

**ThermExcel**

# **Présentation du programme HydroTherm**

**Dimensionnement des réseaux fluides thermiques  
(Eau glacée, eau chaude, eau surchauffée)**

Jean Yves MESSE – THERMEXCEL  
Copyright © 2004 - 2013 – ThermExcel - All Rights Reserved

## PRESENTATION DU PROGRAMME HYDROTHERM

### 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 chaleur (**réseaux d'eau glacée, eau chaude ou d'eau surchauffée à usage thermique tel que par exemple les installations de chauffage**)

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 température de l'eau véhiculée jusqu'à 320°C (eau surchauffée)
- La pression de service de l'installation.
- Du type de fluide thermique utilisé (Eau chaude ou eau glacée)
- L'adjonction d'antigel (température négative jusqu'à -50°C)
- La nature des différents types de matériaux utilisés (conduite en acier, cuivre, PVC, parois maçonnées, etc.)
- Les différents types de modules de perte de charges.

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

- Une liste constituée de 415 canalisations réparties sur 17 catégories 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.
- Un programme de calcul d'évaluation de la puissance motorisée de la pompe en fonction de la charge calculée.

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

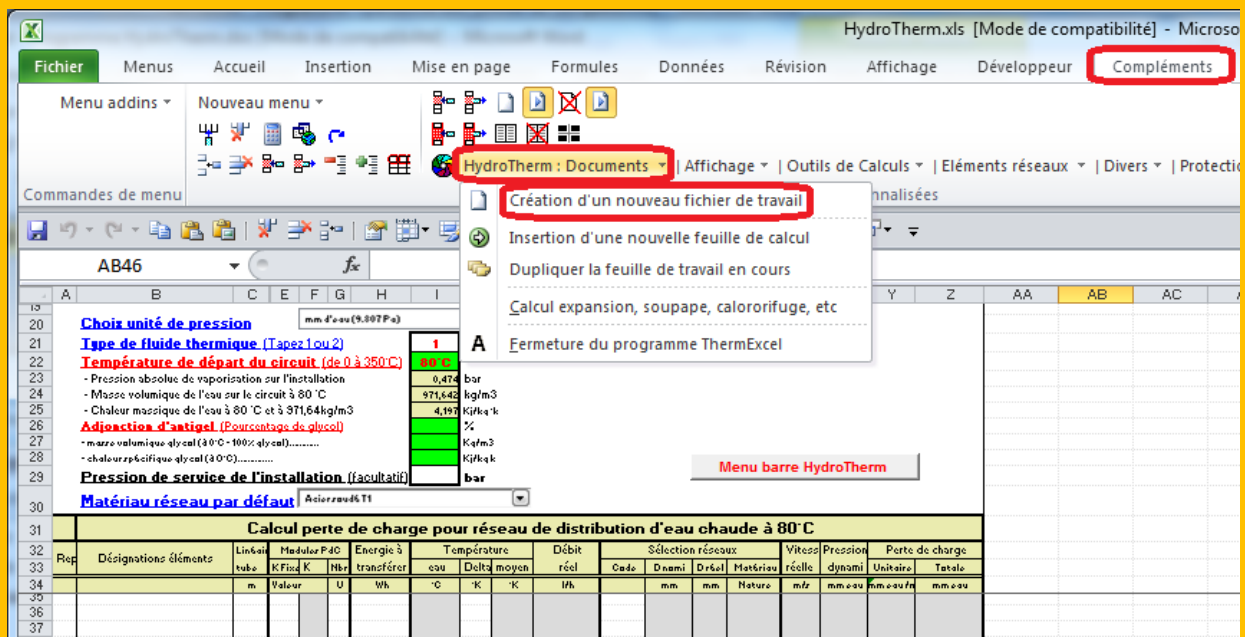
Les fichiers de travail sont créés séparément permettant d'alléger le stockage des données.

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

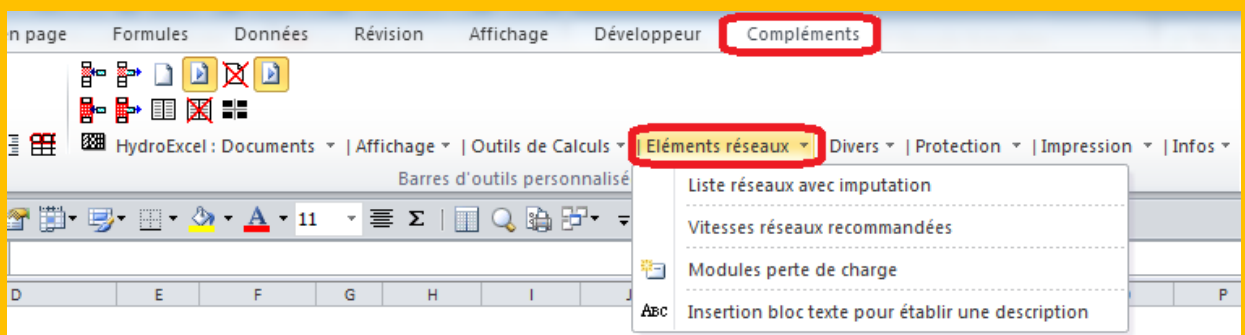
Les procédures et les fonctions dans un fichier add-in ajoutent des commandes optionnelles dans l'environnement de Microsoft Excel.

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 HydroTherm 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 « **HydroTherm : 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 « **Outils de calculs** » avec par exemple l'affichage de :

« Module de calcul de perte de charge »

**Calcul module perte de charge**

Unités de pression **Pa (Pascal)**

- Perte de charge relevée..... 1000 Pa

- Température de l'eau (limité à 320°C) 10 °C

- Débit de base Q (voir formule empirique) 10000 l/h

- Diamètre nominal **DN32 - 1 1/4"**

- Diamètre intérieur de la robinetterie

- Masse volumique de l'eau.....

- Chaleur massique de l'eau.....

- Débit réel selon la température.....

- Vitesse circulation orifice robinetterie

- Pression dynamique..... Pa

Module équivalent de la perte de charge ...

$Q = \frac{P(w/h) \cdot 0.866}{\Delta T}$  Attention aux décimales. Virgule en Français et point en Anglais (voir configuration windows en paramètres régionaux)

Formule empirique

**Valider OK**

©2001 Jean Yves MESSE.

« Module de calcul de diaphragme »

**Calcul du diamètre d'un diaphragme**

Unités de pression **mbar (100 Pa ou 0,1 kPa)**

Pression différentielle (P1 - P2)..... 1000 mbar

Température de l'eau (limité à 320°C) 200 °C

Débit de base Q (voir formule empirique) 50000 l/h

Diamètre nominal (Voir table) - Ø > 32 mm **400**

- Nature de la canalisation

- Désignation courante canalisation

- Diamètre intérieur du tube (D) :

- Masse volumique de l'eau

- Chaleur massique de l'eau

- Débit réel selon la température

- Vitesse de circulation réseau

**Diamètre du diaphragme (d) :**

$Q = \frac{P(w/h) \cdot 0.866}{\Delta T}$  Formule empirique

$\frac{P1}{2} \quad \frac{P2}{2}$   
 Débit → d D

**Valider OK**

©2001 Jean Yves MESSE

« Modules de calcul des vannes de régulation »

**Calcul vanne de regulation**

Unité de pression **mbar (100 Pa ou 0,1 kPa)**

- Température de l'eau (Limitée à 320°C) ..... 90 °C

- Pression de service de l'installation ..... 3 Bar (1000kPa)

- Masse volumique de l'eau .....

