

Etude d'une pile

Capacités travaillées :

- Déterminer la caractéristique d'une source réelle de tension et l'utiliser pour proposer une modélisation par une source idéale associée à une résistance,
- Convertisseur,
- Évaluer le rendement d'un dispositif.

Problématique : Entre les bornes d'un générateur de tension idéal, la tension électrique est constante quelque soit le courant qui le traverse. Ce n'est pas le cas pour un générateur réel. **Quelle est la caractéristique d'un générateur réel de tension, ici une pile, et comment l'interpréter ? Quel est son rendement ?**

Document 1 :

On modélise un **générateur réel** par l'association en série d'un **générateur idéal** de **force électromotrice** (f.e.m.) notée **E**, et d'un **conducteur ohmique** de résistance **r** de faible valeur.

I Circuit électrique et mesures

Le montage comprend un rhéostat noté Rh. C'est un conducteur ohmique de résistance variable. Le changement de résistance s'effectue manuellement en déplaçant un curseur sur un rail. **Le rhéostat permet de faire varier l'intensité du courant dans le circuit électrique.**

Compétence REALISER

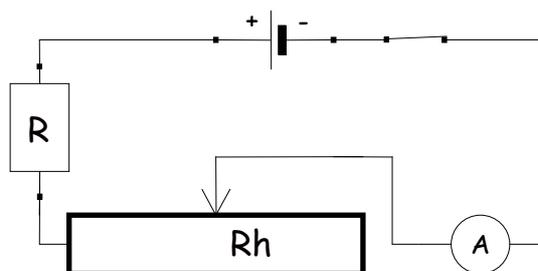


Schéma du montage

- Indiquer le sens conventionnel du courant.
- Représenter le voltmètre permettant de mesurer la tension de la pile U_p .
- Représenter le voltmètre permettant de mesurer la tension de la résistance U_R .
- Indiquer les bornes (A, V, COM) des multimètres.

Consignes pour le matériel :

- Pour R prendre R3
- Rhéostat : utiliser les 2 bornes rouge/noire
- Ampèremètre : calibre 2A (ne pas changer de calibre durant la manipulation)
- Affichage du multimètre : **.050** = 0,050 A

👉 Réaliser le montage avec l'interrupteur ouvert, et incluant les multimètres allumés (sur le bon calibre) et correctement branchés.

👉 **APPELER le professeur pour vérification.**

👉 Avec l'interrupteur ouvert ($I = 0$ A), mesurer les tensions U_p puis U_R (compléter le tableau)

👉 Fermer le circuit et faire varier l'intensité grâce au rhéostat. Repérer les valeurs extrêmes de l'intensité et compléter le tableau ci-dessous de façon à réaliser 10 mesures.

| | | min | | | | | | | max |
|-----------|---|-----|--|--|--|--|--|--|-----|
| I (A) | 0 | | | | | | | | |
| U_p (V) | | | | | | | | | |
| U_R (V) | | | | | | | | | |

👉 Ouvrir l'interrupteur à la fin des mesures et éteindre les multimètres.

II Caractéristiques des dipôles

Document 2 : Un dipôle est un composant de l'électronique possédant deux pôles (deux bornes). Si on appelle I l'intensité du courant qui rentre par une borne et sort par l'autre, et U la tension entre ces deux bornes, on définit la "caractéristique du dipôle" comme la courbe qui représente la fonction $U=f(I)$ qui relie U et I . Cette fonction et sa courbe associée constituent en quelque sorte la "fiche d'identité" du composant.

1. Caractéristique d'un conducteur ohmique

Compétence REALISER

- Tracer la caractéristique $U_R = f(I)$ du conducteur ohmique sur l'Atelier Scientifique 2016.
(si l'intensité I est en mA, la convertir en A, soit manuellement, soit en utilisant une grandeur calculée)

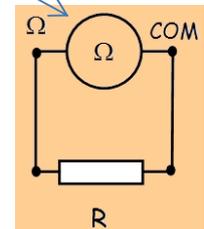
Compétence VALIDER

- Montrer que la tension U_R et l'intensité I sont proportionnelles et déterminer le coefficient de proportionnalité en modélisant (icône modélisation ou dans « Affichage » puis « Modélisation ») la courbe obtenue. Relever les paramètres a et b .
- En considérant $b \approx 0$, montrer que l'équation peut se mettre sous la forme $U_R = R \cdot I$ avec R une constante que l'on déterminera. Cette relation est la loi d'Ohm.

