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

E.1-A : Physique appliquée (épreuve écrite), unité U11

Session 2014 • Code sujet : **E.1-A** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **3**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Psychrométrie : étude de l'évaporateur d'une chambre froide positive (7 questions) **Page 3**

2. Thermodynamique : cycle frigorifique au R404A pour deux chambres froides (12 questions) **Page 5**

3. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 8**

Sujet officiel (PDF) : https://bpfroid.fr/assets/annales/bp-froid/U11 - Physique appliquée/2014/BP Froid - U11 - Physique appliquée - Session 2014 - 2-Sujet.pdf

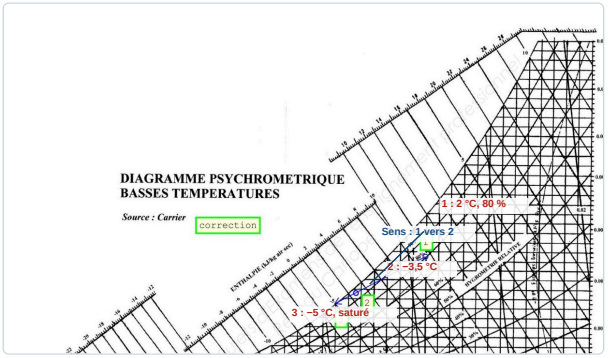
1. Psychrométrie : étude de l’évaporateur d’une chambre froide positive

Le candidat contrôle les performances d’un évaporateur à air ventilé et évalue la déshumidification d’une chambre froide positive. Les données de température, d’humidité et de débit d’air servent à exploiter le diagramme psychrométrique et à caractériser l’échange thermique.

Question 1-a. Placer les points 1, 2 et 3 sur le diagramme psychrométrique, puis tracer l’évolution de l’air traversant l’évaporateur en indiquant le sens de l’évolution.

Le point 1 est défini par l’air de la chambre à 2 °C et 80 % d’humidité relative. Le point 2 est l’air soufflé à −3,5 °C et −3,6 °C de température humide. Le point 3 est la surface saturée de l’évaporateur à −5 °C. Sur le diagramme, relier le point 1 au point 2 et indiquer le sens de l’évolution de l’air. Le point 3 caractérise la batterie, il ne représente pas un état de passage de l’air.

Repérage des points et évolution de l’air



✓ RÉPONSE À RETENIR

Air : point 1 → point 2. Surface de l’évaporateur : point 3, à −5 °C.

Question 1-b. Compléter le tableau des relevés pour les points 1, 2 et 3 avec la température sèche, l’enthalpie, la température humide, la température de rosée, l’humidité absolue et l’humidité relative.

Les valeurs ci-dessous sont celles relevées sur le diagramme psychrométrique et reprises au corrigé. Les plages séparées par une barre correspondent aux intervalles de lecture indiqués. Pour le point 2, la température sèche est bien −3,5 °C. Les unités du tableau distinguent l’humidité absolue en grammes d’eau par kilogramme d’air sec.

Point	Température sèche (°C)	Enthalpie (kJ/kg d’air sec)	Température humide (°C)	Température de rosée (°C)	Humidité absolue (g/kg d’air sec)	Humidité relative (
1 : entrée	2,0	10,5 à 11,5	0,6 à 0,9	−1,0	3,5 à 3,6	80
2 : soufflage	−3,5	3,0 à 3,5	−3,6	−4,0	2,6 à 2,7	95
3 : surface	−5,0	1,0 à 1,2	−5,0	−5,0	2,4 à 2,5	100

Pour les calculs suivants, le corrigé retient h_1 = 11 kJ/kg, h_2 = 3,5 kJ/kg, h_3 = 1,2 kJ/kg et w_2 = 2,7 g/kg.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Relevés des points 1, 2 et 3 : voir le tableau complété ci-dessus.

Question 1-c. Déterminer, en kg/s, le débit massique d’air traversant l’évaporateur, en utilisant le volume massique de l’air au soufflage au point 2.

Le débit volumique est q_v = 1129 m³/h et le volume massique au soufflage vaut v = 0,767 m³/kg. La masse volumique est ρ = 1/v, donc $q_{mas} = q_v \times \rho$. En convertissant le débit horaire en débit par seconde : q_{mas} = 1129 ÷ 0,767 ÷ 3600 = 0,4089 kg/s. À deux décimales, le débit massique d’air traversant l’évaporateur est 0,41 kg/s.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Débit massique d’air : q_{mas} = 0,41 kg/s.

