

Radio-Club de la Haute Île



**F5KFF / F6KGL**

Port de Plaisance

F-93330 Neuilly sur Marne

# Le cours de F6KGL

présenté par F6GPX

## Technique

### Chapitre 2 - Troisième partie

#### Bobines et condensateurs non parfaits

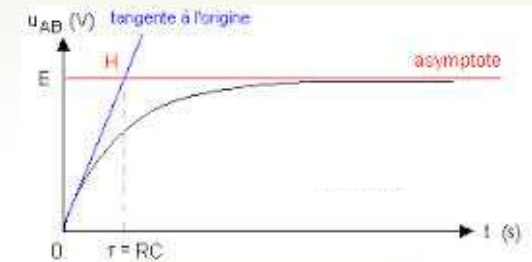
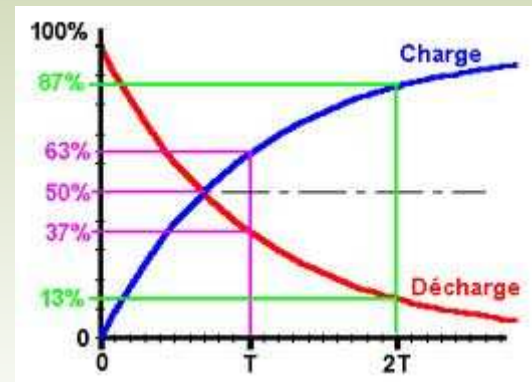
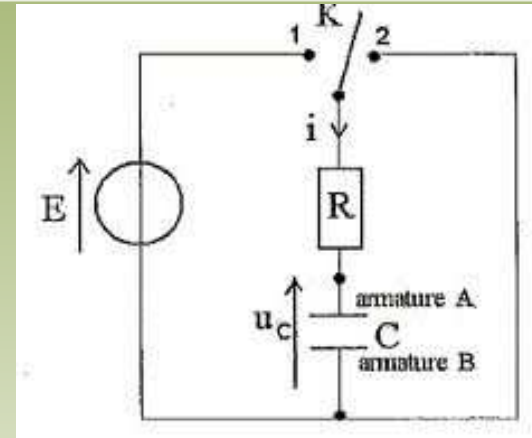
Ce document a servi pour le cours enregistré le 24/02/2017.

Ce document (*PDF*), le fichier audio (*MP3*) et les liens des vidéos (*Youtube*) sont disponibles sur la page <http://f6kgl-f5kff.fr/lespodcasts/index.html>



## 2-4) Charge, décharge et constante de temps pour les condensateurs

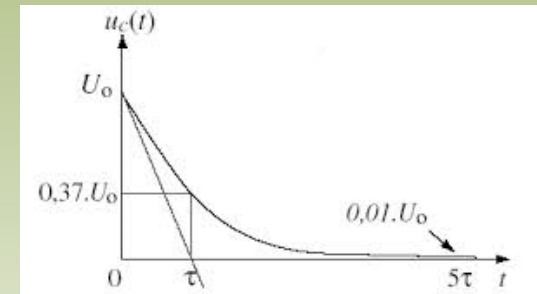
- Un condensateur se remplit (ou se charge) à travers une résistance grâce à une pile. Un inverseur permet au condensateur de se décharger via la résistance.
- Pour déterminer le **temps de charge** du condensateur, on utilise la constante de temps :  **$t(s) = R(\Omega) \times C(F)$** 
  - $Q = CU \Leftrightarrow I \times t = CU \Leftrightarrow t = U/I \times C = RC$
  - *formule simplifiée* :  **$t(ms) = R(k\Omega) \cdot C(\mu F)$** 
    - à mesure que le condensateur se charge, la tension aux bornes de R diminue et le courant remplissant le condensateur diminue si bien qu'au bout du temps  $t$ , le condensateur n'est chargé qu'au **2/3 de la tension** (63,2%).
- **le condensateur se remplit en 5 t**





