

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 3 - Deuxième partie

#### Galvanomètres, microphones et haut-parleurs

Ce document a servi pour le cours enregistré le **30/03/2018**.

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>



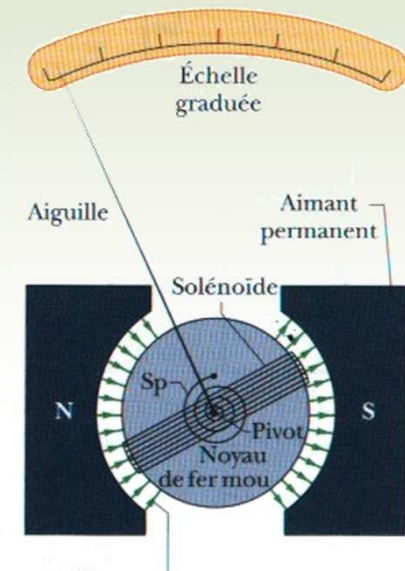
## 3-4) les galvanomètres



Luigi Galvani  
1737 – 1798

Commentaire sur les  
forces électriques  
dans le mouvement  
musculaire (1791)

- Les galvanomètres à cadres mobiles sont des appareils de mesure d'intensité. Un galvanomètre est composé :
  - d'une bobine (*solénoïde*, *solen* = « tuyau » en grec)
  - d'un cadre mobile
  - surmonté d'une aiguille
  - un cadran gradué permet de lire la mesure
- Les caractéristiques d'un galvanomètre sont :
  - sa résistance interne ( $R_i$  en  $\Omega$ )
    - de l'ordre d'une dizaine d'ohms
  - son intensité de déviation maximum ( $I_g$ )
    - de l'ordre du mA, voire moins ( $50 \mu\text{A}$ )
  - un galvanomètre ne peut lire que :
    - de faibles intensités ou de faibles tensions
    - des valeurs continues



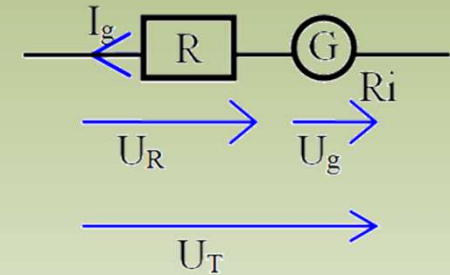


## 3-4) les galvanomètres

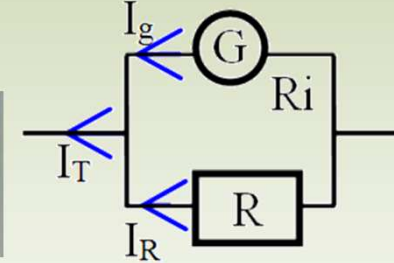
- Pour lire des tensions ou des intensités supérieures, on utilisera une **résistance** déterminée par la loi d'Ohm :



- en **série** avec le galvanomètre, ce qui donne un **voltmètre**
  - pour ne pas perturber le circuit mesuré,  $I_g$  doit être la plus faible possible
- en **dérivation** (**shunt**), ce qui donne un **ampèremètre**
  - $R_i$  doit être la plus faible possible



Shunt d'un multimètre



- le galvanomètre ne mesure que des **valeurs moyennes**. Pour indiquer des valeurs efficaces ou maximum,
  - une diode sera montée en série (redressement)
  - une échelle de lecture adaptée sera utilisée



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



## 3-4) les galvanomètres

- **Exemple** : nous possédons un galvanomètre dont les caractéristiques sont les suivantes :
  - intensité de déviation maximum =  $20 \mu\text{A}$
  - résistance interne =  $10 \Omega$ .

Comment réaliser un voltmètre dont le calibre est de 10 volts et un ampèremètre dont le calibre est 1 ampère ?

