

Électricité Générale

Électricité 1

Livret 5

**Générateur
Récepteur**



Mise à jour février 2007



FC 1207 05 1.1

Réalisation :

AFPA - Le Pont de Claix

Avertissement
au lecteur

Le présent fascicule fait l'objet d'une protection relative à la propriété intellectuelle, conformément aux dispositions du Code du même nom.

Son utilisateur s'interdit toute reproduction intégrale, partielle ou par voie dérivée et toute diffusion dudit document sans le consentement exprès de l'AFPA.

Sous réserve de l'exercice licite du droit de courte citation, il est rappelé que toute reproduction intégrale, partielle ou par voie dérivée de ce document, sans le consentement exprès de l'AFPA, est constitutive du délit de contrefaçon sanctionné par l'article L 335-2 du Code de la Propriété Intellectuelle.

Dépôt légal juillet 1997

SOMMAIRE

1 - Les générateurs électriques	4
1.1 Définition	
1.2 Différents types de générateurs	
1.3 Etude d'un générateur	
1.4 Générateur débitant dans un circuit résistif	
Exercice d'entraînement n° 1	
1.5 Groupement de générateurs identiques	
Exercice d'entraînement n° 2	
2 - Les récepteurs électriques	11
2.1 Définition	
2.2 Etude d'un récepteur	
2.3 Récepteur alimenté par un générateur	
Exercice d'entraînement n° 3	
2.4 Réversibilité	
2.5 Groupement de récepteurs	
Exercice d'entraînement n° 4	
Corrigé des exercices d'entraînement 5	15

Devoir n° 5

1 LES GENERATEURS ELECTRIQUES

1.1 Définition

On appelle **générateur électrique** un appareil capable de fournir de l'énergie à un circuit. Il reçoit lui-même cette énergie sous forme mécanique, chimique, lumineuse, ...etc, et la restitue en énergie électrique.

1.2 Différents types de générateurs

1.2.1 Les générateurs chimiques

- Les accumulateurs : ils transforment leur énergie chimique interne en énergie électrique. Ils sont réversibles, c'est à dire qu'ils fonctionnent en générateurs lorsqu'ils sont chargés et en récepteurs à l'occasion de leur recharge.
- Les piles : elles transforment également leur énergie chimique interne en énergie électrique, mais elles ne peuvent pas être rechargées; elles sont hors d'usage après décharge totale.

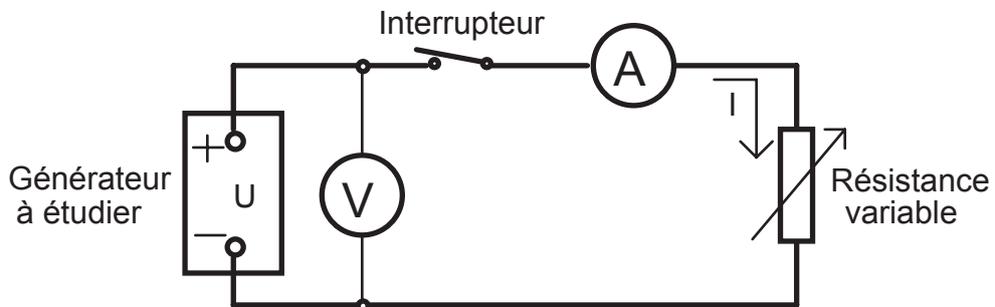
1.2.2 Les générateurs mécaniques

- Ce sont des machines tournantes qui transforment l'énergie mécanique en énergie électrique.
- Les dynamos fournissent une tension continue.
 - Les alternateurs fournissent une tension alternative.

1.3 Etude d'un générateur

1.3.1 Montage

Câblons le générateur à étudier en série avec un interrupteur, un ampèremètre et une résistance réglable. Un voltmètre relié aux bornes du générateur indique la tension délivrée.