## 2-4) Charge, décharge et constante de temps pour les condensateurs

- Le raisonnement est inverse pour la **décharge** :
  - à chaque constante de temps, le condensateur **se vide du tiers** ( $1/2,718 = 36,8\%$ ) de la tension à ses bornes.
  - au bout de  $1 t$ , il reste  $(1/3) \times E$  ;  
au bout de  $2 t$ , il reste  $(1/9) \times E$ , etc...
  - au bout de  $5 t$** , la tension résiduelle est inférieure à 1% de la tension d'origine : **le condensateur s'est vidé.**
- En théorie, **le condensateur n'est jamais vide ni complètement chargé.**
- L'établissement du **courant dans une bobine** (ou l'interruption du courant) suit la même courbe.
  - la constante de temps est, dans ce cas,  **$t(s) = L(H) / R(\Omega)$** 
    - $\Phi(Wb) = L \times I \Leftrightarrow U \times t = L \times I \Leftrightarrow t = L \times (I/U) = L/R$
  - lors de l'interruption du courant, une tension inverse peut atteindre plusieurs dizaines de fois la tension présente aux bornes de la bobine





## 2-4) Charge, décharge et constante de temps pour les condensateurs

- **Exemple :**

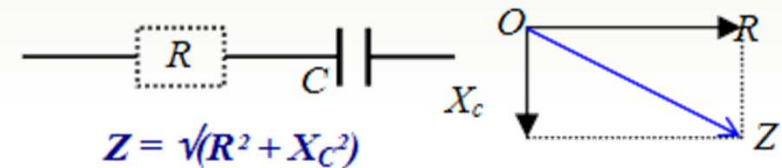
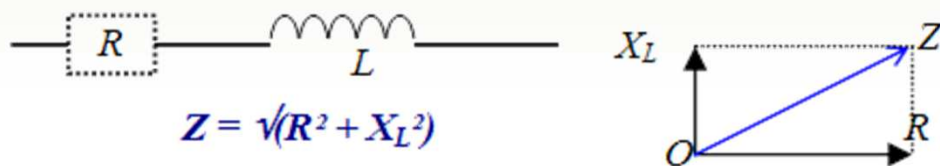
Un condensateur de  $100 \mu\text{F}$  se vide par l'intermédiaire d'une résistance de  $8 \text{ k}\Omega$ . En combien de temps le condensateur se videra-t-il (moins de 1% de sa tension d'origine) ?

Le condensateur sera vide au bout de  $5 t$  :

- $t(\text{s}) = R(\Omega) \cdot C(\text{F}) = 8 \cdot 10^3 \times 100 \cdot 10^{-6} = 800 \cdot 10^{-3} = 800 \text{ ms}$
- *formule simplifiée* :  $t(\text{ms}) = R(\text{k}\Omega) \cdot C(\mu\text{F}) = 8 \times 100 = 800 \text{ ms}$
- $5t = 5 \times 800 \text{ ms} = 4000 \text{ ms} = \mathbf{4 \text{ secondes}}$

## 2-5) Calcul de l'impédance de bobines et de condensateurs non parfaits

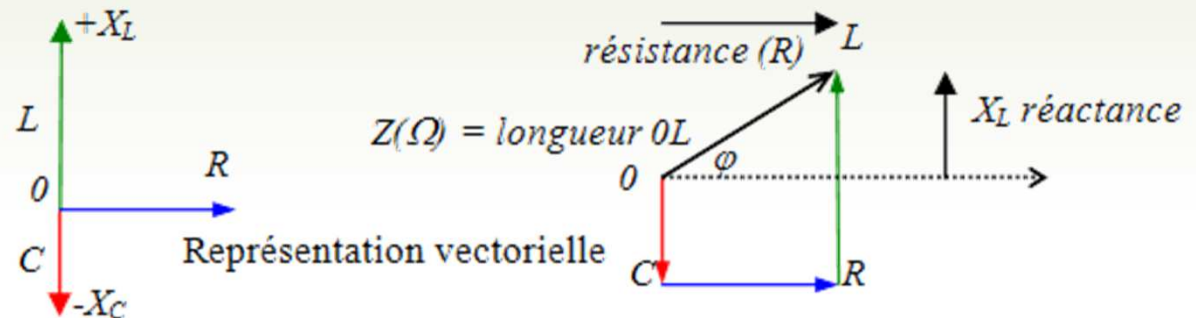
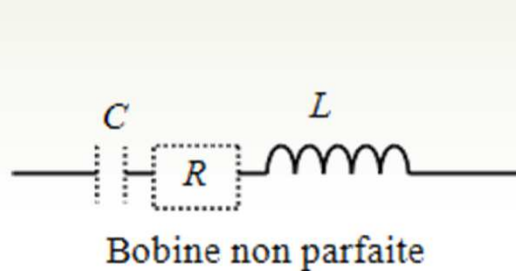
- Les bobines et les condensateurs ne sont **jamais parfaits** : ils ont toujours une partie résistive que nous appelons résistance pure.
- La réactance (rapport  $U / I$ ) de la bobine ou du condensateur ne peut pas s'ajouter avec la résistance du fil à cause du déphasage de l'intensité par rapport à la tension aux bornes de la bobine ou du condensateur.
- La partie résistive s'ajoute géométriquement (somme vectorielle) à la réactance :  $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$
- La direction du vecteur OZ indique le déphasage (en ° ou en fraction de  $\pi$ )





