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 2009 • Code sujet : **BP-SC.1** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Bilan thermique et pouvoir de congélation (7 questions) **Page 3**

2. Combustion de l’éthane et traitement des gaz d’échappement (8 questions) **Page 6**

3. Écoulement hydraulique et équation de Bernoulli (3 questions) **Page 9**

4. Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 10**

Sujet officiel (PDF) : https://bpfroid.fr/assets/annales/bp-froid/U40 - Sciences physiques/2009/BP Froid - U40 - Sciences physiques - Session 2009 - 1-Sujet.pdf

1. Bilan thermique et pouvoir de congélation

Un congélateur doit refroidir puis congeler 40 kg d'aliments, de 19 °C à -20 °C, en supposant que le changement d'état se produit à 0 °C. Les questions portent sur les échanges de chaleur, la capacité thermique après congélation, la durée du procédé et les performances de l'appareil.

Question 1. Calculer la quantité de chaleur Q_1 retirée aux 40 kg d'aliments lors de leur passage de 19 °C à 0 °C.

La chaleur sensible retirée avant la congélation se calcule avec $Q_1 = mc\Delta T$. Les aliments ont une masse de 40 kg, une capacité thermique massique de 3,35 kJ/(kg·K), et leur température baisse de 19 °C à 0 °C, soit 19 K. On obtient $Q_1 = 40 \times 3,35 \times 19 = 2\,546$ kJ. Cette valeur représente l'énergie cédée par les aliments pendant leur refroidissement jusqu'à la température de congélation.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $Q_1 = 2\,546\ \text{kJ}$

Question 2. Calculer la quantité de chaleur Q_2 retirée aux aliments lors du changement d'état.

Au changement d'état, la température reste à 0 °C et la chaleur retirée est la chaleur latente. La formule fournie est $Q_2 = mL$. On applique cette relation aux 40 kg d'aliments avec $L = 250$ kJ/kg. Le produit masse par chaleur latente donne l'énergie cédée lors de la congélation, en kilojoules.

Donnée	Valeur
Masse m	40 kg
Chaleur latente L	250 kJ/kg
Calcul	40×250

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $Q_2 = 10\,000\ \text{kJ}$

Question 3. La quantité de chaleur totale absorbée par l'évaporateur pour congeler les aliments est de 13 496 kJ. Déterminer la quantité de chaleur Q_3 cédée par les aliments lors de leur passage de 0 °C à -20 °C.

L'évaporateur absorbe la chaleur totale cédée pendant les trois étapes. Les deux premières quantités sont celles calculées précédemment. La chaleur de la dernière étape s'obtient donc par différence :

1. Énergie totale : $Q = 13\,496$ kJ.
2. Refroidissement initial et changement d'état : $Q_1 + Q_2 = 2\,546 + 10\,000 = 12\,546$ kJ.
3. Refroidissement de 0 °C à −20 °C : $Q_3 = 13\,496 - 12\,546 = 950$ kJ.

Cette dernière énergie est cédée par les aliments déjà congelés.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$Q_3 = 950\ \text{kJ}$

Question 4. Calculer, en J/(kg·K), la capacité thermique massique des aliments après congélation et arrondir le résultat à l'unité.

Pour les aliments congelés, on utilise $Q_3 = mc\Delta T$, donc $c = Q_3/(m\Delta T)$. Entre 0 °C et −20 °C, la variation de température vaut 20 K. On convertit d'abord l'énergie : 950 kJ = $950\,000$ J. Ainsi, $c = 950\,000/(40 \times 20) = 1\,187,5$ J/(kg·K). Arrondi à l'unité, la capacité thermique massique après congélation vaut 1 188 J/(kg·K).

✓ RÉPONSE À RETENIR

$c = 1\,188\ \text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

Question 5. La puissance thermique absorbée par l'évaporateur est de 750 W. Calculer, en heures, la durée nécessaire à cette congélation et arrondir le résultat à l'unité.

