

Chapitre E4 – Régime sinusoïdal forcé

Plan du cours

I Régime sinusoïdal forcé

- I.1 Observations expérimentales
- I.2 Représentation complexe d'un signal
- I.3 Utilisation de la notation complexe

II Impédance complexe

- II.1 Impédance des dipôles usuels
- II.2 Associations d'impédances

III Résonances dans un circuit RLC

- III.1 Résonance en intensité
- III.2 Résonance en tension aux bornes du condensateur
- III.3 Analyse de relevés expérimentaux
- III.4 Analogie électromécanique

Ce qu'il faut savoir et savoir faire

- Établir l'expression de l'impédance d'une résistance, d'un condensateur, d'une bobine.
- Remplacer une association série ou parallèle de deux impédances par une impédance équivalente.
- Utiliser la représentation complexe pour étudier le régime forcé.
- Relier l'acuité d'une résonance au facteur de qualité.
- Déterminer la pulsation propre et le facteur de qualité à partir de graphes expérimentaux d'amplitude et de phase.

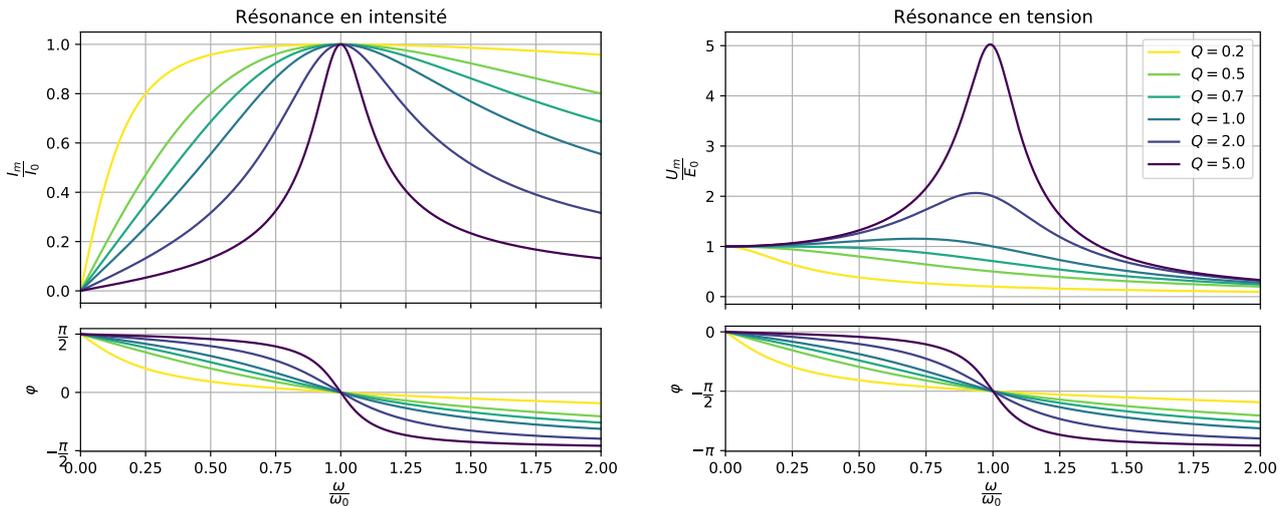
Questions de cours

- Donner puis retrouver l'impédance complexe d'une résistance, d'un condensateur et/ou d'une bobine. Indiquer les équivalences en basse fréquence et haute fréquence.
- Calculer l'impédance équivalente d'un association quelconque (dans la limite du raisonnable) de résistances condensateur et/ou bobine.
- Obtenir l'expression de l'amplitude complexe de l'intensité du courant ou de la tension aux bornes du condensateur dans un circuit RLC alimenté par une tension sinusoïdale.
- Tracer l'allure des courbes d'amplitude pour la résonance en courant ou en tension d'un RLC , et ce pour différentes valeurs « bien choisies » du facteur de qualité. Le comportement dans les limites basse et haute fréquence est à justifier par une analyse en circuits équivalents.
- Rappeler sans démonstration le lien entre la largeur de la résonance et le facteur de qualité dans le cas de la résonance en intensité.

Documents

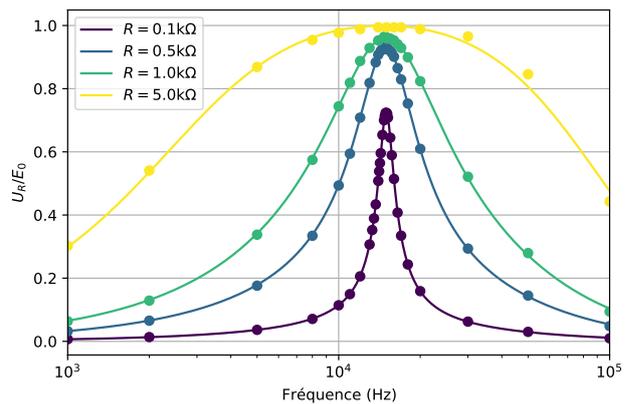
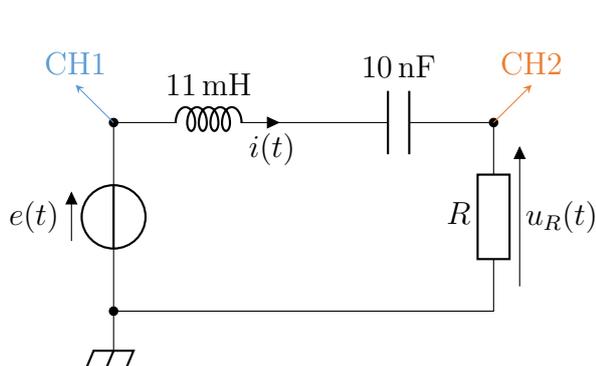
Document 1 – Résonances dans le circuit RLC série

Résonances en intensité et en tension aux bornes du condensateur dans un circuit RLC série pour quelques valeurs du facteur de qualité Q . En particulier, on remarque qu'il existe une résonance en intensité en $\omega = \omega_0$ quelle que soit la valeur de Q , alors que la résonance en tension intervient à une pulsation $\omega < \omega_0$ seulement si $Q > 1/\sqrt{2}$.



