

Régime...

2

1) 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.
pile, alimentation stabilisée.

- Régime variable : i(t) et u(t)

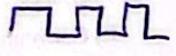
- Régime sinusoïdal forcé : i et u sont des fonctions sinusoïdales du temps.

générateur basse fréquence, prise de courant secteur

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

On passe ensuite en régime permanent (ou stationnaire).

GBF : générateur basse fréquence en mode "carré" (ou alimentation stabilisée + interrupteur)



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.

Ex: En régime sinusoïdale: ***

durée d'étude = période T du signal

Distance parcourue par u ou i pdt T:

$d = cT \rightarrow \lambda = cT \text{ ou } \lambda = \frac{c}{f}$ (c: vitesse de la lumière, f: fréquence)

AM: en TP: $f = 1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$

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

$\lambda \gg l \rightarrow \text{ok}$
 $l \leq 1 \text{ m}$

si $f = 100 \text{ MHz}$,

$\lambda = \frac{c}{f} = 3 \text{ m}$

Approx moins bien vérifiée.

3.) Les circuits.

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

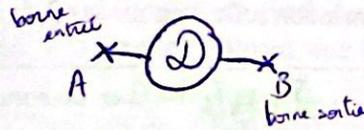
* Le courant électrique est un mouvement d'ensemble des porteurs de charge libres.

Conducteur	Porteurs de charge
Métallique	électrons
Solution ionique (= électrolyte)	ions
Semi-conducteurs	électrons ou trous (manque d'e-)

Un fil de connexion est un conducteur de faible diamètre.

↗
on néglige en général sa résistance

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



ex: résistors, condensateur, bobine.

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 quadripôles: (transistors), amplificateurs linéaires intégrés (ALI) → en spé

II Grandeurs électriques

1.) L'intensité

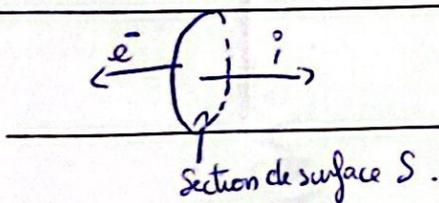
a) Définition

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.

$$A \quad i = \frac{dq}{dt} \quad \text{Coulomb}$$

dq : qte de charges traversant S pdt dt

conducteur
fils



Section de surface S .

Intensité moyenne: $I = \frac{Q}{t}$, $\lim_{t \rightarrow 0} (I) = i$.

Analogie hydraulique:

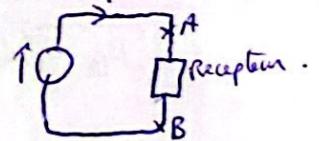
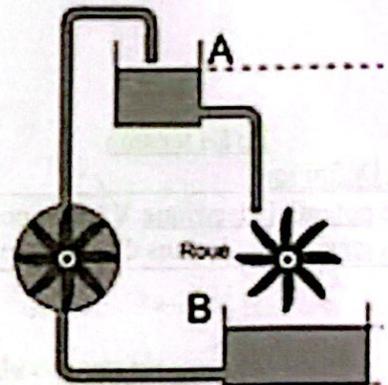
Pour faire tourner la roue, on monte de l'eau de B vers A à l'aide d'une pompe.

Pompe ↔ générateur

Roue ↔ récepteur

débit d'eau ↔ intensité du courant

Différence de hauteur ↔ diff de potentiel (tension)



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)
100 mA	Électrocution. Un courant alternatif de 75 mA à 50-60 Hz appliqué durant une seconde produit une fibrillation ventriculaire, létale sauf intervention rapide.
1 A	Ampoule à incandescence
10 A	Radiateur
100 A	Démarrateur automobile
1 kA	Moteur de locomotive
10 à 100 kA	Eclair

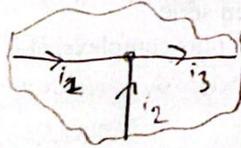
b) Loi des nœuds

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

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

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.



Rq: un courant ne circule que si circuit fermé.

