

Physique *appliquée*

1^{res} STI

Génie mécanique, Génie civil, Génie énergétique

Jacques Lafargue
Lycée Gustave Eiffel, Bordeaux

Thierry Lecourieux
Lycée Richelieu, Rueil-Malmaison

Gérard Montastier
Lycée Dorian, Paris

Sous la direction de Robert Le Goff

NATHAN
TECHNIQUE

AVANT-PROPOS

Destiné aux élèves de 1^{res} STI, Génie mécanique, Génie civil et Génie énergétique, cette nouvelle édition tient compte des aménagements de programme parus au *BO* du 20 décembre 2001.

Ce manuel propose un cours évitant toute inflation, construit autour d'approches expérimentales et des savoir-faire que l'élève doit acquérir. La rubrique *L'essentiel* résume les connaissances à retenir. Des exercices nombreux, variés, progressifs, présentés dans le cours (*Applications avec solutions*) ou en fin de chapitre (*QCM, Exercices résolus, Exercices avec résultats* et *Exercices à résoudre*) permettent à l'élève de contrôler et de consolider ses acquisitions.

Avec ce manuel, l'élève dispose en effet d'un outil pour découvrir et travailler la physique appliquée à ses trois niveaux :

- le niveau des connaissances scientifiques : définitions, lois, théorèmes, ordres de grandeur, unités ;
- le niveau des savoir-faire expérimentaux : utilisation des appareils de mesure classiques, protocoles expérimentaux, méthodes de mesure ;
- le niveau des savoir-faire théoriques : utilisation des lois, des théorèmes, des formules, des méthodes de raisonnement et des techniques de calcul.

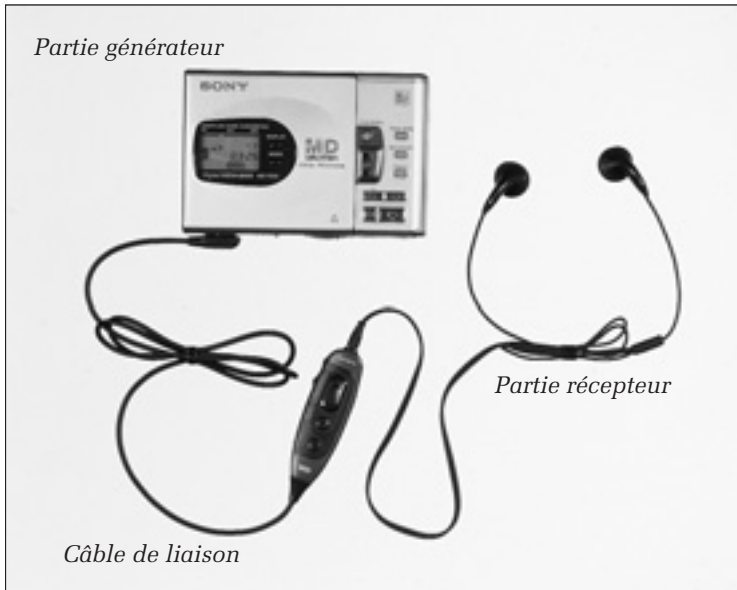
Les auteurs

SOMMAIRE

1. Circuit électrique. Intensité	
Tension.....7	
1. Circuit électrique7	
2. Intensité du courant électrique ..8	
3. Loi des nœuds11	
4. Différence de potentiel (ddp) ou tension électrique12	
5. Loi des mailles13	
6. Puissances mises en jeu dans un circuit15	
2. Loi d'Ohm pour un dipôle passif ..21	
1. Qu'appelle-t-on résistor ?21	
2. Loi d'Ohm pour un résistor linéaire21	
3. Résistivité24	
4. Résistor non linéaire25	
5. Associations de résistors linéaires25	
3. Loi d'Ohm pour un dipôle actif ..31	
1. Dipôle actif31	
2. Fonctionnement en générateur ..33	
3. Fonctionnement en récepteur ..37	
4. Modèle de Thévenin39	
4. Puissance et énergie électriques ...51	
1. Puissance électrique51	
2. L'énergie électrique52	
3. Conservation de l'énergie54	
4. Rendement d'un convertisseur 56	
5. Les condensateurs63	
1. Qu'appelle-t-on condensateur ? ..63	
2. Étude qualitative64	
3. Qu'appelle-t-on capacité d'un condensateur ?66	
4. Énergie emmagasinée par un condensateur68	
5. Comment associer des condensateurs ?69	
6. Champ électrique et force électrostatique.....71	
6. Le champ magnétique77	
1. Qu'appelle-t-on champ magnétique ?77	
2. Vecteur champ magnétique79	
3. Action d'un champ magnétique sur une particule chargée en mouvement82	
4. Intensité du champ magnétique et intensité du courant dans un circuit84	
7. Actions électromagnétiques91	
1. Étude expérimentale91	
2. Interprétation91	
3. Loi de Laplace92	
4. Dispositifs utilisant l'action électromagnétique.....93	
8. Induction électromagnétique97	
1. Qu'est-ce que l'induction électromagnétique ?97	
2. Qu'appelle-t-on courant induit ?100	
9. Auto-induction105	
1. Qu'est-ce qu'une force électro- motrice d'auto-induction ?105	
2. Quelle relation y a-t-il entre la tension aux bornes d'une bobine et le courant variable ? ..107	
3. Modèles de dipôles inductifs ..110	
4. Énergie électromagnétique emmagasinée par une bobine ..112	
5. Applications de l'auto-induction.....112	
10. Régimes sinusoïdaux119	
1. Grandeurs périodiques119	
2. Grandeurs sinusoïdales126	
11. Dipôles linéaires en régime sinusoïdal139	
1. Objectif de l'étude139	
2. Conducteur ohmique140	
3. Bobine parfaite143	
4. Condensateur parfait146	

