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

E.1-A : Physique appliquée

Session 2009 • Code sujet : **E.1-A** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **3**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Tracé du cycle frigorifique sur diagramme enthalpique** (4 questions) — **Page 3**
2. **Calcul de la puissance du condenseur à air** (3 questions) — **Page 5**
3. **Calcul des caractéristiques de l'installation** (5 questions) — **Page 7**
4. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 9**

Sujet officiel (PDF) : https://bpfroid.fr/assets/annales/bp-froid/U11 - Physique appliquée/2009/BP Froid - U11 - Physique appliquée - Session 2009 - 1-Sujet.pdf

1. Tracé du cycle frigorifique sur diagramme enthalpique

Un supermarché dispose de trois chambres froides positives à 0 °C, 5 °C et 10 °C, alimentées par une installation au R22. Les hypothèses imposent notamment une compression isentropique, une détente isenthalpique et une surchauffe fonctionnelle de 5 K pour chaque détendeur.

Question 1

Question 1.1. À partir des températures des chambres froides et de l'écart de température de 8 K de chaque évaporateur, calculer les températures d'ébullition pour les trois évaporateurs.

La température d'ébullition est inférieure de 8 K à celle de la chambre : une différence de 8 K équivaut à 8 °C. On applique donc la relation $\mathbf{T_{éb} = T_{chambre} - 8\ °C}$: boucherie, 0 − 8 = −8 °C ; charcuterie, 5 − 8 = −3 °C ; ultra-frais, 10 − 8 = +2 °C. Ces valeurs sont les températures de saturation à utiliser pour lire les pressions sur le diagramme du R22.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Boucherie : −8 °C ; charcuterie : −3 °C ; ultra-frais : +2 °C.

Question 1.2. À l'aide du diagramme enthalpique du R22, déterminer les pressions d'ébullition effectives pour chacun des trois évaporateurs.

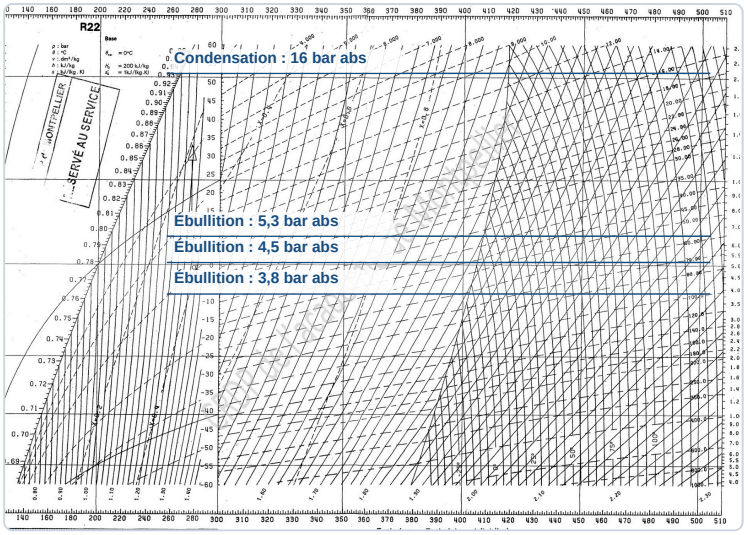
Pour chaque température d'ébullition, on repère la température sur le diagramme du R22 et on lit la pression correspondante sur la courbe de saturation. La lecture graphique est approximative : on arrondit au dixième de bar. Les valeurs sont des pressions absolues, conformément à l'échelle du diagramme. Elles doivent croître avec la température : la chambre à −8 °C a la pression la plus basse, celle à +2 °C la plus élevée.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Pressions d'ébullition : −8 °C ≈ 3,8 bar ; −3 °C ≈ 4,5 bar ; +2 °C ≈ 5,3 bar absolus.

Question 2°. À partir du tableau partiellement complété, tracer le cycle frigorifique de l'installation sur le diagramme enthalpique et nommer tous les points. Le schéma de l'installation est indiqué comme support sur le document réponse DR 2/4.