- Représenter qualitativement la courbe ci-contre.



- Enlever le conducteur ohmique du circuit et mesurer sa résistance à l'aide d'un ohmmètre : pour cela l'ohmmètre se branche directement sur le conducteur ohmique.



2. Caractéristique d'un générateur (ici une pile)

Compétence REALISER

- Tracer la caractéristique $U_p = f(I)$ de la pile.

Compétence VALIDER

- En déduire l'équation de la courbe (modélisation).
- Montrer que son équation peut se mettre sous la forme $U_p = E - rI$ avec E (dite f.e.m. force électromotrice) et r (dite résistance interne) des constantes que l'on déterminera.

- Représenter qualitativement la courbe ci-contre. Que représentent E et r ?



- Si r est plus grand, comment la courbe est-elle modifiée ? Tracer cette courbe d'une autre couleur.

- Pour une intensité I donnée, observer l'écart de tension entre les 2 courbes. Quelle courbe représente la « meilleure » pile ?

- Faire une critique de la « tension » 4,5V donnée par le fabricant.

- Comment serait la courbe caractéristique de la **pile idéale** ? La représenter.

3. Point de fonctionnement du circuit électrique

Afficher en même temps les courbes $U_R = f(I)$ et $U_p = f(I)$

Les deux droites se coupent en un **point F** qui est le **point de fonctionnement du circuit** (c'est-à-dire la pile reliée directement aux bornes du conducteur ohmique sans le rhéostat).

- Lire les coordonnées du point F : U_F et I_F sur le graphique (utiliser le pointeur).
 $U_F = \dots\dots\dots V$ et $I_F = \dots\dots\dots A$
- Complément : retrouver ces valeurs par le calcul en égalisant les 2 équations des courbes.

III Etude énergétique de la pile

1. Chaîne énergétique ; Compétence ANALYSER

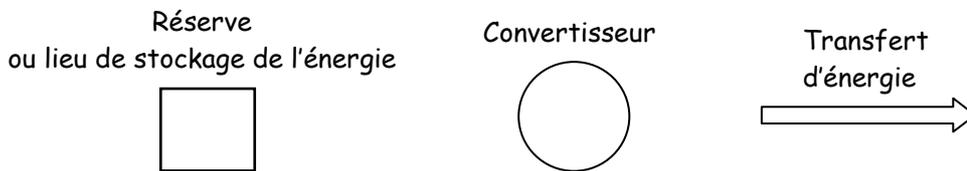
Document 3 : Convertisseur et chaîne énergétique (dite aussi chaîne de conversions énergétiques) :

Un système est considéré comme une réserve d'énergie quand il permet de stocker de l'énergie.

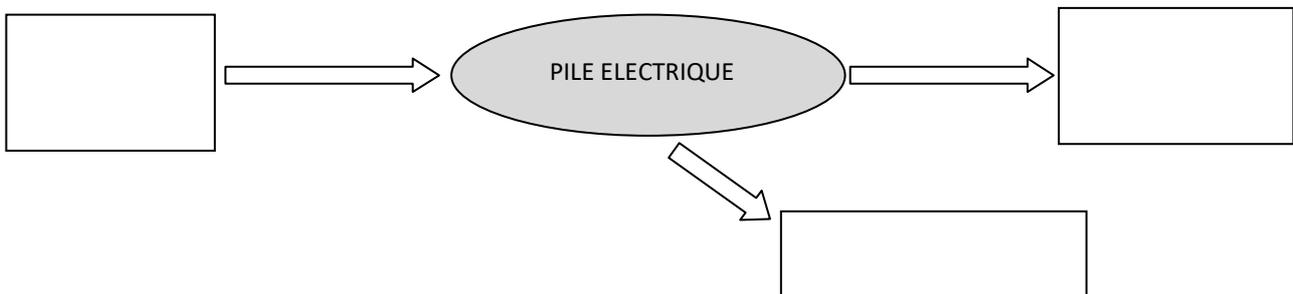
Un système est considéré comme un **convertisseur** quand il fournit autant d'énergie qu'il en reçoit **et** que les modes de transferts "en amont" ne sont pas les mêmes que ceux "en aval".