Document 2 – Relevés expérimentaux

Pour étudier la résonance en intensité dans un circuit RLC série, on réalise le montage représenté ci-dessous et on relève simultanément les tensions aux bornes du GBF et de la résistance pour plusieurs fréquences d'excitation.



À résonance, le rapport U_R/E_0 est notablement différent de 1 pour les valeurs les plus faibles de la résistance, contrairement à ce que l'on s'attend à observer avec des composants idéaux. Ici, c'est la résistance de la bobine¹, de l'ordre de quelques dizaines de ohms pour des fréquences de l'ordre du kHz, qui explique l'écart observé. La largeur de la résonance est compatible avec cette valeur de résistance, qui s'ajoute à R .

1. Un modèle plus réaliste d'une bobine réelle est obtenu en associant un dipôle purement inductif d'inductance L en série avec un conducteur ohmique de résistance r . Dans le circuit étudié ici, l'ajout d'une résistance $r \approx 35 \Omega$ permet d'expliquer les résultats obtenus.

Dans ce chapitre, on étudie le comportement d'oscillateurs soumis à des excitations périodiques. Sous certaines conditions, un phénomène de résonance peut apparaître. Il est parfois souhaité mais peut aussi entraîner des conséquences désastreuses comme cela a failli se produire lors de l'inauguration du [Millenium bridge](#) à Londres en 2000.

Dans les chapitres E2 et E3, on a décrit la réponse de circuits du premier et du deuxième ordre à des perturbations ponctuelles, telles qu'un échelon de tension par exemple. Après un régime transitoire, le régime permanent était stationnaire. On reprend ici l'étude de ces mêmes circuits, mais excités par des signaux sinusoïdaux. On parle de régime sinusoïdal forcé (RSF), et c'est cette fois la caractérisation du régime permanent qui retiendra notre attention.

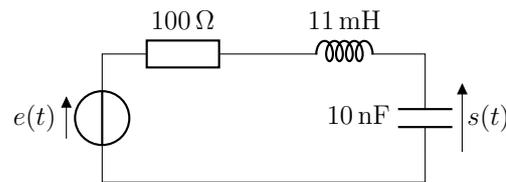
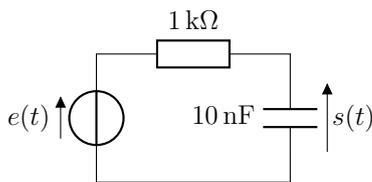
1 Régime sinusoïdal forcé

1.1 Observations expérimentales

On considère un circuit RC ou RLC alimenté par un GBF qui délivre une tension sinusoïdale de pulsation $\omega = 2\pi f$, de la forme $e(t) = E_0 \cos(\omega t)$. On mesure les tensions $e(t)$ aux bornes du générateur et $s(t)$ aux bornes du condensateur avec un oscilloscope.

Expérience 1 : Circuit RC et RLC en régime sinusoïdal forcé

Pour quelques valeurs de fréquence du signal $e(t)$, comparer les deux signaux $e(t)$ et $s(t)$.



Conclusion des observations

En régime sinusoïdal forcé (RSF) et après un régime transitoire, on observe un régime permanent où le signal $s(t)$:

- est ;
- a la même que le signal $e(t)$;
- a une différente du signal $s(t)$;
- est par rapport au signal $e(t)$.

Circuits RC et RLC en régime sinusoïdal forcé

`chapE4-rsf_rc.py` et `chapE4-rsf_rlc.py`

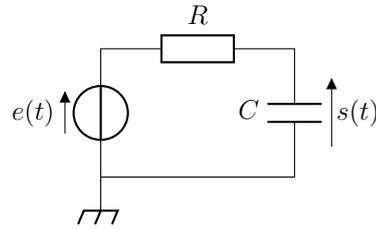
1.2 Représentation complexe d'un signal

On considère un circuit RC soumis à une excitation sinusoïdale $e(t) = E_0 \cos(\omega t)$.

La loi des mailles donne

$$RC \frac{ds}{dt} + s = e, \quad \text{soit} \quad \frac{ds}{dt} + \frac{s}{\tau} = \frac{e}{\tau},$$

avec $\tau = RC$.



Solution de l'équation homogène

La solution de l'équation homogène est de la forme :

$$s_h(t) = S_1 e^{-t/\tau},$$

où S_1 dépend des conditions initiales.

Rq : La solution de l'équation homogène donne l'allure du régime transitoire, dont l'étude fait l'objet des Chap. E2 et E3. Elle est stationnaire en régime permanent. Ici on ne s'intéresse qu'au régime permanent, c'est-à-dire dont l'allure s'explique plus particulièrement grâce à la solution particulière.

Solution particulière

Le second membre n'est pas constant, donc la solution particulière n'est pas constante. En régime permanent, la réponse du circuit a la même allure que l'excitation : on cherche donc une solution particulière sinusoïdale et de même pulsation que l'excitation, de la forme

$$s_p(t) = S_0(\omega) \cos(\omega t + \varphi(\omega)),$$

où $S_0(\omega)$ et $\varphi(\omega)$ dépendent des propriétés du signal $e(t)$, et notamment de sa fréquence.

