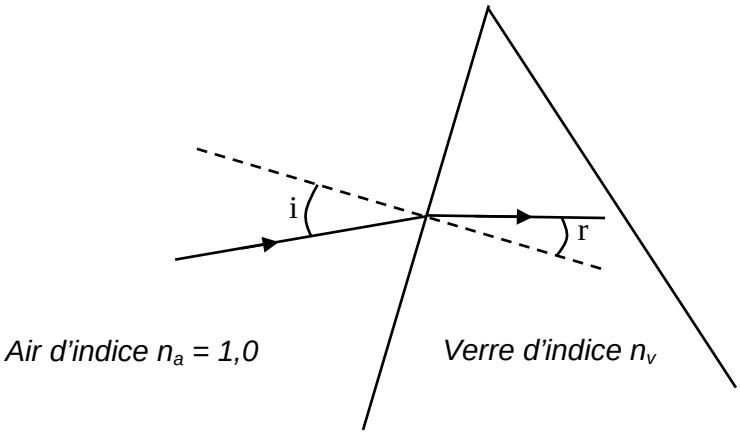
3.1. Quelle est la grandeur qui ne change pas lors du passage d'une radiation de l'air dans le verre : la longueur d'onde, la fréquence ou la célérité ?

3.2. Donner la relation qui définit l'indice de réfraction d'un milieu transparent pour une radiation lumineuse monochromatique, en précisant la signification des symboles utilisés.

3.3. *On donne : célérité de la lumière dans le vide c = 3,00 × 10^8 $m.s^{-1}$; indice du verre utilisé n = 1,50 pour une radiation lumineuse donnée.*
Calculer la célérité de cette radiation dans le verre.

3.4. Qu'appelle-t-on milieu dispersif ?

Lorsque la lumière passe de l'air dans le prisme, elle est déviée :



Relation de Descartes

Pour une lumière monochromatique :

$n_a.sin\ i = n_v.sin\ r$

On observe que si on fixe la valeur de i, la valeur de r varie lorsque la fréquence de la radiation incidente varie.

3.5. Déduire de ces informations, à partir de la relation de Descartes et de la définition de l'indice de réfraction que le verre est dispersif.

Amérique du sud 11/2009

EXERCICE I. L'ASPIRINE (6,5 points)

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

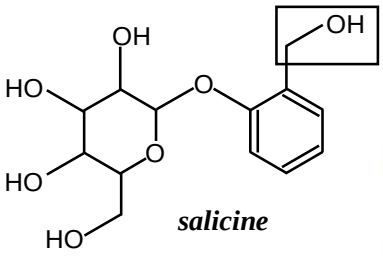
Données : *Masses molaires :*

- *de l'acide salicylique : M_{ac} = 138 g.mol^{-1}*
- *de l'anhydride acétique (ou éthanoïque) : M_{anh} = 102 g.mol^{-1}*
- *de l'aspirine : M_{asp} = 180 g.mol^{-1}*

Masse volumique de l'anhydride acétique (ou éthanoïque) : ρ = 1,08 g.mL^{-1}

1. Structure et formulation.

L'histoire de l'aspirine débute il y a 2000 ans, chez les Sumériens, qui utilisaient les feuilles de saule pour soigner la fièvre et les douleurs. Vers 400 ans avant J.C., Hippocrate préconise des infusions de feuilles de saule pour soulager les douleurs d'accouchement et la fièvre. Mais ce n'est qu'au début du 19^{e} siècle, grâce aux progrès des techniques d'extraction et d'analyse, que l'on va identifier les molécules responsables des propriétés thérapeutiques de différentes substances naturelles, utilisées jusqu'alors de manière empirique.