## 2-5) Calcul de l'impédance de bobines et de condensateurs non parfaits

- *Un condensateur a toujours une composante réactive (bobine) à cause de la forme de ses armatures (formant un coude, par exemple). Une bobine a une composante capacitive liée à l'espacement entre ses spires.*
- *Les vecteurs R, L, C et Z gardent la même échelle de longueur en  $\Omega$ ,*
  - *le vecteur de réactance de la **bobine** (L) va vers le haut ( $+90^\circ$ ),*
  - *le vecteur de la capacitance du **condensateur** (C) vers le bas ( $-90^\circ$ ),*
  - *le vecteur de la **résistance** (R) va vers la droite (**pas de déphasage**)*
  - *le vecteur d'impédance (Z) est la **somme vectorielle** formée :*
    - *d'une résistance (R)*
    - *et d'une réactance positive ( $+X_L$ ) ou négative ( $-X_C$ )*
    - *la résultante s'écrira sous la forme  $R \pm jX$ .*







## 2-5) Calcul de l'impédance de bobines et de condensateurs non parfaits

Autopsie d'une résistance

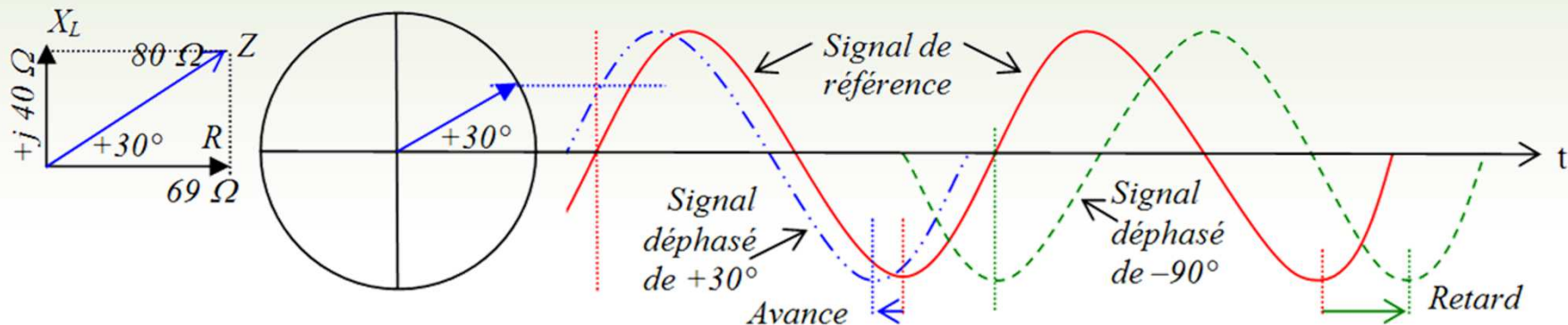


- Les résistances, du fait de leur mode de fabrication, ont des composantes inductives (spirale creusée dans le matériau pour ajuster la valeur) et capacitives (les embouts des résistances).
  - Les résistances de faible valeur (jusqu'à  $100 \Omega$ ) ont un comportement globalement plutôt inductif
  - Les résistances supérieures à  $300 \Omega$  sont plutôt capacitives.
  - Vers  $150-200 \Omega$ , les deux effets s'annulent jusqu'à quelques GHz.
- Le rapport entre l'impédance de la bobine (ou du condensateur) et sa résistance pure détermine le déphasage entre tension et intensité mais aussi le coefficient de qualité appelé **facteur Q** :
  - $Q = Z / R = 1 / \cos \varphi$  ( $\varphi$  = déphasage à la fréquence)
  - $Q$  exprime le rapport entre l'énergie totale emmagasinée (réactance) dans le composant et l'énergie qui sera dissipée en chaleur (résistance).