12. Association en série de dipôles.	14. Oxydoréduction en solution
Résonance 155	aqueuse 185
1. Présentation 155	1. Qu'est-ce qu'une réaction d'oxydoréduction ? 185
2. Dipôle <i>R, L</i> série 156	2. Piles électrochimiques 187
3. Dipôle <i>R, C</i> série 159	3. Classification électrochimique des métaux 190
4. Dipôle <i>R, L, C</i> série 162	4. Comment réaliser la réaction d'oxydoréduction « dans l'autre sens » ? 192
5. Dipôle <i>R, L, C</i> série à la résonance 165	
13. Puissances en régime sinusoïdal 173	15. Matières plastiques 199
1. Puissance instantanée 173	1. Les chaînes carbonées 199
2. Puissance active ou puissance moyenne 175	2. Réactions de polyaddition 203
3. Puissance apparente 177	3. Réactions de polycondensation 204
4. Facteur de puissance 178	4. Propriétés des matières plastiques 206
5. Wattmètres 179	

1 CIRCUIT ÉLECTRIQUE INTENSITÉ - TENSION



Un exemple de circuit électrique, composé d'une partie générateur (le baladeur), d'un câble de liaison, et d'une partie récepteur (les écouteurs).

1. CIRCUIT ÉLECTRIQUE

1. 1. Comment réaliser un circuit électrique ?

1. 1. 1. Matériels

Pour réaliser un circuit électrique (fig. 1.1), il faut au moins :

- un **générateur** G,
 - un **récepteur** D,
 - des **fils de liaison** ;
- et éventuellement, un interrupteur K.

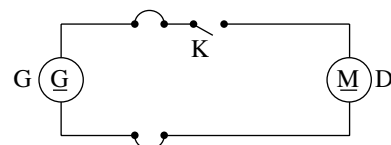


Figure 1.1. Circuit électrique élémentaire

1. 1. 2. Rôle des éléments du circuit

Le générateur est la source d'énergie électrique.

Le récepteur convertit l'énergie électrique. Il exploite les effets du courant électrique :

- effets calorifiques (radiateurs, ampoules) ;
- effets électromagnétiques (moteurs) ;

- effets chimiques (cuves à électrolyse) ;
- effets lumineux (diodes électroluminescentes).

Les fils de liaison permettent le transport de l'énergie électrique du générateur vers le récepteur.

L'interrupteur permet d'ouvrir ou de fermer le circuit électrique.

Un dipôle est un dispositif électrique comportant deux bornes.

1. 2. Qu'appelle-t-on nœud, branche, maille dans un circuit électrique ?

● Un **nœud** est une connexion qui réunit plus de deux dipôles. Sur la figure 1.2 : A, B, E, F sont des nœuds ; C, D ne sont pas des nœuds.

● Une **branche** est une portion de circuit comprise entre deux nœuds consécutifs. Par exemple, sur la figure 1.2 : les portions de circuit AB, BE, AE, AF et BCDE sont des branches ; la portion de circuit ABE n'est pas une branche.

● Une **maille** est un ensemble de branches formant un contour fermé. Par exemple, sur la figure 1.2 : AEFA, ABEA et ABCDEA sont des mailles.

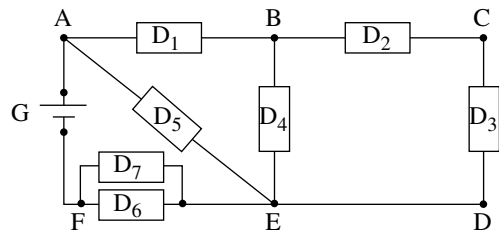


Figure 1.2. Exemple de circuit à plusieurs nœuds et à plusieurs mailles

1. 3. Quand dit-on que des dipôles sont en série ? en parallèle ?

● Des dipôles sont **en série** quand ils appartiennent à la même branche ou à un circuit ne comprenant qu'une maille. Sur la figure 1.2, les dipôles D_2 et D_3 sont en série.

● Des dipôles sont **en parallèle** s'ils sont connectés entre deux nœuds en formant deux branches différentes. Sur la figure 1.2, les dipôles D_6 et D_7 sont en parallèle.

2. INTENSITÉ DU COURANT ÉLECTRIQUE

2. 1. Quelle est la nature du courant électrique ?

Le courant électrique résulte du mouvement de porteurs de charge. Selon les milieux conducteurs ces porteurs sont différents : électrons dans les métaux ; ions (cations et anions) dans les liquides et dans les gaz.

En courant continu, la vitesse des porteurs est faible (de l'ordre du mètre par heure).

Une quantité d'électricité s'exprime en coulombs (C) ou en ampères-heures (Ah : 1 Ah = 3 600 C).

La charge négative élémentaire transportée par un électron est notée $-e$:

$$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

2. 2. Quel est le sens conventionnel du courant électrique ?

Par convention, on dit que le courant électrique sort par le pôle positif du générateur et rentre par son pôle négatif (fig. 1.3).

Le sens réel du déplacement des charges négatives est opposé au sens conventionnel du courant : à l'extérieur du générateur les électrons se déplacent du pôle négatif vers le pôle positif.

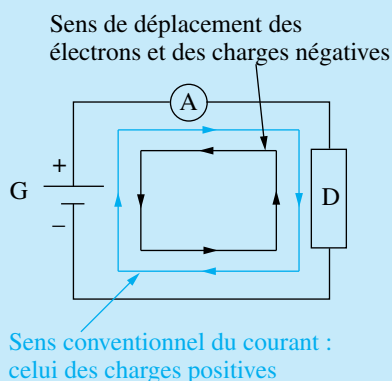


Figure 1.3 Sens du courant électrique

2. 3. Définition de l'intensité du courant électrique

Pendant une très courte durée dt , une section droite du conducteur (S) est traversée par la quantité d'électricité dq (fig. 1.4). Dans ces conditions, l'intensité du courant qui parcourt le conducteur s'écrit :

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

i en ampères (A)

dq en coulombs (C)

dt en secondes (s)

Cette définition est très générale : elle s'applique quelle que soit la nature du courant (courant continu ou courant variable).

