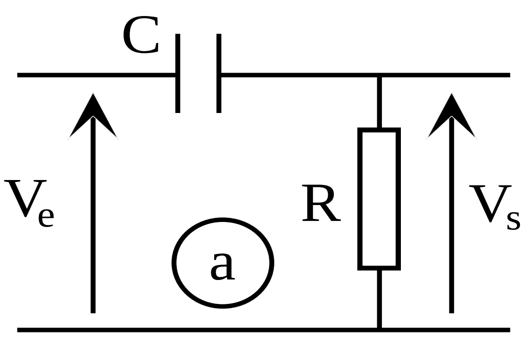
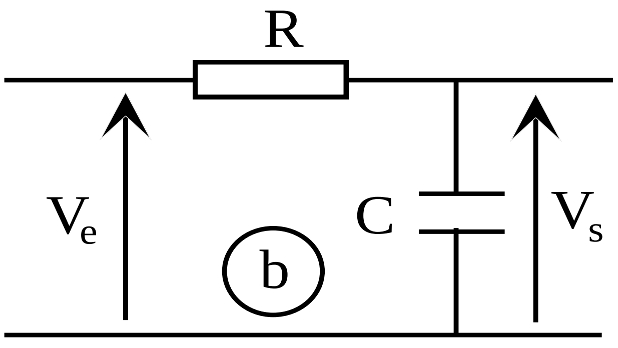
Chap1: Les oscillateurs BF

1.1) Etude du Ft d'un oscillateur en régime linéaire

- quelques rappels





Fonction de transfert

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{j\omega}{j\omega + \omega_1}$$

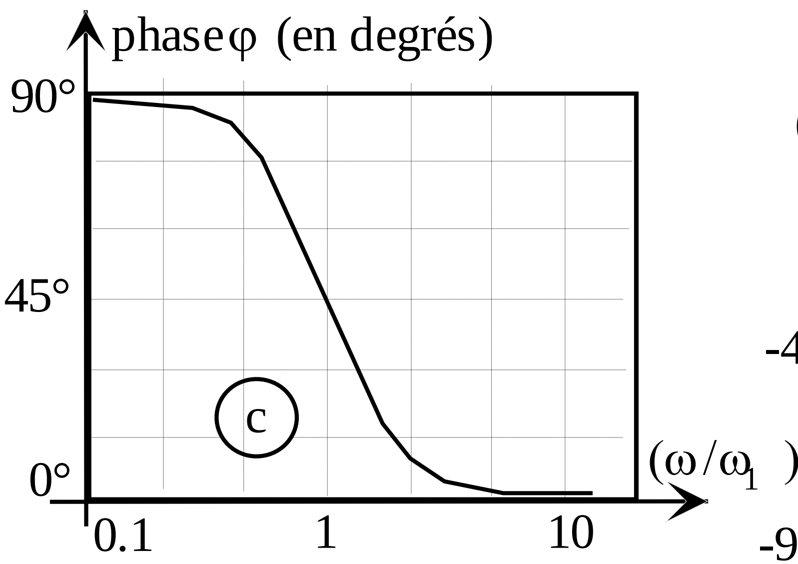
$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{\omega_1}{j\omega + \omega_1}$$

Chap1: Les oscillateurs BF

1.1) Etude du Ft d'un oscillateur en régime linéaire - quelques rappels

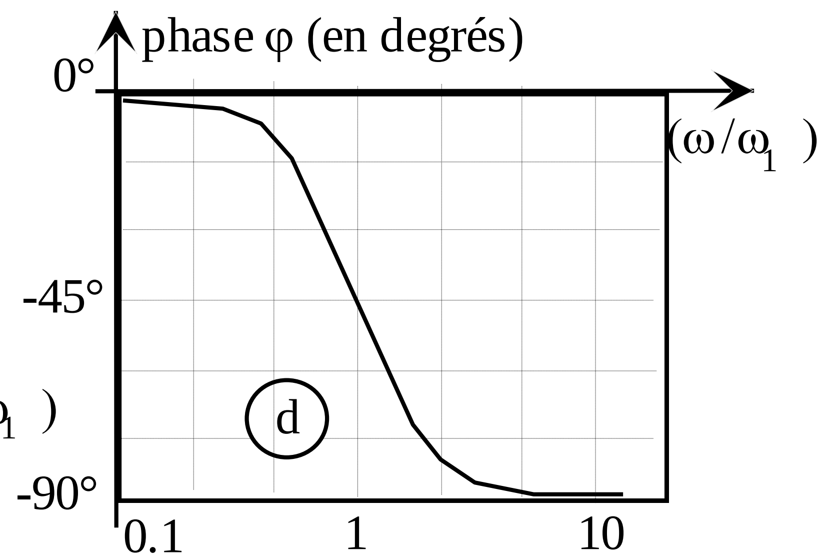
φ =Arg(Vs/Ve)

φ= (π/2) - arctg(ω/ω1)



φ =Arg(Vs/Ve)

φ = - arctg(ω/ω1)



Exercices d’application

Exercice 2

Soit le schéma de la figure 2.

1°) Donner l’expression du gain en tension de ce montage

2°) Donner l’expression de sa résistance d’entrée, quel est son signe.

3°) Que peut-on en déduire à partir des résultats des questions 1°) et 2°).

