

Radio-Club de la Haute Île



F5KFF / F6KGL

Port de Plaisance

F-93330 Neuilly sur Marne

Bienvenue sur le cours de F6KGL

La séance de ce soir porte sur

Technique

Chapitre 3 - Première partie

Transformateurs, piles et accumulateurs

Ce document a servi pour le cours enregistré le 17/02/2023.

Ce document (*PDF*), le fichier audio (*MP3*) et le lien de la vidéo (*YouTube*)
sont disponibles sur la page <https://f6kgl-f5kff.fr/lespodcasts/>

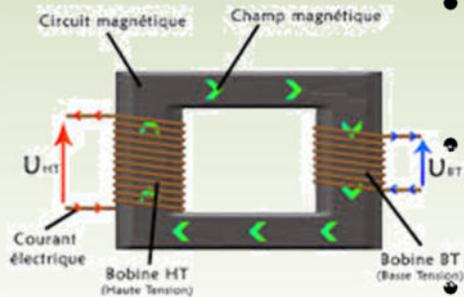
Les documents de notre site Internet sont mis à disposition selon les termes de la
Licence <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



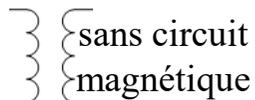


3-1) Transformateurs

- Un transformateur est composé d'au moins **deux enroulements** bobinés autour d'un **même circuit magnétique**
- Le transformateur est un cas particulier de **bobines couplées** et est adapté aux courants sinusoïdaux.
- L'énergie est appliquée sur le **primaire** et est récupérée sur le ou les **secondaires**.
- Un transformateur possède plusieurs caractéristiques :



- le **nombre de spires** donne le rapport de transformation N (des tensions : élévateur ou abaisseur)
- la **puissance** utile délivrée au(x) secondaire(s) du transformateur est exprimée en VA (et non pas en watts)
- le **rendement** η (êta) d'un transformateur parfait est de 100% : toute l'énergie présente sur le primaire est transférée sur le secondaire

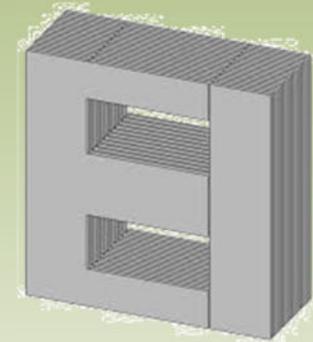
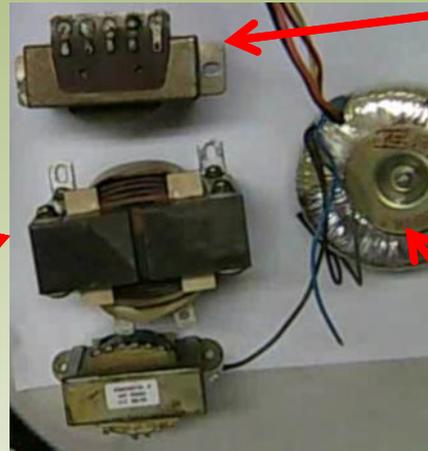
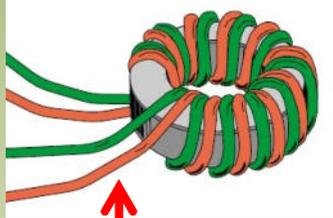


*voir aussi page **CNFRA** dans Radio-REF de mai 2010
et les pages 88 à 105 de l'annexe au cours réalisée par Gérard F4FPS*



3-1) Transformateurs

• Quelques transformateurs



Transfo HF avec ou sans ferrite

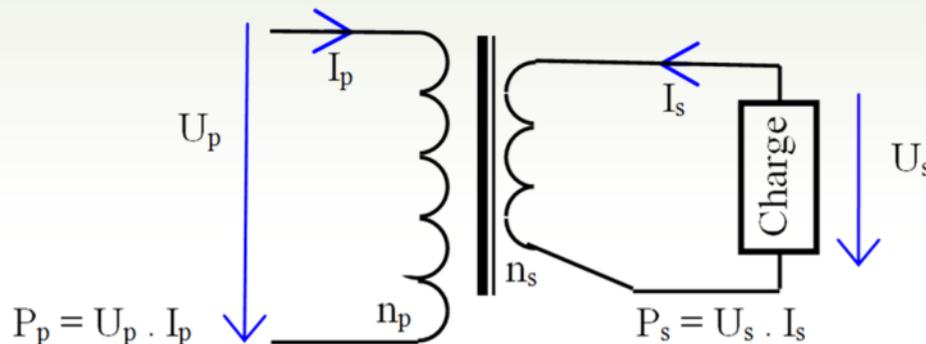
Transfo BF

Transfo torique

Transfo secteur et son noyau en fer doux de type « E I »

