

# Supplément EXERCICES – EC2 – Circuit Electrique en Régime Stationnaire – Part2

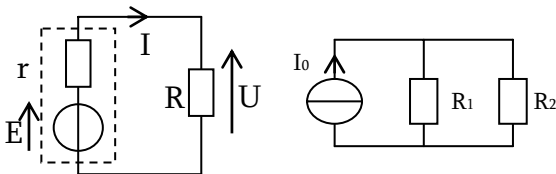
## Puissance et Energie

### Exercice 1 : Bilan de puissance

Faire un bilan de puissance pour le circuit ci-dessous

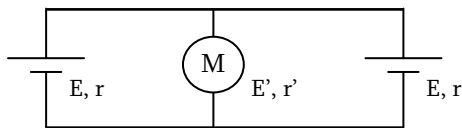
Données (Premier schéma) :  $E = 20V$ ,  $r = 5\Omega$  et  $R = 15\Omega$ .

Données (Second schéma) :  $I_0 = 0,2A$  ;  $R_1 = 50\Omega$  ;  $R_2 = 2\Omega$ .



### Exercice 2 : Alimentation d'un moteur

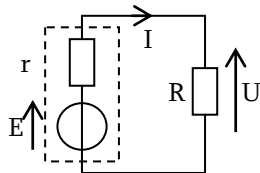
Deux générateurs linéaires identiques de fém  $E=9V$  et de résistance interne  $r=2\Omega$  alimentent un moteur M de fém  $E'=5V$  (force contre-électromotrice, modélisant l'énergie réellement transformé en énergie mécanique, de sens opposé au courant reçu) et de résistance interne  $r'=1\Omega$ .



- Déterminer le courant  $I'$  qui traverse le moteur
- Calculer la puissance électrique reçue par le moteur et le rendement de celui-ci
- Déterminer la puissance électrique fournie par chaque générateur et le rendement associé

### Exercice 3 : Adaptation d'impédance

On considère un générateur de fém  $E$  et de résistance interne  $r$  qui alimente un radiateur électrique modélisable par un dipôle résistif de résistance  $R$ .

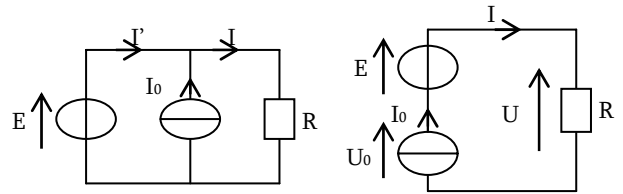


1. Quel est l'effet qui transforme le courant en chaleur ?
2. Exprimer la puissance  $P_R$  reçue par le radiateur en fonction de  $E$ ,  $R$  et  $r$ .
3. Quelle est la valeur de la puissance quand  $R = 0\Omega$  ? Quelle est la valeur de la puissance quand  $R$  est très grande ? Que peut-on en déduire ?
4. Déterminer la valeur  $R_0$  de  $R$  pour laquelle la puissance dissipée  $P_R$  dans le radiateur est maximale. Représenter l'allure de la courbe donnant  $P_R$  en fonction de  $R$ .
5. Dans le cas où le radiateur a la résistance  $R_0$ , exprimer la puissance thermique  $P_{R0}$  dissipée dans le radiateur, et la puissance thermique  $P_{r0}$  dissipée dans le générateur en fonction de  $E$  et de  $R_0$ . Faire un bilan de puissance.
6. Pour quelle valeur de  $r$  le rendement est-il maximal ? En déduire le type de générateur qu'il faut utiliser pour alimenter un radiateur électrique.