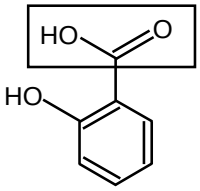


salicine

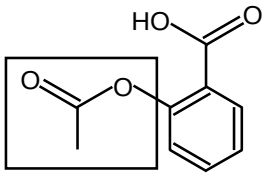


Salix alba

*En 1825, M. Fontana isole la **salicine**, extraite du saule blanc (**salix alba**).*
*En 1838, R. Piria synthétise l'**acide salicylique**, plus efficace que la salicine mais beaucoup plus agressif pour l'estomac.*
*En 1877, G. de Sée lance l'usage thérapeutique du **salicylate de** sodium, mieux toléré mais très amer.*
*En 1897, la société Bayer commercialise, sous le nom d'aspirine, l'**acide acétylsalicylique** qui avait été synthétisé, dès 1853, par C.F. Gerhardt à partir de l'acide salicylique. Le procédé a été mis au point par F. Hoffmann.*



acide salicylique



acide acétylsalicylique

1.1. Donner le nom des groupes caractéristiques encadrés dans les formules topologiques de :
1.1.1. la salicine ;
1.1.2. l'acide salicylique ;
1.1.3. l'acide acétylsalicylique.

1.2. *L'acide salicylique possède une base conjuguée, l'ion salicylate, mentionné dans le texte.*
Donner sa formule topologique.

1.3. *De la même manière, **l'acide acétylsalicylique ou aspirine**, possède une base conjuguée, l'ion acétylsalicylate. Le couple, qu'on notera plus simplement AH/A$^-$ possède un pKa de 3,5.*
1.3.1. Tracer son diagramme de prédominance.
1.3.2. Sachant que le pH de l'estomac est voisin de 1, citer l'espèce prédominante de ce couple.

1.4. *Quand l'aspirine reste trop longtemps sous cette forme prédominante dans l'estomac, elle y provoque des lésions gastriques. C'est pourquoi on trouve dans le commerce des formulations en poudre, moins agressives, à base d'acétylsalicylate de sodium, associé à de l'hydrogénocarbonate de sodium.*
La dissolution de la poudre dans un verre d'eau est rapide et totale. La solution obtenue contient les ions acétylsalicylate $A^-_{(aq)}$ et hydrogénocarbonate, de formule $HCO_3^-{}_{(aq)}$.

Données : pKa du couple $(CO_2, H_2O)_{(aq)}$ / $HCO_3^-{}_{(aq)}$ = 6,4

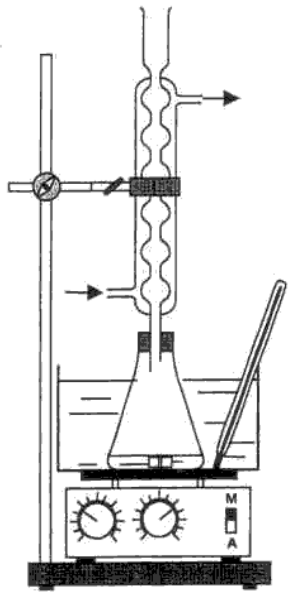
Après absorption, ces ions pénètrent dans l'estomac où le pH est très acide.
1.4.1. Écrire l'équation de la réaction se produisant entre les ions hydrogénocarbonate et les ions oxonium présents en abondance dans l'estomac.
1.4.2. Calculer la constante d'équilibre K de cette réaction.
1.4.3. Au moment de l'ingestion du verre d'aspirine, le quotient de réaction initial est faible par rapport à K, en déduire l'influence des ions hydrogénocarbonate sur le pH de l'estomac.

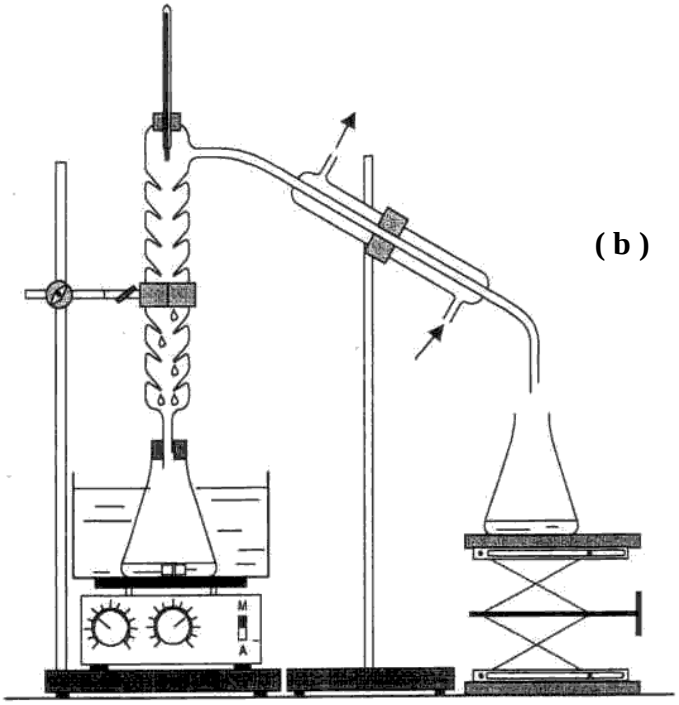
2. Synthèse.

