

ThermExcel

Présentation du programme ThermoVapor

**Dimensionnement des réseaux de distribution
de vapeur**

Jean Yves MESSE – THERMEXCEL

Copyright © 2004 - 2013 – ThermExcel - All Rights Reserved

PRESENTATION DU PROGRAMME THERMOVAPOR

Caractéristiques et fonctions du programme

Ce programme de calcul sur Excel permet de dimensionner et d'effectuer le calcul des pertes de charge sur les circuits de distribution de vapeur. Il s'applique sur tous les types de réseaux et tient compte tout particulièrement des conditions de fonctionnement et des particularités spécifiques sur les canalisations, telles que :

- la pression de vapeur utilisée (0 à 100 bar)
- le type de vapeur (vapeur saturée en basse ou haute pression, vapeur surchauffée)
- la nature des différents types de matériaux utilisés (conduite en acier, cuivre, etc.)
- les différents types de modules de perte de charges.

Des modules de calculs complémentaires sont incorporés au programme, a savoir :

- Une liste constituée de canalisations de réseaux.
- Une liste des modules de perte de charge.
- Un programme de calcul de diaphragmes.
- Un programme de calcul de vannes de régulation
- Un programme de calcul de module de perte de charge équivalent en fonction de la perte de charge relevée.

Le programme de calcul est pourvu d'une commande barre personnalisée donnant accès aux différentes procédures, boîtes de calculs et macro-commandes.

Les fichiers de travail sont créés séparément permettant d'alléger le stockage des données.

Il y a 415 types de canalisations intégrées dans le programme ThermoVapor pour le calcul des pertes de charge.

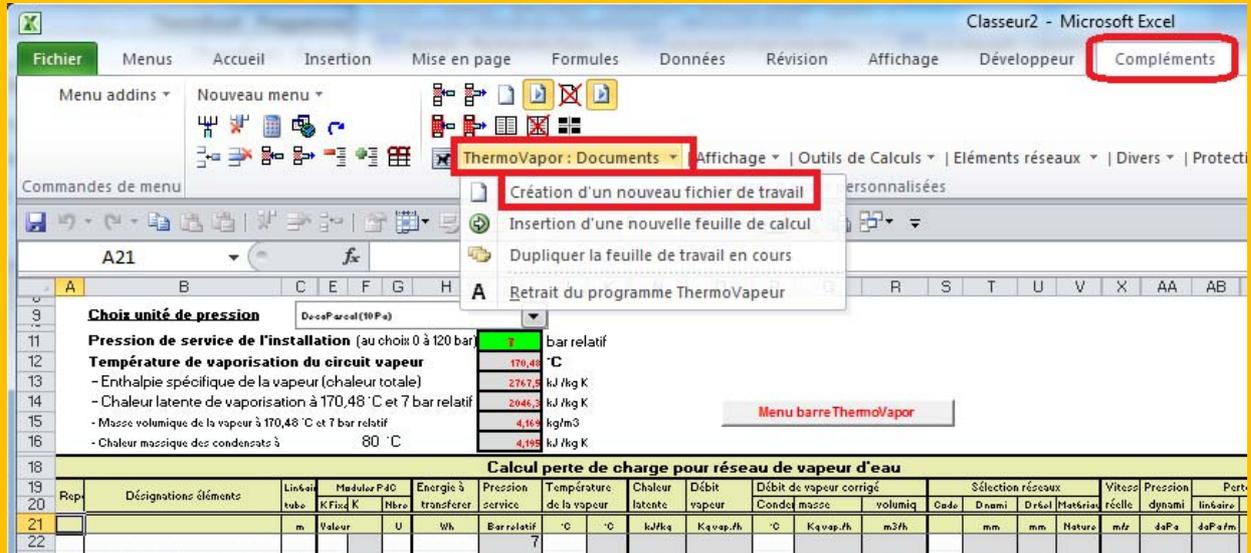
Le choix des matériaux devra être fait avec la plus grande prudence selon le type vapeur utilisé (Voir la compatibilité et réglementation en vigueur)

Intégration de la barre d'outils personnalisée du programme de calcul

Les procédures et les fonctions dans un fichier add-in ajoutent des commandes optionnelles dans l'environnement de Microsoft Excel.

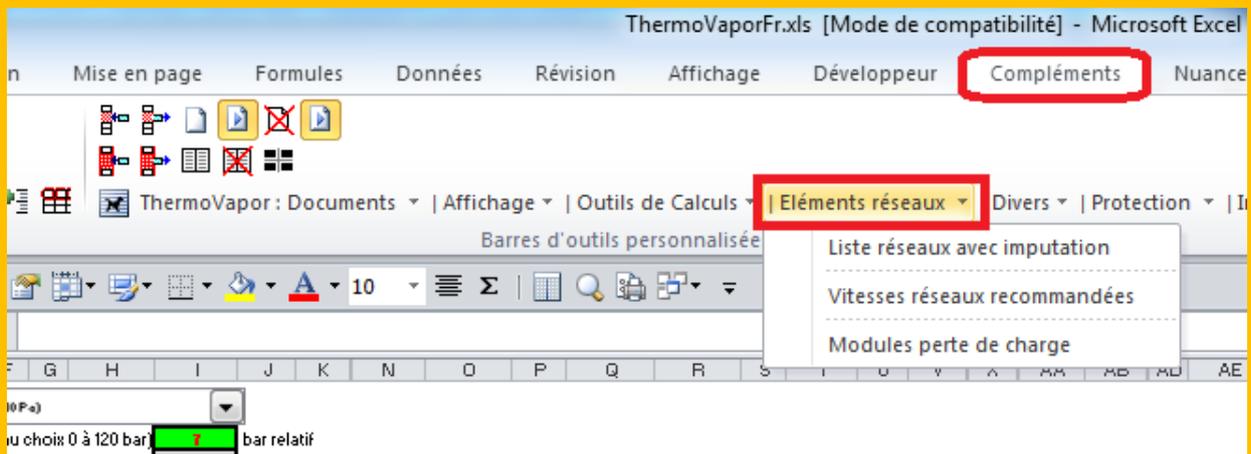
Par exemple sur Excel 2007 / 2010, la barre de commande est accessible en cliquant sur l'onglet « **Compléments** » qui est disponible après avoir chargé le programme de calcul et activé les macros.

Dans le cas présent, une barre d'outils personnalisée du programme ThermoVapor de ThermExcel s'est rajoutée. (Ceci est valable également pour les autres programmes)



Sur cette barre d’outils personnalisée on peut accéder à différentes fonctions du programme. On va en premier lieu cliquer sur « **ThermoVapor : Documents** » ou va s’afficher un menu déroulant et en cliquant sur « **Création d’un nouveau fichier de travail** » on va créer un document de travail qu’on pourra ensuite sauvegarder.

Toujours sur cette barre d’outils personnalisée on peut accéder à d’autres différentes fonctions du programme comme par exemple sur « **Eléments réseaux** » avec par exemple l’affichage de :



La bibliothèques des canalisations

Codage des canalisations de la table réseaux

Cliquez avec la souris sur la ligne souhaitée et cliquez sur OK, le code réseau sera placé dans le presse-papier. Ensuite positionnez vous dans la colonne code dans l'entité réseaux et cliquez avec le bouton de droit de la souris + collez.

Codage	Nature	Désignation	Dim. nomin.	Ø INT	épais.	Ø EXT.	rugosité
Robinetterie standard							
12	Robinet.	DN12 - 3/8"		9,53	-----	-----	0,01
15	Robinet.	DN15 - 1/2"		12,70	-----	-----	0,01
20	Robinet.	DN20 - 3/4"		19,05	-----	-----	0,01
25	Robinet.	DN25 - 1"		25,40	-----	-----	0,01
32	Robinet.	DN32 - 1 1/4"		31,75	-----	-----	0,01
40	Robinet.	DN40 - 1.5"		38,10	-----	-----	0,01
50	Robinet.	DN50 - 2"		50,80	-----	-----	0,01
65	Robinet.	DN65 - 2.5"		63,50	-----	-----	0,01
80	Robinet.	DN80 - 3"		76,20	-----	-----	0,01
100	Robinet.	DN100 - 4"		101,60	-----	-----	0,01
125	Robinet.	DN125 - 5"		127,00	-----	-----	0,01
150	Robinet.	DN150 - 6"		152,40	-----	-----	0,01

Vous pouvez imputer au clavier le code directement dans la cellule souhaitée OK

©2001-2003 Jean Yves MESSE

« Module perte de charge »

Liste des éléments de perte de charge singulières

Positionnez-vous au préalable dans la colonne "Désignation éléments" du tableau de calcul.
 Cliquez avec la souris sur la ligne souhaitée, les éléments seront imputés directement dans le tableau de calcul.
 Avec l'utilisation du facteur de friction, le coefficient K sera déterminé automatiquement en fonction du diamètre nominal

Sélection élément de perte de charge particulière

Désignation	KL / (4.ft)	K
Élément réseaux		
- Réseau de distribution		
- Réseau d'alimentation chauffage		
Robinetterie d'isolement (entièrement ouverte)		
- Robinet vanne	8	
- Robinet soupape	340	
- Robinet soupape, angle 45°	55	
- Robinet soupape, angle 90°	150	
- Vanne papillon (2" to 8")	45	
- Robinet boisseau - d1/d2 = 1	3	
- Robinet boisseau - d1/d2 = 0.8	7	
- Robinet boisseau - d1/d2 = 0.7	12	
- Robinet boisseau - d1/d2 = 0.6	23	

« Calcul thermique surchauffeur »

Calcul thermique surchauffeur

Unité de pression..... Bar (100000 Pa)

- Débit de vapeur 1 **Kg/h**

- Pression relative en amont de la vanne (*) 2 **Bar**

- Température vapeur surchauffée < 350 °C 300 **°C**

- Pression relative sortie surchauffeur 6 **Bar**

Caractéristiques de la vapeur	Saturée	Surchauffée
- Température de vaporisation	133,69 °C	300,00 °C
- Masse volumique vapeur	1,658 kg/m3	3,674 kg/m3
- Enthalpie spécifique vapeur...	2 724,86 Kj/kg	3 059,74 Kj/kg
- Chaleur latente vaporisation	2 162,78 Kj/kg	1 702,30 Kj/kg
- Chaleur spécifique vapeur	2,20 kJ/kg-K	2,10 kJ/kg-K
- Puissance thermique du surchauffeur	0,10 kW	

