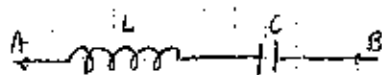


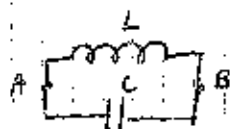
## Circuit oscillant

On a vu aux chapitres précédents qu'un condensateur et une self montés en série avaient une impédance nulle en courant alternatif pour un courant de fréquence égale à la fréquence de résonance du circuit LC :  $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

De même condensateur et self montés en parallèles présentent une impédance infinie à la fréquence de résonance

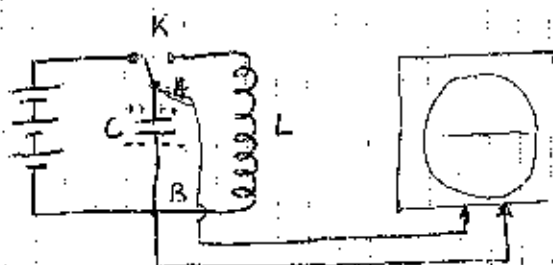


$$Z_{AB} = 0 \text{ pour } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



$$Z_{AB} \text{ infinie (noté } \infty) \text{ pour } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

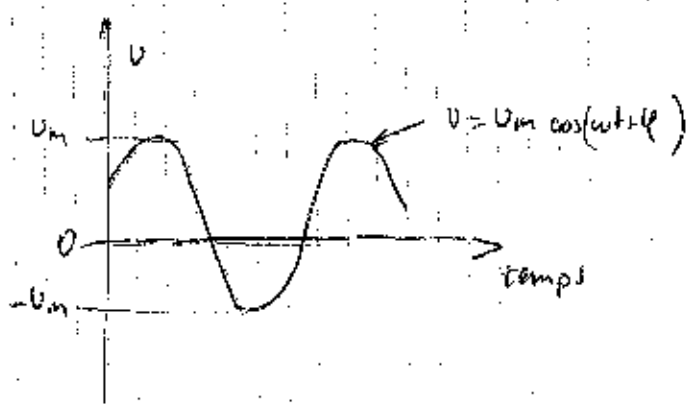
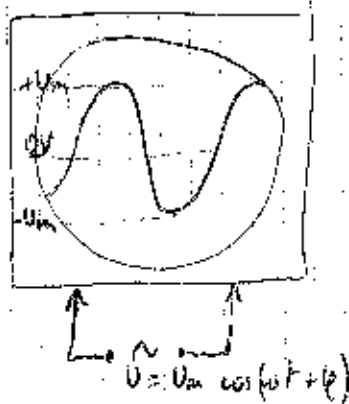
Réalisons le montage suivant : une source de courant continu charge un condensateur C, puis par manœuvre de l'interrupteur K on décharge le condensateur dans une self L



Un oscilloscope est branché aux bornes du condensateur permet de visualiser en permanence la tension aux bornes du condensateur

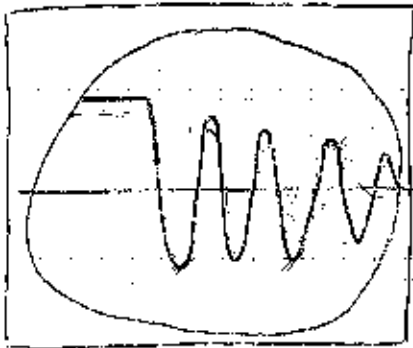
L'oscilloscope c'est comme un écran de télévision, à la différence que le spot (point lumineux qui se déplace sur l'écran pour créer l'image) se déplace de gauche à droite et revient instantanément à gauche au fin de course. On ne voit donc qu'un trait horizontal. Le déplacement vertical est commandé par la tension externe que l'on veut mesurer.

Si on applique une tension sinusoïdale à l'oscilloscope on verra se dessiner la sinusoïde à l'écran car le déplacement horizontal du spot sera proportionnel au temps et le déplacement vertical sera proportionnel à la tension appliquée (la valeur 0V étant au milieu de la hauteur de l'écran)



l'oscilloscope permet donc de visualiser la tension en fonction du temps

Lorsqu'on décharge le condensateur dans le self on voit à l'écran de l'oscilloscope la courbe suivante :



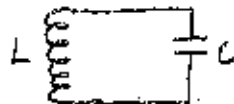
Au départ la tension aux bornes du condensateur est constante et égale à la valeur de charge, puis elle prend une allure de sinusoïde dont l'amplitude diminue progressivement pour finir par s'annuler assez rapidement.

