

# ELECTROCINETIQUE

**Revoir les exos faits pendant l'année,  
ainsi que le problème sur l'oscillateur à Pont de Wien vu en DS  
et l'exercice sur la diode et le détecteur de crête vu DM (tombent tel quel à Centrale).**

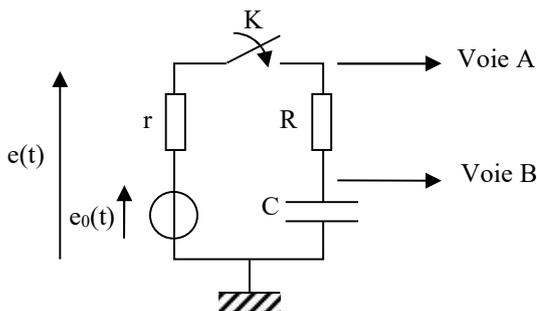
## **E 1** : Réponse d'un circuit à un échelon. (*Mines-Télécom*)

On étudie le circuit de la *figure 1* où un générateur de fém  $e_0$  et de résistance interne  $r$  inconnue est monté en série avec un interrupteur  $K$ , une résistance  $R$  de 100 ohms et une capacité  $C$  inconnue, initialement déchargée ;  $C$  et le générateur sont tous les deux reliés à la masse.

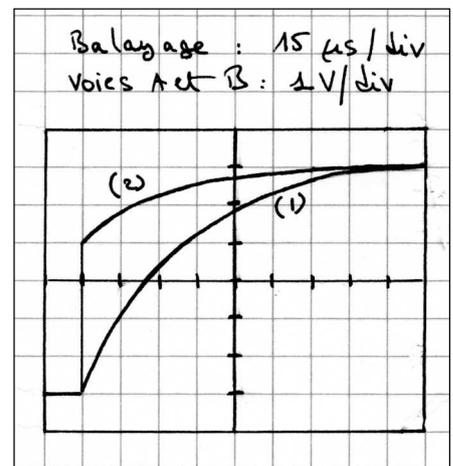
A  $t = 0$ , on ferme l'interrupteur et on observe à l'oscilloscope à mémoire : les branchements des deux voies A et B sont ceux indiqués sur la *figure 1*, les signaux (1) et (2) observés sont ceux représentés sur la *figure 2* où l'on a précisé les calibres utilisés.

On note  $e(t)$  la tension délivrée par le générateur, sachant que l'on a choisi le mode crêteaux. On appelle  $E$  l'amplitude des crêteaux.

- 1- Identifier les courbes (1) et (2) relativement aux voies A et B.
- 2- Exprimer  $e(t)$  en fonction de  $R, r, E, C$  et  $t$ .
- 3- Déduire des signaux observés les valeurs de  $r, C$  et  $E$ .
- 4- Quelle majoration peut-on donner à la fréquence du générateur ?



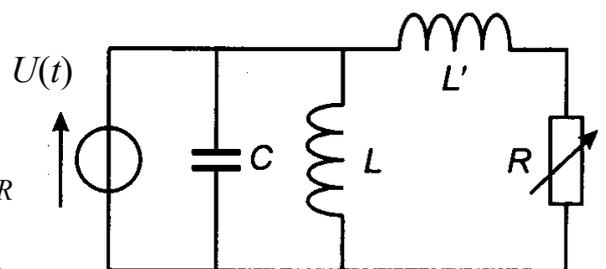
*Figure 1*



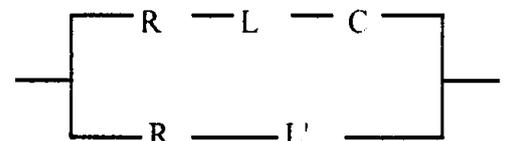
## **E 2** : Puissance en régime permanent sinusoïdal – adaptation d'impédance. (*Centrale*)

On considère le circuit ci-contre modélisant une installation électrique ; le générateur délivre une tension sinusoïdale de fréquence  $f = 50$  Hz et de valeur efficace  $U = 220$  V. La résistance  $R$  est variable et  $L = 1$  H.

