

# Table des matières

1	vap-sat	2
2	liq-sat	2
3	p-h-t-rho	2
4	usinit.F	2
5	usinls.F	2
6	usinvs.F	3
7	usiniv.F	3
8	ustab1	4
	8.1 Pour le cas où la pression $pt(1) \geq P$ . . . . .	4
	8.2 Pour tous les autres cas : $im \neq 1$ . . . . .	5
9	ustab2	5
10	ustab3	5
11	ustab4	6
12	uspors.F	6
13	uskpdc	6
14	ustssp	7
15	ushsig	7
16	usdrag	7
17	tshtev	8
18	ustsht	8

## 1 vap-sat

Fichier de données lu dans le programme usinvs.F, les 4 colonnes correspondent à : pvs(i), dum, rhovs(i), hvs(i).

## 2 liq-sat

Fichier de données lu dans le programme usinls.F, les 4 colonnes correspondent à : pls(i), ts(i), rhols(i), hls(i).

## 3 p-h-t-rho

Fichier de données lu dans le programme usinit.F, les 4 colonnes correspondent à : pression, enthalpie spécifique, température, masse volumique.

## 4 usinit.F

**Remplissage des vecteurs et tableaux pour la pression  $pt(i)$ , l'enthalpie  $ht(j)$ , la température  $tt(i, j)$  et la masse volumique  $rho(i, j)$  à partir des tables.**

- Lecture des données du fichier p-h-t-rho 3 à pression donnée
- Remplie du vecteur h correspondant
- Passage à une pression différente toutes les 91 lignes, avec l'entier nh fixé correspondant à ce nombre de lignes. Si les tables venait à changer ce paramètre serait donc à modifier.

Récapitulatif : boucle sur la pression i, boucle sur l'enthalpie j.

- Pression pt : vecteur à  $i = \frac{\text{nbre lignes fichier p-h-t-rho}}{nh=91}$
- Enthalpie ht : vecteur à j composantes (ne dépend pas de la pression)
- Température tt : tableau (i,j)
  
- Masse volumique rho : tableau (i,j)
- Nombre de pressions différentes :  $np = i$  : fixe l'entier à i final  $i = \frac{\text{nbre lignes fichier p-h-t-rho}}{nh=91}$

## 5 usinls.F

**Remplit les vecteurs pls(i), ts(i), rhols(i) et hls(i) à saturation pour le liquide à partir du fichier liq-sat 2.**

Simple boucle qui lit le fichier de données liq-sat 2 pour remplir les vecteurs : pls(i), ts(i), rhols(i), hls(i). Fixe l'entier *npls* à la valeur finale de i, moins 1. Ce qui correspond au nombre de lignes du fichier liq-sat -1.

## 6 usinvs.F

Remplit les vecteurs  $pvs(i)$ ,  $rhovs(i)$  et  $hvs(i)$  à saturation pour la vapeur à partir du fichier vap-sat 1.

Simple boucle qui lit le fichier de données vap-sat 2 pour remplir les vecteurs :  $pvs(i)$ ,  $rhovs(i)$ ,  $hvs(i)$ .

Fixe l'entier  $npvs$  à la valeur finale de  $i$ , moins 1. Ce qui correspond au nombre de lignes du fichier vap-sat -1.

## 7 usiniv.F

Initialisation des grandeurs thermodynamiques sur chaque cellule (pression et enthalpie totale).

