

02

Obtenir un courant continu à partir d'un courant alternatif et inversement

Terminale Bac Pro ICCER (Grpt 1) | Physique – Électricité | Redressement, filtrage, onduleur

Objectifs du chapitre

- Connaître le rôle d'une diode et identifier ses deux états (passante / bloquée)
- Expliquer le redressement simple alternance et double alternance (pont de Graetz)
- Calculer la valeur moyenne d'un signal redressé
- Décrire le rôle du condensateur dans le filtrage et utiliser la constante de temps τ
- Identifier le rôle et les applications d'un onduleur (DC $\rightarrow$ AC)

Situation professionnelle — Alimentation d'un automate de régulation

Une technicienne en énergies renouvelables installe un système photovoltaïque avec onduleur. Elle doit comprendre la chaîne de conversion AC $\rightarrow$ DC $\rightarrow$ AC pour alimenter les cartes électroniques de régulation et choisir les composants adaptés à l'installation.

Introduction – Pourquoi convertir ?

Le réseau électrique distribue du **courant alternatif** (230 V / 50 Hz). Pourtant, la quasi-totalité des appareils électroniques (téléphones, ordinateurs, cartes de régulation, automates) fonctionnent en **courant continu**. Il faut donc *convertir* l'énergie : c'est le rôle des alimentations à découpage que l'on trouve dans tous les chargeurs et alimentations de bureau.

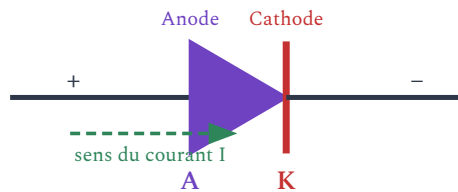
Vous installez un **variateur de vitesse** pour commander la ventilation d'une CTA. En ouvrant le coffret, vous voyez : un pont de diodes, des condensateurs, puis un onduleur triphasé. Ce chapitre vous permet de comprendre chaque étape de cette chaîne de conversion.

1. La diode - un composant à sens unique

DÉFINITION

Une **diode** est un composant électronique **semi-conducteur** qui ne laisse passer le courant électrique que dans **un seul sens** : de l'**Anode (A)** vers la **Cathode (K)**. On peut la comparer à un *clapet anti-retour* en hydraulique.

1.1 Symbole normalisé de la diode



Symbole normalisé de la diode : le courant conventionnel circule de l'Anode (A) vers la Cathode (K), jamais en sens inverse.

1.2 Deux états de fonctionnement

État	Condition	Comportement électrique	Analogie hydraulique
Passante	Tension appliquée dans le sens A → K	Le courant circule librement	Clapet ouvert
Bloquée	Tension appliquée dans le sens K → A	Aucun courant ne passe	Clapet fermé

TENSION DE SEUIL

En pratique, une diode silicium devient passante lorsque la tension anode-cathode dépasse **0,6 à 0,7 V**. Dans les calculs de terminale, ce seuil est souvent négligé (diode idéale).

ATTENTION - TENSION INVERSE

Si la tension inverse dépasse la valeur limite indiquée par le fabricant (tension de claquage), la diode est **détruite définitivement**. Toujours vérifier la polarité avant de brancher une diode.

APPLICATION

Dans un circuit, une diode est reliée à une source de 12 V. Dans le sens $A \rightarrow K$, le courant peut-il circuler ? Et dans le sens $K \rightarrow A$?

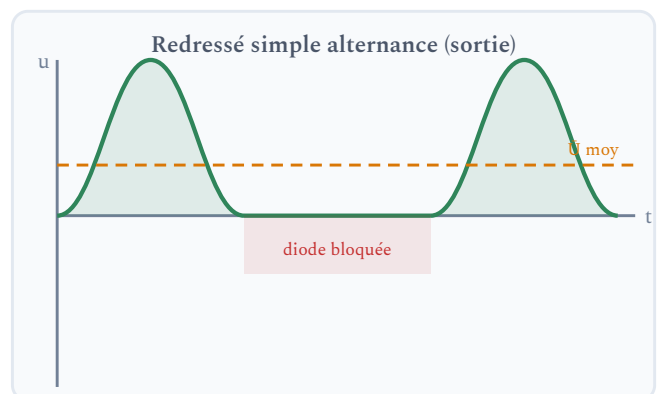
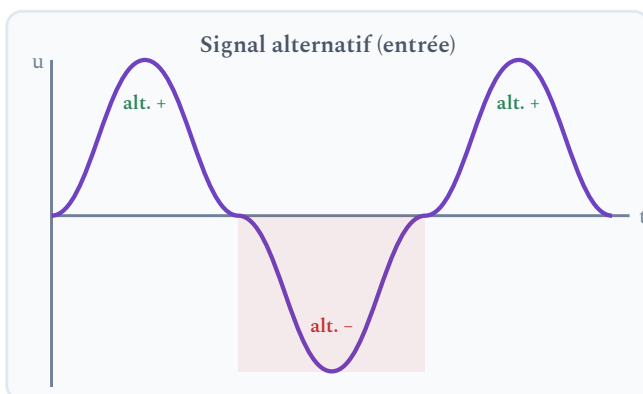
2. Redressement simple alternance

DÉFINITION

Le **redressement** est l'opération qui transforme un courant **alternatif** (qui change de sens périodiquement) en un courant **continu** (qui ne circule que dans un seul sens).

2.1 Principe avec une seule diode

- Lors des **alternances positives** : la diode est passante $\rightarrow$ le courant circule, la tension apparaît aux bornes de la charge.
- Lors des **alternances négatives** : la diode est bloquée $\rightarrow$ aucun courant ne circule, la tension aux bornes de la charge est nulle.



À gauche : tension alternative. À droite : après une diode, seules les alternances positives passent.

VALEUR MOYENNE - SIMPLE ALTERNANCE

$$\overline{U} = \frac{U_{max}}{\pi} \approx 0,318 \times U_{max}$$

U_{max} : valeur de crête (amplitude) de la tension alternative

APPLICATION

Le réseau 230 V a une amplitude $U_{max} = 230\sqrt{2} \approx 325$ V. Calculer la valeur moyenne obtenue après redressement simple alternance.

INCONVÉNIENT MAJEUR

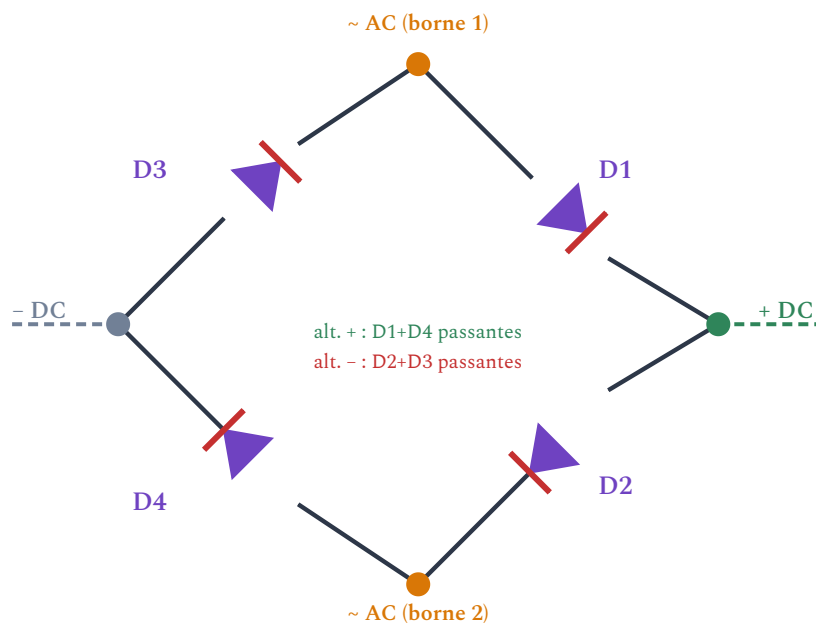
Le redressement simple alternance n'utilise que la **moitié** du signal. Le signal obtenu est fortement pulsé. On préfère le **pont de Graetz** pour une meilleure efficacité.

3. Redressement double alternance – Pont de Graetz

DÉFINITION

Le **pont de Graetz** est un montage de **quatre diodes** en losange. Il redresse les **deux alternances** : la tension de sortie est toujours positive, quelles que soient les diodes actives.

3.1 Schéma du pont de Graetz



Pont de Graetz : 4 diodes en losange. La sortie DC est toujours positive.