On peut en conclure que la décharge d'un condensateur dans une self fait apparaître un courant alternatif sinusoïdal dans le circuit.

L'amplitude de la sinusoïde diminue assez rapidement (on dit que les oscillations s'amortissent) à cause de la résistance ohmique du circuit : la bobine n'est jamais une self pure car les fils qui la constituent, aussi bons conducteurs soient-ils, ont toujours une résistance au courant électrique.

Pour comprendre le phénomène il suffit d'admettre que le courant électrique circule là où c'est le plus facile.

Si on considère la boucle formée par le condensateur et la self on voit que cette boucle ne peut être parcourue par un courant continu à cause du condensateur dont les armatures sont isolées entre-elles.



Donc il ne peut passer dans le circuit qu'un courant variable,

(le seul <sup>courant</sup> qui soit capable "de traverser" un condensateur).

On a vu précédemment que cette boucle  $L-C$  avait une impédance nulle au courant alternatif dont la fréquence est égale à la fréquence de résonance du circuit, "donc" c'est le seul type de courant qui puisse s'établir dans le circuit.

Le raisonnement n'est pas des plus rigoureux mais il aide à comprendre pourquoi un courant sinusoïdal peut s'établir.

Mathématiquement on montre qu'effectivement le courant est alternatif sinusoïdal de fréquence  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ .

Le circuit LC est appelé circuit oscillant parce qu'il est capable de produire des oscillations électriques. La fréquence de résonance c'est la fréquence "naturelle" des oscillations qui apparaissent dans le circuit.

C'est avec un circuit de ce type que Hertz a réussi à générer des ondes électromagnétiques et à prouver leur existence que Maxwell avait prévu un siècle plutôt.

### Applications du circuit oscillant

Dans les premiers émetteurs - radio on utilisait directement les oscillations amorties produites par un circuit oscillant pour faire circuler un courant dans une antenne et rayonner des ondes électromagnétiques.

Maintenant on utilise surtout le circuit oscillant pour imposer la fréquence d'un oscillateur mais nous en verrons le fonctionnement ultérieurement.

Les circuits oscillants sont largement utilisés dans les récepteurs radio pour "trier" les différentes émissions radiophoniques.

En effet les ondes-radio (champ électromagnétique) qui parviennent jusqu'à l'antenne de réception induisent dans celle-ci des tensions et des courants alternatifs sinusoïdaux.

Les ondes radio des différents émetteurs captés se distinguent les unes des autres essentiellement par leur fréquences qui sont différentes

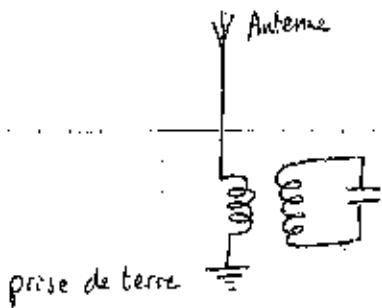
Ex France Inter 1829 m soit 164 kHz

Europe 1 1647 m soit 182 kHz

France musique  $\approx 92$  MHz

Canal +  $\approx 250$  MHz

Il apparaît donc dans l'antenne de réception une multitude de courant d'amplitudes différentes selon la puissance et la proximité des émetteurs mais surtout de fréquences différentes et c'est à partir de la fréquence que le circuit oscillant va nous aider à faire le "tri".



Si on couple magnétiquement comme dans un transformateur quelques spires reliées à l'antenne à un circuit oscillant (il suffit d'enrouler les quelques spires sur la self du circuit oscillant), les courants alternatifs sinusoidaux de l'antenne induiront des courants alternatifs sinusoidaux de même fréquence dans le circuit oscillant.

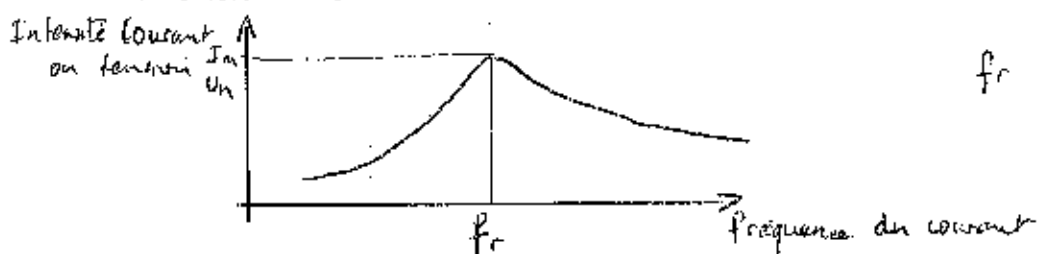
Mais comme l'impédance de la boucle que constitue le circuit oscillant dépend de la fréquence du courant et est minimale (presque nulle) pour la fréquence de résonance, les courants les plus importants en amplitude seront ceux dont la fréquence est égale à la fréquence de résonance du circuit - les autres courants de fréquence différente se trouvent atténués.

