

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

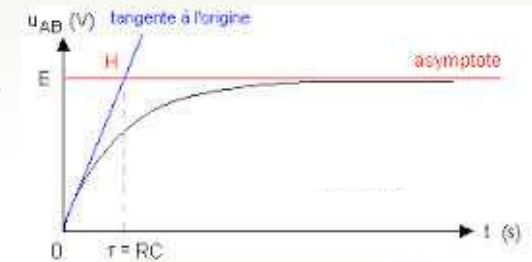
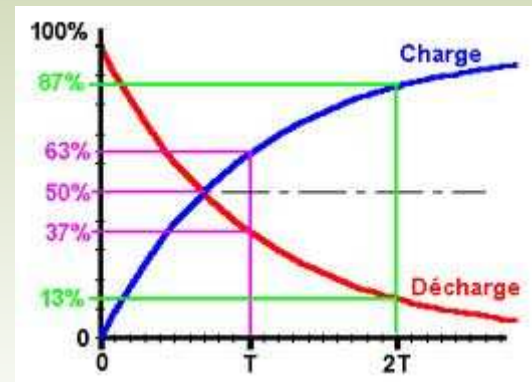
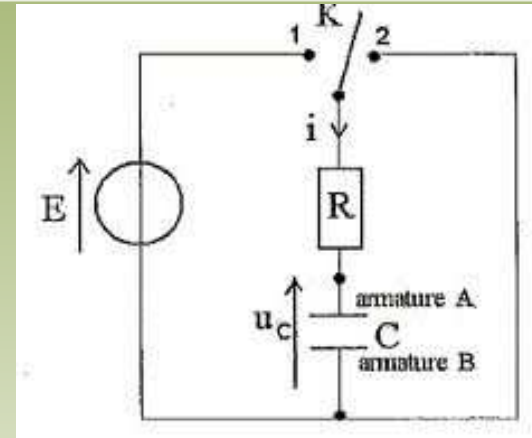
Ce document a servi pour le cours enregistré le **16/03/2018**.

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

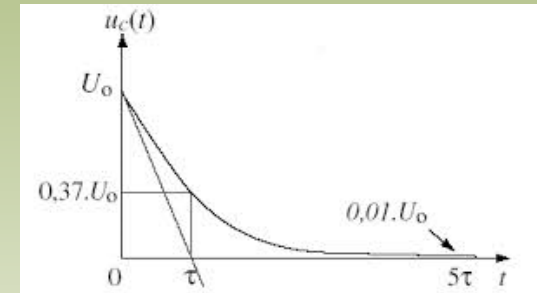
- Un condensateur se remplit (ou se charge) à travers une résistance grâce à une pile. Un inverseur permet au condensateur de se vider (ou se décharger) via la résistance.
- Pour déterminer le **temps de charge** du condensateur, on utilise la constante de temps : $t(s) = R(\Omega) \times C(F)$
 - $Q = CU \Leftrightarrow I \times t = CU \Leftrightarrow t = U/I \times C = RC$
 - *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, **$t(s) = L(H) / R(\Omega)$**
 - $\Phi(Wb) = L \times I \Leftrightarrow U \times t = L \times I \Leftrightarrow t = L \times (I/U) = L/R$
 - Attention aux bobines des relais : lors de l'interruption brutale du courant, la tension inverse générée par le flux magnétique peut atteindre plusieurs dizaines de fois la tension d'alimentation de la bobine ($\Phi = U \times t$).





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

- **Exemple :**

Un condensateur de 100 μF 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) ?