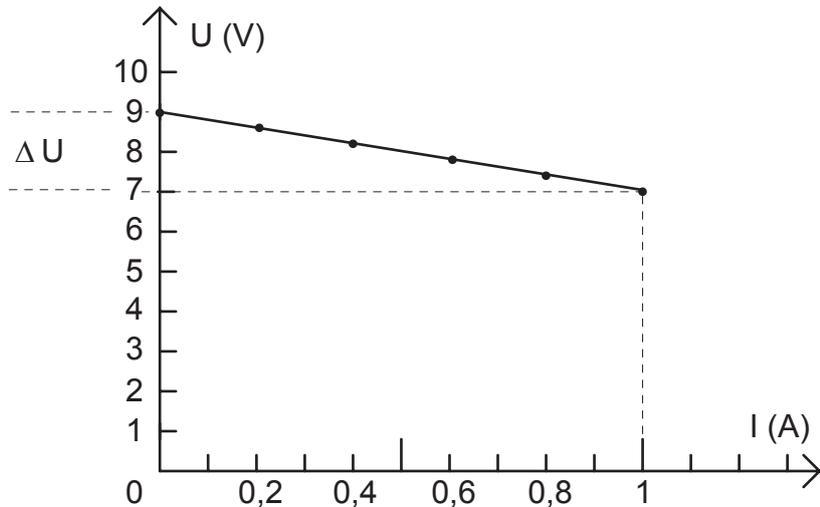
Relevons la tension U et le courant débité I pour diverses valeurs de la résistance variable.

Les mesures sont portées dans le tableau ci-dessous :

I (A)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
U (V)	9	8,6	8,2	7,8	7,4	7

1.3.2 Tracé de la caractéristique du générateur

Reportons U en fonction de I sur un graphique :



Ce graphique, appelé **caractéristique du générateur**, permet de déduire les paramètres suivants :

- Pour $I = 0$ on trouve $U = 9 \text{ V}$; cette valeur particulière est appelée la **tension à vide** ou la **force électromotrice** (f.e.m) du générateur; elle est habituellement notée E.

- La tension U diminue lorsque l'intensité I débitée augmente. La "perte" de tension $\Delta U = (E - U)$ est proportionnelle à I, elle peut donc s'assimiler à la tension aux bornes d'une résistance. Cette dernière est appelée **résistance interne** du générateur, elle se note r et sa valeur est telle que $\Delta U = r \times I$.

En se référant au graphique précédent, pour $I = 1 \text{ A}$ on trouve :

$$\Delta U = 9 - 7 = 2 \text{ V} \quad \text{d'où} \quad r = \frac{\Delta U}{I} = \frac{2 \text{ V}}{1 \text{ A}} = 2 \Omega$$

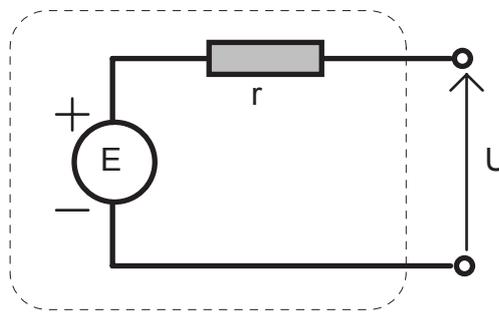
Les paramètres du générateur étudié sont :
sa f.e.m $E = 9 \text{ V}$ et sa résistance interne $r = 2 \Omega$.

Remarque : Un générateur dont la "perte" de tension ΔU (quand il débite) est négligeable devant sa f.e.m E est appelé **générateur de tension parfait**. Sa résistance interne est nulle. On le représente par le schéma ci-contre.



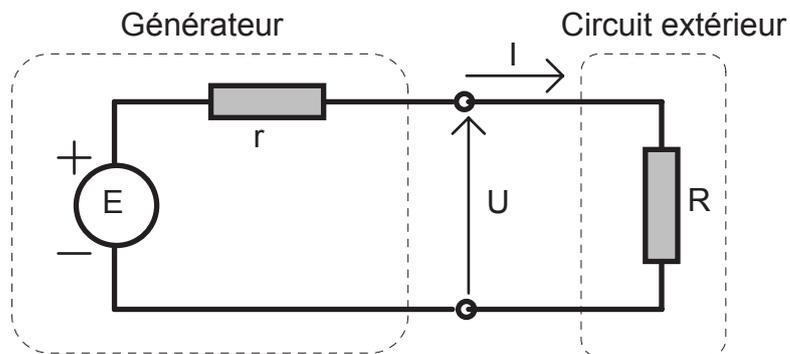
1.3.3 Schéma équivalent d'un générateur

Vis à vis de la tension à ses bornes et du courant qu'il débite, tout générateur est équivalent à un générateur de tension parfait mis en série avec une résistance. Cette représentation est appelée schéma de Thévenin.



