

Obtenir de l'énergie mécanique à l'aide d'un moteur électrique

Terminale Bac Pro ICCER (Grpt 1) | Physique – Électricité | Moteurs CC et asynchrones, bilan de puissance

Objectifs du chapitre

- Identifier un moteur électrique comme convertisseur électromécanique
- Différencier un moteur à courant continu (CC) et un moteur asynchrone
- Lire et exploiter une plaque signalétique (U , I , P , f , $\cos \varphi$, n , η)
- Établir le bilan de puissance et calculer le rendement η
- Vérifier l'influence de U sur n pour un moteur CC, et de f sur n pour un moteur asynchrone
- Calculer la vitesse de synchronisme d'un moteur asynchrone (*complément métier — relation fournie en évaluation*)

Situation professionnelle — Maintenance d'une centrale de traitement d'air

Un installateur de pompes à chaleur doit vérifier les moteurs électriques d'une CTA (ventilateurs de soufflage et de reprise). Il lit les plaques signalétiques pour contrôler la puissance absorbée, le rendement et adapter le réglage du variateur de fréquence.

Introduction – Le moteur électrique en installation thermique

SITUATION PROFESSIONNELLE

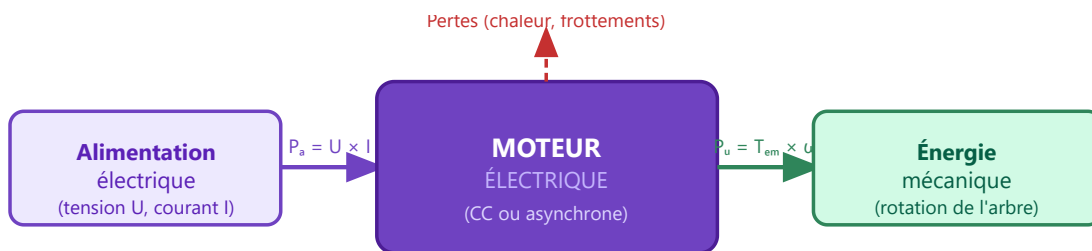
Métier

Dans une installation de climatisation, une centrale de traitement d'air (CTA) comporte plusieurs moteurs électriques : ventilateurs de soufflage et de reprise, pompes hydrauliques, compresseur. En tant que technicien CVC, vous devez savoir **lire la plaque signalétique** pour vérifier que le moteur est adapté à l'installation, et **calculer la puissance absorbée et le rendement** pour estimer la consommation énergétique.

I – Le moteur électrique : un convertisseur électromécanique

DÉFINITION

Un **moteur électrique** est un **convertisseur d'énergie** : il transforme l'**énergie électrique** reçue en **énergie mécanique** (rotation de l'arbre de sortie). On parle de convertisseur *électromécanique*.



Le moteur électrique convertit l'énergie électrique (P_a) en énergie mécanique (P_u). La différence constitue les pertes (chaleur, frottements).

LES DEUX GRANDES CATÉGORIES DE MOTEURS

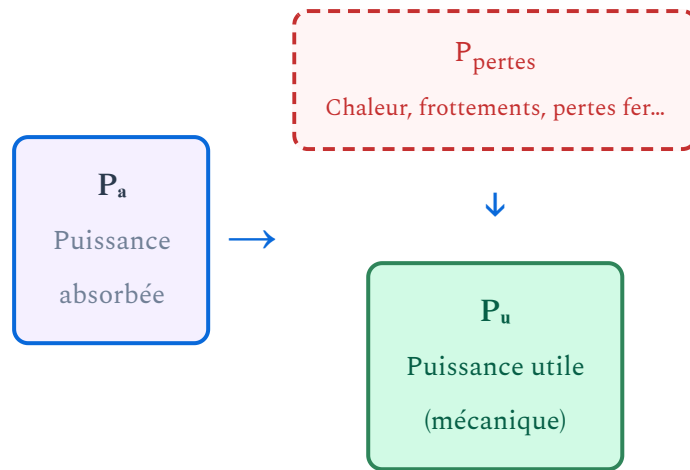
- **Moteur à courant continu (CC)** : alimenté par une tension *continue* (batterie, alimentation régulée, 24 V bord aéronautique).
- **Moteur asynchrone** : alimenté par une tension *alternative* (réseau 50 Hz, monophasé ou triphasé) — le plus répandu en industrie.

II – Bilan de puissance et rendement

Un moteur électrique n'est pas parfait : une partie de l'énergie électrique absorbée est dissipée sous forme de chaleur (pertes Joule, frottements mécaniques, pertes fer).

LES TROIS PUISSANCES

- **Puissance absorbée P_a** : puissance électrique fournie au moteur par le réseau (entrée).
- **Puissance utile P_u** : puissance mécanique disponible sur l'arbre de sortie.
- **Pertes P_{pertes}** : puissance dissipée sous forme de chaleur, non récupérable.



CONSERVATION DE L'ÉNERGIE

$$P_a = P_u + P_{\text{pertes}}$$

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

η (êta) : rendement du moteur – sans unité, compris entre 0 et 1 (ou en %). Plus η est proche de 1, plus le moteur est efficace.

APPLICATION

Un ventilateur de CTA absorbe $P_a = 1\,500\text{ W}$. Sa puissance utile sur l'arbre est $P_u = 1\,275\text{ W}$. Calculer les pertes et le rendement η .

Formules de la puissance absorbée

Moteur CC (courant continu) :

$$P_a = U \times I$$

Moteur asynchrone triphasé :

$$P_a = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi$$

U : tension entre phases (V) | I : courant de ligne (A) | $\cos \varphi$: facteur de puissance

EXEMPLE RÉSOLU - BILAN DE PUISSANCE

Un moteur asynchrone triphasé absorbe

$$P_a = 4\,000\text{ W}$$

. Sa puissance utile est

$$P_u = 3\,600\text{ W}$$

.

$$1. \text{ Pertes : } P_{\text{pertes}} = 4\,000 - 3\,600 = 400\text{ W}$$

$$2. \text{ Rendement : } \eta = \frac{3\,600}{4\,000} = 0,90 \text{ soit } \mathbf{90\%}$$

ATTENTION

Le rendement est **toujours strictement inférieur à 1 (100 %)** car il y a toujours des pertes. Un bon moteur industriel a un rendement entre 80 % et 95 %.

III - Le moteur à courant continu (CC)

PRINCIPE

Le moteur CC est alimenté par une **tension continue U**. L'interaction entre le champ magnétique de l'inducteur (stator fixe) et le courant dans l'induit (rotor) produit une **force de Laplace** qui fait tourner le rotor. Un collecteur à balais assure la commutation du courant.

Applications : véhicules électriques, actionneurs embarqués, outillage portatif, 24 V bord aéronautique.

INFLUENCE DE LA TENSION SUR LA VITESSE (MOTEUR CC)

La fréquence de rotation **n** est **directement proportionnelle à la tension U** (à couple résistant constant) :

$$n \propto U$$

Le graphe $n = f(U)$ est une **droite passant par l'origine**.

APPLICATION

Un moteur CC tourne à $n = 1\,200$ tr/min sous $U = 24$ V. Si on augmente la tension à 36 V (à couple constant), quelle sera la nouvelle vitesse de rotation approximative ?

Plaque signalétique d'un moteur CC

MÉTHODE - LIRE LA PLAQUE

La plaque signalétique donne les

caractéristiques nominales

du moteur, c'est-à-dire les valeurs pour lesquelles il est conçu et garantit ses performances.

MOTEUR À COURANT CONTINU – FABRICANT XYZ

Type : ZD 12/24 Tension nominale : $U = 24$ V CC Courant nominal : $I = 5$ A

Puissance nominale : $P_u = 80$ W Vitesse nominale : $n = 3\,000$ tr/min

Rendement : $\eta = 67$ %

Donnée	Symbole	Unité	Signification
Tension nominale	U	V	Tension CC à appliquer en fonctionnement nominal
Courant nominal	I	A	Courant absorbé à charge nominale
Puissance nominale	P_u	W	Puissance mécanique disponible sur l'arbre
Vitesse nominale	n	tr/min	Fréquence de rotation à charge nominale
Rendement	η	%	Rapport P_u / P_a

VÉRIFICATION - PLAQUE CC

Avec la plaque ci-dessus :

$$P_a = U \times I = 24 \times 5 = 120 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{80}{120} \approx 0,67 \text{ soit } 67 \%$$

Cohérent avec la valeur indiquée sur la plaque.

IV - Le moteur asynchrone

PRINCIPE SIMPLIFIÉ

Le moteur asynchrone (ou moteur à induction) est alimenté par une tension **alternative triphasée** (réseau 50 Hz). Les bobinages du stator créent un **champ magnétique tournant** dont la vitesse (vitesse de synchronisme) dépend de la fréquence f et du nombre de paires de pôles p . Le rotor en cage d'écureuil tourne *légèrement en retard* sur ce champ → nom *asynchrone*.

VITESSE DE SYNCHRONISME (COMPLÉMENT MÉTIER — AU-DELÀ DES CONNAISSANCES EXIGIBLES)

$$n_s = \frac{60 \times f}{p}$$

PRÉCISION PROGRAMME Le programme demande de constater **expérimentalement** l'influence de la fréquence d'alimentation sur la fréquence de rotation. La relation $n_s = \frac{60f}{p}$ et le glissement sont des **compléments métier** (variateurs de vitesse en chauffage-climatisation, BTS) : en évaluation, ces relations sont toujours **fournies**.

n_s en tr/min | f : fréquence réseau (Hz) — 50 Hz en France | p : nombre de paires de pôles

La vitesse réelle du rotor est **légèrement inférieure** à n_s (glissement : 2 % à 5 %).

