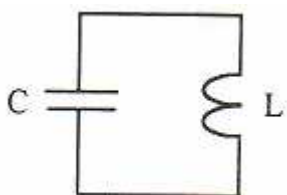


Oscillateurs sinusoïdaux

1 - Oscillation à résistance négative

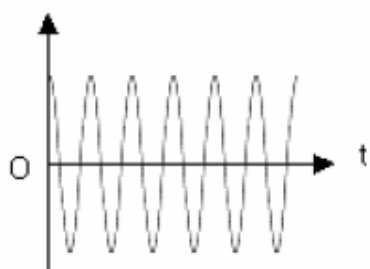
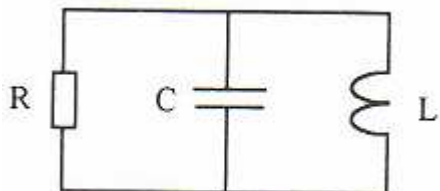
OSCILLATIONS LIBRES NON AMORTIES D'UN CIRCUIT L, C (résistance négligeable)

Le montage suivant constitue un oscillateur électrique L, C. En l'absence de résistance on dit que l'oscillateur est non amorti. Etudions ce qui se passe lorsque, après avoir chargé le condensateur, on le relie à la bobine d'inductance L.



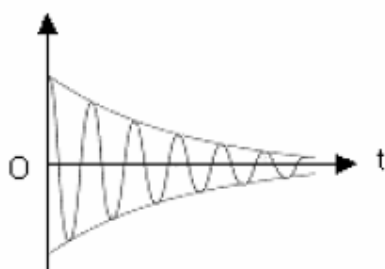
OSCILLATIONS LIBRES AMORTIES D'UN CIRCUIT L, C AVEC RESISTANCE R

En présence de résistance R l'énergie électromagnétique totale stockée dans C et L diminue car elle est dissipée en chaleur dans la résistance par effet Joule.



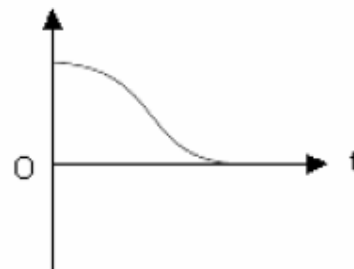
Résistance nulle
Régime périodique

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$$



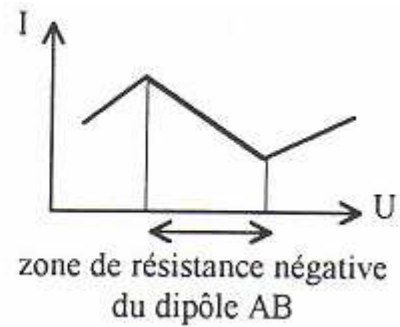
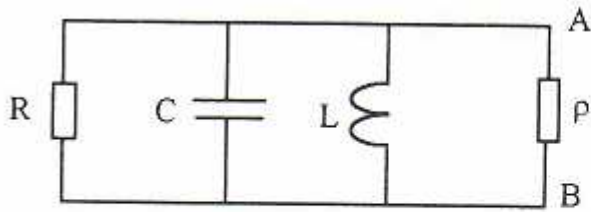
Résistance faible
Régime pseudo-périodique

T_1 voisin de T_0



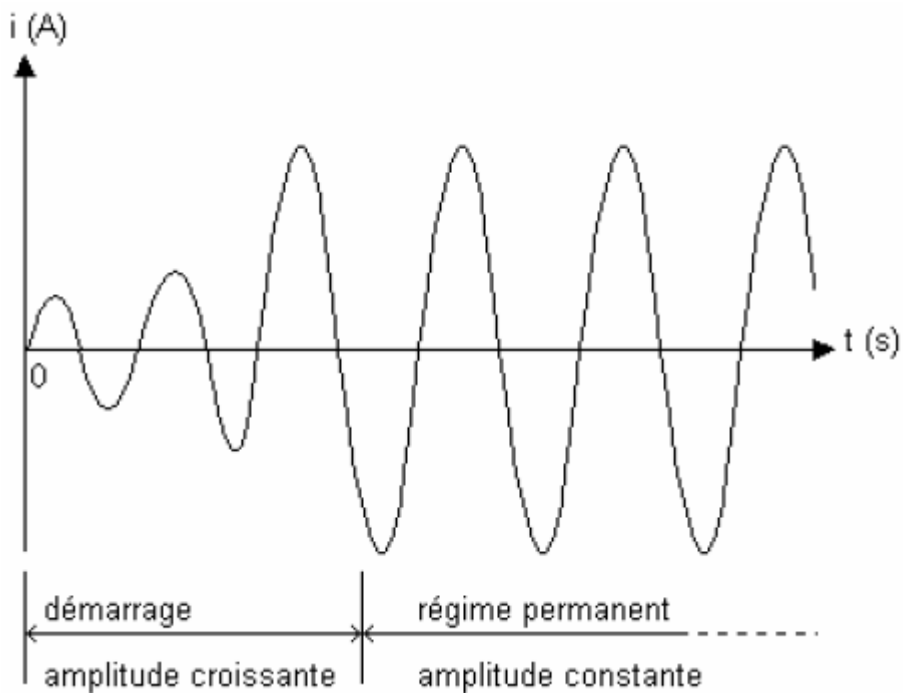
Résistance importante
Régime aperiodique

ENTRETIEN DES OSCILLATIONS. MONTAGE A RESISTANCE NEGATIVE.