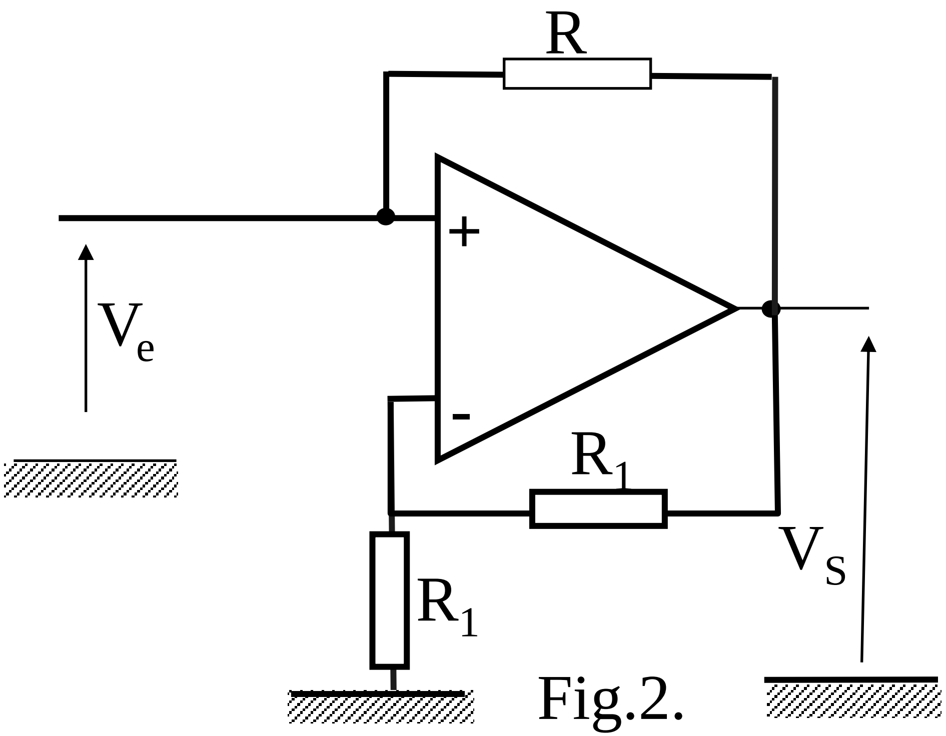


Fig.2.

Exercices d'application

Exercice 1

On a à étudier le montage à amplificateur opérationnel (considéré comme étant idéal) de la figure 1.

1°) Donner l'expression du gain en tension de ce montage ainsi que sa résistance d'entrée.

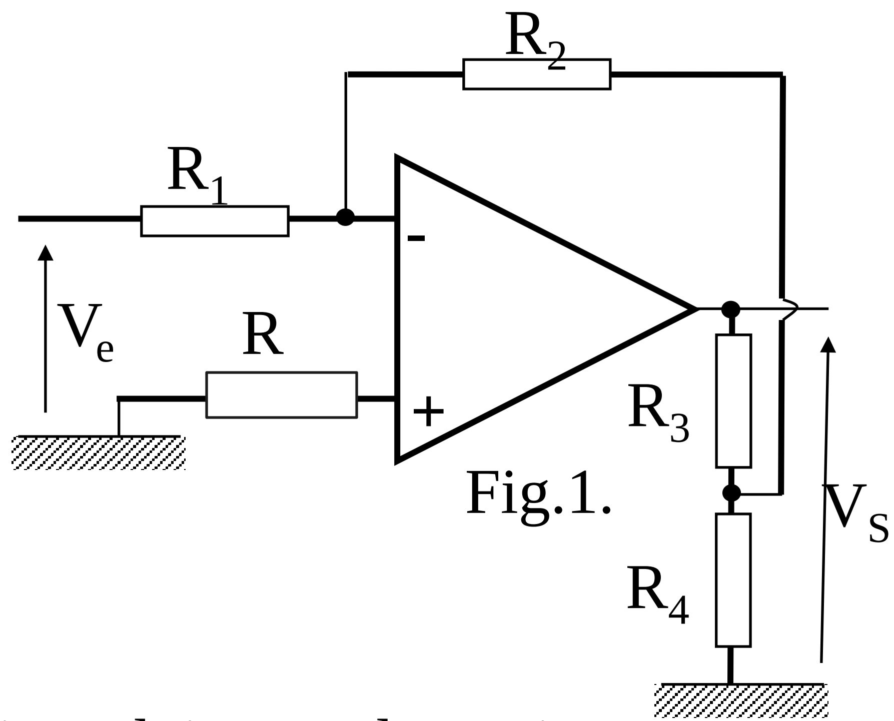


Fig.1.

.

2°) Quel est le déphasage qui est introduit entre la sortie et l'entrée

3°) Quelle est la fonction de ce circuit ? Peut-on le remplacer par un circuit plus classique ?

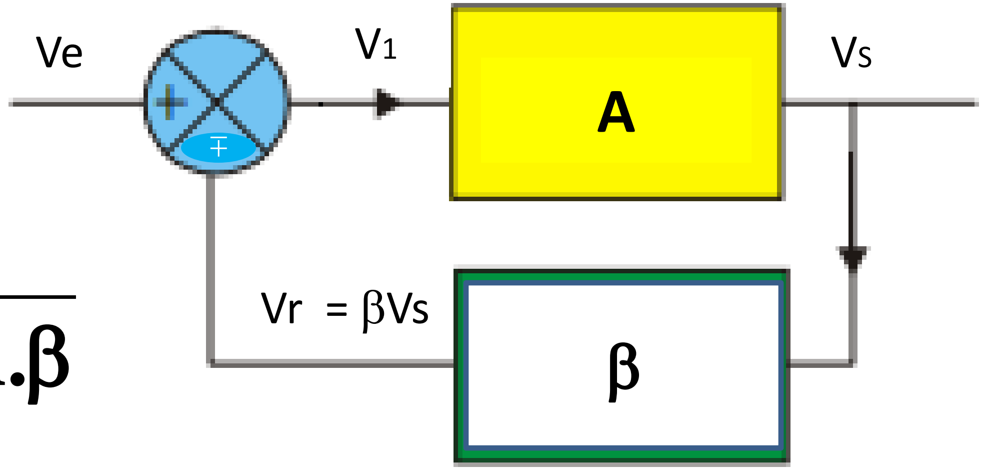
Chap1: Les oscillateurs BF

1.1) Etude du Ft d’un oscillateur en régime linéaire

- Principe de la réaction

On peut modifier les performances d’un système en superposant au signal d’entrée une partie du signal de sortie.

La chaine directe a une fonction de transfert A.
La chaîne de réaction a une fonction de transfert de gain β.
L’ensemble forme un circuit bouclé.



$$\frac{v_s}{v_e} = \frac{A}{1 \pm A.\beta}$$

Chap1: Les oscillateurs BF

1.1) Etude du Ft d'un oscillateur en régime linéaire

- Principe de la réaction

Lorsqu'on ramène une partie du signal de la sortie vers l'entrée, on constitue un montage à « réaction ».

$$\frac{v_s}{v_e} = \frac{A}{1 - A.\beta}$$

Lorsque le signal ramené sur l'entrée a le même signe que Vs, la réaction est positive ;

$$\frac{v_s}{v_e} = \frac{A}{1 + A.\beta}$$

Lorsque le signal ramené sur l'entrée est de signe contraire à Vs, la réaction est négative (contre réaction ou rétro-action)

.

Chap1: Les oscillateurs BF

1.1) Etude du Ft d'un oscillateur en régime linéaire

- la réaction positive

Lorsqu'on applique une réaction positive, une partie du signal de sortie est ajouté au signal d'entrée.

