EXEMPLE D'APPLICATION DE PROSIMPLUS

SIMULATION D'UNE UNITE DE DISTILLATION ATMOSPHERIQUE AVEC COLONNE DE PREFLASH

INTERET DE L'EXEMPLE
Cet exemple illustre la simulation d'une unité de distillation atmosphérique de pétrole brut avec colonne de préflash sous ProSimPlus.

DIFFUSION	☑ Libre-Internet	☐ Réservée clients	☐ Restreinte	☐ Confidentielle

FICHIER PROSIMPLUS CORRESPONDANT	*PSPS_EX_FR-Distillation-Atmospherique-avec-Preflash.pmp3*

Il est rappelé au lecteur que ce cas d'utilisation est un exemple et ne doit pas être utilisé à d'autres fins. Bien que cet exemple soit basé sur un cas réel il ne doit pas être considéré comme un modèle de ce type de procédé et les données utilisées ne sont pas toujours les plus exactes disponibles. Fives ProSim ne pourra en aucun cas être tenu pour responsable de l'application qui pourra être faite des calculs basés sur cet exemple.

Energy

Fives ProSim

Siège social : Immeuble Stratège A - 51 rue Ampère - 31670 Labège - FRANCE

Tél. : +33 (0)5 62 88 24 30

S.A.S. au capital de 147 800 € - 350 476 487 R.C.S. Toulouse - Siret 350 476 487 00037 - APE 5829C - N° TVA FR 10 350 476 487

www.fivesgroup.com / www.fives-prosim.com

TABLE DES MATIÈRES

1. MODELISATION DU PROCEDE 3
1.1. Présentation du procédé 3
1.2. Schéma du procédé 3
1.3. Constituants 4
1.4. Modèle thermodynamique 9
1.5. Conditions opératoires 9
1.5.1. Alimentations 9
1.5.2. Colonne de préflash C1 10
1.5.3. Colonne latérale C2 11
1.5.4. Colonne principale C3 11
1.5.5. Colonne latérale C4 12
1.5.6. Colonne latérale C5 13
1.5.7. Paramètres numériques 13
2. RESULTATS 14
2.1. Bilans matière et énergie 14
2.2. Performances du procédé 15
2.3. Profils des colonnes 18
BIBLIOGRAPHIE 25

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

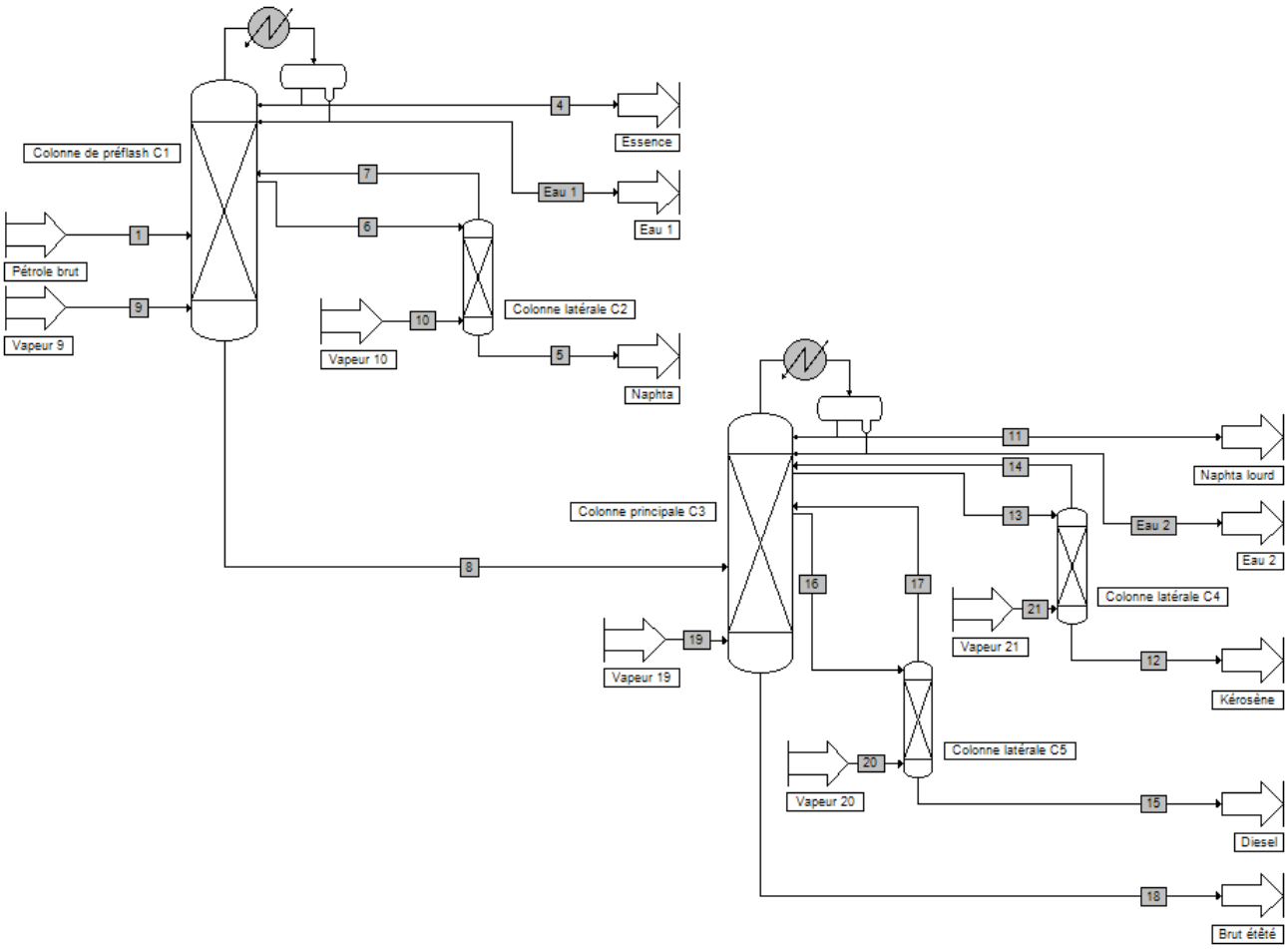
1. MODELISATION DU PROCEDE

1.1. Présentation du procédé

Le système de distillation se compose d'une colonne de préflash couplée à une colonne latérale, et d'une colonne principale couplée à deux colonnes latérales. Il s'agit de colonnes avec décanteur et condenseur total. Les courants liquides alimentant les deux colonnes principales sont préchauffés dans des fours : ces fours seront simulés par une chauffe sur le plateau d'alimentation des colonnes.

L'ensemble des données d'entrée de ce problème est disponible dans [SIM83].

1.2. Schéma du procédé

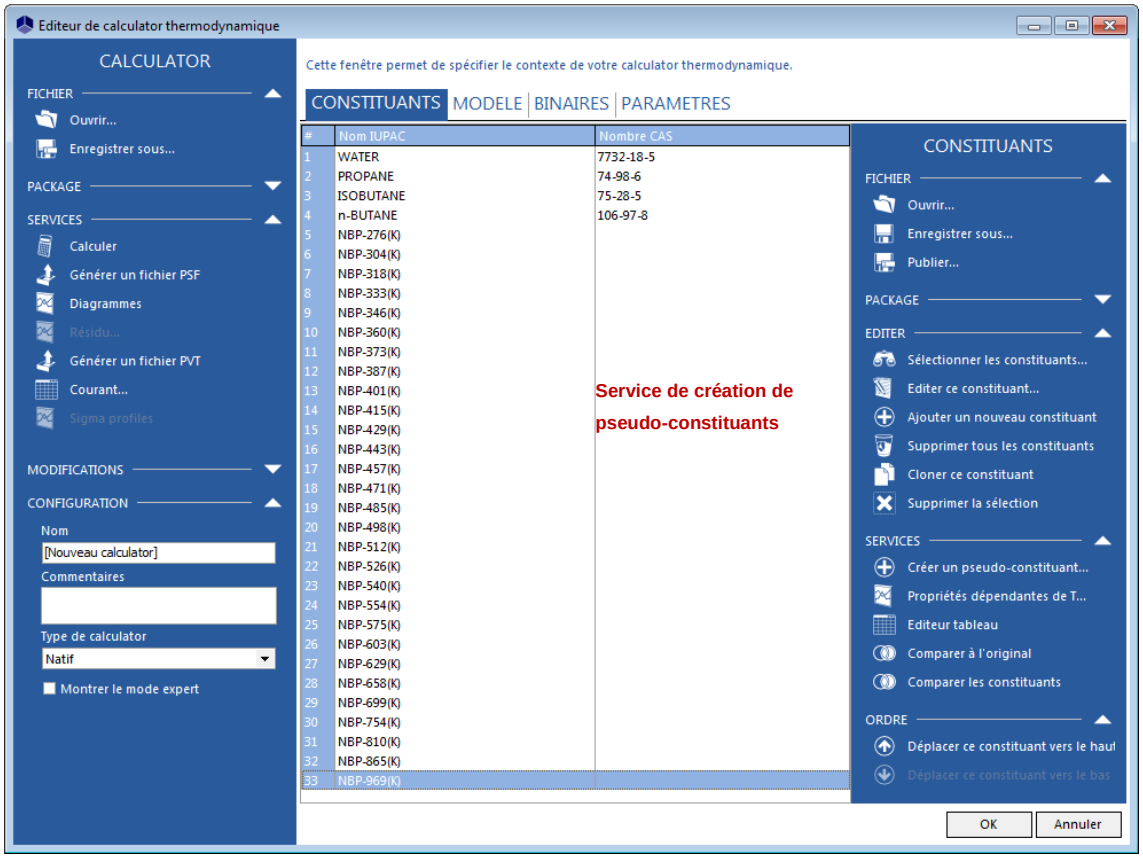


Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

1.3. Constituants

Le brut à traiter est composé de 32 constituants : 3 légers (propane, isobutane, n-butane) et 29 pseudo-constituants. L'eau, utilisée comme vapeur de stripping, intervient également dans ce procédé.

