

# Le variateur de vitesse

## 1. Problématique

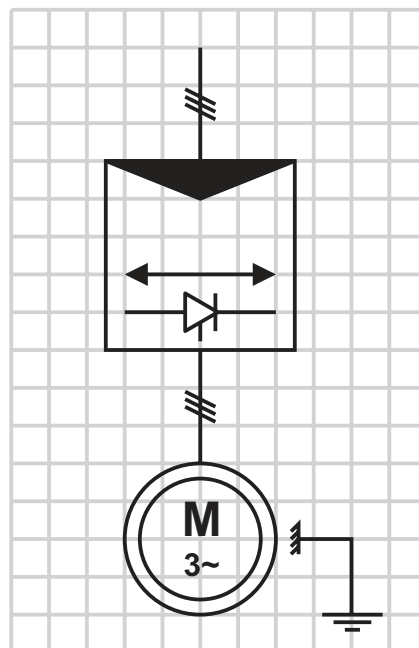
Nous avons vu qu'il est possible de diminuer le courant en ligne lors du démarrage des moteurs asynchrones soit en procédant par un couplage étoile - triangle, soit par un démarreur électronique. Le problème est que la vitesse de rotation d'un moteur est fixée une fois pour toutes à la fabrication (nombre de paires de pôles). Grâce à l'électronique de puissance, il est aujourd'hui possible d'allier la robustesse des moteurs asynchrones et la possibilité de variation de vitesse sur une large plage.

## 2. Fonction - symbole

La fonction du variateur de vitesse est la suivante :

*Le variateur de vitesse permet de faire varier la vitesse de moteurs électriques asynchrones qui, de conception, ont une vitesse de rotation constante. La variation de vitesse est obtenue en faisant varier la fréquence de la tension d'alimentation du moteur.*

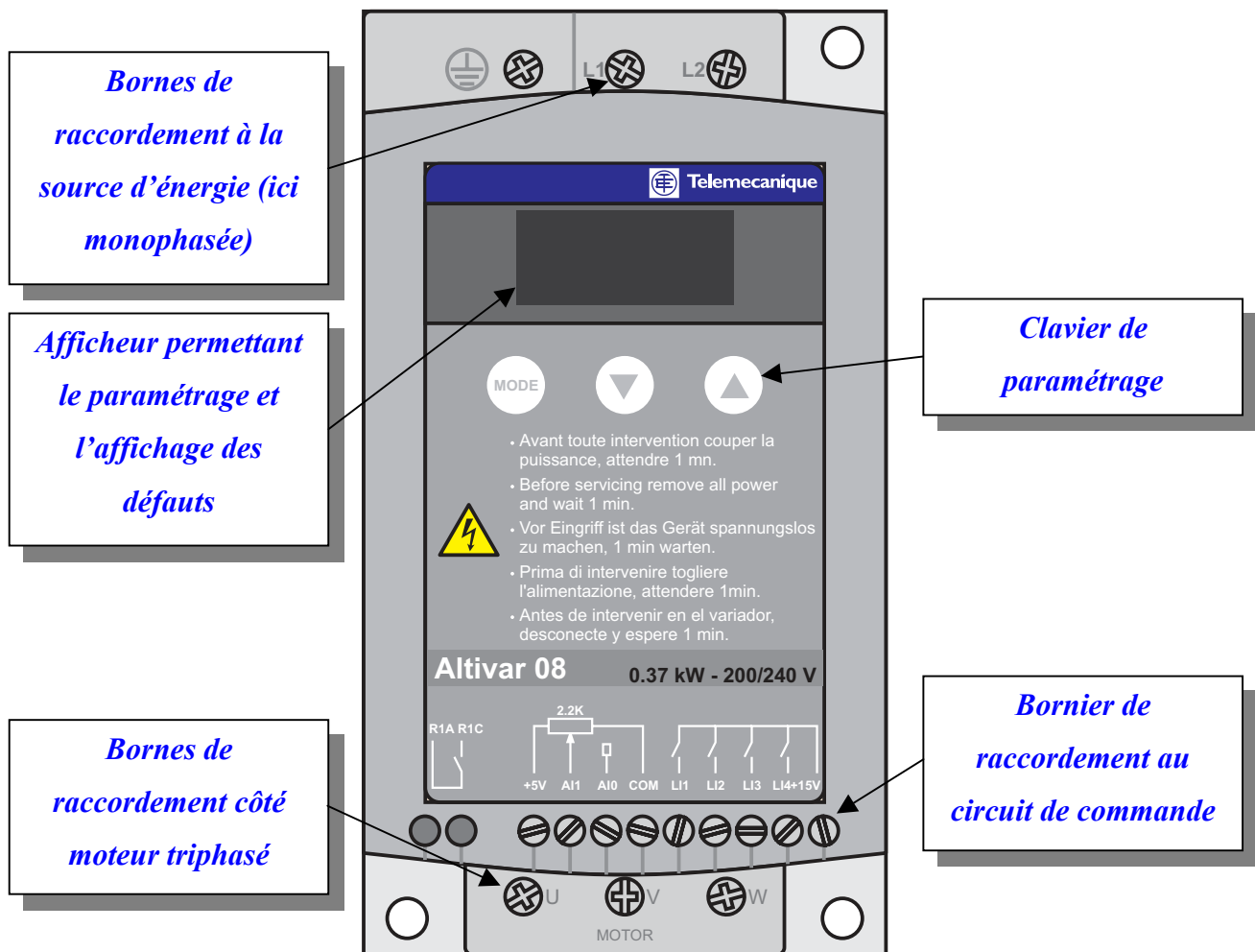
Le symbole fonctionnel d'un variateur de vitesse électronique deux sens de rotation pour moteur asynchrone triphasé est le suivant :



