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

BP FROID • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

E4 – U40 Sciences

Session 2014 • Code sujet : **BP-SC.1** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Isolation d’un bâtiment (8 questions) **Page 3**

2. Réservoir soumis au vent (6 questions) **Page 6**

3. Machine frigorifique (9 questions) **Page 9**

4. Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 12**

Sujet officiel (PDF) : https://bpfroid.fr/assets/annales/bp-froid/U40 - Sciences physiques/2014/BP Froid - U40 - Sciences physiques - Session 2014 - 1-Sujet.pdf

1. Isolation d’un bâtiment

L’exercice étudie les déperditions thermiques d’un bâtiment maintenu à 19 °C alors que la température extérieure moyenne est de 5 °C, en négligeant les ponts thermiques et les pertes par le plancher bas. Les schémas et données décrivent la composition des murs, la toiture et les cloisons, ainsi que les conductivités, surfaces et formules nécessaires aux calculs.

Question 1.1. Citer trois modes de transfert thermique.

Les trois modes de transfert thermique sont la **conduction**, la **convection** et le **rayonnement**.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Conduction, convection et rayonnement.

Question 1.2. Indiquer à quel mode de transfert thermique les systèmes d’isolation s’opposent principalement.

Les systèmes d’isolation s’opposent principalement à la **conduction thermique** à travers les parois, en augmentant leur résistance thermique.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Principalement à la conduction thermique.

Question 1.3. À partir du schéma en coupe des murs et du tableau des conductivités thermiques, calculer la résistance thermique RP des parois murales en m²·K·W⁻¹. Arrondir le résultat à 0,01.

Couche	Épaisseur e (m)	Conductivité λ (W·m⁻¹·K⁻¹)	Résistance e/λ (m²·K·W⁻¹)
Béton	0,15	1,75	0,0857
Laine de roche	0,10	0,039	2,5641
Plâtre	0,013	0,35	0,0371
Résistances superficielles	0,06 + 0,11		0,17

On additionne les résistances des couches et les résistances superficielles : R_P = 0,06 + 0,15/1,75 + 0,10/0,039 + 0,013/0,35 + 0,11 = 2,85696 m²·K·W⁻¹. Arrondi au centième : 2,86 m²·K·W⁻¹.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> R_P = 2,86 m²·K·W⁻¹.

Question 1.4. **À partir de la résistance thermique donnée pour la toiture, déterminer si elle respecte la réglementation RT2012, qui impose un coefficient de transmission thermique maximal Umax = 0,25 W·m⁻²·K⁻¹.**

Le coefficient de transmission vaut U = 1/R. Pour la toiture, U_T = 1/5,97 = 0,1675 W·m⁻²·K⁻¹. Comme cette valeur est inférieure à la limite de 0,25 W·m⁻²·K⁻¹, la toiture respecte la RT2012.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $U_T \approx 0{,}17$ W·m⁻²·K⁻¹ : la toiture respecte la RT2012.

Question 1.5. **Calculer, en watts et à l'unité près, le flux thermique traversant les parois et la toiture du bâtiment.**

La différence de température est ΔT = 19 − 5 = 14 K. Pour les murs, Φ_P = (1/2,85696) × 14 × 300 = 1 470,09 W. Pour la toiture, Φ_T = (1/5,97) × 14 × 140 = 328,31 W. Le flux total vaut 1 470,09 + 328,31 = 1 798,40 W, soit 1 798 W à l'unité près.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Flux total traversant les murs et la toiture : 1 798 W.

Cloisons intérieures

Question 1.6.1. **Déterminer la valeur du flux de chaleur traversant les différentes cloisons intérieures du bâtiment, constituées de deux plaques de plâtre et de laine de verre.**

Le flux thermique s'écrit Φ = U·ΔT·S. Les deux espaces représentés sont à 19 °C, donc la différence de température entre les faces des cloisons est ΔT = 19 − 19 = 0 K. Le flux traversant les cloisons est donc nul, quelle que soit leur surface.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Φ = 0 W.

Question 1.6.2. **Préciser le rôle joué par la laine de verre dans les cloisons intérieures.**

La laine de verre est un **isolant thermique** : sa faible conductivité limite les transferts de chaleur entre les pièces.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Elle limite les transferts de chaleur entre les pièces.

Question 1.7. Dans le cadre d’une rénovation, proposer deux façons de diminuer le flux thermique traversant les baies du bâtiment.