Au laboratoire, on peut fabriquer de l'acide acétylsalicylique (aspirine) à partir de l'acide salicylique et de l'anhydride acétique (ou éthanoïque) en utilisant un chauffage à reflux.

2.1. Lequel de ces deux montages permet de réaliser un chauffage à reflux ? Justifier.

(a)





(b)

2.2.1. Donner la formule semi-développée de l'anhydride acétique (ou éthanoïque).
2.2.2. Pourquoi utilise-t-on l'anhydride éthanoïque plutôt que l'acide acétique pour cette synthèse ?
2.2.3. Écrire l'équation de la synthèse de l'aspirine à partir de l'anhydride acétique et de l'acide salicylique.
On pourra utiliser les formules topologiques du 1.

2.3. *Dans un erlenmeyer bien sec, on introduit 10,0 g d'acide salicylique, 12,0 mL d'anhydride acétique et 0,50 mL d'acide sulfurique concentré.*

2.3.1. À quoi sert l'acide sulfurique ?
2.3.2. Calculer les quantités de matière des réactifs introduits. Déterminer le réactif limitant.
2.3.3. En déduire la masse théorique $m_{théo}$ d'aspirine que l'on peut espérer obtenir. *On pourra s'aider d'un tableau d'avancement si nécessaire.*

2.4. *Après 20 minutes de chauffage, on sort l'erlenmeyer du bain-marie. On introduit par le haut du réfrigérant 20 mL d'eau distillée pour détruire l'anhydride acétique restant. Quand l'ébullition a cessé, on ajoute 50 mL d'eau glacée, puis on place l'erlenmeyer dans un bain d'eau glacée. Les cristaux d'aspirine apparaissent. Après cristallisation complète, on filtre sur Büchner. On rince les cristaux et on les place à l'étuve pour séchage. La masse expérimentale d'aspirine obtenue est : m_{exp} = 10,5 g.*
Calculer le rendement de cette synthèse.

3. Titrage et contrôle de la pureté.

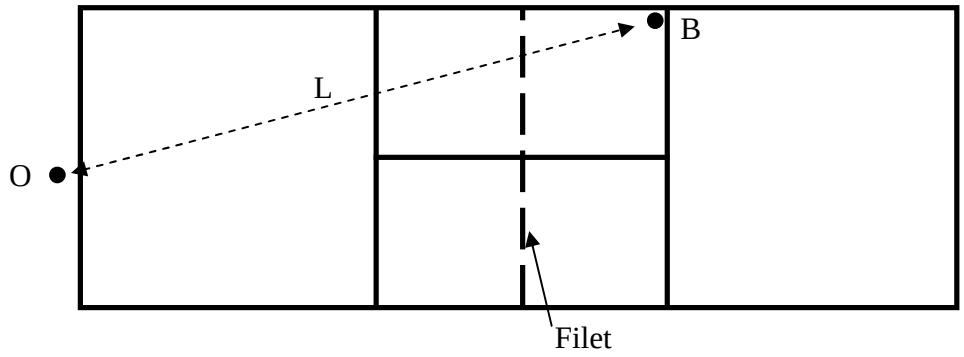
Dans une fiole jaugée de 100 mL, on verse 6,0 g d'aspirine obtenue expérimentalement. On ajoute 10 mL d'éthanol pour faciliter la dissolution de l'aspirine, on agite, puis on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et on agite à nouveau. On prélève 10,0 mL de cette solution et on les dose avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration en soluté apporté c_B = 0,250 mol.L^{-1}. À l'équivalence, le volume versé est V_{bE} = 9,3 mL.

