



Présentation du programme TechVapor

Détermination des caractéristiques de la vapeur

Jean Yves MESSE - THERMEXCEL

50, rue d'Erevan (Bât. 35 le Capricorne)

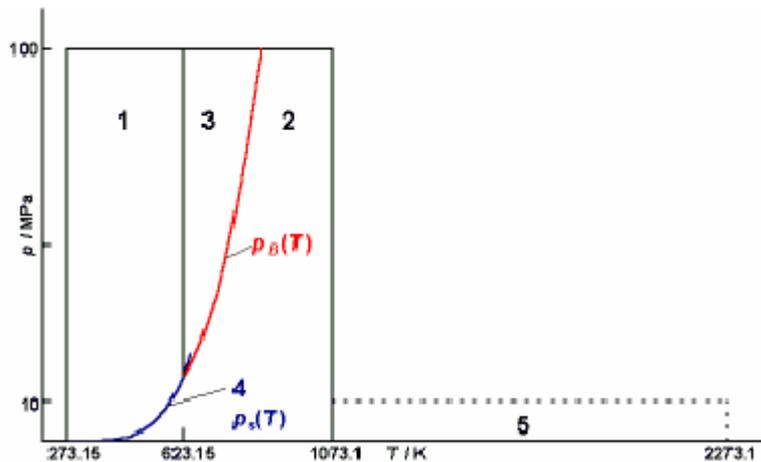
92130 ISSY LES MOULINEAUX – FRANCE

Programme TechVapor (Fonctions)

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

Tableau de calcul

Le IAPWS-IF97 divise la surface thermodynamique en 5 régions (voir exemple ci-dessous)



- région 1 : Zone à l'état liquide pour basse et haute pressions,
- région 2 : Zone à l'état vapeur ou gaz idéal,
- région 3 : Zone d'état thermodynamique autour du point critique,
- région 4 : Zone sur la courbe de saturation (équilibre vapeur-liquide),
- région 5 : Zone à haute température au dessus de 1073.15 K (800 °C) et pression jusqu'à 10 MPa (100 bar)

Les fonctions disponibles dans le programme TechVapor sont déterminées pour calculer les propriétés suivantes à simple phase pour des températures de 273,15 K (0°C) à 1073,15 K (800°C) et des pressions de 0 à 1000 bar

Les fonctions additionnelles ont été établies pour calculer : la température du point d'ébullition en fonction de :

- la température du point d'ébullition en fonction de la pression,
- la pression de vapeur en fonction de la température,

La plage de validation admise pour la pression et la température est située entre 273,15 K ou 611,11 Pa et 647.096 K (373,95 °C) ou 220,64 bar (point critique)

[Visualisation en format PDF](#)