1.4 Générateur débitant dans un circuit résistif

1.4.1 Application de la loi d'Ohm



R est la résistance équivalente du circuit extérieur purement résistif (par exemple les phares d'une voiture).

La loi des mailles et la loi d'Ohm permettent d'écrire :

$$E = (R + r) \times I \quad \text{et} \quad U = R \times I$$

d'où :

$$U = E - r \times I$$

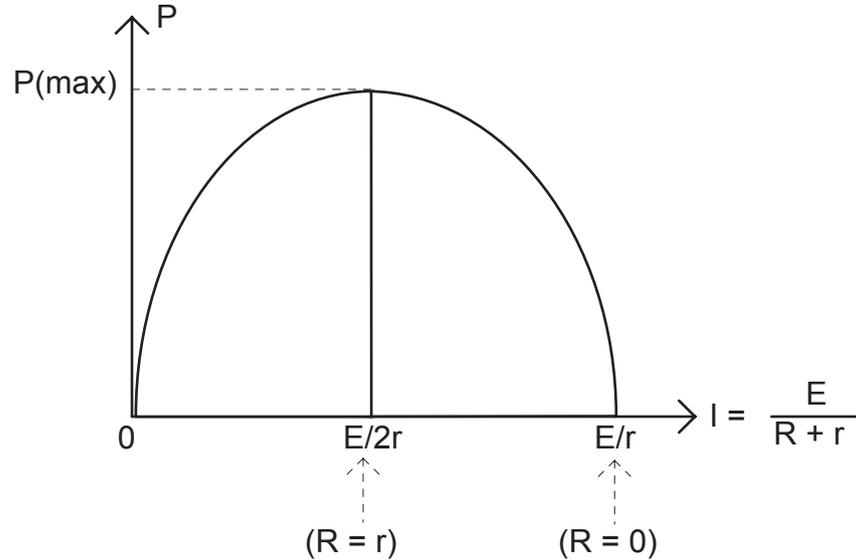
et

$$I = \frac{E}{R + r}$$

1.4.2 Puissance maximale fournie par un générateur

$$P = U \times I = (E - r \times I) \times I = E \times I - r \times I^2$$

La courbe représentant la puissance P en fonction du courant I est une parabole. Elle s'annule pour $I = 0$ et pour $r \times I = E$. On peut montrer que la puissance est maximale pour $2 \times r \times I = E$.



On en déduit que la puissance délivrée par le générateur est maximale lorsque la résistance d'utilisation R est égale à la résistance interne r .

Exercice d'entraînement n° 1

L'étude expérimentale d'un générateur a donné les résultats consignés dans le tableau ci-dessous :

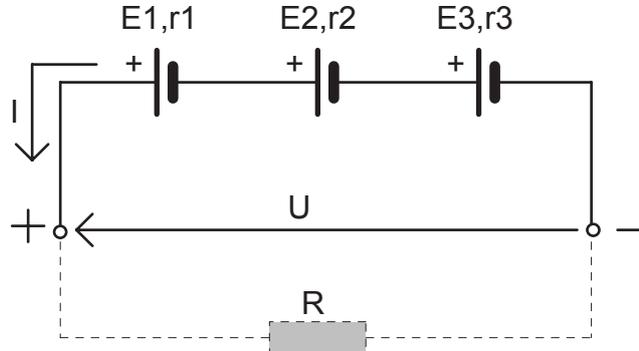
I (A)	0	2	4	6	8	10
U (V)	12	11,9	11,8	11,7	11,6	11,5

- Tracer sa caractéristique (U en fonction de I).
- Déterminer sa f.e.m E et sa résistance interne r .
- Calculer la tension U à ses bornes lorsqu'il débite un courant d'intensité $I = 6,5$ A.
- Quelle est la valeur de la résistance équivalente du circuit extérieur qui lui permettrait de fournir un maximum de puissance ?
- Calculer la puissance maximale qu'il pourrait fournir.