APPLICATION

Un moteur asynchrone de pompe à chaleur a $p = 3$ paires de pôles. Le réseau est à 50 Hz. Calculer la vitesse de synchronisme n_s .

Paires de pôles p	1	2	3	4
n_s à 50 Hz (tr/min)	3 000	1 500	1 000	750
Vitesse réelle typique (tr/min)	2 900	1 450	960	720

EXEMPLE

Un moteur a $p = 2$ paires de pôles, réseau 50 Hz :

$$n_s = \frac{60 \times 50}{2} = 1\,500 \text{ tr/min}$$

Vitesse réelle $\approx 1\,450$ tr/min (glissement : 50 tr/min, soit 3,3 %).

INFLUENCE DE LA FRÉQUENCE SUR LA VITESSE (MOTEUR ASYNCHRONE)

La vitesse de synchronisme est **proportionnelle à la fréquence f** :

$$n_s \propto f$$

C'est le principe du **variateur de fréquence (onduleur)** : en faisant varier f de 0 Hz à 50 Hz, on contrôle la vitesse du moteur de façon continue.

Plaque signalétique d'un moteur asynchrone

MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASÉ – FABRICANT ABC

Type : MAT 90L-4 Fréquence : $f = 50$ Hz Tension : 400 V / 690 V (Δ / Y)

Courant : $I = 6,3$ A / 3,6 A Puissance utile : $P_u = 3$ kW $\cos \phi$: 0,82

Vitesse : $n = 1\,450$ tr/min Rendement : $\eta = 84$ % Classe isolat. : F

Donnée	Symbole	Unité	Signification
Fréquence réseau	f	Hz	Fréquence de la tension alternative (50 Hz en Europe)
Tension nominale	U	V	Tension entre phases ; couplage triangle (Δ) ou étoile (Y)
Courant nominal	I	A	Courant de ligne absorbé en fonctionnement nominal
Puissance utile	P_u	W ou kW	Puissance mécanique disponible sur l'arbre
Facteur de puissance	$\cos \varphi$	—	Déphasage courant/tension (toujours < 1 pour un moteur asynchrone)
Vitesse nominale	n	tr/min	Vitesse réelle à charge nominale (légèrement $< n_s$)
Rendement	η	%	Rapport P_u / P_a

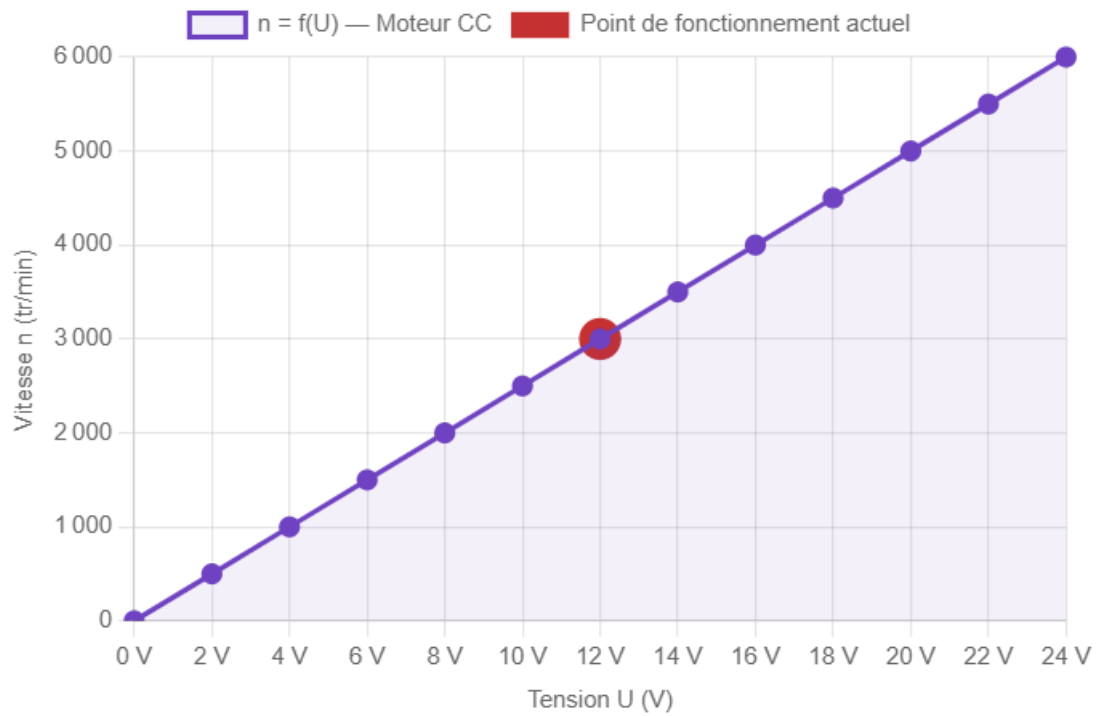
POINT CLÉ - PLAQUE SIGNALÉTIQUE

La puissance indiquée sur la plaque d'un moteur asynchrone est **toujours la puissance utile mécanique P_u** , jamais la puissance absorbée électrique P_a . Pour calculer P_a , utiliser la formule triphasée avec $\cos \varphi$, ou le rendement η .

V - Visualisation interactive $n = f(U)$ et $n = f(f)$

Choisissez le type de moteur pour visualiser la loi de proportionnalité et faire varier le paramètre de commande.

Moteur CC : vitesse en fonction de la tension



3000

Vitesse n (tr/min)

12 V

Tension U

CC

Type de moteur

VI – Comparaison : moteur CC vs moteur asynchrone

Critère	Moteur CC	Moteur asynchrone
Alimentation	Tension continue (batterie, 24 V DC)	Tension alternative – réseau 50 Hz (triphasé)
Réglage vitesse	Faire varier la tension U	Faire varier la fréquence f (variateur)
Couple au démarrage	Très élevé (avantage)	Bon mais inférieur au CC à basse vitesse
Entretien	Régulier (balais et collecteur)	Très peu (rotor en cage, pas de balais)
Robustesse	Plus fragile (pièces d'usure)	Très robuste, longue durée de vie
Coût	Entretien plus coûteux	Faible coût d'achat et d'entretien
Applications professionnelles Métier	Actionneurs embarqués, 24 V bord, outillage portatif	Pompes, ventilateurs CTA, compresseurs, convoyeurs
Identification rapide	2 bornes (+ et -), balais visibles	3 ou 6 bornes, plaque avec $f = 50 \text{ Hz}$ et $\cos \varphi$

VII – Lire et exploiter une plaque signalétique : exercice guidé

EXERCICE GUIDÉ

On dispose du moteur asynchrone MAT 90L-4 (plaque ci-dessus).

1. Calculer la puissance absorbée P_a (couplage Δ , 400 V).

$$P_a = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi = \sqrt{3} \times 400 \times 6,3 \times 0,82 \approx 3\,579 \text{ W} \approx 3,6 \text{ kW}$$

2. Vérifier le rendement.

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{3\,000}{3\,579} \approx 0,84$$

Ce résultat est cohérent avec le rendement de 84 % indiqué sur la plaque signalétique.

3. Calculer n_s ($p = 2$ paires de pôles, $f = 50$ Hz).

$$n_s = \frac{60 \times 50}{2} = 1\,500 \text{ tr/min}$$

La vitesse réelle (1 450 tr/min) est inférieure à n_s : fonctionnement asynchrone.

4. Calculer les pertes.

$$P_{\text{pertes}} = P_a - P_u = 3\,579 - 3\,000 = 579 \text{ W}$$

VIII – Tableau récapitulatif des formules

Grandeur	Formule	Unité	Remarques
Puissance absorbée (CC)	$P_a = U \times I$	W	Moteur CC ou circuit monophasé sans déphasage
Puissance absorbée (triphasé)	$P_a = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi$	W	U : tension entre phases (V)
Bilan de puissance	$P_a = P_u + P_{\text{pertes}}$	W	Conservation de l'énergie
Rendement	$\eta = \frac{P_u}{P_a}$	— (ou %)	$0 < \eta < 1$ toujours
Puissance mécanique utile	$P_u = T_{em} \times \omega$	W	T_{em} : couple en N·m ω : vitesse en rad/s
Vitesse angulaire	$\omega = \frac{2\pi \times n}{60}$	rad/s	n : vitesse en tr/min
Vitesse de synchronisme	$n_s = \frac{60 \times f}{p}$	tr/min	f : fréquence (Hz) p : paires de pôles
Moteur CC	$n \propto U$	tr/min	Proportionnalité à couple constant
Moteur asynchrone	$n_s \propto f$	tr/min	Principe du variateur de fréquence

IX – Mini-exercices

Exercice 1 – Bilan de puissance (moteur CC)

Un moteur CC a les caractéristiques nominales suivantes : $U = 12 \text{ V}$, $I = 4 \text{ A}$, $P_u = 38,4 \text{ W}$.

1. Calculer la puissance absorbée P_a .
2. Calculer le rendement η (en %).
3. Calculer les pertes P_{pertes} .
4. Ce moteur est-il de bonne qualité ? Justifier.

