

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE DE JIJEL  
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE



# Support de Cours

## Master II Electrotechnique

Réalisé par

**Tarik HACIB**

Docteur en électrotechnique

---

# Dimensionnement des systèmes industriels

---

Année universitaire 2020-2021

**Semestre: 3**

**UE Méthodologique Code : UEM 2.1**

**Matière: Dimensionnement des systèmes industriels**

**VHS: 22h30 (Cours : 1h30 ; TD : 1h30 ; TP: 1h00)**

**Crédits: 5**

**Coefficient: 3**

## **Chapitre I : Eléments des équipements des mécanismes industriels**

I.1- Principes généraux sur les systèmes industriels

I.2- Critères de choix d'un moteur

I.3- Principales grandeurs à prendre en compte pour le choix d'un moteur de l'entraînement : Vitesses, couples, puissances, moment d'inertie, réducteur/multiplication.

## **Chapitre II : Types de service des moteurs électriques**

II.1- Types de services principaux: S1...S9 ;

II.2- Valeurs moyennes de puissance, couple et intensité ;

II.3- Puissance d'un moteur et types de service ;

II.4- Augmentation de puissance par rapport au S1 ;

II.5- Capacité limite mécanique ;

II.6- Réduction de puissance par rapport au S1.

## **Chapitre III : Courbes de couples caractéristiques**

III.1- Couples de charge en fonction de la vitesse ;

III.2- Couples de charge en fonction du parcours ;

III.3- Couples de charge en fonction du temps ;

III.4- Couple initial de décollement.

## **Chapitre IV : Choix et dimensionnement des moteurs électriques**

IV.1- Puissance du moteur ;

IV.2- Données catalogue et paramètres d'application ;

IV.3- Détermination de la puissance homologuée ;

IV.4- Données des catalogues ;

IV.5- Conditions de fonctionnement ;

IV.6- Procédure de sélection des moteurs ;

IV.7- Dimensionnement à l'aide du couple de charge ;

IV.8- Calcul à l'aide du couple ou du temps d'accélération ;

IV.9- Temps et couple d'accélération ;

IV.10- Le choix préliminaire du moteur ;

IV.11- La vérification du moteur ;

- IV.12- La vérification du moteur au démarrage ;
- IV.13- La vérification du moteur d'après l'échauffement ;
- IV.14- Calcul à l'aide de la fréquence de commutation ;
- IV.15- Sélection en consultant le catalogue.
- IV.16- Coût du cycle de vie.

## **Chapitre V : Applications diverses**

A- Choix et dimensionnement des moteurs électriques dans les cas :

1. Elévateurs, monte-charges, machines-outils.
2. Véhicules à faible et grande vitesses,
3. Compresseurs.
4. Ventilateurs et pompes centrifuges.
5. Broyeurs.

B- Applications industrielles

1. Fours électriques ;
2. Equipements de soudure ;
3. Electrolyse et revêtement des métaux ;
4. Usines métallurgiques ;
5. Industrie agro-alimentaires;
6. Station de forage du pétrole ;
7. Industrie du papier ;
8. Industrie du ciment
9. Industrie du verre
10. Industrie métallique.

### **Travaux pratiques :**

TP01 : Etude d'un monte charge

TP02 : Etude d'un entraînement à tapis roulant

TP03 : Etude d'une pompe centrifuge

**Remarque :** Pour les Tp et la dernière partie du cours « applications industrielles », il serait plus utile de les faire sous forme de mini-projets, et de visites pédagogiques.

### **Mode d'évaluation ;**

Control continu : 100%.

### **Référence:**

Livres et photocopiés.

# Chapitre I. Eléments des équipements des mécanismes industriels

## I.1. Principes généraux sur les systèmes industriels

### I.1.1. Présentation des systèmes

#### I.1.1.1. Définition d'un système

Un système est une association structurée d'éléments en relation entre eux de façon à former une entité cohérente et remplissant une ou plusieurs fonctions.

