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 U40 : Sciences Physiques

Session 2011 • Code sujet : **BP-SC.1** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Codification des fluides frigorigènes et écologie (7 questions) **Page 3**

2. Production chimique des fluides frigorigènes (4 questions) **Page 8**

3. Calculs thermiques et volumes d'oxygène (5 questions) **Page 10**

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/2011/BP Froid - U40 - Sciences physiques - Session 2011 - 2-Sujet.pdf

1. Codification des fluides frigorigènes et écologie

L'exercice porte sur les fluides frigorigènes R22, R134a et R114, leur formule chimique et leur représentation développée. Il examine aussi les familles CFC, HCFC et HFC, le classement écologique des fluides et le lien entre le chlore et l'ODP.

Question a). Déterminer les formules chimiques des fluides frigorigènes R22, R134a et R114 à partir de leur codification.

La codification du fluide permet de déduire le nombre d'atomes, puis la formule s'écrit avec les symboles chimiques. Ainsi, R22 contient C, H, Cl et F ; R134a contient C, H et F ; R114 contient C, Cl et F. Les indices indiquent le nombre d'atomes de chaque élément. Les formules obtenues sont présentées dans le tableau.

Formules chimiques des fluides

Fluide	Formule
R22	$CHClF_2$
R134a	$C_2H_2F_4$
R114	$C_2Cl_2F_4$

Composition atomique conforme au barème.

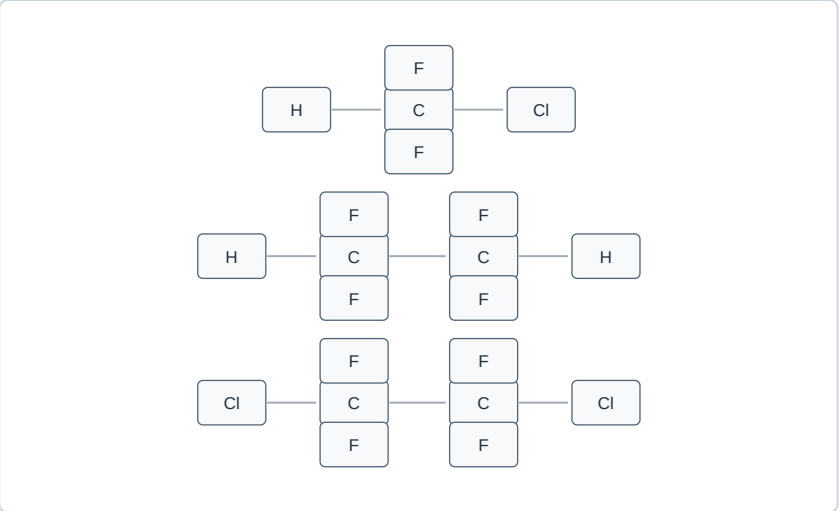
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

R22 : $CHClF_2$; R134a : $C_2H_2F_4$; R114 : $C_2Cl_2F_4$.

Question b). Représenter les formules développées des molécules R22, R134a et R114 en faisant apparaître les liaisons entre les atomes.

Chaque atome de carbone forme quatre liaisons simples. Pour R22, le carbone est lié à H, Cl et deux F. Pour R134a, les deux carbones sont liés entre eux et portent chacun deux F ; chacun est aussi lié à un H. Pour R114, chaque carbone porte deux F et un Cl. Le schéma présente les trois formules développées avec toutes les liaisons.

Formules développées avec leurs liaisons



De haut en bas : R22, R134a et R114.

✓ RÉPONSE À RETENIR

R22 : H-C(F)$_2$-Cl ; R134a : H-C(F)$_2$-C(F)$_2$-H ; R114 : Cl-C(F)$_2$-C(F)$_2$-Cl.

Question c). Développer les sigles CFC, HCFC et HFC en indiquant les familles chimiques correspondantes.