► Voir la correction

Exercice 2 – Vitesse de synchronisme

On dispose de trois moteurs asynchrones triphasés (réseau 50 Hz) :

- Moteur A : $p = 1$ paire de pôles, vitesse lue sur plaque : 2 900 tr/min
- Moteur B : $p = 2$ paires de pôles, vitesse lue sur plaque : 1 450 tr/min
- Moteur C : $p = 3$ paires de pôles, vitesse lue sur plaque : 960 tr/min

1. Calculer n_s pour chacun des trois moteurs.
2. Calculer le glissement (en tr/min) pour chaque moteur.
3. Quel moteur développe la plus grande vitesse de rotation ? Peut-il entraîner directement un ventilateur de CTA conçu pour 1 500 tr/min ?

► [Voir la correction](#)

Exercice 3 – Exploitation de plaque signalétique (asynchrone)

Un moteur asynchrone triphasé a la plaque suivante : $U = 400 \text{ V } (\Delta)$, $I = 8,6 \text{ A}$, $\cos \varphi = 0,80$, $P_u = 4 \text{ kW}$, $\eta = 85 \%$, $n = 1 455 \text{ tr/min}$, $f = 50 \text{ Hz}$, $p = 2$.

1. Calculer la puissance absorbée P_a avec la formule triphasée.
2. Vérifier le rendement η en utilisant P_a et P_u .
3. Calculer la vitesse de synchronisme n_s .
4. Calculer les pertes P_{pertes} .
5. Un variateur règle la fréquence à 35 Hz. Calculer la nouvelle n_s .

► [Voir la correction](#)

Exercice 4 – Variateur de vitesse CTA ICCER

Le ventilateur de soufflage d'une CTA est entraîné par un moteur asynchrone : $p = 2$, $f = 50$ Hz, $P_u = 5,5$ kW, $\eta = 88\%$, $\cos \varphi = 0,85$, $U = 400$ V (Δ).

1. Calculer la vitesse de synchronisme n_s à 50 Hz.
2. Calculer la puissance absorbée P_a à partir de P_u et η .
3. Calculer le courant de ligne I absorbé.
4. Le variateur est réglé à 30 Hz pour réduire le débit. Calculer la nouvelle n_s . Quel est le rapport $n_s(30 \text{ Hz}) / n_s(50 \text{ Hz})$?
5. La puissance mécanique varie en proportion du cube de la vitesse. Calculer la puissance approximative à 30 Hz.

► [Voir la correction](#)

BILAN — CE QU'IL FAUT RETENIR

Formules essentielles

- Moteur CC : $P_a = U \times I$
- Moteur triphasé : $P_a = \sqrt{3}UI \cos \varphi$
- Rendement : $\eta = P_u / P_a$
- Bilan : $P_a = P_u + P_{\text{pertes}}$
- Synchro : $n_s = 60f/p$
- CC : $n \propto U$ | Async : $n_s \propto f$

En pratique — Installation thermique

- **Plaque signalétique** → toutes les données nominales
- **$P_u \neq P_a$** (la plaque donne P_u , pas P_a)
- **Moteur CC** → varier U pour régler n
- **Moteur async.** → varier f (variateur) pour régler n
- **Loi des ventilateurs** → $P \propto n^3$ → économies importantes
- **$\eta < 1$ toujours** — préférer $\eta > 80\%$

Référence BO : Terminale Bac Pro — Groupement 1 — Physique-Chimie : « Obtenir de l'énergie mécanique à l'aide d'un moteur électrique ». Connaissances exigibles : convertisseur électromécanique ;

bilan de puissance ; rendement η ; plaque signalétique ; moteur CC ($n \propto U$) ; moteur asynchrone ($n_s = 60f/p$, $n_s \propto f$).

X – Comparaison CC vs asynchrone en installation thermique

Critère	Moteur à courant continu (CC)	Moteur asynchrone triphasé
Alimentation	Courant continu (redresseur)	Courant alternatif triphasé 400 V / 50 Hz
Vitesse	$n \propto U$ (réglable par tension)	$n_s = 60f/p$ (réglable par variateur de fréquence)
Réglage de vitesse	Variation de tension $\rightarrow$ simple, précis	Variation de fréquence (variateur ATV) $\rightarrow$ très précis
Entretien	Bagues et balais à remplacer (usure)	Robuste, peu d'entretien (pas de balais)
Rendement typique	75 – 90 %	85 – 95 % (classe IE3)
Applications professionnelles	Volets roulants, petits ventilateurs, moteurs d'asservissement	Compresseurs, CTA, pompes, groupes frigorifiques
Démarrage	Courant fort au démarrage	Démarrage étoile-triangle ou variateur pour limiter l'appel
Avantages	Bon couple à basse vitesse, contrôle simple	Robustesse, coût faible, rendement élevé

XI – Exercice 5 : Rendement global d'une installation

Exercice 5 – Rendement global : moteur + pompe + réseau ICCER

Une installation hydraulique de chauffage comporte :

- Un moteur asynchrone triphasé : $P_a = 2\,200\text{ W}$, $\eta_{\text{moteur}} = 88\%$
- Une pompe hydraulique : $\eta_{\text{pompe}} = 82\%$
- Des pertes dans le réseau de tuyauterie : $P_{\text{réseau}} = 180\text{ W}$

1. Calculer la puissance mécanique P_u fournie par le moteur à la pompe.
2. Calculer la puissance hydraulique utile transmise à l'eau par la pompe.
3. Calculer la puissance réellement disponible en bout de réseau (puissance hydraulique – pertes réseau).
4. Calculer le rendement global $\eta_{\text{global}} = P_{\text{utile réseau}} / P_a$.
5. Conclure sur l'intérêt d'améliorer η_{pompe} de 82 % à 88 % (toutes choses égales par ailleurs).

► Voir la correction

XII – Focus : le variateur de fréquence en installation thermique

VARIATEUR DE FRÉQUENCE (VFD / ATV)

Un **variateur de fréquence** (Variable Frequency Drive) est un convertisseur électronique qui permet de faire varier la fréquence de l'alimentation d'un moteur asynchrone, donc de régler précisément sa vitesse de rotation.

Principe : Réseau 50 Hz → Redresseur → Bus continu → Onduleur → moteur à f variable.

LOI DES VENTILATEURS (LOI CUBIQUE)

Pour une machine à fluide (pompe, ventilateur), la puissance absorbée varie avec le **cube** de la vitesse :

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3$$

Exemple : réduire la vitesse de 20 % ($n_2 = 0,8 \times n_1$) réduit la puissance à $0,8^3 = 0,512$ soit **49 % d'économie !**

ERREUR FRÉQUENTE

La loi cubique s'applique aux **machines à fluide** (pompes centrifuges, ventilateurs). Elle ne s'applique **pas** à toutes les charges (ex. : convoyeurs, treuils → couple quasi-constant → $P \propto n$).

XIII - Maintenance préventive des moteurs électriques en installation thermique

POINTS DE CONTRÔLE LORS D'UNE VISITE PRÉVENTIVE

1. **Mesure de l'intensité de ligne** (pince ampèremétrique) : comparer avec la valeur nominale plaque. Un écart > 10 % signale un problème (surcharge, bobinage défectueux).
2. **Contrôle de la tension d'alimentation** : déséquilibre de phase < 2 % (moteur triphasé). Un déséquilibre provoque des échauffements.
3. **Vérification du facteur de puissance** $\cos \varphi$ (clamp-mètre wattmétrique) : $\cos \varphi < 0,7 \rightarrow$ corriger avec condensateurs de compensation.
4. **Mesure de la température** (caméra thermique ou sonde) : la température de carcasse en régime normal < T_{classe} (Classe F : 155 °C).
5. **Contrôle des roulements** : écouter les bruits (un grincement = roulement usé → risque de grippage). Graisser selon le plan de maintenance.
6. **Mesure d'isolement** (mégohmmètre) : résistance d'isolement des bobinages > 1 MΩ. Si < 500 kΩ → risque de défaut à la terre.

CLASSES D'ISOLEMENT DES MOTEURS

Classe	Température max.	Usage courant
Classe B	130 °C	Moteurs standard anciens
Classe F	155 °C	Moteurs industriels courants (CVC, chauffage)
Classe H	180 °C	Applications sévères, environnements chauds

Erreurs fréquentes

✗ Confondre puissance absorbée et puissance utile

P_a est la puissance électrique consommée par le moteur. P_u est la puissance mécanique disponible sur l'arbre. $P_u < P_a$ toujours, car il y a des pertes.

Conseil : le rendement $\eta = P_u/P_a$ est toujours inférieur à 1. Si $\eta > 1$, il y a une erreur dans les données ou le calcul.

✗ Utiliser la mauvaise formule pour P_a (CC ou asynchrone)

Pour un moteur CC monophasé : $P_a = U \times I$. Pour un moteur asynchrone triphasé : $P_a = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi$. Ne pas oublier le facteur $\sqrt{3} \approx 1,732$ pour le triphasé.

Conseil : lire attentivement la plaque signalétique pour identifier le type d'alimentation.

✗ Confondre vitesse de synchronisme et vitesse réelle

La vitesse de synchronisme $n_s = 60f/p$ est théorique. La vitesse réelle est légèrement inférieure (glissement de 2 à 5 %). Les plaques signalétiques donnent la vitesse réelle nominale.

Conseil : utiliser n_s seulement pour les calculs liés au champ tournant, pas pour la vitesse de l'arbre.

✗ Ignorer l'unité du rendement

Le rendement η est un nombre sans unité, entre 0 et 1. On peut aussi l'exprimer en pourcentage ($\times 100$). Éviter de mélanger les deux dans les calculs.

Conseil : si le résultat de $P_u = \eta \times P_a$ semble aberrant, vérifier que η est bien sous forme décimale (ex. 0,85 et non 85).

