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 Physiques

Session 2015 • Code sujet : **BP-SC.1** • Durée : **2 h 00** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Pression dans une chambre froide** (4 questions) — **Page 3**
2. **Déperditions thermiques dans une chambre froide** (8 questions) — **Page 5**
3. **Étude de l’évaporateur** (3 questions) — **Page 9**
4. **Soudage oxyacétylénique OA** (6 questions) — **Page 11**
5. **Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 13**

Sujet officiel (PDF) : https://bpfroid.fr/assets/annales/bp-froid/U40 - Sciences physiques/2015/BP Froid - U40 - Sciences physiques - Session 2015 - 1-Sujet.pdf

1. Pression dans une chambre froide

Une chambre froide contient de l'air assimilé à un gaz parfait et fonctionne à volume constant pendant un dégivrage. Les questions portent sur l'évolution de la pression avec la température, l'état de pression de la chambre et la force exercée sur sa porte.

Question 1.1. À partir des températures initiale et finale de l'air et de la pression atmosphérique initiale, calculer en pascals la pression intérieure après dégivrage, en utilisant les températures en kelvins et en arrondissant à l'unité.

À volume constant, $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$, donc $P_2 = P_1 \times \frac{T_2}{T_1}$. En kelvins, $T_1 = -10 + 273{,}15 = 263{,}15\ \mathrm{K}$ et $T_2 = -6 + 273{,}15 = 267{,}15\ \mathrm{K}$. Ainsi, $P_2 = 101325 \times \frac{267{,}15}{263{,}15} = 102865{,}186\ \mathrm{Pa}$, soit $102865\ \mathrm{Pa}$ à l'unité près.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $P_2 = 102865\ \mathrm{Pa}$

Question 1.2. Indiquer si, après le dégivrage, la chambre froide est en dépression ou en surpression.

La température de l'air augmente tandis que le volume reste constant. La relation entre pression et température absolue montre que la pression intérieure augmente également.

- Pression initiale : égale à la pression atmosphérique.
- Après dégivrage : pression intérieure supérieure à la pression extérieure.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La chambre froide est en surpression.

Question 1.3. Avec une différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur de 1541 Pa et une surface de porte de 9 m², calculer en newtons la valeur de la force liée à la surpression exercée sur la porte.

La différence de pression vaut $1541\ \mathrm{Pa}$ et la surface de la porte $9\ \mathrm{m^2}$. Avec $P = \frac{F}{S}$, on obtient $F = P \times S = 1541 \times 9 = 13869\ \mathrm{N}$. Les unités sont cohérentes : $\mathrm{Pa} \times \mathrm{m^2} = \mathrm{N}$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $F = 13869\ \mathrm{N}$

Question 1.4. Préciser si la force exercée sur la porte est dirigée de l'intérieur vers l'extérieur ou de l'extérieur vers l'intérieur, et justifier la réponse.

La pression est plus élevée à l'intérieur qu'à l'extérieur. La force résultante due à cette différence de pression pousse la porte du milieu où la pression est la plus forte vers celui où elle est la plus faible.

Elle est donc dirigée de l'intérieur vers l'extérieur.

✓ RÉPONSE À RETENIR

La force s’exerce de l’intérieur vers l’extérieur.

2. Déperditions thermiques dans une chambre froide

L'étude concerne les transferts thermiques d'une chambre froide dont les parois sont constituées de plusieurs matériaux, ainsi que sa ventilation mécanique contrôlée (VMC) double flux. Il faut évaluer la résistance et les flux thermiques, puis estimer l'énergie et le coût annuels nécessaires au maintien de la température intérieure.

Partie A : Déperdition thermique à travers une paroi

Question 2.1. À partir du schéma de la paroi multicouche, des épaisseurs et des conductivités thermiques données, calculer en $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ la résistance thermique totale de la paroi de la chambre froide. Arrondir le résultat à l'unité.

Les résistances des couches traversées et les résistances superficielles s'additionnent. Je convertis d'abord les épaisseurs du schéma en mètres, puis j'applique, pour chaque matériau, la relation résistance = épaisseur divisée par conductivité thermique.