- 1- Calculer la puissance moyenne  $P$  absorbée par la résistance  $R$  en fonction de  $R, L', U$  et la pulsation  $\omega$  du générateur.
- 2- Calculer la valeur  $R_0$  de  $R$  pour laquelle cette puissance  $P$  est maximale.
- 3- Calculer  $L'$  et la valeur maximale  $P_{max}$  de  $P$  sachant que  $R_0 = 12 \Omega$ .
- 4- Pour une valeur  $R_1$  de  $R$  ( $R_1 > R_0$ ), la puissance délivrée par le générateur vaut  $P_1 = 800$  W. Calculer  $R_1$ .
- 5- On suppose que  $R = R_1$  et que le facteur de phase de l'ensemble du dipôle de charge du générateur est égal à l'unité. Calculer, dans ces conditions, la valeur de  $C$ .

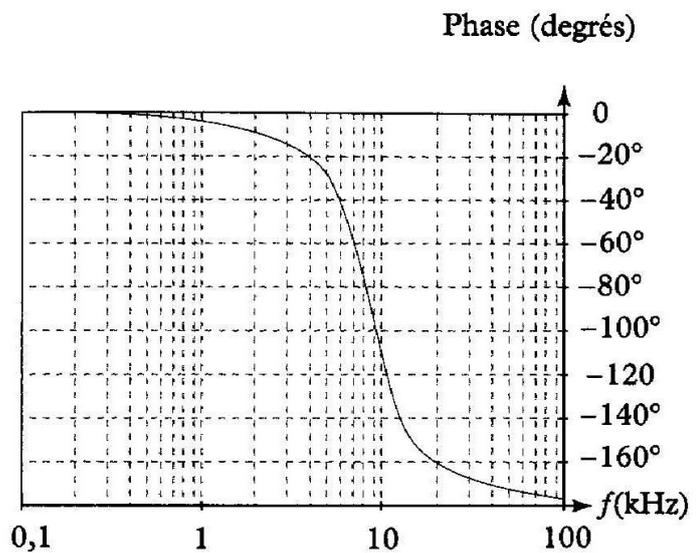
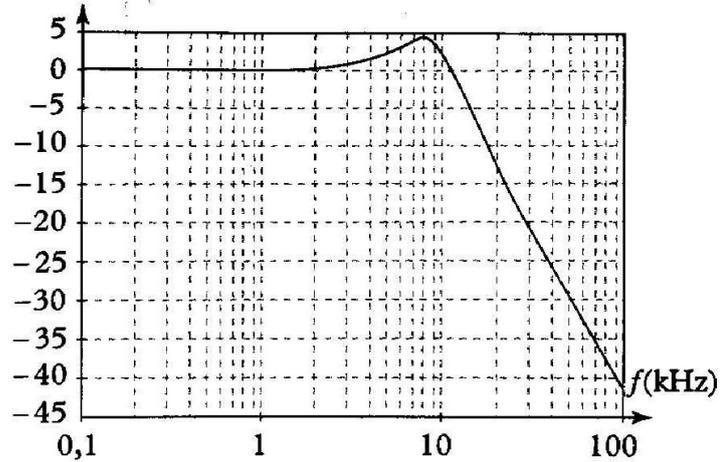
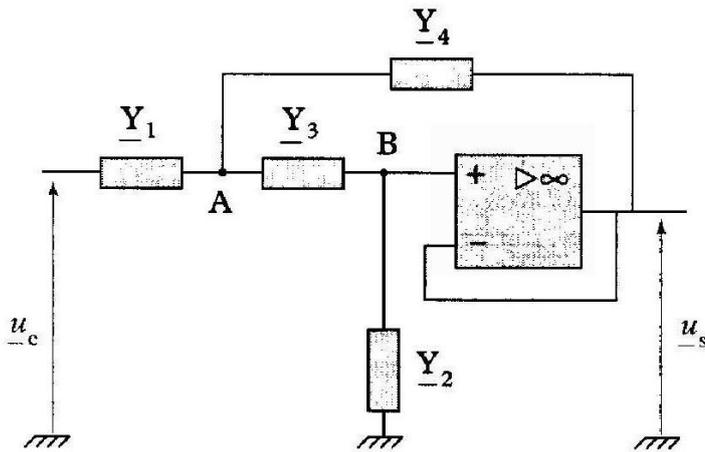


