

Dimensionnement et choix des systèmes d'asservissement : bien comprendre ses besoins dès le départ

Pour choisir un servomoteur dont la conception et la taille sont adaptés à une machine, il faut d'abord comprendre ce qui compose un tel système. Qu'il s'agisse d'un servomoteur ou d'un servovariateur, l'objectif est de contrôler un mouvement particulier en boucle fermée. Le système inclut un capteur d'asservissement qui assure un échange constant d'informations entre le moteur et le variateur pour gérer avec précision la position, la vitesse et le couple du mécanisme.

Le dimensionnement d'un système d'asservissement nécessite une vision d'ensemble qui tient compte des paramètres mécaniques, électriques et de programmation. Ainsi, vous devez définir :

- la charge mécanique ;
- le profil de mouvement (dont les critères de positionnement) ;
- les caractéristiques du servomoteur ;
- l'environnement dans lequel le moteur et les autres composants se situent ;
- le matériau traité ou le processus lui-même.



Charge mécanique et profil de mouvement

Commençons par définir les critères de charge mécanique et de mouvement. Selon les lois de la physique newtonienne, la force (ou le couple dans les systèmes rotatifs) est égale au produit de la masse (ou inertie de rotation) et de l'accélération, qui peut être positive ou négative. Dans le contexte d'un système d'asservissement, une machine possède sa propre masse, en plus de la masse de la charge transportée. Il est donc essentiel de définir précisément les masses en mouvement et les profils de mouvement nécessaires. Pour transposer un mouvement rotatif en mouvement linéaire, il existe de nombreux mécanismes très différents (figure A). Le choix dépend de la précision, des charges, de la dynamique du mouvement et des conditions environnementales de mise en œuvre.

Une fois que vous avez compris la distinction entre chaque mécanisme, vous devez par ailleurs vous familiariser avec la dynamique du mouvement afin d'opter pour la meilleure solution de servomoteur. Les profils tiennent compte non seulement du mouvement d'un point à un autre, mais aussi des fonctions à assurer lors du déplacement, telles que les forces de poussée impliquées dans la fabrication de pièces. Accélération, traversée, décélération, périodes d'inactivité ou de repos sont autant de paramètres inclus dans le profil de mouvement général du système. Le profil peut ainsi suivre une loi de déplacement triangulaire, trapézoïdale quelconque ou trapézoïdale 1/3-1/3-1/3 (le déplacement le plus efficace s'il est associé à un couple RMS).

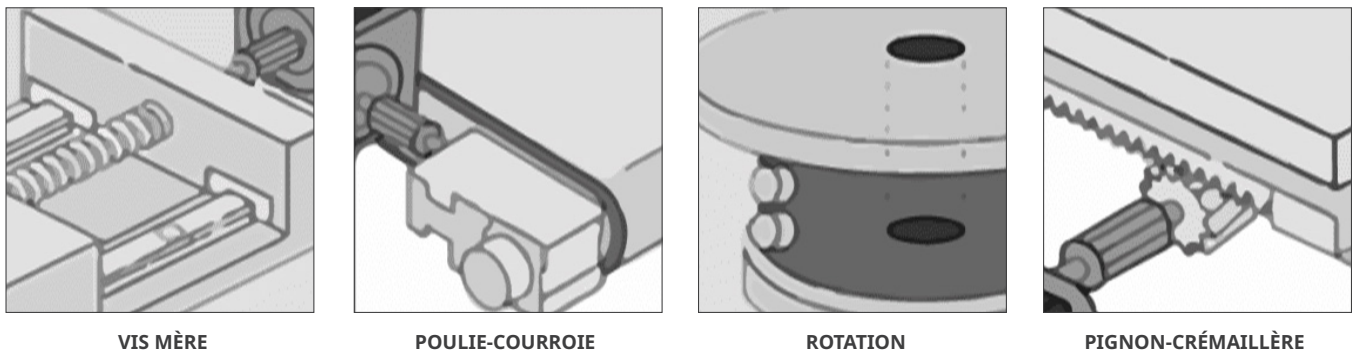


Figure A : les programmes de dimensionnement d'application proposent plusieurs modèles de solutions mécaniques.

Des outils de dimensionnement et de sélection sont à disposition des acheteurs pour concevoir un profil de mouvement qui réponde aux critères de leur application. La plupart des logiciels, tels que la plateforme Motioneering de Kollmorgen, proposent de nombreux moyens de détailler le mouvement recherché et aident à calculer l'accélération, la durée de déplacement ainsi que la distance et les temps de traversée et de repos.