Pour décrire le convertisseur du point de vue énergétique, on utilise une **chaîne énergétique**.

On choisit d'utiliser les symboles suivants :



- Compléter la chaîne énergétique de la pile.



- Identifier les termes d'énergie UTILE, d'énergie PERDUE et d'énergie CONSOMMEE (cette dernière est aussi dite aussi fournie ou totale)

2. Puissance et énergie ; Compétence VALIDER

Document 4 :

Puissance électrique

$$P = U \times I$$

Energie électrique

$$\mathcal{E} = P \times \Delta t$$

Pour ne pas confondre avec la f.e.m. E qui est une tension, on écrira l'énergie \mathcal{E} .

- Sur les relations précédentes, nommer les grandeurs et ajouter les unités.
- Donner l'expression de la puissance P de la pile en utilisant l'expression de la tension de la pile U_p .

- Identifier les termes de puissance utile P_{utile} , perdue P_{perdue} et consommée $P_{\text{consommée}}$.

d) Donner l'expression de l'énergie \mathcal{E} de la pile en utilisant l'expression de la puissance de la pile.

e) Identifier les termes d'énergie utile $\mathcal{E}_{\text{utile}}$, perdue $\mathcal{E}_{\text{perdue}}$ et consommée $\mathcal{E}_{\text{consommée}}$.

f) Au point de fonctionnement F, donc connaissant U_F et I_F , calculer P_{utile} , P_{perdue} et $P_{\text{consommée}}$, puis $\mathcal{E}_{\text{utile}}$, $\mathcal{E}_{\text{perdue}}$ et $\mathcal{E}_{\text{consommée}}$ pour une pile fonctionnant pendant 1 h.

g) La pile est un générateur réel (donc non idéal). Quelle serait l'expression de la puissance utile pour un générateur idéal de tension ?

3. Rendement d'un convertisseur ; Compétence VALIDER

Document 5 :

L'énergie ne peut être ni créée ni détruite mais seulement **transférée ou convertie** sous une autre forme. Dans un circuit électrique, toute l'énergie fournie par le ou les générateurs est reçue par le ou les récepteurs, qui la convertissent. Un **convertisseur** transforme un type d'énergie en un autre. Une **conversion** peut s'accompagner de **pertes**, c'est-à-dire d'une conversion en une forme d'énergie non voulue ou non utile. Il est alors intéressant de calculer le rendement du convertisseur pour en connaître son efficacité.

Le rendement noté η (« êta ») sera mis en % pour être plus parlant.

$$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{consommée}}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{utile}}}{\mathcal{E}_{\text{consommée}}}$$

a) Montrer que l'expression du rendement de la pile peut se mettre sous la forme $\eta = \frac{U_P}{E}$

b) Calculer le rendement de la pile

c) Calculer le rendement d'un générateur idéal.

Etude d'une pile

Capacités travaillées :

- Déterminer la caractéristique d'une source réelle de tension et l'utiliser pour proposer une modélisation par une source idéale associée à une résistance,
- Convertisseur,
- Évaluer le rendement d'un dispositif.

Problématique : Entre les bornes d'un générateur de tension idéal, la tension électrique est constante quelque soit le courant qui le traverse. Ce n'est pas le cas pour un générateur réel. **Quelle est la caractéristique d'un générateur réel de tension, ici une pile, et comment l'interpréter ? Quel est son rendement ?**

Document 1 :

On modélise un **générateur réel** par l'association en série d'un **générateur idéal** de force électromotrice (f.e.m.) notée E , et d'un **conducteur ohmique** de résistance r de faible valeur.

I Circuit électrique et mesures

Le montage comprend un rhéostat noté R_h . C'est un conducteur ohmique de résistance variable. Le changement de résistance s'effectue manuellement en déplaçant un curseur sur un rail. Le rhéostat permet de faire varier l'intensité du courant dans le circuit électrique.

