

Nom :

Prénom :

Date :

Livret d'exercices

| Thème | Rubrique | Sous-rubrique | Section |
|-------|----------|---------------|---------|
| Froid | | | |

Les fluides frigorigènes

Auteur: Dimitri Gomis, Philippe CrétaI

<https://formation.xpair.com/cours/fluide-frigorigene.htm>

Principe d'utilisation du livret d'exercices

Ce livret vous permettra de rédiger vos réponses aux exercices du dossier d'Eformation Xpair.com. Vous alternerez ainsi lecture ou audition du dossier en ligne et rédaction dans le livret.

Pour chaque exercice, vous rédigerez votre réponse, puis vous en étudierez la correction en ligne avant de passer à l'exercice suivant.

Si vous ne savez pas traiter un exercice, vous pourrez directement en étudier la correction, mais aussi souvent que possible obligez-vous à une rédaction.

Notez qu'entre 2 exercices, il pourra être nécessaire d'étudier le cours. Pour vous en prévenir, vous trouverez parfois, dans le livret l'indication :

« Etudiez le cours en ligne avant de passer à l'exercice suivant » ou « Etudiez le cours en ligne avant de passer au chapitre suivant ».

N'étudiez que les paragraphes et les exercices relatifs au niveau de difficulté égal ou inférieur à celui prévu pour votre formation.

- Niveau 3 : difficulté CAP
- Niveau 4 : difficulté Bac
- Niveau 5 : difficulté Bac+2

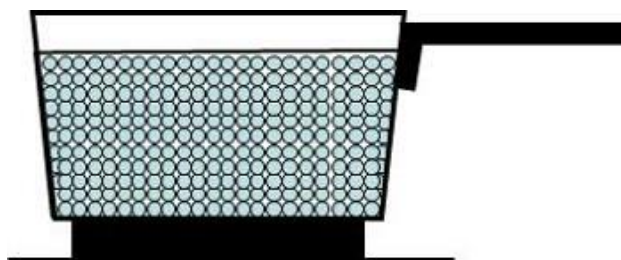
Puis, lorsque vous aurez terminé un dossier, vous pourrez vous évaluer en ligne par un test QCM dans lequel vous ne traiterez que les questions relatives aux thèmes que vous aurez étudiés.

Bon travail.
Les auteurs.

NB : Si vous détectez une coquille ou une erreur dans le présent livret ou dans le dossier en ligne, nous vous serons très reconnaissants de l'indiquer à Xpair sur la messagerie mg@xpair.com.

N°1 - Évaporation et production de froid - niv. 4 à 5

Étudiez le cours en ligne.



QUESTION Q1: Que sont les « bars absolus » et les « bars relatifs » ?

QUESTION Q2: Complétez le tableau.

| Pression absolue | Pression relative |
|------------------|-------------------|
| ? | 4 [bar] |
| 2 [bar] | ? |

QUESTION Q3: Complétez le tableau.

| Pression absolue | Pression relative |
|------------------|-------------------|
| ? | 0 [bar] |
| 0,8 [bar] | ? |
| ? | -0,4 [bar] |

N°2 - La pression d'évaporation des fluides frigorigènes - niv. 4 à 5

Etudiez le cours en ligne.