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

$$\Leftrightarrow i_1 + i_2 = i_3$$

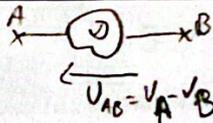
$$\sum \text{courants qui arrivent} = \sum \text{courants qui repartent}$$

\Leftrightarrow quantité de charge arrivant par unité de temps = qte de charge qui repart par unité de temps

2.) La tension**a) Définition**

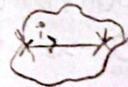
Le **potentiel électrique** V en un point caractérise l'état électrique de ce point.

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



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

Rq: aux bornes d'un fil de connexion, on prend en général $u \approx 0$ car sa résistance est négligeable

**Ordres de grandeurs d'une tension électrique**

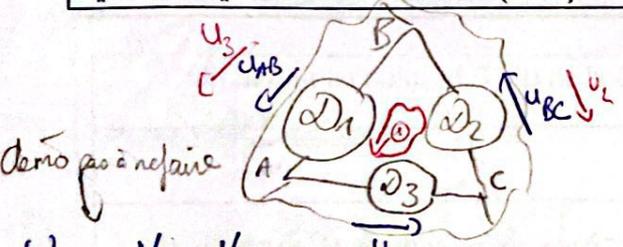
Piles du commerce :	1,5 V ; 4,5 V ; 9 V
Batteries d'accumulateurs :	6 V ; 12 V ; 24 V
Réseau de distribution E.D.F. :	127 V ; 230 V ; 380 V
Tension d'alimentation du TGV :	25kV
Ligne de transport à haute tension :	150 kV à 500 kV
Alternateur de centrale électrique :	5 kV à 25 kV
Foudre entre ciel et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



$$0 = u_1 - u_2 + u_3 \quad (1)$$

demo pas à refaire

$$V_{AA} = V_A - V_A = 0$$

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

Rq: Définition d'une masse, cad d'une ref pour les potentiels

$$u_{AB} = V_A - V_B = (V_A - V_M) - (V_B - V_M)$$

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

III Puissance électrocinétique échangée

1.) Conventions de signe *au hasard*

- 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.

$$P(t) = \frac{dE}{dt}$$

où E est l'énergie reçue à l'instant t

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



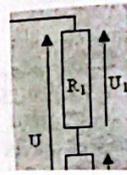
Rq: Moyenne = $\frac{E}{\tau}$ ← énergie reçue pelt la durée τ

Joule (W_s)
Watt
Volt
Ampère

$$P_{\text{instantanée}} = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{E}{\tau}$$

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

Application au pont diviseur de tension : $\frac{U_1}{U} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$



6

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	Resistor
Lumière	Ampoule : filaments d'ampoule à incandescence.
Energie chimique	electrolyseur : batteries/piles (recharge)
Travail mécanique	Moteur

Générateurs :	
Produisent de l'énergie électrique reçue à partir de	
Chaleur	Module peletier
Lumière	Modules photovoltaïques : panneaux solaires
Energie chimique	piles et accumulateurs (décharge)
Travail mécanique	Alternateur.

R_g : batterie d'une voiture

- générateur si la voiture est à l'arrêt (se décharge)
- récepteur si la voiture roule (se recharge)