### Exercice 4 : Bilan de Puissance – Plusieurs Sources

1. Calculer les intensités  $I$  et  $I'$  et les tensions  $U$  et  $U_0$  dans les circuits ci-dessous
2. Faire un bilan de puissance

Données :  $I_0 = 4A$  ;  $E = 10V$  ;  $R = 20\Omega$



## Point de Fonctionnement

### Exercice 5 : Electrolyseur

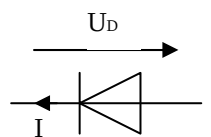
Un électrolyseur est constitué de deux électrodes en nickel plongeant dans une solution aqueuse de soude. Il s'agit d'un dipôle symétrique pour lequel on relève expérimentalement en régime permanent les couples tension-courant suivant :

U (V)	0,00	1,00	2,00	2,25	2,50	3,00	4,00	5,00
I (A)	0,00	0,00	0,00	0,05	0,20	0,50	1,10	1,70

- Tracer la caractéristique  $u=f(i)$ . Ce dipôle est-il linéaire ?
- Sachant que la puissance maximale admissible pour l'électrolyseur est  $P_M=10W$ . Quel domaine de la caractéristique est interdit ?
- En déduire les valeurs maximales admissibles pour  $I$  et  $U$ . (D'abord graphiquement, puis avec un MET équivalent)
- On branche à ses bornes une pile qui impose une tension  $u=E-rI$  avec  $E=4V$  et  $r=5\Omega$ . Déterminer  $(U,I)$  lorsque la pile est branchée (méthode graphique puis algébrique).

### Exercice 6 : Modélisation d'une diode

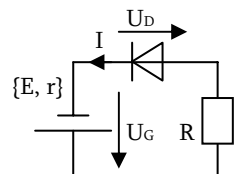
Soit  $U_D$  la tension aux bornes d'une diode à jonction et  $I$  l'intensité du courant qui la traverse selon les conventions de la figure ci-contre. En unités légales :



- $I = 0$  si  $U_D < V_{seuil} = 0,6V$  (diode dite "bloquante")
- $U_D = 10I + V_{seuil}$  si  $I > 0$  (diode dite "passante")

Son domaine d'utilisation est  $U_D > U_{Dmin} = -3V$  et  $I < I_{max} = 10mA$

1. Montrer que selon les valeurs de la tension  $U_D$ , la diode est équivalente à un interrupteur ouvert, ou à un résistor en série avec un générateur idéal de tension)
2. Tracer la caractéristique  $I = f(U)$
3. La diode est insérée dans le circuit ci-dessous. Quand on ajuste la fém du générateur à  $E=10V$ , on constate qu'un courant traverse le circuit. Calculer  $I$ ,  $U_D$  et  $U_G$ .

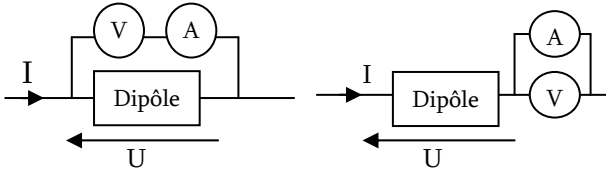


4. Calculer la valeur  $E_{min}$  en deçà de laquelle la diode est bloquante. Exprimer alors la relation entre  $U_D$  et  $U_G$ .
5. Tracer la courbe  $U_D=f(U_G)$ .

## Appareils de Mesure

### Exercice 7 : Que mesurent les appareils ?

→ Dans un premier temps, on suppose les appareils idéaux. Que mesurent les appareils sur chacun des schémas suivants :

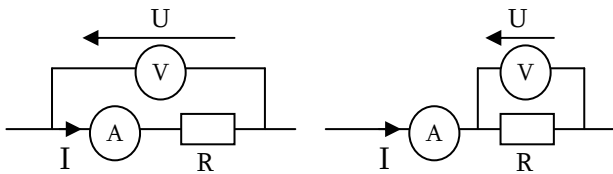


→ On ne considère plus les appareils comme idéaux. Donner leurs schémas équivalents avec un ordre de grandeur des composants mis en jeu, et dire ce que cela change.