Cela entraine une déstabilisation du signal de sortie

Cet effet est recherché dans les comparateur et les circuits oscillateurs

Chap1: Les oscillateurs BF

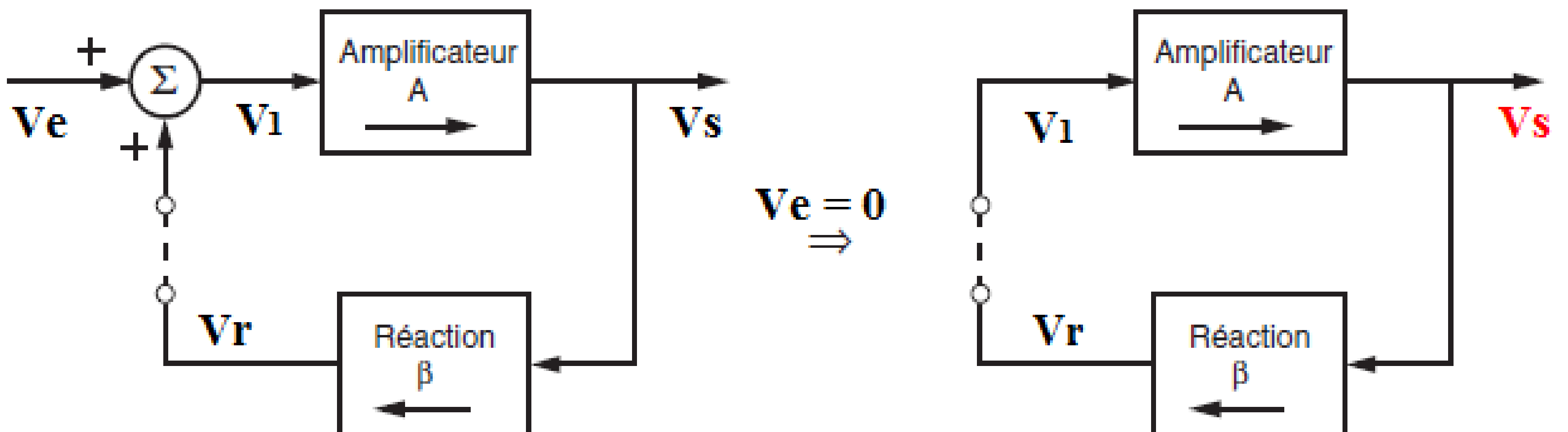
1.1) Etude du Ft d'un oscillateur en régime linéaire

- la réaction positive –Les oscillateurs

Pour réaliser un oscillateur, il faut qu'il puisse générer de lui-même un signal.

Il ne faudrait pas qu'il y ait une tension d'entrée.

Un oscillateur utilise une réaction positive



$$\frac{v_s}{v_e} = \frac{A}{1 - A.\beta}$$

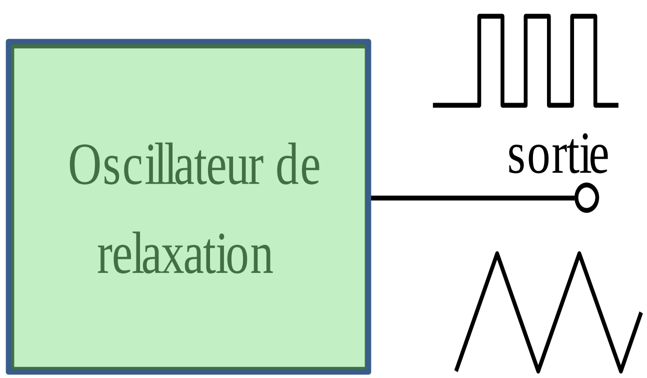
Chap1: Les oscillateurs BF

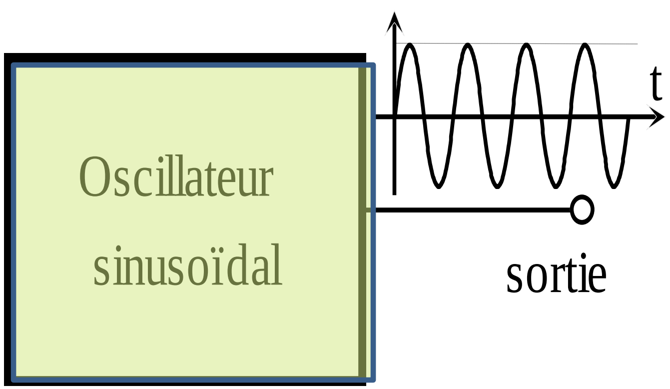
1.1) Etude du Ft d'un oscillateur en régime linéaire - la réaction positive –Les oscillateurs

Un oscillateur permet de générer une tension de sortie alternative périodique.

La forme de l'onde générée peut-être sinusoïdale, rectangulaire ou triangulaire.

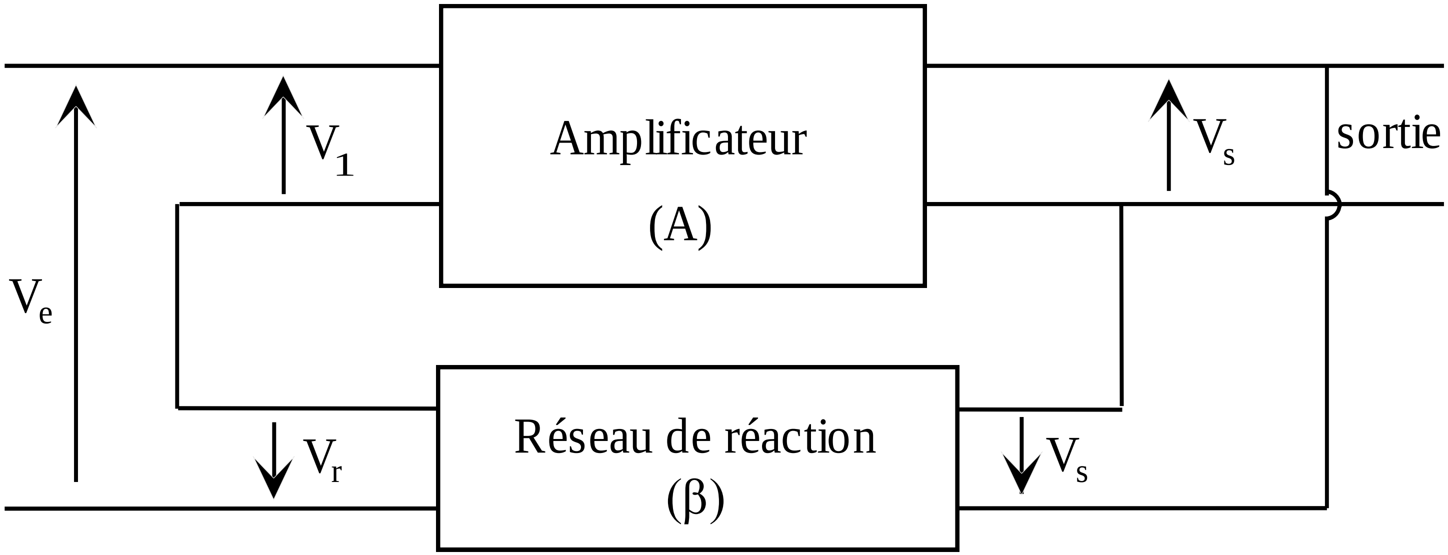
Selon la forme d'onde souhaitée ou la fréquence d, l'étude et la conception d'un oscillateur peut-être totalement différente.