  - $Q$  dépend de la fréquence ( $X_C$  et/ ou  $X_L$ ) et de R (qui dépend aussi de la fréquence à cause de l'effet de peau du fil de la bobine)



## 2-5) Calcul de l'impédance de bobines et de condensateurs non parfaits

- Exemple** : une bobine de  $6 \mu\text{H}$  est parcourue par un courant de  $1,06 \text{ MHz}$ . La résistance pure de la bobine est de  $69 \Omega$ . Quelle est l'impédance de la bobine ? Quel est le déphasage ?
  - réactance de la bobine :  $X_L = Z_L = 2\pi FL$   
 $= 6,28 \times 1,06 \cdot 10^6 \times 6 \cdot 10^{-6} = 6,28 \times 6,36 = 40 \Omega$
  - impédance :  $Z_L = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{69^2 + 40^2} \approx 80 \Omega$
  - déphasage =  $\arctg(X / R) = \text{tg}^{-1}(40 / 69)$   
 $= \text{tg}^{-1}(0,5797) = +30^\circ$







## 2-5) Calcul de l'impédance de bobines et de condensateurs non parfaits

- Il résulte de ce problème de composants non parfaits des **déphasages inférieurs à 90°** entre la tension aux bornes du composant et l'intensité parcourue dans le composant.
- Quelques questions d'examen portent sur les représentations de déphasage

*voir aussi page **CNFRA** dans Radio-REF de février 2012*

- C'est ce que nous allons voir dans le montage de la soirée
  - *Rappel : la valeur de référence est par convention le courant.*
  - *Le calcul de l'impédance ( $Z$ ) permet d'appliquer la loi d'Ohm ( $U = Z.I$ ). Mais, pour appliquer la loi de Joule ( $P = U.I$ ), il faut tenir compte du déphasage tension/intensité, ce qui amène à la formule :  **$P = U.I.\cos\varphi$*** 
    - *$P = 0$  si la bobine ou le condensateur sont parfaits car  $\cos(90^\circ) = 0$*

## 2-5) Calcul de l'impédance de bobines et de condensateurs non parfaits

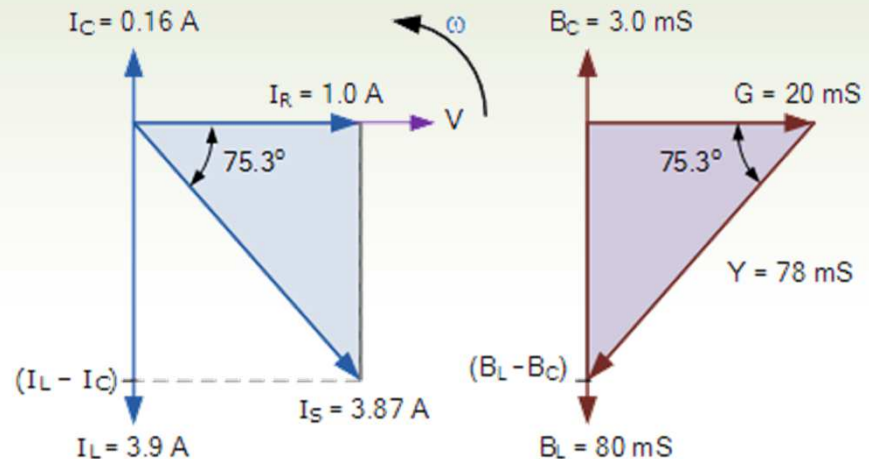
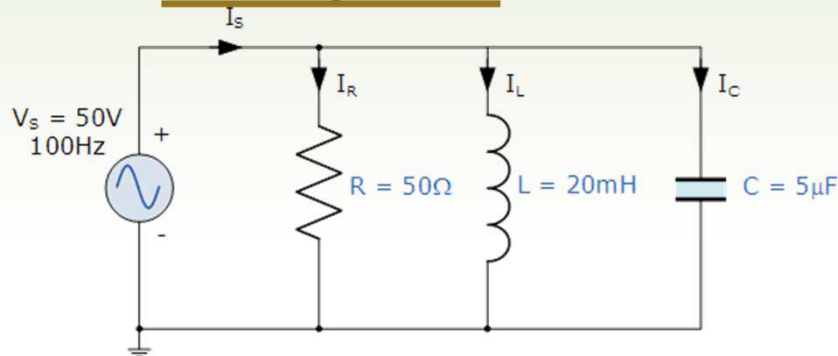
*Un peu de vocabulaire complémentaire :*