Compétence REALISER

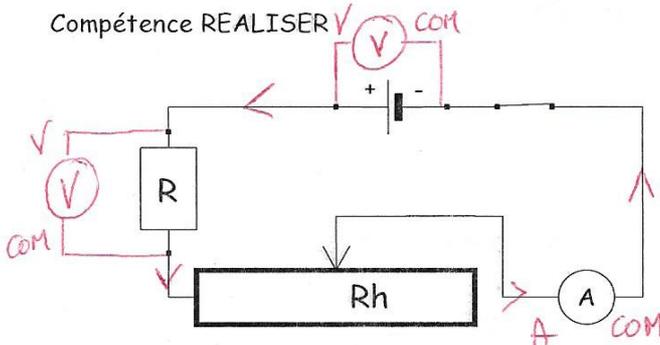


Schéma du montage

- Indiquer le sens conventionnel du courant.
- Représenter le voltmètre permettant de mesurer la tension de la pile U_p .
- Représenter le voltmètre permettant de mesurer la tension de la résistance U_R .
- Indiquer les bornes (A, V, COM) des multimètres.

Consignes pour le matériel :

- Pour R prendre R3
- Rhéostat : utiliser les 2 bornes rouge/noire
- Ampèremètre : calibre 2A (ne pas changer de calibre durant la manipulation)
- Affichage du multimètre : $\boxed{0,050} = 0,050 \text{ A}$

👉 Réaliser le montage avec l'interrupteur ouvert, et incluant les multimètres allumés (sur le bon calibre) et correctement branchés.

👉 **APPELER le professeur pour vérification.**

👉 Avec l'interrupteur ouvert ($I = 0 \text{ A}$), mesurer les tensions U_p puis U_R (compléter le tableau)

👉 Fermer le circuit et faire varier l'intensité grâce au rhéostat. Repérer les valeurs extrêmes de l'intensité et compléter le tableau ci-dessous de façon à réaliser 10 mesures.

| | | min | | | | | | | | max |
|-----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| I (A) | 0 | 0,048 | 0,050 | 0,052 | 0,056 | 0,061 | 0,065 | 0,068 | 0,071 | 0,075 |
| U_p (V) | 4,48 | 4,29 | 4,27 | 4,26 | 4,24 | 4,21 | 4,19 | 4,18 | 4,16 | 4,14 |
| U_R (V) | 0 | 2,63 | 2,74 | 2,85 | 3,10 | 3,35 | 3,60 | 3,75 | 3,91 | 4,11 |

👉 Ouvrir l'interrupteur à la fin des mesures et éteindre les multimètres.

II Caractéristiques des dipôles

Document 2 : Un dipôle est un composant de l'électronique possédant deux pôles (deux bornes). Si on appelle I l'intensité du courant qui rentre par une borne et sort par l'autre, et U la tension entre ces deux bornes, on définit la "caractéristique du dipôle" comme la courbe qui représente la fonction $U=f(I)$ qui relie U et I . Cette fonction et sa courbe associée constituent en quelque sorte la "fiche d'identité" du composant.

1. Caractéristique d'un conducteur ohmique

Compétence REALISER

- Tracer la caractéristique $U_R = f(I)$ du conducteur ohmique sur l'Atelier Scientifique 2016.
(si l'intensité I est en mA, la convertir en A, soit manuellement, soit en utilisant une grandeur calculée)

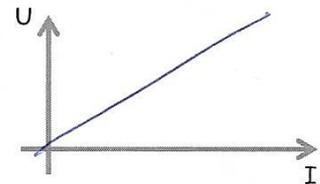
Compétence VALIDER

- Montrer que la tension U_R et l'intensité I sont proportionnelles et déterminer le coefficient de proportionnalité en modélisant (icône modélisation ou dans « Affichage » puis « Modélisation ») la courbe obtenue. Relever les paramètres a et b .

*Le graphique $U_R = f(I)$ est une droite linéaire : U_R est proportionnel à I
Modélisation : $U_R = a \times I$ où a est le coefficient directeur de la droite*

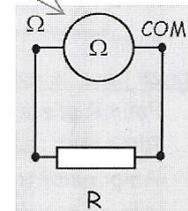
- En considérant $b \approx 0$, montrer que l'équation peut se mettre sous la forme $U_R = R \cdot I$ avec R une constante que l'on déterminera. Cette relation est la loi d'Ohm. $a=R$

$U_R = R \times I$ avec $R = 55 \Omega$



- Représenter qualitativement la courbe ci-contre.
- Enlever le conducteur ohmique du circuit et mesurer sa résistance à l'aide d'un ohmmètre : pour cela l'ohmmètre se branche directement sur le conducteur ohmique.