Le service de création de pseudo-constituants est disponible dans l'éditeur de calculator thermodynamique tel qu'illustré ci-dessous.

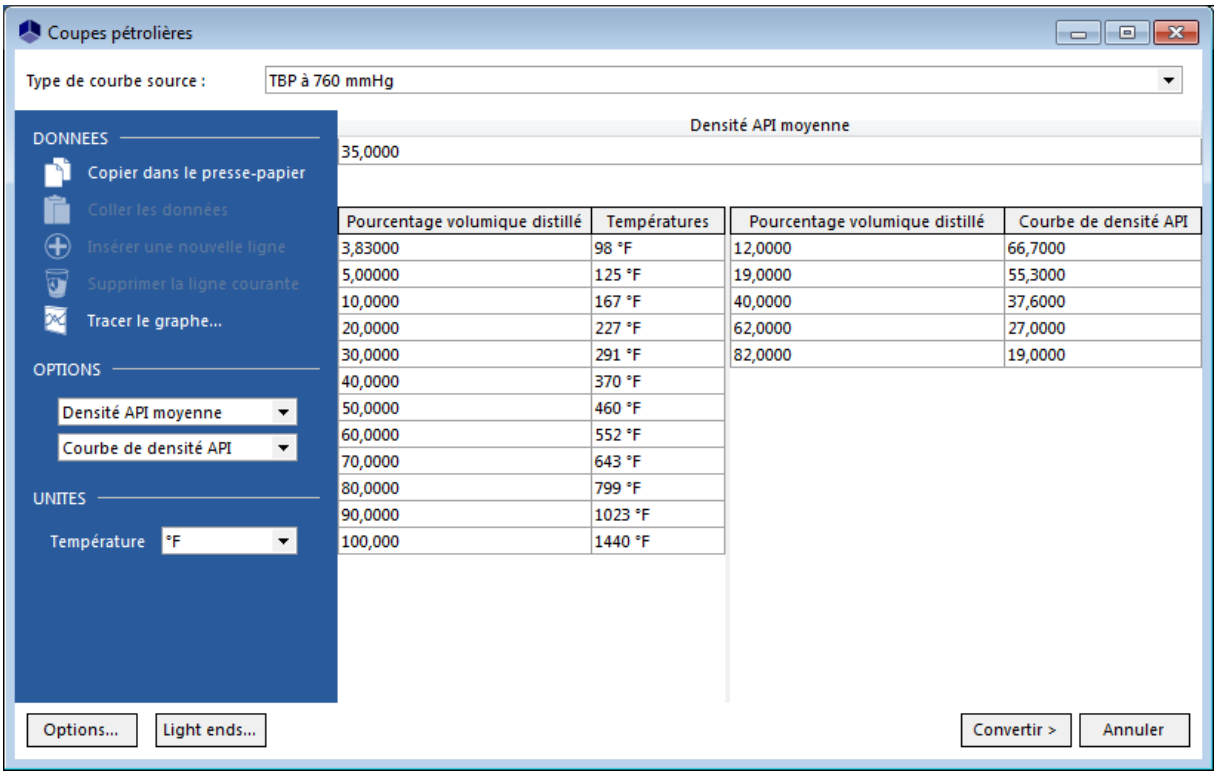


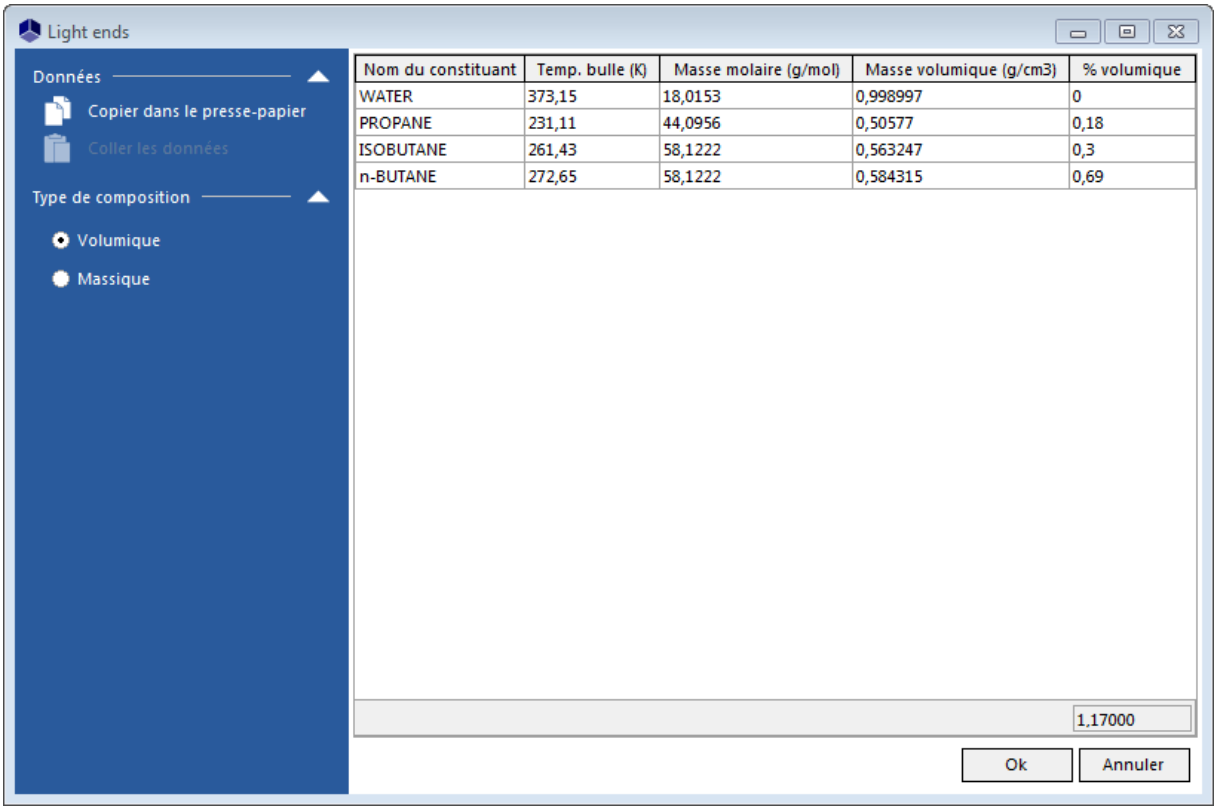
Les pseudo-constituants sont générés à partir des propriétés du brut fournies :

- la densité API moyenne,
- la TPB atmosphérique,
- la courbe de densité API,
- la composition volumique en légers.

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

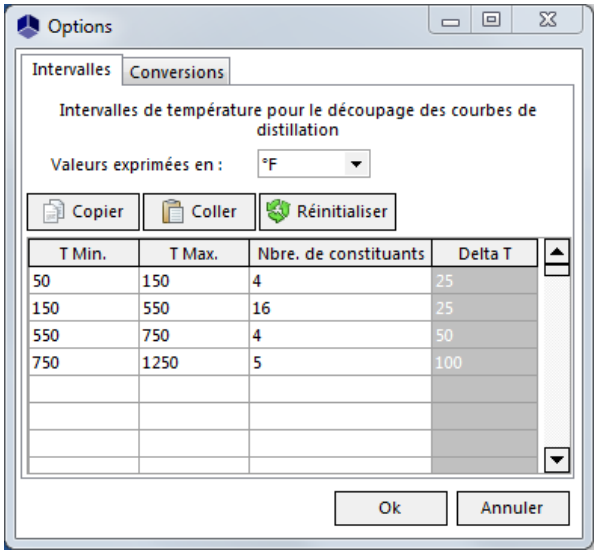
Les données nécessaires à la génération sont visualisables dans les fenêtres suivantes :





Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

La courbe de distillation est découpée de la manière suivante : 4 constituants entre 50 et 150 °F, 16 constituants entre 150 et 550 °F, 4 constituants entre 550 et 750 °F, et 5 constituants entre 750 et 1250 °F.



Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

Les températures normales d'ébullition des pseudo-constituants ainsi générés avec Simulis sont regroupées dans le tableau ci-dessous. La température minimale du premier intervalle est prise égale à la température normale d'ébullition du léger le plus lourd (ici 31 °F pour le n-butane).

Constituant	Température normales d'ébullition (°F)
NBP-276(K)	37
NBP-304(K)	88
NBP-318(K)	114
NBP-333(K)	139
NBP-346(K)	163
NBP-360(K)	187
NBP-373(K)	212
NBP-387(K)	237
NBP-401(K)	262
NBP-415(K)	287
NBP-429(K)	312
NBP-443(K)	337
NBP-457(K)	362
NBP-471(K)	387
NBP-485(K)	412
NBP-498(K)	437
NBP-512(K)	462
NBP-526(K)	487
NBP-540(K)	513
NBP-554(K)	538
NBP-575(K)	575
NBP-603(K)	625
NBP-629(K)	673
NBP-658(K)	725
NBP-699(K)	799
NBP-754(K)	898
NBP-810(K)	999
NBP-865(K)	1098
NBP-969(K)	1284

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

La composition molaire du brut obtenue est présentée dans le tableau ci-dessous. La masse molaire calculée est de 163,42 g/mol.

