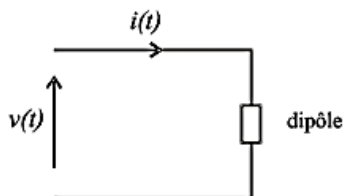


Préparation aux oraux MP/MPI

TD2 – Electricité & Induction

1 Exercice « académique » **CCMP** : Alimentation d'un dipôle en régime sinusoïdal forcé

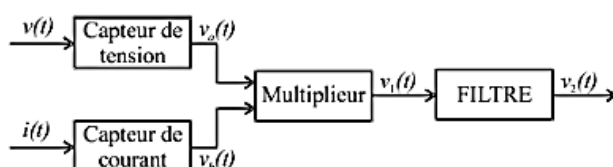
On considère un dipôle d'impédance complexe $Z = 5 + 10j \Omega$ alimenté par une tension sinusoïdale $v(t) = V_{eff}\sqrt{2}\cos(\omega t)$.



On exprime le courant $i(t)$ de la façon suivante : $i(t) = I_{eff}\sqrt{2}\cos(\omega t - \phi)$.

On prendra : $V_{eff} = 230V$ et $f = 50Hz$.

1. Calculer I_{eff} et ϕ .
2. Proposer un montage permettant de réaliser un filtre passe-bas du deuxième ordre.
3. Pour mesurer $V_{eff}.I_{eff}\cos\phi$, on réalise le montage suivant :



Le capteur de tension fournit une tension image de $v(t)$: $v_a(t) = k_a v(t)$.

Le capteur de courant fournit une tension image de $i(t)$: $v_b(t) = k_b i(t)$.

Le multiplieur produit la tension : $v_1(t) = k v_a(t)v_b(t)$.

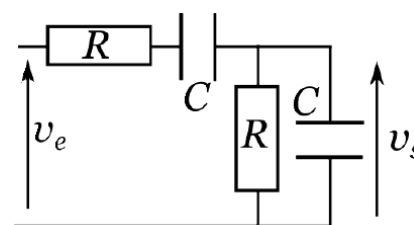
Proposer une valeur de la fréquence propre et du facteur de qualité du filtre étudié précédemment permettant d'obtenir une tension de sortie v_2 proportionnelle à $V_{eff}.I_{eff}\cos\phi$.

2 Exercice « académique » **CCINP** Dossier & Peynon 2025 : Filtre de Wien

On alimente le circuit ci-contre avec une tension $v_e(t)$ sinusoïdale.

On pose $\omega_0 = \frac{1}{RC}$.

- 1) Déterminer la nature du filtre sans calcul.
- 2) Déterminer sa fonction de transfert H en fonction de la pulsation réduite $x = \frac{\omega}{\omega_0}$.
- 3) Déterminer les pulsations réduites de coupure x_{c1} et x_{c2} .
- 4) Tracer le diagramme de Bode en amplitude du filtre.
- 5) Un tel filtre peut-il être intégrateur ? ou dérivateur ?

