

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

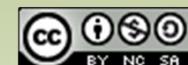
Chapitre 1- Première partie

Les bases de l'électricité

Ce document a servi pour le cours enregistré le **06/01/2023**.

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/>





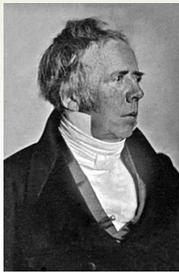
1-1) Les bases de l'électricité



Alessandro Volta
1745 – 1827
Pile Zinc-Cuivre (1799)



Volta présente sa pile à Napoléon (nov. 1801)



Hans Christian Oersted
1777 – 1851

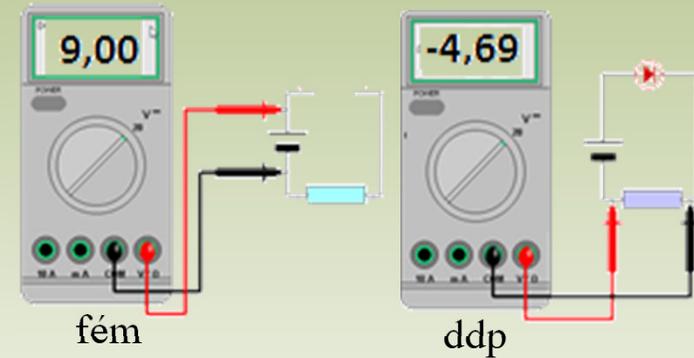
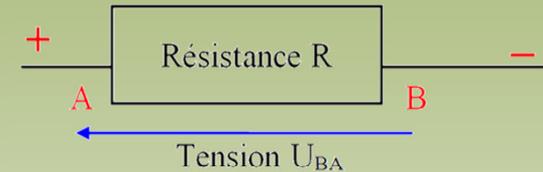


André-Marie Ampère
1755 – 1836

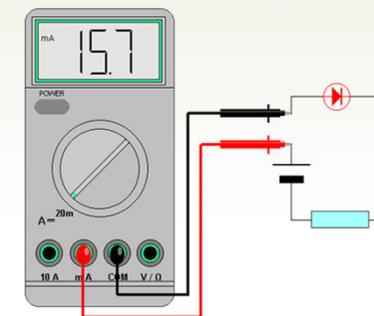
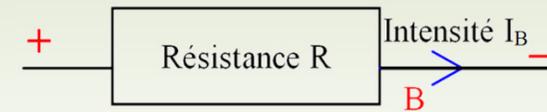
Relation entre magnétisme et électricité (1820)

• L'électricité repose sur 4 grandeurs :

- la **tension**
 - notée U (ou E), donnée en volts (V)
 - représentation
 - flèche entre deux points
 - tension de référence
 - mesure (avec un voltmètre)
 - E = force Electromotrice (fém)
 - U = différence de potentiel (ddp) ou « Potenzieller Unterschied » en allemand (*langue de Georg Ohm*)



- **l'intensité**
 - notée I et donnée en ampères (A)
 - représentation
 - sens du courant (flèche sur le circuit)
 - sens électrique et sens électronique
 - mesure (avec un ampèremètre)
 - insertion de l'instrument de mesure dans le circuit





1-1) Les bases de l'électricité

- La pile de Volta (1799)
 - Deux électrodes : **Zinc** (-) et **Cuivre** (+)
 - Un électrolyte : du **vinaigre blanc** (acide acétique) dilué
 - Tension à vide = **1 V par élément**, $I_{CC} = 9 \text{ mA}$ (pas génial !)
 - l'acide ronge le zinc qui se transforme en oxyde de Zinc (dépôt)
 - l'eau se décompose en oxygène et hydrogène (bulle d'air sur le cuivre)
 - le cuivre ne sert que de conducteur et est très peu oxydé
 - on peut remplacer le vinaigre blanc par du jus de citron ou de la soude.