Le tracé doit respecter les transformations indiquées : compression isentropique, condensation à haute pression, détente isenthalpique et évaporation à trois pressions distinctes. Reporter les trois niveaux d'ébullition calculés et la pression de 16 bar donnée en B, puis placer et nommer chaque point selon le schéma d'installation DR 2/4. Les isobares repérées ci-contre servent de guides de lecture ; elles ne remplacent pas le raccordement des points du cycle.

Niveaux de pression à repérer sur le diagramme R22



✓ RÉPONSE À RETENIR

Trois niveaux d'évaporation : 3,8 ; 4,5 et 5,3 bar abs. Condensation : 16 bar abs. Compression isentropique, détente isenthalpique.

Question 3°. Compléter le tableau de relevés pour les points A, B, C, C′, D, D′, E, E′, F, F′, G et H avec les pressions absolues, les enthalpies, les températures et le volume massique lorsque le tableau le demande.

Les seules valeurs imprimées dans le tableau sont les cinq repères ci-dessous. Les autres états se déterminent en plaçant d'abord les points du cycle, puis en lisant pression, enthalpie, température et volume massique sur le diagramme R22. Appliquer ensuite les hypothèses du sujet : la compression conserve l'entropie et chaque détente conserve l'enthalpie. Le volume massique n'est demandé qu'en A, comme l'indique la zone blanche du tableau.

Point	P_{abs} (bar)	h (kJ/kg)	T (°C)	v″ (m³/kg)
A	À lire sur le cycle	À lire sur le cycle	10	À lire sur le cycle
B	16	À lire sur le cycle	À lire sur le cycle	Non demandé
C	À lire sur le cycle	À lire sur le cycle	25	Non demandé
C′	À lire sur le cycle	À lire sur le cycle	20	Non demandé
D, D′, E, E′, F, F′, G	À lire sur le cycle	À lire sur le cycle	À lire sur le cycle	Non demandé
H	À lire sur le cycle	À lire sur le cycle	15	Non demandé

✓ RÉPONSE À RETENIR

Valeurs données : A, 10 °C ; B, 16 bar abs ; C, 25 °C ; C′, 20 °C ; H, 15 °C. v″ est demandé uniquement en A.

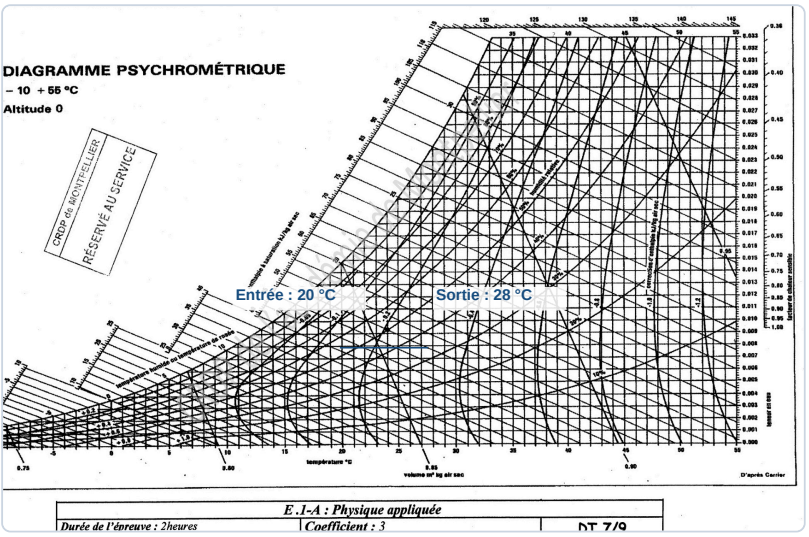
2. Calcul de la puissance du condenseur à air

Les mesures fournies sont les températures sèche et humide de l'air à l'entrée du condenseur, sa température sèche à la sortie et le débit volumique d'air entrant. Le diagramme psychrométrique sert à relever les propriétés de l'air aux deux états, puis à calculer la puissance du condenseur.

Question 4°. Tracer l'évolution de l'air à travers le condenseur sur le diagramme psychrométrique et nommer les points.

