

LVH PSI Physique-Chimie

Présentation des résultats numériques. Calcul d'une incertitude

Attention : à CCINP, votre calculatrice est interdite. On vous prête une Texas Instrument basique.

Attention : aux TP de Centrale, les formules pour les calculs d'incertitudes ne sont pas données.

- Un résultat numérique doit toujours être donné avec un nombre de chiffre significatifs raisonnable, c'est à dire toujours inférieur ou égal au nombre de chiffre significatif le plus bas des données exploitées pour l'application numérique en question;
- Soit c la célérité des ondes sonores dans l'eau écrire : $c = 1500 \text{ m.s}^{-1}$ c'est donner une valeur de c avec 4 CS, et écrire $c = 1,5.10^3 \text{ m.s}^{-1}$ c'est donner une valeur de c avec 2 CS; attention $c = 1,500.10^3 \text{ m.s}^{-1}$ c'est donner une valeur de c avec 4 CS!!
- lorsqu'on utilise un appareil de mesure pour attribuer une **valeur mesurée** x à un **mesurande**, dont la **valeur vraie** x_v est par définition inconnue, l'**erreur de mesure** est $x - x_v$, elle aussi est, par définition, inconnue;
- le but du calcul d'incertitude est de déterminer un **intervalle de confiance** dans lequel se trouve la valeur vraie avec une probabilité donnée. Il s'applique au cas d'une mesure sans erreur systématique, pour laquelle on fait l'hypothèse que la mesure de x suit une **loi normale** centrée sur la valeur vraie x et d'écart-type σ ;
- la théorie mathématique permet alors de montrer que x est dans l'intervalle $[x_v - \sigma, x_v + \sigma]$ avec une probabilité de 68% environ, et dans $[x_v - 2\sigma, x_v + 2\sigma]$ avec une probabilité de 95% environ. On cherche donc à estimer x_v et σ à l'aide de nos instruments de mesure et d'un protocole expérimental correct (sans erreur systématique);
- **l'évaluation de type A de l'incertitude** est une évaluation statistique qui n'a de sens que si on dispose au moins de $n = 8$ à $n = 10$ valeurs mesurées x_i , avec $i \in [1, n]$ suivant le même protocole, alors la **moyenne arithmétique** \bar{x} et l'**écart type expérimental** s_{exp} sont donnés par :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{et} \quad s_{exp} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2},$$

L'**incertitude type** s est définie comme l'écart-type sur la valeur moyenne. Le meilleur estimateur de cet écart-type est : $s = \frac{s_{exp}}{\sqrt{n}}$, (il est plus faible que s_{exp} , car c'est l'écart-type sur la moyenne, pas sur les valeurs mesurées).

On construit ainsi l'**intervalle à 68%** : $[\bar{x} - s, \bar{x} + s]$, et l'**intervalle à 95%** : $[\bar{x} - 2s, \bar{x} + 2s]$.

- **l'évaluation de type B de l'incertitude** est réalisée lorsqu'il est impossible d'effectuer une évaluation de type A. Il faut commencer par identifier les sources d'erreurs, afin de déterminer l'intervalle des valeurs mesurées raisonnablement acceptable. La demi largeur de cet intervalle est la **précision sur la mesure**, que l'on note Δ par la suite;
- selon l'instrument et le protocole employé on détermine la précision Δ sur la mesure :
 - ▷ pour un appareil analogique, Δ est égal à **une demi-graduation**;
 - ▷ pour un appareil numérique, la documentation permet de déterminer la précision Δ , sous la forme :

$$\Delta = m\% \times x + n \times D \text{ UR},$$

(n et m sont à chercher dans la doc de l'instrument de mesure), c'est donc la somme d'un certain pourcentage $m\%$ de la valeur mesurée x et d'un certain nombre (n) de digits de poids le plus faible D , dans l'unité UR du résultat. Exemple si $m = 0,5$ et $n = 2$ et qu'on mesure $12,564 \text{ mA}$, alors l'application numérique effectuée sans limitation automatique des chiffres apparents donne $\Delta i = 12,564 \times \frac{0,5}{100} + 2 \times 0,001 = 0,06482$, on écrira $\Delta i = 0,06 \text{ mA}$ puis $i = 12,56 \pm 0,06 \text{ mA}$;

- ▷ sur un banc d'optique la précision est à estimer en effectuant plusieurs fois le réglage de la **netteté** afin de déterminer l'intervalle Δ des positions pour lesquelles on estime la netteté atteinte au mieux;
- En appliquant une norme internationale, on en déduit l'incertitude type :

$$s = \frac{\Delta}{\sqrt{3}};$$

- Lorsque la mesure est indirecte, c'est à dire lorsque la grandeur mesurée y est fonction $y = f(x_1, x_2, \dots, x_m)$ d'autres grandeurs x_1, x_2, \dots, x_m dont on connaît les incertitudes types s_1, s_2, \dots, s_m , on détermine l'**incertitude-type composée** :

$$s_y = \sqrt{\sum_{k=1}^m \left(s_k^2 \left(\frac{\partial f}{\partial x_k} \right)^2 \right)}.$$

Exercices de préparation à l'oral. Concours 2026

Électronique

ELNQ-1: Oscillateur avec schéma bloc (CCINP 2025 Jules CHAMEROY, Nathanaël FERRIER)

On considère le système bouclé de la figure du dessus ci-contre.

Le bloc du bas, de fonction de transfert en tension $\underline{H}_5 = \frac{v_5}{v_0}$, correspond au second schéma.

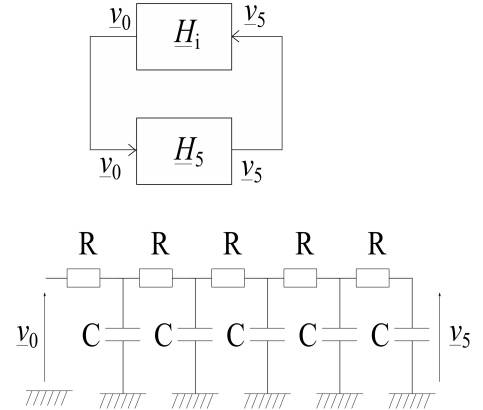
On donne $\underline{H}_5 = \frac{1}{1 + ax^2 + bx^4 + j(x + cx^3 + dx^5)}$, avec $x = RC\omega$.

On précise que $c > 2\sqrt{d}$, $a > 0$, $b > 0$.

Le bloc du haut, de fonction de transfert en tension $\underline{H}_i = \frac{v_0}{v_5}$, sera à choisir

parmi deux possibilités : $\underline{H}_i = \underline{H}_a = \frac{-R_2}{R_1}$, ou bien $\underline{H}_i = \underline{H}_b = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$, R_1 et R_2 étant des résistances.