Constituant	Composition molaire
WATER	0
PROPANE	0,00397
ISOBUTANE	0,00560
n-BUTANE	0,01335
NBP-276(K)	0,03596
NBP-304(K)	0,01465
NBP-318(K)	0,01788
NBP-333(K)	0,04094
NBP-346(K)	0,05631
NBP-360(K)	0,06382
NBP-373(K)	0,06105
NBP-387(K)	0,05699
NBP-401(K)	0,05380
NBP-415(K)	0,04910
NBP-429(K)	0,04272
NBP-443(K)	0,03763
NBP-457(K)	0,03378
NBP-471(K)	0,03159
NBP-485(K)	0,03000
NBP-498(K)	0,02840
NBP-512(K)	0,02679
NBP-526(K)	0,02583
NBP-540(K)	0,02479
NBP-554(K)	0,02383
NBP-575(K)	0,04544
NBP-603(K)	0,04160
NBP-629(K)	0,02584
NBP-658(K)	0,01881
NBP-699(K)	0,03108
NBP-754(K)	0,02114
NBP-810(K)	0,01463
NBP-865(K)	0,00962
NBP-969(K)	0,01282

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

1.4. Modèle thermodynamique

Le procédé étudié fait intervenir des mélanges constitués d'eau (de teneurs molaires inférieures à 50 % lorsqu'elle n'est pas pure) et d'hydrocarbures. Il a donc été choisi l'équation d'état de Peng-Robinson (PR) avec la prise en compte du modèle Eau-Hydrocarbures. Le calcul du volume molaire liquide utilise le modèle « Mélange idéal ».

1.5. Conditions opératoires

1.5.1. Alimentations

L'objectif est de traiter 25 000 bbl/d de brut en conditions standard (60 °F, 1 bar), soit un débit de 28 510 bbl/d (1 187,9 bbl/h) dans les conditions opératoires du procédé. Le brut est à une température de 300 °F et une pression de 54,636 psi.

Les débits vapeur alimentant les colonnes principales et les colonnes latérales sont les suivants :

- Courant « Vapeur 9 » : 3 000 lb/h (T = 314,3074 °F ; P = 55 psi)
- Courant « Vapeur 10 » : 900 lb/h (T = 313,8679 °F ; P = 54 psi)
- Courant « Vapeur 19 » : 1 500 lb/h (T = 300,5648 °F ; P = 25 psi)
- Courant « Vapeur 20 » : 650 lb/h (T = 300,0882 °F ; P = 24 psi)
- Courant « Vapeur 21 » : 600 lb/h (T = 300,0879 °F ; P = 24 psi)

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

1.5.2. Colonne de préflash C1

1.5.2.1. Paramètres

- Caractéristiques :
  - Stripper avec décanteur et condenseur total sous-refroidi à 100 °F
  - Nombre d'étages théoriques : 13
  - Spécification de fonctionnement en débit de reflux : valeur initiale : 3 000 lbmol/h
  - Rebouilleur intermédiaire au plateau 11 pour simuler la chauffe de l'alimentation dans le four : valeur initiale : 30 MBtu/h
  - Profil de pression : 48 psi au condenseur, 53 psi au plateau 2, 55 psi en pied
- Alimentations :
  - « Pétrole brut » au plateau 11
  - Courant 7 au plateau 7 (courant de tête de la colonne latérale C2)
- Soutirage :
  - Courant 6 au plateau 8 (courant alimentant la colonne latérale C2)

    Valeur initiale : 100 lbmol/h
- Pumparound :
  - Du plateau 8 au plateau 6 (phase liquide)
  - Débit : 5 200 bbl/d (216,667 bbl/h) en volumique standard liquide
  - Puissance : - 5 MBtu/h (refroidissement)

1.5.2.2. Objectifs / Contraintes

- Débit de résidu liquide : 16 800 bbl/d (700 bbl/h) en volumique standard liquide

  Variable d'action : débit de reflux
- Overflash de 400 bbl/d (16,667 bbl/h) en volumique standard liquide

  Dans ProSimPlus, l'overflash est spécifié en ratio de débits (débit liquide arrivant sur le plateau d'alimentation sur le débit de l'alimentation flashée à la pression dans la colonne) au niveau du plateau d'alimentation, et non pas en débit. La contrainte fixée dans la simulation est donc le débit liquide au plateau 10 spécifié à 16,667 bbl/h en volumique standard liquide.

  Variable d'action : puissance de chauffe intermédiaire au plateau 11

1.5.2.3. Initialisations

- Composition en tête en fractions molaires : 0,1 pour les 10 hydrocarbures les plus légers

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

- Composition en pied en fractions molaires : 0,05 pour les 20 hydrocarbures les plus lourds

1.5.3. Colonne latérale C2

1.5.3.1. Paramètres

- Caractéristiques :
  - Absorbeur
  - Nombre d'étages théoriques : 2
  - Pression : 54 psi

1.5.3.2. Objectifs / Contraintes

- Débit de résidu (Naphta) : 5 420 bbl/d (225,833 bbl/h) en volumique standard liquide

  Variable d'action : débit d'alimentation (courant 6)

1.5.4. Colonne principale C3

1.5.4.1. Paramètres

- Caractéristiques :
  - Stripper avec décanteur et condenseur total sous-refroidi à 100 °F
  - Nombre d'étages théoriques : 16
  - Spécification de fonctionnement en débit de reflux
  - Rebouilleur intermédiaire au plateau 14 (pour simuler la chauffe de l'alimentation dans le four)
  - Profil de pression : 20 psi au condenseur, 23 psi au plateau 2, 25 psi en pied
- Alimentations :
  - Courant 8 au plateau 14 (courant de pied résidu de la colonne de préflash)
  - Courant 14 au plateau 7 (courant de tête de la colonne latérale C4)
  - Courant 17 au plateau 11 (courant de tête de la colonne latérale C5)
- Soutirage :
  - Courant 13 au plateau 8 (courant alimentant la colonne latérale C4)
  - Courant 16 au plateau 12 (courant alimentant la colonne latérale C5)
- Pumparound :

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

- Du plateau 12 au plateau 10 (phase liquide)
- Débit : 4 700 bbl/d (195,833 bbl/h) en volumique standard liquide
- Puissance : - 5 MBtu/h (refroidissement)

1.5.4.2. Objectifs / Contraintes

- Débit de résidu liquide : 7 335 bbl/d (305,625 bbl/h) en volumique standard liquide

  Variable d'action : débit de reflux
- Overflash de 0,05 en volumique

  Variable d'action : puissance de chauffe intermédiaire au plateau 14

  L'overflash en volumique est défini comme le débit liquide arrivant sur le plateau d'alimentation sur le débit d'alimentation en volumique standard liquide.
- Débit liquide du plateau 9, fixé à 200,2 bbl/h en volumique standard liquide

  Variable d'action : puissance du rebouilleur du pumparound

1.5.4.3. Initialisations

- Débit de soutirage liquide au plateau 8 : 100 lbmol/h (ce débit est ajusté par une spécification sur la colonne latérale C4).
- Débit de soutirage liquide au plateau 12 : 100 lbmol/h (ce débit est ajusté par une spécification sur la colonne latérale C5).
- Débit de reflux : 1 000 lbmol/h
- Puissance de chauffe au rebouilleur intermédiaire au plateau 14 : 40 MBtu/h (cette puissance est ajustée par une spécification overflash)
- Composition en tête en fractions molaires : 0,1 du 11ème au 20ème hydrocarbure le plus léger
- Composition en pied en fractions molaires : 0,1 pour les 10 hydrocarbures les plus lourds

1.5.5. Colonne latérale C4

1.5.5.1. Paramètres

- Caractéristiques :
  - Absorbeur
  - Nombre d'étages théoriques : 2
  - Pression : 24 psi

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

1.5.5.2. Objectifs / Contraintes

- Débit de résidu (Kérosène) : 3 780 bbl/d (157,5 bbl/h) en volumique standard liquide

  Variable d'action : débit d'alimentation (courant 13)

1.5.6. Colonne latérale C5

1.5.6.1. Paramètres

- Caractéristiques :
  - Absorbeur
  - Nombre d'étages théoriques : 2
  - Pression : 24 psi

1.5.6.2. Objectifs / Contraintes

- Débit de résidu (Diesel fuel) : 3 765 bbl/d (156,875 bbl/h) en volumique standard liquide

  Variable d'action : débit d'alimentation (courant 16)

1.5.7. Paramètres numériques

Les paramètres numériques par défaut pour chaque module sont utilisés.

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

2. RESULTATS

2.1. Bilans matière et énergie

Ce document ne présente que les bilans matière et énergie sur les courants les plus pertinents. ProSimPlus fournit cependant des résultats complets sur tous les courants et sur chaque opération unitaire.

Alimentations du procédé :

Courants		1	9	10	19	20	21
De		Pétrole brut	Vapeur 9	Vapeur 10	Vapeur 19	Vapeur 20	Vapeur 21
Vers		Colonne de préflash C1	Colonne de préflash C1	Colonne latérale C2	Colonne principale C3	Colonne latérale C5	Colonne latérale C4
Débit total	lbmol/h	1850,8	166,5	50,0	83,3	36,1	33,3
Fractions molaires		0	0	0	0	0	0
WATER		0	1	1	1	1	1
PROPANE		0,00397	0	0	0	0	0
ISOBUTANE		0,00560	0	0	0	0	0
n-BUTANE		0,01335	0	0	0	0	0
NBP-276(K)		0,03596	0	0	0	0	0
NBP-304(K)		0,01465	0	0	0	0	0
NBP-318(K)		0,01788	0	0	0	0	0
NBP-333(K)		0,04094	0	0	0	0	0
NBP-346(K)		0,05631	0	0	0	0	0
NBP-360(K)		0,06382	0	0	0	0	0
NBP-373(K)		0,06105	0	0	0	0	0
NBP-387(K)		0,05699	0	0	0	0	0
NBP-401(K)		0,05380	0	0	0	0	0
NBP-415(K)		0,04910	0	0	0	0	0
NBP-429(K)		0,04272	0	0	0	0	0
NBP-443(K)		0,03763	0	0	0	0	0
NBP-457(K)		0,03378	0	0	0	0	0
NBP-471(K)		0,03159	0	0	0	0	0
NBP-485(K)		0,03000	0	0	0	0	0
NBP-498(K)		0,02844	0	0	0	0	0
NBP-512(K)		0,02698	0	0	0	0	0
NBP-526(K)		0,02583	0	0	0	0	0
NBP-540(K)		0,02479	0	0	0	0	0
NBP-554(K)		0,02383	0	0	0	0	0
NBP-575(K)		0,04544	0	0	0	0	0
NBP-603(K)		0,04160	0	0	0	0	0
NBP-629(K)		0,02584	0	0	0	0	0
NBP-658(K)		0,01881	0	0	0	0	0
NBP-699(K)		0,03108	0	0	0	0	0
NBP-754(K)		0,02114	0	0	0	0	0
NBP-810(K)		0,01463	0	0	0	0	0
NBP-865(K)		0,00962	0	0	0	0	0
NBP-969(K)		0,01282	0	0	0	0	0
Etat physique		Liquide	Vapeur	Vapeur	Vapeur	Vapeur	Vapeur
Température	°F	300,0	314,3	313,9	300,6	300,1	300,1
Pression	psi	54,6	55,0	54,0	25,0	24,0	24,0
Masse molaire	g/mol	163,42	18,02	18,02	18,02	18,02	18,02