- Chaleur massique de l'eau .....

Détermination Kv | Chute de pression | Coefficient débit Kv

Le débit d'eau Q en m3/h peut être évalué dans une vanne en fonction du Kv et de la chute de pression estimée.

- Chute de pression à travers la vanne ..... 1

Sélection vanne

**Vanne L&G - VXF31 - DN15** Coef. Kv

- Débit réel en fonction de la température .....

- Débit de base Q (selon formule empirique ci-dessous)

$Q = \frac{P(w/h) \cdot 0.866}{\Delta T}$  Attention aux décimales. Virgule en Français et point en Anglais (voir configuration windows en paramètres régionaux)

Aide

**Valider OK**

©2001 Jean Yves MESSE.

**UserForm1**

Vannes régl 1 | Vanne régl 2 | Autorité vanne

**Vanne à caractéristique logarithmique**  
 Autorité a = 0.5 à 0.7

**q (Débit)** **P (Puissance)**

$a=0$   $a=0$

$a=0.5$   $a=0.5$

$a=0.7$   $a=0.7$

(Levée clapet) (Levée clapet)

**Vanne à puissance calorifique linéaire**  
 Autorité a = 0.5

**q (Débit)** **P (Puissance)**

$a=0$   $a=0$

$a=0.5$   $a=0.5$

$a=1$   $a=1$

(Levée clapet) (Levée clapet)

Eléments concernant la détermination de l'autorité selon le type de vanne.

**Ok**

« Module de calcul moteur de pompe »

Dimensionnement moteur de pompe en circuit fermé

Unités de pression **Bar** (100000 Pa ou 100 kPa)

Hauteur manométrique totale  mbar

Débit de base Q (voir formule empirique)  m3/h

Rendement pompe .....  %

Rendement transmission, marge sécurité  %

**Résultats des éléments hydrauliques**

Energie mécanique fluide

Rendement pompe & transmission

Energie utile absorbée arbre moteur

Consommation énergie électrique (KVA/h)

**Résultats électriques moteur à charge nominale**

Puissance nominale moteur

Rendement moyen du moteur

Puissance nominale active absorbée ..

Facteur de puissance (Cos)

Puissance électrique nominale

Intensité nominale  230V  Tri 400V

Moteur < 0.75 kw      Moteur > 0.5 kw

$Q = \frac{P(w/h) \cdot 0,86}{NT}$  Attention aux décimales.  
 Virgule en Français et point en Anglais (voir configuration windows en paramètres régionaux)

©2001 Jean Yves MESSE

« Module perte de charge singulières »

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**

- Facteur de friction standard (f)
- 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

©2001 Jean Yves MESSE

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. nominal	Ø INT	épais.	Ø EXT.	rugosité
250T	acier T10	273 / 6,3	DN250 - 10"	260,40	6,3	273,00	0,045
300T	acier T10	323,9 / 7,1	DN300 - 12"	309,70	7,1	323,90	0,045
350T	acier T10	368 / 8	DN350 - 14"	352,00	8	368,00	0,045
400T	acier T10	419 / 10	DN400 - 16"	399,00	10	419,00	0,045
<b>Réseaux</b>	<b>Acier Galva</b>	<b>Basic</b>	<b>Pression</b>	<b>10 &amp; 16 bar</b>			
12TG	acier galva T1	12/17	DN12 - 3/8"	13,20	2	17,20	0,15
15TG	acier galva T1	15/21	DN15 - 1/2"	16,60	2,35	21,30	0,15
20TG	acier galva T1	20/27	DN20 - 3/4"	22,20	2,35	26,90	0,15
25TG	acier galva T1	26/34	DN25 - 1"	27,90	2,9	33,70	0,15
32TG	acier galva T1	33/42	DN32 - 1 1/4"	36,60	2,9	42,40	0,15
40TG	acier galva T1	40/49	DN40 - 1.5"	42,50	3,25	48,30	0,15
50TG	acier galva T1	50/60	DN50 - 2"	53,80	3,25	60,30	0,15
65TG	acier galva T1	66/76	DN65 - 2.5"	69,60	3,25	76,10	0,15
80TG	acier galva T1	80/90	DN80 - 3"	82,40	3,25	88,90	0,15

Vous pouvez imputer au clavier le code

directement dans la cellule souhaitée

©2001-2003 Jean Yves MESSE

« Feuille de calcul du vase d'expansion et équipements divers »

				Linéaire	Calorifuge		Peinture		Contenance eau			
Volume d'eau (valeurs indicatives)				m	épr	surf/m2/ml	Q x surf	surf/m2/m	Q x surf	U	litres	U x Q
- ventilo-convecteurs : 5 à 6 l / 1kW/h										8 kw	8,00 l	64,00 l
- aérothermes : 7 à 8 l / 1kW/h											9,00 l	
- panneaux de sol : 8,5 à 10 l / 1kW/h											11,00 l	
- radiateurs acier : 10 à 11 l / 1kW/h											2,00 l	
- chaufferie centrale et collectives : 2 l / 1kW/h												
Ø nominal		Ø EXT.	Ø INT							m	l/m	m x Q
CU10	10/12	12,00 mm	10,00 mm		25 mm	0,195 m2		0,038 m2			0,079 l	
CU12	12/14	14,00 mm	12,00 mm		25 mm	0,201 m2		0,044 m2			0,113 l	
	12	12/17	17,20 mm		25 mm	0,211 m2		0,054 m2	0,54 m2	10 m	0,137 l	1,37 l
CU14	14/16	16,00 mm	14,00 mm		25 mm	0,207 m2		0,050 m2			0,154 l	
	15	15/21	21,30 mm		25 mm	0,224 m2		0,067 m2			0,216 l	
CU16	16/18	18,00 mm	16,00 mm		25 mm	0,214 m2		0,057 m2			0,201 l	
CU18	18/20	20,00 mm	18,00 mm		25 mm	0,220 m2		0,063 m2			0,254 l	
CU20	20/22	22,00 mm	22,00 mm		25 mm	0,226 m2		0,069 m2			0,380 l	
	20	20/27	26,30 mm		25 mm	0,241 m2		0,084 m2			0,387 l	
	25	26/34	33,70 mm		25 mm	0,263 m2		0,106 m2			0,611 l	
CU26	26/28	28,00 mm	26,00 mm		25 mm	0,245 m2		0,088 m2			0,531 l	
CU30	30/32	32,00 mm	30,00 mm		25 mm	0,257 m2		0,100 m2			0,707 l	
	32	33/42	42,40 mm		25 mm	0,290 m2		0,133 m2			1,052 l	
CU34	34/36	36,00 mm	34,00 mm		25 mm	0,270 m2		0,113 m2			0,907 l	
CU40	40/42	42,00 mm	40,00 mm		25 mm	0,289 m2		0,132 m2			1,256 l	
	40	40/49	48,30 mm		25 mm	0,309 m2		0,152 m2			1,418 l	
	50	50/60	60,30 mm		50 mm	0,503 m2		0,189 m2			2,272 l	
	65	66/76	76,10 mm		50 mm	0,553 m2		0,239 m2			3,803 l	
	80	80/90	88,30 mm		50 mm	0,593 m2		0,279 m2			5,330 l	
	100	107/114	114,30 mm		50 mm	0,673 m2		0,359 m2			8,704 l	
	125	133 / 7	133,00 mm		50 mm	0,732 m2		0,418 m2			12,27	
	150	168,3 / 4,5	168,30 mm		50 mm	0,842 m2		0,528 m2			19,92	
	200	219,1 / 6,3	219,10 mm		50 mm	1,002 m2		0,688 m2			33,73	
	250	273 / 6,3	273,00 mm		50 mm	1,171 m2		0,857 m2			53,23	
	300	323,9 / 7,1	309,70 mm		50 mm	1,331 m2		1,017 m2			75,29	
								Calorifuge	Peinture	0,54	Volume d'eau	65,37L