1. A quelle(s) condition(s) les tensions $v_0(t)$ et $v_5(t)$ sont-elles purement sinusoïdales?
2. Déterminer alors l'expression littérale de x .
3. Faut-il choisir $\underline{H}_i = \underline{H}_a$ ou $\underline{H}_i = \underline{H}_b$? Donner alors l'expression de R_2 en fonction de R_1 .
4. En pratique, pour que les oscillations démarrent spontanément, comment faudra-t-il choisir R_2 ? Quelle sera alors l'allure de $v_5(t)$ à partir de l'instant où on mettra en place le dernier composant?



ELNQ-2: Filtres d'ordre 1 (CCINP 2025 Chahine BARZANI)

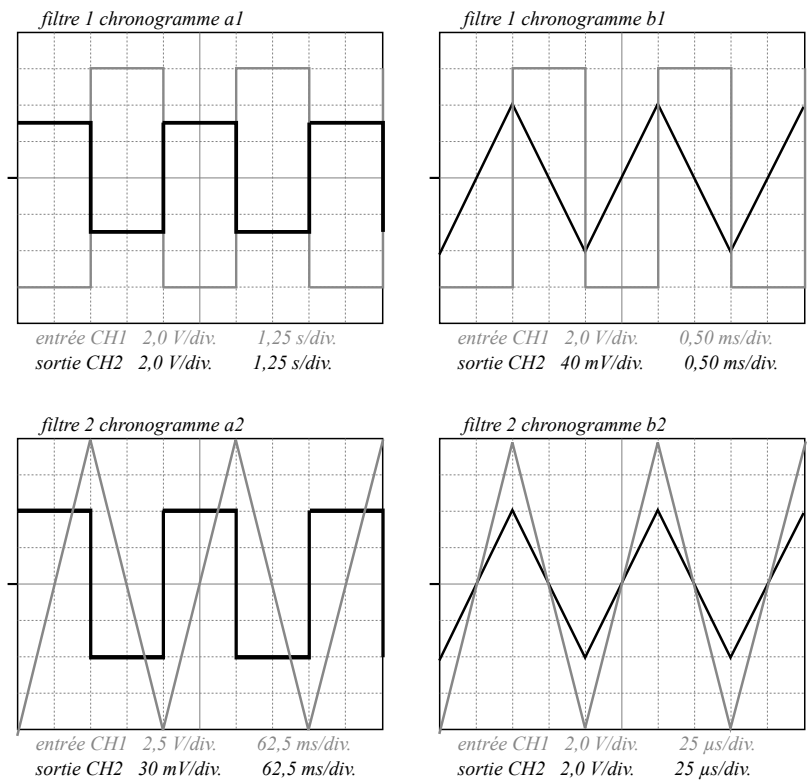
On considère deux filtres d'ordre 1, nommés "filtre 1" et "filtre 2".

Les deux figures du haut du schéma ci-contre donnent des oscillogrammes obtenus avec le filtre 1, en prenant une tension d'entrée en forme de créneau, mais à deux fréquences différentes.

Le signal d'entrée est représenté en grisé. Les échelles horizontales et verticales sont précisées pour chaque chronogramme.

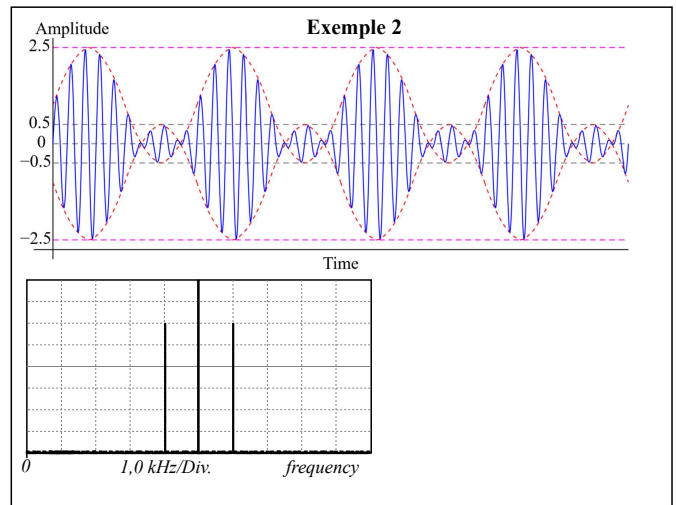
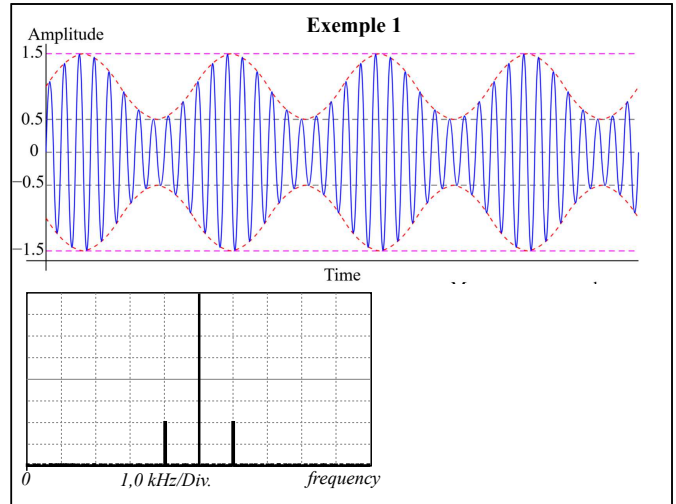
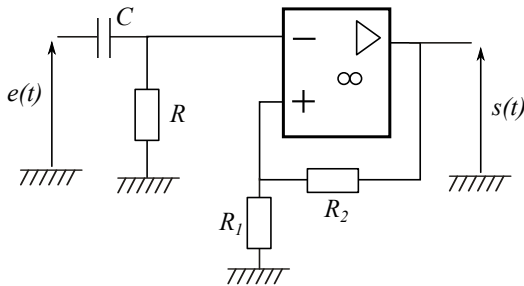
Les deux figures du bas donnent des oscillogrammes obtenus avec le filtre 2, en prenant une tension d'entrée en forme de triangle, mais à deux fréquences différentes.

En exploitant ces relevés expérimentaux, donner les expressions des fonctions de transfert complexes de ces deux filtres, et préciser les valeurs numériques des paramètres qui y interviennent.



