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

E1 A - Physique appliquée, Unité U11

Session 2015 • Code sujet : **E1 - A - U11** • Durée : **2 h** • Coefficient : **3**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Étude du cycle frigorifique (6 questions) **Page 3**

2. Étude du cycle psychrométrique (3 questions) **Page 7**

3. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 10**

Sujet officiel (PDF) : https://bpfroid.fr/assets/annales/bp-froid/U11 - Physique appliquée/2015/BP Froid - U11 - Physique appliquée - Session 2015 - 1-Sujet.pdf

1. Étude du cycle frigorifique

L'étude porte sur un cycle frigorifique au HFC R404A, décrit par un schéma fluidique où les points de mesure T1 à T5 sont repérés. Les candidats exploitent les températures données, le diagramme enthalpique et les données du cahier des charges techniques pour caractériser le cycle et calculer des grandeurs liées au compresseur.

Cycle frigorifique

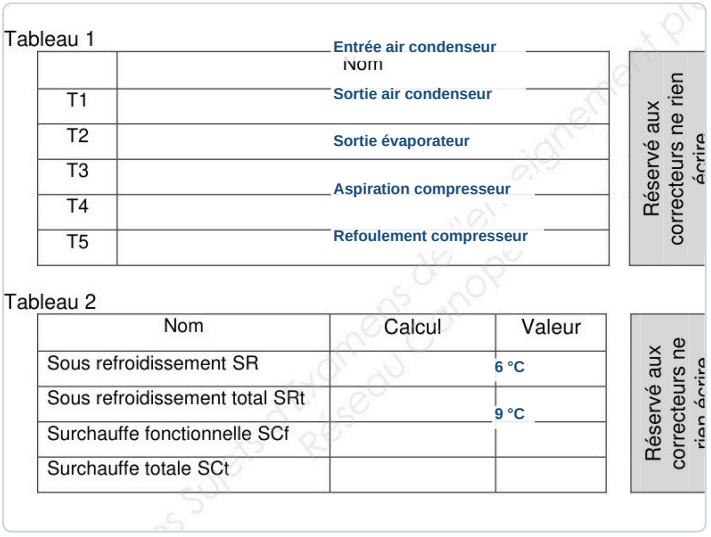
Question 1.1. Dans le tableau 1, indiquer le nom des points de mesure T1 à T5 repérés sur le schéma fluidique. Dans le tableau 2, calculer le sous-refroidissement SR, le sous-refroidissement total SRt, la surchauffe fonctionnelle SCf et la surchauffe totale SCt à partir de Tc = 36 °C et de T0 = -29 °C.

Les repères T1 et T2 concernent l'air du condenseur ; T3 et T4 sont sur la ligne d'aspiration, T5 sur le refoulement. Les surchauffes se calculent par rapport à T0 = -29 °C. Pour le sous-refroidissement, on compare Tc = 36 °C à la température du liquide lue sur le diagramme aux états correspondants.

Grandeur	Calcul	Résultat
SCf	-23 - (-29)	6 °C
SCt	-20 - (-29)	9 °C
SR, SRt	36 °C moins la température du liquide correspondante	Lecture du diagramme enthalpique

Les températures des états liquides nécessaires à SR et SRt se lisent sur le cycle tracé.

