Les oscillations électriques forcées.

Résonance d’intensité d’un dipôle *(RT, L, C)*

|  |  |
| --- | --- |
|  | Dans le chapitre précédent, nous avons étudié les transferts d’énergies entre condensateur, bobine et résistor d’un dipôle *(RT,L,C)* sérieen oscillations **libres**.  Nous nous intéressons ici aux oscillations **forcées** d’un tel dipôle. Ainsi, un GBF va imposer des oscillations de tension (et de courant) à une fréquence précise et nous étudierons la « réponse » du dipôle en fonction de la fréquence excitatrice… ce qui nous permettra de mettre en évidence le phénomène de **résonance d’intensité** du dipôle.  **Rem :** nous nous limiterons ici à l’étude d’une tension (courant) excitatrice fournie par le GBF **sinusoïdale** sachant que l’étude des signaux excitateurs plus brefs ou plus complexes peuvent s’en déduire. |

L’image ci-dessus correspond à « résonateur Tesla » émettant des arcs électriques. C’est une machine électrique fonctionnant sous [courant alternatif](http://fr.wikipedia.org/wiki/Courant_alternatif) à haute fréquence et permettant d'atteindre de très hautes tensions. Nikola Tesla a inventé un transformateur une double élévation de tension en bénéficiant d'une part du rapport de transformation lié à l'inégalité du nombre de spires au primaire et au secondaire (transformateur classique), et d'autre part du coefficient de surtension qui caractérise un circuit réglé à résonance. Le circuit primaire constitue l’excitateur et le circuit secondaire d’où jaillissent les éclairs, le résonateur.

Voici ce qu’en dit l’encyclopédie en ligne *Wikipédia* : « Une fois la résonance atteinte, la tension induite aux bornes de la bobine secondaire est maximale (plusieurs milliers de volts voire plusieurs millions pour les grands modèles). Comme ces tensions sont supérieures à la [rigidité diélectrique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Rigidit%C3%A9_di%C3%A9lectrique) de l'air, des [arcs électriques](http://fr.wikipedia.org/wiki/Arc_%C3%A9lectrique) vont jaillir de l'électrode terminale dans toutes les directions….En dehors de son intérêt théorique et pédagogique, cette invention ne connaît, aujourd'hui, qu'une application pratique : les effets spéciaux dans le monde du spectacle…..Les bobines Tesla sont parfois utilisées dans des œuvres de fiction, notamment dans divers jeux vidéo en tant qu'arme offensive ou défensive. Elles fonctionnent généralement par l'envoi d'arcs électriques sur les ennemis que le joueur doit combattre, électrocutant ou carbonisant la cible par ses décharges destructrices. Parmi les jeux les plus connus, on peut citer [Command & Conquer : Alerte rouge](http://fr.wikipedia.org/wiki/Command_%26_Conquer_:_Alerte_rouge), [Tomb Raider: Legend](http://fr.wikipedia.org/wiki/Tomb_Raider:_Legend), [Return to Castle Wolfenstein](http://fr.wikipedia.org/wiki/Return_to_Castle_Wolfenstein), [Fallout 3](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fallout_3), [TimeSplitters: Future Perfect](http://fr.wikipedia.org/wiki/TimeSplitters:_Future_Perfect) ou encore [World of Warcraft](http://fr.wikipedia.org/wiki/World_of_Warcraft), contre le boss nommé Thaddius. Dans le jeu PS2 "Les Sims : Permis de sortir" se trouve une bobine Tesla au milieu du labo.On nous en parle dans la mini-série [Mysteries Of The Universe](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Mysteries_Of_The_Universe&action=edit&redlink=1), trailers de la saison 6 de LOST. Dans l'épisode 3, on nous dit que l'initiative Dharma aurait commandé des bobines Tesla. Il est également fait référence à la bobine de Tesla dans le film [Le Prestige](http://fr.wikipedia.org/wiki/Le_Prestige) où elle est utilisé comme une machine pour cloner les objets et les êtres vivants, ou encore dans [L'Apprenti sorcier](http://fr.wikipedia.org/wiki/L%27Apprenti_sorcier_%28film,_2010%29), où un étudiant-ingénieur construit une bobine tesla qui est d'ailleurs au cœur du film.**»**