## 3. Constitution

Le variateur de vitesse est un organe basé sur l'électronique de puissance. Il transforme la tension fixe du réseau qui peut être monophasée ou triphasée en une tension triphasée de valeur variable en amplitude et en fréquence. Chaque fabricant y ajoute selon ses spécifications des options telles que la limitation de courant au démarrage, la protection thermique du moteur, la gestion des défauts internes au variateur, des rampes d'accélération, de décélération... Le fonctionnement du moteur peut se faire à couple constant, à puissance constante...

Suivant les modèles et les fabricants, l'interface utilisateur et les fonctionnalités sont variables.



#### 4. Critères de choix

Parmi les critères de choix d'un variateur de vitesse :

- *Le type de moteur à raccorder (monophasé, triphasé),*
- *Le type d'alimentation monophasée ou triphasée,*
- *Le courant nominal absorbé par le moteur ou sa puissance nominale,*
- *La tension nominale du moteur,*
- *La plage de réglage de la vitesse (le moteur peut nécessiter une ventilation auxiliaire en cas de fonctionnement permanent à basse vitesse),*
- *Le type d'entrée de réglage de la vitesse (en tension 0 - 10 V, en courant 4 - 20 mA, via une interface Ethernet, un bus de terrain...),*
- *Les fonctionnalités « accessoires » (protection thermique, rampes de mise en vitesse et d'arrêt, interface de programmation...).*

Certaines entreprises imposent un fabricant et une gamme pour équiper la totalité de leurs machines afin de réduire le stock de pièces détachées.

