

EXEMPLE D'APPLICATION DE PROSIMPLUS

SIMULATION D'UNE COLONNE DE FRACTIONNEMENT D'UNE UNITE DE CRAQUAGE

INTERET DE L'EXEMPLE

Cet exemple illustre la simulation d'une colonne de fractionnement d'une unité de craquage sous ProSimPlus.

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

FICHER PROSIMPLUS CORRESPONDANT *PSPS_EX_FR-Colonne-de-Fractionnement.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	6
1.5. Conditions opératoires	7
1.5.1. Alimentations	7
1.5.2. Colonne Principale	8
1.5.3. Side-stripper	10
1.5.4. Flash triphasique généralisé	10
1.5.5. Paramètres numériques	10
2. RESULTATS	11
2.1. Bilans matière et énergie	11
2.2. Performances du procédé	14
2.3. Profils de la colonne	16
BIBLIOGRAPHIE	20

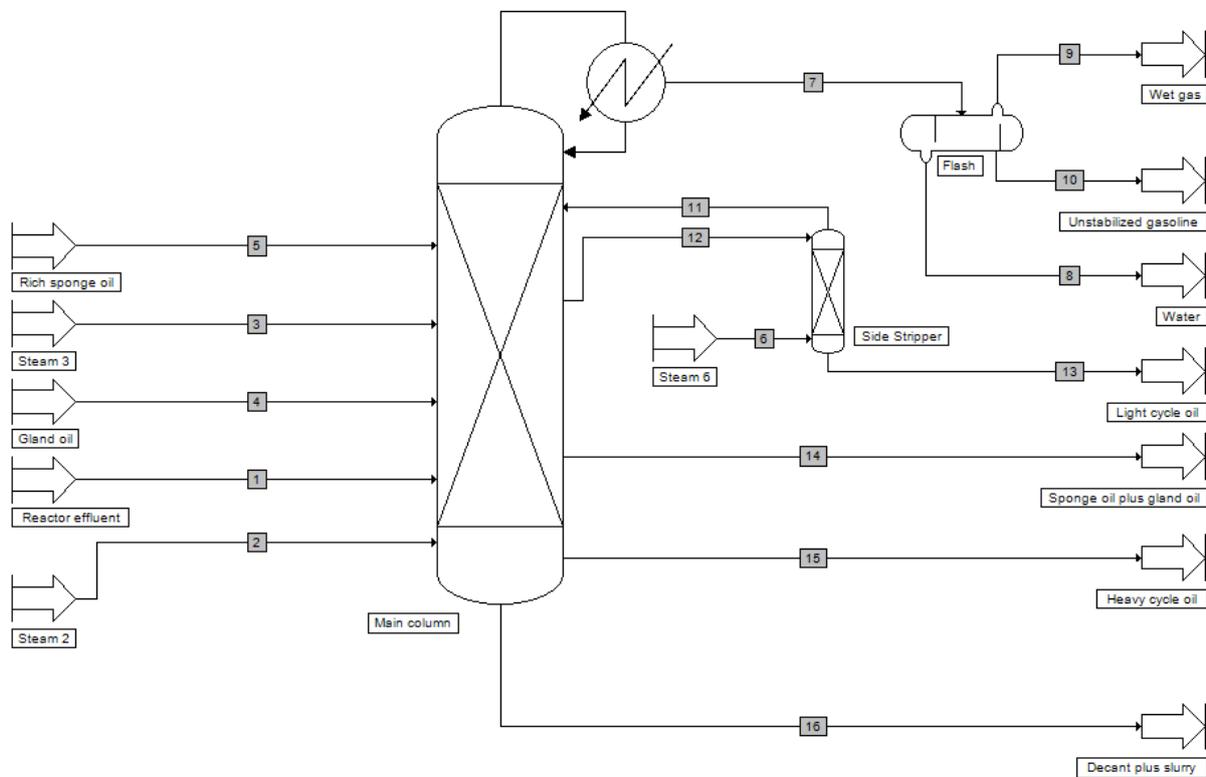
1. MODELISATION DU PROCÉDE

1.1. Présentation du procédé

Le système de distillation se compose d'une colonne principale couplée à un side-stripper. Il s'agit d'une colonne de stripping avec condenseur partiel et d'un flash triphasique.

