PHYSIQUE-CHIMIE

01

Évaluer la puissance consommée

Terminale Bac Pro ICCER (Grpt 1) | Physique – Électricité | Régime sinusoïdal monophasé

Objectifs du chapitre

- Comprendre le déphasage entre tension $u(t)$ et courant $i(t)$ en régime sinusoïdal
- Calculer la puissance active P, la puissance apparente S et la puissance réactive Q
- Utiliser le facteur de puissance $\cos\varphi$ dans des situations professionnelles en installation thermique
- Construire et interpréter le triangle des puissances
- Dimensionner un disjoncteur et estimer une facture d'énergie

Situation professionnelle — Dimensionnement d'une installation de climatisation

Un technicien chauffagiste doit choisir le disjoncteur et le câble d'alimentation d'un climatiseur réversible installé dans un local commercial. La plaque signalétique indique U = 230 V, I = 13 A et P = 2 200 W. Il constate que 230 × 13 = 2 990 VA ≠ 2 200 W et cherche à comprendre cet écart avant de dimensionner l'installation.

🎯 SITUATION PROFESSIONNELLE

Technicien :	Julien, technicien chauffagiste (2e année de Bac Pro)
Entreprise :	Thermipro SARL — installation de systèmes de climatisation et de pompes à chaleur
Mission :	Julien doit choisir le disjoncteur et la section du câble d'alimentation pour un climatiseur réversible à installer dans un local commercial de 80 m^2.
Plaque signalétique :	Alimentation 230 V / 50 Hz — Courant absorbé I = 13 A — Puissance absorbée P = 2 200 W

Questions de Julien :

1. Pourquoi 230 × 13 = 2 990 VA ≠ 2 200 W ? Qu'est-ce qui explique cet écart ?
2. Quel est le facteur de puissance cos φ de cet appareil et que signifie-t-il ?
3. Quel disjoncteur choisir et quel câble utiliser pour l'alimentation ?
4. Quel sera le coût mensuel d'électricité (fonctionnement 8 h/j, 22 jours/mois, tarif 0,22 €/kWh) ?

Ces questions trouveront une réponse complète au fil de ce chapitre.

Introduction – Pourquoi ce n'est pas si simple ?

En installation de chauffage et de climatisation, vous devez choisir des disjoncteurs, des câbles, et estimer la consommation d'énergie. On pourrait croire qu'il suffit de multiplier la tension par le courant. **En courant alternatif, c'est plus subtil.**

SITUATION PROFESSIONNELLE Métier

Vous installez un **climatiseur réversible**. La plaque signalétique indique :

- Alimentation : 230 V – 50 Hz
- Courant absorbé : 13 A
- Puissance absorbée : **2 200 W**

Calcul naïf : $230 \times 13 = 2\,990$ VA... mais la plaque indique 2 200 W.
Pourquoi cet écart ? Parce que le compresseur est une charge inductive : le courant est décalé dans le temps par rapport à la tension.
Ce décalage s'appelle le **déphasage**, et son cosinus est le **facteur de puissance** : ici $\cos\varphi = \frac{2200}{2990} \approx 0{,}74$.

1. Courant alternatif sinusoïdal – rappels

DÉFINITION

Le courant du réseau électrique français est un courant **alternatif sinusoïdal** : son intensité varie périodiquement et change de sens selon une loi sinusoïdale.

- **Fréquence f = 50 Hz** : 50 cycles par seconde
- **Période T = 20 ms** : durée d'un cycle complet
- **Tension efficace U = 230 V** (monophasé résidentiel)

$$T = \frac{1}{f} \quad \Leftrightarrow \quad f = \frac{1}{T}$$

T en secondes (s) | f en hertz (Hz)

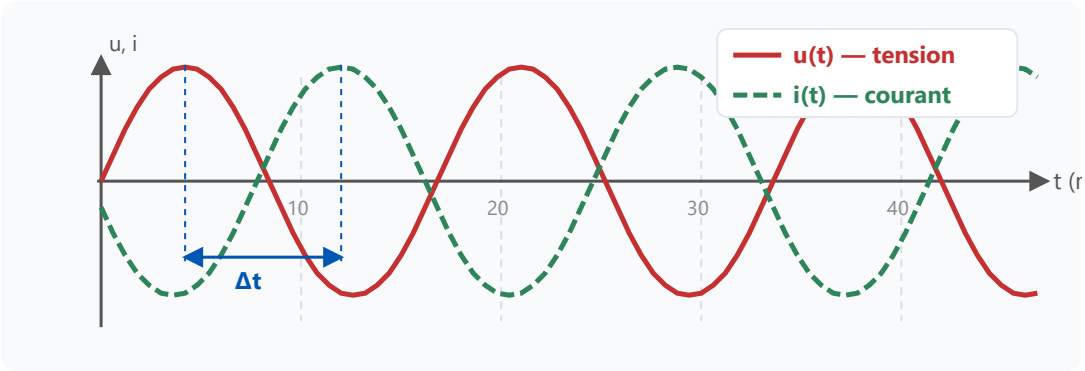
APPLICATION

Le réseau électrique français a une fréquence f = 50 Hz. Calculer la période T de ce signal alternatif.

VALEURS EFFICACES

Les grandeurs efficaces (**U** pour la tension, **I** pour l'intensité) sont les valeurs mesurées par les multimètres et pinces ampèremétriques en régime alternatif.
La valeur maximale (amplitude) vaut : $U_{max} = U\sqrt{2} \approx 1{,}41 \times U$.
Exemple : réseau 230 V $\Rightarrow U_{max} = 230 \times \sqrt{2} \approx 325$ V.

Courbes sinusoïdales u(t) et i(t)



Le courant **i(t)** est en **retard** sur la tension **u(t)** d'un temps **Δt** (déphasage typique d'un compresseur ou d'un moteur).

2. Déphasage φ entre u(t) et i(t)

DÉFINITION – DÉPHASAGE

En régime sinusoïdal, lorsqu'on applique une tension *u(t)* à un dipôle inductif (moteur, compresseur, bobine), il apparaît un **décalage temporel Δt** entre les deux signaux.
Ce décalage est caractérisé par l'angle **φ** (phi), appelé *déphasage*, exprimé en radians.

- Dipôle **résistif pur** (radiateur électrique) : φ = 0 — pas de déphasage
- Dipôle **inductif** (moteur, compresseur, transformateur) : i(t) est **en retard** sur u(t), φ > 0
- Dipôle **capacitif** (condensateur) : i(t) est **en avance** sur u(t), φ < 0

$$\varphi = \frac{\Delta t}{T} \times 2\pi$$

φ en radians (rad) | Δt et T dans la même unité (s ou ms)

APPLICATION

À l'oscilloscope, un technicien chauffagiste mesure sur une pompe à chaleur : T = 20 ms et Δt = 3 ms entre les maxima de u(t) et i(t). Calculer le déphasage φ en radians et en degrés.

EXEMPLE - CALCUL DU DÉPHASAGE

À l'oscilloscope on mesure T = 20 ms et Δt = 5 ms pour un compresseur de PAC :

$$\varphi = \frac{5}{20} \times 2\pi = 0{,}25 \times 6{,}283 \approx \mathbf{1{,}57\ rad} \approx 90^\circ$$

Pour un Δt = 2,5 ms :

$$\varphi = \frac{2{,}5}{20} \times 2\pi \approx \mathbf{0{,}785\ rad} \approx 45^\circ$$

ATTENTION

Le déphasage φ est compris entre **0 et π/2 radians (0° à 90°)** pour les dipôles inductifs réels.

Ne pas confondre Δt (décalage temporel en ms) et φ (angle en radians ou degrés).

3. Les trois puissances en régime sinusoïdal

3.1 Puissance instantanée p(t)

PUISSANCE INSTANTANÉE

La puissance instantanée est le produit de la tension instantanée par l'intensité instantanée :

$$p(t) = u(t) \times i(t)$$

Elle varie en permanence et peut être positive ou négative selon le signe du déphasage.

INTERPRÉTATION PHYSIQUE

- **p(t) > 0** : l'énergie circule de la source vers le récepteur (énergie consommée)
- **p(t) < 0** : l'énergie revient vers la source (énergie restituée par la bobine ou le condensateur)

La valeur *moyenne* de p(t) sur une période est la **puissance active P**.