3.2 Fonctionnement selon l'alternance

Alternance	Diodes passantes	Diodes bloquées	Polarité sortie
Positive (+)	D1 et D4	D2 et D3	Positive
Négative (-)	D2 et D3	D1 et D4	Positive (courant « retourné »)

VALEUR MOYENNE - DOUBLE ALTERNANCE

$$\bar{U} = \frac{2 U_{max}}{\pi} \approx 0,637 \times U_{max}$$

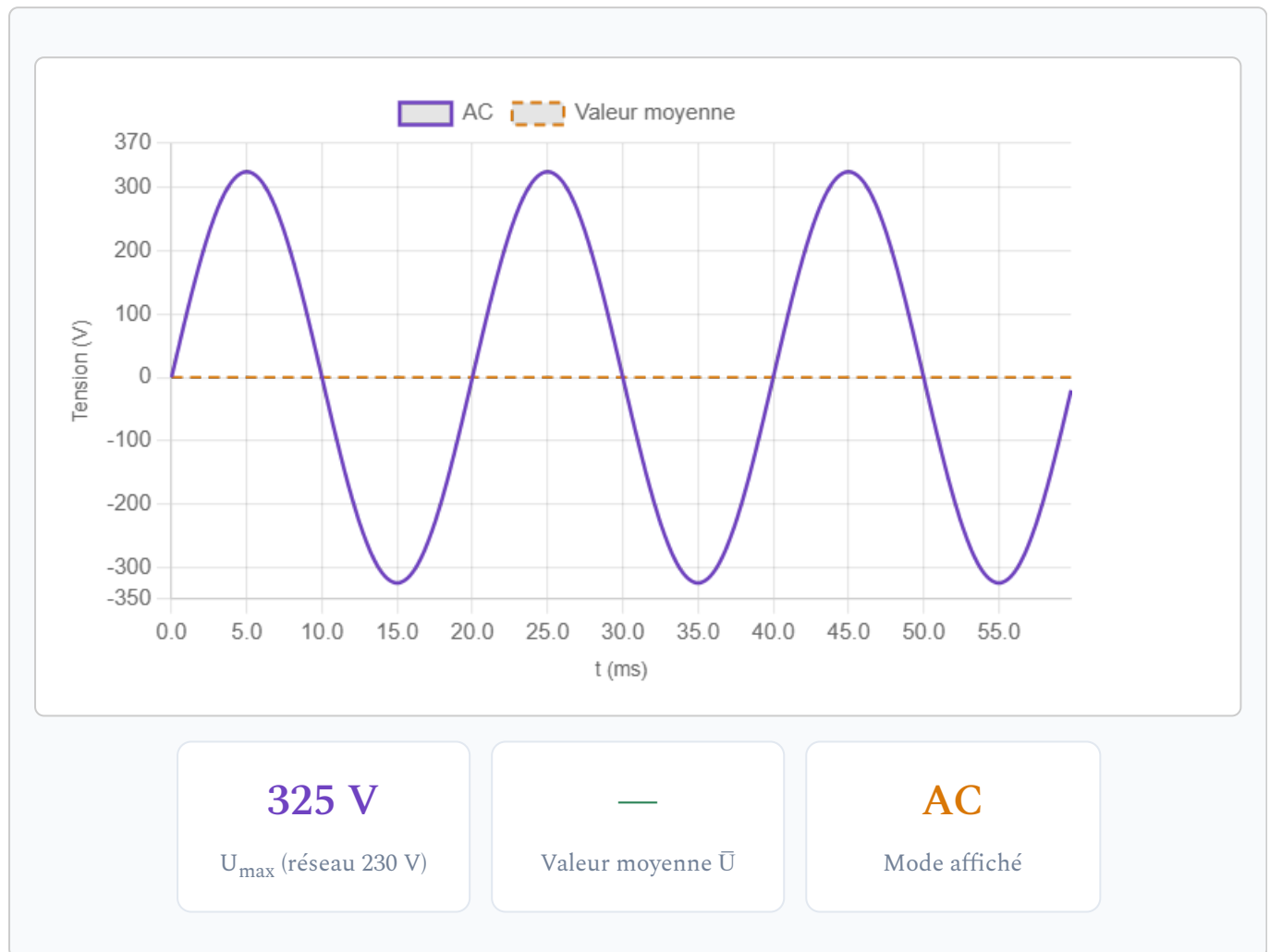
Soit le **double** du simple alternance — rendement bien meilleur !

APPLICATION

Avec le même réseau 230 V ($U_{max} \approx 325$ V), calculer la valeur moyenne après redressement double alternance (pont de Graetz) et comparer avec le simple alternance.

4. Visualisation interactive – comparaison des signaux

Faites glisser le curseur pour choisir le type de redressement et observer la valeur moyenne obtenue.



5. Filtrage par condensateur

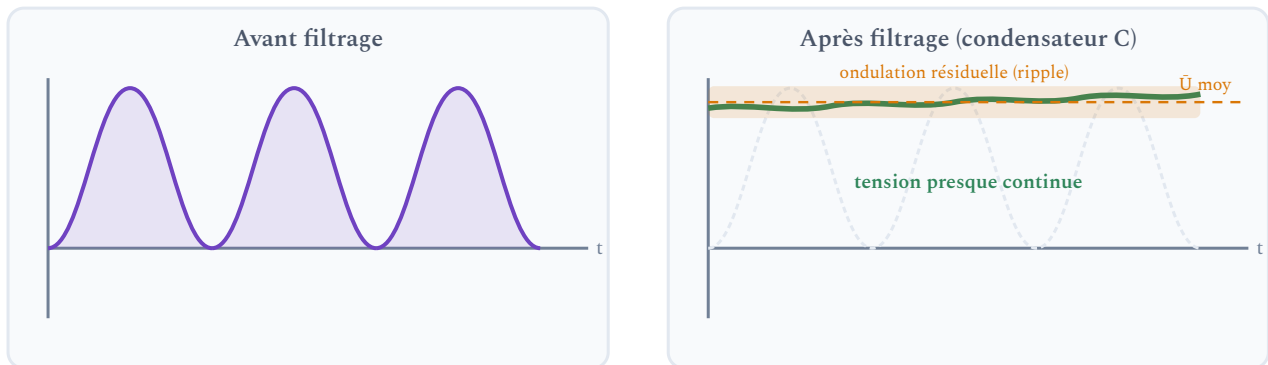
DÉFINITION

Un **condensateur** est un composant capable de **stocker** de l'énergie électrique, puis de la **restituer**. Branché en parallèle sur la charge après le pont de Graetz, il **lisse** la tension pulsée pour obtenir une tension quasiment constante.

5.1 Principe du filtrage

- Le condensateur se **charge rapidement** quand la tension du pont dépasse la tension de la charge.

- Il se **décharge lentement** dans la charge entre deux pulses, maintenant la tension à un niveau élevé.



Le condensateur lisse la tension pulsée. Plus C est grand, plus l'ondulation résiduelle est faible.

5.2 La constante de temps τ

$$\tau = R \times C$$

τ en secondes (s) | R en ohms (Ω) | C en farads (F)

APPLICATION

Une alimentation utilise un condensateur de filtrage $C = 2\,200\,\mu\text{F}$ et une résistance de charge $R = 68\,\Omega$. Calculer la constante de temps τ et vérifier si le filtrage est satisfaisant (réseau 50 Hz $\rightarrow T/2 = 10\,\text{ms}$).

CONDITION DE BON FILTRAGE

Pour un filtrage efficace, la constante de temps τ doit être **très grande devant la demi-période** du signal redressé :

$$\tau = R \times C \gg \frac{T}{2}$$

En France : réseau 50 Hz $\rightarrow T = 20\,\text{ms} \rightarrow$ après pont de Graetz, $\frac{T}{2} = 10\,\text{ms}$.

EXEMPLE NUMÉRIQUE

Données : $R = 100 \, \Omega$, $C = 4\,700 \, \mu\text{F} = 4,7 \times 10^{-3} \, \text{F}$

$$\tau = 100 \times 4,7 \times 10^{-3} = 0,47 \, \text{s} = 470 \, \text{ms}$$

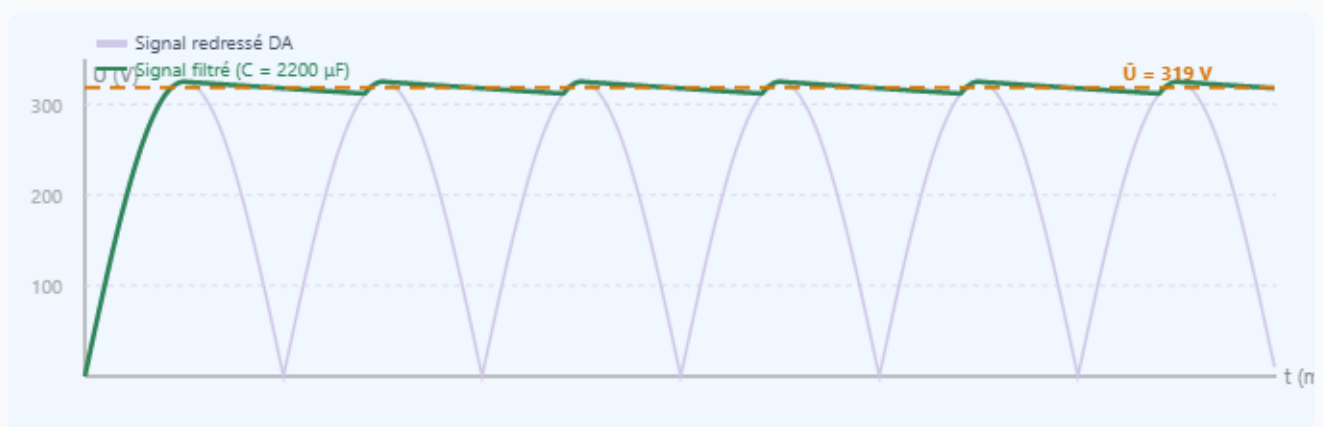
Comme $470 \, \text{ms} \gg 10 \, \text{ms} \rightarrow$ filtrage très efficace.

ONDULATION RÉSIDUELLE

Le condensateur **réduit** l'ondulation mais ne la supprime pas totalement. Pour une tension parfaitement stable, on ajoute un **régulateur de tension** en sortie (ex. : composant 7805 pour +5 V).

6. Animation - charge et décharge du condensateur

Faites varier la capacité C pour observer l'effet sur le lissage de la tension de sortie.



13 V

Ondulation estimée

319 V

Tension moyenne

Bon

Qualité filtrage

7. L'onduleur – du courant continu au courant alternatif

DÉFINITION

Un **onduleur** est un dispositif électronique qui réalise la **conversion inverse** du redresseur : il transforme une tension **continue** (DC) en tension **alternative** (AC), avec fréquence et amplitude librement réglables.



L'onduleur convertit la tension continue en tension alternative de fréquence et d'amplitude contrôlables.