*Bonus* : Le générateur alimente maintenant le dipôle ci-contre à quelle condition sur  $L, L', C$  et  $\omega$  les puissances consommées dans les 2 branches sont-elles égales ? (*Cette question nécessite très peu de calculs.*)



**E 3 : Synthèse d'un filtre à partir d'une structure et d'un gabarit. (exo « type », CCINP, Centrale & Mines)**

On étudie la structure ci-dessous où l'A.L.I. est idéal et fonctionne en régime linéaire ; les admittances  $\underline{Y}_i$  correspondent soit à des résistances, soit à des condensateurs, le montage comportant 2 résistances et 2 condensateurs. On s'intéresse à la fonction de transfert en tension de cette structure, dont on donne ci-contre les diagrammes de Bode en gain et phase.



- 1- A partir des diagrammes fournis, déterminer la valeur du gain statique, de la pulsation propre et du facteur de qualité de ce filtre.
- 2- On admet que la fonction de transfert de ce filtre peut se mettre sous la forme :

$$H(j\omega) = \frac{u_s}{u_c} = \frac{Y_1 \cdot Y_3}{Y_2 \cdot (Y_1 + Y_3 + Y_4) + Y_1 \cdot Y_3}$$

Identifier la nature des admittances.

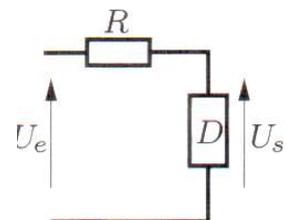
- 3- Donner la valeur numérique des capacités des condensateurs sachant que les résistances ont pour valeur 10 k $\Omega$ .
- 4- Ce filtre peut-il servir d'intégrateur ou de dérivateur ? Discuter.
- 5- Qu'observe-t-on en sortie si le signal d'entrée est un signal périodique en créneaux ?
- 6- *Question subsidiaire, théoriquement hors programme* : démontrer l'expression de la transmittance à partir des propriétés des ALI (supposées rappelées dans l'énoncé).

**E 4 : Etude d'un filtre RLC. (Centrale)**

Dans le circuit ci-contre,  $D$  est composé d'une bobine idéale pour laquelle  $L = 50$  mH et d'un condensateur idéal de capacité  $C$ .

- 1- Déterminer  $D$  pour que le montage soit un filtre passe-bande. Tracer les diagrammes de Bode en gain et en phase.

On applique à l'entrée du filtre une tension  $U_e(t) = e_0 \cos(\omega_1 t) \cos(\omega_2 t)$  où  $\omega_1$  et  $\omega_2$  sont a priori inconnues. On réalise deux expériences (a) et (b) au cours desquelles on ajuste les valeurs de  $R$  et  $C$  afin d'obtenir en sortie des quasi-sinusoïdes de périodes respectives  $T_a = 13,33$  ms et  $T_b = 964$   $\mu$ s.



- 2- Expliquer le principe de fonctionnement et déterminer les fréquences  $f_1$  et  $f_2$ .

- 3- Sur quelle plage de valeur doit pouvoir varier  $C$  ? Quel rôle joue  $R$  ? Déterminer la valeur à donner à  $R$  dans chaque expérience pour que la sinusoïde représente 99% du signal de sortie.

**E 5** : Etude d'une lampe à Néon. (CCINP)

On considère le montage ci-contre où la lampe à néon est :

- Eteinte et de résistance infinie si  $u(t) < U_a$ ,
- Allumée et de résistance  $r$  si  $u(t) \geq U_a$ .

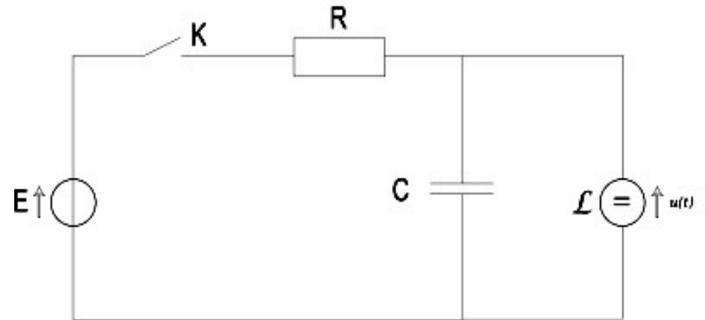
1- On suppose la lampe initialement éteinte.