3.2 Puissance active P

PUISSANCE ACTIVE (OU PUISSANCE UTILE)

La puissance active P est la puissance **réellement transformée** en travail utile (chaleur, mouvement, lumière...). C'est la valeur indiquée sur les factures d'énergie et dans les fiches techniques.

- Unité : **watt (W)** ou kilowatt (kW)
- Se mesure avec un **wattmètre**
- Tient compte du déphasage φ entre u et i

$$\boxed{P = U \cdot I \cdot \cos\varphi}$$

P en watts (W) | U en volts (V) | I en ampères (A) | cos φ sans unité

APPLICATION

Un climatiseur est alimenté sous U = 230 V, il absorbe I = 12 A, et son facteur de puissance est cos φ = 0,80. Calculer sa puissance active P.

3.3 Puissance apparente S

PUISSANCE APPARENTE

La puissance apparente S est la puissance que **le réseau doit fournir**, tenant compte du courant réel circulant dans les conducteurs (même la partie "inutile" due au déphasage).

- Unité : **voltampère (VA)** ou kilovoltampère (kVA)
- Détermine le **dimensionnement des câbles, disjoncteurs et transformateurs**

$$\boxed{S = U \cdot I}$$

S en voltampères (VA) | U en volts (V) | I en ampères (A)

3.4 Puissance réactive Q

PUISSANCE RÉACTIVE

La puissance réactive Q représente l'énergie **échangée** (sans être consommée) entre la source et les éléments inductifs ou capacitifs du circuit (bobines, condensateurs). Elle ne produit pas de travail utile mais circule dans les câbles et y génère des pertes supplémentaires.

- Unité : **voltampère réactif (VAR)**
- Q > 0 pour un dipôle inductif (moteur, compresseur)

$$\boxed{Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi}$$

Q en voltampères réactifs (VAR) | sin φ sans unité

4. Facteur de puissance – cos φ

FACTEUR DE PUISSANCE

Le facteur de puissance est le **cosinus du déphasage φ** entre la tension et le courant. Il indique quelle fraction de la puissance apparente est réellement utile.

$$\boxed{\cos \varphi = \frac{P}{S}}$$

cos φ est sans unité | compris entre 0 (totalement inductif) et 1 (résistif pur)

APPLICATION

Un installateur thermique relève sur un wattmètre : P = 1 800 W, S = 2 250 VA. Calculer le facteur de puissance cos φ de l'équipement.

VALEURS TYPIQUES POUR LES ÉQUIPEMENTS D'INSTALLATION THERMIQUE

Équipement	Type	cos φ typique	Remarque
Radiateur électrique	Résistif	1,00	Idéal — pas de déphasage
Chauffe-eau électrique	Résistif	0,98–1,00	Quasi-résistif
Ventilateur CTA	Inductif	0,80–0,90	Moteur asynchrone
Pompe à chaleur	Inductif	0,75–0,85	Compresseur hermétique
Climatiseur fixe	Inductif	0,70–0,80	Compresseur scroll
VMC double flux	Inductif	0,85–0,92	Moteur EC souvent meilleur

ATTENTION AUX ERREURS FRÉQUENTES

- Ne jamais confondre **puissance active P (W)** et puissance apparente **S (VA)** : les unités sont différentes !
- Un cos φ faible signifie que l'installation consomme beaucoup de courant pour peu de travail utile
- Les câbles et disjoncteurs se dimensionnent sur **S (VA) et le courant I**, pas sur P
- La facture EDF est basée sur **P (kWh)**, mais EDF pénalise les industriels avec cos φ < 0,928

5. Triangle des puissances

Les trois puissances P, Q et S sont liées par la relation de Pythagore. On les représente dans un **triangle rectangle** appelé triangle des puissances.

$$\boxed{S^2 = P^2 + Q^2}$$

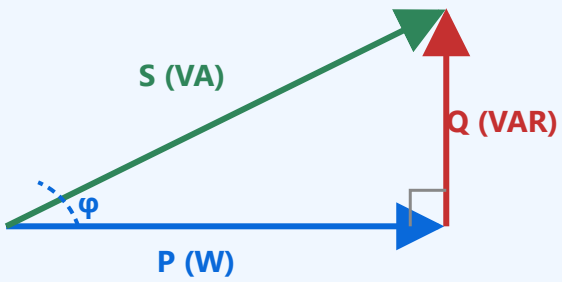
Relation de Pythagore appliquée aux trois puissances

APPLICATION

Un compresseur de PAC a une puissance active P = 2 400 W et une puissance réactive Q = 1 800 VAR. Calculer la puissance apparente S, puis le facteur de puissance cos φ.

$S^2 = P^2 + Q^2$

cos φ = P/S sin φ = Q/S tan φ = Q/P



P = puissance active (côté adjacent) | **Q** = puissance réactive (côté opposé) | **S** = puissance apparente (hypoténuse)

À RETENIR

Formules clés du triangle des puissances :

- $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$ (puissance active, en W)
- $S = U \cdot I$ (puissance apparente, en VA)
- $Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi$ (puissance réactive, en VAR)
- $S^2 = P^2 + Q^2$ (relation de Pythagore)
- $\cos\varphi = \dfrac{P}{S}$ (facteur de puissance)

6. Exemples détaillés

EXEMPLE 1 – MACHINE À BOIS (MOTEUR ASYNCHRONE)

Données : U = 230 V, I = 8,5 A, cos φ = 0,80

1. **Puissance apparente :**

$$S = U \times I = 230 \times 8{,}5 = \mathbf{1\,955\ VA}$$

2. **Puissance active :**

$$P = U \times I \times \cos\varphi = 230 \times 8{,}5 \times 0{,}80 = \mathbf{1\,564\ W}$$

3. **Puissance réactive :**

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{1955^2 - 1564^2} = \sqrt{3\,822\,025 - 2\,446\,096} \approx \mathbf{1\,173\ VAR}$$

Ou bien : $Q = U \times I \times \sin\varphi$. On calcule d'abord $\sin\varphi = \sqrt{1 - 0{,}80^2} = 0{,}60$, donc $Q = 230 \times 8{,}5 \times 0{,}60 = \mathbf{1\,173\ VAR}$.

1 564 W	1 173 VAR	1 955 VA
Puissance active P	Puissance réactive Q	Puissance apparente S

EXEMPLE 2 – CLIMATISEUR RÉVERSIBLE TICCER

Données : U = 230 V, I = 13 A, cos φ = 0,75

1. **Puissance apparente :**

$$S = 230 \times 13 = \mathbf{2\,990\ VA}$$

2. **Puissance active :**

$$P = 230 \times 13 \times 0{,}75 = \mathbf{2\,242{,}5\ W} \approx \mathbf{2{,}24\ kW}$$

3. **Angle φ :**

$$\cos\varphi = 0{,}75 \Rightarrow \varphi = \arccos(0{,}75) \approx 41{,}4^\circ$$

4. **Puissance réactive :**

$$\sin(41{,}4^\circ) \approx 0{,}661 \Rightarrow Q = 230 \times 13 \times 0{,}661 \approx \mathbf{1\,977\ VAR}$$

5. **Vérification Pythagore :**

$$\sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{2242{,}5^2 + 1977^2} \approx \sqrt{5\,028\,806 + 3\,908\,529} \approx 2\,990\ \text{VA} \checkmark$$

2 243 W	1 977 VAR	2 990 VA
Puissance active P	Puissance réactive Q	Puissance apparente S

Conclusion : Sur les 2 990 VA que le réseau fournit, seulement 2 243 W sont réellement convertis en froid ou en chaleur. Les 1 977 VAR « oscillent » dans les câbles sans produire de travail utile.

EXEMPLE 3 – COMPENSATION PAR CONDENSATEUR TICCER

Situation : Un compresseur de PAC : P = 3 500 W, cos $\varphi_{initial}$ = 0,70. On souhaite relever le facteur de puissance à cos φ_{final} = 0,95.