Calcul du vase d'expansion sous pression d'azote (Vase d'expansion fermé)	
- Volume d'eau dans l'installation (Va) -----	65,37L
<b>Pression circuit d'eau</b>	
- Pression statique (Pa) + 0,3 bar (pression de gonflage vase d'expansion) -----	1,00 bar
- Pression de fonctionnement installation (Pe = Pression relative) -----	3,00 bar
<b>Calcul expansion</b>	
- Temp. d'eau de remplissage <b>10 C</b>	- Densité eau à 1 bar pour 10°C, en kg/m3 <b>999,78</b>
- Temp. d'eau en fonctionnement <b>90 C</b>	- Densité eau à 3 bar pour 90°C, en kg/m3 <b>965,20</b>
	Facteur d'expansion (n) <b>3,58%</b>
	Volume d'expansion eau <b>2,34L</b>
<b>Facteur de pression installation</b> -----	<b>2,01</b>
<b>Volume utile du vase expansion (Vexp)</b> -----	<b>4,70L</b>
<b>Volume utile de sécurité en cas de perte d'eau installation</b> -----	<b>2,00L</b> * <b>2,01</b> <b>4,01L</b>
<b>Volume nominal du vase d'expansion (Vn)</b> -----	<b>8,71L</b>

## DETAILS DU PROGRAMME HYDROTHERM

### Tableau du calcul de perte de charge

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.

Dans le tableau de calcul vous pouvez en complément déterminer la hauteur manométrique totale et le NPSH de la pompe (Net Positive Suction Head)

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

- Pascal
- DecaPascal (10 Pa)
- mm d'eau (9.807 Pa)
- mbar (100 Pa)
- Torr / mm Hg (133.3226 Pa)
- Kilo Pascal (1000 Pa)
- Psi, Pound per square inch (6896.47 Pa)
- Bar (100000 Pa)

Les débits de base peuvent être imputés en :

- Litre / seconde (l/s)
- Litre / heure (l/h)
- Mètre cube / heure (m<sup>3</sup>/h)

Pour chaque feuille du tableau de calcul, la présentation se fait, soit :

**En affichage basic :**

<b>Choix unité de pression</b>		DecaPascal (10 Pa)																
<b>Type de fluide thermique</b>		(Eau chaude) <b>1</b>																
<b>Température de départ du circuit</b>		<b>90 °C</b>																
- Pression absolue de vaporisation sur l'installation		0,70 bar																
- Masse volumique de l'eau sur le circuit à 90 °C		965,109 kg/m <sup>3</sup>																
- Chaleur massique de l'eau à 90 °C et à 965,11kg/m <sup>3</sup>		4,205 KJ/kg.K																
<b>Adjonction d'antigel (Pourcentage de glycol)</b>		<b>100</b> %																
- masse volumique glycol (à 0 °C - 100% glycol).....		1185 kg/m <sup>3</sup>																
- chaleur spécifique glycol (à 0 °C).....		3 KJ/kg.K																
<b>Pression de service de l'installation (facultatif)</b>		<b>1</b> bar																
<b>Menu barre HydroTherm</b>																		
<b>Calcul perte de charge pour réseau d'eau chaude à eau glycolée à 90 °C</b>																		
Rep	Désignations éléments	Lien/air tube	Module P40			Energie à transférer	Température			Débit réel	Sélection réseaux				Vitesse réelle	Pression dynamique	Perte de charge	
			K Fixe	K	Nbr		esu	Delta	moyen		Cade	Dnami	Dréal	Matériau			Unitaire	Totale
		m	Valeur	U	Wh	°C	°K	°K	l/h	mm	mm	mm	Nature	m/s	daPa	daPa/m	daPa	
	- Réseau de distribution	4			170000	90	20	80	8292,4	50T	50/60	53,8	acier T1	1,04	52,75	21,59	86,34	
	- Té (passage ligne droite)		0,4	1	170000	90	20	80	8292,4	50T	50/60	53,8	acier T1	1,04	52,75		21,20	
	- Réduction - d2/d1 = 0.80		0,13	1	170000	90	20	80	8292,4	50T	50/60	53,8	acier T1	1,04	52,75		6,86	
<b>Colonne montante étage 1</b>																		
	- Réseau de distribution	4			91000	90	20	80	4438,9	40T	40/49	42,5	acier T1	0,87	38,82	21,59	86,34	
	- Té (passage ligne droite)		0,42	1	91000	90	20	80	4438,9	40T	40/49	42,5	acier T1	0,87	38,82		16,39	
	- Réduction - d2/d1 = 0.80		0,13	1	91000	90	20	80	4438,9	40T	40/49	42,5	acier T1	0,87	38,82		5,05	
<b>Colonne montante étage 2</b>																		
	- Réseau de distribution	4			52000	90	20	80	2536,5	32T	33/42	36,6	acier T1	0,67	23,04	15,82	63,26	
	- Té (passage ligne droite)		0,44	1	52000	90	20	80	2536,5	32T	33/42	36,6	acier T1	0,67	23,04		10,04	
	- Réduction - d2/d1 = 0.75			1	52000	90	20	80	2536,5	32T	33/42	36,6	acier T1	0,67	23,04			
<b>Colonne montante étage 2</b>																		
	- Réseau de distribution	36			27000	90	20	80	1317,0	25T	26/34	27,9	acier T1	0,60	18,40	18,02	648,70	
	- Té (passage ligne droite)		0,46	1	27000	90	20	80	1317,0	25T	26/34	27,9	acier T1	0,60	18,40		8,49	
	- Réduction - d1/d2 = 0.75		0,13	1	27000	90	20	80	1317,0	25T	26/34	27,9	acier T1	0,60	18,40		2,39	
	- Réseau de distribution	19			27000	90	20	80	1317,0	25T	26/34	27,9	acier T1	0,60	18,40	18,02	342,37	
	- Coude standard 90°		0,69	6	27000	90	20	80	1317,0	25T	26/34	27,9	acier T1	0,60	18,40		76,39	
	- Coude standard 45°		0,37	3	27000	90	20	80	1317,0	25T	26/34	27,9	acier T1	0,60	18,40		20,37	
	- Robinet boisseau - d1/d2 = 0.6		0,54	1	27000	90	20	80	1317,0	25	DN25 - 1"	25,4	Rubinet.	0,72	26,78		14,49	
<b>Total perte de charge du réseau hydraulique en daPa :</b> 4934,61																		
- Coefficients majoration de sécurité (assemblages mal réalisés, entartrage prévisionnel, etc.)																		
<b>Calcul du NPSH (pompe aspirant) en m</b>																		
- Altitude																		
- Température du fluide																		
- Hauteur géométrique d'aspiration																		
- Perte de charge réseau aspiration																		
- Pression barométrique défavorable - 250																		
- Pression de vaporisation																		
- Masse volumique du fluide																		
- NPSH disponible en mètre de liquide																		
<b>Désignation des équipements annexes</b>																		
- Batterie échangeur																		
- Batterie émettrice																		
- Vanne de régulation																		
- Compteur d'énergie																		
- Divers																		
<b>Total perte de charge du circuit hydraulique en daPa :</b> 6081,34																		
- Pression relative disponible au point le plus éloigné en bar																		
- Hauteur géométrique en circuit ouvert en m																		
- Pression disponible en amont du surpresseur à déduire en bar																		
<b>Hauteur manométrique totale (HMT) de la pompe en daPa :</b> 6081,34																		