## 5. Application

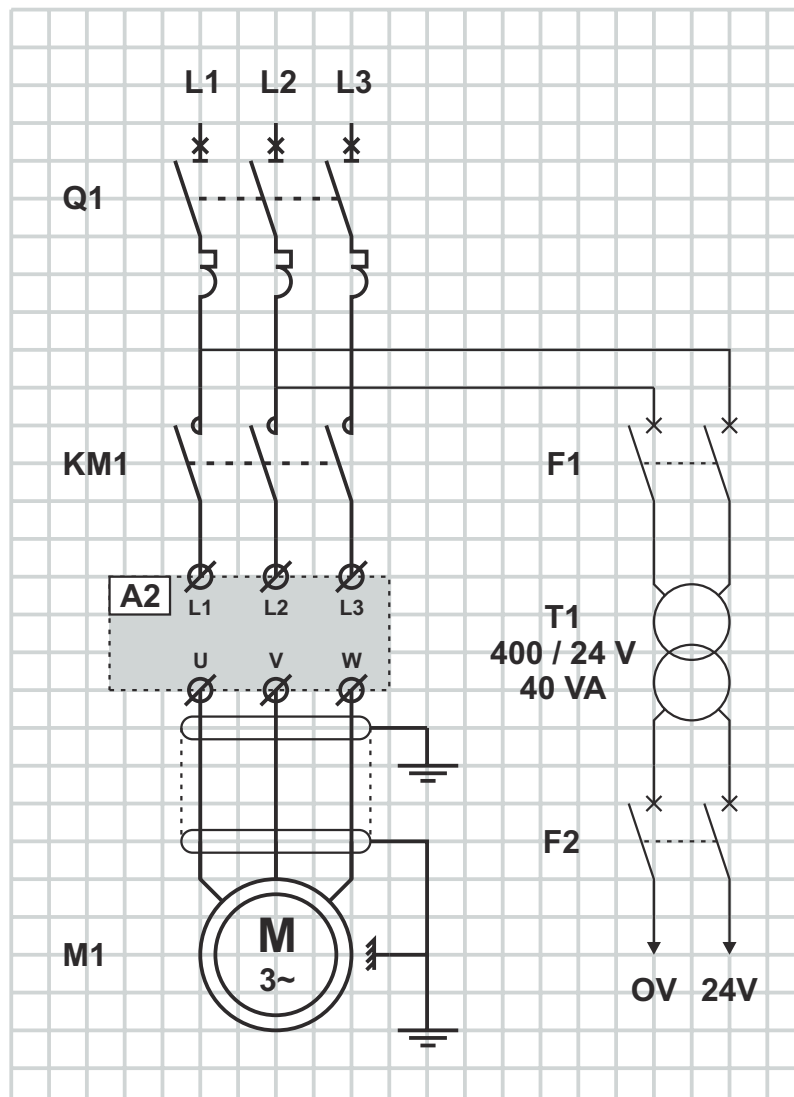
La représentation graphique du variateur de vitesse prend la forme d'un « rectangle » sur le pourtour duquel les bornes de raccordement sont représentées. La fonctionnalité de chacune de celles-ci est indiquée sous la forme d'un texte à l'intérieur du symbole et est reprise dans la documentation technique de l'appareil.

Un câble « blindé » électriquement est habituellement utilisé au niveau du circuit de puissance entre le variateur et le moteur afin d'améliorer la compatibilité électromagnétique.

Nous allons étudier la motorisation du convoyeur qui relie l'unité de remplissage des flacons de parfum à l'unité de conditionnement en cartons. Le démarrage direct n'est ici pas envisageable car les flacons tomberaient en raison de la trop forte accélération au démarrage. Un démarreur progressif ne permettrait pas d'adapter la vitesse du convoyeur à la production, le variateur de vitesse est donc ici pleinement justifié. Son entrée de consigne (*AII*) est pilotée par un automate programmable industriel (*AI*) par une tension 0 - 10 V (sortie *AQ3*).

