

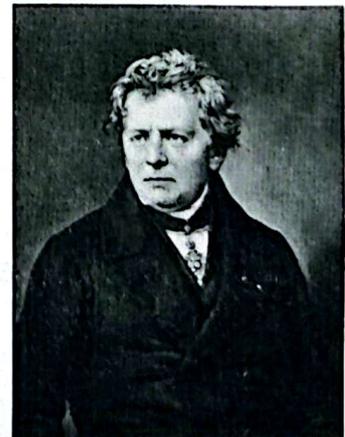
I Définitions	2
1.) Régimes d'utilisation d'un circuit	2
2.) L'approximation des régimes quasi-permanents (ARQP) ou quasi-stationnaires (ARQS).....	2
3.) Les circuits.....	2
II Grandeurs électriques	3
1.) L'intensité	3
2.) La tension	4
Ordres de grandeurs d'une tension électrique.....	4
III Puissance électrocinétique échangée.....	5
1.) Conventions de signe.....	5
2.) Puissance reçue par un dipôle.....	5
3.) Caractère récepteur et générateur	6
IV Caractéristique d'un dipôle.....	7
1.) Caractéristique statique.....	7
2.) Classification des dipôles.....	7
V Le conducteur ohmique.....	8
1.) Définition.....	8
2.) Association de résistances	8
VI Modélisation d'un dipôle linéaire actif.....	9
1.) Source idéale.....	9
2.) Générateur réel en régime continu.....	10
Modèles de Thévenin (générateur de tension) et Norton (générateur de courant)	10
3.) Association de dipôles actifs	10
VII Applications	11
1.) Méthode de résolution	11
2.) Point de fonctionnement.....	11
3.) Application directe	12

Georg Simon Ohm, né en 1789 à Erlangen et mort à 65 ans en 1854 à Munich, est un physicien allemand ayant étudié à l'université d'Erlangen (Allemagne).

Professeur d'université, Ohm a commencé ses travaux de recherche par une étude sur la cellule électrochimique récemment inventée par Alessandro Volta. En utilisant du matériel de sa propre invention, Ohm a découvert l'existence d'une relation de proportionnalité directe entre la différence de potentiel appliquée aux bornes d'un conducteur et le courant électrique qui le traverse, ce qu'on appelle maintenant la loi d'Ohm. Ces résultats expérimentaux lui ont permis de déterminer les relations fondamentales entre courant, tension et résistance électrique, ce qui constitue le début de l'analyse des circuits électriques.

L'ohm, unité de mesure de résistance électrique, est nommé en son honneur.

https://fr.wikipedia.org/wiki/Georg_Ohm



I Définitions.

1.) Régimes d'utilisation d'un circuit.

C'est l'alimentation du circuit qui fixe le type de régime.

- Régime continu : i et u en chaque point du circuit sont indépendants du temps.

(= cst)

générateur type : pile ou batterie, alimentation stabilisée

- Régime variable : $i(t)$ et $u(t)$

- Régime sinusoïdal forcé : i et u sont des fonctions sinusoïdales du temps.

générateur : générateur basse fréquence (G.B.F.), prise secteur

- Régime transitoire : Régime court qui s'observe lors du changement d'alimentation du circuit.

On passe ensuite en régime permanent (ou stationnaire).

(G.B.F) signal carré 

2.) L'approximation des régimes quasi-permanents (ARQP)

ou quasi-stationnaires (ARQS).

On peut négliger les temps de propagation du courant et de la tension dans les fils (c'est-à-dire considérer qu'ils sont identiques le long d'un même fil à un instant donné), si les dimensions du circuit sont très inférieures à la distance parcourue par u ou i pendant les durées intervenant dans l'étude du circuit.

Propagation d'une onde électromagnétique

(\vec{E}, \vec{B}) à la vitesse $v \approx c \approx 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

ex : régime sinusoïdal : $i(t) / u(t)$

Fonctions sinusoïdales de période T

Distance parcourue par $i(t)$ ou $u(t)$ pendant T

$$\lambda = cT \quad T = \frac{1}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f}$$

A.N. $f = 1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{10^6} = 300 \text{ m} \gg l$$

l longueur des fils habituellement utilisés en TP

\Rightarrow ARQS vérifiée : on néglige le temps de propagation

$$f = 100 \text{ MHz} \quad \lambda = 3 \text{ m} \approx l$$

\Rightarrow ARQS moins bien vérifiée

3.) Les circuits.