Dans le cas d'une pompe aspirante sur un circuit ouvert on peut également effectuer en complément le calcul du NPSH disponible (Hauteur de charge nette absolue)

**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)

**Type de fluide thermique** (Eau chaude) 1

**Température de départ du circuit** 90 °C

- Pression absolue de vaporisation sur l'installation: 0,704 bar  
 - Masse volumique de l'eau sur le circuit à 30 °C: 985,109 kg/m<sup>3</sup>  
 - Chaleur massique de l'eau à 30 °C et à 985,11kg/m<sup>3</sup>: 4,205 KJ/kg.K

**Adjonction d'antigel** (Pourcentage de glycol) 0,31984 %  
 - masse volumique glycol (30°C - 100% glycol): 994,1383 kg/m<sup>3</sup>  
 - chaleur spécifique glycol (30°C): 3,840868 KJ/kg.K

**Pression de service de l'installation** (facultatif) bar

**Menu barre HydroTherm**

---

**Calcul perte de charge pour réseau d'eau chaude à eau glycolée à 90°C**

Rep	Designations éléments	Linéaire tube m	Module P/UC	Energie à transférer	Température			Masse volumique kg/m <sup>3</sup>	Chaleur massique KJ/kg.K	Viscosité cinématique centistokes	Débit réel l/h	Sélection réseaux				Vitesse réelle m/s	Nbre Reynolds	Pression dynamique mbar	Perte de charge		
					°C	°K	°K					Code	DNami	DRéel	Matériau				rugosité mm	Unitaire mbar/m	Totale mbar
<b>Colonne montante étage 1</b>																					
	- Réseau de distribution	4		91000	90	20	80	1000,87	3,84	0,36	4265,4	40T	40/49	42,5	acier T1	0,06	0,84	98747	3,49	1,95	7,79
	- Té (passage ligne droite)			91000	90	20	80	1000,87	3,84	0,36	4265,4	40T	40/49	42,5	acier T1	0,06	0,84	98747	3,49		1,47
	- Réduction - d2/d1 = 0.80		0,13	91000	90	20	80	1000,87	3,84	0,36	4265,4	40T	40/49	42,5	acier T1	0,06	0,84	98747	3,49		0,45
<b>Colonne montante étage 2</b>																					
	- Réseau de distribution	4		52000	90	20	80	1000,87	3,84	0,36	2437,4	32T	33/42	26,6	acier T1	0,06	0,64	65523	2,07	1,43	5,71
	- Té (passage ligne droite)		0,44	52000	90	20	80	1000,87	3,84	0,36	2437,4	32T	33/42	26,6	acier T1	0,06	0,64	65523	2,07		0,90
	- Réduction - d2/d1 = 0.75		1	52000	90	20	80	1000,87	3,84	0,36	2437,4	32T	33/42	26,6	acier T1	0,06	0,64	65523	2,07		
<b>Colonne montante étage 2</b>																					
	- Réseau de distribution	36		27000	90	20	80	1000,87	3,84	0,36	1265,6	25T	26/34	27,9	acier T1	0,06	0,58	44630	1,65	1,63	58,55
	- Té (passage ligne droite)		0,46	27000	90	20	80	1000,87	3,84	0,36	1265,6	25T	26/34	27,9	acier T1	0,06	0,58	44630	1,65		0,76
	- Réduction - d1/d2 = 0.75		0,13	27000	90	20	80	1000,87	3,84	0,36	1265,6	25T	26/34	27,9	acier T1	0,06	0,58	44630	1,65		0,22
	- Réseau de distribution	19		27000	90	20	80	1000,87	3,84	0,36	1265,6	25T	26/34	27,9	acier T1	0,06	0,58	44630	1,65	1,63	30,90
	- Coude standard 90°		0,69	27000	90	20	80	1000,87	3,84	0,36	1265,6	25T	26/34	27,9	acier T1	0,06	0,58	44630	1,65		6,87
	- Coude standard 45°		0,37	27000	90	20	80	1000,87	3,84	0,36	1265,6	25T	26/34	27,9	acier T1	0,06	0,58	44630	1,65		1,83
	- Robinet boisseau - d1/d2 = 0.6		0,54	27000	90	20	80	1000,87	3,84	0,36	1265,6	25	DN25 - 1"	25,4	Rabineet.	0,07	0,69	49023	2,41		1,30
<b>Total perte de charge du réseau hydraulique en mbar :</b>																			<b>444,73</b>		
- Coefficients majoration de sécurité (assemblages mal réalisés, entartrage prévisionnel, etc.)																			<b>1,1</b>		
<b>Total perte de charge du réseau hydraulique en mbar :</b>																			<b>489,20</b>		
<b>Calcul du NPSH (pompe aspirant) en m</b>																					
- Altitude																					
- Température du fluide																					
- Hauteur géométrique d'aspiration																					
- Perte de charge réseau aspiration																					
- Pression barométrique défavorable - 250				9,98																	
- Pression de vaporisation				0,24																	
- Masse volumique du fluide				998																	
- NPSH disponible en mètre de liquide				1,75																	
<b>Désignation des équipements annexes</b>																					
- Batterie échangeur																					
- Batterie émettrice																					
- Vanne de régulation																					
- Compteur d'énergie																					
- Divers																					
<b>Total perte de charge du circuit hydraulique en mbar :</b>																			<b>1016,37</b>		
- Pression relative disponible au point le plus éloigné en bar																					
- Hauteur géométrique en circuit ouvert en m																					
- Pression disponible en amont du surpresseur à déduire en bar																					
<b>Hauteur manométrique totale (HMT) de la pompe en mbar :</b>																			<b>1016,37</b>		

Toutes les cellules de calcul en bleu violet sont programmées.