Formules du transformateur parfait (ou idéal)

• $U_s / U_p = n_s / n_p = N$ et $I_s / I_p = n_p / n_s = 1/N$



Couples de rapports proportionnels

N	U_s	I_p	n_s	$\sqrt{Z_s}$
1	U_p	I_s	n_p	$\sqrt{Z_p}$



3-1) Transformateurs

- **Exemple 1** : un transformateur, alimenté en 282 Vmax à son primaire, a un rapport de transformation de 1/10. Quelle sera la tension efficace mesurée au secondaire ?

$$U_p = 282 \text{ Vmax} \times 0,707 = 200 \text{ Veff}$$

$$U_s = U_p \times N = 200 \times 1/10 = \mathbf{20 \text{ Veff}}$$

N	U _s	I _p	n _s	√Z _s
1	U _p	I _s	n _p	√Z _p

- **Exemple 2** : sur le secondaire d'un transformateur est branchée une résistance de 200 ohms. Le transformateur possède 80 spires au primaire et 40 spires au secondaire. Quelle impédance mesure-t-on au primaire ?

$$N = n_s / n_p = 40 / 80 = 1/2 = 0,5$$

$$Z_p = Z_s / N^2 = 200 / 0,5^2 = \mathbf{800 \Omega}$$

N	U _s	I _p	n _s	√Z _s
1	U _p	I _s	n _p	√Z _p



3-2) Transformateurs non parfaits

- Excepté le **calcul du rendement**, l'étude du transformateur non parfait n'est pas au programme de l'épreuve technique.
- Le **rendement** est fonction du coefficient de couplage des enroulements (*coefficient de mutuelle induction*)
 - *un rendement de **80%** est courant pour les transformateurs d'alimentation (rendement optimal si 50 Hz et courant sinusoïdal)*
 - *en utilisation normale, le rendement **influe plus sur le courant** que sur la tension : la tension est proportionnelle au nombre de spires*
 - *le rendement influe **sur le rapport de transformation des impédances** (rapports tension/intensité)*
 - *plus on se rapproche de la **puissance maximum admise** par le transformateur, plus la tension du secondaire baisse (la tension n'est plus proportionnelle au nombre de spires)*
 - *un transformateur sous-utilisé (ou sous-dimensionné) a un mauvais rendement : vérifier les caractéristiques du constructeur*
 - *les **courants de Foucault** provoquent des pertes par échauffement (le feuilletage des noyaux en fer doux limite ces courants et réduit ces pertes)*



Léon Foucault
1819 – 1868

Mise en évidence du phénomène en 1851, année où il installe son pendule au Panthéon



3-2) Transformateurs non parfaits

- Les formules du transformateur non parfait

Primaire *Secondaire*
 n_p n_s

$$P_s = U_s \cdot I_s = P_p \cdot \eta$$

$$P_p = U_p \cdot I_p$$

$$U_s = U_p \cdot N$$

$$I_s = (I_p \cdot \eta) / N$$

$$Z_p = U_p / I_p$$

$$Z_s = U_s / I_s$$

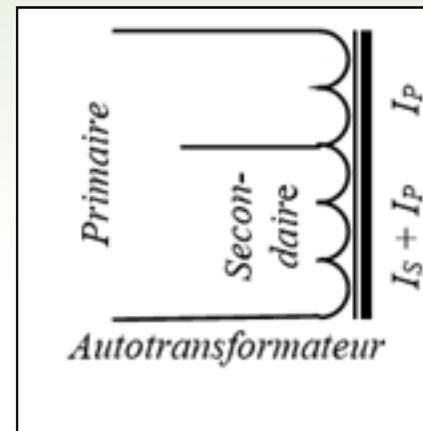
$$= (U_p \cdot N) / [(I_p \cdot \eta) / N]$$