Exemples de systèmes:

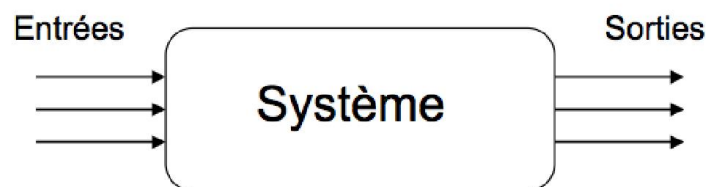
- Le système nerveux
- Les systèmes d'équations
- Les systèmes industriels (Airbus A380)

Remarque: Le système ne peut se définir que si l'on connaît les éléments qui le constituent et les relations qu'ils ont entre eux.

Exemple: Il ne suffit pas de connaître les éléments constituant d'un moteur, il faut connaître leurs relations pour le définir correctement.

#### I.1.1.2. Fonction globale d'un système

D'un point de vue global, le système est vu comme un générateur de prestation. C'est-à-dire que le système a pour raison d'être la satisfaction d'un besoin, il rend service à quelqu'un ou à quelque chose. On peut le voir globalement comme une "boîte noire" qui génère des prestations ou sorties à partir des entrées fournies.



On parle de fonction globale ou principale. De manière générale la fonction principale du système agit sur les entrées pour générer les sorties dans le but de satisfaire un besoin.

#### I.1.1.3. Systèmes complexes

Un système est dit complexe lorsque ses sorties ne peuvent pas être déduites en fonction de la seule connaissance des entrées.

Une équation linéaire est par exemple un système simple, la connaissance des entrées permet de déterminer la solution par une analyse déductive. C'est le cas des systèmes que vous étudierez en mathématiques ou sciences physiques.

Pour un système complexe, une modélisation complète du comportement des constituants du système et de leurs relations est donc nécessaire. Ces phases de modélisation feront également appel aux modèles simples de physique et de mathématique.

#### ***a. Systèmes techniques***

Les systèmes complexes que nous allons étudier sont des réalisations industrielles, c'est-à-dire des systèmes techniques conçus par l'homme. La norme NF 90-001 définit un système technique comme "un ensemble d'éléments interconnectés de façon logique, qui se coordonnent pour réaliser une tâche précise".

En d'autres termes, le système technique permet de réaliser ce que l'homme ne peut faire lui-même. Le système technique utilise en général une énergie bien supérieure à celle que peut développer l'homme qui ne fait donc que commander le système technique. Le système technique réalise ce que l'on appelle la partie opérative.

##### Exemples de système technique:

- Engin de chantier
- Automobile

#### ***b. Systèmes automatisés***

Le système automatisé peut être vu comme une évolution naturelle du système technique. Un système automatisé est un système technique auquel est ajouté une partie commande qui peut commander de manière autonome, sans intervention extérieure, la partie opérative. L'homme peut tout de même donner des instructions à la partie commande sous forme de consignes ou de réglages.

##### Exemples de systèmes automatisés:

- Une boîte automatique automobile
- La ligne 14 du métro parisien

### **I.1.2. Système d'entraînements électriques**

#### ***I.1.2.1. Connaissances de base***

Un ventilateur est une machine qui transforme de l'énergie électrique en débit d'air et en pression. Une pompe se sert de cette même énergie électrique pour le transport de fluides.

Il est souhaitable que cette transformation se fasse avec le moins de perte possible.

Un dimensionnement précis, un choix judicieux du concept de motorisation et l'utilisation d'entraînements économes en énergie sont des conditions préliminaires essentielles pour aboutir à des solutions énergétiquement avantageuses en matière d'entraînements électriques.

Ces derniers temps on attache aussi plus d'importance à la transmission; d'une part, la courroie plate est de plus en plus utilisée à la place de la courroie trapézoïdale, d'autre part, du fait du

réglage de vitesse des moteurs, on peut revenir à l'accouplement direct en supprimant du même coup les pertes par transmission.

Pour utiliser rationnellement l'énergie électrique, il est très important d'analyser le problème de l'entraînement dans son ensemble, en tenant compte du rendement de chaque élément, que ce soit à pleine charge ou à charge partielle, car les rendements à charge partielle sont toujours plus faibles (peu ou beaucoup) que ceux à pleine charge, quel que soit l'élément considéré.