- Initialisation de la pression dans le dôme à 6 bars (remplissage du vecteur IPR dans le tableau RTP(IEL,IPR)). IPR correspond à la colonne pour la pression.
- Appel des 3 sous-routines : `usinit.F`, `usinls.F`, `usinvs.F`
- Initialisation de l'enthalpie totale : remplissage du tableau des variables transportées à l'instant initial, plus particulièrement remplissage des vitesses relatives à chaque phase. Les vitesses sont fixées *arbitrairement* à  $1e-4$  pour les composantes selon U et V, et à  $1e-15$  pour la composante selon W. Le pb c'est est-ce que c'est normal de fixer ces vitesses arbitrairement
- Remplissage des colonnes concernant les fractions volumiques pour les deux phases :
  - phase liquide :  $\alpha_1 = 1e-6$  fixée
  - phase gazeuse :  $\alpha_2 =$  porosité de la cellule considérée calculée dans la sous-routine `uspors 12` -  $\alpha_1$  avec la porosité pour la cellule  $i$
- Remplissage de la fraction massique d'hélium fixée à 0.95
- Pour l'oxygène liquide : pression (6 bars) et température fixée (95 K)
  
- Appel de la routine `ustab4.F 11` pour remplissage du vecteur sur l'enthalpie totale de la phase 1
- Pour la phase gazeuse :
  - fixe les données pour l'hélium :  $H_{heref} = 1425800.0d0$ ,  $C_{phe} = 5190.0d0$ ,  
 $M_{he} = 4.0d - 3$ ,  $M_{ox} = 32.0d - 3$
  - les Variables :  $P = 6.0d0$ ,  $T = 300.0d0$
  - Définition de la fraction massique et molaire et de l'enthalpie de l'hélium :  
 $H_{he} = C_{phe} * (T - 273.16d0) + H_{heref}$
  - Définition des pressions partielles d'hélium et d'oxygène.
  - Appel de la routine `ustab4.F 11` pour définir l'enthalpie du mélange gazeux à partir des enthalpies de l'oxygène (calculée dans la sous-routine `ustab4 11`) et l'enthalpie de l'hélium (calculée et fixée pour l'instant)
- Remplissage du vecteur sur l'enthalpie totale de la phase 2 (enthalpie spécifique +

énergie cinétique).

## 8 ustabl

**Détermination de la température et de la masse volumique à l'aide de l'enthalpie et de la pression et à partir des tables thermodynamiques.**

- Utilisation d'indice à partir de l'entier  $nh$  4.
- Définition de  $hp$  et  $hm$  tels qu'ils sont les enthalpies de la dernière et avant dernière ligne respectivement (voir `usinit` 4).
- Définition de  $jp$ ,  $jm$ ,  $hp$ ,  $hm$  au tout début pour l'extrapolation bilinéaire.
- Étude de cas avec une boucle sur les  $j$  ( $j=jp$ ) donnant à  $hp$  et  $hm$  les valeurs de  $ht(jp)$ ,  $ht(jm)$  respectivement à la condition que l'enthalpie  $ht(j)$  soit supérieure à l'enthalpie  $H$ .  $H$  est un argument de la subroutine et correspond à l'enthalpie spécifique au temps précédent donnée par `usphyv` ???. Deux cas sont ensuite envisagés pour que  $H$  ne soit pas en dehors des valeurs autorisées par les tables.

si  $ht(1) \geq H$  alors  $H \leftarrow ht(1)$   
si  $ht(nh) \geq H$  alors  $H \leftarrow ht(nh)$

Raisonnement identique pour la pression avec les  $np$  pressions. La pression de "référence" étant donnée par `usphyv` ??? telle que  $P = RTPA(IEL, IPR) * 1.0D-5$ .

- si  $P(np) \geq P$  alors  $P \leftarrow pt(np)$

On regarde donc les pressions et enthalpies qui encadrent les valeurs de pression et d'enthalpie calculée par le programme.