- Dans un voltmètre, la résistance est en série

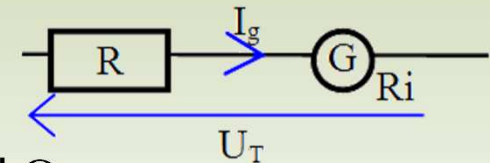
$$U_g = I_g \cdot R_i = 0,00002 \times 10 = 0,0002 \text{ V}$$

$$U_R = U_T - U_g = 10 - 0,0002 = 9,9998 \text{ V}$$

$$R = U_R / I_g = 9,9998 / 0,00002 = \mathbf{499990 \Omega} \approx 500 \text{ k}\Omega$$

$$\text{ou} : R = (U_T / I_g) - R_i = (10 / 0,00002) - 10 = 500000 - 10 = \mathbf{499990 \Omega}$$

$$\text{en négligeant la résistance interne} : R = U_T / I_g = 10 / 0,00002 = 500 \text{ k}\Omega$$



- Dans un ampèremètre, la résistance est en parallèle

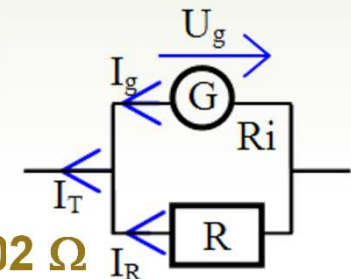
$$I_R = I_T - I_g = 1 \text{ A} - 0,00002 \text{ A} = 0,99998 \text{ A}$$

$$R = U / I = U_g / I_R = 0,0002 \text{ V} / 0,99998 \text{ A} \approx \mathbf{0,0002 \Omega}$$

$$\text{ou} : R = U_g / I_R = (R_i \cdot I_g) / (I_T - I_g)$$

$$= (10 \times 0,00002) / (1 - 0,00002) = 0,0002 / 9,99998 \approx \mathbf{0,0002 \Omega}$$

$$\text{en négligeant la résistance interne} : R = U_g / I_T = (10 \times 0,00002) / 1 = 0,0002 \Omega$$





## 3-5) Qualité des voltmètres

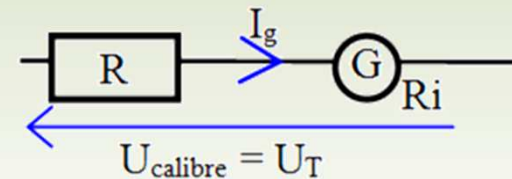
- Le fait de brancher un voltmètre sur un circuit **ne doit pas perturber** le fonctionnement de ce dernier.
- Le **facteur de qualité** du voltmètre (**Q**) est égal au rapport :
  - de la **résistance totale** du voltmètre ( $R_i + R$ )
  - divisé par le **calibre** de l'appareil (tension lue à pleine échelle)
    - ce rapport ( $R / U$ ) est directement fonction de la **sensibilité** du galvanomètre ( $I_g$ ).
  - un voltmètre possède toujours le **même rapport  $\Omega/V$**  quelque soit le calibre utilisé.

- **$Q = (R + R_i) / U_T = \Omega / V$**

- **$Q = 1 / I_g$**

- *Les multimètres modernes (numériques) ont une résistance interne quasiment constante quelque soit le calibre utilisé.*

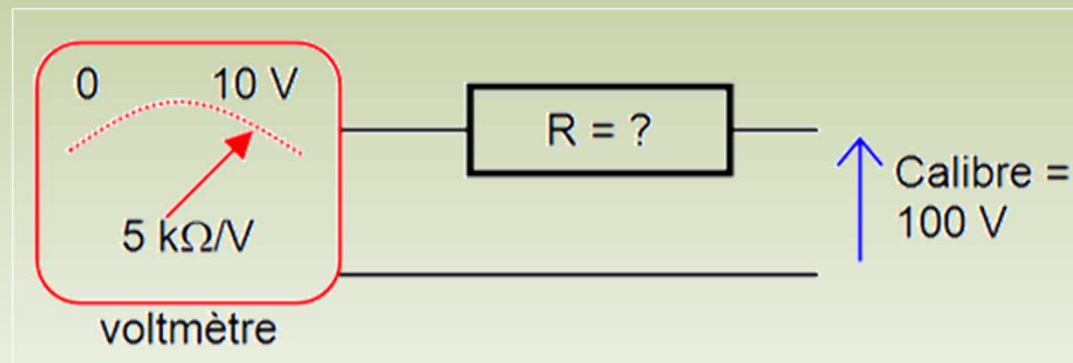
- *Leur impédance d'entrée est très grande par rapport aux multimètres analogiques (à aiguille).*





## 3-5) Qualité des voltmètres

- **Exemple** : Quelle est la valeur de la résistance  $R$  à mettre en série avec ce voltmètre ( $5 \text{ k}\Omega/\text{V}$ ) calibré sur 10 volts pour obtenir un voltmètre calibré sur 100 volts ?



