Cours CSE – Master 2 ETI

Entraînements électriques

Dr Ghlam Karima

Année universitaire 2026-2027

Table des matières

1 Introduction aux entraînements électriques **2**

2 Commande de système électrique simple **2**
2.1 Structure d'un système d'entraînement unique 2
2.2 Rôle des contrôleurs technologiques 2
2.3 Variateurs de vitesse : réglable ou fixe 3

3 Exemple 1 : Régulation de niveau avec variateur de vitesse fixe **3**
3.1 Principe 3
3.2 Commande et schéma 4
3.3 Fonctionnement en régulateur à deux états 4

4 Exemple 2 : Contrôle de la pression dans une extrudeuse **4**
4.1 Description du procédé 4
4.2 Régulation de la pression 5
4.3 Boucle de régulation de pression 5
4.4 Fonctions de conditionnement et de surveillance 5
4.5 Blocs fonctionnels libres 6

5 Conclusion **6**

1 Introduction aux entraînements électriques

Les procédés de fabrication industrielle présentent des mouvements continus ou discontinus. Dans ce chapitre, nous nous intéressons plus particulièrement aux **procédés à mouvement continu**.

Les mouvements sont réalisés par des **entraînements électriques**, qui fournissent la vitesse et le couple nécessaires. Ces paramètres, appelés **variables système**, restent généralement constants ou évoluent lentement, sauf au démarrage, à l'arrêt ou lors du contrôle du procédé.

Les **variables de procédé**, sur lesquelles le système agit, sont très diverses selon l'application. On peut citer par exemple :

— débit ou courant d'air,

— pression des fluides ou des gaz,

— vitesse ou tension d'une bande transporteuse,

— vitesse d'un convoyeur.

En raison de cette grande diversité, il est impossible de proposer une méthode universelle pour influencer directement les variables de procédé par des entraînements électriques. C'est pourquoi l'étude se concentre sur des **applications typiques**, dont les principes peuvent être modifiés ou combinés pour en déduire des applications similaires.

2 Commande de système électrique simple

2.1 Structure d'un système d'entraînement unique

Les processus simples utilisent souvent un seul entraînement électrique. Un système d'entraînement unique comprend généralement :

— **Moteur**, codeur, réducteur et frein ;

— **Contrôleur** (variateur de fréquence, résistance de freinage) et composants auxiliaires ;

— **Alimentations auxiliaires** ;

— **Contrôleur technologique** et blocs fonctionnels ;

— **Capteurs** pour mesurer les variables de procédé ;

— **Interfaces** avec le procédé, l'alimentation électrique et éventuellement un automate programmable.

Ce type de système permet de contrôler efficacement les variables du procédé avec un seul moteur et un ensemble de composants intégrés.

2.2 Rôle des contrôleurs technologiques

Les contrôleurs technologiques peuvent être autonomes, mais il est plus économique de les **intégrer au variateur de fréquence**, ce qui permet d'étendre ses fonctions de commande.

Les variateurs modernes offrent des **fonctions logicielles configurables** et la possibilité d'ajouter des entrées/sorties analogiques ou numériques via des cartes d'extension.