Chap1: Les oscillateurs BF

1.1) Etude du Ft d’un oscillateur en régime linéaire - la réaction positive –Les oscillateurs



$V_r = \beta . V_s$; $V_1 = (V_s/A)$

$V_1 = V_e + V_r$ (réaction positive); $V_e = -V_r + V_1$

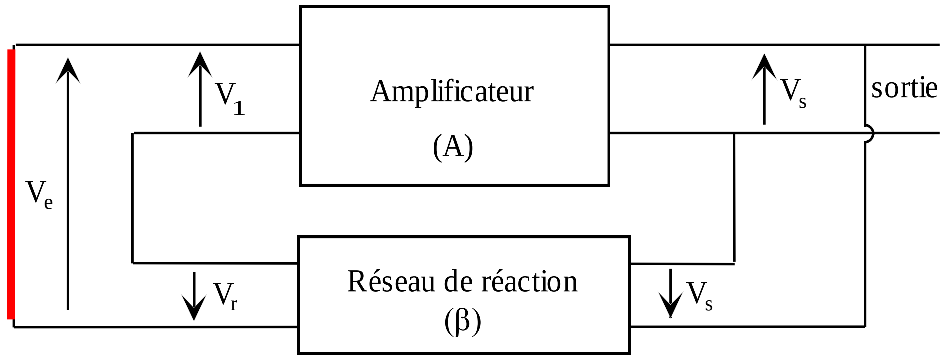
$$V_e = -\beta . V_s + (V_s/A)$$

Chap1: Les oscillateurs BF

1.1) Etude du Ft d'un oscillateur en régime linéaire - la réaction positive –Les oscillateurs

Le rapport entre les tensions Vs et Ve est:

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{A}{1 - A\beta}$$



Pour que le système devienne un oscillateur, il faut le rendre totalement instable. Il suffit d'écrire: A.β = 1

$$\frac{V_s}{V_e} \rightarrow \infty$$

Ceci veut dire, qu'on est en présence d'une tension Vs non nulle et d'une tension Ve = 0 (tension d'entrée du système).

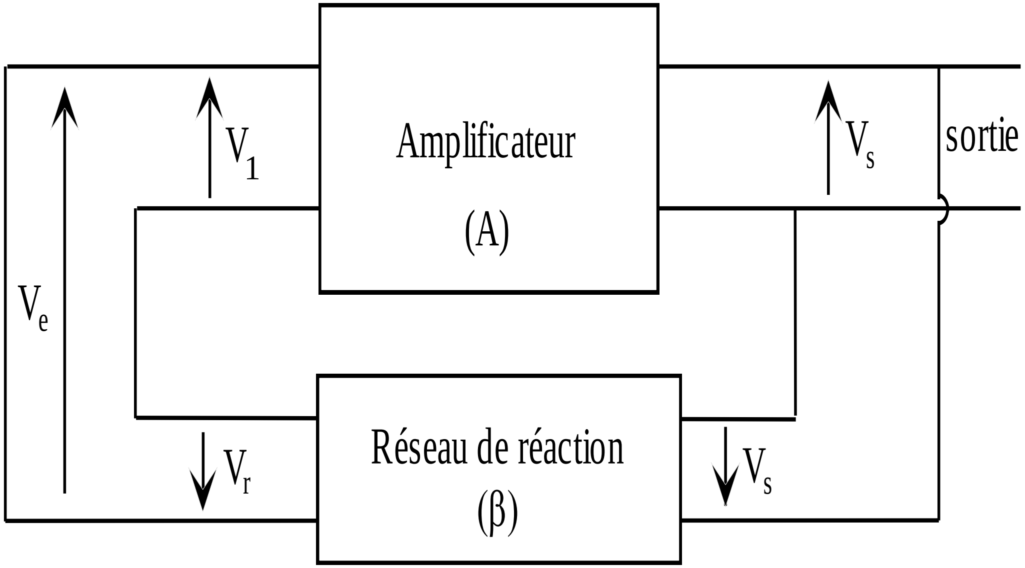
On a donc généré une tension de sortie Vs sans injecter aucune tension à l'entrée: c'est le principe de l'oscillation.

Chap1: Les oscillateurs BF

1.1) Etude du Ft d'un oscillateur en régime linéaire - la réaction positive –Les oscillateurs

En résumé:

Le dispositif ci-contre va fonctionner en oscillateur à la condition: A.β = 1.



Cette condition est appelée condition de Barkhausen;

Elle renferme en réalité deux conditions: l'une sur la phase et l'autre sur le module.

$$\mathbf{A.\beta = 1 \Leftrightarrow \begin{cases} Arg(A) + Arg(\beta) = 0 \quad [2\pi] \\ |A.\beta| = 1 \end{cases}}$$

Chap1: Les oscillateurs BF

1.1) Etude du Ft d'un oscillateur en régime linéaire - la réaction positive –Les oscillateurs

$$A.\beta = 1 \Leftrightarrow \begin{matrix} \text{Arg}(A) + \text{Arg}(\beta) = 0 \quad [2\pi] \\ |A.\beta| = 1 \end{matrix}$$

La condition sur l'argument permet de déterminer la fréquence d'oscillation (f_0) du circuit.

La condition sur le module permet de déterminer la condition d'entretien.