3.1.Écrire l'équation de la réaction de titrage de l'aspirine que l'on notera HA.
3.2. Calculer la quantité de matière d'aspirine dosée, puis celle contenue dans la fiole entière.
3.3. Comparer la masse d'aspirine dosée à la masse introduite. L'aspirine préparée est-elle pure ?

EXERCICE II. UN SERVICE AU TENNIS (5,5 points)

Novembre 2009 - Amérique du Sud

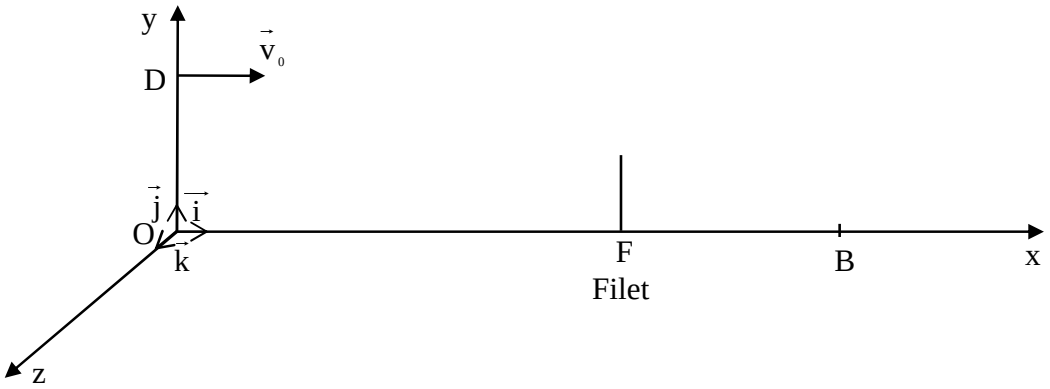
Un terrain de tennis est un rectangle de longueur 23,8 m et de largeur 8,23 m. Il est séparé en deux dans le sens de la largeur par un filet dont la hauteur est 0,920 m.
Lorsqu'un joueur effectue un service, il doit envoyer la balle dans une zone comprise entre le filet et une ligne située à 6,40 m du filet.
On étudie un service du joueur placé au point O.



Ce joueur souhaite que la balle frappe le sol en B tel que OB = L = 18,7 m.

Pour cela, il lance la balle verticalement et la frappe avec sa raquette en un point D situé sur la verticale de O à la hauteur H = 2,20 m.
La balle part alors de D avec une vitesse de valeur v_0 = 126 km.h^{-1}, horizontale comme le montre le schéma ci-dessous.
La balle de masse m = 58,0 g sera considérée comme ponctuelle et on considérera que l'action de l'air est négligeable.

L'étude du mouvement sera faite dans le référentiel terrestre, galiléen, dans lequel on choisit un repère Oxyz comme l'indique le schéma ci-dessous :



1. Équations horaires paramétriques et trajectoire.

1.1. Faire le bilan des forces appliquées à la balle pendant son mouvement entre D et B.
En indiquer les caractéristiques (direction, sens, grandeur) et l'expression.

1.2. Établir l'expression du vecteur accélération de la balle au cours de son mouvement.

1.3. Montrer que les équations horaires paramétriques du mouvement de la balle sont :

$x(t) = v_0\, t$ $\qquad$ $y(t) = \dfrac{-gt^2}{2} + H$ $\qquad$ $z(t) = 0$

1.4. Montrer que le mouvement de la balle a lieu dans un plan.

1.5. Déduire de la réponse à la question 1.3. l'équation littérale de la trajectoire de la balle dans le plan xOy.

2. Qualité du service.

On prendra g = 9,81 m.s^{-2}.