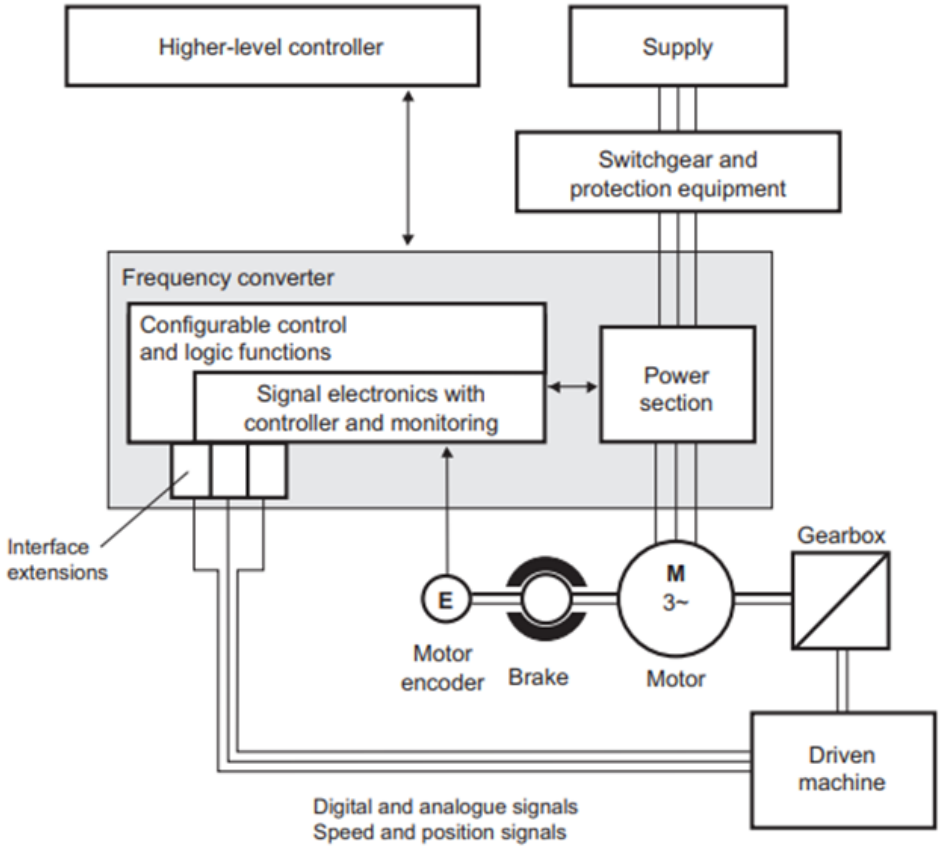


FIGURE 1 – Système électrique commandé (Figure 10.1).

2.3 Variateurs de vitesse : réglable ou fixe

Selon les besoins du procédé :

— Pour des **vitesses et couples variables** → variateur de vitesse réglable.

— Pour des **mouvements simples** (démarrage/arrêt) → variateur à vitesse fixe.

3 Exemple 1 : Régulation de niveau avec variateur de vitesse fixe

3.1 Principe

Un variateur de vitesse fixe, associé à un moteur asynchrone et à un démarreur progressif, est utilisé pour réguler le niveau d'eau dans un réservoir.

Le système fonctionne en **mode binaire** grâce à trois capteurs de niveau :

— Si le niveau est inférieur à la valeur minimale → le moteur démarre.

— Si le niveau atteint la valeur maximale → le moteur s'arrête.

Le démarreur progressif permet un démarrage et un arrêt en douceur. En cas de débordement, le variateur est désactivé automatiquement par sécurité.

3.2 Commande et schéma

La commande est assurée par un panneau marche/arrêt et un contrôleur de contacteurs câblés, ou peut être programmée dans le démarreur s'il est moderne.

Les rampes d'accélération et de décélération sont réglées dans le démarreur. Le moteur tourne à **vitesse fixe**, déterminée par le nombre de paires de pôles. Des fonctions de surveillance (ex. température moteur) peuvent être ajoutées.

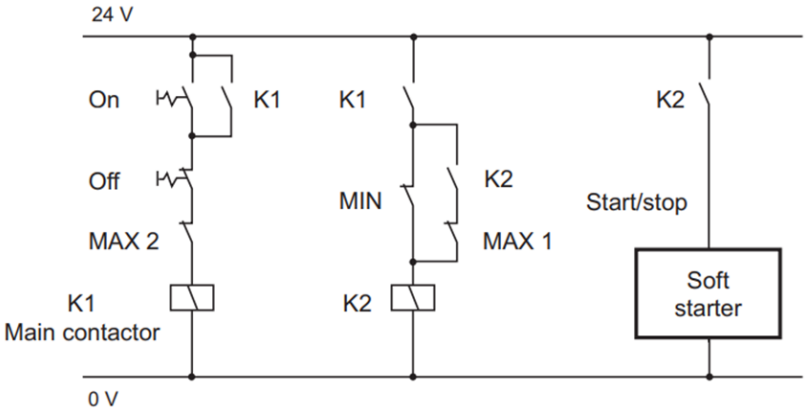


FIGURE 2 – Commande par contacteur d'un régulateur de niveau avec variateur de vitesse fixe (Figure 10.3).

3.3 Fonctionnement en régulateur à deux états

En pratique, la vitesse d'un variateur à vitesse fixe ne peut pas être ajustée. La variable de procédé (ex. niveau d'eau) est donc régulée uniquement par la mise en marche et l'arrêt du moteur.

Le système agit comme un **régulateur à deux états** :

— Marche lorsque la variable est inférieure à la valeur minimale,

— Arrêt lorsque la valeur maximale est atteinte.

4 Exemple 2 : Contrôle de la pression dans une extrudeuse

4.1 Description du procédé

Une extrudeuse est utilisée pour fabriquer des profilés en plastique à partir de granulés de résine. Les granulés sont introduits dans une trémie placée au-dessus d'une vis d'alimentation entraînée par un moteur électrique. La vis transporte la matière à travers les différentes zones de l'extrudeuse :

— **Zone de chauffe** : les granulés sont fondus.

— **Filière** : le plastique fondu est poussé et prend la forme du profilé.

— **Zone de refroidissement** : le profilé se solidifie pour obtenir la forme finale.

4.2 Régulation de la pression

Le débit de matière dans l'extrudeuse est régulé par un variateur électrique. La variable de commande est la **pression mesurée juste avant la filière**.