En courant continu, l'intensité est constante :

$$i = \text{Cte} = I \quad \text{et} \quad \frac{dq}{dt} = \text{Cte}.$$

L'expression de I est alors :

$$I = \frac{q}{t}$$

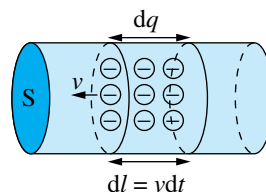


Figure 1.4. Définition de l'intensité du courant électrique

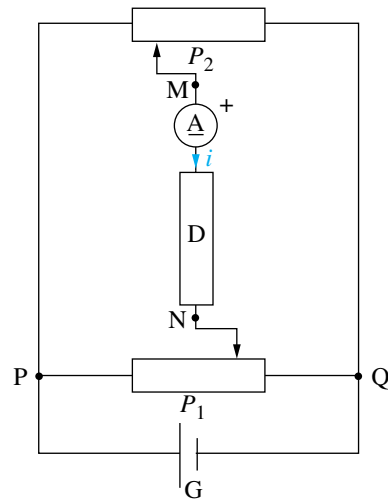
2. 4. Comment représenter l'intensité du courant dans un circuit ?

Dans une branche de circuit, le courant électrique est susceptible de changer de sens si les propriétés du circuit ou si les réglages sont modifiés (fig. 1.5).

Pour donner une valeur algébrique à l'intensité d'un courant, on oriente chaque branche du circuit et l'intensité i dans une branche est positive si le courant circule dans le sens fixé par l'orientation.

Par exemple, dans la branche MN (fig. 1.5) :

- i est positif si le courant circule de M vers N ;
- i est négatif si le courant circule de N vers M.



Le courant peut changer de sens, donc i peut changer de signe.

Figure 1.5. Orientation d'un conducteur

2. 5. Comment mesurer l'intensité d'un courant ?

La mesure de l'intensité d'un courant dans une branche s'effectue avec un multimètre en position ampèremètre, branché en série (fig. 1.5).

L'appareil peut être analogique (fig. 1.6) ou numérique (fig. 1.7).

On peut aussi utiliser une sonde de courant (fig. 1.8).



Figure 1.6.
Appareil analogique



Figure 1.7.
Multimètre numérique



Figure 1.8.
Pince multifonction munie d'un capteur de courant

Pour effectuer une mesure algébrique de l'intensité, le courant conventionnellement choisi comme positif doit arriver à l'appareil par la borne d'entrée (fig. 1.9) (borne repérée par un signe + ou une couleur).

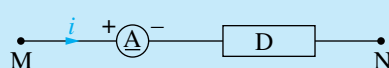


Figure 1.9

Si l'ampèremètre indique $i = 4,0 \text{ A}$, cela signifie qu'un courant de $4,0 \text{ A}$ circule de M vers N ; s'il indique $i = -4,0 \text{ A}$. Cela signifie qu'un courant de $4,0 \text{ A}$ circule de N vers M.

3. LOI DES NŒUDS

3. 1. Étude expérimentale

Réalisons le montage de la figure 1.10. Nous remarquons que la position des bornes d'entrée de chaque ampèremètre est en accord avec les orientations choisies pour les différentes branches.

Pour une position donnée des curseurs M et N, nous relevons :

$i_1 = 1,07 \text{ A}$; $i_2 = 0,690 \text{ A}$; $i_3 = 0,380 \text{ A}$;
 $i_4 = 0,154 \text{ A}$; $i_5 = 0,844 \text{ A}$; $i_6 = 0,226 \text{ A}$.

On constate que :

- $i_1 = i_2 + i_3$ (au nœud P) ;
- $i_3 = i_4 + i_6$;
- $i_5 = i_2 + i_4$;
- $i_1 = i_5 + i_6$ (au nœud Q).

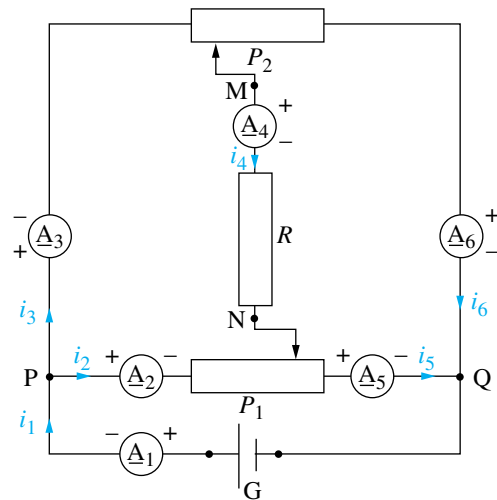


Figure 1.10.

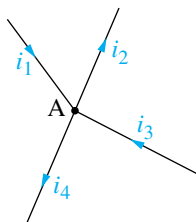
Vérification de la loi des nœuds

3. 2. Interprétation et généralisation

Il ne peut pas y avoir accumulation de charges électriques en un point d'un circuit. Par conséquent, à chaque instant, à chaque nœud la somme algébrique des charges électriques qui arrivent est égale à la somme des charges qui en partent. La loi des nœuds exprime cette conservation de l'électricité (fig. 1.11).

