

1

Les sources autonomes

Les sources autonomes de production d'énergie sont celles qui permettent d'alimenter un appareil électrique en l'absence du réseau de distribution d'énergie électrique. Il ne faut pas les confondre avec les énergies renouvelables, qui ont pour origine l'eau (énergie des vagues, des marées, géothermie), le vent (énergie éolienne), le soleil (énergie solaire), la biomasse. Des éoliennes et des capteurs solaires embarqués sur des bateaux constituent des sources autonomes d'énergie renouvelable.

1 Éoliennes

Les éoliennes sont les descendantes des moulins à vent, qui ont été remplacés par les machines à vapeur.

1.1. Principe

L'énergie du vent est captée par les pales d'hélices qui forment un rotor. Ce rotor entraîne un générateur d'électricité par l'intermédiaire d'un multiplicateur de vitesse (fig. 1). On les appelle aussi des aérogénérateurs. La puissance d'un aérogénérateur idéal (fig. 2) est donnée par la relation :

$$P = 0,37 \times S \times V^3$$

S = surface balayée par les pales en m².

V = vitesse du vent en m/s.

P = puissance de l'aérogénérateur en watts.

1.2. Caractéristiques

Le parc éolien de Donzère comporte cinq aérogénérateurs d'une puissance unitaire de 600 kW.

a) Caractéristiques principales

– Puissance nominale : 600 kW.

– Vitesse nominale du vent : 13 m/s (47 km/h), mini : 3 m/s (11 km/h), maxi : 25 m/s (90 km/h).

b) Rotor

– 3 pales ; axe horizontal ; diamètre 43 m ; surface balayée 1 456 m² ; vitesse de rotation 27 à 18 tr/min.

c) Génératrice

– Puissance de 125 à 600 kW ; type asynchrone ; vitesse de synchronisme 1 500/1 000 tr/min ; multiplicateur de vitesse 1 : 55,8.

d) Autres caractéristiques

– Commande asservie par ordinateur, couplage au réseau par thyristors.
– Poids total 84,5 t ; hauteur du mât 50 m ; poids du mât 49 t.

NIVEAU D'EXIGENCE

– Énoncer le principe de fonctionnement des sources d'énergie électriques autonomes.

SAVOIR S1-1

– Production.
Sources de production autonomes.

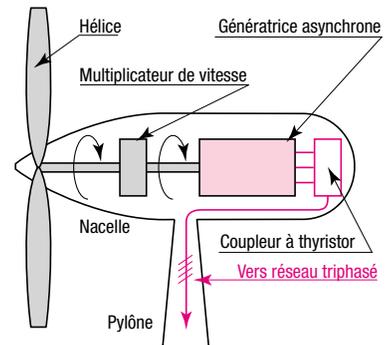


Fig. 1 : Constitution d'un aérogénérateur.

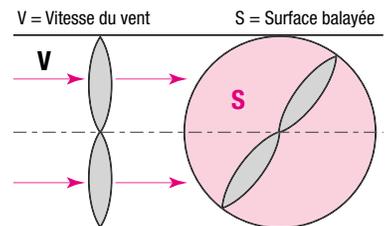


Fig. 2 : Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur.



Fig. 3 : Éoliennes.

2 Groupes de secours thermiques

2.1. Principe

Un groupe de secours thermique est basé sur la transformation de l'énergie thermique produite par un moteur diesel, à essence ou à gaz, qui entraîne un générateur électrique (alternateur monophasé ou triphasé) (fig. 4).

2.2. Caractéristiques

La puissance du groupe de secours est fonction des récepteurs à alimenter simultanément. On doit tenir compte aussi des courants de démarrage des appareils (moteurs, tubes fluorescents).

Ces groupes de secours thermiques sont appelés aussi groupes électrogènes. Ils sont utilisés soit en cas de coupure de courant (fig. 5) (hôpitaux, entreprises), soit comme alimentation principale en l'absence de réseau (chantier, marchés...).

On distingue les groupes portables de 0,5 à 10 kW (fig. 6), des groupes fixes de 10 à 500 kW.