Simulation interactive

[Moteur électrique](#)

03

Obtenir de l'énergie mécanique à l'aide d'un moteur électrique

Obtenir de l'énergie mécanique à l'aide d'un moteur électrique | Terminale Bac Pro
ICCER (Grpt 1)

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir



Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)**Rappels de cours — Formules essentielles**

- Puissance électrique monophasée : $P_{elec} = U \cdot I \cdot \cos \varphi$
- Puissance électrique triphasée : $P_{elec} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$
- Puissance mécanique utile : $P_{mec} = P_{elec} \times \eta$
- Vitesse angulaire : $\omega = \frac{2\pi n}{60}$ (rad/s, avec n en tr/min)
- Couple moteur : $C = \frac{P_{mec}}{\omega}$ (N·m)
- Énergie consommée : $W = P_{elec} \times t$ (en Wh ou kWh si P en kW et t en h)
- Vitesse de synchronisme : $n_s = \frac{60 \times f}{p}$ (p = nombre de paires de pôles)

EXERCICE 1 Puissance électrique d'un moteur monophasé — calcul guidé **SOCLE**

Un moteur monophasé alimente la pompe de circulation d'un plancher chauffant. Il est raccordé au réseau 230 V. Le courant absorbé est $I = 4$ A et le facteur de puissance est $\cos \varphi = 0,9$.

1. Compléter la formule de la puissance électrique absorbée en monophasé :

$$P_{elec} = \square \times \square \times \square$$

2. Remplacer chaque grandeur par sa valeur et calculer :

$$P_{elec} = \square \times \square \times \square = \square \text{ W}$$

3. Convertir en kilowatts. Rappel : 1 kW = 1 000 W.

$$P_{elec} = \frac{\square}{1\,000} = \square \text{ kW}$$

Mes calculs :

EXERCICE 2 Puissance mécanique et pertes — QCM et calcul guidé

SOCLE

Un moteur triphasé 400 V consomme une puissance électrique $P_{elec} = 3 \text{ kW}$. Son rendement est $\eta = 0,88$.

1. QCM — Que signifie un rendement $\eta = 0,88$?

- a) Le moteur consomme 88 % de plus que prévu
- b) Le moteur transforme 88 % de l'énergie électrique en énergie mécanique
- c) Le moteur perd 88 % de l'énergie en chaleur

2. Compléter le calcul de la puissance mécanique utile :

$$P_{mec} = P_{elec} \times \eta = \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{} \text{ W}$$

3. Compléter le calcul des pertes :

$$P_{pertes} = P_{elec} - P_{mec} = \boxed{} - \boxed{} = \boxed{} \text{ W}$$

Mes calculs :

EXERCICE 3 Vitesse angulaire — calcul pas à pas

SOCLE

Un moteur de ventilateur tourne à $n = 1\,450$ tr/min.

1. Compléter la formule de la vitesse angulaire :

$$\omega = \frac{2\pi \times \boxed{}}{60}$$

2. Remplacer n par sa valeur et calculer étape par étape :

$$\text{Numérateur : } 2 \times 3,14 \times 1\,450 = \boxed{}$$

$$\text{Division : } \omega = \frac{\boxed{}}{60} = \boxed{} \text{ rad/s}$$

3. QCM — Que mesure la vitesse angulaire ω ?

- a) La vitesse en km/h du moteur
- b) L'angle parcouru par l'arbre du moteur par seconde
- c) Le nombre de tours par minute

Mes calculs :

EXERCICE 4 Énergie consommée par un sèche-linge

SOCLE

Le moteur d'un sèche-linge domestique a une puissance électrique absorbée $P_{elec} = 2\,400\text{ W}$. Un cycle de séchage dure 1 h 30 min.

1. Convertir la durée en heures :

$$t = 1\text{ h } 30\text{ min} = 1 + \frac{30}{60} = \boxed{}\text{ h}$$

2. Compléter le calcul de l'énergie consommée :

$$W = P_{elec} \times t = \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{}\text{ Wh}$$

3. Convertir en kWh :

$$W = \frac{\boxed{}}{1\,000} = \boxed{}\text{ kWh}$$

Mes calculs :

EXERCICE 5 Puissance électrique d'un moteur monophasé

STANDARD

Un moteur monophasé alimente la pompe de circulation d'un plancher chauffant. Il est raccordé au réseau 230 V. Le courant absorbé est $I = 4 \text{ A}$ et le facteur de puissance est $\cos \varphi = 0,9$.

1. Rappeler la formule de la puissance électrique absorbée en monophasé.
2. Calculer la puissance électrique absorbée P_{elec} .
3. Exprimer ce résultat en watts et en kilowatts.

Mes calculs :

EXERCICE 6 Puissance mécanique d'un moteur triphasé

STANDARD

Un moteur triphasé 400 V consomme une puissance électrique $P_{elec} = 3 \text{ kW}$. Son rendement est $\eta = 0,88$.

1. Rappeler la relation entre puissance mécanique, puissance électrique et rendement.
2. Calculer la puissance mécanique utile P_{mec} fournie sur l'arbre.
3. Calculer les pertes dans le moteur.

Mes calculs :

EXERCICE 7 Vitesse angulaire d'un moteur

STANDARD

Un moteur de ventilateur tourne à $n = 1\,450$ tr/min.

1. Rappeler la formule permettant de calculer la vitesse angulaire ω en rad/s à partir de n en tr/min.
2. Calculer ω pour $n = 1\,450$ tr/min. Donner le résultat arrondi à 0,1 rad/s.
3. Quelle est la signification physique de ω ?

Mes calculs :

Exercices guidés

EXERCICE 8 Bilan d'un moteur triphasé — étape par étape

SOCLE

Un moteur triphasé 400 V entraîne un compresseur de climatisation. Il fournit une puissance mécanique $P_{mec} = 2,2 \text{ kW}$. Son rendement est $\eta = 0,85$ et son facteur de puissance $\cos \varphi = 0,80$.

Étape 1 : Calculer la puissance électrique absorbée.

On sait que $P_{mec} = P_{elec} \times \eta$, donc :

$$P_{elec} = \frac{P_{mec}}{\eta} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{} \text{ W}$$

Étape 2 : Calculer le courant de ligne I.

En triphasé : $P_{elec} = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi$, donc :

$$I = \frac{P_{elec}}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} = \frac{\boxed{}}{1,732 \times \boxed{} \times \boxed{}} = \boxed{} \text{ A}$$

Étape 3 : Calculer l'énergie consommée en 8 heures.

$$W = P_{elec} \times t = \boxed{} \text{ kW} \times \boxed{} \text{ h} = \boxed{} \text{ kWh}$$

Étape 4 : Calculer le coût à 0,18 EUR/kWh.

$$\text{Coût} = \boxed{} \times 0,18 = \boxed{} \text{ EUR}$$

Mes calculs :

EXERCICE 9 Bilan complet d'un moteur triphasé — énergie consommée

STANDARD

Un moteur triphasé 400 V entraîne un compresseur de climatisation. Il fournit une puissance mécanique $P_{mec} = 2,2$ kW. Son rendement est $\eta = 0,85$ et son facteur de puissance $\cos \varphi = 0,80$.

Méthode :

partir de la puissance mécanique connue, remonter vers la puissance électrique via le rendement, puis calculer le courant de ligne et enfin l'énergie consommée sur une durée donnée.

1. Calculer la puissance électrique absorbée P_{elec} à partir de P_{mec} et η .
2. En déduire le courant de ligne I à partir de $P_{elec} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$.
3. Calculer l'énergie électrique consommée en 8 heures de fonctionnement, en kWh.
4. À 0,18 EUR/kWh, calculer le coût énergétique de cette journée de travail.

Mes calculs :

EXERCICE 10 Comparaison de deux moteurs — tableau guidé

SOCLE

Un technicien CVC doit choisir un moteur monophasé 230 V pour entraîner un circulateur. Les deux moteurs fournissent la même puissance mécanique $P_{mec} = 3 \text{ kW}$:

- Moteur A : $\eta = 0,80$, $\cos \varphi = 0,75$
- Moteur B : $\eta = 0,88$, $\cos \varphi = 0,88$

1. Compléter le tableau suivant :

Grandeur	Formule	Moteur A	Moteur B
P_{elec}	$\frac{P_{mec}}{\eta}$	$\frac{3\,000}{0,80} = \boxed{} \text{ W}$	$\frac{3\,000}{0,88} = \boxed{} \text{ W}$
I	$\frac{P_{elec}}{U \times \cos \varphi}$	$\frac{3\,750}{230 \times 0,75} = \boxed{} \text{ A}$	$\frac{3\,409}{230 \times 0,88} = \boxed{} \text{ A}$

2. QCM — Quel moteur le technicien doit-il choisir ?

- a) Moteur A car il consomme plus de courant
- b) Moteur B car il a un meilleur rendement et un meilleur facteur de puissance
- c) Les deux moteurs sont équivalents

Mes calculs :

EXERCICE 11 Comparaison de deux moteurs — courant et facteur de puissance

STANDARD

Un technicien CVC doit choisir un moteur monophasé 230 V pour entraîner un circulateur. Il compare deux modèles capables de fournir la même puissance mécanique $P_{mec} = 3 \text{ kW}$:

- Moteur A : $\eta = 0,80$, $\cos \varphi = 0,75$
- Moteur B : $\eta = 0,88$, $\cos \varphi = 0,88$

Méthode :

pour chaque moteur, calculer d'abord P_{elec} via le rendement, puis le courant I via la formule monophasée. Comparer et conclure.