$R = 55,1 \Omega$



2. Caractéristique d'un générateur (ici une pile)

Compétence REALISER

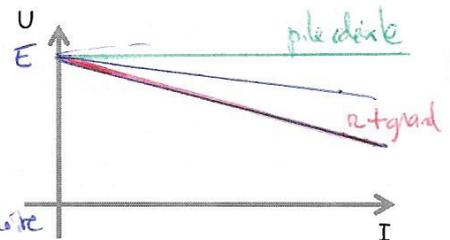
- Tracer la caractéristique $U_p = f(I)$ de la pile.

Compétence VALIDER

- En déduire l'équation de la courbe (modélisation).
- Montrer que son équation peut se mettre sous la forme $U_p = E - rI$ avec E (dite f.e.m. force électromotrice) et r (dite résistance interne) des constantes que l'on déterminera.

$U_p = E - rI$ avec $E = 4,49V = b$

Modélisation : $U_p = a \times I + b$ $r = 4,55 \Omega = -a$



- Représenter qualitativement la courbe ci-contre. Que représentent E et r ?
 E : ordonnée à l'origine - r : coefficient directeur de la droite
- Si r est plus grand, comment la courbe est-elle modifiée ? Tracer cette courbe d'une autre couleur.
- Pour une intensité I donnée, observer l'écart de tension entre les 2 courbes. Quelle courbe représente la « meilleure » pile ?
- Faire une critique de la « tension » 4,5V donnée par le fabriquant.
- Comment serait la courbe caractéristique de la pile idéale ? La représenter.

Mesures: Pile + R3

$U_R = 4,16V$

$I = 0,076A$

$U_p = 4,18V$

3. Point de fonctionnement du circuit électrique

Afficher en même temps les courbes $U_R = f(I)$ et $U_p = f(I)$

Les deux droites se coupent en un point F qui est le point de fonctionnement du circuit (c'est-à-dire la pile reliée directement aux bornes du conducteur ohmique sans le rhéostat).

- Lire les coordonnées du point F : U_F et I_F sur le graphique (utiliser le pointeur).

$U_F = 4,15 \dots V$ et $I_F = \dots 0,075 \dots A$

- Complément : retrouver ces valeurs par le calcul en égalisant les 2 équations des courbes.

III Etude énergétique de la pile

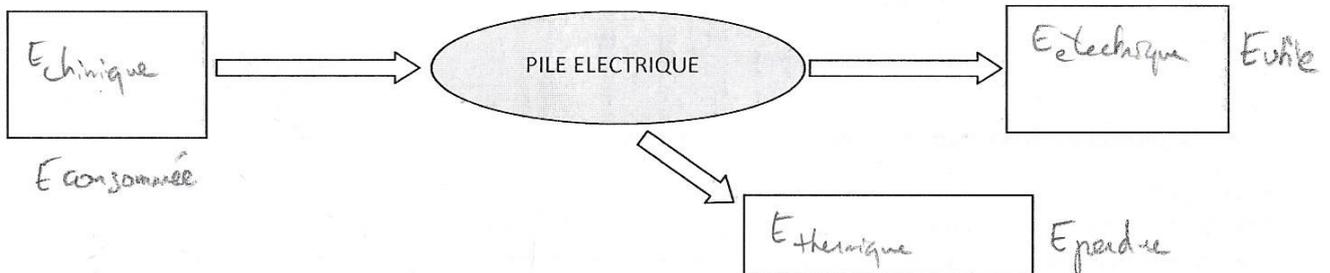
$R \times I = E - r I \Rightarrow \begin{cases} I = \frac{E}{R+r} = \frac{4,49}{55+4,55} = 0,075A \\ U = R \times I = 55 \times I = 4,15V \end{cases}$

1. Chaîne énergétique : Compétence ANALYSER

Document 3 : Convertisseur et chaîne énergétique (dite aussi chaîne de conversions énergétiques) :
 Un système est considéré comme une réserve d'énergie quand il permet de stocker de l'énergie.
 Un système est considéré comme un **convertisseur** quand il fournit autant d'énergie qu'il en reçoit et que les modes de transferts "en amont" ne sont pas les mêmes que ceux "en aval".