La relation entre énergie, puissance et durée est $E = Pt$, donc $t = E/P$. La chaleur totale vaut 13 496 kJ, soit 13 496 000 J, et la puissance est de 750 W. Le calcul donne $t = 13\,496\,000/750 = 17\,994,7$ s. En heures, $17\,994,7/3\,600 = 4,999$ h. La durée arrondie à l'unité est donc de 5 h.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Durée nécessaire : 5 h

Question 6. Calculer, en kg/24 h, le pouvoir de congélation du congélateur, égal à la masse d'aliments congelés en 24 heures.

Le pouvoir de congélation correspond à la masse traitée en 24 h. Les 40 kg sont congelés en $13\,496 \times 1\,000/750/3\,600$ heures, soit environ 4,999 h. Pour éviter l'effet de l'arrondi intermédiaire à 5 h, on utilise directement cette durée non arrondie : $m_{24} = 40 \times 24/4,9985 \approx 192,1$ kg. Arrondi au kilogramme, le congélateur traite 192 kg en 24 h.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Pouvoir de congélation : 192 kg/24 h

Question 7. Un congélateur est supposé performant lorsque son pouvoir de congélation atteint 180 kg/24 h. Évaluer les performances de l'appareil étudié et justifier la réponse.

Le critère de performance est un pouvoir de congélation d'au moins 180 kg/24 h. L'appareil atteint 192 kg/24 h. La comparaison est directe :

- Valeur de l’appareil : 192 kg/24 h.
- Seuil de performance : 180 kg/24 h.
- Écart : $192 - 180 = 12$ kg/24 h.

Le pouvoir mesuré dépasse le seuil demandé. Selon le critère de l’énoncé, le congélateur est donc performant.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> L’appareil est performant : 192 kg/24 h, soit 12 kg/24 h au-dessus du seuil.

2. Combustion de l’éthane et traitement des gaz d’échappement

L’exercice porte sur une réaction de combustion dans un convertisseur catalytique, qui traite les gaz d’échappement d’un moteur afin de limiter les rejets polluants. À partir de l’éthane, il faut équilibrer la réaction et déterminer des quantités de matière, un volume de dioxyde de carbone et la chaleur dégagée.

Question 1. Recopier et équilibrer l’équation bilan de la réaction chimique $C_2H_6 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$.

On équilibre chaque élément : 2 atomes de carbone imposent 2 CO_2, et 6 atomes d’hydrogène imposent 3 H_2O pour une molécule d’éthane. Il faut alors 7 atomes d’oxygène à gauche, soit 7/2 O_2. Pour obtenir des coefficients entiers, on multiplie tous les coefficients par 2. Les atomes de C, H et O sont ainsi conservés de part et d’autre de l’équation.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $2\ C_2H_6 + 7\ O_2 \rightarrow 4\ CO_2 + 6\ H_2O$

2.

Question 2.a. Repérer l’hydrocarbure entrant en jeu dans la réaction précédente et donner sa formule brute.

L’hydrocarbure présent parmi les réactifs est C_2H_6. La formule générale d’un alcane est C_nH_{2n+2}. Pour n = 2, le nombre d’atomes d’hydrogène vaut 2 × 2 + 2 = 6. La formule brute recherchée est donc C_2H_6. Cette formule correspond à l’éthane, dont la combustion est représentée dans l’équation équilibrée de la question précédente.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Formule brute de l’hydrocarbure : C_2H_6.

Question 2.b. Donner le nom et la formule développée de l’hydrocarbure.

La formule C_2H_6 correspond à l’éthane. Les deux atomes de carbone sont liés par une liaison simple. Chacun porte trois atomes d’hydrogène, ce qui donne la formule semi-développée $CH_3–CH_3$. La représentation ci-dessous montre les liaisons entre les atomes et respecte la valence de chaque carbone.

```
  H   H
  |   |
H-C-C-H
  |   |
  H   H
```

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Nom : éthane. Formule développée : $H_3C–CH_3$, avec une liaison simple C–C.