2.1. Sachant que la distance OF = 12,2 m, la balle, supposée ponctuelle, passe-t-elle au-dessus du filet ?

2.2. Montrer que le service sera considéré comme mauvais, c'est-à-dire que la balle frappera le sol en un point B' tel que OB' soit supérieur à OB.

2.3. En réalité, la balle tombe en B. Quel est le paramètre, non pris en compte dans ce problème, qui peut expliquer cette différence ?

3. Énergie de la balle.

3.1. Donner l'expression littérale de la variation d'énergie potentielle de la balle entre l'instant où elle quitte la raquette et l'instant où elle touche le sol. Calculer sa valeur.

3.2. Quelle est l'expression de l'énergie cinétique de la balle lorsqu'elle part de D ?
Indiquer les unités dans le système international.

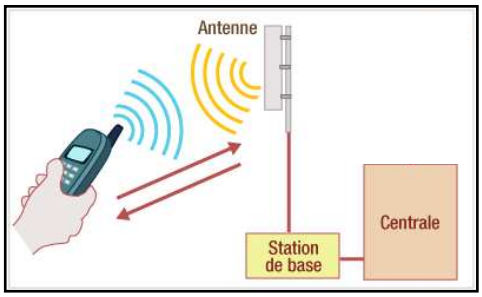
3.3. Écrire les expressions de l'énergie mécanique de la balle en D (E_{mD}) et de la balle en B' ($E_{mB'}$).

3.4. Quelle est la relation entre E_{mD} et $E_{mB'}$? Justifier.

3.5. Déduire de 3.4. l'expression de la vitesse $v_{B'}$ de la balle lorsqu'elle frappe le sol.
Calculer cette vitesse.

Amérique du Sud 11/2009
EXERCICE III. TÉLÉPHONE PORTABLE ET ONDES RADIO (4 points)

1. Les ondes électromagnétiques pour communiquer.



Le téléphone portable fonctionne comme une radio. Lors d'une communication, la voix est convertie en un signal électrique par un microphone. grâce à un système de conversion numérique et de modulation, ce signal électrique est couplé à une onde porteuse qui, après amplification, est émise vers l'antenne la plus proche. Celle-ci transmet le signal à une station de base qui l'envoie alors à une centrale, par ligne téléphonique conventionnelle ou par faisceaux hertziens. De là sont acheminées les conversations vers le téléphone du destinataire, selon le même processus, mais en sens inverse (non représenté sur le schéma). Après démodulation et conversion analogique, le signal électrique est transformé en signal sonore par le haut parleur de l'appareil récepteur.

Les ondes électromagnétiques sont déjà très largement utilisées pour la télévision, la radio, la C.B. et les radars, si bien que les gammes de fréquences restantes pour les portables sont de plus en plus restreintes. L'une d'entre elles s'étend de 890 à 915 MHz. Or, un appel nécessite une bande passante de 200 kHz. Autrement dit, dans cette bande de fréquence de largeurs 25 MHz, on ne devrait pourvoir passer que 125 appels simultanément.
La solution a été le fractionnement du réseau en cellules (d'où le terme parfois utilisé de téléphone "cellulaire"). Le territoire français a donc été divisé en 40 000 parcelles, chacune comportant des antennes assurant la liaison avec les téléphones mobiles situés dans leur zone d'influence. Chaque parcelle possède ses propres fréquences, différentes de celles des parcelles voisines. Pas de risque d'interférence, donc…

D'après : http://www.linternaute.com/portable/

1.1. Quel est l'ordre de grandeur de la fréquence des ondes porteuses utilisées pour le téléphone portable ?
1.2. En déduire l'ordre de grandeur de sa longueur d'onde dans le vide.

