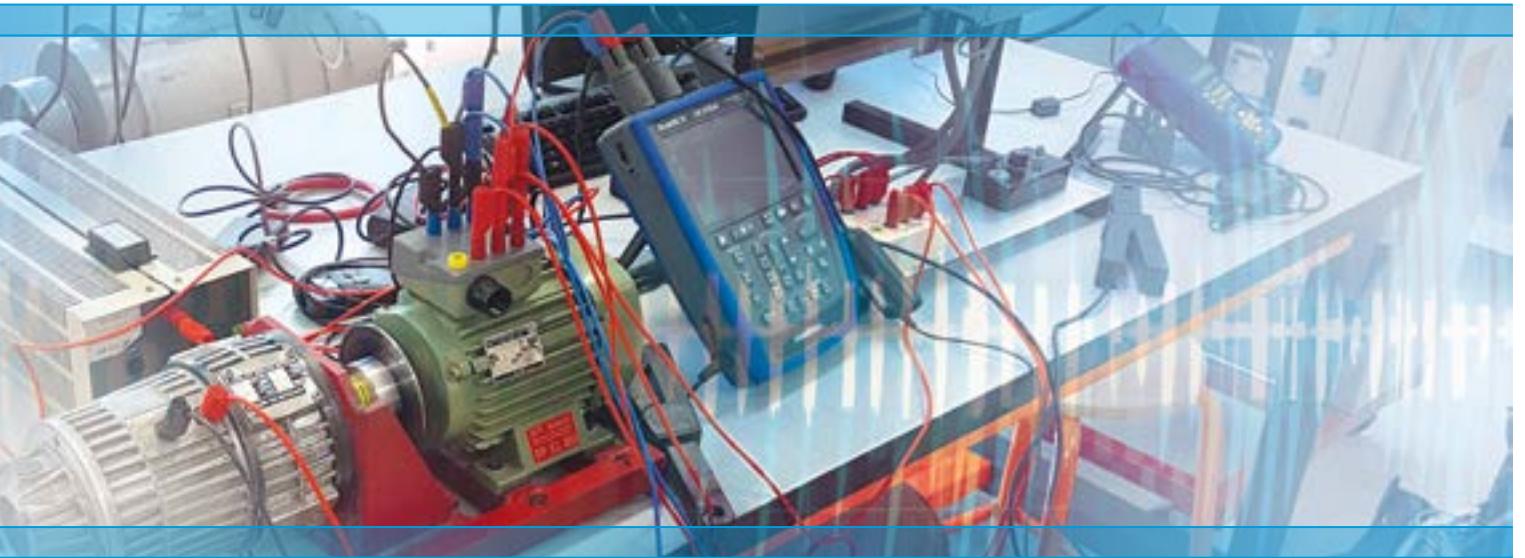


## ETUDE D'UN VARIATEUR DE VITESSE AVEC LE **SCOPIX IV**



Dans l'industrie, l'utilisation de moteurs avec une vitesse de rotation variable est de plus en plus fréquente.

Il a fallu créer les variateurs de vitesse pour contrôler cette caractéristique. Au début, la variation de vitesse était proportionnelle à la tension délivrée au MCC (moteur à courant continu), mais l'entretien de ce type d'appareil était trop complexe. De plus, les composants utilisés subissaient des perturbations électriques liées au réseau.

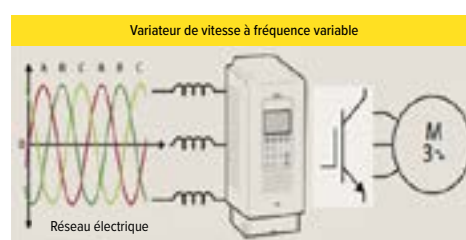
Désormais, ce sont les variateurs de vitesse à fréquence variable qui sont utilisés le plus souvent, les plus connus étant les MLI (modulation de largeur d'impulsion). Ces derniers permettent de limiter les chutes de tension lors du démarrage du moteur, car le variateur fait varier progressivement la vitesse de rotation. En plus de cela, la régulation de vitesse se fait de manière précise, et le matériel voit sa durée de vie augmenter.

Nous allons étudier les formes des signaux à travers un oscilloscope et en particulier avec l'oscilloscope portable à voies isolées SCOPIX IV.