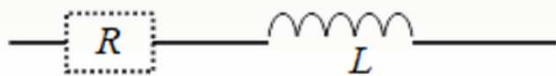
Le condensateur sera vide au bout de 5 t :

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

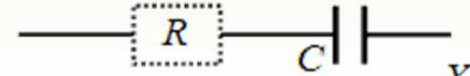
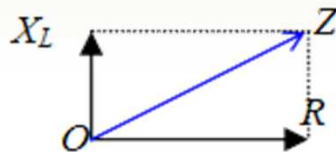


2-5) Calcul de l'impédance de bobines et de condensateurs non parfaits

- 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 $^\circ$ ou en fraction de π)



$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$



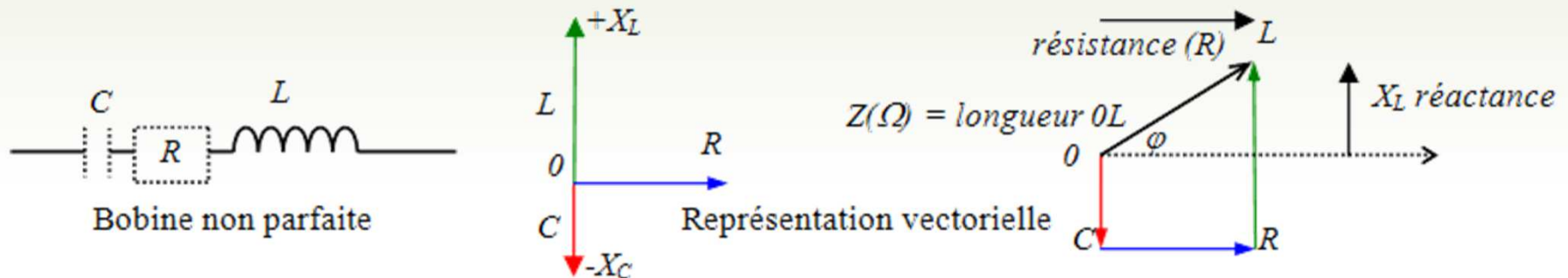
$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$





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 Ω ,
 - 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°),
 - 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

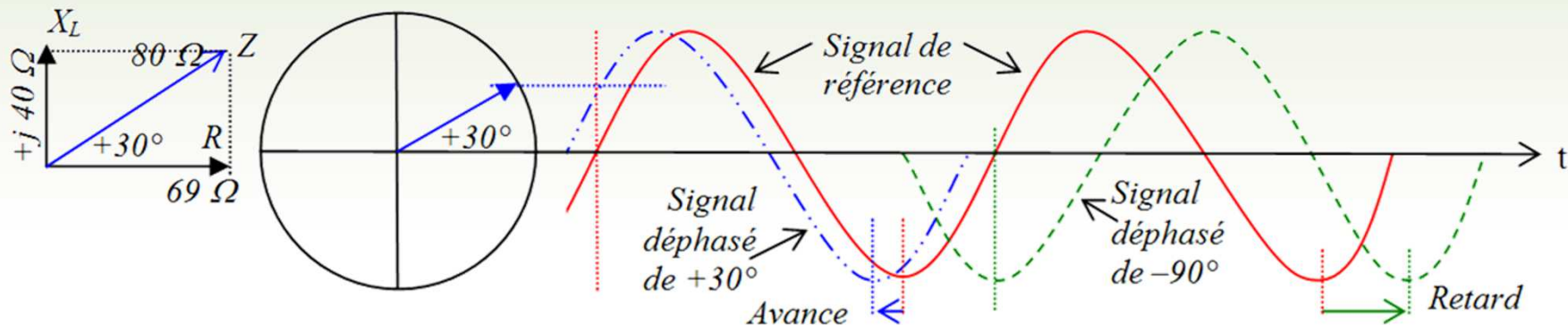


- Les résistances, du fait de leur mode de fabrication, ont des composantes inductives (spirale creusée dans le matériau pour ajuster la valeur) et capacitives (les embouts des résistances).
 - Les résistances de faible valeur (jusqu'à 100Ω) ont un comportement globalement plutôt inductif
 - Les résistances supérieures à 300Ω 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** :
 - $Q = Z / R = 1 / \cos \varphi$ (φ = 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 69Ω . 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.

