ΠΣΙ2. Problèmes ouverts et résolution de pb.

Problème ouvert : on vous donne des renseignements et on vous laisse construire une résolution.

Résolution de problème : vous prenez un exercice quelconque, vous enlevez toutes les questions sauf la dernière.

Défauts et avantages : si vous savez, facile à plier. Sinon…

A)*La banquise arctique pérenne occupe environ 1,5% de la surface du globe terrestre alors que l'ensemble des océans en occupe environ 70%. Evaluer un ordre de grandeur de la montée des océans en cas de fonte totale de la banquise arctique pérenne ? (sic).*
Données : *densité d'un glaçon :* $d_{gl} = 0{,}9$ *densité de l'eau océanique :* $d_{oc} = 1{,}1$

B)*On appelle point d'auto-inflammation, la température à partir de laquelle une substance s'enflamme spontanément dans l'atmosphère normale. Pour une feuille de papier typique, le point d'auto-inflammation est de* $232°C$*. Le papier est ainsi facilement inflammable si l'on concentre, à l'aide d'une loupe, les rayons du soleil sur une feuille.*
On place une feuille de papier noir (de masse surfacique $\sigma = 100\ g \cdot m^{-2}$ *et de capacité thermique massique* $c = 1{,}4\ kJ \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}$ *) au foyer d'une lentille convergente de distance focale* $f' = 10\ cm$ *et de rayon* $r = 5\ cm$*. L'axe optique est dirigé selon la direction moyenne des rayons lumineux solaires. La lentille absorbe environ* 25% *du rayonnement solaire dont le flux surfacique moyen est égal à* $800\ W \cdot m^{-2}$*.*

Q1. *Déterminer la durée minimale nécessaire à l'auto-inflammation de la feuille de papier, de température initiale* $20°C$*, sachant que le Soleil est vu sous un diamètre angulaire apparent* $\alpha = 32$ *minutes d'arc.*

Q2*. La durée réelle devrait-elle être plus importante ou plus faible ? Le choix du papier noir est-il judicieux ?*

C) *A quelle distance peut-on voir une bougie dans la nuit ?*
Données : *Puissance émise par la bougie : 0,1 W*
Données que l'examinateur m'a données pendant l'oral : *L'œil est sensible à 10 photons. Le diamètre de la pupille est de 5 mm. Le temps de réponse de l'œil est de 0,05s*

D)*Une étoile usuelle, du type Soleil, peut être considérée comme une boule sphérique de rayon* $R \approx 10^6$*km. A titre d'information, la distance Terre-Soleil est* $d = 150\ 10^6$ *km.*

On souhaite prendre en photo une étoile du type Soleil. L'objectif de l'appareil photo est assimilable à une lentille convergente de distance focale image $f' = 1$*m de diamètre D=10 cm.*

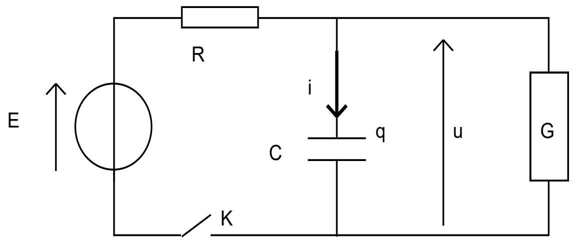
Décrire ce qu'on observe dans le plan du détecteur optique selon que l'étoile soit le Soleil ou une autre étoile. Des ordres de grandeurs numériques simples sont attendus.

O)Fait-il vraiment nuit la nuit ?

Le Soleil émet la puissance lumineuse $P = 4.10^{26}$W. La Terre est assimilée à une boule sphérique de rayon R situé à la distance $r = 1{,}5\ 10^{11}$m du Soleil. Exprimer en fonction de r, R et P la puissance interceptée par la Terre.
On souhaite maintenant calculer la contribution de toutes les étoiles de l'Univers sur la Terre. Proposer un modèle simple qui permette d'obtenir une évaluation de cette puissance.
Ce calcul a été effectué en 1886 et son résultat a beaucoup perturbé les physiciens. La physique dite moderne et la loi de Hubble ontbproposé une autre solution plus réaliste.