Un conducteur est un milieu possédant des porteurs de charge libres de se déplacer.

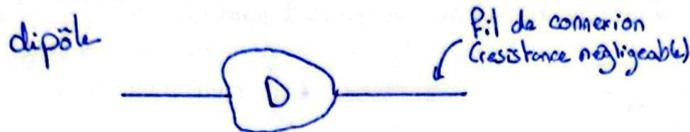
Le courant électrique est un mouvement d'ensemble des porteurs de charge libres.

Un fil de connexion est un conducteur de faible diamètre.

exemple :

Conducteurs	Porteurs de charge
Conducteur métallique (Pils, etc)	Electrons
Solution aqueuse conductrice = Electrolyte	Ions

On appelle dipôle électrocinétique tout système électrique relié à l'extérieur par deux bornes.

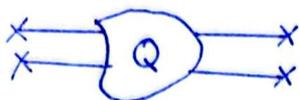


ex: résistor, condensateur, bobine, Diode, DEL (LED)

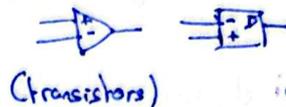
Un circuit électrique est un ensemble de dipôles reliés entre eux par des fils de connexion.

Dans un circuit simple, les dipôles sont reliés en série.

Dans un réseau, les dipôles sont reliés de façon plus complexe, et il peut également y avoir des quadripôles.



ex: LED RGB, Spé: Amplificateur linéaire intégré



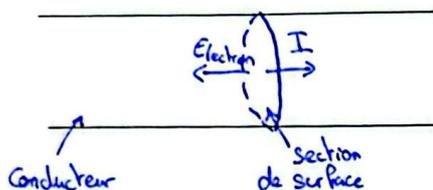
II Grandeurs électriques

1.) L'intensité

a) Définition

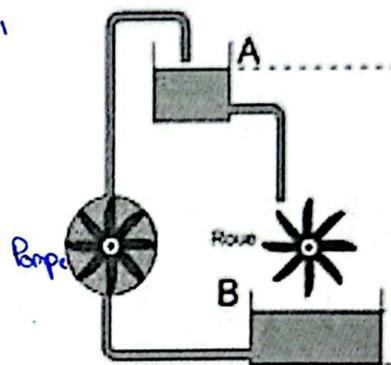
L'intensité (instantanée) du courant électrique circulant dans un conducteur est la quantité de charge traversant une section de surface S du conducteur, par unité de temps.

$$i = \frac{dq}{dt}$$



Intensité moyenne

$$I = \frac{Q}{t} \quad A = C \cdot s^{-1}$$



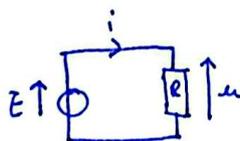
Analogie hydraulique

Intensité ↔ débit d'eau

Tension elec ↔ hauteur de la chute d'eau
= différence de potentiel $(h = z_A - z_B)$ z alt

Générateur elec ↔ Pompe

Dipôle récepteur ↔ Roue



Ordres de grandeur de l'intensité du courant électrique.	
Ordre de grandeur	Dispositif
1 mA	Seuil de perception
10 mA	DEL commune (Diode électro-luminescente ou LED) (fréquence secteur)
100 mA	Électrocution. Un courant alternatif de 75 mA à 50-60 Hz appliqué durant une seconde produit une fibrillation ventriculaire, mortelle sauf intervention rapide.
1 A	Ampoule à incandescence
10 A	Radiateur
100 A	Démarrreur automobile
1 kA	Moteur de locomotive
10 à 100 kA	Eclair

b) Loi des nœuds

Définition : Un nœud du réseau est un point d'interconnexion relié à au moins 3 dipôles.

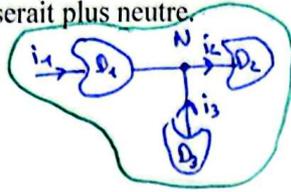
Propriété : Loi des nœuds ou première loi de Kirchhoff

$$\sum_k \varepsilon_k i_k = 0 \text{ en un nœud du réseau.}$$

$\varepsilon_k = +1$ si i_k se dirige vers le nœud, $\varepsilon_k = -1$ sinon.