Élément	Calcul	Résistance ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$)
Surfaces intérieure et extérieure	0,11 + 0,06	0,1700
Enduit	0,02 / 1,4	0,0143
Béton	0,20 / 1,75	0,1143
Mousse polyuréthane	0,20 / 0,03	6,6667
Acier	0,01 / 26	0,0004

La somme vaut 6,9657 $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$. Arrondie à l'unité comme demandé, la résistance thermique totale est donc 7 $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Résistance thermique totale de la paroi : 7 $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$, après arrondi à l'unité.

Question 2.2. Pour une surface de paroi de 85 m², déduire de la question précédente le flux de chaleur échangé à travers la paroi, en watts. Arrondir le résultat à l'unité.

Le flux thermique se calcule avec la relation $\Phi = S \times (\theta_{ext} - \theta_{int}) / R$, où S vaut 85 m² et R est la résistance arrondie obtenue à la question précédente, soit 7 $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$. L'écart de température est 22 − (−10) = 32 K. Ainsi, $\Phi = 85 \times 32 / 7 = 388{,}6$ W. L'unité est bien le watt, car il s'agit d'un flux de chaleur exprimé comme une puissance. Après arrondi au watt, le flux vaut 389 W.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Pour une surface de 85 m², le flux thermique à travers la paroi est de 389 W, à l'unité près.

Partie B : Étude de la VMC

Question 2.3. Expliquer l'intérêt d'une VMC double flux qui abaisse, par échange thermique, la température de l'air extérieur entrant de 22 °C à 8 °C.

Une VMC double flux transfère une partie de la chaleur de l'air extrait vers l'air neuf entrant, sans mélanger les deux flux. Ici, l'air extérieur est abaissé de 22 °C à 8 °C avant son entrée dans la chambre froide, dont l'air est à −10 °C.

- L'air neuf entrant est donc moins chaud et demande moins de refroidissement.
- Les déperditions liées au renouvellement d'air diminuent, ce qui réduit la puissance nécessaire au maintien de la température intérieure.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La VMC double flux récupère de la chaleur et diminue les déperditions dues au renouvellement d'air.

Question 2.4. À partir du débit volumique de 108 m³ par heure, calculer le débit volumique Qv de la VMC en mètres cubes par seconde.

Le débit volumique donné est de 108 m³ par heure. Pour l'exprimer en mètres cubes par seconde, je convertis la durée : 1 h = 3 600 s. Je divise donc le débit horaire par 3 600, sans modifier l'unité de volume : Q_v = 108 / 3 600 = 0,030 $m^3 \cdot s^{-1}$. Cette valeur indique le volume d'air qui traverse la VMC en une seconde. Le débit volumique demandé est donc de 0,030 $m^3 \cdot s^{-1}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Débit volumique de la VMC : Q_v = 0,030 $m^3 \cdot s^{-1}$.

Question 2.5. En déduire le débit massique Qm de la VMC en kilogrammes par seconde.

Le débit massique correspond à la masse d'air qui circule chaque seconde. Il se déduit du débit volumique calculé précédemment en le multipliant par la masse volumique donnée : $Q_m = \rho_{air} \times Q_v$. La multiplication des unités $kg \cdot m^{-3}$ par $m^3 \cdot s^{-1}$ donne bien $kg \cdot s^{-1}$.

Donnée ou calcul	Valeur
Masse volumique de l'air	1,2 $kg \cdot m^{-3}$
Débit volumique	0,030 $m^3 \cdot s^{-1}$
Débit massique	1,2 × 0,030 = 0,036 $kg \cdot s^{-1}$

Le débit massique de la VMC est donc de 0,036 $kg \cdot s^{-1}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Débit massique de l'air dans la VMC : $Q_m = 0{,}036\ kg{\cdot}s^{-1}$.

Question 2.6. Vérifier que le flux de chaleur échangé par l'action de la VMC est de 648 W.

La formule fournie est $\Phi_{VMC} = Q_m \times C_{air} \times (\theta_{ext} - \theta_{int})$. L'air entrant est à 8 °C et l'air intérieur à −10 °C, donc l'écart vaut 8 − (−10) = 18 K. Avec $Q_m = 0{,}036\ kg{\cdot}s^{-1}$ et $C_{air} = 1\,000\ J{\cdot}kg^{-1}{\cdot}K^{-1}$, on obtient $\Phi_{VMC} = 0{,}036 \times 1\,000 \times 18 = 648$ W. La valeur annoncée est vérifiée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le flux thermique échangé par la VMC est bien égal à 648 W.