Les lettres des sigles indiquent les éléments présents dans ces familles de fluides : C désigne le carbone, H l'hydrogène, F le fluor et Cl le chlore. Les noms correspondants précisent l'association de ces éléments. On distingue ainsi les chlorofluorocarbures, les hydrochlorofluorocarbures et les hydrofluorocarbures.

Sigle	Famille chimique
CFC	Chlorofluorocarbures
HCFC	Hydrochlorofluorocarbures
HFC	Hydrofluorocarbures

Développement des sigles

Sigle	Famille chimique
CFC	Chlorofluorocarbures
HCFC	Hydrochlorofluorocarbures
HFC	Hydrofluorocarbures

Noms des familles chimiques.

✓ RÉPONSE À RETENIR

CFC : chlorofluorocarbures ; HCFC : hydrochlorofluorocarbures ; HFC : hydrofluorocarbures.

Question d). Compléter le tableau en associant les classes écologiques CFC, HCFC et HFC aux fluides frigorigènes R114, R22 et R134a.

On classe chaque fluide d'après les atomes présents dans sa formule. R114 contient du chlore et du fluor sans hydrogène : c'est un CFC. R22 contient hydrogène, chlore et fluor : c'est un HCFC. R134a contient hydrogène et fluor, sans chlore : c'est un HFC. Le tableau associe chaque classe écologique au fluide correspondant.

Classe écologique	Fluide frigorigène
CFC	R114
HCFC	R22
HFC	R134a

Classes écologiques des fluides

CFC	HCFC	HFC
R114	R22	R134a

Correspondance conforme au tableau du sujet.

✓ RÉPONSE À RETENIR

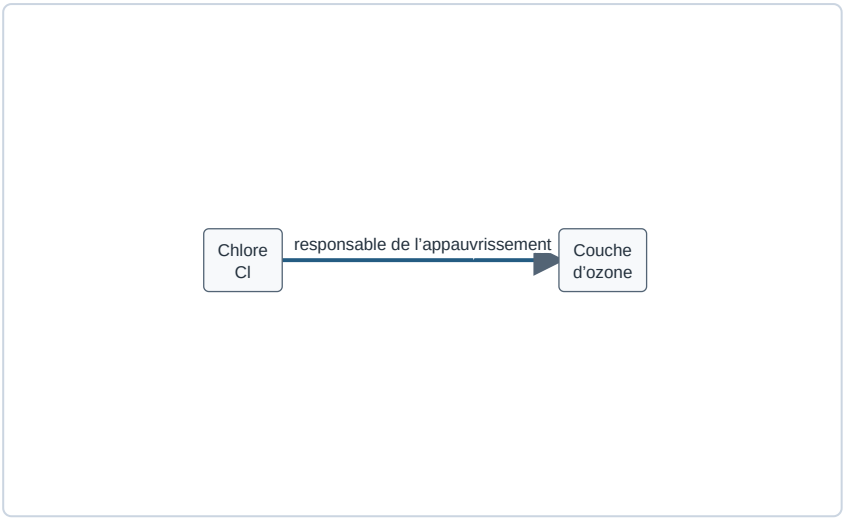
CFC : R114 ; HCFC : R22 ; HFC : R134a.

Question e). Identifier l'élément chimique responsable de l'appauvrissement de la couche d'ozone.

L'élément responsable de l'appauvrissement de la couche d'ozone est présent dans les formules des fluides CFC et HCFC. Il s'agit du chlore, dont le symbole chimique est Cl. Le fluor, également présent dans ces molécules, n'est pas l'élément demandé ici.

- Élément : chlore
- Symbole : Cl

Élément responsable de l’appauvrissement de l’ozone



Le chlore est l’élément identifié par le barème.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le chlore (Cl).

Question f). Compléter le tableau en associant les fluides R114, R134a et R22 aux valeurs d’ODP proposées.

L’ODP est la valeur associée au potentiel d’appauvrissement de la couche d’ozone. Le tableau du sujet propose les valeurs 0, 0,05 et 0,07. D’après le barème, R134a est associé à 0, R22 à 0,05 et R114 à 0,07. Les associations demandées sont reportées ci-dessous.

