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 : TECHNOLOGIE - unité U11 (épreuve écrite)

Session 2010 • Code sujet : **E.1-A** • Durée : **2 h** • Coefficient : **3**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Étude du cycle frigorifique à compression mécanique au R404A (2 questions) **Page 3**

2. Psychrométrie et évacuation de la chaleur au condenseur (5 questions) **Page 6**

3. 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/2010/BP Froid - U11 - Physique appliquée - Session 2010 - 1-Sujet.pdf

1. Étude du cycle frigorifique à compression mécanique au R404A

L'étude porte sur une installation frigorifique à compression mécanique, à simple étage, fonctionnant au R404A. À partir des conditions de fonctionnement et du diagramme enthalpique, il faut tracer le cycle, compléter les relevés et déterminer une température ainsi que plusieurs puissances.

Question 1.1. Construire le cycle frigorifique sur le diagramme enthalpique du R404A et compléter le tableau de relevés.

Les pressions du tableau sont absolues : on ajoute environ 1 bar aux pressions relatives. Le point 3 est à 56 °C, température d'entrée du condenseur. Après sous-refroidissement de 10 °C, le point 5 est à 35 °C. La détente 5→6 est isenthalpique. Les enthalpies et le volume massique sont des lectures du diagramme, à environ 2 kJ/kg près.

Point	Désignation	P (bar abs)	θ (°C)	h (kJ/kg)	v'' (m³/kg)
1	Entrée compresseur	2,3	−10	386	0,102
2	Sortie compresseur réelle	23	≈ 90	≈ 440	
3	Entrée condenseur	23	56	≈ 430	
4	Sortie condenseur	23	45	≈ 271	
5	Entrée détendeur	23	35	≈ 258	
6	Sortie détendeur	2,3	−27	≈ 258	
7	Sortie évaporateur	2,3	−21	≈ 357	

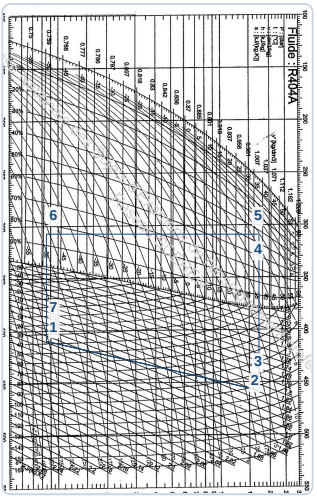
Tracer 1→2 en compression, 2→3→4→5 au condenseur, 5→6 à enthalpie constante, puis 6→7→1 à basse pression.

Relevés complétés

Points	Désignation	P	θ	h	v''
1	Entrée compresseur	2,3	−10	386	0,102
2	Sortie compresseur	23	≈90	≈440	
3	Entrée condenseur	23	56	≈430	
4	Sortie condenseur	23	45	≈271	
5	Entrée détendeur	23	35	≈258	
6	Sortie détendeur	2,3	−27	≈258	
7	Sortie évaporateur	2,3	−21	≈357	

Sujets d'Examens à l'enseignement
Réseau SCEREN

Cycle R404A sur le diagramme



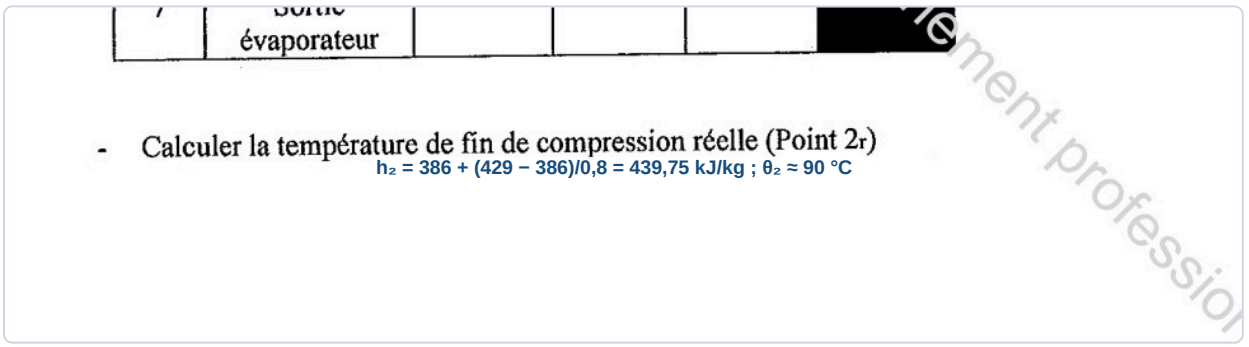
✓ RÉPONSE À RETENIR

Cycle : $1 \to 2 \to 3 \to 4 \to 5 \to 6 \to 7 \to 1$; $h_5 = h_6 \approx 258$ kJ/kg.