Tableaux de la question 1.1 complétés



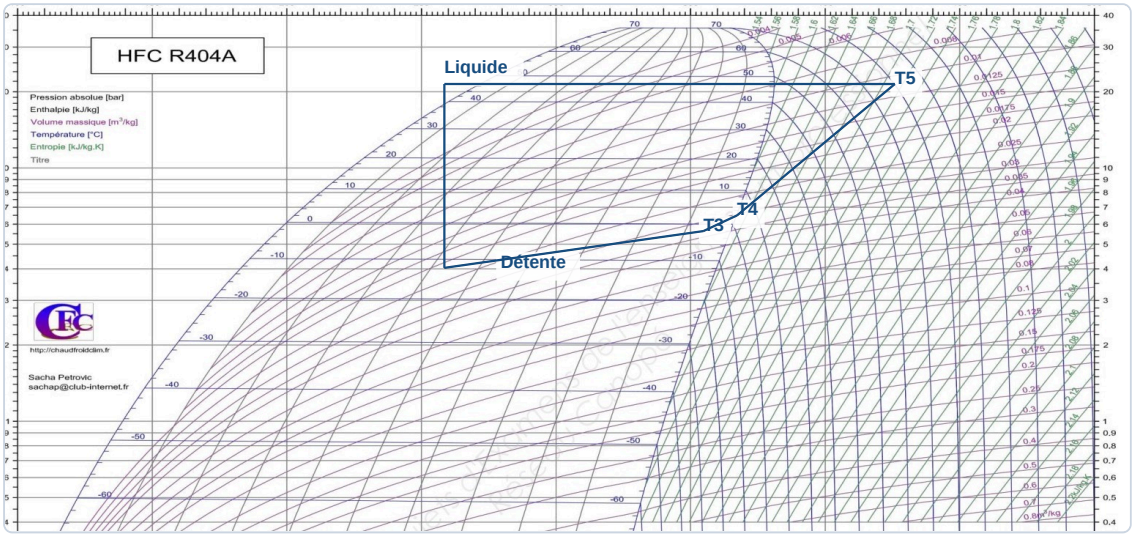
✓ RÉPONSE À RETENIR

T1 : entrée d'air condenseur ; T2 : sortie d'air ; T3 : sortie évaporateur ; T4 : aspiration compresseur ; T5 : refoulement. SCf = 6 °C ; SCt = 9 °C.

Question 1.2. Tracer le cycle frigorifique sur le diagramme enthalpique en utilisant les points de mesure identifiés à la question 1.1. Indiquer le repère de chaque point tracé.

Sur le diagramme R404A, les états du cycle se placent aux pressions absolues BP et HP. Relier l'aspiration T4 au refoulement T5 par la compression, puis suivre la condensation à haute pression jusqu'au liquide. La détente est isenthalpique, donc verticale sur ce diagramme, avant l'évaporation à basse pression jusqu'à T3. T1 et T2 désignent les mesures d'air du condenseur, pas des états du fluide frigorigène. Les positions du cycle sont à relever sur le diagramme fourni.

Cycle frigorifique R404A tracé sur le diagramme



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

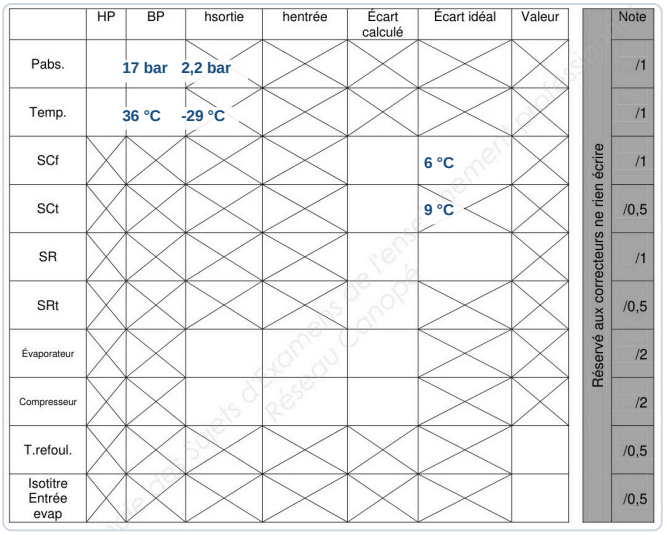
Cycle : T4 → T5, condensation à HP, détente isenthalpique, évaporation à BP jusqu'à T3, puis retour à T4.

Question 1.3. Compléter le tableau à partir du tracé sur le diagramme enthalpique. Renseigner les valeurs demandées pour les pressions absolues HP et BP, les températures, SCf, SCt, SR, SRt, les écarts d'enthalpie dans l'évaporateur et le compresseur, la température de refoulement et l'isotitre à l'entrée de l'évaporateur, dans les colonnes prévues.

Les pressions indiquées sur les by-pass sont manométriques. En prenant la pression atmosphérique à 1 bar, la pression absolue vaut pression lue + 1 bar. Les températures de saturation sont Tc = 36 °C et T0 = -29 °C ; les surchauffes sont celles calculées à la question 1.1. Les enthalpies, écarts dans l'évaporateur et le compresseur, température de refoulement et isotitre se relèvent sur le diagramme enthalpique et se reportent dans les colonnes correspondantes.

Grandeur	Valeur
BP absolue	2,2 bar
HP absolue	17 bar
SCf ; SCt	6 °C ; 9 °C
Autres valeurs graphiques	À relever sur le diagramme R404A

Valeurs certaines à reporter dans le tableau



✓ RÉPONSE À RETENIR

BP absolue : 2,2 bar ; HP absolue : 17 bar ; SCf : 6 °C ; SCt : 9 °C.