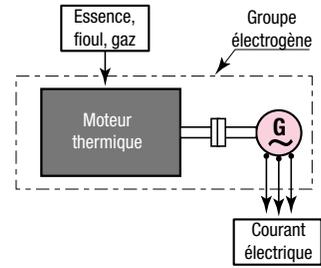


Fig. 4 : Structure d'un groupe de secours thermique.

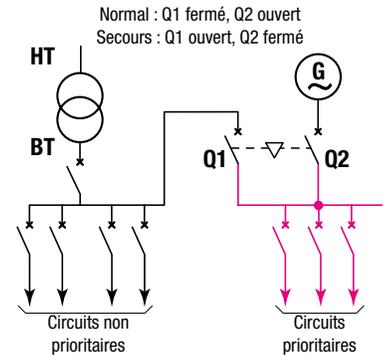


Fig. 5 : Branchement d'un groupe électrogène.

En savoir plus...

Consulter le site internet www.sdmo.com

3 Accumulateurs et piles

3.1. Les piles électriques

a) Principe de fonctionnement

On obtient un générateur électrochimique en plongeant deux électrodes de natures différentes dans un électrolyte. L'ensemble constitue une pile électrique, dont la tension dépend de la nature des électrodes et de l'électrolyte.

b) Caractéristiques

Les piles électriques sont caractérisées par leur tension (1,5 V – 4,5 V) et par leur capacité. Leurs formes dépendent de la tension et de la capacité.

c) Les différentes piles

La **pile Leclanché** (fig. 7) est la pile la plus ancienne et aussi la plus couramment utilisée :

- l'électrode négative est en zinc, elle constitue l'enveloppe extérieure ;
- l'électrolyte est une solution de chlorure d'ammonium ;
- le dépolarisant est du bioxyde de manganèse ;
- l'électrode positive est constituée de charbon.

Avec la **pile alcaline**, par une amélioration des matériaux, on a augmenté le rendement de la pile Leclanché (fig. 8). Les dimensions des piles sont données au **tableau 1**.

La capacité en énergie de la **pile au mercure** est supérieure aux piles précédentes, mais son prix est aussi beaucoup plus élevé. Elle se compose (fig. 9) d'une électrode négative à base de zinc et d'une électrode positive constituée d'oxyde de mercure en poudre. L'électrolyte est une solution à base de potasse (KOH) avec du zincate de potassium ($ZnOK_2$). L'ensemble est encapsulé entre un boîtier et un couvercle avec un joint d'étanchéité.

3.2. Les accumulateurs

Les accumulateurs permettent d'avoir une source d'énergie électrique autonome. Ce sont des réservoirs d'électricité qui se vident (décharge) et que l'on peut remplir (charge). Chaque année, cent millions de batteries d'accumulateurs sont fabriquées dans le monde, principalement pour l'automobile.

a) Principe et constitution

Un accumulateur est un appareil électrique capable de stocker de l'énergie électrique sous forme électrochimique et de restituer cette énergie sous une tension relativement constante.



Fig. 6 : Groupe portable monophasé (Document SDMO Industries - HX 3000).

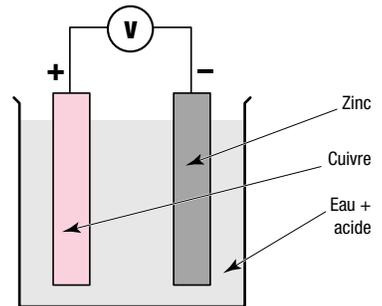


Fig. 7 : Principe de la pile Leclanché.

Tableau 1

Dimensions des piles 1,5 V			
Symbole	Diamètre	Longueur	
R6	14,5	50,5	
R14	26,2	50	
R20	34,2	61,5	
Piles rectangulaires 4,5 V et 9 V			
Symbole	Largeur	Haut.	Épaisseur
3R2 (4,5V)	62	67	22
6F22 (9 V)	27	48	16

Pendant la charge de l'accumulateur, le courant circule à l'intérieur du plus vers le moins ; pendant la décharge, le courant circule en sens inverse (fig. 10).

b) Différents types d'accumulateurs

L'électrode positive de l'**accumulateur plomb acide** (fig. 11) est de l'oxyde de mercure en poudre. Deux électrodes à base de plomb sont plongées dans un bac isolant contenant un électrolyte (eau + acide sulfurique). La tension d'un élément est de 2 V.