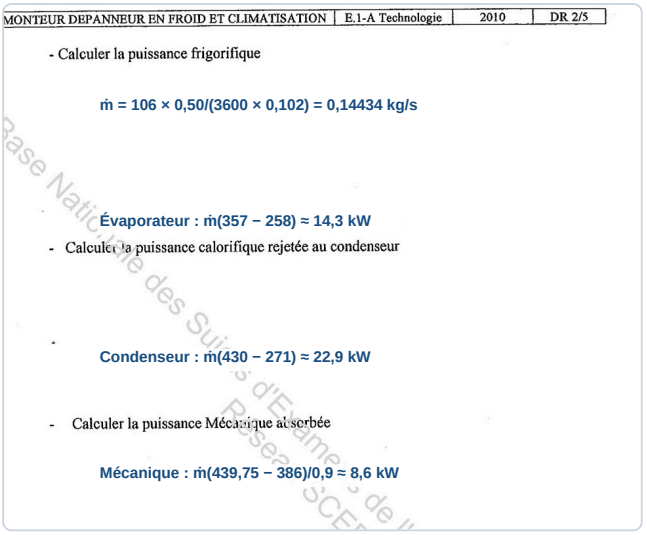
Question 1.2. Déterminer la température réelle de fin de compression au point 2, la puissance frigorifique à l'évaporateur, la puissance rejetée au condenseur et la puissance mécanique absorbée par le moto-compresseur.

Le rapport de compression est $\tau = 23/2,3 = 10$, donc $\eta_v = 1 - 0,05 \times 10 = 0,50$. Le débit massique vaut $\dot{m} = 106 \times 0,50/(3600 \times 0,102) = 0,14434$ kg/s. Avec $h_2 = 429$ kJ/kg, $h_{2r} = 386 + (429 - 386)/0,8 = 439,75$ kJ/kg, soit environ 90 °C sur le diagramme. Les puissances se calculent avec les écarts d'enthalpie : évaporateur 357−258, condenseur 430−271 et compression réelle 439,75−386, avec le rendement mécanique 0,9.

Température réelle de fin de compression



Puissances calculées



MONTEUR DEPANNEUR EN FROID ET CLIMATISATION | E.1-A Technologie | 2010 | DR 2/5

- Calculer la puissance frigorifique

ṁ = 106 × 0,50/(3600 × 0,102) = 0,14434 kg/s

Évaporateur : ṁ(357 − 258) ≈ 14,3 kW

- Calculer la puissance calorifique rejetée au condenseur

Condenseur : ṁ(430 − 271) ≈ 22,9 kW

- Calculer la puissance Mécanique absorbée

Mécanique : ṁ(439,75 − 386)/0,9 ≈ 8,6 kW

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

✓ RÉPONSE À RETENIR

Fin de compression ≈ 90 °C ; puissance frigorifique ≈ 14,3 kW ; puissance rejetée ≈ 22,9 kW ; puissance mécanique absorbée ≈ 8,6 kW.

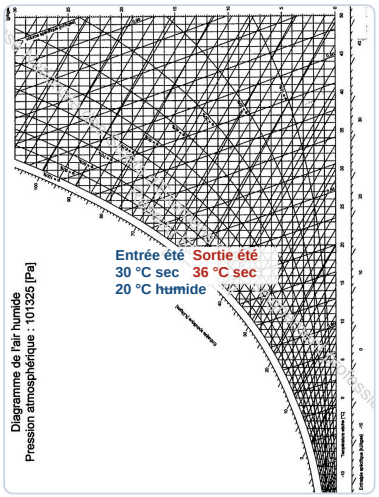
2. Psychrométrie et évacuation de la chaleur au condenseur

L'étude porte sur l'évolution de l'air dans un condenseur, représentée sur le diagramme de l'air humide, en conditions d'été et d'hiver. Les états de l'air et la puissance du condenseur servent à calculer les débits, compléter les relevés et comparer les débits volumiques selon la saison.

Question 2.1. Tracer sur le diagramme psychrométrique l'évolution de l'air dans le condenseur en conditions d'été.

À l'entrée, placer l'air d'été à 30 °C de température sèche et 20 °C de température humide. Reporter ce point sur le diagramme, puis suivre une ligne d'humidité absolue constante jusqu'à 36 °C de température sèche. Le condenseur réchauffe l'air sans modifier sa teneur en eau : l'évolution est donc horizontale sur le diagramme psychrométrique.