Prévoir une surpuissance selon la qualité de la vapeur saturée à son origine. On peut considérer que la vapeur à son origine peut être partiellement à l'état de condensation

(*) Pression lue sur les manomètres ordinaires (Pression absolue - 1.013 bar)
 Attention aux décimales.
 Virgule en Français et point en Anglais (voir configuration windows en paramètres régionaux)

Valide!
Ok

©2001 Jean Yves MESSE

« Caractéristiques physiques »

Caractéristiques physiques de l'eau et de la vapeur X

Unité de pression Bar (100000 Pa)

- Pression relative réseau vapeur (P^r) - < 165 bar 7 Bar

- Température vapeur y/c surchauffée - < 350 °C 320 ° (Pression 112,9bar)

- Pression absolue de vaporisation 8,013 Bar

- Température de vaporisation selon P 170,48 °C

Caractéristiques à l'état 320°C

- Volumique spécifique vapeur..... 0,336 m3/kg

- Masse volumique vapeur..... 2,979 kg/m3

- Enthalpie spécifique vapeur..... 3 099,37 Kj/kg

- Chaleur latente vaporisation..... 2 378,13 Kj/kg

- Chaleur sensible vapeur d'eau..... 1 507,01 Kj/kg

- Chaleur massique vapeur..... 2,103 Kj/kg-k

- Viscosité dynamique vapeur 0,0000211 Pa-s

- Viscosité cinématique vapeur 4,975 Cst

Caractéristiques à l'état 170,48°C

- Masse volumique de l'eau..... 896,806 kg/m3

- Chaleur massique de l'eau..... 4,372 kJ/kg

- Conductivité thermique de l'eau..... 0,032 W/K-m

(P^r) Pression lue sur les manomètres ordinaires (Pression absolue - 1.013 bar)

Valider OK

Attention aux décimales.
 Virgule en Français et point en Anglais (voir configuration windows en paramètres)

©2001 Jean Yves MESSE

« Module perte de charge singulières »

Liste des éléments de perte de charge singulières X

Positionnez-vous au préalable dans la colonne "Désignation éléments" du tableau de calcul.
 Cliquez avec la souris sur la ligne souhaitée, les éléments seront imputés directement dans le tableau de calcul.
 Avec l'utilisation du facteur de friction, le coefficient K sera déterminé automatiquement en fonction du diamètre nominal.

Sélection élément de perte de charge particulière

- Facteur de friction standard (ft)

- Coefficient K de perte de charge fixe. (A utiliser le cas échéant)

Vous pouvez imputer dans ces cases des valeurs non répertoriées dans la liste intégrée

OK

©2001 Jean Yves MESSE

DETAILS DU PROGRAMME THERMOVAPOR

Tableau du calcul de perte de charge en vapeur saturée

Le fichier de travail peut être constitué de différentes feuilles de calcul. Vous pouvez à partir du même fichier, insérer une nouvelle feuille de calcul ou dupliquer la feuille de calcul en cours pour une étude similaire et apporter les modifications complémentaires par la suite.

Dans votre tableau de calcul vous pouvez rajouter ou retirer des lignes de calcul, sans altérer les phases de calculs.

Vous pouvez également choisir l'unité de pression de votre choix dans l'étude :

- Pascal
- Déca Pascal (10 Pa)
- mm d'eau (9.807 Pa)
- mbar (100 Pa)
- Pound per square inch (6896.47 Pa)

Le programme calcule automatiquement le débit de vapeur en fonction :

- de la puissance thermique horaire.
- de la pression vapeur.
- de la température de vapeur (uniquement en cas d'utilisation de la vapeur surchauffée)
- de la température des condensats le cas échéant (récupération des condensats).

Tableau de calcul en affichage basic :

Cliquez sur cette image pour effectuer un affichage complet

Choix unité de pression		mbar (100 Pa)																				
Pression de service de l'installation		15 bar relatif																				
Température de vaporisation du circuit vapeur		201,4 °C																				
- Enthalpie spécifique de la vapeur (chaleur totale)		2791,8 kJ/kg K																				
- Chaleur latente de vaporisation à 201,41 °C et 15 bar relatif		1933,0 kJ/kg K																				
- Masse volumique de la vapeur à 201,41 °C et 15 bar relatif		8,092 kg/m ³																				
- Chaleur massique des condensats à 80 °C		4,193 kJ/kg K																				
Calcul perte de charge pour réseau de vapeur d'eau																						
Rep.	Désignations éléments	Lien/Kit tube	Module P40		Energie à transférer	Pression service	Température de la vapeur		Chaleur latente	Débit vapeur	Débit de vapeur corrigé		Sélection réseaux				Vitesse réelle	Pression		Perte de charge		
			KFwd	K			Nbre	Barrelatif			°C	°C	Cont. masse	volumiq	Gede	Dnam		Drkal	Matériau	m/s	mbar	mbar/m
	- Réseau de distribution	320			5500000	13,9829	198	1945,29	10178,45	10178,45	1340,37	125110	13974	131,7	acier T10	27,33	28,36	3,41	1,04	1133,94		
	- Coude standard 90°		0,499	8	5500000	12,849	195	1959,49	10104,66	10104,66	1435,53	125110	13974	131,7	acier T10	29,27	30,16			120,50		
	- Coude standard 45°		0,264	6	5500000	12,7285	194	1961,04	10096,69	10096,69	1446,52	125110	13974	131,7	acier T10	29,50	30,36			48,53		
	- Té (passage ligne droite)		0,333	1	5500000	12,6799	194	1961,66	10093,47	10093,47	1451,00	125110	13974	131,7	acier T10	29,59	30,45			10,14		
	- Réduction - d2/d1 = 0.80		0,16	1	5500000	12,6698	194	1961,8	10092,80	10092,80	1451,93	125110	13974	131,7	acier T10	29,61	30,46			4,87		
	- Robinet soupape		5,704	1	5500000	12,6649	194	1961,86	10092,47	10092,47	1452,39	125	DN125-5°	127	Pabint.	31,85	35,24			201,02		
	Colonne montante Rde																					
	- Réseau de distribution	4			1000000	12,4639	193	1964,46	1832,56	1832,56	267,51	65110	6676	70,3	acier T10	19,14	12,55	3,30	1,00	13,20		
	- Té (passage ligne droite)		0,38	1	1000000	12,4507	193	1964,63	1832,40	1832,40	267,74	65110	6676	70,3	acier T10	19,16	12,56			4,77		
	- Réduction - d2/d1 = 0.80		0,16	1	1000000	12,4459	193	1964,7	1832,34	1832,34	267,82	125	DN125-5°	127	Pabint.	5,87	1,18			0,19		
	Colonne montante étage 1																					
	- Réseau de distribution	4			5000000	12,4457	193	1964,7	916,17	916,17	133,91	50110	50660	54,5	acier T10	15,95	8,70	3,15	1,00	12,62		
	- Té (passage ligne droite)		0,401	1	5000000	12,4331	193	1964,86	916,09	916,09	134,02	50110	50660	54,5	acier T10	15,96	8,70			3,49		
	- Réduction - d2/d1 = 0.80		0,16	1	5000000	12,4296	193	1964,91	916,07	916,07	134,05	50110	50660	54,5	acier T10	15,96	8,71			1,39		
	Raccordement																					
	- Réseau de distribution	19			1000000	12,4282	193	1964,93	183,21	183,21	26,81	32110	33442	37,2	acier T10	6,85	1,60	0,98	1,00	18,72		
	- Coude standard 90°		0,651	6	1000000	12,4095	193	1965,17	183,19	183,19	26,85	32110	33442	37,2	acier T10	6,86	1,61			6,28		
	- Coude standard 45°		0,347	3	1000000	12,4032	193	1965,25	183,18	183,18	26,86	32110	33442	37,2	acier T10	6,86	1,61			1,67		
	- Robinet soupape		5,704	1	1000000	12,4016	193	1965,27	183,18	183,18	26,86	125	DN125-5°	127	Pabint.	0,59	0,01			0,07		
Total perte de charge du réseau hydraulique en mbar :																			2598,43			
Coefficients majoration de sécurité (assemblages mal réalisés, entartrage prévisionnel, etc.)																			1,15			129,92
Désignation																			Quant	Pdc / U		
- Echangeur de chaleur																						
- batterie émettrice																			1	300mk		300,00
- vanne 3 voies																			1	250mk		250,00
- compteur d'énergie																						
- divers																						
Total perte de charge du circuit hydraulique : 3,28 bar, ou en mbar :																			3278,42			

La perte de charge dû à l'écoulement de la vapeur s'accompagne d'une expansion qui se traduit par une augmentation du débit (c'est à dire de la vitesse), une diminution de la masse volumique et une augmentation de la viscosité dynamique.

Le programme prend de en compte tous ces éléments. Cette contrainte oblige a effectuer le calcul en partant du générateur de chaleur. Les éléments du réseau sont introduits au fur à mesure de la distribution de la vapeur jusqu'au point le plus éloigné.

A chaque entrée d'un élément (canalisation ou accessoires) dans le tableau de calcul, le programme recalcule automatiquement la pression d'entrée sur la ligne suivante dans la colonne pression de service du tableau de calcul.

En affichage complet, le tableau visualise en complément :

- Les indices de rugosité.
- La masse volumique de l'eau.
- La chaleur massique de l'eau.
- La viscosité dynamique de l'eau.
- Le nombre de Reynolds.