En combinant plusieurs circuits de ce type on arrive à sélectionner seulement l'émission radio qu'on désire recevoir.

### Sélectivité d'un circuit oscillant

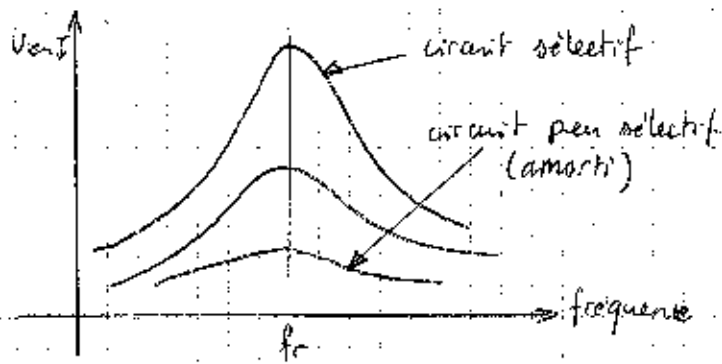
Puisqu'un circuit oscillant ne laisse pas passer toutes les fréquences de la même manière on dit qu'il est sélectif. Il sélectionne le courant dont la fréquence est égale ou très proche de sa fréquence de résonance.

Dans la pratique la sélectivité d'un circuit n'est pas absolue. Si on représente l'amplitude du courant (ou la tension aux bornes du condensateur et de la self) en fonction de la fréquence du courant on obtient la courbe suivante.



$f_r$  fréquence de résonance du circuit

la courbe a l'allure d'une cloche dont le maximum est obtenu à la fréquence de résonance.



Pour différents circuits de même fréquence de résonance la courbe est plus ou moins aplatie.

Plus la courbe est "pointue" plus le circuit est sélectif.

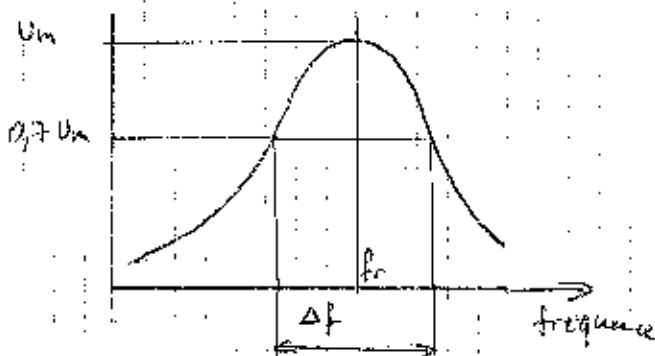
### Bande passante

On caractérise la sélectivité d'un circuit par sa bande passante c'est l'intervalle de fréquence dans lequel l'amplitude n'est pas inférieure à 0,7 fois l'amplitude maximum.

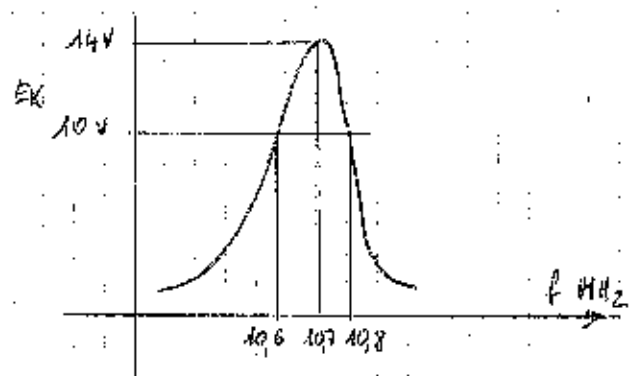
$$0,7 = \frac{\sqrt{2}}{2} \quad \text{exprimé en dB vaut } -3 \text{ dB}$$

Cela correspond à une puissance du courant ou de la tension divisée par 2 car si la tension est multipliée par  $\frac{\sqrt{2}}{2}$  comme la puissance vaut  $\frac{U^2}{R}$ , celle-ci est multipliée par  $\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2 = \frac{1}{2}$ .