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

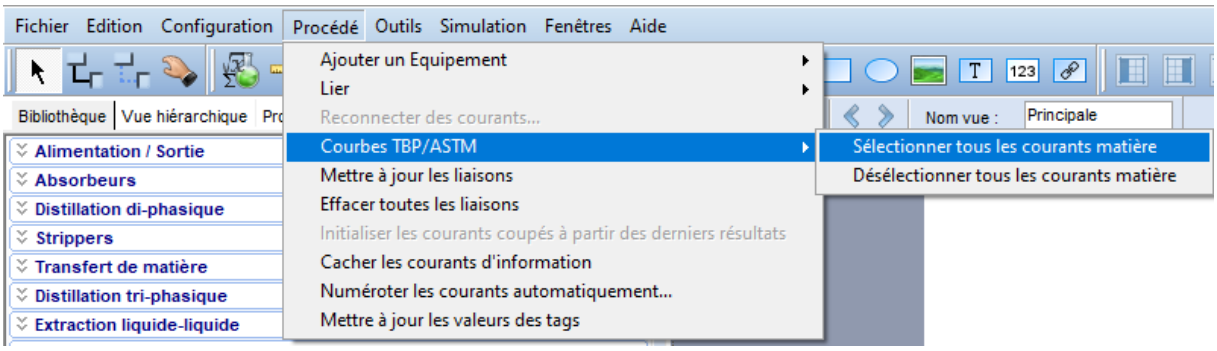
Sorties du procédé :

Courants		4	5	11	12	15	18	Eau 1	Eau 2
De		Colonne de préflash C1	Colonne latérale C2	Colonne principale C3	Colonne latérale C4	Colonne latérale C5	Colonne principale C3	Colonne de préflash C1	Colonne principale C3
Vers		Essence	Naphta	Naphta lourd	Kérosène	Diesel	Brut étêté	Eau 1	Eau 2
Débit total	lbmol/h	300,0	568,3	196,3	300,3	231,9	268,2	191,1	163,9
Fractions molaires		0	0	0	0	0	0	0	0
WATER		0,00128	0,01533	0,00128	0,00589	0,00545	0,00659	1	1
PROPANE		0,02440	0,00004	0,00004	1E-09	3E-10	2E-10	0	0
ISOBUTANE		0,03398	0,00022	0,00020	2E-08	4E-09	2E-09	0	0
n-BUTANE		0,08034	0,00082	0,00071	9E-08	2E-08	7E-09	0	0
NBP-276(K)		0,21554	0,00257	0,00218	3E-07	7E-08	3E-08	0	0
NBP-304(K)		0,08339	0,00291	0,00229	1E-06	2E-07	5E-08	0	0
NBP-318(K)		0,09572	0,00610	0,00463	4E-06	5E-07	2E-07	0	0
NBP-333(K)		0,19101	0,02614	0,01838	0,00003	4E-06	1E-06	0	0
NBP-346(K)		0,18266	0,07226	0,04234	0,00013	0,00002	4E-06	0	0
NBP-360(K)		0,07692	0,14116	0,07472	0,00044	0,00005	0,00001	0	0
NBP-373(K)		0,01301	0,15560	0,10340	0,00110	0,00012	0,00003	0	0
NBP-387(K)		0,00155	0,13800	0,13132	0,00244	0,00026	0,00006	0	0
NBP-401(K)		0,00017	0,11704	0,15935	0,00524	0,00054	0,00012	0	0
NBP-415(K)		0,00002	0,09322	0,17477	0,01098	0,00103	0,00021	0	0
NBP-429(K)		0,00000	0,06887	0,16138	0,02576	0,00179	0,00036	0	0
NBP-443(K)		2E-07	0,05006	0,09770	0,07047	0,00301	0,00060	0	0
NBP-457(K)		1E-08	0,03597	0,02235	0,12077	0,00500	0,00098	0	0
NBP-471(K)		1E-09	0,02607	0,00267	0,13570	0,00836	0,00163	0	0
NBP-485(K)		1E-10	0,01847	0,00026	0,13665	0,01389	0,00266	0	0
NBP-498(K)		0	0,01246	0,00002	0,13036	0,02277	0,00421	0	0
NBP-512(K)		0	0,00788	2E-06	0,11701	0,03701	0,00648	0	0
NBP-526(K)		0	0,00461	1E-07	0,09630	0,05889	0,00973	0	0
NBP-540(K)		0	0,00243	6E-09	0,06853	0,08684	0,01413	0	0
NBP-554(K)		0	0,00113	2E-10	0,04042	0,11222	0,01981	0	0
NBP-575(K)		0	0,00057	0	0,02682	0,25481	0,06205	0	0
NBP-603(K)		0	0,00006	0	0,00444	0,21348	0,09741	0	0
NBP-629(K)		0	4E-06	0	0,00047	0,10096	0,09053	0	0
NBP-658(K)		0	2E-07	0	0,00004	0,04556	0,09037	0	0
NBP-699(K)		0	6E-09	0	2E-06	0,02575	0,19221	0	0
NBP-754(K)		0	0	0	6E-09	0,00209	0,14411	0	0
NBP-810(K)		0	0	0	0	0,00009	0,10087	0	0
NBP-865(K)		0	0	0	0	3E-06	0,06639	0	0
NBP-969(K)		0	0	0	0	1E-08	0,08846	0	0
Etat physique		Liquide	Liquide	Liquide	Liquide	Liquide	Liquide	Liquide	Liquide
Température	°F	100,0	268,7	100,0	382,3	509,4	601,3	100,0	100,0
Pression	psi	48,0	54,0	20,0	24,0	24,0	25,0	48,0	20,0
Masse molaire	g/mol	73,88	107,82	110,96	156,95	212,48	376,96	18,02	18,02

2.2. Performances du procédé

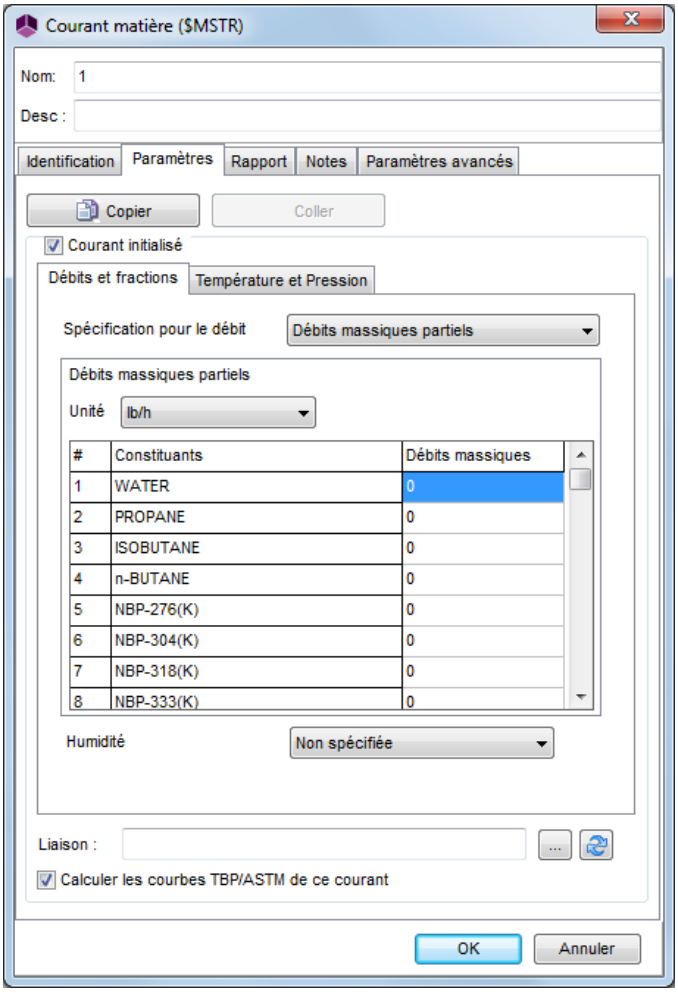
Sous ProSimPlus, il est possible de générer les courbes TBP/ASTM des courants matière du procédé. Pour ce faire, deux solutions sont disponibles :

- Sélectionner l'option pour tracer les courbes TBP/ASTM de tous les courants matière du procédé à la prochaine simulation au niveau de l'onglet « Procédé », comme illustré sur la figure suivante :



Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

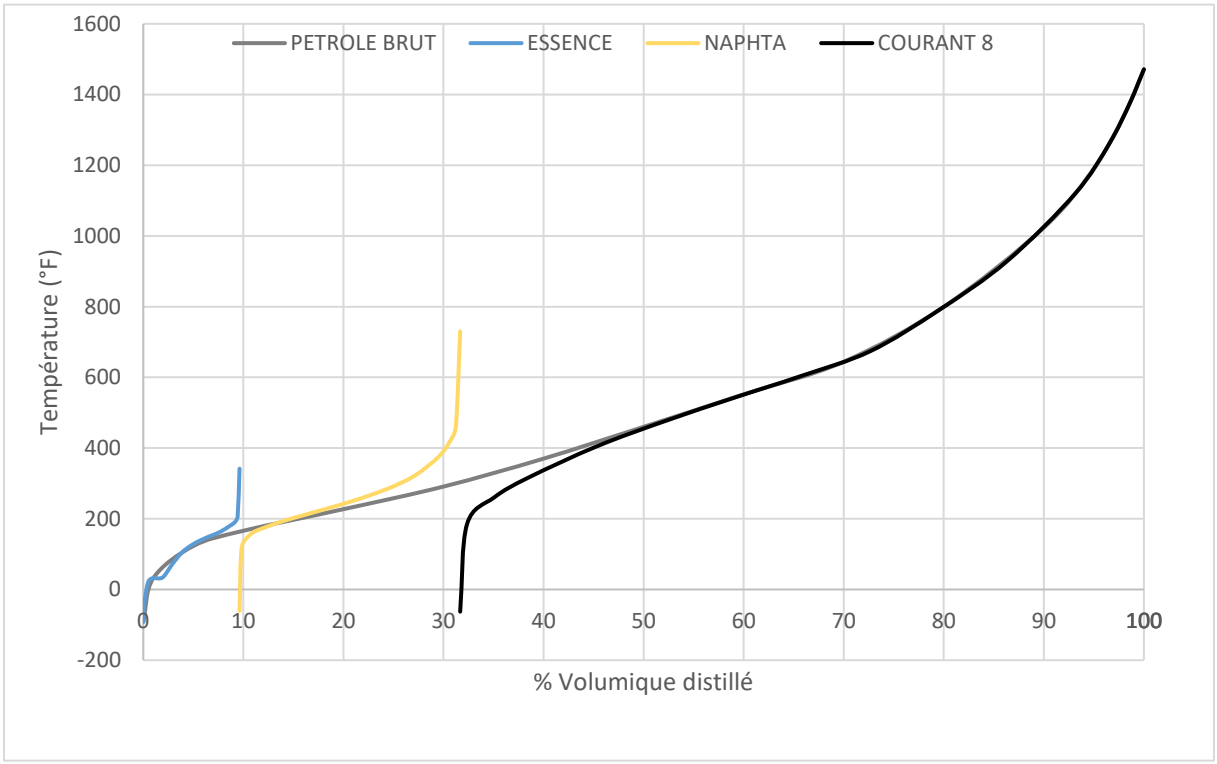
- Cocher la case « Calculer les courbes TBP/ASTM de ce courant » au niveau de la fenêtre de définition du courant matière dont il faut calculer les courbes TBP/ASTM à la prochaine simulation, comme illustré sur la figure suivante :



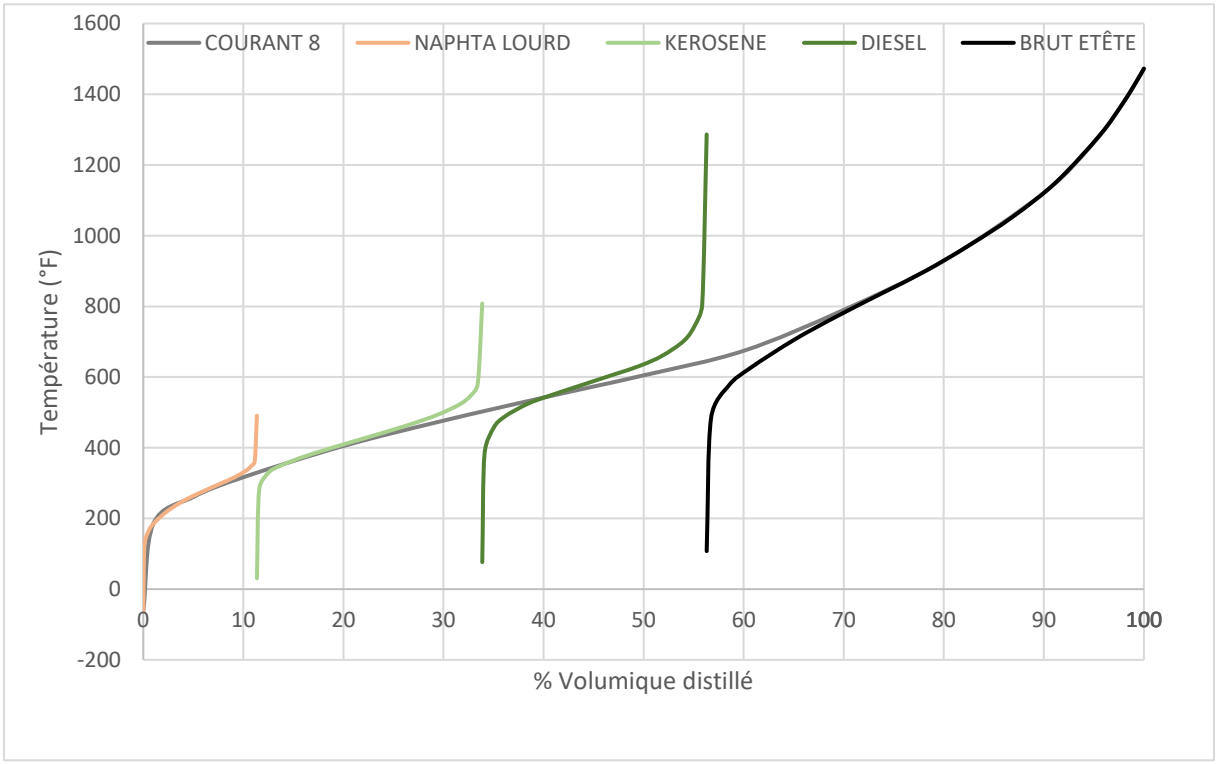
Pour atteindre cette option, il faut cocher la case « Courant initialisé » puis la décocher une fois la case « Calculer les courbes TBP/ASTM de ce courant » cochée.

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

La figure suivante illustre sur un même graphique les courbes TBP à 760 mmHg du pétrole brut entrant dans la colonne de préflash C1 et celles des coupes obtenues en sortie de cette colonne :



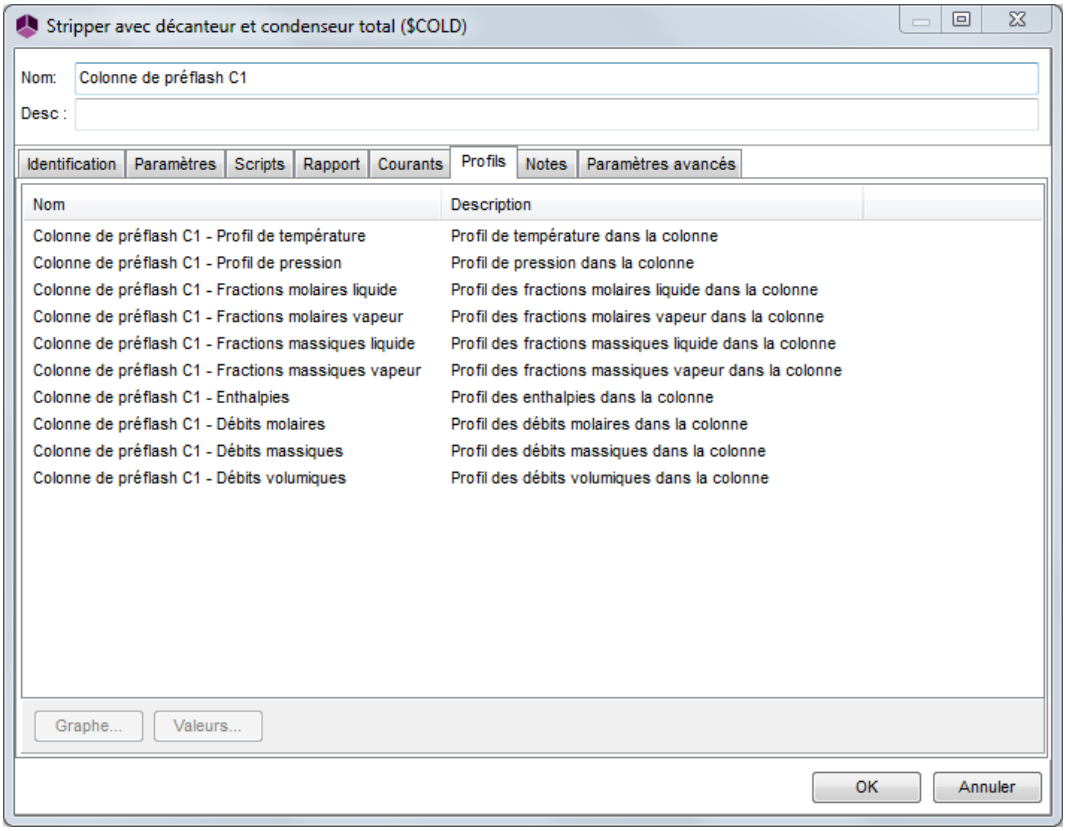
La figure suivante illustre sur un même graphique les courbes TBP à 760 mmHg du courant 8 entrant dans la colonne principale C3 et celles des coupes obtenues en sortie de cette colonne :



Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

2.3. Profils des colonnes

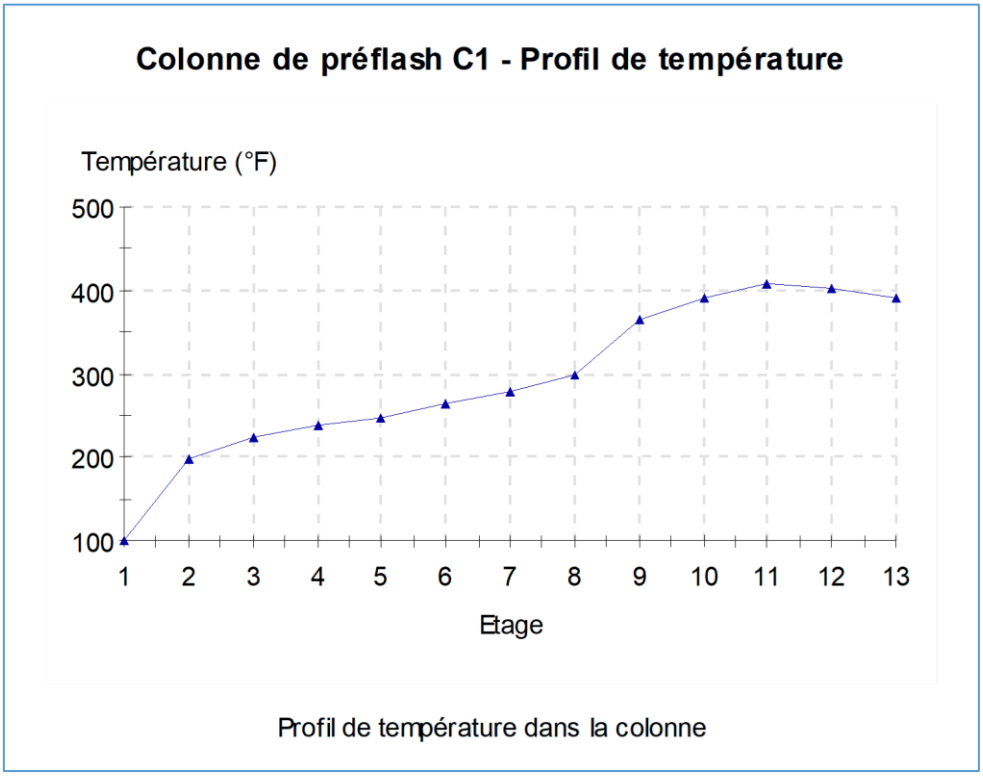
Les profils de colonne sont obtenus après la simulation dans la fenêtre de configuration de la colonne, sous l'onglet « Profils ». Un double-clic sur le profil souhaité génère le graphique.



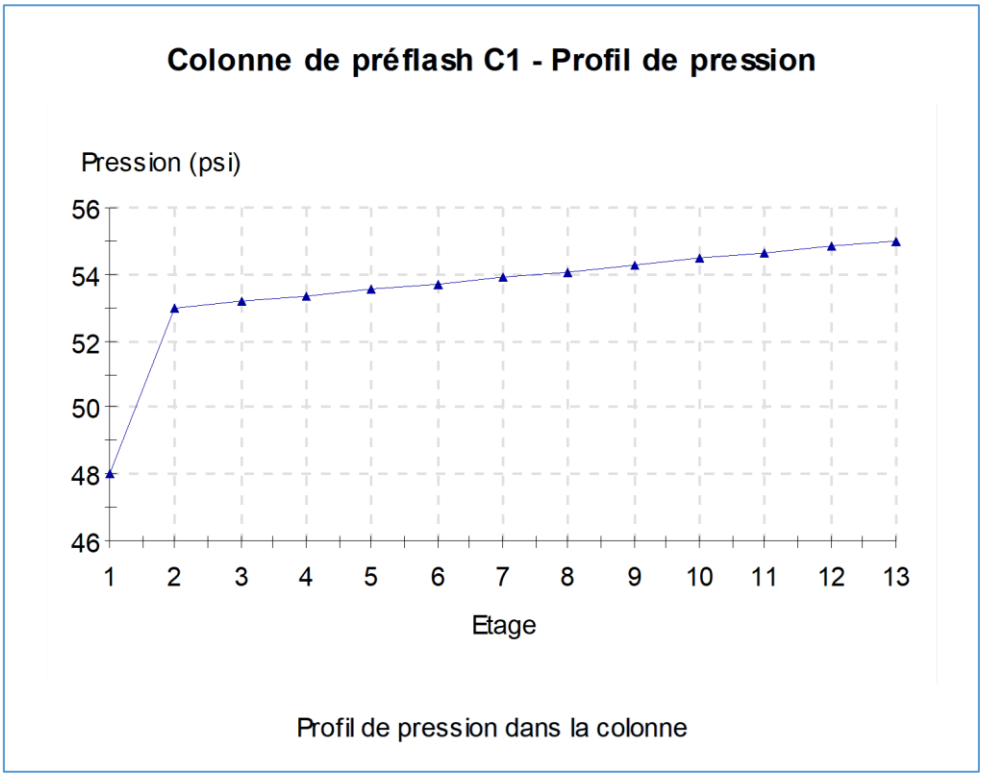
Remarque : dans ProSimPlus, les étages des colonnes sont numérotés de haut en bas (le premier plateau correspond au condenseur, le dernier au rebouilleur).

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

Colonne de préflash C1 :