ELNQ-3: Modulation et démodulation (CCINP 2025 Nils BOURGEOIS)

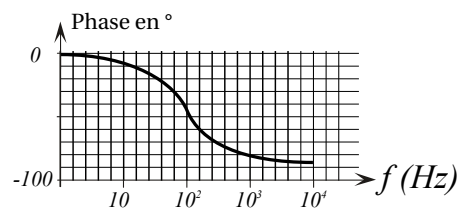
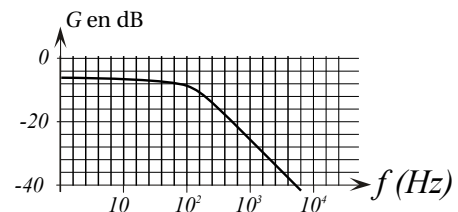
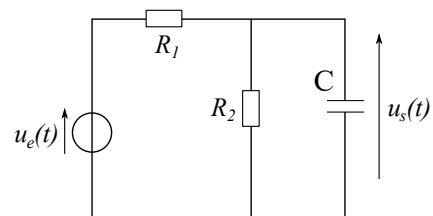
1. Quelles sont les fréquences audibles par un être humain?
2. Pourquoi utilise-t-on la modulation pour les télécommunications sous formes d'ondes électromagnétiques?
3. On considère deux signaux de type tension : $s_1(t) = A_0 + A_1 \cos(\omega_1 t)$ et $s_2(t) = A_2 \cos(\omega_2 t)$.
Ces deux signaux sont envoyés sur les deux entrées d'un multiplieur analogique dont la constante multiplicative interne est $k = 0.10V^{-1}$.
Définir le taux de modulation.
A l'aide des schémas ci-contre (chronogrammes et spectres), déterminer la valeur numérique de ce taux pour les deux exemples.
4. Expliquer la démarche pour démoduler via la méthode de démodulation synchrone. Faire le spectre du signal démodulé.
5. On donne le schéma électronique ci-dessous. Donner des valeurs à prendre pour R , C , R_1 et R_2 , de manière à avoir une fréquence de coupure de 10 Hz, et une valeur maximale de 3,0 pour le module de la fonction de transfert en tension.



ELNQ-4: Filtre (CCINP 2024 Alexis GOUIN)

On considère le montage ci-contre. On pose $u_e(t) = E \cos(\omega t)$ et $u_s(t) = S(\omega) \cos(\omega t + \phi(\omega))$.

1. Déterminer l'expression de la fonction de transfert $H(j\omega) = \frac{u_s}{u_e}$ et la mettre sous la forme $\frac{H_0}{1 + j\omega\tau}$; donner les expressions de H_0 et τ .
2. Quel est le comportement de ce filtre en très basse et en très haute fréquence, d'après la fonction de transfert? Retrouver ces comportements en analysant le schéma du montage.
3. Quel nom donne-t-on à ce type de filtre? Donner les expressions de $S(\omega)$ et de $\phi(\omega)$.
4. Définir la fréquence de coupure de ce type de filtre, et donner son expression, f_c .
5. On donne ci-contre les diagrammes de Bode de ce filtre. En déduire les valeurs numériques de H_0 et de f_c .
6. On donne $R_1 = 680\Omega$. Calculer les valeurs de R_2 et de C .
7. Déterminer la sortie temporelle $u_{s1}(t)$ pour une tension d'entrée $u_{e1}(t)$ constante de 6 V.
8. Pour une entrée $u_{e2}(t)$ sinusoïdale de fréquence 1 kHz, donner le gain en dB et la phase, et comparer ces valeurs à ce que donnent les courbes. En déduire la sortie $u_{s2}(t)$.



ELNQ-5: Lampe à néon (Mines-Ponts 2024 Jonas VUILLEMIN)

On considère le circuit ci-contre dans lequel le dipôle AB est une lampe au néon. Elle équivaut à une résistance R_L quand elle est allumée, et à une résistance infinie quand elle est éteinte.

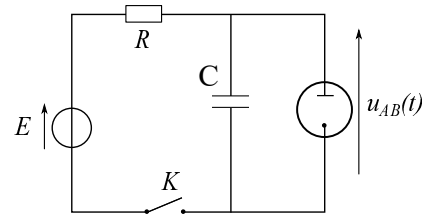
Elle s'allume pour $u_{AB} \geq U_1$, et s'éteint pour $u_{AB} \leq U_2$.

On précise que $U_2 < U_1 < E$.

Pour $t < 0$, le condensateur est déchargé. A $t = 0$, on ferme l'interrupteur K.

Déterminer l'évolution de la tension u_{AB} en fonction du temps, et préciser la période éventuelle d'un phénomène périodique.

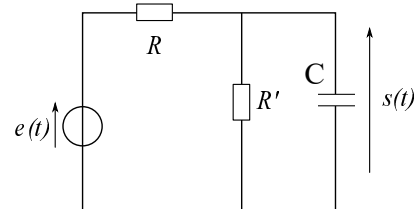
Tracer l'allure de la trajectoire de phase pour la tension u_{AB} .



ELNQ-6: Filtre anti-repliement, problème ouvert (Adalbert LUTZ CCINP 2023)

On cherche à numériser un signal correspondant à une voix humaine, avec une fréquence d'échantillonnage de 44 kHz. Pour éviter les problèmes éventuels d'échantillonnage, on place le filtre ci-contre avant le convertisseur analogique-numérique.

Sachant que $R = 100\Omega$ comment faut-il choisir R' et C pour bien conserver le signal utile? On considère que la voix humaine de ce signal a un spectre compris entre 500 et 1500 Hz.



ELNQ-7: Détermination d'une mutuelle et d'auto inductances (Thomas EPAILLY CCINP 2021, Yvan FUCHS CCP 2017)

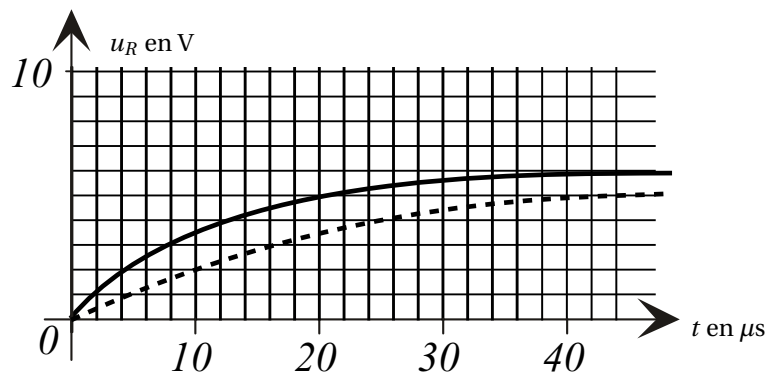
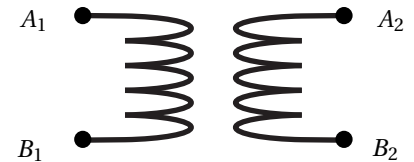
On considère un circuit en série formé d'un GBF fournissant un échelon de tension de 0,0 V à 6,0 V, d'une résistance R de 1.0kΩ et de deux bobines identiques, d'inductance propre L . Les bobines sont montées de façon à avoir une mutuelle inductance $M > 0$.

On étudie 2 cas.

- la bobine de droite a sa borne A_2 reliée à la borne B_1 de celle de gauche;
- la bobine de droite a sa borne B_2 reliée à la borne B_1 de celle de gauche.

On mesure expérimentalement la tension aux bornes de la résistance R , et on donne les courbes de cette tension dans les 2 cas.

Question : Trouver M et L .



ELNQ-8: Oscillateur de Hartley (Paul THOMAS Mines-Ponts 2022)

On considère le montage ci-contre.

