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

Épreuve E4 U4 : Sciences Physiques

Session 2011 • Code sujet : **BP-SC.2** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Codification des fluides frigorigènes et écologie (6 questions) **Page 3**

2. Production du fluide frigorigène R134a (4 questions) **Page 6**

3. Échanges thermiques et loi de Mariotte (5 questions) **Page 8**

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/2011/BP Froid - U40 - Sciences physiques - Session 2011 - 1-Sujet.pdf

1. Codification des fluides frigorigènes et écologie

L'exercice étudie la composition chimique et la codification des fluides frigorigènes R22, R134a et R114. Il aborde aussi leur classement écologique et leur potentiel de destruction de la couche d'ozone, avec des tableaux à compléter en annexe.

Question a). En utilisant les informations données et en détaillant les calculs, déterminer la formule chimique brute de chacun des fluides R22, R134a et R114.

Dans le code Rxyz, le nombre de carbones vaut x + 1, celui des hydrogènes y - 1 et celui des fluors z. Pour R22, x est absent, donc C = 0 + 1 = 1 ; H = 2 - 1 = 1 ; F = 2. Pour R134a : C = 1 + 1 = 2 ; H = 3 - 1 = 2 ; F = 4. Pour R114 : C = 1 + 1 = 2 ; H = 1 - 1 = 0 ; F = 4. Le carbone étant tétravalent, les liaisons restantes sont occupées par le chlore.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> R22 : $CHClF_2$; R134a : $C_2H_2F_4$; R114 : $C_2Cl_2F_4$.

Question b). Écrire une formule développée pour chacun des trois fluides.

Chaque carbone forme quatre liaisons simples. Les formules développées correspondant aux formules brutes sont les suivantes ; les traits représentent les liaisons entre atomes. Pour R134a, la disposition distingue l'isomère « a » : un groupe CH_2F est lié à un groupe CF_3. Pour R114, chacun des deux carbones porte deux fluors et un chlore.

Fluide	Formule développée
R22	H-C(F)(F)-Cl
R134a	F-CH_2-CF_3
R114	F_2ClC-CClF_2

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> R22 : H-C(F)(F)-Cl ; R134a : F-CH_2-CF_3 ; R114 : F_2ClC-CClF_2. Chaque trait représente une liaison simple.

Question c). Donner la signification de chacun des sigles CFC, HCFC et HFC.

Ces sigles désignent les familles de fluides selon les éléments chimiques présents dans leurs molécules. C signifie carbone, F fluor, H hydrogène et Cl chlore. La présence du H dans un sigle indique que la famille contient de l'hydrogène. Les développements des sigles sont :

- **CFC** : chlorofluorocarbures.
- **HCFC** : hydrochlorofluorocarbures.
- **HFC** : hydrofluorocarbures.

✓ RÉPONSE À RETENIR

CFC : chlorofluorocarbures ; HCFC : hydrochlorofluorocarbures ; HFC : hydrofluorocarbures. Ces sigles désignent les familles des fluides frigorigènes.

Question d). Compléter le tableau n° 1 de l'annexe en associant à chaque classe écologique le code du fluide frigorigène correspondant.

On classe les fluides d'après leur composition : un CFC contient du chlore, du fluor et du carbone ; un HCFC contient aussi de l'hydrogène ; un HFC ne contient pas de chlore. Les formules brutes déterminées précédemment permettent donc d'associer chaque fluide à sa classe.

Classe écologique	Code du fluide frigorigène
CFC	R114
HCFC	R22
HFC	R134a

Les codes sont reportés dans les colonnes correspondantes du tableau n° 1 de l'annexe.

Tableau n° 1 complété

Classe écologique	CFC	HCFC	HFC
Code du fluide frigorigène	R114	R22	R134a

✓ RÉPONSE À RETENIR

CFC : R114 ; HCFC : R22 ; HFC : R134a. Reporter chaque code dans la colonne de sa classe.

Question e). Identifier l'élément chimique responsable de l'impact d'un fluide sur la couche d'ozone.

Le chlore est l'élément qui contribue à la destruction de la couche d'ozone. Libéré dans la stratosphère sous l'action des ultraviolets, il participe à des réactions qui détruisent l'ozone. Les fluides qui contiennent du chlore peuvent donc présenter un potentiel de destruction de l'ozone, contrairement à un fluide sans chlore comme le R134a.

✓ RÉPONSE À RETENIR

L'élément chimique responsable de l'impact sur la couche d'ozone est le chlore, de symbole Cl.

Question f). À partir des valeurs d'ODP indiquées dans le tableau n° 2 de l'annexe pour R134a, R22 et R114, compléter le tableau avec des croix et justifier les choix.

On reporte une croix à l'intersection de chaque fluide et de son ODP. Le R134a ne contient pas de chlore et son ODP est nul. Les fluides contenant du chlore ont ici des ODP non nuls ; les valeurs associées sont reportées dans le tableau de l'annexe.

- R114 : croix sous 0,07.
- R134a : croix sous 0.
- R22 : croix sous 0,05.