1. **Courant initial :**

$$S_1 = \frac{P}{\cos\varphi_1} = \frac{3500}{0{,}70} = 5\,000\ \text{VA} \Rightarrow I_1 = \frac{S_1}{U} = \frac{5000}{230} \approx \mathbf{21{,}7\ A}$$

2. **Puissance réactive initiale :**

$$\sin\varphi_1 = \sqrt{1 - 0{,}70^2} \approx 0{,}714 \Rightarrow Q_1 = 3500 \times \frac{0{,}714}{0{,}70} = \mathbf{3\,570\ VAR}$$

3. **Puissance réactive finale souhaitée :**

$$\tan\varphi_2 = \frac{\sqrt{1 - 0{,}95^2}}{0{,}95} \approx 0{,}329 \Rightarrow Q_2 = P \times \tan\varphi_2 = 3500 \times 0{,}329 \approx \mathbf{1\,151\ VAR}$$

4. **Puissance réactive du condensateur :**

$$Q_C = Q_1 - Q_2 = 3570 - 1151 \approx \mathbf{2\,419\ VAR}$$

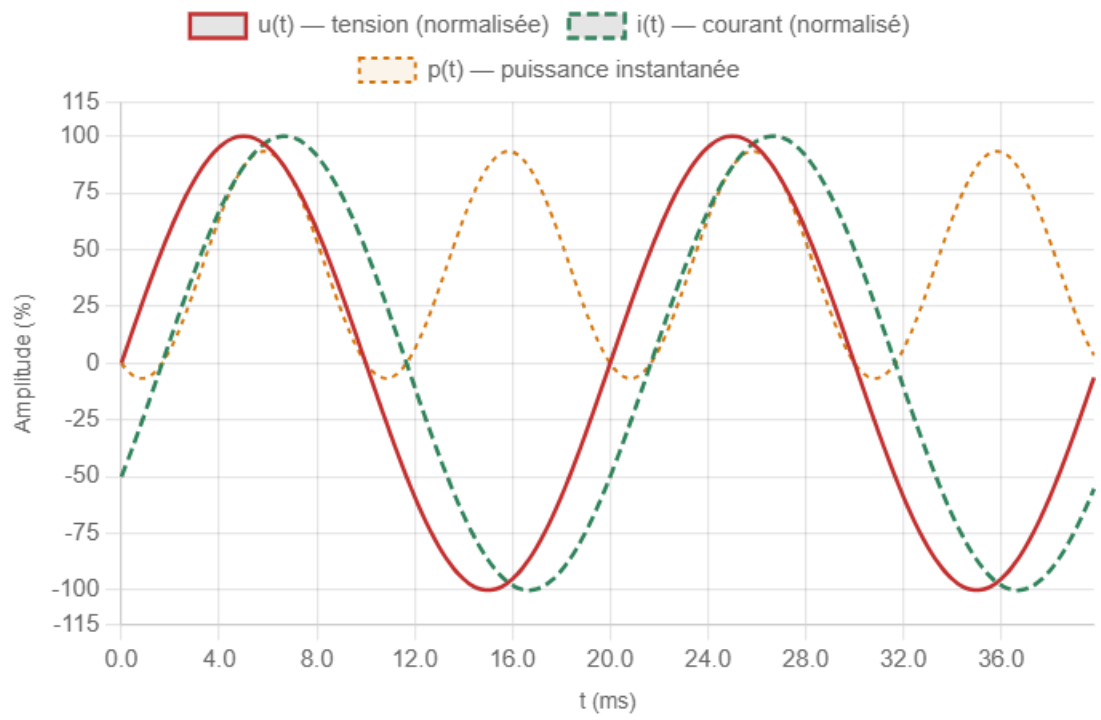
5. **Courant après compensation :**

$$S_2 = \frac{P}{\cos\varphi_2} = \frac{3500}{0{,}95} \approx 3\,684\ \text{VA} \Rightarrow I_2 = \frac{3684}{230} \approx \mathbf{16{,}0\ A}$$

Le courant est réduit de 21,7 A à 16,0 A, soit une réduction de 26 % !

7. Visualisation interactive des courbes u(t), i(t) et p(t)

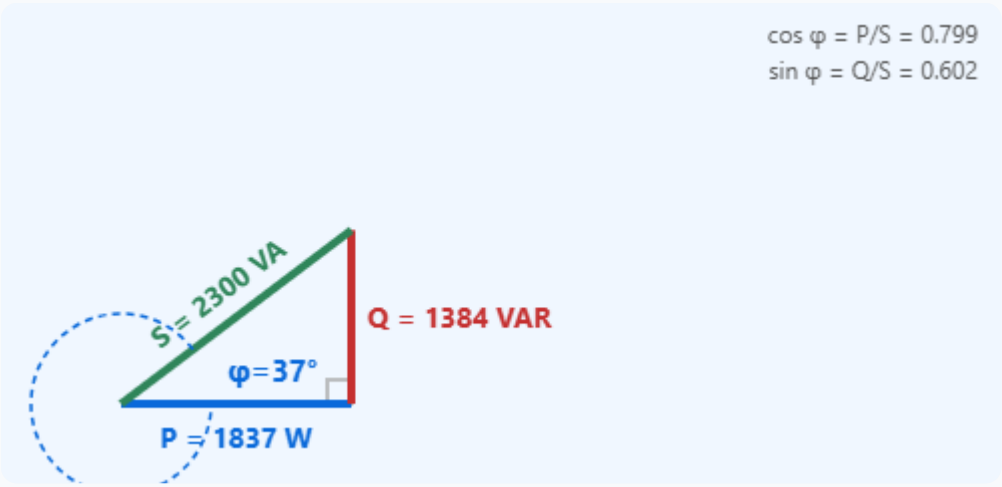
Faites varier le déphasage φ avec le curseur pour observer l'effet sur la puissance instantanée p(t) et la puissance active P.



1992 W	1150 VAR	2300 VA
P active (W)	Q réactive (VAR)	S apparente (VA)
U=230V, I=10A		

8. Triangle des puissances — animation interactive

Faites varier φ pour observer comment les trois puissances évoluent. Quand φ augmente, P diminue et Q augmente, mais S reste constante (le courant ne change pas).



1837 W	1384 VAR	2300 VA
P (W)	Q (VAR)	S (VA)
U=230V, I=10A		

9. Applications concrètes en installation thermique

9.1 Dimensionner un disjoncteur

MÉTHODE

Le disjoncteur se calibre sur l'

intensité maximale

, qui dépend de S (pas de P) :

1. Calculer S = U × I (ou S = P / cos φ si on connaît P et cos φ)
2. Calculer I = S / U
3. Choisir un disjoncteur de calibre supérieur normalisé : 10 A, 16 A, 20 A, 25 A, 32 A, 40 A...

APPLICATION – PAC AIR/AIR 3,5 KW TICCER

PAC : P = 1 400 W (puissance électrique absorbée), cos φ = 0,80, U = 230 V

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{1400}{0{,}80} = 1\,750 \text{ VA}$$

$$I = \frac{S}{U} = \frac{1750}{230} \approx 7{,}6 \text{ A}$$

On choisit un disjoncteur **16 A** (calibre normalisé supérieur à 7,6 A, avec marge).

9.2 Calculer une facture d'énergie

MÉTHODE

La facture EDF est calculée sur l'énergie active consommée en **kilowattheures (kWh)** :

$$W = P \times t \quad \text{(en Wh ou kWh)}$$

- P en watts (W) ou kilowatts (kW)
- t en heures (h)

APPLICATION – CLIMATISEUR SUR 8H TICCER

Climatiseur : P = 2 242 W, fonctionnement 8 h/j, tarif EDF = 0,20 €/kWh

$$W = \frac{2242}{1000} \times 8 = 17{,}9 \text{ kWh}$$

$$\text{Coût} = 17{,}9 \times 0{,}20 = \mathbf{3{,}58\ €/jour}$$

Sur 30 jours : $3{,}58 \times 30 \approx \mathbf{107\ €/mois}$

9.3 Choisir un câble

MÉTHODE

La section du câble se choisit en fonction du

courant I

(calculé à partir de S) et de la longueur du câble (chute de tension).

- I ≤ 10 A → câble 1,5 mm^2
- 10 A < I ≤ 16 A → câble 2,5 mm^2
- 16 A < I ≤ 25 A → câble 4 mm^2
- 25 A < I ≤ 32 A → câble 6 mm^2

Ces valeurs dépendent aussi du mode de pose (encastré, chemin de câbles...).