*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 pour la représentation des déphasages est par convention l'intensité.*
 - *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 (φ), ce qui amène à la formule : **$P = U.I.\cos\varphi$***
 - *$P = 0$ si la bobine ou le condensateur sont parfaits car $\cos(90^\circ) = 0$*

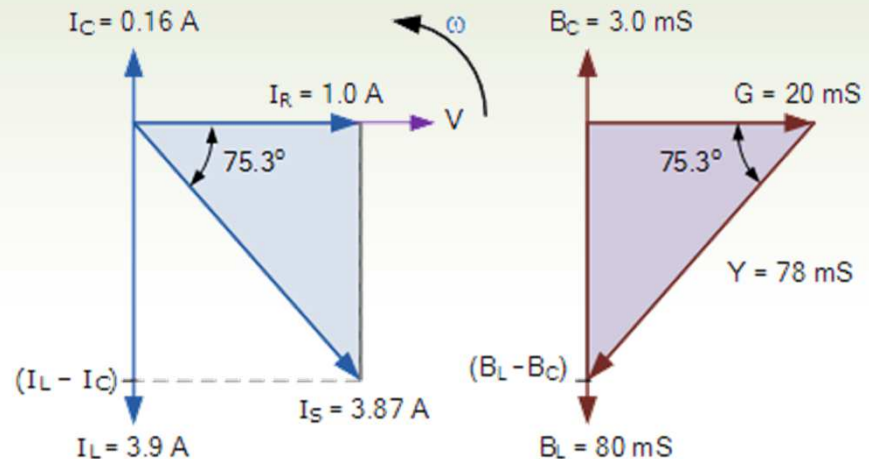
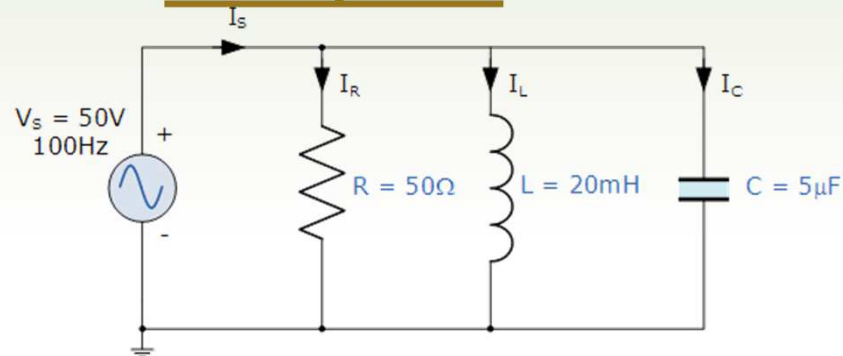


2-5) Calcul de l'impédance de bobines et de condensateurs non parfaits

Un peu de vocabulaire (et de notions) complémentaire :

- La **conductance** (G en Siemens) représente la faculté d'un matériau à laisser passer le courant (rappel du §1-4). Elle est l'inverse de la résistance (R en Ohms) : **$G = 1/R$** . La loi d'Ohm devient : **$I = U.G$**
- 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





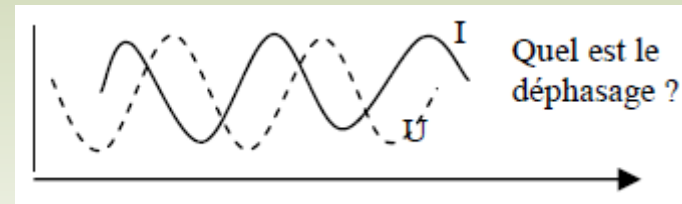
Les questions posées à l'examen

Peu de questions recensées à l'examen sur cette partie du cours...