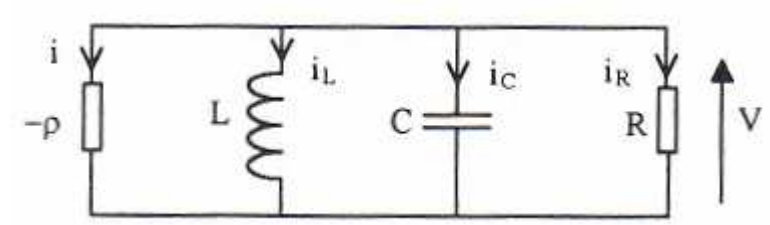
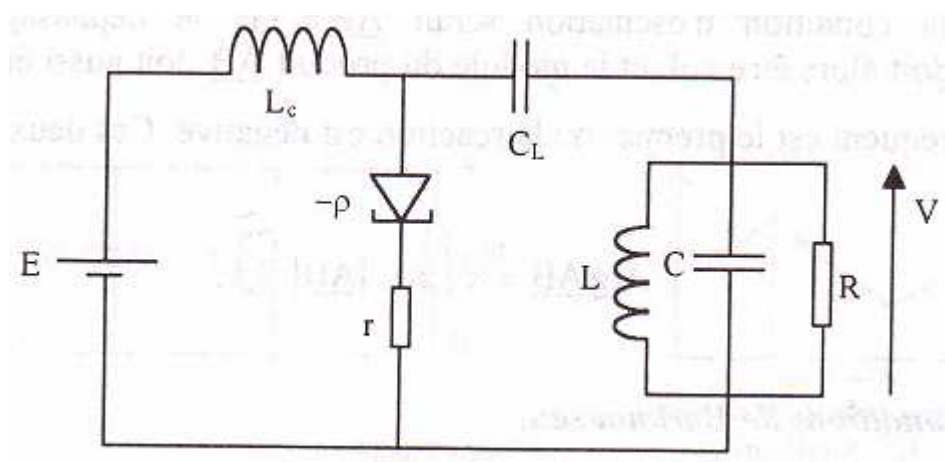
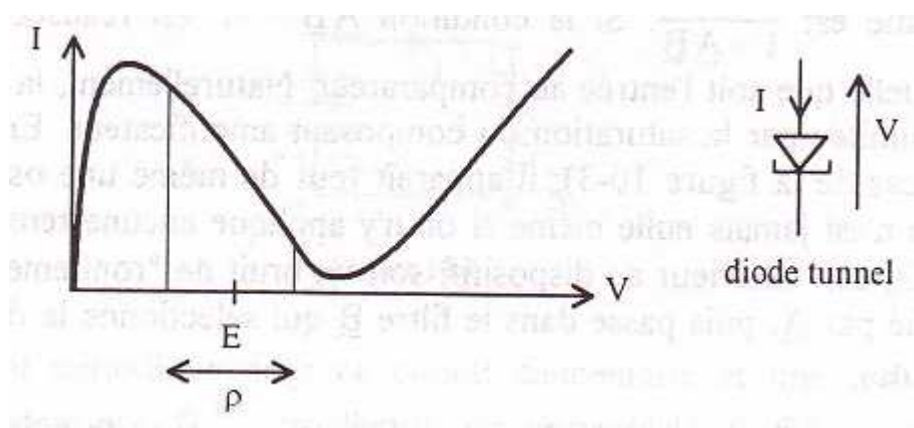
AMORCAGE DES OSCILLATIONS.

Pour l'amorçage des oscillations (régime transitoire) on donne à R une valeur très légèrement supérieure à r .

