

## **Note d'application : La commande électronique des moteurs couples ALXION ST et STK pour entraînement direct d'axes automatisés**

Les moteurs couples ALXION ST et STK sont des moteurs synchrones triphasés multiplolaires à aimants permanents terres rares à haute énergie de type Néodyme-Fer. Il s'ensuit qu'ils sont pilotables par les variateurs électroniques d'asservissement et systèmes de commande d'axes disponibles sur le marché. Nous donnons ci-après des informations relatives à l'interfaçage moteurs/variateurs ou commande d'axes :

### **Tension d'alimentation réseau**

Les caractéristiques des moteurs couples standard données en ligne ainsi que les courbes couple-vitesse correspondent à un fonctionnement sur variateurs alimentés sous réseau nominal 400 V ac.

Selon les spécifications de la norme CEI EN 60034-1 : 2010 concernant les moteurs alimentés par réseaux jusqu'à 500 V ac, tous les moteurs standard ALXION ST et STK sont contrôlés en isolement en usine à 2000 V ac eff, 50 Hz, entre phases et terre et entre phases en « surge test ». De plus, en ce qui concerne l'utilisation avec des variateurs électroniques de commande, les moteurs ALXION ST et STK sont compatibles avec des variateurs sous réseaux jusqu'à 500 V ac maximum sous réserve que les tensions en sortie du variateur aux bornes du moteur respectent la norme CEI 60034-25 : 2007, niveau A.

Il est à noter que l'utilisation sur des réseaux inférieurs à 400 V ac provoque un déclassement des caractéristiques couple-vitesse. L'utilisation sur des réseaux supérieurs à 400 V ac permet des puissances maximales instantanées supérieures mais peut provoquer dans les moteurs de forte puissance un léger déclassement des caractéristiques nominales. Il est recommandé de contacter nos services techniques.

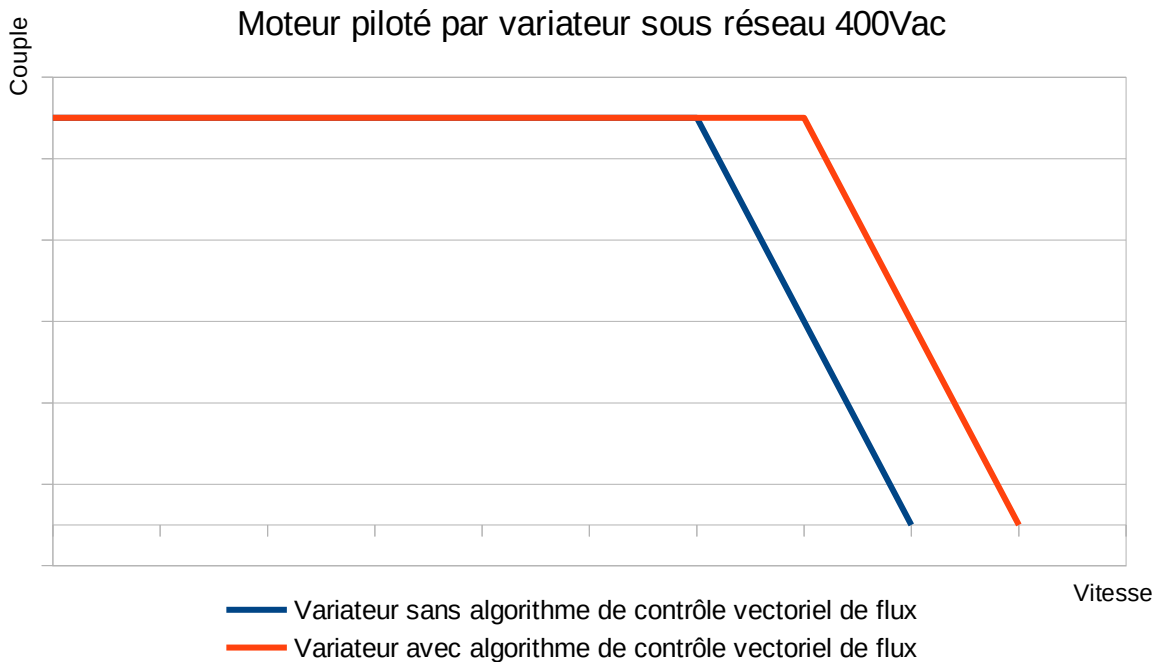
### **Caractéristiques couple-vitesse en fonction de la tension disponible en sortie du variateur, aux bornes du moteur :**

On distingue à cet égard deux types de variateurs ou systèmes de commande d'axes :

- ⤴ les variateurs électroniques de conception ancienne dont le fondamental de tension entre phases en sortie est égal au maximum à 330 V AC pour un réseau de 400 V ac
- ⤴ les variateurs électroniques de conception moderne, équipés d'algorithme de contrôle vectoriel de flux, dans lesquels le fondamental de la tension de sortie entre phases est égal au maximum à 380 V à 390 V ac pour une tension réseau de 400 V ac.