1. Déterminer $\underline{H}(j\omega) = \frac{u_2}{u_e}$.

À quel type de filtre cela correspond-il? Tracer ses diagrammes de Bode asymptotiques. Quelle est la valeur maximale du module de la fonction de transfert? La pulsation caractéristique? Le facteur de qualité Q ? La bande passante à -3 dB (en termes de pulsations)?

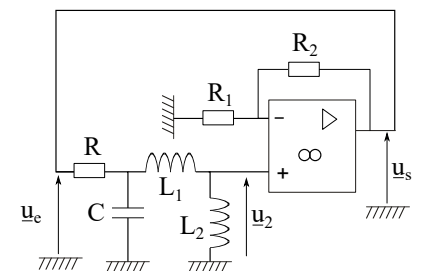
2. Déterminer $\underline{H}(j\omega) = \frac{u_s}{u_2}$.

Quelle est la condition d'auto-oscillation purement sinusoïdale? Et quelle est la pulsation?

Comment choisir les résistances et les inductances pour que les oscillations démarrent spontanément?

3. Qu'est-ce qui limite, en pratique, l'amplitude des oscillations?

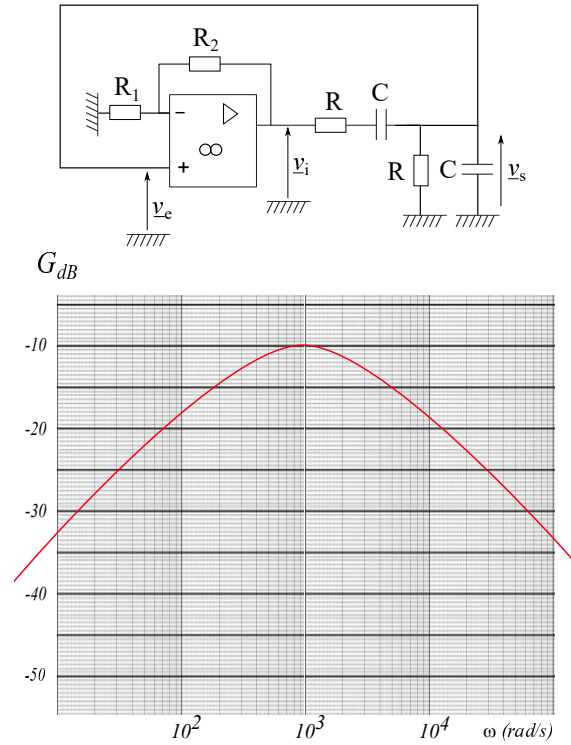
4. On choisit les résistances et les inductances pour que les oscillations démarrent spontanément. Entre $u_2(t)$ et $u_s(t)$, quel est le signal le plus proche d'une sinusoïde pure?



ELNQ-9: Oscillateur QS (CCINP 2023 Mathéo GIRARDET, Mathis BEGUET)

- Rappeler les hypothèses d'un ALI idéal.
- Montrer que $\underline{v}_i = K \underline{v}_e$ et exprimer K en fonction de R_1 et R_2 .
- Exprimer $\underline{H} = \frac{\underline{v}_s}{\underline{v}_i}$ et mettre l'expression sous la forme :

$$\underline{H} = \frac{H_0}{1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)}$$
 et expliciter H_0 , Q , et ω_0 .
- On donne le diagramme de Bode de gain ci-joint. En déduire les valeurs numériques de H_0 , Q , et ω_0 .
- Sachant que $R = 1.0 \text{ k}\Omega$, calculer C .
- Retrouver l'équation différentielle vérifiée par $v_s(t)$, compte tenu de l'ensemble du montage.
- Quelle est la valeur K_0 de K pour que $v_s(t)$ soit purement sinusoïdale? Quelle est alors la fréquence?
- En pratique, pour observer des oscillations permanentes, vaut-il mieux choisir K légèrement supérieur ou légèrement inférieur à K_0 ? Expliquer.



ELNQ-10: Sonomètre (CCINP Anaïs DEWEVER 2023, Aurélien VAUGE 2015), Pb ouvert

On étudie un sonomètre muni d'un système de quatre diodes électroluminescentes dont l'allumage dépend du niveau sonore ambiant; plus le niveau sonore est élevé plus il y a de DEL qui s'allument. Un dispositif transforme le niveau sonore en tension continue U_e proportionnelle à celui-ci. On souhaite réaliser :

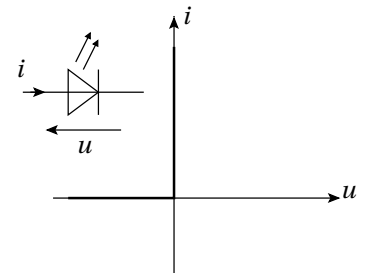
- $U_e < 3V$: aucune DEL ne s'allume; $3V < U_e < 6V$: une DEL s'allume;
- $6V < U_e < 9V$: deux DEL s'allument; $9V < U_e < 12V$: trois DEL s'allument;
- $12V < U_e$: quatre DEL s'allument;



Question : représenter un circuit électrique permettant de réaliser ces exigences.

Précisions :

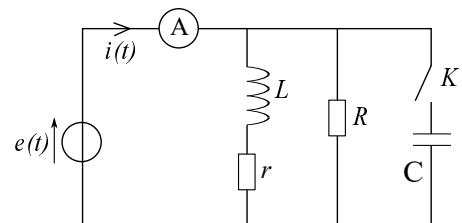
On ne demande pas de connaître le dispositif permettant de réaliser U_e .
 On prendra soin d'utiliser le moins de composants possibles.
 Ci-contre on a représenté la caractéristique de la DEL qui émet de la lumière à l'état passant, et reste non allumée à l'état bloquant.
 On dispose de 4 DEL, d'ALI, d'une source de tension continue, et du matériel classique de laboratoire : résistances, condensateurs, bobines. On fera attention à ne pas endommager les DEL en veillant à ce que le courant qui les traverse ne dépasse pas 30mA.



ELNQ-11: Régime sinusoïdal forcé, problème ouvert (CCINP 2023 Maelys PROST, Mathieu ROBERT)

On se place en régime sinusoïdal forcé : $e(t) = E_m \cos(\omega t)$ et $i(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi)$.

Exprimer C pour que l'ampèremètre, en mode AC, indique la même valeur selon que l'interrupteur K est ouvert ou fermé.



On dispose d'un signal $u_e(t)$ périodique triangulaire, dont l'oscillogramme et le spectre sont donnés dans la figure ci-contre.