On peut trouver S_0 et φ en injectant la solution réelle dans l'équation différentielle avec second membre, mais il est beaucoup plus simple d'utiliser la **notation complexe**.

Définition

À un signal sinusoïdal de la forme $s(t) = S_0 \cos(\omega t + \varphi)$, on associe le **signal complexe** noté $\underline{s}(t)$ tel que $s(t) = \text{Re}(\underline{s}(t))$:

$$\underline{s}(t) = S_0 e^{j(\omega t + \varphi)} = \underline{S}_0 e^{j\omega t} \quad \text{avec} \quad \underline{S}_0 = S_0 e^{j\varphi}.$$

\underline{S}_0 est l'**amplitude complexe** du signal.

En RSF à la pulsation ω , la solution particulière est entièrement déterminée par son amplitude complexe. Trouver la solution particulière revient donc à déterminer l'amplitude complexe du signal $\underline{s}_p(t)$. En reprenant le cas du circuit RC , on peut passer en notation complexe :

$$\underline{s}_p(t) = \underline{S}_0 e^{j\omega t}, \quad \text{et} \quad \underline{e}(t) = E_0 e^{j\omega t}.$$

On injecte la solution particulière dans l'équation différentielle du circuit RC avec second membre pour obtenir son amplitude complexe :

$$j\omega \underline{S}_0 e^{j\omega t} + \frac{\underline{S}_0}{\tau} e^{j\omega t} = \frac{E_0}{\tau} e^{j\omega t}, \quad \text{d'où} \quad \underline{S}_0 = \frac{E_0}{1 + j\omega\tau}.$$

1.3 Utilisation de la notation complexe

Lien le signal complexe et le signal réel

En RSF à la pulsation ω , puisque le signal $s(t)$ a la même pulsation que le signal $e(t)$, la connaissance de l'amplitude complexe \underline{S}_0 suffit à caractériser entièrement $s(t)$. On peut ainsi déterminer :

- l'**expression** du signal réel en prenant la partie réelle :

$$s(t) = \operatorname{Re}(\underline{s}(t)),$$

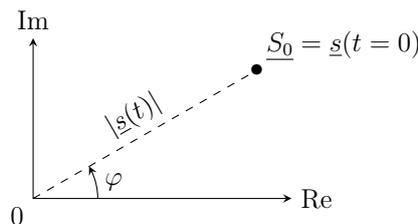
- l'**amplitude** du signal réel en prenant le module :

$$S_0 = |\underline{S}_0| = |\underline{s}(t)|,$$

- la **phase à l'origine** en prenant l'argument :

$$\varphi = \arg(\underline{S}_0) = \arg(\underline{s}(t=0)).$$

On peut ainsi représenter le l'amplitude complexe du signal dans le plan complexe.



Toujours dans le plan complexe, $\underline{s}(t)$ tourne sur un cercle de rayon S_0 à la vitesse angulaire ω .

Rq : L'argument φ d'un nombre complexe $\underline{z} = x + jy$ de partie réelle positive se calcule avec

$$\varphi = \arctan\left(\frac{\operatorname{Im}(\underline{z})}{\operatorname{Re}(\underline{z})}\right) = \arctan\left(\frac{y}{x}\right).$$

Dérivation et intégration d'un signal complexe

Dériver ou primitiver un signal complexe de la forme $\underline{s}(t) = \underline{S}_0 e^{j\omega t}$ se résume à une simple multiplication ou division par $j\omega$.

Propriété 1 (à démontrer)

En RSF à la pulsation ω et en notation complexe :

- **dériver** un signal revient à le **multiplier** par $j\omega$:

$$\frac{d\underline{s}}{dt}(t) = j\omega \underline{s}(t).$$

- **primitiver** un signal revient à le **diviser** par $j\omega$:

$$\int \underline{s}(t) dt = \frac{1}{j\omega} \underline{s}(t).$$

Déphasage entre deux signaux complexes

Propriété 2 (à démontrer)

Soient deux signaux sinusoïdaux de même pulsation ω :

$$s_1(t) = S_1 \cos(\omega t + \varphi_1) \quad \text{et} \quad s_2(t) = S_2 \cos(\omega t + \varphi_2).$$

Le déphasage $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ se calcule facilement en utilisant les amplitudes complexes :

$$\Delta\varphi = \arg\left(\frac{\underline{S}_2}{\underline{S}_1}\right).$$

Application 1 – Représentation complexe de signaux

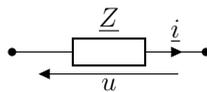
Donner l'amplitude complexe ou le signal réel dans les cas suivants, en supposant le régime sinusoïdal forcé de pulsation ω .

- | | |
|---|---|
| 1. $u(t) = U_0 \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right)$; | 4. $\underline{U}_L = U_m e^{-j\pi/3}$; |
| 2. $i(t) = I\sqrt{2} \sin(\omega t + \psi)$; | 5. $\underline{I}_1 = -j \frac{U_0}{R}$; |
| 3. $s(t) = S_m \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$; | 6. $\underline{I} = -I_m e^{j\pi/6}$. |

2 Impédance complexe

En RSF à la pulsation ω , on peut étudier simplement les circuits électriques en introduisant une généralisation complexe de la notion de résistance, appelé impédance.