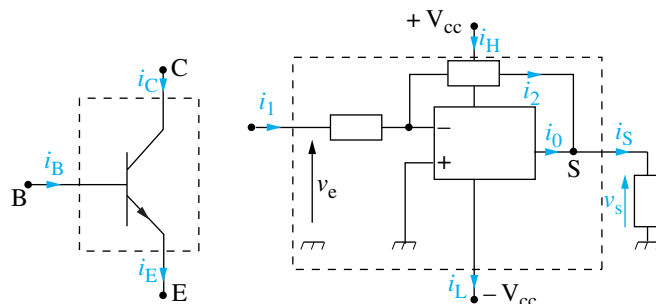
Loi des nœuds : la somme algébrique des intensités des courants dans les conducteurs orientés vers un nœud est égale à la somme algébrique des autres courants.

La loi des nœuds est applicable à un ensemble, une portion de circuit ou un montage (fig. 1.12).



$$i_1 + i_3 = i_2 + i_4$$

Figure 1.11. Loi des nœuds



$$i_E = i_B + i_C$$

$$i_1 + i_H = i_L + i_S$$

Figure 1.12. Généralisation de la loi des nœuds

APPLICATION

Des mesures effectuées sur l'amplificateur opérationnel de la figure 1.12 ont donné les résultats suivants : $i_1 = i_2 = 4,97 \text{ mA}$; $i_H = 1,25 \text{ mA}$; $i_S = -0,47 \text{ mA}$. Déterminons les valeurs de i_L et i_0 .

Solution

L'ensemble pris en compte est défini par le contour en pointillé.

La loi des nœuds généralisée $i_1 + i_H = i_L + i_S$ donne $i_L = i_1 + i_H - i_S$, soit :

$$i_L = [4,97 + 1,25 - (-0,47)] \text{ mA} \Rightarrow i_L = 6,69 \text{ mA}.$$

Au nœud S : $i_0 + i_2 = i_S$, d'où $i_0 = i_S - i_2$ qui donne :

$$i_0 = [(-0,47) - 4,97] \text{ mA} \Rightarrow i_0 = -5,44 \text{ mA}.$$

4. DIFFÉRENCE DE POTENTIEL (DDP) OU TENSION ÉLECTRIQUE

4. 1. Définition

La différence de potentiel (ddp), ou tension entre deux points M et N, est la valeur indiquée par un voltmètre, supposé parfaitement exact, branché entre les points M et N. La ddp s'exprime en volts (V).

Un voltmètre est généralement polarisé (fig. 1.13), il peut être numérique ou analogique.

La mesure d'une tension peut aussi s'effectuer avec un oscilloscope (fig. 1.14).

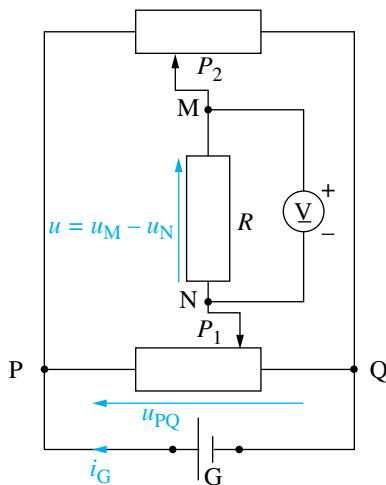
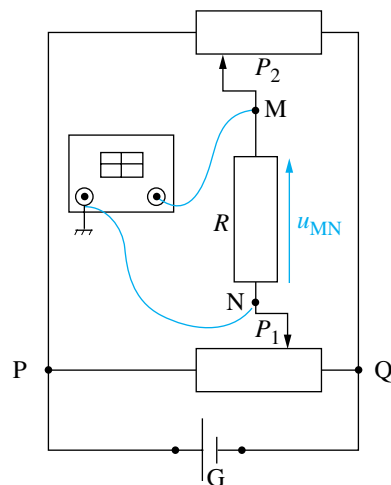


Figure 1.13. Mesure d'une tension u_{MN} à l'aide d'un voltmètre



G est une alimentation à sortie flottante (sans liaison avec le secteur)

Figure 1.14. Mesure de la tension u_{MN} avec un oscilloscope

4. 2. Comment représenter graphiquement la ddp aux bornes d'un dipôle ?

Sur la figure 1.15, la différence de potentiel entre les points M et N est notée :

$$u_{MN}$$

La tension u_{MN} est représentée par une flèche dont la pointe est en M et l'autre extrémité en N.

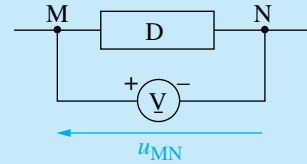


Figure 1.15. Représentation de la tension

Pour mesurer cette tension, il faut placer la borne positive du voltmètre au point M. On lit par exemple : $u_{MN} = 2,47 \text{ V}$.

Si l'on place la borne positive du voltmètre en N, on mesure la tension : $u_{NM} = -2,47 \text{ V}$.

La tension est une grandeur algébrique.

5. LOI DES MAILLES

5. 1. Étude expérimentale

Sur le dispositif expérimental de la figure 1.16, mesurons successivement les tensions u_{PQ} , u_{PM} , u_{PN} , u_{MQ} , u_{NQ} et u_{MN} . Pour chacune de ces mesures, il faut vérifier le sens de branchement du voltmètre. Par exemple, pour mesurer u_{PQ} , la borne positive du voltmètre doit être reliée au point P.

Pour une position donnée des curseurs, nous trouvons :

$$u_{PQ} = 15,0 \text{ V} ; u_{PM} = 6,27 \text{ V} ;$$

$$u_{PN} = 8,74 \text{ V} ; u_{MQ} = 8,73 \text{ V} ;$$

$$u_{NQ} = 6,26 \text{ V} ; u_{MN} = 2,47 \text{ V}.$$

On constate que ces valeurs vérifient les relations :

$$u_{PQ} = u_{PM} + u_{MQ} = u_{PN} + u_{NQ} ;$$

$$u_{PN} = u_{PM} + u_{MN} ; u_{MQ} = u_{MN} + u_{NQ}.$$

Ces égalités traduisent la loi d'additivité des tensions.