E)Oscillateur.

On place en série un générateur parfait de tension E=100V, un interrupteur ouvert K, une résistance R=100kΩ, un condensateur de capacité C=10µF . En parallèle sur C, on a placé un tube à gaz selon le schéma suivant :



G se comporte comme une résistance infinie jusqu'à sa tension d'allumage E_a=80V. Dès que le tube est allumé, il se comporte comme une résistance R'=10kΩ tant que sa tension reste supérieure à sa tension d'extinction E_e=60V.

Initialement, C est déchargé et, à t=0, on ferme K.

Que se passe-t-il ensuite ? On limitera au maximum les calculs. Seul le comportement qualitatif importe.

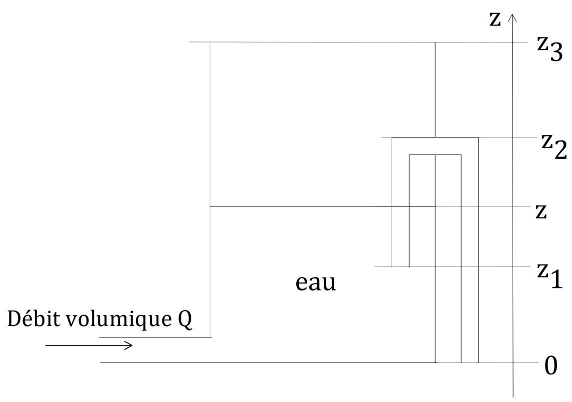
F)*Quelle doit être la forme d'une clepsydre pour que la relation entre la hauteur d'eau et le temps soit linéaire ?*

G)

Soit une plage de sable fin. Vous êtes dans l'eau au point M_1 et vous voulez aller sur le sable en un point M_2. Votre vitesse est v_1 dans l'eau et v_2 sur le sable. Décrire le plus complètement possible la trajectoire de durée minimale.

H)*Comment fonctionne une loupe ?*

I)Retour centrale.



Le debit volumique de l'eau est constant et vaut Q.

La section du récipient est Σ. Celle du siphon est s << Σ.

AFFIRMATION: il existe un régime oscillant dans lequel la période T s'écrit :

$$T = \frac{\Sigma(z_2 - z_1)}{Q} + ???$$

1)Interpréter physiquement le premier terme de T. Mettre en évidence l'existence de 2 autres régimes selon la valeur de Q.

2)Ecrire la partie manquante sous la forme d'une intégrale.

J)Isolation extérieure ou intérieure.

Développer rapidement l'analogie qui permet de définir la résistance thermique R_{th} d'un mur de section S, d'épaisseur L, de conductivité thermique λ, de capacité massique c .
Une des deux formules suivantes est la bonne ; laquelle ?

$$R_{th} = \frac{L}{\lambda S} \quad ou \quad R_{th} = \frac{\lambda S}{L}$$

Quel est d'ailleurs le temps caractéristique d'évolution de ce mur (S n'étant pas dans le résultat) ?

On souhaite isoler thermiquement une maison déjà construite. On va donc installer sur les murs un isolant thermique. Il faut choisir de quel côté du mur on place l'isolant : intérieur ou extérieur.

Préciser les influences de ce choix pour le regime stationnaire (facile, on tracera les profils de température dans les deux cas) et pour les régimes transitoires (mise en température de la maison par exemple).

Les capacités calorifiques de l'air de la maison et de l'isolant sont très faibles par rapport à celle des murs. A titre d'exemple, on pourra considérer que la résistance thermique de l'isolant est 4 fois plus élevée que celle du mur.

Eventuellement, on pourra utiliser les caractéristiques suivantes :

	Béton	Polystyrène
μ masse volumique du système en $\boldsymbol{kg.m^{-3}}$	1500	15
c capacité calorifique massique en $\boldsymbol{J.K^{-1}.kg^{-1}}$	1500	1000
λ conductivité thermique du milieu en $\boldsymbol{W.m^{-1}K^{-1}}$	2	0,035
$D = \frac{\lambda}{\mu c}$ *diffusivité en* $\boldsymbol{m^2 s^{-1}}$		

K)Exoplanètes (**).