Pour en savoir plus : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Bobine_Tesla>

et : <http://www.vulgarisation-informatique.com/forum-8-8280--phenomenes-de-resonance.php>

1. **Régime alternatif sinusoïdal**

*i (t)*

*T*

*Im*

|  |  |
| --- | --- |
| 1. **Définition**   Un courant alternatif sinusoïdal est de la forme : *i(t)* = *Im.cos(.t+ϕ)*  Avec *Im* = valeur ………………………… de l’intensité et ** = pulsation :  On rappelle que : *****=*** Son unité est donc …………… |  |

*ϕ* est une constante appelée : ……………………... initiale. Son unité est le ……………

Sa valeur est déterminée par les conditions initiales :

Ex : sur la figure de droite *i(t = 0)* = *Im.cos(0\*t + ϕ) = Im.cos(ϕ)= Im.*donc *cos(ϕ)= ………* et *ϕ = ………..*

**Limite de l’étude aux « Basses fréquences » :** On suppose que, comme en régime continu, l’intensité à chaque instant est la même en tout point d’une branche d’un circuit parcouru par un tel courant. Cette propriété est bien vérifiée si *f* < 10 MHz ; c’est le domaine dit des « Basses fréquences ».

1. **Valeurs efficaces**

En régime variable, les multimètres (voltmètre et ampèremètre) mesurent des **valeurs efficaces** des tensions et intensités.

En régime alternatif sinusoïdal, celles-ci sont définies par : *Ieff***=**** pour un courant et *Ueff* **=**** pour une tension.

Ex : pour le secteur (prise de la maison), *Ueff* = …………. V

Ecrire alors la tension sous la forme : *u(t)* = *Um cos(.t+ϕ)* en précisant les valeurs de *Um* et **. On prendra *ϕ* = 0

1. **Généralités sur les oscillations forcées**
2. **Etude expérimentale**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Le GBFimpose une tension sinusoïdale de fréquence  *f = *  Elle est donc de la forme : *u(t)* = *Um.cos(.t+ϕ2)*  L’ampèremètre mesure *Ieff*traversant le dipôle *(RT, L, C)* série  Le voltmètre mesure *Ueff*aux bornes du dipôle *(RT, L, C)*  On observe :   * Sur la voie A : la tension …………………………. qui correspond à la tension aux bornes du ……………… mais aussi à la tension délivrée par le …………………… * Sur la voie B : la tension ……………………………..… qui correspond à …………………..………… traversant le dipôle à un facteur *R* près. | | *i*  Y  A  GBF  B  Y  B  A  *C*  M  *R*  (+)  *(L, r)*  E  Dipôle  *(RT, L, C)*  série  D  A  V |
|  | On observe 2 sinusoïdes de même …………………… donc de même …………………. qui correspond à la fréquence imposée par le GBF.  Ces 2 sinusoïdes sont ………………………de t (voir figure).  En faisant varier *RT, L, C* ou *fGBF = f* on remarque que le décalage temporel …………………… | | |

1. **Déphasage et décalage temporel**

Le courant sinusoïdal est de la forme : *i(t)* = *Im.cos(.t+ϕ1)*. La tension sinusoïdale est de la forme *u(t)* = *Um.cos(.t+ϕ2)*

Le **déphasage** correspond à la **différence de phases initiales** : ***ϕ = ϕ2 - ϕ1***  C’est une grandeur algébrique.

* Si 0 < *ϕ:* alors*ϕϕ*on dit que *u(t)* et en ………………………. sur *i(t)*
* Si -  < *ϕ:* alors*ϕϕ*on dit que *u(t)* et en ………………………. sur *i(t)*

A tout déphasage *ϕ*correspond un **décalage temporel** **t** tel que **** d’où ****

C’est ce décalage temporel que l’on observe sur l’écran de l’oscilloscope. Il correspond en quelque sorte au « pourcentage de la période T » dont les 2 grandeurs sinusoïdales sont décalées...

1. **Résultats fondamentaux**
   * + 1. **Courant sinusoïdal**

Un circuit *(RT, L, C)* série en oscillations forcées est traversé par un courant sinusoïdal dont la fréquence (période) est celle de la tension sinusoïdale imposée par le …………….. et non celle des oscillations …………….….

En général ** ≠ **

* + - 1. **Déphasage *u* / *i***

En général, la tension *u* aux bornes du circuit *(RT, L, C)* série (celle imposée par le GBF) et l’intensité *i* du courant traversant le circuit sont ………………………….