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

Association des fluides aux valeurs d’ODP

Fluide frigorigène	ODP
R114	0,07
R134a	0
R22	0,05

Valeurs reportées selon le tableau du barème.

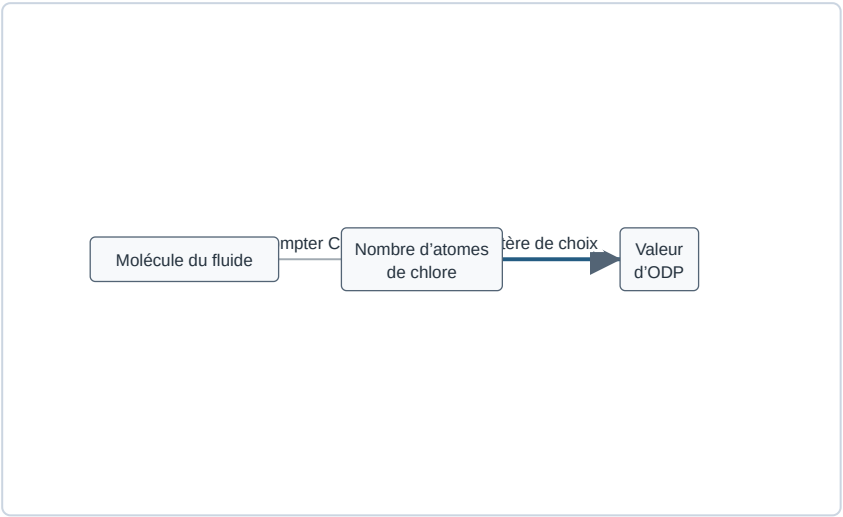
✓ RÉPONSE À RETENIR

R114 : 0,07 ; R134a : 0 ; R22 : 0,05.

Question g). Expliquer sur quel élément de la molécule repose le choix de la valeur d'ODP.

Pour choisir la valeur d'ODP parmi celles proposées, le barème demande de tenir compte du nombre d'atomes de chlore dans la molécule. R134a n'en contient pas, R22 en contient un et R114 en contient deux. Cette caractéristique permet de relier les trois fluides aux valeurs d'ODP du tableau précédent.

Critère indiqué pour le choix de l'ODP



Critère donné explicitement dans le barème.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le choix de l'ODP dépend du nombre d'atomes de chlore dans la molécule.

2. Production chimique des fluides frigorigènes

L'exercice étudie la production de R134a par réaction du tétrachloroéthane avec du fluorure d'hydrogène. Il demande d'équilibrer la réaction, puis de calculer les quantités de matière, la masse de R134a produite et le volume de HF nécessaire à partir de 15 tonnes de réactif.

Question a). Écrire et équilibrer la réaction chimique entre le tétrachloroéthane et le fluorure d'hydrogène qui produit du R134a et du chlorure d'hydrogène.

On équilibre en conservant le nombre d'atomes de chaque élément. Le tétrachloroéthane contient 2 atomes de carbone, 2 d'hydrogène et 4 de chlore. Le R134a contient 2 carbones et 4 fluors : il faut donc 4 molécules de HF. Les 4 atomes de chlore forment ensuite 4 molécules de HCl. L'hydrogène est alors équilibré : 6 atomes de chaque côté. L'équation équilibrée est donc :

$\mathrm{C_2H_2Cl_4} + 4\ \mathrm{HF} \rightarrow \mathrm{C_2H_2F_4} + 4\ \mathrm{HCl}.$

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> $\mathrm{C_2H_2Cl_4} + 4\ \mathrm{HF} \rightarrow \mathrm{C_2H_2F_4} + 4\ \mathrm{HCl}$

Question b). Calculer la masse molaire du tétrachloroéthane, puis déterminer la quantité de matière contenue dans 15 tonnes de ce réactif.