**Oscilloscope  
à voies isolées**

**Filtres MLI**

**Analyses  
Harmoniques**

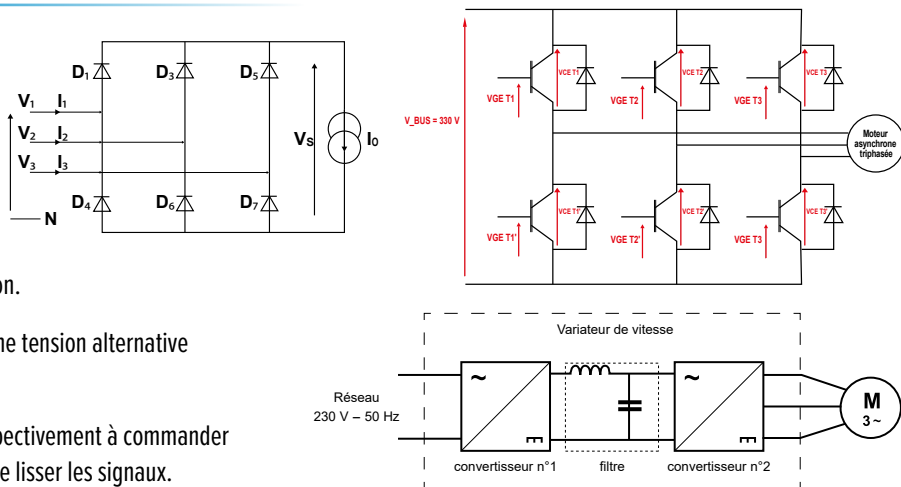


## Un peu de théorie

### Les variateurs de vitesse MLI

Ce type de variateur se décompose en plusieurs fonctions :

- Le redresseur, qui a pour but de passer d'une tension alternative vers une tension continue et de lisser cette tension.
- L'onduleur, qui permet de passer d'une tension continue à une tension alternative quelle que soit la fréquence de cette dernière.
- Les circuits de commande et intermédiaires, qui servent respectivement à commander le variateur, filtrer les signaux, stocker les énergies ou encore lisser les signaux.



### Astuce

En sortie d'un redresseur, deux informations sont importantes à propos de la tension de sortie :

#### LE FACTEUR DE FORME

#### REDRESSEUR

Il représente la qualité du redressement, plus il est proche de 1, meilleur est le redressement.

Il se calcule de la manière suivante :

$$\frac{U_{\text{eff}}}{U_{\text{moyen}}}$$

#### LE TAUX D'ONDULATION

#### ONDULEUR

Après le filtrage de la tension de sortie du variateur, cette dernière est lissée et la qualité de ce lissage est symbolisée par le taux d'ondulation.

Pour calculer ce taux, il faut utiliser la formule suivante :

$$\frac{U_{\text{max}} - U_{\text{min}}}{U_{\text{moyen}}}$$

Le principe d'un variateur MLI repose sur l'application d'une tension constante (et souvent nominale) mais durant des intervalles de temps définis pour atteindre la vitesse souhaitée.

Voici un exemple de signal que peut envoyer un MLI (mesuré à partir d'un oscilloscope Scopix IV) :

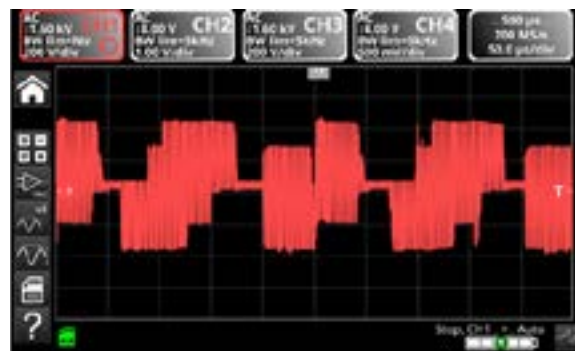
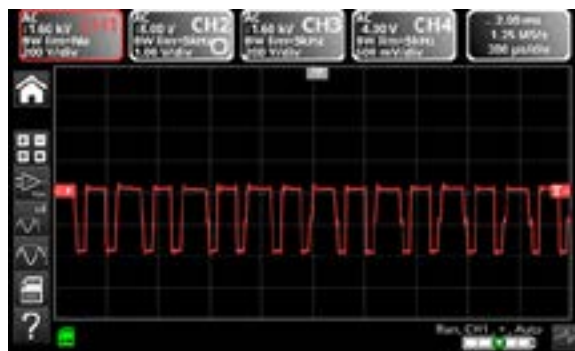
On remarque bien que les impulsions sont envoyées successivement pour produire une accélération, les pics sont tous de même amplitude pour fournir la valeur moyenne désirée en fonction du temps, à l'état haut du signal.

Il y a cependant certaines contraintes à l'utilisation de ces variateurs de vitesse, **ces appareils étant sources de beaucoup de perturbation sur le réseau électrique**. En effet, une des conséquences engendrée par l'utilisation de ce type d'appareils est l'apparition d'harmoniques sur le réseau électrique. Un filtrage est parfois nécessaire pour éliminer ces impuretés.