Sur la figure B, on retrouve un profil standard 1/3-1/3-1/3 tel que représenté dans l'outil Motioneering de Kollmorgen, avec une diminution de 50 % du jerk pour atténuer les à-coups lors de l'accélération. Cet exemple montre un déplacement sur 8 pouces en une seconde avec ajout d'un contrôle de jerk à 50 % et d'un temps de repos de deux secondes. Le système a effectué le calcul du déplacement afin que les temps d'accélération, de traversée et de décélération représentent chacun 1/3 du temps total. La vitesse maximale de 720 pouces/min a été calculée par l'outil. Le profil courbé en forme de S est créé grâce à une atténuation de 50 % du jerk.

La charge de poussée (ligne rouge) pour ce mouvement est appliquée à la portion dédiée à la traversée. C'est à ce moment-là que l'usinage aura lieu sur le profil. Le temps de repos se termine au seuil des 3 secondes. Il s'agit d'une étape cruciale, car tous les paramètres associés au profil serviront à calculer le couple RMS.

Le couple RMS est un critère clé dans le dimensionnement et le choix d'un servomoteur. Il faut en effet additionner les inerties des composants en mouvement, puis les refléter sur l'arbre moteur. Outre l'inertie, les forces extérieures ainsi que la friction et les inefficacités doivent être prises en compte.

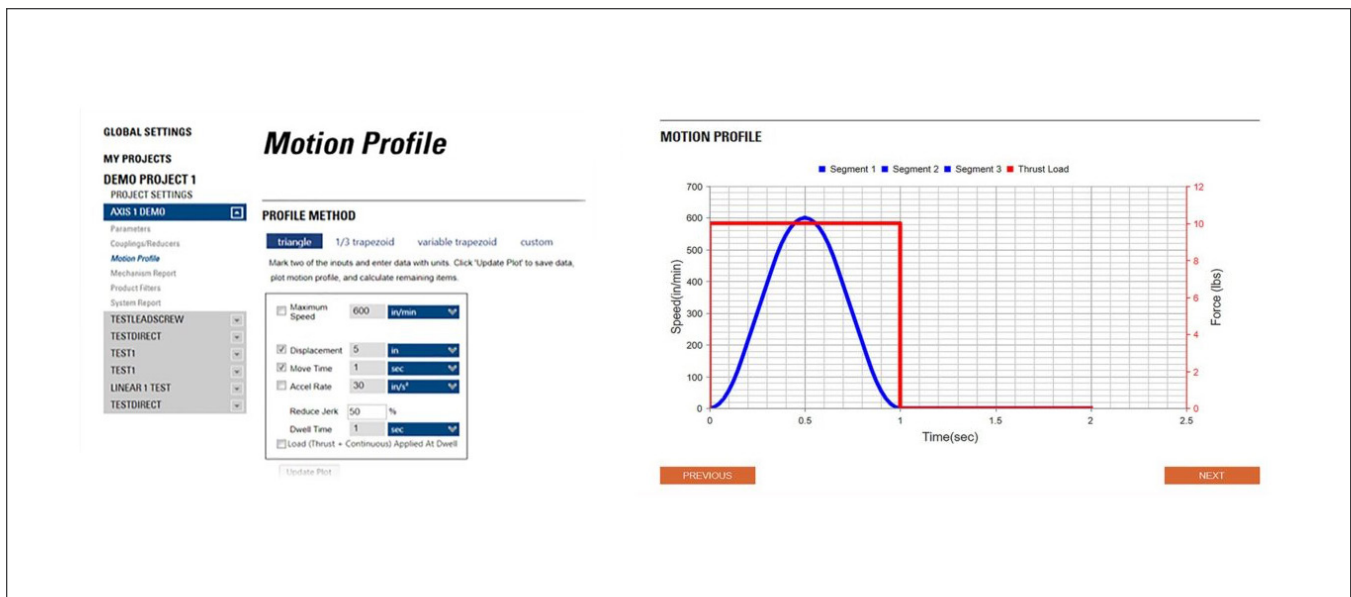


Figure B : représentation du profil de mouvement dans un programme de dimensionnement d'application.

