

Nom :

Prénom :

Date :

## Livret d'exercices

THEME		N° EGreta Créteil
Math-Physique		N°15

# Calcul pratique des débits de vapeur - Bac+2

Auteurs: Patrick Delpech, Etienne Hoonakker

<http://formation.xpair.com/essentiel-genie-climatique/lire/calcul-pratique-debits-vapeur.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 5 : difficulté CAP
- Niveau 4 : difficulté Bac
- Niveau 3 : 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 [fc@hotmail.com](mailto:fc@hotmail.com).**

Pour chaque amélioration transmise votre abonnement sera prolongé d'un mois. Merci.

## N°1 Calcul de quantité d'énergie - vapeur – niv 3

Etudiez le cours en ligne.

$$Q = M \times \Delta h$$

Avec :

$Q$  : enthalpie en [Wh]

$M$  : masse en [kg]

$\Delta h$  : [Wh/kg]

Table de vapeur saturée				
Pression	Temp.	chaleur sensible	enthalpie vapeur	chaleur latente
p	t	hl	hv	r
[bar]	[°C]	[Wh/kg]	[Wh/kg]	[Wh/kg]
0,0	100,00	116,40	743,33	626,93
0,2	105,10	122,44	745,61	623,17
0,4	109,55	127,69	747,50	619,81
0,6	113,56	132,33	749,11	616,78
0,8	117,14	136,56	750,58	614,03
1,0	120,42	140,44	751,86	611,42
1,5	127,62	148,92	754,75	605,83
2,0	133,69	156,17	757,08	600,92
2,5	139,02	162,50	759,06	596,56
3,0	143,75	168,14	760,75	592,61
3,5	148,02	173,22	762,19	588,97
4,0	151,96	177,97	763,56	585,58
4,5	155,55	182,31	764,72	582,42
5,0	158,92	186,36	765,81	579,44
6,0	165,04	193,75	767,64	573,89
7,0	170,50	200,39	769,19	568,81
8,0	175,43	206,42	770,56	564,14
9,0	179,97	211,94	771,69	559,75
10	184,13	217,11	772,69	555,58
15	201,45	238,61	776,11	537,50
16	204,38	242,31	776,58	534,28

**QUESTION Q1 :** Compte tenu des données de la table de vapeur ci-dessus, calculez la quantité de chaleur (en [kWh]) nécessaire pour produire 65 [kg] de vapeur à 100 [°C] à partir d'eau à 60 [°C]? Pour mémoire, on admettra que la chaleur massique de l'eau est de 1,16 [Wh/kg K].

**QUESTION Q2 :** Compte tenu des données de la table de vapeur ci-dessus, calculez la quantité de chaleur (en [kWh]) nécessaire pour produire 65 [kg] de vapeur à 2 [bar] effectifs à partir d'eau à 45 [°C]? Pour mémoire, on admettra que la chaleur massique de l'eau est de 1,16 [Wh/kg K]

*Lorsqu'elle se condense, la vapeur restitue l'intégralité de l'énergie qu'elle contenait.*

**QUESTION Q3 :** Compte tenu des données de la table de vapeur ci-dessus, calculez la quantité de chaleur (en [kWh]) restituée par la condensation de 3 tonnes de vapeur saturée initialement à 15 [bar] sachant que l'eau de condensation (les condensats) seront immédiatement évacués à 201,45 [°C] ? Pour mémoire, on admettra que la chaleur massique de l'eau est de 1,16 [Wh/kg K]

**QUESTION Q4 :** Compte tenu des données de la table de vapeur ci-dessus, calculez la quantité de chaleur (en [kWh]) restituée par la condensation de 3 tonnes de vapeur saturée initialement à 5 [bar] sachant que l'eau de condensation (les condensats) sera évacuée à 60 [°C] ?  
 Pour mémoire, on admettra que la chaleur massique de l'eau est de 1,16 [Wh/kg K]