Question 1.4. Convertir en pourcentage la valeur de l'isotitre à la sortie du détendeur, puis expliquer ce que cette valeur permet de définir.

L'isotitre x est la fraction massique de vapeur du mélange liquide-vapeur à la sortie du détendeur. Le lire au point d'entrée de l'évaporateur sur le diagramme, puis le convertir en pourcentage : x × 100. Cette valeur indique la proportion de vapeur déjà formée après la détente ; la fraction liquide restante vaut 100 % moins ce pourcentage. Elle caractérise ainsi l'état du fluide à l'entrée de l'évaporateur.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Isotitre en pourcentage : valeur décimale lue sur le diagramme × 100 ; il représente la fraction massique de vapeur après détente.

Question 1.5. À partir des données du cahier des charges techniques, confirmer par le calcul la variation d'enthalpie dans l'évaporateur. Détailler le calcul en utilisant les formules du formulaire.

Le formulaire donne $\phi_0 = q_m \Delta h$, avec $\Delta h = h_{sortie} - h_{entrée}$. On isole la variation d'enthalpie : $\Delta h = \phi_0 / q_m$. Remplacer ϕ_0 et q_m par les valeurs du cahier des charges, en kW et kg/s : le résultat est en kJ/kg, car 1 kW = 1 kJ/s. Comparer ensuite cette valeur à la différence des enthalpies lues sur le diagramme pour confirmer le résultat.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$\Delta h_{évap} = h_{sortie} - h_{entrée} = \phi_0 / q_m$, en kJ/kg.

Question 1.6. À partir des données du cahier des charges techniques, déterminer en m³/h le débit volumique aspiré par le compresseur en détaillant le calcul avec les formules du formulaire. Calculer également le débit volumique balayé du compresseur.

Le débit volumique aspiré se calcule avec le débit massique et le volume massique à l'aspiration : $q_{asp} = q_m v'$. Avec q_m en kg/s et v' en m³/kg, le résultat est en m³/s ; multiplier par 3 600 pour l'obtenir en m³/h. Le débit balayé est le débit aspiré divisé par le rendement volumétrique du compresseur : $q_{bal} = q_{asp}/\eta_v$. Utiliser pour chaque grandeur la valeur correspondante du cahier des charges.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $q_{asp} = 3\,600 q_m v'$ en m³/h ; $q_{bal} = q_{asp}/\eta_v$.

2. Étude du cycle psychrométrique

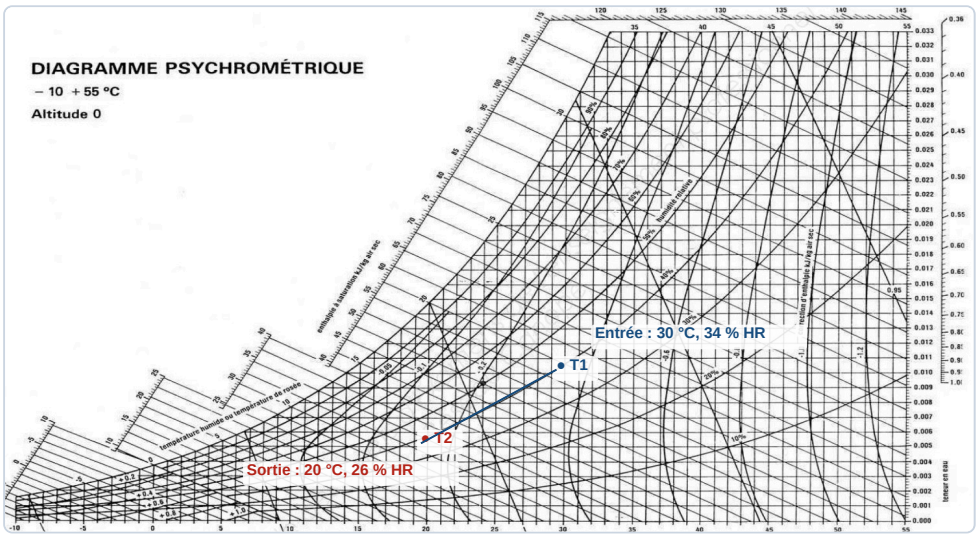
Cette partie étudie l'évolution de l'air au niveau du condenseur à l'aide du diagramme psychrométrique, du schéma fluidique et de mesures de température et de vitesse. Les candidats tracent les états de l'air, relèvent ses propriétés, puis calculent les débits d'air et la puissance du condenseur.