Décrire le phénomène observé quand on ferme l'interrupteur  $K$ .

2- Déterminer l'équation différentielle sur  $u$  et puis

l'expression de  $u(t)$  en introduisant un temps  $\tau$  caractéristique. Déterminer l'instant  $t_a$  à partir duquel la lampe s'allume.

3- Déterminer la nouvelle expression de  $u(t)$  quand la lampe est allumée ; on posera :  $\tau' = \frac{r.R}{r + R}C$



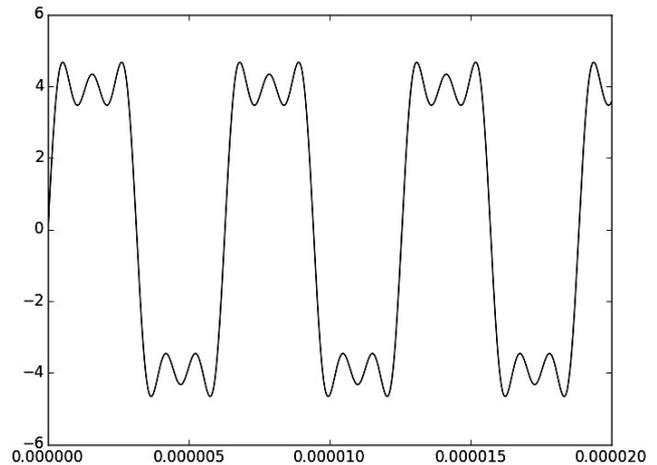
**E 6** : Etude de l'effet d'un filtre RC. (Mines & Mines-Télécom)

Soit  $e(t)$  un signal alimentant un circuit  $RC$  série avec  $R = 10 \text{ k}\Omega$  et  $C = 100 \text{ nF}$ . On observe la tension  $s(t)$  aux bornes de la capacité  $C$ .

On suppose que  $e(t)$  correspond au graphe ci-contre et s'écrit :

$$e(t) = E_0 \left[ \sin(\omega t) + \frac{1}{3} \sin(3\omega t) + \frac{1}{5} \sin(5\omega t) \right]$$

Calculer et tracer  $s(t)$ .



**E 7** : Conversion numérique-analogique. (Centrale 2)

On considère une tension  $U$  qui, une fois numérisée sur  $n$  bits, s'écrit :  $U = U_0 (a_0 2^0 + \dots + a_{n-1} 2^{n-1})$

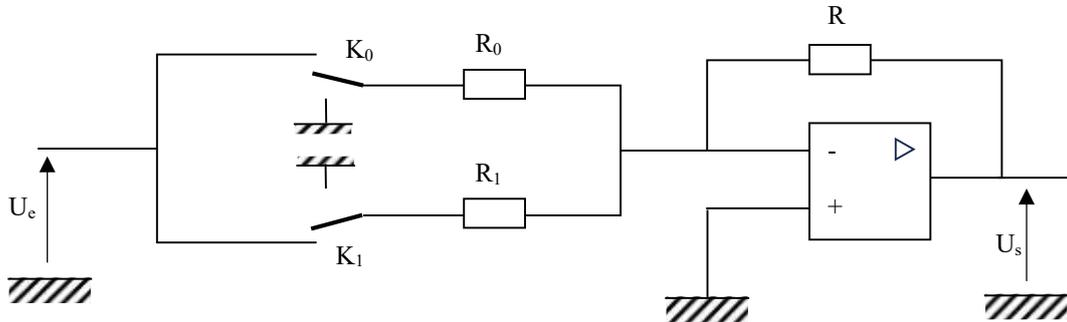
Cette tension correspond à l'un des échantillons d'un signal temporel  $u(t)$  ayant été numérisé sur  $n$  bits avec une fréquence d'échantillonnage  $f_e$ .