Pour un signal temporel quelconque $x(t)$, on note x_{moy} sa valeur moyenne. On définit son taux d'ondulation par

$$\alpha = \frac{\text{valeur efficace de } (x(t) - x_{moy})}{x_{moy}}$$

On donne pour un signal triangle $y(t)$ de période T , de valeur moyenne Y_0 , d'amplitude crête à crête $2a$, la décomposition en série de Fourier :

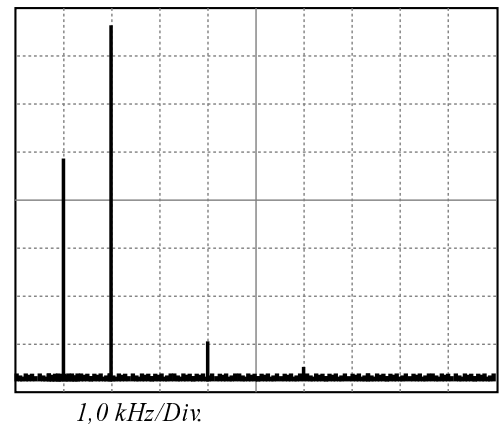
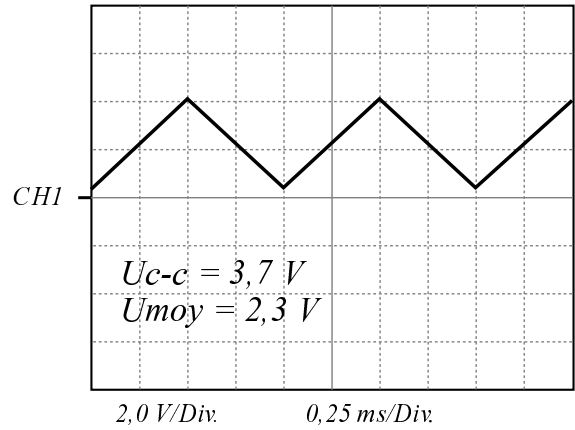
$$y(t) = Y_0 + \frac{8a}{\pi^2} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{(2k+1)^2} \cos((2k+1) \frac{2\pi t}{T})$$

On rappelle également le théorème de Parseval : pour un signal $v(t) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n \frac{2\pi t}{T} + \varphi_n)$, la valeur efficace est :

$$V = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n^2}{2}}$$

À partir du signal $u_e(t)$, on veut créer une tension continue, c'est-à-dire dont le taux d'ondulation est inférieur à 1,0 %. On dispose pour cela d'un condensateur de capacité $C = 1,0 \mu F$ et d'une boîte de résistances réglables.

Comment faut-il choisir la résistance ?

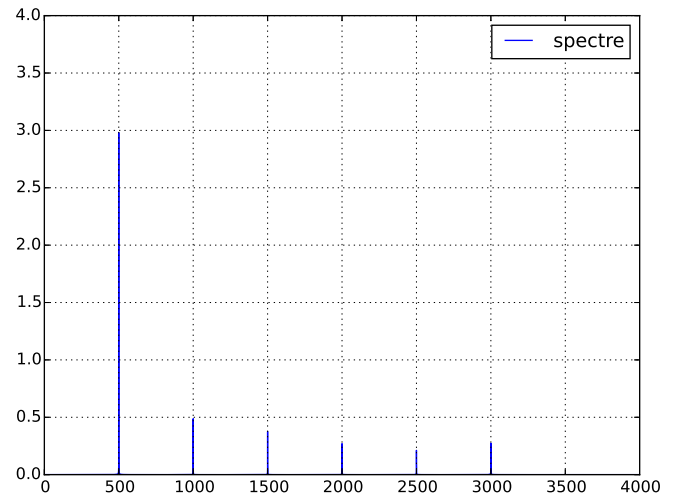
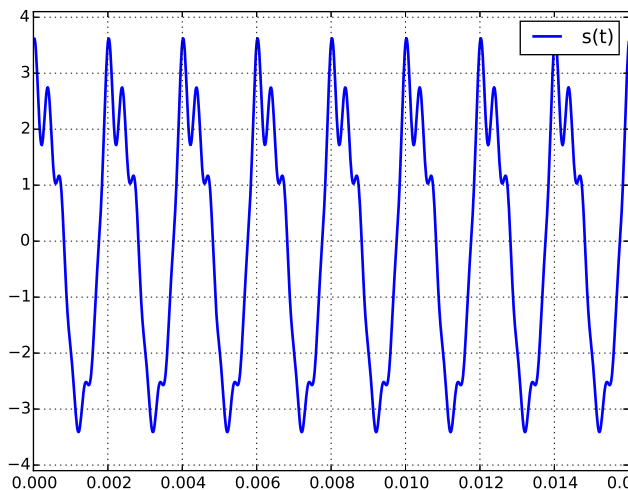


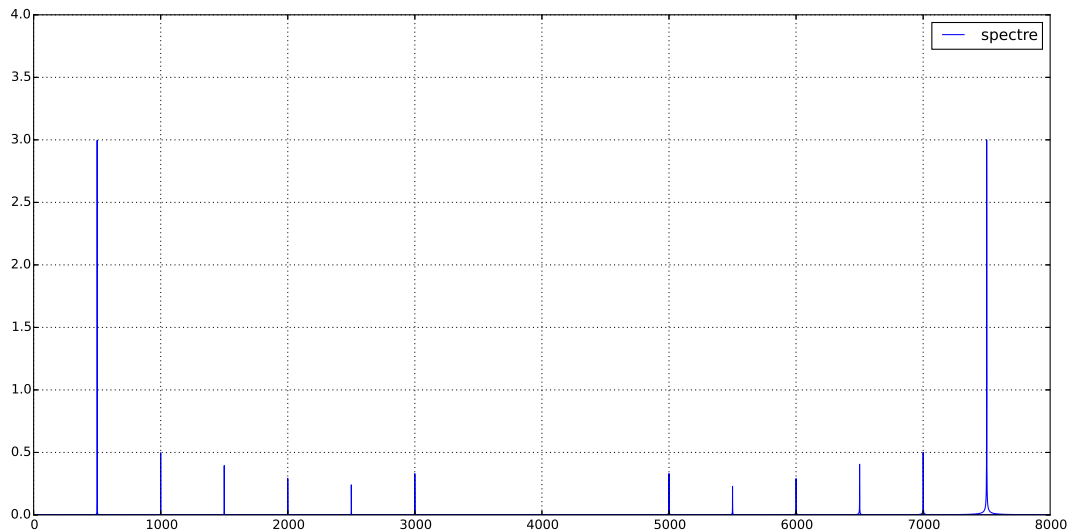
ELNQ-13: Echantillonnage (Eloïse BAUD CCINP 2021)

On a enregistré de façon numérique un instrumentiste. Le graphe ci-contre en donne une image temporelle (abscisse en secondes et ordonnée en Volt).

Une fois numérisé, on en a calculé le spectre avec une FFT. L'image ci-dessous donne ce spectre, les fréquences étant en Hz. Le second spectre, plus bas, a été obtenu en changeant l'étendue de l'axe horizontal, sans changer la fréquence d'échantillonnage.

1. Quelle est la note de musique jouée? Expliquer la méthode.
2. Quelle est la fréquence d'échantillonnage?
3. Quel critère faut-il respecter pour numériser? Est-il respecté ici?
4. Quelles sont les fréquences fantômes qui peuvent apparaître sur le spectre, en plus des fréquences réelles?
5. Expliquer le lien entre les deux spectres de l'énoncé.