Définition



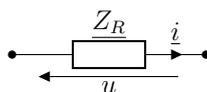
On appelle **impédance complexe** d'un dipôle, notée \underline{Z} , la grandeur associée à la loi d'Ohm complexe, telle que, en **convention récepteur** :

$$\underline{u} = \underline{Z} \cdot \underline{i}.$$

2.1 Impédance des dipôles usuels

2.1.1 Conducteur ohmique

Propriété 3 (à démontrer)

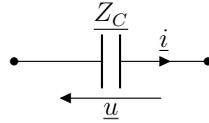


En convention récepteur, l'impédance complexe \underline{Z}_R d'un conducteur ohmique de résistance R est

$$\underline{Z}_R = R.$$

2.1.2 Impédance d'un condensateur

Propriété 4 (à démontrer)

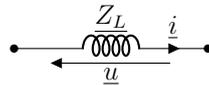


L'impédance complexe \underline{Z}_C d'un condensateur de capacité C est

$$\underline{Z}_C = \frac{1}{jC\omega}.$$

2.1.3 Impédance d'une bobine

Propriété 5 (à démontrer)



L'impédance complexe \underline{Z}_L d'une bobine d'inductance L est

$$\underline{Z}_L = jL\omega.$$

Comportements asymptotiques

Propriété 6 (à démontrer)

	Condensateur	Bobine
Impédance	$\underline{Z}_C = \frac{1}{jC\omega}$	$\underline{Z}_L = jL\omega$
BF ($\omega \rightarrow 0$)		
HF ($\omega \rightarrow \infty$)		

2.2 Associations d'impédances

Les règles d'association d'impédances sont les mêmes que pour l'association de résistances.

Propriété 7 (à démontrer)

L'association de deux impédances \underline{Z}_1 et \underline{Z}_2 en **série** est équivalente à une impédance $\underline{Z}_{\text{éq}}$:

$$\underline{Z}_{\text{éq}} = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_2.$$

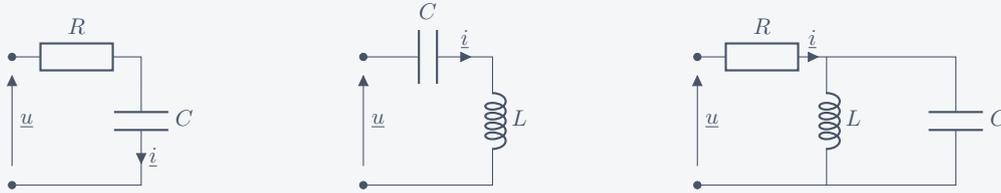
Propriété 8 (à démontrer)

De même, pour deux impédances en **parallèle** :

$$\frac{1}{\underline{Z}_{\text{éq}}} = \frac{1}{\underline{Z}_1} + \frac{1}{\underline{Z}_2}.$$

Application 2 – Impédances équivalentes

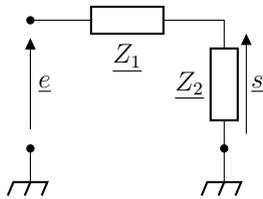
- Déterminer l'impédance complexe des dipôles représentés ci-dessous. On fera apparaître des quantités adimensionnées telles que $RC\omega$, etc.



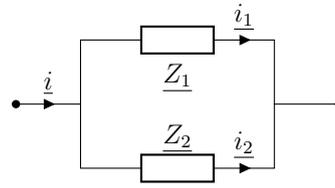
Dans l'approximation des régimes quasi-stationnaires (ARQS, cf. Chap. 1), on peut toujours utiliser les règles de base de l'électrocinétique : loi des mailles, loi des nœuds, ponts diviseurs, etc.

Propriété 9 (à démontrer)

On rappelle les relations sur les ponts diviseurs de tension et de courant :



$$s = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} e$$

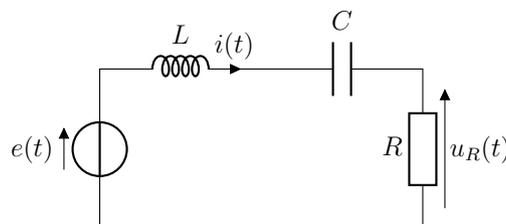


$$i_2 = \frac{\frac{1}{Z_2}}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}} i$$

3 Résonances dans un circuit *RLC*

3.1 Résonance en intensité

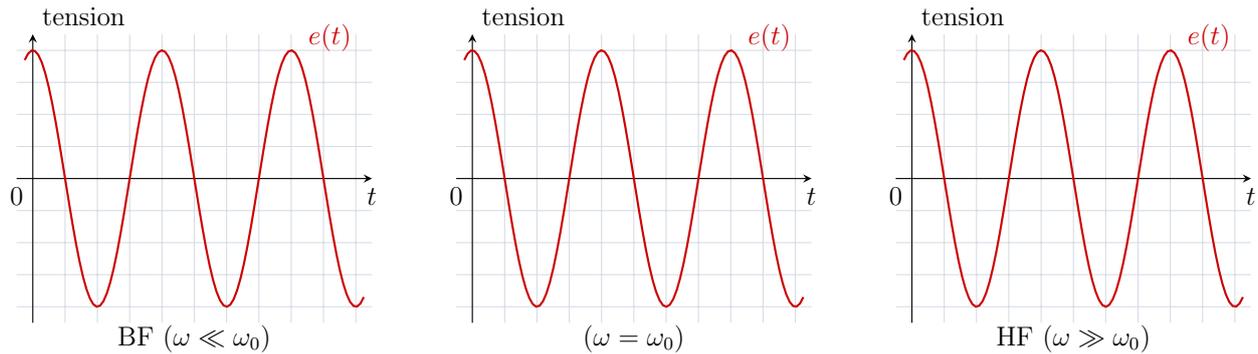
On s'intéresse à un circuit *RLC* série en RSF à la pulsation ω , alimenté par un générateur qui délivre une tension sinusoïdale $e(t) = E_0 \cos(\omega t)$. On s'intéresse à l'évolution de l'intensité $i(t)$ du courant dans le circuit en fonction de la fréquence du signal d'excitation en mesurant la tension $u_R(t)$ aux bornes de la résistance.



