Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du BP Froid, veuillez visiter :
bpfroid.fr/annales-sujets-et-corriges

BREVET PROFESSIONNEL

INSTALLATEUR, DÉPANNEUR EN FROID ET CONDITIONNEMENT D'AIR

SESSION 2026

ÉPREUVE E4 : PHYSIQUE ET CHIMIE APPLIQUÉES

Coefficient : 2 Durée : 2 heures

Aucun document ou matériel autorisé en dehors de ceux fournis avec le sujet.

Composition de l'épreuve	Support
Exercice 1 : Évaluation d'une charge thermique (5 points)	Dossier Questionnement
Exercice 2 : Évolution de la température lors d'une mise en froid (5 points)	Dossier Questionnement
Exercice 3 : Puissance électrique et énergie consommée (5 points)	Dossier Questionnement
Exercice 4 : Neutralisation d'une solution acide (5 points)	Dossier Questionnement
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES (DT 1)	Fourni avec le sujet
DOCUMENTS RÉPONSES (DR 1) : À RENDRE AVEC LA COPIE	Fin de sujet

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collège », est autorisé.

Ce sujet comporte 8 pages numérotées de 1/8 à 8/8.
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

LES DOCUMENTS RÉPONSES SITUÉS EN FIN DE DOSSIER SONT À COMPLÉTER ET À RENDRE OBLIGATOIREMENT AVEC LA COPIE.

DOSSIER SUJET

CONSIGNES GÉNÉRALES DE L'ÉPREUVE : SOCIÉTÉ FROID SERVICES ATLANTIQUE, NANTES

La société Froid Services Atlantique intervient sur des équipements frigorifiques et de conditionnement d'air. Les exercices portent sur le refroidissement d'un produit, l'évolution de la température d'une enceinte, la consommation électrique d'un équipement et la neutralisation d'un petit volume de solution acide utilisé lors d'une opération de maintenance.

Les exercices sont indépendants. Les réponses doivent faire apparaître les relations utilisées, les conversions d'unités et les résultats avec une unité adaptée. Les résultats numériques seront arrondis à trois chiffres significatifs lorsque cela est nécessaire.

Le document réponse DR 1 est à compléter et à rendre avec la copie.

Exercice 1 : Évaluation d'une charge thermique (5 points)

Chaleur sensible et puissance frigorifique

Une enceinte reçoit une charge de produit de masse $m = 120\,\text{kg}$. Le produit est refroidi de $18\,^\circ\text{C}$ à $4\,^\circ\text{C}$ en $2\,\text{h}$. Sa capacité thermique massique vaut $c = 3{,}60\,\text{kJ}\,\text{kg}^{-1}\,\text{K}^{-1}$. Pendant cette phase, les apports thermiques par les parois et les équipements sont estimés respectivement à $0{,}45\,\text{kW}$ et $0{,}18\,\text{kW}$, supposés constants.

On utilisera $Q = m\,c\,\Delta T$ et $P = Q/t$. Pour le bilan, les puissances dues aux apports thermiques s'ajoutent à la puissance nécessaire au refroidissement du produit.

Données thermiques de l'exercice 1

Grandeur	Valeur
Masse du produit	120 kg
Capacité thermique massique	3,60 kJ·kg⁻¹·K⁻¹
Température initiale	18 °C
Température finale	4 °C
Durée de refroidissement	2 h
Apports par les parois	0,45 kW
Apports des équipements	0,18 kW

Valeurs fournies pour le calcul de la charge thermique.

1.1 (1 point) Calculer la variation de température ΔT du produit en kelvins et convertir la durée de refroidissement en secondes.

1.2 (1,5 point) Calculer l'énergie thermique Q à extraire du produit. Donner le résultat en kilojoules puis en mégajoules.

1.3 (1,5 point) Calculer la puissance moyenne nécessaire au refroidissement du produit, en kilowatts.

1.4 (1 point) Calculer la puissance frigorifique totale à prévoir en tenant compte des apports des parois et des équipements. Présenter le résultat avec son unité.