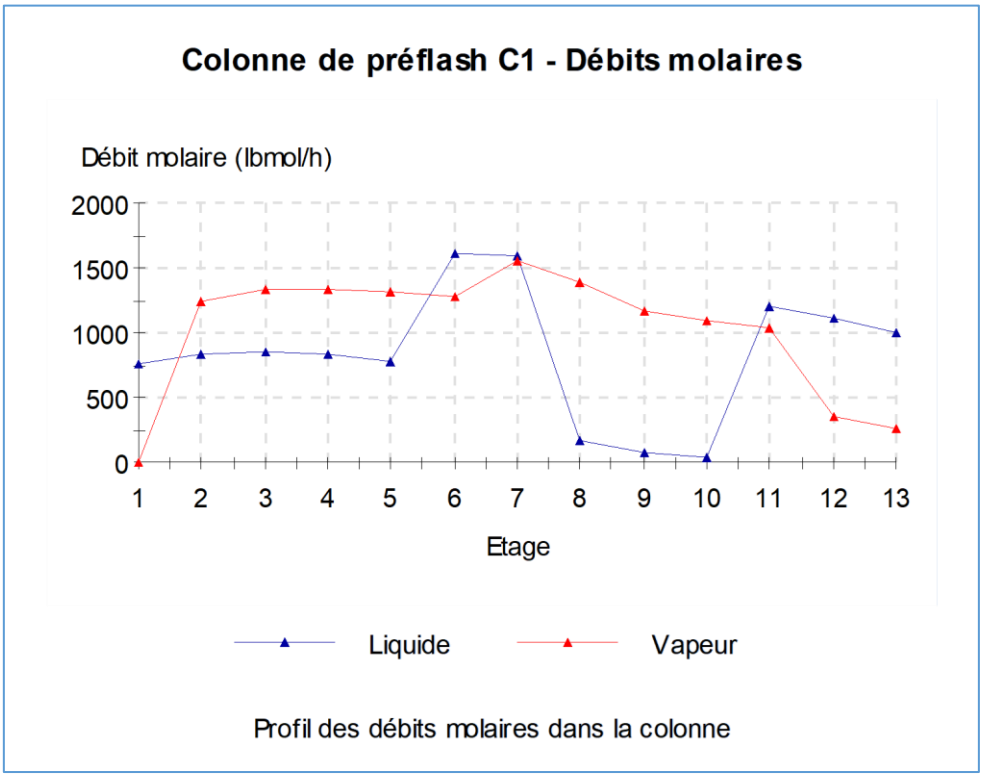


Profil de température dans la colonne



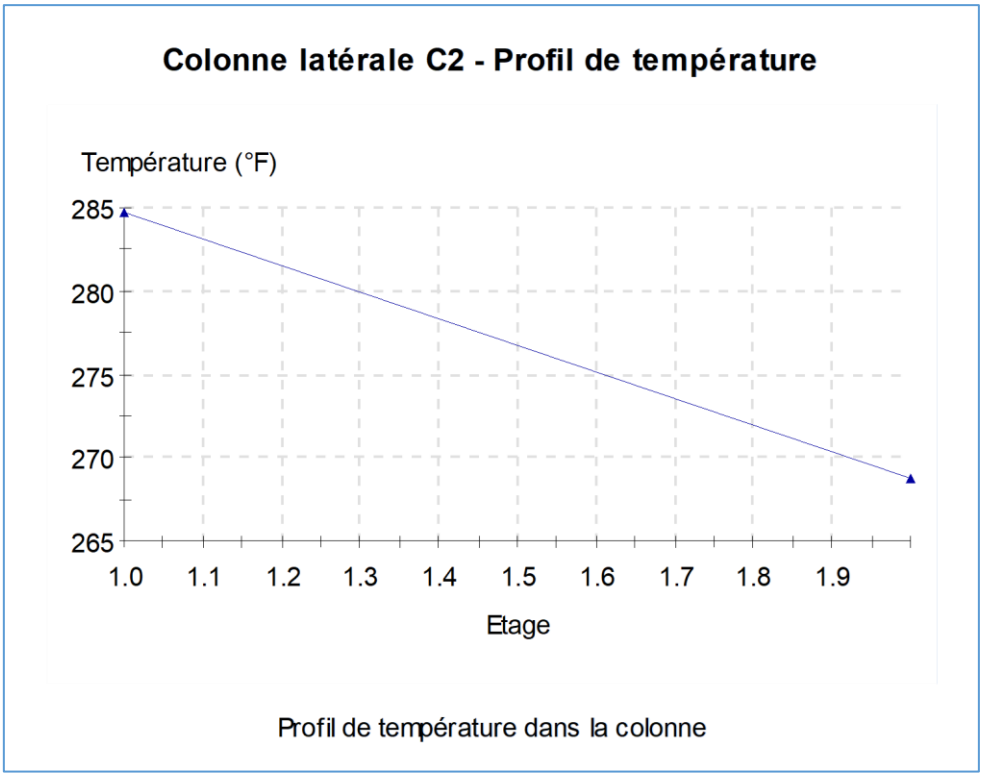
Profil de pression dans la colonne

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés



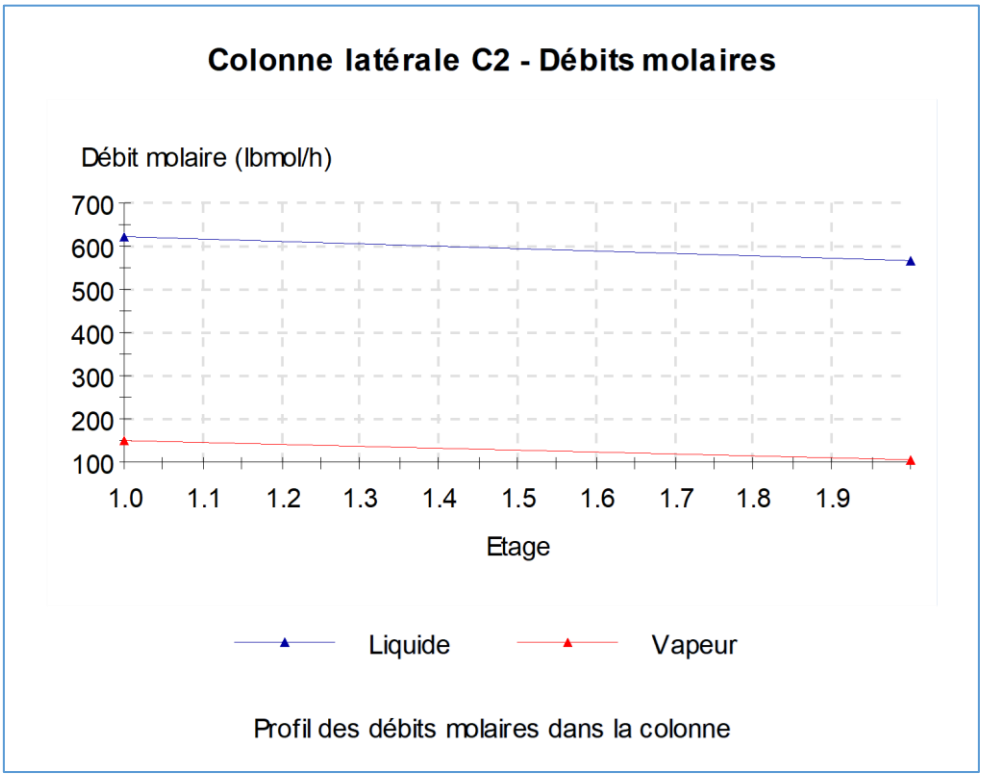
Profil des débits molaires dans la colonne

Colonne latérale C2 :



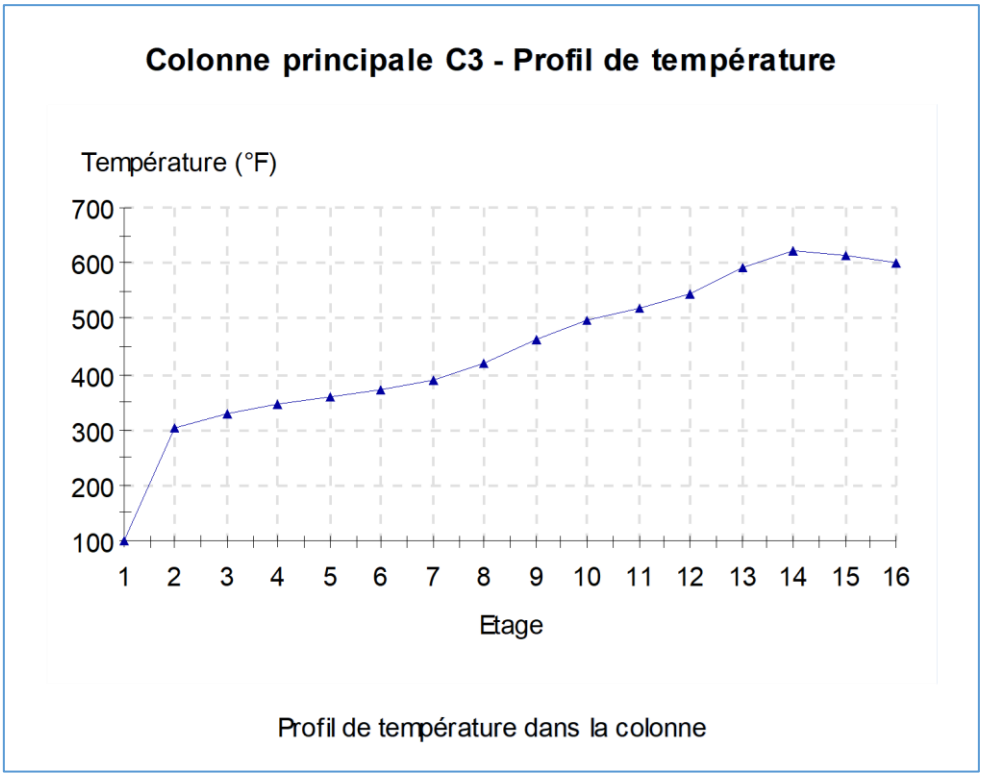
Profil de température dans la colonne

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés



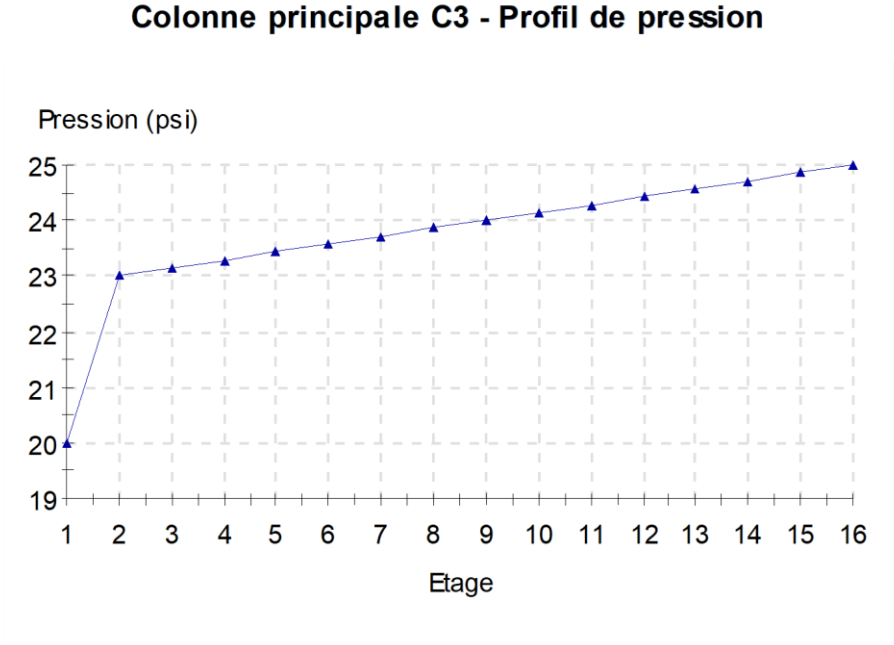
Profil des débits molaires dans la colonne

Colonne principale C3 :