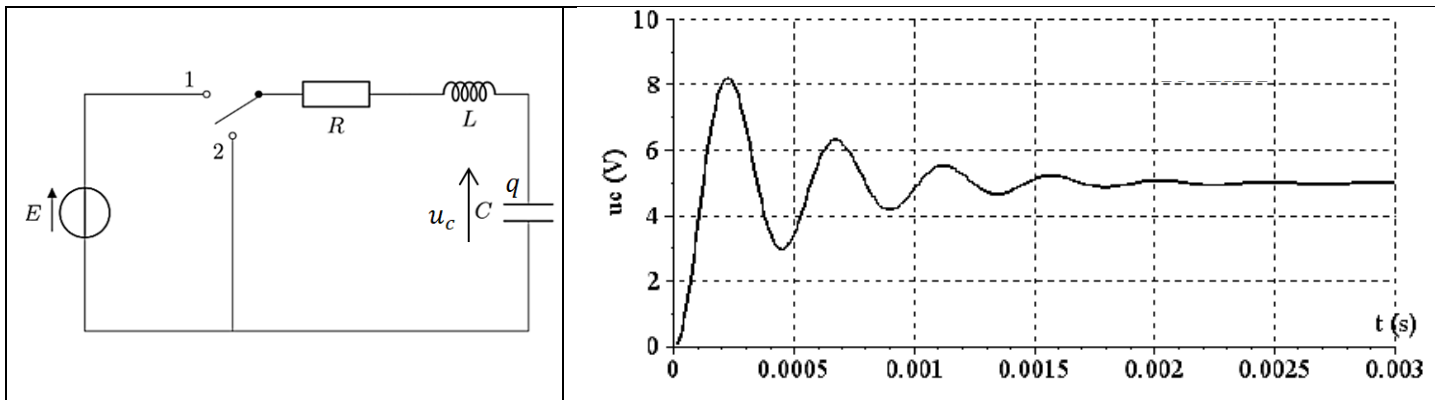


3 Exercice « académique » CCINP Joannet 2025 : Etude d'un régime transitoire

On étudie le circuit ci-dessous.

Pour $t < 0$, l'interrupteur est fermé en position 2.

A $t = 0$, on ferme l'interrupteur sur la position 1 et pour $t > 0$, on relève à l'oscilloscope la tension aux bornes du condensateur. On obtient la courbe ci-dessous.



1) Quel régime suit $u_c(t)$? Que vaut la fém E du générateur ?

On introduit $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$ et $\Omega = \omega_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}$.

2) Déterminer l'expression de $u_c(t)$ en fonction des grandeurs introduites.

3) Déterminer la valeur de T la pseudo-période.

On introduit le décrément logarithmique :

$$\delta = \frac{1}{n} \cdot \ln \left(\frac{u_c(t) - u_c(\infty)}{u_c(t + n \cdot T) - u_c(\infty)} \right), n \in \mathbb{N}^*$$

4) Déterminer la valeur de δ .

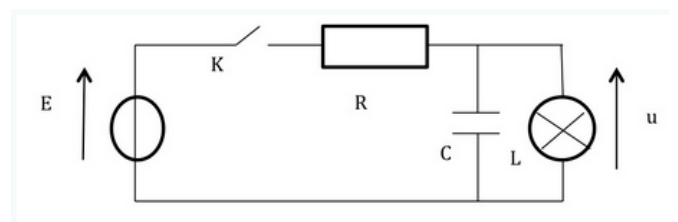
5) En déduire les valeurs de la pulsation propre ω_0 et du facteur de qualité Q .

4 Exercice « académique » CCINP : Allumage d'une ampoule néon

On étudie le circuit ci-contre où L est une lampe au néon vérifiant :

- L ne s'allume que si la tension à ses bornes atteint la valeur dite tension d'allumage E_A . Elle reste alors allumée tant que la tension entre ses bornes reste supérieure à la valeur dite tension d'extinction $E_E < E_A < E$.

- Lorsque L est éteinte, sa résistance est pratiquement infinie ; elle prend la valeur r lorsque L est allumée.



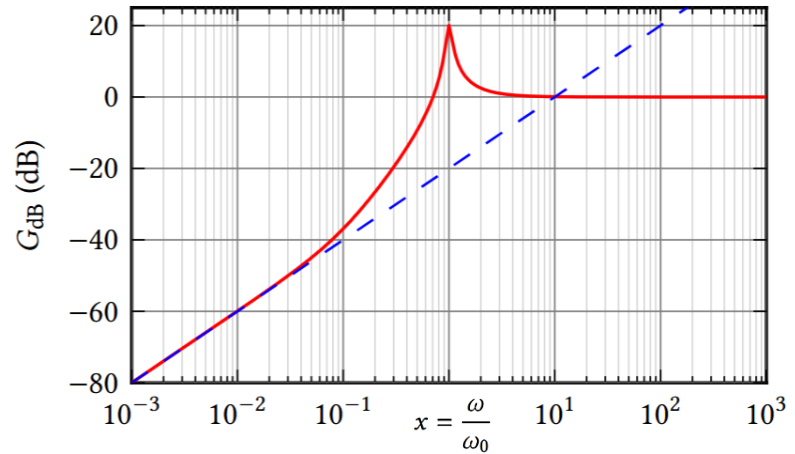
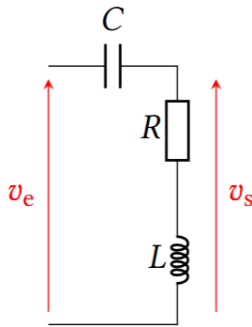
1) On suppose que L est éteinte initialement et on ferme K . Déterminer la tension $u(t)$ jusqu'à t_a , instant de l'allumage. Exprimer t_a .