### Module d'indexation de la table 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 HydroTherm 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.

## 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.

**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**

- Robinet soupape

Désignation	KL / (4.ft)	K
- 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	
Clapet de non retour (entièrement ouvert)		
- Clapet sécurité à soupape	600	
- Clapet sécurité à battant	50	
- Clapet sécurité à disque	40	
- Clapet-crépine + filtre	420	
- Clapet-crépine	75	

Les programmes HydroTherm, HydroWater et HydroExcel disposent 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](#)

et aussi : [Calcul des pertes de charges accessoires](#)

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 : Pa (Pascal)

- Perte de charge relevée..... 100 Pa

- Température de l'eau (limité à 320°C) 100 °C

- Débit de base Q (voir formule empirique) 10000 l/h

- Diamètre nominal **Robinet.** DN100 - 4"

- Diamètre intérieur de la robinetterie 101,60 mm

- Masse volumique de l'eau..... 958,122 kg/m<sup>3</sup>

- Chaleur massique de l'eau..... 4,216 Kj/kg-k

- Débit réel selon la température..... 10 363,62 l/h

- Vitesse circulation orifice robinetterie 0,355 m/s

- Pression dynamique..... 60,40 Pa

**Module équivalent de la perte de charge** 1,66

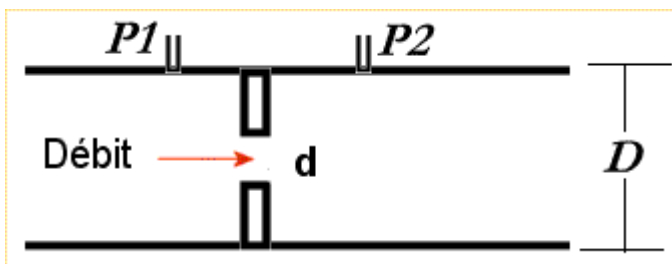
$$Q = \frac{P(w/h) \cdot 0,86}{\Delta T}$$
 Formule empirique

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

©2001 Jean Yves MESSE.

### Module de calcul de diaphragme

Voir thématique : [Calcul de diaphragme](#)



- $d$  = diamètre du diaphragme
- $D$  = diamètre intérieur du tube
- $P1 - P2$  = perte de charge à créer (Pression différentielle)

**Calcul du diamètre d'un diaphragme**

Unites de pression : mbar (100 Pa ou 0,1 kPa)

Pression différentielle (P1 - P2) : 1000 mbar

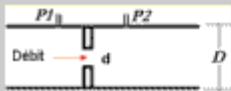
Température de l'eau (limité à 320°C) : 200 °C

Débit de base Q (voir formule empirique) : 50000 l/h

Diamètre nominal (Voir table) - Ø > 32 mm : 107/114

- Nature de la canalisation : acier T3
- Désignation courante canalisation : DN100 - 4"
- Diamètre intérieur du tube (D) : 105,30 mm
- Masse volumique de l'eau : 864,681 kg/m<sup>3</sup>
- Chaleur massique de l'eau : 4,497 Kj/kg-k
- Débit réel selon la température : 53 829,86 l/h
- Vitesse de circulation réseau : 1,717 m/s

**Diamètre du diaphragme (d) :** 43,58 mm



$$Q = \frac{P(w/h) \cdot 0,86}{\Delta T}$$

Formule empirique

Buttons: Valider, OK

©2003 Jean Yves MESSE

## Programme Hydrotherm (Régulation)

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

### Détermination du Kv

La valeur du Kv peut être calculé en fonction des valeurs données "débit et perte de charge estimés".

**Calcul vanne de regulation**

Unité de pression : mbar (100 Pa ou 0,1 kPa)

- Température de l'eau (Limitée à 320°C) ..... 300 °C

- Pression de service de l'installation ..... 1 Bar (1000kPa)

- Masse volumique de l'eau ..... 999,760 kg/m3

- Chaleur massique de l'eau ..... 4,182 kJ/kg-k

**Détermination Kv** | Chute de pression | Coefficient débit Kv

La valeur du Kv peut de même être calculée en fonction des valeurs données "débit et perte de charge estimés"

Débit de base Q (selon formule empirique ci-dessous) : 10 m3/h

- Chute de pression dans la vanne ..... 100 mbar

- Débit réel en fonction de la température ..... 10,53 m3/h

- **Coefficient Kv** ..... 27,66 m3/h

Débit d'eau équivalent à 14,5°C sous 1 bar de pression avec une chute de pression de 1 bar au droit de la vanne.

Aide  $Q = \frac{P(w/h) \cdot 0,86}{\Delta T}$  Attention aux décimales. Virgule en Français et point en Anglais (voir configuration windows en paramètres régionaux) **Valider** **Ok** ©2001 Jean Yves MESSE.

### Coefficient de débit Kv pour une vanne

C'est le débit d'eau Q en m3/h mesuré à 4°C (Masse volumique = 1000kg/m3) qui pour une perte de charge de 1 bar, passe à travers la vanne considérée comme entièrement ouverte.

**Calcul vanne de regulation**

Unité de pression : mbar (100 Pa ou 0,1 kPa)

- Température de l'eau (Limitée à 320°C) ..... 15 °C

- Pression de service de l'installation ..... 1 Bar (1000kPa)

- Masse volumique de l'eau ..... 999,196 kg/m3

- Chaleur massique de l'eau ..... 4,186 KJ/kg-k

Détermination Kv | **Chute de pression** | Coefficient débit Kv

Le débit d'eau Q en m3/h peut être évalué dans une vanne en fonction du Kv et de la chute de pression estimée.

- Chute de pression à travers la vanne ..... 300 mbar

Sélection vanne

Vanne L&G - VXF31 - DN40 | 19 Coef. Kv

- Débit réel en fonction de la température ..... 10,41 m3/h

- Débit de base Q (selon formule empirique ci-dessous) ..... 10,40 m3/h

Aide  $Q = \frac{P(w/h) \cdot 0,86}{\Delta T}$  Attention aux décimales. Virgule en Français et point en Anglais (voir configuration windows en paramètres régionaux) **Valider** **Ok** ©2001 Jean Yves MESSE.

## Chute de pression

C'est la différence de pression entre l'entrée et la sortie de la vanne. C'est donc sa perte de charge.

La valeur du Kv est de même utilisée pour calculer la chute de pression dans une vanne en fonction du débit qui le traverse.

**Calcul vanne de regulation** [X]

Unité de pression : mbar (100 Pa ou 0,1 kPa)

- Température de l'eau (Limitée à 320°C) ..... 15 °C

- Pression de service de l'installation ..... 1 Bar (1000kPa)

- Masse volumique de l'eau ..... 999,196 kg/m3

- Chaleur massique de l'eau ..... 4,186 KJ/kg-k

**Détermination Kv** | **Chute de pression** | **Coefficient débit Kv**

La valeur du Kv est de même utilisée pour calculer la chute de pression dans une vanne en fonction du débit qui le traverse.