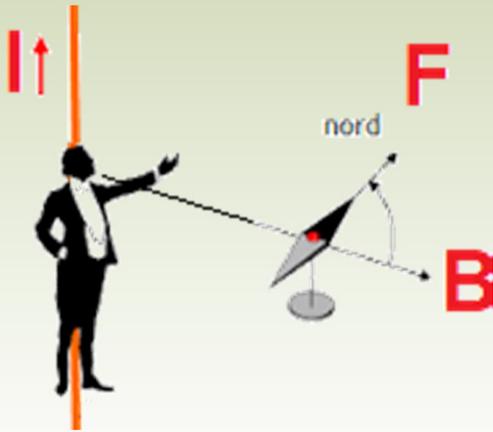


1-1) Les bases de l'électricité

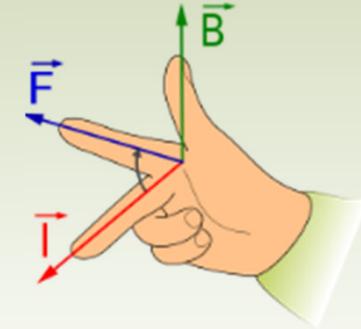
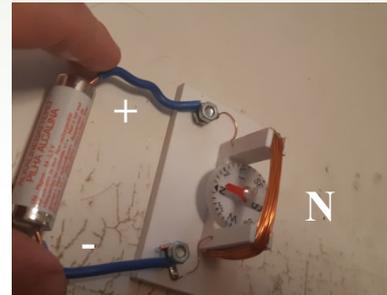
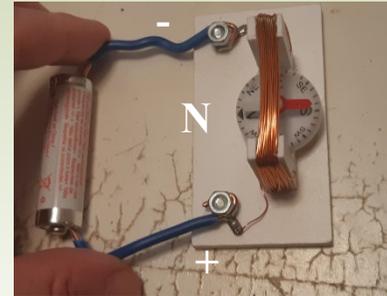
- L'expérience d'Oersted (1820)
 - Relation courant électrique / champ magnétique
 - Le courant électrique fait dévier l'aiguille de la boussole vers la gauche
 - $I = \text{intensité}$; $B = \text{champ magnétique}$; $F = \text{force du champ}$

À vide, la boussole indique le Nord

la boussole est déviée à gauche dans le sens du courant



Le bonhomme d'Ampère



Règle des 3 doigts

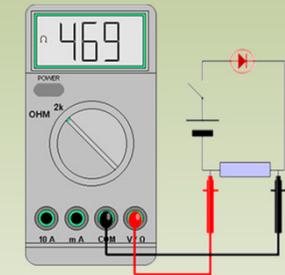


1-1) Les bases de l'électricité

L'électricité repose sur **4 grandeurs** :

la **résistance**

- notée R et donnée en ohms (Ω)
- ne pas confondre le phénomène et le composant
- représentation schématique
- mesure (avec un multimètre)
- ce composant sera présenté en détail dans le prochain cours*

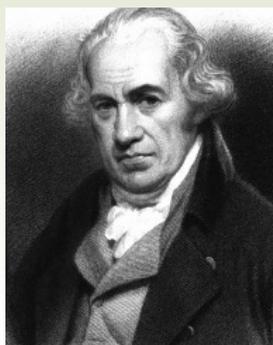
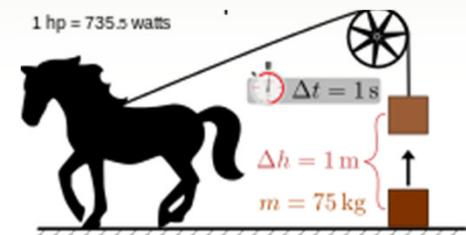
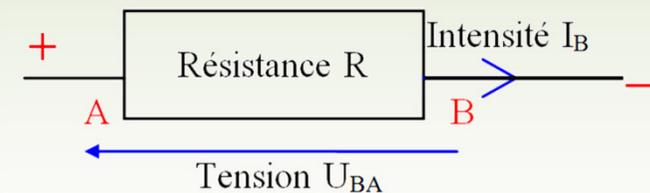


