

I.1 Introduction Générale

Au total, 80% de la consommation d'électricité industrielle revient aux moteurs électriques. Les pompes et les installations à air comprimé y contribuent pour une part importante. Dans le secteur tertiaire également, les moteurs représentent une consommation considérable, avec comme principales applications la ventilation, les systèmes de réfrigération et la climatisation.

Beaucoup de systèmes utilisant des pompes, des ventilateurs, des compresseurs, ... et devant travailler dans des conditions de charge variable, sont régulés par étranglement ou par by-pass. Ce mode de régulation est énergivore : on accélère et on freine en même temps.

Il est nettement plus efficace de réduire la vitesse des moteurs pour l'adapter aux besoins. Par exemple, réduire de moitié la vitesse d'un ventilateur pour adapter le débit d'air frais à l'occupation d'un local permet de diviser par huit la consommation électrique du moteur.

Ceci est possible grâce aux variateurs de vitesse et aux énormes progrès réalisés dans le domaine de l'électronique de puissance.

Ainsi, dans toute application utilisant des moteurs (distribution de chauffage, ventilation, pompage, traction, ...), l'intérêt de la régulation de vitesse mérite d'être étudié: des dizaines de pourcents d'économie peuvent être faits sur la consommation électrique des moteurs.

La régulation de vitesse offre en outre des possibilités de régulation très attrayantes qui peuvent contribuer à l'amélioration du procédé principal.

A l'origine, seuls les moteurs à courant continu étaient utilisés pour les entraînements à vitesse variable car ils permettaient d'obtenir la vitesse et le couple requis sans recourir à des dispositifs électroniques complexes. Cependant, le développement des variateurs de vitesse à courant alternatif résulte en partie de la volonté d'obtenir les niveaux de performances très élevés des moteurs à courant continu (en termes de temps de réponse en régulation de couple et de précision en régulation de vitesse) avec des moteurs à courant alternatif, réputés pour leur robustesse, leur coût plus abordable et leur simplicité de maintenance.

Enfin, dans cette partie, on étudie la commande des machines électriques entraînant différentes machines de productions à savoir : les ventilateurs, les pompes, les tapis roulants, les transporteurs, broyeurs, les enrouleuses..., etc.

I.2 Système d'Entraînements Electriques :

I.2.1 Définition

Un des composants essentiels des processus industriels actuels s'avère être le système électromécanique, qui est constitué d'un ensemble moteur, convertisseur-commande, et de la charge mécanique (voir figure1.1). Sa gamme de puissance étendue et sa souplesse d'utilisation liées aux progrès de l'électronique de puissance ont contribué à son application réussie dans différents domaines [1].

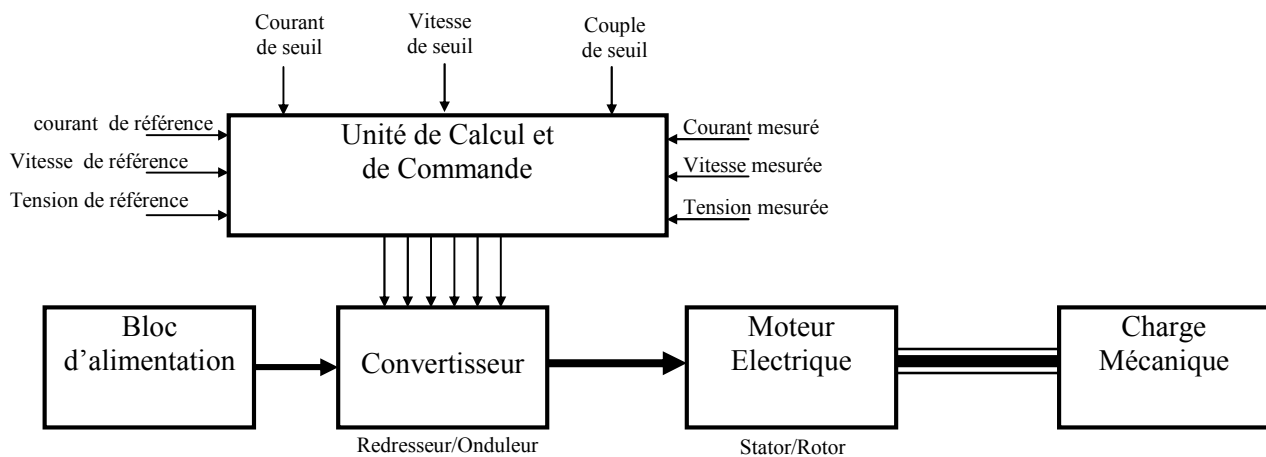


Figure .I.1 Constitution d'un système électromécanique

Par ailleurs, Un système d'entraînement électrique ou système électromécanique convertit l'énergie électrique en puissance mécanique (un moteur électrique entraînant une charge $P_e=UI \rightarrow P_m=T\omega$) et vice-versa (une turbine entraînant entraînant un alternateur $P_m=T\omega \rightarrow P_e=UI$).