De plus, à moins que la machine puisse utiliser un moteur à accouplement direct, elle devra inclure une transmission mécanique, quel qu'en soit le type. La conversion de la rotation en mouvement linéaire (transformation de la rotation en course axiale) s'effectue soit par courroie à poulie, soit par un mécanisme à vis, comme une vis à billes. La transmission rotative fait appel à des réducteurs ou des assemblages à courroies qui diminuent la vitesse à l'aide de poulies de taille variable. Dans certaines applications, les pièces déplacées constituent la majeure partie de la masse totale en mouvement. Cependant, dans d'autres, l'axe de la machine déplace des masses variables. C'est notamment le cas des systèmes robotiques en distribution et en usinage. La charge totale varie alors et peut nécessiter un ajustement du servomoteur.

Asservissement et caractéristiques du servomoteur

Par définition, un servomécanisme est doté d'un capteur d'asservissement qui mesure la vitesse, la position et d'autres paramètres système pendant son fonctionnement. Bien que le choix soit limité chez les fabricants, il est essentiel de bien étudier les paramètres d'application propres à chaque appareil, notamment les chocs au chargement, la précision du positionnement et la répétabilité.

Voici les capteurs d'asservissement les plus courants :

- résolveurs ;
- codeurs optiques ;
- codeurs sinus ;
- appareils hybrides.

Une bonne partie des démarches de dimensionnement en amont dédiées au choix du muscle adapté au système d'asservissement consiste à étudier le mécanisme et le profil de mouvement. Il est par ailleurs nécessaire de bien comprendre les exigences de positionnement de la charge, à savoir la résolution, la précision et la répétabilité. Ces réflexions dépendent directement du choix du capteur d'asservissement et, plus encore, de la quantité de mouvement perdu au niveau de l'assemblage mécanique sous forme de jeu et de compliance.

Les résolveurs sont particulièrement adaptés aux conditions les plus difficiles où les chocs au chargement sont importants. Fonctionnant à la manière d'un transformateur rotatif, ces systèmes sont constitués d'un stator et d'un rotor couverts de bobinage. Cette structure leur permet de résister à des températures plus élevées et aux chocs brutaux, ce qui n'est pas le cas des codeurs, qui contiennent souvent un disque en verre.

Les codeurs sinus offrent quant à eux une meilleure résolution (jusqu'à 24 bits, voire davantage), ce qui permet d'optimiser la précision du positionnement.

Les capteurs d'asservissement hybrides, tels que le Smart Feedback Device (SFD, système de mesure intelligent de Kollmorgen), conjuguent la robustesse d'un résolveur et des capacités de résolution améliorées. Ces appareils reposent sur un résolveur doté d'un élément électrique qui interprète les signaux sinus et cosinus pour les convertir en signal numérique haute résolution, transmis au servovariateur pour qu'il adapte la vitesse et la position.

Selon l'application, il faudra aussi déterminer s'il y a besoin d'un capteur de position absolue ou incrémentielle. Dans un système rotatif, une fois la rotation à 360 degrés effectuée via un appareil monotour, la position revient à zéro. En revanche, un codeur absolu multitours permet au système de connaître non seulement le degré de rotation d'un moteur, mais aussi le nombre de tours complets effectués dans chaque direction, jusqu'à un nombre maximal établi. Il connaît ainsi le positionnement exact de la machine même lorsqu'elle est hors tension et peut reprendre au même point lors du redémarrage.

La rétroaction de positionnement absolu est particulièrement utile pour le positionnement des outils et des autres axes, en particulier au démarrage de la machine. En effet, elle permet ainsi de contourner les routines de va-et-vient et d'accroître la capacité de production. À contrario, un simple codeur incrémentiel identifie la position exacte sur un tour donné, mais seulement après la mise sous tension. Il est donc impossible de savoir combien de cycles ont été effectués ou même quelle est la position absolue de la machine par rapport au point zéro lors de la mise sous tension.

Il existe aussi des codeurs absolus capacitifs, qui déterminent la position de la machine grâce aux variations de champ magnétique interprétées par un convertisseur numérique.

Câblage

Essentiels à votre système, les servomoteurs et les servovariateurs ne sont rien sans un câblage de qualité. La principale mesure de la flexibilité du câble est le rayon de courbure admissible. Cela vaut particulièrement pour les applications où les câbles courent longitudinalement le long de l'axe.