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

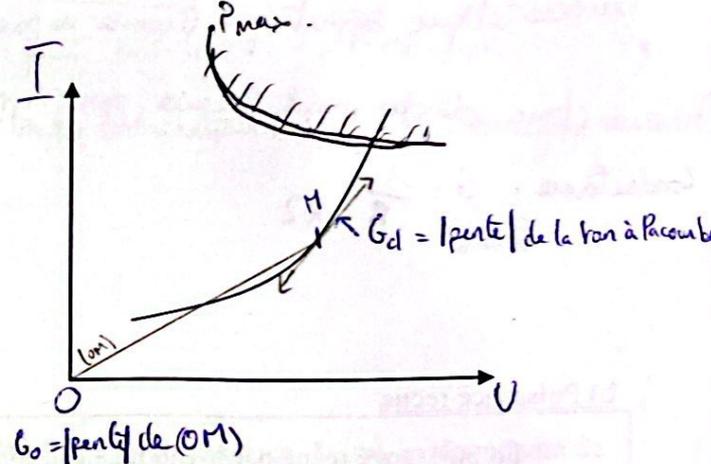
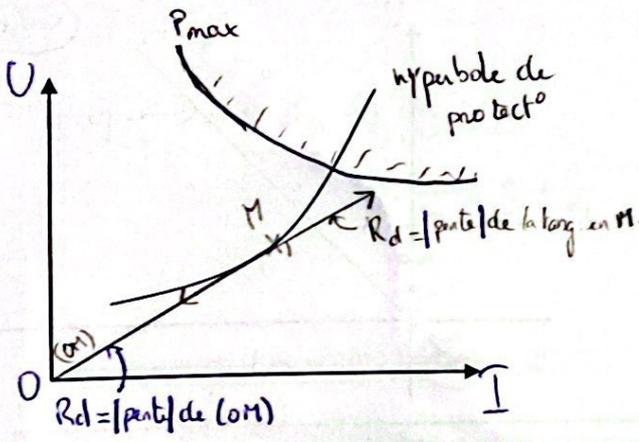
IV Caractéristique d'un dipôle

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 $R_0 = \frac{U}{I} \Big|_M$ et la conductance statique $G_0 = \frac{1}{R_0}$. *Sources ($S = \Omega^{-1}$)*
- la résistance dynamique $R_d = \frac{dU}{dI} \Big|_M$ et la conductance dynamique $G_d = \frac{1}{R_d}$. *Sources ($S = \Omega^{-1}$)*



Rq: hyperbole de protection

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

(Pmax en noir)

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).

remplace $U \rightarrow -U$
 $I \rightarrow -I \Rightarrow$ caractéristique statique qui passe par 0.

On peut brancher dans les 2 sens

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

$i=0 \Rightarrow u=0$ caractéristique statique passe par 0

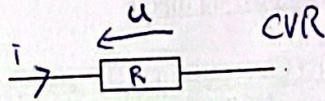
Un dipôle est linéaire si la tension $u(t)$ appliquée entre ses bornes et l'intensité $i(t)$ du courant qui le traversent sont liés par une relation affine en régime continu ou par une équation différentielle linéaire à coefficients constants en régime variable (\neq non linéaire).

Relation affine \Rightarrow caractéristique statique linéaire.

- bobines, résistors, condensateurs \rightarrow symétriques, passifs et linéaires.
- générateur de tension ou de courant \rightarrow actif, non symétrique, linéaire.

8

V Le conducteur ohmique



1.) Définition

a) Loi d'Ohm

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 la résistance. ($R \text{ est } > 0$)

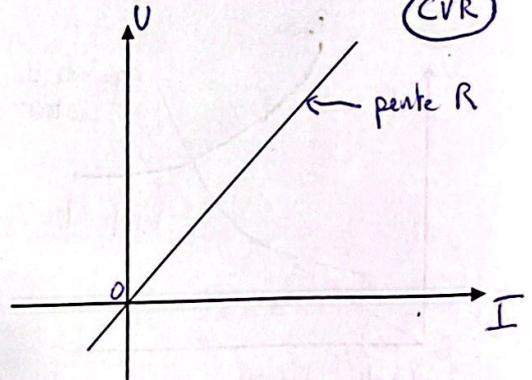
Ordre de grandeur de résistances électriques

- 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

Caractéristique symétrique, linéaire en passant par 0.

donc dipôle passif, linéaire, symétrique

Conductance : $G = \frac{1}{R} \text{ -- } \Omega$
Siemens



b) Puissance reçue

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

Rq: en CVR, $P_{reçue} = U \times I$
Loi d'Ohm en CVR, $U = Ri \Rightarrow P = \frac{u^2}{R} = Ri^2 > 0$
↳ Résistor kg récepteur

La puissance reçue est dissipée par effet Joule sous forme de 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 : $\frac{U_1}{U} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

Ref: 2 dipôles sont en série ils sont parcourus par le même courant (i) et s'ils ont une borne en commun.