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

1.2. Schéma du procédé



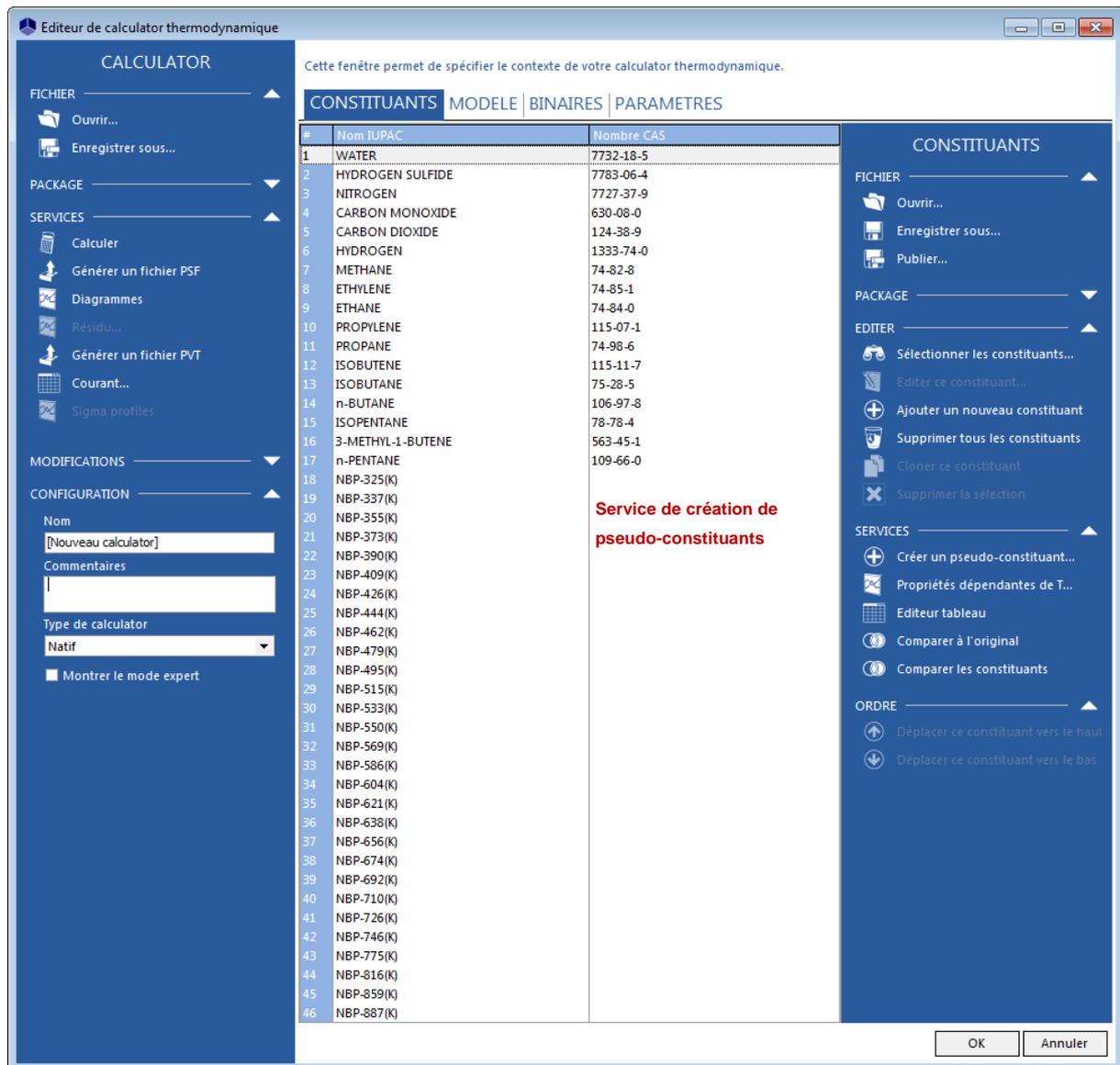
1.3. Constituants

La colonne de fractionnement est alimentée par l'effluent d'hydrocarbures provenant du réacteur de craquage (« Reactor Effluent »), deux produits contenant des hydrocarbures et des légers (« Gland oil » et « Rich sponge oil ») et de la vapeur.

Les courants « Reactor effluent », « Gland oil » et « Rich sponge oil » sont des mélanges de coupes pétrolières définies à partir de données de courbes de distillation et de la composition en légers. Les pseudo-constituants ont été générés à partir de leur température normale d'ébullition, masse molaire et densité (fournies dans [SIM81]) et données ci-dessous.

Constituant	T _b (°F)	M (g/mol)	Densité
NBP-325(K)	126	75,95	0,7009
NBP-337(K)	147	81,98	0,70585
NBP-355(K)	179	91,34	0,71433
NBP-373(K)	212	202,27	0,72256
NBP-390(K)	243	111,23	0,73137
NBP-409(K)	276	121,62	0,74029
NBP-426(K)	307	131,49	0,74916
NBP-444(K)	340	139,56	0,77576
NBP-462(K)	372	149,12	0,80681
NBP-479(K)	402	155,84	0,84471
NBP-495(K)	432	162,68	0,88078
NBP-515(K)	468	177,16	0,8936
NBP-533(K)	499	190,45	0,90216
NBP-550(K)	531	203,4	0,92054
NBP-569(K)	564	216,46	0,93825
NBP-586(K)	596	229,09	0,95501
NBP-604(K)	627	240,57	0,98194
NBP-621(K)	659	255,59	0,99173
NBP-638(K)	688	268,61	1,0036
NBP-656(K)	721	285,17	1,01404
NBP-674(K)	754	301,9	1,02194
NBP-692(K)	786	319,42	1,02817
NBP-710(K)	818	337,01	1,03323
NBP-726(K)	848	355	1,03597
NBP-746(K)	883	377,44	1,03642
NBP-775(K)	935	406,2	1,04928
NBP-816(K)	1010	449,13	1,06699
NBP-859(K)	1086	493,56	1,08271
NBP-887(K)	1137	524,42	1,09248

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



Les constituants intervenant dans ce procédé en plus des pseudos-constituants sont : eau, H₂S, N₂, CO, CO₂, H₂, méthane, éthylène, éthane, propylène, propane, isobutène, isobutane, n-butane, isopentane, 3-méthyl-1-butène, n-pentane.

1.4. Modèle thermodynamique

Le procédé étudié fait intervenir des mélanges constitués d'eau 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

Les propriétés des alimentations sont fournies dans le tableau ci-dessous.