## N°2 Calcul de puissance - vapeur – niv 3

*Etudiez le cours en ligne.*

Table de vapeur saturée				
Pression	Temp.	chaleur sensible	enthalpie vapeur	chaleur latente
p	t	hl	hv	r
[bar]	[°C]	[Wh/kg]	[Wh/kg]	[Wh/kg]
0,0	100,00	116,40	743,33	626,93
0,2	105,10	122,44	745,61	623,17
0,4	109,55	127,69	747,50	619,81
0,6	113,56	132,33	749,11	616,78
0,8	117,14	136,56	750,58	614,03
1,0	120,42	140,44	751,86	611,42
1,5	127,62	148,92	754,75	605,83
2,0	133,69	156,17	757,08	600,92
2,5	139,02	162,50	759,06	596,56
3,0	143,75	168,14	760,75	592,61
3,5	148,02	173,22	762,19	588,97
4,0	151,96	177,97	763,56	585,58
4,5	155,55	182,31	764,72	582,42
5,0	158,92	186,36	765,81	579,44
6,0	165,04	193,75	767,64	573,89
7,0	170,50	200,39	769,19	568,81
8,0	175,43	206,42	770,56	564,14
9,0	179,97	211,94	771,69	559,75
10	184,13	217,11	772,69	555,58
15	201,45	238,61	776,11	537,50
16	204,38	242,31	776,58	534,28

$$P = qm \times \Delta h$$

Avec :

$P$  : puissance énergétique en [W]

$qm$  : débit massique de vapeur en [kg/h]

$\Delta h$  : [Wh/kg]

**QUESTION Q1** : Quelle puissance est nécessaire pour vaporiser 65 [kg/h] d'eau à 15 [°C] à la pression atmosphérique (en [kW]) ?

**QUESTION Q2** : Quelle puissance est nécessaire pour produire 15 [t/h] de vapeur saturée à 4 [bar] (effectifs) à partir d'eau à 60 [°C] (en [MW]) ?

**QUESTION Q3** : Quelle puissance en [kW] sera fournie par la condensation de 0,3 [t/h] de vapeur saturée initialement à 15 [bar], les condensats étant évacués de l'échangeur à 60 [°C] ?

### N°3 Calcul de débit de vapeur – niv 3

*Etudiez le cours en ligne.*

$$qm = P / \Delta h$$

Avec :

*P : puissance énergétique en [W]*

*qm : débit massique de vapeur en [kg/h]*

*$\Delta h$  : [Wh/kg]*

**QUESTION Q1 :** Quel est en [kg/h] le débit de vapeur à 4 [bar] nécessaire pour fournir 750 [kW] sachant que les condensats seront évacués de l'échangeur à 60 [°C] ?

**QUESTION Q2 :** Quel sera le débit de **condensats** en [litres/h] évacué à 85 [°C] d'un échangeur de 1200 [kW], alimenté par de la vapeur à 6 [bar] ?

## N°4 Exercices de synthèse – niv 3

Etudiez le cours en ligne.

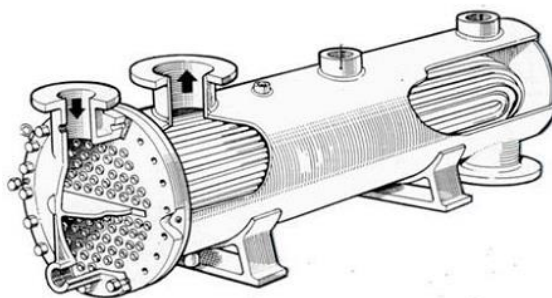
Table de vapeur saturée				
Pression	Temp.	chaleur sensible	enthalpie vapeur	chaleur latente
p	t	hl	hv	r
[bar]	[°C]	[Wh/kg]	[Wh/kg]	[Wh/kg]
0,0	100,00	116,40	743,33	626,93
0,2	105,10	122,44	745,61	623,17
0,4	109,55	127,69	747,50	619,81
0,6	113,56	132,33	749,11	616,78
0,8	117,14	136,56	750,58	614,03
1,0	120,42	140,44	751,86	611,42
1,5	127,62	148,92	754,75	605,83
2,0	133,69	156,17	757,08	600,92
2,5	139,02	162,50	759,06	596,56
3,0	143,75	168,14	760,75	592,61
3,5	148,02	173,22	762,19	588,97
4,0	151,96	177,97	763,56	585,58
4,5	155,55	182,31	764,72	582,42
5,0	158,92	186,36	765,81	579,44
6,0	165,04	193,75	767,64	573,89
7,0	170,50	200,39	769,19	568,81
8,0	175,43	206,42	770,56	564,14
9,0	179,97	211,94	771,69	559,75
10	184,13	217,11	772,69	555,58
15	201,45	238,61	776,11	537,50
16	204,38	242,31	776,58	534,28

**QUESTION Q1 :** On dispose de vapeur à 4 [bar]. On souhaite dans un échangeur réchauffer 15 [m<sup>3</sup>/h] d'eau de 70 [°C] à 110 [°C].