Si  ***i(t)* = *Im.cos(.t+ϕ1)*** et ***u(t)* = *Um.cos(.t + ϕ2)***alors ***ϕ = ϕ2 - ϕ1*…………………..……………. de *u* par rapport à *i*.**

**Rem :** ce déphasage dépend de *RT, L, C* et de *fGBF = f*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| * + - 1. **Impédance du circuit**   On fixe la fréquence *f1* = ………….de la tensionimposée par le GBF et on fait varier sa valeur efficace *Ueff.* On mesure alors l’intensité efficace *Ieff* qui parcourt le circuit.   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | *Ueff* (V) |  |  |  |  |  |  |  | | *Ieff* (A) |  |  |  |  |  |  |  |   On recommence pour une fréquence *f2 = ………………*..≠ *f1*.   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | *Ueff* (V) |  |  |  |  |  |  |  | | *Ieff* (A) |  |  |  |  |  |  |  | |  |

On remarque que, pour chacune des fréquences choisies, *Ueff*  est …………………………….. à *Ieff*

On pose alors *Ueff*  = *Z*\**Ieff*  avec *Z* = cte (à une fréquence fixée)

***Z* est appelée : ………………………………... du dipôle.** Elle est définie par : ……………………..… Unité : ………………

Ex : pour *f1, Z1* = ……………………… et pour *f2, Z2* = ………………………….En conclusion *Z* dépend de ……….. (entre autres)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| * + - 1. **Résonance d’intensité**   On note *L = …………, r = …………, C = ………… et R = ……….*  On fixe la valeur efficace *Ueff = …………………* de la tension imposée par le GBF et on fait varier sa fréquence *f.* On mesure l’intensité efficace *Ieff* qui parcourt le circuit.   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | *f (Hz)* |  |  |  |  |  |  |  |  | | *Ieff* (A) |  |  |  |  |  |  |  |  |   On remarque que, lorsque f augmente, *Ieff* ………. puis ……… |  |

L’intensité efficace du courant traversant le circuit *(RT, L, C)* série passe par un ……………………………… pour une certaine fréquence *fr* appelée fréquence de …………………………….. du circuit.

**Pour *f = fr, Ieff*est ………………………….. On dit que le circuit est à la …………………………………………….**

**Rem :** Comme pour les oscillateurs mécaniques, la résonance correspond donc à la « réponse maximale » du circuit à une excitation électrique imposée par le GBF.

* + - 1. **Bande passante et facteur de qualité**

|  |  |
| --- | --- |
| Voici à droite une courbe de réponse en intensité d’un circuit *(RT, L, C)* série en fonction de la fréquence imposée par le GBF.  Cette courbe (un peu plus propre que la nôtre) permet de définir 3 caractéristiques importantes du résonateur (circuit).   * La **bande passante** **à – 3 dB** d’un circuit *(RT, L, C)* série correspond à l’intervalle des fréquences (ou pulsations) pour lesquelles le circuit donne une réponse (en intensité) importante :   avec *Ieffr* intensité efficace atteinte à  la résonance d’intensité (donc maximale) | ***f*(×102 Hz)**  ***Ieff*(×10 mA)** |

* **La largeur de la Bande Passante *f***correspond à : *f = f2 – f1*
* **Le facteur de qualité *Q*** correspond à : 

**Ex1 :** sur la courbe de droite, déterminer la fréquence de résonance *fr* , les 2 fréquences *f1* et *f2* qui délimitent la BP à – 3 dB, la largeur de la BP et le facteur de qualité du circuit.

* + - 1. **Influence de la résistance totale du circuit : acuité de la résonance**

|  |  |
| --- | --- |
| Une étude plus précise montre que (voir courbe à droite) :   * + 1. **:** circuit **très peu résistif**, la **résonance est aiguë**. On dit que le circuit est très **sélectif** car sa BP est étroite et il ne répond efficacement à l’excitation (tension imposée par le GBF) qu’autour de *f0*. Il « sélectionne » donc certaines fréquences…     2. **:** circuit **résistif**, la **résonance est floue**. On dit que le circuit est **peu** **sélectif** car sa BP est large et il répond à l’excitation de manière assez semblable pour toutes les fréquences voisines de *f0*     3. **:** circuit **très résistif**, on ne peut pas identifier de BP. Le circuit n’est **pas sélectif** et il n’y a pas de véritable résonance. | ***RT3 = 200 ***  ***RT2 = 100 ***  ***RT1 = 60 ***  ***f*(×102 Hz)**  ***Ieff*(×10 mA)** |
| Lorsque la résonance est aiguë, *f* est ……………….. donc  est ………………….  Inversement, lorsque la résonance est floue, *f* est ……………….. donc est …………………. | | |