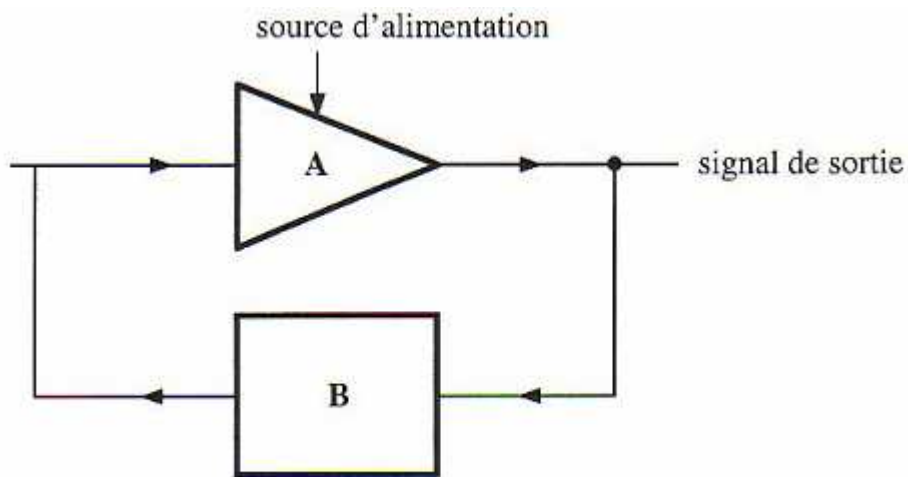


En fait, les premières oscillations prennent naissance grâce à de très petits mouvements aléatoires des électrons libres dans le métal constituant la résistance. Ces très petites oscillations d'électrons (dues à l'agitation thermique) existent dans tout conducteur, même non relié à un générateur.

EXAMPLE.



2 - Oscillation à boucle de réaction



Principe simplifié de l'oscillateur

Critère d'oscillation de Barkhausen

$$a(j\omega).b(j\omega) = 1$$

Condition de module

$$|a(j\omega).b(j\omega)| = 1$$

Condition de phase

$$\arg a(j\omega) + \arg b(j\omega) = 0$$

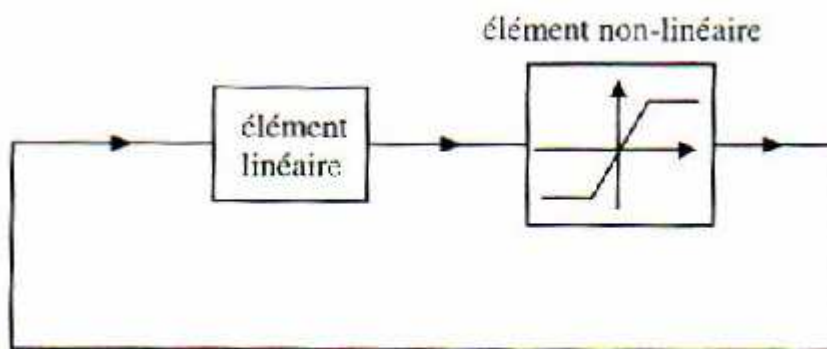
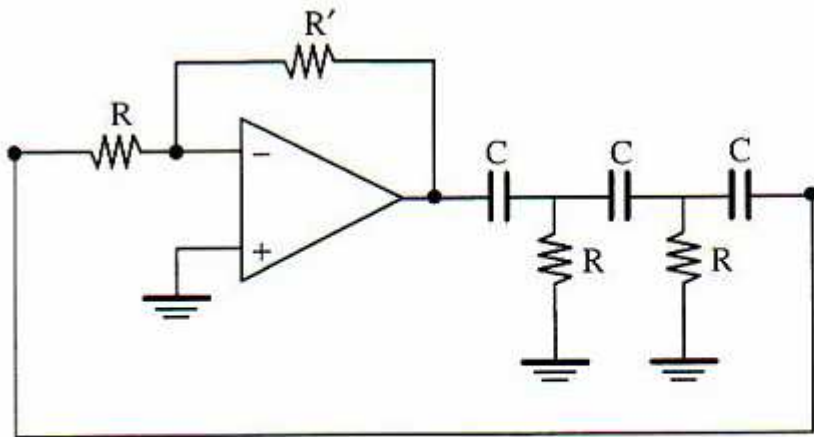


Schéma simplifié d'un oscillateur quasi-sinusoidal

Oscillateur à circuit déphaseur – déphaseur passif RC

Montage 1.

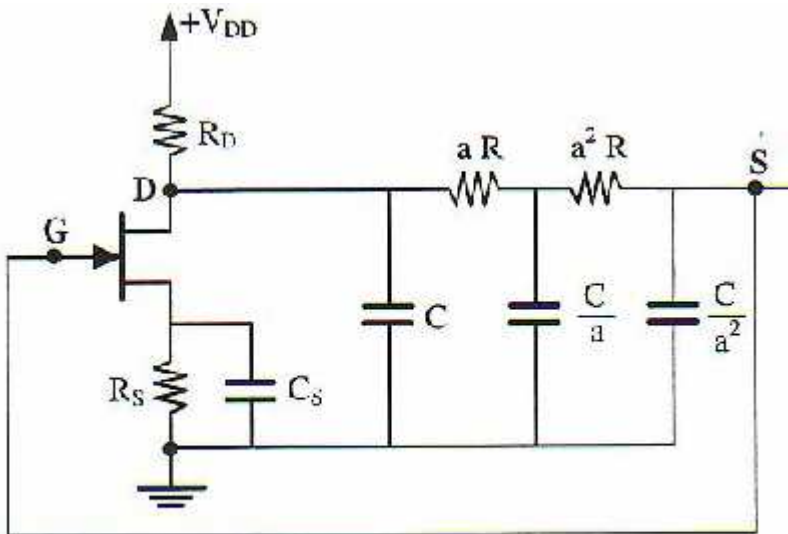


avec $a = 1$

Réseau passif RC associé à un amplificateur opérationnel

La fréquence d'oscillation est essentiellement limitée par la vitesse de balayage de l'amplificateur opérationnel.