Exercice 2 : Évolution de la température lors d'une mise en froid (5 points)

Fonction exponentielle, dérivée et lecture graphique

Lors d'une mise en froid, la température T, en degrés Celsius, d'une enceinte est modélisée en fonction du temps t, exprimé en minutes, par la relation $T(t) = 2 + 18\,\mathrm{e}^{-0{,}12t}$, pour $t \geq 0$.

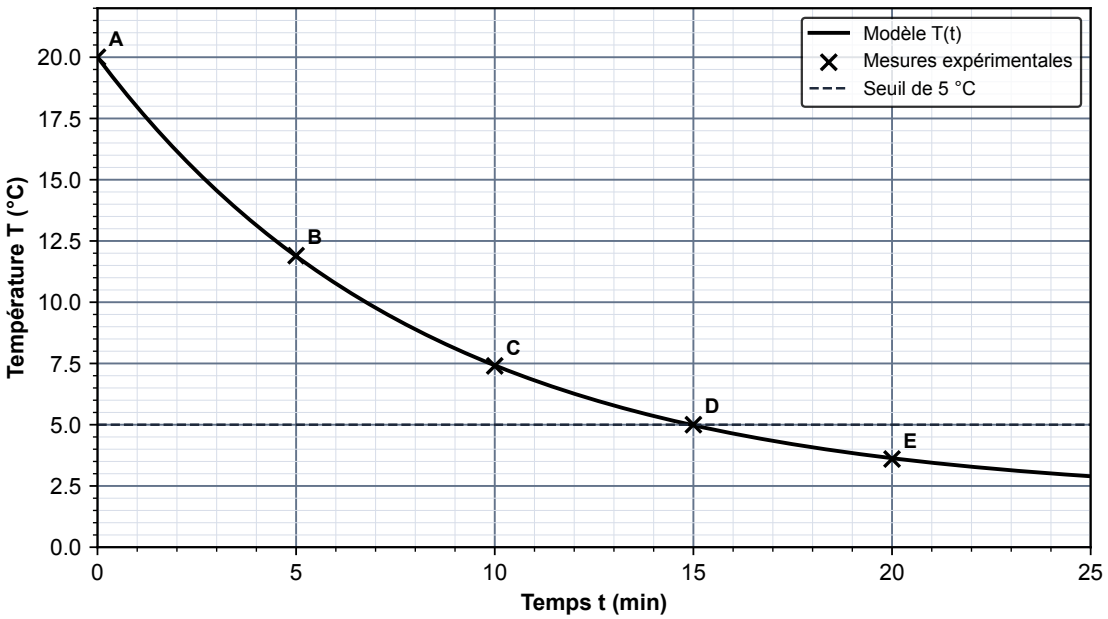
Des mesures relevées pendant une intervention sont fournies dans le tableau de données de l'exercice. Le graphique associé permet de comparer les mesures au modèle. On rappelle que $\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\mathrm{e}^{at}\right) = a\,\mathrm{e}^{at}$ et que $\ln$ désigne le logarithme népérien.

Mesures de température pendant la mise en froid

Temps t (min)	0	5	10	15	20
Température T (°C)	20,0	11,9	7,4	5,0	3,6

Relevés expérimentaux effectués dans l'enceinte.

Température de l'enceinte en fonction du temps



Courbe issue du modèle et points correspondant aux mesures expérimentales.

Sens de variation de la température modélisée

Temps t (min)	**0**		**15**		**25**
Signe de T'(t)		**-**	0	**-**	
Valeurs de T(t) et variations	**20**	↘	**4,98**	↘	**2,90**

2.1 (1 point) Calculer $T'(t)$, puis donner le signe de cette dérivée pour $t \geq 0$. En déduire le sens de variation de la température pendant la mise en froid.

2.2 (1 point) À l'aide des mesures et du graphique, indiquer entre quelles deux mesures successives l'enceinte passe sous $5\,^{\circ}\mathrm{C}$. Reporter les mesures de l'exercice dans le tableau et placer les points sur le repère du document réponse DR 1.