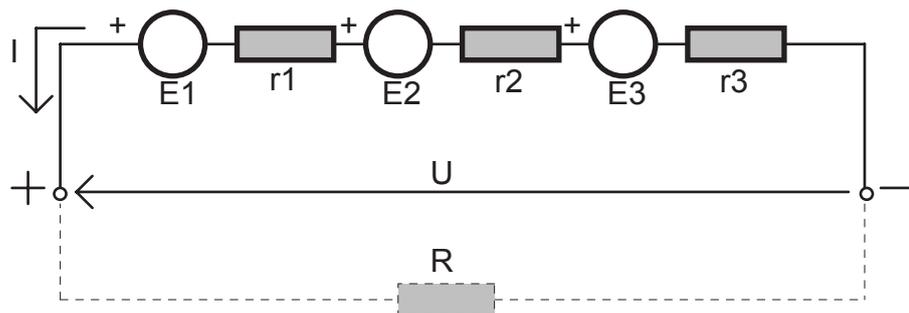
1.5 Groupement de générateurs identiques

1.5.1 Groupement en série

Le pôle "plus" d'un générateur est relié au pôle "moins" de son voisin.



Chaque générateur peut être remplacé par son schéma équivalent de Thévenin; d'où le schéma suivant :



La loi des mailles permet d'écrire :

$$U = E_1 - r_1 \times I + E_2 - r_2 \times I + E_3 - r_3 \times I$$

$$U = (E_1 + E_2 + E_3) - (r_1 + r_2 + r_3) \times I = E - r \times I$$

avec $E = E_1 + E_2 + E_3$ et $r = r_1 + r_2 + r_3$

Le groupement en série de plusieurs générateurs est équivalent à un générateur unique ayant pour f.e.m la somme des f.e.m et pour résistance interne la somme des résistances internes.

Application pratique :

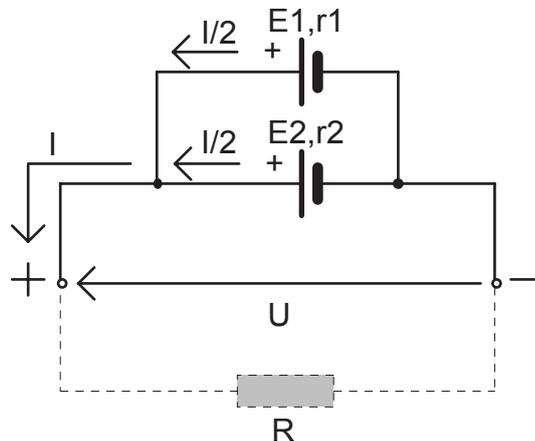
La batterie d'accumulateur d'une voiture est composée de 6 éléments en série; chaque élément a une f.e.m de 2 V environ. Une batterie de voiture délivre ainsi une tension de 12 V.

1.5.2 Groupement en parallèle

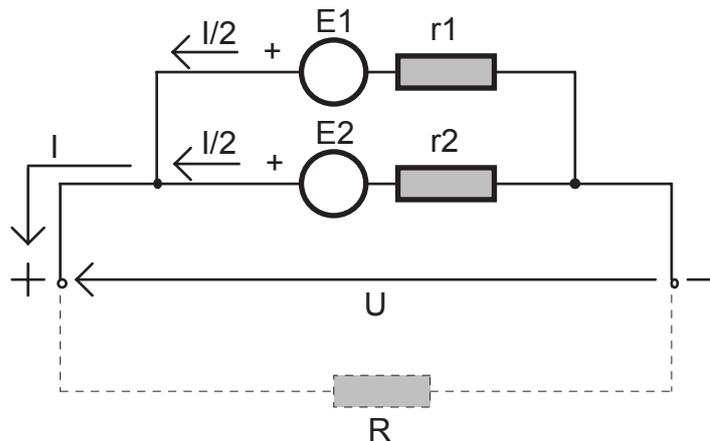
Cette association de générateurs implique qu'ils aient tous des caractéristiques strictement identiques :

$$E_1 = E_2 = \dots = E_n \quad \text{et} \quad r_1 = r_2 = \dots = r_n$$

Exemple avec 2 générateurs



Remplaçons chaque générateur par son schéma équivalent :



$$U = E_1 - \frac{r_1 \times I}{2} = E_2 - \frac{r_2 \times I}{2} = E - r \times I$$