$$\text{Exprimé en décibels } 10 \log \frac{1}{2} = -3 \text{ dB}$$



$\Delta f$  = bande passante



$$\text{Bande passante} = 10,8 - 10,6 = 200 \text{ kHz}$$

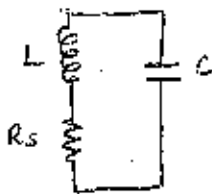
## Coefficient de qualité

Pour caractériser la sélectivité d'un circuit on parle aussi de son coefficient ou facteur de qualité noté  $Q$

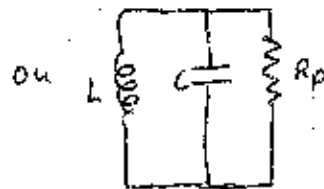
La sélectivité d'un circuit tient aux pertes occasionnées par la résistance ohmique des fils principalement de la bobine et par le défaut d'isolement du condensateur

Plus les fils sont résistants, moins l'isolement du condensateur est bon, plus les pertes sont importantes et plus le circuit est amorti (peu sélectif)

On peut schématiser ces pertes soit par une résistance en série soit par une résistance en parallèle



$$Q = \frac{L\omega}{R_s}$$



$$\text{ou } Q = \frac{1}{R_p C \omega}$$

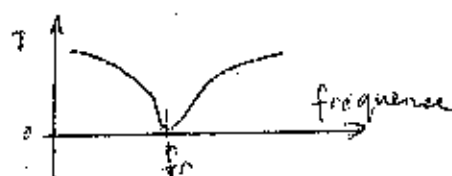
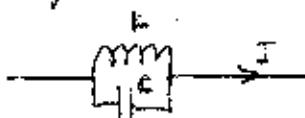
Plus  $Q$  est élevé plus le circuit est sélectif.

## Filtres

Les filtres sont le plus souvent constitués par des ensembles (appelés réseaux) de selfs, condensateurs, résistances, associés de telle manière qu'ils favorisent ou défavorisent le passage des courants alternatifs de certaines fréquences.

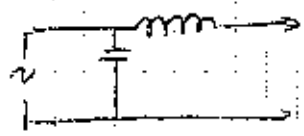
### Circuit bouclon

C'est tout simplement un circuit oscillant parallèle qui monté en série dans un circuit "bloque" les courants dont la fréquence est égale à la fréquence de résonance

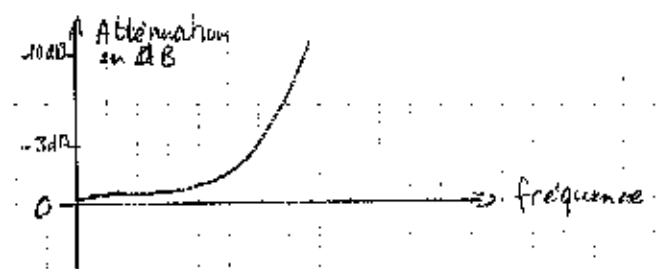


# Filtre passe-bas

Ce sont des filtres qui favorisent les fréquences basses au détriment des fréquences élevées. passe-bas = laisse passer fréquences basses



filtre passe-bas



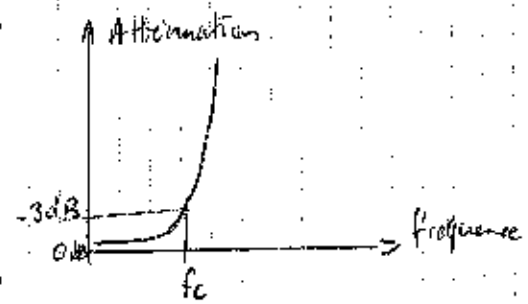
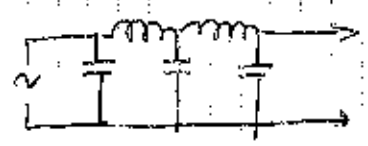
On représente la courbe du filtre en indiquant l'atténuation qu'il apporte en fonction de la fréquence. L'atténuation est souvent exprimée en dB. 0 dB pas d'atténuation.

- 10 dB puissance divisée par 10
- 3 dB " " " " par 2
- 20 dB " " " " par 100

Pour comprendre le fonctionnement de ce filtre il suffit de se rappeler que l'impédance d'une self croît avec la fréquence ( $Z_L = 2\pi f L$ ) et celle d'une capacité diminue avec la fréquence ( $Z_C = \frac{1}{2\pi f C}$ ).