Cliquez sur cette image pour effectuer un affichage complet

Choix unité de pression mbar (100 Pa)

Pression de service de l'installation 15 bar relatif

Température de vaporisation du circuit vapeur 201,41 °C

- Enthalpie spécifique de la vapeur (chaleur totale) 2791,4 kJ/kg K
- Chaleur latente de vaporisation à 201,41 °C et 15 bar relatif 1932,3 kJ/kg K
- Masse volumique de la vapeur à 201,41 °C et 15 bar relatif 8,992 kg/m³
- Chaleur massique des condensats à 80 °C 4,193 kJ/kg K

Menu barre ThermoVapor

Calcul perte de charge pour réseau de vapeur d'eau

Rep	Désignations éléments	Linéar. tub.	Modularité PAC	Energie à transférer	Pression service	Température de la vapeur	Chaleur latente	Débit vapeur	Débit de vapeur corrigé	Sélection réseaux				Vitesse réelle	Pression dynamique	Perte de charge				
		m	KPa/K	Wh	Barrelatif	°C	kJ/kg	kgvap/h	°C	Ca	Da	Dr	Matériau	m/s	mbar	mbar/m	Total			
	- Clapet sécurité à battant		1,000	1 5500000	14,0104	198	7,607	2,066	1945	10180,21	10180,21	1338,23	125 DN125 -	127	Robinet.	0,01	29,34	1803535	32,75	27,48
	Réseau sous-sol	320		5500000	13,3829	198	7,594	2,070	1945,3	10178,45	10178,45	1340,37	125T10 139 / 4	132	acier T10	0,05	21,35	1739210	26,36	3,41
	- Réseau de distribution		8	5500000	12,8449	195	7,039	2,214	1953,3	10104,66	10104,66	1435,53	125T10 139 / 4	132	acier T10	0,05	23,21	1741063	30,16	120,50
	- Coude standard 90°		6	5500000	12,7295	194	6,380	2,231	1961	10096,69	10096,69	1446,92	125T10 139 / 4	132	acier T10	0,05	23,50	1741232	30,36	48,55
	- Coude standard 45°		1	5500000	12,6799	194	6,356	2,236	1961,7	10093,47	10093,47	1451,00	125T10 139 / 4	132	acier T10	0,05	23,53	1741386	30,45	10,14
	- T-é (passage ligne droite)		1	5500000	12,6638	194	6,351	2,239	1961,8	10092,80	10092,80	1451,39	125T10 139 / 4	132	acier T10	0,05	23,61	1741405	30,46	4,87
	- Réduction - d2/d1 = 0.80	0,16	1,16	5500000	12,6649	194	6,349	2,240	1961,3	10092,47	10092,47	1452,39	125 DN125 -	127	Robinet.	0,01	31,85	1805861	35,24	201,02
	- Robinet soupape		1	5500000	12,6649	194	6,349	2,240	1961,3	10092,47	10092,47	1452,39	125 DN125 -	127	Robinet.	0,01	31,85	1805861	35,24	
	Colonne montante Bde	4		1000000	12,4639	193	6,851	2,268	1964,5	1832,56	1832,56	267,51	65T10 66/76	70,3	acier T10	0,05	19,14	533295	12,55	3,30
	- Réseau de distribution		1	1000000	12,4507	193	6,844	2,270	1964,6	1832,40	1832,40	267,74	65T10 66/76	70,3	acier T10	0,05	19,16	533305	12,56	4,77
	- T-é (passage ligne droite)		1	1000000	12,4459	193	6,842	2,271	1964,7	1832,34	1832,34	267,82	125 DN125 -	127	Robinet.	0,01	5,87	328421	1,18	0,19
	- Réduction - d2/d1 = 0.80	0,16	1,16	1000000	12,4459	193	6,842	2,271	1964,7	1832,34	1832,34	267,82	125 DN125 -	127	Robinet.	0,01	5,87	328421	1,18	
	Colonne montante étage 1	4		5000000	12,4457	193	6,842	2,271	1964,7	316,17	316,17	133,91	50T10 50/60	54,5	acier T10	0,05	15,35	382656	8,70	3,15
	- Réseau de distribution		1	5000000	12,4331	193	6,835	2,273	1964,3	316,09	316,09	134,02	50T10 50/60	54,5	acier T10	0,05	15,36	382662	8,70	6,28
	- T-é (passage ligne droite)		1	5000000	12,4296	193	6,834	2,273	1964,3	316,07	316,07	134,05	50T10 50/60	54,5	acier T10	0,05	15,36	382664	8,71	1,39
	- Réduction - d2/d1 = 0.80	0,16	1,16	5000000	12,4296	193	6,834	2,273	1964,3	316,07	316,07	134,05	50T10 50/60	54,5	acier T10	0,05	15,36	382664	8,71	
	Raccordement	19		1000000	12,4282	193	6,833	2,274	1964,3	183,21	183,21	26,81	32T10 33/42	37,2	acier T10	0,05	6,95	112125	1,60	0,38
	- Réseau de distribution		6	1000000	12,4095	193	6,824	2,276	1962,2	183,18	183,18	26,85	32T10 33/42	37,2	acier T10	0,05	6,96	112127	1,61	6,28
	- Coude standard 90°		3	1000000	12,4032	193	6,821	2,277	1965,3	183,18	183,18	26,86	32T10 33/42	37,2	acier T10	0,05	6,86	112128	1,61	1,67
	- Coude standard 45°		1	1000000	12,4016	193	6,820	2,277	1965,3	183,18	183,18	26,86	125 DN125 -	127	Robinet.	0,01	0,59	328444	0,01	0,07
	- Robinet soupape		1	1000000	12,4016	193	6,820	2,277	1965,3	183,18	183,18	26,86	125 DN125 -	127	Robinet.	0,01	0,59	328444	0,01	
Total perte de charge du réseau hydraulique en mbar :																	2591,45			
Coefficients majoration de sécurité (assemblages mal réalisés, entartrage prévisionnel, etc.)																	129,92			
Désignation																	Quant	Pdc / U		
- Echangeur de chaleur																				
- batterie émettrice																	1	300m		
- vanne 3 voies																	1	250m		
- compteur d'énergie																				
- divers																				
Total perte de charge du circuit hydraulique : 3,28 bar, ou en mbar :																	3278,42			

Toutes les cellules de calcul en bleu violet sont programmées.

Calcul réseau vapeur saturée avec récupération des condensats

Cliquez sur cette image pour effectuer un affichage complet

Choix unité de pression mbar (100 Pa)

Pression de service de l'installation 15 bar relatif

Température de vaporisation du circuit vapeur 201,41 °C

- Enthalpie spécifique de la vapeur (chaleur totale) 2791,4 kJ/kg K
- Chaleur latente de vaporisation à 201,41 °C et 15 bar relatif 1932,3 kJ/kg K
- Masse volumique de la vapeur à 201,41 °C et 15 bar relatif 8,992 kg/m³
- Chaleur massique des condensats à 80 °C 4,193 kJ/kg K

Menu barre ThermoVapor

Calcul perte de charge pour réseau de vapeur d'eau

Rep	Désignations éléments	Linéar. tub.	Modularité PAC	Energie à transférer	Pression service	Température de la vapeur	Chaleur latente	Débit vapeur	Débit de vapeur corrigé	Sélection réseaux				Vitesse réelle	Pression dynamique	Perte de charge		
		m	KPa/K	Wh	Barrelatif	°C	kJ/kg	kgvap/h	°C	Ca	Da	Dr	Matériau	m/s	mbar	mbar/m	Total	
	Centrale thermique	55		800000	15	201	1933	1489,88	80	1179,31	145,74	50T10 50/60	54,5	acier T10	17,35	12,18	4,38	
	- Réseau de distribution		5	800000	14,7574	201	1935,9	1487,66	80	1179,40	147,93	50T10 50/60	54,5	acier T10	17,61	12,37	37,18	
	- Coude standard 90°		3	800000	14,7202	201	1936,4	1487,32	80	1179,41	148,27	50T10 50/60	54,5	acier T10	17,65	12,40	11,92	
	- Robinet soupape		4	800000	14,7083	201	1936,5	1487,21	80	1179,42	148,33	50 DN50 - 2"	50,8	Robinet.	20,34	16,43	454,56	
	- Clapet sécurité à battant		1	800000	14,2537	199	1942	1483,02	80	1179,61	152,67	50 DN50 - 2"	50,8	Robinet.	20,92	16,91	17,20	
	Réseau sous-sol	320		800000	14,2365	199	1942,2	1482,86	80	1179,62	152,84	50T10 50/60	54,5	acier T10	18,20	12,78	4,59	
	- Réseau de distribution		8	800000	12,6689	194	1961,5	1468,23	80	1180,46	169,59	50T10 50/60	54,5	acier T10	20,19	14,19	68,26	
	- Coude standard 90°		6	800000	12,6207	194	1962,4	1467,57	80	1180,51	170,42	50T10 50/60	54,5	acier T10	20,29	14,26	27,44	
	- Coude standard 45°		1	800000	12,5932	194	1962,8	1467,30	80	1180,53	170,75	50T10 50/60	54,5	acier T10	20,33	14,29	5,73	
	- T-é (passage ligne droite)		1	800000	12,5875	194	1962,9	1467,25	80	1180,53	170,82	50T10 50/60	54,5	acier T10	20,34	14,30	2,29	
	- Réduction - d2/d1 = 0.80	0,16	1,16	800000	12,5852	194	1962,9	1467,23	80	1180,53	170,85	50 DN50 - 2"	50,8	Robinet.	23,41	18,94	130,97	
	- Robinet soupape		1	800000	12,5852	194	1962,9	1467,23	80	1180,53	170,85	50 DN50 - 2"	50,8	Robinet.	23,41	18,94		
	Raccordement	19		800000	12,4543	193	1964,6	1465,96	80	1180,62	172,46	50T10 50/60	54,5	acier T10	20,54	14,43	5,18	
	- Réseau de distribution		6	800000	12,3554	193	1965,9	1464,99	80	1180,69	173,70	50T10 50/60	54,5	acier T10	20,68	14,54	52,44	
	- Coude standard 90°		3	800000	12,3303	193	1966,6	1464,48	80	1180,72	174,36	50T10 50/60	54,5	acier T10	20,76	14,59	14,04	
	- Coude standard 45°		1	800000	12,289	193	1966,7	1464,35	80	1180,73	174,54	50T10 50/60	54,5	acier T10	20,78	14,61	99,54	
	- Robinet soupape		1	800000	12,289	193	1966,7	1464,35	80	1180,73	174,54	50T10 50/60	54,5	acier T10	20,78	14,61		
Total perte de charge du réseau hydraulique en mbar :																	2810,57	
Coefficients majoration de sécurité (assemblages mal réalisés, entartrage prévisionnel, etc.)																	140,53	
Désignation																	Quant	Pdc / U
- Echangeur de chaleur																		
- batterie émettrice																	1	300m
- vanne 3 voies																	1	250m
- compteur d'énergie																		
- divers																		
Total perte de charge du circuit hydraulique : 3,5 bar, ou en mbar :																	3501,1	

Cacul réseau vapeur surchauffée

Pour les réseaux de grande longueur la vapeur surchauffée réduit ou évite la présence de condensats qui ne peuvent se former que si la vapeur est saturée.