Montage 2.



Résistances en série - Capacités en dérivation

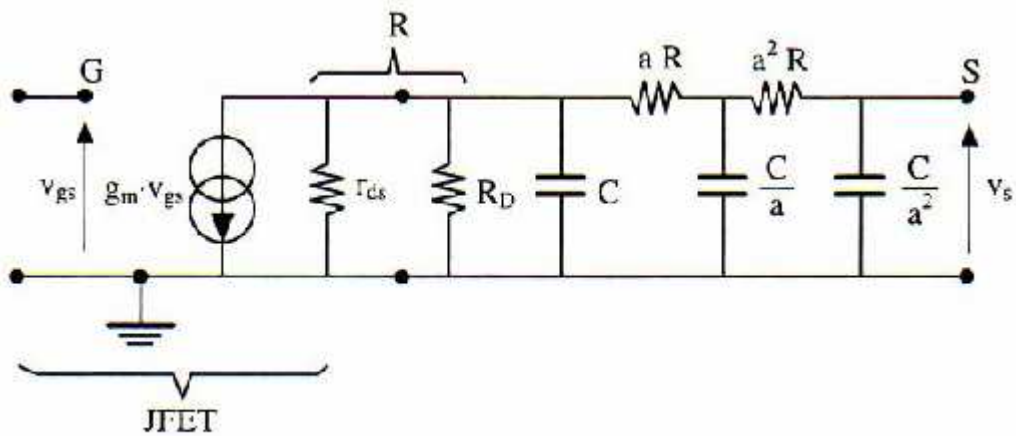


Schéma équivalent du système en boucle ouverte

Le gain de boucle est déterminé par :

$$T(p) = \frac{v_s}{v_{gs}} = \frac{-g_m R}{1 + \left(3 + \frac{2}{a} + \frac{1}{a^2}\right) pRC + \left(\frac{2}{a} + 3\right) p^2 R^2 C^2 + p^3 R^3 C^3}$$

Cas pratique $a = 1$

$$T(j\omega) = \frac{-g_m R}{1 + 6j\omega\tau + 5(j\omega)^2\tau^2 + (j\omega)^3\tau^3}$$

où $\tau = RC$

L'argument de $T(j\omega)$ est nul lorsque :

$$j(6\omega\tau - \omega^3\tau^3) = 0$$

Ceci fournit la pulsation d'oscillation :

$$\omega_0 = \frac{\sqrt[3]{6}}{RC}$$

L'amplitude de l'oscillation est déterminée par la relation :

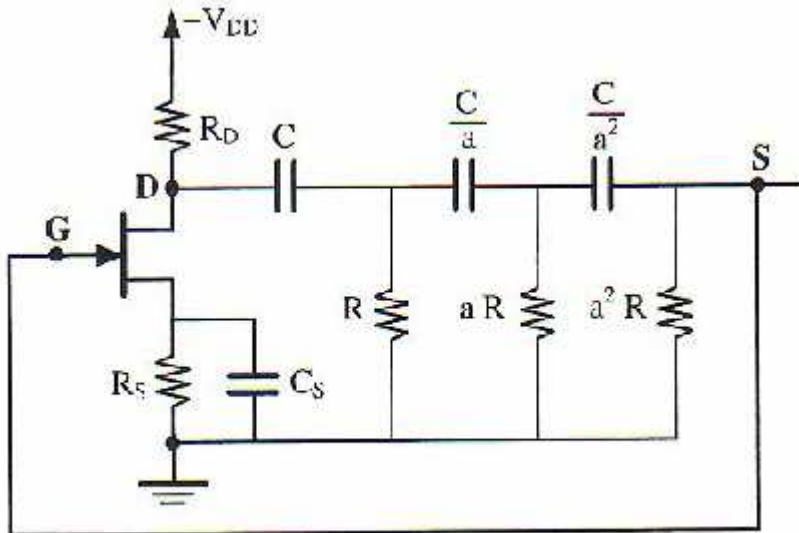
$$|T(j\omega_0)| = 1$$

soit :

$$\frac{g_m R}{29} = 1$$

La condition d'oscillation est donc $g_m R > 29$.

Montage 3.



Capacités en série - Résistances en dérivation

Remarque : La même méthode appliquée à la deuxième variante donnera une pulsation d'oscillation :

$$\omega_0 = \frac{1}{RC} \cdot \frac{1}{\sqrt{6}} \quad \text{pour } a = 1$$

On doit remarquer que le transistor à effet de champ peut être remplacé par un amplificateur opérationnel.