7.1 Applications industrielles et professionnelles

Application	Description
Variateurs de vitesse ICCR	L'onduleur alimente un moteur AC à fréquence variable pour régler sa vitesse (ventilateurs CTA, pompes, compresseurs).
Énergie solaire PV	Les panneaux solaires produisent du DC. L'onduleur le convertit en 230 V / 50 Hz pour le réseau ou les appareils.
Onduleur de secours (UPS)	En cas de coupure secteur, une batterie (DC) alimente l'onduleur qui restitue du 230 V AC pour les équipements critiques.
Véhicules électriques	La batterie haute tension (DC) est convertie par un onduleur triphasé pour alimenter le moteur électrique AC.
Climatisation Inverter ICCR	L'onduleur intégré varie la fréquence du compresseur, adaptant la puissance à la demande réelle et réduisant la consommation.

RÔLE CLÉ DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

L'onduleur est au cœur de la transition énergétique : il permet d'exploiter des sources DC (batteries, panneaux solaires) avec l'ensemble des équipements AC. C'est une technologie incontournable en électrotechnique industrielle.

8. Schéma bilan – chaîne de conversion complète



Exemple : chargeur de téléphone, alimentation de bureau (PC, imprimante...)

Chaîne de conversion complète : le 230 V AC est adapté, redressé, filtré, puis délivré en DC stable à l'appareil alimenté.

9. Tableau récapitulatif

Transformation	Sens	Composant(s)	Signal de sortie
Redressement simple alternance	AC → DC partiel	1 diode	Pulsé, moitié du signal, $\bar{U} \approx 0,318 U_{max}$
Redressement double alternance	AC → DC complet	Pont de Graetz (4 diodes)	Pulsé à 100 Hz, $\bar{U} \approx 0,637 U_{max}$
Filtrage	DC pulsé → DC lissé	Condensateur C	Quasiment continu, faible ondulation (ripple)
Onduleur	DC → AC	Transistors / IGBT	AC à fréquence et amplitude réglables

10. Mini-exercices

Exercice 1 – Valeur moyenne d'un signal redressé

Le réseau monophasé français a une tension efficace $U = 230$ V.

1. Calculer la valeur maximale (amplitude) U_{max} . On rappelle que $U_{max} = U\sqrt{2}$.
2. Calculer la valeur moyenne d'un signal redressé **simple alternance**.
3. Calculer la valeur moyenne d'un signal redressé **double alternance** (pont de Graetz).
4. Pourquoi préfère-t-on le pont de Graetz pour alimenter un appareil électronique ?

► [Voir la correction](#)

Exercice 2 – Constante de temps et filtrage

Une alimentation utilise un pont de Graetz (réseau 50 Hz, soit $T = 20 \text{ ms}$) suivi d'un condensateur de filtrage. La résistance de charge est $R = 47 \Omega$.

1. Calculer la constante de temps τ pour $C = 1\,000 \mu\text{F}$.
2. Calculer la constante de temps τ pour $C = 10\,000 \mu\text{F}$.
3. Dans quel cas le filtrage est-il meilleur ? Justifier avec la condition $\tau \gg T/2$.
4. Quel est le rôle du régulateur de tension ajouté en sortie ?

► [Voir la correction](#)

Exercice 3 – Identification du pont de Graetz

Un technicien mesure les tensions aux 4 bornes d'un composant inconnu branché entre le secteur 230 V AC et une charge DC :

- Bornes AC : tension alternative sinusoïdale 230 V / 50 Hz
 - Bornes DC : tension toujours positive, pulsée à 100 Hz, amplitude $\approx 325 \text{ V}$
1. De quel composant s'agit-il ? Combien de diodes comporte-t-il ?
 2. Pourquoi la fréquence de pulsation en sortie est-elle 100 Hz (et non 50 Hz) ?
 3. Calculer la valeur moyenne de la tension de sortie.
 4. Le technicien mesure ensuite 295 V DC en sortie après un condensateur. Le filtrage est-il efficace ? Comparer avec la valeur théorique.

► [Voir la correction](#)

Exercice 4 – Variateur de vitesse en installation thermique Métier

Un variateur de vitesse pour ventilateur de CTA comprend la chaîne suivante :

Réseau 230 V / 50 Hz → Pont de diodes → Condensateur → Onduleur → Moteur triphasé

1. Quelle est la valeur maximale de la tension DC après le pont (avant condensateur) ?
2. À quoi sert le condensateur dans ce variateur ?
3. Le moteur doit tourner à 60 % de sa vitesse nominale. Quelle fréquence l'onduleur doit-il générer si la vitesse nominale correspond à 50 Hz ?
4. Quel est l'avantage d'un variateur par rapport à un simple interrupteur marche/arrêt pour une installation de ventilation ?

► [Voir la correction](#)

BILAN — CE QU'IL FAUT RETENIR

Formules essentielles

- Simple alternance :
$$\bar{U} = \frac{U_{max}}{\pi} \approx 0,318 U_{max}$$
- Double alternance :
$$\bar{U} = \frac{2 U_{max}}{\pi} \approx 0,637 U_{max}$$
- Valeur crête : $U_{max} = U \times \sqrt{2}$
- Constante de temps : $\tau = R \times C$
- Condition filtrage : $\tau \gg T/2$

En pratique — Installation thermique

- **Diode** → sens unique A → K
- **Pont de Graetz** → 4 diodes, exploite les 2 alternances
- **Condensateur** → filtre les pulses, lisse la tension
- **Onduleur** → DC → AC, fréquence réglable
- **Variateur Inverter** → économie d'énergie importante

Référence BO : Terminale Bac Pro — Groupement 1 — Physique-Chimie : « Obtenir un courant continu à partir d'un courant alternatif et inversement ». Connaissances exigibles : rôle d'une diode et d'un pont

de diodes ; redressement (AC → DC) ; rôle du condensateur (filtrage) ; rôle de l'onduleur (DC → AC).

Erreurs fréquentes

✗ Inverser anode et cathode

Brancher une diode dans le mauvais sens la rend bloquée et aucun courant ne circule — ou pire, si la tension inverse dépasse le seuil de claquage, la diode est détruite définitivement.

Conseil : repérer le marquage de la cathode (trait blanc sur le composant) avant toute connexion.

✗ Confondre valeur efficace et valeur maximale

$U = 230\text{ V}$ est la valeur efficace. La valeur maximale (amplitude) est

$U_{max} = 230\sqrt{2} \approx 325\text{ V}$. Les formules de valeur moyenne utilisent U_{max} , pas la valeur efficace.

Conseil : toujours calculer $U_{max} = U \times \sqrt{2}$ avant d'appliquer les formules.

✗ Oublier l'unité de C lors du calcul de τ

La capacité C doit être convertie en farads (F) dans $\tau = R \times C$. $1\text{ }\mu\text{F} = 10^{-6}\text{ F}$. Oublier ce facteur donne un résultat mille fois trop grand.

Conseil : vérifier systématiquement la conversion $\mu\text{F} \rightarrow \text{F}$ avant de calculer τ .

✗ Croire que le condensateur suffit à stabiliser la tension

Le condensateur réduit l'ondulation mais ne la supprime pas. Pour une tension parfaitement stable, il faut ajouter un régulateur de tension en sortie du pont de Graetz.

Conseil : le schéma complet d'une alimentation est : transformateur → pont → condensateur → régulateur.

Simulations interactives

[Redressement du courant](#)

[Déphasage et triangle des puissances](#)

02

Obtenir un courant continu à partir d'un courant alternatif et inversement

Exercices | Terminale Bac Pro ICCER (Grpt 1) – Redressement, onduleur, variateur de fréquence

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir



Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)

Rappels du cours

Le courant alternatif sinusoïdal (AC) et le courant continu (DC) ont chacun leurs usages. Des convertisseurs permettent de passer de l'un à l'autre :

- **Redresseur** : convertit AC $\rightarrow$ DC (diodes)
- **Onduleur** : convertit DC $\rightarrow$ AC (transistors, IGBT)
- **Variateur de fréquence** : AC $\rightarrow$ DC $\rightarrow$ AC à fréquence réglable (AC/DC/AC)

Formules essentielles :

- **Valeur maximale** : $U_{\max} = U_{\text{eff}} \times \sqrt{2} \approx U_{\text{eff}} \times 1,414$
- **Période** : $T = \frac{1}{f}$ (s) avec f en Hz
- **Redresseur mono-alternance** : $U_{\text{moy}} \approx 0,45 \times U_{\text{eff}}$
- **Pont de Graëtz (double alternance)** : $U_{\text{moy}} \approx 0,9 \times U_{\text{eff}}$
- **Vitesse de rotation** : $n = \frac{60 \times f}{p}$ (tr/min) avec p = nombre de paires de pôles
- **Constante de temps RC** : $\tau = R \times C$ (s)

Attention U_{eff} (ou U_{rms}) est la valeur efficace mesurée au multimètre. $U_{\max}$ est la valeur de crête (amplitude). Le pont de Graëtz donne une tension moyenne DC deux fois plus élevée que le redresseur mono-alternance, avec une ondulation deux fois plus rapide (plus facile à filtrer).

Exercices de base

Note : les exercices sur les variateurs de fréquence utilisent la vitesse de synchronisme $n_s = \frac{60f}{p}$ et le glissement, **compléments métier au-delà des connaissances exigibles** : ces relations sont toujours fournies dans les énoncés, comme en évaluation.

SOCLE**EXERCICE 1** Courant alternatif du secteur – compléter les calculs

Le réseau électrique en France fournit une tension alternative de valeur efficace $U_{\text{eff}} = 230 \text{ V}$ à la fréquence $f = 50 \text{ Hz}$.