Question 1-d. Calculer en watts la puissance réelle P_0 de l’évaporateur.

La puissance échangée est donnée par $P_0 = q_{mas} \times$ (hentrée − hsortie). Avec q_{mas} = 0,41 kg/s, hentrée = 11 kJ/kg et hsortie = 3,5 kJ/kg : P_0 = 0,41 × (11 − 3,5) = 3,075 kJ/s. Comme 1 kJ/s = 1 kW, cela donne 3,075 kW. Arrondi à deux décimales, P_0 = 3,08 kW, soit environ 3080 W. Le corrigé d’origine indique W, mais son calcul donne une puissance en kW.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Puissance réelle : P_0 = 3,08 kW, soit environ 3080 W.

Question 1-e. Calculer en watts la puissance théorique maximale Pmax de l'évaporateur pour une efficacité de 100 %.

À 100 % d'efficacité, l'échange maximal correspond au refroidissement jusqu'à l'état de la surface de l'évaporateur. On applique $P_{max} = q_{mas} \times (h_{entrée} - h_3)$, avec q_{mas} = 0,41 kg/s, $h_{entrée}$ = 11 kJ/kg et h_3 = 1,2 kJ/kg. Ainsi, P_{max} = 0,41 × (11 − 1,2) = 4,018 kJ/s, soit 4,018 kW. Arrondi à deux décimales : 4,02 kW, soit environ 4020 W.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Puissance théorique maximale : P_{max} = 4,02 kW, soit environ 4020 W.

Question 1-f. Calculer en pourcentage l'efficacité de l'évaporateur.

L'efficacité est le rapport entre la puissance réelle et la puissance maximale, exprimé en pourcentage : $\Sigma = (P_0 \div P_{max}) \times 100$. Avec les valeurs arrondies du corrigé, Σ = (3,08 ÷ 4,02) × 100 = 76,6169 %. À un chiffre après la virgule, l'efficacité de l'évaporateur est donc de 76,6 %.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Efficacité de l'évaporateur : Σ = 76,6 %.

Question 1-g. Calculer la quantité d'eau piégée sur l'évaporateur, exprimée en grammes d'eau par heure.

La différence d'humidité absolue entre l'entrée et le soufflage est Δw = 3,6 − 2,7 = 0,9 g/kg d'air sec. Le débit d'air horaire vaut 0,41 × 3600 = 1476 kg/h. Le débit d'eau condensée est donc q_{eau} = 1476 × 0,9 = 1328,40 g/h. Cette quantité correspond à l'eau retirée de l'air et piégée sur l'évaporateur chaque heure.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Quantité d'eau condensée : q_{eau} = 1328,40 g/h.

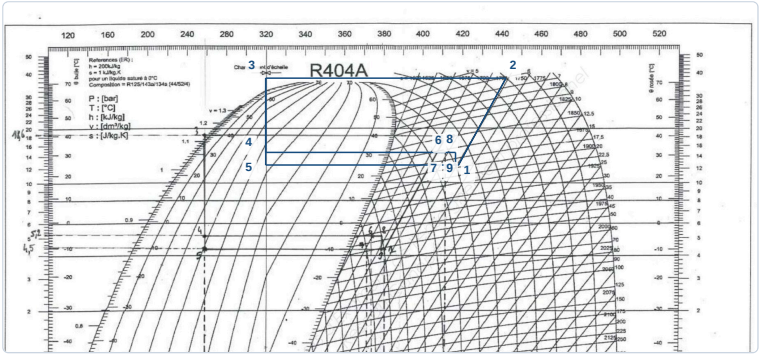
2. Thermodynamique : cycle frigorifique au R404A pour deux chambres froides

L'étude porte sur le remplacement de deux installations au R22 desservant une chambre froide positive et une chambre froide négative par une installation à simple étage au R404A et à compresseur unique. Le candidat exploite les caractéristiques des composants et le diagramme enthalpique pour tracer le cycle, déterminer les puissances frigorifiques et mécaniques, puis calculer le coefficient de performance.

Question 2-a. Tracer le cycle frigorifique de l'installation au R404A sur le diagramme enthalpique du R404A.

Repérer les points sur le diagramme à partir de leur pression et de leur enthalpie, puis tracer les transformations dans le sens du cycle. Le point 1 est l'aspiration commune : après compression 1→2 et condensation 2→3, le liquide se détend vers les deux évaporateurs. La branche positive passe par 4, 6, 8 et le régulateur 9; la branche négative passe par 5 et 7. Les deux branches rejoignent le point 1.