Données : Masse de la Terre : $6 \cdot 10^{24}\ kg$; distance Terre-Soleil : 150 millions de kilomètres ou 1UA.
La masse de Jupiter est d'environ 1 millième de celle du Soleil. G=6,67 10^{-11} SI.

Rappel: on considère une particule ponctuelle décrivant une trajectoire circulaire de rayon R à la vitesse uniforme v dans un référentiel galiléen. L'accélération de la particule est alors uniquement centripète de norme v^2/R.

On considère un système binaire situé à 51 années-lumière du système solaire et constitué de l'étoile E(51 Pegasi a, masse $M \approx 2{,}1 \cdot 10^{30} kg$, quasiment un jumeau de notre Soleil) et d'une planète P (51 Pegasi b) de masse m<<M gravitant autour de E à une distance d. On note C le centre de masse du système autour duquel E et P ont des trajectoires circulaires uniformes.

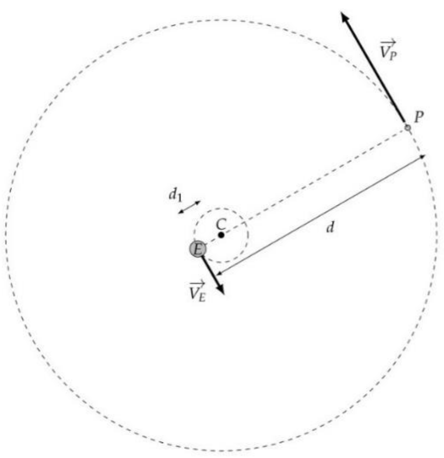


FIGURE 1 – Système planétaire vu depuis la normale en C au plan orbital.

Nous somme capables de mesurer V_E=55 m.s^{-1} ainsi que la période T=4,23 jours terrestres du mouvement de l'étoile autour de C.

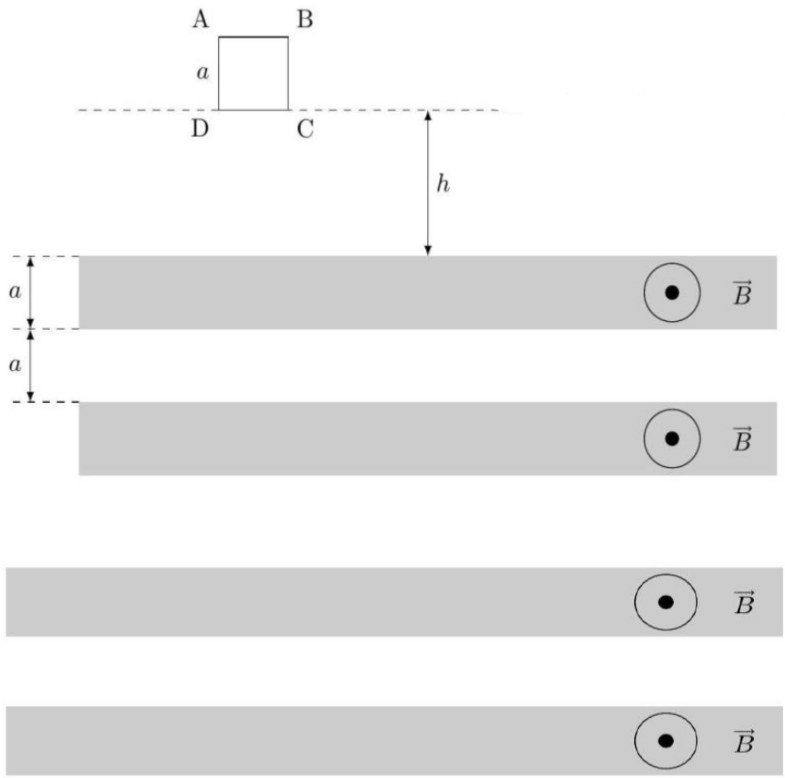
Evaluer numériquement d en UA et m. Discuter les valeurs numériques obtenues.