Pour décrire le convertisseur du point de vue énergétique, on utilise une **chaîne énergétique**.
 On choisit d'utiliser les symboles suivants :

- Compléter la chaîne énergétique de la pile.



- Identifier les termes d'énergie UTILE, d'énergie PERDUE et d'énergie CONSOMMEE (cette dernière est aussi dite aussi fournie ou totale)

2. Puissance et énergie : Compétence VALIDER

Document 4 :

Puissance électrique $P = U \times I$

Energie électrique $\mathcal{E} = P \times \Delta t$

Pour ne pas confondre avec la f.e.m. E qui est une tension, on écrira l'énergie \mathcal{E} .

- Sur les relations précédentes, nommer les grandeurs et ajouter les unités.
- Donner l'expression de la puissance P de la pile en utilisant l'expression de la tension de la pile U_p .

$$P = U_p \times I = EI - rI^2$$

\swarrow \downarrow \searrow
 P_{utile} P_{consommée} P_{perdue}

- Identifier les termes de puissance utile P_{utile} , perdue P_{perdue} et consommée $P_{consommée}$.

d) Donner l'expression de l'énergie \mathcal{E} de la pile en utilisant l'expression de la puissance de la pile.

$$\mathcal{E} = P \times \Delta t = (E I - r I^2) \times \Delta t$$

$$P \times \Delta t = \underbrace{E I \Delta t}_{\mathcal{E}_{\text{utile}}} - \underbrace{r I^2 \Delta t}_{\mathcal{E}_{\text{perdue}}}$$

e) Identifier les termes d'énergie utile $\mathcal{E}_{\text{utile}}$, perdue $\mathcal{E}_{\text{perdue}}$ et consommée $\mathcal{E}_{\text{consommée}}$.

f) Au point de fonctionnement F, donc connaissant U_F et I_F , calculer P_{utile} , P_{perdue} et $P_{\text{consommée}}$, puis $\mathcal{E}_{\text{utile}}$, $\mathcal{E}_{\text{perdue}}$ et $\mathcal{E}_{\text{consommée}}$ pour une pile fonctionnant pendant 1 h.

Puissance :

$$P_{\text{pile}} = U_F \times I_F = 4,15 \times 0,075 = 0,31 \text{ W}$$

$$P_{\text{consommée}} = E \times I_F = 4,49 \times 0,075 = 0,34 \text{ W}$$

$$P_{\text{perdue}} = r I_F^2 = 4,55 \times 0,075^2 = 0,03 \text{ W}$$

Energie :

$$\mathcal{E}_{\text{utile}} = P_{\text{utile}} \times \Delta t = 1,1 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\mathcal{E}_{\text{consommée}} = P_{\text{consommée}} \times \Delta t = 1,2 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\mathcal{E}_{\text{perdue}} = P_{\text{perdue}} \times \Delta t = 9,2 \times 10^1 \text{ J}$$

g) La pile est un générateur réel (donc non idéal). Quelle serait l'expression de la puissance utile pour un générateur idéal de tension ?

$$P_{\text{pile}} = P_{\text{consommée}} = E \times I$$

3. Rendement d'un convertisseur ; Compétence VALIDER

Document 5 :

L'énergie ne peut être ni créée ni détruite mais seulement **transférée** ou **convertie** sous une autre forme. Dans un circuit électrique, toute l'énergie fournie par le ou les générateurs est reçue par le ou les récepteurs, qui la convertissent. Un **convertisseur** transforme un type d'énergie en un autre. Une **conversion** peut s'accompagner de **pertes**, c'est-à-dire d'une conversion en une forme d'énergie non voulue ou non utile. Il est alors intéressant de calculer le rendement du convertisseur pour en connaître son efficacité.

Le rendement noté η (« éta ») sera mis en % pour être plus parlant.

$$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{consommée}}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{utile}}}{\mathcal{E}_{\text{P}_{\text{consommée}}}}$$

a) Montrer que l'expression du rendement de la pile peut se mettre sous la forme $\eta = \frac{U_P}{E}$

$$\eta = \frac{E \times I - r I^2}{E \times I} = \frac{E - r I}{E} = \frac{U_P}{E}$$

b) Calculer le rendement de la pile (dépend de I)

$$\eta = \frac{4,15}{4,49} = 92 \%$$

c) Calculer le rendement d'un générateur idéal.

$$\eta = 100 \%$$