Traduit le fait que les charges ne peuvent pas s'accumuler en un point d'interconnexion du réseau, sinon le conducteur ne serait plus neutre.

exemple



$$+i_1 + i_3 - i_2 = 0 \Leftrightarrow i_2 = i_3 + i_1$$

portion de circuit

Loi de conservation de la charge en N

les charges ne peuvent pas s'accumuler en N

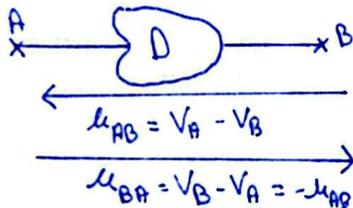
Rq imp.: Le circuit doit être fermé pour que le courant circule

2.) La tension

a) Définition

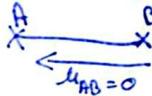
Le potentiel électrique V en un point caractérise l'état électrique de ce point. (cf cours spé)

La tension aux bornes d'un dipôle est la différence de potentiel entre ses bornes $U_{AB} = V_A - V_B$.



$$U_{AB} \quad U_{BA} \quad U_{BA}$$

Rq: Pour 1 fil de connexion (de résistance négligeable)



$$(U_{AB} = r i \approx 0 \text{ V})$$

Ordres de grandeurs d'une tension électrique

Piles du commerce :	1,5 V ; 4,5 V ; 9 V
Batteries d'accumulateurs :	6 V ; 12 V ; 24 V
Réseau de distribution E.D.F. :	127 V ; 230 V ; 380 V
Tension d'alimentation du TGV :	25kV
Ligne de transport à haute tension :	150 kV à 500 kV
Alternateur de centrale électrique :	5 kV à 25 kV
Foudre entre ciel et terre pendant un orage :	100 000 kV à 500 000 kV

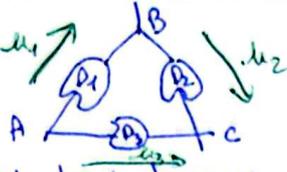
b) Loi des mailles

Une branche est un tronçon de circuit compris entre deux nœuds.

Une maille est un ensemble de branches formant une boucle fermée qui ne passe qu'une fois par un nœud donné.

Propriété : Loi des mailles ou deuxième loi de Kirchhoff $\sum_k \epsilon_k u_k = 0$ sur une maille du réseau.
 $\epsilon_k = +1$ si u_k est dans le sens choisi (de façon arbitraire) sur la maille, $\epsilon_k = -1$ sinon.

exemple :



Loi d'additivité des tensions

$$U_{AB} = V_A - V_B = 0$$

$$= (V_A - V_B) + (V_B - V_C) + (V_C - V_A) = 0$$

$$U_{AA} = u_{AB} + u_{BC} + u_{CA} = 0$$

$$u_1 + u_2 - u_3 = 0 \Leftrightarrow u_1 + u_2 = u_3 \text{ (car } u_3 \text{ sens opp)}$$

Rq : Référence des potentiels :

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

$$= (V_A - V_C) - (V_B - V_C)$$

On peut choisir un point c de potentiel nul (masse) et mesurer tt les tensions par ce point

III Puissance électrocinétique échangée

1.) Conventions de signe

- Pour le courant, on oriente arbitrairement le conducteur par une flèche.
 $i > 0$ si le courant circule réellement dans ce sens. $i < 0$ sinon.

- L'orientation de la tension aux bornes du dipôle est indépendante de celle du courant :

Convention récepteur (CVR): u et i sont orientés en sens contraire.



Convention générateur (CVG): u et i sont orientés dans le même sens.

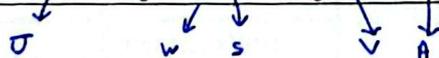


2.) Puissance reçue par un dipôle

Définition : La puissance instantanée reçue par un dipôle est $P(t) = u(t) * i(t)$ pour un dipôle en convention récepteur. *Wattf (w)*

$$P(t) = \frac{d\mathcal{E}}{dt} \text{ où } \mathcal{E}(t) \text{ est l'énergie reçue à l'instant } t$$

$$\text{Energie reçue de } t=0 \text{ à } t : \mathcal{E}_{0 \rightarrow t} = \int_0^t P(t) dt = \int_0^t u(t) i(t) dt$$



3.) Caractère récepteur et générateur

Définition:

Un dipôle a un **comportement récepteur** à l'instant t si la puissance reçue à cet instant est positive.