	Débits molaires partiels (lbmol/h)			Débits massiques partiels (lb/h)		
	Reactor effluent	Gland Oil	Rich Sponge oil	Steam 2	Steam 3	Steam 6
WATER	571,7455	0,0000	0,0000	1000	1000	2350
HYDROGEN SULFIDE	119,1349	0,0000	11,3847	0	0	0
NITROGEN	71,7524	0,0000	1,4636	0	0	0
CARBON MONOXIDE	6,0690	0,0000	0,0000	0	0	0
CARBON DIOXIDE	13,6333	0,0000	0,0000	0	0	0
HYDROGEN	292,6588	0,0000	0,4961	0	0	0
METHANE	257,4331	0,0000	4,5504	0	0	0
ETHYLENE	42,0617	0,0000	2,2814	0	0	0
ETHANE	77,3196	0,0000	17,8257	0	0	0
PROPYLENE	312,5401	0,0000	10,3375	0	0	0
PROPANE	140,0775	0,0000	7,6878	0	0	0
ISOBUTENE	351,9283	0,0000	12,0307	0	0	0
ISOBUTANE	125,4043	0,0000	4,4733	0	0	0
n-BUTANE	47,1750	0,0000	3,0109	0	0	0
ISOPENTANE	178,5146	0,0000	12,5574	0	0	0
3-METHYL-1-BUTENE	226,4206	0,0000	9,9953	0	0	0
n-PENTANE	30,9767	0,0000	2,7720	0	0	0
NBP-325(K)	75,1235	0,0000	0,0000	0	0	0
NBP-337(K)	194,3412	0,0000	0,0000	0	0	0
NBP-355(K)	173,5292	0,0000	0,0000	0	0	0
NBP-373(K)	146,1561	0,0000	0,0000	0	0	0
NBP-390(K)	137,3204	0,0000	0,0000	0	0	0
NBP-409(K)	116,2538	0,0000	0,0000	0	0	0
NBP-426(K)	109,4752	0,0000	0,0000	0	0	0
NBP-444(K)	106,5823	0,5961	5,8067	0	0	0
NBP-462(K)	108,2828	1,0388	10,1191	0	0	0
NBP-479(K)	124,8481	1,3964	13,6025	0	0	0
NBP-495(K)	71,3718	2,7966	27,2421	0	0	0
NBP-515(K)	53,5058	4,6527	45,3226	0	0	0
NBP-533(K)	59,2491	4,9738	48,4505	0	0	0
NBP-550(K)	61,0015	4,1917	40,8319	0	0	0
NBP-569(K)	63,8801	3,5796	34,8694	0	0	0
NBP-586(K)	79,0126	3,4629	33,7326	0	0	0
NBP-604(K)	165,7175	3,0199	29,4173	0	0	0
NBP-621(K)	167,1575	2,0422	19,8933	0	0	0
NBP-638(K)	129,4807	0,3775	3,6773	0	0	0
NBP-656(K)	60,4776	0,0000	0,0000	0	0	0
NBP-674(K)	35,9724	0,0000	0,0000	0	0	0
NBP-692(K)	22,9229	0,0000	0,0000	0	0	0
NBP-710(K)	15,8420	0,0000	0,0000	0	0	0
NBP-726(K)	8,1898	0,0000	0,0000	0	0	0
NBP-746(K)	2,1190	0,0000	0,0000	0	0	0
NBP-775(K)	3,9871	0,0000	0,0000	0	0	0
NBP-816(K)	2,8048	0,0000	0,0000	0	0	0
NBP-859(K)	2,0608	0,0000	0,0000	0	0	0
NBP-887(K)	0,5742	0,0000	0,0000	0	0	0
Température (°F)	927,939	200,000	118,710	314,946	312,160	312,160
Pression (psig)	15,000	13,846	205,000	15,000	13,462	13,000

1.5.2. Colonne Principale

1.5.2.1. Paramètres

- Caractéristiques :
 - o Stripper avec condenseur partiel
 - o Nombre d'étages théoriques : 15
 - o Spécification de fonctionnement en quantité de chaleur à soutirer au condenseur
 - o Quantité de chaleur à soutirer au condenseur : 0 Btu/h
 - o Débit de distillat liquide : 0 lbmol/h
 - o Profil de pression : 10 psig au condenseur, 10 psig au plateau 2 et 15 psig en pied
- Alimentations :
 - o Courant 1 au plateau 14 (Reactor effluent)
 - o Courant 4 au plateau 12 (Gland oil)
 - o Courant 3 au plateau 11 (Steam 3)
 - o Courant 5 au plateau 7 (Rich sponge oil)
 - o Courant 11 au plateau 7 (courant de tête du side-stripper)
- Soutirage :
 - o Courant 12 au plateau 8 (courant alimentant le side-stripper)
 - o Courant 14 au plateau 9 (Sponge oil)
 - o Courant 15 au plateau 11 (Heavy cycle)
- Pumparound 1 :
 - o Du plateau 4 au plateau 2 (phase liquide)
 - o Débit calculé pour une puissance de -1 MBtu/h
 - o Différence de température : -100 °F
- Pumparound 2 :
 - o Du plateau 11 au plateau 10 (phase liquide)
 - o Débit calculé pour une puissance de -10 MBtu/h
 - o Différence de température : -100 °F

-
- Pumparound 3 :
 - o Du plateau 15 au plateau 13 (phase liquide)
 - o Débit calculé pour une puissance de -10 MBtu/h
 - o Différence de température : -75 °F