### 8.1 Pour le cas où la pression $pt(1) \geq P$

- Si  $P \leq 1.0d - 5$ , on fixe la pression  $P$  à 1 bar. Sinon on ne touche à rien.
- Calcul de  $C_p$  à pression constante à partir de la différence d'enthalpie et de température entre  $jm$  et  $jp$ .
- Définition des  $rp$  et  $rh$  (cas où égalité des pressions et enthalpies valeurs mises à zéro) :

$$rp = \frac{P - pm}{pp - pm}$$
$$rh = \frac{H - hm}{hp - hm}$$

- Interpolation bilinéaire pour calculer la température  $T$  (codée correctement).
- Expression de la masse volumique (sous l'hypothèse de GP) en Pascal (la pression dans les arguments est en bar).
- Calcul des dérivées :  $\frac{\partial C_p}{\partial p} (= 0)$ ,  $\frac{\partial \rho}{\partial p}$ ,  $\frac{\partial \rho}{\partial h}$ ,  $\frac{\partial T}{\partial p}$ .

## 8.2 Pour tous les autres cas : $im \neq 1$

- Définition de  $rp$  et  $rh$  idem cas précédent.
- Interpolations bilinéaires pour  $T$  et  $\rho$ .
- Calcul des dérivées :  $\frac{\partial \rho}{\partial p}$ ,  $\frac{\partial \rho}{\partial h}$ ,  $\frac{\partial T}{\partial p}$ .
- Calcul des  $C_{pm}$  et  $C_{pp}$  pour les pressions  $im$  et  $ip$ , puis calcul du  $C_p$  (par interpolation linéaire) :  $C_p = C_{pm} + (C_{pp} - C_{pm}) * rp$ .
- Calcul de la dérivée  $\frac{\partial C_p}{\partial p} (\neq 0)$  à priori.

## 9 ustab2

Détermination de la température de saturation, de la masse volumique, de l'enthalpie de saturation pour le liquide à l'aide de la pression  $pls$  et à partir du fichier liq-sat 2.

Sur le même principe que la routine ustab1 8. Même boucle bizarre qui donne :

- si  $pls(1) \geq P$  alors  $P \leftarrow pls(1)$
- si  $pls(nppls) \geq P$  alors  $P \leftarrow pls(nppls)$
- Définition du  $rp$  :

$$rp = \frac{P - pm}{pp - pm}$$

- Détermination de la température de saturation  $Tsat$ , de la masse volumique  $rholsat$  et de l'enthalpie de saturation  $hlsat$  par interpolation linéaire.
- Calcul des dérivées :  $\frac{\partial Tsat}{\partial p}$  et  $\frac{\partial hlsat}{\partial p}$ .

## 10 ustab3

Détermination de la masse volumique et de l'enthalpie de saturation par interpolation linéaire à partir de la pression et du fichier vap-sat 1.

Sur le même principe que la routine ustab2 9 mais pour la vapeur cette fois.

- **Clipping** : si  $P < 1$  bar alors  $P=1$  bar ( $P$  étant issu de usphyv ??)
- Boucle sur  $j$  pour la pression (vecteur  $pt(j)$ ) (avec  $pm$  et  $pp$ )  
 $pvs(1) \geq P$  : rien (**clipping** commenté  $P \leftarrow pvs(1)$ )  
 $pvs(npvs) \geq P$  alors  $P \leftarrow pvs(npvs)$

- Définition du  $rp$  :

$$rp = \frac{P - pm}{pp - pm}$$

- Détermination de la masse volumique  $rhovsat$  et de l'enthalpie de saturation  $hvsat$  par interpolation linéaire.
- Calcul de la dérivée :  $\frac{\partial hvsat}{\partial p}$ .

## 11 ustab4

Détermination de la température, de la masse volumique, de l'enthalpie spécifique pour un gaz par interpolation linéaire à partir de la pression partielle.