10. Tableau récapitulatif des formules

Grandeur	Symbole	Unité	Formule principale
Période	T	seconde (s)	$T = \frac{1}{f}$
Fréquence	f	hertz (Hz)	$f = \frac{1}{T}$
Déphasage	φ	radian (rad)	$\varphi = \frac{\Delta t}{T} \times 2\pi$
Puissance instantanée	p(t)	watt (W)	$p(t) = u(t) \times i(t)$
Puissance active	**P**	**watt (W)**	$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$
Puissance apparente	**S**	**voltampère (VA)**	$S = U \cdot I$
Puissance réactive	**Q**	**voltampère réactif (VAR)**	$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi$
Triangle des puissances	—	—	$S^2 = P^2 + Q^2$
Facteur de puissance	cos φ	sans unité	$\cos\varphi = \frac{P}{S}$
Énergie consommée	W	watt·heure (Wh)	$W = P \times t$

11. Mini-exercices

Exercice 1 – Pompe à chaleur

Une pompe à chaleur est alimentée sous U = 230 V et absorbe un courant I = 15 A. Son facteur de puissance est cos φ = 0,78.

1. Calculer la puissance apparente S.
2. Calculer la puissance active P.
3. Calculer la puissance réactive Q (en utilisant $S^2 = P^2 + Q^2$).
4. Quel disjoncteur choisir (calibres normalisés : 10, 16, 20, 25, 32 A) ?

▶ Voir la correction

Exercice 2 – Chauffe-eau solaire avec appoint électrique

Un chauffe-eau solaire thermodynamique a une résistance d'appoint de 1 800 W (résistive, cos φ = 1) et un compresseur de 350 W avec cos φ = 0,80, alimentés sous 230 V.

1. Calculer le courant absorbé par la résistance seule.
2. Calculer le courant absorbé par le compresseur.
3. Calculer la puissance apparente totale (en supposant qu'ils fonctionnent simultanément).
4. Quel disjoncteur prévoir pour l'ensemble ?

▶ Voir la correction

Exercice 3 – Mesure à l'oscilloscope

À l'oscilloscope, on observe les courbes u(t) et i(t) d'un moteur de ventilateur CTA :

- Période mesurée : T = 20 ms
- Décalage temporel entre les maxima : Δt = 4 ms
- Tension efficace : U = 230 V
- Intensité efficace : I = 3,5 A

1. Calculer le déphasage φ en radians, puis en degrés.
2. Calculer cos φ.
3. Calculer P, S et Q.

▶ Voir la correction

Exercice 4 – Facture d'énergie et compensation TICCER

Un local commercial est équipé d'une climatisation (P = 4 500 W, cos φ = 0,72) alimentée sous 230 V.

1. Calculer le courant absorbé et la puissance apparente.
2. Calculer l'énergie consommée en kWh sur un mois (22 jours ouvrés × 9 h/jour).
3. Calculer le coût mensuel au tarif de 0,22 €/kWh.
4. Après installation d'une batterie de condensateurs, cos φ passe à 0,96. Calculer le nouveau courant. Quelle économie cela représente-t-il sur les pertes dans les câbles (qui sont proportionnelles à I^2) ?

▶ Voir la correction

BILAN — CE QU'IL FAUT RETENIR

Formules essentielles

- $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$ (W)
- $S = U \cdot I$ (VA)
- $Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi$ (VAR)
- $S^2 = P^2 + Q^2$
- $\cos\varphi = P/S$
- $\varphi = \dfrac{\Delta t}{T} \times 2\pi$

En pratique — Installation thermique

- Disjoncteur → calculer **I = S / U**
- Facture → utiliser **P en kWh**
- Câbles → section selon **intensité I**
- Mauvais cos φ → courant plus fort → câbles surchauffés
- Condensateurs → relèvent cos φ → réduisent I

Erreurs fréquentes

✗ Confondre P (W) et S (VA)

La puissance active P et la puissance apparente S ont des unités différentes (W ≠ VA). On ne peut pas les additionner ni les confondre. Toujours indiquer l'unité pour lever l'ambiguïté.

Conseil : P se mesure avec un wattmètre, S = U × I se calcule.

✗ Dimensionner un disjoncteur sur P au lieu de I

Le disjoncteur se calibre sur le courant I (calculé à partir de S), pas sur la puissance active P. Un cos φ faible signifie que I est élevé même si P est modeste.

Conseil : toujours calculer I = S/U avant de choisir le calibre du disjoncteur.

✗ Croire que la facture EDF est basée sur S

Le fournisseur d'électricité facture l'énergie active W = P × t (en kWh), pas la puissance apparente. Mais un cos φ trop faible peut entraîner des pénalités tarifaires pour les installations industrielles.

Conseil : distinguer facturation (P) et dimensionnement (S et I).

✗ Oublier de convertir les unités de temps

Dans $W = P \times t$, P doit être en kW et t en heures pour obtenir des kWh. Passer d'abord de W à kW (÷ 1000) et de minutes/jours en heures.

Conseil : vérifier les unités à chaque étape avant de calculer.

✗ Confondre déphasage Δt et angle φ

Δt est un décalage temporel (en ms), φ est un angle (en radians ou degrés). La relation est $\varphi = (\Delta t/T) \times 2\pi$. Ne pas substituer l'un à l'autre dans les formules de puissance.

Conseil : toujours calculer φ avant de calculer $\cos \varphi$ à partir de Δt.

Simulation interactive

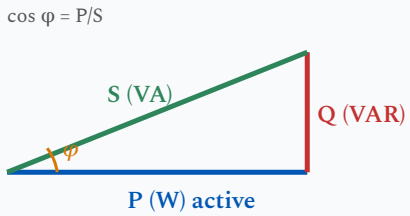
Puissance électrique

PHYSIQUE-CHIMIE

01

Évaluer la puissance consommée

Exercices | Terminale Bac Pro ICCER (Grpt 1) – Puissance P, S, Q, cos φ, compensation



Triangle des puissances : P = S × cos φ

Socle | Standard | Approfondissement | Tout voir

🎯 Objectifs du chapitre — cliquer pour développer

Rappels du cours

En électricité, on distingue trois types de puissances :

- **Puissance active** P (en W) : énergie réellement consommée (effet utile).
- **Puissance réactive** Q (en var) : énergie stockée puis restituée par les bobines et condensateurs.
- **Puissance apparente** S (en VA) : puissance totale fournie par la source.

Formules essentielles :

- **Monophasé :** $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$ | $S = U \cdot I$ | $Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi$
- **Triphasé :** $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$ | $S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$
- **Triangle des puissances :** $S^2 = P^2 + Q^2$ | $\cos\varphi = \dfrac{P}{S}$ | $\tan\varphi = \dfrac{Q}{P}$
- **Compensation :** $Q_C = P \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)$

Attention Le facteur de puissance $\cos\varphi$ est compris entre 0 et 1. Pour un récepteur purement résistif (résistance chauffante, radiateur électrique), $\cos\varphi = 1$. Pour un moteur, $\cos\varphi$ est typiquement 0,7 à 0,9. Un mauvais $\cos\varphi$ augmente le courant à puissance utile égale, ce qui surcharge les câbles et augmente les pertes Joule.

Exercices guidés pas à pas

EXERCICE 1 — Radiateur électrique – calcul guidé de P et S

SOCLE

Un technicien chauffagiste installe un radiateur électrique dans un vestiaire. Le radiateur est branché sur une prise monophasée **230 V** et absorbe un courant de **8 A**. C'est un récepteur purement résistif : $\cos\varphi = 1$.

> Méthode Pour un récepteur résistif ($\cos\varphi = 1$), la formule se simplifie : $P = U \times I \times 1 = U \times I$.

1. Compléter le calcul de la puissance apparente :

$S = U \times I = 230 \times \square = \square$ VA

2. Compléter le calcul de la puissance active :

$P = U \times I \times \cos\varphi = 230 \times 8 \times \square = \square$ W

3. Comparer P et S. Cocher la bonne réponse :

- ☐ $P > S$
- ☐ $P = S$
- ☐ $P < S$

4. Que vaut la puissance réactive Q pour un récepteur purement résistif ? (Rappel : $\sin\varphi = 0$ quand $\cos\varphi = 1$)

Mes calculs :

EXERCICE 2 — Compléter un tableau de puissances

SOCLE

Un installateur thermique relève les données de trois appareils monophasés branchés sur le réseau 230 V. Compléter le tableau ci-dessous.