Formules utiles :

- $U_{\text{max}} = U_{\text{eff}} \times \sqrt{2}$
- $T = \frac{1}{f}$

1. Compléter le calcul de la valeur maximale :

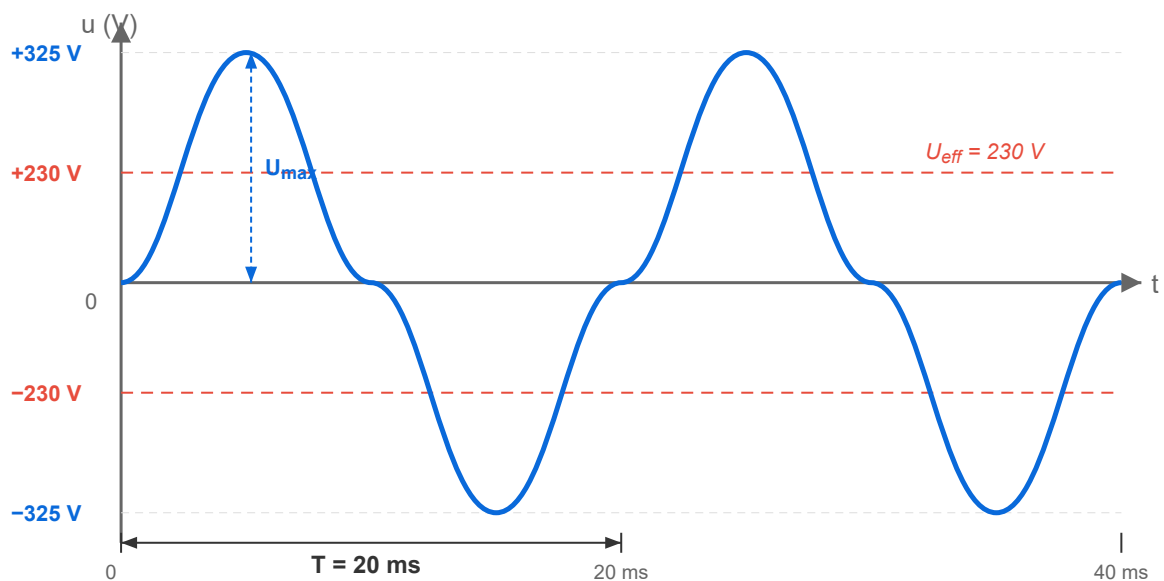
$$U_{\text{max}} = U_{\text{eff}} \times \sqrt{2} = \boxed{} \times 1,414 = \boxed{} \text{ V}$$

2. Compléter le calcul de la période :

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{\boxed{}} = \boxed{} \text{ s} = \boxed{} \text{ ms}$$

3. Cocher la bonne réponse. La courbe $u(t)$ sur une période :

- ☐ Monte de 0 à +325 V puis reste constante
- ☐ Monte de 0 à +325 V, redescend à 0, descend à -325 V, puis revient à 0
- ☐ Reste constante à 230 V



Mes calculs :

EXERCICE 2 Redresseur mono-alternance – calculs guidés

Un redresseur mono-alternance (une seule diode) est alimenté par une tension alternative $U_{\text{eff}} = 24 \text{ V}$.

Formules utiles :

- $U_{\text{max}} = U_{\text{eff}} \times \sqrt{2}$
- Mono-alternance : $U_{\text{moy}} \approx 0,45 \times U_{\text{eff}}$

1. Compléter le calcul de U_{max} :

$$U_{\text{max}} = \square \times 1,414 = \square \text{ V}$$

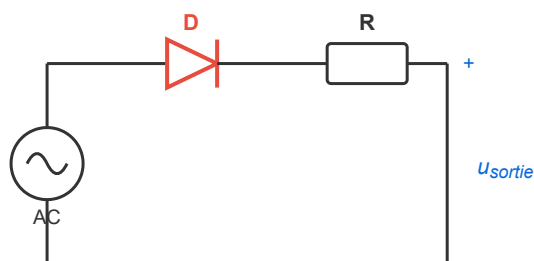
2. Compléter le calcul de U_{moy} en sortie :

$$U_{\text{moy}} = 0,45 \times \square = \square \text{ V}$$

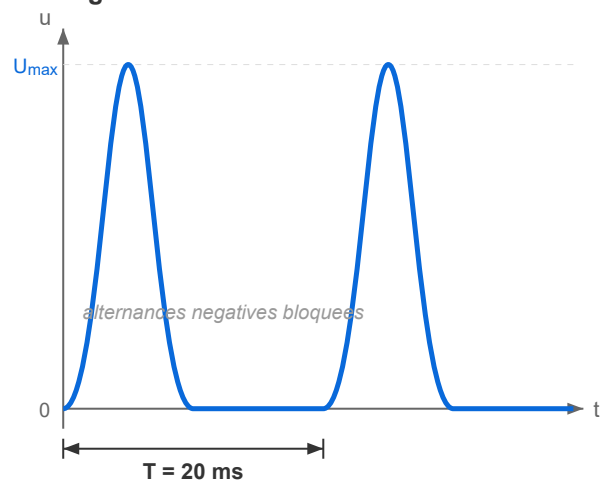
3. Cocher la bonne description du signal en sortie :

- ☐ Le signal reste sinusoïdal
- ☐ Seules les alternances positives passent, les négatives sont bloquées
- ☐ Le signal est constant

Circuit mono-alternance



Signal de sortie



Mes calculs :

SOCLE

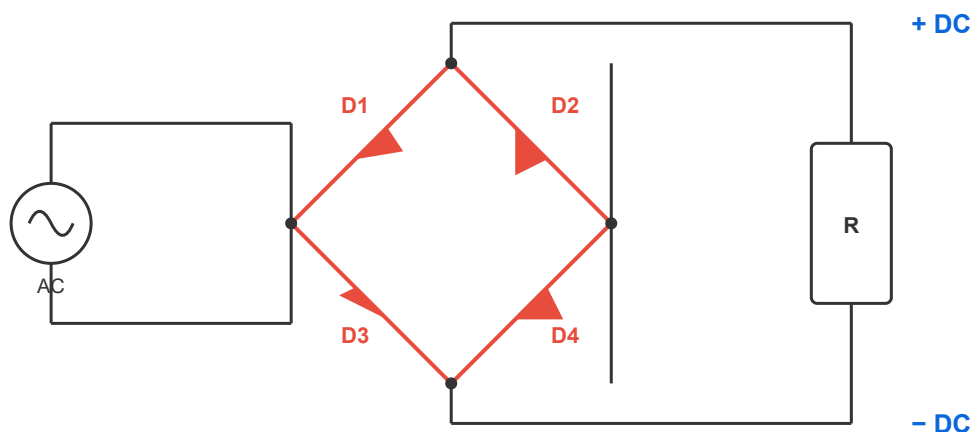
EXERCICE 3 Pont de Graëtz – comparer les montages

Un pont de Graëtz (4 diodes) est alimenté par $U_{\text{eff}} = 24 \text{ V}$.

1. Compléter le calcul de U_{moy} en sortie du pont de Graëtz :

$$U_{\text{moy}} = 0,9 \times \boxed{} = \boxed{} \text{ V}$$

Pont de Graëtz (4 diodes)



2. Compléter le tableau comparatif :

Montage	Formule de U_{moy}	Résultat
Mono-alternance	$0,45 \times U_{\text{eff}}$	$\boxed{} \text{ V}$
Pont de Graëtz	$0,9 \times U_{\text{eff}}$	$\boxed{} \text{ V}$

3. Quel montage donne la tension continue la plus élevée ?

☐ Mono-alternance ☐ Pont de Graëtz

Mes calculs :

EXERCICE 4 Identifier les convertisseurs – QCM

Pour chaque situation, indiquer le type de convertisseur utilisé (redresseur, onduleur ou variateur de fréquence).

1. Un panneau solaire produit du courant continu. On veut l'injecter dans le réseau 230 V / 50 Hz.

☐ Redresseur ☐ Onduleur ☐ Variateur de fréquence

2. On veut alimenter un circuit électronique en 5 V continu à partir du secteur 230 V alternatif.

☐ Redresseur ☐ Onduleur ☐ Variateur de fréquence

3. On veut faire varier la vitesse d'un moteur de ventilateur alimenté en courant alternatif.

☐ Redresseur ☐ Onduleur ☐ Variateur de fréquence

Mes calculs :

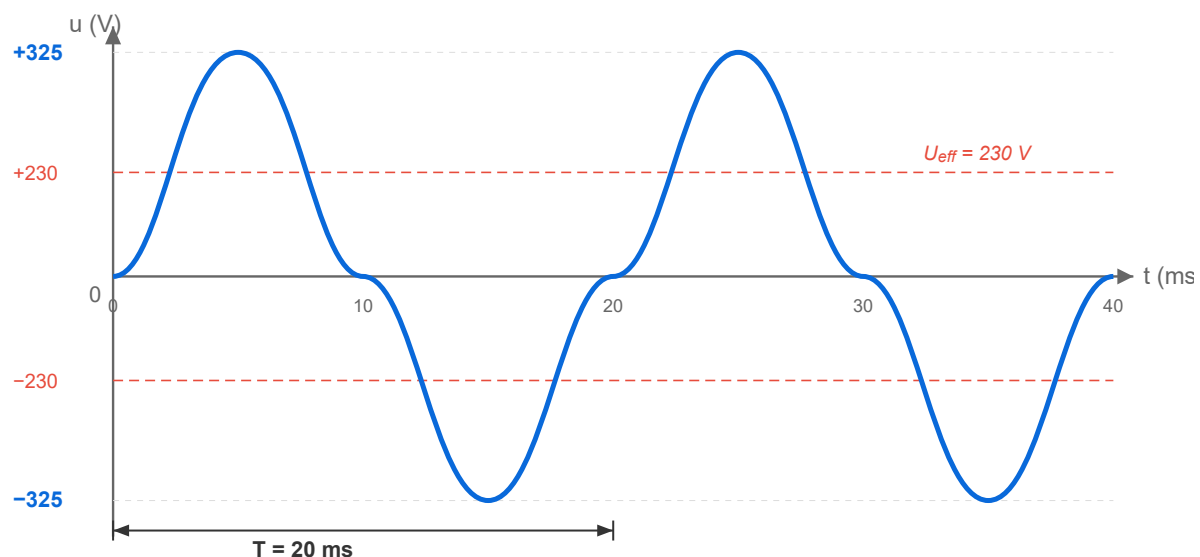
Exercices guidés

STANDARD

EXERCICE 5 Courant alternatif 230 V – valeur maximale et période

Le réseau électrique monophasé en France fournit une tension alternative de valeur efficace $U_{\text{eff}} = 230 \text{ V}$ à la fréquence $f = 50 \text{ Hz}$.