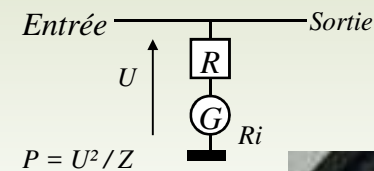
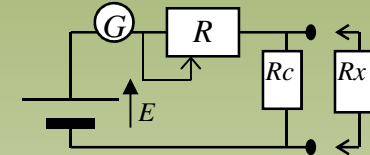
- la résistance  $R$  doit créer une différence de potentiel égale à la tension de calibre diminuée de la tension du voltmètre ( $100 \text{ V} - 10 \text{ V} = 90 \text{ V}$ ). La résistance du voltmètre est de  $5 \text{ k}\Omega/\text{V}$ . La résistance  $R$  aura donc pour valeur  $90 \text{ V} \times 5 \text{ k}\Omega/\text{V} = \mathbf{450 \text{ k}\Omega}$
- ou :  $Q = 1/I_g$  donc  $I_g = 1 / Q = 1 / 5000 = 0,0002 \text{ A}$   
 $R = U / I = 90 \text{ V} / 0,0002 \text{ A} = 450000 \text{ }\Omega = \mathbf{450 \text{ k}\Omega}$





## 3-6) Ohmmètre et wattmètre

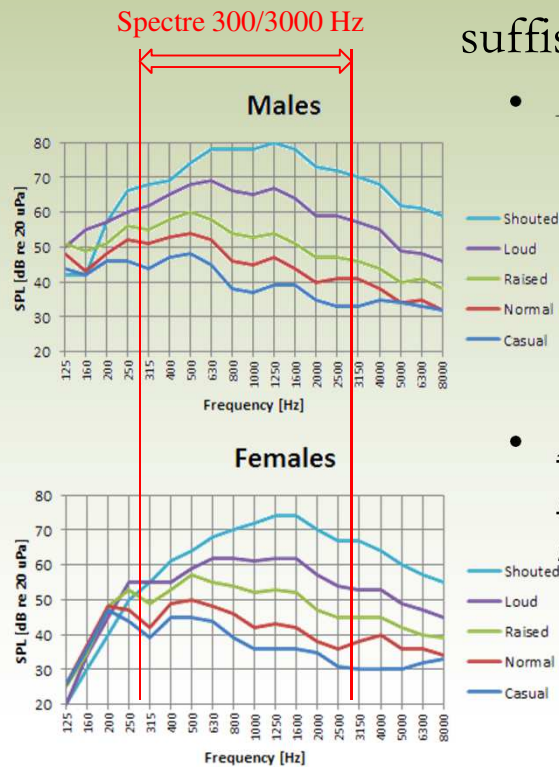
- un **ohmmètre** est composé d'un ampèremètre avec lequel on mesure le courant traversant la résistance à mesurer ( $R_x$ ). Cet instrument nécessite donc une pile.  $R_c$  est la résistance de calibre. La résistance  $R$  est variable pour tarer l'ohmmètre à  $0 \Omega$  (déviation maxi).
- un **wattmètre** est composé d'un voltmètre qui indique la puissance sous une impédance donnée
- pour ces deux instruments de mesure, une échelle de lecture adaptée, non linéaire, est déterminée par les lois d'Ohm ou de Joule





## 3-7) Microphone, haut-parleur et relais électromécanique

- Les **basses fréquences** (BF) occupent un spectre allant de **0 Hz à 20.000 Hz**. Les **fréquences acoustiques** (audibles pour l'oreille humaine) vont de **100 Hz à 15.000 Hz**.
- Toutefois, un spectre allant de 300 Hz à 3000 Hz est largement suffisant pour la compréhension d'un message en téléphonie.