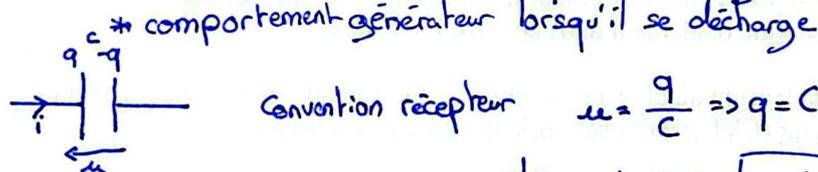
Un dipôle a un **comportement générateur** à l'instant t si la puissance reçue à cet instant est négative.

En régime continu (indépendant du temps), la puissance reçue par un dipôle garde le même signe : le dipôle a un comportement **récepteur permanent** ou **générateur permanent**.

Récepteurs :	
Transforment l'énergie électrique reçue en	
Chaleur	Conducteur ohmique (résistance)
Lumière	DEL ou Filament- d'ampoule à incandescence
Energie chimique	Pile rechargeable = Electrolyseur
Travail mécanique	Moteur à courant continu

Générateurs :	
Produisent de l'énergie électrique reçue à partir de	
Chaleur	Module PELTIER
Lumière	Module photovoltaïques (panneaux solaires)
Energie chimique	Piles (rechargeables) ou accumulateur
Travail mécanique	Alternateur

Exemple : Condensateur *comportement récepteur lorsqu'on le charge



Convention récepteur $u = \frac{q}{C} \Rightarrow q = Cu$ (C , capacité du condensateur)

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(Cu) = C \times \frac{du}{dt}$$

Puissance	Appareils
1mW = 10^{-3} W	montre - DEL laser
	calculatrices
1W	lampe de poche
	tube fluorescent
	lampe à incandescence
1kW (kilowatt)	appareil électroménager

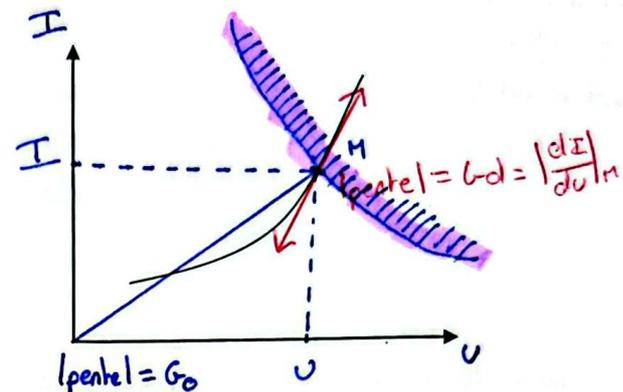
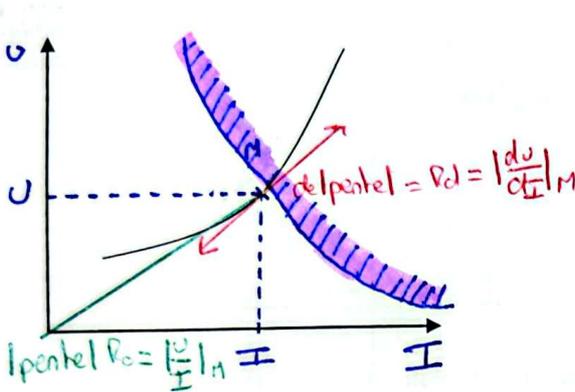
1kW (kilowatt)	installation électrique domestique
1MW (mégawatt) = 10^6 W	moteur de TGV
1GW (gigawatt) = 10^9 W	centrale électrique
1PW (pétawatt) = 10^{15} W	Laser Méga Joule du CEA

IV Caractéristique d'un dipôle

1.) Caractéristique statique.

La caractéristique statique d'un dipôle est le graphe en régime continu de la fonction $I = f(U)$ caractéristique tension-courant ou $U = f(I)$ caractéristique courant-tension. Elle dépend de la convention d'orientation choisie.

On définit au point M (U, I) de la courbe :
 - la résistance statique $R_0 = \left| \frac{U}{I} \right|_M \Omega$ (ohm) et la conductance statique $G_0 = \frac{1}{R_0} \Omega^{-1} = S$ (Simens)
 - la résistance dynamique $R_d = \left| \frac{dU}{dI} \right|_M \Omega$ (ohm) et la conductance dynamique $G_d = \frac{1}{R_d} \Omega^{-1} = S$ (Simens)



Remarque : Puissance max que peut supporter le dipôle

$$P_{max} = U \times I \Rightarrow U = \frac{P_{max}}{I}$$

(Ce type de $f(x) = \frac{1}{x}$)

2.) Classification des dipôles.