Partie C : Déperdition thermique totale et coût énergétique

Question 2.7. Sachant que le flux total échangé par la chambre froide avec l'extérieur est de 3850 W, calculer en kilowattheures l'énergie totale à fournir pour maintenir une température de -10 °C pendant 20 heures par jour durant 365 jours. Arrondir le résultat à l'unité.

La puissance totale de 3 850 W doit d'abord être convertie en kilowatts : 3 850 / 1 000 = 3,85 kW. La durée annuelle est le produit des 20 heures de fonctionnement quotidiennes par les 365 jours, soit 7 300 h. J'applique ensuite la relation E = P × t pour obtenir l'énergie consommée sur l'année.

Étape	Calcul	Résultat
Durée annuelle	20 × 365	7 300 h
Énergie annuelle	3,85 × 7 300	28 105 kWh

Le résultat est déjà un nombre entier : l'arrondi à l'unité ne le modifie pas.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Énergie annuelle nécessaire au maintien de la température : 28 105 kWh.

Question 2.8. Sachant que le coût du kilowattheure est de 0,12 €, calculer en euros le coût annuel de cette consommation d'énergie.

Le coût annuel se calcule en multipliant l'énergie consommée par le prix d'un kilowattheure. La consommation annuelle obtenue à la question précédente est de 28 105 kWh et le tarif indiqué est de 0,12 € par kWh. Ainsi, C = 28 105 × 0,12 = 3 372,60 €. Les unités kWh s'annulent dans le produit, et le coût obtenu s'exprime en euros pour l'année de fonctionnement considérée.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Coût annuel de la consommation d’énergie : 3 372,60 €.

3. Étude de l’évaporateur

L’évaporateur de la chambre froide possède une surface de 30 m² uniformément recouverte de glace sur 4 mm d’épaisseur, à -10 °C. Les questions évaluent la masse de glace, la chaleur nécessaire pour la réchauffer et la faire fondre, puis la capacité de la puissance installée à respecter le temps demandé.

Question 3.1. À partir de la surface de l’évaporateur, de l’épaisseur de glace et de la masse volumique fournie, calculer en kilogrammes la masse de glace présente.

La couche uniforme a pour volume **V = S × e**. On convertit d’abord l’épaisseur en mètres : 4 mm = 0,004 m. Donc V = 30 × 0,004 = 0,12 m³. Avec la masse volumique de la glace, **m = ρ × V** : m = 900 × 0,12 = 108 kg. La masse calculée est donc de 108 kg.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> **La masse de glace présente sur l’évaporateur est de 108 kg.**

Question 3.2. En considérant qu’il se forme environ 110 kg de glace, calculer en kilojoules la quantité totale de chaleur nécessaire pour la faire fondre.

Pour fondre, la glace à −10 °C doit d’abord être réchauffée jusqu’à 0 °C, puis subir la fusion. On additionne la chaleur sensible, **Q = m × C × ΔT**, et la chaleur latente, **Q = m × L**. La masse à utiliser est ici celle donnée par la question : 110 kg.

Étape	Calcul	Énergie
Réchauffement	110 × 2,1 × 10	2 310 kJ
Fusion	110 × 335	36 850 kJ
Total	2 310 + 36 850	39 160 kJ

Il faut fournir environ 39 160 kJ pour réchauffer puis faire fondre la glace.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> **La quantité totale de chaleur nécessaire à la fonte des 110 kg de glace est de 39 160 kJ.**

Question 3.3. Déterminer si la puissance de dégivrage de 22 kW est suffisante pour réaliser le dégivrage en moins de 30 minutes. Justifier la réponse.

La durée théorique est donnée par **t = Q ÷ P**. On utilise l’énergie calculée pour 110 kg de glace, soit 39 160 kJ. Comme 1 kW = 1 kJ/s, la puissance de 22 kW correspond à 22 kJ/s.

t = 39 160 ÷ 22 = 1 780 s, soit 1 780 ÷ 60 ≈ 29,7 min. Cette durée est inférieure à 30 min : la puissance est suffisante, avec une marge limitée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Oui, le dégivrage dure environ 29,7 min, donc moins de 30 min.