- La **voix humaine** est composée de fréquences issues*
  - des sons issus de la nasalisation lorsque l'air s'échappe par le nez comme dans les lettres *m* ou *n* (**graves**)
  - de fréquences issues du souffle expiré par la bouche (**coffre**)
  - de fréquences issues des cordes vocales (**présence**)
  - de fréquences provenant des sons émis par la langue (**sibillance**) tels que *s* et *ch* ou, dans une moindre mesure, par les lèvres (*p*, *f*)
- Les graves et la sibillance ne sont pas utiles à l'intelligibilité d'une conversation** mais servent uniquement à la reconnaissance de la voix du correspondant.
- pour une voix d'**homme**, les graves se situent vers 80 Hz, le coffre vers 300 Hz, la présence vers 2 kHz et la sibillance vers 3/4 kHz
- pour une voix de **femme**, les graves se situent vers 150 Hz, le coffre vers 400/500 Hz, la présence vers 3 kHz et la sibillance vers 5/6 kHz
- d'où le **spectre retenu en téléphonie : 300 à 3000 Hz**

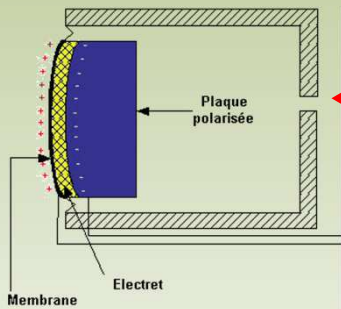




# 3-7) Microphone, haut-parleur et relais électromécanique

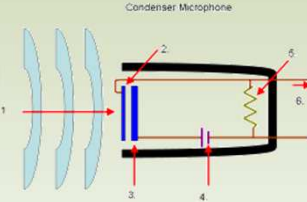
- **Le microphone** est constitué d'une membrane qui recueille les vibrations de l'air et les transforme en variation de grandeurs électriques.

- **représentation schématique**



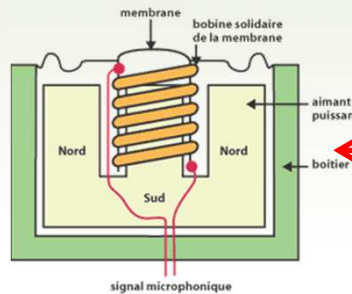
- *microphone électret (impédance très élevée et nécessite une alimentation, très répandu dans l'environnement du PC)*

- *microphone céramique utilisant l'effet électrostatique du condensateur*

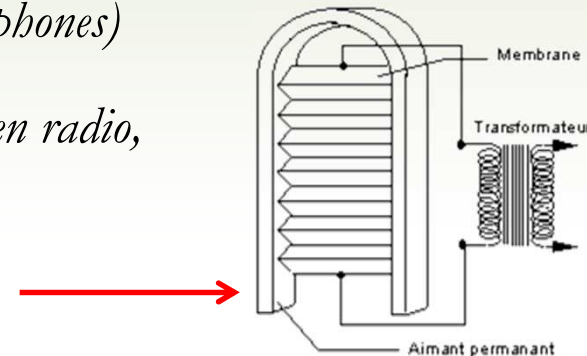


- *microphone à charbon (ou microphone résistif, impédance de l'ordre d'un millier d'ohms, utilisé dans les vieux téléphones)*

- *microphone dynamique (le plus répandu en radio, impédance  $\approx 1000 \Omega$ )*



- *microphone à ruban (basse impédance, très sensible, bi-directionnel)*

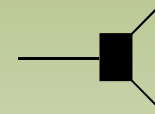




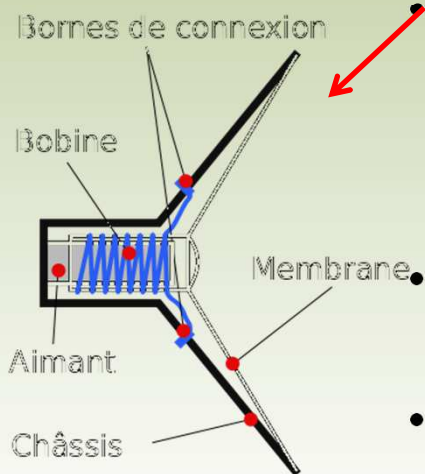
## 3-7) Microphone, haut-parleur et relais électromécanique

- **Le haut-parleur** (HP) reproduit les vibrations d'air au rythme du courant délivré par l'amplificateur AF

- **représentation** schématique



- les différents types de HP sont :