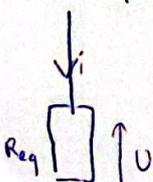
Loi d'additivité des tensions : $U = U_1 + U_2$ ①

Loi d'Ohm en CVR :

$U_1 = R_1 I$ et $U_2 = R_2 I$.

① $\Rightarrow U = R_1 I + R_2 I \Rightarrow U = I(R_1 + R_2)$.

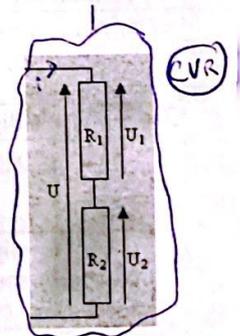
$\Rightarrow U = R_{eq} \times I$ où $R_{eq} = R_1 + R_2$.



Pont diviseur de tension idéal :

$\frac{U_1}{U} = \frac{R_1 I}{(R_1 + R_2) I} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

$\Rightarrow \frac{U_1}{U} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$



Exerc

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

Application au pont diviseur de courant : $\frac{I_1}{I} = \frac{\frac{1}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$

Rf: 2 dipôles sont en parallèles si leurs 2 bornes sont communes
 => ils ont alors la même tension à leurs bornes

Loi des nœuds : $I = I_1 + I_2$ ①

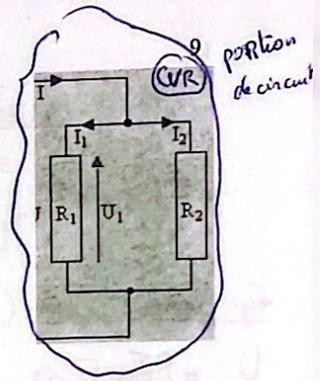
Loi d'Ohm en CVR : $U = RI \Leftrightarrow I = \frac{U}{R}$

$U = R_1 I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{U}{R_1}$

$U = R_2 I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{U}{R_2}$

① $I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = U \times (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})$ ②

$\Leftrightarrow I = \frac{1}{R_{eq}} \times U \Leftrightarrow U = R_{eq} I$. où $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$



Pont de diviseur de courant

② $\Rightarrow \frac{I_1}{I} = \frac{\frac{U}{R_1}}{(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})U}$

$\Rightarrow \frac{I_1}{I} = \frac{\frac{1}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$

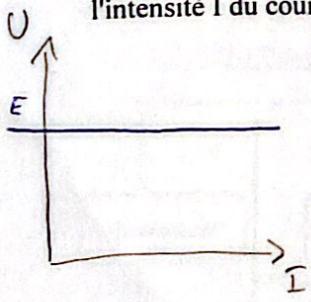
⚠ il faut la même tension aux bornes de R1 et R2

Rq: toutes ces relations sont valables en régime variable

VI Modélisation d'un dipôle linéaire actif

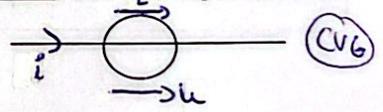
1.) Source idéale

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

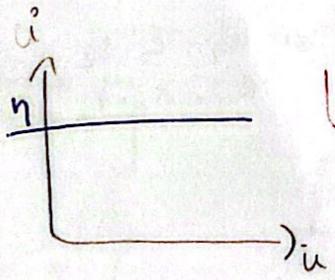


$U = E, \forall i$

caractéristique linéaire, pas sym par rapport à O, ne passe pas par (0;0).
 ↳ dipôle actif linéaire non symétrique

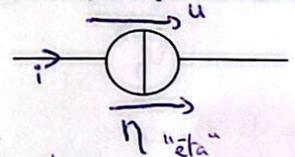


Source idéale de courant : Elle délivre un courant η (appelée courant électromoteur, c.é.m) indépendant de la tension à ses bornes.