4. Soudage oxyacétylénique OA

L'installation de la chambre froide a nécessité l'utilisation d'un chalumeau oxyacétylénique alimenté en oxygène et en acétylène, également appelé éthyne. L'exercice porte sur la sécurité des bouteilles, l'équation de combustion complète et les quantités de dioxyde de carbone produites lors du soudage.

Question 4.1. Indiquer pourquoi il est important de ne pas laisser une bouteille d'oxygène au soleil ou exposée à une forte température.

L'oxygène est un comburant, mais il ne brûle pas lui-même. Si la bouteille est exposée au soleil ou à une forte chaleur, le gaz se réchauffe et sa pression augmente. Une pression excessive peut endommager la bouteille, provoquer une fuite ou entraîner sa rupture. Il faut donc entreposer la bouteille à l'abri de la chaleur et respecter les consignes de stockage des gaz sous pression.

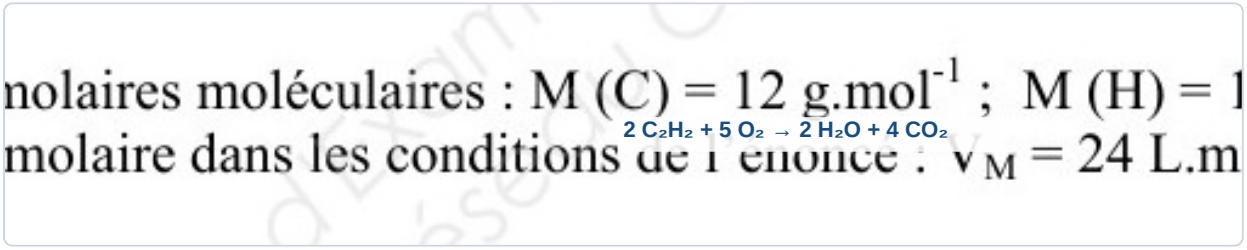
✓ RÉPONSE À RETENIR

La chaleur augmente la pression dans la bouteille et peut provoquer une fuite ou sa rupture.

Question 4.2. Recopier et équilibrer l'équation de la combustion complète de l'éthyne C_2H_2 dans l'oxygène, sachant qu'elle produit de la vapeur d'eau et du dioxyde de carbone.

On équilibre en conservant le même nombre d'atomes de chaque élément de part et d'autre. En plaçant 2 devant C_2H_2, on obtient 4 atomes de carbone et 4 d'hydrogène. Il faut donc 4 CO_2 et 2 H_2O. Les produits contiennent alors 10 atomes d'oxygène au total, soit 5 molécules de O_2 dans les réactifs. L'équation équilibrée conserve ainsi les atomes de C, H et O.

Équation de combustion équilibrée



✓ RÉPONSE À RETENIR

Combustion complète équilibrée : $2\ C_2H_2 + 5\ O_2 \rightarrow 2\ H_2O + 4\ CO_2$.

4.3.

Question 4.3.1. Trois heures de soudage nécessitent 937,5 litres de C_2H_2. Calculer le nombre de moles d'acétylène utilisées à partir du volume molaire fourni. Arrondir le résultat à l'unité.

Le volume molaire donné est $V_m = 24\ L \cdot mol^{-1}$. On utilise la relation $n = V / V_m$: $n(C_2H_2) = 937,5\ L / 24\ L \cdot mol^{-1} = 39,0625\ mol$. Après arrondi à l'unité, comme demandé, la quantité d'acétylène utilisée est de 39 mol. Cette valeur arrondie est retenue pour les calculs des questions suivantes.

✓ RÉPONSE À RETENIR

La quantité d'acétylène utilisée, arrondie à l'unité, est de 39 mol.

Question 4.3.2. Calculer le nombre de moles de dioxyde de carbone libérées.

D'après l'équation équilibrée, 2 mol de C_2H_2 produisent 4 mol de CO_2. Le rapport est donc de 2 mol de CO_2 pour 1 mol de C_2H_2. Avec la quantité arrondie à la question précédente : $n(CO_2) = 2 \times 39$ mol = 78 mol. Cette valeur représente la quantité de dioxyde de carbone libérée pendant les trois heures de soudage.

✓ RÉPONSE À RETENIR

La quantité de dioxyde de carbone libérée pendant le soudage est donc de 78 mol.

Question 4.3.3. Déduire le volume, en litres, de dioxyde de carbone produit pendant les trois heures de soudage.

On utilise le volume molaire $V_m = 24$ L·mol^{-1} et la relation $V = n \times V_m$. Avec $n(CO_2) = 78$ mol, on obtient $V(CO_2) = 78$ mol $\times$ 24 L·mol^{-1} = 1 872 L. Le volume produit est celui du dioxyde de carbone formé pendant les trois heures de soudage, dans les conditions données.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le volume de dioxyde de carbone produit pendant les trois heures de soudage est de 1 872 L.

Question 4.4. Citer un risque lié à l'augmentation du volume de dioxyde de carbone dans une pièce fermée ou peu ventilée.

Dans une pièce fermée ou peu ventilée, le dioxyde de carbone peut s'accumuler et diminuer la proportion d'oxygène disponible dans l'air. Une concentration élevée de CO_2 peut provoquer des maux de tête, des difficultés respiratoires, une perte de connaissance et, dans les cas graves, l'asphyxie. Une ventilation adaptée est donc nécessaire pour limiter ce risque lors du soudage.

✓ RÉPONSE À RETENIR

L'accumulation de dioxyde de carbone peut provoquer des difficultés respiratoires et entraîner une asphyxie.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2015)

Bilan de l'épreuve : L'épreuve E4-U40 Sciences Physiques du BP Monteur Dépanneur en Froid et Climatisation, session 2015, code BP-SC.1, dure 2 heures et a un coefficient de 2. Elle étudie une chambre froide, ses parois, sa VMC double flux, son évaporateur et le soudage oxyacétylénique. Les compétences évaluées couvrent la pression, les transferts thermiques, l'énergie, les changements d'état et la stœchiométrie.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- À volume constant pour un gaz parfait, $P_1/T_1 = P_2/T_2$, avec les températures exprimées en kelvins.
- La résistance d'une paroi multicouche est R = rext + Σ(ei/λi) + rint ; le flux thermique vaut Φ = S(θext - θint)/R.
- Pour une ventilation, Qm = ρQv et Φ = Qm·C·(θext - θint) ; convertir les débits en unités cohérentes avant le calcul.
- Le dégivrage combine chaleur sensible Q = mCΔT et chaleur latente Q = mL ; la durée s'obtient avec t = Q/P.

Points de vigilance & attentes du jury

- Convertir les températures en kelvins pour la loi des gaz et les débits horaires en débits par seconde avant les calculs.
- Pour une paroi, convertir les épaisseurs en mètres et associer à chaque couche la conductivité thermique du bon matériau.
- Pour le dégivrage, additionner le chauffage de la glace et sa fusion, puis comparer la durée calculée à 30 minutes.
- Équilibrer l'équation de combustion avant d'utiliser les rapports molaires, puis employer le volume molaire donné.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment convertir les températures avant d'appliquer la loi des gaz parfaits ?

Il faut utiliser les températures absolues en kelvins : T(K) = θ(°C) + 273,15. À volume constant, les pressions sont proportionnelles aux températures absolues, donc $P_1/T_1 = P_2/T_2$.

Q : Comment calculer la résistance thermique d'une paroi composée de plusieurs couches ?

Pour chaque couche, divisez son épaisseur en mètres par sa conductivité thermique λ. Additionnez ces résistances et les résistances superficielles interne et externe, puis appliquez Φ = SΔθ/R pour obtenir le flux.

Q : Comment vérifier si le dégivrage peut durer moins de 30 minutes ?

Calculez l'énergie totale en additionnant la chaleur sensible nécessaire pour réchauffer la glace et la chaleur latente de fusion. Divisez ensuite cette énergie par la puissance en watts et comparez le temps obtenu à 1800 secondes.

Q : Quelles méthodes de calcul et de présentation sont attendues dans cette épreuve ?

L'énoncé valorise la clarté du raisonnement et la qualité de la rédaction. Présentez les formules, les conversions d'unités, les substitutions numériques et les unités des résultats ; respectez les arrondis demandés.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bpfroid.fr/assets/annales/bp-froid/U40 - Sciences physiques/2015/BP Froid - U40 - Sciences physiques - Session 2015 - 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.