Par identification il vient : $E = E_1 = E_2$ et $r = \frac{r_1}{2} = \frac{r_2}{2}$

De cet exemple on peut tirer le résultat général suivant :

Le groupement en parallèle de n générateurs **identiques** est équivalent à un générateur unique, dont la f.e.m E est égale à la f.e.m de chaque générateur et dont la résistance interne r est n fois plus petite que celle de l'un d'eux.

Exercice d'entraînement n° 2

Un récepteur radio est alimenté à l'aide de 6 piles rondes de type R6. Il absorbe un courant de 50 mA.

- Sous quelle tension fonctionne-t-il lorsqu'on utilise des piles "alcalines" dont les caractéristiques sont : $E = 1,5 \text{ V}$; $r = 2 \Omega$?

- Même question lorsqu'on remplace ces piles par des accumulateurs cadmium-nickel : $E = 1,4 \text{ V}$; $r = 0,6 \Omega$.

2 LES RECEPTEURS ELECTRIQUES

2.1 Définition

Un récepteur est un appareil qui absorbe de l'énergie électrique et la restitue sous une autre forme (mécanique, chimique, lumineuse, ...etc).

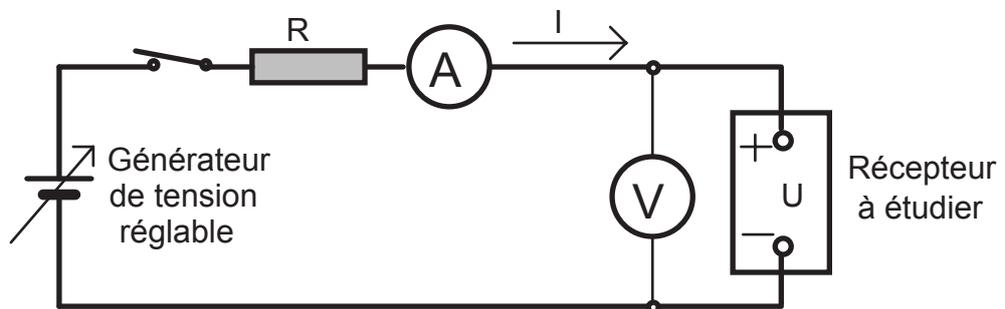
On peut citer :

- Les accumulateurs en période de charge et certaines cuves électrolytiques qui transforment l'énergie électrique en énergie chimique.
- Les moteurs qui transforment l'énergie électrique en énergie mécanique.

2.2 Etude d'un récepteur

2.2.1 Montage

Câblons le récepteur à étudier, en série avec un ampèremètre, une résistance, un interrupteur et un générateur de tension réglable. Un voltmètre indique la tension U aux bornes du récepteur.



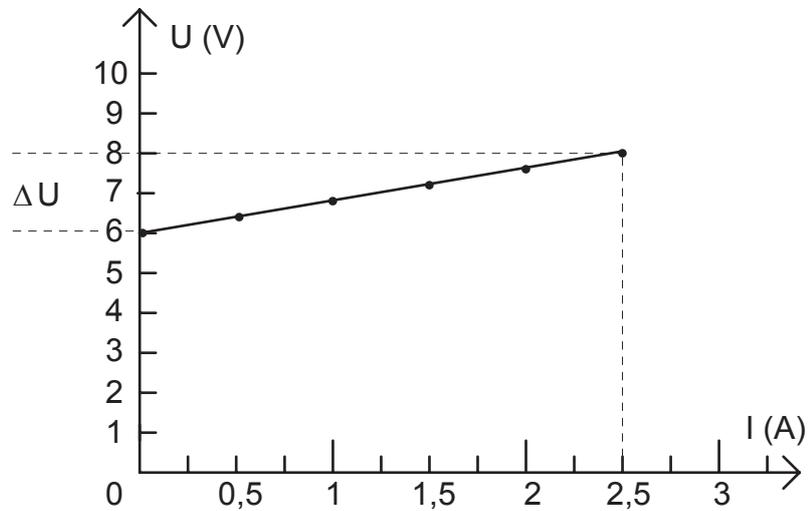
Relevons la tension U et le courant débité I pour divers réglages du générateur.