Cette transformation d'énergie est contrôlée généralement par un convertisseur électronique (redresseur, gradateur, onduleur ou hacheur selon l'entraînement ou l'application).

I.2.2 Constitution d'un système d'entraînement électrique :

- a- Charge mécanique :** appelée aussi les machine de production (machine entraînée), on peut citer les pompes, ventilateurs, monte-charges, grues, scies, les pompes centrifuges, mélangeurs, Broyeurs, Séparateurs, concasseurs...etc., Ces machines de productions sont entraînées par des moteurs électriques et qui exercent sur ces moteurs un couple résistant qui peut être constant ou variable en fonction de la variation des la vitesse. Cette dernière fonction appelée caractéristique mécanique des machines de productions ($T_r=f(\omega)$).

- b- Moteur électrique :** C'est la partie essentielle pour la conversion de l'énergie (machine entraînée). Cette partie qui peut être un moteur à courant continu ou un moteur asynchrone, développe un couple qui doit être supérieur au couple résistant au démarrage afin de pouvoir vaincre la charge. Une fois le moteur tourne, la vitesse prend de la valeur (Accélération), ainsi que la force électromotrice ou la tension induite, ce qui provoque la diminution du courant absorbé et le couple développé par le moteur jusqu'à où le couple devient égale au couple résistant ; par conséquent, la vitesse se stabilise et elle devient constante. Enfin, l'accélération, la décélération et le réglage de la vitesse du sont commandés par l'ensemble convertisseur et commande.
- c- Convertisseur électronique :** c'est un dispositif qui convertit l'énergie électrique en énergie électrique sous plusieurs formes pour l'alimentation du moteur électrique. Ce convertisseur peut être un redresseur, un gradateur, un onduleur ou un hacheur.
- d- Unité de calcul et de commande :** C'est une partie informatique qui est à la base de l'électronique numérique. Elle sert à comparer les signaux de sorties qui proviennent de la partie mécanique et électrique avec les signaux d'entrées (signaux de références) afin de commander le convertisseur électronique pour l'alimentation du moteur électrique. En outre, cette partie s'occupe de la surveillance, de la régulation de la protection et de la mesure..., etc.

I.2.3 Equation de mouvement (la loi de commande) :

La deuxième loi de Newton (Eq I.1) caractérise la loi de commande de l'entraînement électrique appelé aussi équation de mouvement. A partir de cette équation, on peut suivre le comportement de la machine électrique entraînant une charge mécanique (voir figure .I.2).

$$T - T_r - f\omega = J_{tot} \frac{d\omega}{dt} \quad (I.1)$$

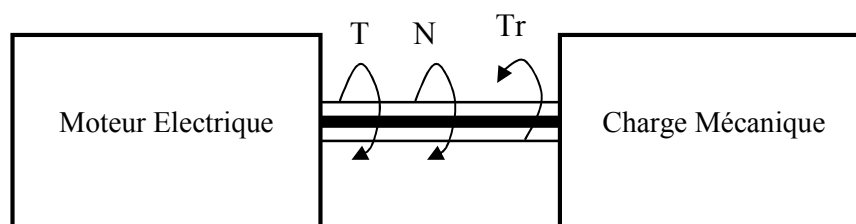


Figure .I.2 Lien mécanique entre la machine d'entraînement et la machine entraînée.

$\frac{d\omega}{dt}$: accélération
 T : Couple développé par le moteur
 T_r : Couple résistant de la charge exercé sur le moteur
 $f\omega$: Couple résistant dû au frottement
 f : Coefficient de frottement
 ω : Vitesse de rotation moteur
 J_{tot} : la somme des moments d'inertie moteur plus la charge
 $\frac{d\omega}{dt}$: Accélération du moteur

I.2.4 Evolution de l'équation de mouvement :

Selon l'équation de mouvement, la machine peut fonctionner en trois régimes de fonctionnement (voir figure I.3).