Dans cet exemple le calcul est effectué avec de la vapeur surchauffée : 15 bar effectif et 250°C à son point d'origine.

En prenant comme hypothèse une chute de température de 0,1°C/m, il est aisé d'intégrer ces éléments dans la feuille de travail.

Cliquez sur cette image pour effectuer un affichage complet

Choix unité de pression		m-bar (100 Pa)																																						
Pression de service de l'installation																																								
		15	bar relatif																																					
Température de vaporisation du circuit vapeur																																								
		201,4	°C																																					
- Enthalpie spécifique de la vapeur (chaleur totale)																																								
		2751,4	kJ /kg K																																					
- Chaleur latente de vaporisation à 201,41 °C et 15 bar relatif																																								
		1923,0	kJ /kg K																																					
- Masse volumique de la vapeur à 201,41 °C et 15 bar relatif																																								
		8,052	kg/m ³																																					
- Chaleur massique des condensats à 80 °C																																								
		4,193	kJ /kg K																																					
Menu barre ThermoVapor																																								
Calcul perte de charge pour réseau de vapeur d'eau																																								
Rep.	Designations éléments	Lien tube	Module P40		Energie à transférer	Pression service		Température de la vapeur		Chaleur latente	Débit vapeur	Débit de vapeur corrigé		Sélection réseaux				Vitesse		Pression		Perte de charge																		
			K Fix	K		Hbre	Barrelatif	°C	°C			°C	kg/vap.h	°C	kg/vap.h	m ³ /h	Code	Dnami	Drcal	Matériau	mbr	mbar	linéaire	K	Totale															
	- Réseau de distribution	320			5500000	13,7131	228	228	1893,33	10476,60	10476,60	1535,71	125T10	129/4	131,7	acier T10	31,31	33,45	4,03	1,05	1350,35																			
	- Coude standard 90°		0,499	8	5500000	12,3627	228	228	1896,62	10439,61	10439,61	1637,05	125T10	129/4	131,7	acier T10	34,60	36,83			147,16																			
	- Coude standard 45°		0,244	6	5500000	12,2165	228	228	1897,34	10435,65	10435,65	1716,62	125T10	129/4	131,7	acier T10	35,00	37,24			53,53																			
	- Té (passage ligne droite)		0,533	1	5500000	12,156	228	228	1897,63	10434,05	10434,05	1724,65	125T10	129/4	131,7	acier T10	35,17	37,41			12,46																			
	- Réduction - d2/d1 = 0.80		0,16	1	5500000	12,1436	228	228	1897,69	10433,72	10433,72	1726,34	125T10	129/4	131,7	acier T10	35,20	37,45			5,99																			
	- Robinet soupape		5,704	1	5500000	12,1376	228	228	1897,72	10433,56	10433,56	1727,16	125	DN125 - 5°	127	Rubinet.	37,87	43,32			247,13																			
Colonne montante Bde																																								
	- Réseau de distribution	4			1000000	11,8904	212	212	1933,08	1862,31	1862,31	301,43	65T10	66/76	70,3	acier T10	21,57	14,37	3,78	1,00	15,14																			
	- Té (passage ligne droite)		0,38	1	1000000	11,8753	212	212	1933,17	1862,23	1862,23	301,80	65T10	66/76	70,3	acier T10	21,60	14,39			5,47																			
	- Réduction - d2/d1 = 0.80		0,16	1	1000000	11,8698	212	212	1933,2	1862,20	1862,20	301,94	65T10	66/76	70,3	acier T10	21,61	14,40			2,30																			
Colonne montante étage 1																																								
	- Réseau de distribution	4			500000	11,8675	211	211	1935,23	930,12	930,12	150,42	60T10	60/60	54,8	acier T10	17,31	9,92	3,60	1,00	14,41																			
	- Té (passage ligne droite)		0,401	1	500000	11,8531	211	211	1935,31	930,08	930,08	150,59	60T10	60/60	54,8	acier T10	17,33	9,93			3,98																			
	- Réduction - d2/d1 = 0.80		0,16	1	500000	11,8491	211	211	1935,34	930,07	930,07	150,64	60T10	60/60	54,8	acier T10	17,34	9,93			1,59																			
Raccordement																																								
	- Réseau de distribution	19			100000	11,8475	210	210	1937,35	185,82	185,82	30,02	32T10	33/42	37,2	acier T10	7,67	1,82	1,12	1,00	21,32																			
	- Coude standard 90°		0,651	6	100000	11,8262	210	210	1937,48	185,81	185,81	30,07	32T10	33/42	37,2	acier T10	7,68	1,82			7,13																			
	- Coude standard 45°		0,247	3	100000	11,8191	210	210	1937,52	185,80	185,80	30,09	32T10	33/42	37,2	acier T10	7,69	1,83			1,90																			
	- Robinet soupape		7,342	1	100000	11,8172	210	210	1937,53	185,80	185,80	30,09	32T10	33/42	37,2	acier T10	7,69	1,83			13,48																			
Total perte de charge du réseau hydraulique en mbar :																																								
Coefficients majoration de sécurité (assemblages mal réalisés, entartrage prévisionnel, etc.)																																								
Désignation																																								
- Echangeur de chaleur																																								
- batterie émettrice																																								
- vanne 3 voies																																								
- compteur d'énergie																																								
- divers																																								
Total perte de charge du circuit hydraulique : 3,91 bar, ou en mbar :																																								

Module des tables réseaux

L'affichage et l'imputation éventuelle des types de réseaux se font par l'intermédiaire d'un module spécifique.

Codage des canalisations de la table réseaux

Cliquez avec la souris sur la ligne souhaitée et cliquez sur OK, le code réseau sera placé dans le presse-papier. Ensuite positionnez vous dans la colonne code dans l'entité réseaux et cliquez avec le bouton de droit de la souris + collez.

Sélection code Éléments réseaux Désignation Ø nominal Ø intérieur

Codage	Nature	Désignation	Dim. nominale	Ø INT	épais.	Ø EXT.	rugosité
=====							
	Robinetterie	standard	=====				
12	Robinet.	DN12 - 3/8"		9,53	-----	-----	0,01
15	Robinet.	DN15 - 1/2"		12,70	-----	-----	0,01
20	Robinet.	DN20 - 3/4"		19,05	-----	-----	0,01
25	Robinet.	DN25 - 1"		25,40	-----	-----	0,01
32	Robinet.	DN32 - 1 1/4"		31,75	-----	-----	0,01
40	Robinet.	DN40 - 1.5"		38,10	-----	-----	0,01
50	Robinet.	DN50 - 2"		50,80	-----	-----	0,01
65	Robinet.	DN65 - 2.5"		63,50	-----	-----	0,01
80	Robinet.	DN80 - 3"		76,20	-----	-----	0,01
100	Robinet.	DN100 - 4"		101,60	-----	-----	0,01
125	Robinet.	DN125 - 5"		127,00	-----	-----	0,01
150	Robinet.	DN150 - 6"		152,40	-----	-----	0,01

Les types de canalisations intégrées dans le programme ThermoVapor pour le calcul des pertes de charge, sont :

- Tube acier noir T1 et T2 (utilisation classique) - Diamètre DN12 à DN400 (3/8" à 16")
- Tube acier galvanisé - Diamètre DN12 à DN 300
- Tube acier noir T3 - Diamètre DN12 à DN150
- Tube acier noir T10 - Diamètre DN 32 à DN 400
- Tube acier noir série spéciale - Diamètre DN 450 à DN 900
- Tube acier selon normes USA - 5S, 10S, 40S, 80S - Diamètre 1/2" à 30" - 15 à 750 mm
- Tube cuivre (usage courant) - Diamètre DN10 à DN 50/52
- Tube cuivre selon normes Européenne série X, Y, Z - Diamètre 4 à 150 mm
- Tube cuivre selon normes USA série K, L, M - Diamètre 1/4" à 12" - 8 à 300 mm
- Tube cuivre (qualité frigorifique) - Diamètre DN 6 à DN 80 (1/4" à 3 1/8")
- Tube PVC chauffage sol - Diamètre DN 12 à DN 25
- Tube PVC pression - Diamètre DN 12 à DN 315
- Tube fonte ductile à joint- Diamètre DN 50 à DN 2000
- Tube fonte ductile haute pression - Diamètre DN 80 à DN 300
- Tube polyéthylène (PehD) - Diamètre DN16 à DN 315
- Tube polyéthylène pour le gaz - Diamètre DN15 à DN 200
- Tube inox 316L - Diamètre DN 12 à DN 200
- Robinetterie - Diamètre DN12 à DN 400 (3/8" à 16")

Soit l'équivalent de 415 tubes indexés dans le programme.

Surchauffeur vapeur

Module de calcul complémentaire concernant le calcul de la puissance thermique d'un surchauffeur à vapeur en fonction de débit de vapeur.