Source Danfoss

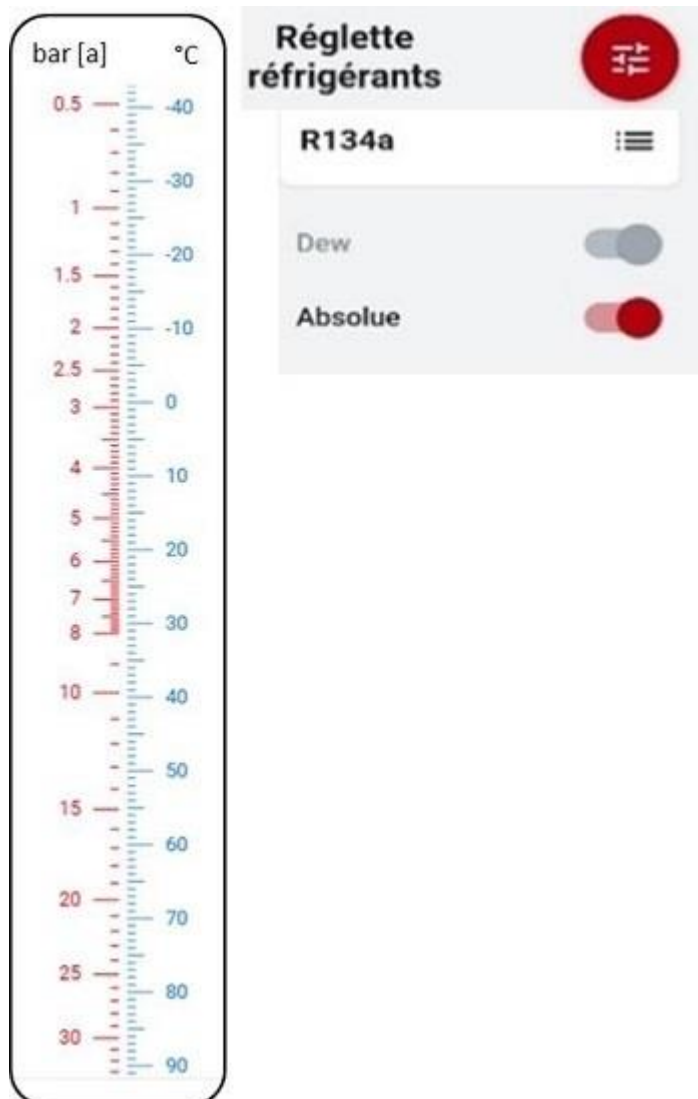
QUESTION Q1: En utilisant la réglette Danfoss ci-dessus, pourriez-vous déterminer en bar absolu à quelle pression l'eau devrait se trouver pour s'évaporer à +10 [°C]?

L'intérêt des fluides frigorigènes est de pouvoir s'évaporer aux températures nécessaires à nos besoins de climatisation ou de refroidissement sous des pressions industriellement acceptables.

QUESTION Q2: Etudiez ci-dessous la réglette Danfoss pour le fluide frigorigène R134a (*).

(* Le R134a nous sert de fil conducteur au sein de ce dossier. En réalité ce fluide frigorigène sera en pratique progressivement remplacé par un autre moins polluant.

Déterminer en bar absolu et en bar relatif à quelle pression doit se trouver ce fluide pour pouvoir s'évaporer à +10 [°C], ce qui permettra facilement de climatiser un local à +25 [°C].



QUESTION Q3: En considérant un écart de température suffisant entre l'ambiance à refroidir et le changement d'état du fluide frigorigène, proposez une température d'évaporation qui permettrait facilement de maintenir à -10 [°C] une chambre climatique.

Si on utilise du R134a, quelle serait alors la pression absolue correspondante ?

N°3 - Les principaux fluides frigorigènes - niv. 4 à 5

Etudiez le cours en ligne.

| Fluide frigorigène | T° d'évaporation (à la pression atmosphérique) | Typologie d'installation |
|-------------------------|--|---|
| R32 | -51,65°C | Split Système/ Multi split |
| R1234yf | -29,49°C | Groupe de production d'eau glacée / nouveaux véhicules |
| R1234ze | -18,97°C | Groupe de production d'eau glacée / nouveaux véhicules |
| R134 a | -26,07°C | Réfrigération commercial positif /Groupe de production d'eau glacée / anciens véhicules |
| R290 (Propane) | -42,11°C | Réfrigération commercial |
| R407C | -43,63°C | Groupe de production d'eau glacée |
| R410A | -51,44°C | Split Système/ Multi split/ Groupe de production d'eau glacée/VRV/DRV |
| R449A | -45,72°C | Réfrigération commercial négatif |
| R600a (Isobutane) | -11,75°C | Réfrigération domestique/ Réfrigération commercial |
| R717 (Ammoniac) | -33,32°C | Réfrigération industrielle / Réfrigération par absorption |
| R718 (L'eau) | 100°C | Production de froid par absorption |
| R744 (CO ₂) | -62,89°C | Réfrigération industrielle/ Climatisation (PANASONIC) |