1. Calculer la puissance électrique absorbée par chaque moteur.
2. Calculer le courant absorbé par chaque moteur en 230 V monophasé.
3. Quel moteur consomme le moins d'énergie ? Quel moteur charge le moins les conducteurs électriques ?
4. Conclure sur le choix du technicien.

Mes calculs :

Exercices d'application

EXERCICE 12 Lecture de plaque signalétique — pas à pas

SOCLE

Un technicien relève la plaque signalétique d'un moteur asynchrone triphasé :

$$U = 400 \text{ V} \mid f = 50 \text{ Hz} \mid I_n = 8,5 \text{ A} \mid \cos \phi = 0,82 \mid n = 1\,450 \text{ tr/min} \mid \eta = 0,87$$

1. Compléter le calcul de la puissance électrique absorbée :

$$P_{elec} = \sqrt{3} \times U \times I_n \times \cos \varphi = 1,732 \times \boxed{} \times \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{} \text{ W}$$

2. Compléter le calcul de la puissance mécanique :

$$P_{mec} = P_{elec} \times \eta = \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{} \text{ W}$$

3. Compléter le calcul de la vitesse angulaire :

$$\omega = \frac{2\pi \times \boxed{}}{60} = \boxed{} \text{ rad/s}$$

4. Compléter le calcul du couple moteur :

$$C = \frac{P_{mec}}{\omega} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{m}$$

Mes calculs :

EXERCICE 13 Exploitation complète d'une plaque signalétique

STANDARD

Un technicien relève la plaque signalétique d'un moteur asynchrone triphasé :

$$U = 400 \text{ V} \mid f = 50 \text{ Hz} \mid I_n = 8,5 \text{ A} \mid \cos \phi = 0,82 \mid n = 1\,450 \text{ tr/min} \mid \eta = 0,87$$

1. Calculer la puissance électrique absorbée P_{elec} .
2. Calculer la puissance mécanique utile P_{mec} .
3. Calculer la vitesse angulaire ω en rad/s.
4. Calculer le couple moteur $C = \frac{P_{mec}}{\omega}$ en N·m.

Mes calculs :

EXERCICE 14 Pompe de circulation — choix du disjoncteur

STANDARD

Un technicien CVC installe une pompe de circulation pour un circuit de chauffage collectif. La pompe est entraînée par un moteur triphasé 400 V dont les caractéristiques sont : $P_{mec} = 750 \text{ W}$, $\eta = 0,82$, $\cos \varphi = 0,78$.

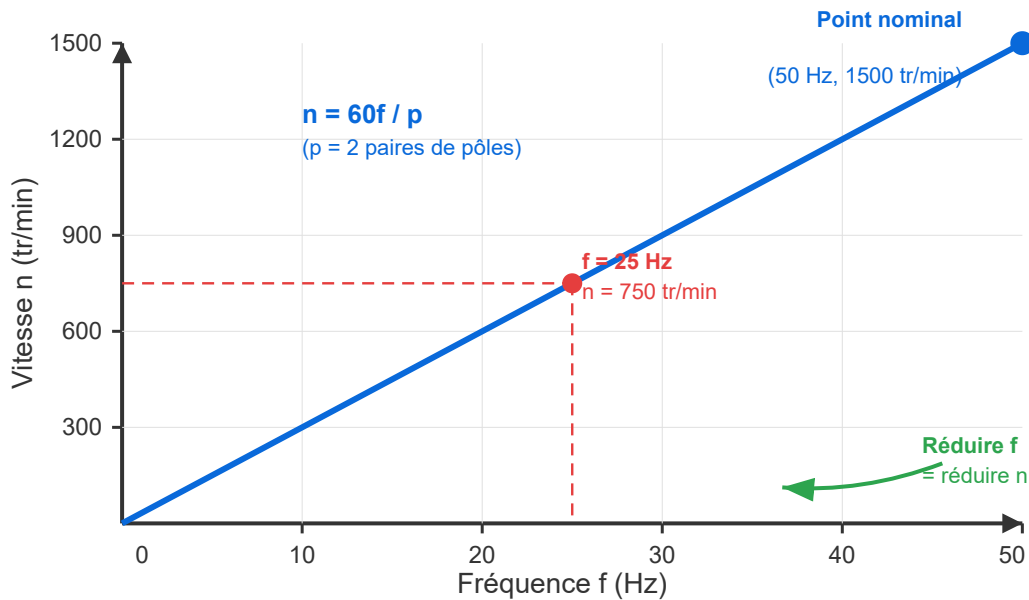
1. Calculer la puissance électrique absorbée P_{elec} par le moteur.
2. Calculer le courant de ligne I .
3. Le technicien doit choisir un disjoncteur de protection parmi les calibres disponibles : 1 A, 2 A, 4 A, 6 A. Quel calibre choisir ? Justifier (le calibre doit être immédiatement supérieur au courant nominal).

Mes calculs :

EXERCICE 15 Variateur de fréquence — vitesse et couple

STANDARD

Un moteur de pompe tourne à $n_1 = 1\,450$ tr/min à la fréquence $f_1 = 50$ Hz. Il fournit une puissance mécanique $P_{mec} = 2$ kW. On installe un variateur de fréquence qui fait passer la fréquence à $f_2 = 70$ Hz.



1. Expliquer le principe du variateur de fréquence et pourquoi il permet de modifier la vitesse de rotation d'un moteur asynchrone.
2. La vitesse de rotation est proportionnelle à la fréquence. Calculer la nouvelle vitesse n_2 .
3. Calculer la vitesse angulaire ω_1 à 50 Hz et ω_2 à 70 Hz.
4. Si la puissance mécanique reste constante à $P_{mec} = 2$ kW, calculer le couple à 50 Hz et le couple à 70 Hz. Comment évolue le couple quand la vitesse augmente ?

Mes calculs :

EXERCICE 16 Moteur d'un ventilateur de VMC — lecture guidée **SOCLE**

Un technicien climatisation vérifie le moteur d'un ventilateur de VMC double flux. Les données sont : alimentation monophasée 230 V, $I = 2,5$ A, $\cos \varphi = 0,85$, $\eta = 0,80$.

1. Compléter la chaîne énergétique du moteur :

Énergie $\longrightarrow$ Moteur $\longrightarrow$ Énergie +

2. Calculer P_{elec} :

$$P_{elec} = 230 \times \text{} \times \text{} = \text{} \text{ W}$$

3. Calculer P_{mec} :

$$P_{mec} = \text{} \times \text{} = \text{} \text{ W}$$

4. Calculer les pertes :

$$P_{pertes} = \text{} - \text{} = \text{} \text{ W}$$

Mes calculs :

EXERCICE 17 Vérification du moteur de compresseur d'une pompe à chaleur

STANDARD

Un installateur de pompes à chaleur vérifie le moteur du compresseur d'une PAC air/eau. Les données relevées sont : alimentation triphasée 400 V, vitesse $n = 2\,900$ tr/min, puissance mécanique $P_{mec} = 4$ kW, rendement $\eta = 0,90$, facteur de puissance $\cos \varphi = 0,85$.

1. Calculer la vitesse angulaire ω en rad/s.
2. Calculer le couple moteur C .
3. Calculer la puissance électrique absorbée P_{elec} .
4. Calculer le courant de ligne I .
5. L'installateur mesure un courant de 8,5 A sur site. Le moteur fonctionne-t-il normalement ? Quelle pourrait être la cause d'un courant plus élevé que prévu ?

Mes calculs :

EXERCICE 18 Dimensionnement complet d'un moteur de ventilation

APPROFONDISSEMENT

Un bureau d'études CVC doit dimensionner le moteur d'un ventilateur centrifuge pour une centrale de traitement d'air (CTA) desservant un bâtiment tertiaire de 2 000 m².

Cahier des charges :

- Puissance mécanique nécessaire sur l'arbre du ventilateur : $P_{mec} = 7,5$ kW
- Vitesse de rotation souhaitée : $n = 1\,450$ tr/min
- Alimentation triphasée 400 V / 50 Hz
- Le moteur retenu a un rendement $\eta = 0,91$ et un facteur de puissance $\cos \varphi = 0,86$
- Fonctionnement : 12 h/jour, 250 jours/an
- Prix du kWh : 0,2276 EUR

1. Calculer la puissance électrique absorbée par le moteur.
2. Calculer le courant de ligne I. Le câble d'alimentation supporte 25 A : est-il suffisant ?
3. Calculer la vitesse angulaire et le couple moteur.
4. Calculer l'énergie annuelle consommée en kWh et le coût annuel.
5. Un moteur IE4 (haut rendement) de même puissance a un rendement $\eta' = 0,95$. Calculer l'économie annuelle en euros par rapport au moteur initial. Au prix d'achat supérieur de 800 EUR, en combien d'années le surcoût est-il amorti ?

Mes calculs :

EXERCICE 19 Rendement global d'une chaîne moteur + pompe + réseau

APPROFONDISSEMENT

Un installateur thermique étudie la chaîne énergétique complète d'un système de chauffage collectif comprenant :

- Un moteur asynchrone triphasé 400 V : $P_{elec} = 4\,200\text{ W}$, $\eta_m = 0,87$
- Une pompe de circulation : $\eta_p = 0,72$
- Un réseau hydraulique dont le rendement de distribution est $\eta_r = 0,90$

1. Établir la chaîne de conversion d'énergie en identifiant chaque étape et les pertes associées.
2. Calculer la puissance utile transmise au fluide caloporteur dans le réseau.
3. Calculer le rendement global η_g de l'installation. Vérifier que $\eta_g = \eta_m \times \eta_p \times \eta_r$.
4. Le technicien envisage de remplacer la pompe par un modèle à haut rendement ($\eta'_p = 0,85$). Calculer le nouveau rendement global et le gain relatif en pourcentage.
5. Pour un fonctionnement de 5 000 h/an à 0,2276 EUR/kWh, calculer l'économie annuelle réalisée grâce au remplacement de la pompe.