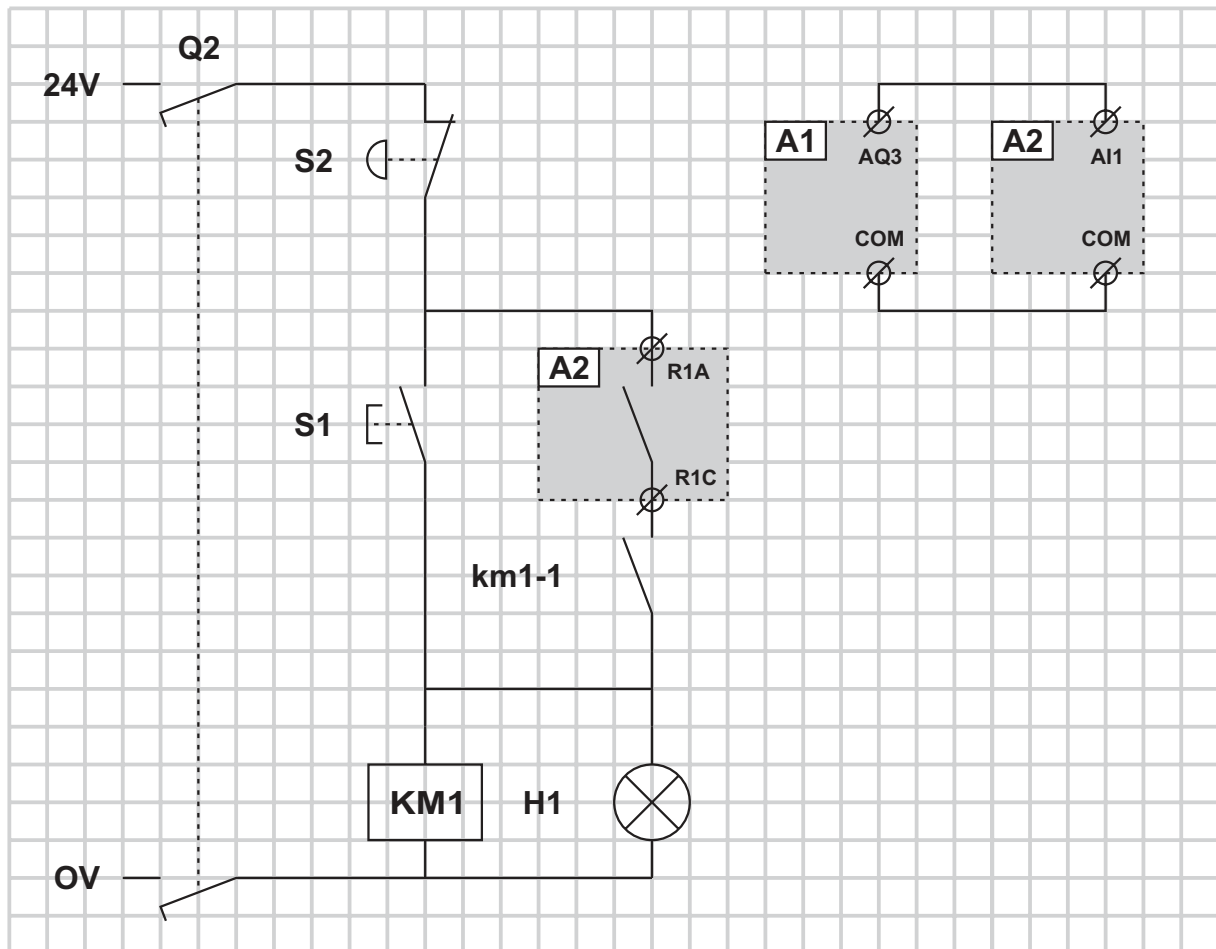
Le variateur de vitesse (*A2*) intègre la protection thermique du moteur, il est alimenté sous 230 / 400 V triphasés. Le circuit de puissance est protégé par le disjoncteur - sectionneur *Q1*. Le variateur de vitesse est mis sous tension par le biais d'un contacteur de ligne *KM1*. Le circuit de commande est alimenté sous 24 Vac grâce au transformateur de commande *T1* (400 / 24 V - 40 VA) protégé par les disjoncteurs *F1* au primaire et *F2* au secondaire.

Tracez ci-dessous le schéma de puissance conforme à ce cahier des charges.



Le contacteur de ligne est mis sous tension par l'intermédiaire du bouton-poussoir *S1*, le coup de poing *S2* le met hors tension. Le contact *R1A*, *R1C* du variateur permettra la mise hors tension du contacteur de ligne en cas de défaut interne sur le variateur ou de défaut thermique sur le moteur. Il sera placé en série avec le contact d'auto-alimentation. Le voyant *H1* permet de visualiser que le variateur est sous tension.