Remarque : le résultat formel sort en fait assez vite . Méfiez vous donc de l'application numérique. Et préparez-vous aux questions que le correcteur a en stock derrière et que que vous auriez dû anticiper pendant la préparation, s'il y en a une…

L)*Un signal électrique présente un bruit gênant à 50Hz. Proposer un filtre simple pour éliminer ce bruit avec les composants suivants : résistance, bobine et condensateur.*

M)Millefeuille magnétique.

Un cadre conducteur carré et vertical ABCD de coté a, de masse m et de résistance R tombe dans le champ de pesanteur. Il rencontre une succession de quatre zones horizontales d'épaisseur a dans lesquelles règne un champ magnétique $\vec{B}$ horizontal, uniforme et constant. Chaque zone est séparée de ses voisines par des zones sans champ magnétique, également d'épaisseur a. L'ensemble forme ainsi une sorte de millefeuille magnétique.



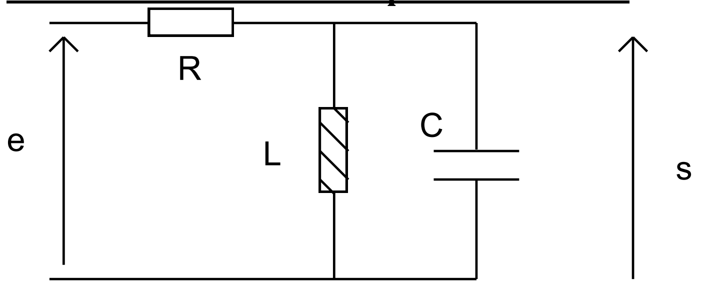
1. À quelle hauteur faut-il lâcher le cadre ABCD , sans vitesse initiale, pour qu'il traverse le mille-feuille à vitesse constante?
2. Tracer alors l'allure de la vitesse du cadre et du courant électrique le traversant en fonction du temps.
3. Que deviennent ces courbes si le cadre est équipé d'une diode ne laissant passer le courant électrique que dans un seul sens?

Données

$a = 10$ cm, $R = 0{,}1\Omega, m = 10$ g, $B = 1$ T.
L'accélération de la pesanteur est $g \approx 10$ m $\cdot$ s^{-2}.

PSI2. Discussions de résultats expérimentaux.

Discussion de résultats expérimentaux 01.



On donne : R = 1MΩ C=100nF L = 0,09H

En régime sinusoïdal permanent de pulsation $\omega=2\pi f$, la fonction de transfert complexe suit la loi :