Formules : $S = U \times I$ | $P = U \times I \times \cos\varphi$ | $Q = U \times I \times \sin\varphi$

Appareil	U (V)	I (A)	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	S (VA)	P (W)	Q (var)
Convecteur	230	6,5	1	0	…	…	…
Circulateur	230	0,9	0,65	0,76	…	…	…
Ventilateur VMC	230	1,2	0,80	0,60	…	…	…

Mes calculs :

EXERCICE 3 **Lire un triangle des puissances – QCM** SOCLE

Un récepteur présente : $P = 2\,400$ W et $Q = 1\,800$ var.

On rappelle : $S^2 = P^2 + Q^2$ donc $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$.

1. Compléter le calcul étape par étape :

$P^2 = 2\,400^2 =$ ☐

$Q^2 = 1\,800^2 =$ ☐

$P^2 + Q^2 =$ ☐

$S = \sqrt{} =$ ☐ VA

2. Calculer le facteur de puissance : $\cos\varphi = \dfrac{P}{S} = \dfrac{2\,400}{\square} =$ ☐

3. Ce facteur de puissance est-il bon ? Cocher :

- ☐ Oui, il est supérieur à 0,93
- ☐ Non, il est inférieur à 0,93

Mes calculs :

EXERCICE 4 Coût de fonctionnement d'un sèche-serviettes SOCLE

Un plombier chauffagiste installe un sèche-serviettes électrique dans une salle de bain. L'appareil a une puissance de $P = 750\ \text{W} = 0{,}75\ \text{kW}$. Il fonctionne **4 heures par jour** pendant **200 jours par an**. Le prix du kWh est de **0,2276 €**.

Formule : Énergie (kWh) = Puissance (kW) × temps (h)

1. Calculer la durée totale de fonctionnement par an :

$t_{\text{total}} = 4 \times \square = \square\ \text{h}$

2. Calculer l'énergie consommée sur un an :

$W = P \times t = 0{,}75 \times \square = \square\ \text{kWh}$

3. Calculer le coût annuel :

Math input error

Mes calculs :

EXERCICE 5 Identifier P, S et Q sur une plaque signalétique SOCLE

La plaque signalétique d'un circulateur de chauffage central indique : **230 V – 0,45 A – 70 W**.

1. Compléter le calcul de la puissance apparente :

$$S = U \times I = 230 \times \square = \square \text{ VA}$$

2. La puissance active indiquée est $P = 70$ W. Le facteur de puissance vaut :

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{70}{\square} = \square$$

3. Compléter le calcul de la puissance réactive :

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{\square^2 - 70^2} = \sqrt{\square - 4\,900} = \square \text{ var}$$

4. Ce circulateur consomme-t-il beaucoup de puissance réactive ? Cocher :

- ☐ Non, Q est faible par rapport à P
- ☐ Oui, Q est du même ordre que P

Mes calculs :

EXERCICE 6 Vrai ou faux – puissances électriques SOCLE

Pour chaque affirmation, cocher **Vrai** ou **Faux** :

Affirmation	Vrai	Faux
La puissance active P s'exprime en watts (W).	☐	☐
La puissance apparente S s'exprime en watts (W).	☐	☐
Pour un récepteur purement résistif, $\cos\varphi = 0$.	☐	☐
S est toujours supérieure ou égale à P.	☐	☐
Un condensateur peut améliorer le facteur de puissance.	☐	☐
La puissance réactive Q s'exprime en VA.	☐	☐

Mes calculs :

EXERCICE 7 **Calcul guidé – courant d'un chauffe-eau** SOCLE

Un chauffe-eau électrique a une puissance de $P = 2\,400$ W. Il est branché en monophasé 230 V. C'est un appareil résistif ($\cos\varphi = 1$).

Rappel : $P = U \times I \times \cos\varphi$, donc $I = \dfrac{P}{U \times \cos\varphi}$

1. Compléter le calcul du courant :

$$I = \frac{2\,400}{230 \times \square} = \frac{2\,400}{\square} = \square \text{ A}$$

2. Le disjoncteur du circuit est de **16 A**. Le chauffe-eau peut-il fonctionner sans déclencher le disjoncteur ? Cocher :

- ☐ Oui, car $I < 16$ A
- ☐ Non, car $I > 16$ A

Mes calculs :

EXERCICE 8 Associer puissance et unité SOCLE

Relier chaque grandeur à son unité et à sa signification :

Grandeur	Unité	Signification
P = puissance …	… (W / VA / var)	… (utile / totale / stockée)
S = puissance …	… (W / VA / var)	… (utile / totale / stockée)
Q = puissance …	… (W / VA / var)	… (utile / totale / stockée)

Mes calculs :

EXERCICE 9 **Calcul guidé – puissance d'un moteur de VMC** SOCLE

Un moteur de VMC (Ventilation Mécanique Contrôlée) fonctionne en monophasé 230 V. Il absorbe un courant de $I = 0{,}8$ A avec un facteur de puissance $\cos\varphi = 0{,}72$.

1. Compléter le calcul de S :

$S = U \times I = 230 \times \square = \square$ VA

2. Compléter le calcul de P :

$P = S \times \cos\varphi = \square \times 0{,}72 = \square$ W

3. La puissance réactive se calcule avec $\sin\varphi$. Sachant que $\cos\varphi = 0{,}72$, on trouve $\sin\varphi \approx 0{,}694$. Compléter :

$Q = S \times \sin\varphi = \square \times 0{,}694 = \square$ var

Mes calculs :

EXERCICE 10 **Comparer deux appareils – résistif vs inductif** SOCLE

Deux appareils sont branchés sur le réseau 230 V monophasé :

- **Appareil A :** grille-pain, $I = 4$ A, $\cos\varphi = 1$
- **Appareil B :** perceuse, $I = 4$ A, $\cos\varphi = 0{,}75$

1. Calculer S pour chaque appareil. Que remarquez-vous ?

2. Calculer P pour chaque appareil.

3. Lequel consomme le plus de puissance utile ? Lequel a la puissance réactive la plus élevée ?

Mes calculs :

Exercices d'application

EXERCICE 11 Résistance chauffante – calcul de P et S

STANDARD

Une résistance chauffante est alimentée sous **230 V** monophasé. Elle absorbe un courant de **8 A**. C'est un récepteur purement résistif : $\cos\varphi = 1$.

1. Rappeler la formule de la puissance active en monophasé.
2. Calculer la puissance active P absorbée.
3. Calculer la puissance apparente $S = U \cdot I$.
4. Comparer P et S : que conclure pour un récepteur purement résistif ?

Mes calculs :

EXERCICE 12 Conversions kW / kVA / kvar

STANDARD

Un récepteur a les caractéristiques suivantes : $P = 4{,}5$ kW, $\cos\varphi = 0{,}9$.

1. Convertir P en watts.
2. Calculer S en kVA à partir de $S = P/\cos\varphi$.
3. Calculer $\sin\varphi$ (sachant $\sin^2\varphi + \cos^2\varphi = 1$), puis calculer Q en kvar.

Mes calculs :

EXERCICE 13 Radiateur électrique – courant, puissance apparente et énergie

STANDARD

Un radiateur électrique monophasé fonctionne sous $U = 230$ V. Sa puissance nominale est $P = 2\,000$ W et $\cos\varphi = 1$.

1. Calculer l'intensité I absorbée par le radiateur.
2. Calculer la puissance apparente S.
3. Calculer l'énergie consommée en 3 heures de fonctionnement (en Wh puis en kWh).
4. Quel est le coût de fonctionnement sur 3 h si le kWh coûte 0,25 € ?

Mes calculs :

EXERCICE 14 Moteur triphasé – courant de ligne et puissance mécanique

STANDARD

Un moteur triphasé est alimenté sous $U = 400$ V. Sa puissance active absorbée est $P = 5$ kW, son facteur de puissance $\cos\varphi = 0{,}8$ et son rendement $\eta = 0{,}85$.

1. Rappeler la formule de la puissance active triphasée.
2. Calculer le courant de ligne I absorbé par le moteur.
3. Calculer la puissance mécanique utile $P_{\text{utile}} = \eta \times P$.