**Conclusion :** Le facteur de qualité Q caractérise l’acuité de la résonance. Plus *RT* est grande, plus *Q* est ………………. et moins la résonance est aiguë (plus elle est floue). La résonance disparaît complètement pour une résistance très importante.

**Rem :** On verra dans le paragraphe suivant que …….. si *RT* (pour une même *Ueff*) ce qui explique que *Ieffr1* > *Ieffr2* > *Ieffr3*

1. **Etude théorique**
2. **Position du problème**

Dans toute cette partie, c’est l’intensité du courant *i(t)* qui va nous servir de « référence temporelle ». Nous allons toujours comparer les différentes tensions (celles aux bornes du condensateur, de la bobine et du résistor) par rapport à *i(t).* On appelle *u(t)* la tension aux bornes du dipôle.

On a *i(t) = Im.cos(.t+ϕ1)*prise comme « origine des phases  »  donc *ϕ1 = 0*et ***i(t) = Im.cos(t)***

On a d’autre part *u(t)* = *Um.cos(.t + ϕ2)*.

Puisque *ϕ1 = 0*, on a pour habitude de noter plus simplement *ϕ2 = ϕ* . Donc on écrit***u(t)* = *Um.cos(.t + ϕ)***

En général, *u(t)* et *i(t)* sont déphasées ; dans ce cas,*ϕ = ϕ2 - ϕ1 =* ***ϕ*correspond directement au ……………………………… de *u* par rapport à *i*.**

|  |  |
| --- | --- |
| D’après la loi d’additivité des tensions : *u*= *uAB* =   * *uAD* = * *uDE* =   Or, *i = dq / dt* donc *q* est la primitive de *i* qui s’annule pour t = 0 si on suppose le condensateur déchargé à l’origine des dates (t = 0)   * Alors, *q* = …………….. et *uDE* = * *UEB* = | *i*  Y  A  GBF  B  Y  B  A  *C*  M  *R*  (+)  *(L, r)*  E  Dipôle  *(RT, L, C)*  série  D  A  V |

Finalement, *u*= *uAB* =

Etudions chacun des termes à l’aide d’une « construction de Fresnel »

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. **Construction ou représentation de Fresnel**    * 1. **Présentation**   La représentation de [Fresnel](http://fr.wikipedia.org/wiki/Augustin_Fresnel) est un outil graphique permettant d'ajouter, de soustraire, de dériver et d'intégrer des fonctions sinusoïdales (ou oscillations ici) de même fréquence.  Considérons un vecteur  qui, à l’instant *t = 0*, est confondu avec l’axe des *x*. Faisons tourner ce vecteur  avec une vitesse angulaire *ω* constante. A l’instant *τ* il forme l’angle *ωτ* avec *(Ox).* (figure 1).  Sa projection sur *(Ox)* vaut *a.cos(ωτ).* Laissons s’écouler le temps, la projection du vecteur tournant engendre la fonction ***a.cos(ωt)****.* | figure 1 | | figure 2 | | |
| Considérons maintenant un vecteur qui, à l’instant *t = 0*, forme l’angle *φ*  avec l’axe *(Ox).* *φ* peut s’appeler ici le déphasage à l’origine du vecteur ou la phase du vecteur par rapport à l’origine *(O,x).* Au bout du temps *τ*, l’angle est devenu *(ωτ + φ)*.  La projection du vecteur vaut *a.cos(ωτ + φ).* Si on laisse filer le temps, la projection du vecteur tournant (, φ) crée la fonction : ***a.cos(ωt + φ)****.* | | | | |
| Si on ajoute deux vecteurs et représentant deux fonctions sinusoïdales différentes, alors la résultante vectorielle  représentera la fonction somme des deux fonctions sinusoïdales. Sur notre figure, forme l’angle *Ψ* avec l’axe *(O,x)* et peut s’écrire : *R.cos(ωt + Ψ)*  Par un calcul de géométrie des triangles, on peut relier facilement *R* aux valeurs *a* et *b* et déterminer *Ψ*.  **La construction de Fresnel consiste donc à remplacer une somme de fonctions sinusoïdales de même fréquence par une somme de vecteurs.** | |  | |

Animations : <http://subaru2.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/electri/repfresn.html>

<http://www.physique.edunet.tn/nabeul/franosc/consfres.htm>

* + 1. **Application à notre cas**

L’origine des phases est disposée horizontalement.