Pour diminuer le flux thermique traversant les baies, on peut :

- remplacer les vitrages simples par du double vitrage avec des châssis isolants ;
- installer des volets isolants et les fermer quand il fait froid.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Installer du double vitrage et des volets isolants.

2. Réservoir soumis au vent

Un réservoir contenant 450 litres d'eau est installé sur une toiture et exposé à un vent de 90 km/h ; sa masse à vide et sa surface face au vent sont données. Les questions portent sur son poids, la pression dynamique, la force du vent et le risque de basculement, avec un schéma annexe indiquant les points de référence et l'échelle de représentation.

Question 2.1. Calculer, en newtons, le poids P du réservoir plein.

Le volume d'eau est de 450 L, soit 0,450 m³. Avec la masse volumique de l'eau, sa masse est 0,450 × 1 000 = 450 kg. La masse totale du réservoir plein vaut 450 + 50 = 500 kg. Le poids se calcule avec la relation P = m × g : P = 500 × 9,81 = 4 905 N. Il est dirigé verticalement vers le bas.

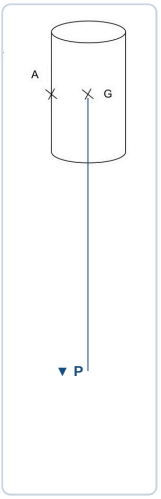
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

P = 4 905 N

Question 2.2. Représenter le poids P sur le schéma de l'annexe, en utilisant G comme centre de gravité et en respectant l'échelle indiquée.

Le poids s'applique au centre de gravité G et se dirige verticalement vers le bas. Le réservoir plein a un poids de 4 905 N. À l'échelle de l'annexe, 1 cm représente 500 N : la longueur à tracer est donc 4 905 ÷ 500 = 9,81 cm. La flèche part de G et pointe vers le bas. Le visuel situe le vecteur sur le schéma fourni.

Poids du réservoir



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Depuis G, tracer le poids vertical vers le bas, sur 9,81 cm.

Question 2.3. **Les points A et B étant à la même altitude et la vitesse en A étant nulle, utiliser l'équation de Bernoulli entre A et B pour calculer, en pascals, la pression dynamique pA − pB.**

Dans l'équation de Bernoulli, les termes d'altitude s'annulent car A et B sont à la même hauteur. La vitesse en A est nulle, donc $p_A - p_B = \frac{1}{2}\rho v_B^2$. On convertit d'abord 90 km/h en m/s : 90 ÷ 3,6 = 25 m·s^{-1}. Avec ρ_{air} = 1,3 kg·m^{-3}, la pression dynamique vaut ½ × 1,3 × 25² = 406,25 Pa.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$p_A - p_B \approx 406$ Pa

Question 2.4. **Déduire de la pression dynamique la valeur, en newtons, de la force exercée par le vent sur le réservoir.**

La relation entre pression et force est p = F/S, donc F = pS. La surface exposée au vent est celle du rectangle : S = 1,00 × 0,80 = 0,80 m². En utilisant la pression dynamique trouvée à la question précédente, F = 406,25 × 0,80 = 325 N. La force exercée sur le réservoir est horizontale et orientée dans le sens du vent indiqué sur l'annexe.

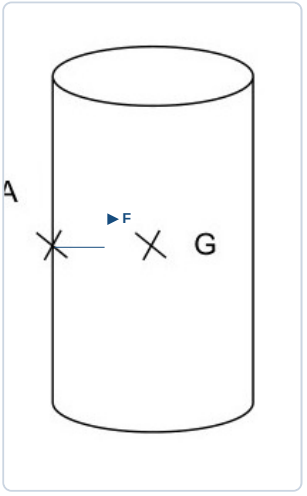
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

F = 325 N

Question 2.5. **Représenter la force F du vent sur le schéma de l'annexe en respectant le sens du vent et l'échelle indiquée.**

Sur l'annexe, le sens du vent est vers la droite. La force qu'il exerce sur le réservoir est donc horizontale et dirigée vers la droite. Sa valeur est 325 N ; avec l'échelle de 1 cm pour 500 N, sa longueur vaut 325 ÷ 500 = 0,65 cm. Le vecteur est appliqué sur la face exposée au vent. Le visuel le place sur la face du réservoir.

Force du vent



✓ RÉPONSE À RETENIR

Tracer sur la face exposée une flèche horizontale vers la droite de 0,65 cm.

Question 2.6. Déterminer s'il existe un risque de basculement dans les conditions étudiées. Calculer le rapport F/P, le comparer au seuil de 0,8 et justifier la réponse.