Débit de base Q (selon formule empirique ci-dessous) 12 m3/h

Sélection vanne

Vanne L&G - VXF31 - DN40 | 19 Coeff. Kv

- Chute de pression dans la vanne..... 399,08 mbar

- Débit réel en fonction de la température ..... 12,01 m3/h

**Calcul de l'autorité de la vanne**

- Perte de charge du circuit à réguler..... 200

- Autorité de la vanne ..... 0,67 m3/h

Aide  $Q = \frac{P(w/h) \cdot 0,86}{\Delta T}$  Attention aux décimales. Virgule en Français et point en Anglais (voir configuration windows en paramètres régionaux) [Valider] [Ok] ©2001 Jean Yves MESSE.



## Programme Hydrotherm (Calcul pompe)

### Module de calcul du moteur de pompe en circuit fermé

Voir thématique : [Calcul moteur de pompe](#)

**Dimensionnement moteur de pompe en circuit fermé**

Unites de pression: Bar (100000 Pa ou 100 kPa)

Hauteur manométrique totale: 3 Bar

Débit de base Q (voir formule): 200 m<sup>3</sup>/h

Rendement pompe .....: 60 %

Rendement transmission, marge sécurité: 90 %

**Résultats des éléments**

Energie mécanique fluide: 16,667 kWh

Rendement pompe & transmission: 54,00 %

Energie utile absorbée arbre moteur: 30,864 kWh

Consommation énergie électrique (kVA/h): 38,91 kVA

**Résultats électriques moteur à charge nominale**

Puissance nominale moteur: 37,00 kw

Rendement moyen du moteur: 91,29 %

Puissance nominale active absorbée ..: 40,528 kw

Facteur de puissance (Cos): 86,88 %

Puissance électrique nominale: 46,650 kVA

Intensité nominale: 67,34 A (Moteur > 0.5 kw) Tri 400V

Formule empirique:  $Q = \frac{P(w/h) \cdot 0.86}{\Delta T}$

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

©2001 Jean Yves MESSE

Pour un débit d'eau de 200 m<sup>3</sup>/h et une perte de charge de 3 bar, l'énergie utile absorbée sur l'arbre moteur est de 30,86 kw.

La puissance nominale du moteur doit être supérieure ou égale à cette valeur. Les puissances motrices sont normalisées.

Le dimensionnement de l'installation électrique sera effectué avec :

- une puissance nominale moteur de 37 kW.
- une puissance électrique apparente disponible de 46,65 kVA (Kilo Volt Ampère par heure) en Tri 400 V + terre
- un câble d'alimentation déterminé sur la base d'un courant électrique de 67,34 A.

Dans le cas présent le moteur ne fonctionnera pas à pleine charge, il fonctionnera à 83% de sa puissance nominale.

La consommation réelle d'énergie électrique sera de 38,91 kWh. C'est cette valeur qui sera utilisée si l'on veut effectuer un bilan annuel de consommation d'énergie électrique.

Cela est bien entendu q'une évaluation (les rendements des pompes varient selon les fabricants), mais ces données seront très utiles lors d'un avant projet ou d'une estimation de prix.

## Programme Hydrotherm (Expansion, soupape, etc.)

### Feuille de calculs annexes

Dans le programme ThermExcel, une feuille de calcul complémentaire totalement programmée peut être insérée dans le fichier de travail permettant de dimensionner les équipements complémentaires dans une installation thermique, a savoir :

- Le ou les vases d'expansion (fermé ou ouvert)
- La ou les soupapes de sécurité.
- La bouteille casse pression ou bouteille de découplage hydraulique.
- Le volume d'eau tampon dans une installation d'eau glacée pour assurer le bon fonctionnement des refroidisseurs de liquide.
- Le calcul automatique de la contenance en eau de l'installation, de la surface de calorifuge et de la peinture pour les travaux de sous-traitance par exemple.

				Liné air		Calorifuge		Peinture		Contenance eau				
Volume d'eau (valeurs indicatives)				m	épr	surf/m <sup>2</sup> m	Q x surf	surf/m <sup>2</sup> m	Q x surf	U	litres	U x Q		
- ventilateurs : 5 à 61 / 1kWh										8 ku	8,00	64,00		
- émetteurs : 7 à 8 / 1kWh										9 ku	9,00	72,00		
- panneaux de sol : 8,5 à 101 / 1kWh										6 ku	11,00	66,00		
- radiateurs acier : 10 à 111 / 1kWh										300 ku	2,00	600,00		
- chauffage central et collectif : 21 / 1kWh														
Ø nominal		Ø EXT.	Ø INT							m	l/m	m x Q		
32	33/42	42,40 mm	36,60 mm	100 m	25 mm	0,290 m <sup>2</sup>	29,01 m <sup>2</sup>	0,133 m <sup>2</sup>	13,31 m <sup>2</sup>	100 m	1,052 l	105,16 l		
CU34	34/36	36,00 mm	34,00 mm		25 mm	0,270 m <sup>2</sup>		0,113 m <sup>2</sup>			0,907 l			
CU40	40/42	42,00 mm	40,00 mm		25 mm	0,289 m <sup>2</sup>		0,132 m <sup>2</sup>			1,256 l			
40	40/49	48,30 mm	42,50 mm	80 m	25 mm	0,309 m <sup>2</sup>	24,69 m <sup>2</sup>	0,152 m <sup>2</sup>	12,13 m <sup>2</sup>	80 m	1,418 l	113,43 l		
50	50/60	60,30 mm	53,80 mm	50 m	50 mm	0,503 m <sup>2</sup>	25,17 m <sup>2</sup>	0,189 m <sup>2</sup>	9,47 m <sup>2</sup>	50 m	2,272 l	113,61 l		
65	66/76	76,10 mm	69,60 mm		50 mm	0,553 m <sup>2</sup>		0,239 m <sup>2</sup>			3,80 l			
80	80/90	88,90 mm	82,40 mm	60 m	50 mm	0,593 m <sup>2</sup>	35,59 m <sup>2</sup>	0,279 m <sup>2</sup>	16,75 m <sup>2</sup>	60 m	5,33 l	319,80 l		
100	107/114	114,30 mm	105,30 mm		50 mm	0,673 m <sup>2</sup>		0,359 m <sup>2</sup>			8,70 l			
125	139/17	133,00 mm	125,00 mm		50 mm	0,732 m <sup>2</sup>		0,418 m <sup>2</sup>			12,27 l			
150	168,3/14,5	168,30 mm	159,30 mm		50 mm	0,842 m <sup>2</sup>		0,528 m <sup>2</sup>			19,92 l			
200	219,1/16,3	219,10 mm	207,30 mm		50 mm	1,002 m <sup>2</sup>		0,688 m <sup>2</sup>			33,73 l			
250	273/16,3	273,00 mm	260,40 mm		50 mm	1,171 m <sup>2</sup>		0,857 m <sup>2</sup>			53,23 l			
300	323,9/17,1	323,90 mm	309,70 mm		50 mm	1,331 m <sup>2</sup>		1,017 m <sup>2</sup>			75,29 l			
						Calorifuge	213,59	Peinture	99,42	Volume d'eau				
										1605,1 L				
<b>Calcul du vase d'expansion sous pression d'azote (Vase d'expansion fermé)</b>														
- Volume d'eau dans l'installation (Va) -----										1605,08 L				
<b>Pression circuit d'eau</b>										1,00 bar				
- Pression statique (Pa) + 0,3 bar (pression de gonflage vase d'expansion) -----										3,00 bar				
- Pression de fonctionnement installation (Pf - Pression relative) -----														
<b>Calcul expansion</b>														
- Temp. d'eau de remplissage				70 °C		- Densité eau à 1 bar pour 10 °C, en kg/m <sup>3</sup>				999,78		Facteur d'expansion (n)	3,58%	
- Temp. d'eau en fonctionnement				90 °C		- Densité eau à 3 bar pour 90 °C, en kg/m <sup>3</sup>				965,26		Volume d'expansion eau		57,49 L
<b>Facteur de pression installation</b> -----										2,01				
<b>Volume utile du vase expansion (Vexp)</b> -----										115,36 L				
<b>Volume utile de sécurité en cas de perte d'eau installation</b> -----										16,05 L		x 2,01	32,21 L	
<b>Volume nominal du vase d'expansion (Vn)</b> -----										147,57 L				
<b>Vase d'expansion ouvert (Il doit obligatoirement être placé au point le plus haut de l'installation)</b>														
- Capacité utile en % en eau de l'installation				63		96,3 L (capacité utile du vase d'expansion ouvert)								
- Ø du tube d'expansion (Vitesse < à 0,10 m/s)				300,0 kw		39 mm								
- Ø du tube de sécurité														
<b>Souape de sécurité</b>										Puissance therm.		Ø mm		
- Ø de raccordement du tube de sécurité				500,0 kw		47 mm								
<b>Bouteille casse pression</b>										Puissance therm.		delta T	vit m/s	Ø mm
Vitesse dans la bouteille : 0,05 à 0,10 m/s				500,0 kw		20 °C		0,10		214 mm				
<b>Volume d'eau minimum circuit eau glacée - V = (N x 60 x Z) / 4,18 x delta T</b>														
- Puissance du premier étage des refroidisseurs de liquide (kW)										N		67,0 kw		
- Temps de fonctionnement minimum acceptable (mini 5 mn)										Z		5,00 mn		
- Ecart de température aux conditions de charges partielles (approx. 2°C)										delta T		2 °C		
- Contenance totale minimale en eau (litres) de l'installation										V		2404,3 L		