La self en série s'oppose au passage des fréquences élevées et en plus le condensateur les "court-circuite".

On peut coupler plusieurs cellules élémentaires pour obtenir un filtre aux effets renforcés.

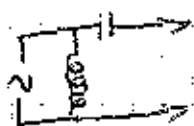


Pour les filtres on parle de fréquence de coupure. C'est la fréquence à partir de laquelle l'atténuation est de 3dB.

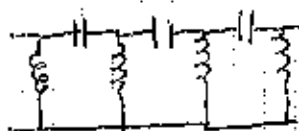
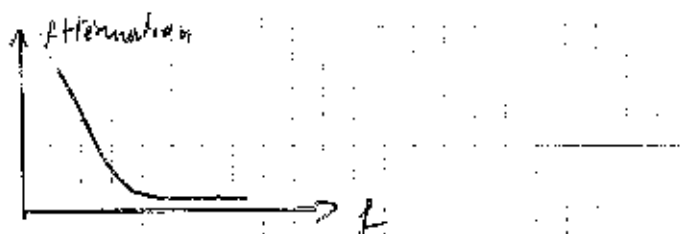
## Filtres passe-haut

Inversement au filtre passe-bas le filtre passe haut laisse passer les fréquences élevées et atténue les fréquences basses.

ex



filtre passe haut  
à une cellule

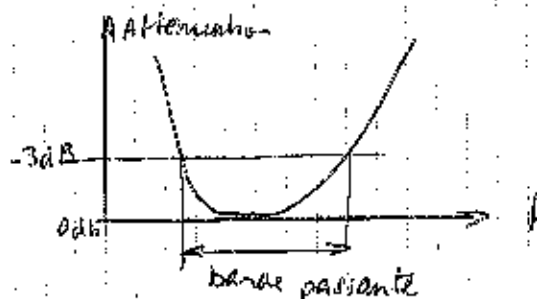
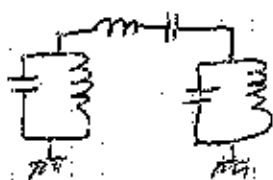


filtre passe haut  
à plusieurs cellules

les condensateurs bloquent les  
fréquences élevées, les selfs  
"court-circuitent" les fréquences basses

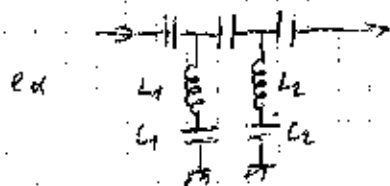
## Filtres passe-bande

les filtres laissent passer une bande de fréquence et atténuent toutes les fréquences hors bande.



## Filtre rejeteur

Ces filtres ont pour fonction d'éliminer certaines fréquences



ce filtre passe haut (condensateurs en série)  
élimine les fréquences  $f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}$  et  $f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}}$

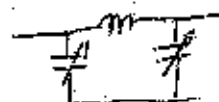
car les circuits  $L_1 C_1$  et  $L_2 C_2$  se comportent  
comme des courts-circuits sur leur fréquence de résonance

## Filtre coupe-bande

Comme leurs noms l'indiquent ces filtres éliminent une bande de fréquence

## Filtre en $\pi$

C'est un filtre passe bas



très utilisé en radio qui a en plus la  
fonction d'adapter les impédances à la sortie d'un générateur à lampes



On est souvent amené à comparer deux puissances  
 $P_e$  : puissance injectée à l'entrée d'un amplificateur  
 $P_s$  : puissance en sortie de l'amplificateur

Le rapport des puissances  $\frac{P_s}{P_e}$  est appelé gain de l'amplificateur.  
 Pour plus de commodité on exprime le gain en décibels (dB)

$$\text{Gain en décibel} = 10 \log \frac{P_s}{P_e}$$

$\log$  désigne la fonction logarithme décimal. C'est la fonction réciproque des puissances de 10 soit plus clairement

si  $y = 10^x$  alors  $x = \log y$  ou encore si  $100 = 10^2$   $\log 100 = 2$ .

Si donc le gain d'un ampli  $\frac{P_s}{P_e}$  est de 100 exprimé en décibels il vaut  $10 \times \log 100 = 10 \log 10^2 = 10 \times 2 = 20 \text{ dB}$

Inversement si le gain est de 3 dB le rapport des puissances est

$$\frac{P_s}{P_e} = 10^{\frac{3}{10}} = 2 \quad (\log 2 = 0,3, 10 \log 2 = 3)$$

Un gain de 3 dB équivaut à doubler la puissance

Pour un gain de 1000 on obtient  $10 \times \log 1000 = 10 \log 10^3 = 30 \text{ dB}$

Un gain en dB négatif équivaut à un gain inférieur à 1, donc à une atténuation : la puissance de sortie est inférieure à celle d'entrée.