1.5.2.2. Objectifs

- Débit volumique standard liquide au plateau 12 : 150 bbl/h
Variable d'action : puissance au pumparound 1
- Débit volumique standard liquide du soutirage liquide 14 : 215 bbl/h
Variable d'action : débit de soutirage 14
- Débit volumique standard liquide du soutirage liquide 15 : 433,33 bbl/h
Variable d'action : débit de soutirage 15
- Débit de résidu : 46,83 bbl/h en volumique standard liquide
Variable d'action : puissance au pumparound 3

1.5.2.3. Initialisation

- Débit de soutirage liquide au plateau 8 : 400 lbmol/h (ce débit est ajusté par une spécification sur le side-stripper).
- Débit de soutirage liquide au plateau 9 : 300 lbmol/h (ce débit est ajusté par une spécification).
- Débit de soutirage liquide au plateau 11 : 500 lbmol/h (ce débit est ajusté par une spécification).
- Puissance au rebouilleur du pumparound 1 : -1 MBtu/h (refroidissement)
- Puissance au rebouilleur des pumparounds 2 et 3 : -10 MBtu/h (refroidissement)

1.5.3. Side-stripper

1.5.3.1. Paramètres

- Caractéristiques :
 - o Absorbeur
 - o Nombre d'étages théoriques : 2
 - o Pression : 13 psig

1.5.3.2. Objectifs

- Débit de résidu : 230 bbl/h en volumique standard liquide
- Variable d'action : débit d'alimentation (courant 12)

1.5.4. Flash triphasique généralisé

1.5.4.1. Paramétrage

- Caractéristiques :
 - o Température : 100 °F
 - o Pression : 5 psig

1.5.5. Paramètres numériques

Les paramètres numériques par défaut pour chaque module sont utilisés sauf le facteur de relaxation (fixé à 0,3) et le nombre d'itérations maximal (fixé à 100) au niveau de la colonne principale.

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	2	3	4	5	6
De		Reactor effluent	Steam 2	Steam 3	Gland oil	Rich sponge oil	Steam 6
Vers		Main column	Main column	Main column	Main column	Main column	Side Stripper
Débit total	lbmol/h	5162,1	55,5	55,5	32,1	413,8	130,4
Fractions molaires							
WATER		0,11076	1	1	0	0	1
HYDROGEN SULFIDE		0,02308	0	0	0	0,02751	0
NITROGEN		0,01390	0	0	0	0,00354	0
CARBON MONOXIDE		0,00118	0	0	0	0,00000	0
CARBON DIOXIDE		0,00264	0	0	0	0,00000	0
HYDROGEN		0,05669	0	0	0	0,00120	0
METHANE		0,04987	0	0	0	0,01100	0
ETHYLENE		0,00815	0	0	0	0,00551	0
ETHANE		0,01498	0	0	0	0,04307	0
PROPYLENE		0,06055	0	0	0	0,02498	0
PROPANE		0,02714	0	0	0	0,01858	0
ISOBUTENE		0,06818	0	0	0	0,02907	0
ISOBUTANE		0,02429	0	0	0	0,01081	0
n-BUTANE		0,00914	0	0	0	0,00728	0
ISOPENTANE		0,03458	0	0	0	0,03034	0
3-METHYL-1-BUTENE		0,04386	0	0	0	0,02415	0
n-PENTANE		0,00600	0	0	0	0,00670	0
NBP-325(K)		0,01455	0	0	0	0	0
NBP-337(K)		0,03765	0	0	0	0	0
NBP-355(K)		0,03362	0	0	0	0	0
NBP-373(K)		0,02831	0	0	0	0	0
NBP-390(K)		0,02660	0	0	0	0	0
NBP-409(K)		0,02252	0	0	0	0	0
NBP-426(K)		0,02121	0	0	0	0	0
NBP-444(K)		0,02065	0	0	0,01855	0,01403	0
NBP-462(K)		0,02098	0	0	0,03233	0,02445	0
NBP-479(K)		0,02419	0	0	0,04346	0,03287	0
NBP-495(K)		0,01383	0	0	0,08705	0,06583	0
NBP-515(K)		0,01037	0	0	0,14482	0,10952	0
NBP-533(K)		0,01148	0	0	0,15481	0,11708	0
NBP-550(K)		0,01182	0	0	0,13047	0,09867	0
NBP-569(K)		0,01237	0	0	0,11142	0,08426	0
NBP-586(K)		0,01531	0	0	0,10778	0,08151	0
NBP-604(K)		0,03210	0	0	0,09400	0,07109	0
NBP-621(K)		0,03238	0	0	0,06356	0,04807	0
NBP-638(K)		0,02508	0	0	0,01175	0,00889	0
NBP-656(K)		0,01172	0	0	0	0	0
NBP-674(K)		0,00697	0	0	0	0	0
NBP-692(K)		0,00444	0	0	0	0	0
NBP-710(K)		0,00307	0	0	0	0	0
NBP-726(K)		0,00159	0	0	0	0	0
NBP-746(K)		0,00041	0	0	0	0	0
NBP-775(K)		0,00077	0	0	0	0	0
NBP-816(K)		0,00054	0	0	0	0	0
NBP-859(K)		0,00040	0	0	0	0	0
NBP-887(K)		0,00011	0	0	0	0	0
Etat physique		Vapeur	Vapeur	Vapeur	Liquide	Liquide	Vapeur
Température	°F	927,9	314,9	312,2	200,0	118,7	312,2
Pression	psig	15,0	15,0	13,5	13,8	205,0	13,0
Masse molaire	g/mol	98,7	18,0	18,0	200,8	163,5	18,0