L'**accumulateur au nickel cadmium** comporte une plaque positive à base de nickel frité et une plaque négative à base de fer et de cadmium. L'électrolyte est constitué par une solution de potasse (KOH).

La tension des éléments est de $1,2\text{ V} \pm 0,3\text{ V}$.

L'**accumulateur au nickel-hydrure métallique** (ou NiMH) possède une capacité accrue et n'est pas perturbé par l'effet de mémoire.

L'**accumulateur au ion-lithium** était initialement une pile, dont on a fini par mettre au point une variante rechargeable. Sa capacité est trois fois supérieure à celle de l'accumulateur au plomb, mais il ne supporte pas les surcharges (qui peuvent provoquer des explosions).

c) Caractéristiques

La **tension** d'un élément dépend de la nature des électrodes et de l'électrolyte utilisé.

La **capacité** est la quantité d'électricité qu'un accumulateur peut restituer lorsqu'il est déchargé, pendant une heure, 5 heures ou 20 heures. Elle est désignée en ampèreheure. Une batterie de 40 Ah est capable de débiter 2 ampères pendant 20 heures.

L'**énergie massique** est le nombre de wattheures par kg que peut accumuler une batterie.

Le **nombre de cycles charge/décharge** est très important pour la rentabilité des batteries qui fonctionnent en charge/décharge :

- de 500 à 1 500 cycles pour les batteries de traction au plomb ;

- de 2 000 à 4 000 cycles pour les batteries nickel-cadmium.

L'accumulateur est utilisé en charge et décharge : démarrage, voiture électrique, matériel portable (ordinateur, caméscope, perceuse, lampe électrique, poste de radio, jouets...).

3.3. Les piles rechargeables

On désigne sous le nom de piles rechargeables des accumulateurs au nickel cadmium ou NiMH (fig. 12) qui ont les mêmes dimensions que les piles R6, R14 ou R20, mais qui ont une tension de 1,2 V au lieu de 1,5 V. Ainsi, pour une tension de 6 V, il faut quatre piles de 1,5 V alors qu'il faudrait 5 batteries de 1,2 V !

En savoir plus...

Consulter le site www.fr.varta.com

4 Alimentation secourue

On l'appelle aussi alimentation sans interruption (ASI). Dans les systèmes avec groupes électrogènes, le passage de la source normale à la source de secours ou de remplacement n'est pas instantané, il peut durer de quelques secondes à plusieurs minutes ce qui, dans le cas d'équipements informatiques, peut provoquer des dégâts. On emploie alors une alimentation secourue ou sans coupure.

4.1. Principe

L'alimentation sans interruption est composée d'une chaîne : Redresseur / Chargeur / Onduleur, et d'une batterie d'accumulateurs (fig. 13).

- Le **redresseur/chargeur** redresse la tension du réseau de distribution, afin de maintenir la batterie chargée.

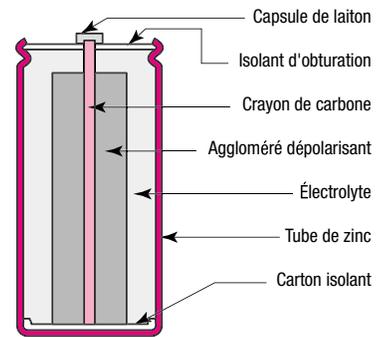


Fig. 8 : Élément de pile alcaline.

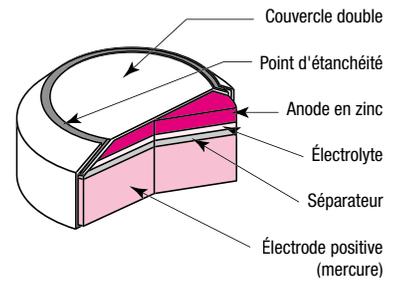


Fig. 9 : Pile au mercure en « pastille ».