Un dipôle est symétrique si le régime de fonctionnement du circuit n'est pas modifié lorsqu'on permute son sens de branchement (\neq non symétrique ou polarisé).

\Rightarrow Caractéristique statique symétrique / origine 0
 $\left. \begin{matrix} I \rightarrow -I \\ U \rightarrow -U \end{matrix} \right\}$ pas de changement

Un dipôle est passif s'il n'est pas alimenté de l'extérieur (\neq actif).

\Rightarrow Caractéristique statique ne passe pas par l'origine

Un dipôle est linéaire si la tension $u(t)$ appliquée entre ses bornes et l'intensité $i(t)$ du courant qui le traversent sont liés par une relation affine en régime continu ou par une équation différentielle linéaire à coefficients constants en régime variable (\neq non linéaire).

en régime continu $U = aI + b$ (a; b) cst
 en régime variable $U = a \frac{dI}{dt} + bI$

exemple : * Résistor, bobine, condensateur : dipôles symétriques, linéaires, passifs.
 * générateur de tension (ou de courant) : dipôles actifs, non symétrique, linéaire

V Le conducteur ohmique

1.) Définition

a) Loi d'Ohm

Pour un conducteur ohmique en convention récepteur, à tout instant, la relation liant $u(t)$ et $i(t)$ est : $u = R \cdot i$ où R est une constante positive appelée résistance.



Ordre de grandeur de résistances électriques

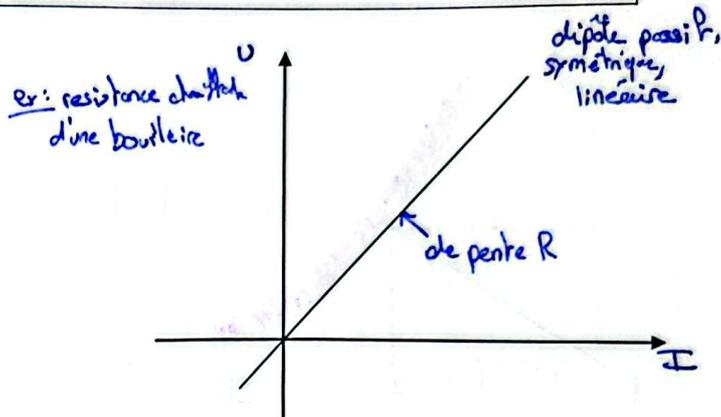
Corps humain : 10 Ohms (mouillé) à 1 MOhm (sec).

Résistance en électronique : de 1 à 10 MOhms

Résistance d'un Ampèremètre : qq Ohms

Résistance d'un Voltmètre : qq MOhms

Résistance d'un fer à repasser ou d'un sèche-cheveux : environ 40 Ohms



b) Puissance reçue

La puissance reçue par le dipôle à l'instant t est : $P(t) = Ri^2(t) = \frac{u^2(t)}{R} > 0$

en Convention récepteur, $u = Ri \Rightarrow i = \frac{u}{R}$

$$P(t) = u(t) \cdot i(t) \Rightarrow P(t) = R \cdot i^2(t) > 0$$

$$\Rightarrow P(t) = \frac{u^2(t)}{R} > 0$$

pour $i \neq 0$ et $u \neq 0$

Le conducteur ohmique a toujours un comportement récepteur

→ La puissance élec reçue est dissipée par Effet Joule (chaleur)

c) Technologie des résistances :

Les résistances peuvent être bobinées (fil conducteur enroulé sur un support isolant), agglomérées (mélange carbone-résine thermoplastique) ou à couches (dépôt de carbone autour d'un bâtonnet isolant de céramique).