Caractéristiques physiques à l'état de saturation de l'eau ou de la vapeur							
Caractéristiques physiques obtenues à partir de la :	Eau			Vapeur			
	Temp & Pres. *	Température	Pression	Unités	Température	Pression	Unités
Température =	104,12 °C	15,00 °C			104,12 °C		
Pression relative =	10		10	bar		10	bar
Température absolue =	457,27 °C	288,15 °C			457,27 °C		
Pression absolue =	11,01325		11,01325	bar		11,01325	bar
Température d'ébullition (Boiling point) =			104,123	°C		104,123	°C
Pression de vapeur (Vapor pressure) =		0,01706		bar	11,0132		bar
Densité (Density)	882,5642	-----	-----	kg/m ³	-----	-----	-----
Densité de l'eau bouillante selon la température	-----	999,0546	-----	kg/m ³	-----	-----	-----
Densité de l'eau bouillante selon la pression	-----	-----	882,5608	kg/m ³	-----	-----	-----
Densité de la vapeur saturée selon la température	-----	-----	-----	-----	5,6423267	-----	kg/m ³
Densité de la vapeur saturée selon la pression	-----	-----	-----	-----	-----	5,642335	kg/m ³
Volume spécifique	0,0011331	-----	-----	m ³ /kg	-----	-----	-----
Volume spécifique de l'eau bouillante selon la température	-----	0,001001	-----	m ³ /kg	-----	-----	-----
Volume spécifique de l'eau bouillante selon la pression	-----	-----	0,001133	m ³ /kg	-----	-----	-----
Volume spécifique de la vapeur saturée selon la température	-----	-----	-----	-----	0,1772319	-----	m ³ /kg
Volume spécifique de la vapeur saturée selon la pression	-----	-----	-----	-----	-----	0,1772316	m ³ /kg
Energie interne spécifique (Specific internal energy)	780,17304	-----	-----	kJ/kg	-----	-----	-----
Energie interne spécifique de l'eau bouillante selon la température	-----	62,98134	-----	kJ/kg	-----	-----	-----
Energie interne spécifique de l'eau bouillante selon la pression	-----	-----	780,1866	kJ/kg	-----	-----	-----
Energie interne spécifique de la vapeur saturée selon la température	-----	-----	-----	-----	2585,5214	-----	kJ/kg
Energie interne spécifique de la vapeur saturée selon la pression	-----	-----	-----	-----	-----	2585,5214	kJ/kg
Enthalpie spécifique (Specific enthalpy)	781,42031	-----	-----	kJ/kg	-----	-----	-----
Enthalpie spécifique de l'eau bouillante selon la température	-----	62,98365	-----	kJ/kg	-----	-----	-----
Enthalpie spécifique de l'eau bouillante selon la pression	-----	-----	781,4345	kJ/kg	-----	-----	-----
Enthalpie spécifique de la vapeur saturée selon la température	-----	-----	-----	-----	2780,7103	-----	kJ/kg
Enthalpie spécifique de la vapeur saturée selon la pression	-----	-----	-----	-----	-----	2780,711	kJ/kg
Chaleur latente de vaporisation	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Chaleur latente de la vapeur saturée selon la température	-----	-----	-----	kJ/kg	1939,2768	-----	kJ/kg
Chaleur latente spécifique de la vapeur saturée selon la pression	-----	-----	-----	kJ/kg	-----	1939,2765	kJ/kg
Entropie spécifique (Specific entropy)	2,179	-----	-----	kJ/(kg K)	-----	-----	-----
Entropie spécifique de l'eau bouillante selon la température	-----	0,224471	-----	kJ/(kg K)	-----	-----	kJ/(kg K)
Entropie spécifique de l'eau bouillante selon la pression	-----	-----	2,179378	kJ/(kg K)	-----	-----	kJ/(kg K)
Entropie spécifique de la vapeur saturée selon la température	-----	-----	-----	-----	6,5515689	-----	kJ/(kg K)
Entropie spécifique de la vapeur saturée selon la pression	-----	-----	-----	-----	-----	6,5515683	kJ/(kg K)
Chaleur massique isobare (à pression constante)	4,4218673	-----	-----	kJ/(kg K)	-----	-----	-----
Chaleur massique isobare de l'eau bouillante selon la température	-----	4,189433	-----	kJ/(kg K)	-----	-----	-----
Chaleur massique isobare de l'eau bouillante selon la pression	-----	-----	4,42188	kJ/(kg K)	-----	-----	-----
Chaleur massique isobare de la vapeur saturée selon la température	-----	-----	-----	-----	2,7684403	-----	kJ/(kg K)
Chaleur massique isobare de la vapeur saturée selon la pression	-----	-----	-----	-----	-----	2,7684412	kJ/(kg K)
Chaleur massique isochore (à volume constant)	3,3734184	-----	-----	kJ/(kg K)	-----	-----	-----
Chaleur massique isochore de l'eau bouillante selon la température	-----	4,175414	-----	kJ/(kg K)	-----	-----	-----
Chaleur massique isochore de l'eau bouillante selon la pression	-----	-----	3,373406	kJ/(kg K)	-----	-----	-----
Chaleur massique isochore de la vapeur saturée selon la température	-----	-----	-----	-----	1,9582418	-----	kJ/(kg K)
Chaleur massique isochore de la vapeur saturée selon la pression	-----	-----	-----	-----	-----	1,9582423	kJ/(kg K)
Viscosité dynamique (Dynamic viscosity)	0,0001466	-----	-----	P.a.s	-----	-----	-----
Viscosité dynamique de l'eau bouillante selon la température	-----	0,001138	-----	P.a.s	-----	-----	-----
Viscosité dynamique de l'eau bouillante selon la pression	-----	-----	0,000147	P.a.s	-----	-----	-----
Viscosité dynamique de la vapeur saturée selon la température	-----	-----	-----	-----	0,00001517	-----	P.a.s
Viscosité dynamique de la vapeur saturée selon la pression	-----	-----	-----	-----	-----	0,00001517	P.a.s
Viscosité cinématique (Dynamic viscosity)	0,16608252	-----	-----	cm ² /s	-----	-----	-----
Viscosité cinématique de l'eau bouillante selon la température	-----	1,13863562	-----	cm ² /s	-----	-----	-----
Viscosité cinématique de l'eau bouillante selon la pression	-----	-----	0,16608021	cm ² /s	-----	-----	-----
Viscosité cinématique de la vapeur saturée selon la température	-----	-----	-----	-----	2,68815484	-----	cm ² /s
Viscosité cinématique de la vapeur saturée selon la pression	-----	-----	-----	-----	-----	2,68815128	cm ² /s
Conductivité thermique (Thermal conductivity)	0,6715508	-----	-----	W/(m K)	-----	-----	-----
Conductivité thermique de l'eau bouillante selon la température	-----	0,589332	-----	W/(m K)	-----	-----	-----
Conductivité thermique de l'eau bouillante selon la pression	-----	-----	0,671549	W/(m K)	-----	-----	-----
Conductivité thermique de la vapeur saturée selon la température	-----	-----	-----	-----	0,0371334	-----	W/(m K)
Conductivité thermique de la vapeur saturée selon la pression	-----	-----	-----	-----	-----	0,0371334	W/(m K)