Les fluides les plus polluants sont ainsi progressivement :

a) Interdits de vente :

En **2020** : Interdiction de mise sur le marché et d'utilisation des fluides R-404A et R-507.

En **2022** : Interdiction de mise sur le marché du fluide R-134a pour les systèmes de réfrigération centralisés multipostes à usage commercial d'une capacité nominale ≥ 40 [kW] et un PRG ≥ 150 (sauf circuit primaire avec PRG $\leq 1\ 500$ d'une installation en cascade).

En **2025** : Interdiction de mise sur le marché des fluides R-407C et R-410A pour les systèmes de climatisation bi-blocs contenant moins de 3 [kg] de HFC avec un PRG ≥ 750 .

En **2030** : Interdiction totale des fluides R-404A et R 507.

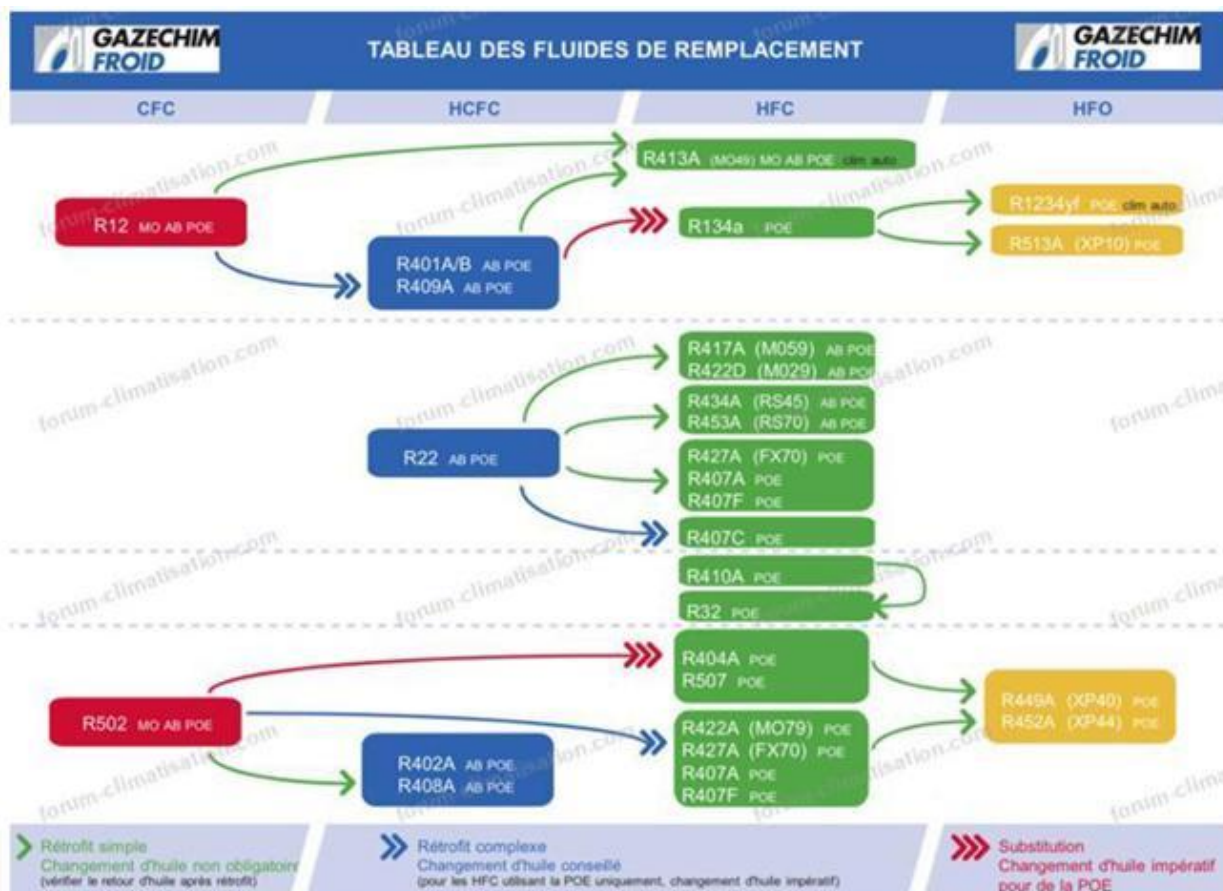
b) Interdits d'utilisation :