Les mesures sont portées dans le tableau ci-dessous :

U (V)	6	6,4	6,8	7,2	7,6	8
I (A)	0	0,5	1	1,5	2	2,5

2.2.2 Tracé de la caractéristique du récepteur

Reportons U en fonction de I sur un graphique :



Ce graphique, appelé **caractéristique du récepteur**, permet de déduire les paramètres suivants :

- Pour $I = 0$ on trouve $U = 6$ V; cette valeur particulière est appelée la **force contre-électromotrice** (f.c.e.m) du récepteur; elle est habituellement notée E' .

- La tension U augmente lorsque l'intensité I absorbée augmente. La "perte" de tension $\Delta U = (U - E')$ est proportionnelle à I, elle peut donc s'assimiler à la tension aux bornes d'une résistance. Cette dernière est appelée **résistance interne** du récepteur, elle se note r' et sa valeur est telle que $\Delta U = r' \times I$.

En se référant au graphique précédent, pour $I = 2,5$ A on trouve :

$$\Delta U = 8 - 6 = 2 \text{ V} \quad \text{d'où} \quad r' = \frac{\Delta U}{I} = \frac{2 \text{ V}}{2,5 \text{ A}} = 0,8 \Omega$$

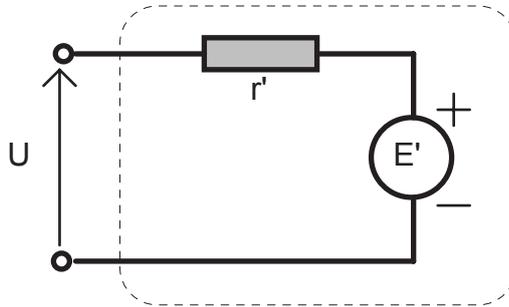
Les paramètres du récepteur étudié sont :
sa f.c.e.m $E' = 6$ V et sa résistance interne $r' = 0,8 \Omega$.

Remarque : On représente une f.c.e.m par le schéma ci-contre (ce symbole est le même que celui du générateur parfait).

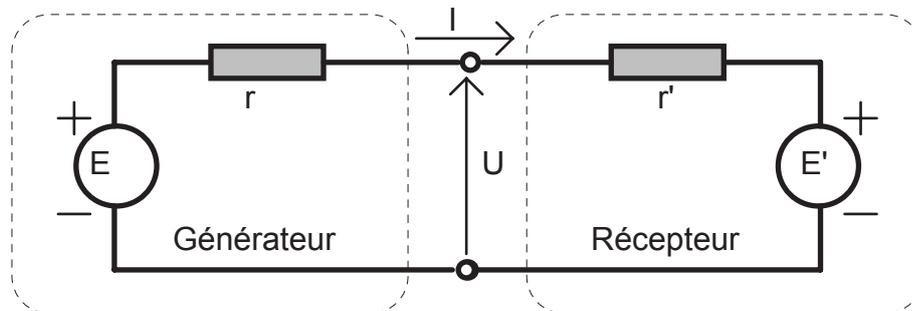


2.2.3 Schéma équivalent d'un récepteur

Vis-à-vis de la tension à ses bornes et du courant qu'il absorbe, tout récepteur a pour schéma équivalent la représentation ci-dessous :



2.3 Récepteur alimenté par un générateur



La loi des mailles permet d'écrire :

$$E = r \times I + r' \times I + E' \quad \text{d'où} \quad I = \frac{E - E'}{r + r'}$$

$$U = E - r \times I = E' + r' \times I$$

Exercice d'entraînement n° 3

Un moteur électrique dont la résistance interne $r' = 0,8 \, \Omega$ absorbe un courant $I = 15 \, \text{A}$ sous une d.d.p $U = 120 \, \text{V}$.

Calculer :

- la f.c.e.m du moteur;
- la puissance absorbée par le moteur.

2.4 Réversibilité

Certains appareils ont la propriété de pouvoir fonctionner en récepteur ou en générateur; on dit qu'ils sont réversibles.