Nous avons vu au §1 que la **conductance** ( $G$  en Siemens) représente la capacité d'un matériau à laisser passer le courant. Elle est l'inverse de la résistance ( $R$  en Ohms) :  **$G = 1/R$**

La **susceptance** ( $B$  en Siemens) est la réciproque de la réactance ( $X$  en Ohms) avec  **$B_L = 1/\omega L$**  et  **$B_C = \omega C$**

L' **admittance** ( $Y$  en Siemens) est la réciproque de l'impédance ( $Z$  en Ohms) avec  **$Y = 1/Z$**  si  **$Z = R + jX$**  alors  **$Y = G - jB$**

**Exemples :** calcul de  $Z$  et  $Y$





# Chapitre 2 – 3<sup>ème</sup> partie

## Le montage de la soirée

- **Figures animées pour la physique :**

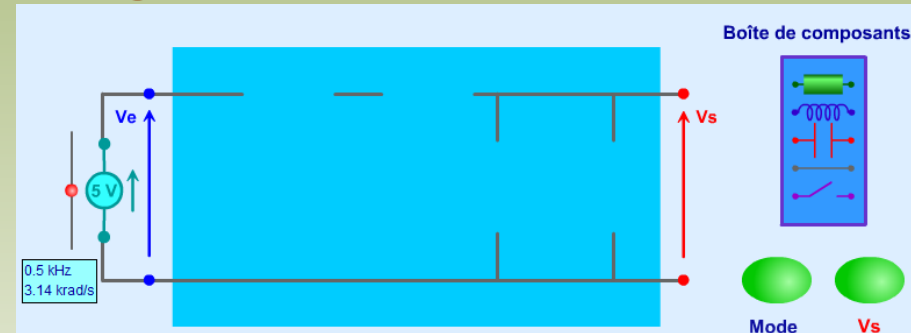
[http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve\\_tulloue/](http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/)

- **Un site incontournable à découvrir absolument !**

- Électricité

- Filtres

- Simulation de filtres (*animation Flash, uniquement en ligne*)