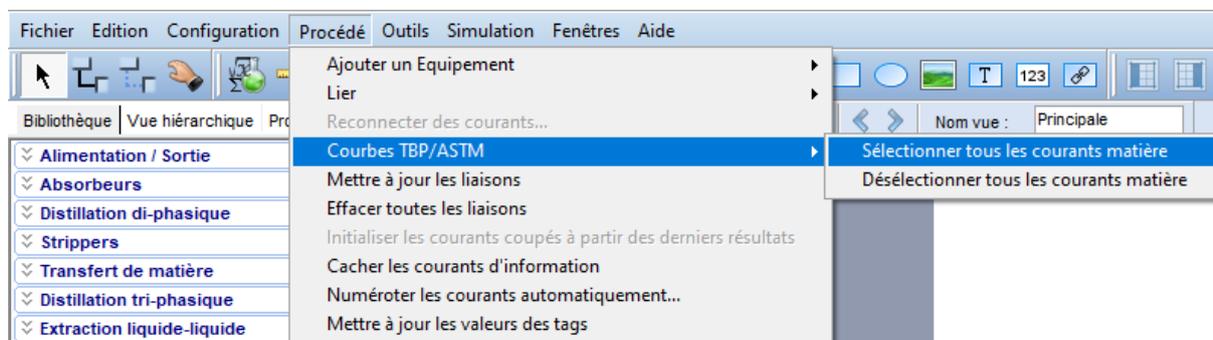
Sorties du procédé :

Courants		8	9	10	13	14	15	16
De		Flash	Flash	Flash	Side Stripper	Main column	Main column	Main column
Vers		Water	Wet gas	Unstabilized gasoline	Light cycle oil	Sponge oil plus gland oil	Heavy cycle oil	Decant plus slurry
Débit total	lbmol/h	690,3	2404,5	1397,4	380,4	330,1	593,5	53,2
Fractions molaires								
WATER		1	0,04827	0,00128	0,00962	0,00126	0,00128	0,00380
HYDROGEN SULFIDE		0	0,05239	0,00310	3E-07	0,00024	0,00022	0,00008
NITROGEN		0	0,03039	0,00007	1E-09	0,00003	0,00003	0,00001
CARBON MONOXIDE		0	0,00252	0,00001	1E-10	0,00000	0,00000	0,00000
CARBON DIOXIDE		0	0,00558	0,00014	6E-09	0,00002	0,00002	0,00000
HYDROGEN		0	0,12177	0,00017	4E-09	0,00012	0,00014	0,00003
METHANE		0	0,10845	0,00074	2E-08	0,00019	0,00020	0,00005
ETHYLENE		0	0,01816	0,00044	2E-08	0,00005	0,00005	0,00002
ETHANE		0	0,03872	0,00138	8E-08	0,00012	0,00011	0,00003
PROPYLENE		0	0,12642	0,01305	1E-06	0,00075	0,00066	0,00024
PROPANE		0	0,05735	0,00684	7E-07	0,00035	0,00031	0,00011
ISOBUTENE		0	0,12673	0,04158	0,00001	0,00135	0,00113	0,00046
ISOBUTANE		0	0,04629	0,01302	0,00000	0,00045	0,00038	0,00015
n-BUTANE		0	0,01690	0,00671	0,00000	0,00020	0,00016	0,00007
ISOPENTANE		0	0,05097	0,04839	0,00002	0,00107	0,00085	0,00038
3-METHYL-1-BUTENE		0	0,06815	0,05117	0,00002	0,00126	0,00101	0,00045
n-PENTANE		0	0,00819	0,00995	0,00000	0,00020	0,00016	0,00007
NBP-325(K)		0	0,01374	0,02972	0,00002	0,00069	0,00053	0,00026
NBP-337(K)		0	0,02799	0,08970	0,00010	0,00208	0,00155	0,00076
NBP-355(K)		0	0,01601	0,09527	0,00019	0,00237	0,00169	0,00084
NBP-373(K)		0	0,00776	0,08976	0,00035	0,00258	0,00177	0,00089
NBP-390(K)		0	0,00404	0,08948	0,00067	0,00314	0,00205	0,00104
NBP-409(K)		0	0,00172	0,07809	0,00121	0,00354	0,00220	0,00111
NBP-426(K)		0	0,00081	0,07410	0,00230	0,00446	0,00261	0,00132
NBP-444(K)		0	0,00039	0,07561	0,00539	0,00652	0,00351	0,00176
NBP-462(K)		0	0,00019	0,07621	0,01515	0,01098	0,00500	0,00249
NBP-479(K)		0	0,00009	0,07379	0,05928	0,02688	0,00822	0,00400
NBP-495(K)		0	0,00002	0,02616	0,11948	0,04522	0,00720	0,00316
NBP-515(K)		0	8E-07	0,00361	0,17547	0,07827	0,00955	0,00335
NBP-533(K)		0	4E-08	0,00042	0,17806	0,10421	0,01632	0,00506
NBP-550(K)		0	1E-09	0,00003	0,13880	0,11262	0,02630	0,00743
NBP-569(K)		0	3E-11	2E-06	0,10052	0,11517	0,04290	0,01142
NBP-586(K)		0	1E-12	2E-07	0,07732	0,12312	0,07589	0,02089
NBP-604(K)		0	5E-14	2E-08	0,07043	0,16755	0,18966	0,06571
NBP-621(K)		0	0	1E-09	0,03487	0,11351	0,22404	0,10138
NBP-638(K)		0	0	0	0,00926	0,05050	0,18043	0,11759
NBP-656(K)		0	0	0	0,00116	0,01275	0,08609	0,08890
NBP-674(K)		0	0	0	0,00023	0,00416	0,05030	0,08741
NBP-692(K)		0	0	0	0,00005	0,00141	0,02962	0,09134
NBP-710(K)		0	0	0	0,00001	0,00048	0,01732	0,10143
NBP-726(K)		0	0	0	1E-06	0,00011	0,00681	0,07726
NBP-746(K)		0	0	0	7E-08	0,00001	0,00106	0,02794
NBP-775(K)		0	0	0	6E-09	2E-06	0,00064	0,06775
NBP-816(K)		0	0	0	0	5E-08	0,00005	0,05210
NBP-859(K)		0	0	0	0	8E-10	3E-06	0,03867
NBP-887(K)		0	0	0	0	0	2E-07	0,01078
Etat physique		Liquide	Vapeur	Liquide	Liquide	Liquide	Liquide	Liquide
Température	°F	100,0	100,0	100,0	414,2	489,8	563,5	656,1
Pression	psig	5,0	5,0	5,0	13,0	12,7	13,5	15,0
Masse molaire	g/mol	18,0	42,4	116,4	194,0	215,0	251,8	315,1