La valeur absolue du gain du montage inverseur

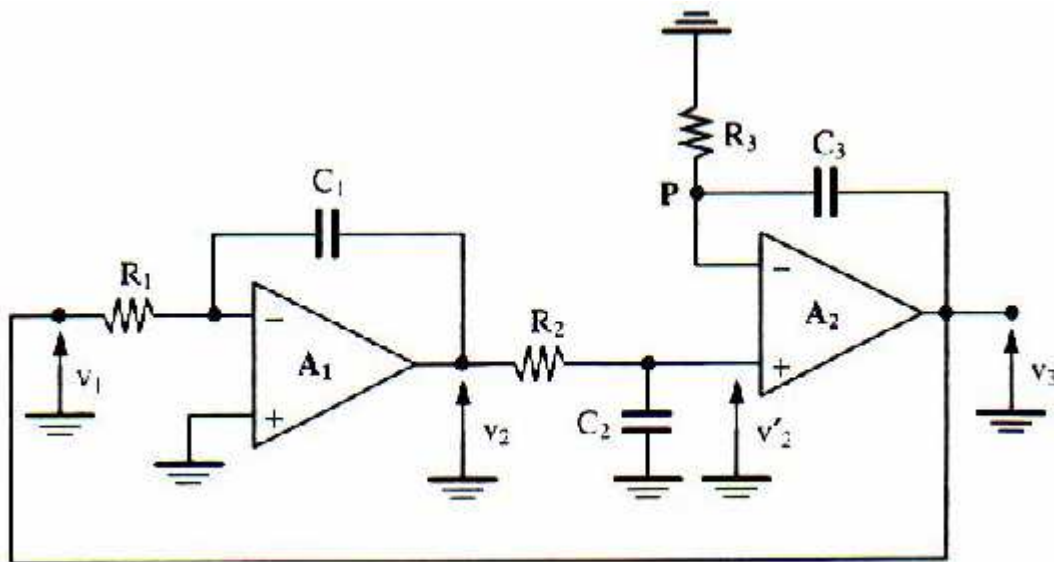
$$(A_V = -\frac{R'}{R}) \text{ doit être légèrement supérieure à } 29.$$

Oscillateur à circuit déphaseur – déphaseur actif

Le déphaseur peut être un ou plusieurs amplificateurs opérationnels associés à des éléments RC.

Exemple :

Oscillateur sinus – cosinus constitué d'un intégrateur inverseur et un intégrateur non-inverseur.

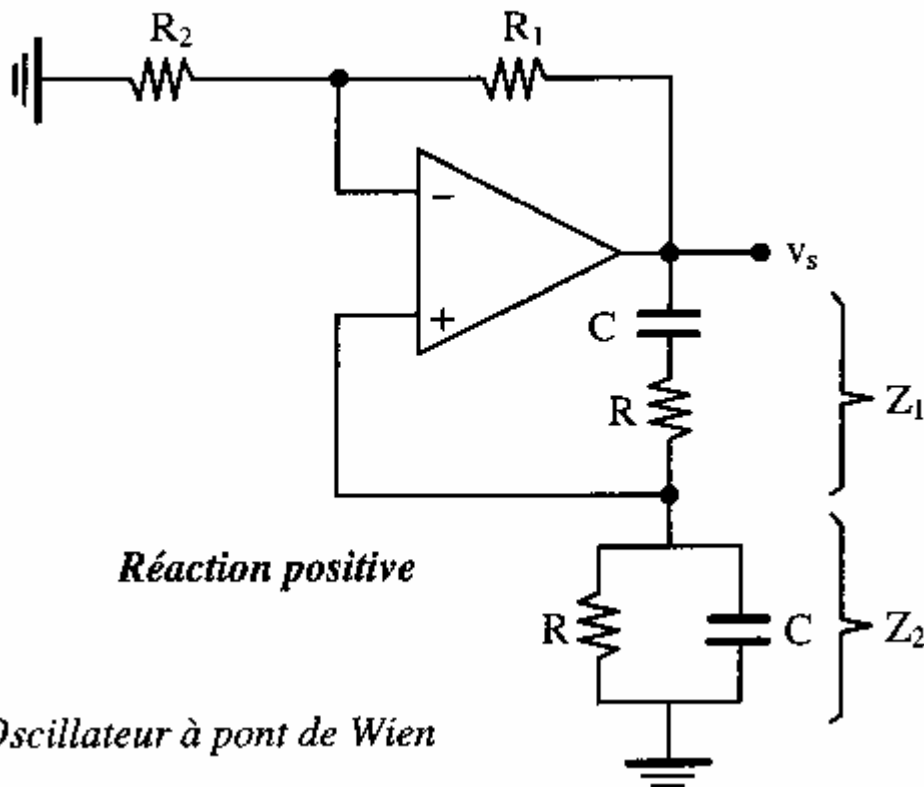


Oscillateur sinus-cosinus

L'oscillateur fournit deux tensions sinusoïdales v_2 et v_3 déphasées de $\frac{\pi}{2}$.

Oscillateur à circuit déphaseur sélectif – Oscillateur à pont de Wien

Réaction négative



Réaction positive

Oscillateur à pont de Wien

Remarque :

L'amplitude des oscillations est limitée par une ou plusieurs non-linéarités du montage qui peuvent être :

- naturelles : saturation de l'AOP
- imposées par l'introduction d'éléments non-linéaires : thermistances, filament d'une lampe, TEC, diodes zéner, ...