$$= (U_p \cdot N^2) / (I_p \cdot \eta) = Z_p \cdot (N^2 / \eta)$$

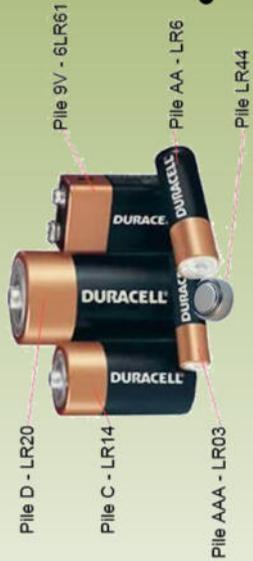
Rapport de transformation : $N = n_s / n_p$

Rendement : $\eta(\%) = (P_s / P_p) \times 100$

- Cas particulier : l'autotransformateur*

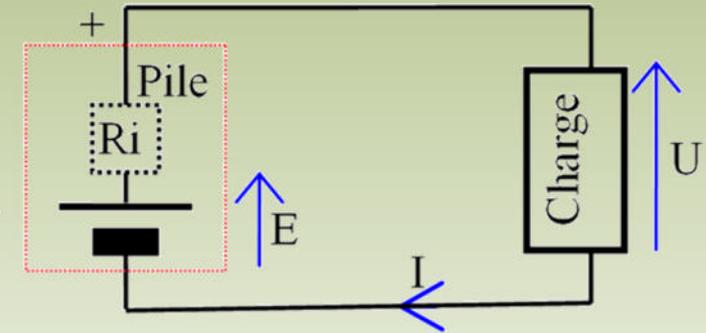


3-3) Piles et accumulateurs



- Les **piles** et les **accumulateurs** sont des **réserves de courant continu**. Ils emmagasinent l'électricité grâce une réaction chimique (*électrodes, bain électrolytique*).

- **représentation** schématique :
- **une pile est une source**
- **un accumulateur est une source ou une charge** selon qu'on le fait débiter ou qu'on le recharge.



- Une pile (ou un accu) possède des caractéristiques propres:
 - sa **force électromotrice** (fém) est la tension **E** à vide, variable selon la **constitution chimique** des électrodes.
 - la **fcém** (*force contre-électromotrice*) d'un accumulateur est toujours supérieure à sa fém (*il faut une tension pour inverser la réaction chimique*)
 - sa **résistance interne** en Ω (très faible pour les accus)
 - *lorsque la pile est usée, sa résistance interne augmente*
 - sa **capacité** : en C ou en Ah (**1 Ah = 3600 C**)



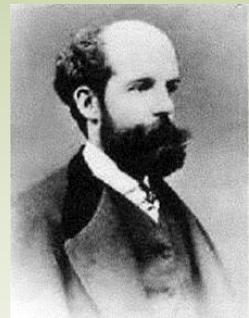
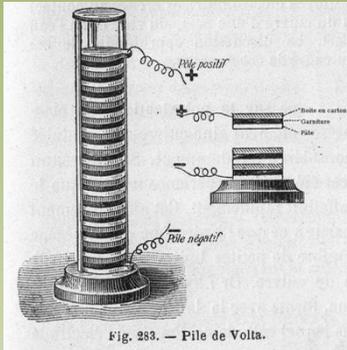
3-3) Piles et accumulateurs

- **Association en série et en parallèle :**
 - il vaut mieux associer des piles ou des accumulateurs de même nature et de même valeur :
 - on change un jeu de piles complet,
 - les accumulateurs d'un groupement sont rechargés ensemble.
 - Lorsqu'ils sont montés en série, les piles et les accumulateurs voient leurs F_{em} et leurs résistances internes s'additionner.
 - Lorsqu'ils sont montés en parallèle, les piles et accumulateurs voient leurs résistances internes globales diminuer comme dans un groupement de résistances en parallèle alors que la F_{em} est constante.
 - le montage d'éléments en parallèle est complexe : il faut s'en tenir au cas d'éléments de caractéristiques identiques (F_{em} , capacités et résistances internes).