Tableau n° 2 complété

ODP	0	0,05	0,07
R114			×
R134a	×		
R22		×	

✓ RÉPONSE À RETENIR

Tableau n° 2 : R114 sous 0,07 ; R134a sous 0 ; R22 sous 0,05. Placer une croix dans chaque case correspondante.

2. Production du fluide frigorigène R134a

L'exercice porte sur la synthèse du R134a par réaction du fluorure d'hydrogène avec le tétrachloroéthane, avec formation de chlorure d'hydrogène. Les questions mobilisent l'équilibrage d'une réaction, les masses molaires, les quantités de matière, les masses produites et le volume d'un gaz.

Question a). Écrire et équilibrer la réaction chimique de synthèse du R134a à partir du tétrachloroéthane et du fluorure d'hydrogène, en tenant compte de la formation de chlorure d'hydrogène.

Le tétrachloroéthane a pour formule $C_2H_2Cl_4$ et le R134a, $C_2H_2F_4$. Les quatre atomes de chlore donnent quatre molécules de HCl. Les quatre atomes de fluor du R134a nécessitent quatre molécules de HF. On vérifie alors les atomes : 2 carbones de chaque côté, 6 hydrogènes de chaque côté, 4 chlore et 4 fluor de chaque côté. L'équation est donc équilibrée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$C_2H_2Cl_4 + 4\ HF \rightarrow C_2H_2F_4 + 4\ HCl$

Question b). Calculer la masse molaire du tétrachloroéthane, puis en déduire le nombre de moles contenues dans 15 tonnes de ce composé. Arrondir le résultat à l'unité.

Élément	Calcul	Contribution
Carbone	2 × 12	24 g/mol
Hydrogène	2 × 1	2 g/mol
Chlore	4 × 35,5	142 g/mol
Total	24 + 2 + 142	168 g/mol

La masse molaire est la somme des masses molaires des atomes de la formule. Pour calculer la quantité de matière, on utilise n = m/M. On convertit d'abord 15 tonnes en grammes : 15 000 000 g. Ainsi, n = 15 000 000/168 = 89 285,7 mol. Arrondie à l'unité, la quantité de tétrachloroéthane est de 89 286 mol.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$M(C_2H_2Cl_4) = 168$ g/mol ; n = 89 286 mol

Question c). Calculer la masse molaire du R134a, puis en déduire, en tonnes, la masse de R134a produite à partir de 15 tonnes de tétrachloroéthane. Arrondir le résultat à 10^{-2}.

Le R134a a pour formule $C_2H_2F_4$. Sa masse molaire vaut 2 × 12 + 2 × 1 + 4 × 19 = 102 g/mol. D'après l'équation équilibrée, une mole de tétrachloroéthane produit une mole de R134a. La masse produite est donc proportionnelle au rapport des masses molaires : 15 × 102/168 = 9,10714 t. Arrondie au centième de tonne, la masse de R134a produite est 9,11 t.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$M(C_2H_2F_4)$ = 102 g/mol ; masse produite = 9,11 t

Question d). Avec un volume molaire de 24 L/mol, déterminer en litres le volume de fluorure d'hydrogène nécessaire à la synthèse de 8 926 moles de R134a, en tenant compte de l'équation de réaction équilibrée.

1. L'équation équilibrée indique que 1 mol de R134a nécessite 4 mol de HF. Pour 8 926 mol de R134a, la quantité de HF est donc 4 × 8 926 = 35 704 mol.
2. Le volume se calcule avec $V = n \times V_m$. En prenant V_m = 24 L/mol, on obtient V = 35 704 × 24 = 856 896 L. Il faut donc ce volume de fluorure d'hydrogène pour la synthèse.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Volume de HF nécessaire : 856 896 L

3. Échanges thermiques et loi de Mariotte

La première situation étudie un groupe d'eau froide : l'évaporateur refroidit l'eau d'un réservoir qui alimente une batterie refroidissant de l'air. La seconde situation porte sur l'utilisation d'une bouteille d'oxygène lors du brasage et l'application de la loi de Mariotte.

Refroidissement de l'eau

Question 1.a). À partir du débit d'eau froide de 0,050 m³/min, de sa température d'entrée dans la batterie de 2 °C et de sa température de sortie de 8 °C, calculer la quantité de chaleur échangée entre l'eau et l'évaporateur pendant une heure de fonctionnement au niveau du réservoir.

En une heure, le volume d'eau écoulé est **0,050 × 60 = 3,0 m³**. Avec ρ = 1 000 kg/m³, sa masse vaut 3 000 kg. L'écart de température est Δθ = 8 − 2 = 6 °C. En appliquant $Q = m \times c \times \Delta\theta$, avec c = 4,185 kJ/(kg·°C), on obtient Q = 3 000 × 4,185 × 6 = 75 330 kJ. L'évaporateur retire cette chaleur à l'eau.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> **Q = 75 330 kJ** en une heure.

Question 1.b). Pour une quantité de chaleur de 75 330 kJ, déterminer en kW la puissance utile de l'évaporateur. Arrondir le résultat à l'unité.