- Quelle est la formule exacte ?
 - $t(s) = R / L$
 - $t(s) = L / R$ - *bonne réponse*
 - $t(s) = 1 / (R \times C)$
 - $t(s) = R / C$

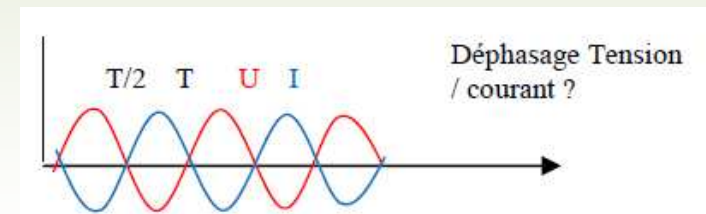
La formule exacte concerne la bobine. Celle concernant le condensateur est : $t(s) = R.C$

- Quel est le déphasage ?
 - 90° - *bonne réponse*
 - 180°
 - 45°
 - Pas de déphasage



Dans ce schéma, la tension est en avance sur l'intensité

- Déphasage Tension/Intensité ?
 - 100 000 pF
 - 1000 nF
 - 10 000 pF
 - Aucune des réponses proposées - *bonne réponse*



Aucune réponse ne correspond. La tension est en opposition de phase avec l'intensité (déphasage de 180°). Aucun condensateur ni aucune bobine ne peut donner ce déphasage



Chapitre 2 – 3^{ème} partie

Le montage de la soirée

- Figures animées pour la physique :

http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/

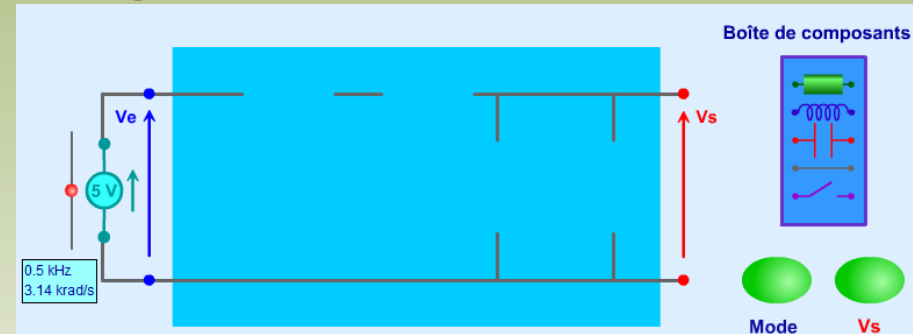
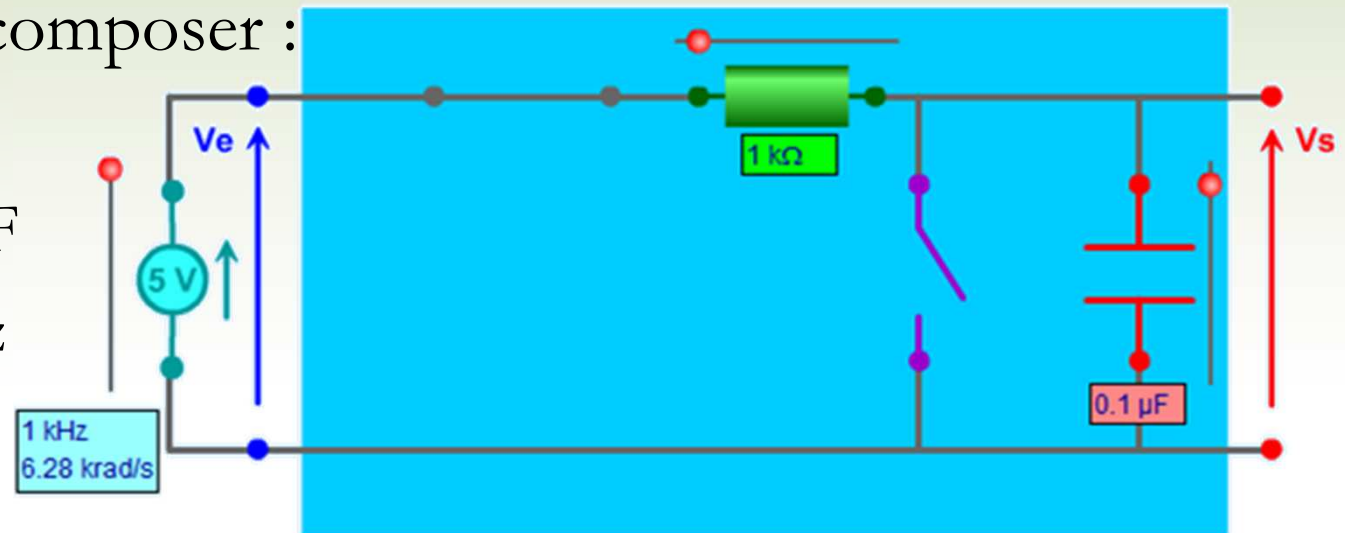
Figures Animées pour la Physique

- Électricité
 - Filtres

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

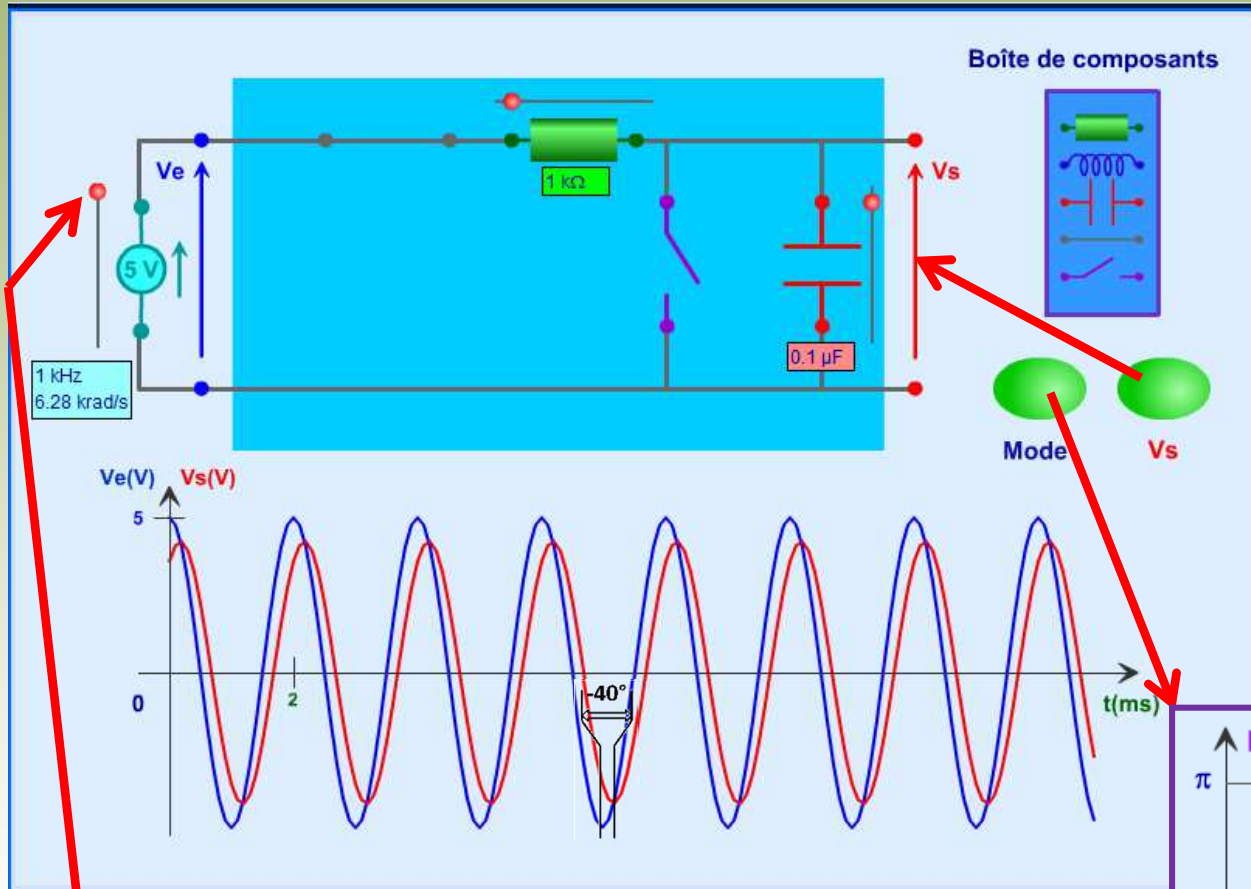
- Le circuit à composer :