### Exercice 8 : Montage Longue ou Courte Dérivation

La mise en place d'un appareil de mesure perturbe un circuit. Lors de la détermination de la résistance  $R$  d'un conducteur ohmique par mesure de l'intensité qui le traverse et de la tension à ses bornes, deux montages sont possibles, selon que le voltmètre englobe l'ampèremètre ou non. On note

$$R_{mes} = \frac{U}{I} \text{ la résistance mesurée.}$$



Montage 1 : montage amont, ou longue dérivation

Montage 2 : montage aval, ou courte dérivation

- Exprimer dans chacun des montages la résistance mesurée  $R_{mes}$  en fonction de  $R$ ,  $R_A$  ou  $R_V$ .
- Déterminer l'expression de l'écart relatif entre la valeur expérimentale et la valeur réelle de la résistance
- Quelle est la résistance d'un voltmètre idéal ? Et celle d'un ampèremètre idéal ?
- Dans le cas où  $R_V=10M\Omega$  et  $R_A=1\Omega$ , calculer les écarts relatifs pour  $R_1=10\Omega$ ,  $R_2=10k\Omega$ , puis pour  $R_3=1M\Omega$ . Conclure quant à l'utilisation de ces deux montages

### Exercice 9 : Caractéristique d'une pile

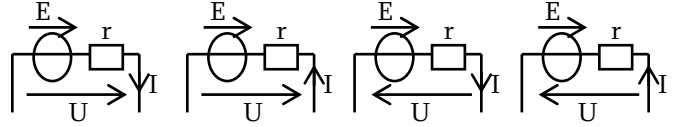
On branche aux bornes d'un générateur continu, assimilable à une pile de fém  $e$  et de résistance interne  $r$ , un voltmètre idéal. En circuit ouvert, le voltmètre indique la valeur  $U_1=240V$ . Lorsque l'on branche aux bornes de la pile un résistor de résistance  $R=42\Omega$ , le même voltmètre indique la valeur  $U_2=210V$ .

- Représenter les deux schémas réalisés
- En déduire les expressions ainsi que les valeurs de  $e$  et de  $r$
- Y a-t-il une troisième mesure que l'on peut réaliser, expliquez, représentez le schéma du montage ainsi que ce que l'on peut en déduire. Cette mesure est-elle toujours réalisable ?

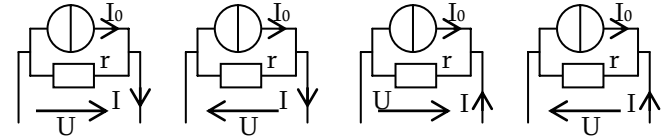
## Modélisation par des MET/MEN

### Exercice 10 : Attention aux conventions

→ Exprimer  $U$  en fonction de  $I$ ,  $E$  et  $r$  du MET dans tous les cas



→ Exprimer  $I$  en fonction de  $U$ ,  $I_0$  et  $r$  du MEN dans tous les cas



### Exercice 11 : Equivalence MET/MEN

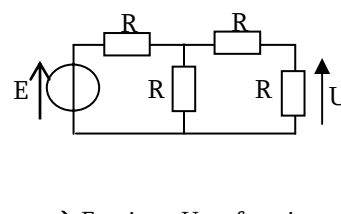
→ Voir Feuille d'Exos Techniques n°1

## Etude de circuits en régime stationnaire

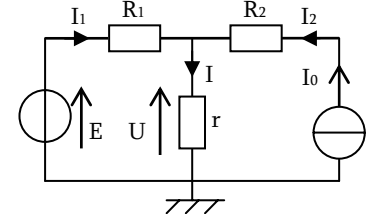
### Exercice 12 : Calcul de tension et d'intensités

(Appliquer au moins 2 méthodes pour chaque)

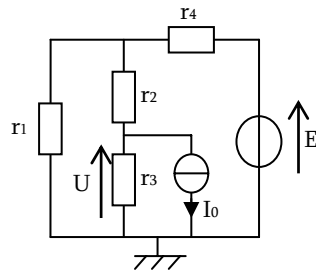
→ Exprimer  $U$  uniquement en fonction de  $E$



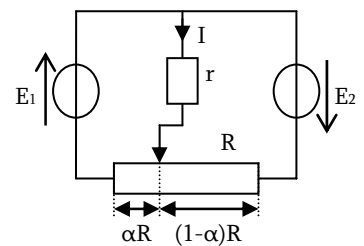
→ Exprimer  $U$  en fonction des données du schéma