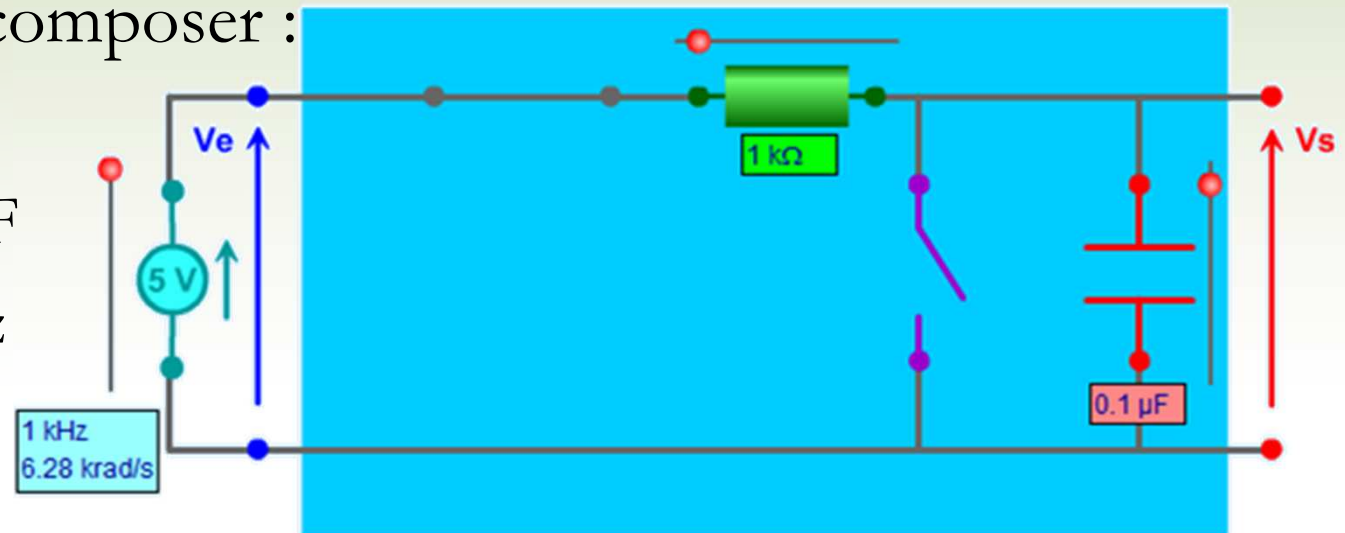


- Le circuit à composer :

- $R = 1 \text{ k}\Omega$

- $C = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$

- $F = 1 \text{ kHz}$





# Chapitre 2 – 3<sup>ème</sup> partie

## Le montage de la soirée

### Calcul du déphasage :

Pulsation :  $2\pi F = 6,28 \times 1000 = 6280 \text{ rad/s} = 6,28 \text{ krad/s}$

Réactance du condensateur :

$$X_C = 1 / (2\pi FC) = 1 / (6,28 \times 1000 \times 0,1 \cdot 10^{-6}) = 1591 \ \Omega$$

Impédance du condensateur :

$$Z_L = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{1000^2 + 1591^2} \approx 1880 \ \Omega$$

Déphasage du condensateur :

$$\arctg (X / R) = \text{tg}^{-1} (1591 / 1000) = \text{tg}^{-1} (1,591) = -40^\circ$$

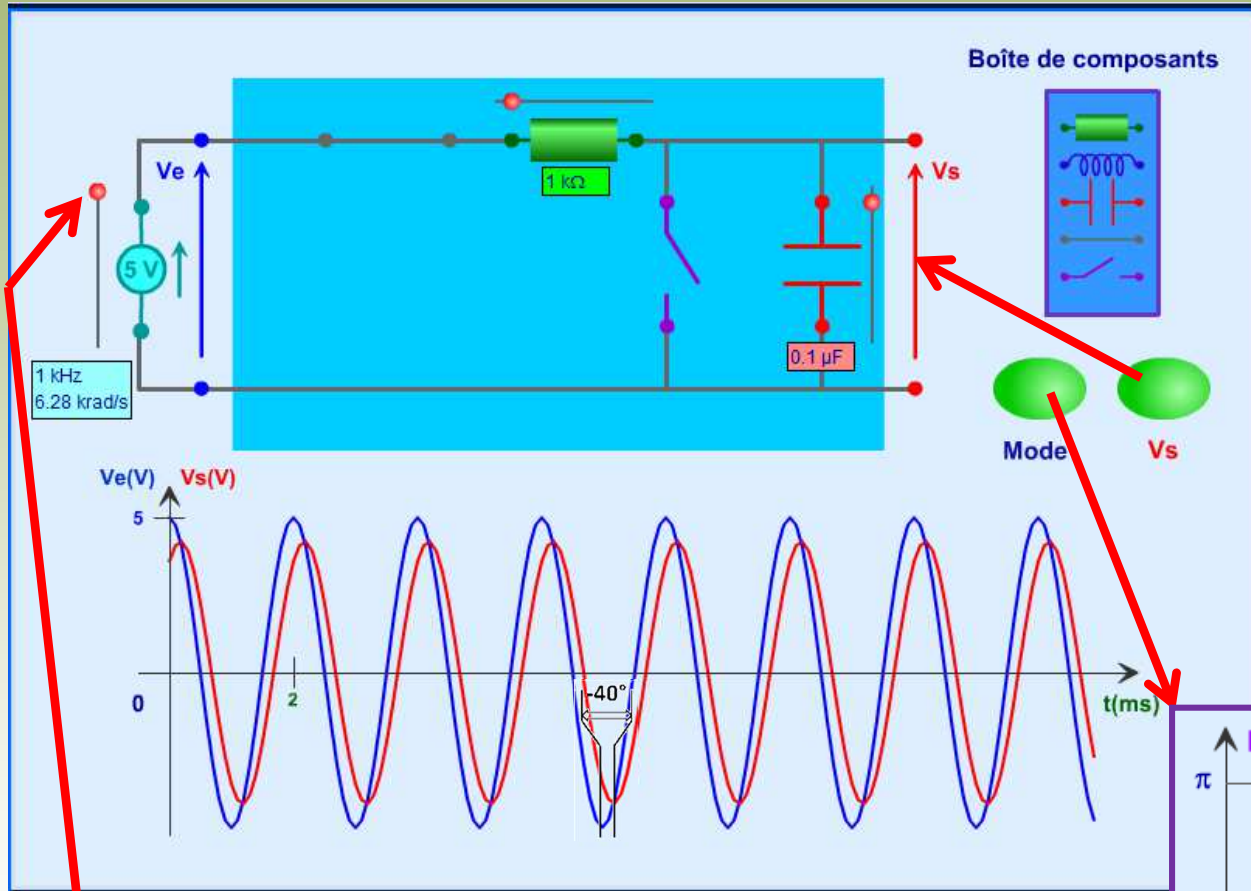
Le bouton « **mode** » permet de basculer entre la représentation temporelle et la représentation fréquentielle (gain et phase).