Grandeur	Calcul	Résultat
Masse molaire de $\mathrm{C_2H_2Cl_4}$	$2\times 12 + 2\times 1 + 4\times 35,5$	$168\ \mathrm{g\cdot mol^{-1}}$
Quantité de matière	$15\times 10^{6}/168$	$89\,286\ \mathrm{mol}$

La masse se convertit en grammes : $15\ \mathrm{t} = 15\times 10^{6}\ \mathrm{g}$. On utilise la relation $n = m/M$, avec $M = 168\ \mathrm{g\cdot mol^{-1}}$. Le calcul donne $15\,000\,000/168 = 89\,285,7\ \mathrm{mol}$. Arrondie au mol près, la quantité de tétrachloroéthane est donc $89\,286\ \mathrm{mol}$.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> $M(\mathrm{C_2H_2Cl_4}) = 168\ \mathrm{g\cdot mol^{-1}}$; $n = 89\,286\ \mathrm{mol}$.

Question c). Calculer la masse molaire du R134a, puis déterminer la masse produite à partir de la quantité de matière de tétrachloroéthane calculée précédemment.

Le R134a a pour formule $\mathrm{C_2H_2F_4}$. Sa masse molaire est $M = 2\times 12 + 2\times 1 + 4\times 19 = 102\ \mathrm{g\cdot mol^{-1}}$. L'équation équilibrée montre qu'une mole de tétrachloroéthane produit une mole de R134a. Avec la quantité calculée précédemment, $n = 89\,286\ \mathrm{mol}$, la masse produite vaut $m = nM = 89\,286\times 102 = 9\,107\,172\ \mathrm{g}$. Cela correspond à environ $9,11\ \mathrm{t}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$M(\mathrm{R134a}) = 102\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; masse produite : $9\,107\,172\ \mathrm{g}$, soit environ $9,11\ \mathrm{t}$.

Question d). Calculer le volume de fluorure d'hydrogène nécessaire à la réaction à partir de la quantité de matière de réactif déterminée précédemment.

1. L'équation indique que 1 mole de tétrachloroéthane consomme 4 moles de HF. Il faut donc $n(\mathrm{HF}) = 4 \times 89\,286 = 357\,144\ \mathrm{mol}$.
2. Avec le volume molaire $V_m = 24\ \mathrm{L \cdot mol^{-1}}$, le volume nécessaire est $V = nV_m = 357\,144 \times 24 = 8\,571\,456\ \mathrm{L}$. Comme $1\ \mathrm{m^3} = 1\,000\ \mathrm{L}$, cela représente $8\,571,456\ \mathrm{m^3}$, soit environ $8\,571\ \mathrm{m^3}$ de HF gazeux.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Volume de HF nécessaire : $8\,571\,456\ \mathrm{L}$, soit environ $8\,571\ \mathrm{m^3}$.

3. Calculs thermiques et volumes d’oxygène

La première partie porte sur un circuit d’eau : elle fait calculer la masse d’eau circulant en une heure, la chaleur échangée et les puissances utile et frigorifique. La seconde étudie une bouteille d’oxygène, son volume sous pression et le volume utilisable après détente à la pression atmosphérique.

Question 1 a). Calculer la masse d’eau circulant dans le circuit pendant une heure, puis la quantité de chaleur échangée.

En une heure, la masse d’eau est **m = 0,05 × 60 × 100 = 3 000 kg**. Avec la chaleur massique de l’eau c = 4,185 kJ/(kg·°C) et ΔT = 6 °C, la chaleur échangée vaut **Q = m × c × ΔT = 3 000 × 4,185 × 6 = 75 330 kJ**.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> m = 3 000 kg ; Q = 75 330 kJ.

Question 1 b). Calculer la puissance utile de l’évaporateur à partir de la chaleur échangée pendant une heure.

La puissance utile correspond à la chaleur échangée par unité de temps. Une heure vaut 3 600 s et 1 kJ/s = 1 kW : **P_u = 75 330 ÷ 3 600 = 20,925 kW**. Arrondie à l’unité comme dans le corrigé, elle vaut 21 kW.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Puissance utile : 21 kW.