→ Exprimer  $U$  en fonction des données du schéma

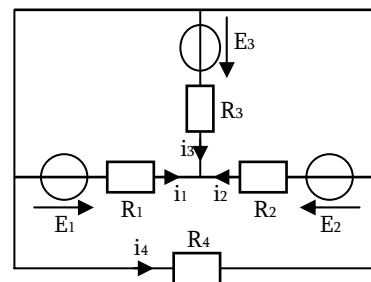


→ Exprimer  $I$  en fonction des données et de la position  $\alpha$  du curseur du potentiomètre

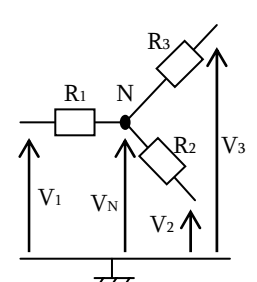


### Exercice 13 : Calcul d'intensités

→ Trouver les expressions des courants  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_3$  et  $i_4$ .



→ Redémontrer le théorème de Millman



# SOLUTION des EXERCICES – EC2

## TD EC2 – Régime Permanent Part2

### Exercice 1.1 : Bilan de Puissance

- $U = \frac{R}{R+r} E = 5V$  et  $I = \frac{E}{R+r} = 1A$
  - $P_R = UI = RI^2 = \frac{RE^2}{(R+r)^2} = 5W$  et  $P_r = rI^2 = \frac{rE^2}{(R+r)^2} = 5W$
  - Bilan et P du générateur :  $P_{\text{gén}} = P_r + P_R = 10W (= EI)$
  - 2nd circuit :  $I = \frac{r}{R+r} I_0 = 0,5A$ ,  $U = RI = \frac{rR}{R+r} I_0 = 15V$   
 $P_R = RI^2 = \frac{Rr^2}{(R+r)^2} I_0^2 = 7,5W$  et  $P_r = \frac{U^2}{r} = \frac{rR^2}{(R+r)^2} I_0^2 = 22,5W$
- Bilan et P du générateur :  $P_{\text{gén}} = P_r + P_R = 30W (= UI_0)$

### Exercice 1.2 : Energie contenue dans une batterie

- $n = \frac{Q}{e} = \frac{70 \times 3600C}{1,6 \times 10^{-19}C} = 1,57 \cdot 10^{24}$  électrons
- Puissance :  $P = UI = 12V \times 70A = 840W$
- Energie :  $W = P \times \Delta t = 840W \times 3600s = 3,024 \cdot 10^6 J = 840Wh$

### Exercice 2.2 : Point de Fonctionnement

On trace le graphique – Lampe en convention récepteur, et le générateur en convention générateur.

Pt de Fonctionnement : Environ  $(U, I) = (10,1V; 0,92A)$

Avec la résistance : Environ  $(U, I) = (9,6V; 1,2A)$

### Exercice 2.3 : Méthode numérique

Système d'équation : 
$$\begin{cases} U = E - rI \\ U = RI \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U = \frac{R}{R+r} E = 9,6V \\ I = \frac{E}{R+r} = 1,2A \end{cases}$$

### Exercice 3.1 : Méthode graphique et Linéarisation

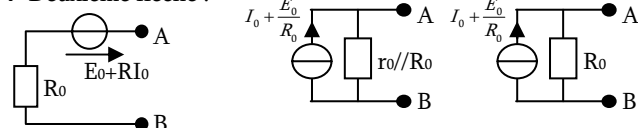
- Courbe linéaire pour :  $0mA \leq I \leq 10mA$
- MET :  $E=9V$ ,  $r=200\Omega$ , MEN :  $I_N=45mA$ ,  $r=200\Omega$ .
- Pt de fct :  $(U, I) = (8,25V; 37,5mA)$
- $R_{lim} = 700\Omega$

### Exercice 3.2 : Théorème de Thévenin

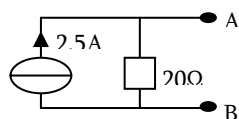
- $E_{th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E$  et  $R_{th} = R_3 + (R_2 // R_1)$
- Superposition:  $E_{th} = \frac{R_2 E_1 + R_1 E_2}{R_1 + R_2}$  et  $R_{th} = R_2 // R_1$

### Exercice 3.3 : Par équivalence

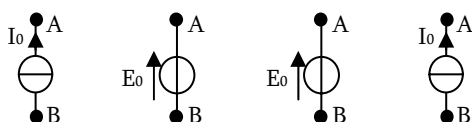
→ Deuxième flèche :



→ MET suivant :



→ Même chose avec ces cas un peu moins évidents :



### Exercice 4.1 : Comparaison de différentes méthodes

→  $I = \frac{E + R_2 I_0}{R_1 + R_2}$  (Plus simple = tout sauf Kirchoff...)