Généralement le gain A est réel, cas en général des amplificateurs basses fréquences. La condition de Barkhausen se réduit à :

$$A.\beta = 1 \Leftrightarrow \begin{matrix} \text{Arg}(\beta) = 0 \quad [2\pi]; \quad \text{lorsque} \quad A > 0 \\ |A.\beta| = 1 \end{matrix}$$

$$A.\beta = 1 \Leftrightarrow \begin{matrix} \text{Arg}(\beta) = \pi \quad [2\pi]; \quad \text{lorsque} \quad A < 0 \\ |A.\beta| = 1 \end{matrix}$$

Chap1: Les oscillateurs BF

1.1) Etude du Ft d’un oscillateur en régime linéaire - la réaction positive –Les oscillateurs

$$A.\beta = 1 \Leftrightarrow \begin{cases} \mathrm{Arg}(\beta) = 0 \quad [2\pi]; \quad \text{lorsque} \quad A > 0 \\ |A.\beta| = 1 \end{cases}$$

$$A.\beta = 1 \Leftrightarrow \begin{cases} \mathrm{Im}(\beta) = 0 \qquad A > 0 \\ A.\beta(f_0) = 1 \end{cases}$$

L’annulation de la partie imaginaire permet de déterminer la fréquence d'oscillation (f_0) et A.b(f0) permet de déterminer la condition sur A pour que l’oscillation soit entretenue.

$$A.\beta = 1 \Leftrightarrow \begin{cases} \mathrm{Arg}(\beta) = \pi \quad [2\pi]; \quad \text{lorsque} \quad A < 0 \\ |A.\beta| = 1 \end{cases}$$

$$A.\beta = 1 \Leftrightarrow \begin{cases} \mathrm{Im}(\beta) = 0 \qquad A < 0 \\ A\beta(f_0) = 1 \end{cases}$$

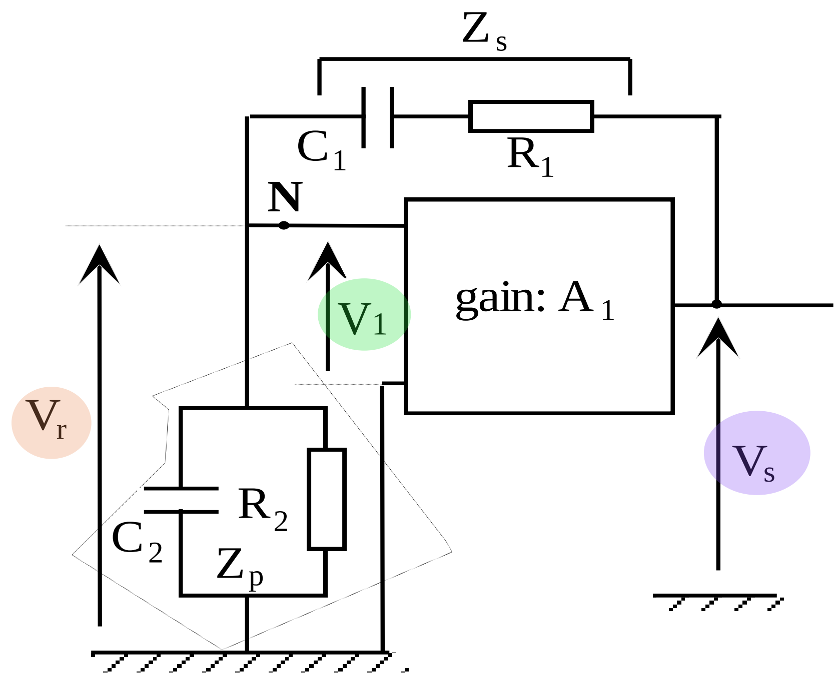
Lorsque l'argument de (β) est nul ou égal à (π), cela indique que la partie imaginaire de la fonction de transfert β doit-être obligatoirement nulle.

Chap1: Les oscillateurs BF

1.2. Etude d'un oscillateur sinusoïdal à réaction :

Calcul de l'oscillateur à pont de Wien

$$\beta = \frac{V_r}{V_S}\;\frac{Z_p}{Z_s + Z_p} = \frac{1}{1 + \dfrac{Z_s}{Z_p}}$$



$$Z_s = R_1 + \frac{1}{jC_1\omega}; \qquad Z_p = \frac{R_2}{1 + jR_2C_2\omega}$$

$$\beta = \frac{1}{1 + \dfrac{R_1}{R_2} + \dfrac{C_2}{C_1} + j\left(R_1C_2\omega - \dfrac{1}{R_2C_1\omega}\right)}$$

Chap1: Les oscillateurs BF

1.2 Etude d'un oscillateur sinusoïdal à réaction :

Calcul de l'oscillateur à pont de Wien

Fréquence d'oscillation f_0

Le gain A de l'amplificateur est considéré purement réel.

La condition de Barkhausen (A.β=1) impose que la fonction de transfert β doit être réelle ⇔ Imaginaire(β) =0

$$\beta = \frac{1}{1+\frac{R_1}{R_2}+\frac{C_2}{C_1}+j\left(R_1C_2\omega-\frac{1}{R_2C_1\omega}\right)}$$

Imaginaire(β) =0 ⇔ $$\left(R_1C_2\omega-\frac{1}{R_2C_1\omega}\right)=0$$

D'où la fréquence d'oscillation $f_0 = (\omega_0/2\pi)$:

$$\omega^2=\omega_0^2=\frac{1}{R_1R_2C_1C_2}$$

Chap1: Les oscillateurs BF

1.2. Etude d'un oscillateur sinusoïdal à réaction :

Calcul de l'oscillateur à pont de Wien

Fréquence d'oscillation f_0

D'où la fréquence d'oscillation $f_0 = (\omega_0/2\pi)$:

$$\omega 2 = \omega_0 2 = \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}$$

Dans le cas où $R_1 = R_2 = R$ et $C_1 = C_2 = C$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi RC}$$