Grandeur	Valeur
Chaleur retirée	75 330 kJ
Durée	1 h = 3 600 s
Puissance utile	Q ÷ t = 75 330 ÷ 3 600 = 20,925 kJ/s

Comme 1 kJ/s = 1 kW, la puissance utile est 20,925 kW, soit **21 kW** à l'unité près.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> **P_u = 21 kW**.

Question 1.c). Avec un rendement de l'évaporateur estimé à 65 %, déterminer en kilowatts la puissance frigorifique installée du groupe d'eau froide. Arrondir le résultat à l'unité.

1. Le rendement vérifie $\eta = P_u/P_0$, donc $P_0 = P_u/\eta$.
2. Avec P_u = 20,925 kW et η = 65 % = 0,65 : P_0 = 20,925 ÷ 0,65 = 32,19 kW.

La puissance frigorifique installée, arrondie à l'unité, est donc **32 kW**.

✓ RÉPONSE À RETENIR

P_0 = 32 kW.

Bouteille d'oxygène

Question 2.a). À l'aide de la loi de Mariotte, de la pression maximale de service de 200 bars, du volume détendu de 4,2 m³ et de la pression atmosphérique de 1 013 mbar, calculer en litres le volume réel de la bouteille d'oxygène. Arrondir au dixième.

Donnée	Conversion ou calcul
Pression atmosphérique	1 013 mbar = 1,013 bar
Volume détendu	4,2 m³ = 4 200 L
Loi de Mariotte	$P_1V_1 = P_2V_2$
Volume de la bouteille	V = (1,013 × 4 200) ÷ 200 = 21,273 L

Les pressions sont exprimées en bars. Le volume réel de la bouteille, arrondi au dixième, est **21,3 L**.

✓ RÉPONSE À RETENIR

V = 21,3 L.

Question 2.b). Après la modification du circuit, la pression dans la bouteille est de 76 bars. En prenant le volume réel de la bouteille déterminé précédemment, calculer en litres le volume d'oxygène utilisé à la pression atmosphérique. Arrondir le résultat à l'unité.

La pression passe de 200 à 76 bars : la baisse est de 200 − 76 = 124 bars. La bouteille contient initialement 21 L d'oxygène, valeur indiquée dans l'énoncé. Par la loi de Mariotte, le volume utilisé ramené à la pression atmosphérique vaut V = (124 × 21) ÷ 1,013 = 2 570,58 L. Arrondi à l'unité, le volume consommé est **2 571 L**.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$V_{utilisé}$ = 2 571 L.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2011)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve E4 U4 de Sciences Physiques du BP Monteur Dépanneur en froid et Climatisation, session 2011, porte le code BP-SC.2. D'une durée de 2 heures et coefficient 2, elle étudie la codification et l'impact écologique des fluides frigorigènes, la synthèse du R134a, les échanges thermiques d'un groupe d'eau froide et la loi de Mariotte, en évaluant calculs, unités et rédaction.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour coder un fluide halogéné Rxyz, x correspond au nombre de carbones moins 1, y au nombre d'hydrogènes plus 1 et z au nombre de fluor.
- La masse molaire moléculaire est la somme des masses molaires atomiques, chacune multipliée par le nombre correspondant d'atomes.
- La chaleur échangée par l'eau se calcule avec $Q = m \times c \times \Delta\theta$, en utilisant des unités cohérentes.
- À température constante, la loi de Mariotte s'écrit $P \times V =$ constante.

Points de vigilance & attentes du jury

- Distinguer la formule brute de la formule développée et vérifier le nombre d'atomes de chaque élément.
- Équilibrer la réaction en conservant le nombre d'atomes de chaque élément de part et d'autre.
- Convertir les grandeurs avant le calcul, notamment les tonnes, les minutes, les mètres cubes et les bars.
- Présenter les étapes, les unités et les arrondis demandés; justifier les choix dans le tableau d'ODP.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment équilibrer la réaction de synthèse du R134a ?

Écrivez les formules des réactifs et des produits indiqués, puis ajustez les coefficients pour conserver le même nombre d'atomes de carbone, d'hydrogène, de chlore et de fluor des deux côtés. Ne modifiez pas les indices des formules.

Q : Comment calculer la chaleur échangée par l'eau du groupe froid ?

Utilisez $Q = m \times c \times \Delta\theta$. Déterminez d'abord la masse d'eau à partir du débit et de la durée, avec la masse volumique fournie, puis multipliez par la chaleur massique de l'eau et par l'écart de température.

Q : Combien de temps consacrer à chaque exercice ?

L'épreuve dure 2 heures et comprend trois exercices notés sur 6,5, 6 et 7,5 points. Aucun temps par exercice n'est imposé : répartissez-le selon les points et gardez du temps pour vérifier les calculs, les unités et les arrondis.

Q : Quels critères de présentation faut-il respecter dans les réponses ?

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction comptent dans l'appréciation. Présentez les étapes utiles, les unités et les résultats avec les arrondis demandés; justifiez également les cases choisies dans le tableau d'ODP.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bpfroid.fr/assets/annales/bp-froid/U40 - Sciences physiques/2011/BP Froid - U40 - Sciences physiques - Session 2011 - 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.