2.3 (1 point) Vérifier par le calcul que le modèle donne une température voisine de $5\,^{\circ}\mathrm{C}$ au bout de 15 minutes.

2.4 (2 points) Déterminer, à l'aide du modèle, le temps nécessaire pour atteindre exactement $5\,^{\circ}\mathrm{C}$. On pourra résoudre $5 = 2 + 18\,\mathrm{e}^{-0{,}12t}$ en utilisant le logarithme népérien. Arrondir le résultat à la minute.

Exercice 3 : Puissance électrique et énergie consommée (5 points)

Alimentation triphasée équilibrée et coût énergétique

Le compresseur d'une installation est alimenté par un réseau triphasé équilibré. La tension entre phases est $U = 400\,\mathrm{V}$, l'intensité efficace de ligne est $I = 5{,}2\,\mathrm{A}$ et le facteur de puissance est $\cos\varphi = 0{,}82$. Le compresseur fonctionne $6\,\mathrm{h}$ par jour.

On utilisera la relation $P = \sqrt{3}\,U\,I\,\cos\varphi$. Pour les calculs d'énergie, on assimile la puissance absorbée à la puissance active calculée. Le prix de l'électricité est de $0{,}25\,€$ par kilowattheure.

Caractéristiques électriques et tarifaires

Grandeur	Valeur
Tension entre phases U	400 V
Intensité de ligne I	5,2 A
Facteur de puissance cos φ	0,82
Durée quotidienne de fonctionnement	6 h
Prix de l'électricité	0,25 €/kWh

Données de fonctionnement du compresseur.

3.1 (2 points) Calculer la puissance active absorbée par le compresseur en watts, puis en kilowatts.

3.2 (1,5 point) Calculer l'énergie électrique consommée par le compresseur en une journée de fonctionnement, en kilowattheures.

3.3 (1,5 point) Calculer le coût de cette consommation quotidienne. Arrondir le résultat au centime d'euro.

Exercice 4 : Neutralisation d'une solution acide — (5 points)

pH, quantité de matière et réaction acido-basique

Dans un local de maintenance, un échantillon de $250\,\mathrm{mL}$ de solution acide de rinçage présente un pH égal à $2{,}0$. Pour cet exercice, on assimile l'acide à un acide fort monoprotique totalement dissocié. La neutralisation est réalisée avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $c_{\text{base}} = 0{,}10\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$.

On utilisera $[\mathrm{H_3O^+}] = 10^{-\mathrm{pH}}$, $n = cV$ et la réaction de neutralisation $\mathrm{H_3O^+ + HO^- \rightarrow 2H_2O}$. Les volumes doivent être exprimés en litres pour les calculs de quantité de matière.

Lors de toute opération réelle de neutralisation, les consignes de sécurité et les équipements de protection adaptés doivent être respectés.

Données de l'opération de neutralisation

Grandeur	Valeur
pH de l'échantillon	2,0
Volume de l'échantillon	250 mL
Concentration de la solution basique	0,10 mol·L⁻¹
Équation de neutralisation	$H_3O^+ + HO^- \rightarrow 2\,H_2O$

Les volumes sont convertis en litres pour les calculs.

4.1 (1 point) Calculer la concentration en ions $\mathrm{H_3O^+}$ de l'échantillon, en $\mathrm{mol\,L^{-1}}$.

4.2 (1,5 point) Calculer la quantité de matière d'ions $\mathrm{H_3O^+}$ contenue dans l'échantillon de $250\,\mathrm{mL}$.

4.3 (1,5 point) À l'aide de l'équation de réaction fournie, déterminer la quantité de matière d'ions $\mathrm{HO^-}$ nécessaire pour neutraliser l'échantillon.

4.4 (1 point) Calculer le volume de solution d'hydroxyde de sodium nécessaire à la neutralisation, en millilitres.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : DONNÉES ET RELATIONS UTILES

Les valeurs et relations ci-dessous sont celles à utiliser pour les exercices. Les conversions nécessaires sont rappelées : $1\,\mathrm{h} = 3600\,\mathrm{s}$, $1\,\mathrm{kW} = 1000\,\mathrm{W}$, $1\,\mathrm{kWh} = 1\,\mathrm{kW} \times 1\,\mathrm{h}$, $1\,\mathrm{L} = 1000\,\mathrm{mL}$.