Chap1: Les oscillateurs BF

1.2. Etude d'un oscillateur sinusoïdal à réaction :

Calcul de l'oscillateur à pont de Wien

Condition d'entretien

A cet effet, On écrit :

$$A.\beta\ (\omega = \omega_0) = 1$$

$$\beta(\omega 0) = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1} + j(R_1 C_2 \omega_0 - \frac{1}{R_2 C_1 \omega_0})} = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}}$$

$$A = 1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}$$

Dans le cas où $R_1 = R_2 = R$ et $C_1 = C_2 = C$

$$A = 3$$

: Condition d'entretien

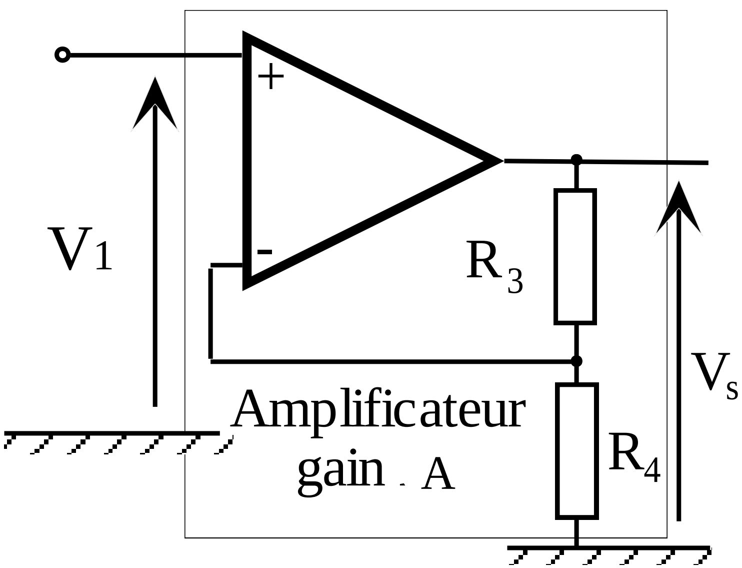
Chap1: Les oscillateurs BF

1.2. Etude d'un oscillateur sinusoïdal à réaction :

Conception et réalisation de l'oscillateur à pont de Wien

Circuit amplificateur

Gain réel positif de valeur A = 3. On peut choisir comme élément amplificateur un ampli-opérationnel



$$A = \frac{R_3 + R_4}{R_4} = 1 + \frac{R_3}{R_4} = 3$$

$$R_3 = 2R_4$$

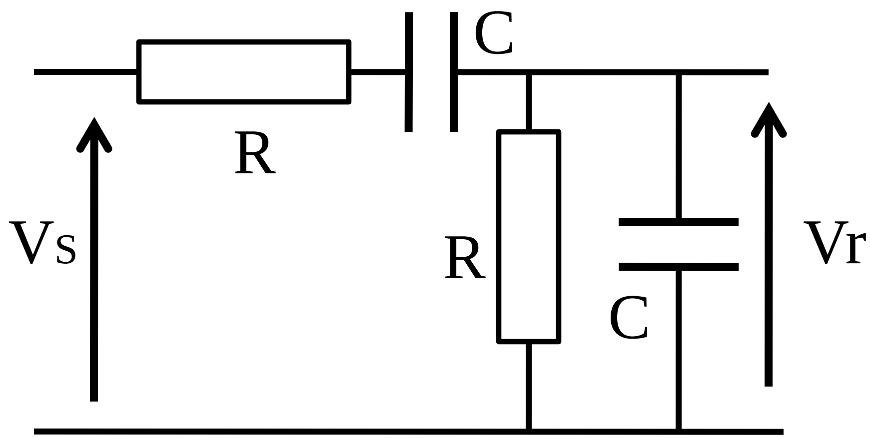
Ex: R_3 = 100KΩ et
R_4 =50KΩ

Chap1: Les oscillateurs BF

1.2. Etude d'un oscillateur sinusoïdal à réaction :

Conception et réalisation de l'oscillateur à pont de Wien

Circuit de réaction: pont de Wien



$$\beta = \frac{1}{3 + j\left(RC\omega - \frac{1}{RC\omega}\right)}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

Ex: On veut générer un signal de fréquence f_0 = 1KHz

On prendra: R =1KΩ et on déduit C=0,16µF
Ou bien R=100Ω et c=1,6µF

Chap1: Les oscillateurs BF

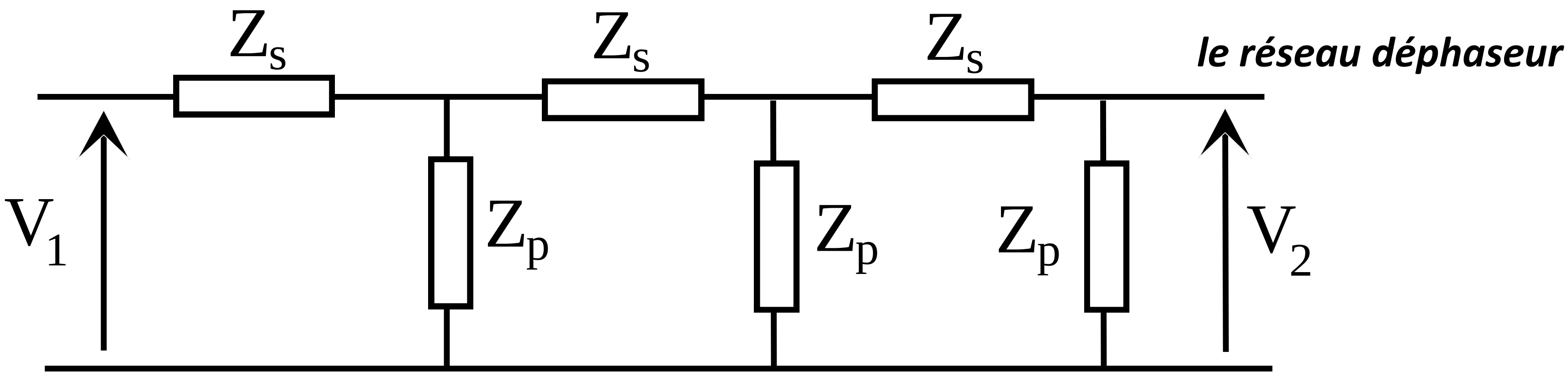
1.2. Etude d'un oscillateur sinusoïdal à réaction :

