

# Les Groupes électrogènes

FONCTION GLOBALE

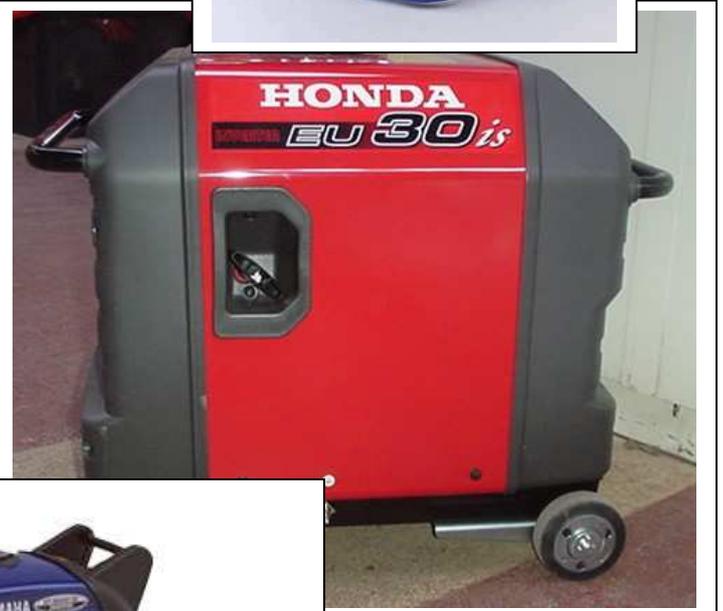
Contraintes : Energie, Tension, Fréquence, Réglages Système

ENERGIE MECANIQUE  
D'UN MOTEUR  
THERMIQUE

**PRODUIRE DU  
COURANT ELECTRIQUE  
EN TOUS LIEUX**

ENERGIE  
ELECTRIQUE DE  
LA GENERATRICE

SYSTEME DU GROUPE ELECTROGENE



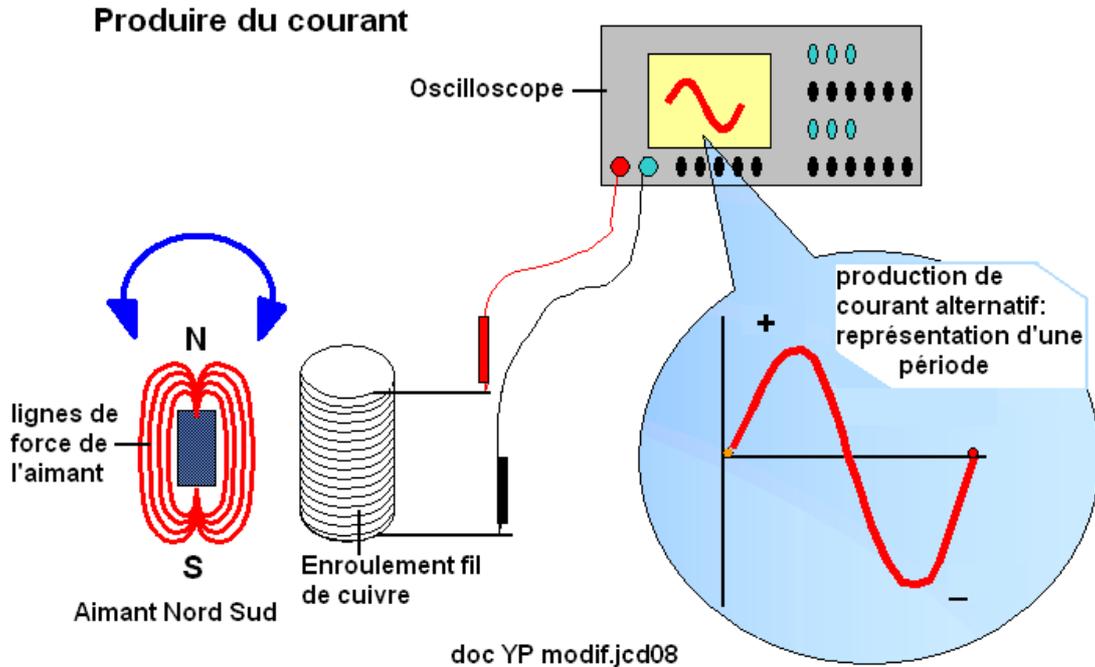
Dos. et photo groupes  
SDMO, HONDA,  
BRIGGS et  
STRATTON,  
YAMAHA, JCDebatty  
LPJP Combs la Ville

## I- Comment produit-on du courant ?

« Un groupe électrogène produit de l'électricité » en accouplant un moteur généralement thermique et un alternateur appelé aussi génératrice.

**Rappel des bases électriques :** un simple aimant Nord Sud (inducteur) tournant autour (ou alternativement) d'un enroulement de fil de cuivre (bobine), suffit à produire un courant que l'on peut visualiser sur un oscilloscope. On visualise ainsi une alternance ou période (rotation de l'inducteur sur  $360^\circ$ ).

Le « courant domestique » utilisé en France (et en Europe) a une tension de 220 Volt sous 50 périodes par seconde on dit 50 Hz (hertz) \*



## II- Qu'est-ce qu'un alternateur ?

Comme le montre le schéma ci-contre il suffit de mettre un aimant en « fer à cheval » en rotation autour de la bobine ou enroulement pour produire « un courant alternatif de base ». L'aimant devient le rotor, la bobine le stator.

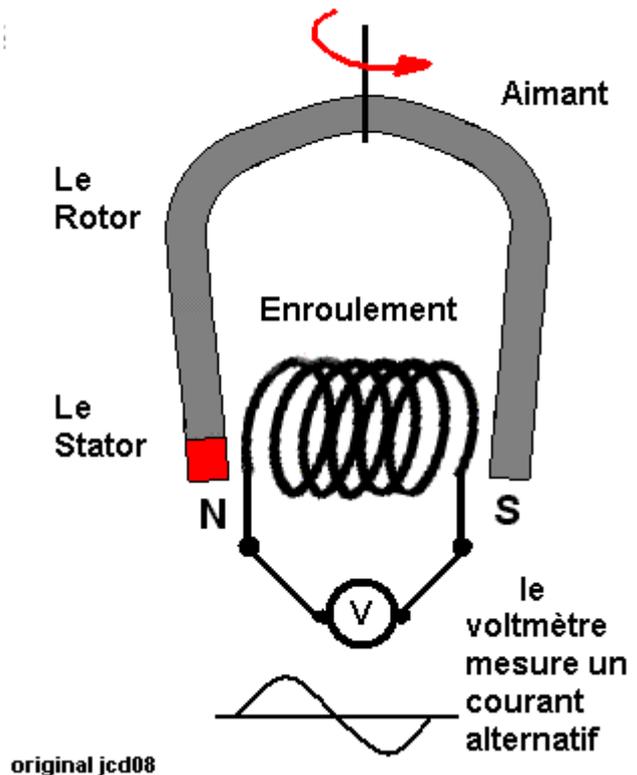
Cet alternateur est généralement à autoexcitation et à champs magnétiques tournants (pratiquement peu avec balais). Le courant de sortie doit être régulé pour correspondre le plus possible à 220 volts en 50 Hz.

Pour obtenir la stabilité du courant, la régulation classique est gérée soit par condensateurs soit par des systèmes électroniques comme l'AVR (Honda) L'arrivée massive de l'électronique dans la vie de tous les jours a poussé les constructeurs vers des nouveaux groupes électrogènes « à système inverter)\*\* donc capable de fabriquer un courant très stable et approprié au besoin instantané des appareils électroniques.

\*Dans le monde certains pays sont à des voltages et fréquences différentes : ex. USA 110/220/60hz.

\*\*développé plus loin dans ce dossier

### Schématique d'un Alternateur



### III- Les groupes électrogènes domestiques et semi-industriels.

Il faut les distinguer des gros groupes industriels, capables de produire des quantités de courant pour alimenter une usine, un hôpital, une petite ville... et les groupes domestiques ou semi-industriels.

#### a)- Généralités de fonctionnement d'un groupe électrogène

Les groupes sont donc constitués d'un moteur thermique 2T, 4T, essence ou diesel qui entraîne une génératrice. Les plus petits peuvent délivrer une puissance de moins de 1 kw/h (quelques moteurs 2T). Dès que l'on atteint 4 à 5 Kw/h on ne trouve plus que des moteurs diesels.

Le rapport de puissance  $\frac{\text{MOTEUR}}{\text{GÉNÉRATRICE}}$  devrait être de  $\frac{2}{1}$  pour avoir «un bon groupe électrogène»\*

\* c'est à dire un groupe capable de fournir sa puissance électrique annoncée !

On peut dire que pour produire 1 Kw/h de courant il faut un moteur thermique de 2 Kw ou 2,7 cv.

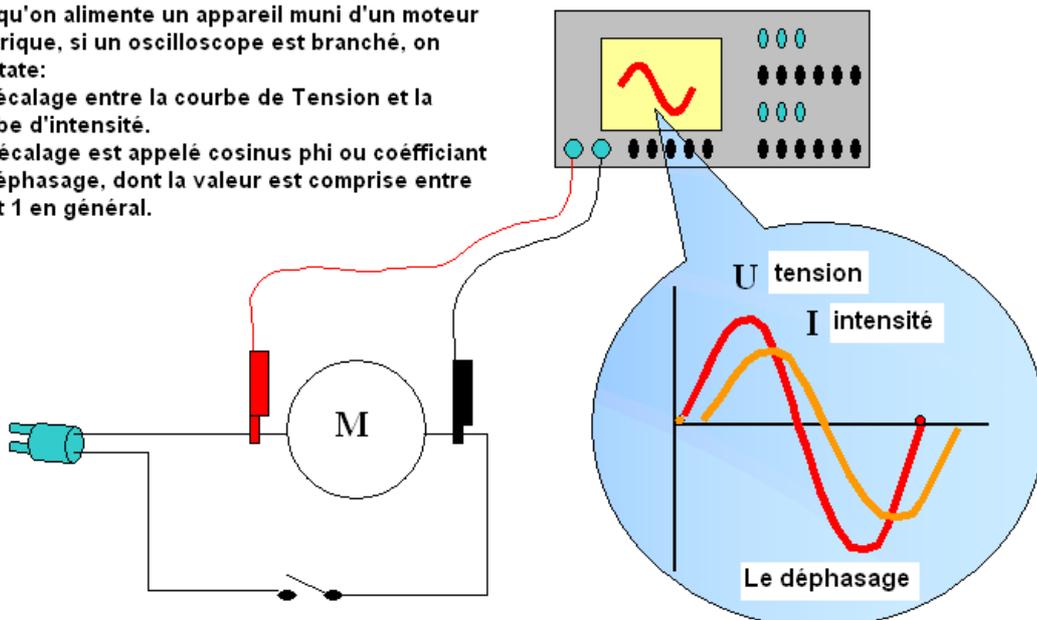
Ce principe permet :

- D'avoir une réserve de couple au niveau du moteur thermique.
- D'assurer le démarrage d'un appareil électrique, qui peut être constitué, cas 1, que de résistances (chauffage, ampoules électriques etc), ou cas 2, constitué de bobines, condensateur (moteur, lampes fluorescentes etc).

Dans le premier cas, il n'y a pas de déphasage entre la tension (V) et l'intensité (A), le facteur de puissance est égal à 1.

Dans le deuxième cas il y a déphasage entre la tension et l'intensité, elles sont donc décalées\*\*\*, le facteur de puissance devient inférieur à 1.

Lorsqu'on alimente un appareil muni d'un moteur électrique, si un oscilloscope est branché, on constate : un décalage entre la courbe de Tension et la courbe d'intensité. Ce décalage est appelé cosinus phi ou coefficient de déphasage, dont la valeur est comprise entre 0,8 et 1 en général.



Doc YP modif.jcd08

Ceci signifie que **plus le facteur de puissance devient petit**, plus la différence entre la **puissance apparente (VA)** et la **puissance réelle (W)** devient importante.

On parle donc à ce moment de **Volt / Ampère**, la puissance nominale du groupe « devrait » alors être indiquée **en KVA** et non en KW !

\*\*\* ce coefficient ou cosinus phi, réduit la puissance du moteur. La puissance du moteur électrique à démarrer se définira donc ainsi :

$$P = U \times I \times \text{Cosinus phi} (\cos \varphi) \quad \text{où } P = W, \quad U = V, \quad I = A.$$

Le groupe électrogène devra fournir la puissance apparente, soit la puissance selon la formule  $P = U \times I$  car les pertes du moteur ne dépendent pas du groupe.

Si on dispose de la puissance du moteur à démarrer, il faut diviser celle-ci par le cosinus phi, pour connaître la puissance que devra fournir le groupe.

**Exemple :** Un moteur électrique de 2000W a un cosinus  $\varphi = 0,8$

La puissance nécessaire du groupe pour le démarrer sera de  $2000 : 0,8 = 2500 \text{ VA}$  !

## b)-La qualité du courant

Le courant produit est proche « du courant EDF », 220/380V sous **50 Hz/s** » (Hertz/seconde) mais avec quelques distorsions. Le courant devra donc être régulé.

Si une période correspond à un tour, à raison de 50 périodes par secondes, il faut que le moteur thermique qui entraîne la génératrice, tourne à une vitesse « stabilisée » d'environ 3000 Tr/minute.

**Calcul : 50 Hz/s x 60 s = 3000 Tr/mn.** (on tolère plus ou moins 100 tr).

**Rappel**, dans ces conditions, il ne faut pas « titiller » le régulateur du moteur, car la montée en tours du moteur provoque une montée en fréquence importante et peut avoir des conséquences graves :

- pour la génératrice qui peut « griller » par fonte des vernis isolants les fils des enroulements
- pour un appareil qui se trouverait branché à ce moment là et serait obligé de fonctionner sous une tension et fréquence trop élevée, détériorant ces circuits électriques.

On constate donc que lorsque le groupe électrogène doit alimenter un « moteur série », sa puissance électrique de sortie doit être de 1 à 1,5 la puissance du moteur à alimenter, mais quand le groupe doit alimenter « un moteur shunt », la puissance du groupe doit être de 2,5 à 5 fois supérieure à celle du groupe.

### Prenons l'exemple d'un congélateur.

Sa puissance indiquée 500 Watts, on constate qu'il a une consommation 5 fois plus élevée au démarrage (moteur + compresseur).

Donc ce congélateur demande au démarrage un courant de **500 X 5 = 2500 Watts**.

Si le groupe est sous dimensionné l'appareil ne démarre pas, il s'en suit une phase où l'appareil « grogne » en ne réussissant pas à prendre sa vitesse de rotation. Puis le moteur électrique chauffe, le groupe électrogène qui est en sur-charge, chauffe. Ces surcharges « fatiguent » les condensateurs et les diodes et l'alternateur (car les surcharges brèves n'entraînent pas toujours le déclenchement du thermocontact !)

## c)- La régulation des groupes électrogènes

### 1) la technologie classique :

Le régime du moteur détermine la fréquence du courant, et l'alternateur la qualité du courant.

On corrige ce dernier par le **CONDENSATEUR** ou l' **AVR** .

Le **condensateur** (ou le transformateur utilisé pour les plus fortes puissances) assure un courant de bonne qualité. Sa distorsion harmonique, représentant l'écart de la courbe produite par rapport à celle d'un courant parfait, est relativement forte, ce qui rend les groupes électrogènes corrigés par condensateur difficilement compatibles avec les matériels à usage audio/vidéo ou informatique par exemple.

L' **AVR** est un système de régulation électronique automatique de la tension en fonction de la charge appliquée au groupe électrogène. La qualité de ce courant rend ces groupes électrogènes compatibles avec la plupart des appareils.

### 2) la technologie « INVERTER » :

Elle ne consiste plus à corriger le courant de la génératrice, **mais à retraiter complètement et électroniquement ce courant de base de l'alternateur** pour approcher le courant sinusoïdal parfait.

Ainsi, la fréquence du courant ne dépend plus de la vitesse moteur, mais d'une horloge électronique.

L' **INVERTER** (développée par Honda) **permet aussi l'asservissement du régime moteur à la demande de courant**.

## Coefficients multiplicateurs de la puissance au démarrage.

APPAREILS DOMESTIQUES	
Téléviseur	1
Réfrigérateur	5
Congélateur	5
Four à micro-ondes	2
Plaque chauffante	1
Machine à café	1,5
Perceuse	1,5
Lave-linge	5
Radiateur d'appoint	1
Nettoyeur HP	3
Éclairage	1

APPAREILS PROFESSIONNELS	
Perforateur	3
Meuleuse	2
Bétonnière	3
Micro-ordinateur	2
Caisse enregistreuse	2
Chauffage air pulsé	3
Climatiseur	5
Scie	2
Éclairage tungstène	1
Rabot	2
Ponceuse	2

## IV-Utilisation des groupes électrogènes

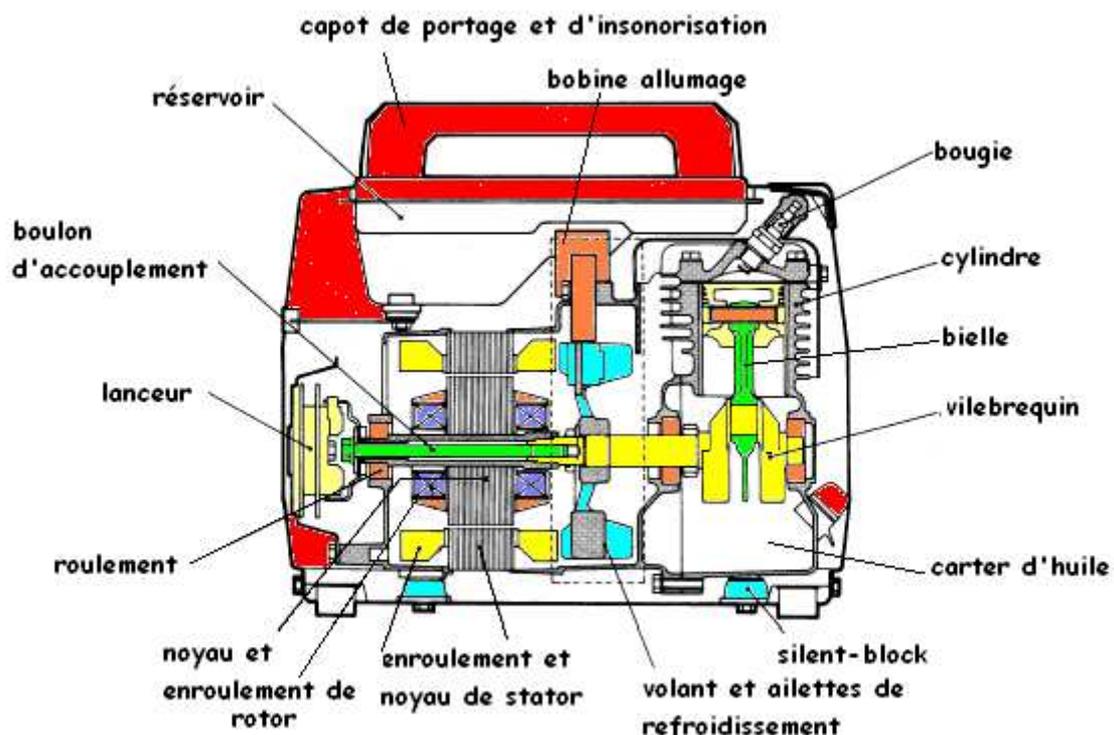
« S'assurer que le groupe correspond à l'utilisation prévue »

### a) L'entretien de base

- Le filtre à air est un point sensible, souvent de grande dimension, il doit être toujours parfaitement propre, certains sont à bain d'huile pour être plus efficace.
- Le groupe doit démarrer vite, la bougie doit être parfaitement propre et réglée.
- Le réservoir doit être périodiquement nettoyé pour éviter les impuretés qui bouchent les gicleurs.
- Les groupes tournent parfois en continu et consomment beaucoup d'huile, la plupart des fabricants ont choisi des moteurs munis d'un système de surveillance du niveau d'huile (il coupe le moteur en cas d'alerte de niveau trop bas).
- Ne jamais laver un groupe à grande eau (d'autant plus s'il est en marche !)
- Aucun élément de sécurité ne doit être absent ou détérioré
- De plus, les câbles se comportant comme des résistances, il faut vérifier si leur longueur et leur section vont permettre de bien transmettre la puissance fournie.

### b) Exemple de « groupe électrogène domestique »

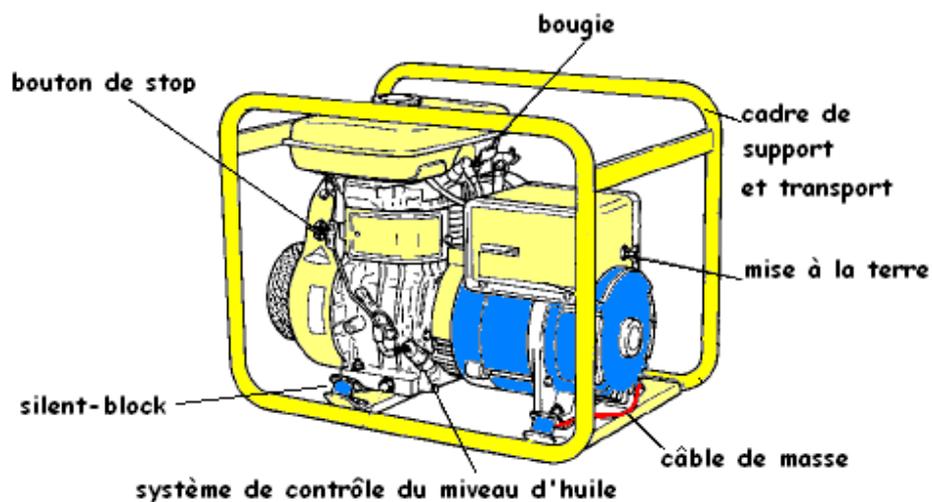
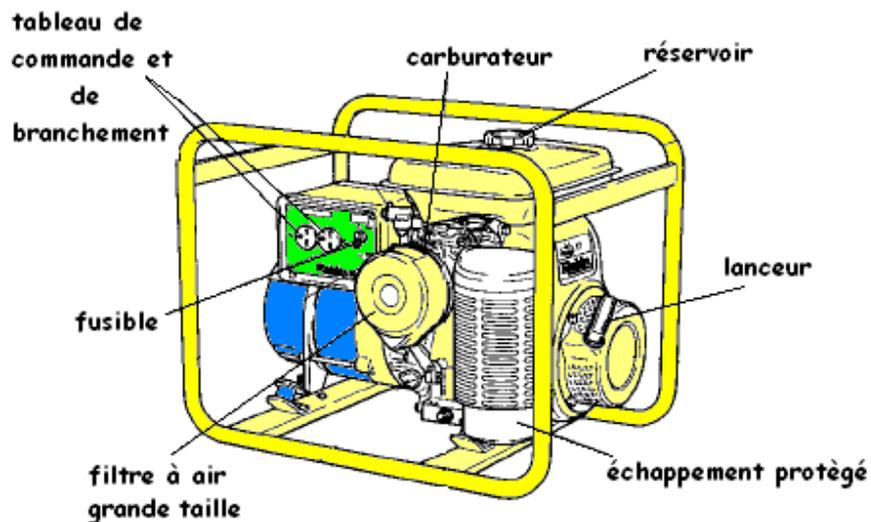
C'est généralement un petit groupe de 1 à 2 KVA, capable de satisfaire à la fourniture d'énergie d'un petit pavillon ou d'un commerce ambulante. Il est portable et en général insonorisé.



### c) Les « groupes semi-industriels »

Leur puissance est généralement supérieure à 2 KVA et peut aller jusqu'à 10 KVA. Ils sont encore faciles à déplacer, le moteur et la génératrice sont insérés dans un cadre porteur, certains sont aussi insonorisés (ce qui augmente leur prix !). Cette architecture permet une visualisation de tous les éléments et rend l'entretien plus facile.

Exemples ci-dessous de groupes communément appelés « groupe de chantier »

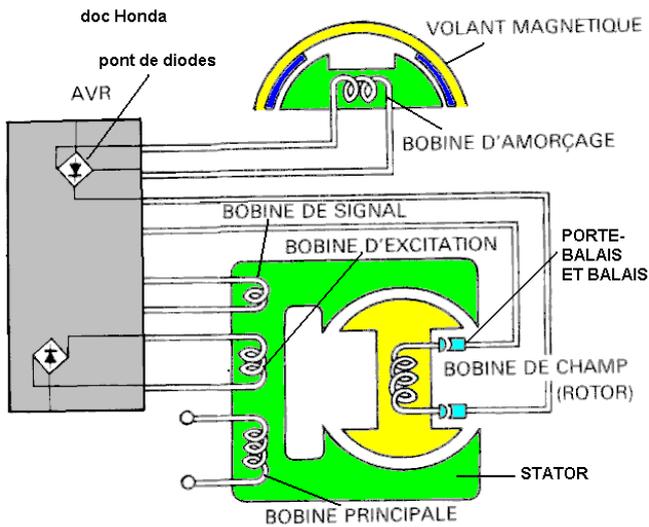


doc GE Moteurs Robin modif jcd 04/07

## V- Technologie des groupes

### a) exemples de génératrices avec balais

#### 1) type à bobinage rapporté



Lorsque le volant magnétique du moteur tourne, un courant est induit dans la bobine d'amorçage et va à l'unité AVR

Le pont de diodes situé dans l'unité AVR redresse le courant venant de la bobine d'amorçage. Ce courant DC (direct continu) est appliqué à la bobine de champ par l'intermédiaire du porte balai et du charbon. Le rotor se magnétise.

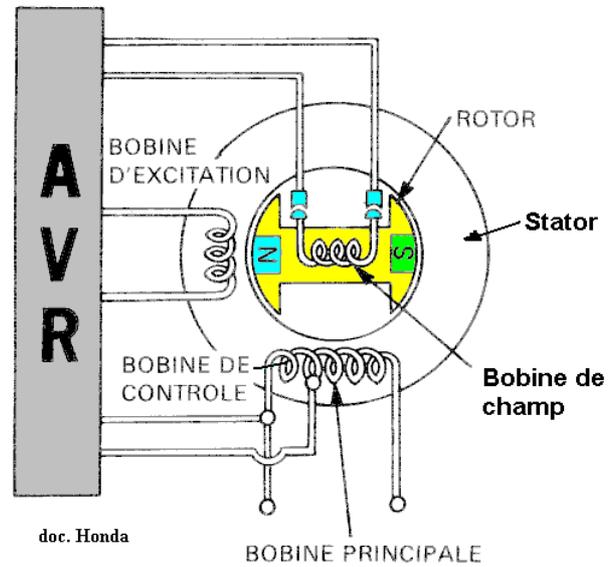
La circulation du flux magnétique dans le rotor, induit une tension dans les bobines du stator.

Le courant induit dans la bobine d'excitation est redressé par un pont de diodes situé dans l'AVR. Ce courant DC est appliqué à la bobine de champ, parallèlement avec le courant redressé de la bobine d'amorçage.

Le rotor est fortement magnétisé

Lorsque l'alternateur atteint sa vitesse normale de rotation, la tension induite dans la bobine principale atteint sa valeur d'utilisation

#### 2) type à noyau bobiné



Lorsque le moteur tourne, les aimants du rotor induisent un courant dans la bobine d'excitation

Après avoir été redressé par un pont de diodes situé dans le bloc AVR, le courant provenant de la bobine d'excitation alimente la bobine de champ qui magnétise le rotor

Le flux magnétique du rotor excite la bobine principale et la bobine d'excitation

Le courant de nouveau induit dans la bobine d'excitation est appliqué à l'AVR et redressé par un pont de diodes

Ce courant redressé passe dans la bobine de champ et le rotor se trouve fortement magnétisé

Lorsque le moteur a atteint sa vitesse normale de rotation, la tension induite dans l'enroulement principal atteint sa valeur d'utilisation

### b) Exemple génératrice sans balais

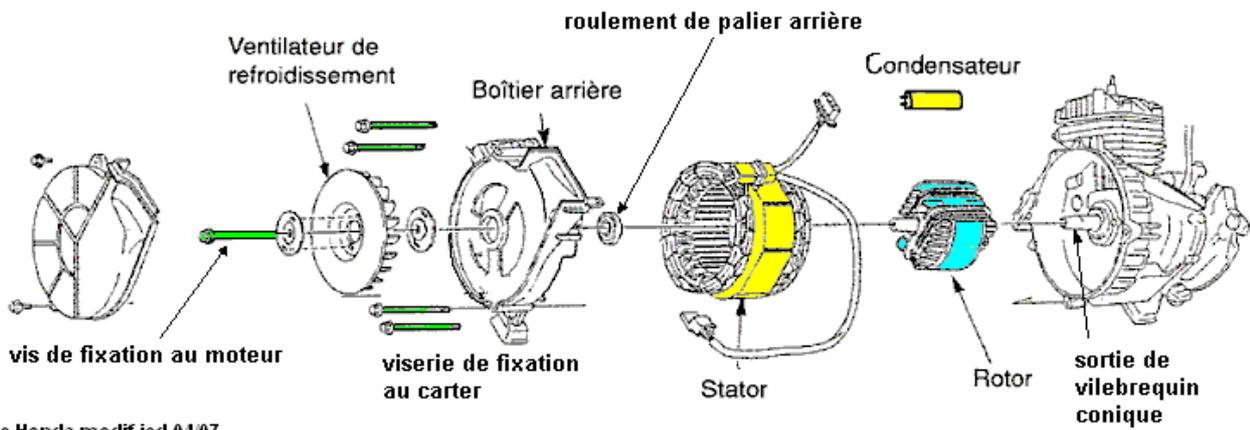
L'éclaté ci-dessous montre une génératrice sans balais, donc à induction magnétique. Cette technologie est la plus employée aujourd'hui.

Dans « le bas de gamme » on utilise encore des génératrices à balais et charbons.

Ici on voit que la régulation sera assurée par condensateur, actuellement c'est le système à boîtier électronique « de type AVR » qui est le plus employé.

Le principe de montage est pratiquement toujours le même, l'ensemble carter de la génératrice est fixée au carter du moteur. Le rotor de la génératrice se monte sur un cône en bout du vilebrequin du moteur, une grande vis (serrée au couple) le traverse pour venir le serrer sur le cône.

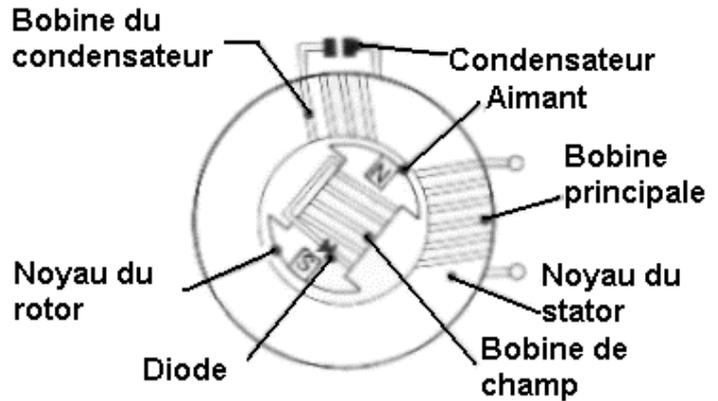
L'ensemble repose dans un cadre support, qui sera totalement fermé pour les groupes insonorisés et partiellement ouvert pour les autres groupes.



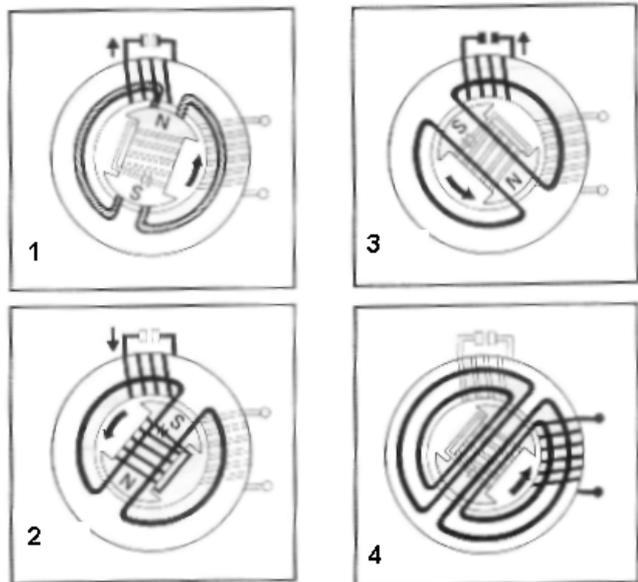
doc Honda modif.jcd 04/07

### Principe de fonctionnement d'un alternateur sans balai (exemple)

1-**Quand le rotor commence de tourner**, le flux magnétique produit par les aimants permanents du rotor engendre une tension induite dans la bobine du condensateur. Cette tension est stockée dans le condensateur.  
 2-**La tension stockée** passe dans la bobine du condensateur, celle-ci crée un champ magnétique, qui à son tour va engendrer une tension induite dans la bobine de champ (rotor). la circulation du courant dans la bobine de champ se fait dans un seul sens. Celui-ci est déterminé par la diode. Le flux magnétique produit par la bobine de champ s'ajoute à celui des aimants permanents, ainsi le rotor est magnétisé.  
 3-**le rotor continu de tourner**, une tension plus élevée est induite dans la bobine du condensateur et le charge. Quand le condensateur se décharge dans sa bobine, le champ magnétique devient plus important, le rotor devient un aimant plus puissant!  
 4-**En résumé** le rotor produit un champ magnétique qui engendre une tension induite dans la bobine principale. Ce phénomène répété, est à l'origine de la tension induite dans la bobine principale, elle augmente donc graduellement. Quand le moteur atteint sa vitesse normale, la tension se stabilise à la tension d'utilisation



doc Honda



doc Honda

Lorsqu'on connecte un consommateur aux bornes, la tension va chuter proportionnellement à la valeur de la charge. Un flux magnétique est créé par la bobine principale.

**A Noter** que la plupart des groupes sont capables de fournir du courant continu, ce qui permet de recharger des batteries par exemple. Le « tableau de bord » est généralement muni de deux prises électriques normalisées et une prise spécifique à deux broches pour délivrer du courant continu.

**NE JAMAIS PRENDRE L'INITIATIVE DE RELIER LE GROUPE AU RESEAU EDF**

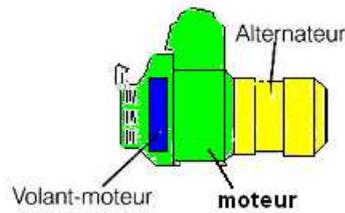
Il peut y avoir un réel **DANGER DE MORT** : Seul un électricien confirmé peut le faire sous certaines conditions

### c) Génératrices avec la technologie INVERTER :

1- Cette technologie récente a permis de faire des groupes beaucoup plus compacts et légers (rapport / puissance). La taille de la génératrice est réduite, elle peut tenir dans le volant magnétique, elle est multipôles, le courant triphasé qu'elle fabrique est complètement « remixé ».

Ainsi, la fréquence du courant ne dépend plus de la vitesse moteur, mais d'une horloge électronique. Cette horloge retrace le courant fabriqué pour « approcher le courant sinusoïdal parfait ». Comme on l'a vu ce système correspond plus à la fourniture de courant aux systèmes électroniques de toutes sortes.

architecture d'un groupe classique

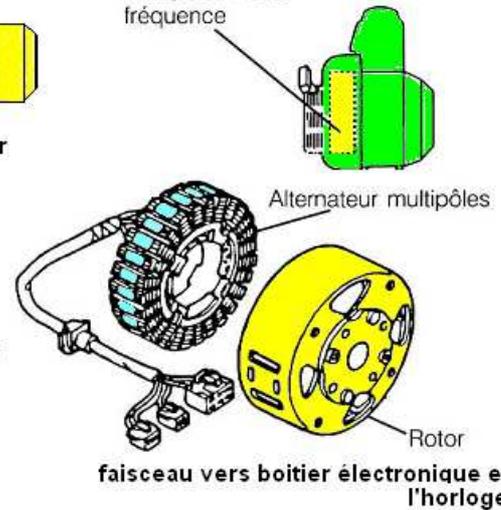


Dans ce système INVERTER, le volant magnétique est aussi devenu le rotor de la génératrice ou alternateur multipolaire

doc Honda modif.jcd07

architecture d'un groupe inverter Honda

Alternateur multipôles haute fréquence

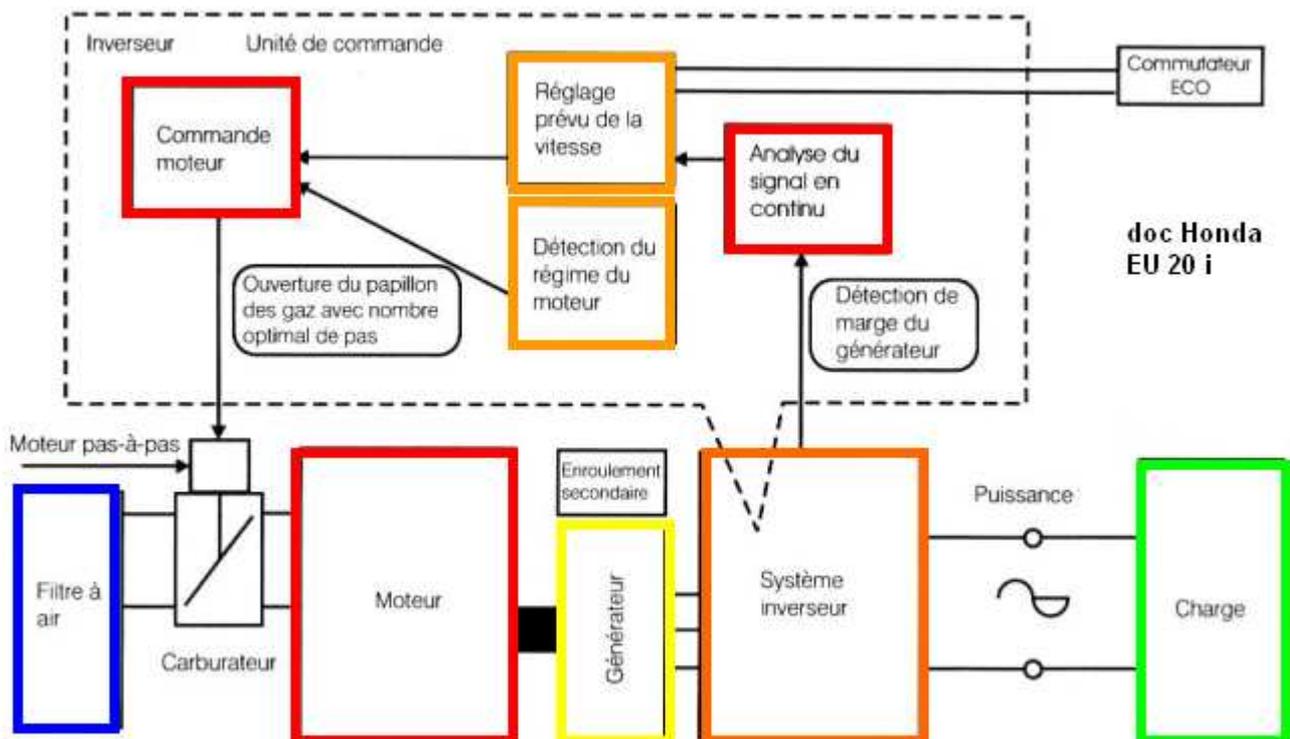


2- La technologie Inverter apporte aussi l'asservissement du régime du moteur du groupe en fonction de la puissance électrique absorbée. ( par l'appareil raccordé à la prise électrique du groupe). La fréquence du courant généré ne dépend plus du régime moteur. Le moteur peut donc adapter sa vitesse et il ne tourne plus en permanence à plein régime. Un moteur « pas à pas » est installé sur le volet d'admission du carburateur.

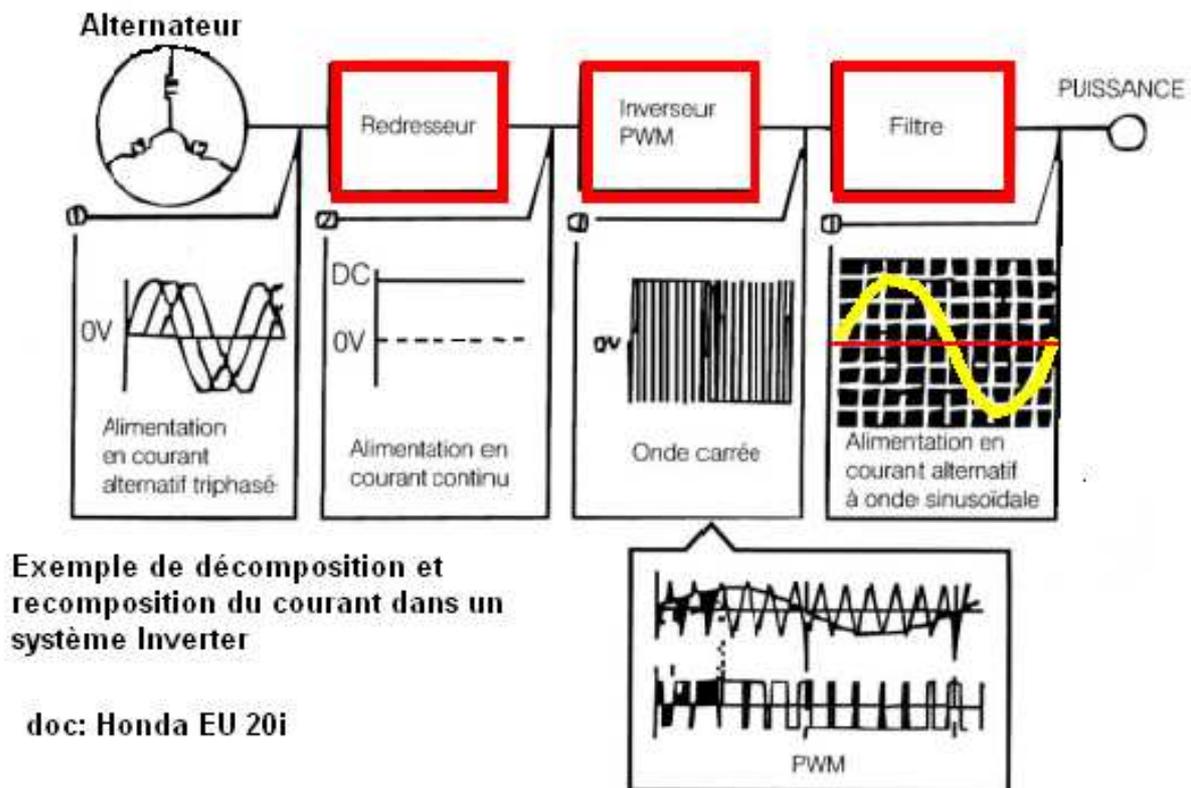
La vitesse de rotation du moteur ne sera donc plus à régler en fonction de la fréquence du courant. Le moteur thermique de ce groupe tourne à une vitesse normale.

Ceci fait réaliser des économies de carburant et donne une plus grande autonomie.

3- Principe schématique de fonctionnement de l'Inverter, les différents composants.



doc Honda EU 20 i



### Fonction de l'inverseur PWM : modulation d'impulsion

(la fréquence de commutation est de 200000 fois par seconde !)

Durant la rotation du rotor, l'alimentation en courant alternatif (triphase) est produite dans le principal enroulement CA, puis redressée en courant continu dans le circuit de redressement et de stabilisation. Dans ce circuit la tension est stabilisée en même temps.

L'inverseur PWM donne une onde de courant alternatif carrée (monophasée) à fréquence très élevée. L'onde carrée produite par l'inverseur est remise en forme par le filtre de manière à obtenir une onde sinusoïdale de 50 Hz pratiquement parfaite

## Annexe 1

**Bien choisir son groupe électrogène : « c'est d'abord bien déterminer son (ses) besoin(s) de puissance »**

**Pour alimenter un appareil, il faut fournir la puissance indispensable au démarrage, toujours supérieure à celle indiquée (nominale).**

**De plus, les câbles se comportant comme des résistances, il faut vérifier si leur longueur et leur section vont permettre de bien transmettre la puissance fournie.**

## Annexe 2

### Les Groupes électrogènes et la sécurité

Les groupes font partie d'appareils classés en « énergie / chauffage » 506.01 à 506.06 groupes électrogènes

**Ils sont soumis à l'autocertification**  directive machine 98 / 37 CE Normes européennes générales. EN 292-1-2, EN294

Mesure du niveau sonore de pression et puissance acoustique selon les directives CEE 79 / 133, CEE 81 / 1051.

Les résultats sont transmis au Ministère de l'Environnement qui donne l'homologation.

Dans la nouvelle directive machine 2009, les groupes de moins de 400 Kw ne devraient être soumis qu'au marquage.

## **NE JAMAIS PRENDRE L'INITIATIVE DE RELIER LE GROUPE AU RESEAU EDF**

Il peut y avoir un réel **DANGER DE MORT** : Seul un électricien confirmé peut le faire sous certaines conditions.

### **Annexe 3**

## **Glossaire courant et groupes électrogène**

#### **Courant alternatif (AC)**

Courant qui varie, allant de zéro jusqu'à un maximum positif, revient à zéro et varie jusqu'à un maximum négatif un certain nombre de fois par seconde. Ce nombre est exprimé en cycles par seconde de Hertz (HZ).

#### **Alternateur**

Dispositif qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique.

#### **Ampérage**

Puissance ou intensité d'un courant électrique, mesurée en ampères (A).

#### **Balai**

Élément conducteur, d'habitude fait en graphite et/ou en cuivre, qui maintient un contact électrique glissant entre un élément fixe et un élément mobile.

#### **Bobine d'allumage**

Dispositif qui sert à fournir une tension continue aux bougies d'allumage.

#### **Conducteur**

Fil ou câble conçu pour laisser passer le courant électrique.

#### **Contacteur**

En général, un contacteur est un commutateur à fonctionnement électrique utilisé d'habitude dans des circuits de commande et dont les contacts sont considérés de forte intensité comparativement à un relais.

#### **Courant**

Débit de l'électricité.

#### **Cycle**

Inversion complète de la tension du courant alternatif, de zéro à un maximum positif et de ce maximum positif à zéro, puis de zéro à un maximum négatif avant de revenir à zéro. Le nombre de cycles par seconde, c'est la fréquence, exprimée en Hertz (HZ).

#### **Diode**

Dispositif à semi-conducteur qui permet au courant de circuler dans un seul sens. Vu qu'elle ne permet qu'une moitié du cycle de courant alternatif, il en résulte un courant unidirectionnel. Donc, on peut la considérer un élément de redressement.

#### **Pont de diodes**

Ensemble de diodes disposées de façon à redresser les deux alternances d'un courant et donc en faire un courant continu

#### **Commande de ralenti**

Dispositif de régulation de la vitesse de ralenti du moteur ayant un lien direct avec la charge électrique.

#### **Courant continu (CC)**

Courant électrique qui ne circule que dans un seul sens. Le courant continu est produit par une action chimique (c.-à-d. batterie d'accumulateurs) ou par induction électromagnétique.

#### **Dynamo**

Machine qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique par induction électromagnétique - génératrice.

#### **Enroulement**

L'ensemble de bobines d'une génératrice. L'enroulement du stator consiste en plusieurs bobines de stator, avec leurs interconnexions. L'enroulement du rotor est formé de l'ensemble d'enroulements et de connexions situées sur les axes du

#### **Force électromotrice (FEM)**

La force qui fait circuler le courant dans un conducteur. En d'autres mots, tension ou potentiel.

#### **Génératrice**

Nom général donné à un appareil qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique. L'énergie électrique peut être le courant continu (CC) ou le courant alternatif (CA).

**Mise à la terre**

Connexion intentionnelle ou accidentelle entre un circuit électrique et la terre ou un dispositif conducteur qui remplace la terre.

**Magnéto**

Alternateur muni d'aimants permanents qui sert à générer du courant pour l'allumage à l'intérieur d'un moteur à combustion interne.

**Monophasé**

Charge de courant alternatif ou source d'alimentation en énergie ayant normalement seulement deux bornes d'entrée s'il s'agit d'une charge ou deux bornes de sortie s'il s'agit d'une source.

**Montage antivibratile**

Dispositif en caoutchouc placé entre le moteur ou la génératrice et le châssis pour réduire au minimum la vibration.

**Noyau**

Tôles contenues dans la génératrice qui en forment la structure magnétique.

**Ohm**

Unité de mesure de la résistance électrique. Un volt produira un courant d'un ampère entre deux points d'un conducteur ayant une résistance d'un ohm.

**Phase**

Variation périodique uniforme de l'amplitude ou de la magnitude du courant alternatif. Le courant alternatif triphasé consiste en trois ondes sinusoïdales entre lesquelles il y a un décalage de 120 degrés.

**Redresseur**

Dispositif qui transforme le courant alternatif en courant continu.

**Redresseur du chargeur de batterie**

Composante qui transforme la tension alternative provenant de l'enroulement de chargement de batterie (situé à l'intérieur du STATOR) en tension continue. Cette tension pourrait servir au chargement d'une batterie.

**Régulateur de tension**

Composante qui maintient automatiquement la bonne tension de la génératrice en exerçant un contrôle sur la quantité de courant continu d'excitation vers le rotor.

**Relais**

En général, un relais est un commutateur à fonctionnement électrique utilisé d'habitude dans des circuits de commande et dont les contacts sont considérés de faible intensité comparativement à un contacteur.

**Résistance**

Opposition à la circulation du courant.

**Rotor**

Élément rotatif d'une génératrice.

**Stator**

Partie fixe d'une génératrice

**Système de transfert d'énergie**

Système qui permet le branchement sécuritaire d'une génératrice au circuit électrique d'une maison.

**Tension**

Différence de potentiel électrique, exprimée en volts.

**Tension nominale**

La tension nominale d'un groupe électrogène d'un moteur, c'est la tension prévue à laquelle il doit fonctionner.

**Vitesse nominale**

Régime de fonctionnement prévu du groupe électrogène.

**Volt**

Unité de mesure de la force électromotrice. La force électromotrice qui, uniformément appliquée à un conducteur ayant une résistance d'un ohm, produira un courant d'un ampère.

**Watt**

Unité de mesure de la puissance électrique. En courant continu, c'est l'équivalent du nombre de volts multiplié par le nombre d'ampères. En courant alternatif, c'est l'équivalent du nombre de volts de tension effective multiplié par le nombre d'ampères d'intensité effective multiplié par un facteur de puissance multiplié par le nombre de phases. 1 kilowatt - 1 000 watts.