Mes calculs :

EXERCICE 15 **Impact du facteur de puissance sur le courant absorbé** STANDARD

Une installation 230 V monophasé fournit une puissance active de $P = 3\ \text{kW}$. On compare deux situations : $\cos\varphi_1 = 0{,}7$ (sans compensation) et $\cos\varphi_2 = 0{,}95$ (avec condensateur de compensation).

1. Calculer le courant I_1 pour $\cos\varphi_1 = 0{,}7$.
2. Calculer le courant I_2 pour $\cos\varphi_2 = 0{,}95$.
3. Calculer les puissances apparentes S_1 et S_2 correspondantes.
4. Conclure sur l'intérêt d'améliorer le facteur de puissance.

Mes calculs :

EXERCICE 16 Installation d'une pompe à chaleur triphasée – choix du disjoncteur

STANDARD

Un technicien CVC installe une pompe à chaleur triphasée. Les données de la plaque signalétique sont : $U = 400$ V, puissance électrique absorbée $P = 3{,}5$ kW, $\cos\varphi = 0{,}82$.

1. Rappeler la formule de la puissance active triphasée.

2. Calculer le courant de ligne I absorbé par la pompe à chaleur.

3. Choisir le calibre du disjoncteur de protection parmi : 10 A / 16 A / 20 A / 25 A. Justifier le choix.

Mes calculs :

EXERCICE 17 Bilan de puissance d'un local technique STANDARD

Un local technique comporte trois appareils monophasés 230 V :

Appareil	P (W)	$\cos\varphi$
Chaudière murale	120	0,85
Circulateur	65	0,65
Éclairage LED	40	0,95

1. Calculer la puissance apparente S de chaque appareil.

2. Calculer le courant I absorbé par chaque appareil.

3. Calculer le courant total I_T si tous les appareils fonctionnent simultanément. Quel disjoncteur choisir (6 A / 10 A / 16 A) ?

Mes calculs :

EXERCICE 18 **Pertes Joule dans un câble d'alimentation** STANDARD

Un câble de résistance $R = 0{,}5\ \Omega$ alimente un moteur monophasé 230 V. Le moteur absorbe $P = 2\,000$ W avec $\cos\varphi = 0{,}8$.

1. Calculer le courant I absorbé par le moteur.

2. Calculer les pertes Joule dans le câble : $P_J = R \times I^2$.

3. Si on compense le facteur de puissance à $\cos\varphi = 0{,}95$, calculer le nouveau courant I' et les nouvelles pertes P'_J.

4. Calculer le pourcentage de réduction des pertes.

Mes calculs :

EXERCICE 19 **Lecture de la facture d'électricité d'un atelier** STANDARD

La facture d'électricité d'un atelier de maintenance indique : puissance souscrite $S = 36\ \text{kVA}$, consommation mensuelle $W = 4\,200\ \text{kWh}$, facteur de puissance relevé $\cos\varphi = 0{,}78$.

1. Calculer la puissance active maximale disponible : $P_{\max} = S \times \cos\varphi$.

2. Calculer la puissance réactive correspondante : $Q = \sqrt{S^2 - P_{\max}^2}$.

3. Le fournisseur applique une pénalité de 5 % sur la facture si $\cos\varphi < 0{,}9$. L'atelier paie-t-il une pénalité ? Si le kWh coûte 0,18 €, quel est le surcoût mensuel ?

Mes calculs :

EXERCICE 20 **Climatiseur monophasé – triangle des puissances** STANDARD

Un climatiseur monophasé 230 V a les caractéristiques : $P = 1\,800$ W et $\cos\varphi = 0{,}85$.

1. Calculer la puissance apparente S.
2. Calculer $\sin\varphi$ puis la puissance réactive Q.
3. Vérifier que $S^2 = P^2 + Q^2$.
4. Tracer le triangle des puissances à l'échelle (1 cm = 500 unités).

Mes calculs :

EXERCICE 21 **Compresseur triphasé – courant et section de câble** STANDARD

Un installateur thermique raccorde un compresseur de climatisation triphasé : $U = 400$ V, $P = 7{,}5$ kW, $\cos\varphi = 0{,}82$.

1. Calculer le courant de ligne I absorbé.

2. La norme impose un courant maximal de 18 A pour un câble de section 2,5 mm^2. Ce câble convient-il ?

3. Le compresseur a un rendement $\eta = 0{,}88$. Calculer la puissance frigorifique utile.

Mes calculs :

EXERCICE 22 Panneau rayonnant vs convecteur – comparaison énergétique

STANDARD

Un technicien chauffagiste compare deux solutions pour chauffer un bureau de 15 m^2 :

- **Convecteur :** $P = 1\,500$ W, $\cos\varphi = 1$, durée d'utilisation 8 h/jour.
- **Panneau rayonnant :** $P = 1\,200$ W, $\cos\varphi = 1$, durée d'utilisation 6 h/jour (meilleure répartition de la chaleur).

Prix du kWh : 0,2276 €. Saison de chauffe : 150 jours.

1. Calculer l'énergie consommée par an pour chaque solution (en kWh).

2. Calculer le coût annuel pour chaque solution.

3. Calculer l'économie réalisée avec le panneau rayonnant.

4. Calculer le courant absorbé par chaque appareil. Quel calibre de disjoncteur prévoir pour chacun ?

Mes calculs :

Exercices d'approfondissement

EXERCICE 23 Bilan de puissance d'une installation triphasée multi-récepteurs

APPROFONDISSEMENT

Une installation triphasée 400 V comporte trois récepteurs :

Récepteur	Puissance active P	$\cos\varphi$
Résistance chauffante	1 kW	1
Moteur de ventilation	2 kW	0,8
Compresseur frigorifique	3 kW	0,7

1. Calculer P_{totale}.

2. Calculer les puissances réactives Q_1, Q_2, Q_3 de chaque récepteur (utiliser $\tan\varphi = Q/P$).

3. Calculer $Q_{\text{totale}} = Q_1 + Q_2 + Q_3$.

4. Calculer $S_{\text{totale}} = \sqrt{P_{\text{totale}}^2 + Q_{\text{totale}}^2}$ puis $\cos\varphi_{\text{global}}$.

5. Le fournisseur d'énergie exige $\cos\varphi \geq 0{,}93$. Calculer la puissance réactive du condensateur à installer pour atteindre cette valeur.

Mes calculs :

EXERCICE 24 Compensation du facteur de puissance d'une chaufferie collective

APPROFONDISSEMENT

Un technicien de maintenance énergétique effectue un audit sur une chaufferie collective alimentée en triphasé 400 V. L'installation comporte : un brûleur ($P_1 = 1{,}5$ kW, $\cos\varphi_1 = 0{,}85$), deux circulateurs ($P_2 = 2 \times 0{,}4 = 0{,}8$ kW, $\cos\varphi_2 = 0{,}65$) et un système de régulation ($P_3 = 0{,}2$ kW, $\cos\varphi_3 = 1$).

1. Calculer la puissance active totale P_T de l'installation.

2. Calculer la puissance réactive de chaque poste, puis la puissance réactive totale Q_T.

3. En déduire la puissance apparente S_T et le facteur de puissance global $\cos\varphi_{\text{global}}$.

4. Calculer le courant de ligne I absorbé par l'ensemble de l'installation.

5. Le gestionnaire du réseau exige $\cos\varphi \geq 0{,}93$. Calculer la puissance réactive Q_C du condensateur à installer. En déduire la nouvelle puissance apparente S'_T et le nouveau courant I'.

6. Calculer le pourcentage de réduction du courant obtenu grâce à la compensation. Expliquer l'intérêt économique pour l'exploitant.

Mes calculs :

EXERCICE 25 Audit énergétique – comparaison de deux systèmes de chauffage

APPROFONDISSEMENT

Un technicien en énergies renouvelables compare deux solutions pour chauffer un logement :

- **Solution A :** Convecteurs électriques, puissance totale $P_A = 6$ kW, $\cos\varphi_A = 1$, fonctionnement 10 h/jour pendant 180 jours.
- **Solution B :** Pompe à chaleur air/eau, puissance électrique absorbée $P_B = 2{,}2$ kW, $\cos\varphi_B = 0{,}82$, COP = 3, fonctionnement 10 h/jour pendant 180 jours.