Réalisation et fonctionnement
de l'oscillateur à pont de Wien

Pont_Wien.avi

Chap1: Les oscillateurs BF

1.3. Oscillateur sinusoïdal à réseau déphaseur

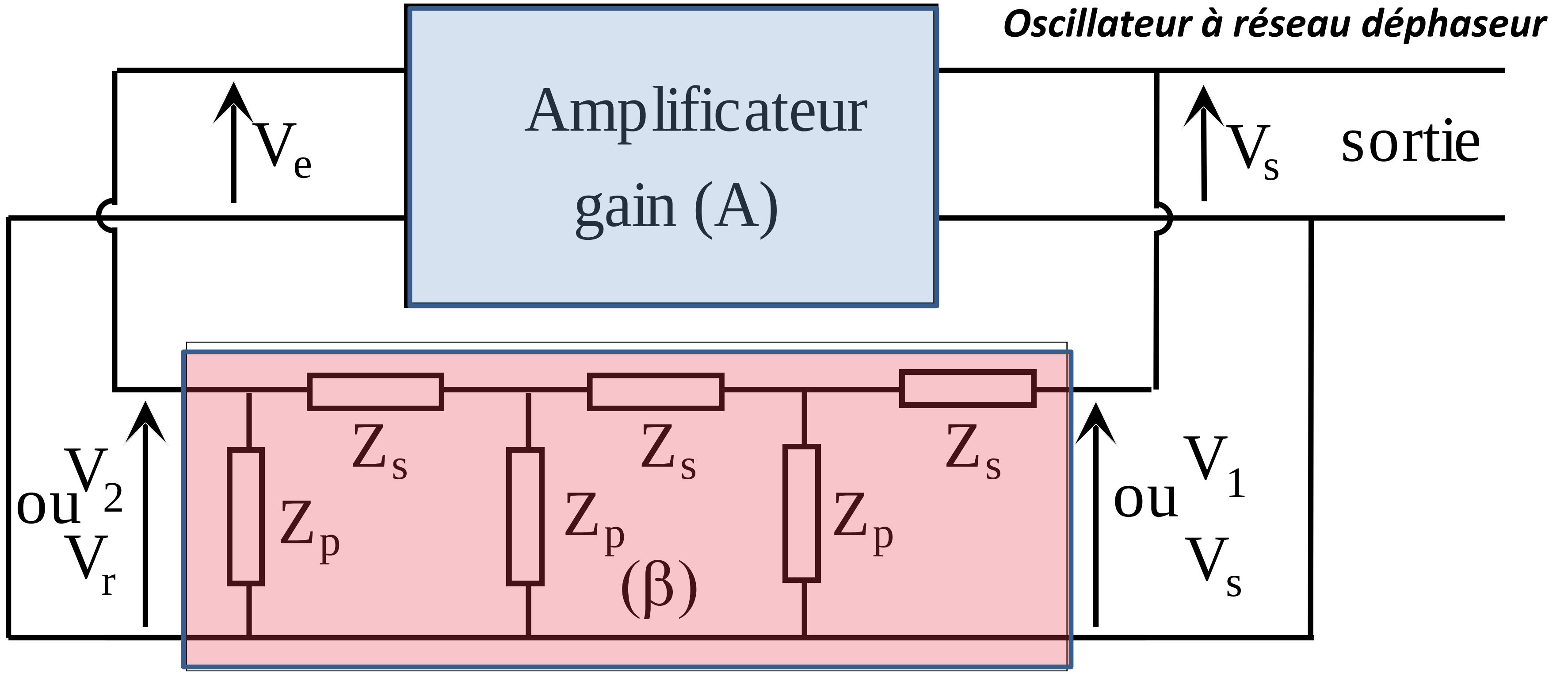


Cet d'oscillateur a un circuit de réaction qui est constitué d'un certain nombre de cellules RC. Dans le cas le plus fréquent, on utilise 3 cellules.

Avec trois cellules on peut avoir une rotation de phase de 180 degrés.

La rotation de phase de 180 degrés est nécessaire en raison de l'utilisation dans la chaîne qui compose l'oscillateur d'un amplificateur à gain réel.

1.3. Oscillateur sinusoïdal à réseau déphaseur



Pour fonctionner en oscillateur, ce circuit doit remplir la condition de Barkhausen:

$$A\beta = 1$$

Chap1: Les oscillateurs BF

1.3. Oscillateur sinusoïdal à réseau déphaseur

$$A.\beta = 1 \Leftrightarrow \begin{cases} Arg(A) + Arg(\beta) = 0 + 2k\pi \\ |A.\beta| = 1 \end{cases}$$

A: Gain introduit par l'amplificateur

β: Fonction de transfert du circuit de réaction représenté par le réseau déphaseur.

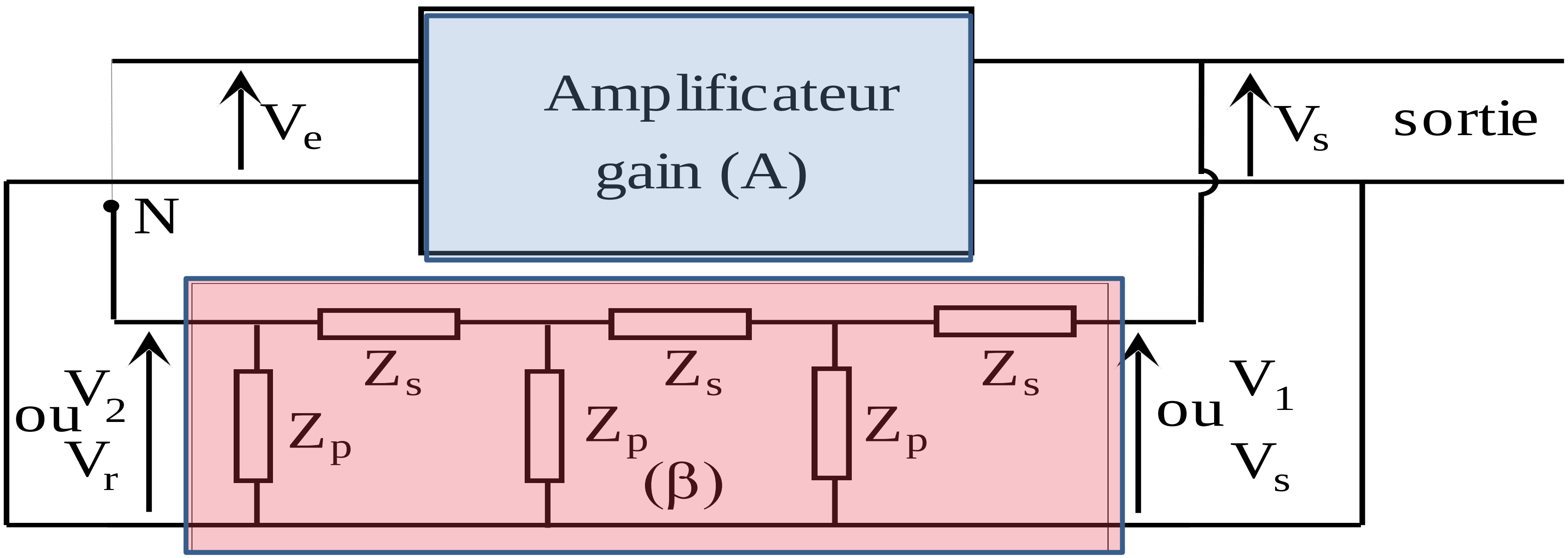
$$A = \frac{V_s}{V_e}; \qquad \beta = \frac{V_r}{V_1} = \frac{V_r}{V_s}$$

On suppose pour des raisons de simplifications, que l'impédance d'entrée de l'amplificateur est très élevée.