Tracez ci-dessous le schéma de commande correspondant à cette application.



## 6. Paramétrage

Les paramètres sont différents selon les modèles et les fabricants, mais on retrouve le plus souvent :

- *Le courant nominal du moteur ou sa puissance nominale,*
- *La vitesse nominale de rotation du moteur,*
- *L'application (il existe des variateurs spéciaux pour le levage, le pompage...),*
- *Les fonctionnalités des contacts de sortie du variateur (alarmes...),*
- *Les fonctionnalités des entrées (entrée analogique en 0 -10 V, 4 - 20 mA, entrées logiques faisant fonctionner le variateur tant que l'entrée est active, par impulsions...),*
- *Durée des éventuelles rampes de démarrage et d'arrêt,*
- *L'éventuelle limitation de courant à appliquer...*

Les paramètres sont explicités par le fabricant dans la notice et programmés par l'électricien à la mise en service. L'usage veut que cette dernière soit placée dans l'armoire ou remise au client dans le dossier technique de la machine dans laquelle le démarreur est installé.

## 7. Avantages - inconvénients

Parmi les principaux avantages des variateurs de vitesse :

- *Forte réduction du courant de démarrage,*
- *Absence « d'à-coups » au démarrage des moteurs entraînant une meilleure fiabilité mécanique,*
- *Montée progressive en vitesse,*
- *Couple indépendant de la vitesse (possibilité de démarrage de machines à couple constant).*

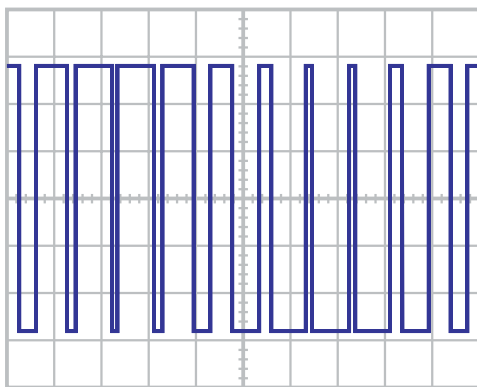
Les principaux inconvénients des variateurs de vitesse sont :

- *Coût élevé par rapport au démarrage classique par contacteurs,*
- *Câblage plus complexe,*
- *Nécessité d'une qualification plus élevée du personnel de mise en œuvre.*

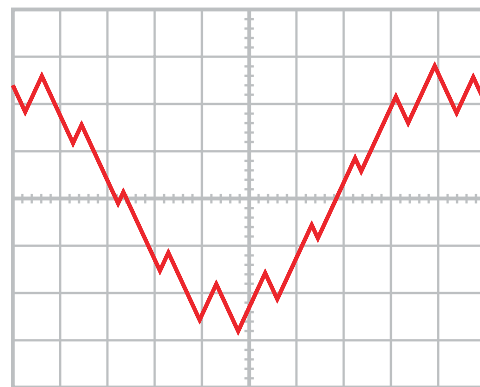
## 8. Allures des tensions et courants

Le variateur de vitesse fait varier la tension et la fréquence qui alimentent le moteur qu'il pilote. En intervenant sur ces deux grandeurs, on peut travailler à couple constant, à puissance constante, etc. Les formes des tensions et courants ne correspondent plus à une alimentation directe par le secteur.

On retrouve les formes d'ondes suivantes sur les variateurs de vitesse **MLI** (**M**odulation de **L**argeur d'**I**mpulsion, **PWM** en anglais) :



*Allure de la tension en sortie d'un variateur de vitesse MLI.*



*Allure du courant en sortie d'un variateur de vitesse MLI.*

L'ajout d'un filtre en sortie de variateur et le travail à une fréquence de modulation plus élevée permettent d'obtenir un courant qui se rapproche de la forme sinusoïdale améliorant ainsi la compatibilité électromagnétique.