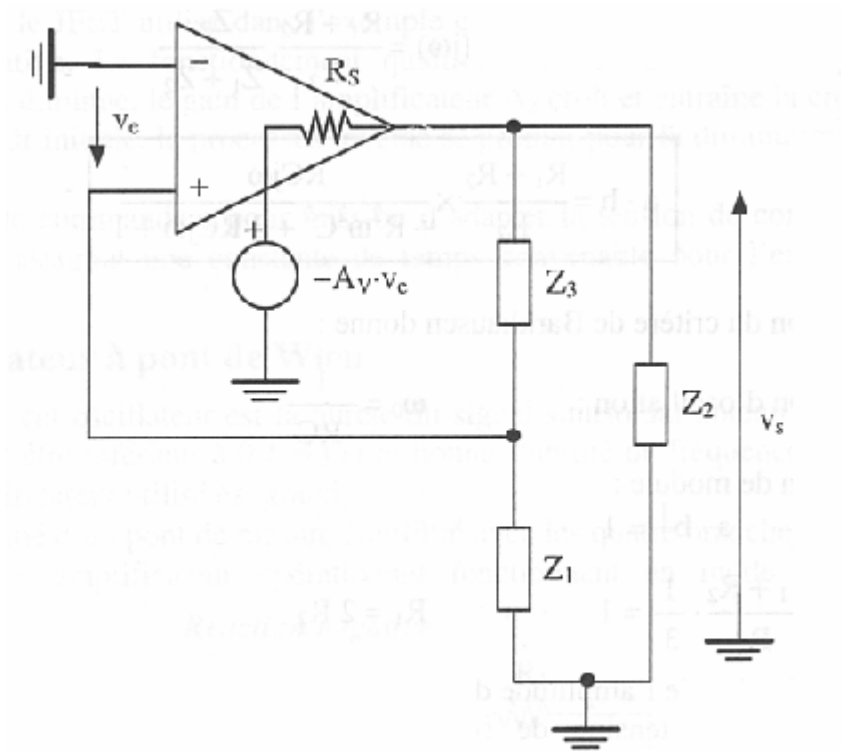
Exemple du pont de WIEN :

Oscillateurs à circuit accordé

Ces oscillateurs sont utilisés pour des fréquences supérieures à 50 KHz.

Leur structure de base comporte trois impédances Z_1 , Z_2 et Z_3 , et un amplificateur à résistance d'entrée élevée.

Soit A_v le gain en tension et R_s la résistance de sortie de l'amplificateur qui peut être un montage à AOP, ou un simple montage à transistor bipolaire ou JFET.



Structure de base des oscillateurs à circuit accordé

$$a \cdot b = -A_v \frac{Z_1 Z_2}{Z_2 (Z_1 + Z_3) + R_s (Z_1 + Z_2 + Z_3)}$$

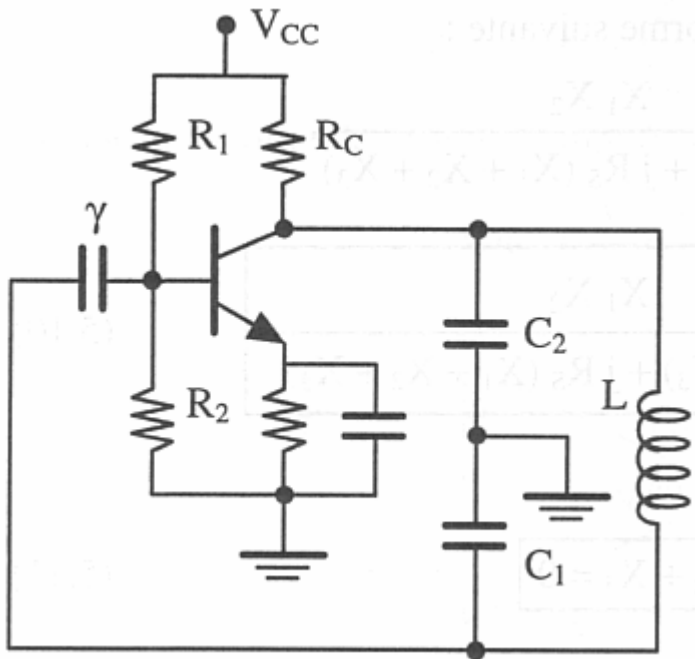
$$Z_1 = j X_1, \quad Z_2 = j X_2 \quad \text{ct} \quad Z_3 = j X_3$$

$$a \cdot b = A_v \frac{X_1 X_2}{j^2 X_2 (X_1 + X_3) + j R_s (X_1 + X_2 + X_3)}$$