1. Rappeler la formule reliant U_{max} et U_{eff} .
2. Calculer la valeur maximale (de crête) U_{max} .
3. Calculer la période T de l'onde sinusoïdale.
4. Décrire brièvement l'allure de la courbe $u(t)$ sur une période.



Mes calculs :

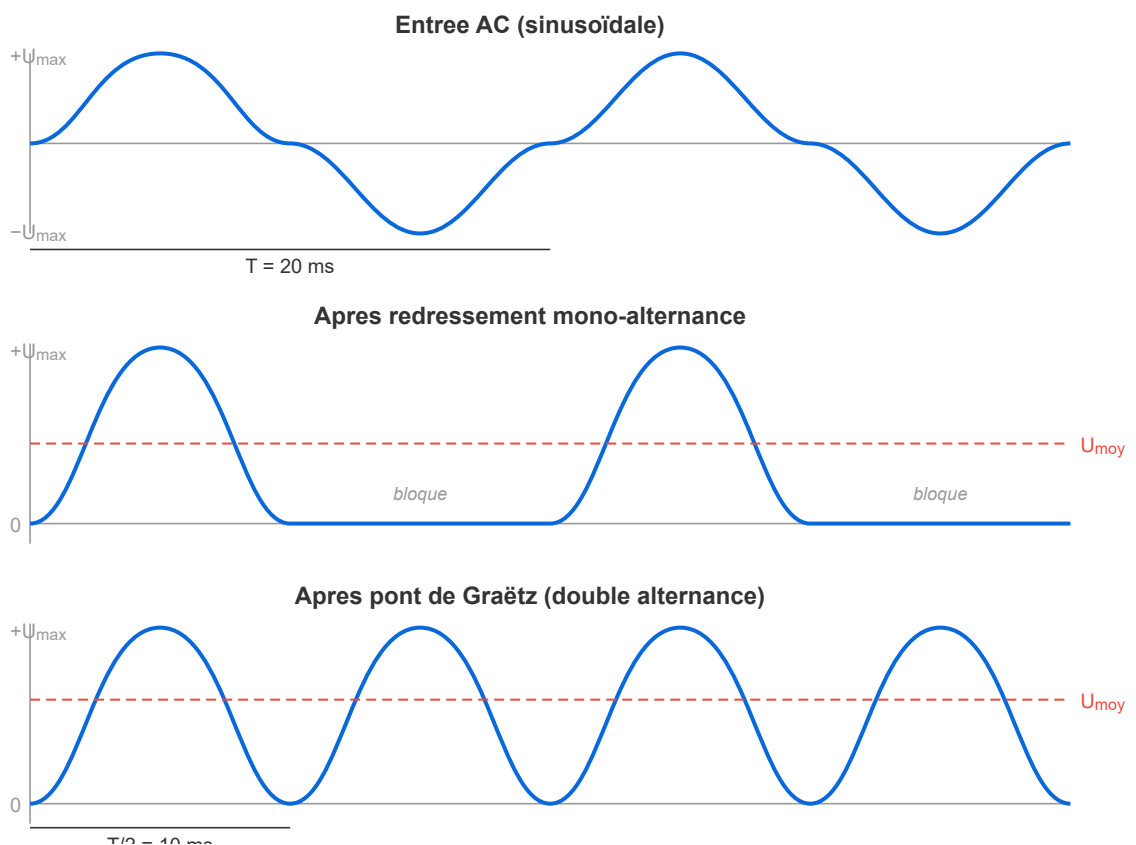
STANDARD

EXERCICE 6 Comparaison mono-alternance et pont de Graëtz pour 12 V

On alimente deux montages redresseurs différents avec $U_{\text{eff}} = 12 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$.

Méthode Pour chaque montage, calculer U_{max} puis U_{moy} avec les formules du cours. Comparer les ondulations : le pont de Graëtz a une fréquence d'ondulation de $2f = 100 \text{ Hz}$ (plus facile à filtrer), contre $f = 50 \text{ Hz}$ pour le mono-alternance.

1. Calculer U_{max} commun aux deux montages.
2. Calculer U_{moy} du redresseur mono-alternance.
3. Calculer U_{moy} du pont de Graëtz.
4. Expliquer l'avantage du pont de Graëtz en termes d'ondulation et de filtrage.



Mes calculs :

STANDARD

EXERCICE 7 Transformateur abaisseur alimentant un pont de Graëtz

Un transformateur abaisseur convertit la tension du secteur (230 V, 50 Hz) en 12 V efficace. Sa sortie alimente un pont de Graëtz.

1. Calculer la tension maximale $U_{\max}$ en sortie du transformateur.
2. Calculer la tension moyenne U_{moy} DC en sortie du pont de Graëtz.
3. Calculer la période T du courant alternatif côté secondaire du transformateur.
4. Quelle est la fréquence de l'ondulation en sortie du pont de Graëtz ?

Mes calculs :

STANDARD**EXERCICE 8** Variateur de fréquence – vitesse de rotation d'un moteur

Un moteur triphasé possède $p = 2$ paires de pôles. À $f = 50$ Hz, il tourne à $n = 1\,440$ tr/min (en tenant compte du glissement). La formule théorique de la vitesse de synchronisme est $n_s = \frac{60 \times f}{p}$.

1. Calculer la vitesse de synchronisme n_s théorique à $f = 50$ Hz.
2. Calculer n_s pour $f = 30$ Hz.
3. Calculer n_s pour $f = 70$ Hz.
4. Que permet d'obtenir un variateur de fréquence ? Quel est l'avantage par rapport à d'autres méthodes de variation de vitesse ?

Mes calculs :

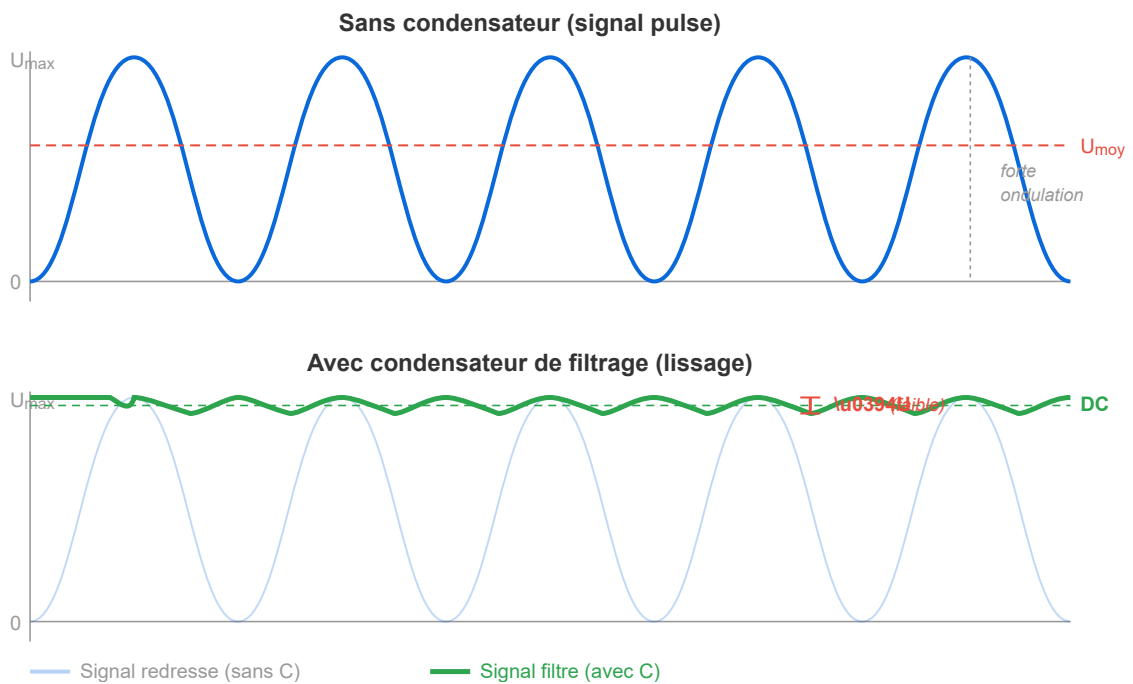
Exercices d'application

STANDARD

EXERCICE 9 Filtrage par condensateur – constante de temps

Un condensateur $C = 1\,000\ \mu\text{F}$ est connecté en sortie d'un pont de Graëtz alimentant une résistance de charge $R = 100\ \Omega$ ($f = 50\ \text{Hz}$).

1. Rappeler le rôle d'un condensateur de filtrage placé en sortie d'un redresseur.
2. Calculer la constante de temps $\tau = R \times C$ (convertir C en Farads).
3. La période de l'ondulation en sortie du pont de Graëtz est $T_{\text{ond}} = 10\ \text{ms}$. Comparer τ et T_{ond} et en déduire la qualité du filtrage.



Mes calculs :

EXERCICE 10

Variateur de fréquence sur une pompe de chauffage – économie d'énergie

Un technicien en installations thermiques installe un variateur de fréquence sur la pompe de circulation d'un réseau de chauffage. La pompe tourne à $n_0 = 1\,450$ tr/min à $f_0 = 50$ Hz. Pour réduire le débit de 30 %, il faut abaisser la vitesse de rotation de 30 % (loi de similarité des pompes : le débit est proportionnel à la vitesse).