Cycle psychrométrique

Question 2.1. Tracer sur le diagramme psychrométrique l'évolution de l'air du condenseur en utilisant les points de mesure indiqués sur le schéma fluidique. Inscrire le repère de chaque point tracé.

Le schéma fluidique donne T1 à l'entrée : 30 °C et 34 % HR. À la sortie, T2 est à 20 °C et 26 % HR. Placer chaque état à l'intersection de sa température sèche et de son humidité relative sur le diagramme psychrométrique, inscrire son repère, puis relier T1 à T2 dans le sens de l'écoulement de l'air.

Évolution de l'air dans le condenseur



> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> T1 : 30 °C, 34 % HR. T2 : 20 °C, 26 % HR. Évolution de T1 vers T2.

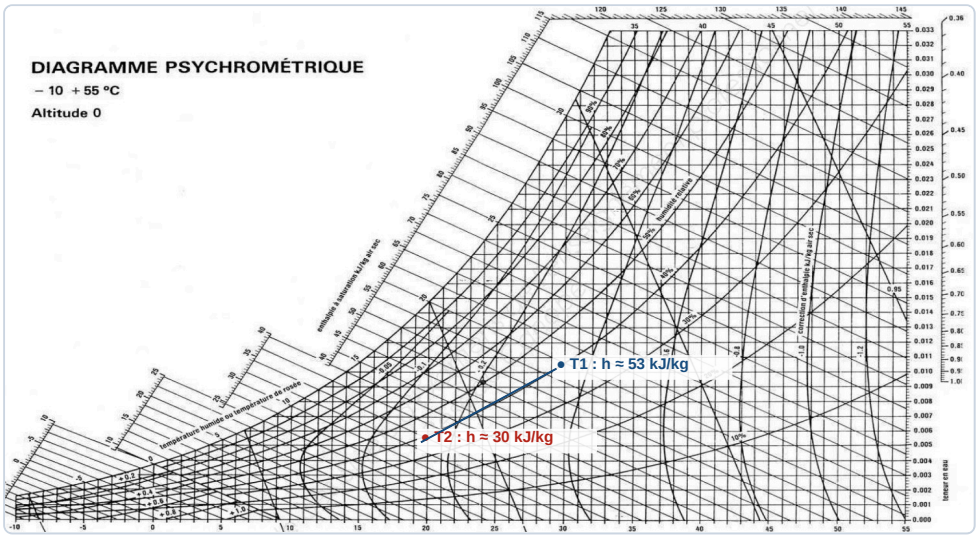
Question 2.2. Tracer sur le diagramme psychrométrique tous les points de la fiche de mesures, puis compléter celle-ci. Renseigner les températures sèches d'entrée et de sortie, les températures de rosée et humides à l'entrée et à la sortie, les enthalpies d'entrée et de sortie, le volume massique à l'entrée et la teneur en eau à la sortie du condenseur. Indiquer le repère de chaque point tracé.

Les propriétés se lisent sur le diagramme psychrométrique aux états T1 (30 °C, 34 % HR) et T2 (20 °C, 26 % HR). Les résultats sont des lectures graphiques arrondies. La teneur en eau est donnée en kilogramme d'eau par kilogramme d'air sec.

Grandeur	Entrée T1	Sortie T2
Température sèche	30 °C	20 °C
Température de rosée	≈ 13 °C	≈ 0 °C
Température humide	≈ 19 °C	≈ 10 °C
Enthalpie	≈ 53 kJ/kg	≈ 30 kJ/kg
Volume massique à l'entrée	≈ 0,87 m³/kg	-
Teneur en eau à la sortie	-	≈ 0,0038 kg/kg

Reporter T1 et T2 sur le diagramme, avec leurs repères.