2) Déterminer la tension $u(t)$ à partir de t_a , tant que l'ampoule est allumée. On notera $k = \frac{r}{r+R}$. Quelle est la condition pour que la lampe soit toujours allumée à partir de t_a ? Sachant qu'on a $kE < E_A$.

3) Cette condition n'étant pas remplie, étudier la tension $u(t)$. On montrera que cette tension est périodique, et on en calculera la période T . Tracer l'allure du graphe de $u(t)$.

5 Exercice « académique » CMT Dossier 2025 : Etude d'un filtre

On s'intéresse au filtre ci-dessous pour lequel on fournit le diagramme de Bode en amplitude.



- 1) Déterminer la nature de ce filtre sans calcul.
- 2) Montrer que la fonction de transfert peut se mettre sous la forme :

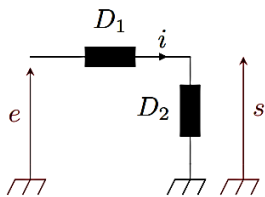
$$\underline{H} = \frac{\frac{jx}{Q} - x^2}{1 + \frac{jx}{Q} - x^2} \quad \text{avec} \quad x = \frac{\omega}{\omega_0}$$

Vous préciserez les expressions de ω_0 et de Q .

Cette expression est-elle en accord avec le résultat de la question 1 ?

- 3) Déterminer les équations des droites asymptotiques de la courbe de gain en décibel. Déterminer la valeur de Q .
- 4) On envoie en entrée du filtre un signal triangle, on obtient en sortie un signal carré très atténué. Expliquer ce résultat expérimental.

6 Résolution de problème CCINP / CMT : Dipôles masqués



Avec un résistor, une bobine et un condensateur on réalise deux dipôles D_1 et D_2 . En régime continu, on mesure $I = 1 \text{ mA}$ pour $E = 3 \text{ V}$. En régime sinusoïdal, le circuit présente un comportement passe-bande de fréquence de résonance $f_0 = 1 \text{ kHz}$ et de bande passante $\Delta f = 200 \text{ Hz}$.

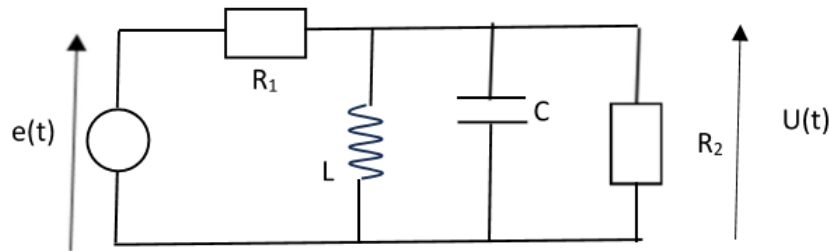
Identifier les dipôles et la valeur des composants utilisés.

Donnée : forme canonique de la fonction de transfert d'un filtre bande du second ordre :

$$\underline{H} = \frac{H_0}{1 + jQ \left(x - \frac{1}{x} \right)} = \frac{\frac{jx}{Q} H_0}{1 - x^2 + \frac{jx}{Q}}$$

7 CCS2 Galot 2023 : Filtrage

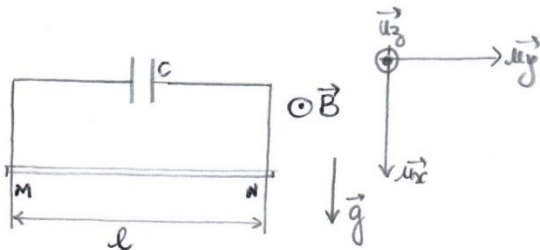
On considère le circuit suivant :