Pour pouvoir détecter ces anomalies, il faut un matériel spécifique afin de bien identifier le problème qui peut survenir. Pour ce genre de situation **le Scopix IV est idéal car équipé des sondes ProbiX**, il peut tout à fait mesurer les différents signaux émis par le variateur de vitesse **sur différentes voies isolées entre elles et par rapport à la terre**.

Plusieurs mesures sont essentielles au bon fonctionnement du variateur ainsi qu'aux appareils présents dans son environnement comme les moteurs :

- La tension de sortie du variateur est très importante, car si elle n'est pas adaptée, elle peut endommager les récepteurs reliés au variateur.
- Les perturbations présentes sur la tension de sortie. Il est important de savoir si le signal est trop perturbé, car cela signifie que le filtre n'est pas assez efficace ou qu'il y a un dysfonctionnement dans le montage global.

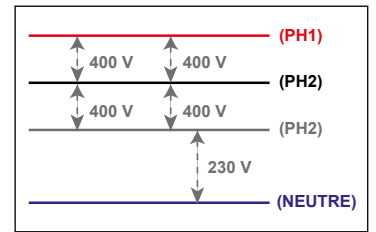


Ci-dessus, l'utilisation **mode OSCILLOSCOPE** selection enveloppe pour visualiser la forme des impulsions.



En triphasé, il n'est pas rare de mesurer la valeur efficace de chaque phase afin de vérifier l'équilibrage, dans le cas où les phases ne possèdent pas les mêmes caractéristiques, il est possible qu'un dysfonctionnement survienne.

Comme expliqué précédemment, les variateurs sont sujets à la création de perturbations, qui, si elles sont trop importantes, peuvent fausser les mesures. Pour ce type de problème, **le Scopix IV possède un analyseur d'harmoniques ou encore une analyse FFT** qui permet de détecter si un signal est perturbé et diagnostiquer les fréquences à éliminer.



HX0093



De plus, l'oscilloscope possède **des filtres numériques** directement accessibles depuis l'écran tactile, les signaux perturbés peuvent donc être modifiés afin de supprimer une partie des perturbations. Il est possible de filtrer à 5 kHz, 1,5 MHz ou 15 MHz en mode scope, et 625 Hz ou 5 kHz en mode multimètre.

Il existe cependant d'autres filtres utilisables avec le Scopix IV : les filtres analogiques. Par exemple le filtre passe bas du 3<sup>ème</sup> ordre **HX0093**, dont la fréquence de coupure se situe à 300 Hz. Cette sonde a été développée pour filtrer la tension car elle atténue le signal filtré de 60 dB (soit un facteur 1000) les signaux en dessous de 300 Hz.

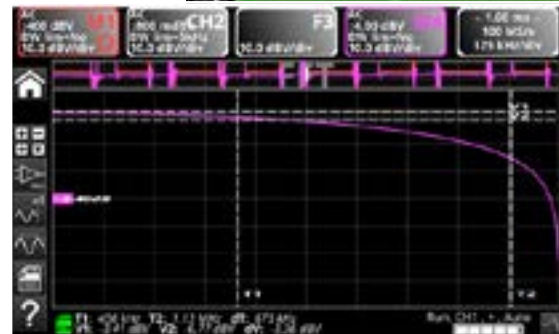
Ci-contre, **SCOPIX mode HARMONIQUE** pour une analyse d'harmonique sur un réseau peu perturbé. En effet, il y a quelques harmoniques présentes en plus du 50 Hz, cependant, leur amplitude est assez faible. Elles ont un impact négligeable sur le signal que l'on visualise en mode Scope.

Même si les harmoniques qui perturbent le signal sont négligeables visuellement, pour les mesures automatiques de l'oscilloscope, ils deviennent problématiques. Il faut donc les éliminer avec les moyens mis à disposition sur l'oscilloscope.



En plus d'une analyse d'harmoniques, **mode OSCILLOSCOPE**, l'analyse FFT (transformée de Fourier rapide) est présente sur l'oscilloscope. En effet, il est possible d'effectuer une analyse FFT afin de pouvoir discerner les perturbations du signal. Plus particulièrement les fréquences précises de ces perturbations, cela permettra donc à l'utilisateur de choisir les filtres à affecter précisément pour être plus efficace.

Ci-contre, on peut voir la courbe de gain ainsi qu'une visualisation du signal reçu tout en haut de l'écran. Grâce à l'utilisation des curseurs, il est possible de repérer les fréquences importantes.