La vitesse du moteur doit être variable → utilisation d'un **moteur asynchrone avec variateur de fréquence** fonctionnant en mode vectoriel sans codeur. Aucun hacheur de freinage n'est requis : le variateur s'arrête immédiatement lorsqu'il est mis hors tension. Le variateur est alimenté en 24 V pour son électronique de commande et commandé par un contrôleur machine qui gère aussi le chauffage, le refroidissement et l'alimentation en matière. La communication entre le variateur et le contrôleur se fait via un **bus de terrain**, permettant également d'obtenir des informations de diagnostic.

4.3 Boucle de régulation de pression

Un capteur de pression mesure la valeur réelle et l'envoie au variateur sous forme de signal analogique. Le contrôleur technologique intégré au variateur agit comme **régulateur de pression**. Il compare la consigne de pression à la valeur mesurée, et en déduit la consigne de vitesse du moteur.

Ainsi, la pression est maintenue constante par ajustement automatique de la vitesse du moteur.

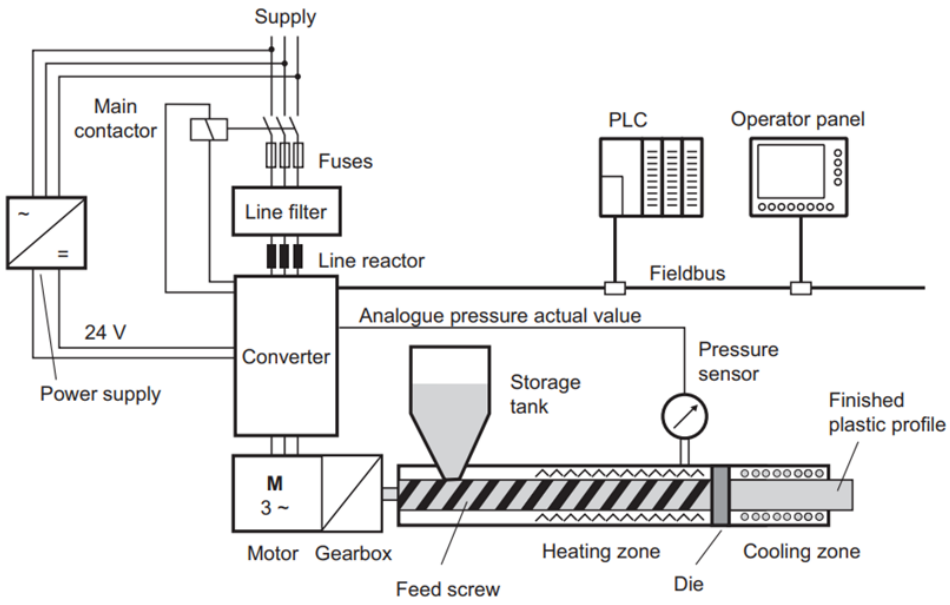


FIGURE 3 – Schéma de commande de la régulation de pression avec variateur de vitesse (Figure 10.5).

4.4 Fonctions de conditionnement et de surveillance

Outre le contrôleur lui-même, des fonctions supplémentaires de conditionnement de la consigne et de surveillance sont nécessaires :

— La consigne de pression provenant de l'automate programmable est **limitée**. Les consignes négatives et trop élevées sont ignorées par le variateur. Ceci protège contre les erreurs du programme de l'automate.

— La consigne de pression est **augmentée progressivement** (rampe). Ceci évite les mouvements brusques du variateur et les pics de couple associés. L'usure du réducteur est réduite.

— La consigne de vitesse, déterminée par le contrôleur technologique, doit être **limitée** pour les raisons suivantes :

  — la vitesse maximale admissible de la vis ne doit pas être dépassée ;

  — le variateur ne doit pas s'inverser ;

  — même lorsque le contrôleur de pression est désactivé, le variateur doit maintenir une vitesse minimale pour assurer la fluidité du plastique et éviter le colmatage de l'extrudeuse.

— Si le seuil de pression est dépassé, un défaut est présent et le variateur doit être mis hors tension.

Les fonctions de conditionnement et de surveillance du point de consigne dépendent de l'application et sont souvent beaucoup plus complexes que le contrôleur lui-même.

4.5 Blocs fonctionnels libres

Pour une adaptabilité optimale à la tâche à accomplir, des « **blocs fonctionnels libres** » sont fréquemment disponibles dans le logiciel du contrôleur de variateur. L'utilisateur peut « connecter » ces blocs fonctionnels pour réaliser la fonction souhaitée.

5 Conclusion

Ce chapitre a présenté les principes de base des entraînements électriques dans les procédés de fabrication à mouvement continu. À travers deux exemples concrets — la régulation de niveau et le contrôle de pression dans une extrudeuse — nous avons illustré :

— l'utilisation de variateurs de vitesse fixes ou réglables,

— l'intégration de contrôleurs technologiques,

— la mise en place de boucles de régulation,

— l'importance des fonctions de conditionnement et de surveillance.