Avec une évacuation des condensats à 80 [°C], quel débit de vapeur sera nécessaire?

Avant le calcul, le problème sera schématisé et toutes les données y seront reportées.

**QUESTION Q2 :** Sur l'échangeur tubulaire horizontal vapeur / eau ci-dessous, repérez l'entrée de la vapeur, la sortie des condensats et l'entrée/sortie de l'eau.



*Remarque : il existe des échangeurs tubulaires verticaux et des échangeurs à plaques.*



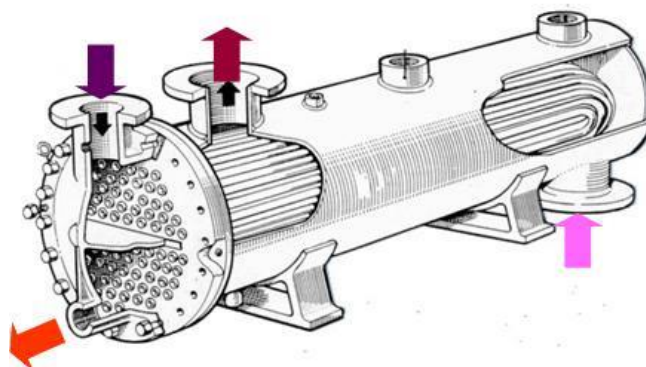
Echangeur Collard et Trolart



Echangeur à plaque vapeur eau  
Armstrong

**QUESTION Q3 :** 45 [m<sup>3</sup>/h] d'eau à 60 [°C] sont réchauffés dans un échangeur vapeur/eau alimenté par 1,5 [t/h] de vapeur à 8 [bar]. Sachant que les condensats sont évacués à 85 [°C], calculez la température de sortie d'eau de l'échangeur.

Avant le calcul, on reportera les données du problème sur la figure ci-dessous).





## N°5 Exercices de synthèse (suite) – niv 3

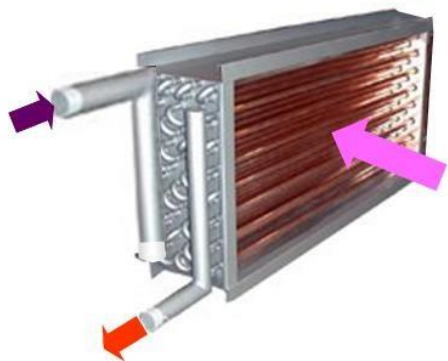
Etudiez le cours en ligne.

Table de vapeur saturée				
Pression	Temp.	chaleur sensible	enthalpie vapeur	chaleur latente
p	t	hl	hv	r
[bar]	[°C]	[Wh/kg]	[Wh/kg]	[Wh/kg]
0,0	100,00	116,40	743,33	626,93
0,2	105,10	122,44	745,61	623,17
0,4	109,55	127,69	747,50	619,81
0,6	113,56	132,33	749,11	616,78
0,8	117,14	136,56	750,58	614,03
1,0	120,42	140,44	751,86	611,42
1,5	127,62	148,92	754,75	605,83
2,0	133,69	156,17	757,08	600,92
2,5	139,02	162,50	759,06	596,56
3,0	143,75	168,14	760,75	592,61
3,5	148,02	173,22	762,19	588,97
4,0	151,96	177,97	763,56	585,58
4,5	155,55	182,31	764,72	582,42
5,0	158,92	186,36	765,81	579,44
6,0	165,04	193,75	767,64	573,89
7,0	170,50	200,39	769,19	568,81
8,0	175,43	206,42	770,56	564,14
9,0	179,97	211,94	771,69	559,75
10	184,13	217,11	772,69	555,58
15	201,45	238,61	776,11	537,50
16	204,38	242,31	776,58	534,28

**QUESTION Q1 :** 15000 [m<sup>3</sup>/h] d'air à -10 [°C] sont réchauffés dans une batterie alimentée par 220 [kg/h] de vapeur à 4 [bar].

La batterie est encrassée et les condensats sortent anormalement chauds à 135 [°C].

Après avoir reporté les données du problème sur le dessin ci-dessous, calculez à quelle température l'air est réchauffé.