- 1) Déterminer la nature du filtre sans calcul.
- 2) Déterminer la fonction de transfert $\underline{H} = \frac{u}{e}$ sous la forme $\frac{H_0}{1+jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}$ puis déterminer les expressions de H_0 , ω_0 et Q .
- 3) Déterminer la bande passante. On note $\Delta\omega$ sa largeur, montrer que $\Delta\omega = \frac{\omega_0}{Q}$.
- 4) Etudier l'influence de l'augmentation de R_1 .
- 5) On prend désormais $e(t) = E_1 \cos(\omega_1 t) + E_2 \sin(\omega_2 t)$
Comment remonter à E_1 et E_2 à l'aide de ce filtre ? Comment remonter à ω_1 et ω_2 ? Pourrait-on remonter à une différence de phase éventuelle entre les deux termes ?
- 6) Comment déterminer le spectre d'un signal $e(t)$ périodique ?

8 Exercice « académique » CCINP Neveu 2023 : Chute d'une tige

Une tige rectiligne MN de longueur ℓ et de masse m effectue un mouvement de translation le long de la verticale descendante \vec{u}_x en restant parallèle à une direction horizontale et tout en fermant un circuit rectangulaire qui comporte un condensateur de capacité C . La résistance totale du circuit est négligée. L'ensemble du dispositif est plongé dans un champ magnétique $\vec{B} = B\vec{u}_z$ uniforme et permanent. La tige est abandonnée à $t = 0$, avec une vitesse nulle. Son glissement s'effectue sans frottements, on notera v sa vitesse, cf figure ci-dessous.



- 1) a) A l'aide de la loi de Lenz, déterminer le sens du courant.
b) A $t = 0$, $\vec{v} = v\vec{u}_x$. Donner l'expression de l'intensité i en fonction de B , ℓ , C et \ddot{x} .
- 2) Déterminer l'équation mécanique.
- 3) Résoudre pour obtenir $\dot{x}(t)$ puis $u_c(t)$ la tension aux bornes du condensateur.

9 Exercice « académique » CCINP Ait Slimani 2023 : Circuits couplés

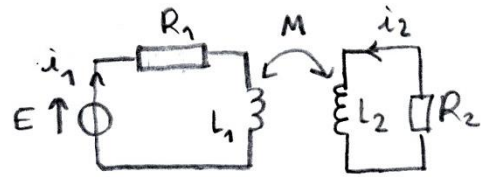
1.a) Définir et donner la dimension de M la mutuelle inductance.

1.b) Etablir avec 2 lois des mailles les équations en i_1 et i_2 .

2) Montrer que $E \cdot i_1 = R_1 i_1^2 + R_2 i_2^2 + \frac{dE_{magn}}{dt}$

Avec E_{magn} à exprimer en fonction de M, L_1, L_2, i_1 et i_2 .

3) En notant $x = \frac{i_1}{i_2}$, montrer que $E_{magn} = \frac{1}{2} i_2^2 P(x)$.



10 Exercice « académique » CCINP : Interaction de deux tiges

Deux tiges T_1 et T_2 identiques, de masse m de résistance électrique $R/2$, sont mobiles sans frottement sur deux rails parallèles (distants de d), situés dans un plan horizontal.

Le dispositif baigne dans un champ magnétique permanent, uniforme et vertical.

On néglige la résistance des rails.

A l'instant $t = 0$, la tige T_1 est animée d'une vitesse horizontale de norme V_0 , tandis que T_2 est immobile.

- 1) Prévoir qualitativement l'évolution du dispositif.
- 2) Etablir l'expression des vitesses de chaque tige en fonction du temps et des données.
- 3) Décrire le mouvement des tiges au bout d'une durée « suffisamment longue ».
- 4) Etablir l'expression de l'intensité $i(t)$ du courant.