Question 2.c. **Calculer la masse molaire de l'hydrocarbure.**

La masse molaire de l'éthane est la somme des masses molaires de ses atomes. Avec M(C) = 12 g/mol et M(H) = 1 g/mol : $M(C_2H_6) = 2 \times 12 + 6 \times 1 = 24 + 6 = 30$ g/mol. L'unité est bien le gramme par mole, comme pour les masses molaires atomiques fournies.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $M(C_2H_6) = 30$ g/mol.

Question 2.d. **Calculer le nombre de moles d'éthane contenues dans 500 g d'éthane et arrondir le résultat au dixième.**

On utilise la relation n = m/M, avec m = 500 g et $M(C_2H_6) = 30$ g/mol. Ainsi, n = 500/30 = 16,666… mol. Après arrondi au dixième, la quantité de matière contenue dans les 500 g d'éthane vaut 16,7 mol. Le calcul est effectué avec les grammes et les grammes par mole, ce qui donne des moles.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $n(C_2H_6) = 16,7$ mol.

Question 2.e. **Déterminer le nombre de moles de dioxyde de carbone dégagées lors de la combustion de 500 g d'éthane.**

L'équation équilibrée montre que 2 mol d'éthane produisent 4 mol de CO_2, soit 2 mol de CO_2 par mole d'éthane. Pour éviter une erreur d'arrondi, on reprend la quantité exacte d'éthane calculée à la question précédente : $n(CO_2) = 2 \times (500/30) = 33,333…$ mol. Cette valeur correspond au dioxyde de carbone produit par la combustion complète des 500 g d'éthane.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $n(CO_2) = 33,3$ mol environ.

Question 2.f. **En déduire le volume, en litres, de dioxyde de carbone libéré et arrondir le résultat à l'unité.**

Le volume de CO_2 se calcule avec $V = n \times V_m$, où le volume molaire vaut 24 L/mol. En utilisant la quantité non arrondie issue de la stœchiométrie : $V = (2 \times 500/30) \times 24 = 800$ L. L'arrondi à l'unité ne modifie pas cette valeur. On obtient le volume de gaz libéré dans les conditions indiquées.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $V(CO_2) = 800$ L.

Question 2.g. Le pouvoir calorifique de l’éthane est de 1 560 kJ/mol. Calculer la quantité de chaleur dégagée par la combustion de 500 g d’éthane.

La chaleur dégagée est le produit de la quantité de matière d’éthane par son pouvoir calorifique : Q = n × 1 560 kJ/mol. Pour 500 g, n = 500/30 mol, donc Q = (500/30) × 1 560 = 26 000 kJ. Le résultat est exprimé en kilojoules, unité du pouvoir calorifique fourni.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Q = 26 000 kJ.

3. Écoulement hydraulique et équation de Bernoulli

Une pompe débite un fluide dans un flexible horizontal de 18 mm de diamètre, à une pression de 75 bars. Il faut calculer la vitesse d'écoulement, interpréter l'équation de Bernoulli puis déterminer la vitesse d'expulsion du fluide après la rupture du flexible.

Question 1. À partir du débit de 54 L/min et du diamètre de 18 mm, calculer en m/s la vitesse v_1 d'écoulement du fluide à la sortie de la pompe. Arrondir le résultat à 10^{-1}.

On convertit le débit : $Q = 54\ \text{L/min} = 54/(1000 \times 60) = 0{,}0009\ \text{m}^3/\text{s}$. Le rayon du flexible est $r = 18/2 = 9\ \text{mm} = 0{,}009\ \text{m}$, donc sa section vaut $S = \pi r^2 \approx 0{,}0002545\ \text{m}^2$. Comme $Q = v_1 S$, $v_1 = Q/S = 0{,}0009/0{,}0002545 \approx 3{,}5368\ \text{m/s}$, soit $3{,}5\ \text{m/s}$ au dixième.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $v_1 = 3{,}5\ \text{m/s}$

Question 2. Indiquer ce que traduit l'équation de Bernoulli et ce que représente l'expression ½ρv².