Pour une transformation thermique sans changement d'état : $Q = m\,c\,\Delta T$. La puissance moyenne correspondante est $P = Q/t$. Pour un réseau triphasé équilibré : $P = \sqrt{3}\,U\,I\,\cos\varphi$. Pour une solution : $n = cV$.

Constantes et unités utiles

Grandeur	Relation ou conversion
Chaleur sensible	Q = m c ΔT
Puissance thermique moyenne	P = Q/t
Puissance triphasée équilibrée	P = √3 U I cos φ
Quantité de matière en solution	n = cV
Heure en secondes	1 h = 3 600 s
Kilowatt en watts	1 kW = 1 000 W
Litre en millilitres	1 L = 1 000 mL

Conventions à utiliser dans les calculs.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à rendre avec la copie : exercice 2, questions 2.2 à 2.4 — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

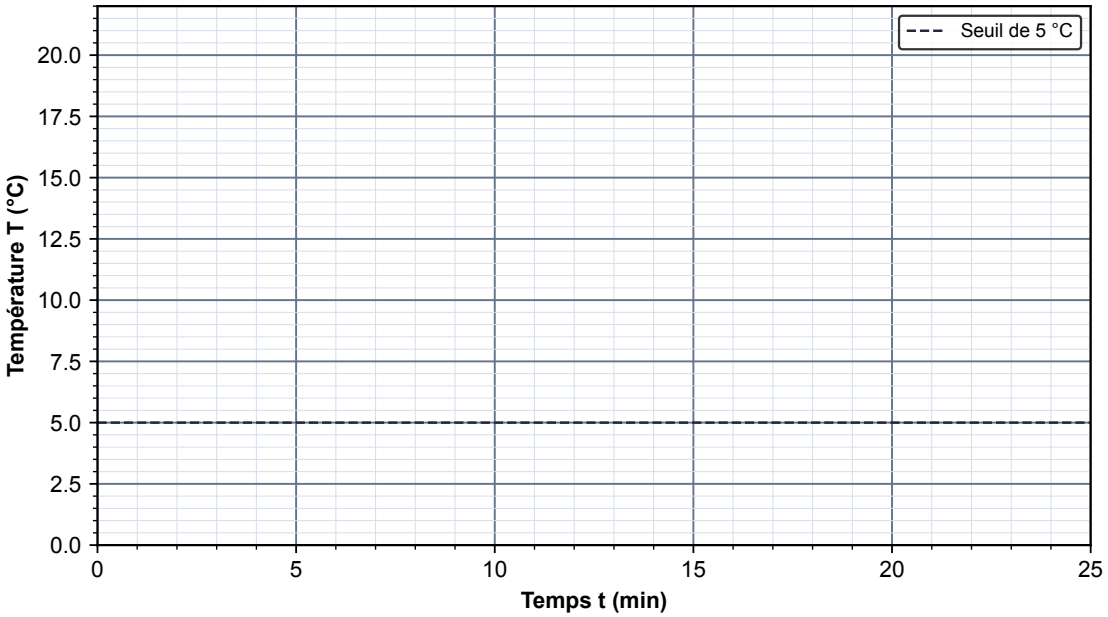
Compléter le tableau à partir des mesures fournies dans l'exercice 2. Sur le repère millimétré, placer les cinq mesures expérimentales puis tracer une courbe régulière adaptée à leur évolution. Indiquer sur le graphique le franchissement du seuil de $5\,^{\circ}\mathrm{C}$.

Tableau de relevé à compléter

Temps t (min)	0	5	10	15	20
Température T (°C)	.....	.....	.....	.....	.....

Reporter les valeurs de température fournies dans l'exercice 2.

Repère millimétré : mise en froid de l'enceinte



À compléter par le candidat : points expérimentaux, courbe et seuil de température.

Cadre réservé aux justifications, calculs complémentaires ou schémas du candidat :

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.