L'intérêt d'utiliser les décibels tient aux propriétés des logarithmes :

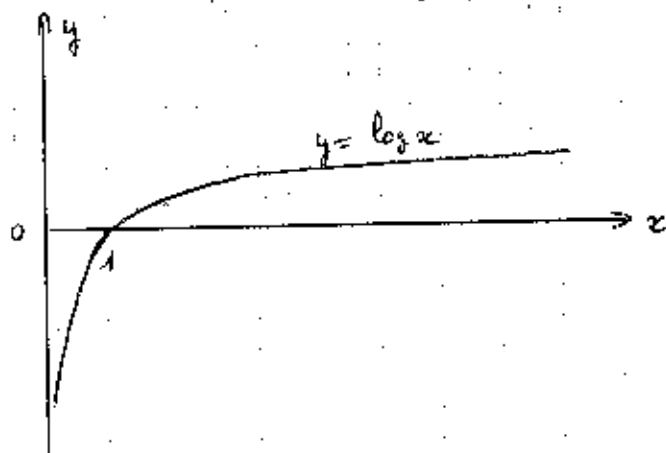
$$\log 1 = 0$$

$$\log(a \times b) = \log(a) + \log(b)$$

$$\log \frac{1}{a} = -\log a$$

$$\log \frac{a}{b} = \log a - \log b$$

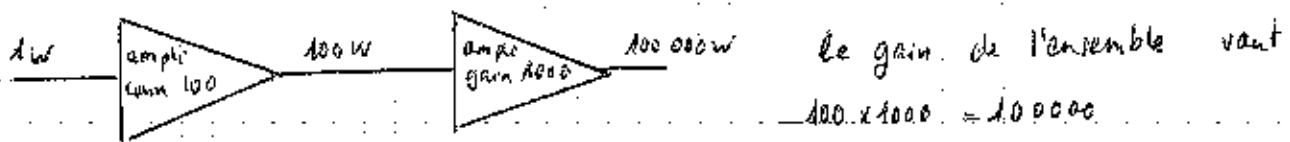
Graphiquement la fonction logarithme a l'allure suivante



$\log x$  n'existe que si  $x$  est positif

$\log 0$  n'existe pas

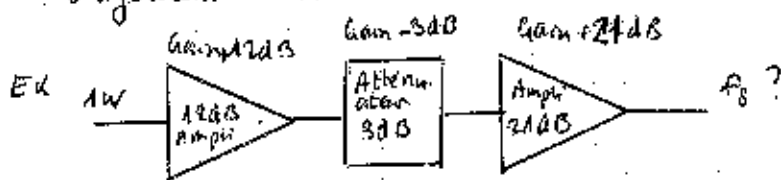
Ex.: soit à calculer le gain de deux amplis montés en cascade et ayant respectivement un gain de 100 et de 1000



en effet si on injecte 1W au premier ampli on a 100 W à la sortie et 100W x 1000 à la sortie du deuxième ampli

Si on raisonne en dB le gain du premier ampli est  $10 \log 100 = 20 \text{ dB}$ , du deuxième  $10 \log 1000 = 30 \text{ dB}$ . Le gain de l'ensemble est  $20 \text{ dB} + 30 \text{ dB} = 50 \text{ dB}$  soit effectivement 100 000

Donc les gains en absolu se multiplient mais comptés en dB ils s'ajoutent



$$\text{Gain total} = +12 - 3 + 21 = 30 \text{ dB}$$

$$P_8 = 1W \times 10^{\frac{30}{10}} = 1W \times 10^3 = 1kW$$

### Gain en tension - Gain en courant

Pour exprimer le gain en tension ou en courant on fait le rapport des tensions ou des courants. Cela conduit à un gain en puissance

$$G = 10 \log \left( \frac{U_s^2}{U_e^2} \right)$$

ou  $G = 10 \log \left( \frac{I_s^2}{I_e^2} \right)$

soit

$$G = 20 \log \frac{U_s}{U_e}$$

$$G = 20 \log \frac{I_s}{I_e}$$

ou

n'oublions pas en effet que  $P = R I^2$  ou  $P = \frac{U^2}{R}$

quand on double la tension ou le courant on quadruple la puissance.

# ABAQUE ZLCF