 **Résonance en intensité**

`chapE4-rsf_rlc.py`

Commenter l'évolution de l'intensité du courant dans le circuit en fonction de la fréquence, en distinguant les régime basse et haute fréquence. Que remarque-t-on à la fréquence propre du circuit ?



Définition

L'excitation périodique d'un système oscillant à une pulsation ω proche de sa pulsation propre ω_0 peut provoquer une réponse dont l'amplitude est maximale : c'est la **résonance**. La pulsation pour laquelle la réponse du système est maximale correspond à la **pulsation de résonance**.

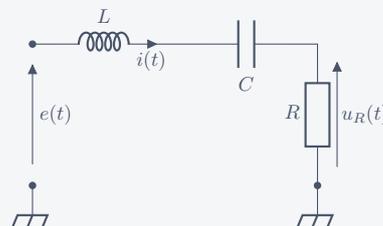
Rq : La pulsation de résonance n'est pas toujours égale à la pulsation propre de l'oscillateur !

Obtention de l'amplitude complexe

Application 3 – Circuit RLC réel puis complexe

On s'intéresse au circuit représenté ci-dessous, alimenté par une tension $e(t) = E_0 \cos(\omega t)$.

1. Établir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité $i(t)$.
2. L'écrire sous sa forme canonique et donner l'expression de la pulsation propre ω_0 et du facteur de qualité Q .
3. En déduire l'expression de \underline{i} en fonction de \underline{e} , j , ω , R , L et C en régime permanent.



4. Retrouver cette relation en utilisant les notations complexes et un pont diviseur de tension.

Propriété 10 (à démontrer)

Dans un circuit RLC série de pulsation propre ω_0 et de facteur de qualité Q , en RSF à la pulsation ω , l'amplitude complexe de l'intensité $i(t)$ du courant dans le circuit vérifie

$$\underline{I}_m = \frac{I_0}{1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)}, \quad \text{avec} \quad I_0 = \frac{E_0}{R},$$

où E_0 est l'amplitude la tension aux bornes du générateur.

Démo : passer en complexe et faire apparaître un pont diviseur de tension pour exprimer $\underline{u}_R(t)$ en fonction de $\underline{e}(t)$ avant d'en déduire $\underline{i}(t)$.

Rq : On utilise souvent la pulsation réduite ω/ω_0 pour alléger la notation.

Rq : Comme le montre l'application précédente, utiliser la notation réelle permet aussi d'obtenir la relation voulue, mais la notation complexe simplifie le calcul. Utiliser la notation complexe permet ainsi d'obtenir facilement des équations différentielles autrement difficiles à établir.

Étude de l'amplitude complexe

Propriété 11 (à démontrer)

Dans un circuit *RLC* série en RSF, l'amplitude de l'intensité présente **toujours** un maximum. Il y a toujours **résonance en intensité** dans le circuit *RLC* série à la pulsation $\omega = \omega_0$.

Démo : justifier, sans calcul, que l'amplitude réelle est maximale en $\omega = \omega_0$.

L'amplitude réelle de l'intensité en régime permanent se déduit de l'amplitude complexe en prenant le module :

$$I_m(\omega) = |\underline{I_m}(\omega)| = \frac{I_0}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)^2}}$$

Le calcul des limites permet d'avoir une idée de l'évolution de l'amplitude.

	$\omega \ll \omega_0$	$\omega = \omega_0$	$\omega \gg \omega_0$
Amplitude $I_m(\omega)$	$I_m(\omega) \xrightarrow{\text{BF}} 0$	$I_m(\omega) = I_0$	$I_m(\omega) \xrightarrow{\text{HF}} 0$

Le déphasage entre $e(t)$ et $i(t)$ est donné par

$$\varphi(\omega) = \arg(\underline{I_m}) = -\arctan \left(Q \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \right)$$

Là encore, le calcul des limites permet d'avoir une idée de l'évolution du déphasage.

	$\omega \ll \omega_0$	$\omega = \omega_0$	$\omega \gg \omega_0$
Déphasage $\varphi(\omega)$	$\varphi(\omega) \xrightarrow{\text{BF}} \frac{\pi}{2}$	$\varphi(\omega) = 0$	$\varphi(\omega) \xrightarrow{\text{HF}} -\frac{\pi}{2}$