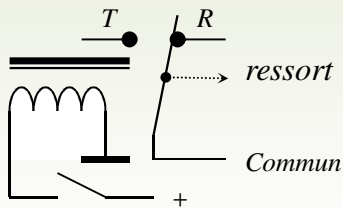
- le **HP électrodynamique** (de loin, le plus répandu) : sa membrane rigide et légère est mise en mouvement par le courant de la bobine plongée dans un champ magnétique. Son impédance est faible (environ  $10 \Omega$ , voire moins)

- le HP électrostatique (système très directif et peu puissant, utilisé parfois dans les casques, son impédance est la plus élevée de tous les HP)
- le HP piézoélectrique utilisant les propriétés de certains polymères qui réagissent mécaniquement aux tensions (utilisé dans les oreillettes)
- le HP à ruban (utilisé dans les tweeters en Hi-Fi)
- le HP ionique (ou à plasma) utilisant une bulle d'air ionisée et chauffée par un courant HF (peu répandu car très cher)



## 3-7) Microphone, haut-parleur et relais électromécanique

- **Un relais électromécanique** est un commutateur à commande électrique. Un relais électromécanique est composé :
  - d'un électro-aimant (barreau de fer doux entouré d'une bobine)
  - d'un mécanisme qui actionne une (ou plusieurs) lame qui se colle à des contacts, assurant ainsi la commutation. Les contacts se nomment :
    - repos (lorsqu'aucun courant ne circule dans l'électro-aimant)
    - travail (lorsque l'électro-aimant est « collé »)



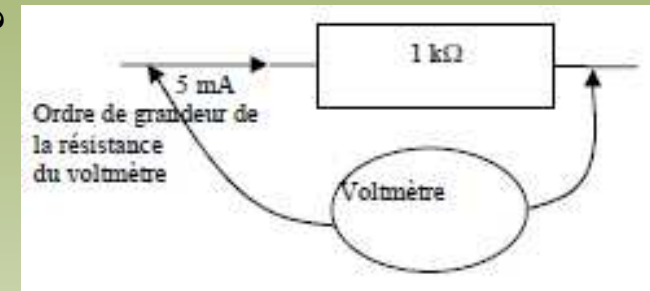


# Les questions posées à l'examen

- Ordre de grandeur de la résistance du voltmètre ?

- $10 \Omega$
- $1 \text{ k}\Omega$
- $100 \text{ k}\Omega$  - *bonne réponse*
- $0,01 \Omega$

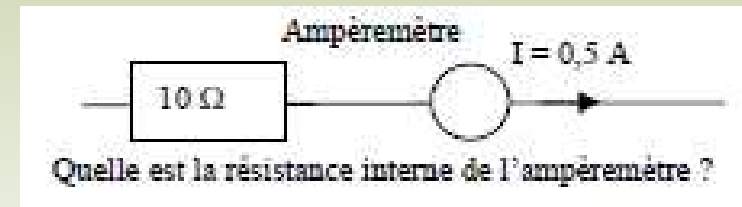
*il n'y a pas de calcul, il ne s'agit que d'un ordre d'idée des grandeurs, les trois autres réponses proposées sont trop faibles.*



- Quelle est la résistance interne de l'ampèremètre ?

- $0,01 \Omega$  - *bonne réponse*
- $0,05 \text{ k}\Omega$
- $100 \Omega$
- $10 \Omega$

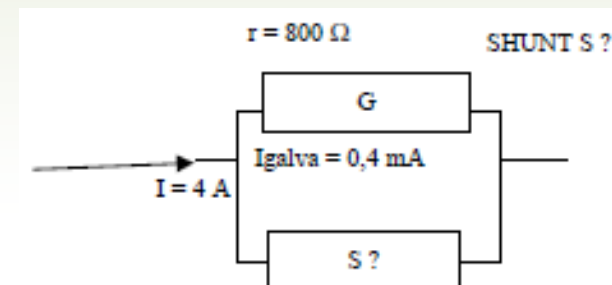
*un ampèremètre doit avoir une résistance négligeable par rapport à la résistance série du circuit à mesurer*



- Valeur du shunt ?