#### ***1.1.2.1. Types d'entraînements électriques***

Un système d'entraînement électrique se compose en principe du moteur électrique et de la machine productrice; selon la tâche à accomplir, il peut être complété par un engrenage mécanique et un convertisseur. En fonction des exigences requises par le processus de travail, à savoir par exemple la capacité de commande ou de régulation et la précision des grandeurs réglées, il sera nécessaire de prévoir un système de traitement de l'information.

On distingue les types d'entraînement suivants:

- Entraînements non asservis à une commande, pour conditions d'exploitation simples, charge pratiquement constante, avec démarreur pour puissances importantes, protection du moteur et simple commutateur EN/HORS.
- Entraînements asservis à une commande, pour exploitation avec vitesse de rotation variable à l'aide d'un organe de réglage (convertisseur pour faire varier la fréquence du moteur ou transmissions à régime variable) et d'une commande correspondante.
- Entraînements réglés par un organe de contrôle (convertisseur pour alimentation du moteur électrique), saisie des états effectifs et régulation précise ou par paliers du couple de rotation, de la vitesse de rotation.
- Entraînements gérés par ordinateur, avec fonctions supérieures de protection, de coordination et d'optimisation pour la gestion d'entraînements indépendants ou coordonnés.

Ces entraînements peuvent être indépendants ou coordonnés. Avec un entraînement coordonné, la puissance du moteur électrique est transmise par différents mécanismes à plusieurs machines de production. Il est par exemple possible de réaliser ainsi un synchronisme angulaire.

#### **1.1.3. Composants de systèmes d'entraînement électriques dans l'industrie**

Les moteurs électriques ont garanti la puissance d'entraînement dès les tout premiers pas dans le domaine des systèmes d'entraînement. D'autres composants se sont ajoutés au fur et à mesure tout au long du parcours qui a conduit aux systèmes d'automatisation et aux technologies d'installations modernes d'aujourd'hui. Un réducteur monté en aval assure la fonction d'un convertisseur mécanique : En fonction des besoins de la machine à entraîner ou de l'installation, le réducteur adapte la vitesse constante fournie par le moteur électrique et son couple. Le moteur

électrique est la plupart du temps un moteur triphasé . Dans les motoréducteurs, le moteur électrique et le réducteur forment une unité compacte.

Du fait de la complexité des installations, les exigences en matière de systèmes d'entraînement augmentent. La plupart des processus nécessitent en plus d'une vitesse convertie une vitesse réglable. Un convertisseur de fréquence monté en amont du moteur électrique est utilisé. Il convertit la fréquence et l'amplitude fournies par le réseau de sorte que la vitesse et le sens de rotation puissent être modifiés. La fréquence et l'amplitude deviennent des variables réglables qui peuvent être utilisées pour piloter des processus spécifiques dans les machines entraînées.

Actuellement, la limite entre systèmes d'entraînement et automatisation est floue. Les freins garantissent une sécurité accrue en empêchant tout mouvement dans l'installation lorsque l'entraînement est désactivé. Les codeurs montés sur le moteur déterminent à tout moment les caractéristiques principales du mouvement généré (vitesse, couple ou position actuelle). En fonction de la complexité de l'installation et de ses exigences, une électronique performante, des systèmes de pilotage et un logiciel permettent de piloter les processus.

#### **I.1.4. Systèmes d'entraînement électriques dans l'industrie**

Les entraînements électriques font partie intégrante des machines modernes et de la construction d'installation et se trouvent dans les domaines suivants :

- Convoyage (convoyeurs à bande, convoyeurs à rouleaux, etc.)
- Levage (transstockeurs, grues, tables de levage, convoyeurs verticaux, etc.)
- Systèmes de manipulation et robots
- Lignes d'embouteillage
- etc.

#### **I.2. Critères de choix d'un moteur électrique**

On doit pour choisir un moteur électrique connaître les caractéristiques des énergies entrantes et sortantes. Soit pour l'énergie:

Electrique :

La nature réseau;

Les caractéristiques ;

...

Mécanique :

Le couple résistant;

La fréquence de rotation;

La puissance...