**QUESTION Q2 :** On nettoie la batterie de l'exercice précédent, ce qui lui permet d'augmenter son échange thermique avec l'air.

Les condensats sont alors évacués à 55 [°C].

En supposant que les débits de vapeur et d'air soient inchangés, à quelle nouvelle température l'air est-il réchauffé ?

**QUESTION Q3 :** Répondre par "inférieur" ou "supérieur" ou "égal".

Répondre par : inférieur ou supérieur ou égal		
Sur un échangeur vapeur / eau		
Le diamètre d'entrée de la vapeur est :		au diamètre de sortie des condensats.
Le diamètre d'entrée d'eau est :		au diamètre de sortie d'eau.
Le débit de vapeur en [kg/h] est :		au débit de condensat en [kg/h].
Le débit de vapeur en [m <sup>3</sup> /h] est :		au débit de condensat en [m <sup>3</sup> /h].

## N°6 Table de vapeur – niv 3

*Etudiez le cours en ligne.*

Table de vapeur saturée					
Pression	Temp.	chaleur sensible	chaleur totale	chaleur latente	Volume spécifique
p	t	h <sub>v</sub>	h <sub>i</sub>	r	vv
[bar]	[°C]	[Wh/kg]	[Wh/kg]	[Wh/kg]	[m³/kg]
0,1	45,81	53,29	717,97	664,69	14,674
0,2	60,06	69,83	724,92	655,08	7,649
0,3	69,10	80,34	729,25	648,91	5,229
0,4	75,87	88,22	732,44	644,23	3,993
0,5	81,33	94,58	734,97	640,39	3,240
0,6	85,94	99,96	737,08	637,12	2,732
0,7	89,95	104,64	738,89	634,25	2,365
0,8	93,50	108,79	740,50	631,71	2,087
0,9	96,71	112,54	741,92	629,38	1,869
1,0	99,63	115,96	743,19	627,23	1,694
0,0	100,00	116,40	743,33	626,93	1,673
0,2	105,10	122,44	745,61	623,17	1,414
0,4	109,55	127,69	747,50	619,81	1,225
0,6	113,56	132,33	749,11	616,78	1,083
0,8	117,14	136,56	750,58	614,03	0,971
1,0	120,42	140,44	751,86	611,42	0,881
1,5	127,62	148,92	754,75	605,83	0,714
2,0	133,69	156,17	757,08	600,92	0,603
2,5	139,02	162,50	759,06	596,56	0,522
3,0	143,75	168,14	760,75	592,61	0,461
3,5	148,02	173,22	762,19	588,97	0,413
4,0	151,96	177,97	763,56	585,58	0,374
4,5	155,55	182,31	764,72	582,42	0,342
5,0	158,92	186,36	765,81	579,44	0,315
5,5	162,08	190,17	766,75	576,58	0,292
6,0	165,04	193,75	767,64	573,89	0,272
6,5	167,86	197,14	768,47	571,33	0,255
7,0	170,50	200,39	769,19	568,81	0,240
7,5	173,02	203,47	769,92	566,44	0,227
8,0	175,43	206,42	770,56	564,14	0,215
8,5	177,75	209,25	771,17	561,92	0,204
9,0	179,97	211,94	771,69	559,75	0,194
9,5	182,10	214,58	772,22	557,64	0,185
10	184,13	217,11	772,69	555,58	0,177
11	188,02	221,89	773,56	551,67	0,163
12	191,68	226,42	774,33	547,92	0,151
13	195,10	230,67	775,00	544,33	0,141
14	198,35	234,75	775,61	540,86	0,132
15	201,45	238,61	776,11	537,50	0,124
16	204,38	242,31	776,58	534,28	0,117
17	207,17	245,83	776,97	531,14	0,110
18	209,90	249,22	777,36	528,14	0,105
19	212,47	252,50	777,64	525,14	0,100
20	214,96	255,64	777,92	522,28	0,0949
22	219,65	261,64	778,33	516,69	0,0868
24	224,02	264,50	778,64	514,14	0,0797
26	228,15	272,67	778,83	506,17	0,0740
28	232,05	277,69	778,92	501,22	0,0689
30	235,78	282,53	778,92	496,39	0,0645

Après avoir étudié en ligne ce dossier, évaluez-vous par un test sur le site E-Greta ou Xpair.com