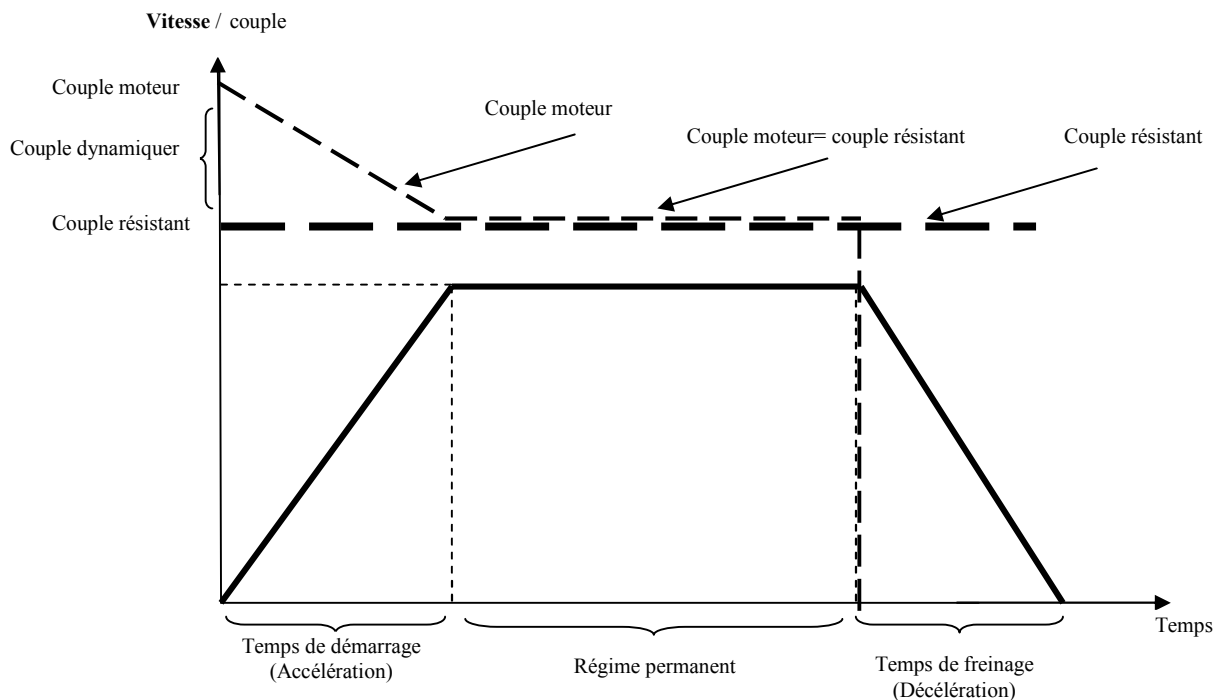
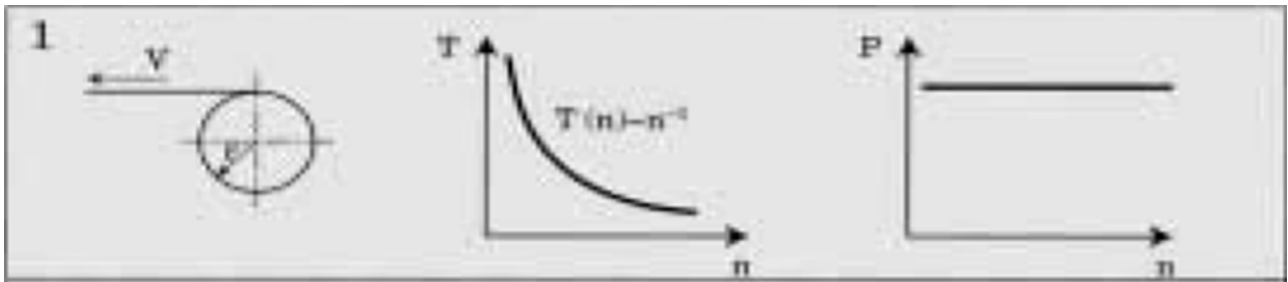


Figure I.3 Evolution de l'équation de mouvement.

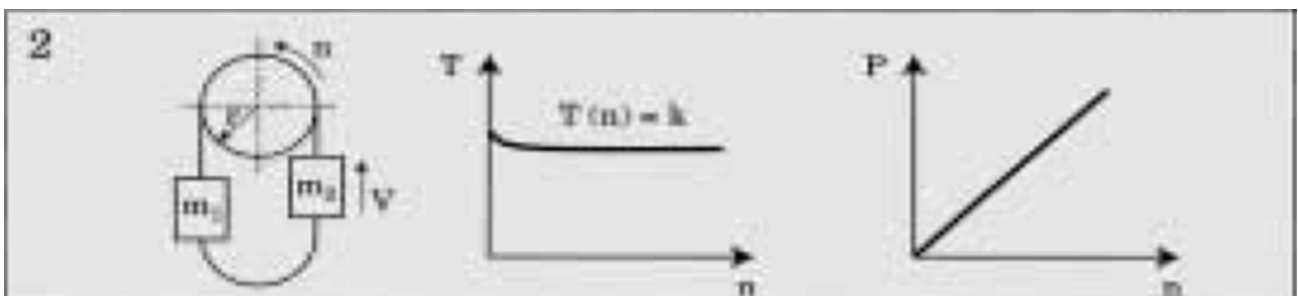
I.3 Caractéristiques mécaniques des machines de production (machines entraînées)