Outre ces caractéristiques fondamentales pour le choix d'un moteur électrique, d'autres critères doivent néanmoins pris en compte, citons:

- L'environnement (température, l'altitude,...) ;
- Le service de fonctionnement (Continu, temporel,...) ;

- Les dimensions de la machine (Hauteur et diamètre d'axe + clavette,...) ;
- La position de fonctionnement (Verticale, Horizontale) ;

Les moteurs asynchrones sont les plus répandus dans l'industrie. Nous décrivons dans ce qui suit leurs critères de choix. Ce choix dépend mécaniquement de la machine à entraîner et électriquement du réseau d'alimentation.

**Coté machine à entraînée :**

- Moment de giration : il est équivalent au moment d'inertie et correspond à l'inertie du rotor. Il intervient dans les phases de démarrage et d'arrêt du moteur.
- Courbe du couple résistant : il est dû au frottement mécanique, par exemple les paliers, mais aussi lorsque le moteur est en charge et qu'il doit vaincre le couple résistant au démarrage.
- Puissance nominale d'entraînement : elle est en rapport avec l'ensemble des composants du moteur en particulier l'axe (clavette, diamètre de l'axe).
- Fréquence de rotation : elle est régie par le nombre de paires de pôles et la fréquence du réseau (50 Hz par exemple).
- Position de l'axe: la mécanique intérieure est conçue soit pour un axe vertical ou un axe horizontal. (Par exemple, pour un moteur conçu pour être posé horizontalement, en cas de pose verticale les roulements cassent à cause du poids).
- Type de service : il est en rapport avec l'échauffement des enroulements lors des périodes de marche et d'arrêt du moteur.
- Facteur de marche : Il est lié au type de service, et donc de l'échauffement des enroulements du moteur qui risquent de surchauffer .
- Conditions d'utilisation : elles intègrent l'altitude, la température ambiante. (Par exemple, si la température ambiante est élevée, les enroulements moteur montent plus haut et plus vite en température pouvant causer la casse du moteur. Pour l'altitude, si l'on imagine une très forte altitude (montagne), la ventilation du moteur sera mauvaise car l'air se fait rare en hauteur, il s'en suit donc une surchauffe si l'on pousse le moteur au maximum).

**Coté alimentation électrique :**

- Tension disponible : elle correspond à la tension entre phase. Elle est directement liée à la création du champ magnétique permettant la rotation du rotor.
- Pointe de courant admissible : les enroulements doivent pouvoir supporter une certaine pointe d'intensité, par exemple au démarrage, ou à un problème quelconque.
- Variation de tension : on peut imaginer une baisse de tension sur le réseau qui induirait une perte de couple du moteur suivi d'un arrêt du moteur qui n'arrive plus à entraîner la charge. Cela peut avoir de grave conséquence sur une chaîne de production, par exemple.
- Fréquence d'alimentation : elle est liée à la fréquence de rotation qui elle-même est liée au nombre de paires de pôles. (Une mauvaise fréquence d'alimentation ne pourrait pas faire tourner le moteur ou bien l'endommagerait).



- Chute de tension admissible : de même que pour la variation de tension, le moteur doit pouvoir maintenir un certain couple afin de ne pas décrocher.
- Caractéristique de la ligne alimentant le moteur : elle doit correspondre aux caractéristiques du moteur indiquées sur la plaque signalétique afin d'alimenter correctement les enroulements du stator pour faire fonctionner le moteur.

### **I.2.1. Éléments de choix du moteur**

Il y a des éléments qui ont une influence importante sur le choix du moteur électrique :

- Déterminer l'indice de protection : il sert par exemple à définir le niveau d'étanchéité de la carcasse si le moteur est implanté en milieu humide ou bien encore contre la poussière si le moteur se situe dans un milieu sale.
- Déterminer la classe des isolants : elle permet au moteur d'entraîner une charge plus importante malgré une température des enroulements élevée.

### **I.2.2. Indications sur le moteur choisi**

Il faut que le moteur choisi indique :

- Les côtes d'encombrement : elles servent à avoir les dimensions du moteur (la carcasse), cela permet d'effectuer un choix de l'emplacement du moteur, il faut que le local qui l'accueille ne soit pas trop petit pour des problèmes de refroidissement, par exemple.
- Les côtes de fixation : elles permettent de connaître les dimensions des pattes de fixation du moteur.
- Les grandeurs mécanique et électrique : elles régissent les différents choix de couplages, de tension/courant, de la fréquence réseau etc... pour faire fonctionner le moteur dans de bonnes conditions.