Points et enthalpies sur le diagramme psychrométrique



Fiche de mesures complétée

Repère	Valeur
Température sèche θ_{sea} Entrée Condenseur	30 °C
Température sèche θ_{ssa} Sortie Condenseur	20 °C
Température de rosée θr entrée condenseur	≈ 13 °C
Température humide θh entrée condenseur	≈ 19 °C
Température de rosée θr sortie condenseur	≈ 0 °C
Température humide θh sortie condenseur	≈ 10 °C
Enthalpie h entrée condenseur	≈ 53 kJ/kg
Enthalpie h sortie condenseur	≈ 30 kJ/kg
Volume massique v'' entrée condenseur	≈ 0,87 m³/kg
Teneur en eau r sortie condenseur	≈ 0,0038 kg/kg

✓ RÉPONSE À RETENIR

Entrée T1 : 30 °C, rosée ≈ 13 °C, humide ≈ 19 °C, h ≈ 53 kJ/kg, v″ ≈ 0,87 m³/kg. Sortie T2 : 20 °C, rosée ≈ 0 °C, humide ≈ 10 °C, h ≈ 30 kJ/kg, r ≈ 0,0038 kg/kg.

Question 2.3. À partir des caractéristiques du condenseur sur le schéma fluidique et des résultats de la fiche de mesures de la question 2.2, calculer la puissance du condenseur en utilisant le formulaire.

Surface frontale : $S = L \times l = 0{,}43 \times 0{,}39 = 0{,}1677$ m². Vitesse moyenne : $v_m = (3{,}2 + 3{,}3 + 3{,}7 + 3{,}9)/4 = 3{,}525$ m/s. Le débit volumique vaut $q_v = S \times v_m = 0{,}591$ m³/s. Avec $v'' \approx 0{,}87$ m³/kg, le débit massique est $q_m = q_v/v'' \approx 0{,}679$ kg/s.

La puissance se calcule avec $\Phi_k = q_m(h_{entrée} - h_{sortie})$. En prenant les lectures arrondies du diagramme, $\Phi_k \approx 0{,}679 \times (53 - 30) = 15{,}6$ kW.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Puissance du condenseur : $\Phi_k \approx 15{,}6$ kW.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2015)

Bilan de l'épreuve : Épreuve écrite E1 A de physique appliquée du BP Monteur dépanneur en froid et climatisation, session 2015, code E1 - A - U11, d'une durée de 2 h et de coefficient 3. Elle étudie le cycle frigorifique au HFC R404A et le cycle psychrométrique de l'air au condenseur. Les compétences évaluées portent sur les schémas, les diagrammes, les relevés et les calculs thermodynamiques et aérauliques.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Le formulaire donne pour l'évaporateur Φ0 = qm × Δh, avec Δh = h sortie - h entrée.
- Le débit volumique d'air se calcule par qv = S × vm, avec S en m² et vm en m/s.
- Avec v' défini comme volume massique en m³/kg, la relation dimensionnellement cohérente est qm = qv/v'.
- Le formulaire donne pour le condenseur Φk = qm × Δh et indique Δh = h entrée - h sortie.

Points de vigilance & attentes du jury

- Identifier T1 à T5 sur le schéma avant de reporter les points sur le diagramme enthalpique.
- Pour les résultats concernés, inscrire les unités : le barème prévoit la moitié des points si l'unité est absente ou fausse.
- Pour le condenseur, calculer et présenter la surface, la vitesse moyenne, le débit volumique, le débit massique et la puissance.
- Le formulaire imprime qm = qv × v' tout en définissant v' en m³/kg : vérifier la cohérence dimensionnelle et distinguer volume massique et masse volumique.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer la puissance de l'évaporateur avec les enthalpies du cycle ?

Le formulaire donne Φ0 = qm × (h sortie - h entrée). Relevez les enthalpies aux bornes de l'évaporateur, exprimez qm en kg/s et les enthalpies en kJ/kg pour obtenir une puissance en kW.

Q : Comment passer du débit volumique d'air au débit massique ?

Le formulaire imprime qm = qv × v' et définit v' en m³/kg, mais cette multiplication n'est pas cohérente dimensionnellement. Avec un volume massique, la relation physique est qm = qv/v'; avec une masse volumique, elle est qm = qvρ.

Q : Comment organiser le temps et tenir compte du barème ?

L'épreuve dure 2 h et totalise 100 points : 70 pour le cycle frigorifique et 30 pour le cycle psychrométrique. Le sujet ne fixe pas de durée par question, donc répartissez le temps selon les points et gardez un moment pour vérifier les réponses.

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

Le barème valorise les tracés précis et les points correctement positionnés et repérés. Pour certaines questions, une unité absente ou erronée réduit de moitié les points attribués au résultat ; les calculs doivent aussi être détaillés et organisés.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bpfroid.fr/assets/annales/bp-froid/U11 - Physique appliquée/2015/BP Froid - U11 - Physique appliquée - Session 2015 - 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.