Le bouton « **Vs** » permet de choisir l'endroit où se mesure la tension de sortie entre deux possibilités. Sélectionnez celle qui mesure la tension aux bornes du condensateur.



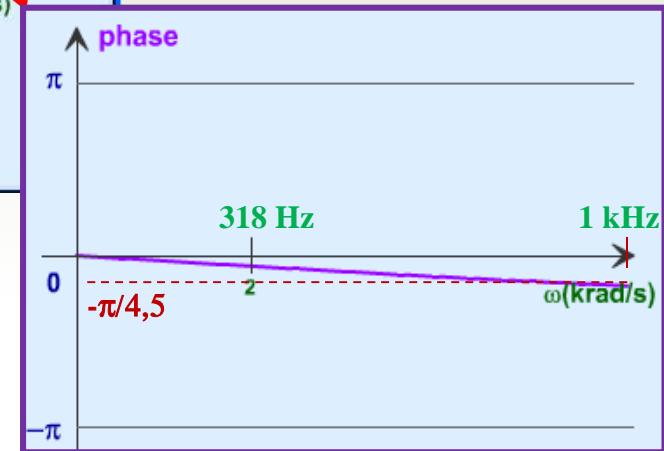
# Chapitre 2 – 3<sup>ème</sup> partie

## Le montage de la soirée



déphasage de  $-40^\circ$  à 1 kHz  
(soit  $-\pi/4,5$  à 6,28 krad/s)

Faites varier la fréquence du générateur (et/ou la valeur du condensateur) et constatez l'évolution de la forme du signal de sortie (en rouge)



Radio-Club de la Haute Île



**F5KFF / F6KGL**

Port de Plaisance

F-93330 Neuilly sur Marne

# Le cours de F6KGL

était présenté par F6GPX

**Bon week-end à tous et à la semaine prochaine !**

**Retrouvez-nous tous les vendredis soir au Radio-Club  
de la Haute Île à Neuilly sur Marne (93) F5KFF-F6KGL**

**ou sur 144,575 MHz (FM) ou encore sur Internet.**

Tous les renseignements sur ce cours et d'autres documents  
sont disponibles sur notre site Internet, onglet "*Formation F6GPX*"

**[f6kgl.f5kff@free.fr](mailto:f6kgl.f5kff@free.fr)**

**<http://www.f6kgl-f5kff.fr>**