### **I.3. Principales grandeurs à prendre en compte pour le choix d'un moteur de l'entraînement**

#### **I.3.1. Définitions**

##### ***I.3.1.1. Point de fonctionnement***

En fonctionnement moteur : C'est le point où le couple "tension, courant" permet le fonctionnement de la machine pour un couple "fréquence de rotation, couple" donné.

En fonctionnement générateur : C'est le point où le couple "fréquence de rotation, couple" permet le fonctionnement de la machine pour un couple "tension, courant" donné.

Remarque : Dans tous les cas, c'est la charge qui impose le point de fonctionnement d'une machine électrique (sauf cas particuliers).

##### ***I.3.1.2. Point nominal de fonctionnement***

C'est le point de fonctionnement « normal » prévu par le constructeur du moteur.

##### ***I.3.1.3. Notion de charge***

Pour un moteur, on appelle charge, le dispositif mécanique qui impose le couple de caractéristiques "Fréquence de rotation, Couple".

Exemple : Pour un ascenseur, c'est la vitesse de déplacement qui impose la fréquence de rotation, et la masse à déplacer qui impose le couple.

Pour un générateur, on appelle charge, le dispositif électrique qui impose le couple de caractéristiques "Tension, Courant".

Exemple : l'éclairage d'un phare de vélo est imposé par la tension à ces bornes. Pour un éclairage constant, il faut rouler à une vitesse constante.

#### **I.3.2. Critères de choix électriques**

##### ***I.3.2.1. Nature du réseau***

- Alternatif monophasé, triphasé avec ou sans neutre, multiphasé,... ;
- Continu ;
- ...

##### ***I.3.2.2. Caractéristiques***

- Tension
- Fréquence
- Puissance :

Lorsqu'un moteur est alimenté par un réseau à tension et fréquence constantes, sa puissance mécanique (utile) peut être calculée à partir de la vitesse et du couple avec la formule suivante :

$$P_n \text{ [W]} = C \text{ [Nm]} * \omega \text{ [rad/s]}$$

La puissance moteur étant souvent exprimée en kilowatts (1 kW = 1000 W) et la vitesse en tr/min (tours/minute, 1 tr/min =  $2\pi/60$  rad/s), la formule suivante peut être utilisée :

$$P_n \text{ [kW]} = \frac{C \text{ [Nm]} * n \text{ [tr/min]}}{9550}$$

La puissance absorbée par le moteur peut être calculée à partir de la tension, du courant et du facteur de puissance :

$$P_{abs} = \sqrt{3} * U * I * \cos(\varphi)$$

- Rendement :

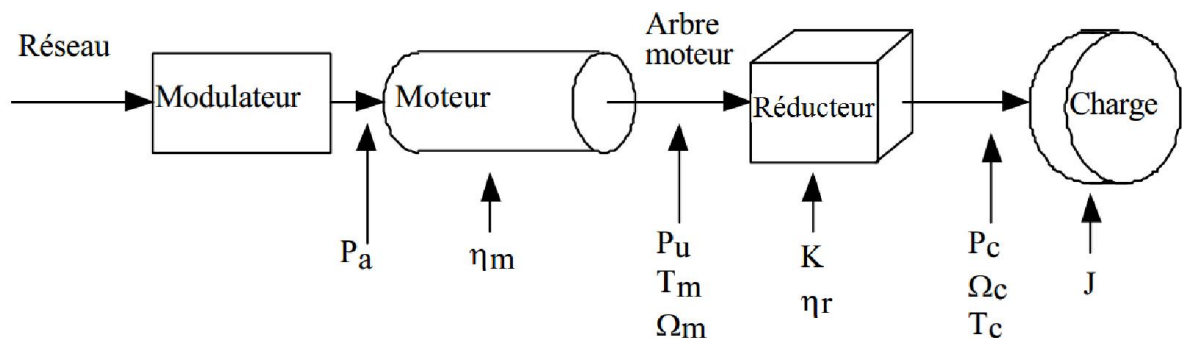
Le rendement du moteur correspond à la puissance utile divisée par la puissance absorbée :

$$\eta = \frac{P_n}{P_{abs}}$$

### I.3.3. Critères de choix mécaniques

Le choix d'un convertisseur dépend essentiellement du type de charge : couple, vitesse, accélération, cycle de fonctionnement.