3-3) Piles et accumulateurs



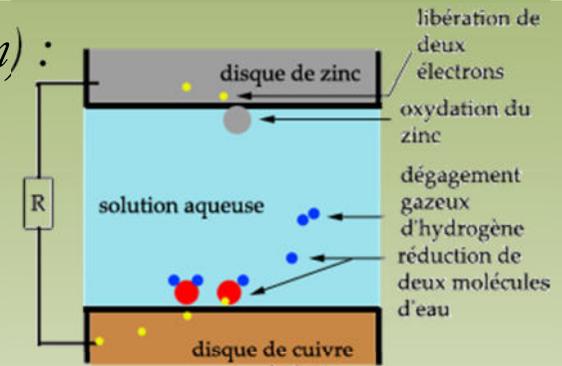
Georges Leclanché
1836 – 1882
Sa pile est primée à l'Exposition Universelle de Paris (1867)

- **Réactions chimiques** (oxydoréduction) :

- **Pile de Volta**

Zinc-Cuivre :

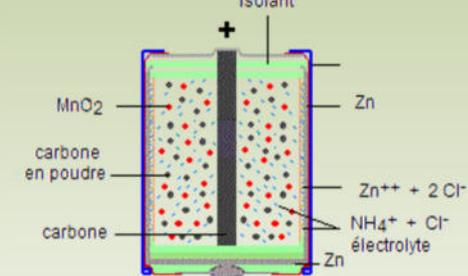
$$f_{em} = 1,1 \text{ V} = 0,34 - (-0,76)$$



- **Pile Leclanché (saline)**

Zinc-Charbon/Manganèse

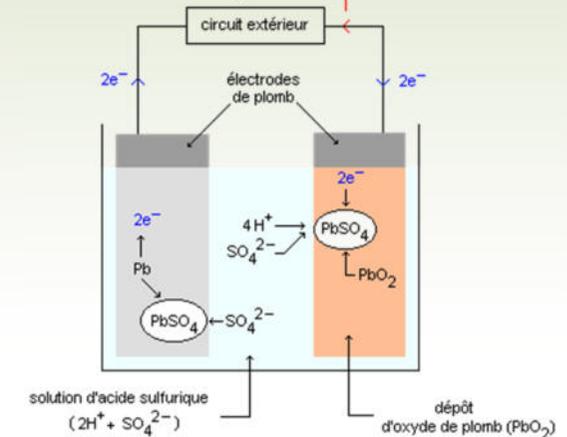
$$f_{em} = 1,5 \text{ V} = 0,74 - (-0,76)$$



- **Accumulateur au Plomb**

Plomb pur-Dioxyde de plomb :

$$f_{em} = 2,04 \text{ V} = 1,685 - (-0,356)$$



- les potentiels d'oxydoréduction (Rédox) dépendent du couple utilisé

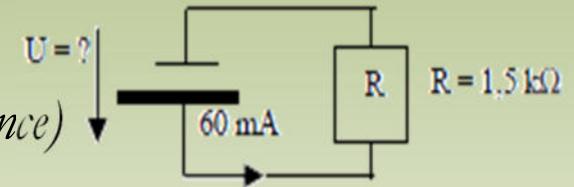
3-3) Piles et accumulateurs

- Les questions de l'examen portent souvent sur la chute de tension générée par la résistance interne des piles. La loi d'Ohm nous vient en aide pour résoudre ces problèmes.



- *sur quelques schémas, des piles sont dessinées.*

*Mais la question porte sur la charge (la résistance)
et non pas sur le générateur (la pile)*



- Exemple 1 : aux bornes d'une pile dont la Fém est de 9 volts, on branche une résistance de 200 ohms. Un courant de 40 mA est constaté dans cette résistance. Quelle est la résistance interne de la pile ?

$$U_R = R \cdot I_R = 200 \, \Omega \times 0,04 \, \text{A} = 8$$

$$U_{Ri} = E - U_R = 9 \, \text{V} - 8 \, \text{V} = 1 \, \text{V}$$

$$R_i = U_{Ri} / I = 1 \, \text{V} / 0,04 \, \text{A} = \mathbf{25 \, \Omega}$$

ou :
$$R_i = (E / I) - R = (9 \, \text{V} / 0,04 \, \text{A}) - 200 \, \Omega = 225 - 200 = \mathbf{25 \, \Omega}$$