| Fluides autorisés Jusqu'en 2025 | Fluides autorisés jusqu'en 2030 |
|------------------------------------|------------------------------------|
| R 407A | R32 |
| R 407C | R 134 a |
| R407F | R 448A |
| R 410A | R 449A |
| R 452A... | R 450A |
| | R 513... |

QUESTION Q1: En utilisant les données précédentes, complétez le tableau:

| Fluide frigorigène | R134 a |
|---|--------|
| Température d'évaporation à la pression atmosphérique | ? |
| Année d'interdiction de vente | ? |
| Année d'interdiction d'utilisation | ? |

Les fournisseurs proposent bien sûr des tables de conversion des anciens fluides en nouveaux fluides moins polluants.



QUESTION Q2: Quels fluides proposent la société GAZECHIM pour remplacer le 134a?

N°4 - La chaleur de vaporisation - la vapeur d'eau - niv. 4 à 5

Etudiez le cours en ligne.

| TABLE DE VAPEUR D'EAU | | |
|-----------------------|-------------|-----------------|
| Pression absolue | Température | Chaleur latente |
| p | t | r |
| [bar] | [°C] | [Wh/kg] |
| 0,1 | 45,81 | 664,69 |
| 0,2 | 60,06 | 655,08 |
| 0,3 | 69,10 | 648,91 |
| 0,4 | 75,87 | 644,23 |
| 0,5 | 81,33 | 640,39 |
| 0,6 | 85,94 | 637,12 |
| 0,7 | 89,95 | 634,25 |
| 0,8 | 93,50 | 631,71 |
| 0,9 | 96,71 | 629,38 |
| 1,0 | 99,63 | 627,23 |

QUESTION Q1: Selon la table ci-dessus, à quelle pression absolue, arrondie au dixième, l'eau s'évapore-t-elle à 90 [°C]?

QUESTION Q2: Quelle est en [kWh] la quantité de chaleur qui est nécessaire à l'évaporation d'un [kg] d'eau à la pression atmosphérique?

Sachant qu'un [kWh] est égal à 3600 [kJ], combien de [kJ] seront nécessaires?

Etudiez le cours en ligne avant de traiter l'exercice suivant.

| TABLE DE VAPEUR D'EAU | | | |
|-----------------------|-------------|-----------------------------------|--|
| Pression absolue | Température | Chaleur totale (enthalpie vapeur) | Chaleur sensible (enthalpie eau liquide) |
| p | t | h _v | h _i |
| [bar] | [°C] | [Wh/kg] | [Wh/kg] |
| 0,1 | 45,81 | 717,97 | 53,29 |
| 0,2 | 60,06 | 724,92 | 69,83 |
| 0,3 | 69,10 | 729,25 | 80,34 |
| 0,4 | 75,87 | 732,44 | 88,22 |
| 0,5 | 81,33 | 734,97 | 94,58 |
| 0,6 | 85,94 | 737,08 | 99,96 |
| 0,7 | 89,95 | 738,89 | 104,64 |
| 0,8 | 93,50 | 740,50 | 108,79 |
| 0,9 | 96,71 | 741,92 | 112,54 |
| 1,0 | 99,63 | 743,19 | 115,96 |