$$\underline{H} = \frac{1}{1 + jQ\left(x - \frac{1}{x}\right)}$$

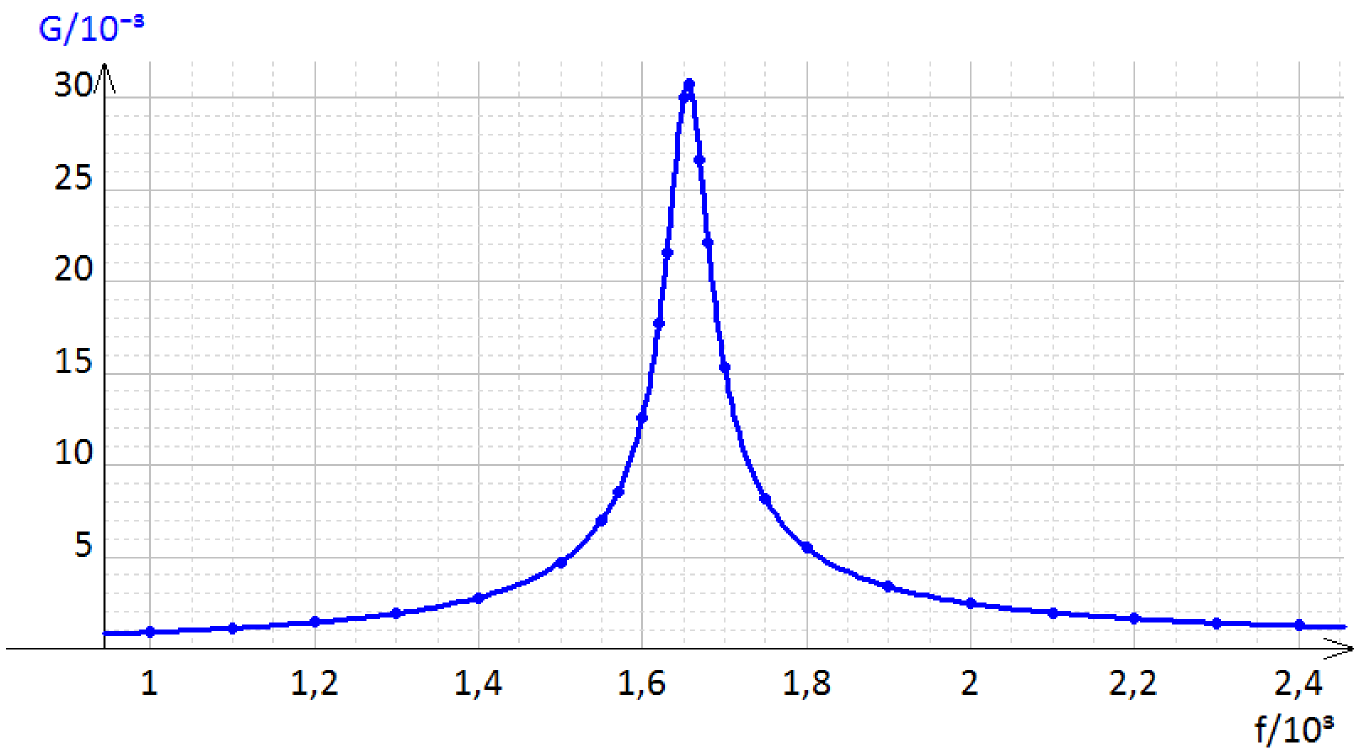
avec $x = \frac{\omega}{\omega_o}$ $\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $Q = R\sqrt{\frac{C}{L}}$

1)Décrire le plus complètement possible la nature du quadripole ainsi construit. AN.

2)L'expérience est conduite avec le matériel usuel de labo de physique, la bobine expérimentale étant constituée de deux bobines de 1000 tours en série pour approcher la valeur numérique fournie. Le signal de sortie est suivi à l'oscilloscope et les mesures sont faites avec un multimètre. On obtient la courbe du gain en tension G en fonction de la fréquence f en Hz ci-dessous où les points expérimentaux apparaissent.

Discuter qualitativement puis quantitativement.

Lecture du graphe : les coordonnées du maximum sont environ (1625Hz ; 0,03).



<u>Discussion de résultats expérimentaux 02.</u>
<u>Propriété :</u>

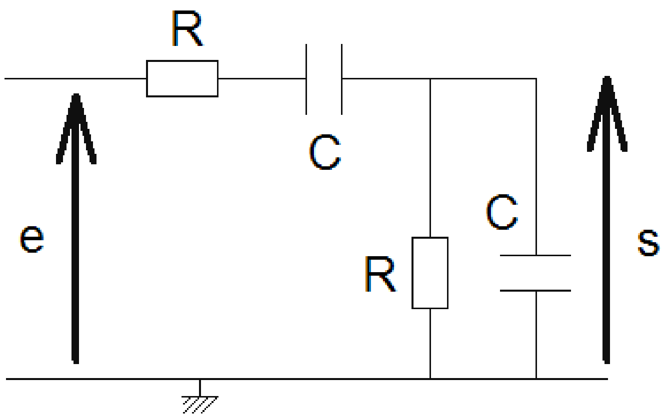
On définit, pour $\alpha>1$ et E_1 positif, $e_\alpha(t)$, fonction périodique de période $T_1 = \frac{1}{f_1} = \frac{2\pi}{\omega_1}$, dont la restriction à l'intervalle $[0 \; T_1[$ est :

$e_\alpha(t)=\alpha E_1$ pour t compris entre 0 et T_1/α, nulle autrement.