Repérez l'entrée à l'intersection de la température sèche de 20 °C et de la température humide de 15 °C. Le passage dans le condenseur réchauffe l'air sans modifier son rapport d'humidité : le trajet est donc horizontal sur le diagramme. Placez la sortie à 28 °C sur cette même horizontale, puis nommez les deux points « Entrée » et « Sortie ».

Évolution de l'air dans le condenseur



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Évolution à rapport d'humidité constant : de 20 °C à 28 °C.

Question 5°. Compléter le tableau des états d'entrée et de sortie de l'air au condenseur en indiquant la température sèche, l'humidité relative, l'enthalpie, le volume spécifique et le rapport d'humidité.

L'entrée est repérée avec les données 20 °C sec et 15 °C humide. À la sortie, l'air atteint 28 °C sec. Le diagramme indique un réchauffement à rapport d'humidité constant ; l'humidité relative diminue tandis que l'enthalpie augmente. Les propriétés ci-dessous sont des lectures arrondies du diagramme psychrométrique, à l'altitude 0.

Point	ts (°C)	HR (%)	h (kJ/kg d'air sec)	v (m³/kg d'air sec)	r (kg eau/kg d'air sec)
Entrée d'air	20	≈ 59	≈ 42	≈ 0,84	≈ 0,0085
Sortie d'air	28	≈ 36	≈ 50	≈ 0,86	≈ 0,0085

Le rapport d'humidité reste identique aux deux états.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Entrée : 20 °C, 59 %, 42 kJ/kg, 0,84 m³/kg, r ≈ 0,0085. Sortie : 28 °C, 36 %, 50 kJ/kg, 0,86 m³/kg, r ≈ 0,0085.

Question 6°. Calculer la puissance du condenseur à partir des propriétés de l'air relevées et du débit volumique fourni.

Avec le volume spécifique d'entrée, le débit massique d'air sec vaut $q_{m,as} = q_v/v = 18,5/0,84 = 22,02\ \mathrm{kg/s}$. L'air gagne $\Delta h = 50 - 42 = 8\ \mathrm{kJ/kg}$. La puissance transmise à l'air, égale à la puissance thermique du condenseur, est donc $P = q_{m,as}\Delta h = 22,02 \times 8 \approx 176\ \mathrm{kW}$. Le résultat est arrondi à l'unité.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Puissance du condenseur : environ 176 kW.

3. Calcul des caractéristiques de l’installation

Les calculs utilisent la puissance et l’écart d’enthalpie du condenseur ainsi que les écarts d’enthalpie indiqués pour les trois évaporateurs, avec un même débit massique dans chacun. L’étude du rendement volumétrique porte sur le compresseur BITZER de type 666-60.2.

Question 7°. Calculer le débit massique de fluide frigorigène dans le condenseur à partir de la puissance du condenseur et de l’écart d’enthalpie donné.

Au condenseur, **P = qm × Δh**, donc qm = P ÷ Δh = 180 kW ÷ 220 kJ/kg = 0,81818 kg/s. Comme 1 kW = 1 kJ/s, l’unité obtenue est bien le kg/s. Arrondi à trois décimales : 0,818 kg/s.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Débit massique : 0,818 kg/s.

Question 8°. Calculer la puissance frigorifique des trois évaporateurs à partir du débit massique et des écarts d’enthalpie indiqués pour les chambres à 0 °C, 5 °C et 10 °C.

Chambre	Δh évaporateur (kJ/kg)	Débit massique (kg/s)	Puissance (kW)
0 °C	176	0,818 ÷ 3	47,99
5 °C	178	0,818 ÷ 3	48,55
10 °C	187	0,818 ÷ 3	51,00

Le débit total se répartit également entre les trois évaporateurs. Pour chacun, P = qm × Δh. La puissance frigorifique totale est la somme des trois puissances.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Puissances : 47,99 kW, 48,55 kW et 51,00 kW. Total : 147,54 kW.

Question 9

Question 9.1. À l’aide des caractéristiques du compresseur BITZER 666-60.2 fournies sur le document DR 4/4, déterminer son volume balayé.