QUESTION Q3: Etudiez la table ci-dessus et remplissez le tableau ci-dessous.

| Pression : 1 [bar] absolu - Température : 100 [°C] | |
|--|--|
| Enthalpie spécifique de la vapeur d'eau en [Wh/kg] | |
| Enthalpie spécifique de l'eau liquide en [Wh/kg] | |
| Chaleur latente de vaporisation en [Wh/kg] | |
| Chaleur latente de vaporisation en [kJ/kg] | |

QUESTION Q4: Etudiez la table ci-dessus et remplissez le tableau ci-dessous.

| Pression : 0,7 [bar] absolu - Température : 90 [°C] | |
|---|--|
| Enthalpie spécifique de la vapeur d'eau en [Wh/kg] | |
| Enthalpie spécifique de l'eau liquide en [Wh/kg] | |
| Chaleur latente de vaporisation en [Wh/kg] | |
| Chaleur latente de vaporisation en [kJ/kg] | |

N°5 - La chaleur de vaporisation des fluides frigorigènes - niv. 4 à 5

Comme pour la vapeur d'eau étudiée au chapitre précédent, on trouve bien sûr des tables détaillées des caractéristiques physiques des fluides frigorigènes. On parle de « tables thermodynamiques ».

| Table thermodynamique R134 a | | | | | |
|------------------------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|
| Tempér. [°C] | Pression [bar abs] | Liquide | Vapeur | Liquide | Vapeur |
| | | Densité [kg/m ³] | Densité [kg/m ³] | Enthalpie [kJ/kg] | Enthalpie [kJ/kg] |
| -28 | 0,92703 | 1382,4 | 4,8356 | 163,34 | 381,57 |
| -27 | 0,97104 | 1379,5 | 5,0514 | 164,62 | 382,20 |
| -26 | 1,01670 | 1376,5 | 5,2748 | 165,90 | 382,82 |

QUESTION Q1: Etudiez la table ci-dessus et remplissez le tableau ci-dessous.

| R134a Pression : 0,927 [bar] absolu - Température : -28 [°C] | |
|---|--|
| Enthalpie spécifique de la vapeur en [kJ/kg] | |
| Enthalpie spécifique du liquide en [kJ/kg] | |
| Chaleur latente de vaporisation en [kJ/kg] | |

QUESTION Q2: Etudiez la table ci-dessus et remplissez le tableau ci-dessous.

| R134a Pression : 1,0167 [bar] absolu - Température : -26 [°C] | |
|--|--|
| Enthalpie spécifique de la vapeur en [kJ/kg] | |
| Enthalpie spécifique du liquide en [kJ/kg] | |
| Chaleur latente de vaporisation en [kJ/kg] | |

QUESTION Q3: A votre avis, pourquoi a-t-on intérêt dans une machine frigorifique à ce que la chaleur latente de vaporisation par [kg] du fluide frigorigène utilisé soit la plus élevée possible?

QUESTION Q4: Comparez la chaleur latente de vaporisation de l'eau (étudiée au chapitre précédent) et celle du R134a. Que constatez-vous?
Pourquoi l'eau dont la chaleur latente de vaporisation est très élevée n'est néanmoins pas un bon fluide frigorigène?

Après avoir étudié en ligne ce dossier, évaluez-vous par un test

<https://formation.xpair.com/cours/fluide-frigorigene.htm>

| | |
|--------------------------|-----|
| Résultat Test 1 | /10 |
| Résultat éventuel Test 2 | /10 |
| Résultat éventuel Test 3 | /10 |