De ce fait elle ne charge pas le circuit de réaction

Chap1: Les oscillateurs BF

1.3. Oscillateur sinusoïdal à réseau déphaseur



Pour simplifier les calculs, on ouvre le circuit au point N et on calcule séparément le gain **A** de l'amplificateur et l'expression de la fonction de transfert **β**.

Chap1: Les oscillateurs BF

1.3. Oscillateur sinusoïdal à réseau déphaseur

!! Dans le cas ou l'impédance d'entrée de l'amplificateur n'est pas élevée, il est alors impératif de restituer l'équilibre des impédances après avoir coupé, mais avant d'effectuer tout calcul !!

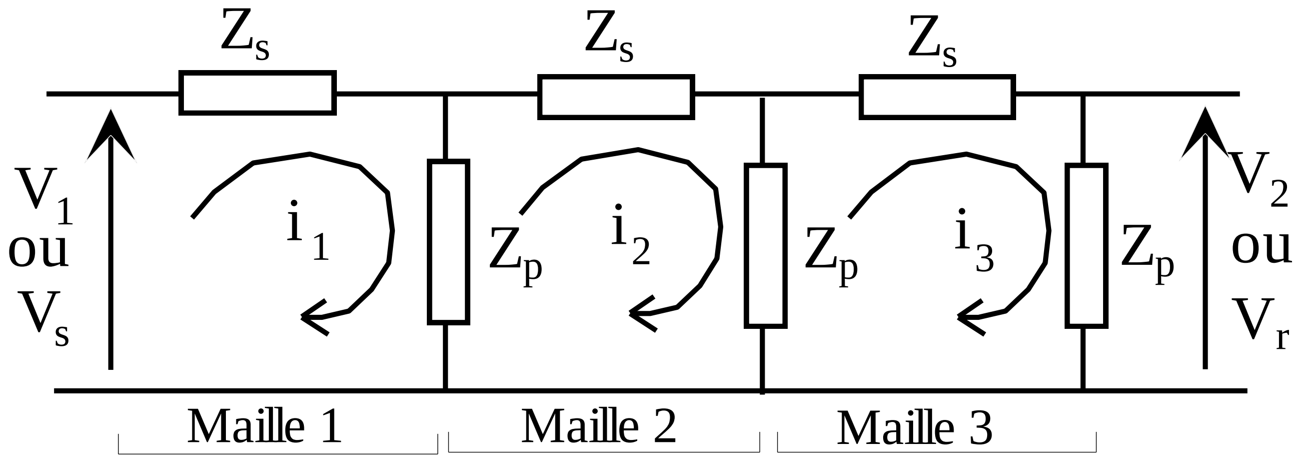
La séparation des circuits amplificateur et de réaction, permet une plus grande facilité de calcul surtout, pour la fonction de transfert du circuit de réaction

Chap1: Les oscillateurs BF

1.3. Oscillateur sinusoïdal à réseau déphaseur

- Calcul de la fonction de transfert β du circuit de réaction

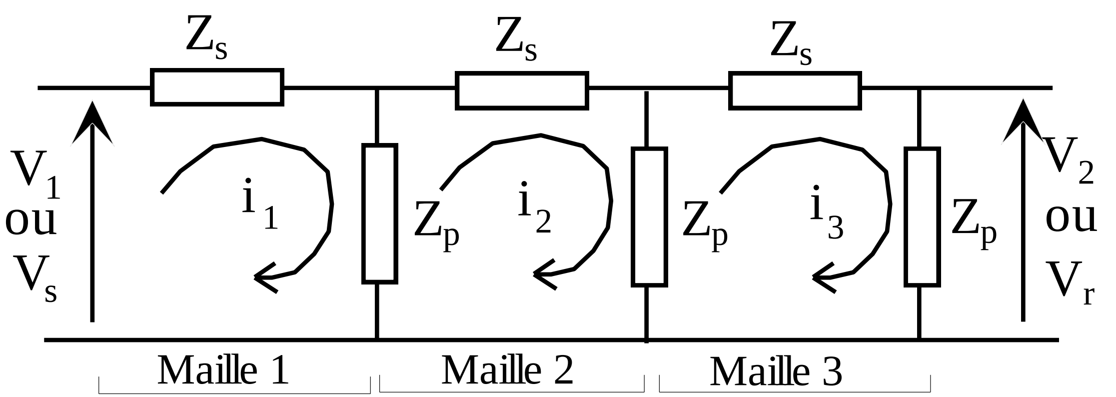
Pour effectuer le calcul de β, on suppose que l'amplificateur ne charge pas le circuit de réaction



Pour le calcul, on va utiliser la méthode la plus classique qui consiste à écrire les équations aux 3 mailles du circuit ……..

Chap1: Les oscillateurs BF

1.3. Oscillateur sinusoïdal à réseau déphaseur



Maille 1 : **Vs = Zs.i1 + Zp.(i1 - i2)** (1)

Maille 2 : **0 = Zp.(i2 - i1) + Zs.i2 + Zp.(i2 - i3)** **(2)**

Maille 3 : **0 = Zp.(i3 - i2) + Zs.i3 + Zp.i3** (3)

$$\mathbf{i_3 = \frac{V_r}{Z_p}}$$

$$\mathbf{(2.Z_p + Z_s)i3 = Z_p\ i2}$$

$$\mathbf{i_2 = \frac{(2Z_p + Z_s)V_r}{Z_p^2}}$$

Chap1: Les oscillateurs BF

1.3. Oscillateur sinusoïdal à réseau déphaseur

Maille 2 : **0 = Zp.(i2 - i1) + Zs.i2 + Zp.(i2 - i3)   (2)**

$$\Rightarrow \quad \left[(2Z_p + Z_s)^2 \frac{V_r}{Z_p^2} \right] - V_r = Z_p i_1$$