L'exemple le plus immédiat est celui des batteries d'accumulateurs qui peuvent indifféremment fonctionner en générateur (décharge dans un circuit) ou en récepteur lorsqu'on les recharge.

Notons qu'un appareil fonctionne en générateur lorsque le courant sort par sa borne "plus"; il fonctionne en récepteur si le courant rentre par sa borne "plus".

2.5 Groupement de récepteurs

Dans toutes les installations, les récepteurs sont branchés en parallèle; ils fonctionnent indépendamment les uns des autres puisqu'ils ont tous, à leurs bornes, la même tension.

Le courant total est la somme des courants dans chaque récepteur.

Exercice d'entraînement n° 4

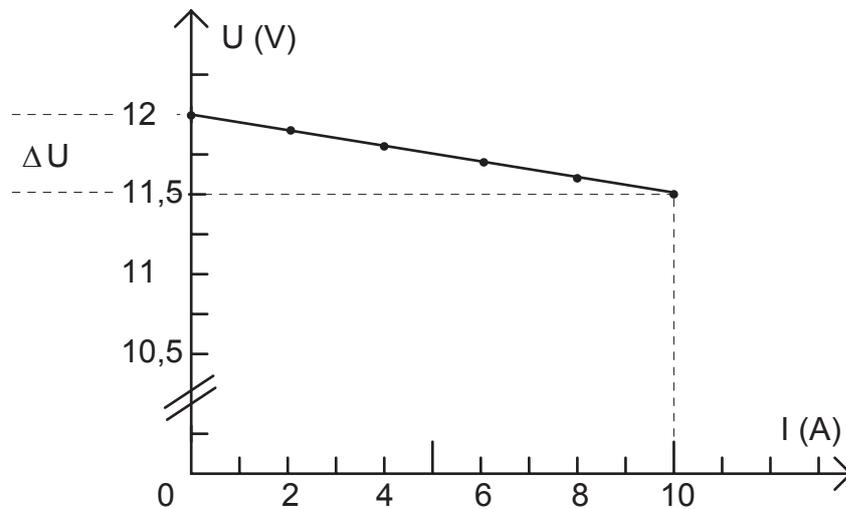
Un générateur ($E = 230 \text{ V}$; $r \neq 0 \Omega$) alimente 2 récepteurs branchés en parallèle ($E_1 = 180 \text{ V}$; $r_1 = 5 \Omega$; $E_2 = 0 \text{ V}$; $r_2 = 150 \Omega$).

- Calculer les courants I_1 et I_2 traversant chaque récepteur.
- Calculer le courant total I délivré par le générateur.
- De quel type est le second récepteur ?

CORRIGE DES EXERCICES D'ENTRAÎNEMENT 5

Exercice d'entraînement n° 1

I (A)	0	2	4	6	8	10
V (V)	12	11,9	11,8	11,7	11,6	11,5



- Pour $I = 0$ on a $U = 12 \text{ V}$; donc $E = 12 \text{ V}$.

$$r = \frac{\Delta U}{I} = \frac{0,5 \text{ V}}{10 \text{ A}} = 0,05 \Omega$$

- Calcul de U :

$$U = E - r \times I = 12 - 0,05 \times 6,5 = 11,675 \text{ V}$$

- La puissance délivrée est maximale lorsque la résistance de charge R est égale à la résistance interne r du générateur : $R = r = 0,05 \Omega$

Dans ce cas le courant est égal à :

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{12}{0,05 + 0,05} = 120 \text{ A}$$

- Le générateur délivre alors une puissance de :

$$P = R \times I^2 = 0,05 \times (120)^2 = 720 \text{ W}$$

On peut également calculer P par $P = UI = (12 - (0,05 \times 120)) \times 120 = 720 \text{ W}$

Exercice d'entraînement n° 2

Lorsqu'un récepteur radio est alimenté par des piles, ces dernières sont toujours associées en série.