Georg Simon Ohm
1789 – 1854
Théorie du circuit galvanique (Die galvanische Kette, 1827)

la **puissance**

- notée P et donnée en watts (W)
- puissance disponible
 - source
- puissance consommée
 - thermique (chaleur)
 - électrochimique (chargement d'un accu)
 - électromagnétique (champ d'une antenne)
 - mécanique (moteur)
 - 1 cheval-vapeur = 735,5 W = 9,806 x 75 kg·m/s

Chaleur dégagée = Puissance P_R



James Watt
1736 – 1819
Améliore la machine à vapeur (1765) et définit le cheval-vapeur (1780)



1-2) Lois d'Ohm et de Joule

- Loi d'Ohm : **$U = R \times I$**
- Loi de Joule : **$P = U \times I$**
 - Ces deux lois sont **fondamentales** car elles expriment les relations entre les quatre grandeurs de base de l'électricité
 - En développant ces formules (*en faisant appel à l'algèbre dont on a vu les règles en introduction*), on obtient les relations suivantes :
 - **$R = U / I$** et **$I = U / R$**
 - **$U = P / I$** et **$I = P / U$**
 - Mais aussi, en mariant les lois d'Ohm et de Joule, on obtient:
 - **$P = U \times I = U \times (U/R) = U^2 / R$**
 - **$P = U \times I = (R \times I) \times I = R \times I^2$**
 - De ces deux dernières formules, on peut encore obtenir les variantes suivantes :
 - **$R = U^2 / P$ $U = \sqrt{(PR)}$ $R = P / I^2$ $I = \sqrt{(P/R)}$**

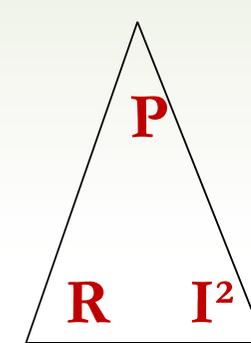
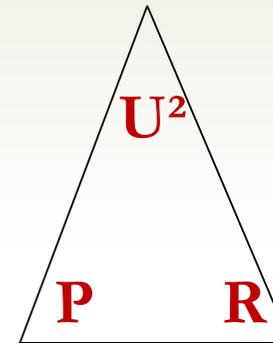
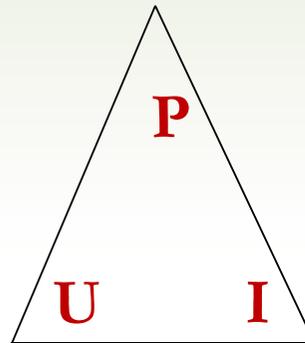
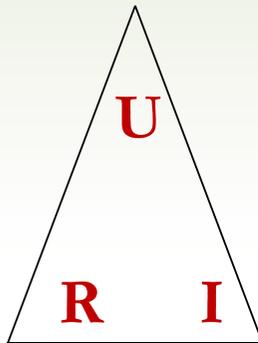


1-2) Lois d'Ohm et de Joule

- Le tableau ci-dessous résume les 12 formules

	P en watts	U en volts	I en ampères	R en ohms
P (W)		$R = U^2 / P$	$R = P / I^2$	$\sqrt{(P / R)}$
U (V)	$I = P / U$		$R = U / I$	$P = U^2 / R$
I (A)	$U = P / I$	$P = U \cdot I$		$P = R \cdot I^2$
R (Ω)	$U = \sqrt{(P \cdot R)}$	$I = U / R$	$U = R \cdot I$	