Les caractéristiques couple-vitesse des moteurs ST et STK standard sont données en considérant une tension fondamentale aux bornes du moteur de 330 V ac, ce qui correspond à des variateurs sous réseau 400V ac non équipés d'algorithme de contrôle vectoriel de flux. Dans le cas d'un variateur à contrôle vectoriel de flux sous réseau 400 V ac, la vitesse maximale à couple maximal, c'est à dire la puissance maximale, sera donc supérieure. Une autre conséquence est que pour une puissance utile donnée, on peut

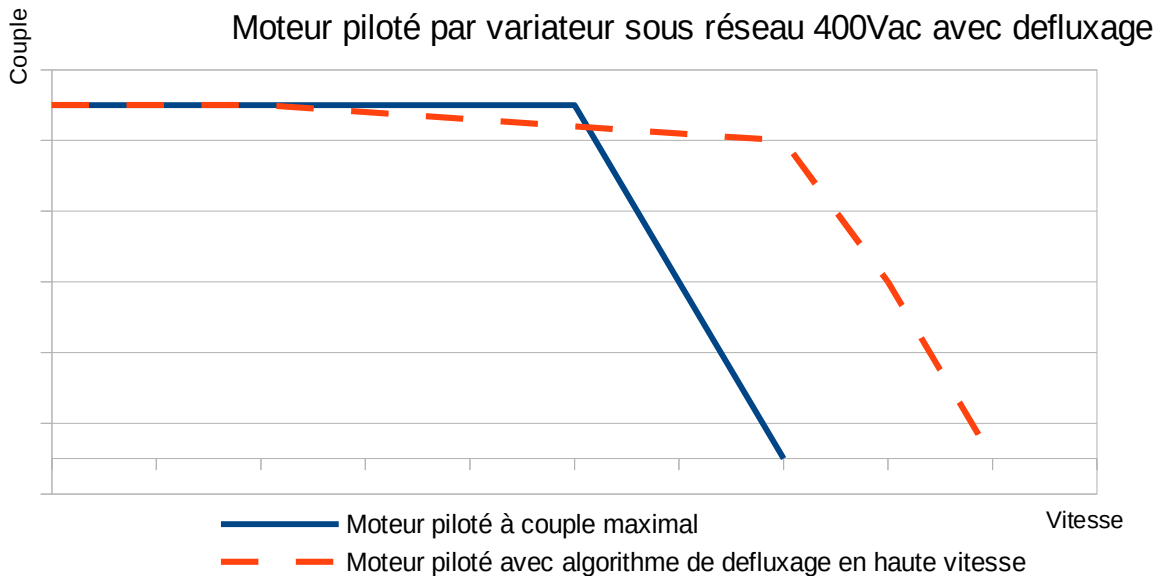
envisager des bobinages spéciaux à constante de couple supérieure et donc à courant minimisé avec des variateurs à contrôle vectoriel de flux.



### Algorithmes de défluxage

La plupart des variateurs modernes sont équipés d'algorithmes de défluxage. Le défluxage consiste à avoir une composante du vecteur courant qui agisse en défluxage des aimants de manière à abaisser la tension aux bornes du moteur. De ce fait, pour un courant donné, le couple est en première approche réduit d'un facteur égal au cosinus de l'angle entre courant et force électro-motrice mais comme le facteur de puissance est augmenté, voire rendu unitaire, par le défluxage, la puissance mécanique peut être augmentée. En clair, pour un niveau de courant et une tension maximale disponible, la puissance utile est supérieure en travaillant en défluxage de façon adaptée comme le montre la figure ci-après.