On se place à *t = 0* et on associe un vecteur à chacun des 3 termes *uRT, uL* et *uC* de la somme précédente :

|  |  |
| --- | --- |
| * + représente *uRT = RT.Im.cos(t)* et est placé suivant l’origine des phases, car il n’y a pas de déphasage entre *uR* et *i* (notre référence)   + représente *uL =*  déphasé de +*/2* par rapport à l’origine des phases.   + représente *uc =*déphasé de −*/2* par rapport à l’origine des phases. | Origine des phases  (+) |

Puisque= ++, le vecteurreprésente alors la tension totale *u(t)= uRT + uL* + *uC* aux bornes du dipôle.

Or *u(t)* s’écrit *u(t)* = *Um.cos(.t + ϕ)*. La construction de Fresnel va nous permettre de déterminer graphiquement *Um*et *ϕ*.

On pose (en norme) : **MN = *RT.Im*NP =*L..Im*** et  **PQ = **  alors **MQ = *Um***

**Alors, dans le triangle rectangle MNQ :**

* MQ = d’où *Um* =
* tan *ϕ = ……… =* ……………………….. et cos *ϕ* = ……… = ………………………….

1. **Impédance d’un circuit *(RT, L, C)* série**

**Ex2 :** A partir de la relation de définition, trouver l’expression générale de l’impédance du circuit en fonction de *RT, L, C* et de **

**Pour un circuit *(RT, L, C)* série, Z = …………………………………… (1)**

**Rem 1:** on vérifie bien que cette impédance dépend de  donc de *f* = (/2) ce que l’on avait observé au paragraphe II. 2) c)

**Rem 2:** Y = ****est appelée **……………………….** du circuit.Ainsi Y = ****s’exprime en Siemens (symbole S)

**Rem 3:** La différence ****est appelée…………………..…du circuit.Son unité est ………………

est la réactance ……………………… et est la réactance de ………………………

1. **Déphasage *φ* de *u / i* et conséquences**

La connaissance de cos *ϕ* (ou de tan *ϕ* ) seul ne permet pas de déterminer le déphasage *ϕ* avec certitude car cos *ϕ* = cos (-*ϕ* )

Il est donc nécessaire d’avoir deux relations.

**Pour un circuit *(RT, L, C)* série, cos *φ* = ………………………… (2) et tan *φ* = …………………………………… (3)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| * Si ⇔ = 0 ⇔ *LC2* = …… = *LC2* ⇔** =** alors tan *ϕ =…….⇒ ϕ =……*:la tension et l’intensité sont ……………………….. pour ** =**soit *f* = *f0* (ou *T* = *T0)*   **L’effet d’inductance compense exactement l’effet de capacité et *Z …. RT***  **Ex3 :** Représenter la construction de Fresnel correspondant à cette situation : | | ***i***  ***u*** |
| * Si ⇔ > 0 ⇔ *LC2* > …… = *LC2* ⇔** >** alors tan *ϕ >…….⇒ ϕ >……*:la tension est en ……………………….. sur l’intensité.   **L’effet d’inductance l’emporte sur l’effet de capacité et *Z …. RT***  **Ex4 :** Représenter la construction de Fresnel correspondant à cette situation : | | ***i***  ***u*** |
| * Si ⇔ < 0 ⇔ *LC2* < …… = *LC2* ⇔** <** alors tan *ϕ <…….⇒ ϕ <……*:la tension est en ……………………….. sur l’intensité.   **L’effet de capacité l’emporte sur l’effet d’inductanceet *Z …. RT***  **Ex5 :** Représenter la construction de Fresnel correspondant à cette situation : | | ***i***  ***u*** |
| On rappelle que : tan*ϕ =*  **Ex6 :** Représenter l’allure de la courbe représentant l’évolution du déphasage *ϕ* en fonction de la pulsation**Mettre en évidence le point important ** et les asymptotes lorsque *→ *et *→ ∝*. | tan *ϕ*  **  ** | |