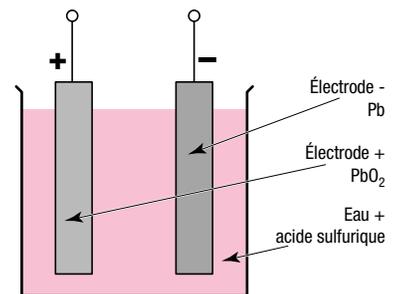


Fig. 10 : Principe d'un accumulateur plomb-acide.

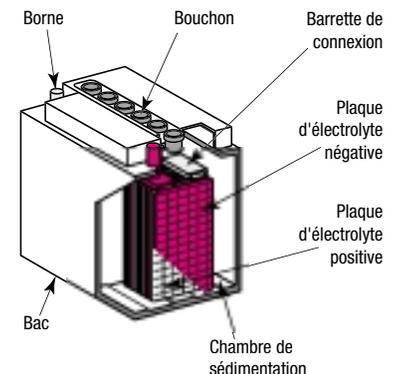


Fig. 11 : Accumulateur au plomb 12 V.



Fig. 12 : Piles rechargeables.

– L'**onduleur** restitue une tension alternative parfaite, à partir de l'énergie stockée dans la batterie.

4.2. Caractéristiques des alimentations sans coupure

- La **puissance**, déterminée à partir des maxima de puissance demandés.
- Les **tensions** amont et aval de l'onduleur.
- La **durée d'autonomie** souhaitée.

Remarque pour l'habilitation : la présence d'une alimentation sans interruption dans une installation ou un équipement a pour effet qu'une tension reste présente en cas de coupure du réseau. Le chargé d'intervention doit en tenir compte pour les opérations de consignation.

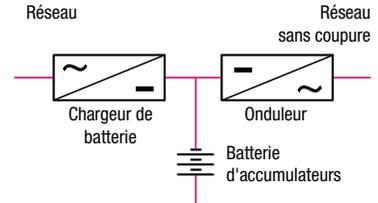


Fig. 13 : Principe d'une alimentation sans coupure ou sans interruption (ASI).

5 Capteurs solaires

Chaque mètre carré de notre territoire reçoit une énergie moyenne de 1 500 kWh par an, mais cette énergie est très diluée. Il faudrait 60 km², soit la surface de Paris, pour obtenir une puissance équivalente à une centrale nucléaire de 1 000 mégawatts.

Pour convertir l'énergie solaire, on peut employer :

- des cellules photovoltaïques à base de cellules multi-cristallines de silicium (fig. 14). C'est la source d'énergie des satellites ;
- des miroirs pour concentrer le rayonnement solaire et faire chauffer de l'eau sous pression à 300 °C (utilisation expérimentale dans des zones très ensoleillées).

Les cellules photoélectriques ou photovoltaïques sont basées sur l'action de la lumière sur une jonction de deux semi-conducteurs, l'une servant de support (silicium de type P), l'autre très mince et transparente (silicium de type N) (fig. 15). Une différence de potentiel apparaît lorsque la jonction reçoit de la lumière (photons).

Le courant électrique continu obtenu est stocké dans une batterie d'accumulateur. Les récepteurs sont alimentés soit par la batterie, soit par un onduleur qui transforme le 12 V en 230 courant alternatif.

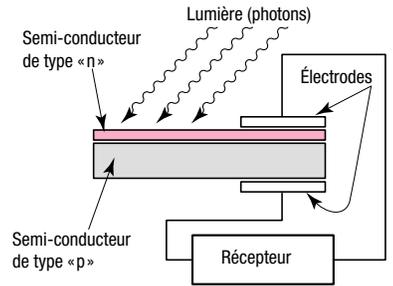


Fig. 14 : Cellule photovoltaïque ou photopile.



Fig. 15 : Module photovoltaïque (Module Photowatt International).

En savoir plus...

Consulter le site www.photowatt.com

6 Piles à combustible

Les piles à combustible sont des générateurs qui permettent d'obtenir de l'énergie électrique à partir de l'énergie chimique de **combustibles** (hydrogène, méthanol ou hydrazine) et de **comburants** (oxygène ou air). Dans ces générateurs, l'énergie chimique est transformée directement en énergie électrique et le résidu est de l'eau.

Une pile à combustible qui utilise l'hydrogène et l'oxygène comprend deux électrodes poreuses A et B entre lesquelles se trouve un électrolyte liquide (solution de potasse) (fig. 16). Chaque électrode est reliée à une canalisation par laquelle arrive le gaz, l'électrode positive reçoit l'oxygène, l'électrode négative l'hydrogène. La réaction chimique est celle de l'eau (la pile produit de l'eau) et du courant électrique. Ce type de générateur nécessite beaucoup d'hydrogène qu'il faut stocker à très basse température, ou produire à partir d'hydrocarbure (pétrole). Ces piles sont utilisées dans les satellites.

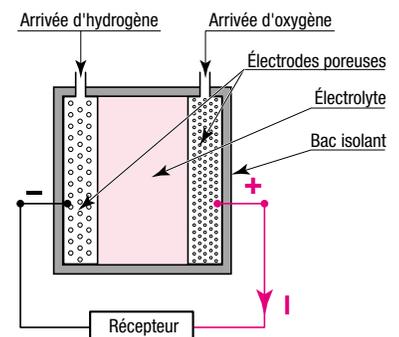


Fig. 16 : Principe d'une pile à combustible.

En savoir plus...

Consulter le site www.annso.freeurf.fr

L'essentiel

- Le principe de fonctionnement des **éoliennes** est basé sur l'énergie du vent qui est captée par les pales d'hélices formant le rotor. Ce rotor entraîne un générateur d'électricité par l'intermédiaire d'un multiplicateur de vitesse. On les appelle aussi des aérogénérateurs.
- Un **groupe de secours thermique** est basé sur la transformation de l'énergie thermique produite par un moteur diesel, à essence ou à gaz, qui entraîne un générateur électrique (alternateur monophasé ou triphasé).
- On obtient une **pile électrique** en plongeant deux électrodes de natures différentes dans un électrolyte. La tension de ce générateur dépend de la nature des électrodes et de l'électrolyte. Un **accumulateur** est capable de stocker de l'énergie électrique (charge) et de restituer cette énergie sous une tension relativement constante (décharge).
- Une **alimentation secourue**, ou alimentation sans interruption, est composée d'une chaîne qui permet d'éviter toute coupure de courant. Elle utilise l'énergie accumulée dans une batterie d'accumulateur.
- Les **capteurs solaires** ou cellules photoélectriques sont basés sur l'action de la lumière sur une jonction de deux semi-conducteurs. Une différence de potentiel apparaît lorsque la jonction reçoit de la lumière (photons).
- Les **piles à combustible** sont des générateurs qui permettent d'obtenir de l'énergie électrique à partir de l'énergie chimique de combustibles (hydrogène, méthanol ou hydrazine) et de comburants (oxygène ou air). Dans ces générateurs, l'énergie chimique est transformée directement en énergie électrique et le résidu est de l'eau.



VRAI OU FAUX ?

Parmi les informations suivantes, indiquez celles qui sont vraies.

1. L'énergie captée par une éolienne dépend de la vitesse du vent.
2. L'énergie captée par une éolienne dépend de la surface balayée par les pales au carré.
3. L'hélice entraîne le générateur électrique par l'intermédiaire d'un réducteur de vitesse.
4. C'est le générateur d'électricité qui tourne le moins vite.
5. Un groupe de secours thermique est un poêle à bois.
6. Le groupe de secours comporte un alternateur mono ou triphasé.
7. La puissance d'un groupe de secours thermique est indépendante des récepteurs à alimenter.
8. Un groupe de secours permet d'alimenter des appareils électriques en l'absence du réseau.
9. Dans une pile électrique, il y a toujours du mercure.
10. Les deux électrodes d'une pile sont faites dans le même matériau.
11. La tension aux bornes d'un élément de pile alcaline est de 1,2 V.
12. La pile au mercure comporte un électrolyte à base de potasse.
13. L'élément d'accumulateur au plomb a une tension moyenne de 1,5 V.
14. L'élément d'accumulateur au nickel-Cd a une tension de 1,2 V.
15. La durée de vie d'un accumulateur s'exprime en nombre de cycles décharge-recharge.
16. Une pile rechargeable est une pile alcaline que l'on peut recharger une fois.
17. Une alimentation secourue permet de continuer à alimenter un ordinateur alors qu'il y a une coupure de courant sur le réseau d'alimentation.
18. Un capteur solaire est composé de cellules photoélectriques.
19. Les cellules photoélectriques, quand elles sont éclairées, fournissent du courant alternatif.
20. Une pile à combustible fabrique de l'eau (H₂O) à partir d'hydrogène et d'oxygène.

