

Nom :

Prénom :

Date :

Livret d'exercices

| Thème | Rubrique | Sous-rubrique | Sous sous-rubrique |
|----------|----------|---------------|--------------------|
| Physique | | | |

L'enthalpie – partie 1

Auteurs: Patrick Delpech, Etienne Hoonakker

<http://formation.xpair.com/essentiel-genie-climatique/lire/enthalpie-partie1.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 § 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 Production de vapeur à la pression atmosphérique et notion d'enthalpie – niv 4

Etudiez le cours en ligne.

Aussi longtemps que l'eau monte en température dans la casserole (par exemple entre 0 et 100 [°C]), on dit qu'elle récupère de la chaleur (ou de l'énergie) sensible et lorsqu'elle s'évapore, qu'elle récupère de la chaleur (ou de l'énergie) latente.

Au final, la vapeur contient bien sûr toute cette énergie sensible et latente, on parle alors d'énergie totale ou d'enthalpie.

L'enthalpie d'un corps est une grandeur énergétique qui comptabilise l'énergie qu'il contient qu'elle que soit son origine.

QUESTION Q1 : Classez ci-dessous de l'enthalpie la plus faible à l'enthalpie la plus élevée, du n°1 au n°7.

| | Classement enthalpique de la plus faible n°1 à la plus forte n°7 |
|----------------------------------|--|
| 1 kg de glace à 0 [°C] | |
| 1 kg de d'eau liquide à 100 [°C] | |
| 1 kg d'eau liquide à 0 [°C] | |
| 1 kg de glace à - 50 [°C] | |
| 1 kg de vapeur à 150 [°C] | |
| 1 kg d'eau liquide à 25 [°C] | |
| 1 kg de vapeur à 100 [°C] | |

QUESTION Q2 : Comment expliquer que l'enthalpie de la glace à 0 [°C] soit plus faible que celle de l'eau liquide à 0 [°C] ?

QUESTION Q3 : Classez ci-dessous de l'enthalpie la plus faible à l'enthalpie la plus élevée, du n°1 au n°5.

| | Classement enthalpique de la plus faible n°1 à la plus forte n°5 |
|--|--|
| 1 kg d'air sec à 40 [°C] et comprimé à 3 [bar] | |
| 1 kg d'air sec à 10 [°C] et à la pression atmosphérique | |
| 1 kg d'air sec à - 15 [°C] et à la pression atmosphérique | |
| 1 kg d'air sec à 40 [°C] et à la pression atmosphérique | |
| 1 kg d'air sec à - 15 [°C] et décomprimé en dessous de la pression atmosphérique | |

Remarque : on parle d'air sec pour le différencier de l'air humide qui contient de la vapeur d'eau. Pour une même température, l'enthalpie de l'air humide est supérieure à celle de l'air sec car les molécules de vapeur sont riches en énergie.

QUESTION Q4 : Quelle est en bar la pression atmosphérique au niveau de la mer?

N°2 Calcul de l'enthalpie de l'air sec – niv 5

Etudiez le cours en ligne.

QUESTION Q1 : Sachant que l'enthalpie est une quantité d'énergie, quelles pourraient être les unités d'enthalpie ?

Par ailleurs, lorsque l'on parle d'1 [kg] d'eau ou d'1 [kg] d'air, on parle d'enthalpie spécifique. Ainsi, l'enthalpie spécifique de l'eau liquide à 0 [°C] est de $h_s = 0$ [kJ/kg] et l'enthalpie spécifique de l'air sec à 0 [°C] est de $h_s = 0$ [kJ/kg].

QUESTION Q2 : Sans encore être capable de la calculer, quelle différence pourrait présenter l'enthalpie spécifique h_s de l'air sec à + 15 [°C] par rapport à celle de l'air à 0 [°C] ?

QUESTION Q3 : Sans encore être capable de la calculer, quelle différence pourrait présenter l'enthalpie spécifique h_s de l'air sec à - 15 [°C] par rapport à celle de l'air à 0 [°C] ?

Etudiez le cours en ligne avant d'étudier l'exercice suivant.

L'enthalpie de l'air sec évolue comme la température et augmente de 1 [kJ/K]. La chaleur massique de l'air était de $C_m = 1$ [kJ/kg K].

QUESTION Q4 : Quelle est l'enthalpie spécifique h_s de l'air à 23 [°C] ?

QUESTION Q5 : Quelle est l'enthalpie spécifique h_s de l'air à - 8 [°C] ?

QUESTION Q6 : Quelle est l'enthalpie h de 3 [kg] d'air sec à 25 [°C] ?

QUESTION Q7 : Quelle est l'enthalpie h de 7 [kg] d'air sec à - 12 [°C] ?

QUESTION Q8 : Quelle est l'enthalpie h de 14 [kg] d'air sec à 0 [°C] ?

QUESTION Q9 : Quelle est la différence entre enthalpie et enthalpie spécifique ?

N°3 Calcul de l'enthalpie de l'eau liquide – niv 5

Etudiez le cours en ligne.

La chaleur volumique est de 1,16 [kWh/m³°C], soit 1,16 [Wh/litre K].

A 0 [°C], la masse d'un litre d'eau est de 1 [kg]. On admet donc également que la chaleur massique de l'eau est de 1,16 [Wh/kg K].

QUESTION Q1 : Quelle est en [kJ] et en [Wh] l'enthalpie spécifique de l'eau à 23 [°C] ?

QUESTION Q2 : Quelle est en [kJ] et en [Wh] l'enthalpie spécifique de l'eau à - 8 [°C] ?

QUESTION Q3 : Quelle est en [kJ] et en [Wh] l'enthalpie de 3 [kg] d'eau à 25 [°C] ?

