

CIRCUIT DE CHARGE

DOCUMENT RESSOURCE

Tous les véhicules, du scooter au camion, possèdent aujourd'hui des systèmes électriques (démarrage, signalisation, injections, confort) qui nécessitent une unité de production d'électricité (alternateur) et une unité de stockage (batterie).

Le stockage du courant relatif à nos besoins est une illusion. Il ne permet pas de résoudre le problème de la production des besoins en électricité d'une voiture. C'est la raison d'être des alternateurs, qui sont chargés de transformer de l'énergie mécanique (provenant du moteur) en énergie électrique, exploitable par tous les systèmes du véhicule.

La batterie est uniquement un « tampon » qui fournit l'énergie nécessaire au démarrage et qui alimente tous les composants (de faible consommation) pendant que le moteur est arrêté.



Les alternateurs sont d'abord des générateurs de tensions alternatives basés sur le principe de l'induction électromagnétique. Le courant naît dans des boucles induites du stator lorsque celles-ci sont coupées par un champ magnétique créé par le rotor.

Le courant alternatif qui en résulte doit être redressé pour convenir à tous les composants du véhicule, c'est le rôle des diodes de redressement.

L'alternateur doit aussi fournir une tension de sortie constante indépendante de la demande des consommateurs et du régime moteur : c'est le rôle du régulateur de tension.

Ordre de grandeur pour un véhicule de gamme moyenne :

Tension de sortie :	13,5V
N alternateur / N moteur :	2
Intensité max débitée sous 13,5V :	de 60 à 100 A selon options.



1.1. Composants du système, rôle des éléments

1 : poulie d'entraînement.

2 : ventilateur centrifuge.

3 : flasque AV.

4 : stator.

5 : rotor.

6 : redresseur.

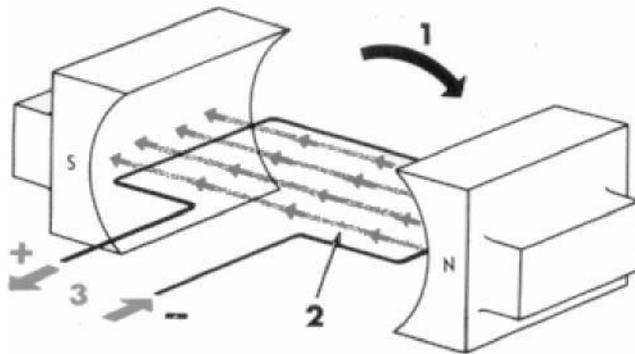
7 : flasque AR.

8 : régulateur porte balais.

- 1) La poulie doit transmettre la puissance mécanique au rotor et ajuster la vitesse de rotation de l'alternateur en fonction de celle du moteur. Le rapport de multiplication varie selon les montages de 2 à 3, ceci pour obtenir une vitesse de l'alternateur supérieure et ainsi permettre une production de courant suffisante à bas régime.
- 2) Le ventilateur permet une ventilation minimum de l'alternateur qui voit augmenter sa température lors de forts débits de courant. Sa particularité est d'être un ventilateur centrifuge (l'air entre par l'arrière et est centrifugé depuis le centre).
- 3) Le flasque avant constitue la carcasse de l'alternateur et supporte l'ensemble.
- 4) Le stator est la source même de courant. Celui-ci comporte généralement trois enroulements câblés en étoile ou en triangle qui, soumis au champ tournant du rotor, délivrent une tension alternative.
- 5) Le rotor a pour fonction de soumettre le stator à un champ magnétique tournant, il comporte un bobinage, dont la fonction est de créer une polarité. Celui-ci est entouré par deux flasques qui entourent le noyau polaire et dont les extrémités s'emboîtent alternativement formant ainsi une série de pôles autour du rotor.
- 6) Le redresseur transforme le courant triphasé de sortie en courant continu (pont de diodes).
- 7) Le flasque arrière est un connecteur où sont reliées les sorties des bobinages du stator et les deux sorties de l'alternateur, il supporte les six diodes de redressement ainsi que les trois diodes d'excitation (pour les régulateurs monofonction).
- 8) Le régulateur porte balais fournit au rotor un courant d'excitation qui est fonction de la tension de sortie de l'alternateur, celui-ci fait varier le champ produit par le rotor en modulant le courant qui le traverse, il doit gérer l'allumage de la lampe témoin s'il s'agit d'un multifonction.