Évolution de l'air en été



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Été : 30 °C sec, 20 °C humide → 36 °C sec, à humidité absolue constante.

Question 2.2. Déterminer le débit massique d'air au condenseur, en kg/s, en utilisant le volume massique de l'air à l'entrée du condenseur, puis déterminer le débit volumique au condenseur, en m³/h. Ne pas prendre en compte le facteur de correction d'enthalpie.

La puissance du condenseur est 20 kW. Les enthalpies lues sur le diagramme donnent $\Delta h = 63{,}1 - 57{,}2 = 5{,}9\ \mathrm{kJ/kg}$. Donc $\dot{m} = P/\Delta h = 20/5{,}9 = 3{,}3898\ \mathrm{kg/s}$. Avec le volume massique d'entrée d'été $v = 0{,}87\ \mathrm{m^3/kg}$, $\dot{V} = \dot{m}\, v\, 3600 = 10\,616{,}9\ \mathrm{m^3/h}$. Le facteur de correction d'enthalpie n'est pas appliqué.

Calcul des débits au condenseur

Tableau de relevés :

	Conditions été	Conditions hiver
Température entrée	30 °C	0°C
Température sortie	36 °C	
Température humide entrée	20°C	
Humidité relative entrée		
Volu		
Enthalpie entrée		
Enthalpie sortie		

ṁ = 20 / (63,1 - 57,2) = 3,39 kg/s

V̇ = 3,39 × 0,87 × 3600 = 10 617 m³/h

Réseau SCEREN

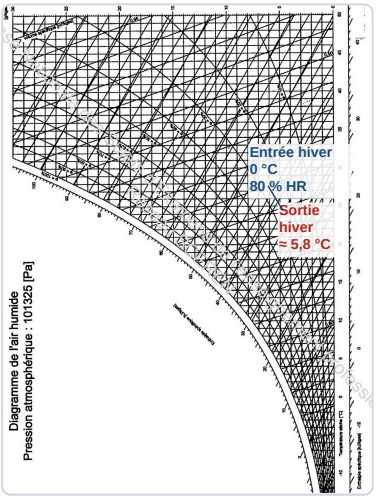
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Débit massique : 3,39 kg/s. Débit volumique : 10 617 m³/h.

Question 2.3. Tracer sur le diagramme psychrométrique l'évolution de l'air dans le condenseur en conditions d'hiver.

Placer l'entrée d'hiver à 0 °C et 80 % d'humidité relative. Le débit massique indiqué est 3,39 kg/s. La puissance de 20 kW donne une hausse d'enthalpie de $20/3{,}39 \approx 5{,}90\ \mathrm{kJ/kg}$. À partir de l'enthalpie d'entrée lue sur le diagramme, environ 7,5 kJ/kg, repérer environ 13,4 kJ/kg en sortie. À humidité absolue constante, la température sèche de sortie est proche de 5,8 °C.

Évolution de l'air en hiver



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

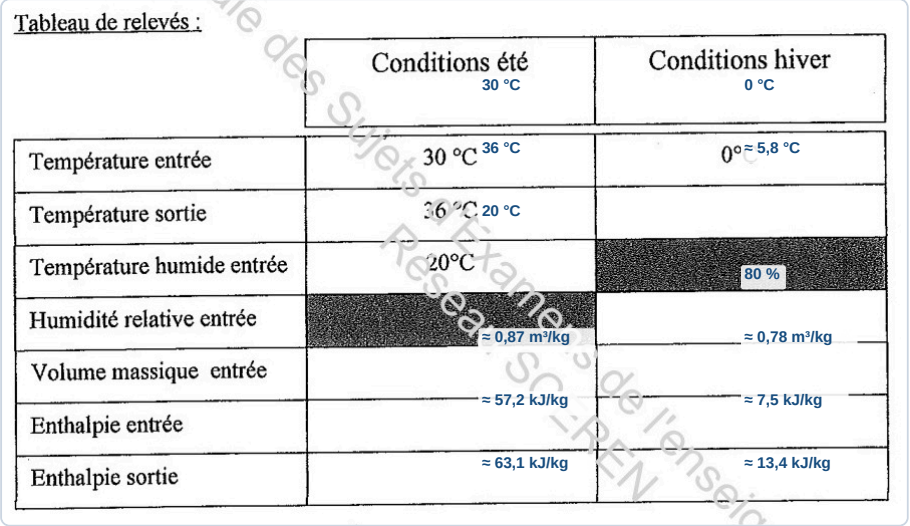
Hiver : 0 °C et 80 % HR → environ 5,8 °C, à humidité absolue constante.