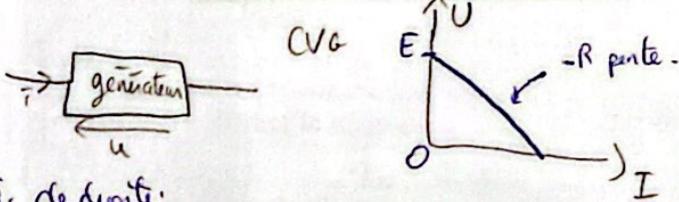
$i = \eta, \forall u$

dipôle actif linéaire non symétrique



Rq : . éteindre une source idéale de tension (u=0) revient à la remplacer par un fil
 . éteindre une source idéale de courant (i=0) revient à la remplacer par un interrupteur ouvert.

2.) Générateur réel en régime continu



eq. de droite:

$$U = -RI + E$$

$$E = f \cdot z \cdot m$$

$R = \text{résistance interne.}$

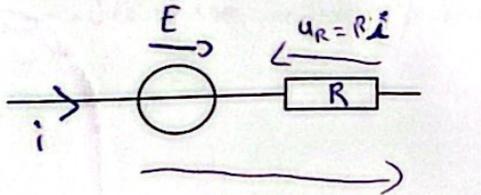
$$\Rightarrow I = \frac{E}{R} - \frac{U}{R}$$

$$\hookrightarrow \eta = \frac{E}{R} \text{ c.c.m.}$$

$$\Rightarrow I = \eta - \frac{U}{R}$$

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

$$u = E - Ri \Leftrightarrow i = \eta - \frac{u}{R} \text{ où } \eta = \frac{E}{R}$$

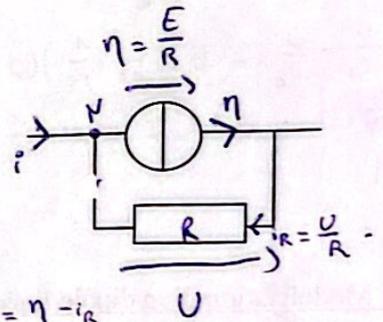


$$U = E - u_R = E - Ri$$

$$\Rightarrow U = E - Ri$$

$$\Rightarrow i = \frac{E}{R} - \frac{U}{R}$$

$$\Rightarrow i = \eta - \frac{U}{R}$$



Au point N: $i = \eta - i_R$

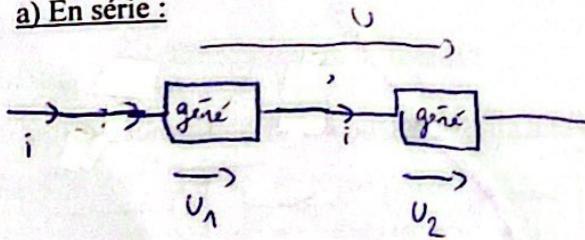
$$\Rightarrow i = \frac{E}{R} - \frac{U}{R}$$

$$\Rightarrow i = \eta - \frac{U}{R}$$

*
*
*
*

3.) Association de dipôles actifs

a) En série:



CVG

Loi d'additivité des tensions:

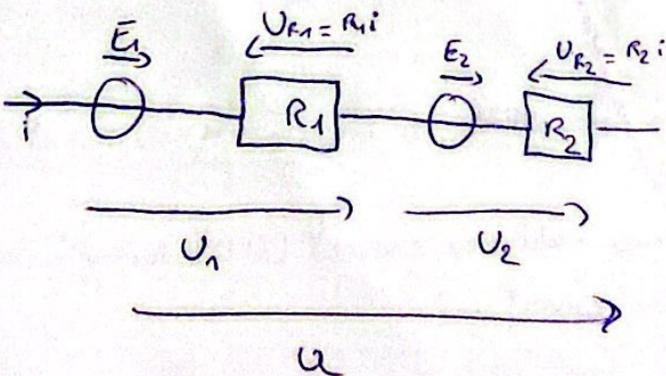
$$u = u_1 + u_2 = (E_1 - R_1 i) + (E_2 - R_2 i)$$

$$\Rightarrow u = (E_1 + E_2) - (R_1 + R_2) i$$

$$\Rightarrow u = E_{eq} - R_{eq} i$$

où $E_{eq} = E_1 + E_2$
 $R_{eq} = R_1 + R_2$

Modèle de Thévenin:

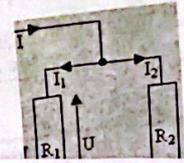


Exercice n°6.

