

EXEMPLE D'APPLICATION DE PROSIMPLUS

SIMULATION D'UNE UNITE DE DISTILLATION ATMOSPHERIQUE

INTERET DE L'EXEMPLE

Cet exemple illustre la simulation d'une unité de distillation atmosphérique de pétrole brut sous ProSimPlus.

DIFFUSION	<input checked="" type="checkbox"/> Libre-Internet	<input type="checkbox"/> Réservée clients	<input type="checkbox"/> Restreinte	<input type="checkbox"/> Confidentielle
-----------	--	---	-------------------------------------	---

FICHIER PROSIMPLUS CORRESPONDANT	<i>PSPS_EX_FR-Distillation-Atmospherique.pmp3</i>
---	---

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	7
1.5. Conditions opératoires	7
1.5.1. Alimentations	7
1.5.2. Colonne Principale	7
1.5.3. Colonne latérale 1	9
1.5.4. Colonne latérale 2	9
1.5.5. Colonne latérale 3	10
1.5.6. Paramètres numériques	10
2. RESULTATS	10
2.1. Bilans matière et énergie	10
2.2. Performances du procédé	13
2.3. Profils des colonnes	15
BIBLIOGRAPHIE	21

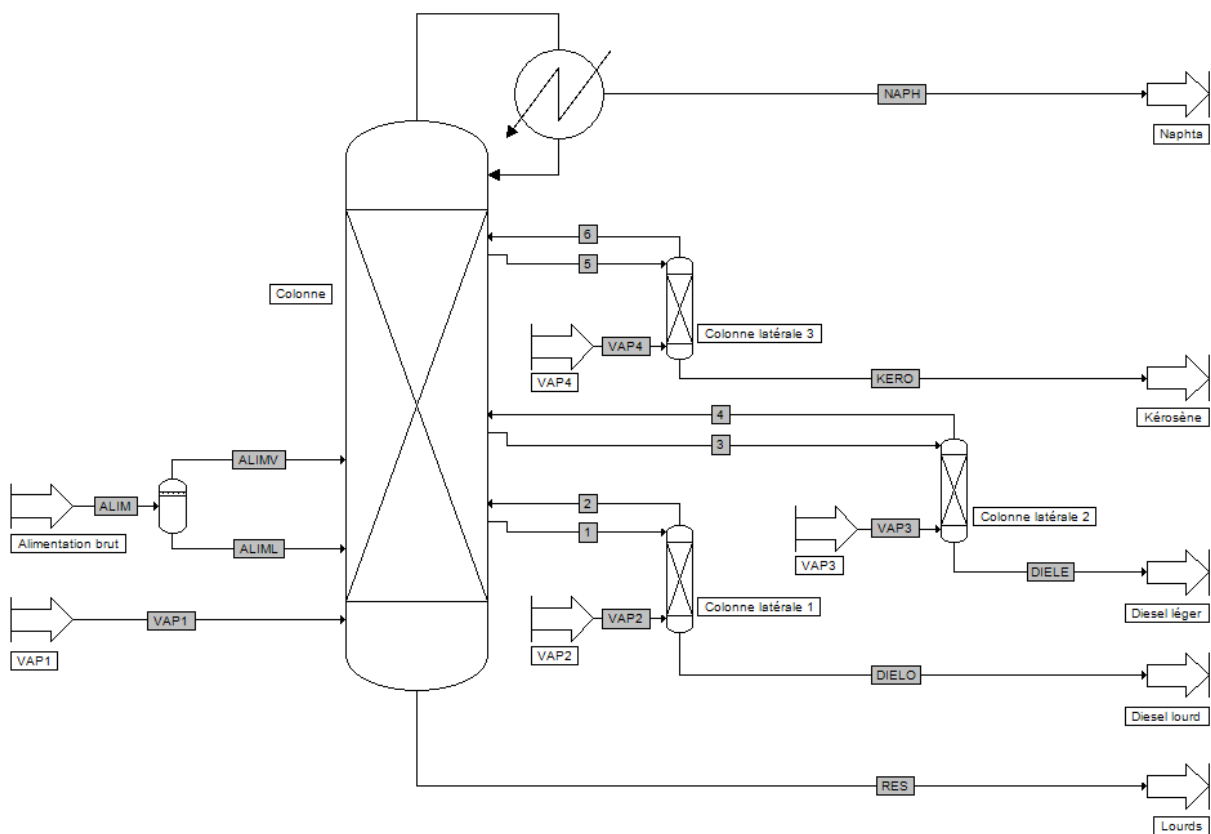
1. MODELISATION DU PROCEDE

1.1. Présentation du procédé

Le système de distillation se compose d'une colonne principale couplée à trois colonnes latérales. Il s'agit d'une colonne de stripping avec condenseur partiel.

L'ensemble des données d'entrée de ce problème est disponible dans [SIM84].