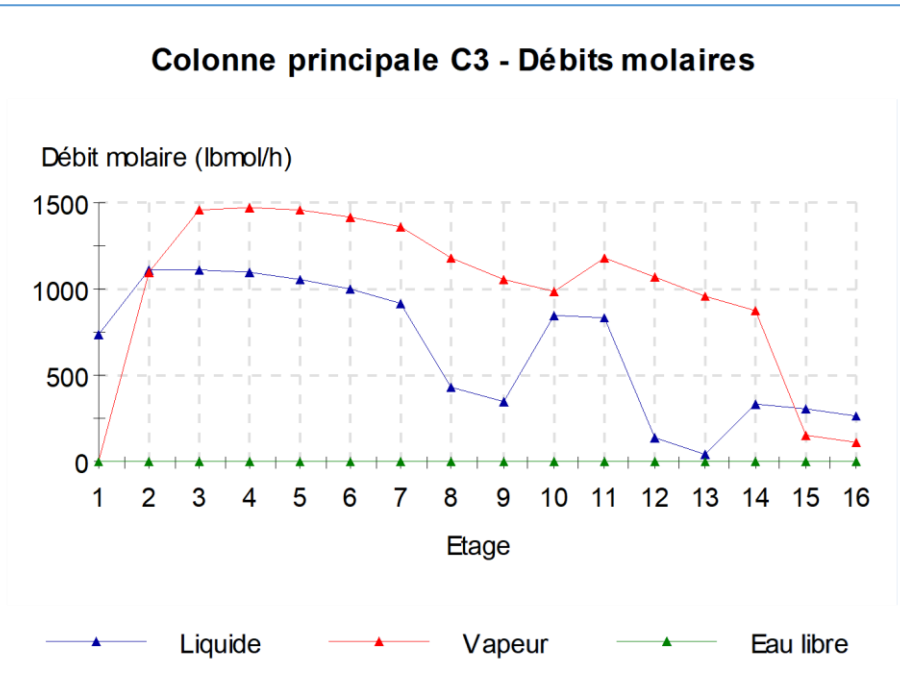


Profil de température dans la colonne

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés



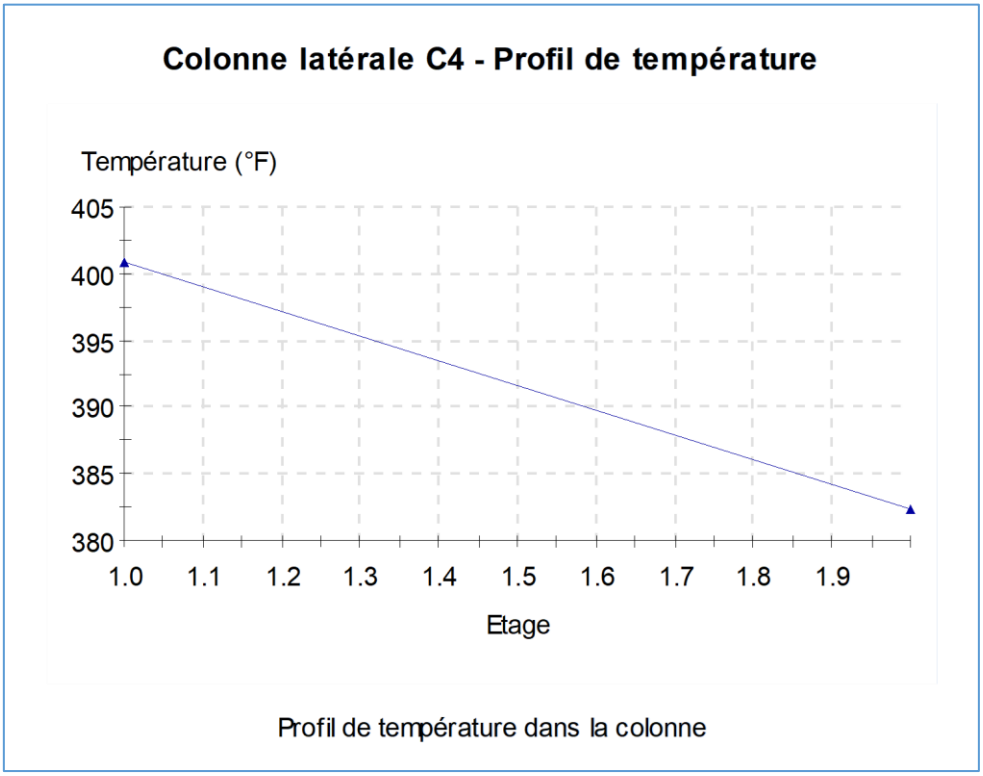
Profil de pression dans la colonne



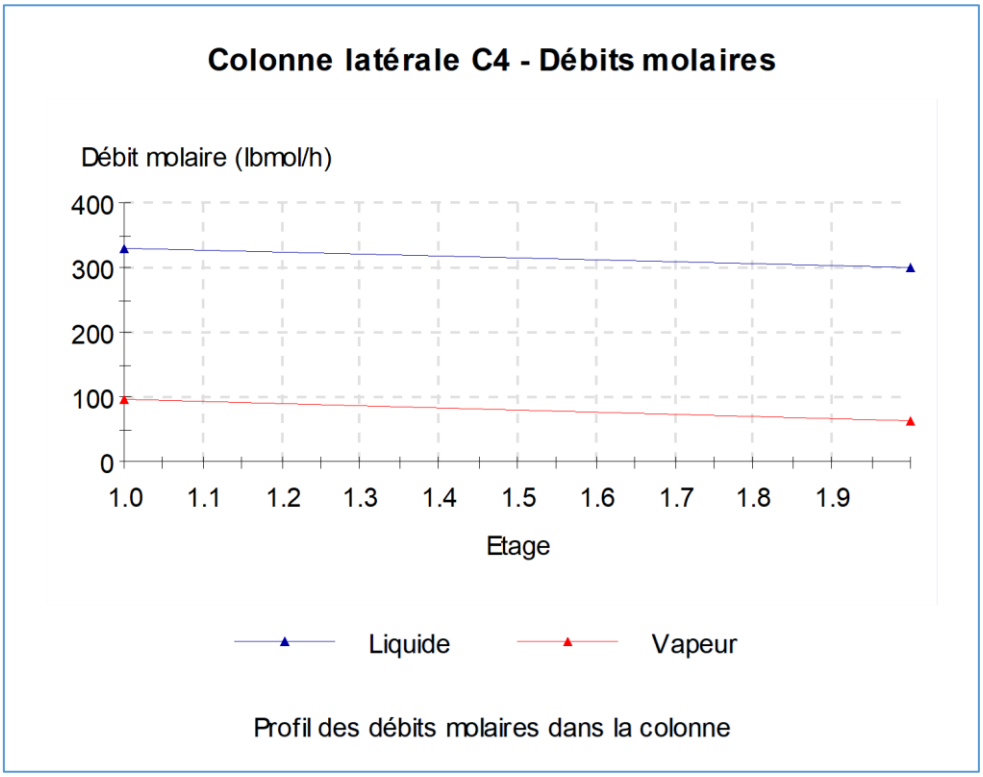
Profil des débits molaires dans la colonne

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

Colonne latérale C4 :



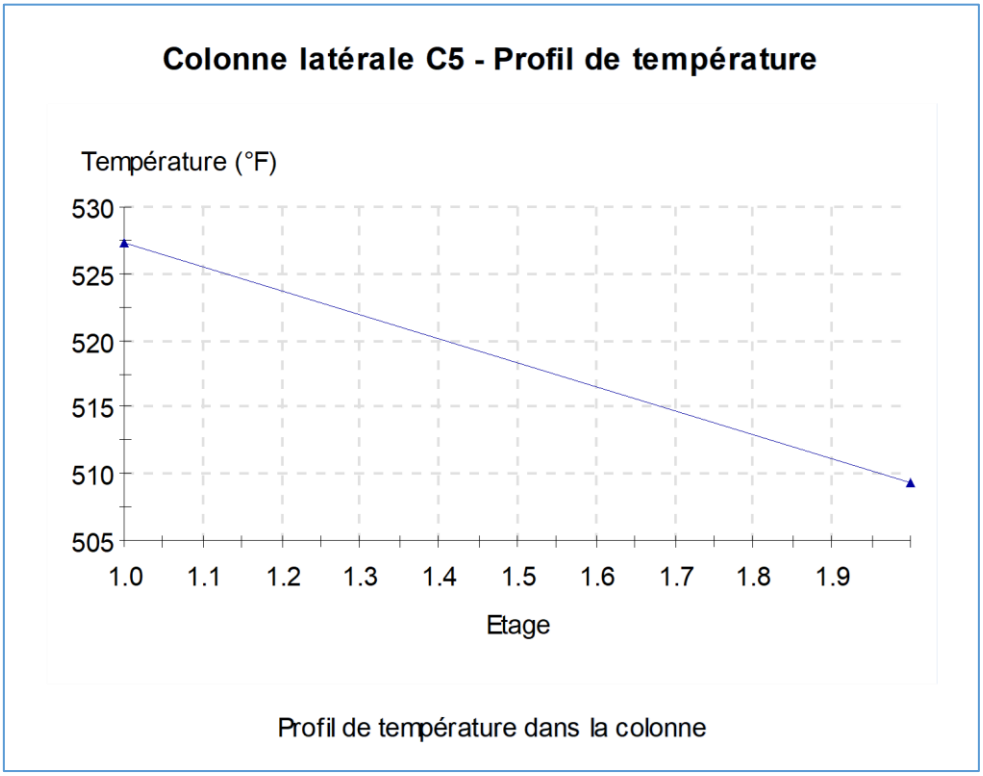
Profil de température dans la colonne



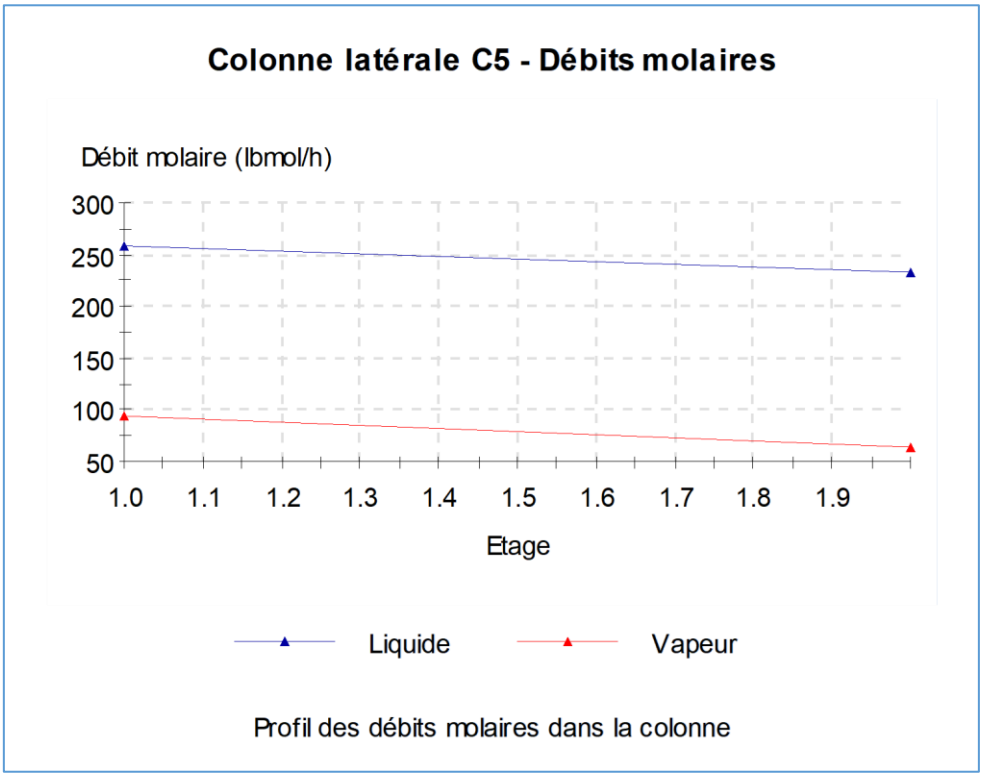
Profil des débits molaires dans la colonne

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

Colonne latérale C5 :



Profil de température dans la colonne



Profil des débits molaires dans la colonne

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

BIBLIOGRAPHIE

[SIM83] Simulation Sciences Inc., SimSci Manual, Revision 1 (1983)

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés