

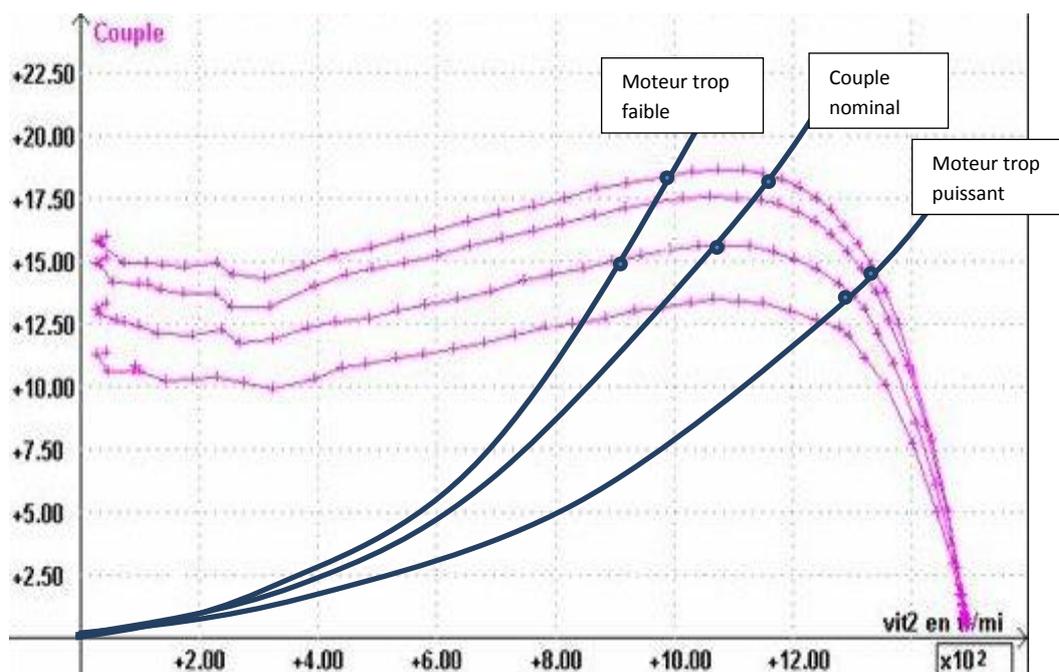
## Réduction de vitesse simplifiée d'un moteur asynchrone par ajout d'une inductance en série.

Ce principe de réduction de vitesse s'applique aux moteurs asynchrones monophasés, dits à spire de Frager ou à bague de déphasage. Ce type de moteur s'emploie pour des applications de ventilation et pompe centrifuge en petite puissance de 5 à 50 W.



La vitesse de rotation de ce type de moteur asynchrone dépend principalement de la fréquence du courant dans la bobine. Etant donné le faible couple de ces moteurs, il est possible de diminuer la vitesse sur une faible plage en baissant la tension d'alimentation entre 10 et 20 %.

La caractéristique du couple en fonction de la vitesse de ce type de moteur se « décale » vers le bas si la tension diminue. Face au couple de charge d'une turbine, la vitesse va diminuer, entraînant un facteur de glissement plus important.



En violet : couple du moteur en fonction de la vitesse pour différentes tension d'alimentation  
En bleu : couple de la turbine de l'extracteur en fonction de la vitesse, c'est une fonction quadratique de la vitesse.

Retenons qu'une baisse de tension d'alimentation entraîne un décalage de la courbe de couple vers le bas tout en passant par la vitesse de synchronisme (là où le couple est nul). Par rapport à la courbe de charge de la turbine de l'extracteur, cela entraîne une baisse de vitesse de rotation. La pression d'air a également une variation quadratique en fonction de la vitesse.

## Application à un extracteur de chaudière à ventouse :

On souhaite diminuer légèrement le flux d'air d'une chaudière gaz à double service des années 1995 :

- En mode chauffage du ballon d'ECS celle-ci fonctionne à pleine puissance tout comme le ventilateur d'extraction.
- En mode chauffage, celle-ci est modulée entre 30 % et 75 % de sa puissance maximale. Des mesures de CO/CO<sub>2</sub> et O<sub>2</sub> montrent qu'elle sur-ventile. D'où l'intérêt de réduire le flux de l'extracteur sans toutefois provoquer de condensation ni de décrochement de la sécurité de l'extraction !

### Caractéristiques du moteur de l'extracteur :

Données constructeur 240 V 46 W (puissance active)

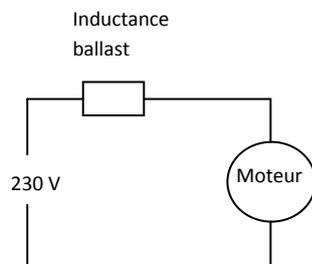
Résistance de la bobine : 50 Ω

Courant nominal mesuré : < 0,37 A

Puissance apparente mesurée : 85 VA

Cos phi estimé par le rapport puissance active/réactive : environ 0,54

Pour réduire la tension du moteur de l'extracteur nous allons faire appel à un bon vieux principe utilisé en électrotechnique : **le ballast inductif**.



Le principe du ballast inductif est entièrement passif (sans électronique). Il consiste à ajouter une inductance en série avec une charge. Celle-ci déphase le courant et réduit la part de puissance active. Dans notre cas appliqué au moteur asynchrone l'effet sera très intéressant car ce dernier est déjà inductif. Le courant sera réduit et déphasé dans le même sens.

Le bénéfice du ballast correctement dimensionné apporte quelques avantages :

- Réduit la tension sur le moteur pour en réduire sa vitesse.
- Diminue le courant apparent et la puissance apparente.
- Réduit les pertes fer dans le noyau du moteur et par conséquent son échauffement.
- Le « Cos phi » diminue légèrement, la puissance active est moindre.
- Dissipe très peu de chaleur si le ballast est bien dimensionné.
- Ne produit pas d'harmonique sur le secteur contrairement à un gradateur ou tout autre variateur électronique.
- Fiable, il ne comporte qu'un seul composant.
- Convient pour convertir un moteur 220 V en 230-240 V s'il chauffe trop par saturation des tôles magnétiques de son noyau.

En contrepartie, ses inconvénients ne sont pas des désagréments majeurs :

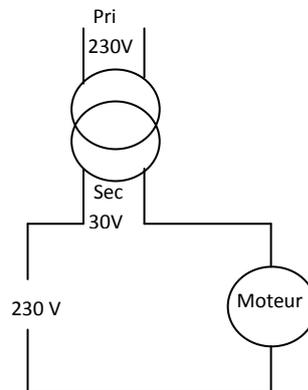
- A protéger par un fusible en cas de court-circuit sur la charge, mais la charge représentée par ce type de moteur supporte les blocages du rotor (*impedance protected*).
- Peut être lourd, encombrant et couteux pour des puissances supérieures à 100 VA.
- Mal dimensionné sa carcasse en tôle peut chauffer si son circuit magnétique sature.

En guise de bobine, il est facile de trouver un transformateur de récupération dont on se servira du secondaire de 12 à 30 V. Le secondaire du transformateur ainsi inséré en série avec le moteur va se comporter comme un transformateur inversé. La partie primaire du transformateur est laissé libre sans connexion.

A défaut de transformateur, on peut faire des essais avec des ballasts ferromagnétiques de tube néon.

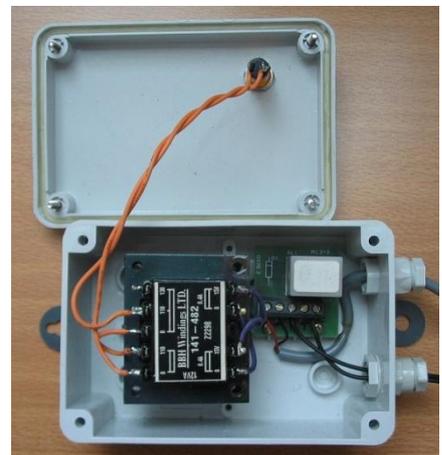
Ci-contre le schéma d'application :

On peut se servir du primaire pour alimenter un voyant au néon, si ce dernier ne consomme que quelques mW.



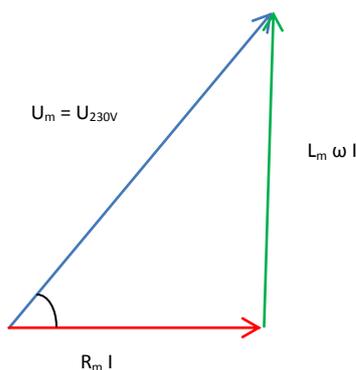
Pour dimensionner ce transformateur la marche à suivre est la suivante :

- Mesurer le courant nominal du moteur :  $0,37\text{ A}$
- Se fixer une chute de tension : par exemple  $30\text{ V}$  soit  $200\text{ V}$  sur le moteur
- Rechercher un transformateur de  $30\text{ V} \times 0,37\text{ A}$  soit  $11\text{ VA}$  ou un peu plus
- Faire un essai avec le moteur et mesurer les tensions aux bornes du « secondaire » et du moteur.
- La tension sur le « primaire » du transformateur resté libre ne doit pas dépasser  $220$  à  $230\text{ V}$ , sinon le transformateur sature et va chauffer. Dans ce cas, en prendre un autre avec une puissance apparente (VA) plus élevée.

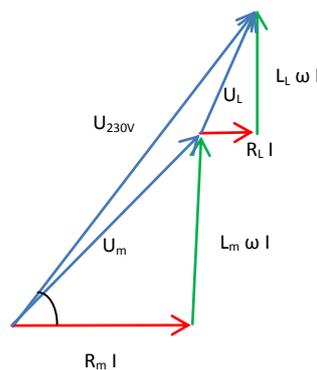


Pour compléter la théorie, le diagramme vectoriel ci-dessous illustre les parts des tensions actives ( $R_m I$ ) et réactive ( $L_m \omega I$ ) du moteur dans les deux cas.

Avant



Après



Après l'ajout de la self en série, la tension sur le moteur  $U_m$  diminue approximativement du rapport d'inductances si on néglige les pertes résistives du ballast  $R_L I$

Dans le cas de notre extracteur, un secondaire de transformateur est ajouté en série avec le moteur. Ce secondaire est court-circuité par un relais en mode chauffage ECS.

Pour  $30\text{ V}$  de réduction de tension aux bornes de ce secondaire, la puissance apparente du transformateur calculée sera de  $30\text{ V} \times 0,37\text{ A}$  soit  $11\text{ VA}$  environ. Un transformateur de  $2 \times 15\text{ V}$   $12\text{ VA}$  a été choisi.

Au primaire du transformateur on mesure une tension de 230 V à vide.

**Après modification :**

*Le courant nominal passe de 0,37A à 0,30 A*

*Tension moteur : 200 V*

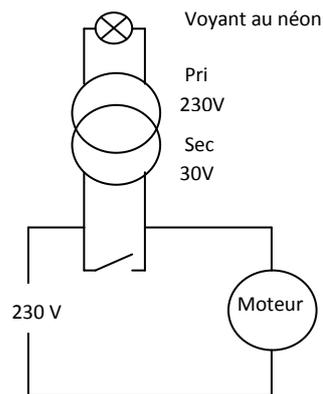
*Tension sur le ballast : 30 V*

*La puissance apparente passe de 85 VA à 70 VA*

*La puissance active passe de 46 W à 37 W*

*Baisse de puissance : 20 %*

*Cos phi estimé : environ 0,44*



La baisse de puissance atteint 20 % avec une diminution du courant nominal, le moteur se voit alimenté sous 200 V. La différence de régime de rotation du moteur s'entend à l'oreille en commutant le relais. Mis en place dans la chaudière, ce dispositif fait gagner environ 4 % de rendement sur la plage de modulation ce qui est non négligeable à l'année ! Ce dispositif peut être appliqué à un circulateur ou une pompe en plus de ses enroulements commutables, toutefois la réduction de tension ne devra pas dépasser 20% pour garantir un rendement et un couple suffisant au démarrage.

Jean-Matthieu STRICKER  
Ingénieur INSA Génie Electrique

1ère édition du 4 avril 2013  
Publié sur le site de l'APPER Solaire

Diffusion ou reproduction interdite sans accord de l'auteur : F5RCT.JM )à( gmail.com  
Discussion sur le forum : <http://forum.apper-solaire.org/viewtopic.php?t=7499&highlight=>

Références :

Les moteurs électriques pour applications de grande série :

[http://reglisse.bretagne.ens-cachan.fr/pdf/mecatronique/3EI\\_moteursGdeSerie.pdf](http://reglisse.bretagne.ens-cachan.fr/pdf/mecatronique/3EI_moteursGdeSerie.pdf)

Moteurs à bague de démarrage, à spire de Frager :

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Moteur\\_%C3%A0\\_bague\\_de\\_d%C3%A9marrage](http://fr.wikipedia.org/wiki/Moteur_%C3%A0_bague_de_d%C3%A9marrage)

Principes et fonctionnement des ventilateurs axiaux :

[http://www.wittfan.de/french/techinf\\_axial.php](http://www.wittfan.de/french/techinf_axial.php)

Consommation relative à la ventilation, divers :

<http://www.enertech.fr/pdf/50/calcul-consommation-electricite-services-generaux.pdf>

Formulaire Kurt Gieck : voir section électrotechnique

<http://www.eyrolles.com/Sciences/Livre/formulaire-technique-9782100511891>

Les chaudières à condensation :

<http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10954>

Rendement d'une chaudière :

<http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10987>