Prix du kWh : 0,2276 €.

1. Calculer l'énergie électrique consommée par an pour chaque solution (en kWh).

2. Calculer le coût annuel de fonctionnement pour chaque solution.

3. Calculer la puissance thermique restituée par la pompe à chaleur. Cette puissance est-elle suffisante pour remplacer les convecteurs ?

4. Calculer le courant absorbé par chaque solution (monophasé 230 V). Quelle conséquence sur le dimensionnement du tableau électrique ?

5. Calculer la puissance apparente et la puissance réactive de la solution B. Discuter de l'impact sur l'installation électrique.

Mes calculs :

EXERCICE 26 Dimensionnement d'une batterie de condensateurs

APPROFONDISSEMENT

Un atelier de maintenance énergétique est alimenté en triphasé 400 V. L'installation comporte :

- 4 moteurs de ventilation : $P_1 = 4 \times 1{,}5 = 6$ kW, $\cos\varphi_1 = 0{,}72$
- Éclairage fluorescent : $P_2 = 2$ kW, $\cos\varphi_2 = 0{,}60$
- Résistances de préchauffage : $P_3 = 4$ kW, $\cos\varphi_3 = 1$

1. Calculer P_T, Q_T et S_T de l'installation.

2. Calculer le $\cos\varphi$ global et le courant de ligne.

3. Le fournisseur exige $\cos\varphi \geq 0{,}93$. Calculer la puissance réactive Q_C de la batterie de condensateurs à installer.

4. Calculer le nouveau courant de ligne après compensation. En déduire l'économie sur la section des câbles (normatif : 1,5 mm² pour 10 A, 2,5 mm² pour 20 A, 4 mm² pour 25 A, 6 mm² pour 32 A).

Mes calculs :

EXERCICE 27 Étude complète d'un groupe froid industriel

APPROFONDISSEMENT

Un technicien climatisation intervient sur un groupe froid industriel triphasé 400 V. Les mesures donnent : $I = 25$ A, $\cos\varphi = 0{,}75$, rendement du compresseur $\eta = 0{,}90$, COP frigorifique = 2,8.

1. Calculer la puissance apparente S, la puissance active P et la puissance réactive Q.

2. Calculer la puissance mécanique utile du compresseur.

3. Calculer la puissance frigorifique produite (puissance thermique extraite du local).

4. Le groupe fonctionne 12 h/jour pendant 120 jours/an. Calculer l'énergie consommée et le coût annuel (kWh à 0,18 €).

5. On propose de remplacer ce groupe par un modèle de même puissance avec $\cos\varphi = 0{,}92$ et COP = 3,5. Calculer les nouvelles valeurs de I, Q et le coût annuel. Conclure.

Mes calculs :

EXERCICE 28 Choix d'un transformateur pour une installation collective

APPROFONDISSEMENT

Un ingénieur thermicien dimensionne le transformateur pour un immeuble de bureaux. L'installation triphasée 400 V comporte :

Poste	P (kW)	$\cos\varphi$
Climatisation (3 groupes)	3 × 8 = 24	0,78
Éclairage	10	0,92
Informatique	6	0,98
Ascenseur	15	0,70

Coefficient de simultanéité : 0,8.

1. Calculer P_T et Q_T de l'installation.

2. Appliquer le coefficient de simultanéité pour obtenir P_{dim} et Q_{dim}.

3. Calculer S_{dim}. Choisir le transformateur parmi les puissances normalisées : 50 / 63 / 80 / 100 kVA.

4. Quel serait le transformateur nécessaire si on compensait le facteur de puissance à 0,95 ?

Mes calculs :

EXERCICE 29 Analyse d'un relevé de puissance – courbe de charge

APPROFONDISSEMENT

Un technicien de maintenance énergétique relève la puissance active d'une installation sur une journée :

Tranche horaire	P (kW)	$\cos\varphi$
0 h – 6 h (nuit)	5	0,95
6 h – 8 h (démarrage)	18	0,70
8 h – 12 h (plein régime)	30	0,78
12 h – 14 h (pause)	8	0,90
14 h – 18 h (plein régime)	28	0,78
18 h – 24 h (soirée)	10	0,92

1. Calculer l'énergie totale consommée sur 24 h (en kWh).

2. Calculer la puissance apparente maximale S_{max} et le courant maximal (triphasé 400 V).

3. À quelle tranche horaire le $\cos\varphi$ est-il le plus faible ? Proposer une explication.

4. Calculer la puissance réactive pendant la tranche 8 h – 12 h. Quelle puissance de condensateur permettrait de relever le $\cos\varphi$ à 0,93 sur cette tranche ?

Mes calculs :

EXERCICE 30 Étude technico-économique – compensation globale vs individuelle

APPROFONDISSEMENT

Un conducteur de travaux doit compenser le facteur de puissance d'une installation triphasée 400 V comportant deux moteurs :

- **Moteur 1 :** $P_1 = 11$ kW, $\cos\varphi_1 = 0{,}72$, fonctionne 8 h/jour
- **Moteur 2 :** $P_2 = 5{,}5$ kW, $\cos\varphi_2 = 0{,}68$, fonctionne 4 h/jour

Objectif : $\cos\varphi \geq 0{,}93$. Prix d'un condensateur : 15 €/kvar.

Solution A – Compensation individuelle :

1. Calculer Q_{C1} et Q_{C2} nécessaires pour compenser chaque moteur individuellement à $\cos\varphi = 0{,}93$.

2. Calculer la puissance totale de condensateurs $Q_{C,A} = Q_{C1} + Q_{C2}$ et son coût.

Solution B – Compensation globale :

3. Calculer P_T, Q_T puis $\cos\varphi_{\text{global}}$ quand les deux moteurs fonctionnent.

4. Calculer $Q_{C,B}$ pour compenser globalement à 0,93 et son coût.

5. Comparer les deux solutions. Quels sont les avantages et inconvénients de chacune ?

Mes calculs :

À retenir – Puissance électrique (P, S, Q, cos φ)

- Triangle des puissances : $S^2 = P^2 + Q^2$, $\cos\varphi = P/S$, $\tan\varphi = Q/P$.
- Monophasé : $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$ — Triphasé : $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$.
- Un $\cos\varphi$ faible augmente le courant à puissance active égale → plus de pertes, câbles plus sollicités.
- La compensation par condensateur réduit Q et améliore $\cos\varphi$ sans modifier P.
- Pour un récepteur résistif pur ($\cos\varphi = 1$) : $P = S$ et $Q = 0$.

PHYSIQUE-CHIMIE

01

Évaluer la puissance consommée

Évaluer la puissance consommée | 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 (sauf fiche de formules fournie)

Calculatrice
Autorisée

SOCLE

EXERCICE 1 — Radiateur électrique d'un local technique — 8 points

Un technicien chauffagiste installe un radiateur électrique dans un local technique de chaufferie. Le radiateur est branché sur une prise monophasée 230 V.
Données :

- Tension efficace : U = 230 V
- Intensité efficace : I = 8,7 A
- Le radiateur est un appareil purement résistif : cos(φ) = 1

Formules utiles :

- Puissance apparente : S = U × I (en VA)
- Puissance active : P = U × I × cos(φ) (en W)
- Puissance réactive : Q = U × I × sin(φ) (en var)
- Si cos(φ) = 1 alors sin(φ) = 0

1. Compléter le calcul de la puissance apparente :
S = U × I = 230 × ..... = ... VA *(1,5 pt)*

2. Pour un radiateur, cos(φ) = 1. Compléter le calcul de la puissance active :
P = U × I × cos(φ) = 230 × 8,7 × ..... = ... W *(2 pts)*

3. Comme sin(φ) = 0, que vaut la puissance réactive Q ? *(1 pt)*

4. Que remarque-t-on entre les valeurs de P et de S pour un appareil purement résistif ? *(1 pt)*

5. Le disjoncteur du circuit est un 10 A. Le radiateur peut-il fonctionner ? Comparer I au calibre. *(1,5 pt)*

6. Quel calibre de disjoncteur faut-il choisir parmi : 10 A, 16 A, 20 A ? *(1 pt)*

EXERCICE 2 Circulateur de chauffage 7 points

Un installateur thermique vérifie le circulateur d'un circuit de chauffage. La plaque signalétique indique :