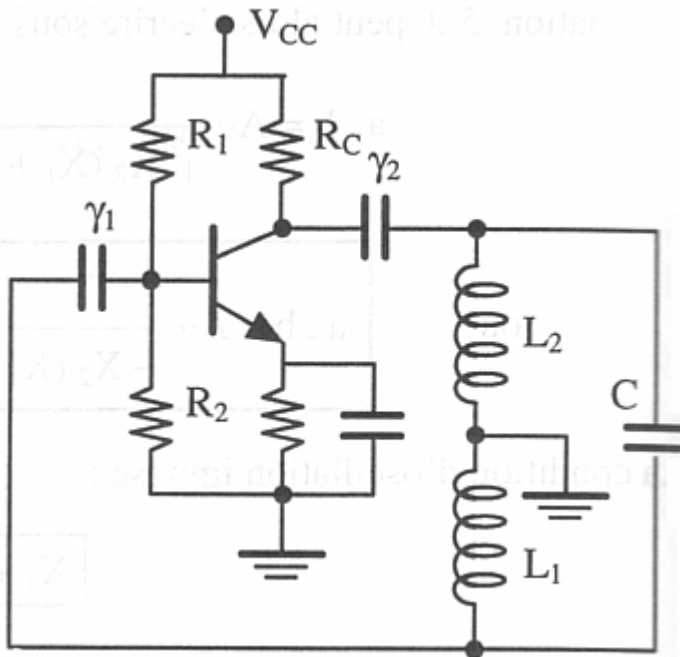
$$a \cdot b = A_v \frac{X_1 X_2}{-X_2 (X_1 + X_3) + j R_s (X_1 + X_2 + X_3)}$$

Exemples :

Oscillateur Colpitts à transistor bipolaire



Oscillateur Hartley à transistor bipolaire



Oscillateur Clapp à transistor bipolaire

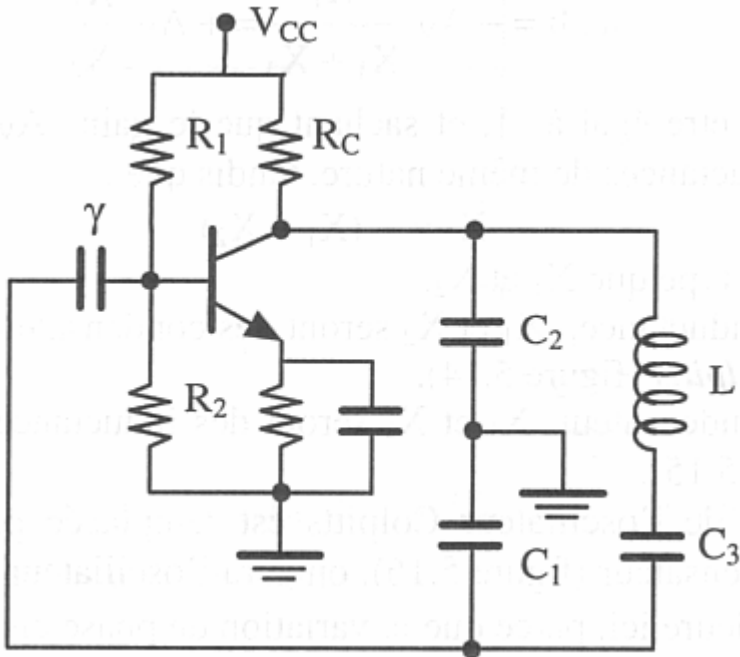
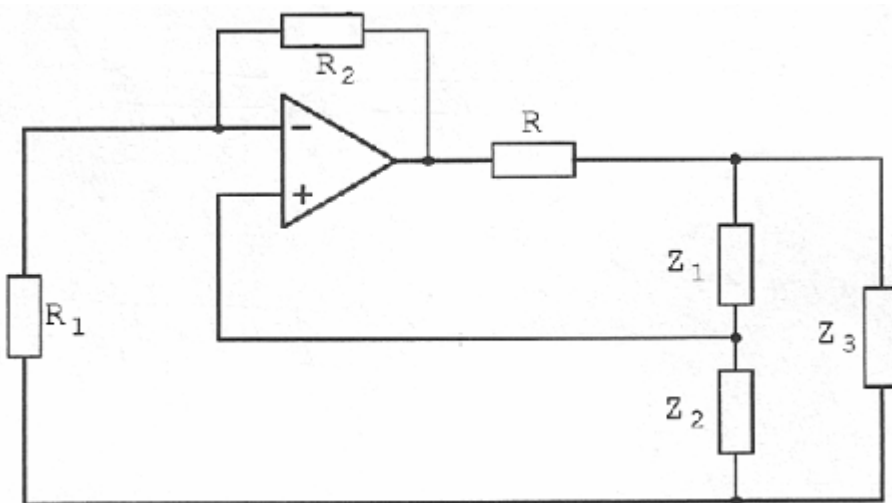
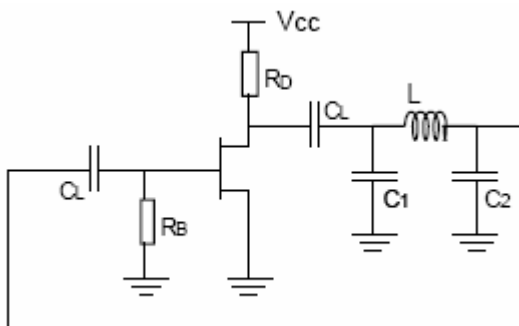