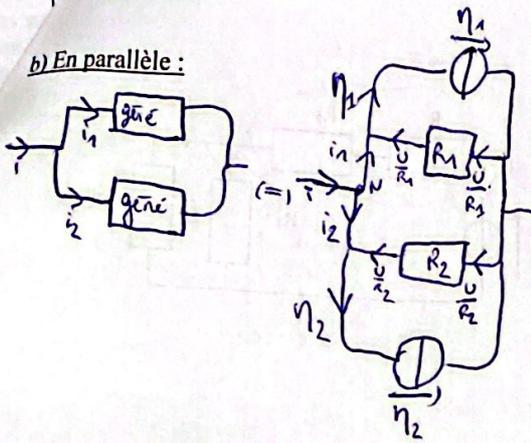
Un fil
rayon a. Deux
(représenté en
Un co
 α =angle (OD,

Déter
en fonction

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



b) En parallèle :



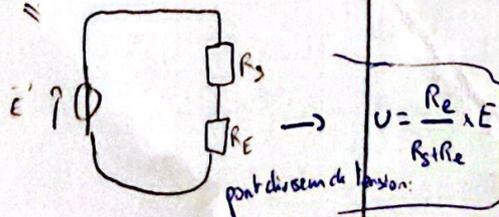
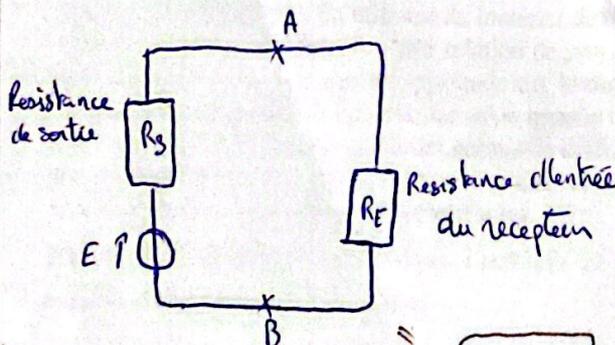
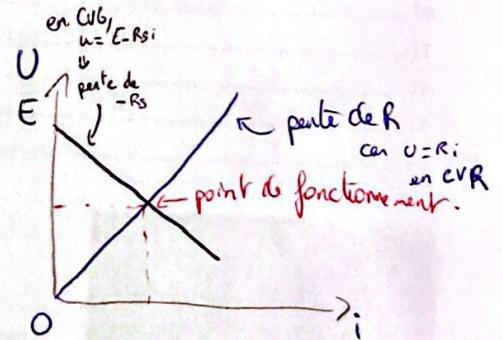
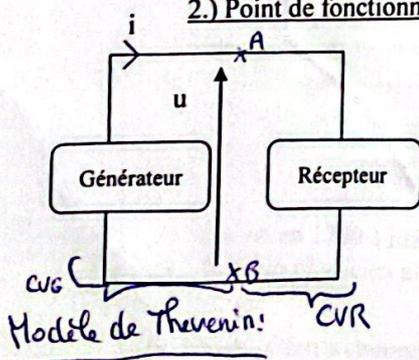
Loi des nœuds: $i = i_1 + i_2$
 $\Rightarrow i = (\eta_1 - \frac{U}{R_1}) + (\eta_2 - \frac{U}{R_2})$
 $\Rightarrow i = (\eta_1 + \eta_2) - (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}) U$
 $\Rightarrow i = \eta_{eq} - \frac{1}{R_{eq}} \times U$ ou $\eta_{eq} = \eta_1 + \eta_2$
 $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

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



$U = \frac{R_E}{R_s + R_E} \times E$