Fiche de TD N°1 – Cours CSE

Master 2 ETI – Domaines de puissance, types de moteurs et consommation d'énergie

Dr Ghlam Karima

Année universitaire 2026-2027

Objectifs pédagogiques

- Situer un moteur électrique dans le domaine de puissance (1.1).
- Choisir un type de moteur adapté à une application donnée (1.2).
- Calculer puissance, couple, vitesse, énergie et puissance massique.
- Analyser la consommation énergétique des systèmes motorisés (1.3).

Exercice 1 – QCM

Pour chaque question, une seule réponse est correcte.

1. Le domaine de puissance des motorisations électriques s'étend sur environ :
   (a) 3 décades
   (b) 6 décades
   (c) 10 décades
   (d) 15 décades
2. Le moteur le plus utilisé dans l'industrie (environ 80 % de la force motrice) est :
   (a) le moteur à courant continu
   (b) le moteur asynchrone
   (c) le moteur synchrone à aimants
   (d) le moteur pas à pas
3. La gamme de puissance d'un moteur pas à pas est typiquement :
   (a) 1 W – 10 kW
   (b) 5 W – 500 W
   (c) 100 W – 1 kW
   (d) 1 kW – 20 MW
4. La part de la consommation électrique mondiale liée aux moteurs est d'environ :
   (a) 10 %
   (b) 25 %
   (c) 50 %
   (d) 90 %

Exercice 2 – Association moteur / application

Complétez le tableau ci-dessous en associant chaque application au type de moteur le plus adapté et à sa gamme de puissance.

Application	Type de moteur	Gamme de puissance
Robot ménager		
TGV (traction)		
Horlogerie		
Propulsion navale (Queen Mary 2)		
Machine-outil à commande numérique		
Ventilateur de plafond		

Exercice 3 – Calcul de couple et puissance massique

Un moteur asynchrone triphasé possède les caractéristiques suivantes :

- Puissance nominale : $P_n = 15$ kW
- Vitesse nominale : $N_n = 1450$ tr/min
- Masse : $m = 120$ kg

1. Calculer la vitesse angulaire nominale ω_n en rad/s.
2. Calculer le couple nominal C_n en N·m.
3. Calculer la puissance massique de ce moteur en W/kg.
4. Un moteur synchrone à aimants permanents de même puissance a une puissance massique de 1000 W/kg. Quelle serait sa masse ? Conclure.

Exercice 4 – Lecture du graphique des ordres de grandeur

En vous référant au graphique des ordres de grandeur (page 1 du cours) :

1. Estimer le couple disponible pour un moteur de 10 kW à 3000 tr/min.
2. Estimer le diamètre approximatif du rotor correspondant.
3. Dans quelle zone du graphique se situe un moteur de 1 MW ? Quels types de moteurs y retrouve-t-on ?

Exercice 5 – Consommation d'énergie

Un moteur asynchrone de $7,5$ kW fonctionne 8 h par jour, 250 jours par an. Son rendement est de 90 %.

1. Calculer l'énergie utile annuelle en kWh.
2. Calculer l'énergie absorbée annuelle en kWh.
3. Calculer le coût annuel de fonctionnement si le prix du kWh est de 5 DA.
4. Proposer deux actions pour réduire cette consommation.

Exercice 6 – Comparaison de technologies

Pour une application de traction ferroviaire, on dispose des puissances massiques suivantes :

- Moteur à courant continu (MCC) : 350 W/kg
- Moteur synchrone à rotor bobiné (MSRB) : 760 W/kg
- Moteur asynchrone (MAS) : 800 W/kg
- Moteur synchrone à aimants (MSA) : 1000 W/kg

Pour une puissance de 1 MW, calculer la masse de chaque moteur. Classer ces technologies de la plus légère à la plus lourde. Conclure sur l'intérêt des moteurs à aimants permanents.

Exercice 7 – Étude de cas : propulsion navale

Le paquebot *Queen Mary 2* (2000) est équipé de 4 moteurs de propulsion de 20 MW chacun. Les alternateurs fournissent une puissance totale de 115 MW.

1. Calculer la puissance totale des moteurs de propulsion.
2. Calculer le rendement global de la chaîne de propulsion (alternateurs + moteurs) si la puissance électrique absorbée par les moteurs est de 80 MW.
3. Comparer avec le paquebot *Le Normandie* (1935) qui utilisait 4 moteurs de 30 MW. Commenter l'évolution.

Exercice 8 – Synthèse : choix d'un moteur

On souhaite motoriser un convoyeur industriel. Les données sont :

- Charge utile maximale : 250 kg
- Rayon d'entraînement : $r = 0,12$ m
- Couple résistant en régime : $C_r = 20$ N $\cdot$ m
- Vitesse linéaire souhaitée : $v = 1,2$ m/s
- Accélération de 0 à $1,2$ m/s en 4 s
- Couple thermique admissible : $C_{th} = 1,5 \cdot C_n$

1. Calculer la vitesse angulaire ω correspondant à $v = 1,2$ m/s.
2. Calculer le couple d'accélération C_{acc} en supposant une inertie équivalente $J_{eq} = 0,5$ kg $\cdot$ m^2.
3. En déduire le couple total maximal que doit fournir le moteur.
4. Choisir un type de moteur parmi ceux du cours (asynchrone, synchrone, à réluctance variable, etc.) et justifier votre choix.
5. Vérifier que le couple thermique est respecté.