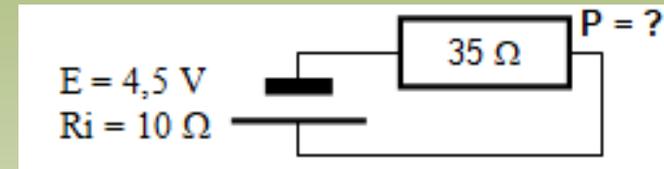
3-3) Piles et accumulateurs

- **Exemple 2** : Calculer la puissance dissipée dans la résistance (en mW) ?

$$I_R : I = U / R = E / (R + R_i)$$

$$= 4,5 / (35 + 10) = 0,1 \text{ A}$$

$$P_R : P = R \cdot I^2 = 35 \times 0,1^2 = 35 \times 0,01 = 0,35 \text{ W} = \mathbf{350 \text{ mW}}$$



- **Exemple 3** : Un accumulateur dont la force électromotrice est de 12 volts et dont la résistance interne est négligeable se décharge en 3 heures lorsqu'il est branché sur une résistance de 10 ohms. Quelle est la capacité de l'accumulateur (en coulombs et en ampère-heure) ?

$$I_R = U_R / R = E / R = 12 \text{ V} / 10 \Omega = 1,2 \text{ A}$$

$$Q \text{ (C)} = I \text{ (A)} \cdot t \text{ (s)} = 1,2 \times 3 \times 3600 = \mathbf{12\ 960 \text{ C}} \text{ soit } \mathbf{3,6 \text{ Ah}}$$

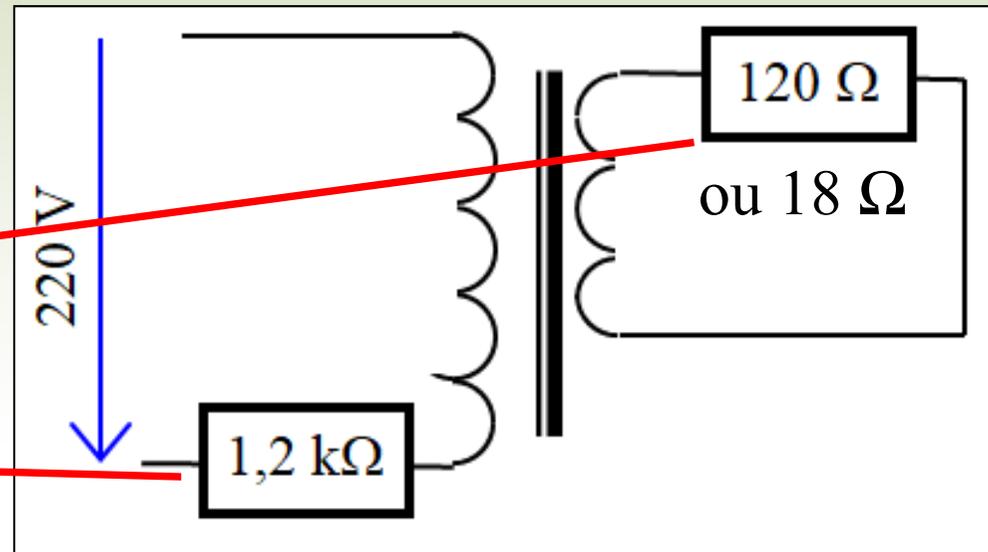
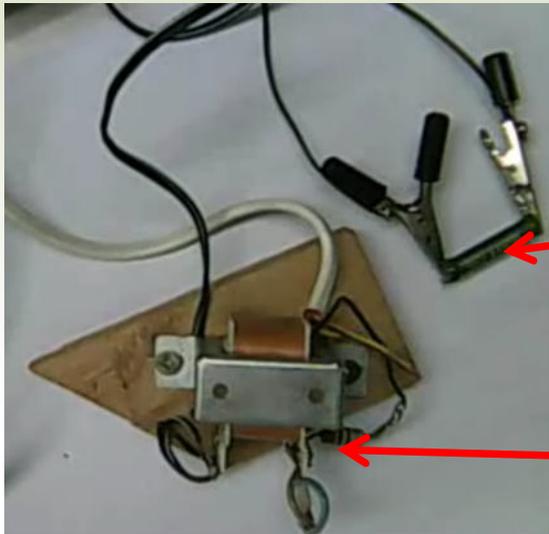