Les fonctions disponibles utilisées dans le tableau ci-dessus peuvent être réutilisées sur d'autres feuilles de calcul du même fichier de travail.

Module de calcul intégré

Caractéristiques physiques de l'eau, vapeur saturée et de la vapeur surchauffée

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

Les fonctions de calcul utilisées sont des fonctions un peu simplifiées par rapport à celles utilisées dans le tableau précédent.

Quelques légères différences de résultats sur certaines caractéristiques peuvent apparaître par rapport au tableau de calcul précédent (0,5 % tout au plus)

Vapeur à l'état saturé (1)

Caractéristiques physiques de l'eau et de la vapeur [X]

Unité de pression: Bar (100000 Pa)

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

- Température vapeur γk surchauffée - < 350 °C: °

- Pression absolue de vaporisation: Bar

- Température de vaporisation selon P: °C

Caractéristiques à l'état 170,48°C

- Volumique spécifique vapeur.....: m3/kg

- Masse volumique vapeur.....: kg/m3

- Enthalpie spécifique vapeur.....: Kj/kg

- Chaleur latente vaporisation.....: Kj/kg

- Chaleur sensible vapeur d'eau.....: Kj/kg

- Chaleur massique vapeur.....: Kj/kg-k

- Viscosité dynamique vapeur.....: Pa-s

- Viscosité cinématique vapeur.....: Cst

Caractéristiques à l'état 170,48°C

- Masse volumique de l'eau.....: kg/m3

- Chaleur massique de l'eau.....: kJ/kg

- Conductivité thermique de l'eau.....: 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)

©2001 Jean Yves MESSE

Vapeur à l'état surchauffé (2)

Caractéristiques physiques de l'eau et de la vapeur [X]

Unité de pression: Bar (100000 Pa)

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

- Température vapeur γk surchauffée - < 350 °C: ° (Pression 112,9bar)

- Pression absolue de vaporisation: Bar

- Température de vaporisation selon P: °C

Caractéristiques à l'état 320°C

- Volumique spécifique vapeur.....: m3/kg

- Masse volumique vapeur.....: kg/m3

- Enthalpie spécifique vapeur.....: Kj/kg

- Chaleur latente vaporisation.....: Kj/kg

- Chaleur sensible vapeur d'eau.....: Kj/kg

- Chaleur massique vapeur.....: Kj/kg-k

- Viscosité dynamique vapeur.....: Pa-s

- Viscosité cinématique vapeur.....: Cst

Caractéristiques à l'état 170,48°C

- Masse volumique de l'eau.....: kg/m3

- Chaleur massique de l'eau.....: kJ/kg

- Conductivité thermique de l'eau.....: 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)

©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 écrites 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.

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)

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.