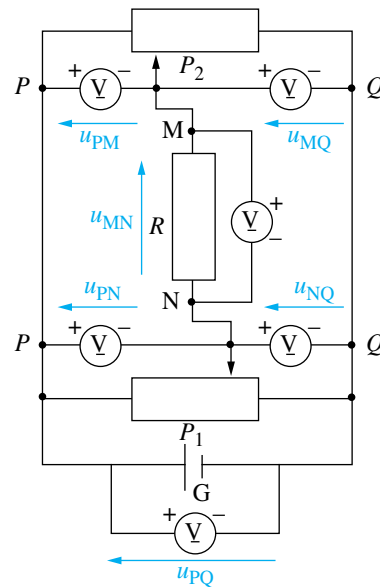


Figure 1.16. Vérification de la loi des branches et de la loi des mailles

5. 2. Loi d'additivité des tensions (loi des branches)

$$u_{PQ} = u_{PM} + u_{MQ} ; u_{PQ} = u_{PM} - u_{QM}$$

La tension u_{PQ} , entre les points P et Q, est égale à la somme algébrique des tensions présentes sur un ensemble de branches allant de P à Q. Règle d'écriture : en se déplaçant de P vers Q, lorsque la flèche tension est rencontrée par la pointe, la tension correspondante est affectée du signe + (du signe - dans le cas contraire).

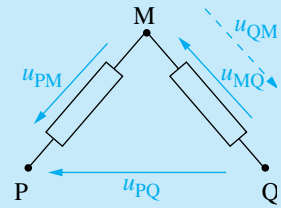


Figure 1.17.
Loi des branches

5. 3. Loi des mailles

La loi précédente peut être appliquée à l'ensemble des dipôles constituant une maille et être écrite sous la forme : $u_1 + u_2 + u_3 - u_4 = 0$ pour la maille de la figure 1.18.

Règle d'écriture :

- On choisit un sens de parcours arbitraire.
- On décrit la maille dans le sens choisi ; lorsque la flèche tension est rencontrée par la pointe, la tension correspondante est affectée du signe + (du signe - dans le cas contraire).
- La somme algébrique des tensions est égale à 0.

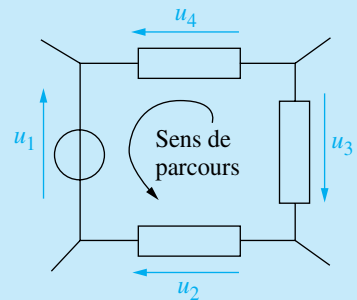


Figure 1.18.
Loi des mailles

APPLICATION

Avec le montage de la figure 1.16, pour une autre position des curseurs, des mesures ont donné les résultats suivants :

$u_{PQ} = 15,00 \text{ V}$; $u_{PM} = 4,00 \text{ V}$ et $u_{NQ} = 5,98 \text{ V}$.
Calculons les valeurs des tensions u_{MQ} , u_{MN} et u_{PN} .

Solution

$u_{PQ} = u_{PM} + u_{MQ}$ donne : $u_{MQ} = u_{PQ} - u_{PM}$,
soit : $u_{MQ} = (15 - 4) \text{ V} \Rightarrow u_{MQ} = 9,00 \text{ V}$.

La maille 1 (fig. 1.19) donne :

$$u_{MN} + u_{NQ} - u_{MQ} = 0 ; u_{MN} = u_{MQ} - u_{NQ} ;$$

$$u_{MN} = (9,00 - 5,98) \text{ V} \Rightarrow u_{MN} = 3,02 \text{ V}.$$

La maille 2 (fig. 1.19) donne :

$$u_{PN} - u_{MN} - u_{PM} = 0 ; u_{PN} = u_{PM} + u_{MN} ;$$

$$u_{PN} = (4,00 + 3,02) \text{ V} \Rightarrow u_{PN} = 7,02 \text{ V}.$$

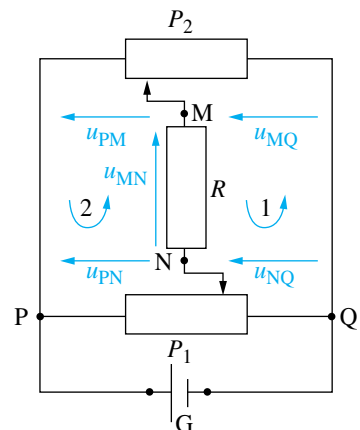


Figure 1.19. Application
de la loi des mailles

6. PUISSANCES MISES EN JEU DANS UN CIRCUIT

6. 1. Conventions

Le dipôle D_1 est un générateur qui alimente le dipôle récepteur D_2 .

Pour ce dipôle générateur, « la flèche tension » et la « flèche courant » sont **de même sens** : c'est la **convention générateur**.

Pour le dipôle D_2 , « la flèche tension » et la « flèche courant » sont **de sens opposés** : c'est la **convention récepteur**.

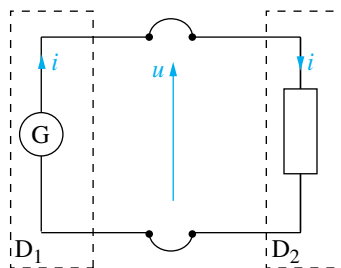


Figure 1.20. Puissances mises en jeu dans un circuit

6. 2. Puissance

À chaque instant, la puissance P fournie par le générateur D_1 au récepteur D_2 s'écrit :

$$P = ui$$

i en ampères (A)

u en volts (V)

P en watts (W)

En courant continu, $u = \text{Cte} = U$ et $i = \text{Cte} = I$. Par conséquent :

$$P = UI$$

Avec la convention générateur :

- si $ui > 0$, le dipôle est générateur ;
- si $ui < 0$, le dipôle est récepteur.

Avec la convention récepteur :

- si $ui > 0$, le dipôle est récepteur ;
- si $ui < 0$, le dipôle est générateur.

La puissance peut se mesurer avec un wattmètre (fig. 1.21) ou avec une pince multifonction (fig. 1.22) sélecteur en position wattmètre.



Figure 1.21. Wattmètre MW 95



Figure 1.22. Pince Metrix multifonction MX 210

APPLICATION

Le générateur G de la figure 1.13 débite un courant d'intensité $i_G = 0,8$ A. On a mesuré $u_{PQ} = 12,0$ V. Quelle puissance P_0 est reçue par les éléments P_1 , R et P_2 ?

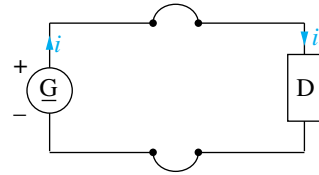
Solution

Vu de P et Q, l'ensemble (P_1 , R, P_2) forme un dipôle PQ soumis à la tension $u_{PQ} = 12,0$ V et traversé par un courant d'intensité $i_G = 0,8$ A. Il reçoit la puissance $P_0 = u_{PQ}i_G$, soit $P_0 = (12 \times 0,8)$ W $\Rightarrow P_0 = 9,6$ W.

L'essentiel

- **Sens conventionnel du courant**

Le courant sort du pôle positif du générateur, rentre par son pôle négatif.



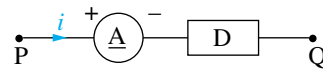
- **Intensité du courant électrique - Mesure**

Définition générale : $i = \frac{dq}{dt}$ i en ampères
 dq en coulombs
 dt en secondes.

Si i est constant :

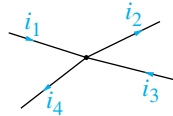
$$i = I = \frac{q}{t}$$

La mesure de l'intensité du courant dans un dipôle, s'effectue avec un ampèremètre placé en série avec ce dipôle.



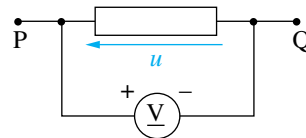
- **Loi des nœuds**

$$i_1 + i_3 = i_2 + i_4$$

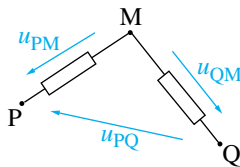


- **Tension ou différence de potentiel (ddp)**

Elle se mesure avec un voltmètre : $u = u_{PQ}$

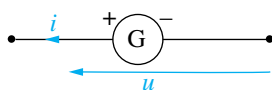


- **Loi des branches**

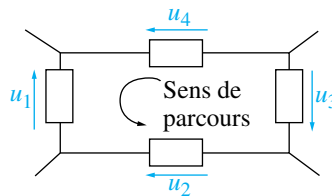


$$u_{PQ} = u_{PM} - u_{QM}$$

- **Convention générateur**

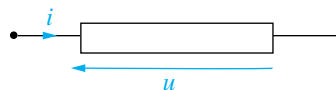


- **Loi des mailles**



$$u_1 + u_2 + u_3 - u_4 = 0$$

- **Convention récepteur**



- **Puissance fournie ou reçue par un dipôle**

$$P = ui \quad u \text{ en volts ; } i \text{ en ampères ; } P \text{ en watts.}$$

Contrôle des connaissances

Cocher la (les) bonne(s) réponse(s)

1.1 Pour le nœud A (fig. 1.23), on donne : $i_1 = 5$ A et $i_2 = 4$ A. Déterminer i_3 .

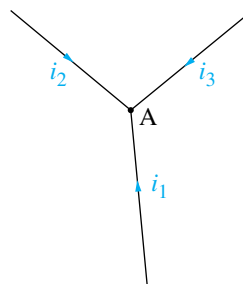


Figure 1.23

- 9 A - 1 A 1 A 9 A

1.2 L'ampèremètre de la figure 1.24 indique - 4,0 A.

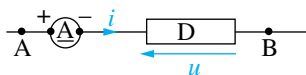


Figure 1.24

Le courant circule :

- de A vers B
 de B vers A
 pour répondre il faut connaître la nature du dipôle D, générateur ou récepteur
 on ne peut pas se prononcer

1.3 L'ampèremètre A_1 indique - 4,0 A ; A_2 indique 6,0 A (fig. 1.25). Quelle est l'indication de A_3 ?

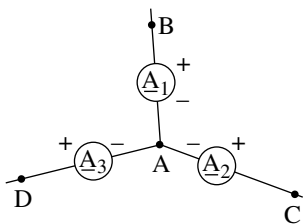


Figure 1.25

- 10,0 A - 2,0 A
 2,0 A 10,0 A

1.4 Pour le schéma de la figure 1.26 on peut écrire :

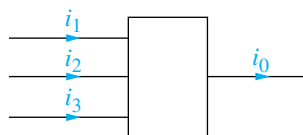


Figure 1.26

- $i_1 + i_2 + i_3 = i_0$
 $i_1 + i_2 + i_3 + i_0 = 0$
 $i_1 + i_2 + i_3 = -i_0$
 la loi des nœuds ne s'applique pas.

1.5 On mesure (fig. 1.27) : $u_1 = 10,0$ V et $u = 30,0$ V. Quelle est la valeur de la tension u_2 ?

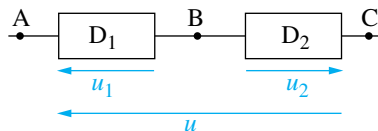


Figure 1.27

- 40,0 V - 20,0 V
 20,0 V 40,0 V

1.6 Le voltmètre V_1 indique 10,0 V, V_2 indique 40,0 V (fig 1.28). Quelle est la valeur de la tension u ?

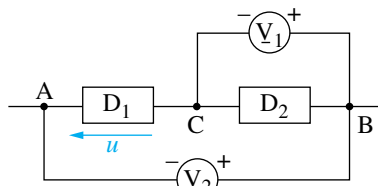


Figure 1.28

- 50,0 V - 30,0 V
 30,0 V 50,0 V

1.7 Pour le schéma de la figure 1.29 la loi des mailles s'écrit :

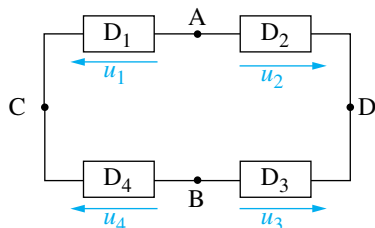


Figure 1.29

- $u_1 - u_2 + u_3 - u_4 = 0$
- $u_1 + u_4 - u_2 - u_3 = 0$
- $-u_3 + u_2 - u_1 + u_4 = 0$
- $u_1 - u_2 + u_4 - u_3 = 0$

1.8 On a mesuré, figure 1.30, $i = 5,0$ A et $u = -24,0$ V.

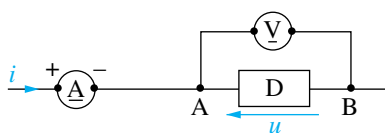


Figure 1.30

- le dipôle D est un générateur
- le dipôle D est un récepteur

la borne + du voltmètre (numérique) est branchée en A

la borne + du voltmètre est branchée en B.

1.9 Un moteur soumis à la tension $u = 240$ V reçoit une puissance $P = 1,2$ kW. Quelle est l'intensité i du courant qui le traverse ?

- 0,05 A 5,0 A
- 200 A 288 A

1.10 Deux batteries d'accumulateurs G_1 et G_2 sont associées en série (fig. 1.31). On mesure : $u_1 = 12,0$ V et $u_2 = 24,0$ V. Quelle est la quantité d'électricité reçue en 10 heures par G_2 sachant que, pendant ce même temps, G_1 a reçu 120 Ah ?

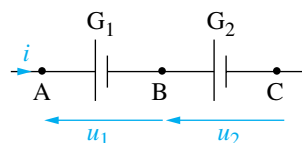


Figure 1.31

60 Ah 120 Ah 240 Ah

cela dépend de la nature de G_2 .

Exercice résolu

1.11 Pour le montage de la figure 1.32 on donne :

$u = 24,0$ V ; $u_1 = 9,0$ V ; $u_3 = 5,0$ V ;
 $i_1 = 5,0$ A et $i_3 = 3,0$ A.

1° Calculer i_2 .

2° Déterminer les tensions u_2 et u_{AD} .

3° Quelle est la puissance P_G fournie par le générateur G ?

4° Quelle puissance est reçue par le dipôle D_4 ?

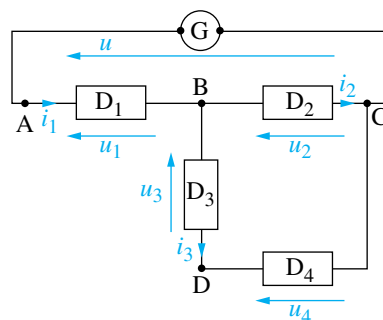


Figure 1.32

Solution

1° Intensité i_2 .

Au point B la loi des nœuds s'écrit :

$$i_1 = i_2 + i_3 \text{ qui donne : } \boxed{i_2 = i_1 - i_3}$$

soit : $i_2 = (5 - 3) \text{ A} \Rightarrow i_2 = 2,0 \text{ A}$

2° Tensions u_2 et u_{AD} .

• La loi d'additivité des tensions appliquée entre A et C s'écrit : $u = u_1 + u_2$,

d'où : $\boxed{u_2 = u - u_1}$

soit : $u_2 = (24 - 9) \text{ V} \Rightarrow u_2 = 15,0 \text{ V}$

• On peut écrire : $u_1 + u_3 - u_{AD} = 0$.

On en déduit : $\boxed{u_{AD} = u_1 + u_3}$

soit : $u_{AD} = (9 + 5) \text{ V} \Rightarrow u_{AD} = 14,0 \text{ V}$.

3° Puissance P_G .

Le générateur G fournit la puissance :

$$\boxed{P_G = u i_1}$$

soit : $P_G = (24 \times 5) \text{ W} \Rightarrow P_G = 120 \text{ W}$.

4° Puissance P_4 reçue par le dipôle D_4 .

• Appliquons la loi des mailles à B, D, C, B : $u_3 + u_4 - u_2 = 0$, qui donne :

$$\boxed{u_4 = u_2 - u_3}$$

soit : $u_4 = (15 - 5) \text{ V} \Rightarrow u_4 = 10,0 \text{ V}$.

• Avec la convention récepteur, le dipôle D_4 reçoit la puissance :

$$\boxed{P_4 = u_4 i_3}$$

soit : $P_4 = (10 \times 3) \text{ W} \Rightarrow P_4 = 30,0 \text{ W}$.

Exercice avec résultats

1.12 Dans le montage de la figure 1.33 on a mesuré : $u = 120 \text{ V}$; $u_1 = 6 \text{ V}$; $u_2 = 24 \text{ V}$ et $u_3 = 30 \text{ V}$.

1° Déterminer les tensions u_5 , u_6 et u_4 .

2° Calculer les intensités i_2 , i_3 , i_4 sachant que $i_1 = 5,0 \text{ A}$, $i_5 = 3,0 \text{ A}$ et $i_6 = 0,5 \text{ A}$.

3° Quelle est la puissance P_G fournie par le générateur G ?

• $i_3 = i_4 + i_4$;
 $i_4 = 0,75 \text{ A}$.