### Exercice 4.2 : Autre comparaison

→  $I_1 = \frac{2E_1 - E_2 - R I_0}{6R}$  et  $I_2 = \frac{E_1 + E_2 - 2R I_0}{6R}$  (Tout sauf Kirchoff)

### Exercice 4.3 : Th de Millman

→  $I_{\text{gauche}} = \frac{V_r}{r} = \frac{1}{r} \times \frac{0 + \frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2}}{\frac{1}{r} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 E_2 + R_2 E_1}{R_1 R_2 + r(R_1 + R_2)}$

→  $I_{\text{droite}} = \frac{V_r}{r} = \frac{1}{r} \times \frac{0 + \frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} + \frac{E_3}{R_3}}{\frac{1}{r} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \dots$  (rapide, mais compliqué)

### Exercice 4.4 : Utilisation du MEN d'un générateur

→ A gauche :  $\begin{cases} U = rI_0 \\ I = 0 \\ U_R = 0 \\ U_K = U = rI_0 \end{cases}$ , et à droite :  $\begin{cases} U = \frac{rR}{r+R} I_0 \\ I = \frac{r}{r+R} I_0 \\ U_R = U \\ U_K = 0 \end{cases}$

## Supplément EXERCICES – EC2

### Exercice 1 : Bilan de Puissance

→ 3 puissances : 
$$\left. \begin{cases} P_{\text{gén}} = EI = 10W \\ P_R = RI^2 = \frac{RE^2}{(R+r)^2} = 5W \\ P_r = rI^2 = \frac{rE^2}{(R+r)^2} = 5W \end{cases} \right\} \Rightarrow P_{\text{gén}} = P_r + P_R$$

→ 3 puissances : 
$$\left. \begin{cases} P_{\text{gén}} = U \times I_0 = (R_1 // R_2) \times I_0^2 = 76,9mW \\ P_{R1} = R_1 I^2 = \frac{R_1 R_2^2 I_0^2}{(R_1 + R_2)^2} = 2,96mW \\ P_{R2} = R_2 I^2 = \frac{R_2 R_1^2 I_0^2}{(R_1 + R_2)^2} = 74,0mW \end{cases} \right\} \Rightarrow P_{\text{gén}} = P_{R1} + P_{R2}$$

### Exercice 2 : Alimentation d'un moteur

→ 2 géné en // = équivalent 1MET de  $E_{th}=9V$  et  $r_{th}=1\Omega$ , ce qui a pour effet de fournir la même tension, mais 2x plus de courant.

Donc  $I' = \frac{E_{th} - E'}{r_{th} + r'} = \frac{4V}{2\Omega} = 2A$

→  $P_{M\_reque} = P_r' + E' I' = r' I'^2 + E' I' = 4W + 10W = 14W$

Et le rendement :  $\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{reque}}} = \frac{E' I'}{P_{M\_reque}} = \frac{10}{14} = 71\%$

→ Chaque géné fournit  $I=1A$  :  $P_{\text{gén}_fournie} = UI = EI - rI^2 = 7W$

Ce qui fait un rendement :  $\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{fourni}}} = \frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{sortie}} + P_{\text{pertes}}} = \frac{7}{9} = 78\%$

### Exercice 3 : Adaptation d'impédance

1. et 2. Effet Joule :  $P_R = RI^2 = \frac{RE^2}{(R+r)^2}$

3. On a : 
$$\begin{cases} P_{R=0\Omega} = 0W \\ P_{R \rightarrow +\infty} = \lim_{R \rightarrow +\infty} \left( \frac{RE^2}{(R+r)^2} \right) = 0W \end{cases} \rightarrow \text{Il faut trouver}$$

un juste milieu pour avoir un transfert de puissance.