Cycle frigorifique R404A annoté



✓ RÉPONSE À RETENIR

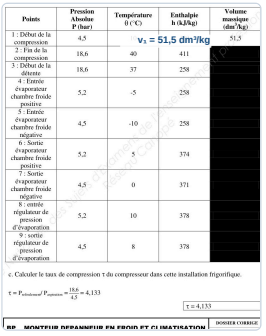
Cycle : 1→2→3, puis 3→4→6→8→9→1 et 3→5→7→1.

Question 2-b. Compléter le tableau des relevés des points caractéristiques du cycle frigorifique, en renseignant pour chaque point la pression absolue, la température, l'enthalpie et le volume massique.

Les valeurs numériques fournies pour les points 1 à 9 sont reportées ci-dessous. Dans la colonne du volume massique, seul le point 1 porte une valeur; les cases des points 2 à 9 sont masquées sur le tableau du sujet.

Point	P (bar)	θ (°C)	h (kJ/kg)	v (dm³/kg)
1	4,5	10	380	51,5
2	18,6	40	411	non indiqué
3	18,6	37	258	non indiqué
4	5,2	-5	258	non indiqué
5	4,5	-10	258	non indiqué
6	5,2	5	374	non indiqué
7	4,5	0	371	non indiqué
8	5,2	10	378	non indiqué
9	4,5	8	378	non indiqué

Valeur de volume massique du point 1



✓ RÉPONSE À RETENIR

Point 1 : v = 51,5 dm³/kg. Les autres volumes massiques ne sont pas renseignés.

Question 2-c. Calculer le taux de compression τ du compresseur de l'installation frigorifique.

Le taux de compression est le rapport de la pression absolue au refoulement à celle à l'aspiration. Les pressions sont 18,6 bar et 4,5 bar : $\tau = 18{,}6 \div 4{,}5 = 4{,}133$ à trois décimales. Le rapport est sans unité.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\tau = 4{,}133$

Question 2-d. Calculer le rendement volumétrique ηv du compresseur.

Le formulaire donne $\eta_v = 1 - 0{,}05\tau$. En gardant le taux de compression non arrondi : $\eta_v = 1 - 0{,}05 \times (18{,}6 \div 4{,}5) = 0{,}79333$. À trois décimales, le rendement volumétrique vaut 0,793, sans unité.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\eta_v = 0{,}793$

Question 2-e. Calculer en m³/h le volume balayé Vb par le compresseur, en tenant compte de sa vitesse de rotation et de sa cylindrée.

La cylindrée est 200 cm³, soit 200×10^{-6} m³. Avec une vitesse de 857 tr/min, le volume balayé vaut $V_\beta = 60 \times C \times N = 60 \times 200 \times 10^{-6} \times 857 = 10{,}284$ m³/h. Le facteur 60 exprime le résultat par heure.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $V_\beta = 10{,}284$ m³/h

Question 2-f. Calculer en m³/h le volume aspiré Va par le compresseur.

Le volume aspiré est le volume balayé multiplié par le rendement volumétrique : $V_a = V_\beta \times \eta_v$. Avec les valeurs du corrigé, $V_a = 10{,}284 \times 0{,}793 = 8{,}155212$ m³/h, soit 8,155 m³/h à trois décimales.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $V_a = 8{,}155$ m³/h

Question 2-g. Calculer en kg/s le débit massique qm du fluide frigorigène aspiré par le compresseur.

À l'aspiration, v = 51,5 dm³/kg = 0,0515 m³/kg. Le débit massique est $q_m = V_a \div v$; pour passer de kg/h à kg/s, on divise par 3600 : $8{,}155 \div 0{,}0515 \div 3600 = 0{,}04398$ kg/s. À deux décimales, cela donne 0,04 kg/s.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $q_m = 0{,}04$ kg/s

Question 2-h. Calculer en kW la puissance frigorifique disponible à l'évaporateur de la chambre froide positive.

Pour la chambre positive, le débit massique est 62,75 kg/h, soit $62{,}75 \div 3600$ kg/s. La puissance frigorifique vaut le débit massique multiplié par la hausse d'enthalpie : $(62{,}75 \div 3600) \times (371 - 258) = 1{,}969$ kW. Arrondie à deux décimales, elle vaut 1,97 kW.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\Phi_{0P} = 1{,}97$ kW

Question 2-i. Calculer en kW la puissance frigorifique disponible à l'évaporateur de la chambre froide négative.