On donne la célérité de la lumière dans le vide $c = 3\times10^{8}\ m.s^{-1}$

2. L'émission d'une onde électromagnétique par un portable.

On peut représenter symboliquement la chaîne d'émission par le schéma de la figure 1 :

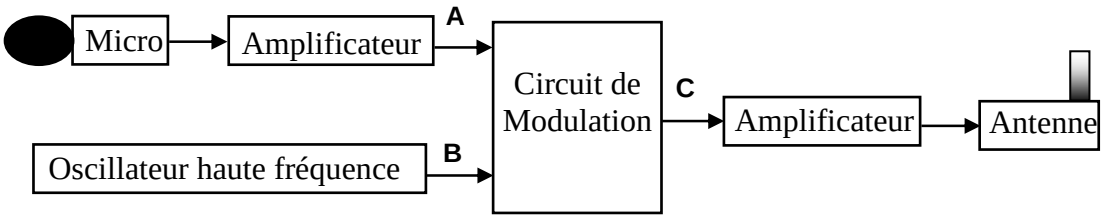


Fig 1

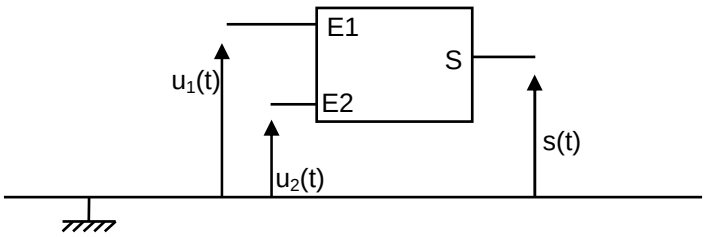
2.1. En quel point, **A**, **B**, ou **C** de la figure 1 trouve-t-on :

2.1.1. L'onde porteuse ?
2.1.2. Le signal modulant ?

2.2. *L'onde porteuse est sinusoïdale et a pour expression* $v(t) = V_m \cos(2\pi f_p t)$. *Le signal modulant est en général complexe, mais comme tout signal périodique, il peut se mettre sous la forme d'une somme de fonctions sinusoïdales.*
Pour simplifier, nous prendrons pour le signal modulant, l'expression : $u(t) = U_m \cos(2\pi f_m t)$. *On envisage une modulation d'amplitude, c'est à dire que le signal modulant va modifier l'amplitude de la porteuse.*

2.2.1. Pour obtenir une modulation de bonne qualité, faut-il choisir f_p très supérieure ou très inférieure à f_m ?

2.2.2. *Le circuit de modulation est constitué d'un composant nommé « multiplieur ». On branche respectivement, sur l'entrée E_1 de ce circuit, le signal modulant u(t) additionné d'une tension de décalage U_0, sur l'entrée E_2, le signal de la porteuse v(t), et on recueille en sortie le signal modulé, nommé s(t).*