1. Calculer la nouvelle vitesse de rotation souhaitée n_1 (en tr/min).
2. La vitesse étant proportionnelle à la fréquence ($n \propto f$), calculer la nouvelle fréquence f_1 à imposer au variateur.
3. La puissance absorbée par une pompe varie comme le cube de la vitesse : $P \propto n^3$. Calculer le rapport P_1/P_0 et en déduire le pourcentage d'économie réalisé.

Mes calculs :

SOCLE

EXERCICE 11 Alimentation d'une chaudière – identifier les éléments

Un technicien chauffagiste intervient sur une chaudière à gaz. La carte électronique de commande fonctionne en courant continu 12 V. Elle est alimentée par le secteur 230 V / 50 Hz grâce à un bloc d'alimentation comportant :

- un transformateur abaisseur (230 V $\rightarrow$ 15 V)
- un pont de Graëtz (4 diodes)
- un condensateur de filtrage

1. Compléter le tableau en indiquant le rôle de chaque élément :

Élément	Rôle
Transformateur	
Pont de Graëtz	
Condensateur	

2. Compléter : en entrée du bloc d'alimentation, le courant est . En sortie, le courant est .

3. Calculer U_{moy} en sortie du pont de Graëtz :

$$U_{\text{moy}} = 0,9 \times \boxed{} = \boxed{} \text{ V}$$

Mes calculs :

STANDARD

EXERCICE 12 Onduleur d'une installation solaire en toiture

Un installateur de pompes à chaleur pose également des panneaux solaires photovoltaïques sur le toit d'un pavillon. Les panneaux délivrent une tension continue de 360 V DC. Un onduleur est raccordé pour injecter l'énergie sur le réseau EDF (230 V / 50 Hz).

1. Quel est le rôle d'un onduleur ?
2. Quelle est la nature du courant en entrée de l'onduleur ? En sortie ?
3. Quelle doit être la fréquence du signal en sortie de l'onduleur pour être compatible avec le réseau EDF ?
4. Calculer la valeur maximale $U_{\max}$ du signal sinusoïdal produit en sortie.
5. Expliquer pourquoi l'onduleur doit être synchronisé avec le réseau EDF.

Mes calculs :

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 13 Chargeur de batterie – rapport de transformation et tension DC

Un technicien en énergies renouvelables met en place un chargeur de batterie 24 V DC pour une installation solaire autonome. Le schéma est : réseau 230 V AC → transformateur abaisseur → pont de Graëtz → tension DC de 24 V.

1. Le pont de Graëtz donne $U_{\text{moy}} \approx 0,9 \times U_{\text{eff},2}$. Pour obtenir $U_{\text{moy}} = 24 \text{ V DC}$, calculer la tension efficace nécessaire en sortie du transformateur $U_{\text{eff},2}$.
2. Calculer le rapport de transformation $k = U_2/U_1$ (avec $U_1 = 230 \text{ V}$).
3. Calculer la tension maximale $U_{\text{max},2}$ en sortie du transformateur.
4. Un condensateur de filtrage est ajouté. Avec un bon filtrage, la tension de sortie tend-elle vers $U_{\text{max},2}$ ou vers U_{moy} ? Justifier.
5. En déduire pourquoi un régulateur de tension est nécessaire en pratique pour obtenir exactement 24 V.

Mes calculs :

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 14 Onduleur de pompe à chaleur – dimensionnement et rendement

Un installateur de pompes à chaleur (PAC) raccorde un onduleur au compresseur de la PAC. L'onduleur permet de faire varier la vitesse du compresseur (technologie Inverter). Le compresseur est un moteur asynchrone triphasé à $p = 1$ paire de pôles. L'onduleur fait varier la fréquence de 20 Hz à 80 Hz.

1. Calculer la vitesse de synchronisme n_s du compresseur pour $f = 20$ Hz, $f = 50$ Hz et $f = 80$ Hz.
2. Le glissement est de 4 %. Calculer la vitesse réelle n du compresseur pour chacune des trois fréquences. On rappelle : $n = n_s \times (1 - g)$ avec $g = 0,04$.
3. La puissance frigorifique de la PAC est proportionnelle à la vitesse du compresseur. Si la PAC produit 8 kW à 50 Hz, calculer la puissance frigorifique à 20 Hz et à 80 Hz.
4. Expliquer l'intérêt de la technologie Inverter par rapport à un compresseur à vitesse fixe (tout ou rien) en termes de confort et d'économie d'énergie.

Mes calculs :

EXERCICE 15

Dimensionnement d'un condensateur de filtrage – ondulation résiduelle

Un technicien CVC conçoit l'alimentation DC d'un automate de régulation.

L'automate consomme un courant $I = 0,8 \text{ A}$ sous 24 V DC . L'alimentation utilise un pont de Graëtz alimenté par un transformateur $230 \text{ V} / 30 \text{ V}$, suivi d'un condensateur de filtrage de capacité C . La fréquence du secteur est $f = 50 \text{ Hz}$.

On rappelle la formule de l'ondulation résiduelle : $\Delta U = \frac{I}{2fC}$

1. Calculer U_{max} en sortie du transformateur.
2. Calculer U_{moy} en sortie du pont de Graëtz (sans filtrage).
3. On souhaite une ondulation résiduelle $\Delta U \leq 1 \text{ V}$. Déterminer la capacité minimale C_{min} du condensateur (en farads puis en microfarads).
4. On choisit $C = 10\,000 \mu\text{F}$. Calculer l'ondulation résiduelle effective et le taux d'ondulation $\tau = \frac{\Delta U}{U_{\text{max}}}$ en pourcentage.
5. L'automate nécessite exactement 24 V . La tension filtrée est-elle directement utilisable ? Proposer une solution.

Mes calculs :

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 16 Variateur de fréquence sur ventilateur de CTA – loi des ventilateurs

Un technicien CVC installe un variateur de fréquence sur le ventilateur d'une centrale de traitement d'air (CTA). Le ventilateur est entraîné par un moteur asynchrone triphasé à $p = 2$ paires de pôles. À $f_0 = 50$ Hz, le ventilateur tourne à $n_0 = 1\,440$ tr/min et fournit un débit d'air $Q_0 = 5\,000$ m³/h, avec une puissance absorbée $P_0 = 3$ kW.

On rappelle les lois de similarité des ventilateurs :

- Débit : $Q \propto n$ (proportionnel à la vitesse)
- Pression : $\Delta p \propto n^2$
- Puissance : $P \propto n^3$

1. Le technicien règle le variateur à $f_1 = 35$ Hz. Calculer la nouvelle vitesse de synchronisme n_{s1} puis estimer la vitesse réelle n_1 (glissement de 4 %).
2. Calculer le nouveau débit Q_1 et la nouvelle puissance absorbée P_1 .
3. Calculer l'économie d'énergie en pourcentage par rapport au fonctionnement à 50 Hz.
4. Le bâtiment n'a besoin que de 3 500 m³/h en mi-saison. À quelle fréquence le technicien doit-il régler le variateur ? (Déterminer d'abord le rapport de vitesse nécessaire.)

Mes calculs :

SOCLE**EXERCICE 17** Vrai ou faux – AC, DC et convertisseurs

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

Affirmation	Vrai	Faux
Le courant du secteur en France est continu.	☐	☐
Un redresseur transforme du courant alternatif en courant continu.	☐	☐
Un onduleur transforme du courant continu en courant alternatif.	☐	☐
La valeur maximale $U_{\max}$ est toujours inférieure à U_{eff} .	☐	☐
Un variateur de fréquence permet de régler la vitesse d'un moteur.	☐	☐
Le pont de Graëtz utilise 2 diodes.	☐	☐

Mes calculs :

SOCLE**EXERCICE 18** Calcul guidé – tension maximale d'un signal

Un technicien CVC mesure au multimètre une tension efficace $U_{\text{eff}} = 12 \text{ V}$ aux bornes d'un transformateur.

Formule : $U_{\text{max}} = U_{\text{eff}} \times \sqrt{2} \approx U_{\text{eff}} \times 1,414$

1. Compléter le calcul :

$$U_{\text{max}} = 12 \times \boxed{} = \boxed{} \text{ V}$$

2. Si cette tension est redressée par un pont de Graëtz, calculer la tension moyenne :

$$U_{\text{moy}} \approx 0,9 \times U_{\text{eff}} = 0,9 \times \boxed{} = \boxed{} \text{ V}$$

Mes calculs :

SOCLE

EXERCICE 19 Identifier le type de redressement

Un oscilloscope affiche les signaux suivants après un redresseur. Associer chaque signal à son type :

- **Signal A** : une alternance positive sur deux est conservée, l'autre est à 0 V.
- **Signal B** : toutes les alternances sont positives (les négatives sont « retournées »).
- **Signal C** : tension quasi constante avec de faibles ondulations.

Types possibles : mono-alternance / pont de Graëtz / pont de Graëtz + condensateur de filtrage.

Mes calculs :

SOCLE**EXERCICE 20** Compléter un tableau U_{eff} / U_{max} / U_{moy}

Compléter le tableau pour différentes tensions. On utilise un pont de Graëtz.

Source	U_{eff} (V)	U_{max} (V)	U_{moy} (V)
Secteur 230 V	230	...	...
Transfo 24 V	24	...	...
Transfo 48 V	48	...	...

Formules : $U_{\text{max}} = U_{\text{eff}} \times 1,414$; $U_{\text{moy}} = 0,9 \times U_{\text{eff}}$

Mes calculs :

SOCLE**EXERCICE 21** Calcul guidé – vitesse d'un moteur

Un moteur asynchrone triphasé possède $p = 1$ paire de pôles. Il est alimenté à la fréquence $f = 50$ Hz.

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

1. Compléter le calcul de la vitesse de synchronisme :

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

2. Le moteur a un glissement de 3 %. Sa vitesse réelle est :

$$n = n_s \times (1 - 0,03) = \boxed{} \times 0,97 = \boxed{} \text{ tr/min}$$

Mes calculs :

STANDARD

EXERCICE 22 Comparer mono-alternance et pont de Graëtz

Un transformateur fournit $U_{\text{eff}} = 15 \text{ V}$ à $f = 50 \text{ Hz}$.

1. Calculer U_{max} .
2. Calculer la tension moyenne obtenue avec un redresseur mono-alternance.
3. Calculer la tension moyenne obtenue avec un pont de Graëtz.
4. Quelle est la fréquence de l'ondulation dans chaque cas ?

Mes calculs :

STANDARD**EXERCICE 23** Condensateur de filtrage – constante de temps

Après un pont de Graëtz, on place un condensateur de $C = 2\,200\ \mu\text{F}$ en parallèle avec une charge de résistance $R = 100\ \Omega$. La fréquence d'ondulation est $f_{\text{ond}} = 100\ \text{Hz}$.

1. Calculer la constante de temps $\tau = R \times C$.
2. Calculer la période d'ondulation $T_{\text{ond}} = 1/f_{\text{ond}}$.
3. Comparer τ et T_{ond} . Le filtrage est-il efficace ?
4. On remplace le condensateur par $C = 470\ \mu\text{F}$. Recalculer τ . Le filtrage est-il toujours bon ?

Mes calculs :

STANDARD**EXERCICE 24 Onduleur pour panneaux solaires**

Un installateur en énergies renouvelables raccorde des panneaux solaires qui produisent du courant continu ($U_{DC} = 360 \text{ V}$, $P_{DC} = 3\,200 \text{ W}$). Un onduleur convertit cette tension en 230 V AC pour injection dans le réseau. Le rendement de l'onduleur est $\eta = 0,96$.

1. Quel est le rôle de l'onduleur dans cette installation ?
2. Calculer la puissance AC injectée dans le réseau.
3. Calculer le courant AC injecté (on suppose $\cos \varphi = 1$).
4. Calculer les pertes dans l'onduleur.

Mes calculs :

STANDARD**EXERCICE 25** Variateur sur un circulateur de chauffage

Un plombier chauffagiste installe un variateur de fréquence sur un circulateur de chauffage. Le moteur a $p = 2$ paires de pôles. À $f = 50$ Hz, la vitesse de synchronisme est n_{s0} et la puissance absorbée est $P_0 = 250$ W.

1. Calculer n_{s0} .
2. En mi-saison, le technicien règle le variateur à $f = 30$ Hz. Calculer la nouvelle vitesse de synchronisme n_{s1} .
3. Calculer le rapport des vitesses $k = n_{s1}/n_{s0}$.
4. Calculer la puissance absorbée à 30 Hz sachant que $P \propto n^3$, donc $P_1 = P_0 \times k^3$.
5. Calculer l'économie d'énergie en pourcentage.

Mes calculs :

STANDARD**EXERCICE 26** Lecture d'un oscillogramme – période et fréquence

Un technicien de maintenance observe sur un oscilloscope la tension aux bornes d'un moteur alimenté par un variateur de fréquence. L'oscillogramme montre un signal de période $T = 25 \text{ ms}$ avec une amplitude de $U_{\text{max}} = 310 \text{ V}$.

1. Calculer la fréquence f du signal.
2. Calculer la tension efficace U_{eff} .
3. Le moteur a $p = 2$ paires de pôles. Calculer sa vitesse de synchronisme à cette fréquence.
4. Le variateur était initialement à 50 Hz. La vitesse a-t-elle augmenté ou diminué ?

Mes calculs :

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 27 Installation solaire avec onduleur et batteries

Un technicien en énergies renouvelables dimensionne une installation photovoltaïque autonome pour un local technique. Les panneaux produisent $P_{DC} = 4 \text{ kW}$ crête.

L'onduleur a un rendement $\eta_1 = 0,95$. Les batteries ont une capacité de $C = 200 \text{ Ah}$ sous $U = 48 \text{ V}$ et un rendement de charge/décharge $\eta_2 = 0,85$.

1. Calculer l'énergie stockable dans les batteries (en kWh).
2. En tenant compte du rendement des batteries, quelle énergie utile est réellement disponible ?
3. Le local consomme 5 kWh par jour. Les batteries suffisent-elles pour une journée sans soleil ?
4. Calculer la puissance AC maximale que l'onduleur peut fournir.
5. Le local possède un compresseur de 2,5 kW et un éclairage de 0,5 kW. Peuvent-ils fonctionner simultanément avec cet onduleur ?

Mes calculs :

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 28 Étude économique – variateur sur une pompe de chauffage

Un conducteur de travaux étudie l'installation d'un variateur de fréquence sur la pompe principale d'un réseau de chauffage collectif. Le moteur : $p = 2$ paires de pôles, $P_0 = 4$ kW à 50 Hz. Le variateur coûte 1 200 €. La pompe fonctionne 3 000 h/an. Le prix du kWh est 0,18 €.

En mi-saison (2 000 h/an), le variateur réduit la fréquence à 35 Hz. Le reste du temps (1 000 h/an), la pompe fonctionne à 50 Hz.

1. Calculer le rapport de vitesse k à 35 Hz.
2. Calculer la puissance absorbée à 35 Hz.
3. Calculer la consommation annuelle sans variateur.
4. Calculer la consommation annuelle avec variateur.
5. Calculer l'économie annuelle et le temps de retour sur investissement.

Mes calculs :

APPROFONDISSEMENT**EXERCICE 29** Comparaison de moteurs – nombre de paires de pôles

Un ingénieur thermicien compare deux moteurs triphasés pour entraîner un ventilateur de CTA :

Moteur	Paires de pôles p	Puissance	Glissement
Moteur A	1	2,2 kW	3 %
Moteur B	3	2,2 kW	5 %

Les deux sont alimentés à $f = 50$ Hz.

1. Calculer la vitesse de synchronisme de chaque moteur.
2. Calculer la vitesse réelle de chaque moteur.
3. On souhaite une vitesse de ventilateur de 950 tr/min. Quel moteur convient sans variateur ?
4. Si on utilise le moteur A avec un variateur, à quelle fréquence doit-on régler le variateur pour obtenir environ 950 tr/min ?

Mes calculs :

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 30 Chaîne complète AC → DC → AC – alimentation d'une PAC

Une pompe à chaleur est alimentée via un variateur de fréquence intégré. La chaîne de conversion est : réseau 400 V AC triphasé → redresseur (pont de Graëtz triphasé) → bus DC → onduleur → moteur du compresseur.

Données : $P_{\text{compresseur}} = 6 \text{ kW}$, rendement redresseur $\eta_R = 0,98$, rendement onduleur $\eta_O = 0,96$, $\cos \varphi_{\text{réseau}} = 0,95$, COP de la PAC = 3,5.

1. Calculer la puissance prélevée sur le réseau en tenant compte des rendements.
2. Calculer le courant de ligne absorbé sur le réseau triphasé 400 V.
3. Calculer la puissance thermique restituée par la PAC.
4. Calculer le rendement global de la chaîne électrique (du réseau au compresseur).
5. Si la PAC fonctionne 2 000 h/an, calculer la consommation annuelle et le coût (kWh à 0,18 €).

Mes calculs :

À retenir – Redressement, onduleur, variateur

- $U_{\max} = U_{\text{eff}} \times \sqrt{2}$ — valeur de crête d'une sinusoïde.
 - Mono-alternance : $U_{\text{moy}} \approx 0,45 \times U_{\text{eff}}$ — Pont de Graëtz : $U_{\text{moy}} \approx 0,9 \times U_{\text{eff}}$.
 - Le pont de Graëtz (4 diodes) est deux fois plus efficace que le mono-alternance et produit une ondulation à $2f$ (plus facile à filtrer).
 - Variateur de fréquence : convertit $\text{AC} \rightarrow \text{DC} \rightarrow \text{AC}$ réglable. La vitesse du moteur est proportionnelle à f . La puissance varie comme n^3 .
 - Condensateur de filtrage : lisse la tension redressée. Plus $\tau = RC$ est grand devant T_{ond} , meilleur est le filtrage.
-

02

Obtenir un courant continu à partir d'un courant alternatif et inversement

Obtenir un courant continu à partir d'un courant alternatif et inversement |
Terminale Bac Pro ICCER (Grpt 1)

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir



Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)**Durée**

55 minutes

Barème

20 points

DocumentsNon autorisés (sauf fiche de
formules fournie)**Calculatrice**

Autorisée

SOCLE

EXERCICE 1 Alimentation d'une vanne motorisée**8 points**

Un technicien chauffagiste installe une vanne motorisée sur un réseau de chauffage. La vanne fonctionne en courant continu 24 V. Elle est alimentée par le secteur 230 V / 50 Hz grâce à un bloc d'alimentation comprenant : un transformateur (230 V $\rightarrow$ 28 V), un pont de Graëtz (4 diodes) et un condensateur de filtrage.