Calcul thermique surchauffeur X

Unité de pression..... Bar (100000 Pa)

- Débit de vapeur 1000 **Kg/h**

- Pression relative en amont de la vanne (*) 2 **Bar**

- Température vapeur surchauffée < 350 °C 300 °C

- Pression relative sortie surchauffeur 6 **Bar**

Caractéristiques de la vapeur	Saturée	Surchauffée
- Température de vaporisation	133,69 °C	300,00 °C
- Masse volumique vapeur	1,658 kg/m ³	3,674 kg/m ³
- Enthalpie spécifique vapeur...	2 724,86 Kj/kg	3 059,74 Kj/kg
- Chaleur latente vaporisation	2 162,78 Kj/kg	1 702,30 Kj/kg
- Chaleur spécifique vapeur	2,20 kJ/kg-K	2,10 kJ/kg-K
- Puissance thermique du surchauffeur	96,86 kW	

Prévoir une surpuissance selon la qualité de la vapeur saturée à son origine.
 On peut considérer que la vapeur à son origine peut être partiellement à l'état de condensation

(*) Pression lue sur les manomètres ordinaires
 (Pression absolue - 1.013 bar)
 Attention aux décimales.
 Virgule en Français et point en Anglais (voir configuration windows en paramètres régionaux)

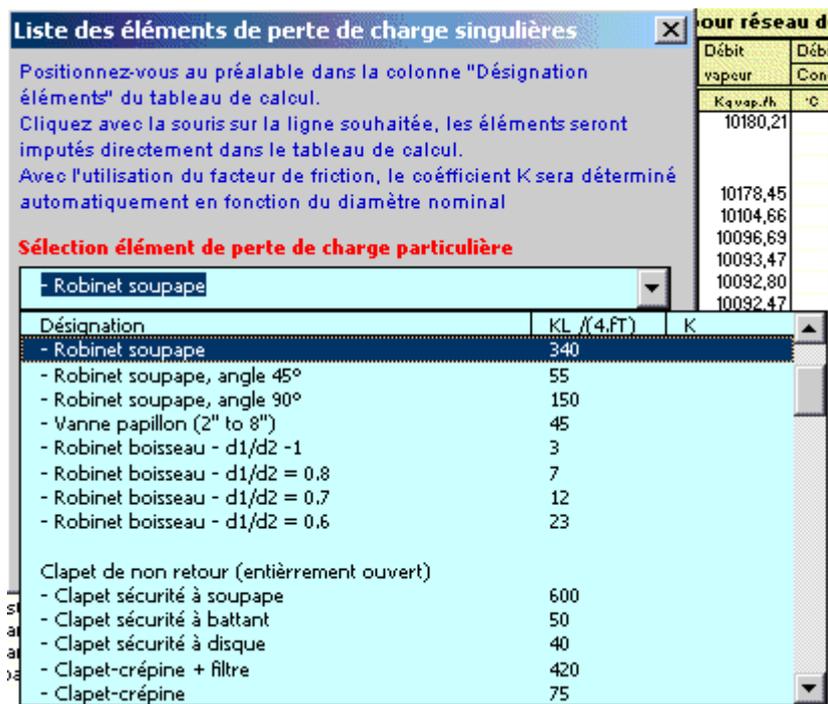
Valider
Ok

©2001 Jean Yves MESSE.

Module de calcul perte de charge singulière

Voir thématique : [Calcul des pertes de charges singulières sur réseaux hydrauliques](#)

Il est prévu dans le programme une procédure d'appel placée sur la barre du menu personnalisé servant à connaître les valeurs indicatives des coefficients K et à des imputations directes sur la feuille de travail.



Le programme ThermoVapor dispose d'un certains nombres de modules de perte de charge "k" à valeurs fixes ou kL qui sont déjà intégrés. Vous cliquez dans un menu déroulant et ensuite sur l'élément que vous souhaitez introduire et l'imputation se fait automatiquement dans la feuille de travail (Désignation + valeur k) sur la ligne où était située initialement la cellule active. Vous pouvez bien sûr modifier la valeur k si nécessaire.

La valeur kl est égal à $K / (4.ft)$, voir : [Thématique pertes de charge singulières](#)

Chaque module de perte de charge singulière (robinetterie, coudes, etc.) est recalculé automatiquement en fonction du diamètre introduit.

Module d'évaluation du coefficient de perte de charge

Voir thématique : [Calcul des pertes de charges singulières sur réseaux hydraulique](#)

Programme de calcul de module de perte de charge équivalent en fonction de la perte de charge relevée.

Calcul module perte de charge
✕

Unités de pression Bar (100000 Pa)

Perte de charge relevée..... 0,1 Bar

Débit de vapeur..... 1400 kg/h

Pression relative réseau vapeur (*) - < 165 bar 15 Bar

Température vapeur surchauffée - < 350 °C 220 °C

Diamètre nominal Robinet. DN100 - 4"

- Température de vaporisation..... 201,41 °C

- Masse volumique vapeur..... 7,642 kg/m3

- Enthalpie spécifique vapeur..... 2 843,03 Kj/kg

- Chaleur latente de vaporisation..... 1 984,32 Kj/kg

- Chaleur massique vapeur..... 2,663 Kj/kg-k

- Débit volumique vapeur..... 183,20 m3/h

- Diamètre intérieur de l'élément..... 101,60 mm

- Vitesse de circulation..... 6,277 m/s

Module équivalent de la perte de charge 66,43

(*) Pression lue sur les manomètres ordinaires (Pression absolue - 1.013 bar)

Attention aux décimales.
 Virgule en Français et point en Anglais (voir configuration windows en paramètres)

Valider
OK

©2001 Jean Yves MESSE.

Programme ThermoVapor (Régulation)

Voir thématique : [Coefficient Kv, Kvs, Kvo, taux de fuite](#)

Détermination du Kv

La valeur du coefficient Kv peut être calculé en fonction des valeurs données "puissance thermique, pression de vapeur en amont et en aval".

Le programme peut également effectué le calcul avec de la vapeur surchauffée ou modifier le calcul le cas échéant dans une installation en récupération de condensats.

Unité de pression..... Bar (100000 Pa)

- Pression relative en amont de la vanne (*) 8 Bar

- Température vapeur surchauffée (facultatif) - < 350 °C °C

- Pression relative en aval de la vanne (*) 3 Bar

- Température récupération condensats (facultatif) °C

Caractéristiques de la vapeur	Amont	Aval
- Température de vaporisation	175,42 °C	143,74 °C
- Masse volumique vapeur	4,862 kg/m ³	2,170 kg/m ³
- Enthalpie spécifique vapeur...	2 772,19 KJ/kg	2 737,78 KJ/kg
- Chaleur latente vaporisation	2 029,28 KJ/kg	2 132,59 KJ/kg
- Température de surchauffe	2,27 kJ/kg-K	157,26 °C

Coefficient débit Kv **Détermination Kv**

Kv calculé en fonction du débit et de la chute de pression.

Puissance thermique à faire transiter..... 1000 kw/h

Valeurs résultantes

Débit massique vapeur 1 688,09 Kg/h

Débit volumique en sortie de vanne..... 777,90 m³/h

Coefficient Kv..... 16,723 m³/h

(*) Pression lue sur les manomètres ordinaires (Pression absolue - 1,013 bar)
 Attention aux décimales.
 Virgule en Français et point en Anglais (voir configuration windows en paramètres régionaux)

Valider Ok

Aide ©2001 Jean Yves MESSE

Coefficient de débit Kv pour une vanne

La puissance thermique peut être évaluée au travers d'une vanne en fonction du coefficient Kv, de la pression de vapeur en amont et en aval.

Le programme peut également effectué le calcul avec de la vapeur surchauffée ou modifier le calcul le cas échéant dans une installation en récupération de condensats.

Calcul vanne de régulation pour la vapeur saturée ou surchauffée [X]

Unité de pression..... Bar (100000 Pa)

- Pression relative en amont de la vanne (*) 8 Bar

- Température vapeur surchauffée (facultatif) - < 350 °C

- Pression relative en aval de la vanne (*) 3 Bar

- Température récupération condensats (facultatif)

Caractéristiques de la vapeur

	Amont	Aval
- Température de vaporisation	175,42 °C	143,74 °C
- Masse volumique vapeur	4,662 kg/m ³	2,170 kg/m ³
- Enthalpie spécifique vapeur...	2 772,19 KJ/kg	2 737,78 KJ/kg
- Chaleur latente vaporisation	2 029,28 KJ/kg	2 132,59 KJ/kg
- Température de surchauffe	2,27 kJ/kg-K	157,26 °C

Coefficient débit Kv | Détermination Kv

Calcul du débit de vapeur en fonction de la chute de pression et du coefficient Kv

Coefficient Kv 16,723 Kv

Valeurs résultantes

Débit massique vapeur 1 688,11 kg/h

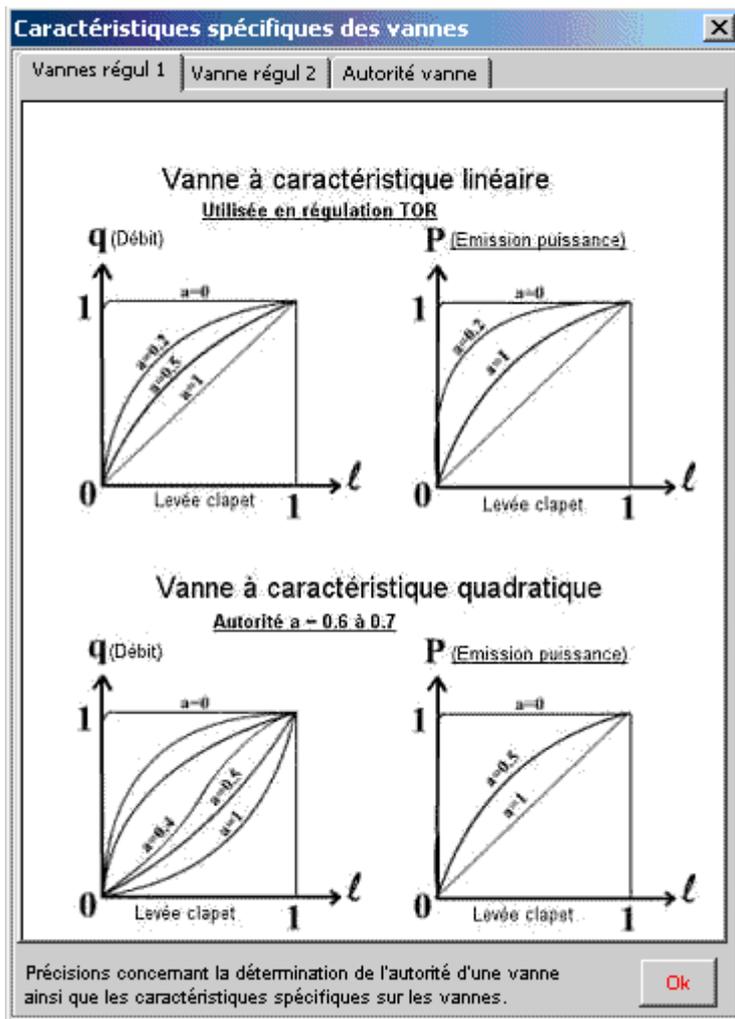
Débit volumique en sortie de vanne..... 777,92 m³/h

Puissance thermique équivalente 1 000,01 kW/h

[?] (*) Pression lue sur les manomètres ordinaires (Pression absolue - 1.013 bar)
 Aide Attention aux décimales.
 Virgule en Français et point en Anglais (voir configuration windows en paramètres régionaux)

[Valider] [Ok] ©2001 Jean Yves MESSE.