Le critère donné exclut le risque de basculement lorsque F/P est inférieur à 0,8. Avec F = 325 N et P = 4 905 N, le rapport vaut 325 ÷ 4 905 ≈ 0,066. Cette valeur est nettement inférieure à 0,8. Le réservoir ne présente donc pas de risque de basculement dans les conditions étudiées.

✓ RÉPONSE À RETENIR

F/P ≈ 0,066 < 0,8 : aucun risque de basculement.

3. Machine frigorifique

L'exercice porte sur une machine frigorifique à air comprimé utilisée pour refroidir un bâtiment, l'air étant assimilé à un gaz parfait. Le diagramme de Clapeyron et le tableau des états A, B, C et D servent à identifier les transformations, calculer les grandeurs d'état et établir les échanges thermiques et mécaniques du cycle.

Question 3.1. Donner le nom des transformations BC et DA représentées dans le cycle de Clapeyron.

Sur le diagramme de Clapeyron, BC et DA sont représentées par des segments horizontaux. Sur un diagramme pression-volume, l'axe vertical correspond à la pression : un segment horizontal indique donc que la pression ne varie pas pendant la transformation. Une transformation à pression constante est appelée transformation isobare. Cette propriété distingue BC et DA des transformations AB et CD, qui sont données comme adiabatiques.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> BC et DA sont des transformations isobares.

Question 3.2. Calculer le nombre de moles n d'air de l'installation et arrondir le résultat à 0,1.

À l'état A, on connaît la pression, le volume et la température. La loi des gaz parfaits est $pV = nRT$, donc $n = pV/(RT)$. En remplaçant par les données de A et $R = 8{,}31$: $n = (2 \times 10^5 \times 0{,}2)/(8{,}31 \times 298) = 16{,}15$ mol. Arrondi au dixième demandé, l'installation contient 16,2 mol d'air.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> n = 16,2 mol.

Question 3.3. En utilisant la loi des gaz parfaits et le fait que n et R sont constants, montrer que la pression pB est égale à 5,1 × 10⁵ Pa.

Pour une même quantité de gaz, la loi des gaz parfaits donne $pV/T = nR$, qui reste constant puisque n et R ne varient pas. Entre A et B, on obtient donc $pB = pA \times VA \times TB/(VB \times TA)$. La substitution donne $pB = (2 \times 10^5 \times 0{,}2 \times 348)/(0{,}092 \times 298) = 507\,733$ Pa, soit environ $5{,}1 \times 10^5$ Pa.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $p_B \approx 5{,}1 \times 10^5$ Pa.

Question 3.4. Sachant qu'une transformation adiabatique se déroule sans échange de chaleur avec l'extérieur, déduire en joules les quantités de chaleur QAB et QCD.

Les transformations AB et CD sont indiquées comme adiabatiques. Une transformation adiabatique se déroule sans échange de chaleur avec l'extérieur : par définition, la chaleur échangée est donc nulle pour chacune. Il n'est pas nécessaire de calculer les températures ni les variations de volume pour répondre à cette question. Les

valeurs demandées sont identiques, que l'air soit comprimé de A à B ou détendu de C à D.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$Q_{AB} = 0$ J et $Q_{CD} = 0$ J.

Question 3.5. Vérifier que le volume VC est égal à 0,082 m³, avec un résultat arrondi à 10^{-3}.

BC est isobare, donc, pour une quantité d'air constante, *V/T* reste constant. On utilise les données des états B et C : *VC = VB × TC/TB = 0,092 × 310/348 = 0,08195* m³. Le volume doit être arrondi au millième de mètre cube. On obtient ainsi *VC = 0,082* m³, conformément à la valeur à vérifier.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$V_C = 0{,}082$ m³.

Question 3.6. Calculer, en joules et à l'unité près, la quantité de chaleur QBC.

À pression constante, la chaleur échangée est donnée par *QBC = nCair(TC − TB)*. On emploie *n = 16,2* mol, arrondi au dixième à la question 3.2, et *Cair = 51,85* J·mol^{-1}·K^{-1}. Ainsi, *QBC = 16,2 × 51,85 × (310 − 348) = −31 918,86* J. Arrondi à l'unité, le signe négatif indique que l'air cède de la chaleur.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$Q_{BC} = -31\,919$ J.

Question 3.7. Calculer le travail échangé WBC au cours de la transformation de l'air de l'état B à l'état C.