1- Quelle est l'utilité de la conversion analogique-numérique ? Pourquoi la conversion numérique-analogique est-elle parfois utile ?

2- Représenter graphiquement deux périodes d'une tension  $u(t)$  sinusoïdale d'amplitude crête à crête  $U_m$ , de valeur moyenne  $\frac{U_m}{2}$  et de fréquence  $f$  ; puis, sur le même graphe, représenter sa version numérisée sur 4 bits lorsque  $U_0 = \frac{U_m}{10}$  et  $f_e = 10.f$  et commenter.

- 3- Comment faut-il choisir  $f_e$  et  $n$  pour optimiser la numérisation ? Quelles sont les limites techniques qui s'imposent dans le choix de  $f_e$  et  $n$  ?

On s'intéresse maintenant au circuit ci-dessous formé d'un ALI idéal en fonctionnement linéaire, c'est-à-dire dont les potentiels des deux bornes d'entrée sont égaux ; la résistance  $R$  est de  $10\text{ kW}$  et les résistances  $R_0$  et  $R_1$  sont adaptables entre  $1\text{ kW}$  et  $5.10^3\text{ kW}$ . La tension  $U_e$  est une tension continue réglable et les interrupteurs  $K_0$  et  $K_1$  peuvent être basculés indépendamment vers la masse ou le point d'entrée de potentiel  $U_e$ .

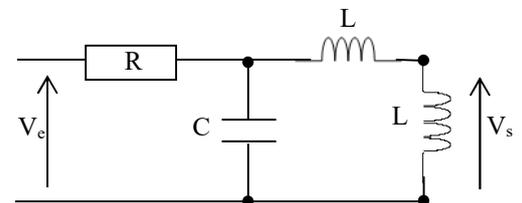


- 4- Montrer que les tensions aux bornes de  $R_0$  et  $R_1$  peuvent se mettre sous la forme  $a_0 U_e$  et  $a_1 U_e$  où  $a_0$  et  $a_1$  sont des variables binaires.
- 5- Exprimer la tension de sortie  $U_s$  en fonction de  $U_e$ ,  $R$ ,  $R_0$ ,  $R_1$ ,  $a_0$  et  $a_1$ .
- 6- Comment choisir  $U_e$ ,  $R_0$  et  $R_1$  pour que  $U_s$  représente le signal analogique associé au signal.
- 7- On suppose que  $|U_e| = 5\text{ V}$ . Comment choisir les rapports  $R/R_0$  et  $R/R_1$  pour que la tension de sortie ne dépasse pas  $14\text{ V}$  ?

### **E 8** : Etude de l'effet d'un filtre RLC. (Centrale)

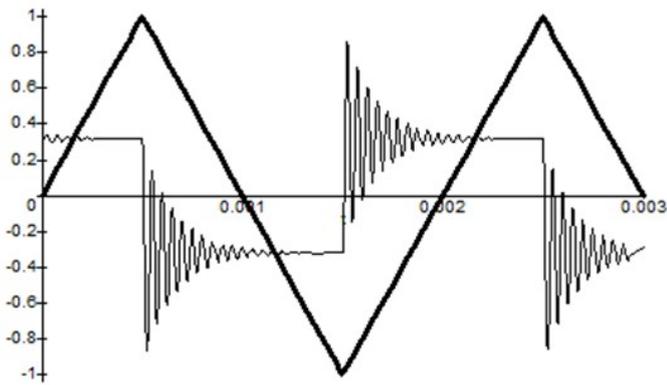
On considère le filtre ci-contre où les composants ont les valeurs suivantes :  $R = 33\text{ k}\Omega$  ;  $C = 100\text{ nF}$  ;  $L = 5\text{ mH}$ .

- 1- Déterminer la fonction de transfert du filtre et les valeurs numériques de ses paramètres caractéristiques  $Q$  et  $f_0$ .
- 2- On alimente le filtre avec un signal créneaux impair  $e(t)$  de fréquence  $f = 1678\text{ Hz}$ . Donner la forme du signal de sortie.