Chapitre 3 - 1^{ère} partie

1) rendement d'un transformateur



- Soit un transformateur alimenté en 220 V à travers une résistance de 1,2 k Ω et une résistance de 120 Ω sur son secondaire
 - Mesurer et calculer la puissance présente sur le secondaire
 - Mesurer et calculer la puissance présente sur le primaire
 - En déduire le rendement du transformateur
- Même question avec une résistance de 18 Ω sur son secondaire

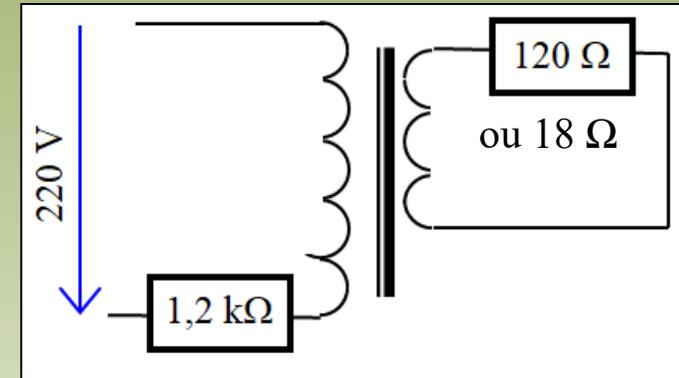


Chapitre 3 - 1^{ère} partie

1) rendement d'un transformateur



- Résistance primaire = 1280 Ω
- $U = 227 \text{ V}$
- avec 120 Ω au secondaire :
 - $U_{RP} = 31 \text{ V}$; $I_{RP} = 31 / 1280 = 24 \text{ mA}$
 - $U_p = 227 - 31 = 196 \text{ V}$; $P_p = 196 \times 0,024 = 4,75 \text{ W}$
 - $U_s = 11 \text{ V}$; $P_s = U^2 / R = 11^2 / 120 = 1 \text{ W}$
 - rendement = $1 / 4,75 = 21,2\%$; $N = 11 / 196 = 0,056$
- avec 18 Ω au secondaire :
 - $U_{RP} = 41 \text{ V}$; $I_{RP} = 41 / 1280 = 32 \text{ mA}$
 - $U_p = 227 - 41 = 186 \text{ V}$; $P_p = 186 \times 0,032 = 5,95 \text{ W}$
 - $U_s = 8,8 \text{ V}$; $P_s = U^2 / R = 8,8^2 / 18 = 4,3 \text{ W}$
 - rendement = $4,3 / 5,95 = 72,2\%$; $N = 8,8 / 186 = 0,047$
- **conclusion : le rendement optimum est proche de 70%**





Chapitre 3 - 1^{ère} partie

2) pile de Volta (Zinc-Cuivre)



- **animation Fête de la Science 2022**
 - *Pour l'édition 2022 de la Fête de la Science, une pile de Volta avait été présentée: 4 éléments zinc-cuivre baignant dans de l'eau avec quelques gouttes de vinaigre blanc. Miracle de la technique, le voltmètre affichait 4,0 volts et cet ensemble permettait de faire d'éclairer une petite LED rouge. Même les techniciens chevronnés étaient bluffés...*

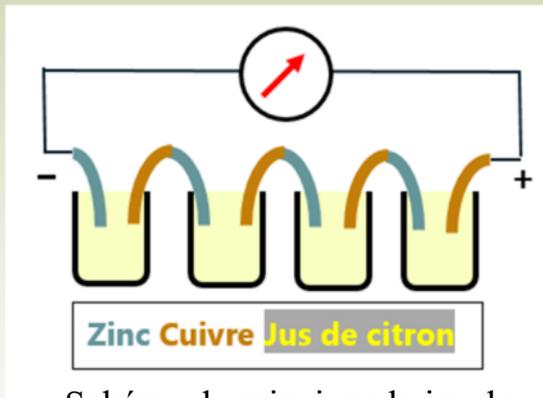


Schéma de principe : le jus de citron a été remplacé par du vinaigre blanc.

La résistance interne est trop élevée pour fournir un courant faisant dévier l'aiguille de la boussole (*expérience d'Oersted*)



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 "*Les cours*" puis "*Certificat Radioamateur*"

f6kgl.f5kff@free.fr

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