Mes calculs :

EXERCICE 20 Variateur de fréquence et loi cubique — étude technico-économique

APPROFONDISSEMENT

Un technicien chauffagiste propose d'équiper le ventilateur d'extraction d'une chaufferie collective d'un variateur de fréquence. Le ventilateur est entraîné par un moteur triphasé 400 V dont les caractéristiques sont :

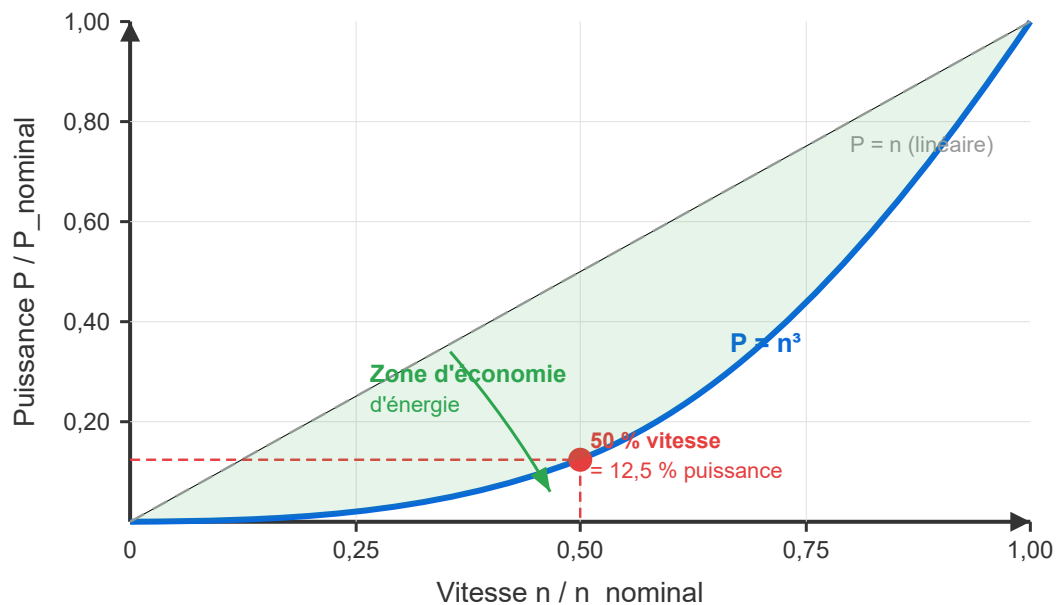
- Puissance mécanique nominale : $P_{mec} = 5,5 \text{ kW}$
- $\eta = 0,87$, $\cos \varphi = 0,82$, $n = 1\,440 \text{ tr/min}$

Avec le variateur, la vitesse sera adaptée aux besoins réels :

Régime	% vitesse	% du temps annuel
Pleine charge	100 %	15 %
Charge intermédiaire	75 %	45 %
Charge réduite	50 %	40 %

Durée annuelle : 7 000 h. Prix du kWh : 0,2276 EUR. Coût du variateur installé : 2 500 EUR.

On rappelle la **loi cubique** pour les ventilateurs : $P = P_{nom} \times \left(\frac{n'}{n}\right)^3$



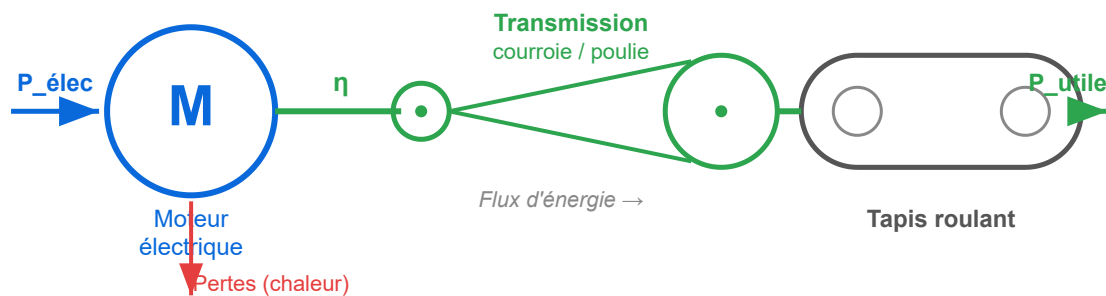
1. Calculer la puissance électrique absorbée à pleine charge.
2. En appliquant la loi cubique, calculer la puissance mécanique à 75 % et à 50 % de la vitesse nominale. En déduire les puissances électriques correspondantes.
3. Calculer l'énergie annuelle consommée sans variateur (100 % du temps à pleine charge).
4. Calculer l'énergie annuelle consommée avec variateur en tenant compte de la répartition du temps.
5. Calculer l'économie annuelle en euros et le temps de retour sur investissement du variateur.

Mes calculs :

EXERCICE 21 Moteur de tapis roulant sportif — approche type BTS

APPROFONDISSEMENT

Une salle de sport dispose d'un tapis roulant entraîné par un moteur monophasé 230 V. La plaque signalétique indique : $P_{mec} = 2,5 \text{ kW}$, $\eta = 0,82$, $\cos \varphi = 0,90$. La vitesse maximale du tapis est de 20 km/h, obtenue à $n = 3\,000 \text{ tr/min}$.



1. Calculer la puissance électrique absorbée, le courant et le couple moteur à vitesse maximale.
2. Un sportif de 80 kg court à 12 km/h, ce qui nécessite une puissance mécanique de 1,5 kW. Calculer la nouvelle vitesse de rotation (proportionnelle à la vitesse du tapis), la vitesse angulaire et le couple correspondant.
3. Comparer les couples aux deux régimes. Expliquer physiquement pourquoi le couple est plus élevé à 12 km/h qu'à 20 km/h pour une puissance inférieure.
4. La salle possède 15 tapis identiques, utilisés en moyenne 10 h/jour pendant 300 jours/an avec une puissance moyenne absorbée de 2 kW par tapis. Calculer le coût annuel d'électricité à 0,2276 EUR/kWh.

Mes calculs :

Exercices supplémentaires

EXERCICE 22 Couple moteur d'un circulateur — calcul guidé

SOCLE

Un circulateur de chauffage est entraîné par un moteur qui fournit une puissance mécanique $P_{mec} = 180 \text{ W}$. Sa vitesse de rotation est $n = 2\,800 \text{ tr/min}$.

1. Compléter le calcul de la vitesse angulaire :

$$\omega = \frac{2\pi \times \boxed{}}{60} = \frac{\boxed{}}{60} = \boxed{} \text{ rad/s}$$

2. Compléter la formule du couple moteur :

$$C = \frac{\boxed{}}{\boxed{}}$$

3. Remplacer et calculer :

$$C = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{m}$$

Mes calculs :

EXERCICE 23 Vitesse de synchronisme — QCM et calcul guidé

SOCLE

Un moteur asynchrone triphasé est alimenté à $f = 50$ Hz. Il possède $p = 2$ paires de pôles.

1. Compléter la formule de la vitesse de synchronisme :

$$n_s = \frac{60 \times \boxed{}}{\boxed{}}$$

2. Remplacer et calculer :

$$n_s = \frac{60 \times \boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{} \text{ tr/min}$$

3. QCM — Le moteur tourne à 1 440 tr/min. Pourquoi ne tourne-t-il pas exactement à 1 500 tr/min ?

- a) Parce que le moteur est en panne
- b) Parce qu'un moteur asynchrone tourne toujours un peu moins vite que la vitesse de synchronisme (glissement)
- c) Parce que le réseau ne fournit pas exactement 50 Hz

Mes calculs :

EXERCICE 24 Coût de fonctionnement d'un extracteur — pas à pas

SOCLE

Un technicien de maintenance énergétique vérifie un extracteur d'air dans une chaufferie. Le moteur monophasé 230 V a les caractéristiques suivantes : $I = 1,8$ A, $\cos \varphi = 0,85$. L'extracteur fonctionne 24 h/24, 365 jours/an.

1. Calculer la puissance électrique absorbée :

$$P_{elec} = 230 \times \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{} \text{ W}$$

2. Convertir en kilowatts :

$$P_{elec} = \frac{\boxed{}}{1\,000} = \boxed{} \text{ kW}$$

3. Calculer le nombre d'heures de fonctionnement par an :

$$t = 24 \times 365 = \boxed{} \text{ h}$$

4. Calculer l'énergie consommée par an :

$$W = \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{} \text{ kWh}$$

5. Calculer le coût annuel à 0,18 EUR/kWh :

$$\text{Coût} = \boxed{} \times 0,18 = \boxed{} \text{ EUR}$$

Mes calculs :

EXERCICE 25 Moteur de pompe géothermique — bilan énergétique**STANDARD**

Un technicien en énergies renouvelables intervient sur la pompe de circulation d'un réseau géothermique. Le moteur triphasé 400 V a les caractéristiques suivantes :

$I = 3,2 \text{ A}$, $\cos \varphi = 0,83$, $\eta = 0,86$, $n = 2\,850 \text{ tr/min}$.

1. Calculer la puissance électrique absorbée P_{elec} .
2. Calculer la puissance mécanique utile P_{mec} .
3. Calculer les pertes thermiques du moteur.
4. Calculer la vitesse angulaire ω et le couple moteur C .
5. Déterminer le nombre de paires de pôles du moteur sachant que $f = 50 \text{ Hz}$ et que la vitesse de synchronisme est immédiatement supérieure à n .