Boîte d'information sur les vannes.



Programme ThermoVapor (Fonctions)

Lexique employé pour la vapeur (voir Thématique : Distribution de vapeur)

Caractéristiques physiques de l'eau et de la vapeur

Le module de calcul intégré permet d'établir toutes les caractéristiques physiques de l'eau, de la vapeur et de la vapeur surchauffée.

Vapeur à l'état saturé (1)

Caractéristiques physiques de l'eau et de la vapeur	
Unité de pression	Bar (100000 Pa)
- Pression relative réseau vapeur (P*) - < 165 bar	7 Bar
- Température vapeur γk surchauffée - < 350 °C	°
- Pression absolue de vaporisation	8,013 Bar
- Température de vaporisation selon P	170,48 °C
Caractéristiques à l'état 170,48°C	
- Volumique spécifique vapeur.....	0,240 m3/kg
- Masse volumique vapeur.....	4,169 kg/m3
- Enthalpie spécifique vapeur.....	2 767,53 Kj/kg
- Chaleur latente vaporisation.....	2 046,29 Kj/kg
- Chaleur sensible vapeur d'eau.....	721,24 Kj/kg
- Chaleur massique vapeur.....	2,496 Kj/kg-k
- Viscosité dynamique vapeur	0,0000147 Pa-s
- Viscosité cinématique vapeur	3,535 Cst
Caractéristiques à l'état 170,48°C	
- Masse volumique de l'eau.....	896,806 kg/m3
- Chaleur massique de l'eau.....	4,372 kJ/kg
- Conductivité thermique de l'eau.....	0,034 W/K-m
(P*) Pression lue sur les manomètres ordinaires (Pression absolue - 1.013 bar)	
Attention aux décimales. Virgule en Français et point en Anglais (voir configuration windows en paramètres)	
<input type="button" value="Valider"/> <input type="button" value="OK"/>	
©2001 Jean Yves MESSE.	

Vapeur à l'état surchauffé (2)

Caractéristiques physiques de l'eau et de la vapeur	
Unité de pression	Bar (100000 Pa)
- Pression relative réseau vapeur (P*) - < 165 bar	7 Bar
- Température vapeur γk surchauffée - < 350 °C	320 ° (Press bar 112,9bar)
- Pression absolue de vaporisation	8,013 Bar
- Température de vaporisation selon P	170,48 °C
Caractéristiques à l'état 320°C	
- Volumique spécifique vapeur.....	0,336 m3/kg
- Masse volumique vapeur.....	2,979 kg/m3
- Enthalpie spécifique vapeur.....	3 099,37 Kj/kg
- Chaleur latente vaporisation.....	2 378,13 Kj/kg
- Chaleur sensible vapeur d'eau.....	1 507,01 Kj/kg
- Chaleur massique vapeur.....	2,103 Kj/kg-k
- Viscosité dynamique vapeur	0,0000211 Pa-s
- Viscosité cinématique vapeur	4,975 Cst
Caractéristiques à l'état 170,48°C	
- Masse volumique de l'eau.....	896,806 kg/m3
- Chaleur massique de l'eau.....	4,372 kJ/kg
- Conductivité thermique de l'eau.....	0,032 W/K-m
(P*) Pression lue sur les manomètres ordinaires (Pression absolue - 1.013 bar)	
Attention aux décimales. Virgule en Français et point en Anglais (voir configuration windows en paramètres)	
<input type="button" value="Valider"/> <input type="button" value="OK"/>	
©2001 Jean Yves MESSE.	

Le calcul des caractéristiques physiques de la vapeur saturée (1) peut se faire soit à partir de la pression relative ou inversement en fonction de la température de la vapeur ou des deux paramètres dans le cas d'utilisation de la vapeur surchauffée (2)

FONCTIONS DE CALCUL ECRITES EN VBA

Il y a un grand nombre de fonctions intégrées disponibles immédiatement dans Excel. Les fonctions personnalisées écrites en VBA pour le programme ThermoVapeur peuvent être utilisées comme les fonctions intégrées d'Excel à condition d'avoir au préalable installé le programme ThermoVapor dans Excel.

Les fonctions ci-dessous sont utilisées dans le classeur et peuvent être réutilisées sur d'autres feuilles de calcul.

Formules de calcul de perte de charge sur les réseaux.

Le calcul des pertes de charges est établi en fonction des éléments indiqués sur le site Web

Calcul débit d'eau

- P_therm = Puissance thermique (Watts)
 - Delta_T = Ecart de température entre l'aller et le retour (°K)
 - Mas_V = masse volumique (kg/m³)
 - CM = Chaleur massique : in kJ/(kg K)
- Fonction = Debit(P_therm, Delta_T, CM, Mas_V)

Calcul du nombre de Reynolds en fonction de la viscosité dynamique du fluide

- Visc_dyn = Viscosité dynamique, valeur E-6 . kg/(m s)
 - Vit = Vitesse (en m/s)
 - Mas_V = masse volumique (en kg/m³)
 - Dia (Diamètre intérieur canalisation) (en mm)
- Fonction = Reynolds(Mas_Vol, Vit, Dia, Visc)

Calcul du nombre de Reynolds en fonction de la viscosité cinématique

- Vit = Vitesse (en m/s)
 - Visc = Viscosité en centistoke
 - Dia = Diamètre intérieur canalisation en mm
- Fonction = Reynolds1(Vit, Visc, Dia)

Calcul du facteur de friction selon l'équation de Colebrook (Méthode itérative)

- Rugosité (en mm)
 - DI = Diamètre canalisation (en mm)
 - Re = Reynolds
- Fonction = Friction1(Rugo, Re, DI)

Vitesse d'eau en m/s

- Deb = Débit vapeur volumique m³/h
 - Dia = Diamètre (mm)
- Fonction = Vites(Deb, Dia)

Calcul de la Pression dynamique

- Dens = masse volumique en kg/m³
 - Vit = Vitesse (en m/s)
- Fonction = Pdyn(Dens, Vit)

Perte de la charge linéaire

- Friction (Coefficient de perte de chage)
 - Densité (masse volumique) (en kg/m³)
 - Diam_canal (Diamètre intérieur canalisation) (en mm)
 - Vitesse (en m/s)
- Fonction = Pdc(Friction, Diam_tube, Densité, Vitesse, Nature)

Correction d'expansion

- PdcTot = Total perte de charge linéaire

- Pres = Pression relative à l'origine du tronçon
Fonction = Function Expan(PdcTot, Pres)

Calcul du module de perte de charge ([Coefficients K dépendant du diamètre utilisé](#))

- Ke = Module de perte de charge
- Indice = Facteur du module de perte de charge
- Dia = Diamètre canalisation (en mm)
Fonction = Module(Ke, Dia, Indice)

Fonctions pour les calculs des propriétés de l'eau et de la vapeur

Toutes les propriétés de l'eau et de la vapeur sont formulées en fonction des éléments de l'IAPWS

Les tables de vapeur saturées placées sur le site ThermExcel ont été établies à partir de ces fonctions de calcul.

Voir Thématique : [Tables de vapeur](#)

Viscosité cinématique

- T = Température (en °C)
- Mas_V = masse volumique (en kg/m³)
- Visc_dyn = Viscosité dynamique, valeur E-6 . kg/(m s)
Fonction = Visc_cine(T, Mas_V)

Viscosité dynamique de l'eau, valeur E-6 . kg/(m s)

Plage de validité : Jusqu'à 500 °C et 600 bar
- T = Température (en °C)
- V = Volume en m³/kg
Fonction = Visc_dyn(T As Single, V As Single) As Double

Masse volumique de la vapeur saturée en kg/m³

Plage de validité : Jusqu'à 300 bar
- P = Pression relative en Bar
Fonction = MassVol(P)

Masse volumique de la vapeur surchauffée en kg/m³

Plage de validité : Jusqu'à 350 °C et 300 bar
- T = Température (en °C)
- P = Pression relative en Bar
Fonction = Mass_vol(T, P)

Chaleur latente de la vapeur saturée en kJ /kg K

Plage de validité : Jusqu'à 300 bar
- P = Pression relative en Bar
Fonction = Chlatente(P)

Chaleur latente de la vapeur surchauffée en kJ /kg K

Plage de validité : Jusqu'à 350 °C et 300 bar
- T = Température (en °C)
- P = Pression relative de la vapeur en Bar
Fonction = Chlatent(T, P)

Enthalpie spécifique de la vapeur saturée (chaleur totale) en kJ /kg K

Plage de validité : Jusqu'à 300 bar
- T = Température (en °C)
- P = Pression relative en Bar
Fonction = Enthalp(P)

Enthalpie spécifique de la vapeur surchauffée (chaleur totale) en kJ /kg K

Plage de validité : Jusqu'à 350 °C et 300 bar

- T = Température (en °C)
 - P = Pression relative en Bar
- Fonction = Enthal(T, P)

Enthalpie de l'eau bouillante en kJ /kg K

Plage de validité : Jusqu'à 300 bar

- P = Pression relative en Bar
- Fonction = ChH2O(P)

Enthalpie de l'eau surchauffée en kJ /kg K

Plage de validité : Jusqu'à 350 °C et 300 bar

- T = Température (en °C)
 - P = Pression relative Bar
- Fonction = ChH2O1(T, P)

Chaleur massique de la vapeur kJ /kg K

Plage de validité : Jusqu'à 300 bar

- P = Pression relative en Bar
- Fonction = ChMas(P)

Pression de vaporisation en bar absolu

Plage de validité : Jusqu'à 350 °C

- T = Température (en °C)
- Fonction = Pression(T)

Température de vaporisation

Plage de validité : Jusqu'à 300 bar

- P = Pression relative en Bar
- Fonction = TempVap(P)

Fonctions diverses

Calcul du diaphragme (en mm) selon Norme NFX 10-101

- Diam_int = Diamètre intérieur du tube, mm
 - Débit = Débit d'eau, l/h
 - Pdc = Perte de charge à créer, Bar
 - Temp = Température fluide, °C
- Fonction = D_diaphr(Diam_int, Débit, Pdc, Temp, P)

Calcul débit vanne vapeur en fonction du Kv

- Qm = Débit poids vapeur, kg/h
 - P1 = Pression relative de la vapeur en amont, Bar
 - P2 = Pression relative de la vapeur en aval, Bar
 - Temp = Température vapeur surchauffée, °C
- Fonction = Débit_Kv(Kv, P1, P2, Temp)