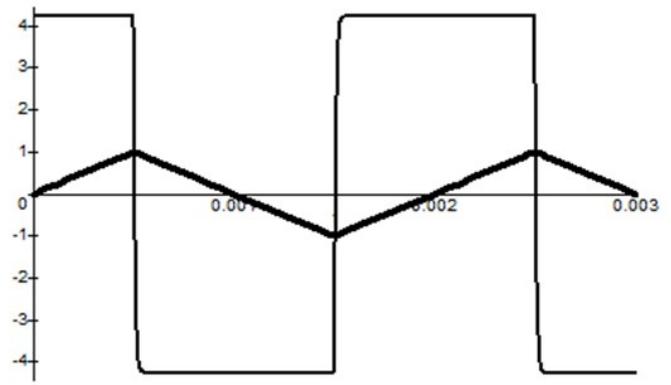


On rappelle que  $e(t)$  s'écrit alors :  $e(t) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(n\omega t)$  avec  $b_n = \frac{2E}{n\pi} (1 - (-1)^n)$

- 3- On alimente maintenant le même type de filtre mais avec des valeurs de composants a priori différentes, par un signal triangulaire d'amplitude  $1\text{ Volt}$  et de fréquence  $f$ . On réalise deux expériences avec des valeurs de  $Q$  et  $f_0$  différentes, conduisant aux signaux ci-dessous ; le signal en caractère gras est  $e(t)$ , l'autre est  $400 \times \underline{s(t)}$ .  
En justifiant, déterminer la valeur du produit  $Q f_0$  relatif à chaque expérience. Peut-on déterminer  $f_0$  et  $Q$  indépendamment ?



Expérience 1



Expérience 2

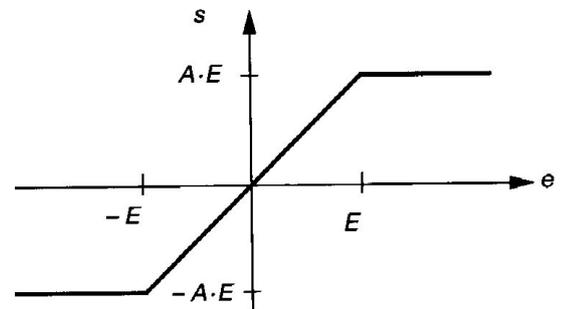
**E 9 : Saturation d'un amplificateur. (X)**

On s'intéresse à un amplificateur dont la caractéristique est donnée ci-contre et que l'on alimente par un signal :  $e(t) = E_1 \sin(\omega t)$

Le signal de sortie peut alors s'écrire :  $s(t) = s_0 + \sum_{k=1}^{\infty} s_k \sin(k\omega t)$

avec  $\forall k \geq 1 \quad s_k = \frac{2}{T} \int_0^T s(t) \sin(k\omega t) dt$

Déterminer le rapport  $\frac{s_1}{E_1}$ , le tracer en fonction de  $E_1$  et commenter.



**Questions subsidiaires « en vrac » pour se préparer aux questions du jury.**

- Quelle différence (chiffrée si possible) existe-t-il entre une bobine réelle et une « inductance pure » ? Entre un condensateur réel et une « capacité pure » ?
- La résistance d'un fil électrique dépend-elle de la fréquence et si oui comment ? Quelle technique utilise-t-on pour transporter l'électricité à haute fréquence ?
- La section du fil électrique pour un éclairage ( $I_{max}$  de l'ordre de 15A) est de 1,5 mm<sup>2</sup> et pour une cuisinière ( $I_{max}$  de l'ordre de 35 A) de 6 mm<sup>2</sup>. Pourquoi cette différence ?
- Quel est le principe d'un convertisseur analogique-numérique ? Quels sont ses principaux paramètres de fonctionnement ?
- Quels sont les points communs et différences entre le spectre d'un signal analogique et le spectre du même signal une fois numérisé ? Qu'est-ce que le « repliement de spectre » ? Comment l'éviter ?
- On cherche à numériser un enregistrement musical. Quelle fréquence d'échantillonnage proposez-vous ? On obtient alors un fichier au format WAV. Quels sont les principes de la compression MP3 utilisée pour que les fichiers informatiques de musique soient jusqu'à 10 fois moins volumineux que les fichiers audio natifs (au format WAV par exemple) sans perte notable de qualité ?