#### I.3.3.1. Chaîne de transmission



$P_a$  : Puissance absorbée par le moteur en W ou kW;

$\eta_m$  : Rendement du moteur ( $\eta_m = P_u / P_a$ );

$P_u$  : Puissance utile fournie par le moteur sur l'arbre en W ou kW ( $P_u = T_m \Omega_m$ );

$T_m$  : Couple utile sur l'arbre moteur ou couple résistant opposé par la charge en Nm;

$\Omega_m$  : Vitesse de rotation de l'arbre moteur en rad/s;

$K$  : Rapport de réduction (transmission) du réducteur ( $K = \Omega_r / \Omega_m$ );

$\eta_r$  : Rendement du réducteur ( $\eta_r = P_c / P_u$ );

$P_c$  : Puissance demandée par la charge en W ou kW;

$\Omega_c$  : Vitesse de rotation de la charge en rad/s;

$T_c$  : Couple résistant de la charge en Nm;

$J$  : Moment d'inertie de la charge en kg/m<sup>2</sup>;

### 1.3.3.2. Type de couple résistant sur l'arbre de la machine

La caractéristique du couple résistant en fonction de la vitesse définit les besoins de la machine entraînée. Lors que cette caractéristique n'est pas connue, elle est assimilée à l'une des quatre caractéristiques ci dessous.

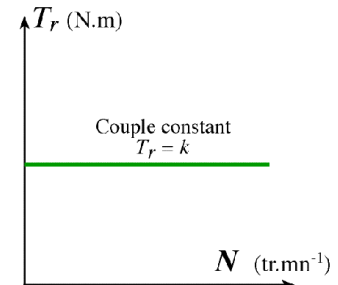
#### a. Caractéristique constante (de levage)

Le couple résistant  $T_r$  est plus fort au décollage.

$$T_r = cte$$

Exemples:

- Bande transporteuse horizontale,
- Levage,
- Broyeur.



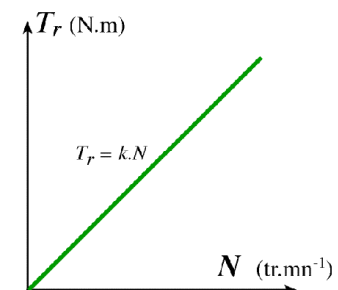
#### b. Caractéristique linéaire

Le couple résistant  $T_r$  est assez faible au décollage. Il croît avec la vitesse d'une façon linéaire.

$$T_r = k \Omega$$

Exemples:

- Pompe volumétrique (rare),
- Mélangeur.



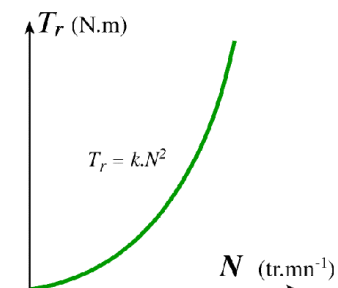
#### c. Caractéristique quadratique (de ventilation)

Le couple résistant  $T_r$  est assez faible au décollage. Il croît avec la vitesse selon une loi donnée:

$$T_r = k' \Omega^2$$

Exemples:

- Pompe centrifuge,
- Ventilateur.



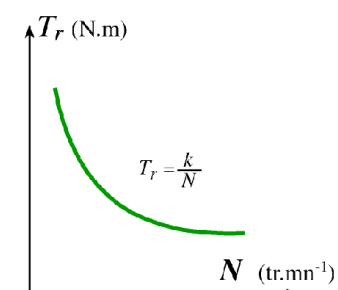
#### d. Caractéristique hyperbolique (d'essorage)

Le couple résistant  $T_r$  est important au décollage. Il décroît avec la vitesse selon la loi:

$$T_r = \frac{k''}{\Omega}$$

Exemples:

- Essoreuse,
- Compresseur,
- Concasseur.



### I.3.4. Moment d'inertie

L'inertie caractérise les masses en mouvement (paramètre dynamique). C'est par son inertie qu'un système s'oppose aux changements de vitesse que l'on veut lui imposer. La grandeur physique associée à l'inertie est le moment d'inertie  $J$  en kg/m.