Rapports

Électricité et électronique

CCINP

- Une bonne maîtrise du diviseur de tension permet souvent d'éviter des calculs inextricables.
- L'étude du régime transitoire est mal maîtrisée, souvent la forme des solutions des différents régimes n'est pas connue et doit être laborieusement retrouvée.
- Les questions expérimentales posent toujours des problèmes (résistance interne d'un GBF ou d'un oscilloscope, branchement d'un appareil de mesure, ...).
- Méthodes de calculs et étude de la résonance en RSF souvent mal connues, les complexes ne sont pas toujours bien utilisés. Les informations physiques que l'on peut déduire de la notation complexe manquent encore de précision.
- Il faut parfaitement connaître les diagrammes de Bode des filtres au programme, en particulier savoir tracer rapidement au moins les diagrammes asymptotiques et identifier à vue l'éventuel caractère intégrateur ou dérivateur d'un filtre.
- Pour les équivalents asymptotiques (souvent confondus avec la limite), mieux vaut passer par les équivalents de la fonction de transfert et non pas du gain, on obtient ainsi directement et rapidement les équivalents du gain et de la phase. Les équivalents basse fréquence et haute fréquence des circuits doivent être dessinés proprement et systématiquement lors de l'étude d'un filtre ou du régime permanent associés à un circuit. Le gain en temps et en clarté est précieux.
- La réponse d'un filtre à un signal formé de plusieurs composantes (même 2 !) pose toujours autant de problèmes.
- L'échantillonnage et le repliement du spectre sont des notions qui restent vagues, jamais exposées en des termes précis et clairs.

CCS

L'utilisation d'un pont diviseur de tension demande de s'assurer qu'on se trouve bien dans le cadre d'application de cette méthode. Il est parfois nécessaire et plus efficace de savoir mettre en œuvre la loi des nœuds en termes de potentiels. Identifier la nature d'un filtre par une analyse préalable haute et basse fréquence est une bonne stratégie, que la question soit posée ou pas. Elle permet, en outre, de repérer une éventuelle erreur dans la fonction de transfert du montage. À ce propos, la mise en forme de cette dernière sous forme canonique requiert une certaine technicité qui n'est pas toujours maîtrisée.

La contextualisation, dans le cadre du traitement du signaux complexes, de la condition de Nyquist-Shannon en lien avec la problématique du repliement de spectre n'est pas toujours bien menée.

CMT

Pour l'étude des régimes transitoires, le passage par le formalisme complexe permet souvent d'obtenir beaucoup plus rapidement l'équation différentielle vérifiée par une grandeur. Pour le régime forcé, une étude haute et basse fréquence permet de connaître le régime fonctionnel du système. Il est toujours pertinent de présenter la fonction de transfert sous une forme canonique (ou usuelle). L'électronique demeure un point fragile, en particulier les notions de spectre et d'électronique numérique.

CCMP

Si les règles d'association série et parallèle sont connues par la plupart des candidats pour les résistances électriques, certains ne savent pas les justifier, les tentatives de démonstration révélant parfois une méconnaissance de la définition de ces associations et la croyance qu'il n'existe que des associations série ou parallèle. Ainsi, les calculs de capacités équivalentes ont entraîné parfois des erreurs et des pertes de temps.

On rencontre encore des candidats très mal à l'aise avec les grandeurs algébriques et les orientations, certains pensant que la loi d'Ohm s'écrit « $u = +Ri$ » en toutes circonstances, d'autres croyant qu'« il faut changer le signe de l'expression algébrique suivant le sens physique du courant -et changer d'expression littérale à chaque demi-période pour des signaux alternatifs ! ».

Une part non négligeable de candidats pense que toutes les grandeurs électriques sont mathématiquement continues, ce qui entraîne des erreurs dans l'étude des régimes transitoire. D'autres citent correctement la continuité de la tension aux bornes d'un condensateur et de l'intensité dans une bobine, mais ne savent pas justifier ces propriétés.

On relève parfois un manque de rigueur dans le vocabulaire : rappelons qu'on parle de tension aux bornes d'un dipôle et d'intensité du courant traversant un dipôle (mais pas « d'intensité aux bornes d'un dipôle » !).