- $R = 1 \text{ k}\Omega$
- $C = 0,1 \mu\text{F}$
- $F = 1 \text{ kHz}$



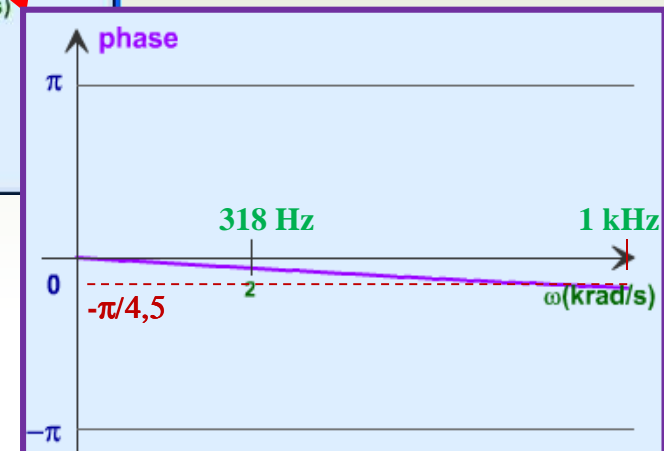


Chapitre 2 – 3^{ème} partie Le montage de la soirée



déphasage de
 -40° 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)



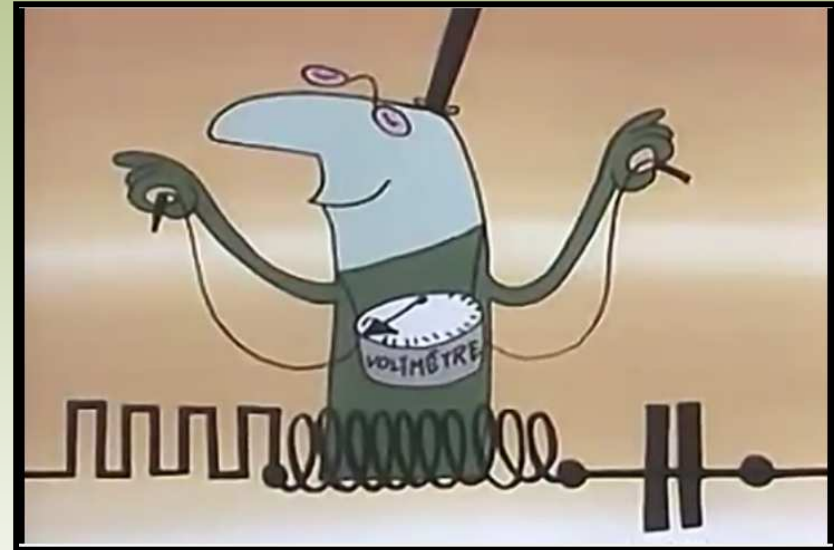


Chapitre 2 – 3^{ème} partie

Un peu d'humour pour terminer

Série de vulgarisation « Voyage en électricité » disponible sur Youtube : <https://www.youtube.com/watch?v=Stl1uCVjXmo>

*Voyage en électricité Ep 24 –
« Fresnel, suivez les flèches »,
une synthèse de la séance de ce soir*



Voyage en électricité est une série télévisée d'animation française en 26 épisodes d'environ cinq minutes qui expliquent le fonctionnement de l'ensemble du système électrique.

Produite par la société aaa (Animation Art-graphique Audiovisuel) et la CSI (Cité des Sciences et de l'Industrie), la série a été créée par Jacques Rouxel, le père de Shadocks. Il ne manque que la voix de Claude Piéplu !

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

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