Schéma général à amplificateur opérationnel



Oscillateur Colpitts à transistor FET



Oscillateur à quartz

Le quartz est la phase cristallographique hexagonale de la silice SiO_2 . Sa particularité est d'être piézo-électrique. Cela signifie que l'application d'un champ électrique induit une déformation du cristal. Inversement, l'application d'une contrainte au cristal induit un champ électrique interne, et donc une différence de potentiel entre les extrémités du cristal. L'application d'un champ électrique alternatif induira la vibration du cristal. Si la fréquence est telle qu'une onde stationnaire existe dans le cristal, celui-ci entre en résonance. L'amplitude des vibrations n'est alors limitée que par les pertes mécaniques, qui sont très faibles. Donc l'énergie mécanique emmagasinée à la résonance est très élevée. Vu de l'extérieur, l'impédance équivalente du quartz est très dépendante de ces conditions de résonance.

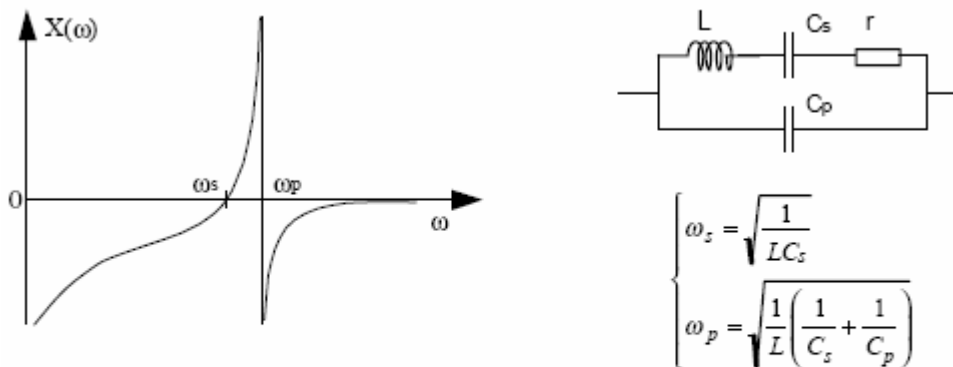
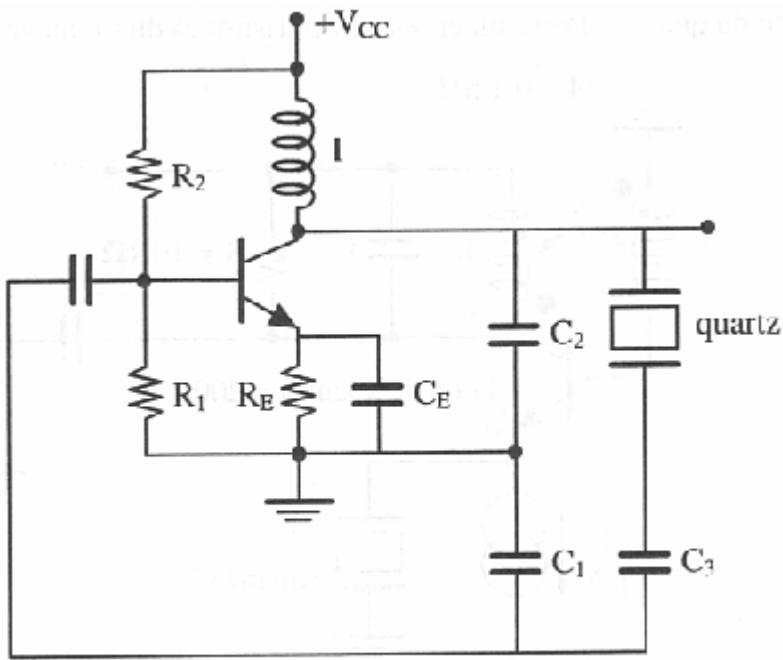


Schéma électrique équivalent du quartz et allure de la réactance X (partie imaginaire de l'impédance, $Z=jX$) en négligeant les pertes. La résistance r représente les pertes mécaniques. Une réactance positive correspond à un comportement inductif, et une réactance négative à un comportement capacitif.

On distingue en fait deux fréquences de résonances, la première f_s correspond à la fréquence propre du circuit série LC_s , et la seconde à la fréquence propre du circuit parallèle $(LC_s)/C_p$. Ces deux fréquences sont très proches. Néanmoins en pratique on utilise de préférence la résonance série, qui est plus stable que la résonance parallèle. La valeur indiquée sur les composants est d'ailleurs f_s .

En dehors de la résonance le quartz se comporte comme un simple condensateur.

L'intérêt pour l'électronicien est que la résonance est une résonance de type mécanique, donc beaucoup plus stable en fonction du temps, et ajustable avec une très grande précision (elle dépend de la géométrie du cristal). De plus les pertes mécaniques sont très faibles.



Oscillateur Pierce