- Les 6 piles de type R6 sont équivalentes à un générateur unique dont les caractéristiques sont :

$$E = 6 \times 1,5 \text{ V} = 9 \text{ V} \quad r = 6 \times 2 \Omega = 12 \Omega$$

- Pour un courant de 50 mA, la tension appliquée au récepteur radio est égale à :

$$U = E - r \times I = 9 - 12 \times 0,05 = 8,4 \text{ V}$$

- Avec des accumulateurs cadmium-nickel, les caractéristiques du générateur équivalent sont :

$$E = 6 \times 1,4 = 8,4 \text{ V}; \quad r = 6 \times 0,6 = 3,6 \Omega$$

- La tension appliquée au récepteur radio est égale à :

$$U = 8,4 - 3,6 \times 0,05 = 8,22 \text{ V}$$

Exercice d'entraînement n° 3

Calcul de la f.c.e.m du moteur :

$$U = E' + r' \times I \quad \text{d'où} \quad E' = U - r' \times I$$

$$E' = 120 - 0,8 \times 15 = 108 \text{ V}$$

Calcul de la puissance absorbée :

$$P = U \times I = 120 \times 15 = 1800 \text{ W}$$

Exercice d'entraînement n° 4

- Calcul du courant dans chaque récepteur :

$$I_1 = \frac{E - E'}{r + r'} = \frac{230 - 180}{0 + 5} = 10 \text{ A}; \quad I_2 = \frac{230 - 0}{0 + 150} = 1,53 \text{ A}$$

- Calcul du courant total : $I = I_1 + I_2 = 10 + 1,53 = 11,53 \text{ A}$

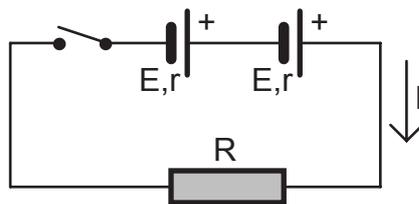
- Le second récepteur se comporte comme un simple conducteur ohmique.

DEVOIR N° 5

Effectuez le devoir sur la feuille de copie préimprimée que vous trouverez en encart au milieu du fascicule. Ne recopiez pas les énoncés et soignez la présentation de votre travail.

Problème n° 1 (4 points)

On associe deux générateurs identiques de f.e.m E et de résistance interne r , à un conducteur ohmique de résistance R selon le schéma ci-dessous:



$$E = 6 \text{ V} \quad r = 0,1 \Omega$$

$$R = 0,6 \Omega$$

- 1 - Déterminer les caractéristiques du générateur équivalent.
- 2 - Lorsque l'interrupteur est fermé, calculer :
 - l'intensité I du courant dans le circuit;
 - les tensions U_1 et U_2 aux bornes de chaque générateur;
 - la tension U aux bornes du conducteur ohmique.

Problème n° 2 (4 points)

Une dynamo tourne à 3000 tr/mn et délivre à vide une d.d.p de 15 V. En charge, elle débite un courant de 7 A et la tension à ses bornes tombe à 12 V.

Calculer :

- 1 - la f.e.m de la dynamo;
- 2 - sa résistance interne;
- 3 - la valeur de la charge supposée purement ohmique.

Problème n° 3 (4 points)

Un moteur de jouet, alimenté sous une tension $U = 7 \text{ V}$, absorbe une puissance $P = 3,5 \text{ W}$.

- 1 - Quelle est la valeur du courant I qui circule ?

Par inadvertance, on bloque ce moteur et on constate que l'intensité du courant est multipliée par 10.

- 2 - Quelle est la résistance interne du moteur ?
(Lorsqu'un moteur est bloqué sa f.c.e.m est nulle.)

Problème n° 4 (6 points)

Les caractéristiques d'un générateur sont les suivantes :

$$E = 125 \text{ V } r = 25 \Omega$$

Il débite dans un conducteur ohmique R dont on fait varier la valeur par bonds.

1 - Pour chacune des valeurs de R indiquées dans le tableau suivant, calculer le courant I débité et la puissance P dissipée par le conducteur ohmique.

R (Ω)	0	5	15	25	50	100	150
I (A)							
P (W)							

2 - Tracer la courbe représentant la puissance P en fonction de R.

Echelles : 1 cm pour 10 Ω et 1 cm pour 10 W

3 - Que remarque-t-on lorsque R = r = 25 Ω ?

Présentation (2 points)

Notes personnelles