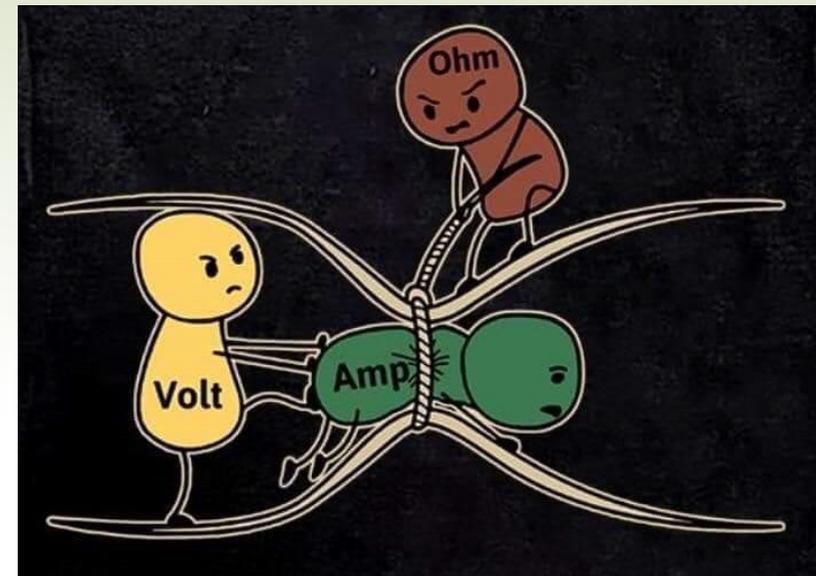
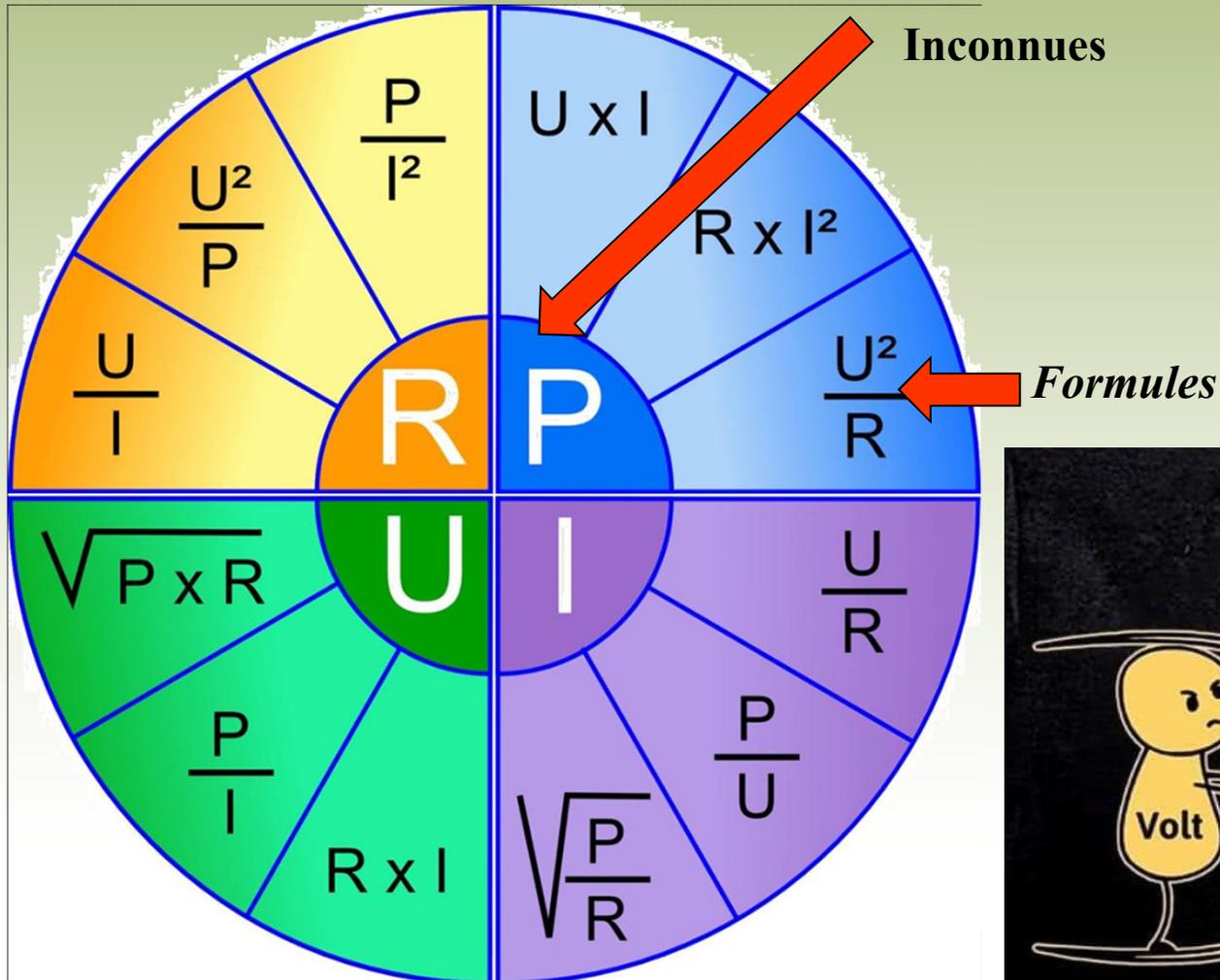
- Les quatre équations en **rouge** ci-dessus servent de base aux quatre triangles de calcul simplifié :