QUESTION Q4 : Quelle est en [kJ] et en [Wh] l'enthalpie de 7 [kg] d'eau à -12 [°C] ?

N°4 Chauffage de l'eau et chaleur latente de vaporisation – niv 5

Etudiez le cours en ligne.

QUESTION Q1 : Supposons que l'eau à réchauffer sortait du réfrigérateur (proche de 0 [°C]). Quelle est en [kJ] et en [Wh] la quantité de chaleur qu'il faut fournir à 1 [kg] d'eau pour la porter de 0 à 100 [°C] ?

QUESTION Q2 : Quelle est en [kJ] et en [Wh] l'enthalpie h d'un [kg] d'eau à 100 [°C] ?

QUESTION Q3 : Quelle est l'enthalpie spécifique de l'eau à 100 [°C] (précisez la valeur en 2 unités différentes)?



La chaleur latente de vaporisation est la quantité de chaleur qu'il faut apporter à l'eau en ébullition. Si l'on parle en enthalpie, cette chaleur latente va se rajouter à la chaleur sensible de l'eau à 100 [°C]. Essayons d'estimer cette quantité de chaleur totale.

QUESTION Q4 : Supposons que dans notre cuisine, il ait fallu 3 minutes pour chauffer dans une casserole 1 [kg] (1 litre) d'eau de 0 [°C] jusqu'à 100 [°C].

QUESTION Q5 : Compte tenu de la chaleur (sensible) qu'il faut apporter à 1 [kg] d'eau froide pour la monter à 100 [°C] (418 [kJ]) et de la chaleur latente de vaporisation (2250 [kJ]), quelle est l'enthalpie spécifique de la vapeur à 100 [°C] (2 unités) ?

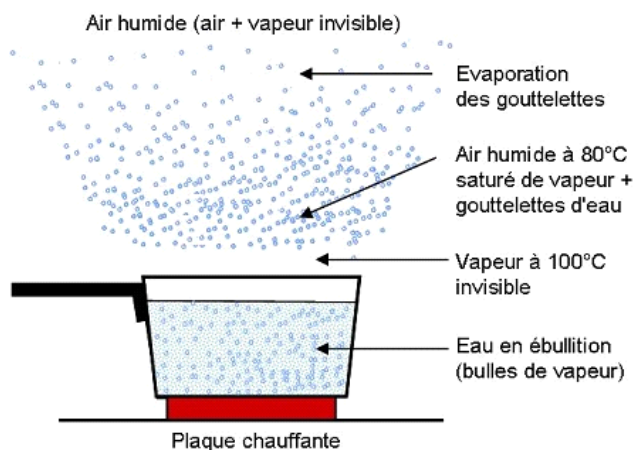
QUESTION Q6 : Estimez en [kJ] et en [kWh] l'enthalpie de 17 [kg] de vapeur à 100 [°C].

QUESTION Q7 : On doit produire 24 [kg] de vapeur à 100 [°C] à partir de 24 [kg] d'eau à 45 [°C]. Quelle quantité de chaleur en [kWh] faudra-t-il apporter ?

QUESTION Q8 : On doit à 100 [°C] vaporiser 1,58 [m³] d'eau initialement à 15 [°C]. Quelle quantité totale de chaleur en [kWh] faudra-t-il apporter ?

5) Qu'est-ce que la vapeur ? – niv 4

Etudiez le cours en ligne.



6) Pourquoi l'eau bout-elle à 100 [°C] ? – niv 4

Etudiez le cours en ligne.

On pourrait sans la chauffer faire bouillir de l'eau à 50 [°C] si on ramenait la pression au-dessus de l'eau de 1013 [mbar] à 123 [mbar].

| Température [°C] | Pression conduisant à l'ébullition de l'eau en [mbar] |
|------------------|---|
| 5 | 8,72 |
| 10 | 12,3 |
| 20 | 23,4 |
| 30 | 42,4 |
| 40 | 73,8 |
| 50 | 123 |
| 60 | 199 |
| 100 | 1013 |

Inversement, il est tout à fait possible d'empêcher de l'eau de bouillir pour des températures très supérieures à 100 [°C]. Pour cela il suffit « d'appuyer sur la surface de l'eau » pour empêcher les molécules H₂O de « s'envoler ». On aura ainsi de l'eau dite « surchauffée ».

| Pression absolue en [bar] | Température maximale de l'eau à l'état liquide en [°C] |
|---------------------------|--|
| 1 | 100 |
| 1,5 | 111 |
| 2 | 120 |
| 3 | 134 |
| 4 | 144 |
| 5 | 152 |
| 10 | 180 |
| 15 | 198 |
| 20 | 212 |

7) Pourquoi l'eau s'évapore-t-elle au contact de l'atmosphère? – niv 5

Etudiez le cours en ligne.

L'air atmosphérique froid ne peut pas contenir beaucoup de vapeur. Plus l'air est chaud, plus ses molécules sont agitées et plus il lui est possible d'accueillir de la vapeur sans que celle-ci ne se condense :

QUESTION Q1 : Pourquoi y a-t-il souvent du brouillard en Europe en hiver ?

QUESTION Q2 : Pourquoi y a-t-il des nuages en altitude ?

QUESTION Q3 :

Qu'est-ce que, et comment expliquer ?

- La condensation sur les murs de la salle de bain

- La buée sur la vitre de la cuisine en hiver

- La rosée du matin en été

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

Ne traitez que les questions en rapport avec votre niveau de formation

<http://formation.xpair.com/essentiel-genie-climatique/lire/enthalpie-partie1.htm>

| | |
|---------------------------------|------------|
| <i>Résultat Test 1</i> | <i>/10</i> |
| <i>Résultat éventuel Test 2</i> | <i>/10</i> |
| <i>Résultat éventuel Test 3</i> | <i>/10</i> |