On définit l'impulsion $e_\infty(t)$ comme étant la limite de $e_\alpha(t)$ quand α tend vers l'infini.
On donne la propriété suivante :

$$e_\infty(t) = E_1 \; + \; 2E_1 \sum_{n=1}^{+\infty} cos(n\omega_1 t)$$

Nous allons maintenant nous intéresser au filtre suivant :



Les expériences citées ont été conduites sur un exemplaire unique marqué : R=20kΩ , C=10nF.
Matériel : GBF Agilent , oscilloscope Tektronics, centrale d'acquisition SYSAM, logiciels LatisPro (acquisition et traitement de données) et Regressi (figure finale et modélisation)

1)Déterminer rapidement la nature du filtre. Définir une constante de temps τ associée à ce filtre. Quelle signification peut-on donner à τ ?

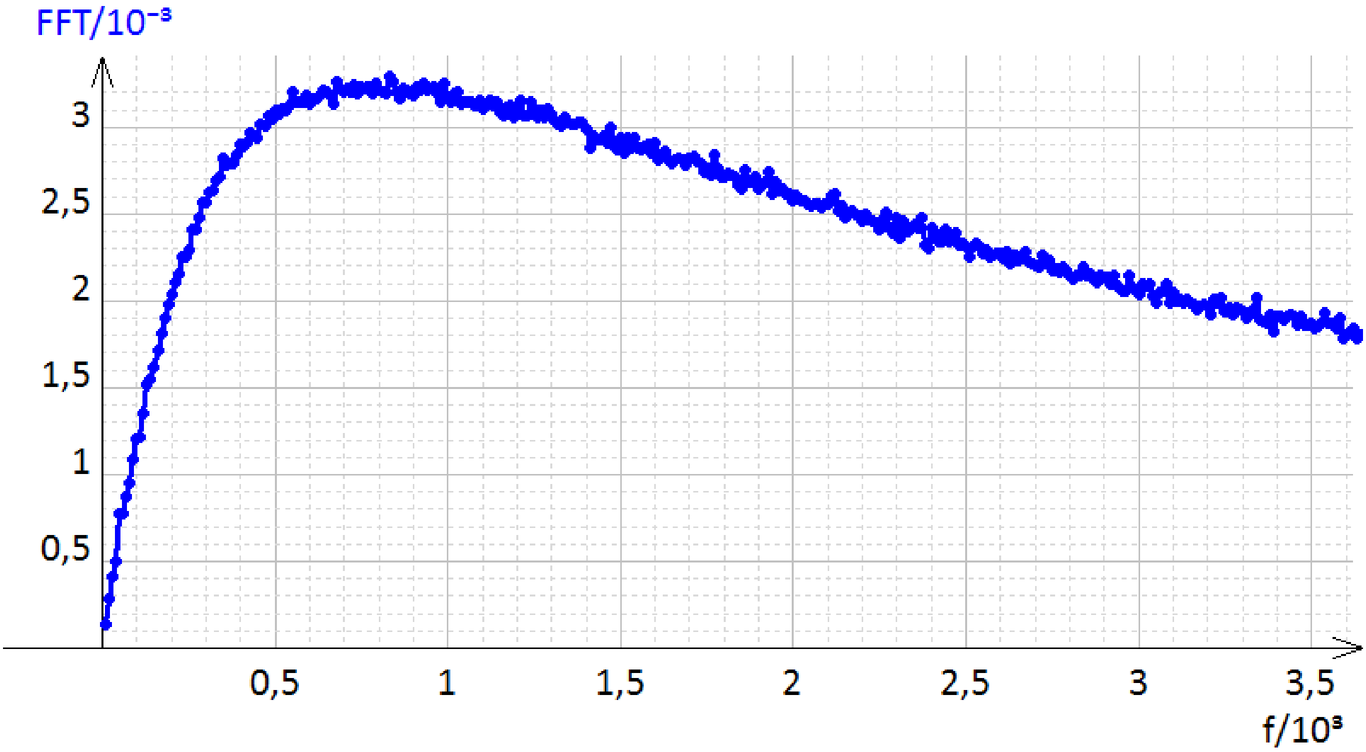
2)En régime sinusoïdal de pulsation ω, la fonction de transfert harmonique $\underline{H}$ se met sous la forme suivante :

$$\underline{H} = \frac{H_o}{1 + jQ\left(\frac{\omega}{\omega_o} - \frac{\omega_o}{\omega}\right)}$$

où H_o , Q et ω_o sont des constantes positives. Donner un sens physique à ces trois constantes.