Évolution de l'amplitude complexe

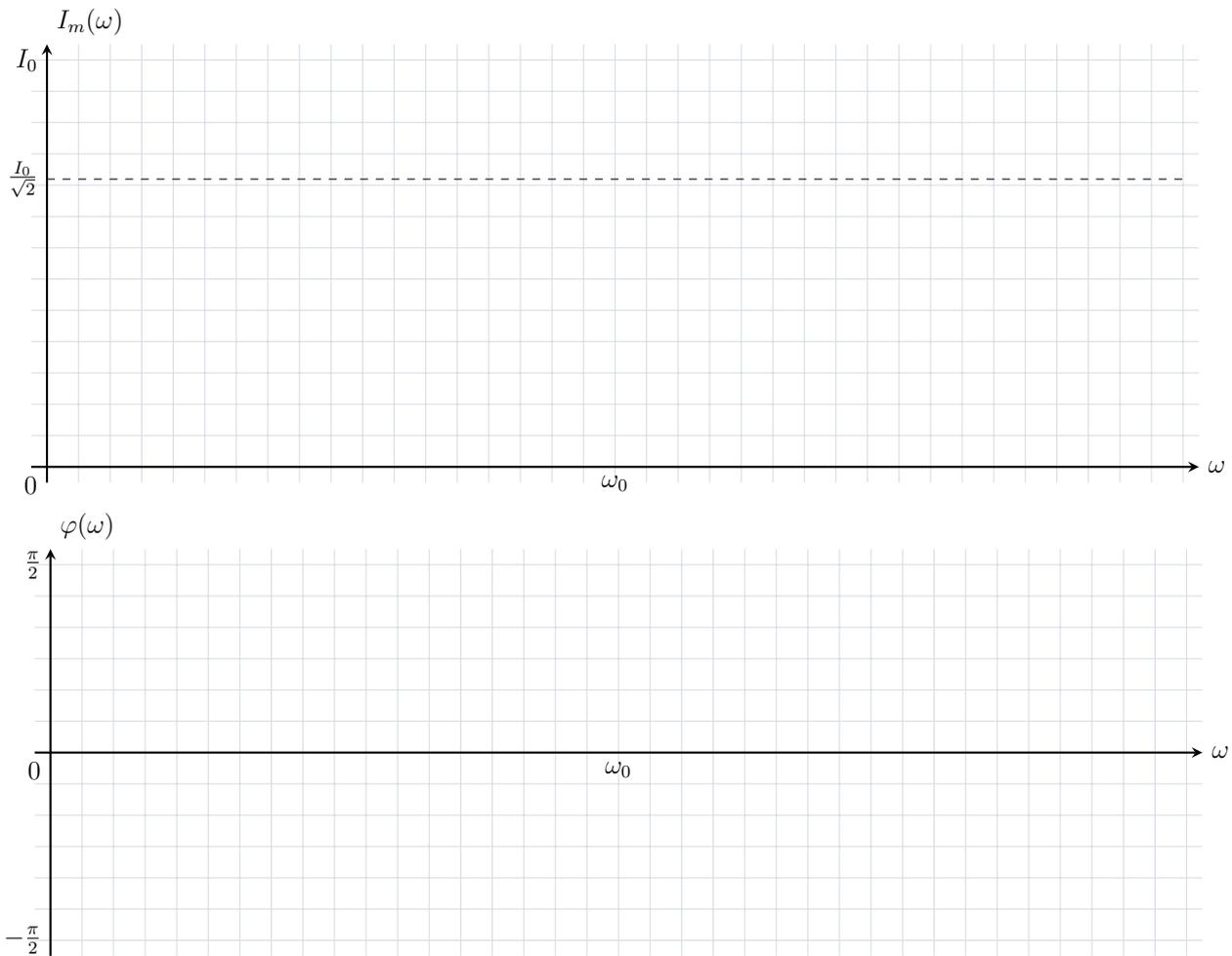
Propriété 12 (à démontrer)

Les **équivalents** basse et haute fréquence de l'amplitude complexe permettent d'étudier son **comportement asymptotique**.

	BF ($\omega \ll \omega_0$)	Résonance ($\omega = \omega_0$)	HF ($\omega \gg \omega_0$)
Équivalent	$\underline{I_m} \underset{\text{BF}}{\sim} \frac{jI_0\omega}{Q\omega_0}$	$\underline{I_m} = I_0$	$\underline{I_m} \underset{\text{HF}}{\sim} -\frac{jI_0\omega_0}{Q\omega}$

En calculant le module et l'argument avant de passer à la limite, on retrouve bien les résultats précédents.

Il est alors possible de représenter graphiquement l'amplitude complexe en distinguant module ses module et argument.



Rq : On peut aussi retrouver qualitativement les limites obtenues précédemment en raisonnant avec les circuits équivalents en basse et haute fréquence.

Définition

On définit la **bande-passante** comme la plage de fréquence sur laquelle l'amplitude de la réponse I_m vérifie

$$\frac{I_m}{I_0} > \frac{1}{\sqrt{2}}.$$

Propriété 13 (à démontrer)

La largeur $\Delta\omega$ de la bande-passante est liée au facteur de qualité par la relation

$$Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}.$$

Démo : cf. TD E4, Ex. 9, Q. 1.

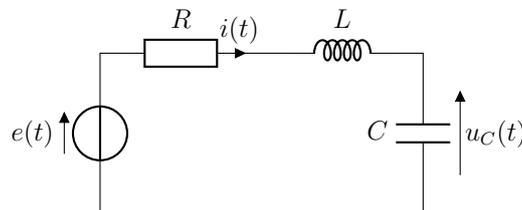
Détermination expérimentale des paramètres du circuit

Expérimentalement, à partir de l'étude de la résonance en intensité on obtient :

- la fréquence de propre :
 - en cherchant la fréquence de résonance pour laquelle I_m est maximale;
 - en cherchant la fréquence pour laquelle e et i sont en phase.
- le facteur de qualité en mesurant la bande-passante, avec $Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$.

3.2 Résonance en tension aux bornes du condensateur

On parle aussi de résonance en charge car étudier la charge du condensateur revient à étudier la tension à ses bornes. Toujours dans le circuit RLC série, on s'intéresse cette fois à la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur en RSF à la pulsation ω .