- Tension : U = 230 V
- Intensité : I = 0,9 A
- cos(φ) = 0,65
- sin(φ) = 0,76

On rappelle les formules :

$S = U \times I$ | $P = U \times I \times \cos(\varphi)$ | $Q = U \times I \times \sin(\varphi)$

1. Calculer la puissance apparente S en complétant :

S = U × I = ... × ..... = ... VA *(1,5 pt)*

2. Calculer la puissance active P en complétant :

P = U × I × cos(φ) = ... × ..... × 0,65 = ... W *(2 pts)*

3. Calculer la puissance réactive Q en complétant :

Q = U × I × sin(φ) = ... × ..... × ..... = ... var *(2 pts)*

4. Comparer P et S. Laquelle est la plus grande ? Pourquoi ? *(1,5 pt)*

EXERCICE 3 Coût de fonctionnement d'un convecteur 5 points

Un technicien CVC évalue le coût de fonctionnement d'un convecteur électrique dans un bureau.
Données :

- Puissance active du convecteur : P = 1 500 W = 1,5 kW
- Durée de fonctionnement par jour : t = 8 h
- Nombre de jours de fonctionnement par an : 180 jours
- Prix du kWh : 0,2276 €

Formule : Énergie (en kWh) = Puissance (en kW) × temps (en h)

1. Calculer la durée totale de fonctionnement par an :

t_{total} = 8 × ..... = ... h *(1 pt)*

2. Calculer l'énergie consommée sur un an :

W = P × t = 1,5 × ..... = ... kWh *(2 pts)*

3. Calculer le coût annuel :

Coût = W × prix = ... × 0,2276 = ... € *(1 pt)*

4. Si le convecteur est remplacé par un modèle de 1 000 W (1 kW), combien économise-t-on par an ? *(1 pt)*

TOTAL : 20 points

STANDARD

EXERCICE 1 — Installation électrique d'un local chaufferie — 8 points

Un technicien chauffagiste intervient sur l'installation électrique d'un local chaufferie alimenté en monophasé 230 V / 50 Hz. L'ensemble des équipements (brûleur, circulateurs, régulation) consomme un courant d'intensité I = 18 A avec un déphasage $\varphi = 35°$ par rapport à la tension.

Données :

- Tension efficace : U = 230 V
- Intensité efficace : I = 18 A
- Déphasage : $\varphi = 35°$
- $\cos(35°) = 0{,}819$ | $\sin(35°) = 0{,}574$

1. Rappeler la relation entre la période T et la fréquence f du courant alternatif. Calculer T pour f = 50 Hz. *(1 pt)*

2. Calculer la puissance apparente S de l'installation. Préciser son unité. *(1,5 pt)*

3. Calculer la puissance active P consommée par l'installation. Préciser son unité. *(1,5 pt)*

4. Calculer la puissance réactive Q. Préciser son unité. *(1,5 pt)*

5. Tracer le triangle des puissances en indiquant les valeurs de P, Q et S. *(1,5 pt)*

6. Le fournisseur d'électricité demande un facteur de puissance supérieur à 0,93. L'installation est-elle conforme ? Proposer une solution pour améliorer le facteur de puissance. *(1 pt)*

EXERCICE 2 — Dimensionnement d'un disjoncteur pour une pompe à chaleur — 7 points

Un installateur thermique doit raccorder une pompe à chaleur (PAC) air/eau dans un pavillon. La PAC fonctionne en monophasé 230 V et sa plaque signalétique indique :

- Puissance active nominale : $P = 2\,800$ W
- Facteur de puissance : $\cos(\varphi) = 0{,}85$
- Courant de démarrage : $I_d = 3 \times I_n$

Calibres de disjoncteurs disponibles : 10 A, 16 A, 20 A, 25 A, 32 A, 40 A.

1. Calculer l'intensité nominale I_n absorbée par la PAC. *(2 pts)*

2. En déduire le courant de démarrage I_d. *(1 pt)*

3. Choisir le calibre du disjoncteur adapté. Justifier. *(1,5 pt)*

4. Calculer la puissance apparente S de la PAC. *(1 pt)*

5. Un câble en cuivre de section 4 mm² supporte 27 A en installation encastrée. Ce câble convient-il ? Justifier. *(1,5 pt)*

EXERCICE 3 Coût énergétique annuel d'un circulateur de chauffage 5 points

Un technicien CVC effectue un audit énergétique d'une installation de chauffage collectif. Le circulateur primaire fonctionne en continu pendant la saison de chauffe. Données :

- Puissance active du circulateur : P = 180 W
- Durée de fonctionnement : 16 h/jour pendant 200 jours par an
- Prix du kWh : 0,2276 € TTC

1. Calculer la durée totale de fonctionnement annuel en heures. *(1 pt)*

2. Calculer l'énergie consommée W en kWh sur une année. *(2 pts)*

3. En déduire le coût annuel de fonctionnement du circulateur. *(1 pt)*

4. Un circulateur à vitesse variable consomme 65 W en moyenne. Calculer l'économie annuelle réalisée en euros. *(1 pt)*

TOTAL : 20 points

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 1 — Bilan de puissance et compensation d'une chaufferie — 10 points

Un technicien de maintenance énergétique réalise un bilan électrique sur la chaufferie d'un immeuble collectif. L'installation est alimentée en triphasé 400 V / 50 Hz et comporte les récepteurs suivants :

- Brûleur fioul : $P_1 = 2{,}5$ kW, $\cos\varphi_1 = 0{,}85$
- Circulateur primaire : $P_2 = 0{,}55$ kW, $\cos\varphi_2 = 0{,}62$
- Circulateur secondaire : $P_3 = 0{,}37$ kW, $\cos\varphi_3 = 0{,}62$
- Régulation et automatismes : $P_4 = 0{,}18$ kW, $\cos\varphi_4 = 1$

Le fournisseur d'électricité exige un facteur de puissance global $\cos\varphi \geq 0{,}93$.

1. Calculer la puissance active totale P_T de l'installation. *(1 pt)*

2. Pour chaque récepteur, calculer la puissance réactive $Q_i = P_i \times \tan\varphi_i$. En déduire Q_T. *(3 pts)*

3. Calculer la puissance apparente S_T et le facteur de puissance global $\cos\varphi_{\text{global}}$. L'installation est-elle conforme ? *(2 pts)*

4. Calculer la puissance réactive Q_C du condensateur nécessaire pour atteindre $\cos\varphi = 0{,}93$. *(2 pts)*

5. Calculer le courant de ligne avant et après compensation. En déduire le pourcentage de réduction et expliquer l'intérêt pour l'exploitant. *(2 pts)*

EXERCICE 2 Comparaison énergétique : convecteurs vs pompe à chaleur — 10 points

Un technicien en énergies renouvelables conseille un client qui souhaite remplacer ses convecteurs électriques par une pompe à chaleur (PAC) air/eau. L'installation est alimentée en monophasé 230 V.

- **Solution actuelle :** Convecteurs électriques, $P_A = 5{,}5$ kW, $\cos\varphi_A = 1$
- **Solution proposée :** PAC air/eau, puissance électrique absorbée $P_B = 1{,}8$ kW, $\cos\varphi_B = 0{,}80$, COP moyen = 3,2
- Fonctionnement : 12 h/jour pendant 180 jours/an
- Prix du kWh : 0,2276 €
- Coût d'installation de la PAC : 8 500 €

1. Calculer la puissance thermique restituée par la PAC. Cette puissance est-elle suffisante pour remplacer les convecteurs ? *(1,5 pt)*

2. Calculer l'énergie électrique consommée par an pour chaque solution. *(2 pts)*

3. Calculer le coût annuel de fonctionnement pour chaque solution et l'économie annuelle réalisée. *(2 pts)*

4. Calculer le temps de retour sur investissement de la PAC (en années). *(1 pt)*

5. Calculer le courant absorbé par chaque solution. Comparer et commenter l'impact sur le dimensionnement de la protection électrique. *(2 pts)*

6. Calculer S_B et Q_B pour la PAC. Expliquer pourquoi la PAC dégrade le facteur de puissance de l'installation globale et proposer une solution. *(1,5 pt)*

TOTAL : 20 points