RÉSOLUS

Exercices

1. Calculer le prix de revient d'un kWh fourni par une pile électrique de type R20 qui a une capacité de 4,8 Wh, en utilisation normale, et qui coûte 1 €.

Solution :

En utilisation normale (régime lent*), la pile R20 a une capacité de 4,8 Wh.

Le prix du wattheure est de :

$$\frac{1}{4,8} = 0,21 \text{ € le Wh,}$$

d'où un prix du kWh de :

$$0,21 \times 1\,000 = 210 \text{ € le kWh,}$$

au lieu de 0,0787 € le kWh EDF.

* Le régime lent correspond à une décharge en 12 heures.

2. Sachant que l'énergie fournie par une pile dépend de sa tension et du courant qu'elle peut débiter pendant un temps donné, on a :

$$W = U \times I \times t$$

W = énergie fournie en wattheures

U = tension moyenne en volts

I = courant de décharge en ampères

t = temps de décharge en heures

Calculer le courant débité par la pile R20 de l'exercice précédent.

Solution :

De la formule précédente, on tire :

$$I = \frac{W}{U \times t}$$

$$= \frac{4,8}{1,5 \times 12} = 0,27 \text{ A ou } 270 \text{ mA.}$$

Cette pile est donnée pour 300 mA.

3. Une batterie d'accumulateur de démarrage d'automobile de 40 Ah 12 V pèse 18 kg. Calculer son énergie massique.

Solution :

La batterie peut emmagasiner :

$$40 \times 12 = 480 \text{ Wh.}$$

Pour un poids de 18 kg, elle a une énergie massique de :

$$\frac{480}{18} = 26,6 \text{ Wh/kg.}$$

Exercices

À RÉSOUDRE

1. Calculez le prix de revient d'un kWh fourni par une pile électrique de 1,5 V - type R14, qui a une capacité de 4,8 Wh en utilisation normale et qui coûte 1 €.

2. Calculez le courant moyen débité par la pile R20 (1,5 V) de l'exercice précédent.

3. Une batterie d'accumulateur de traction électrique (Ni-Cd) de 130 Ah 12 V pèse 45 kg. Calculez son énergie massique.

4. Une batterie d'accumulateur 80 Ah débite un courant de 5 A. Combien de temps peut-elle fonctionner pour se décharger à 80 % ?

5. Sur la notice d'une pile électrique, on lit : « Pile R6 ou AA ; régime lent ; durée moyenne de décharge 216 h. Décharge sur une résistance de 300 ohms, à raison de 12 h par jour, jusqu'à une tension de 0,9 V ».

a) Calculez le courant débité en début d'essai sous 1,5 V, et le courant débité en fin d'essai, sous 0,9 V.

b) Calculez la quantité d'énergie débitée par cette pile

(on prendra la moyenne des deux courants calculés précédemment).

6. Sur la notice d'une pile électrique on lit : « Pile R6 ou AA ; régime rapide, durée moyenne de décharge 4 h. Décharge sur une résistance de 10 ohms, à raison de 1 h par jour, jusqu'à une tension de 0,9 V ».

a) Calculez le courant débité en début d'essai sous 1,5 V, et le courant débité en fin d'essai, sous 0,9 V.

b) Calculez la quantité d'énergie débitée par cette pile (on prendra la moyenne des deux courants calculés précédemment).

7. Vous décidez d'installer une éolienne présentant un diamètre des pales de 2 m. Calculez la puissance de cette éolienne pour une vitesse du vent de 6 km/h, et de 20 km/h.

8. On décide d'installer un groupe électrogène de 6 kW monophasé 230 V entraîné par un moteur essence qui consomme en moyenne 1,5 litre d'essence à l'heure. Calculez le prix de revient de 1 kWh (prix d'un litre d'essence 1,07 €).