- **Clipping** Si  $P < 1 \text{ bar}$   $P = 1 \text{ bar}$ .
- Boucle sur  $j$  pour la pression (vecteur  $pt(j)$ ) (avec  $pm$  et  $pp$ )
  - si  $pt(1) \geq P$  alors rien (**Clipping** commenté  $P \leftarrow pt(1)$ )
  - si  $pt(np) \geq P$  alors  $P \leftarrow pt(np)$
- Définition du  $rp$
- Calcul des températures  $ti(j)$  et masses volumiques  $rhoi(j)$  par interpolation linéaire (à partir des  $tt$  et  $rhot$ , cf usinit 4) sur tous les  $j$  entre 1 et  $nh$ . Si  $pp = pm$  alors on prend  $ti$  et  $rhoi$  à  $pm$ .
- Boucle sur les  $j$  pour  $tt$ 
  - si  $tt(1) \geq T$  alors  $T \leftarrow tt(1)$ ,  $tt(1) = tm$
  - si  $tt(nh) \geq T$  alors  $T \leftarrow tt(nh)$ ,  $tt(nh) = tp$
- Détermination de l'enthalpie spécifique  $H$  et de la masse volumique  $rho$  sous la condition  $P \geq pm$  par interpolation linéaire par rapport à la température
  - Si  $P \leq pm$  alors  $rho$  à partir de la loi des GP. Calcul du  $Cp$ .

## 12 uspors.F

Définition de la porosité du milieu.

Dans la version donnée, pas de modification de la porosité mise par défaut : milieu totalement poreux.

## 13 uskpdc

Définition et remplissage de la matrice de  $pdc$ .

- Initialisation de la matrice de  $pdc$ .
- Repérage de la position des 5 injecteurs (2D)
- Définition de la norme de la vitesse pour chacune des phases.
- Valeurs pour remplir la matrice de  $pdc$ 
  - $Q = 0.5d0 * NORMU$
  - $C \text{ D2I} = 4.0d0 / 7.3d-3$
  - $D2I = 1.0d0 / 0.008643d0$

- Remplissage de la matrice de perte de charge en fixant une pdc selon x 10 fois plus grande que selon y.

$$\text{MATPDC}(2,2) = D2I*Q$$

$$\text{MATPDC}(1,1) = 10.0d0*\text{MATPDC}(2,2)$$

Le cas codé est celui sans la grille, dans le cas où on considère la grille pour la pdc, la technique est la même à la différence de la valeur pour de  $D2I$ .

## 14 ustssp

### Définition des termes sources pour l'hélium.

Initialisation des vecteurs des termes sources  $TSA$  et  $TSB$ .

Terme source pour la fraction massique d'hélium sous la forme non-conservative. Les différent scalaires  $Yhe$  et  $ALP$  (pas le gamma2 tiré lui du tableau PROPHY) sont tirés du tableau RTPA (à l'instant précédent), et les termes sources sont exprimés en fonction de ces grandeurs (cas où il y a transfert de masse sur la phase convectrice).

$$TSA(IEL) = -\frac{Yhe * Gamma2}{ALP2}$$

$$TSB(IEL) = -\frac{Gamma2}{ALP2}$$

## 15 ushsig

### Définition des enthalpies liées au transfert de masse pour les 2 phases

- Initialisation des vecteurs des termes sources  $BHSIG$  et  $AHSIG$ .
- Remplissage pour chacune des phases de BHSIG à partir du tableau USER(IEL,i),  $i = 2$  pour la phase liquide,  $i = 3$  pour la phase vapeur
- Détermination de AHSIG pour chacune des 2 phases :  
Phase liquide : AHSIG(1)=1, AHSIG(2)=0  
Phase gaz : AHSIG(1)=0, AHSIG(2)=1

## 16 usdrag

### Modèle pour la loi de traînée

Choix du modèle pour la loi de traînée. Par contre la taille des gouttes est fixée ici.  
*C Il parait que D1 ne peut pas être lu à partir d'Edamox et qu'il faut le coder en dur ici*  
 $D1 = 1.0d-5$   
 $D2 = 1.0d-3$

## 17 tshtev

Détermine le modèle de transfert thermique à utiliser, doit donc ici absolument faire appel à la subroutine `ustsht` ??.

3 modifications apportées dans ce fichier non user.