4. On dérive :  $\frac{dP_R}{dR} = \frac{E^2 \times (R+r)^2 - RE^2 \times 2(R+r)}{(R+r)^4} = 0$

$\Leftrightarrow R+r-2R=0 \Leftrightarrow R=r$

Allure :  $0W \nearrow P_{R_{\max}} = \frac{E^2}{4R_0} \searrow 0W$

$R=0\Omega \quad - \quad R=r=R_0 \quad - \quad R \rightarrow +\infty$

5. Puissances thermiques :  $P_{R_0} = R_0 I^2 = \frac{E^2}{4R_0} = r_0 I^2 = P_{r_0}$

Bilan de puissance :  $P_{géné} = P_{R_0} + P_{r_0} = \frac{E^2}{2R_0}$ . Toute

la puissance fournie par le générateur est dissipée par effet Joule, pour moitié dans sa propre résistance interne.

6. Rendement :  $\eta = \frac{P_R}{P_{géné}} = \frac{RE^2/(R+r)^2}{E \times (E/(R+r))} = \frac{R}{R+r}$ . C'est une

fonction décroissante de r  $\rightarrow$  Max pour  $r=0\Omega$ . Il faut donc un générateur avec faible résistance interne...

### Exercice 4 : Bilan de Puissance – Plusieurs Sources

Gauche : 
$$\begin{cases} U_R = E = 10V \\ I = \frac{U_R}{R} = 0,5A \\ I' = I - I_0 = -3,5A \end{cases}, \text{ Droite : } \begin{cases} I = I_0 = 4A \\ U_R = RI = 80V \\ U_0 = U_R - E = 70V \end{cases}$$

Bilan gauche : 
$$\begin{cases} P_{fournie\_E} + P_{fournie\_I_0} = P_R \\ \downarrow + \downarrow = \downarrow \\ E \times I' + U \times I_0 = U \times I \\ -35W + 40W = 5W \\ (reçue) + (fournie) = (reçue) \end{cases}$$

Bilan droite : 
$$\begin{cases} P_{fournie\_E} + P_{fournie\_I_0} = P_R \\ \downarrow + \downarrow = \downarrow \\ E \times I + U_0 \times I_0 = U \times I \\ +40W + 280W = 320W \\ (fournie) + (fournie) = (reçue) \end{cases}$$

### Exercice 6 : Modélisation d'une diode

1.  $I=0 \Leftrightarrow$  Interrupteur ouvert,  $U_D = 10I + V_{seuil} = R_{th}I + E_{th}$ , avec  $R_{th} = 10\Omega, E_{th} = V_{seuil} = 0,6V$

3. Courant traversant le circuit  $\rightarrow$  Diode passante  $\rightarrow$  Utilisation du

MET : 
$$\begin{cases} I = \frac{E - V_{seuil}}{r + R_{th} + R} = 0,31A \\ U_G = E - rI = \frac{(R_{th} + R)E + r \cdot V_{seuil}}{r + R_{th} + R} = 8,43V \\ U_D = V_{seuil} + R_{th}I = \frac{(r + R)V_{seuil} + R_{th} \cdot E}{r + R_{th} + R} = 3,73V \end{cases}$$

4. La diode n'est plus passante si  $I = \frac{E - V_{seuil}}{r + R_{th} + R} = 0 \rightarrow E < V_{seuil}$ .

On a alors  $U_D = U_G = E$ .

5. Si  $E > V_{seuil}$ , alors  $U_D = U_G - RI = E_{th} + R_{th}I$ . On exprime  $U_D$  en fonction de  $U_G$  et des constantes ( $E_{th}$ ,  $R_{th}$ , et  $R$ ). On ne peut pas l'exprimer en fonction de  $E$  qui varie...