Le moment d'inertie d'un cylindre plein de masse  $m$  et de rayon  $R$  tournant autour de son axe de symétrie s'écrit:

$$J = \frac{1}{2} m R^2$$

Le moment d'inertie  $J_1$  d'une masse tournant à une vitesse  $\Omega_1$ , rapporté à un arbre tournant à une vitesse  $\Omega_2$ , a pour valeur:

$$J_1 = J_2 \left( \frac{\Omega_1}{\Omega_2} \right)^2$$

Les moments d'inertie de deux dispositifs accouplés sur le même axe de rotation s'additionnent.

### I.3.5. Etude de la dynamique

#### I.3.5.1. Equation fondamentale

Pour que le moteur entraîne une charge, il lui faut un couple moteur. Celui-ci doit d'une part décoller la masse (de moment d'inertie  $J$ ) de la charge et d'autre part vaincre le couple résistant relatif à la charge.

Ainsi le couple moteur  $T_m$  peut se calculer :

$$T_m = T_a + T_r \text{ Et } T_a = J \frac{d\Omega}{dt}$$

On désigne par  $T_a$  le couple d'accélération qui représente le couple que doit fournir le moteur en plus du couple de charge pour accélérer (qui n'existe que pendant la mise en vitesse de la masse d'inertie  $J$ ) et  $T_r$  le couple résistant opposé par la charge (qui se maintient durant tout le fonctionnement du moteur).

#### I.3.5.2. Conditions de démarrage

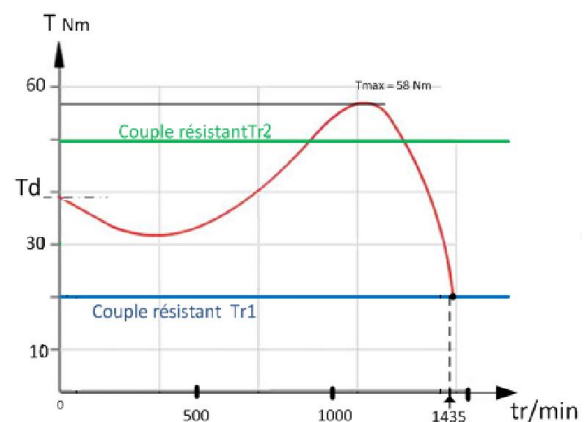
Le moteur ne peut démarrer que si son couple de démarrage est supérieur au couple résistant de la charge (en décollage).

$$T_d > T_r$$

D'après la figure ci-contre qui représente les couples moteur et résistant en fonction de la vitesse:

- $T_d > T_{r1}$  Le moteur démarre
- $T_d < T_{r2}$  Le moteur ne démarre pas

L'accélération est d'autant plus importante que:  $T_m$  est grand devant  $T_r$ ;  $J$  est faible.



### I.3.6. Régime établi (Point de fonctionnement)

En régime établi la vitesse est constante. Donc le couple d'accélération n'existe plus.

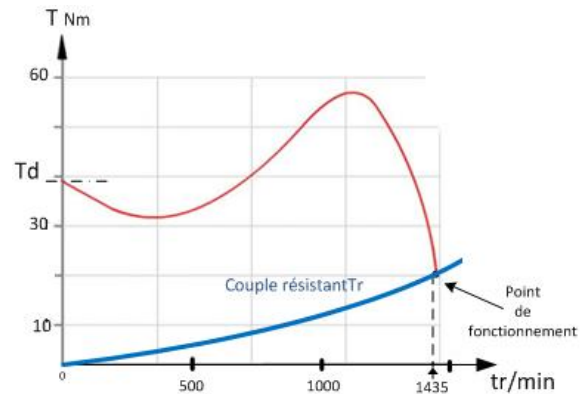
$$\text{Si } \Omega = \text{cte} \Rightarrow \frac{d\Omega}{dt} = 0 \Rightarrow T_m = T_r$$

#### I.3.6.1. Fonctionnement stable du moteur

Le point de fonctionnement stable de la machine est le point où les couples moteur et résistant sont égaux (intersection des caractéristiques mécanique du moteur et de la charge).