1-2) Lois d'Ohm et de Joule

- Autre représentation synthétique : la « roue électrique »

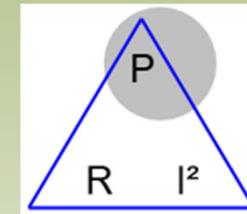




1-2) Lois d'Ohm et de Joule

- Exemples :

- 1) Soit une résistance de 1.500Ω parcourue par un courant $0,1 \text{ A}$. Quelle est la tension à ses bornes ? Quelle est la puissance dissipée ?



$$U = R \cdot I = 1.500 \times 0,1 = \mathbf{150 \text{ V}}$$

$$P = U \cdot I = 150 \times 0,1 = \mathbf{15 \text{ W}} \text{ ou } \underline{P = R \cdot I^2} = 1.500 \times 0,1 \times 0,1 = \mathbf{15 \text{ W}}$$

$$\text{ou encore } P = U^2 / R = (150 \times 150) / 1500 = 22.500 / 1500 = \mathbf{15 \text{ W}}$$

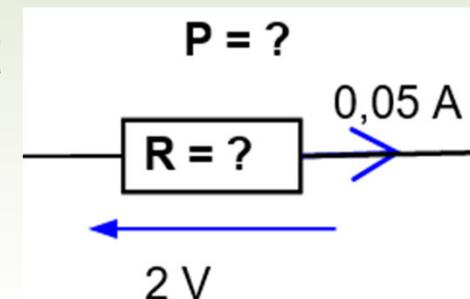
- 2) quelle est la puissance P dissipée et la valeur de R ?

$$P = U \cdot I = 2 \times 0,05 = \mathbf{0,1 \text{ W}}$$

$$R = U / I = 2 / 0,05 = \mathbf{40 \Omega}$$

$$\text{ou } \underline{R = P / I^2} = 0,1 / (0,05 \times 0,05) = 0,1 / 0,0025 = \mathbf{40 \Omega}$$

$$\text{ou encore } R = U^2 / P = 2^2 / 0,1 = 4 / 0,1 = \mathbf{40 \Omega}$$





1-3) autres unités

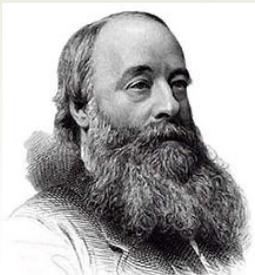
- Le **coulomb**



Charles-Augustin de
Coulomb
1736 – 1806
Balance de Coulomb
mesurant la force entre 2
charges électriques (1784)

- est noté **C**
- représente une **quantité d'électricité** (notée **Q**), c'est-à-dire un nombre d'électrons
 - précisément : $6,25 \cdot 10^{18}$ électrons (*6 milliards de milliards*)
- l'intensité est un débit et correspond au passage d'électrons par unité de temps. Un ampère est égal à un coulomb par seconde, soit la relation suivante :
 - $I(A) = Q(C) / t(s)$ ou (variante) $Q(C) = I(A) \cdot t(s)$**
- autre unité d'électricité : **ampère-heure** (Ah) : **$1 Ah = 3600 C$***