3° $P_G = u i_1$;
 $P_G = (120 \times 5) \text{ W}$;
 $P_G = 600 \text{ W}$.

Résultats

1° • $u = u_1 + u_5$;
 $u_5 = (120 - 6) \text{ V}$;
 $u_5 = 114 \text{ V}$.

• $u_5 = u_2 + u_6$;
 $u_6 = (114 - 24) \text{ V}$;
 $u_6 = 90 \text{ V}$.

• $u_6 = u_3 + u_4$;
 $u_4 = (90 - 30) \text{ V}$;
 $u_4 = 60 \text{ V}$.

2° • $i_1 = i_2 + i_5$;
 $i_2 = (5 - 3) \text{ A}$;
 $i_2 = 2,0 \text{ A}$.

• $i_2 = i_3 + i_6$;
 $i_3 = (2 - 0,5) \text{ A}$;
 $i_3 = 1,5 \text{ A}$.

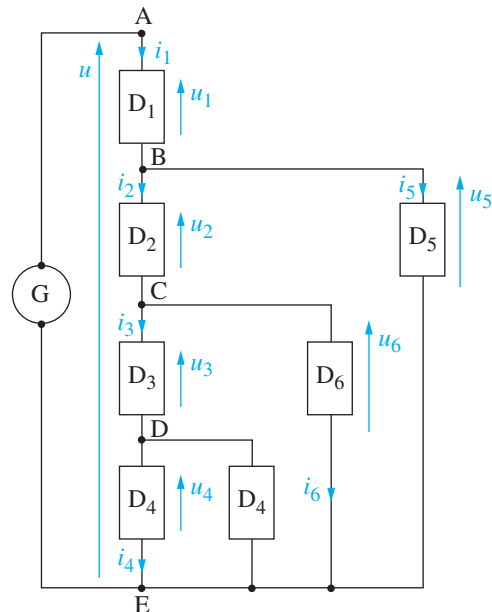


Figure 1.33

Exercices à résoudre

1.13 Les indications données par les ampèremètres numériques de la figure 1.34 sont les suivantes : pour A_1 : $-5,0$ A ; pour A_2 : $4,0$ A et pour A_3 : $-6,0$ A.

1° Dessiner le sens réel des courants d'intensités i_1 , i_2 et i_3 .

2° Quelle est l'indication de l'ampèremètre A_4 ?

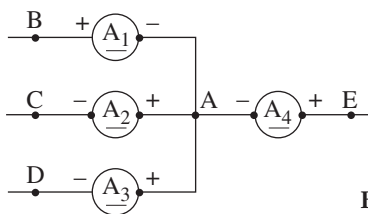


Figure 1.34

1.14 Pour le montage de la figure 1.35 les indications des voltmètres numériques sont les suivantes : pour V_1 : $30,0$ V ; pour V_2 : $-15,0$ V.

1° Calculer la tension u .

2° En déduire les puissances fournies ou reçues par G , D_1 et D_2 sachant que $i = 3,0$ A.

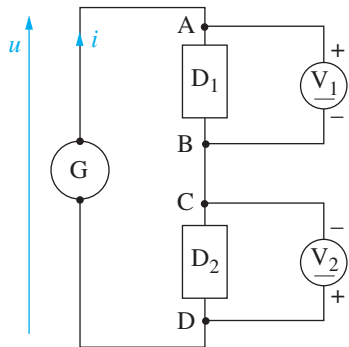


Figure 1.35

1.15 Avec le montage de la figure 1.36 on a mesuré : $u_{G_1} = 24,0$ V ; $u_{G_2} = 10,0$ V et $u_2 = 16,0$ V.

1° Déterminer les valeurs des tensions u_1 et u_3 .

2° Le générateur G_1 fournit la puissance $P_{G_1} = 9,6$ W. En déduire la valeur de i_1 .

3° Calculer l'intensité i_2 sachant que l'on a mesuré $i_3 = -0,1$ A.

4° G_2 fonctionne-t-il en générateur ou en récepteur ? Calculer la puissance P_{G_2} fournie par G_2 .

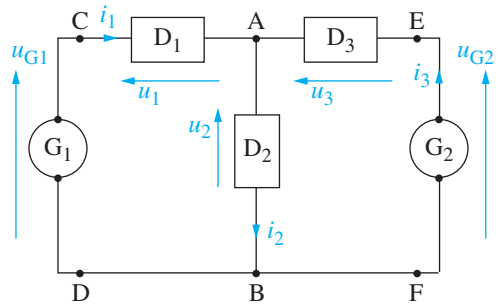


Figure 1.36

1.16 Un générateur G , délivrant à ses bornes une tension $u = 240$ V, fournit une puissance $P_1 = 12,0$ kW à un moteur M_1 .

1° Dessiner le montage en plaçant les appareils permettant de mesurer la tension u aux bornes du moteur et l'intensité i_1 du courant qui le traverse. Les appareils dont la nature doit être précisée seront supposés parfaits.

2° Calculer i_1 .

3° On ajoute en parallèle avec le moteur M_1 un deuxième moteur M_2 qui demande une puissance $P_2 = 6,0$ kW. Calculer l'intensité i du courant délivré par le générateur. On a toujours $u = 240$ V.

1.17 On se propose de recharger une batterie d'accumulateurs dont la tension entre ses bornes, de valeur $u = 12,0$ V, est supposée constante.

Pour cela, pendant une durée $t = 1$ h 15 min, elle est traversée par un courant d'intensité $i = 1,2$ A.

1° Dessiner un schéma sur lequel seront placées les flèches correspondant aux grandeurs positives de u et de i indiquées dans l'énoncé.

2° Quelle est la puissance P fournie à la batterie d'accumulateurs ?

3° Calculer la quantité d'électricité Q reçue par la batterie d'accumulateurs.