Remarque :

Le moteur est généralement choisi afin que le point de fonctionnement soit le plus proche possible du fonctionnement en régime nominal.



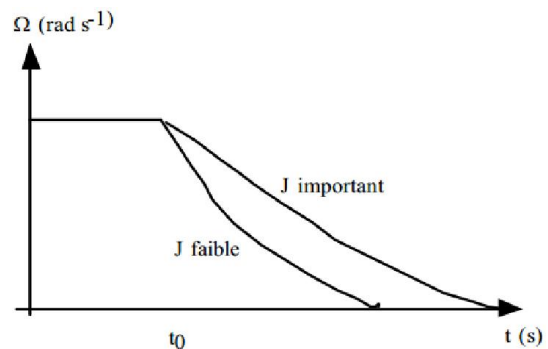
#### I.3.6.2. Ralentissement naturel

Le ralentissement naturel est obtenu par arrêt à la coupure de l'alimentation du moteur à l'instant  $t_0$ .

Remarque :

L'arrêt est d'autant plus court que le moment d'inertie est faible.

$$\text{à } t = t_0 \quad T_r + T_a = 0 \Rightarrow T_r = -T_a \Rightarrow \frac{d\Omega}{dt} = -\frac{T_r}{J}$$



L'accélération est négative donc ralentissement du moteur.

#### I.3.6.3. Freinage du moteur

Pour réaliser un freinage on ajoute à l'instant  $t_0$  un couple de freinage  $T_f$ .

$$\text{à } t = t_0 \quad T_r + T_a + T_f = 0 \Rightarrow T_r + T_f = -T_a \Rightarrow \frac{d\Omega}{dt} = -\frac{(T_r + T_f)}{J}$$

Le couple de freinage peut être produit par :

- Un élément mécanique,
- Un système électrique extérieur (frein à poudre, frein à courant de Foucault),
- Par le moteur lui-même,
- Par injection de courant continu,
- Un fonctionnement en génératrice.

En cas de coupure réseau, seul le frein mécanique assure l'immobilisation de la charge.

## I.4. Autres critères de choix

### • ENVIRONNEMENT

#### \* CORRECTION SUIVANT LA TEMPÉRATURE AMBIANTE ( $t_a > 40\text{ °C}$ ) :

— Si la température ambiante est supérieure à  $40\text{ °C}$ , la puissance du moteur subit un déclassement  $K_t$  comme l'indique le tableau ci-dessous :

— Application :

Moteur 10 kW  $t_a = 45\text{ °C}$ .

Déclassement :

$K_t = 95/100$ .

Puissance disponible :

$P_M = 10 \times 95/100 = 9,5\text{ kW}$

(soit un déclassement de 99/100 sur  $P_n$  par  $°C$  au-dessus de  $40\text{ °C}$ ).

45 °C	95/100
50 °C	90/100
55 °C	85/100

#### \* CORRECTION SUIVANT L'ALTITUDE ( $a_f > 1000\text{ m}$ ) :

— Si l'altitude de fonctionnement est supérieure à  $1000\text{ m}$  la puissance du moteur subit un déclassement  $K_a$  suivant la relation suivante :

— Application :

Moteur 100 kW  $a_f = 3000\text{ m}$ .

Déclassement :

$K_a = \frac{11000 - 3000}{10000} = 0,8$

Puissance disponible :  $P_M = 100 \times 0,8 = 80\text{ kW}$ .

$$K_a = \frac{11000 - a_f}{10000}$$

### CORRECTION SUIVANT LA FRÉQUENCE DE ROTATION ( $n \neq n_n$ ) :

Cas des moteurs asynchrones alimentés par des variateurs électroniques.

(Convertisseur de fréquence)

La fréquence de rotation  $n$  dépend de la fréquence  $f$ .

Si le moteur fonctionne à  $n \neq n_n$ , il y a lieu de corriger sa puissance par un coefficient  $K_f$ .

Note : La courbe est donnée pour du matériel standard ( $n/n_n \leq 1,2$ ).

Application :

Moteur 10 kW.

Variation de la fréquence de rotation dans un rapport 1 à 0,4.

Coefficient correcteur :  $K_f = 1,3$ .

Puissance disponible :

$P_M = 10/1,3 \approx 7,7\text{ kW}$ .