- Le **joule**



James Prescott Joule
1818 – 1889
Expériences sur
l'équivalent mécanique de
la chaleur (1843)

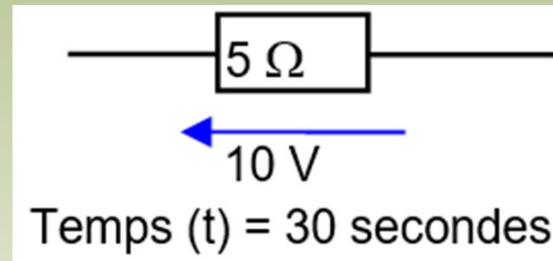
- est noté **J**
- représente une quantité d'**énergie disponible** (notée **E**) ou une quantité d'**énergie consommée** (travail et notée **W**)
- un watt est égal à un joule par seconde, soit la relation suivante:
 - $P(W) = E$ ou $W(J)/t(s)$ ou E ou $W(J) = P(W) \cdot t(s)$**
- autre unité d'énergie : **watt-heure** (Wh) : **$1 Wh = 3600 J$***



1-3) autres unités

- Exemples :

Calculer Q en Coulombs et W en Joules



Réponses :

$$Q(\text{C}) = I \cdot t = (U / R) \cdot t = (10 / 5) \cdot 30 = 2 \times 30 = \mathbf{60 \text{ C}}$$

$$W(\text{J}) = P \cdot t = (U^2 / R) \cdot t = (10 \times 10 / 5) \times 30 \\ = 20 \times 30 = \mathbf{600 \text{ J}}$$

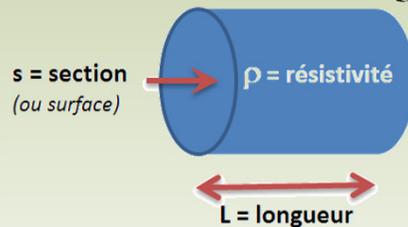
ou, puisque $P = U \cdot I$, alors $P \cdot t = U \cdot I \cdot t$, donc :

$$W(\text{J}) = U(\text{V}) \cdot Q(\text{C}) = 10 \times 60 = \mathbf{600 \text{ J}}$$



1-4) la résistivité

- **La résistivité** est un nombre qui caractérise le pouvoir d'un matériau à résister au passage du courant électrique continu à une température définie (20°C en général).
 - la résistivité est notée ρ (*rhô*) et se définit en Ωm .
 - la résistance d'un corps dépend de sa résistivité mais aussi de ses dimensions. Si le corps est homogène, la résistance est :



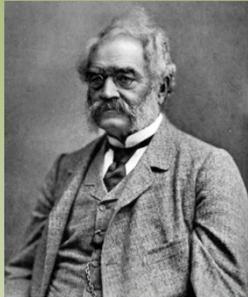
- proportionnelle à la longueur
- inversement proportionnelle à la section (*et non pas diamètre*)
- donnée par la formule : $R(\Omega) = \rho(\Omega\text{m}) \cdot L(\text{m}) / s(\text{m}^2)$
- *résistivité (ρ) de quelques matériaux à 20°C :*

Matériau et $\rho(\Omega\text{m})$		Matériau et $\rho(\Omega\text{m})$		Matériau et $\rho(\Omega\text{m})$		Matériau et $\rho(\Omega\text{m})$		Matériau et $\rho(\Omega\text{m})$	
Argent	$1,6 \cdot 10^{-8}$	Cuivre écroui	$1,8 \cdot 10^{-8}$	Or	$2,2 \cdot 10^{-8}$	Aluminium	$3 \cdot 10^{-8}$	Laiton	$6 \cdot 10^{-8}$
Fer	$1 \cdot 10^{-7}$	Constantan	$4,9 \cdot 10^{-7}$	Nichrome	$1,1 \cdot 10^{-6}$	Eau de mer	0,3	Germanium	0,46
Silicium	640	Eau pure	$2 \cdot 10^5$	Air sec	$1,13 \cdot 10^9$	Porcelaine	10^{11}	Polyéthylène	10^{15}
Papier	10^{15}	Bakélite	10^{16}	Plexiglas	10^{17}	Quartz	$7 \cdot 10^{17}$	Polystyrène	10^{20}