ELNQ-14: Filtre passe-bande, problème ouvert (Arnaud TOURNERET CCINP 2021)

On souhaite réaliser un filtre passe-bande analogique. Le cahier des charges est le suivant :

- Fréquence centrale de 1.0×10^4 Hz
- Gain maximal de 0.50 dB
- Facteur de qualité de 0.50

On rappelle que le facteur de qualité est le rapport de la fréquence centrale sur la largeur de la bande passante à -3 dB.

Le matériel mis à disposition est le suivant :

- Des résistances, des condensateurs, des bobines.
- Un ALI et son alimentation.
- Des fils de connexion.
- Des multimètres, un oscilloscope

1. Concevoir un montage de type filtre passe-bande, répondant au cahier des charges, avec tout ce qu'il faut pour contrôler son bon fonctionnement.

2. Trois expérimentateurs A, B et C, proposent des choix différents pour réaliser le montage :

- A choisit la simplicité en n'utilisant que des composants type R, L, C.
- B n'utilise pas de bobine.
- C utilise un ALI.

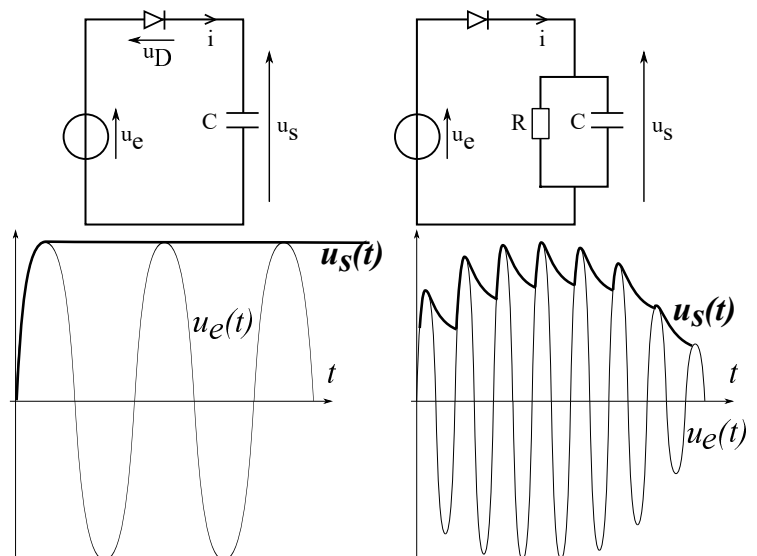
Commenter ces choix.

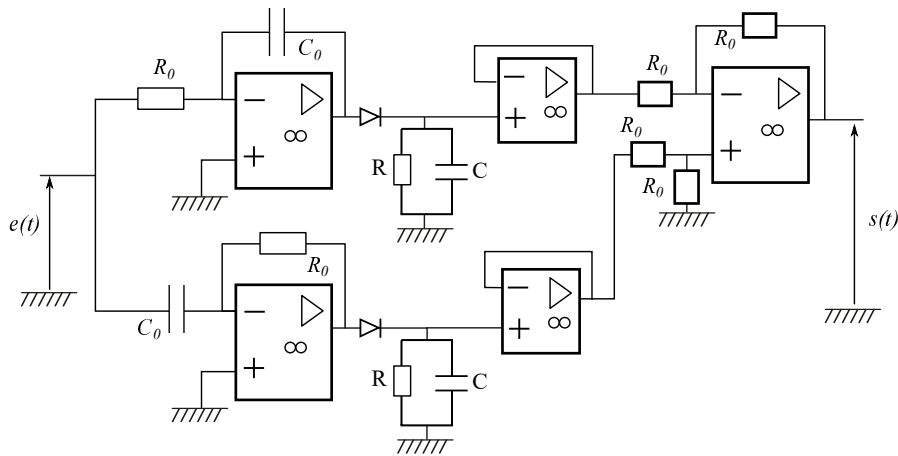
ELNQ-15: Décalage en fréquence (Martin BELLONCLE CCP 2018)

1. On s'intéresse au premier montage ci-contre. La diode est idéale. Le condensateur est initialement déchargé. Pour $t < 0$, $u_e(t) = 0$, et pour $t \geq 0$, $u_e(t) = E \sin(\omega t)$. Justifier la forme de $u_s(t)$ (dessin de gauche) en exploitant la caractéristique d'une diode idéale.

2. On s'intéresse à présent au second montage. La tension $u_e(t)$ est cette fois un signal modulé en amplitude, avec une porteuse de pulsation ω_0 et un signal modulant de pulsation Ω , avec $\Omega \ll \omega_0$. Les allures des signaux sont données sur la figure de droite. Le taux de modulation m est-il inférieur ou supérieur à 1? Expliquer pourquoi ce montage est appelé "détecteur de crête" et expliquer sans calculs son fonctionnement.

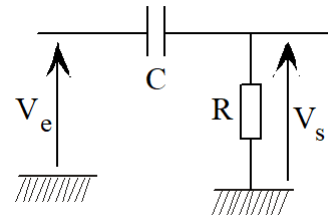
3. On considère le montage complet ci-dessous, pour lequel $e(t) = E \cos(\omega t)$, avec $\omega = \omega_0 + \Delta\omega$, $\Delta\omega \ll \omega_0$, $R_0 C_0 \omega_0 = 1$, et $RC\omega_0 \gg 1$. Trouver $s(t)$. Puis dire pourquoi ce montage peut être utilisé dans le cadre d'un effet Doppler.





ELNQ-16: Signal temporel à partir de la fonction de transfert (Timon BEN EL HADJ CCINP 2022)

On considère le montage ci-contre ($R = 1,0 \text{ k}\Omega$; $C = 5,0 \text{ nF}$), alimenté en amont par un GBF, d'impédance interne supposées nulle, et branché en aval sur un oscilloscope d'impédance d'entrée infinie.

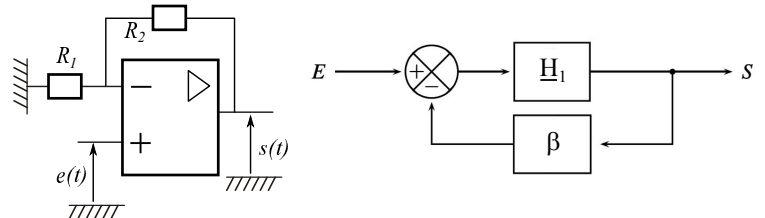


1. Quelle est la résistance de sortie d'un GBF en TP? Pourquoi la suppose-t-on nulle ici?
2. Sans calculs, trouver la nature du filtre.
3. Déterminer la fonction de transfert complexe en tensions, et retrouver la nature du filtre.
4. Calculer la fréquence de coupure à -3 dB et tracer les diagrammes de Bode.
5. Soit $V_e(t)$ une tension triangulaire de fréquence fondamentale $f_e = 500 \text{ kHz}$, de valeur min 1,0 V et de valeur max 3,0 V. Tracer sur le même graphe $V_e(t)$ et $V_s(t)$, en mode DC puis en mode AC. Mêmes questions pour $f_e = 30 \text{ Hz}$, $V_{e \text{ min}} = -2,0 \text{ V}$ et $V_{e \text{ max}} = +2,0 \text{ V}$.