Certains des éléments de calcul peuvent être retirés aisément de la feuille de travail.

## Calcul vase d'expansion

Si on suit les documents techniques des fabricants, le volume du vase d'expansion est déterminé exclusivement en fonction du volume d'expansion du système hydraulique et de la pression d'azote du vase d'expansion.

Cette approche n'est pas bonne, le vase d'expansion ne sert pas seulement à recevoir l'eau par accroissement d'expansion, mais il agit également comme réservoir d'eau servant à compenser des pertes dues aux fuites sur le système hydraulique sur une certaine période de temps.

Avec le vase d'expansion ouvert traditionnel, le remplacement des pertes de fuite de l'eau a lieu automatiquement en raison de la hauteur du réservoir et donc par conséquent d'une pression statique plus élevée de remplissage d'eau.

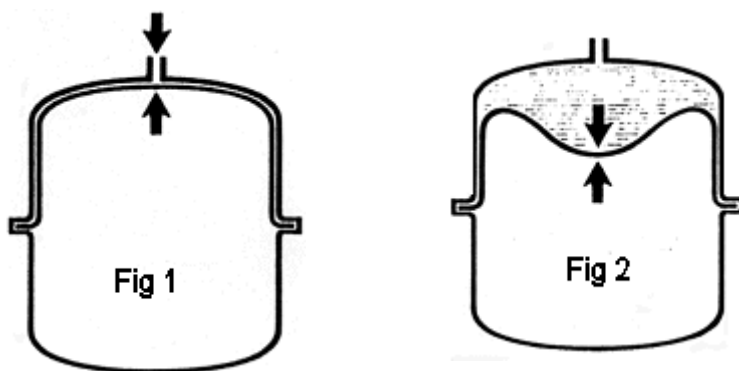
Dans le cas d'un réservoir fermé à membrane, le volume d'azote tampon de l'autre côté du diaphragme doit compenser les pertes d'eau se produisant dans les conditions normales de fonctionnement.

Cependant c'est seulement possible quand :

- Une réserve d'eau suffisante complémentaire est accordée dans la détermination du dimensionnement du vase d'expansion
- La pression du système hydraulique même lorsque le système est froid est toujours plus importante que la pression statique.
- La relation entre la pression dans le système hydraulique et le diaphragme du réservoir d'expansion est tel que quel que soit les conditions de fonctionnement, il y aura toujours de l'eau disponible dans le réservoir d'expansion et qui en raison de la pression d'azote retournera dans le système hydraulique même en cas de fuite d'eau dans système hydraulique.

Afin de réaliser cette situation, le système de chauffage exige en conséquence l'installation d'un vase d'expansion plus conséquent et doit même dans l'état de l'installation à froid être rempli à une pression plus élevée que la pression initiale d'azote dans le vase d'expansion.

Les Fig. 1 et 2 expliquent les méthodes incorrectes précédentes de remplissage qui ne fournissent pas un bon approvisionnement en eau du réservoir.



1. La pression de remplissage dans l'installation et la pression initiale d'azote sont identiques. Il n'y a aucune possibilité d'un approvisionnement du réservoir.
2. La pression initiale de remplissage de l'installation est plus grande que la pression d'azote. La perte d'eau est automatiquement substituée.

## Quelle taille le réservoir de l'eau devrait-il être?

Il est recommandé que le réservoir contienne en plus 1% du volume entier de l'eau avec un minimum de 2 ou 3 litres quel que soit le cas du type de système hydraulique.

Etant donné que la pression initiale de l'azote n'est pas toujours identique à la pression statique du système hydraulique, il faut que soit :

- la pression du système hydraulique soit augmentée à la valeur de la pression du volume d'azote,
- la pression d'azote soit ajustée ou réduite à la pression de la hauteur statique du système hydraulique.

La première méthode est recommandée, car elle n'exige aucun outil spécial.