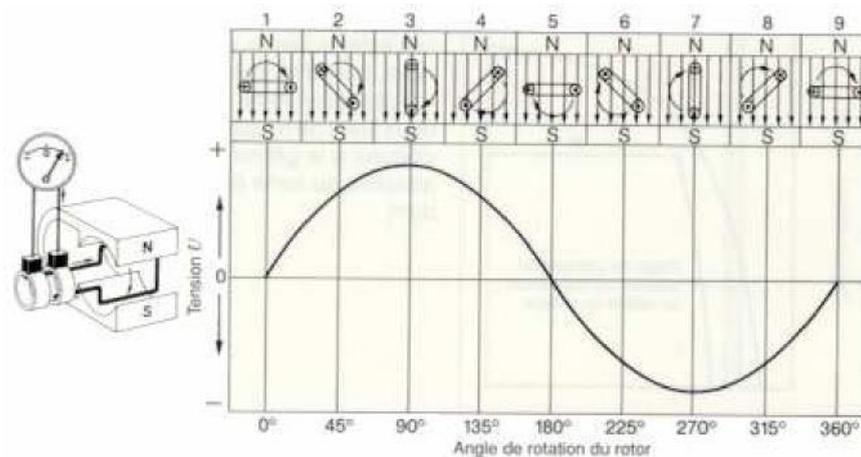
1.2. La transformation d'énergie mécanique en énergie électrique

Le principe de l'alternateur est basé sur le fait que le déplacement d'un conducteur par rapport à un champ magnétique fait apparaître une tension à ses bornes. Soit dans ce cas un conducteur tournant dans un champ magnétique :



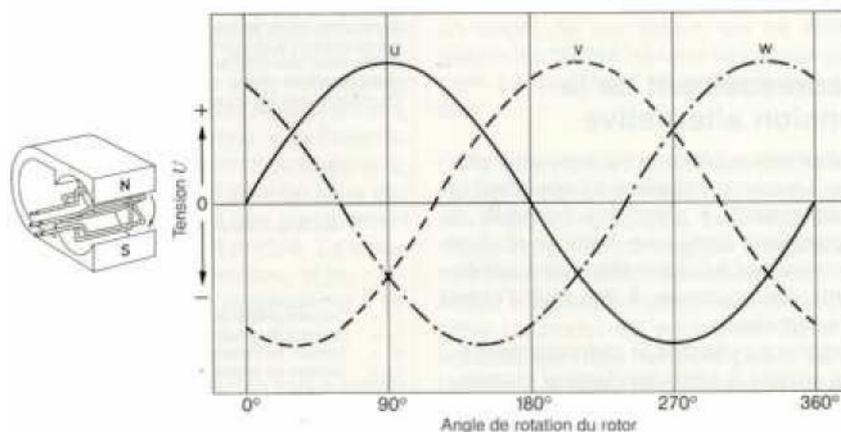
- 1 : rotation de la boucle.
- 2 : lignes de champ.
- 3 : tension induite.

Evolution de cette tension en fonction de la position du conducteur :



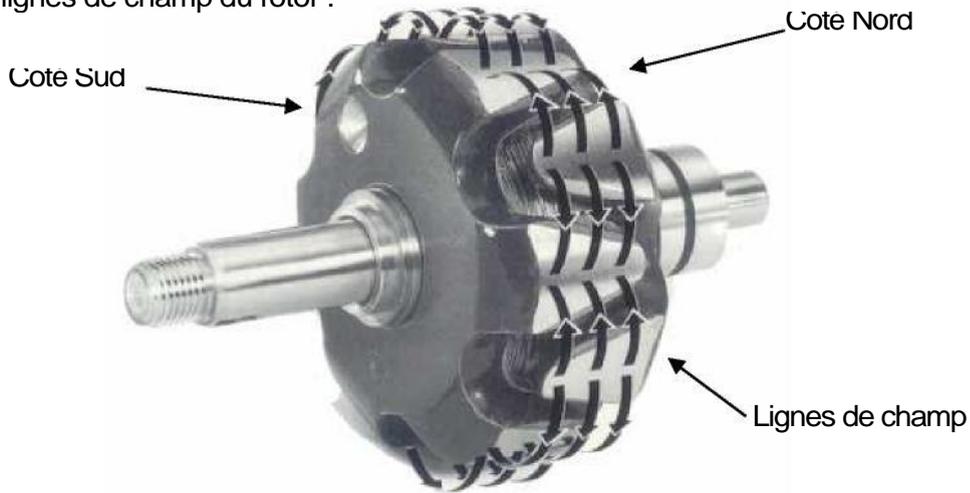
La position du conducteur sur la figure de gauche correspond au troisième cas de figure du tableau.

Soit maintenant trois conducteurs (u,v,w) tournant dans le même aimant mais décalés de 120° les uns par rapport aux autres :



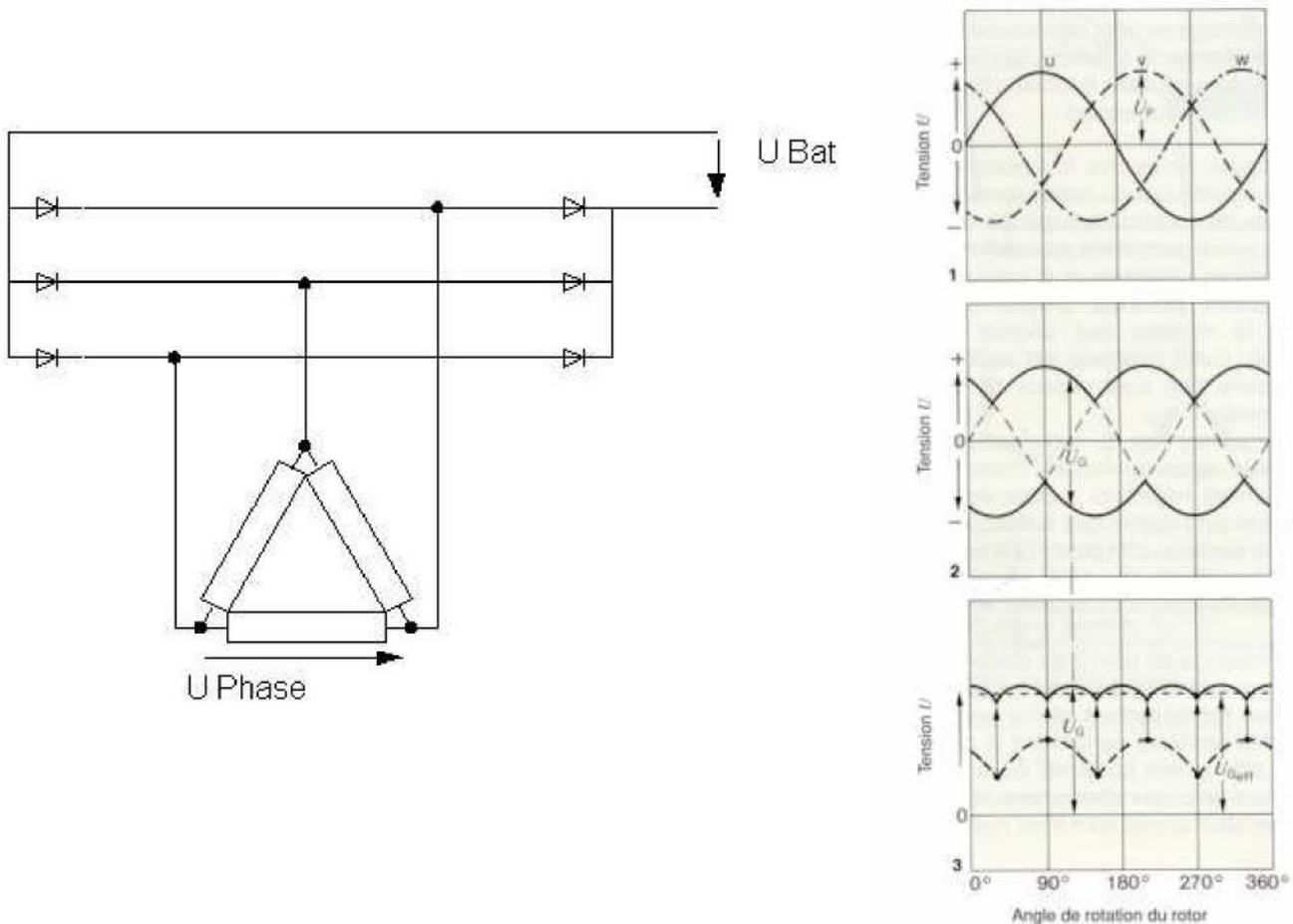
Le cycle défini à la figure précédente correspond à un enroulement triphasé tournant dans un aimant à deux pôles. Or le rotor d'un alternateur comporte de douze à seize pôles, ce qui multiplie d'autant le nombre d'alternances pour un tour.

Détail des lignes de champ du rotor :



1.3. Transformation du courant alternatif en continu

Cette opération consiste à redresser les alternances négatives du courant triphasé. Le résultat obtenu n'est pas un courant parfaitement plat mais il est légèrement ondulé, la batterie absorbe ces ondulations et il devient parfaitement exploitable. Les schémas ci-dessous représentent le pont de diodes monté en sortie du stator et les transformations que subissent les ondulations négatives.



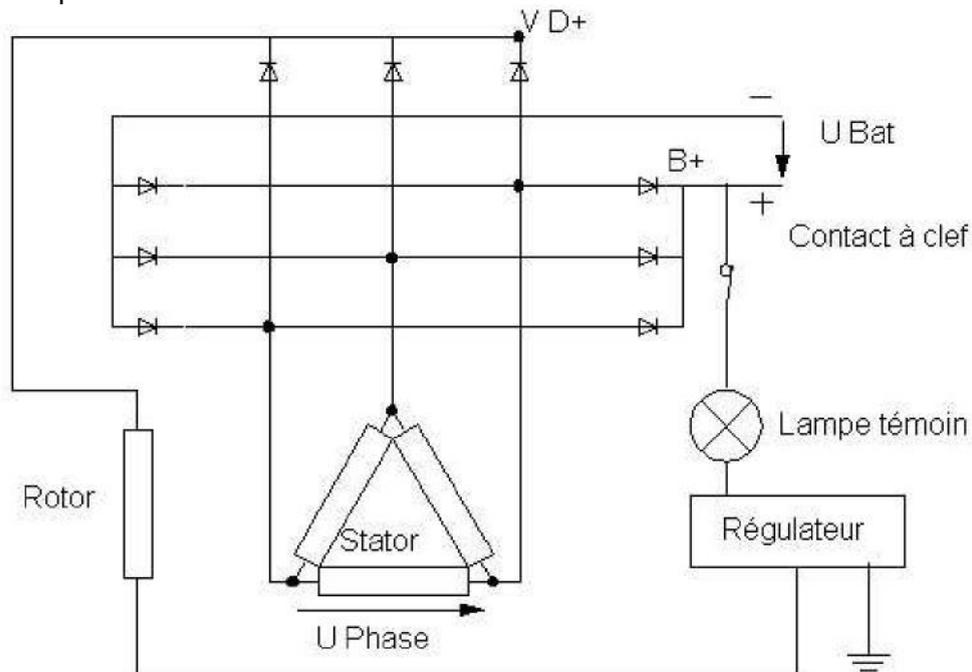
1.4. La régulation de la tension de charge

Le régulateur de l'alternateur asservit le courant débité par l'alternateur aux besoins des consommateurs en maintenant sa tension de sortie à une valeur de consigne. Pour cela il mesure la tension de sortie de l'alternateur et la compare à une valeur de référence.

Une consommation de courant induit une baisse de tension aux bornes de la batterie, et donc aux bornes de l'alternateur. Le régulateur commande alors le courant nécessaire à la conservation d'une tension correcte. Celui-ci régule la tension à laquelle est soumis le rotor. La sortie de l'alternateur est donc sous tension constante, ce qui garantit un courant débité égal au besoin.

Les régulateurs mécaniques ont été remplacé par les régulateurs électroniques qui présentent de nombreux avantages : fiabilité, insensibilité aux secousses, encombrement, usure, temps de réponse.

La régulation se fait par commande de la masse du rotor :



Le courant de rotor est prélevé en sortie de stator puis est redressé, celui-ci ne reçoit que les alternances positives puisqu'il n'y a pas de diodes négatives.

Principe de fonctionnement du régulateur électronique

Les schémas ci-après indiquent le fonctionnement d'un régulateur simplifié élémentaire.

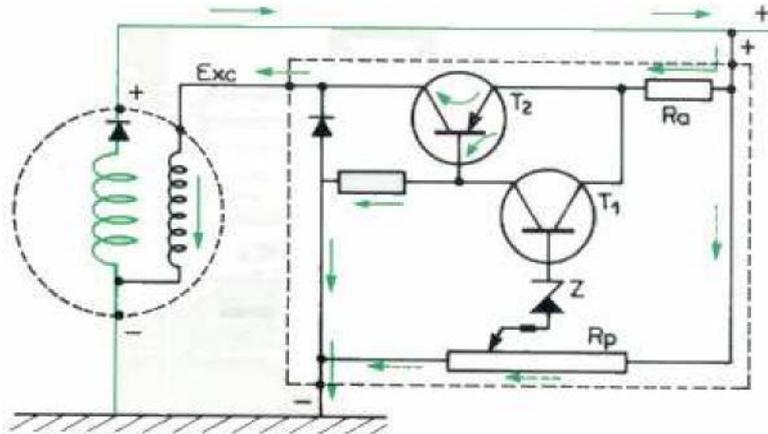
Soit :

T1 un transistor PNP (passant quand la base est négative)

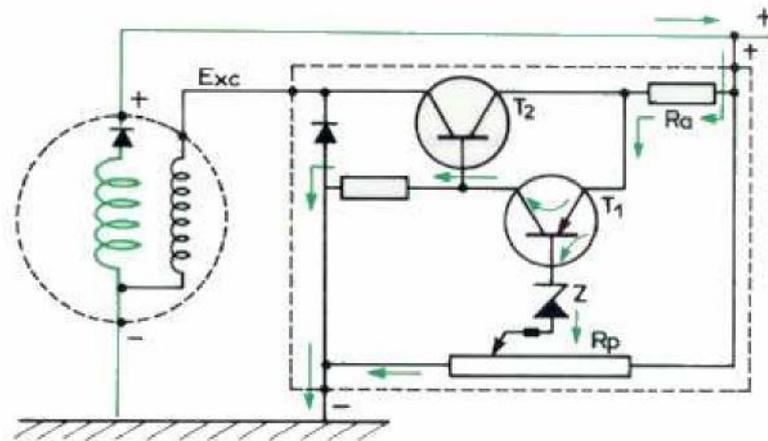
T2 un transistor PNP de puissance

Ra : la résistance d'entrée (protection contre les courts circuits)

Rp et Ra constituent un diviseur de tension dont le but est d'ajuster la tension de consigne à la tension Zener.



Régulateur passant



Régulateur bloqué

REGULATEUR PASSANT :

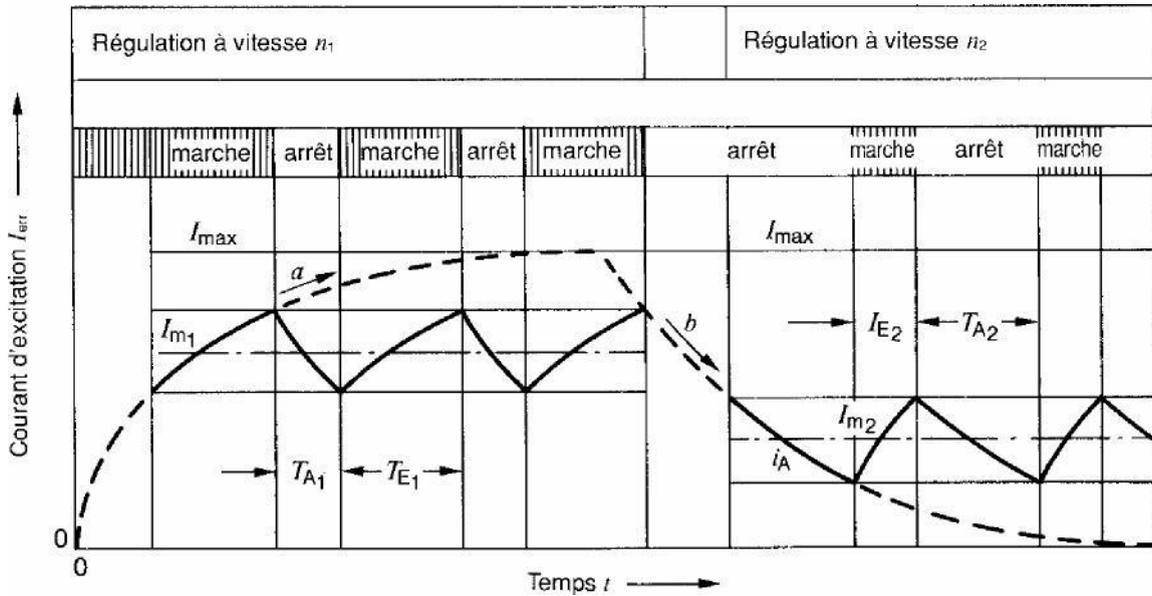
Dans cette configuration la tension batterie est en dessous du seuil correct, la diode Zener est bloquée, T1 est bloqué et la base de T2 est à la masse, T2 étant passant, le rotor est alimenté.

REGULATEUR BLOQUE :

Le seuil de tension est atteint, la diode Zener est conductrice en sens inverse, T1 est passant et la base de T2 est au (+), il est alors bloqué, l'excitation est nulle.

La tension d'excitation a une allure de tension hachée lorsque les conditions de fonctionnement sont dites normales (l'alternateur est en mesure de fournir tout le courant qui lui est demandé). Si cette tension d'excitation est constante, l'alternateur est excité plein champ et son débit est maximum. Cette phase peut se produire après démarrage (et surtout à bas régime) mais ne doit pas durer.

Allure du courant d'excitation, à deux vitesses différentes :



L'allure de cette intensité est due au fait que celle-ci traverse un bobinage et ne s'instaure pas instantanément. La montée en intensité est représentée par la courbe A, et la baisse d'intensité par la courbe B.

I_{max} est l'intensité maximum d'excitation, la courbe d'intensité maximum suit les pointillés.

Le tracé en trait fort correspond à une régulation de débit d'alternateur c'est l'intensité qui traverse le rotor. Celui-ci est représenté pour deux vitesses et il est possible d'observer que pour une même charge, à plus haut régime, le courant d'excitation baisse car le débit d'alternateur augmente avec la vitesse.

Allure des tensions des trois phases décalées de 120°:

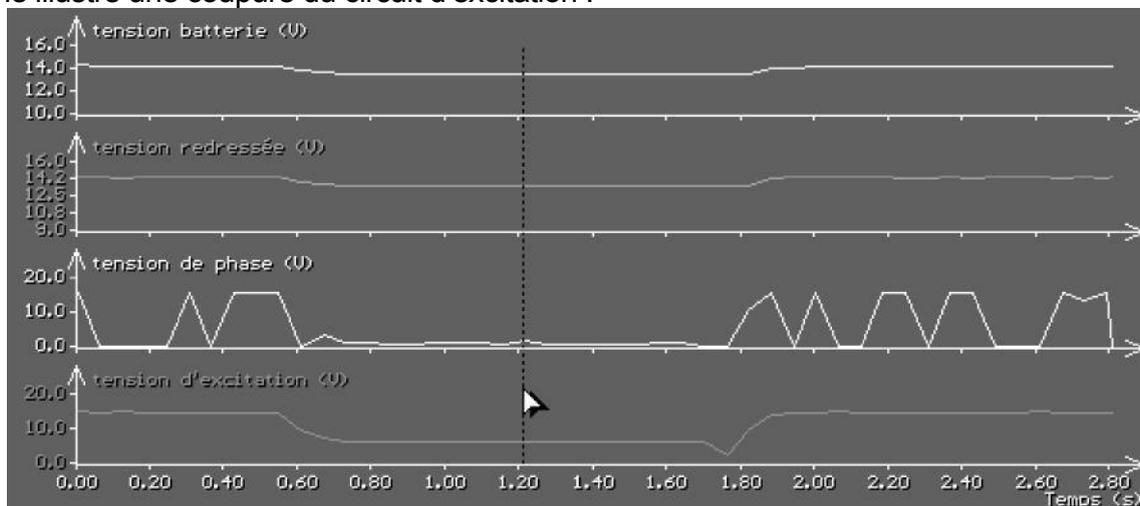


Dans cette configuration l'alternateur est en fonctionnement normal, à charge moyennement élevée (débit de 20 à 30 ampères) :

Tension batterie proche de 14 V

Tension de phase oscillant autour de 14.2V (visualisation très nette de l'effet tampon de la batterie).

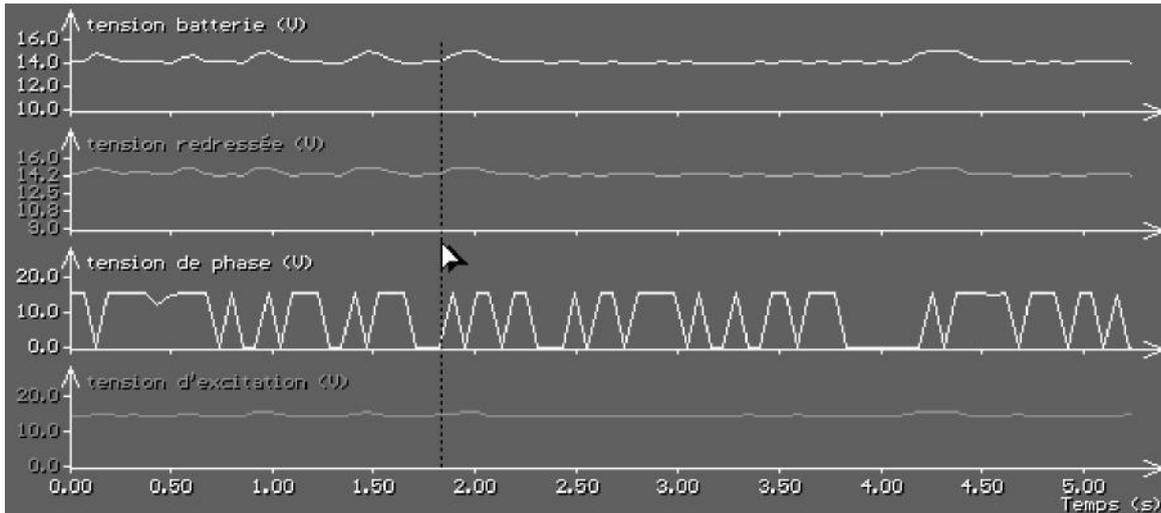
Ce graphe illustre une coupure du circuit d'excitation :



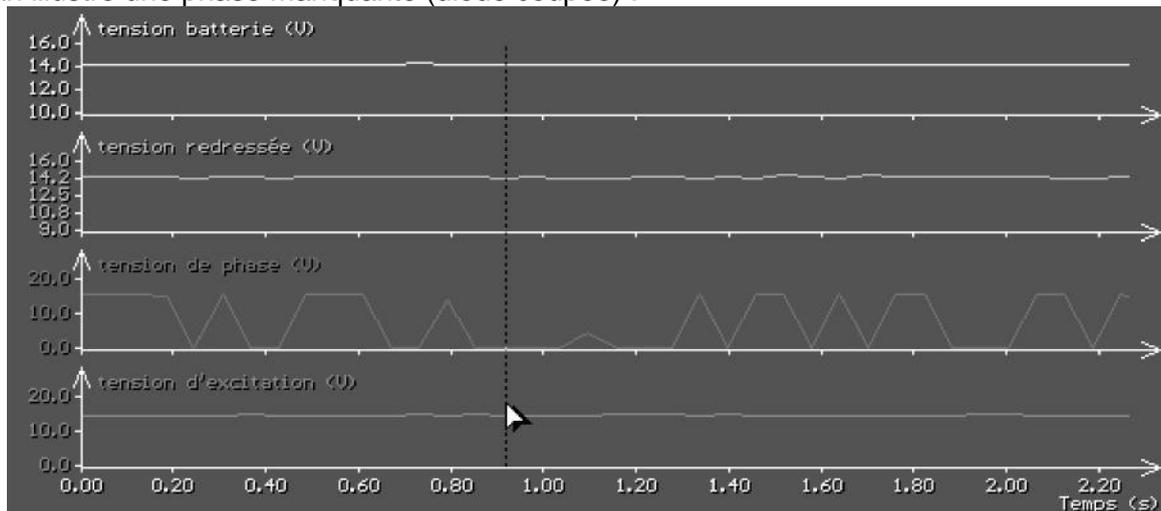
La tension chute progressivement dans le rotor (décharge d'une bobine), et la tension de phase devient nulle. Dans ce cas de fonctionnement la batterie se décharge car c'est elle qui devient le générateur du système.

Exemple de mauvaise régulation (pics de tension sur le rotor) :

Le régulateur est défaillant et la tension batterie enregistre des pics de tension à 15V. Si cela devenait permanent la batterie chargée sous 15 V se mettrait à bouillir (excitation plein champ de l'alternateur à l'aide du bouton poussoir du banc MT- 4002).



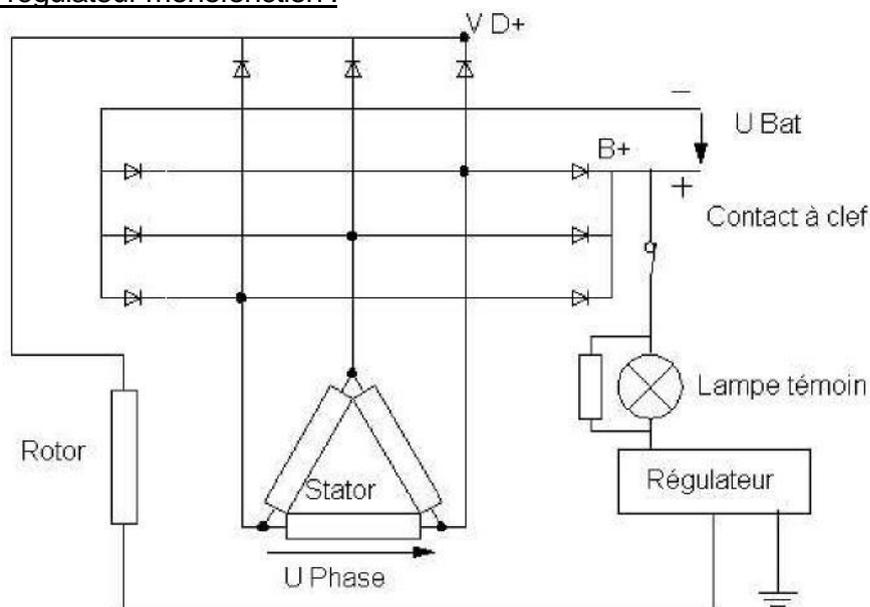
Cet écran illustre une phase manquante (diode coupée) :



Le signal de phase devient nul, le courant d'excitation augmente légèrement et la tension batterie ainsi que la tension redressée chutent très peu (il aurait fallu une forte charge ainsi qu'un temps de coupure de phase plus important pour le visualiser franchement).

Il est possible de rencontrer deux types de régulateurs électroniques : les régulateurs mono fonction sont les plus répandus, ils sont reconnaissables à leur câblage montré ci-dessous.

Montage du régulateur monofonction :



Sur ce type de montage, la lampe témoin s'allume lors d'une différence de potentiel entre V+ et B+ :

- lorsque l'alternateur ne tourne pas,
- si le rotor se met à la masse,
- si l'alternateur manque de débit.

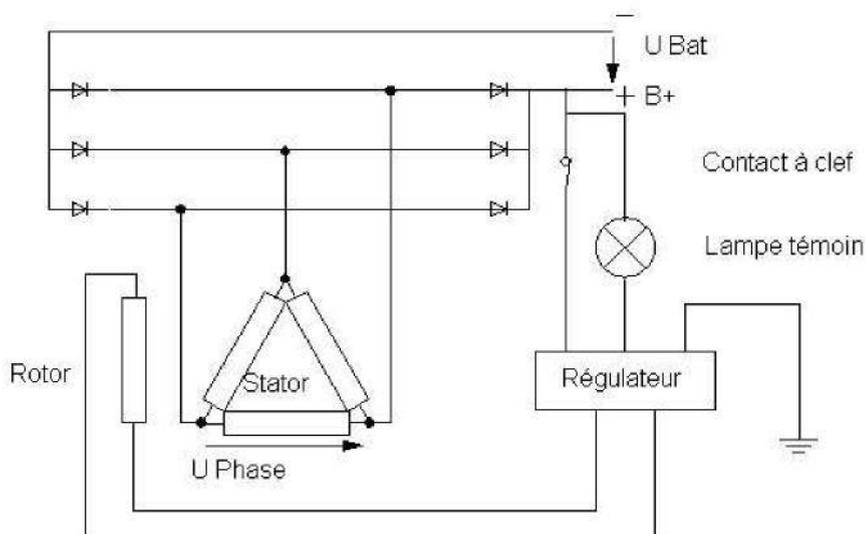
La lampe témoin est dans la plupart des cas montée avec une résistance en parallèle, ceci garantit l'amorçage du rotor lors du démarrage.

Le montage multifonctions :

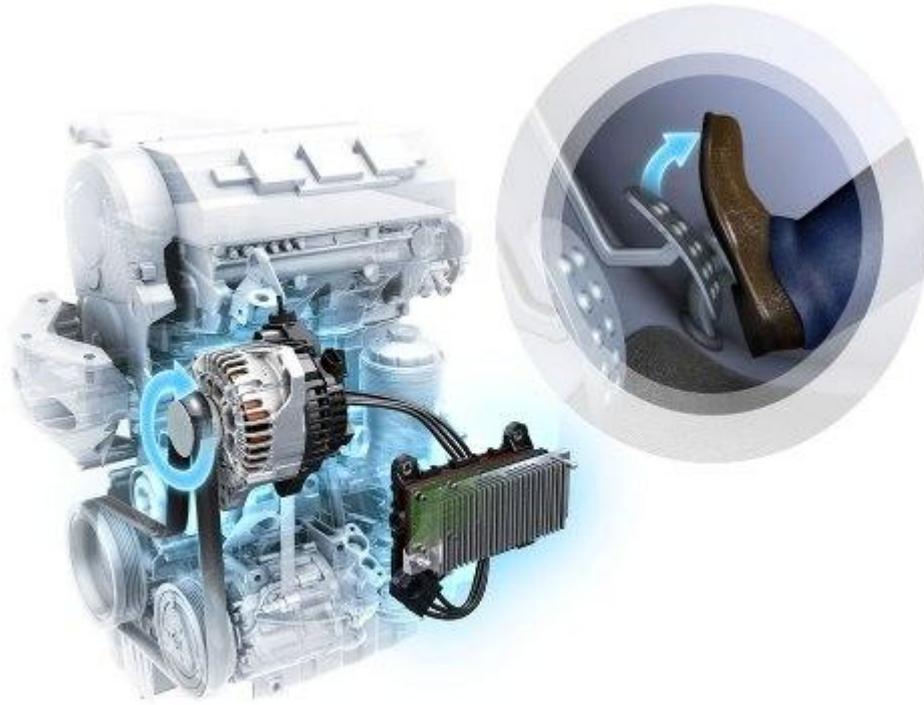
Il se caractérise par l'alimentation de son circuit d'excitation qui est alimenté par un (+) APC et non par un trio de diodes comme le mono fonction. La lampe témoin est elle commandée par le régulateur.

Montage du régulateur multifonctions :

Dans ce cas le régulateur est soumis à un (+) après contact et gère l'alimentation du rotor ainsi que l'allumage de la lampe témoin.



Evolution l'alternodémarrreur



L'alternodémarrreur est le grand rival des différents systèmes Stop-Start à démarrage. Il est fixé latéralement sur le bloc moteur, généralement en lieu et place de l'alternateur, et il est relié au vilebrequin par une transmission réversible à courroie renforcée. Comme son nom l'indique, un alternodémarrreur remplit à la fois les fonctions de démarrage et d'alternateur. Il permet le lancement du moteur en 350 millisecondes grâce à sa liaison permanente avec le vilebrequin (les démarrers des systèmes Bosch et Mazda doivent d'abord engrener leur pignon d'entraînement sur la couronne dentée) et à sa plus forte puissance électrique (de 2,5 à 4 kW selon les générations). Le moteur est ainsi relancé promptement et silencieusement. L'alternodémarrreur équipe certaines versions des modèles Citroën C3 et C2, Smart Fortwo et Mercedes Classe A et B. D'autres modèles sont annoncés dans le groupe PSA. Voir notre dossier [L'alternodémarrreur](#).

Les systèmes à démarrage ne modifient en rien les implantations mécaniques alors qu'un alternodémarrreur doit recevoir une transmission à courroie réversible et plus fortement dimensionnée que pour un alternateur, ce qui impose une étude et quelques modifications. Le surcoût des systèmes à démarrage est également moindre.

En contrepartie, l'alternodémarrreur offre de nombreux avantages. Le premier est son silence de fonctionnement alors que les systèmes à démarrage sont critiqués pour leur bruit, particulièrement sur des voitures de haut de gamme. Le Stop & Start de Toyota est plus silencieux car il n'a pas les bruits de déplacement du pignon dans la denture de la couronne, de même que le système Mazda en raison de la brièveté de fonctionnement du démarrage. Un alternodémarrreur est plus puissant que les démarrers et peut entraîner le moteur plus rapidement à un régime élevé afin de limiter les vibrations au démarrage. De même, sa puissance est employée pour freiner le moteur lors de la coupure et réduire ainsi les vibrations (fonction Confort Stop). Il permet également un redémarrage du moteur en cours d'arrêt lorsque le véhicule roule à vitesse réduite, si le conducteur change d'avis inopinément (fonction Reflex). Enfin, il bénéficie d'une nouvelle technologie améliorant son rendement électrique (75% annoncé, mais les nouveaux alternateurs en annoncent autant, voire 77% par le Bosch Efficiency Line).

Doc auto innovation