ELNQ-17: Montage à ALI non idéal; schéma-bloc (Caroline JANNIN CCP 2018)

Dans tout l'exercice, l'ALI fonctionne en régime linéaire.

1. On considère dans un premier temps l'ALI idéal. Déterminer dans ce cas la fonction de transfert en régime harmonique du montage de la figure de gauche. Comment nomme-t-on ce montage?

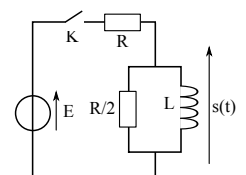


2. On considère à présent que l'ALI est non idéal. Sa fonction de transfert interne est $\frac{s}{\varepsilon} = \underline{A} = \frac{A_0}{1 + j \frac{\omega}{\omega_0}}$.
 - a. Compléter le schéma-bloc en précisant les potentiels complexes en entrée et en sortie de chaque bloc.
 - b. Donner les fonctions de transfert en régime harmonique, \underline{H}_1 et β des deux blocs, en fonction de R_1 , R_2 et \underline{A} .
 - c. Déterminer la fonction de transfert globale $\underline{H}(j\omega)$ du montage complet (avec ALI non idéal). Tracer les diagrammes de Bode asymptotiques de $\underline{H}(j\omega)$.
 - d. Sur le diagramme du gain, ajouter le diagramme de Bode asymptotique du gain de $\underline{A}(j\omega)$. Qu'y a-t-il de commun entre les deux diagrammes asymptotiques de gain?
 - e. Quel passage à la limite faut-il faire pour retrouver le cas de l'ALI idéal?

ELNQ-18: Transitoire dans un circuit RL (Alexandre Gaffet CCP 2016)

On considère le montage ci-contre. L'interrupteur est ouvert pour tout $t < 0$. On le ferme à $t = 0$.

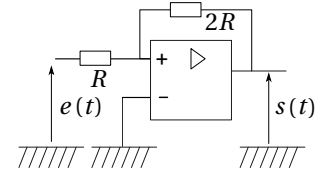
1. Quelle est la grandeur physique qui est continue à $t = 0$? Comment le justifier? Que peut-on en déduire physiquement? En déduire $s(t = 0^+)$.
2. Déterminer $s(t = +\infty)$.
3. Établir l'équation différentielle qui régit $s(t)$. La résoudre. Tracer $s(t)$.



ELNQ-19: Trigger de Schmidt (Agathe BERNIER Mines-Ponts 2015)

En grec, «*υστέρησις*», hystérésis signifie « en retard ».

On considère le montage de la figure ci-contre dans laquelle l'amplificateur linéaire intégré est supposé idéal mais fonctionnant en régime non-linéaire. Le montage est alimenté par une tension $e(t)$ d'amplitude variable. La tension de sortie de l'amplificateur vaut $s = \pm V_{sat}$.

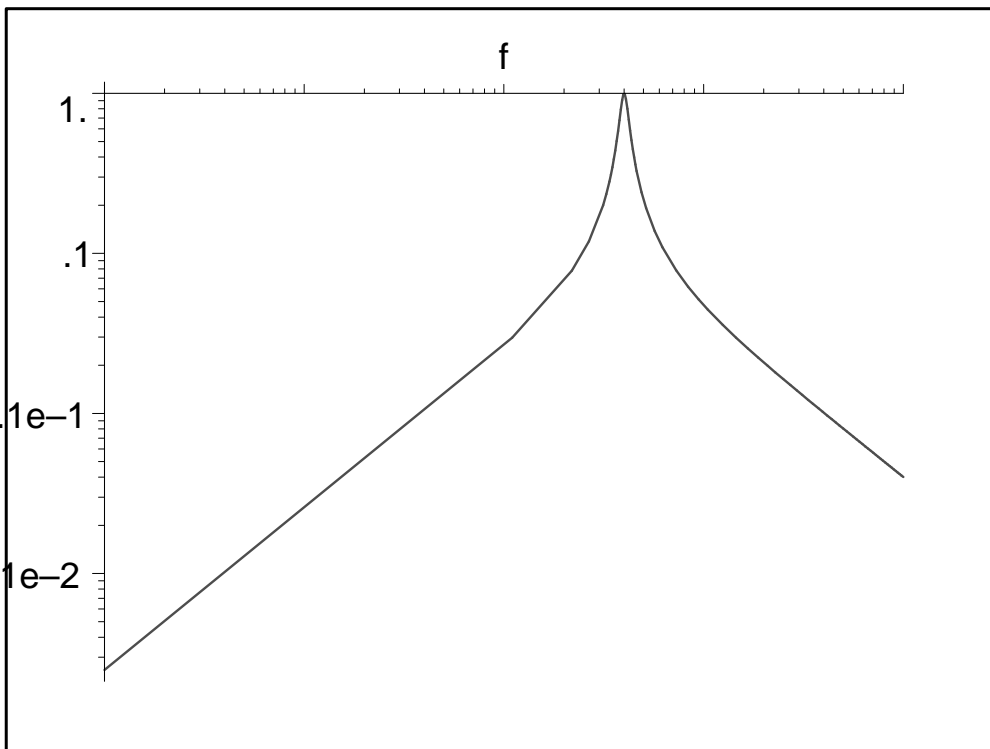


1. À quelle condition sur V_+ , potentiel de la borne d'entrée non-inverseuse, a-t-on $s = +V_{sat}$?
2. Montrer que le potentiel V_+ s'écrit comme une combinaison linéaire des tensions e et s : $V_+ = \alpha e + \beta s$ où l'on précisera les valeurs des coefficients α et β .
3. Supposons que la tension e soit suffisamment négative pour que s soit égale à $-V_{sat}$. La tension e augmente alors. Pour quelle valeur V_1 de e la sortie s bascule de $-V_{sat}$ à $+V_{sat}$?
Supposons maintenant que la tension e soit suffisamment positive pour que s soit égale à $+V_{sat}$. La tension e diminue alors. Pour quelle valeur V_2 de e la sortie s bascule-t-elle de $+V_{sat}$ à $-V_{sat}$?
4. Tracer avec le plus grand soin l'allure de la caractéristique $s(e)$ du montage. On précisera bien le sens de parcours de la caractéristique en y plaçant des flèches.
5. Application : un tel montage peut servir à stocker de l'information ; par exemple, lorsque la sortie est « bloquée » à la valeur $+V_{sat}$, on dit que l'on a enregistré un bit de valeur « 1 » et lorsque la sortie est « bloquée » à la valeur $-V_{sat}$, on dit que l'on a enregistré un bit de valeur « 0 ». On souhaite enregistrer un code formé de 4 chiffres (allant de 0 à 9). On rappelle que tout entier N peut se décomposer en binaire selon la relation $N = \sum_{k=0}^p b_k 2^k$ où $b_k = 0$ ou 1. L'ensemble des b_k forme le code binaire de l'entier N . Quel est le plus grand nombre que l'on puisse écrire avec un code binaire de 13 chiffres ? même question pour 14 chiffres. En déduire le nombre de circuits « trigger de Schmidt » à utiliser pour stocker un code formé de 4 chiffres en base décimale.

ELNQ-20: (Manon Sudre CCP 2016)

On considère un circuit RLC série soumis à $e(t) = E \cos(\omega t)$.

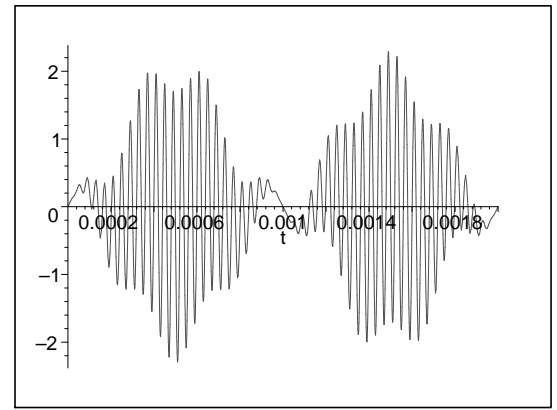
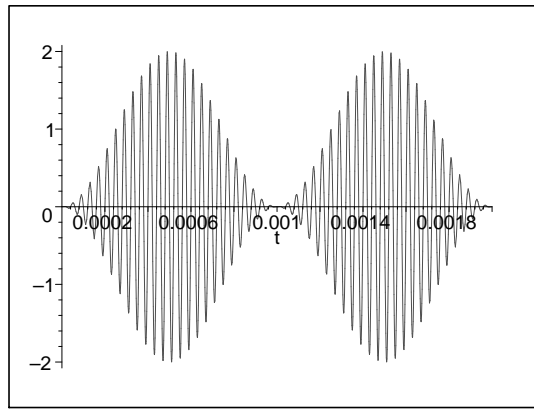
1. Faire le schéma du circuit. À l'aide de la loi des mailles, déterminer l'équation différentielle vérifiée par $u_R(t)$, tension aux bornes de la résistance.
2. Mettre la fonction de transfert en régime harmonique $\underline{H}(j\omega) = \frac{u_R}{e}$ sous la forme canonique $\frac{H_0}{1 + jQ\left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right)}$. Déterminer les paramètres H_0 , Q et f_0 en fonction de R , L et C . Quel type de filtre a-t-on ?
3. À l'aide du graphe ci-dessous, donner les valeurs numériques de ces paramètres. On précise que sur ce graphe, les fréquences vont de 100 Hz à 1 MHz, et sur l'axe vertical sont indiquées les valeurs du module de la fonction de transfert.
4. On remplace la source de tension sinusoïdale par une source qui délivre un échelon de tension E à $t = 0$. Donner la forme de la solution de l'équation différentielle qui régit $u_R(t)$.



ELNQ-21: Signal brouillé (Etienne Jean CCP 2016), Pb ouvert

On considère le signal correspondant à la première figure.

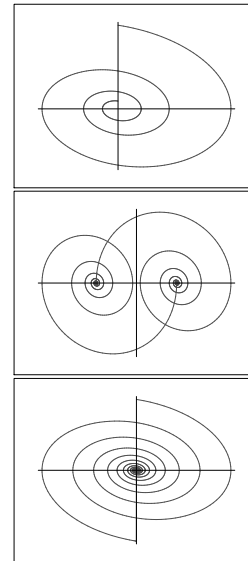
Après émission, il est malencontreusement brouillé et il devient celui de la figure de droite. En analysant bien la forme des deux signaux, proposer un filtre, réalisé avec une résistance R , une bobine L et un condensateur C , permettant de récupérer le signal initial. Donner des valeurs possibles pour R , L et C .



ELNQ-22: RLC série et portrait de phase (Alexia COUILLARD CCP 2017 et Agathe BERNIER CCP 2015)

On considère un circuit RLC série, alimenté par une source de tension délivrant une tension constante E . Le condensateur est initialement déchargé et le circuit est ouvert par un interrupteur K . À $t = 0$, on ferme l'interrupteur.

1. Quelles seront les valeurs des tensions aux bornes de chaque dipôle en régime établi? Que vaudra le courant? Mêmes questions si le condensateur est initialement chargé sous une tension u_{c0} .
2. On revient au cas du condensateur initialement non chargé. Établir l'expression $u_c(t)$ de la tension aux bornes du condensateur pour tout $t > 0$. Le facteur de qualité est $Q = 4$. Tracer l'allure de la fonction $u_c(t)$.
3. On donne le portrait de phase de la première figure ci-contre. Dans quel sens est-il parcouru? Justifier. À quelle grandeur physique correspond-il?
4. Le générateur fournit à présent une tension en forme de créneau, d'amplitude E et de rapport cyclique 0,5. En régime établi, on obtient pour les tensions aux bornes d'un dipôle puis d'un second les deux portraits de phase des deux dernières figures. Interpréter.



ELNQ-23: FFT (Électronique numérique)

Un signal sinusoïdal $s_1(t)$ de fréquence f est échantillonné à la fréquence f_e , sur une durée totale $T_a = 0,256$ s. À l'aide d'un ordinateur (et par exemple de python), on effectue un calcul du spectre de ce signal échantillonné, et on obtient le graphe de la première figure. On précise que le critère de Nyquist-Shannon a été respecté lors de l'acquisition. En revanche, n'ayant pas utilisé un algorithme FFT lors du calcul du spectre et de son affichage, la fréquence maximale apparaissant sur l'axe des abscisses est a priori quelconque.

1. Comment expliquer la présence de deux raies pour ce signal sinusoïdal? Déterminer f et f_e .
2. Combien y a-t-il d'échantillons au total?
3. On conserve la valeur de f_e trouvée précédemment. Si le critère de Nyquist-Shannon n'était pas vérifié, quelles pourraient être d'autres valeurs de f donnant le spectre de la première figure?
4. Lors du calcul du spectre d'un signal échantillonné (avec un algorithme FFT), on n'affiche le spectre que pour des fréquences inférieures à une certaine valeur. Quelle est-elle et pourquoi?
5. On conserve toujours la fréquence d'échantillonnage de la question 1. On effectue 3 fois la numérisation d'un second signal, appelé $s_2(t)$, et on obtient les spectres des 3 figures du bas. Quel paramètre a-t-on modifié lors de ces 3 numérisations? Quelle inégalité doit vérifier celui-ci pour que l'on puisse obtenir le spectre de la dernière figure? Quelle est la forme mathématique de $s_2(t)$?