En termes de longueur, les caractéristiques du câble, comme l'impédance et la chute de tension, associées au type et à la force du signal provenant du capteur d'asservissement, sont des critères essentiels. Sur le marché, certains appareils récents (comme les protocoles SFD de Kollmorgen, DSL de SICK, EnDat d'Heidenhain et BiSS d'Hengstler) transmettent des informations en série au variateur à une cadence très élevée, qui peut être à son tour affectée par la longueur, et plus précisément par l'impédance dépendante et les rapports signal/bruit. Les câbles doivent donc être conçus pour supporter tous les types de signaux générés par ces appareils.

Pour déterminer la longueur du câble moteur, il faut aussi tenir compte des hautes fréquences de commutation auxquelles sont soumis les moteurs PWM actuels. En effet, le bruit circule à l'intérieur du câble d'alimentation du moteur. Plus le câble est long et approche une demi-longueur d'onde de la fréquence, plus il va intercepter le bruit, à la manière d'une antenne qui capte ou transmet toutes sortes d'informations. Malheureusement, l'excès de bruit peut entraîner des dysfonctionnements dans un système d'asservissement haute performance. Il est donc conseillé d'utiliser les câbles développés et testés par le fabricant.

Déterminez la position exacte de votre machine, même après un redémarrage.

Un codeur absolu multitours permet au système de connaître non seulement le degré de rotation d'un moteur, mais aussi le nombre de tours complets effectués dans chaque direction.



Figure C : la sélection du câble est cruciale pour assurer la performance et la précision de la machine.

Considérations environnementales pour la conception de systèmes d'asservissement

Lors du choix d'un servomécanisme, on oublie bien souvent de tenir compte de l'environnement dans lequel le système fonctionnera. La plupart des servomoteurs sont conformes à une utilisation par 40 °C (température ambiante), ce qui peut paraître très chaud, mais reste courant dans les milieux industriel et manufacturier.

L'électronique des variateurs pardonne peu en matière de température : bien que ses composants soient généralement conçus pour supporter une température ambiante de 40 °C, la gestion de la température de fonctionnement peut s'avérer compliquée. Ainsi, l'installation de méthodes de refroidissement par air pulsé est souvent exigée dans les armoires de commande pour maintenir des conditions ambiantes idéales (température et humidité). Les servomoteurs sont en revanche montés ou intégrés directement sur la machine pour entraîner les mécanismes qui supportent la charge.

Pour les fabricants, la performance du moteur tient en partie aux conditions ambiantes de fonctionnement. Il n'est pas rare que les concepteurs estiment qu'un moteur est adapté à un fonctionnement par 40 °C quand ses spécifications indiquent une température ambiante recommandée de 25 °C. La précaution est donc de mise lors de l'étude des spécifications. Si la température ambiante de fonctionnement d'une machine dépasse les recommandations, les performances du moteur ne seront pas optimales.

Par ailleurs, d'autres facteurs environnementaux peuvent mettre à mal la peinture, les joints et tout autre sous-composant mécanique du moteur. La poussière, la saleté, l'humidité, les lavages à grande eau, les exigences d'hygiène, les milieux explosifs, les environnements sous vide ou encore le rayonnement sont autant de paramètres qui entrent en jeu dans le choix d'un servomoteur adapté aux défis de chaque application.

Ingénierie collaborative : la clé de meilleurs résultats pour les systèmes de contrôle de mouvement

Grâce à l'ingénierie collaborative, Kollmorgen peut vous aider à choisir et dimensionner correctement le moteur, le variateur et le câblage idéals pour votre application. Contactez Kollmorgen : nous examinerons ensemble vos besoins spécifiques pour concevoir la solution idéale. Découvrez également nos outils de conception en ligne et en libre-service, dont Motioneering, un puissant logiciel de dimensionnement et de sélection, pour avoir la certitude que les spécifications de votre système de mouvement répondent à vos exigences.



Prêt à vous lancer ?

[Contactez-nous](#) pour discuter de vos besoins et de vos objectifs avec un expert Kollmorgen spécialisé dans les servomoteurs.

À propos de Kollmorgen

Kollmorgen, une marque Regal Rexnord, possède plus d'un siècle d'expérience dans le domaine du mouvement. Cette expérience se retrouve dans les performances et la fiabilité inégalées de ses moteurs et de ses variateurs, ainsi que dans ses solutions de contrôle et ses plateformes d'automatisation pour les véhicules autonomes. Nous proposons des solutions révolutionnaires avec des performances, une fiabilité et une facilité d'utilisation sans pareilles, qui donnent un avantage incontestable aux fabricants de machines.