2.) Association de résistances

a) Résistances en série : $R_{eq} = R_1 + R_2$

Application au pont diviseur de tension : $\frac{u_1}{u} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

Loi d'ohm $\left\{ \begin{array}{l} u_1 = R_1 i \\ u_2 = R_2 i \end{array} \right.$

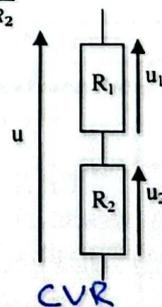
Loi addition des tensions : $u = u_1 + u_2$

$$\Rightarrow u = R_1 i + R_2 i \Rightarrow u = (R_1 + R_2) i$$

On pose $R_{eq} = R_1 + R_2$ où $u = R_{eq} i$

$$\frac{u_1}{u} = \frac{R_1 i}{(R_1 + R_2) i} \Rightarrow \frac{u_1}{u} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Deux dipôles sont en série s'ils sont parcourus par le même courant et ont 1 borne en commun



~~1-2-3-4~~

b) Résistances en parallèle : $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

Application au pont diviseur de courant : $\frac{i_1}{i} = \frac{\frac{1}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$

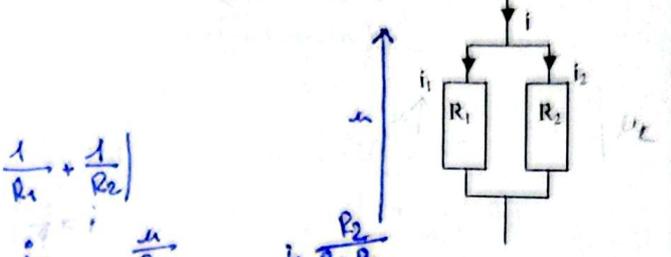
Loi d'ohm en CVR : $u = R_1 \times i_1 \Rightarrow i_1 = \frac{u}{R_1}$
 $u = R_2 \times i_2 \Rightarrow i_2 = \frac{u}{R_2}$

Loi des nœuds en N : $i = i_1 + i_2$

$$\Rightarrow i = \frac{u}{R_1} + \frac{u}{R_2} \Rightarrow i = u \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

On pose $u = R_{eq} i \Rightarrow i = \frac{u}{R_{eq}}$
 $\Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ par identification
 $\Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

$G_{eq} = G_1 + G_2$



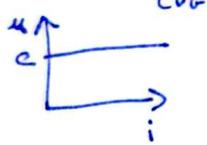
$\frac{i_1}{i} = \frac{\frac{u}{R_1}}{\frac{u}{R_1} + \frac{u}{R_2}} = \frac{\frac{1}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$
 $\Rightarrow \frac{i_1}{i} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ à retenir à chaque fois
 Deux dipôles sont en parallèle si leurs deux bornes sont communes (alors ils auront la même tension)

VI Modélisation d'un dipôle linéaire actif

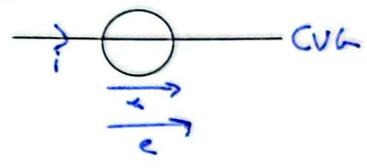
1.) Source idéale

Source idéale de tension : Elle délivre une tension e (appelée force électromotrice f.é.m) indépendante de l'intensité i du courant qui la traverse.

$e(t) = e(t) \forall i$

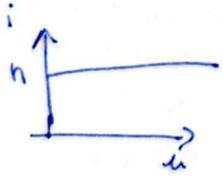


dipôle actif, linéaire, non symétrique

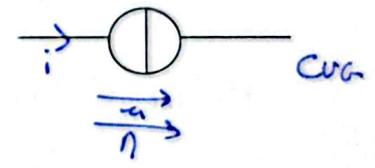


Source idéale de courant : Elle délivre un courant η (appelée courant électromoteur c.é.m) indépendante de la tension u à ses bornes.

$i(t) = \eta(t) \forall u$

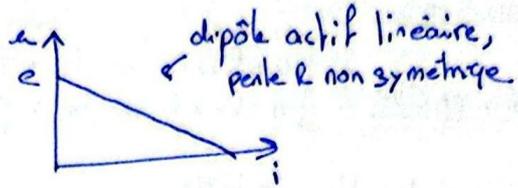


dipôle actif, linéaire, non symétrique





2.) Générateur réel en régime continu



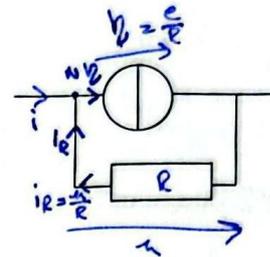
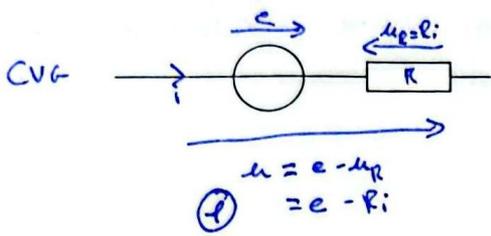
On modélise la caractéristique