Pour la chambre négative, le débit massique est 95,60 kg/h, soit $95{,}60 \div 3600$ kg/s. La puissance frigorifique vaut $(95{,}60 \div 3600) \times (374 - 258) = 3{,}079$ kW. Arrondie à deux décimales, elle est égale à 3,08 kW.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\Phi_{0n} = 3{,}08$ kW

Question 2-j. Calculer en kW la puissance mécanique théorique Pth du compresseur.

Le débit total qui traverse le compresseur est la somme des débits des deux évaporateurs : 62,75 + 95,60 = 158,35 kg/h. La puissance théorique vaut P_{th} = (158,35 ÷ 3600) × (411 − 380) = 1,36357 kW. À deux décimales, P_{th} = 1,36 kW.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

P_{th} = 1,36 kW

Question 2-k. Calculer en kW la puissance mécanique réelle Pr à fournir sur l'arbre du compresseur.

Le rendement indiqué vaut le rendement volumétrique, soit 0,793; le rendement mécanique vaut 0,9. La puissance réelle est $P_r = P_{th} \div (\eta_i \times \eta_m)$. Avec la puissance théorique arrondie du corrigé : 1,36 ÷ (0,793 × 0,9) = 1,905 kW, soit 1,91 kW à deux décimales.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

P_r = 1,91 kW

Question 2-l. Calculer le coefficient de performance frigorifique COP de l'installation.

La puissance frigorifique totale est 1,97 + 3,08 = 5,05 kW. Le coefficient de performance est le rapport de cette puissance à la puissance mécanique réelle : COP = 5,05 ÷ 1,91 = 2,644. Sans unité, il s'arrondit à 2,64 à deux décimales.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

COP = 2,64

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

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve écrite E.1-A de physique appliquée du BP Monteur dépanneur en froid et climatisation, session 2014, dure 2 heures et a un coefficient 3. Elle étudie un évaporateur de chambre froide positive et une installation au R404A desservant deux chambres froides. Les compétences évaluées comprennent la psychrométrie, la lecture de diagrammes, les bilans de puissance et le calcul du COP.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Le débit massique d'air se calcule par qmas = qv × ρ, avec le débit volumique exprimé en m³/s.
- La puissance d'un évaporateur est égale au débit massique multiplié par la différence d'enthalpie entre la sortie et l'entrée.
- Le taux de compression est le rapport de la pression absolue de refoulement à la pression absolue d'aspiration.
- Le COP est le rapport de la somme des puissances frigorifiques des évaporateurs à la puissance mécanique réelle du compresseur.

Points de vigilance & attentes du jury

- Sur le diagramme psychrométrique, placer précisément les états et indiquer par une flèche le sens de circulation de l'air.
- Respecter les unités et les conversions de temps, notamment entre les débits horaires et les débits en kg/s.
- Distinguer les deux évaporateurs et utiliser pour chacun les enthalpies et le débit massique qui lui correspondent.
- Présenter les résultats avec leurs unités et la précision demandée : jusqu'à trois décimales pour certaines grandeurs thermodynamiques.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment déterminer le débit massique d'air à partir du débit volumique donné en m³/h ?

Convertissez le débit volumique en m³/s en le divisant par 3 600. Multipliez ensuite ce débit par la masse volumique de l'air, obtenue en inversant le volume massique fourni au point de soufflage.

Q : Comment tracer le cycle frigorifique avec les deux évaporateurs et le régulateur de pression ?

Repérez les états sur le diagramme enthalpique à partir des pressions, températures et enthalpies. Reliez les points selon les transformations indiquées : compression isentropique, détente isenthalpique et chute de pression isenthalpique dans le régulateur.

Q : Comment organiser le temps pour cette épreuve de 2 heures ?

Les deux parties sont notées respectivement sur 20 et 40 points. Répartissez votre temps en tenant compte de ce poids, puis gardez un moment pour vérifier les tableaux, les unités, les arrondis et les tracés avant de rendre le dossier.

Q : Quels éléments de présentation sont explicitement pris en compte dans la notation ?

Le tracé psychrométrique doit être juste, propre, précis et orienté par une flèche. Pour le cycle frigorifique, le barème évalue la justesse, la propreté, la précision et le repérage des points ; les résultats doivent comporter une unité.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bpfroid.fr/assets/annales/bp-froid/U11 - Physique appliquée/2014/BP Froid - U11 - Physique appliquée - Session 2014 - 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.