Formules utiles :

- $U_{\max} = U_{\text{eff}} \times \sqrt{2} \approx U_{\text{eff}} \times 1,414$
- Pont de Graëtz : $U_{\text{moy}} \approx 0,9 \times U_{\text{eff}}$
- $T = \frac{1}{f}$

1. Compléter le tableau en indiquant le rôle de chaque élément : (3 pts)

Élément	Rôle (compléter)
Transformateur	
Pont de Graëtz	
Condensateur	

2. Compléter le calcul de la tension maximale en sortie du transformateur : (1,5 pt)

$$U_{\max} = U_{\text{eff}} \times \sqrt{2} = \boxed{} \times 1,414 = \boxed{} \text{ V}$$

3. Compléter le calcul de la tension moyenne en sortie du pont de Graëtz : (1,5 pt)

$$U_{\text{moy}} = 0,9 \times \boxed{} = \boxed{} \text{ V}$$

4. Cocher la bonne description du signal en sortie du pont de Graëtz (sans filtrage) : (1 pt)

- ☐ Une tension constante de 28 V
- ☐ Une succession d'arches sinusoïdales positives (bosses)
- ☐ Une sinusoïde identique à l'entrée

5. Le condensateur lisse la tension. La tension filtrée est-elle plus proche de : (1 pt)

- ☐ U_{moy} ☐ $U_{\max}$

EXERCICE 2 Identifier les convertisseurs 5 points

Voici quatre situations professionnelles. Pour chacune, indiquer le type de convertisseur utilisé (redresseur, onduleur ou variateur de fréquence) et la conversion réalisée (AC → DC, DC → AC ou AC → DC → AC).

1. Un chargeur de téléphone portable branché sur une prise 230 V. (1 pt)

Convertisseur : — Conversion :

2. Des panneaux solaires raccordés au réseau EDF. (1 pt)

Convertisseur : — Conversion :

3. Un compresseur de pompe à chaleur Inverter dont la vitesse varie. (1 pt)

Convertisseur : — Conversion :

4. Compléter les phrases : (2 pts)

— Le redresseur utilise des composants appelés .

— L'onduleur utilise des composants de type .

— Le variateur de fréquence est constitué d'un suivi d'un .

EXERCICE 3 Vitesse d'un moteur de ventilateur 7 points

Un technicien CVC installe un variateur de fréquence sur un ventilateur. Le moteur a $p = 2$ paires de pôles.

Formule : $n_s = \frac{60 \times f}{p}$ (tr/min)

1. Compléter le calcul de la vitesse de synchronisme à $f = 50$ Hz : (2 pts)

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

2. Compléter le calcul pour $f = 35$ Hz : (2 pts)

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

3. La vitesse a-t-elle augmenté ou diminué quand la fréquence passe de 50 Hz à 35 Hz ? (1 pt)

4. Donner un avantage du variateur de fréquence pour un ventilateur de chauffage. (2 pts)

EXERCICE 1 Alimentation d'un moteur à courant continu **8 points**

Un technicien chauffagiste installe un moteur à courant continu qui entraîne une vanne de régulation motorisée. Ce moteur est alimenté par le secteur 230 V / 50 Hz via un bloc d'alimentation. Le bloc d'alimentation comprend successivement : un transformateur, un pont de Graëtz, et un condensateur de filtrage.

Le transformateur abaisse la tension de 230 V à une tension secondaire de valeur efficace $U_2 = 24$ V.

1. Donner le rôle de chacun des trois éléments du bloc d'alimentation (transformateur, pont de Graëtz, condensateur). (3 pts)
2. Calculer la valeur maximale (amplitude) $\hat{U}_2$ de la tension en sortie du transformateur. (1,5 pt)
3. Après le pont de Graëtz (redressement double alternance, sans filtrage), calculer la tension moyenne U_{moy} . On rappelle que $U_{\text{moy}} = \frac{2\hat{U}}{\pi}$. (1,5 pt)
4. Dessiner l'allure de la tension en sortie du pont de Graëtz (sans filtrage) sur deux périodes. Indiquer $\hat{U}_2$ et T sur le graphique. (1 pt)
5. Quel est l'effet du condensateur de filtrage sur cette tension ? Dessiner l'allure de la tension filtrée sur le même graphique. (1 pt)

EXERCICE 2 Commande d'une vanne motorisée – ondulation résiduelle**7 points**

Une vanne motorisée trois voies est alimentée par un bloc d'alimentation similaire à celui de l'exercice 1. Le moteur de la vanne consomme un courant $I = 0,5 \text{ A}$ sous une tension continue de 24 V. Le condensateur de filtrage a une capacité $C = 4\,700 \mu\text{F}$. La fréquence du secteur est $f = 50 \text{ Hz}$.

On rappelle que l'ondulation résiduelle vaut : $\Delta U = \frac{I}{2fC}$

1. Convertir la capacité C en farads. (0,5 pt)
2. Calculer l'ondulation résiduelle ΔU en sortie du condensateur. (2 pts)
3. Calculer le taux d'ondulation $\tau = \frac{\Delta U}{\hat{U}_2}$ en pourcentage. Le filtrage est-il satisfaisant si on exige $\tau < 5 \%$? (2 pts)
4. Pour réduire l'ondulation de moitié, quelle nouvelle capacité C' faudrait-il installer ? (1,5 pt)
5. Citer un avantage et un inconvénient d'augmenter la capacité du condensateur. (1 pt)

EXERCICE 3 Onduleur pour panneau solaire**5 points**

Un installateur thermique pose des panneaux solaires photovoltaïques sur le toit d'un bâtiment tertiaire. Les panneaux délivrent une tension continue de 360 V. Un onduleur est raccordé pour injecter l'énergie sur le réseau EDF (230 V / 50 Hz).

1. Quel est le rôle d'un onduleur ? (1 pt)
2. Quelle est la nature du courant en entrée de l'onduleur ? En sortie ? (1 pt)
3. Quelle doit être la fréquence du signal en sortie de l'onduleur pour être compatible avec le réseau EDF ? (1 pt)
4. Quelle doit être la valeur efficace de la tension en sortie ? En déduire la valeur maximale $\hat{U}$ du signal sinusoïdal produit. (1 pt)
5. Expliquer pourquoi l'onduleur doit être synchronisé avec le réseau EDF pour l'injection. (1 pt)

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 1 Alimentation DC d'un automate de régulation 8 points

Un technicien en énergies renouvelables conçoit l'alimentation DC d'un automate de régulation pour une installation solaire thermique. L'automate fonctionne sous 24 V DC et consomme un courant $I = 0,6$ A. L'alimentation est constituée d'un transformateur (230 V / 30 V), d'un pont de Graëtz et d'un condensateur de filtrage $C = 4\,700\ \mu\text{F}$.

On rappelle : $\Delta U = \frac{I}{2fC}$ et $U_{\text{moy}} \approx 0,9 \times U_{\text{eff}}$.

1. Calculer la tension maximale U_{max} et la tension moyenne U_{moy} en sortie du pont de Graëtz. (2 pts)
2. Calculer l'ondulation résiduelle ΔU avec le condensateur de $4\,700\ \mu\text{F}$. (2 pts)
3. Calculer le taux d'ondulation $\tau = \frac{\Delta U}{U_{\text{max}}}$. Le filtrage est-il satisfaisant (critère : $\tau < 5\%$) ? (1,5 pt)
4. La tension filtrée est proche de U_{max} . Est-elle directement utilisable pour alimenter l'automate en 24 V ? Justifier et proposer une solution technique. (1,5 pt)
5. L'automate nécessite une ondulation maximale de 0,5 V. Calculer la capacité minimale du condensateur nécessaire. (1 pt)

EXERCICE 2 Variateur de fréquence sur pompe à chaleur Inverter**7 points**

Un installateur de pompes à chaleur raccorde un compresseur Inverter. Le moteur du compresseur est un moteur asynchrone triphasé à $p = 1$ paire de pôles. Le variateur de fréquence fait varier la fréquence de 25 Hz à 75 Hz. Le glissement du moteur est $g = 3 \%$. À $f_0 = 50$ Hz, la puissance frigorifique est $P_{\text{frigo}} = 10$ kW et la puissance électrique absorbée est $P_{\text{elec}} = 2,5$ kW.

On admet que la puissance frigorifique est proportionnelle à la vitesse du compresseur.

1. Calculer la vitesse de synchronisme n_s et la vitesse réelle n du compresseur à 50 Hz. On rappelle : $n = n_s \times (1 - g)$. (1,5 pt)
2. Calculer n_s et n pour $f = 25$ Hz et $f = 75$ Hz. (2 pts)
3. Calculer la puissance frigorifique à 25 Hz et à 75 Hz. (1,5 pt)
4. Le COP (coefficient de performance) de la PAC est défini par $\text{COP} = \frac{P_{\text{frigo}}}{P_{\text{elec}}}$. Calculer le COP à 50 Hz. (1 pt)
5. Expliquer en quoi la technologie Inverter améliore le confort et réduit la facture énergétique par rapport à un système tout ou rien. (1 pt)

EXERCICE 3 Installation photovoltaïque – onduleur et injection réseau**5 points**

Un technicien en énergies renouvelables installe 12 panneaux solaires photovoltaïques sur le toit d'un bâtiment. Chaque panneau délivre une tension en circuit ouvert $U_{co} = 40$ V DC et un courant nominal $I_n = 9$ A. Les panneaux sont connectés en série. Un onduleur de rendement $\eta = 96$ % est utilisé pour injecter l'énergie sur le réseau 230 V / 50 Hz.

1. Calculer la tension DC totale délivrée par les 12 panneaux en série. (1 pt)
2. Calculer la puissance DC maximale produite par l'installation ($P_{DC} = U_{totale} \times I_n$). (1 pt)
3. Calculer la puissance AC injectée sur le réseau en tenant compte du rendement de l'onduleur ($P_{AC} = \eta \times P_{DC}$). (1 pt)
4. Calculer le courant injecté sur le réseau ($I_{AC} = \frac{P_{AC}}{U_{réseau}}$) et la valeur maximale de la tension sinusoïdale produite. (1 pt)
5. L'onduleur doit satisfaire la norme DIN VDE 0126 (découplage en cas de panne réseau). Expliquer pourquoi un onduleur doit se déconnecter automatiquement si le réseau tombe en panne. (1 pt)

TOTAL : 20 points