Calcul Kv vanne pour la vapeur

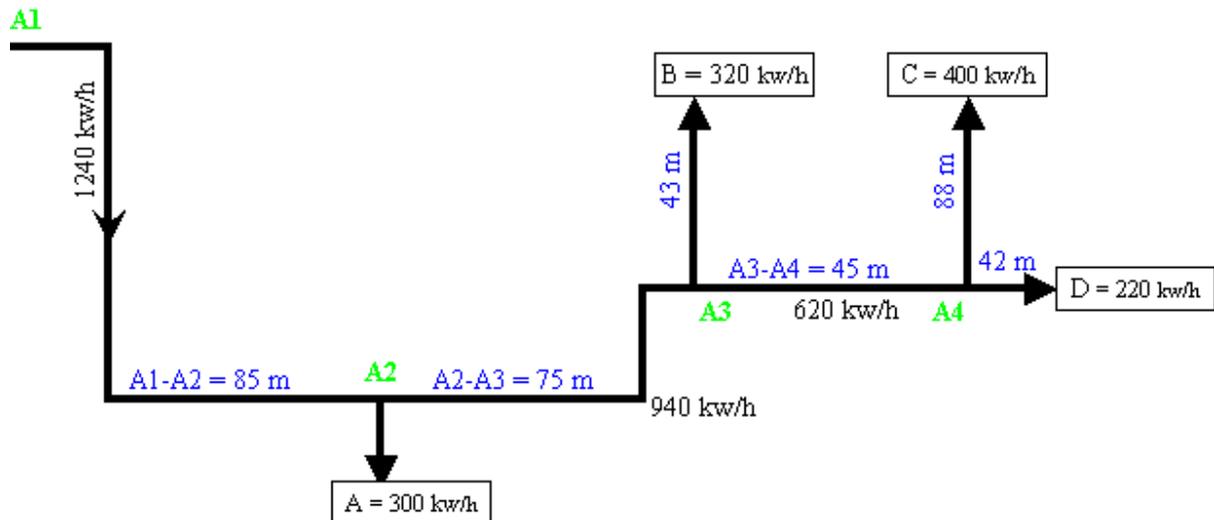
- Qm = Débit poids vapeur, kg/h
 - P1 = Pression relative de la vapeur en amont, Bar
 - P2 = Pression relative de la vapeur en aval, Bar
 - Temp = Température vapeur surchauffée, °C
- Fonction = Module_Kv(Qm, P1, P2, Temp)

Conversion pdc en modules

- Vitesse = Vitesse réelle de circulation, m/s
 - Temp = température de l'eau, °C
 - Pdc = Perte de charge à créer, Pa
 - P = Pression relative de la vapeur en Bar
- Fonction = Module_Pdc1(Pdc, Vitesse, Temp, P)

EXEMPLE DE CALCUL DE RESEAUX DE VAPEUR

Exemple de calcul d'un réseau de vapeur sèche



Le calcul s'effectue en fonction du circuit le plus défavorable en considérant que la perte de charge soit relativement homogène sur l'ensemble du réseau de distribution.

Dans le cas présent 2 possibilités existent

- 1° - Réseau principal de A1 + A2 + A3 + A4 + D
- 2° - Réseau principal de A1 + A2 + A3 + A4 + C

Nous prendrons le cas N°2 qui semble être le plus défavorable.

L'installation assure la distribution de vapeur sous une pression de 12 bar relatif à son point d'origine.

Les puissances thermiques indiquées sur le schéma ci-dessus sont des puissances utiles.

Le programme [ThermoVapor](#) placé sur ce site permet d'effectuer ce calcul de perte de charge en prenant en compte les éléments suivants.

Il calcule automatiquement en fonction de la pression de service de l'installation :

- L'enthalpie spécifique de la vapeur
- La chaleur latente de vaporisation
- La masse volumique de la vapeur.
- La chaleur massique de la vapeur.

Le programme détermine automatiquement le débit de vapeur en fonction de :

- La puissance thermique horaire.
- La pression vapeur.
- La température de vapeur (uniquement en cas d'utilisation de la vapeur surchauffée)
- La température des condensats le cas échéant (récupération des condensats).

Calcul perte de charge réseaux vapeur

Choix unités de pression: HPa (IMP.)

Pression de service de l'installation: **7.2** bar relatif

Température de vaporisation du circuit vapeur: **191.65** °C

Enthalpie spécifique de la vapeur (chaleur totale): **2785.4** kJ/kg

Chaleur latente de vaporisation à 191,65 °C et 12 bar relatif: **1970.6** kJ/kg

Masses vapeur à 191,65 °C et 12 bar relatif: **6.623** kg/m³

Chaleur massique des condensats à 191,65 °C et 12 bar relatif: **4.457** kJ/kg

Calcul perte de charge pour réseau de vapeur d'eau

Répère	Désignation élément	Lin m	Modulez Kf	P4C K	Nb	Puissance thermique W/h	Pression réseau Bar relatif	Températ de la vapeur °C	Chaleur latente kJ/kg	Débit vapeur kg vap./h	Débit vapeur corrigé masse kg vap./h	Débit vapeur volumiq m ³ /h	Sélection réseaux				Viscosité réseau mPa.s	Pression dynamique mbar	Perte de charge				
													Codo	Dnam	Dréel	Nature			linéaire mbar/m	Totale mbar			
A1-A2	Réseau de distribution	38				1240000	12	191,7	1970,56	2265,35	2265,35	342,02	EST3	66776	68,8	acier T1	25,56	21,63	6,14	1,02	533,20		
	Rabine trouape		6,6	1		1240000	11,4668	189,7	1977,72	2257,15	2257,15	354,74	ES	DN65	63,5	Rabino	31,12	30,80	7,03	1,00	203,24		
	Clopete sécurité trouape		11,4	1		1240000	11,26356	189	1980,49	2253,99	2253,99	359,89	EST3	66776	68,8	acier T1	26,89	22,64	6,43	1,00	259,26		
	Coudo standard 90°		0,57	2		1240000	11,00431	188	1984,07	2249,92	2249,92	366,68	EST3	66776	68,8	acier T1	27,40	23,07	6,54	1,00	26,37		
	T6 (parraço ligne droite)		0,38	1		1240000	10,97794	187,9	1984,44	2249,51	2249,51	367,38	EST3	66776	68,8	acier T1	27,45	23,07	6,55	1,00	8,80		
	Réduction - 42/41 - 0.80		0,13	1		1240000	10,96914	187,9	1984,56	2249,37	2249,37	367,62	EST3	66776	68,8	acier T1	27,47	23,08	6,56	1,00	3,00		
A2-A3	Réseau de distribution	75				940000	10,96613	187,9	1984,5	1705,13	1705,13	278,74	EST3	66776	68,8	acier T1	20,83	13,27	3,80	1,01	288,29		
	Coudo standard 90°		0,57	2		940000	10,67785	186,8	1988,64	1701,67	1701,67	284,75	EST3	66776	68,8	acier T1	21,28	13,53	3,87	1,00	15,49		
	T6 (parraço ligne droite)		0,38	1		940000	10,66236	186,7	1988,85	1701,48	1701,48	285,08	EST3	66776	68,8	acier T1	21,30	13,54	3,88	1,00	5,17		
A3-A4	Réseau de distribution	45				620000	10,65719	186,7	1988,93	1122,21	1122,21	188,10	EST3	50/60	53	acier T1	23,68	16,73	6,61	1,01	301,14		
	T6 (dérivation)		1,21	1		620000	10,35605	185,5	1993,21	1119,80	1119,80	192,46	EST3	50/60	53	acier T1	24,23	17,08	6,74	1,00	20,66		
A4-C	Réseau de distribution	88				400000	10,33539	185,5	1993,51	722,34	722,34	124,36	EST3	50/60	53	acier T1	15,66	7,12	2,85	1,01	253,89		
	Rabine trouape		6,91	1		400000	10,08151	184,4	1997,17	721,02	721,02	126,85	ES	DN50	50,8	Rabino	17,39	8,59	2,73	1,00	59,39		
Total perte de charge du réseau hydraulique en mbar :																						1977,87	
Coefficients majoration de sécurité (assemblage mal réalisé, entartrage prévisionnel, etc.)																							
Déqualité																							
- Entourage de vapeur																							
- Colliers facilitate																							
- Masse vapeur																							
- Nombre de charge																							
- Autre																							
Total perte de charge du circuit hydraulique : 1,98 bar, ou en mbar :																							1977,887

La perte de charge dû à l'écoulement de la vapeur s'accompagne d'une expansion qui se traduit par une augmentation du débit (c'est à dire de la vitesse), une diminution de la masse volumique et une augmentation de la viscosité dynamique.

Le programme prend en compte tous ces éléments. Cette contrainte oblige à effectuer le calcul en partant de la production de vapeur. Les éléments du réseau sont introduits au fur à mesure de la distribution de la vapeur jusqu'au point le plus éloigné.

A chaque entrée d'un élément (canalisation ou accessoires) dans le tableau de calcul, le programme recalcule automatiquement la pression d'entrée sur la ligne suivante dans la colonne pression de service du tableau de calcul.

Les éléments suivants sont automatiquement réajustés, à savoir :

- L'enthalpie spécifique de la vapeur
- La chaleur latente de vaporisation
- La masse volumique de la vapeur.
- La chaleur massique de la vapeur.
- La viscosité dynamique de la vapeur.
- Le nombre de Reynolds.

Dans le cas présent on aura sur le réseau de distribution :

- Point A1 = Pression : 12 bar - Chaleur latente de vaporisation 1970,56 kJ/kg - Débit de vapeur : 2265 kg/h
- Point A2 = Pression : 10,96 bar - Chaleur latente de vaporisation 1984,6 kJ/kg - Débit de vapeur : 1705,13 kg/h
- Point A3 = Pression : 10,66 bar - Chaleur latente de vaporisation 1988,93 kJ/kg - Débit de vapeur : 1122,21 kg/h
- Point A4 = Pression : 10,34 bar - Chaleur latente de vaporisation 1993,51 kJ/kg - Débit de vapeur : 722,34 kg/h
- Point C = Pression : 10,02 bar - Chaleur latente de vaporisation 1997,07 kJ/kg - Débit de vapeur : 721 kg/h

Exemple de calcul d'un réseau de vapeur saturée ou vapeur humide

Il existe généralement une perte thermique sur les réseaux de distribution de vapeur entraînant une chute de température sur la vapeur de distribution.