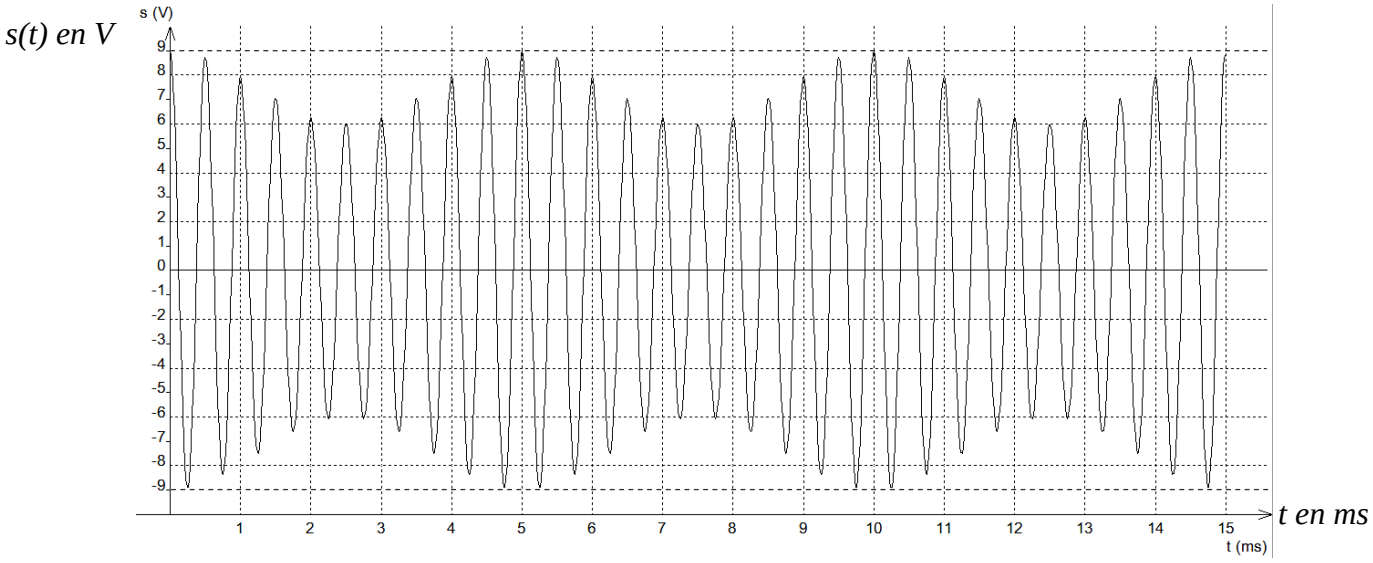


Avec $u_1(t) = u(t) + U_0$ et $u_2(t) = v(t)$

Sachant que s(t) a pour expression générale $s(t) = k.u_1(t).u_2(t)$, où k est une constante dépendant uniquement du circuit électronique, écrire s(t) sous la forme $s(t) = S_m \cos(2\pi f_p t)$ et identifier S_m, l'amplitude du signal modulé.

2.2.3. En posant $A = k.V_m.U_0$ et $m = U_m/U_0$, montrer que S_m peut se mettre sous la forme $S_m = A\,(m.\cos 2\pi f_m t + 1)$.
2.2.4. Quelle condition doit remplir m, le taux de modulation, pour que celle-ci soit de bonne qualité ?

2.3. *Afin d'étudier le phénomène de modulation d'amplitude, on utilise un logiciel de simulation qui permet d'obtenir l'allure de la tension modulée s(t) en fonction du temps. Les valeurs numériques ont été choisies pour une lecture facile mais ne représentent pas l'onde réelle émise par un portable.*



2.3.1. Déterminer la fréquence f_p de la porteuse, utilisée pour la simulation.
2.3.2. Déterminer la fréquence f_m du signal modulant, utilisé pour la simulation.
2.3.3. Déterminer $S_{m\ max}$ et $S_{m\ min}$, les valeurs maximale et minimale de l'amplitude du signal modulé et en déduire le taux de modulation défini par : $m = \dfrac{S_{m\ max} - S_{m\ min}}{S_{m\ max} + S_{m\ min}}$.

3. La réception d'une onde électromagnétique et sa démodulation.

On peut représenter symboliquement la chaîne de réception par le schéma de la figure 2 :

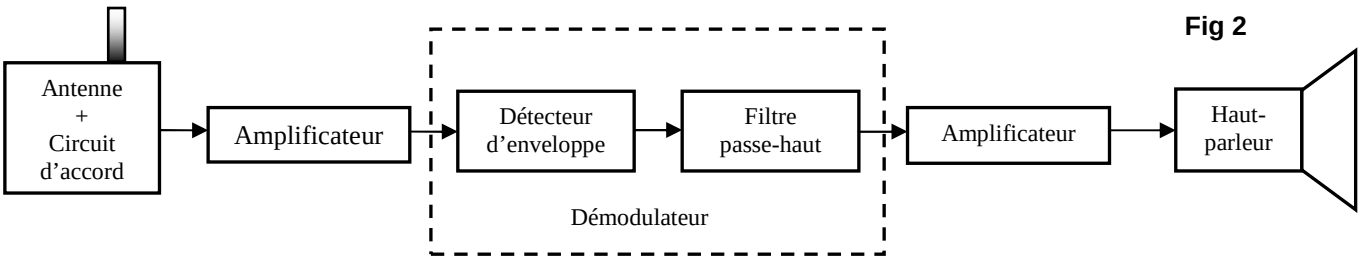


Fig 2

3. Parmi les circuits ci-dessous, indiquer celui qu'il convient d'utiliser :

3.1. pour le détecteur d'enveloppe.

3.2. pour le filtre passe-haut.