Mes calculs :

EXERCICE 26 Ventilateur de CTA — vitesse de synchronisme et glissement

STANDARD

Un technicien CVC met en service le moteur triphasé d'un ventilateur de centrale de traitement d'air (CTA). Les données de la plaque signalétique sont : $f = 50 \text{ Hz}$, $p = 2$ paires de pôles, $n = 1\,440 \text{ tr/min}$, $P_{mec} = 3 \text{ kW}$.

1. Calculer la vitesse de synchronisme n_s du moteur.
2. Calculer le glissement $g = \frac{n_s - n}{n_s}$ et l'exprimer en pourcentage.
3. Calculer la vitesse angulaire ω et le couple moteur C .
4. En fonctionnement normal, le glissement d'un moteur asynchrone est compris entre 2 % et 6 %. Le moteur fonctionne-t-il normalement ? Justifier.

Mes calculs :

EXERCICE 27 Compresseur de climatisation — puissance et coût saisonnier

STANDARD

Un installateur thermique met en service un groupe de climatisation dans un bureau. Le compresseur est entraîné par un moteur triphasé 400 V dont les caractéristiques sont : $P_{mec} = 5 \text{ kW}$, $\eta = 0,89$, $\cos \varphi = 0,84$.

En saison chaude (mai à septembre), le compresseur fonctionne en moyenne 8 h/jour, 5 jours/semaine, pendant 22 semaines.

1. Calculer la puissance électrique absorbée P_{elec} .
2. Calculer le courant de ligne I .
3. Calculer le nombre total d'heures de fonctionnement sur la saison.
4. Calculer l'énergie consommée sur la saison en kWh et le coût associé à 0,2276 EUR/kWh.

Mes calculs :

EXERCICE 28 Remplacement d'un moteur — comparaison IE2 / IE3**STANDARD**

Un plombier chauffagiste doit remplacer le moteur triphasé 400 V d'une pompe de circulation dans un immeuble collectif. La puissance mécanique nécessaire est $P_{mec} = 1,5$ kW. Deux moteurs sont proposés :

- Moteur IE2 : $\eta = 0,84$, $\cos \varphi = 0,80$, prix : 420 EUR
- Moteur IE3 : $\eta = 0,89$, $\cos \varphi = 0,85$, prix : 580 EUR

La pompe fonctionne 6 000 h/an. Prix du kWh : 0,2276 EUR.

1. Calculer la puissance électrique absorbée par chaque moteur.
2. Calculer le courant de ligne pour chaque moteur.
3. Calculer le coût annuel de fonctionnement de chaque moteur.
4. Calculer la durée d'amortissement du surcoût du moteur IE3 par rapport au IE2.

Mes calculs :

EXERCICE 29 Pompe à chaleur air/eau — COP et bilan énergétique global

APPROFONDISSEMENT

Un ingénieur thermicien dimensionne une pompe à chaleur (PAC) air/eau pour un immeuble collectif. Le compresseur est entraîné par un moteur triphasé 400 V dont les caractéristiques sont :

- $P_{mec} = 8 \text{ kW}$, $\eta = 0,92$, $\cos \varphi = 0,87$, $n = 2\,920 \text{ tr/min}$

La PAC a un coefficient de performance $\text{COP} = 3,5$, défini par $\text{COP} = \frac{P_{therm}}{P_{elec}}$ où P_{therm} est la puissance thermique fournie au bâtiment.

1. Calculer la puissance électrique absorbée P_{elec} par le moteur du compresseur.
2. Calculer la puissance thermique P_{therm} fournie au bâtiment.
3. Calculer la vitesse angulaire ω et le couple C du moteur.
4. Le bâtiment nécessite un chauffage de 3 500 h/an. Calculer l'énergie électrique consommée et l'énergie thermique produite sur une saison de chauffe. Quel est le coût annuel à 0,2276 EUR/kWh ?
5. Une chaudière gaz classique de rendement 0,92 aurait fourni la même énergie thermique. Sachant que le prix du gaz est 0,12 EUR/kWh PCS, comparer les coûts annuels. Conclure.

Mes calculs :

EXERCICE 30 Installation solaire avec pompe de circulation — optimisation

APPROFONDISSEMENT

Un technicien en énergies renouvelables installe un système solaire thermique pour la production d'eau chaude sanitaire d'un hôtel. Le circuit primaire est équipé d'une pompe de circulation entraînée par un moteur monophasé 230 V.

Données :

- Moteur actuel (standard) : $P_{mec} = 120 \text{ W}$, $\eta = 0,75$, $\cos \varphi = 0,72$, $n = 2\,800 \text{ tr/min}$
- Moteur proposé (haut rendement) : même P_{mec} , $\eta' = 0,88$, $\cos \varphi' = 0,90$, même vitesse
- Fonctionnement : 2 500 h/an (heures d'ensoleillement exploitables)
- Prix du kWh : 0,2276 EUR
- Surcoût du moteur haut rendement : 85 EUR

1. Pour chaque moteur, calculer la puissance électrique absorbée et le courant.
2. Calculer la vitesse angulaire et le couple moteur.
3. Calculer l'énergie annuelle consommée par chaque moteur et l'économie annuelle réalisée avec le moteur haut rendement.
4. Calculer le temps de retour sur investissement du surcoût.
5. Le moteur haut rendement absorbe un courant plus faible. Expliquer en quoi cela est avantageux pour le dimensionnement de la protection électrique et de la section des câbles.

Mes calculs :

EXERCICE 31 Motorisation d'un ascenseur — étude complète type BTS

APPROFONDISSEMENT

Un conducteur de travaux supervise l'installation d'un ascenseur dans un immeuble de 6 étages. L'ascenseur est entraîné par un moteur asynchrone triphasé 400 V / 50 Hz à $p = 3$ paires de pôles.

Données du moteur : $\eta = 0,90$, $\cos \varphi = 0,85$, vitesse mesurée $n = 960$ tr/min.

Données de l'ascenseur : la cabine (masse 600 kg) transporte au maximum 8 personnes de 75 kg. La vitesse de montée est de 1 m/s. On prend $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Le rendement du système de transmission (câble + poulie) est $\eta_t = 0,85$.

1. Calculer la vitesse de synchronisme n_s et le glissement g du moteur.
2. Calculer la masse totale soulevée (cabine + passagers) et le poids correspondant.
3. La puissance nécessaire pour soulever une charge à vitesse constante est $P_{utile} = F \times v$. Calculer cette puissance utile.
4. En tenant compte du rendement de transmission, calculer la puissance mécanique que le moteur doit fournir sur son arbre : $P_{mec} = \frac{P_{utile}}{\eta_t}$.
5. Calculer la puissance électrique absorbée, le courant de ligne et le couple moteur.
6. L'ascenseur effectue 150 courses par jour (montée seule), chacune durant 15 secondes en moyenne, sur 300 jours/an. Calculer l'énergie annuelle consommée en kWh et le coût à 0,2276 EUR/kWh.

Mes calculs :

À retenir

- La **puissance mécanique utile** est toujours inférieure à la puissance électrique absorbée : $P_{mec} = P_{elec} \times \eta$ avec $\eta < 1$.
- En **triphasé** : $P_{elec} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$ — pour trouver I, diviser P_{elec} par $\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi$.
- Le **couple moteur** se calcule : $C = \frac{P_{mec}}{\omega}$ — à puissance constante, si la vitesse augmente, le couple diminue.
- Un **variateur de fréquence** modifie la fréquence d'alimentation, ce qui modifie la vitesse de synchronisme et donc la vitesse de rotation du moteur.
- Le **calibre du disjoncteur** doit être immédiatement supérieur au courant nominal mesuré.

03

Obtenir de l'énergie mécanique à l'aide d'un moteur électrique

Obtenir de l'énergie mécanique à l'aide d'un moteur électrique | Terminale Bac
Pro ICCER (Grpt 1)

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir



Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)**Durée**

55 minutes

Barème

20 points

Documents

Non autorisés (fiche de
formules fournie)

Calculatrice

Autorisée

EXERCICE 1 Moteur d'un ventilateur de CTA — calculs guidés**8 points****SOCLE**

Un technicien CVC intervient sur le moteur asynchrone triphasé d'un ventilateur équipant une centrale de traitement d'air (CTA). Il relève la plaque signalétique suivante :

MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASÉ

$$P = 5,5 \text{ kW} \quad | \quad 400 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$$

$$I = 11,2 \text{ A} \quad | \quad \cos \varphi = 0,82$$

$$n = 1\,440 \text{ tr/min} \quad | \quad \eta = 0,87$$

1. QCM — La puissance $P = 5,5 \text{ kW}$ indiquée sur la plaque est : (1 pt)

- a) La puissance électrique absorbée par le moteur
- b) La puissance mécanique utile fournie sur l'arbre
- c) La puissance perdue en chaleur

2. Compléter le calcul de la puissance électrique absorbée : (2 pts)

$$P_a = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi = 1,732 \times \boxed{} \times \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{} \text{ W}$$

3. Compléter le calcul du rendement pour vérifier la plaque : (1,5 pt)

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{}$$

4. Compléter le calcul des pertes : (1,5 pt)

$$P_{\text{pertes}} = P_a - P_u = \boxed{} - \boxed{} = \boxed{} \text{ W}$$

5. La vitesse de synchronisme est $n_s = 1\,500 \text{ tr/min}$. Compléter le calcul du glissement : (2 pts)

$$g = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{\boxed{} - \boxed{}}{\boxed{}} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{} = \boxed{}\%$$

EXERCICE 2 Circulateur de chauffage — bilan guidé

7 points

SOCLE

Un installateur thermique réalise le bilan énergétique d'un circulateur de chauffage entraîné par un moteur monophasé.