Les caractéristiques électromécaniques et les courbes couple-vitesse sont données dans nos catalogues sans considérer de défluxage, soit pour un angle de  $90^\circ$  entre courant et Flux des aimants ou bien encore un angle nul entre courant et force électro-motrice



## Codeurs et transducteurs de position

Dans les moteurs couples ST complets, nous proposons de monter les transducteurs de position suivants qui sont, d'une façon générale, compatibles avec l'ensemble des variateurs et systèmes de contrôle d'axes actuels (le # donne le digit T dans le tableau de codification des moteurs ST) :

- ⤴ résoudre de précision +/-10 minutes d'arc pour moteurs à arbre plein : # 6
- ⤴ résoudre de précision +/-1 minute d'arc pour moteurs à arbre creux traversant : # 1
- ⤴ codeur incrémental ERN1381 sin cos, 2048 sinusoïdes et 4096 en option, 1 v pp pour moteurs à arbre plein: # 5
- ⤴ codeur incrémental ERN180 sin cos, 2048 sinusoïdes et 5000 en option, 1 v pp pour moteurs à arbre creux traversant: # 2
- ⤴ codeur incrémental ERN1387 sin cos, 2048 sinusoïdes, avec pistes de commutation, 1 v pp pour moteurs à arbre plein: # 4
- ⤴ codeur absolu mono-tour HIPERFACE SCK Kit 101, 1024 sinusoïdes pour moteurs à arbre creux traversant : # 3
- ⤴ codeur absolu mono-tour ENDAT ECN1313, 2048 sinusoïdes par tour, pour moteurs à arbre plein: # 8
- ⤴ codeur absolu mono-tour ENDAT ECN113, 2048 sinusoïdes par tour, pour moteurs à arbre creux traversant: # 7
- ⤴ codeur absolu multi-tours ENDAT EQN 1325, 2048 sinusoïdes par tour, 4096 tours, pour moteurs à arbre plein: # 9

Les kits roto-statoriques de moteurs couples STK sont livrés sans codeur ni transducteur de position. On distingue alors deux cas selon les besoins des utilisateurs.

Dans les applications de vitesse variable pure sans contrôle de position et à faible bande passante, il est possible de ne pas utiliser de codeur ou transducteur de position pourvu que le variateur électronique soit équipé d'un algorithme estimant en temps réel la position du rotor (et donc des aimants) par rapport au stator (et donc des courants). C'est le cas notamment de la plupart des applications de procédés continus. Certains variateurs et systèmes de commandes d'axes parmi ceux qui sont cités plus loin comportent

optionnellement l'algorithme d'estimation de la position permettant le non-recours à un capteur de position.

Dans les applications d'asservissement de position et d'asservissement de vitesse à bande passante élevée, il est nécessaire d'avoir un capteur de position. Un grand choix de codeurs ou transducteurs de position s'offrent à l'utilisateur lors de son étude d'intégration mécanique en fonction de la résolution, de la précision et de la nécessité d'un arbre creux ou non :

- ⤴ applications nécessitant un arbre creux et une haute précision: règles HEIDENHAIN ERA 4000 à ERA 7000, codeurs ERP 4000 à ERP 8000, règles Renishaw RGH avec diamètres traversants jusqu'à 500 mm, résolution jusqu'à 360000 sinusoïdes, précision jusqu'à 1 seconde ; codeurs avec roulements Heidenhain RCN et RON 700 /800
- ⤴ applications nécessitant un arbre creux et une précision moyenne ; codeurs Heidenhain ERM 200 , jusqu' à 7000 pts et diamètre intérieur 300 mm ; roulements instrumentés INA YRTM ; résolveurs ALXION +/-1 minute, diamètre intérieur 90 mm ; codeurs SCK kit 101 Hiperface , précision 3 minutes, diamètre intérieur jusqu'à 53 mm ; codeur incrémental ERN180 ; codeur absolu Endat ECN113
- ⤴ applications de haute précision ne nécessitant pas d' arbre creux : codeurs incrémental Heidenhain RON 285, 18000 pts, précision 5 secondes ; RCN 2310, codeur absolu mono-tour Endat, 16384 points naturels, 5 secondes
- ⤴ applications de précision moyenne ne nécessitant pas d' arbre creux : codeur absolu Endat Heidenhain ECN1313 ; codeurs incrémentaux ERN 1381 ; SICK Hiperface SRS50

Les éléments relatifs aux codeurs mentionnés dans cette note pour les applications de kits de moteurs couples STK ne sont qu'indicatifs et ne sauraient être exhaustifs.

### **Fréquence de découpage du variateur électronique ou du système de commande d'axes pilotant le moteur**

Les variateurs électroniques pour moteurs brushless à aimants découpent électroniquement la tension redressée (et éventuellement régulée) du réseau afin de créer une onde triphasée de courants et tensions aux bornes du moteur de fréquence et amplitude variables. Ce découpage est appelé M.L. I , ou Modulation de Largeur d'Impulsion.