Résonance en tension aux bornes du condensateur

`chapE4-resonance_tension_slider.py`

Comparer la résonance en tension avec la résonance en intensité : y a-t-il toujours résonance ? La résonance se produit-elle toujours à la pulsation propre du circuit ? Commenter l'évolution de la pulsation de résonance quand Q devient grand. Commenter l'amplitude en basse fréquence. De quoi dépend l'amplitude à la pulsation ω_0 ?

Propriété 14 (à démontrer)

Dans un circuit RLC série de pulsation propre ω_0 et de facteur de qualité Q , l'amplitude complexe \underline{U}_m de la tension aux bornes du condensateur $u_C(t)$ s'écrit

$$\underline{U}_m = \frac{E_0}{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right) + j \left(\frac{\omega}{Q\omega_0}\right)},$$

où E_0 est l'amplitude de la tension aux bornes du générateur.

On observe une résonance en tension aux bornes du condensateur seulement si

$$Q > \frac{1}{\sqrt{2}}.$$

La pulsation de résonance ω_r est **inférieure** à la pulsation propre ω_0 .

Démo : cf. TD E4, Ex. 2.

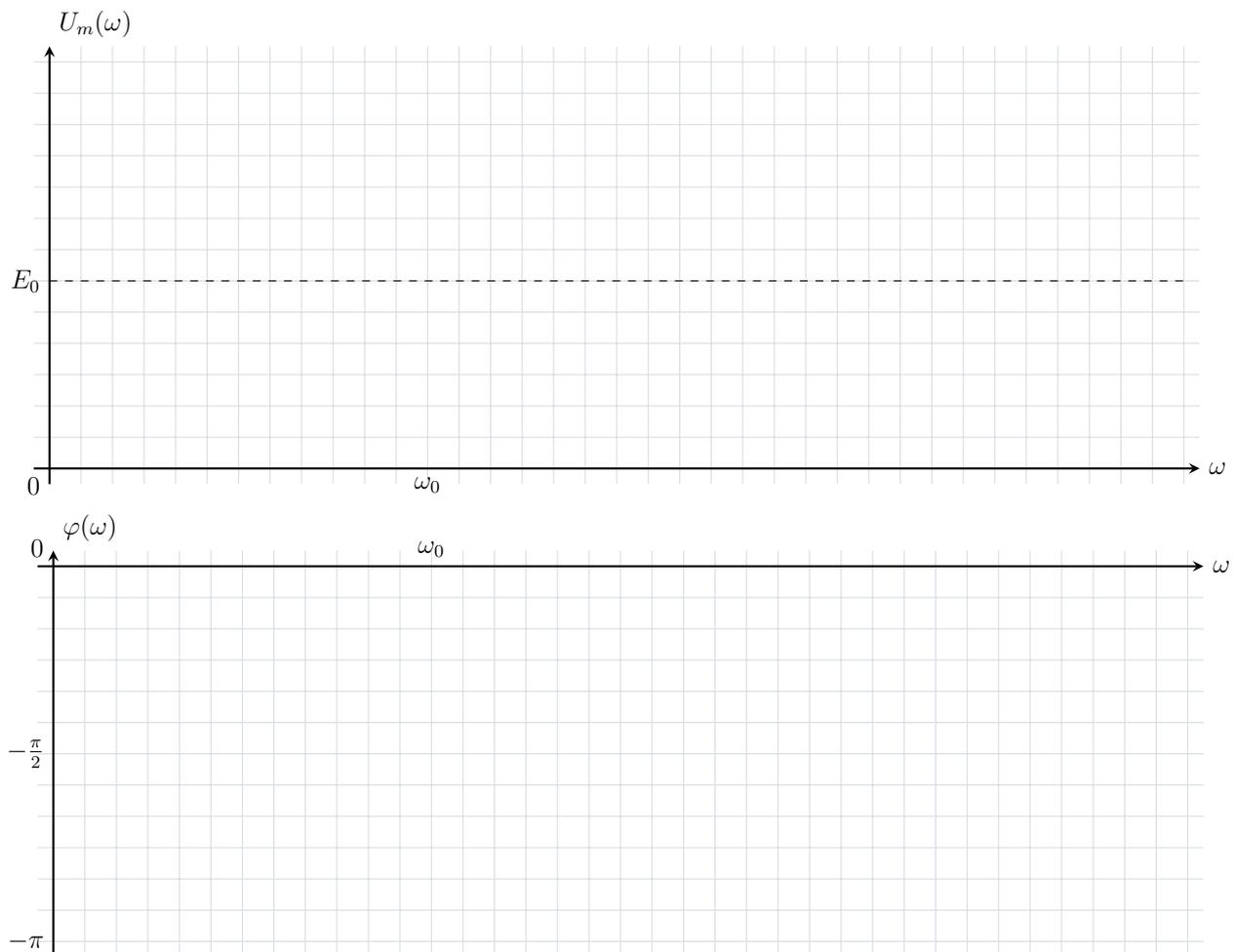
Dans la limite où $Q \gg 1$, on a toutefois $\omega_r \approx \omega_0$ (en pratique, $Q \geq 3$ suffit).

Rq : Attention à ne pas confondre la condition de résonance en tension dans le circuit RLC série ($Q > 1/\sqrt{2}$) avec la condition d'observation d'un régime transitoire pseudo-périodique ($Q > 1/2$).