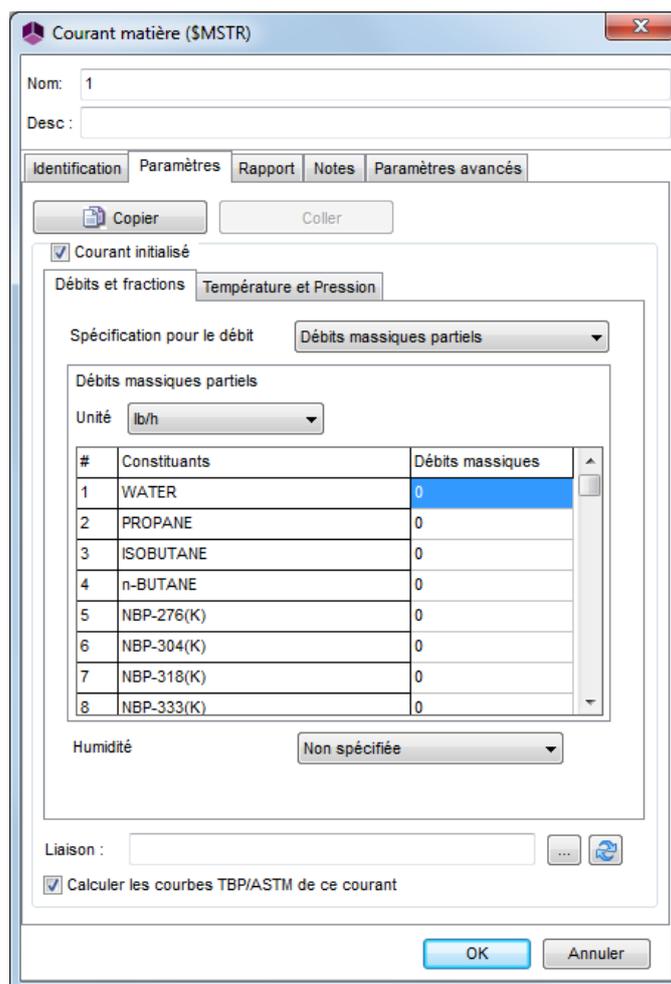
2.2. Performances du procédé

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 :