1. **Etude de dipôles particuliers**

**Ex7 :** A partir des trois relations générales notées (1), (2) et (3) caractéristiques d’un dipôle (*RT, L, C)* série, compléter le tableau.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Dipôle | Impédance et déphasage | Construction de Fresnel | Observations oscillo (retard) |
| *(R)*  résistor | Z =  tan*ϕ = ……….. ⇒ ϕ = ………* | *i* | *uR* et *i* sont ……………… |
| *(L)*  Inductance pure | Z =  tan*ϕ = ……….. ⇒ ϕ = ………* | *i* | *uL* est en ……………………  ………………….. sur *i* |
| *(C)*  Condensateur | Z =  tan*ϕ = ……….. ⇒ ϕ = ………* | *i* | *uC* est en ……………………  ………………….. sur *i* |
| *(R,C)*  Charge condensateur | Z =  tan*ϕ = ……….. ⇒ ϕ = ………* |  | *u* est en ……………………  sur *i* avec ….. < *ϕ* < ….. |
| *(R,L)*  Bobine réelle | Z =  tan*ϕ = ……….. ⇒ ϕ = ………* |  | *u* est en ……………………  sur *i* avec ….. < *ϕ* < ….. |
| *(L,C)*  Circuit oscillant | Z =  tan*ϕ = ……….. ⇒ ϕ = ………* |  | *u* est soit en ……………….  soit en ………………. sur *i* avec *ϕ*  = ± …… |

Animations : dipôles simples <http://www.walter-fendt.de/ph14f/accircuit_f.htm>

Circuit (RLC) série général <http://subaru2.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/electri/rlcsinus.html>

Voici un résumé graphique des résultats précédents :

* **Ex8 :** Représenter l’allure de la courbe représentant l’évolution de l’impédance *Z* des différents dipôlesen fonction de la pulsation**
* **Ex9 :** En déduire l’allure de la courbe représentant l’évolution de l’intensité efficace *Ieff*qui parcourt les différents dipôlesen fonction de la pulsation** (pour une tension efficace constante donnée).

|  |  |
| --- | --- |
| Impédance *Z*  * = 2.f*  0 | *Ieff = Ueff / Z*  * = 2.f*  0 |

**Rem 1 : Condensateur**

* Lorsque *→ 0, Z →…………* etdonc *Ieff →………… :* le courant ne passe plus ;c’est comme si le circuit était ouvert.

Le condensateur se comporte comme un …………………………………. à basses fréquences ou en régime continu.

* Lorsque *→ ∝, Z →…………* etdonc *Ieff →………… :* tout le courant passe

Le condensateur se comporte comme un …………………………………. à hautes fréquences.

**On dit qu’un condensateur laisse passer les ………………… fréquences mais « coupe » les ……………… fréquences ou encore que c’est un filtre hautes fréquences.**

**Rem 2 : Inductance pure et bobine**

* Inductance pure : Lorsque *→ 0, Z →…………* etdonc *Ieff →………… :* tout le courant passe

L’inductance pure se comporte comme un …………………………………. à basses fréquences ou en régime continu.

* Bobine réelle : Lorsque *→ 0, Z →…………* etdonc *Ieff →………… :* le courant passe

La bobine réelle se comporte comme un …………………………………. à basses fréquences ou en régime continu.

* Inductance pure et bobine réelle : Lorsque *→ ∝, Z →…………* etdonc *Ieff →………… :* le courant ne passe plus ;c’est comme si le circuit était ouvert.

L’inductance pure et la bobine réelle se comportent comme un …………………………………. à hautes fréquences.

**On dit qu’une bobine (inductance pure) laisse passer les ………………… fréquences mais « coupe » les ……………… fréquences ou encore que c’est un filtre basses fréquences.**

**Rem 3 : autres dipôles**

De façon similaire, le dipôle *(R,C)* constitue un filtre ………………………………………….…, le dipôle *(R,L)* constitue un filtre …………………………………………, et le dipôle *(R,L,C)* constitue un filtre …………………………………………c’est-à-dire qu’il ne laisse passer que les fréquences correspondant à une certaine « bande » appelée la ………………………………………

1. **Etude de la résonance d’intensité**

On rappelle que et 

A la résonance, *Ieff* (et *Im* car *Im* = *I*eff\*√2) est …………………………… donc l’impédance *Z* est ……………………….