Les bilans énergétiques sont parfois mal maîtrisés : confusion entre les quantités d'énergies échangées et les variations d'énergie stockées, entre puissance et énergie...

L'identification de la nature d'un filtre à partir de son schéma électrique est trop souvent faite avec maladresse par le calcul et l'étude de la fonction de transfert, ce qui est possible, mais beaucoup plus long que l'utilisation des schémas équivalents en haute et basse fréquence, en particulier dans les exercices où il s'agit de trouver une disposition de composants permettant d'avoir un filtre de la catégorie indiquée par l'énoncé.

La mise sous forme canonique des fonctions de transferts prend beaucoup de temps à certains candidats : quand la forme canonique est connue ou indiquée par l'énoncé, son identification « terme à terme » à l'expression obtenue en fonction des composants permet de trouver rapidement l'expression des paramètres canoniques.

Le traitement d'un signal non sinusoïdal par un filtre n'est pas toujours bien maîtrisé : on rencontre encore des tentatives d'application de la fonction de transfert au signal global.

Les mesures de déphasages à partir de courbes expérimentales pose encore des difficultés à certains candidats : erreurs de signe, confusion entre décalage temporel et déphasage...

En électronique numérique, le phénomène de repliement du spectre n'est pas toujours clairement expliqué.

X

Le passage aux impédances complexes pour analyser les régimes harmoniques n'est pas toujours parfaitement maîtrisé, en particulier en ce qui concerne le retour de la solution complexe vers la solution réelle. Trop de candidats se perdent dans le développement des calculs d'une impédance complexe au lieu de chercher à simplifier leurs expressions. Les raisonnements qualitatifs permettant de comprendre rapidement le comportement d'un circuit électrique dans des cas limites (haute ou basse fréquence) sont hélas peu courants. La mise en équation d'un circuit RLC doit être rapide.

Induction

CCINP

- Aucun candidat ne peut espérer avancer dans la résolution d'un exercice d'induction sans une étude qualitative préalable des différents phénomènes électriques et mécaniques couplés.
- En induction, il convient de ne pas intégrer l'équation mécanique non découplée à l'aide de l'équation électrique : l'intensité n'est pas constante dans le circuit.
- Attention à bien orienter les circuits. L'orientation posée doit être respectée pour le sens de la force électromotrice (fem), pour le calcul du flux magnétique et pour le calcul de la force de Laplace. Attention à systématiquement prendre le temps de représenter l'équivalent électrique du circuit en faisant figurer la fem et l'intensité bien orientées.
- Le couplage par inductance mutuel n'est absolument pas maîtrisé...
- Le moment dipolaire magnétique d'une boucle plane parcourue par un courant est à connaître.

CCS

Une analyse préalable en lien avec la loi de Lenz-Faraday pour analyser le sens d'un courant induit ou d'une force de Laplace est bienvenue.

CMT

En induction, l'usage de schémas clairs avec une démarche construite permet de mener à bien une très large partie du spectre des exercices posés.

CCMP

Dans les calculs de flux de champs, en particulier pour l'utilisation de la loi de Faraday, on relève de fréquents oublis d'orientation, et un manque de rigueur dans les notations : par exemple, dans la loi de Faraday, on ne met pas de «rond» sur l'intégrale du flux de \vec{B} , qui concerne une surface -ouverte- s'appuyant sur un contour fermé orienté, mais on en met un sur celle traduisant la circulation du champ électrique exprimant la fem résultante sur le contour fermé envisagé. A toutes fins utiles, il est rappelé que la surface envisagée n'est pas toujours plane -même si le contour l'est- et que $\vec{B} \cdot d\vec{S}$ n'y est pas toujours uniforme.

Trop de candidats démarrent les exercices sur l'induction sans discussion physique, ce qui les pénalise généralement pour leur démarche ultérieure et ne leur permet pas de vérifier la pertinence de leurs résultats. Attention, la conformité du signe d'une expression (composante d'une force de Laplace par exemple) avec la loi de Lenz ne garantit pas l'exactitude de la démarche : plus modestement, on peut affirmer que le nombre d'erreurs de signe est pair...mais pas forcément nul.