- $0,80 \Omega$
- $0,08 \Omega$  - *bonne réponse*
- $8 \Omega$
- $8 \text{ M}\Omega$

*la résistance du shunt devra être 10000 fois moindre que la résistance du galvanomètre :  $R_{\text{shunt}} = 800 / 10000 = 0,08 \text{ ohm}$*





## Les questions posées à l'examen

- Quelle est la valeur de  $R$  à mettre en série avec un voltmètre calibré à 100 V de 2000  $\Omega/V$  pour obtenir un voltmètre dont le calibre est de 500 V ?
  - 8  $M\Omega$
  - 400  $k\Omega$
  - 0,8  $M\Omega$  - *bonne réponse*
  - 10  $k\Omega$

$$U_R = 500 - U_{\text{voltmètre}} = 500 - 100 = 400 \text{ V} ; I_R = I_g = 1/2000 = 0,0005 \text{ A} ;$$

$$R = U / I = 400/0,0005 = 800.000 \Omega = 0,8 \text{ M}\Omega$$

$$\text{Autre méthode : tension à chuter} = 500 - 100 = 400 \text{ V}$$

$$400 \text{ V} \times 2000 \Omega/V = 800\,000 \Omega = 0,8 \text{ M}\Omega$$

### Pas de questions recensées sur les ohmmètres et les wattmètres

- Quel haut-parleur a une impédance élevée ?
  - HP électrostatique - *bonne réponse*
  - HP électrodynamique
  - HP dynamique
  - aucun

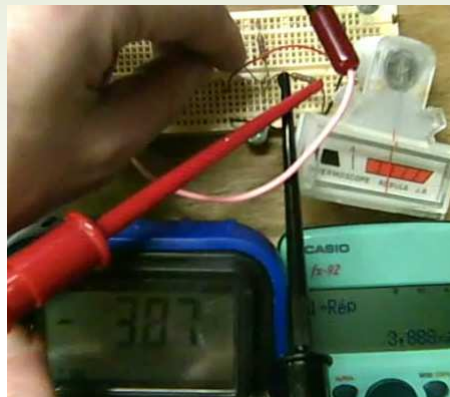
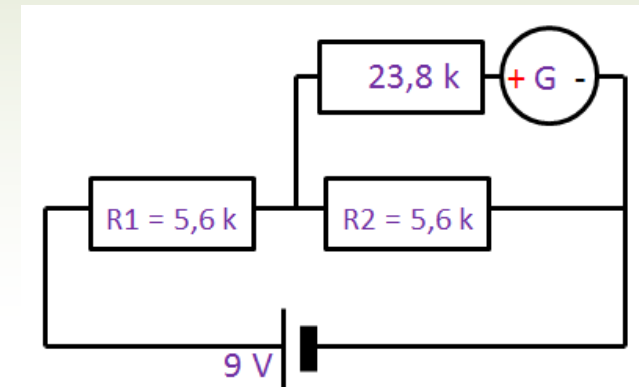




# Chapitre 3 - 2<sup>ème</sup> partie

## Le montage de la soirée

- Soit un galvanomètre et une résistance en série de  $24 \text{ k}\Omega$  afin de réaliser un voltmètre de calibre  $9 \text{ V}$  (*déviaton maximale de l'aiguille lorsque l'ensemble est relié à une pile de  $9 \text{ V}$* )
  - Déterminer la qualité du Voltmètre
    - $R_{\text{totale}} = 24,95 \text{ k}\Omega$  donc  $Q = 24,95 \text{ k}\Omega / 9 \text{ V} = 2,77 \text{ k}\Omega / \text{V}$   
soit  $I_g = 0,361 \text{ mA}$  lorsque la déviation de l'aiguille est maximale
  - Incidence du voltmètre sur la lecture de la tension de la tension au milieu d'un pont de résistances de  $5,6 \text{ k}\Omega$ 
    - Constat : **un voltmètre ayant un faible  $Q$  fausse la lecture**
    - $R_t = (25 \times 5,6) / (25 + 5,6) = 4,6$  ;  $U_{R_2} = 9 \times 4,6 / (4,6 + 5,6) = 4,05$  (et pas  $4,5 \text{ V}$ )

Mesure de  $R_{\text{totale}}$  du voltmètreTension sur  $R_2$ 

Le schéma explicatif

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,  
sur 144,575 MHz (FM) ou 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>