Les caractéristiques d'un moteur sont généralement représentées par les diagrammes vitesse - couple ou vitesse - puissance. Nous avons présenté ces caractéristiques pour le moteur asynchrone. La figure I.4 présente ces mêmes diagrammes de caractéristiques pour les applications. Elle répertorie les applications classiques suivant quatre catégories. La première (1) correspond aux machines utilisant une force de traction pour enrouler des matières. La seconde (2) regroupe les transporteurs, grues, pompes volumétriques et machines-outils. Le troisième (3) correspond aux

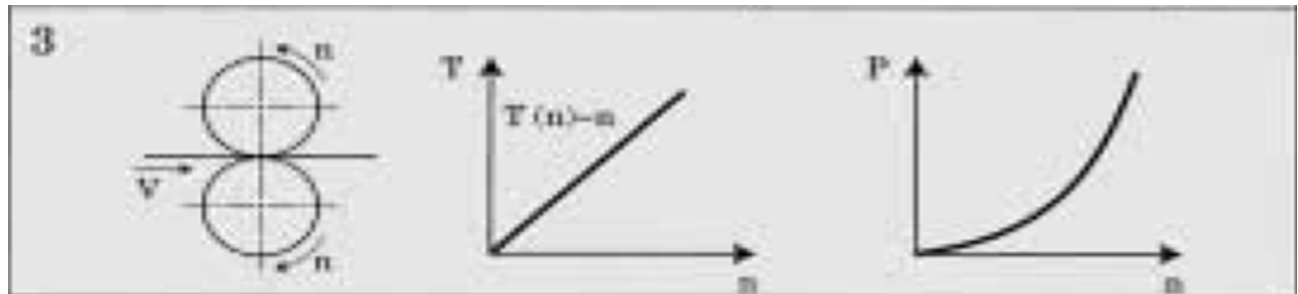
machines de type rouleaux, laminoirs, ... Enfin la quatrième (4) regroupe les machines utilisant la force centrifuge, comme les ventilateurs et pompes centrifuges, centrifugeuses, ...



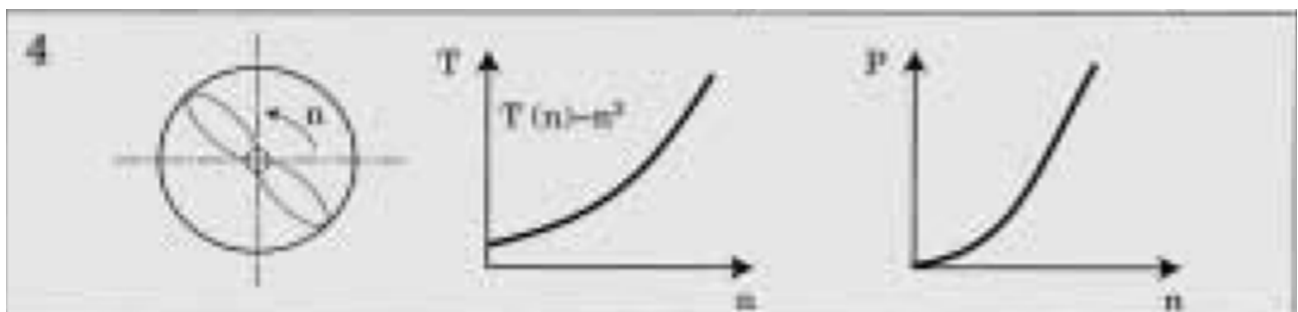
Caractéristiques hyperboliques : Enrouleuses, Broyeurs, Moulins, Concasseurs... (Machines de traction)



Caractéristiques constantes : Grues, Tapis roulants, Transporteurs, Ponts gradins, Elévateurs, Treuils... (Appareils de manutention)



Caractéristiques linéaires : Mixeurs, Génératrices, Malaxeurs, Essoreuses, ... (Machines de type rouleau ou laminoir)



Caractéristiques paraboliques : Ventilateurs, Soufflantes, Pompes, Ventilateurs de tirage, Centrifugeuses (Machines de type ventilateur).

Figure .I.4 Caractéristiques mécaniques des machines de production