À pression constante, le travail échangé est *WBC = −pB(VC − VB)*. En utilisant les valeurs arrondies obtenues précédemment, *pB = 5,1 × 10⁵* Pa, *VC = 0,082* m³ et *VB = 0,092* m³. Le calcul donne *WBC = −510 000 × (0,082 − 0,092) = 5 100* J. Le travail est positif car le volume diminue.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$W_{BC} = 5\,100$ J.

Bilan énergétique du cycle

Question 3.8.1. À partir des échanges donnés et des résultats obtenus pour les transformations, calculer en joules la quantité de chaleur totale QTOT et le travail total WTOT échangés.

Le bilan du cycle s'obtient en additionnant les échanges des quatre transformations, avec leurs signes. Pour la chaleur, $QTOT = QAB + QBC + QCD + QDA = 0 - 31\,919 + 0 + 27\,719 = -4\,200$ J. Pour le travail, $WTOT = WAB + WBC + WCD + WDA = 34\,600 + 5\,100 - 31\,100 - 4\,400 = 4\,200$ J. Les deux totaux sont opposés.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $Q_{TOT} = -4\,200$ J ; $W_{TOT} = 4\,200$ J.

Question 3.8.2. À partir du bilan des échanges thermiques et mécaniques, indiquer quelle conclusion peut être tirée.

Les échanges totaux vérifient $QTOT + WTOT = -4\,200 + 4\,200 = 0$ J. Sur un cycle complet, l'air revient à son état initial : sa variation d'énergie interne est nulle. Le travail reçu par l'air est compensé par une quantité égale de chaleur cédée à l'extérieur. Le bilan est donc cohérent avec la conservation de l'énergie.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le cycle reçoit 4 200 J de travail et cède 4 200 J de chaleur ; le bilan énergétique est équilibré.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2014)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve E4-U40 Sciences du BP Monteur Dépanneur en Froid et Climatisation, session 2014, code BP-SC.1, dure 2 heures et a un coefficient 2. Elle étudie l'isolation thermique d'un bâtiment, la stabilité d'un réservoir soumis au vent et le cycle d'une machine frigorifique à air comprimé. Les compétences évaluées couvrent les calculs de résistance et de flux thermiques, la mécanique des fluides et les bilans énergétiques.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- La résistance thermique d'une paroi multicouche est la somme des résistances superficielles et des résistances de chaque couche, calculées par e/λ.
- Le coefficient de transmission thermique est U = 1/R ; le flux à travers une paroi vaut Φ = U·ΔT·S.
- À altitude égale, Bernoulli relie la différence de pression à la différence des termes cinétiques ; la force sur une surface vaut F = Δp·S.
- Pour un gaz parfait, pV = nRT ; à pression constante, Q = nCpΔT et W = −pΔV selon la convention du sujet.

Points de vigilance & attentes du jury

- Convertir les épaisseurs en mètres et vérifier les unités des conductivités, résistances thermiques et coefficients de transmission.
- Pour comparer une paroi à Umax, calculer U = 1/R puis comparer les valeurs dans le bon sens.
- Convertir la vitesse du vent en $m \cdot s^{-1}$ et représenter les forces avec le bon sens, le point d'application et l'échelle demandés.
- Respecter les signes de Q et W, les transformations du cycle et les arrondis explicitement demandés.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer la résistance thermique totale des murs ?

Additionnez les résistances superficielles interne et externe aux résistances des couches, calculées par e/λ. Convertissez les épaisseurs en mètres, utilisez les conductivités du tableau et exprimez le résultat en $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$.

Q : Comment déterminer la pression dynamique du vent avec Bernoulli ?

À altitude égale, les termes de pesanteur s'annulent dans Bernoulli. Comme la vitesse en A est nulle, la différence de pression entre A et B se déduit de pair $vB^2/2$, après conversion de la vitesse du vent en $m \cdot s^{-1}$.

Q : Comment organiser les calculs du cycle frigorifique dans le temps imparti ?

Commencez par identifier les transformations sur le diagramme, puis calculez les états avec la loi des gaz parfaits. Traitez séparément chaleur et travail pour chaque étape avant d'établir les totaux et de conclure.

Q : Quels critères de présentation peuvent compter dans cette épreuve ?

Le sujet précise que la clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviennent de façon importante dans l'appréciation. Présentez les formules, les unités, les substitutions numériques, les arrondis demandés et les justifications.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bpfroid.fr/assets/annales/bp-froid/U40 - Sciences physiques/2014/BP Froid - U40 - Sciences physiques - Session 2014 - 1-Sujet.pdf

Ressources BP Froid : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

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.