- *conducteur* : moins de $10^{-6} \Omega\text{m}$
- *isolant* : plus de $10^6 \Omega\text{m}$



1-4) la résistivité

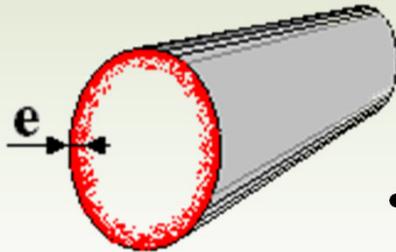


Ernst Werner von
Siemens 1816 – 1892
Inventeur de la dynamo
électrique (1866) et du HP
électrodynamique (1877)

- La **conductivité** est le pouvoir d'un matériau à laisser passer le courant électrique (inverse de la résistivité)
 - notion de **conductance**, inverse de la résistance (en Siemens, $S = 1/\Omega$)
- **Densité de courant**, mesurée en A/mm^2
 - ordre de grandeur pour du cuivre écroui : $5 A/mm^2$
- **Effet de peau** : plus la fréquence du courant augmente, plus le courant se déplace en surface du conducteur, ce qui augmente sa résistance
 - estimation de l'épaisseur de la peau dans un fil de cuivre :

$$e(\mu m) = 66 / \sqrt{F(MHz)}$$

9,4 mm à 50 Hz ; 0,5 mm à 20 kHz ; 66 μm à 1 MHz ;
12 μm à 30 MHz ; 5 μm à 150 MHz et 2 μm à 1 GHz

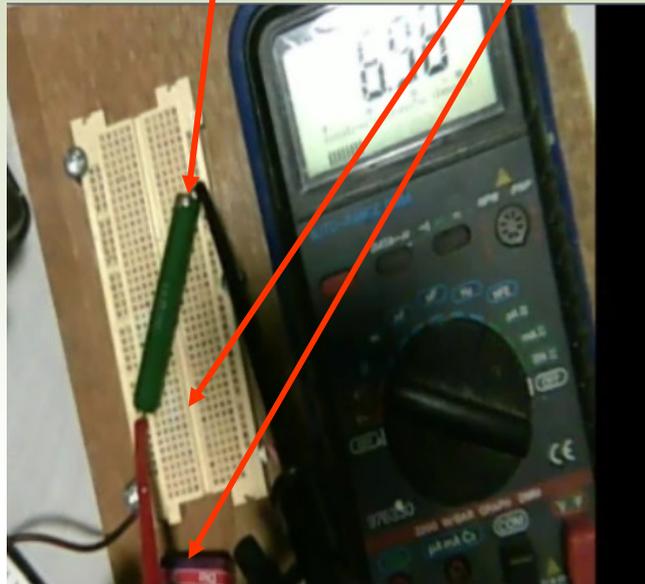


- pour limiter l'effet de peau, on pourra utiliser :
 - un câble composé de plusieurs fils de petit diamètre (de préférence à un câble monobrin) car ceci augmente la section dans laquelle peut se déplacer le courant HF et donc diminue la résistance du fil
 - du fil recouvert d'un matériau très conducteur (cuivre argenté) ou traité en surface de manière à ce qu'il ne s'oxyde pas (cuivre émaillé) car l'oxydation rend souvent un métal isolant



Chapitre 1 – 1^{ère} partie

- Soit une résistance reliée à une pile
 - A l'aide du multimètre, mesurer la tension aux bornes de la résistance et l'intensité parcourue
 - En déduire la valeur de la résistance et la puissance dissipée
 - Présentation d'une plaque d'essai
 - Vérifier la résistance par la mesure *(et la chaleur avec le doigt)*



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>