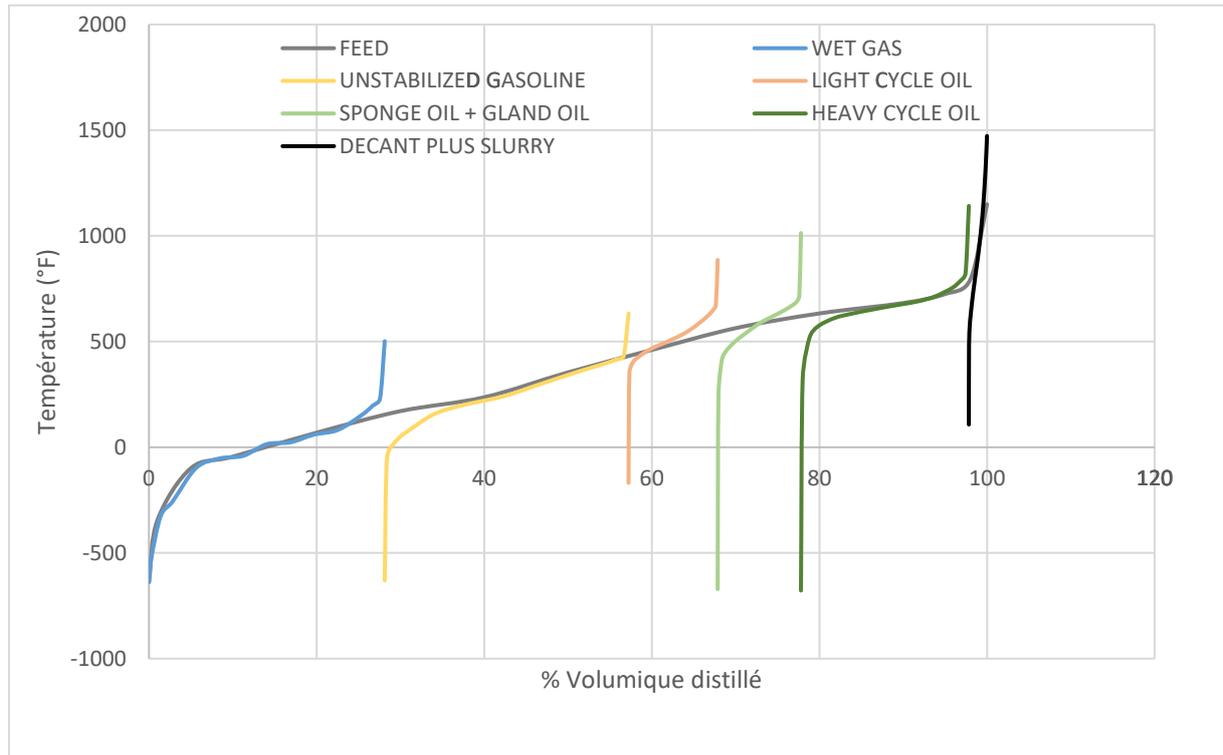


- Cocher la case « Calculer les courbes TBP/ASTM de ce courant » au niveau de la fenêtre de définition du courant matière dont il faut calculer les courbes TBP/ASTM à la prochaine simulation, comme illustré sur la figure suivante :



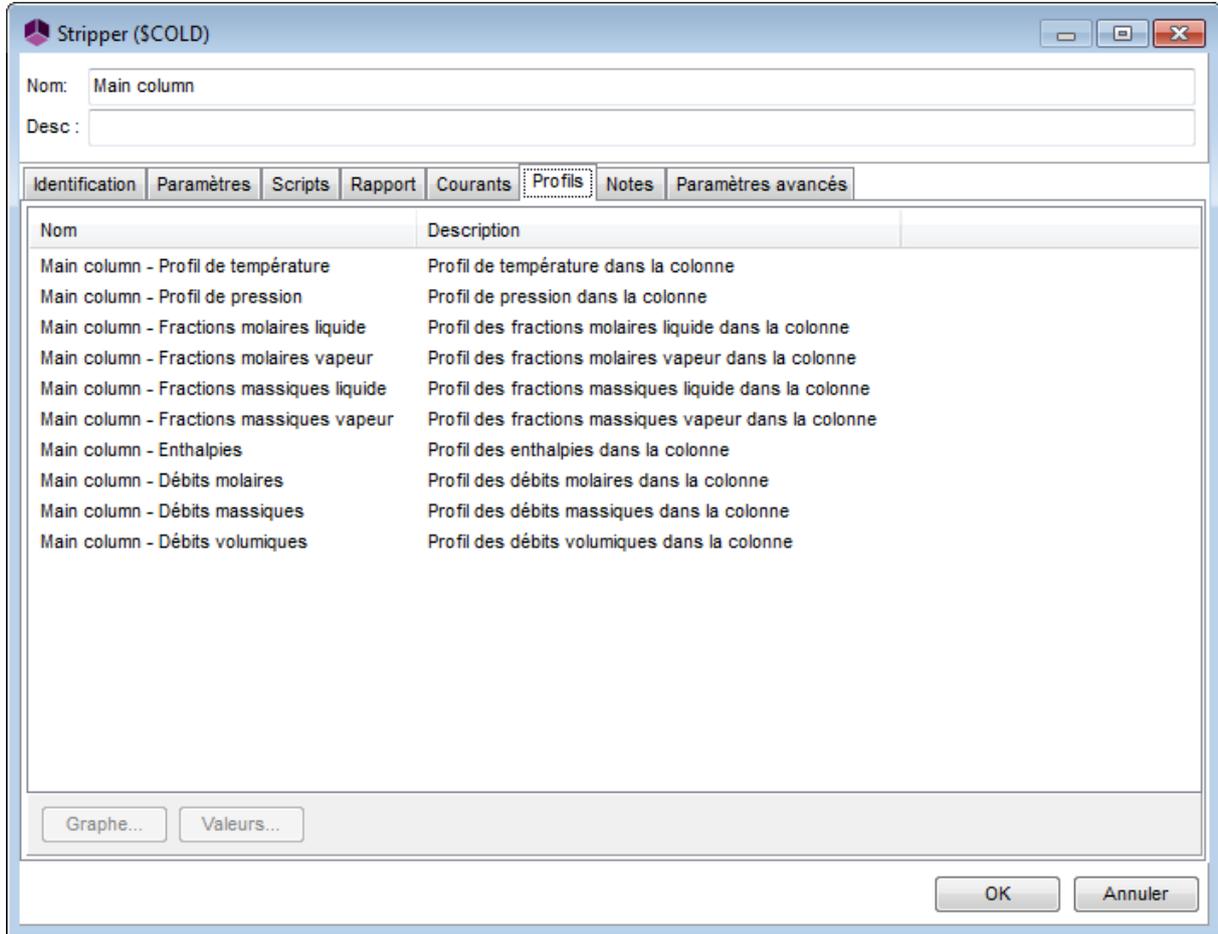
Pour atteindre cette option, il faut cocher la case « Courant initialisé » puis la décocher une fois la case « Calculer les courbes TBP/ASTM de ce courant » cochée.