Question 1 c). Calculer la puissance frigorifique à partir de la puissance utile de l’évaporateur et du rendement indiqué.

Le rendement vérifie $\eta = P_u/\Phi_0$, donc $\Phi_0 = P_u/\eta$. Avec P_u = 21 kW et η = 0,65 : **Φ_0 = 21 ÷ 0,65 = 32,3 kW**, soit 32 kW à l’unité près.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Puissance frigorifique : 32 kW.

Question 2 a). Calculer le volume d’oxygène contenu dans la bouteille à l’aide de la relation entre pression et volume, puis exprimer ce volume en litres.

À température constante, la loi de Boyle-Mariotte donne $P_1V_1 = P_2V_2$. Ainsi, **V_2 = (4,2 × 101 300) ÷ (200 × 10^5) = 0,021273 m³**. Comme 1 m³ = 1 000 L, le volume vaut 21,273 L, soit 21,3 L.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Volume d'oxygène : 0,0213 m³, soit 21,3 L.

Question 2 b). Calculer le volume d'oxygène restant dans la bouteille sous pression atmosphérique, puis en déduire le volume utilisable.

À la pression atmosphérique, le volume restant est $\mathbf{V_3 = (76 \times 10^5 \times 21 \times 10^{-3}) \div 101\,300 = 1{,}5755\ m^3}$, soit 1 576 L. Le volume utilisable est la capacité de 4 200 L moins ce volume restant : **4 200 − 1 576 = 2 624 L**.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Oxygène restant : 1 576 L ; volume utilisable : 2 624 L.

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

Bilan de l'épreuve : L'épreuve E4 U40 de Sciences Physiques du BP Monteur Dépanneur en froid et Climatisation, session 2011, porte le code BP-SC.1. D'une durée de 2 heures et de coefficient 2, elle traite de la codification écologique et de la production des fluides frigorigènes, puis de calculs thermiques et de volumes de gaz. Elle évalue les compétences en chimie, conversions et application de relations physiques.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- La formule chimique d'un fluide frigorigène codé se déduit du nombre d'atomes indiqué par sa codification.
- La quantité de matière se calcule par n = m/M, avec des unités cohérentes pour la masse et la masse molaire.
- La chaleur échangée se calcule par Q = m × c × ΔT, où ΔT est l'écart de température.
- À température constante, la relation entre pression et volume d'un gaz est $P_1V_1 = P_2V_2$.

Points de vigilance & attentes du jury

- Équilibrer la réaction chimique avant d'utiliser ses coefficients pour relier les quantités de matière.
- Convertir les tonnes en unités cohérentes avec la masse molaire utilisée dans le calcul.
- Distinguer énergie et puissance, et adapter les unités de temps aux calculs effectués.
- Indiquer les unités et vérifier les conversions entre mètres cubes et litres.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer la quantité de matière à partir d'une masse de réactif ?

Utilisez n = m/M : divisez la masse du réactif par sa masse molaire. Les unités doivent être cohérentes, par exemple une masse en grammes avec une masse molaire en grammes par mole.

Q : Comment déterminer le volume de gaz restant après la détente à pression atmosphérique ?

Appliquez $P_1V_1 = P_2V_2$ si la température est supposée constante. Calculez le volume correspondant à la pression atmosphérique, puis soustrayez-le de la capacité totale de la bouteille pour obtenir le volume utilisable.

Q : Comment organiser les calculs pendant cette épreuve de deux heures ?

Traitez les questions dans l'ordre et gardez du temps pour vérifier les conversions. Pour chaque calcul, écrivez la relation utilisée, remplacez les valeurs, puis donnez un résultat accompagné de son unité.

Q : Quels éléments de calcul sont valorisés par le barème ?

Le barème attribue des points aux étapes intermédiaires comme aux résultats. Présentez donc les formules, les valeurs substituées et les unités, plutôt que de donner uniquement le résultat final.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bpfroid.fr/assets/annales/bp-froid/U40 - Sciences physiques/2011/BP Froid - U40 - Sciences physiques - Session 2011 - 2-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.