Donc  $I = \frac{U_G - U_D}{R} = \frac{U_D - E_{th}}{R_{th}}$  et  $U_D = \frac{R_{th}U_G + RE_{th}}{R + R_{th}}$

Et on trace la courbe pour  $U_D > U_{D_{\min}} = -3V$  et  $I < I_{\max} = 10mA$

### Exercice 7 : Que mesurent les appareils ?

$\rightarrow$  Appareils idéaux : - Voltmètre  $\Leftrightarrow$  circuit ouvert  
- Ampèremètre  $\Leftrightarrow$  court-circuit

A gauche :  $I_A=0A, U_V=U$  A droite :  $I_A=I, U_V=0V$

$\rightarrow$  Appareils réels : - Voltmètre  $\Leftrightarrow$  résistance  $R_V \approx 10M\Omega$   
- Ampèremètre  $\Leftrightarrow$  Résistance  $R_A \approx 1\Omega$

A gauche :  $I_A$  mesure  $I_V =$  courant de fuite dans la  $R_V$  du voltmètre :  $I_V \approx U/R_V$  en général négligeable

Le voltmètre mesure  $U - U_A = U - U_A I_V \approx U$

A droite : Le voltmètre mesure la tension aux bornes de l'ampèremètre  $U_A = R_A \times (I - I_V) \approx R_A I$  en général négligeable  
L'ampèremètre mesure  $(I - I_V) \approx I$

### Exercice 9 : Caractéristique d'une pile

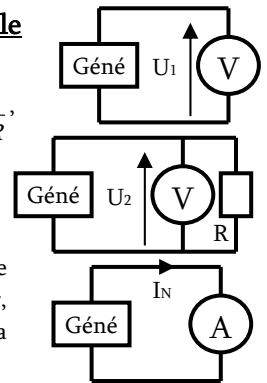
$\rightarrow e = U_1 = 240V$ , et on a

$U_2 = U_1 - rI = U_1 - r \times \frac{U_1}{r+R} = U_1 \frac{R}{r+R}$ ,

donc  $r = \left( \frac{U_1}{U_2} - 1 \right) R = 6\Omega$

$\rightarrow$  3<sup>ème</sup> mesure : court-circuit

On peut en déduire le courant de court-circuit du MEN du générateur, et on le relie à la tension à vide par la relation :  $E_{th} = R_{th} \times I_N$



A priori réalisable avec un générateur idéal, mais pas toujours réalisable si le générateur ne supporte pas le court-circuit (en général il sera protégé par un fusible de protection, car ce courant peut être très important pour des générateurs de bonne qualité avec une résistance interne faible...)

Mais la majorité des générateurs ne sont plus linéaires lorsque l'on dépasse un certain courant... ce n'est même pas la peine d'essayer d'arriver au courant de court-circuit, il ne sera plus sur la droite à modéliser.

### Exercice 10 : Attention aux conventions

$\rightarrow U = E - rI, \quad U = E + rI, \quad U = -E + rI, \quad U = -E - rI$   
 $\rightarrow I = I_0 - \frac{U}{r}, \quad I = I_0 + \frac{U}{r}, \quad I = -I_0 + \frac{U}{r}, \quad I = -I_0 - \frac{U}{r}$

### Exercice 11 : Equivalence MET/MEN

$\rightarrow$  Voir Feuille d'Exos Techniques n°1

### Exercice 12 : Calcul de tension et d'intensités

1er Schéma :  $U = \frac{E}{5}$  2<sup>nd</sup> schéma : \_\_\_ voir DM

(Th Thévenin ou Equivalences)

3<sup>ème</sup> schéma :  $U = \frac{r_3 \times E}{(r_1 + r_4)(r_2 + r_3 + (r_1/r_4))r + R_1} \left[ r_3 / (r_2 + (r_1/r_4)) \right] I_0$   
(Superposition ou équivalence MET/MEN)

### Exercice 13 : Calcul d'intensités

$$\rightarrow \begin{cases} i_1 = \frac{(R_2 + R_3)E_1 - R_2E_3 - R_3E_2}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3} \\ i_2 = \dots \\ i_3 = \dots \\ i_4 = 0 \end{cases}$$
 tous ont un rôle symétrique

$\rightarrow$  Démo du Théorème de Millman : voir cours