Or ****est minimum lorsque **= ……** soit ***LCr2* = …… = *LC2***

Alors***r* =**= **et *fs* = *f0* = …………..** et  ***Tr* = *T0*** = …………………

Pour un circuit *(RT, L, C)* série, la **résonance d’intensité** a lieu lorsque la fréquence de la tension excitatrice (celle du GBF) est égale à la …………………………………………………. du circuit : ***fr* = *f0***

**Ainsi, à la résonance** : **= ……** soit ***LCr2* = …… = *LC2***

En conséquence, **(1) ⇒ *Zr* = ……………. donc *Imr* = ……………. et *Ieffr* = …………....**

**(2) ⇒ cos *ϕ r* = ……… et (3) ⇒ tan *ϕ r* = ……… donc *ϕr* = ……… : *u* et *i* sont ………….…………**

**Rem :** En dehors de la résonance d’intensité, ……….  donc *Z ………Zr = RT*

**Ex10 :** Pour notre étude du paragraphe II. 3) d), on avait *L = …………, r = …………, C = ……… et R = ………* donc *RT = ………*

De plus *Ueff =* ……………= cte

Calculer la fréquence propre du circuit et la comparer à la fréquence de résonance mesurée.

Calculer la valeur théorique de *Ieffr* et la comparer à la valeur expérimentale obtenue.

1. **Bande passante et facteur de qualité**

On raisonne ici avec les pulsations * (= 2f)*

**Ex11 :** Trouver l’expression théorique de la largeur de la bande passante en pulsation **. En déduire celles de *f* et du facteur de qualité *Q*.

* **La largeur de la Bande Passante en pulsation ****= ……………..
* **Le facteur de qualité** = ……………………………………..

**Rem :** on voit que *Q* dépend de *RT*, mais aussi de *L* et *C*. Pour L et C fixés, on retrouve le fait que Q ……………. si *RT* augmente.

**Ex12 :** Pour notre étude du paragraphe II. 3) d), on avait *L = …………, r = …………, C = ……… et R = ………* donc *RT = ………*

De plus *Ueff =* ……………= cte

Calculer les valeurs théoriques de *f* et de Q et les comparer aux valeurs expérimentales obtenues par l’exploitation de la courbe.

Calculer.

1. **Surtensions à la résonance**

**Ex13 :** On rappelle que *uc =*et *uL =* 

Montrer qu’à la résonance d’intensité, les valeurs maximales des tensions aux bornes du condensateur et de la bobine sont égales à

***Ucm(résonance) = ULm(résonance) = Q\*Um*** avec *Um* valeur maximale de la tension délivrée par le GBF.

Ainsi, si le circuit est très sélectif (Q >> 1) des surtensions importantes apparaissent aux bornes du condensateur et de la bobine à la résonance d’intensité.

**Rem :** Ces surtensions peuvent être dangereuses pour le condensateur (détérioration) et/ou pour l’expérimentateur.

1. **Une application importante de la résonance électrique : les circuits d’accord**

Chaque station émet une onde électromagnétique avec une fréquence bien déterminée. Pour la capter, le circuit RLC (résistance, inductance, capacité) est mis en oscillation forcée, par l'intermédiaire de l'antenne qui capte toutes les ondes électromagnétiques arrivant jusqu'à elle. Pour écouter une seule station, on doit accorder la fréquence propre du circuit RLC avec la fréquence de l'émetteur désiré, en faisant varier la capacité d'un condensateur variable (opération effectuée en agissant sur le bouton de recherche des stations).

D'une façon générale, tous les systèmes de radiocommunications, qu'ils soient émetteur ou récepteur, utilisent des résonateurs pour « filtrer » les fréquences des signaux qu'ils traitent : circuit RLC, résonateurs à quartz, résonateurs céramique, etc...

Pour faire joujou à la maison (en essayant de tout comprendre) :

Animation générale circuit RLC :<http://www.ngsir.netfirms.com/englishhtm/RLC.htm>

Vidéo expliquant la résonance d’un circuit RLC <http://fr.video.yahoo.com/watch/616442/2930017>