1.2. Schéma du procédé



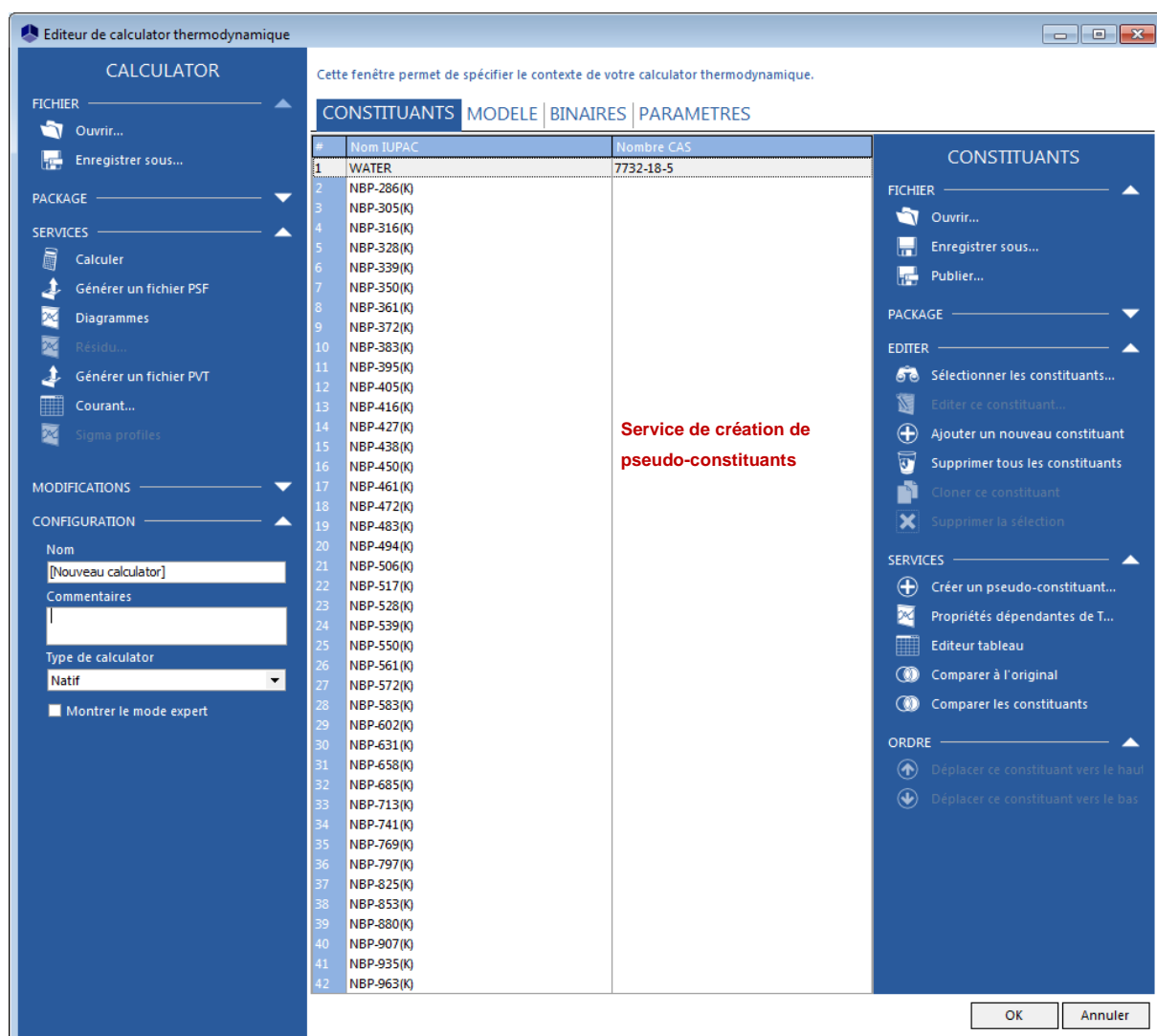
1.3. Constituants

Le brut à traiter est composé de 41 pseudo-constituants. L'eau intervient également dans ce procédé.

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

- ASTM D86 corrigée,
- densité API moyenne,
- courbe de densité API.

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



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

Coupes pétrolières

Type de courbe source :

ASTM D86 corrigée

DONNEES

Copier dans le presse-papier

Coller les données

Insérer une nouvelle ligne

Supprimer la ligne courante

Tracer le graphe...

OPTIONS

Densité API moyenne

Courbe de densité API

UNITES

Température

°F

Densité API moyenne

31,2000

Pourcentage volumique distillé	Températures	Pourcentage volumique distillé	Courbe de densité API
0,00000	120 °F	12,3000	70,1000
3,00000	160 °F	25,8400	46,2000
5,50000	180 °F	29,3000	41,6000
7,00000	200 °F	34,8000	34,5000
9,00000	220 °F	70,0000	16,7000
11,0000	240 °F		
13,0000	260 °F		
15,0000	280 °F		
17,5000	300 °F		
20,0000	320 °F		
22,0000	340 °F		
23,5000	360 °F		
26,0000	380 °F		
27,5000	400 °F		
29,5000	420 °F		
31,0000	440 °F		
32,5000	460 °F		
34,5000	480 °F		
36,5000	500 °F		
38,0000	520 °F		
40,0000	540 °F		
42,0000	560 °F		
44,0000	580 °F		
46,5000	600 °F		
48,5000	620 °F		
51,0000	640 °F		
53,5000	660 °F		
58,0000	680 °F		
61,5000	700 °F		
70,0000	768,4 °F		
90,0000	1009,2 °F		
95,0000	1076,3 °F		
100,000	1155,9 °F		

Options...

Light ends...

Convertir >

Annuler

La courbe de distillation est découpée de la manière suivante (méthode de conversion API 1963) : 27 constituants entre 60 °F et 600 °F, et 16 constituants entre 600 °F et 1400 °F.

Options

Intervalles Conversions

Intervalles de température pour le découpage des courbes de distillation

Valeurs exprimées en : °F

Copier Coller Réinitialiser

T Min.	T Max.	Nbre. de constituants	Delta T
60	600	27	20
600	1400	16	50

Ok Annuler

Options

Intervalles Conversions

Méthode de conversion ASTM D86-TBP

Méthode utilisée : API 1963

Ok Annuler

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 l'option « 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 87 890 bbl/d (3662,08 bbl/h) de brut. Il s'agit d'un débit volumique standard liquide. Le brut aux conditions d'alimentation de la colonne est liquide/vapeur ($T = 617\text{ }^{\circ}\text{F}$; $P = 25\text{ psi}$), le débit molaire correspondant est de 5 306,5 lbmol/h.

Les débits vapeur alimentant la colonne et les colonnes latérales sont les suivants :

- Courant « VAP1 » : 4 870 lb/h ($T = 792\text{ }^{\circ}\text{F}$; $P = 77,3\text{ psi}$)
- Courant « VAP2 » : 558 lb/h ($T = 792\text{ }^{\circ}\text{F}$; $P = 77,3\text{ psi}$)
- Courant « VAP3 » : 540 lb/h ($T = 792\text{ }^{\circ}\text{F}$; $P = 77,3\text{ psi}$)
- Courant « VAP4 » : 550 lb/h ($T = 792\text{ }^{\circ}\text{F}$; $P = 77,3\text{ psi}$)

1.5.2. Colonne Principale

1.5.2.1. Paramétrage

- Caractéristiques :
 - o Stripper avec condenseur partiel
 - o Nombre d'étages théoriques : 19
 - o Spécification de fonctionnement en débit de reflux
 - o Débit de reflux : 0 lbmol/h
 - o Débit de distillat liquide : 0 lbmol/h
 - o Profil de pression : 28,7 psi au condenseur, 28,7 psi au plateau 2, 32,7 au plateau 17 et 33 psi en pied
- Alimentations :
 - o Courant ALIMV au plateau 17 (fraction vapeur de l'alimentation flashée à la pression du plateau 18 soit 32,85 psi)

- Courant ALIML au plateau 18 (fraction liquide de l'alimentation flashée)
- Courant 2 au plateau 15 (courant de tête de la colonne latérale 1)
- Courant 4 au plateau 12 (courant de tête de la colonne latérale 2)
- Courant 6 au plateau 7 (courant de tête de la colonne latérale 3)
- Soutirage :
 - Courant 1 au plateau 16 (courant alimentant la colonne latérale 1)
 - Courant 3 au plateau 13 (courant alimentant la colonne latérale 2)
 - Courant 5 au plateau 8 (courant alimentant la colonne latérale 3)
- Pumparound 1 :
 - Du plateau 4 au plateau 2 (phase liquide)
 - Débit : 4 019,4 bbl/h
 - Puissance : - 80 MBtu/h (refroidissement, valeur initiale)
- Pumparound 2 :
 - Du plateau 10 au plateau 9 (phase liquide)
 - Débit : 2 728,2 bbl/h
 - Puissance : - 7 MBtu/h (refroidissement)
- Pumparound 3 :
 - Du plateau 15 au plateau 14 (phase liquide)
 - Débit : 1 037,8 bbl/h
 - Puissance : - 8,7 MBtu/h (refroidissement)

1.5.2.2. Objectifs

- Débit de résidu liquide : 52 696 bbl/d (2195,7 bbl/h) volumique standard liquide
- Variable d'action : puissance au pumparound 1

1.5.2.3. Initialisation

- Débit de soutirage liquide au plateau 8 : 100 lbmol/h (ce débit est ajusté par une spécification sur la colonne latérale 3).
- Débit de soutirage liquide au plateau 13 : 100 lbmol/h (ce débit est ajusté par une spécification sur la colonne latérale 2).

- Débit de soutirage liquide au plateau 16 : 100 lbmol/h (ce débit est ajusté par une spécification sur la colonne latérale 1).
- Puissance au rebouilleur du pumparound 1 : - 80 MBtu/h (refroidissement)

1.5.3. Colonne latérale 1

1.5.3.1. Paramétrage

- Caractéristiques :
 - o Absorbeur
 - o Nombre d'étages théoriques : 2
 - o Pression : 32,3 psi en tête, perte de charge dans le reste de la colonne : 0,2 psi

1.5.3.2. Objectifs

- Débit de résidu (DIELO) : 5 751 bbl/d (239,625 bbl/h) volumique standard liquide
- Variable d'action : débit d'alimentation (courant 1)

1.5.4. Colonne latérale 2

1.5.4.1. Paramétrage

- Caractéristiques :
 - o Absorbeur
 - o Nombre d'étages théoriques : 2
 - o Pression : 31,4 psi en tête, perte de charge dans le reste de la colonne : 0,2 psi

1.5.4.2. Objectifs

- Débit de résidu (DIELE) : 5 756 bbl/d (239,83 bbl/h) volumique standard liquide
- Variable d'action : débit d'alimentation (courant 3)

1.5.5. Colonne latérale 3

1.5.5.1. Paramétrage

- Caractéristiques :
 - o Absorbeur
 - o Nombre d'étages théoriques : 2
 - o Pression : 30 psi en tête, perte de charge dans le reste de la colonne : 0,2 psi

1.5.5.2. Objectifs

- Débit de résidu (KERO) : 2 005 bbl/d (83,54 bbl/h) volumique standard liquide
- Variable d'action : débit d'alimentation (courant 5)

1.5.6. Paramètres numériques

Les paramètres numériques par défaut pour chaque module sont utilisés.

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		ALIM	VAP1	VAP2	VAP3	VAP4
De		Alimentation brut	VAP1	VAP2	VAP3	VAP4
Vers		Flash	Colonne	Colonne latérale 1	Colonne latérale 2	Colonne latérale 3
Débit total	lbmol/h	5306,5	270,3	31,0	30,0	30,5
Fractions molaires						
WATER		0	1	1	1	1
NBP-286(K)		0,07262	0	0	0	0
NBP-305(K)		0,04447	0	0	0	0
NBP-316(K)		0,02341	0	0	0	0
NBP-328(K)		0,02360	0	0	0	0
NBP-339(K)		0,02328	0	0	0	0
NBP-350(K)		0,01796	0	0	0	0
NBP-361(K)		0,01977	0	0	0	0
NBP-372(K)		0,02518	0	0	0	0
NBP-383(K)		0,02519	0	0	0	0
NBP-395(K)		0,03198	0	0	0	0
NBP-405(K)		0,03823	0	0	0	0
NBP-416(K)		0,03460	0	0	0	0
NBP-427(K)		0,02629	0	0	0	0
NBP-438(K)		0,03465	0	0	0	0
NBP-450(K)		0,01641	0	0	0	0
NBP-461(K)		0,01538	0	0	0	0
NBP-472(K)		0,01356	0	0	0	0
NBP-483(K)		0,01024	0	0	0	0
NBP-494(K)		0,01093	0	0	0	0
NBP-506(K)		0,01354	0	0	0	0
NBP-517(K)		0,01825	0	0	0	0
NBP-528(K)		0,02016	0	0	0	0
NBP-539(K)		0,01641	0	0	0	0
NBP-550(K)		0,02296	0	0	0	0
NBP-561(K)		0,02279	0	0	0	0
NBP-572(K)		0,02187	0	0	0	0
NBP-583(K)		0,02019	0	0	0	0
NBP-602(K)		0,03245	0	0	0	0
NBP-631(K)		0,04841	0	0	0	0
NBP-658(K)		0,07300	0	0	0	0
NBP-685(K)		0,03980	0	0	0	0
NBP-713(K)		0,02569	0	0	0	0
NBP-741(K)		0,02184	0	0	0	0
NBP-769(K)		0,01910	0	0	0	0
NBP-797(K)		0,01708	0	0	0	0
NBP-825(K)		0,01560	0	0	0	0
NBP-853(K)		0,01443	0	0	0	0
NBP-880(K)		0,01266	0	0	0	0
NBP-907(K)		0,00743	0	0	0	0
NBP-935(K)		0,00479	0	0	0	0
NBP-963(K)		0,00382	0	0	0	0
Etat physique		Liq./Vap.	Vapor	Vapor	Vapor	Vapor
Température	°F	617,00	792,0	792,0	792,0	792,0
Pression	psi	25,00	77,3	77,3	77,3	77,3
Masse molaire	g/mol	209,79	18,0	18,0	18,0	18,0

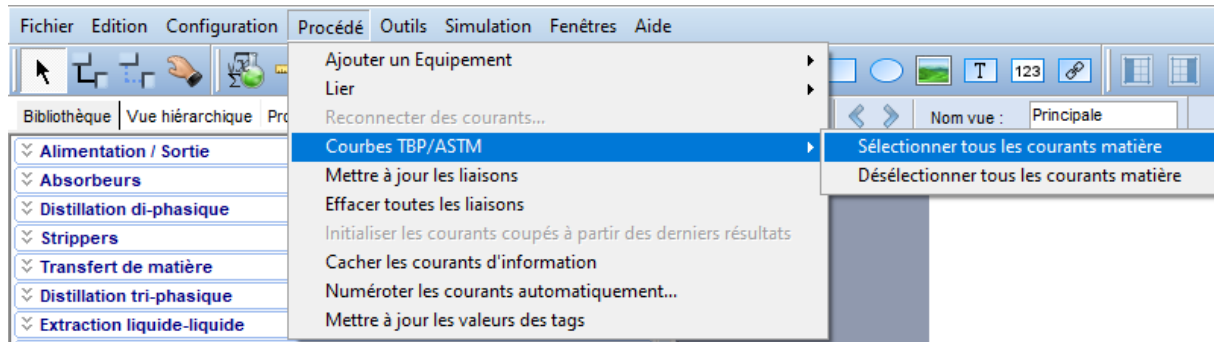
Sorties du procédé :

Courants		DIELE	DIELO	KERO	NAPH	RES
De		Colonne latérale 2	Colonne latérale 1	Colonne latérale 3	Colonne	Colonne
Vers		Diesel léger	Diesel lourd	Kérosène	Naphta	Brut étêté
Débit total	lbmol/h	390,1	347,9	145,8	2931,6	1852,9
Fractions molaires						
WATER		0,00646	0,00701	0,00817	0,11629	0,00796
NBP-286(K)		0,00014	0,00008	0,00007	0,13137	0,00008
NBP-305(K)		0,00016	0,00009	0,00009	0,08041	0,00008
NBP-316(K)		0,00012	0,00007	0,00007	0,04230	0,00005
NBP-328(K)		0,00018	0,00009	0,00012	0,04263	0,00007
NBP-339(K)		0,00025	0,00013	0,00018	0,04202	0,00010
NBP-350(K)		0,00028	0,00014	0,00022	0,03238	0,00010
NBP-361(K)		0,00045	0,00022	0,00038	0,03558	0,00015
NBP-372(K)		0,00082	0,00039	0,00076	0,04522	0,00026
NBP-383(K)		0,00118	0,00056	0,00121	0,04507	0,00036
NBP-395(K)		0,00218	0,00104	0,00246	0,05695	0,00065
NBP-405(K)		0,00370	0,00177	0,00459	0,06759	0,00106
NBP-416(K)		0,00473	0,00228	0,00648	0,06057	0,00132
NBP-427(K)		0,00497	0,00241	0,00761	0,04540	0,00135
NBP-438(K)		0,00887	0,00431	0,01550	0,05876	0,00236
NBP-450(K)		0,00577	0,00279	0,01232	0,02705	0,00150
NBP-461(K)		0,00733	0,00347	0,02085	0,02425	0,00185
NBP-472(K)		0,00884	0,00401	0,03691	0,01972	0,00212
NBP-483(K)		0,00983	0,00396	0,06135	0,01239	0,00208
NBP-494(K)		0,01821	0,00558	0,12945	0,00846	0,00285
NBP-506(K)		0,04389	0,00943	0,21426	0,00405	0,00449
NBP-517(K)		0,09775	0,01796	0,23814	0,00129	0,00754
NBP-528(K)		0,14219	0,02875	0,14949	0,00022	0,01028
NBP-539(K)		0,12467	0,03358	0,05188	0,00002	0,01033
NBP-550(K)		0,16179	0,06413	0,02636	3E-06	0,01758
NBP-561(K)		0,13328	0,08256	0,00826	2E-07	0,02106
NBP-572(K)		0,09637	0,09606	0,00223	1E-08	0,02414
NBP-583(K)		0,06111	0,09952	0,00052	7E-10	0,02622
NBP-602(K)		0,04089	0,16212	0,00006	0	0,05388
NBP-631(K)		0,01089	0,17184	9E-07	0	0,10407
NBP-658(K)		0,00256	0,14681	1E-08	0	0,18096
NBP-685(K)		0,00016	0,03585	0	0	0,10721
NBP-713(K)		0,00001	0,00784	0	0	0,07210
NBP-741(K)		5E-07	0,00202	0	0	0,06216
NBP-769(K)		4E-08	0,00053	0	0	0,05460
NBP-797(K)		6E-09	0,00017	0	0	0,04889
NBP-825(K)		4E-09	0,00010	0	0	0,04467
NBP-853(K)		3E-08	0,00013	0	0	0,04130
NBP-880(K)		3E-07	0,00018	0	0	0,03621
NBP-907(K)		2E-09	0,00001	0	0	0,02128
NBP-935(K)		0	1E-07	0	0	0,01373
NBP-963(K)		0	9E-10	0	0	0,01094
Etat physique		Liquide	Liquide	Liquide	Vapeur	Liquide
Température	°F	487,7	552,4	415,6	319,5	611,5
Pression	psi	31,6	32,5	30,2	28,7	33,0
Masse molaire	g/mol	188,0	221,3	168,5	91,2	365,6

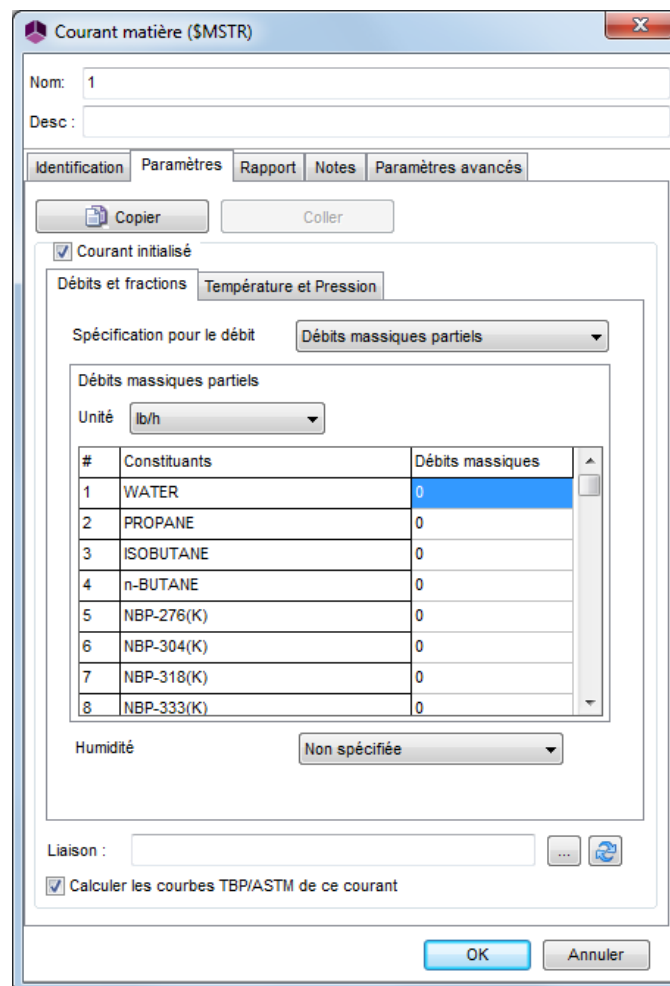
2.2. Performances du procédé

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 :

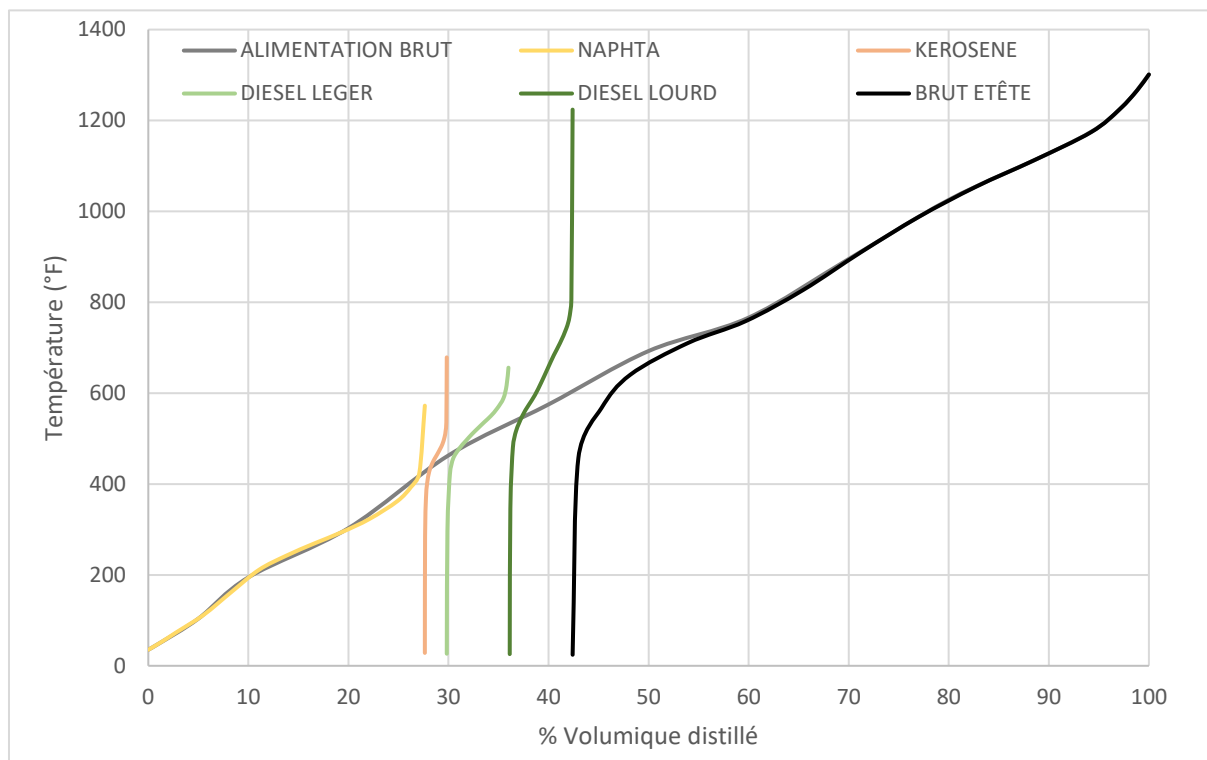


- Cocher la case « Calculer les courbes TBP/ASTM de ce courant » au niveau de la fenêtre de définition du courant matière dont il faut calculer les courbes TBP/ASTM à la prochaine simulation, comme illustré sur la figure suivante :



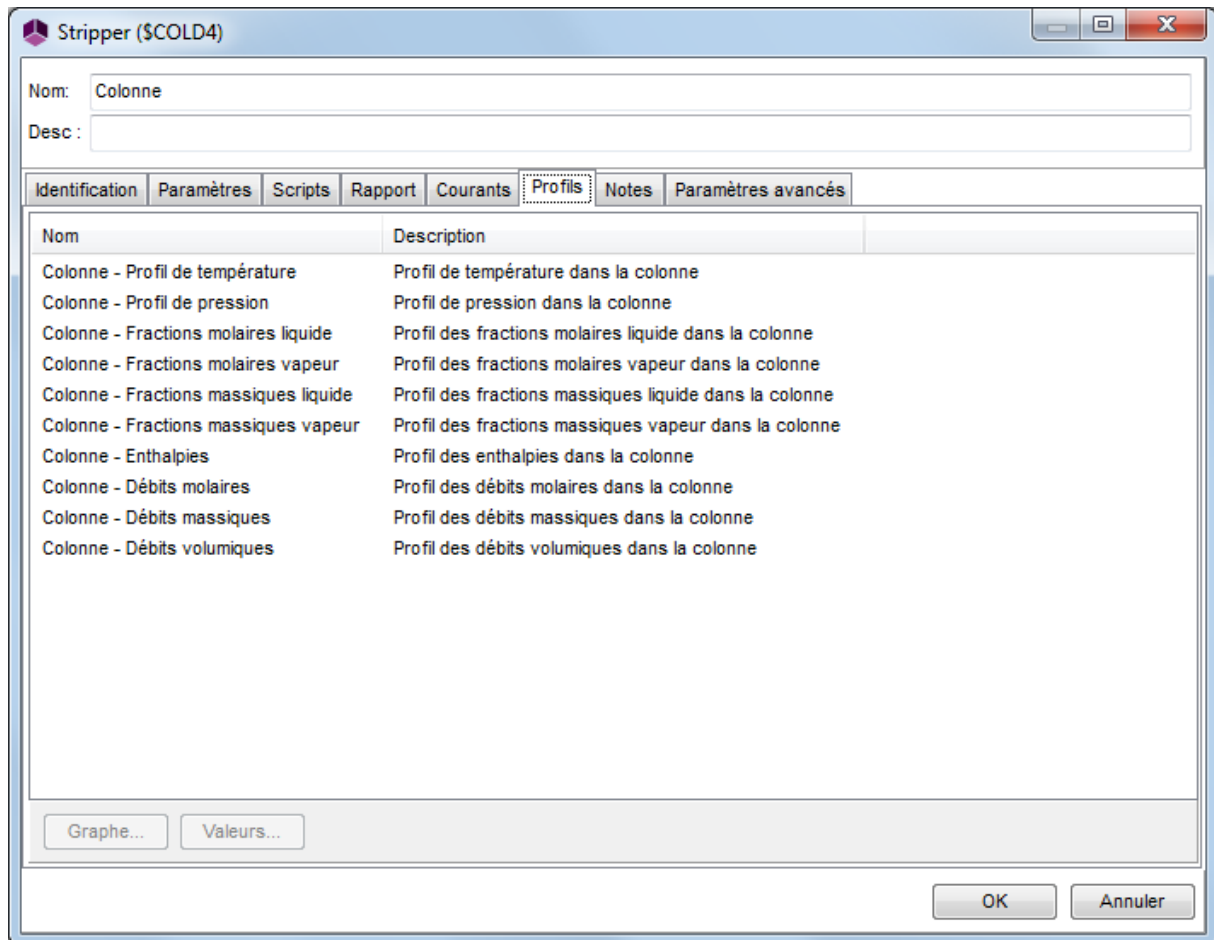
Pour atteindre cette option, il faut cocher la case « Courant initialisé » puis la décocher une fois la case « Calculer les courbes TBP/ASTM de ce courant » cochée.

La figure suivante illustre sur un même graphique les courbes TBP à 760 mmHg du pétrole brut entrant dans la colonne principale et celles des coupes obtenues :



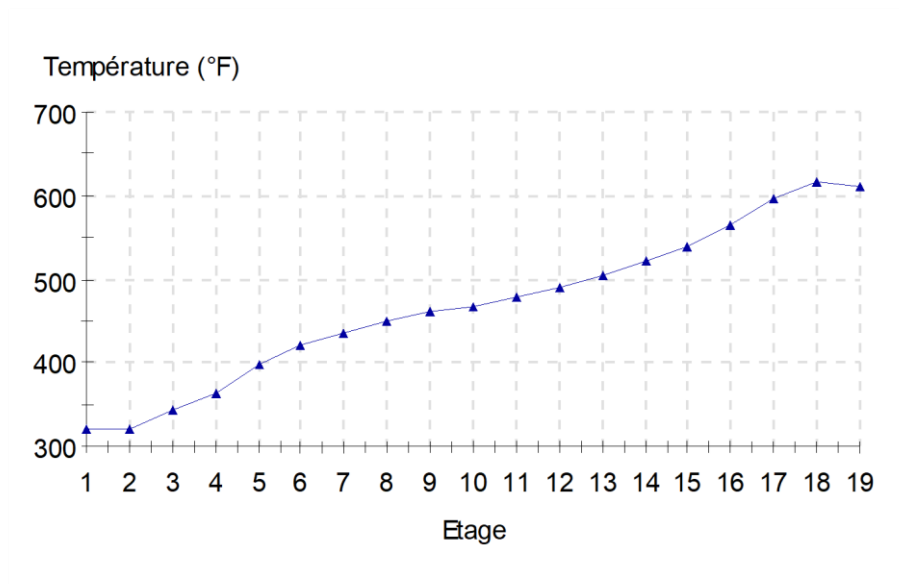
2.3. Profils des colonnes

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

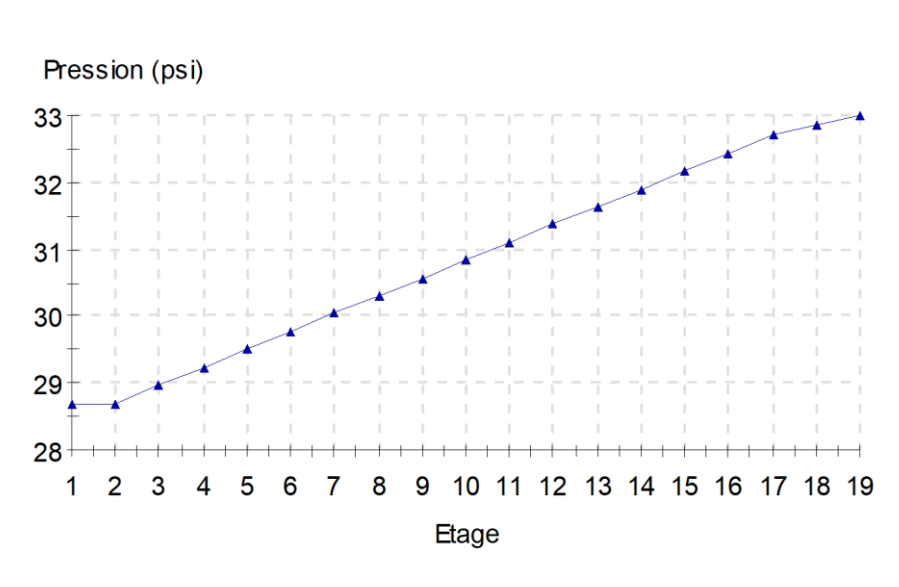


Remarque : dans ProSimPlus, les étages des colonnes sont numérotés de haut en bas (le premier plateau correspond au condenseur, le dernier au rebouilleur).

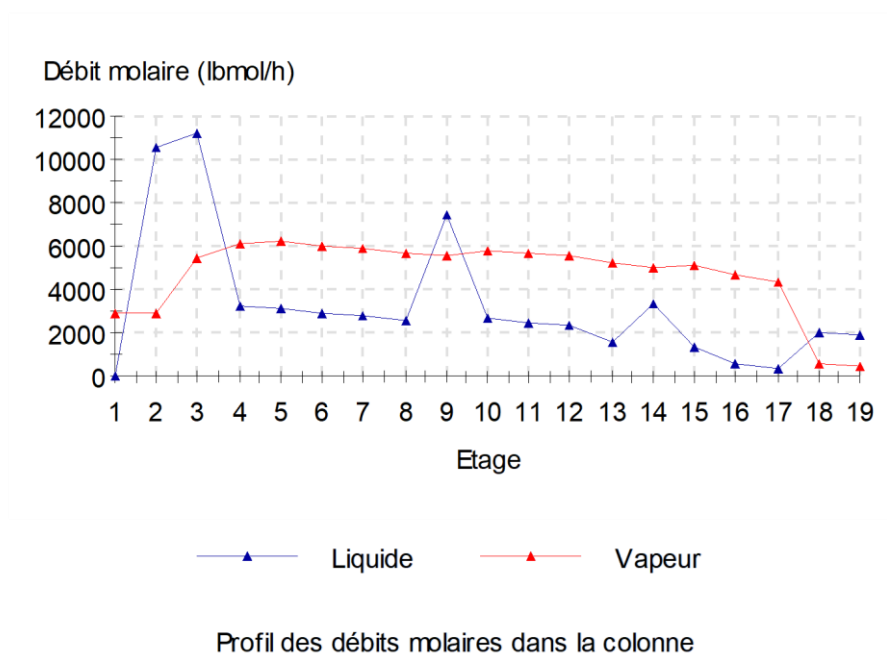
Colonne :

Colonne - Profil de température

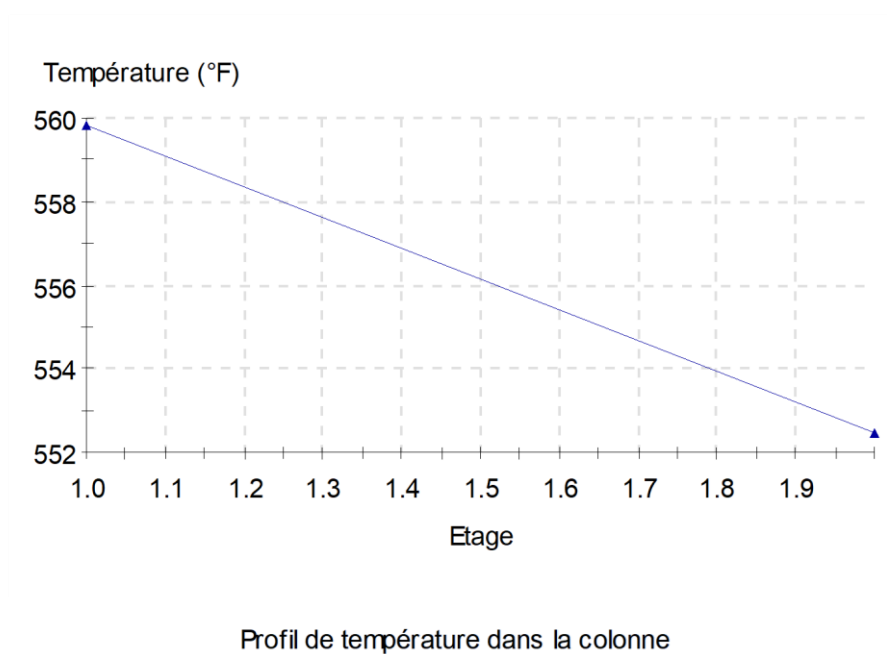
Profil de température dans la colonne

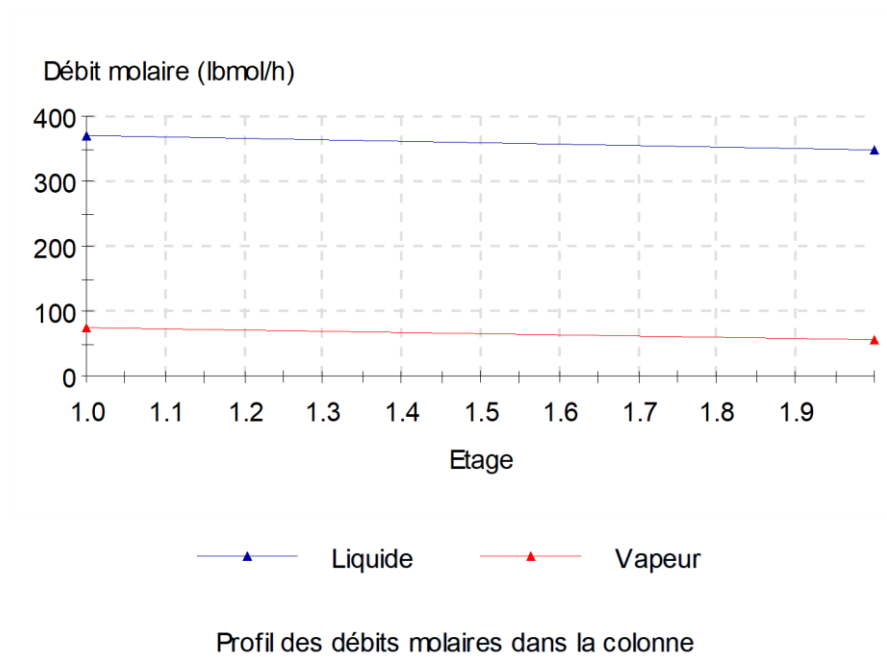
Colonne - Profil de pression

Profil de pression dans la colonne

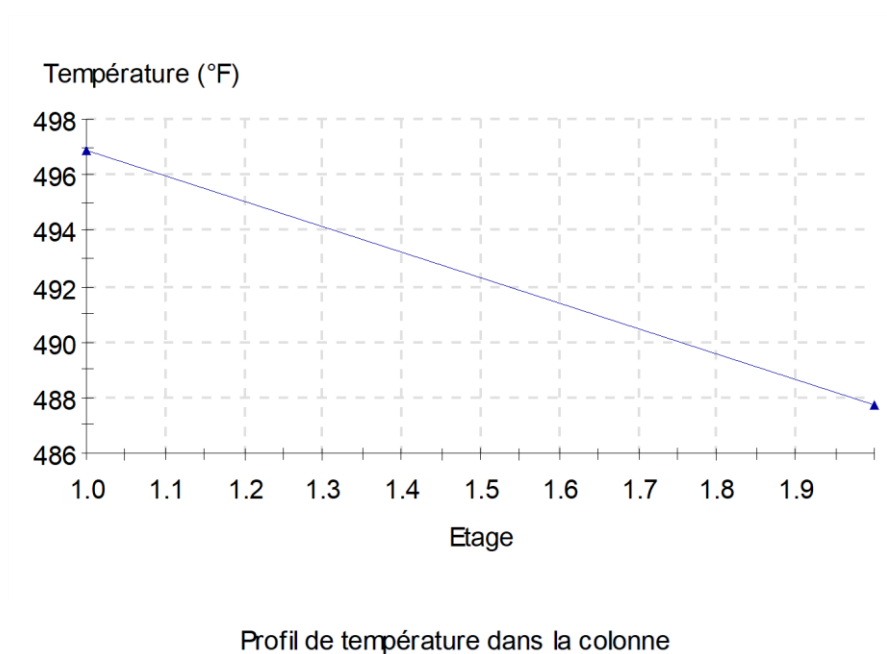
Colonne - Débits molaires

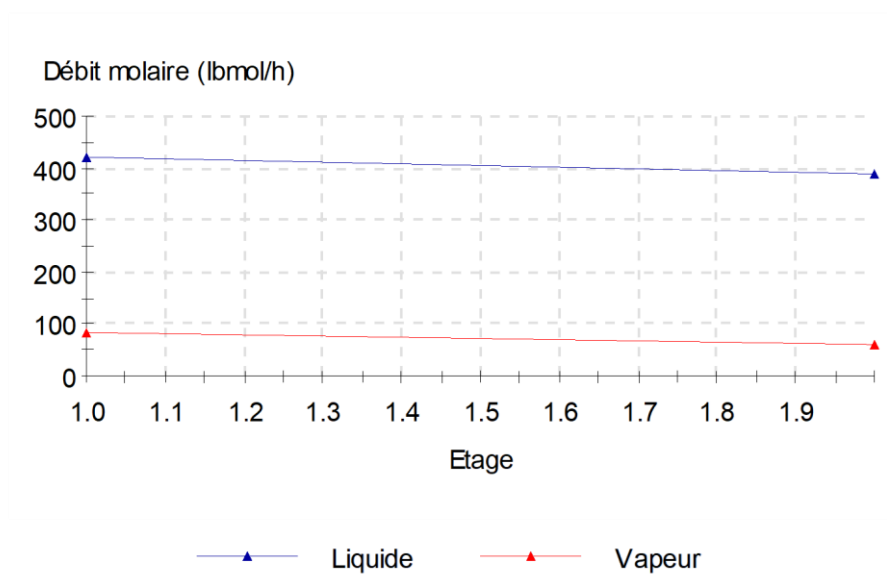
Colonne latérale 1 :

Colonne latérale 1 - Profil de température

Colonne latérale 1 - Débits molaires

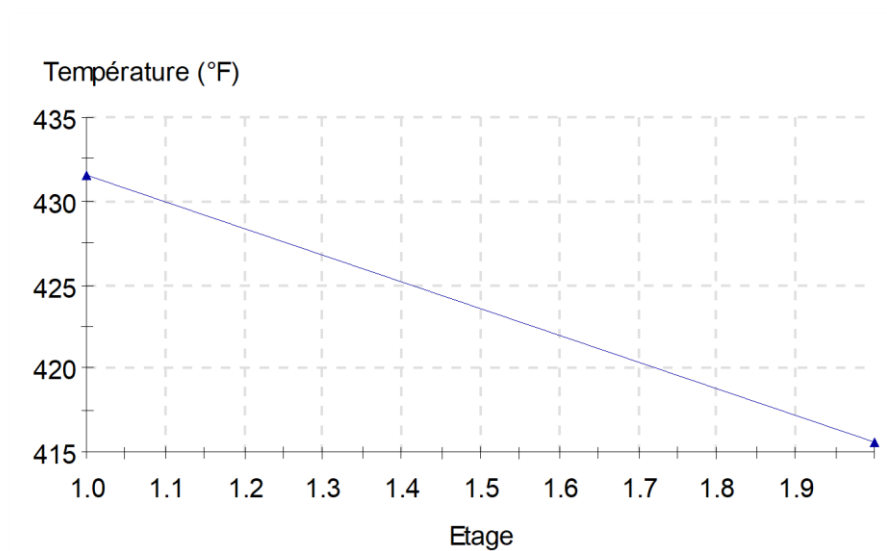
Colonne latérale 2 :

Colonne latérale 2 - Profil de température

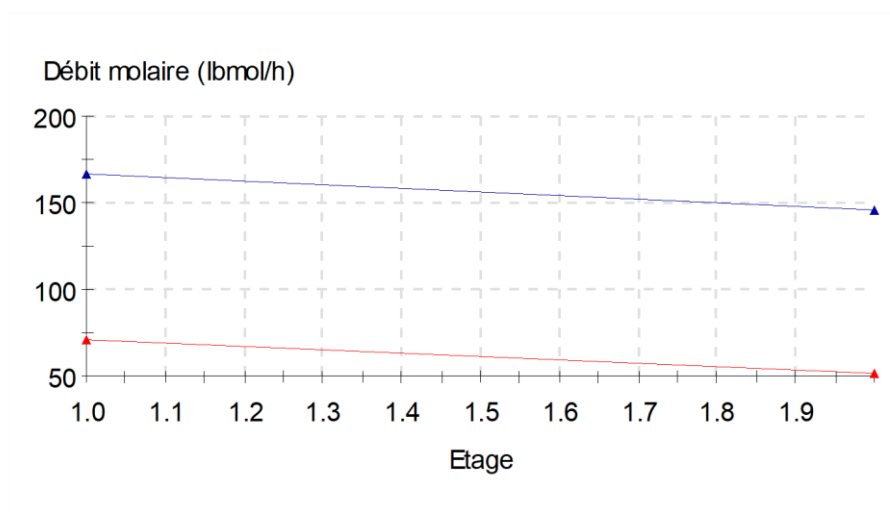
Colonne latérale 2 - Débits molaires

Profil des débits molaires dans la colonne

Colonne latérale 3 :

Colonne latérale 3 - Profil de température

Profil de température dans la colonne

Colonne latérale 3 - Débits molaires

—▲— Liquide —▲— Vapeur

Profil des débits molaires dans la colonne

BIBLIOGRAPHIE

- [SIM84] Simulation Sciences Inc., Cooling Distribution on Heavy Ends Cuts, SimSci Process – Technical Bulletin #34 (1984).