Les variateurs électroniques pour commande de moteurs brushless à aimants permanents disponibles sur le marché ont, généralement, une fréquence de découpage MLI comprise entre 4 Khz au minimum et 20 Khz au maximum. La fréquence de découpage est réglée à une valeur d'usine et est souvent paramétrable mais au prix d'un déclassement de courant (et puissance) si on augmente la fréquence. La fréquence de découpage standard est en général plus faible sur les variateurs de forte puissance que sur les variateurs de faible puissance. En effet, les pertes dynamiques (ou pertes de commutation) des onduleurs de puissance sont proportionnelles à la fréquence de découpage MLI. A fort courant ces pertes deviennent prépondérantes par rapport aux pertes statiques (ou pertes de conduction) pour des fréquences élevées. A l'inverse, les moteurs ont intérêt à travailler avec des fréquences de découpage élevées permettant des courants de forme se rapprochant d'une sinusoïde pure avec des taux d'harmoniques faibles ayant pour

conséquence la réduction des pertes dynamiques. La fréquence de découpage MLI est donc un compromis entre le variateur et le moteur. On doit la choisir la plus élevée possible afin de minimiser les pertes dynamiques du moteur sans provoquer de déclassement substantiel du variateur. Parfois, dans les applications de moteurs haute vitesse à faible impédance, il peut être nécessaire d'utiliser un filtre sinusoïdal atténuant la MLI entre variateur et moteur, selon le variateur employé. Il est recommandé de consulter ALXION en cas de doute sur ce point. En pratique, la fréquence de découpage MLI des variateurs pilotant nos moteurs couples ST et STK s'établit généralement entre 5KHz et 10 Khz.

### **Modèles de variateurs électroniques et de systèmes de commandes d'axes utilisés avec les moteurs couples ST et STK**

Les moteurs couples pour entraînement direct ST et STK totalisent une population installée mondialement de 12000 moteurs à fin 2019 ; ils sont utilisés dans une très grande variété d'applications telles que :

- Machines-outils et plateaux rotatifs
- Machines d'extrusion du plastique et du caoutchouc
- Machines d'Injection plastique
- Machines de cintrage, formage de fils et tubes
- Machines et Robots de manutention
- Machines pour textile tissé, ratières
- Machines pour textile non tissé, nappeurs
- Machines de scène et parcs d'attractions
- Machines de préparation de pneumatiques
- Machines de formage et décor du verre
- Machines d'emballage
- Machines d'instrumentation
- Machines d'imprimerie, d'héliographie
- Machines de simulation
- Radars
- Traction terrestre et sous-marine

Les équipements de variateurs ou de contrôle de mouvement, sont souvent spécialisés en fonction des types d'applications.

C'est notamment le cas pour les machines-outils qui sont le domaine de SIEMENS avec le système SIMODRIVE 611 ou plus récemment SINAMICS S120, de GE FANUC avec les variateurs SVM 80, de HEIDENHAIN avec ses systèmes variateurs UE, UR

Pour ce qui concerne l'automatisation générale, nos moteurs couples sont pilotés avec succès par les variateurs et systèmes de commande d'axes suivants pour citer les plus connus et les plus fréquents:

- SIEMENS Masterdrive, SINAMICS S120
- B & R ACOPOS et ACOPOS Multi
- ROCKWELL KINETIX
- CONTROL TECHNIQUES UNIDRIVE
- DANAHER KOLLMORGEN SERVOSTAR 600

**ALXION**

SCHNEIDER ATV  
ABB ACS  
REXROTH INDRADrive  
KEB COMBIVERT F5  
PARKER COMPAX 3  
DANFOSS VLT Automation Drive  
MOOG DS 2000

**Paramètres des moteurs nécessaires pour la programmation des variateurs ou systèmes de commande d'axe :**

Les paramètres des moteurs-couple nécessaires usuellement pour la programmation des variateurs et systèmes de commande d'axes sont donnés sur notre documentation en ligne et sont listés ci-après :

Couple permanent

Courant à couple permanent (ou constante de couple obtenue autour du point nominal en faisant le rapport du couple permanent ou courant à couple permanent)

Constante de force électro-électro-motrice entre phases (exprimée en volt/rd.s)

Résistance de phase

Inductance de phase

Nombre de pôles

Inertie rotorique