3)Expérimentalement, en faisant varier la pulsation du signal d'entrée, on mesure une résonnance à la fréquence f_o=787Hz , et on observe 2 fréquences de coupure aux fréquences f_1=224Hz et f_2=2630Hz. Déterminer si possible les trois constantes de la question précédente.

4)Avec un GBF Agilent, On a fabriqué une impulsion périodique de fréquence 10Hz et de largeur (width en anglais) de 25µs , niveau bas 0, niveau haut +10V. On a acquis la réponse associée de 10000 points sur une durée de 100ms, puis la FFT de la réponse. Un zoom de la FFT donne :



a)Dessiner l'allure temporelle de l'impulsion périodique décrite. Quelles différences y-a-t-il avec l'impulsion théorique ?

b) Quelles caractéristiques numériques du filtre peut-on obtenir par lecture du graphe ? Les obtenir et commenter.

Discussion de résultats expérimentaux 03.

Un condensateur de capacité C=100nF a été chargé sous une tension initiale E=10V avant d'être déconnecté à l'instant t=0. Il est donc en circuit ouvert. Au cours du temps, on note v(t) la tension à ses bornes avec v(0)=E.
Expérimentalement, v(t) évolue dans le temps avec un temps caractéristique de l'ordre du jour. On souhaiterait l'observer.

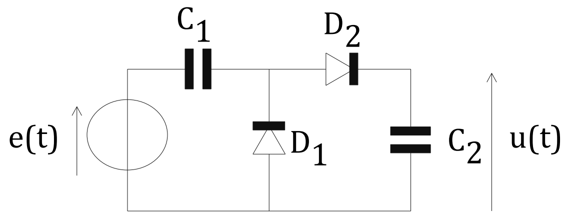
0)Comment expliquer que v(t) ne soit pas une constante ? Proposer une évolution temporelle possible.

1)Pour suivre v(t), on branche un voltmètre ou l'entrée d'un oscilloscope sur le condensateur. On observe alors dans les deux cas une brusque chute de v(t) avec un temps caractéristique τ beaucoup plus faible qu'un jour. Interpréter et proposer des valeurs numériques pour τ.

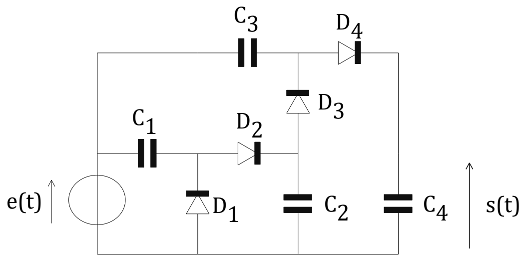
2)Avec un dispositif bien connu correctement utilisé, la tension suivie au voltmètre peut suivre une loi décroissante de temps caractéristique de l'ordre de l'heure. Expliquer.

3)Maintenant, comment va-t-on pouvoir faire apparaître le temps caractéristique initial proche du jour ?

<u>Pompes à diodes. A réaliser en TP…</u>



Montage 1



Montage 2

Tous les condensateurs ont même capacité C.
Toutes les diodes sont identiques, caractérisées uniquement par leur tension de seuil $U_s = 0,6V$.
Le GBF fournit le signal e(t) :

signal carré de période T , de niveau bas $-E_o$, de niveau haut $+E_o = 5V$

Etat initial : à $t = 0$, le signal passe au niveau bas.

Etude du montage 1.

<u>Hypothèses de calcul :</u>

GBF au niveau bas : D_1 passante et D_2 Bloquée.
GBF au niveau haut : l'inverse.

Montrer :

$$\boldsymbol{u(T) = \frac{u(O)}{2} + (E_o - U_s)}$$

En partant de $u(0) = 0$, montrer maintenant :

$$\boldsymbol{u(nT) = 2(E_o - U_s)\left(1 - \frac{1}{2^n}\right)}$$

Combien vaut le régime permanent ?

Tracer maintenant l'allure du graphe u(t).

Comment comprendre le montage 2 ?