① $u = e - R \cdot i$ ($u = 0 \Rightarrow i = \frac{e}{R}$)
 $\Rightarrow R \cdot i = e - u \Rightarrow i = \frac{e}{R} - \frac{u}{R}$ ②

Modèles de Thévenin (générateur de tension) et Norton (générateur de courant)

$u = e - R \cdot i \Leftrightarrow i = \eta - \frac{u}{R}$ où $\eta = \frac{e}{R}$

Modèles de Thévenin

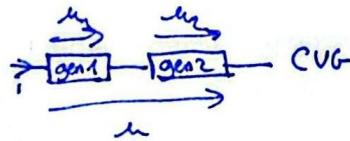


Lois des nœuds en N

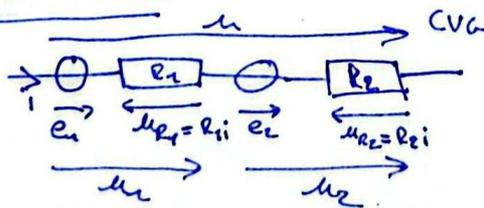
$i + i_R = i_N$
 $\Rightarrow i = i_N - i_R = \frac{e}{R} - \frac{u}{R}$ ②

3.) Association de dipôles actifs (en régime continu)

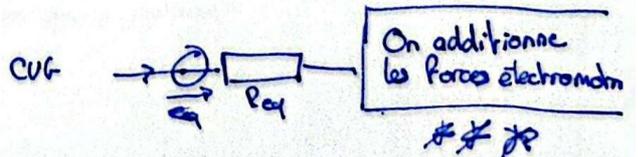
a) En série :



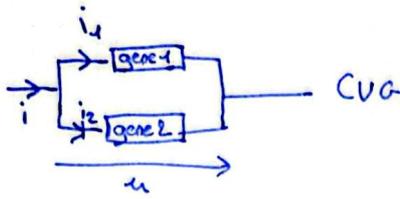
Modèle de Thévenin



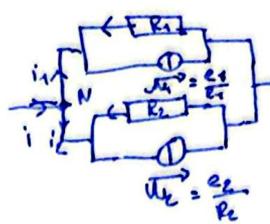
Loi d'addition des tensions : $u = u_1 + u_2$
 où $u_1 = e_1 - u_{R1} = e_1 - R_1 \cdot i$
 $u_2 = e_2 - u_{R2} = e_2 - R_2 \cdot i$
 $\Rightarrow u = e_1 - R_1 \cdot i + e_2 - R_2 \cdot i$
 $\Rightarrow u = (e_1 + e_2) - (R_1 + R_2) \cdot i$
 $\Rightarrow u = e_{eq} - R_{eq} \cdot i$ où $e_{eq} = e_1 + e_2$
 $R_{eq} = R_1 + R_2$



b) En parallèle :



Modèle de Norton:

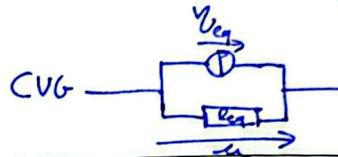


Loi des nœuds en N: $i = i_1 + i_2$ où $\begin{cases} i_1 = \frac{u}{R_1} - \frac{e_1}{R_1} \\ i_2 = \frac{u}{R_2} - \frac{e_2}{R_2} \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{e_1}{R_1} \\ \frac{e_2}{R_2} \end{cases}$

$\Rightarrow i = \frac{u}{R_1} - \frac{e_1}{R_1} + \frac{u}{R_2} - \frac{e_2}{R_2}$

$\Rightarrow i = (Y_1 + Y_2) \cdot u - \left(\frac{e_1}{R_1} + \frac{e_2}{R_2} \right)$

$\Rightarrow i = Y_{eq} \cdot u - \frac{1}{R_{eq}} \cdot u \quad \begin{cases} Y_{eq} = Y_1 + Y_2 \\ \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \end{cases}$



On additionne les courants électromoteur (e)

VII Applications

1.) Méthode de résolution

- simplifier le schéma en calculant des résistances équivalentes
- introduire les courants sur le schéma (en appliquant la loi des nœuds)
- flécher les résistances en convention récepteur
- appliquer loi des mailles et pont diviseur de tension

2.) Point de fonctionnement