Le calcul du diaphragme d'un vase d'expansion peut être effectué très facilement en appliquant l'une des deux formules suivantes:

1°/ - Volume d'eau du système hydraulique ( $V_e$ )  $\leq$  300 litres:

$$V_n = 3 + (n \cdot V_e) \cdot \left( \frac{P_2}{P_2 - P_1} \right)$$

2°/ - Volume d'eau du système hydraulique ( $V_e$ )  $>$  300 litres:

$$V_n = \frac{V_e}{100} \cdot (n \cdot V_e) \cdot \left( \frac{P_2}{P_2 - P_1} \right)$$

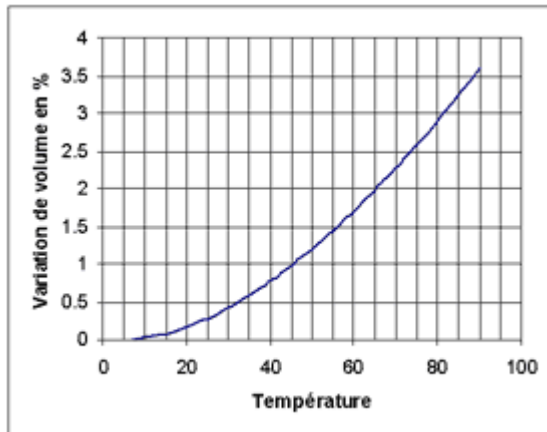
- $V_n$  = volume nominal du vase d'expansion en litres
- $V_e$  = volume d'eau dans le système hydraulique
- $P_1$  = pression initiale en bar absolu ( $p_a$  = hauteur statique du système de chauffage ou de la pression initiale choisie dans le vase d'expansion)
- $p_2$  = pression finale en bar absolu ( $P_2 = 2,0 + 1,013 = 3,013$ )
- $n$  = coefficient d'expansion de l'eau dans le système hydraulique en pourcentage (voir formule ci-dessous).

$$n = \left( \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_2} \right) \cdot 100$$

- $\rho_1$  = masse volumique de l'eau à la température de remplissage en kg/m<sup>3</sup>

- $p_2$  = masse volumique de l'eau à la température de fonctionnement de l'installation en kg/m<sup>3</sup>

Le résultat de la variation de volume en fonction de cette formule de calcul peut être obtenu avec le diagramme ci-dessous en fonction de la température en régime de fonctionnement.



**Exemple de calcul :**

Calcul du vase d'expansion sous pression d'azote (Vase d'expansion fermé)	
<b>Pression circuit d'eau</b>	- Volume d'eau dans l'installation (V <sub>a</sub> ) ----- 1414,23L
	- Pression statique (P <sub>s</sub> ) + 0,3 bar (pression de gonflage vase d'expansion) ----- 1,00 bar
	- Pression de fonctionnement installation (P <sub>e</sub> - Pression relative) ----- 3,00 bar
<b>Calcul expansion</b>	
- Temp. d'eau de remplissage <b>10 °C</b>	- Densité eau à 1 bar pour 10°C, en kg/m <sup>3</sup> <b>999,73</b> Facteur d'expansion (n) <b>3,58%</b>
- Temp. d'eau en fonctionnement <b>90 °C</b>	- Densité eau à 3 bar pour 90°C, en kg/m <sup>3</sup> <b>965,20</b> Volume d'expansion eau <b>50,66L</b>
<b>Facteur de pression installation</b> -----	<b>2,01</b>
<b>Volume utile du vase expansion (V<sub>exp</sub>)</b> -----	<b>101,65L</b>
<b>Volume utile de sécurité en cas de perte d'eau installation</b> -----	<b>14,14L</b> x <b>2,01</b> <b>28,38L</b>
<b>Volume nominal du vase d'expansion (V<sub>n</sub>)</b> -----	<b>130,02L</b>

- V<sub>e</sub> = 1414,23 litres en volume d'eau dans l'installation
- P<sub>2</sub> = 3,0 bar + 1,013 bar = 4,013 bar absolu en pression normale de fonctionnement
- T<sub>e</sub> = 90°C - Température d'eau en fonctionnement normal
- hauteur statique = 6 m
- P<sub>1</sub> = 1,0 bar + 1,013 bar = 2,013 bar absolu - Pression initiale minimum = 0,6 bar - pression initiale sélectionnée en bar = 1,0
- n = 3,58 % d'expansion d'eau (10°C à 90°C) soit 50,66 litres en volume d'expansion d'eau
- fe = 2,01 (facteur de pression sur l'installation) = P<sub>2</sub> / (P<sub>2</sub> - P<sub>1</sub>)
- V<sub>exp</sub> = 101,65 litres (Volume utile du vase d'expansion)
- 14,14 litres (1% du volume en eau de l'installation pour sécuriser les fuites d'eau occasionnelles dans le système hydraulique)
- V<sub>n</sub> = 130,02 litres - Volume nominal du vase d'expansion = (50,66 + 14,14) \* 2,01.

Comme vous pouvez voir dans cet exemple, bien que l'installation dispose seulement d'une hauteur statique de 6 m, elle est traitée comme si elle avait une hauteur statique de 10 m afin de satisfaire le calcul avec une pression initiale standard d'azote de 1,0 bar.

Maintenant, on peut calculer exactement la pression de remplissage exigée pour remplir le vase d'expansion du système. Cependant ce procédé est maladroit, il est recommandé d'opérer comme suit :

Le remplissage initial du système devrait être appliqué jusqu'à hauteur de la pression de tarage de la soupape de sécurité et le système de chauffage devrait être mis en service jusqu'à la température de fonctionnement maximum. De cette façon, l'eau en excès sera expulsée après que le système se refroidisse, le volume entier utilisable du vase d'expansion sera alors disponible. En même temps, un contrôle sur la fonction des dispositifs de sécurité aura été exécuté.

Vous devez faire attention pour vous assurer que la pression de système à froid soit au moins de 0,2 bar au-dessus de la pression de remplissage d'azote du vase d'expansion. L'aiguille rouge du manomètre de pression devrait être ajustée sur une pression de remplissage d'azote de la barre +0,2.

### **Pourquoi le réservoir d'approvisionnement en eau est-il si important?**

Si l'installation de chauffage est remplie seulement à la pression initiale d'azote du vase d'expansion comme c'est généralement le cas, et que alors l'installation est mise en fonctionnement normal, l'expansion de l'eau exercée dans le vase d'expansion produit une pression plus élevée que la pression initiale d'azote du réservoir. Toutes les parties du système hydraulique sont donc en état surpressurisé. Cependant pratiquement tous les systèmes hydrauliques perdent de l'eau due à des fuites ou à des opérations de dégazage, particulièrement durant les premiers mois de fonctionnement.

En outre, chaque filetage ou équipement divers représente une fuite potentielle. Sur ces endroits, la vapeur d'eau se répand constamment, dépendant de la température et des propriétés d'étanchéité relatives à ces joints. L'eau qui s'échappe du système hydraulique par ce processus, est complétée par l'eau contenue dans réservoir d'expansion.

Si ensuite le système se refroidit en raison des conditions de fonctionnement telles que notamment en réduction de nuit ou durant les périodes demi saison par exemple, il y a insuffisamment d'eau pour maintenir le système totalement rempli et inévitablement la partie plus élevée du système de chauffage, souffrira des conditions à basse pression.

Cette basse pression, notamment aux endroits où sont placés les dispositifs de dégazages automatiques même aux entrées d'air, contribue à un enrichissement de l'eau de chauffage par l'oxygène. Naturellement, il n'est pas nécessaire de demander aux experts d'expliquer dans le grand détail, les effets que l'oxygène et l'eau ont sur les composants tels que les canalisations en acier. Il est donc important que chaque système de chauffage, quelque soit l'emplacement ou des conditions de fonctionnement dispose d'une pression suffisante.