L'équation de Bernoulli traduit la conservation de l'énergie mécanique du fluide en écoulement. L'expression $\frac{1}{2}\rho v^2$ est l'énergie cinétique par unité de volume, appelée aussi pression dynamique. Elle s'exprime en pascals.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Bernoulli traduit la conservation de l'énergie mécanique. $\frac{1}{2}\rho v^2$ représente l'énergie cinétique par unité de volume, ou pression dynamique.

Question 3. Après la rupture du flexible, situé à la même hauteur que la pompe, le fluide passe d'une pression de 75 bars et d'une vitesse de 3,6 m/s à la pression atmosphérique et à une vitesse v_2. Calculer v_2 en m/s et arrondir le résultat à 10^{-1}.

Les deux points étant à la même hauteur, les termes de hauteur s'annulent dans l'équation de Bernoulli. La pression atmosphérique vaut $1\ \text{bar}$, donc $p_1 - p_2 = (75 - 1) \times 10^5 = 7{,}4 \times 10^6\ \text{Pa}$. Ainsi, $v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2(p_1 - p_2)/\rho} = \sqrt{3{,}6^2 + 2 \times 7{,}4 \times 10^6/800} \approx 136{,}06\ \text{m/s}$. Au dixième, la vitesse d'expulsion est $136{,}1\ \text{m/s}$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $v_2 = 136{,}1\ \text{m/s}$

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2009)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve E4 - U40 de sciences physiques du BP Monteur dépanneur en froid et climatisation, session 2009, porte le code BP-SC.1. D'une durée de 2 heures et de coefficient 2, elle étudie la congélation d'aliments, la combustion de l'éthane et l'écoulement hydraulique. Elle évalue les bilans thermiques, la stœchiométrie, les conversions d'unités et l'application de Bernoulli.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Lors d'une variation de température sans changement d'état, la chaleur échangée s'évalue avec $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$.
- Lors d'un changement d'état, la chaleur échangée se calcule avec $Q = m \cdot L$.
- Dans une équation chimique équilibrée, les coefficients relient les quantités de matière; le volume gazeux se calcule avec $V = n \cdot V_m$.
- À même hauteur, l'équation de Bernoulli s'écrit $p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$.

Points de vigilance & attentes du jury

- Convertir les masses, débits, pressions, puissances et durées dans des unités cohérentes avant le calcul.
- Distinguer le refroidissement avant congélation, le changement d'état et le refroidissement après congélation.
- Équilibrer la réaction avant d'utiliser les coefficients pour relier les quantités d'éthane et de CO_2.
- Pour Bernoulli, utiliser les pressions en pascals et respecter l'arrondi au dixième demandé.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment organiser le bilan thermique d'une congélation ?

Séparez le refroidissement avant congélation, le changement d'état et le refroidissement après congélation. Appliquez $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ aux variations de température et $Q = m \cdot L$ au changement d'état, puis combinez les contributions pour établir le bilan.

Q : Comment passer de la quantité d'éthane au volume de dioxyde de carbone ?

Équilibrez d'abord la combustion, puis utilisez les coefficients de l'équation pour relier les moles d'éthane et de CO_2. Convertissez ensuite les moles de CO_2 en volume avec le volume molaire fourni, en respectant les unités et l'arrondi demandé.

Q : Comment gérer les trois exercices pendant les deux heures ?

Les exercices sont indépendants et peuvent être traités séparément. L'épreuve dure deux heures, vaut 20 points au total et autorise la calculatrice. Répartissez votre temps entre les calculs, les conversions et la vérification des réponses.

Q : Qu'attend le jury dans la présentation des calculs ?

Le sujet précise que la clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction comptent dans l'appréciation. Présentez les formules, les valeurs utilisées et les unités, puis respectez les arrondis explicitement demandés.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bpfroid.fr/assets/annales/bp-froid/U40 - Sciences physiques/2009/BP Froid - U40 - Sciences physiques - Session 2009 - 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.