- Mise en argument des données  $\Gamma_1$ ,  $\Gamma_2$ ,  $H_{sig1}$ ,  $H_{sig2}$
- Modification si modèle de Coste utilisé pour les termes sources de la phase liquide (`istsht(1)=10` ou `11`).
- Détermination de  $\Gamma_1$  à partir du tableau `PROPHY(IEL,IGAMA(1))`, de  $H_{sig1}$  à partir du tableau `USER(IEL,2)` et remplissage des colonnes 5, 6 et 7 du tableau `USER`.
- Modification si modèle de Yao utilisé pour les termes sources de la phase vapeur (`istsht(2)=4` ou `5`).
- Détermination de  $\Gamma_2$  à partir du tableau `PROPHY(IEL,IGAMA(2))`, de  $H_{sig2}$  à partir du tableau `USER(IEL,3)` et remplissage des colonnes 8, 9 et 10 du tableau `USER`.

Bien vérifier que  $istsht(1) = 0$  et  $istsht(2) = 0$

## 18 ustsht

Définition et calcul du transfert thermique pour chacune des deux phases.

Phase liquide :

- Initialisation des termes sources pour la phase liquide :  $TSA$ ,  $TSB$ ,  $TSP$  mis à zéro ( $\Pi_l = 0$ )  
Modification si sursaturation :

$$TSA(IEL) = TSA(IEL) + USER(IEL, 11)$$

$$TSB(IEL) = TSB(IEL) + USER(IEL, 12)$$

$$TSP(IEL) = TSP(IEL) + USER(IEL, 13)$$

Phase vapeur :

- Calcul du gradient de fraction volumique du liquide  $grad\alpha_1$  comme la norme du vecteur  $GRADV(IEL, i, IALPR(1))$ ,  $i = 1, 2, 3$ .
- **clipping** pour ne pas autoriser une fraction massique d'hélium supérieure ou inférieure à 1 ( $Y_{he} = 1.0D0 - 1.0D - 6$  et  $Y_{he} = 1.0D - 6$  respectivement)
- Fraction molaire d'hélium et pressions partielles (mises en Pa)
- Appel des sous-routines `ustab4 11` (donne l'enthalpie du mélange  $H_{tmp}$  et la température du liquide  $T1$ ), `ustab3 10` (sort l'enthalpie de saturation de la vapeur  $h_{vsat}$ ), `ustab1 8` (sort la température du mélange  $T$ )
- Condition sur les enthalpies de mélange et de saturation. Pour  $H_{tmp} > h_{vsat}$ , "la force motrice est la différence  $T2-T1$ ".



Si  $T2 > geT1 + 1.0d0$ , alors le modèle de transfert thermique est codé :

$$TSA(IEL) = GRADA1 * ALP2 * RHO2 * Cp2 * (T1 - T2)/TAU$$

$$TSB(IEL) = -GRADA1 * ALP2 * RHO2/TAU$$

$$TSP(IEL) = 0.0d0$$

Sinon les termes sont sources son tous nuls

- Si  $Htmp \leq hvsat$  alors "la force motrice est la difference T2-Ttmp"

Si  $T2 > geTtmp + 1.0d0$ , alors le modèle de transfert thermique est codé :

$$TSA(IEL) = GRADA1 * ALP2 * RHO2 * Cp2 * (Ttmp - T2)/TAU$$

$$TSB(IEL) = -GRADA1 * ALP2 * RHO2/TAU$$

$$TSP(IEL) = 0.0d0$$

Sinon les termes sources sont tous nuls

- Modification si sursaturation (définition de USER(IEL,12-16) dans usphyv ?? et remplissage que si sous saturation du gaz et sursaturation du liquide) :

$$TSA(IEL) = TSA(IEL) + USER(IEL, 14)$$

$$TSB(IEL) = TSB(IEL) + USER(IEL, 15)$$

$$TSP(IEL) = TSP(IEL) + USER(IEL, 16)$$