La caractéristique constructeur du compresseur BITZER 6G-60.2 donne un volume balayé de 180,5 m³/h. Conversion en m³/s : 180,5 ÷ 3 600 = 0,05014 m³/s. Le volume balayé est la capacité théorique du compresseur par unité de temps.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Volume balayé : 180,5 m³/h, soit 0,05014 m³/s.

Question 9.2. Calculer le débit volumique, ou volume aspiré, du fluide frigorigène à l'aspiration du compresseur.

1. Le débit massique donné est qm = 0,818 kg/s. Le volume massique aspiré lu sur le diagramme R22 est v′ ≈ 0,055 m³/kg.
2. Le débit volumique aspiré vaut qva = qm × v′ = 0,818 × 0,055 = 0,04499 m³/s.

Arrondi à trois chiffres significatifs : 0,0450 m³/s.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> **Débit volumique aspiré : 0,0450 m³/s.**

Question 9.3. À partir du volume balayé du compresseur et du débit volumique de fluide frigorigène à l'aspiration, calculer le rendement volumétrique.

Le rendement volumétrique est le rapport entre le débit volumique aspiré et le volume balayé par seconde : ηv = qva ÷ Vb. Ainsi, ηv = 0,04499 ÷ (180,5 ÷ 3 600) = 0,897. Le rendement est sans unité ; en pourcentage, cela correspond à 89,7 %.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> **Rendement volumétrique : 0,897, soit 89,7 %.**

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

Bilan de l'épreuve : L'épreuve E.1-A de physique appliquée du BP Monteur dépanneur en froid et climatisation, session 2009, porte le code E.1-A et dure 2 heures, coefficient 3. Elle étudie une installation de supermarché au R22 avec trois chambres froides, un condenseur à air et un compresseur BITZER. Elle évalue le tracé du cycle, la lecture psychrométrique et les calculs de puissance et de rendement.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- La température d'ébullition de chaque évaporateur se déduit de la température de la chambre et de l'écart de 8 K.
- Lors d'une détente isenthalpique, l'enthalpie du fluide frigorigène reste constante.
- La puissance thermique se calcule par P = débit massique × différence d'enthalpie, avec des unités cohérentes.
- Le débit volumique aspiré du fluide frigorigène se calcule par qva = qm × volume massique à l'aspiration.

Points de vigilance & attentes du jury

- Traiter séparément les trois températures d'ébullition et les pressions correspondantes.
- Tracer le cycle sur le diagramme enthalpique et nommer chaque point sans confondre les états.
- Relever sur le diagramme psychrométrique les propriétés aux états d'entrée et de sortie de l'air.
- Vérifier les unités des débits et des enthalpies avant de calculer puissances et rendement.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment déterminer la température d'ébullition de chaque évaporateur ?

Pour chaque chambre, appliquer l'écart de température donné de 8 K entre la chambre et l'évaporateur. Effectuer le calcul séparément pour les chambres à 0 °C, 5 °C et 10 °C, sans mélanger leurs conditions de fonctionnement.

Q : Comment calculer la puissance du condenseur à air ?

Lire les propriétés de l'air à l'entrée et à la sortie sur le diagramme psychrométrique. Déduire le débit massique d'air sec du débit volumique et du volume spécifique, puis multiplier ce débit par la différence d'enthalpie entre les deux états.

Q : Faut-il traiter les trois parties dans l'ordre ?

Non. Le sujet précise que les trois parties sont indépendantes et peuvent être traitées séparément. L'épreuve dure 2 heures, est notée sur 20, et l'usage des instruments de calcul est autorisé.

Q : Quels éléments de présentation faut-il soigner pour la notation ?

Le sujet demande de nommer tous les points du cycle et de l'évolution de l'air, de compléter les tableaux et de présenter les calculs. Les unités doivent être cohérentes et les diagrammes et le formulaire fournis doivent être utilisés.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bpfroid.fr/assets/annales/bp-froid/U11 - Physique appliquée/2009/BP Froid - U11 - Physique appliquée - 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.