Données : $P_a = 850 \text{ W}$, rendement moteur $\eta_m = 0,82$, rendement pompe $\eta_p = 0,65$.

1. Compléter le calcul de la puissance mécanique : (1,5 pt)

$$P_{meca} = P_a \times \eta_m = \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{} \text{ W}$$

2. Compléter le calcul des pertes dans le moteur : (1 pt)

$$P_{pertes,m} = P_a - P_{meca} = \boxed{} - \boxed{} = \boxed{} \text{ W}$$

3. Compléter le calcul de la puissance hydraulique utile : (1,5 pt)

$$P_{hydr} = P_{meca} \times \eta_p = \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{} \text{ W}$$

4. Compléter le calcul des pertes dans la pompe : (1 pt)

$$P_{pertes,p} = P_{meca} - P_{hydr} = \boxed{} - \boxed{} = \boxed{} \text{ W}$$

5. Compléter le calcul du rendement global : (2 pts)

$$\eta_g = \frac{P_{hydr}}{P_a} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{}$$

$$\text{Vérification : } \eta_m \times \eta_p = \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{}$$

EXERCICE 3 Énergie et coût de fonctionnement — QCM et calcul

5 points

SOCLE

Un ventilateur d'extraction fonctionne pendant 6 000 h/an. Sa puissance électrique absorbée est $P_a = 5\,500$ W. Le prix du kWh est 0,2276 EUR.

1. QCM — Pour calculer l'énergie en kWh, il faut : (1 pt)

- a) Multiplier la puissance en watts par le temps en secondes
- b) Multiplier la puissance en kW par le temps en heures
- c) Diviser la puissance par le temps

2. Convertir la puissance en kW : (1 pt)

$$P_a = \frac{5\,500}{1\,000} = \boxed{} \text{ kW}$$

3. Calculer l'énergie annuelle : (1,5 pt)

$$W = P_a \times t = \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{} \text{ kWh}$$

4. Calculer le coût annuel : (1,5 pt)

$$\text{Coût} = \boxed{} \times 0,2276 = \boxed{} \text{ EUR}$$

TOTAL : 20 points**Durée**

55 minutes

Barème

20 points

Documents

Non autorisés (sauf fiche de formules fournie)

Calculatrice

Autorisée

EXERCICE 1 Ventilateur d'une centrale de traitement d'air**7 points****STANDARD**

Un technicien CVC intervient sur le moteur asynchrone triphasé d'un ventilateur équipant une centrale de traitement d'air (CTA). Il relève la plaque signalétique suivante :

MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASÉ

$$P = 5,5 \text{ kW} \quad | \quad 400 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$$

$$I = 11,2 \text{ A} \quad | \quad \cos \varphi = 0,82$$

$$n = 1\,440 \text{ tr/min} \quad | \quad \eta = 0,87$$

1. Identifier la puissance $P = 5,5 \text{ kW}$ indiquée sur la plaque : s'agit-il de la puissance absorbée ou de la puissance utile ? Justifier. (1 pt)
2. Calculer la puissance absorbée P_a par le moteur à partir de la tension, de l'intensité et du facteur de puissance. On rappelle : $P_a = U \times I \times \sqrt{3} \times \cos(\varphi)$. (2 pts)
3. Vérifier la valeur du rendement η à partir du rapport P_u/P_a . (1,5 pt)
4. Calculer les pertes totales du moteur : $P_{\text{pertes}} = P_a - P_u$. (1 pt)
5. La vitesse de synchronisme d'un moteur à 2 paires de pôles alimenté en 50 Hz est $n_s = 1\,500 \text{ tr/min}$. Calculer le glissement g du moteur. On rappelle : $g = \frac{n_s - n}{n_s}$. (1,5 pt)

EXERCICE 2 Bilan de puissance d'un circulateur**7 points****STANDARD**

Un installateur thermique réalise le bilan énergétique d'un circulateur de chauffage entraîné par un moteur asynchrone monophasé.

Données :

- Puissance électrique absorbée par le moteur : $P_a = 850 \text{ W}$
- Rendement du moteur : $\eta_m = 0,82$
- Rendement de la pompe (circulateur) : $\eta_p = 0,65$

1. Calculer la puissance mécanique $P_{\text{méca}}$ transmise par le moteur à la pompe. (1,5 pt)
2. Calculer les pertes dans le moteur. (1 pt)
3. Calculer la puissance hydraulique P_{hydr} utile fournie par le circulateur au fluide. (1,5 pt)
4. Calculer les pertes dans la pompe. (1 pt)
5. Calculer le rendement global η_g de l'ensemble moteur + pompe. Vérifier que $\eta_g = \eta_m \times \eta_p$. (2 pts)

EXERCICE 3 Économie d'énergie avec un variateur de fréquence**6 points****STANDARD**

Un technicien chauffagiste propose d'installer un variateur de fréquence sur le ventilateur d'extraction d'une chaufferie collective. Le ventilateur tourne actuellement à pleine vitesse en permanence ($n = 1\,440$ tr/min) et sa puissance absorbée est $P_{100\%} = 5\,500$ W.

Avec le variateur, la vitesse sera réduite à 70 % de la vitesse nominale pendant 80 % du temps de fonctionnement.

On rappelle la **loi cubique** : $P_{réduit} = P_{100\%} \times \left(\frac{n'}{n}\right)^3$

Durée de fonctionnement : 6 000 h/an. Prix du kWh : 0,2276 EUR.

1. Calculer la puissance absorbée lorsque le ventilateur tourne à 70 % de sa vitesse. (2 pts)
2. Calculer l'énergie annuelle consommée sans variateur. (1 pt)
3. Calculer l'énergie annuelle consommée avec variateur (80 % du temps à 70 % de vitesse, 20 % à pleine vitesse). (2 pts)
4. En déduire l'économie annuelle en euros. (1 pt)

TOTAL : 20 points**Durée**

55 minutes

Barème

20 points

Documents

Non autorisés (sauf fiche de formules fournie)

Calculatrice

Autorisée

EXERCICE 1 Audit énergétique d'une chaufferie collective

10 points

APPROFONDISSEMENT

Un technicien de maintenance énergétique réalise l'audit d'une chaufferie collective équipée de deux moteurs asynchrones triphasés 400 V / 50 Hz :

- **Moteur 1 (ventilateur CTA) :** plaque signalétique : $P = 5,5 \text{ kW}$, $I = 11,2 \text{ A}$, $\cos \varphi = 0,82$, $n = 1\,440 \text{ tr/min}$, $\eta = 0,87$
- **Moteur 2 (pompe de circulation) :** plaque signalétique : $P = 3,0 \text{ kW}$, $I = 6,8 \text{ A}$, $\cos \varphi = 0,78$, $n = 2\,880 \text{ tr/min}$, $\eta = 0,84$

La pompe de circulation a un rendement hydraulique $\eta_p = 0,68$. Les deux moteurs fonctionnent 5 500 h/an. Prix du kWh : 0,2276 EUR.

1. Pour chaque moteur, calculer la puissance électrique absorbée, la vitesse angulaire et le couple moteur. Présenter les résultats dans un tableau comparatif. (4 pts)
2. Pour le moteur 2 (pompe), calculer la puissance hydraulique utile transmise au fluide. En déduire le rendement global de l'ensemble moteur + pompe. (2 pts)
3. Calculer l'énergie totale annuelle consommée par les deux moteurs et le coût correspondant. (2 pts)
4. Le technicien propose de remplacer les deux moteurs par des moteurs IE4 (haut rendement) : $\eta'_1 = 0,93$ et $\eta'_2 = 0,91$. Calculer la nouvelle consommation annuelle et l'économie réalisée. Si le surcoût total des moteurs IE4 est de 1 400 EUR, calculer le temps de retour sur investissement. (2 pts)

EXERCICE 2 Optimisation par variateur de fréquence — étude complète**10 points****APPROFONDISSEMENT**

Un bureau d'études CVC étudie l'installation d'un variateur de fréquence sur le ventilateur d'extraction d'une chaufferie. Le ventilateur est entraîné par un moteur triphasé 400 V : $P_{mec} = 5,5$ kW, $\eta = 0,87$, $\cos \varphi = 0,82$, $n = 1\,440$ tr/min.

Le profil de fonctionnement annuel est le suivant (durée totale : 7 000 h/an) :

Saison	Durée (h)	Vitesse
Hiver (pleine charge)	2 000	100 %
Mi-saison	3 000	70 %
Été (charge réduite)	2 000	40 %

On rappelle la **loi cubique** : $P = P_{nom} \times \left(\frac{n'}{n}\right)^3$. Prix du kWh : 0,2276 EUR. Coût du variateur installé : 3 200 EUR.

1. Calculer la puissance électrique absorbée à pleine charge et le courant de ligne. (2 pts)
2. Calculer le couple moteur à pleine charge. (1 pt)
3. En appliquant la loi cubique, calculer la puissance mécanique puis la puissance électrique absorbée à 70 % et à 40 % de la vitesse nominale. (2 pts)
4. Calculer l'énergie annuelle consommée sans variateur (100 % du temps à pleine charge) et avec variateur (profil saisonnier). (3 pts)
5. Calculer l'économie annuelle en euros et le temps de retour sur investissement. Rédiger une conclusion argumentée pour le client. (2 pts)

TOTAL : 20 points