Dans cet exemple le calcul est effectué avec de la vapeur saturée : 12 bar effectif à son point d'origine.

Choix unités de pression		Mbar (MPa)		CALCUL PERTE DE CHARGE RESEAU VAPEUR														
Pression de service de l'installation		12 bar relatif		D:\Excel\thermique\Addin\English - Fichiers\azair\vaapeur.fr.xls														
Température de vaporisation de circuit		191,65 °C		Non vapeur														
- Enthalpie spécifique de la vapeur (chaleur totale)		2935,4 kJ/kg K																
- Chaleur latente de vaporisation à 191,65 °C et 12 bar		1970,6 kJ/kg K																
- Masse volumique de la vapeur à 191,65 °C et 12 bar		5,523 kg/m3																
- Chaleur massique des condensats à 191,65 °C et 12 bar		4,457 kJ/kg K																
Calcul perte de charge pour réseau de vapeur d'eau																		
Réa	Désignation élément	Levée lake	Paissance thermique	Pression réseau	Température de la vapeur	Chaleur latente	Débit vapeur	Débit de vapeur corrigé	Sélection réseaux				Viscosité	Pression dynamique	Perte de charge			
		m	utf	bar relatif	°C	°C	kJ/kg	kg/h	kg/h	mm	mm	mm	mm	mfr	mbar	mbar/m	mbar	
A1	- Réseau de distribution	85	1240000	12	191,7	1970,56	2265,35	2265,35	342,02	EST3	EST3	EST3	EST3	25,56	21,63	6,14	1,02	533,20
	- Rabinet vapeur		1240000	11,4668	189,7	1977,72	2257,15	2257,15	354,76	ES	DMS - 2.1	ES	Rabul.	21,12	30,80	7,03	1,00	203,24
	- Clapet sécurité 3/4 vapeur		1240000	11,26356	189	1980,49	2253,99	2253,99	359,89	EST3	EST3	EST3	EST3	26,89	22,64	6,43	1,00	259,26
	- Coudé standard 90°		1240000	11,00431	188	1984,07	2249,92	2249,92	366,68	EST3	EST3	EST3	EST3	27,40	23,03	6,54	1,00	26,37
	- T6 (parcage ligne droite)		1240000	10,97794	187,9	1984,44	2249,51	2249,51	367,38	EST3	EST3	EST3	EST3	27,45	23,07	6,55	1,00	8,80
	- Réduction - d2/d1 = 0.80		1240000	10,96914	187,9	1984,56	2249,37	2249,37	367,62	EST3	EST3	EST3	EST3	27,47	23,08	6,56	1,00	3,00
A2	- Réseau de distribution	75	940000	10,96613	171	2012,06	1681,86	1681,86	259,93	EST3	EST3	EST3	EST3	19,42	12,20	3,49	1,01	264,62
	- Coudé standard 90°		940000	10,70152	171	2014,4	1679,90	1679,90	266,24	EST3	EST3	EST3	EST3	19,89	12,48	3,57	1,00	14,29
	- T6 (parcage ligne droite)		940000	10,68722	171	2014,53	1679,80	1679,80	266,59	EST3	EST3	EST3	EST3	19,92	12,50	3,57	1,00	4,77
A3	- Réseau de distribution	45	620000	10,68245	152	2040,46	1093,87	1093,87	161,62	EST3	EST3	EST3	EST3	20,35	14,01	5,52	1,01	251,10
	- T6 (dérivation)		620000	10,43135	152	2043,25	1092,38	1092,38	165,53	EST3	EST3	EST3	EST3	20,84	14,33	5,65	1,00	17,33
A4	- Réseau de distribution	88	400000	10,41402	141	2055,74	700,48	700,48	101,44	EST3	EST3	EST3	EST3	12,77	5,63	2,25	1,01	199,49
	- Rabinet vapeur		400000	10,21452	141	2058,27	699,62	699,62	103,46	ES	DMS - 2	ES	Rabul.	14,18	6,20	2,13	1,00	47,00
Total perte de charge du réseau hydraulique en mbar :																	1832,48	
Coefficient majoration de sécurité (assemblage mal réalisé, entartrage prévienniel, etc.)																		
Détermination																		
- Echangeur de chaleur																		
- batterie métrique																		
- vanne 3 voies																		
- compteur d'énergie																		
- divers																		
Total perte de charge du circuit hydraulique : 1,83 bar, ou en mbar :																	1832,48	

En prenant comme hypothèse une chute de température de 0,25°C/m, il est aisé d'intégrer ces éléments dans la feuille de travail.

Le programme recalcule et ajuste automatiquement toutes les caractéristiques de la vapeur (enthalpie, chaleur latente, masse volumique, viscosité, etc.) en fonction de la température d'entrée du réseau partiel.

En comparant les 2 tableaux de calcul, le débit de vapeur passe de 721 kg/h calculé initialement à 699,92 kg/h.

Cette chute de température dans le réseau entraîne une formation de condensats avec perte thermique pour conséquence.

Exemple de calcul d'un réseau de vapeur surchauffée

La vapeur surchauffée : de la vapeur à une température supérieure à la température de saturation. La température d'une vapeur surchauffée n'est pas fonction de sa pression. Une perte d'enthalpie ne produit pas nécessairement une condensation de vapeur.

Pour les réseaux de grande longueur la vapeur surchauffée réduit ou évite la présence de condensats qui ne peuvent se former que si la vapeur est saturée.

Dans cet exemple le calcul est effectué avec de la vapeur surchauffée : 12 bar effectif et 250°C à son point d'origine.

Choix unités de pression		Mbar (MPa)		CALCUL PERTE DE CHARGE RESEAU VAPEUR									
Pression de service de l'installation		12	bar relatif	D:\Excel\thermique\Addin\English - Fichiers\ozair\vaapeur.fr.xls									
Température de vaporisation de circuit		151,05	°C	Menu vapeur									
- Enthalpie spécifique de la vapeur (chaleur totale)		2785,4	kJ/kgK										
- Chaleur latente de vaporisation à 191,65 °C et 12 bar		1979,0	kJ/kgK										
- Masse volumique de la vapeur à 191,65 °C et 12 bar		6,123	kg/m3										
- Chaleur massique des condensats à 191,65 °C et 12 bar		4,457	kJ/kgK										

Calcul perte de charge pour réseau de vapeur d'eau																		
Réf	Désignation élément	Lefor m	Puissance thermique mW	Pression réseau bar relatif	Température de la vapeur °C	Chaleur latente kJ/kg	Débit vapeur kg/h	Débit de vapeur corrigé masse kg/h	Débit de vapeur corrigé volumique m3/h	Sélection réseaux				Viscosité réelle mPa.s	Pression dynamique mbar	Perte de charge		
										Code	Réseau	Réf.	Matériau			mbar	K	Telco
A1	- Réseau de distribution	85	1240000	12	250	1845,56	2418,78	2418,78	427,35	50T3	50T3	50	3000 T3	31,93	28,85	8,22	1,00	718,11
	- Rabinetrapape		1240000	11,28189	250	1848,37	2415,10	2415,10	452,97	50	DHS-2S	50,5	Rakel.	39,73	42,08	9,66	1,00	277,66
	- Clapetécourbé àrapape		1240000	11,00423	250	1849,44	2413,70	2413,70	463,70	50T3	50T3	50	3000 T3	34,65	31,24	8,90	1,00	357,70
	- Coudo standard 90°		1240000	10,64652	250	1850,82	2411,90	2411,90	478,27	50T3	50T3	50	3000 T3	35,74	32,20	9,17	1,00	36,87
	- T6 (passe ligne droite)		1240000	10,60966	250	1850,96	2411,72	2411,72	479,82	50T3	50T3	50	3000 T3	35,85	32,30	9,20	1,00	12,33
	- Réduction - 42/41 - 0.80		1240000	10,59733	250	1851,01	2411,65	2411,65	480,34	50T3	50T3	50	3000 T3	35,89	32,34	9,21	1,00	4,20
A2	- Réseau de distribution	75	940000	10,59313	233	1893,44	1787,23	1787,23	342,12	50T3	50T3	50	3000 T3	25,56	17,07	4,90	1,00	373,25
	- Coudo standard 90°		940000	10,21987	233	1895,11	1785,65	1785,65	353,81	50T3	50T3	50	3000 T3	26,44	17,64	5,06	1,00	20,19
	- T6 (passe ligne droite)		940000	10,19968	233	1895,2	1785,56	1785,56	354,46	50T3	50T3	50	3000 T3	26,49	17,67	5,07	1,00	6,74
A3	- Réseau de distribution	45	620000	10,19294	218	1929,65	1156,69	1156,69	221,31	50T3	50T3	50	3000 T3	27,87	20,29	8,02	1,00	367,07
	- T6 (distribution)		620000	9,825872	218	1931,54	1155,55	1155,55	224,06	50T3	50T3	50	3000 T3	28,84	20,98	8,30	1,00	25,37
A4	- Réseau de distribution	88	400000	9,800498	209	1951,15	738,03	738,03	143,25	50T3	50T3	50	3000 T3	18,04	8,38	3,36	1,00	300,13
	- Rabinetrapape		400000	9,500369	192	1987,28	724,61	724,61	138,28	50	DHS-2"	50,8	Rakel.	18,95	9,41	2,99	1,00	65,06
Total perte de charge du réseau hydraulique en mbar :														2564,68				
Coefficient majoration de sécurité (assemblage mal réalisé, entartrage prévisionnel, etc.)																		
Désignation														Quant	Pdc/U			
- Echangeur de chaleur																		
- batterie électrolytique																		
- vanne 3 voies																		
- compteur d'énergie																		
- divers																		
Total perte de charge du circuit hydraulique : 2,56 bar, ou en mbar :														2564,68				

En prenant comme hypothèse une chute de température de 0,2°C/m, il est aisé d'intégrer ces éléments dans la feuille de travail.

Le programme recalcule automatiquement toutes les caractéristiques de la vapeur (enthalpie, chaleur latente, masse volumique, viscosité, etc.) en fonction de la température d'entrée du réseau partiel.