Cette première mesure a été effectuée sans filtre, on peut le remarquer en observant la fréquence de 7,8 kHz qui n'est pas tout à fait la fréquence du variateur. Le facteur de puissance est donc faux. Pour pallier à ce problème, plusieurs solutions sont possibles :

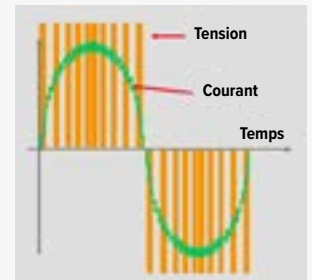
**PRÉCAUTIONS** Utiliser un filtre HX0093 afin de ne laisser passer que les fréquences inférieures à 300 Hz, mais avec une atténuation de x 1000 sur l'amplitude du signal. Sur de fortes tensions, ce filtre est acceptable, mais attention si le signal est trop faible, les mesures automatiques ne sont pas réalisables.

La deuxième solution est d'utiliser un filtre numérique présent sur l'oscilloscope. Il est possible de filtrer à 5 kHz ou 625 Hz selon la mise en situation. Dans notre cas, il faudra filtrer à 625 Hz car la fréquence délivrée par le variateur est proche de 20 Hz. (fréquence choisie arbitrairement)

## Rappel sur les MLI

L'appareil **Scopix IV** est un outil vraiment efficace pour ce genre de mesures car il peut non seulement, en **mode multimètre**, mesurer des valeurs efficaces très rapidement, mais aussi permettre à l'utilisateur de visualiser tous les signaux grâce au mode oscilloscope. On peut donc très facilement se rendre compte d'un dysfonctionnement ou d'une anomalie dans les signaux que délivre le variateur.

En sortie d'un variateur de vitesse le signal est particulier, la tension est composée de plusieurs pics sur des intervalles de temps différents. C'est le PWM (Pulse Width Modulation), la commande de tension en créneaux. Ces créneaux sont déterminés par la fréquence de découpage, qui peut être déduite en utilisant la décomposition en FFT.





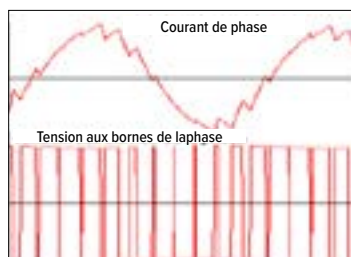
Ci-contre, une mesure de puissance en monophasé, avec le filtrage à 625 Hz. On voit que la fréquence est bien celle délivrée par notre variateur, notre facteur de puissance est donc correct. Les mesures n'ont pas été effectuées exactement dans les mêmes conditions, c'est pourquoi le courant et la tension sont différents.

Voici deux captures d'écran, la première représente une tension et un courant sur lesquels aucun filtre n'a été appliqué, et on voit que ce type de signal ne peut pas être exploité aussi bien manuellement qu'automatiquement par l'appareil.

Après avoir été filtré à 5 kHz, ces signaux deviennent déjà plus compréhensibles et l'appareil peut effectuer quelques mesures automatiques. Il faudrait ici ajouter un filtre HX0093 pour que le signal soit plus « propre » (élimination du bruit).



Avec un filtrage parfait, la tension et le courant reçus par le moteur devraient avoir la forme ci-contre.



L'utilisation des variateurs de vitesse s'avère indispensable dans les grandes industries, vu qu'ils permettent un potentiel de gain énergétique d'environ 42 %. Ils jouent donc un rôle essentiel dans le processus de l'utilisation raisonnée et responsable de l'énergie dans le but d'économiser les ressources.

Pour autant, les dispositifs de commutation intégrés dans les variateurs de vitesse représentent une charge non linéaire qui génère des harmoniques, à l'origine des chutes ou perturbations sur le réseau électrique. D'où la nécessité de visualiser et surveiller les formes d'onde (courant et tension) du variateur de vitesse.

En guise de démonstration des fonctionnalités du Scopix IV permettant de visualiser les perturbations créées par un variateur de vitesse, cette manipulation a été réalisée sur un variateur alimentant un moteur asynchrone (couplé en étoile) en charge avec une génératrice qui alimentait une résistance.\*

**Grâce aux multiples modes disponibles sur le Scopix IV**, une analyse complète a pu être réalisée. Un facteur de puissance a pu être mesuré en mode multimètre, et des observations ont été faites sur le signal envoyé par le variateur.



**Dans le cas de la manipulation précédente, l'oscilloscope Scopix IV est particulièrement adapté à cette application, grâce à ses différentes fonctionnalités, dont le filtrage des signaux et l'analyse des harmoniques.**

*\*la manipulation a été réalisée à l'IUT d'Annecy-le-Vieux, dans le cadre de travaux pratiques.*