Évolution de l'amplitude complexe

Propriété 15 (à démontrer)

	HF	$\omega = \omega_0$	BF
Équivalent	$\underline{U}_m \sim_{\text{BF}} E_0$	$\underline{U}_m = -jQE_0$	$\underline{U}_m \sim_{\text{HF}} -E_0 \frac{\omega_0^2}{Q\omega^2}$
Amplitude			
Déphasage			



Détermination expérimentale des paramètres du circuit

Expérimentalement, on obtient :

- la fréquence propre :
 - en cherchant la fréquence pour laquelle i et e sont en quadrature de phase ($\varphi = \frac{\pi}{2}$) ;
 - en cherchant la fréquence de résonance si Q est grand ;
- le facteur de qualité :
 - en mesurant le rapport U_m/E_0 à la fréquence propre ;
 - en mesurant la bande-passante si Q est grand car on retrouve alors $Q = \omega_0/\Delta\omega$.

3.3 Analyse de relevés expérimentaux

 python **Largeur du pic de résonance**

`chapE4-resonance_tension_slider.py`

Commenter l'évolution de la largeur de la résonance en fonction de la valeur du facteur de qualité.

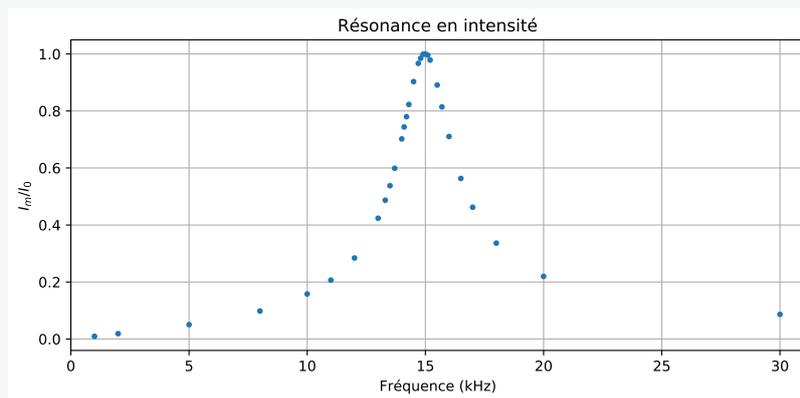
Propriété 16

Le pic de résonance est d'autant plus **étroit** que le facteur de qualité Q est grand.

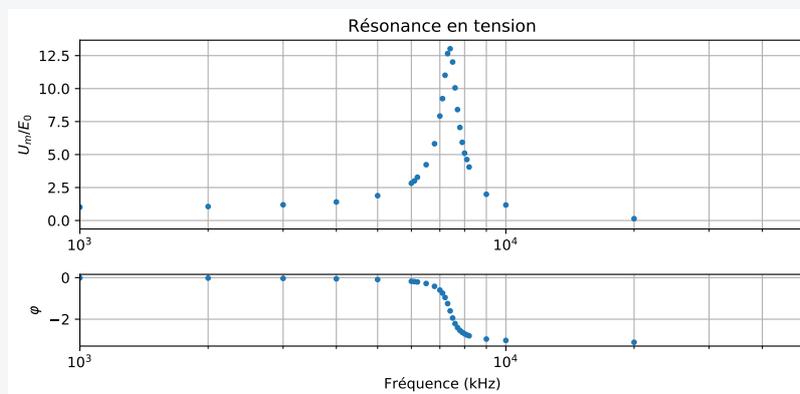
Application 4 – Mesures de f_0 et Q

On réalise le circuit RLC série représenté dans l'application 3 avec une bobine d'inductance 11 mH. Le rapport I_m/I_0 est représenté ci-dessous, où I_m est l'amplitude de l'intensité obtenue en mesurant la tension aux bornes de la résistance et I_0 sa valeur maximale.

1. Déterminer la fréquence de résonance f_0 et en déduire la valeur de la capacité C .
2. Mesurer la largeur Δf de la bande-passante. En déduire la valeur du facteur de qualité Q , puis la valeur de la résistance R .
3. La résistance utilisée est en fait une résistance de $100\ \Omega$. Commenter.



Le même condensateur est utilisé dans un autre circuit RLC série avec une bobine et une résistance différentes. On mesure cette fois la tension aux bornes du condensateur et celle aux bornes du GBF pour tracer les courbes ci-dessous.



4. Mesurer la fréquence propre et le facteur de qualité de ce nouveau circuit.
5. La mesure de la bande-passante obtenue à l'aide de la fenêtre interactive donne-t-elle un résultat compatible avec la valeur précédente ?

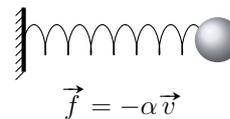
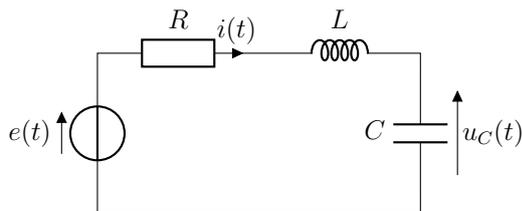
3.4 Analogie électromécanique

Les outils introduits pour l'étude du circuit RLC se généralisent à d'autres systèmes oscillant soumis à une excitation périodique, et notamment aux systèmes mécaniques.

Expérience 2 : Système masse-ressort amorti en RSF

sciences.univ-nantes.fr et TP17.

Coupling Two Laser-Cooled Ions via a Room-Temperature Conductor



Circuit RLC

Masse-ressort

Charge $q(t)$ ou tension $u_C(t)$

Intensité $i(t)$

Pulsation propre $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Facteur de qualité $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$

Propriété 17

Le système masse-ressort présente toujours une résonance en _____, mais on n'observe une résonance en _____ que si $Q > 1/\sqrt{2}$.