Question 2.4. **Compléter le tableau de relevés pour les conditions d'été et d'hiver.**

Relevé	Conditions été	Conditions hiver
Température d'entrée	30 °C	0 °C
Température de sortie	36 °C	≈ 5,8 °C
Température humide d'entrée	20 °C	Case grisée
Humidité relative d'entrée	Case grisée	80 %
Volume massique d'entrée	≈ 0,87 m³/kg	≈ 0,78 m³/kg
Enthalpie d'entrée	≈ 57,2 kJ/kg	≈ 7,5 kJ/kg
Enthalpie de sortie	≈ 63,1 kJ/kg	≈ 13,4 kJ/kg

Les valeurs psychrométriques sont des lectures approchées du diagramme. Les deux cases grisées du tableau source restent non renseignées.

Tableau de relevés complété



✓ RÉPONSE À RETENIR

Été : 30 °C → 36 °C. Hiver : 0 °C → environ 5,8 °C.

Question 2.5. **Indiquer si le débit d'air volumique est identique en hiver et en été, puis justifier la réponse.**

Non, car le débit volumique dépend du volume massique de l'air : $\dot{V} = \dot{m}\, v\, 3600$. Avec le débit massique non arrondi obtenu à la question 2, le débit est d'environ 10 617 m³/h en été ($v = 0{,}87\ \mathrm{m^3/kg}$) et 9 519 m³/h en hiver ($v = 0{,}78\ \mathrm{m^3/kg}$). L'air hivernal, plus dense, produit un débit volumique inférieur.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Non : environ 10 617 m³/h en été contre 9 519 m³/h en hiver.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2010)

Bilan de l'épreuve : Épreuve écrite de technologie U11 du BP Monteur dépanneur en froid et climatisation, session 2010, code E.1-A, d'une durée de 2 h et de coefficient 3. Notée sur 40 points, elle étudie un cycle frigorifique au R404A et l'évolution de l'air au condenseur en été et en hiver. Elle évalue le tracé et l'exploitation de diagrammes, les relevés ainsi que les calculs de puissances et de débits.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- La détente du fluide frigorigène est isenthalpique : l'enthalpie reste constante entre l'entrée et la sortie du détendeur.
- La puissance thermique échangée se calcule avec le débit massique multiplié par la variation d'enthalpie.
- La puissance frigorifique de l'évaporateur dépend de l'écart d'enthalpie entre la sortie et l'entrée de l'évaporateur.
- Le débit volumique d'air est le produit du débit massique par le volume massique, qui varie selon l'état psychrométrique.

Points de vigilance & attentes du jury

- Placer précisément les états du cycle et reporter les unités dans le tableau de relevés.
- Respecter les hypothèses de l'énoncé, notamment la détente isenthalpique et les rendements du compresseur.
- Tracer séparément les évolutions psychrométriques d'été et d'hiver à partir des états indiqués.
- Distinguer débit massique et débit volumique, convertir les unités et justifier la comparaison saisonnière.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment utiliser le diagramme enthalpique pour calculer les puissances du cycle ?

Repérez les états du fluide sur le diagramme et relevez leurs enthalpies. Multipliez le débit massique par l'écart d'enthalpie correspondant à l'évaporateur, au condenseur ou au compresseur, en conservant des unités cohérentes.

Q : Pourquoi le débit volumique d'air peut-il changer entre l'été et l'hiver ?

À débit massique constant, le débit volumique dépend du volume massique de l'air. Celui-ci varie avec les conditions de température et d'humidité, de sorte que les états psychrométriques saisonniers peuvent produire des débits volumiques différents.

Q : Comment répartir le temps pendant cette épreuve de deux heures ?

Le sujet conseille 15 minutes pour lire l'épreuve, 1 h 15 pour la première partie sur le cycle frigorifique et 30 minutes pour la psychrométrie. Gardez quelques minutes pour vérifier les unités, les relevés et la présentation des réponses.

Q : Quels critères de notation faut-il particulièrement respecter ?

Le barème évalue notamment la précision du placement des points, les unités, les relevés d'enthalpie et de volume massique, ainsi que le tracé du cycle. Il prend aussi en compte la justesse des calculs et, en psychrométrie, la précision des points et la justification de la comparaison.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bpfroid.fr/assets/annales/bp-froid/U11 - Physique appliquée/2010/BP Froid - U11 - Physique appliquée - Session 2010 - 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.