La figure suivante illustre sur un même graphique les courbes TBP à 760 mmHg du mélange des alimentations (hors courants de vapeur d'eau) entrant dans la colonne principale et celles des coupes obtenues :



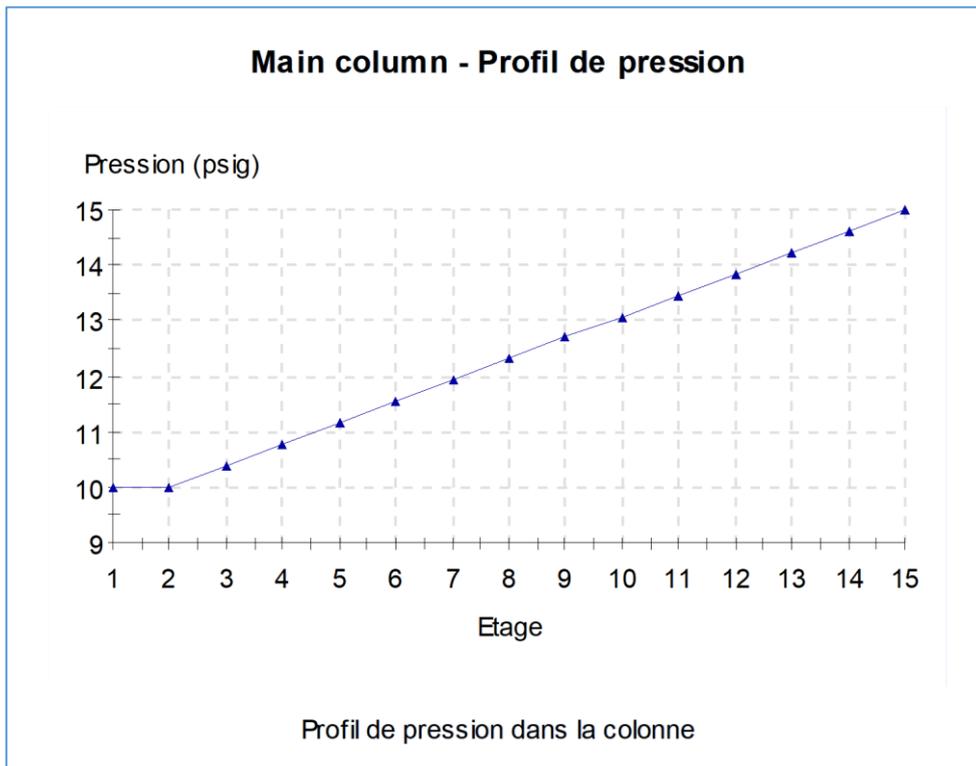
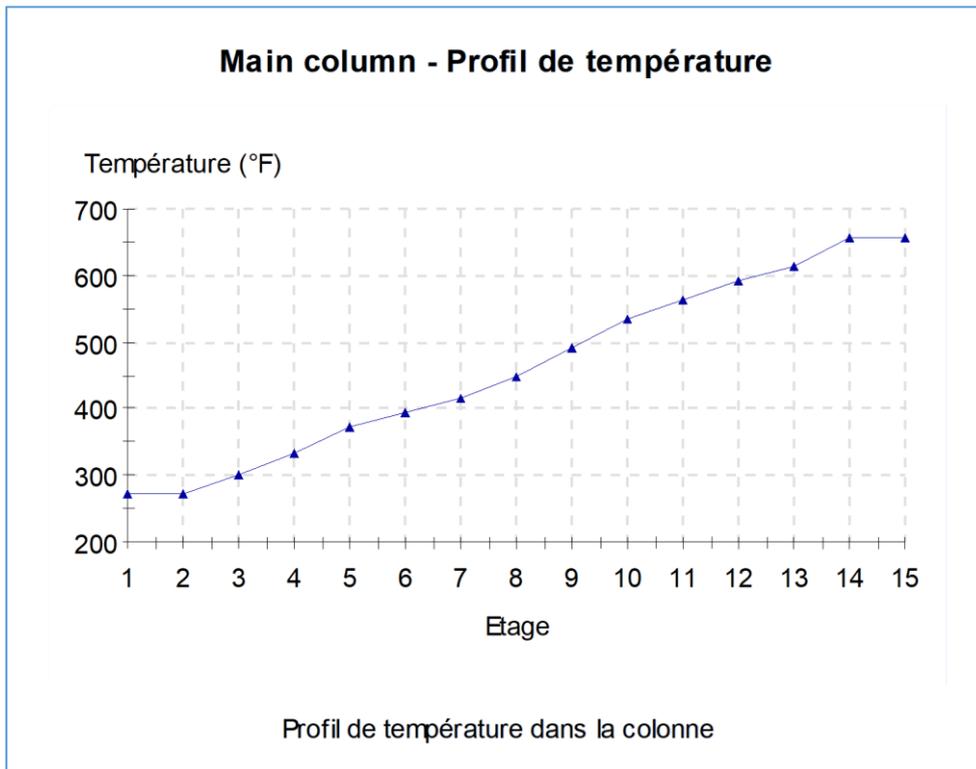
2.3. Profils de la colonne

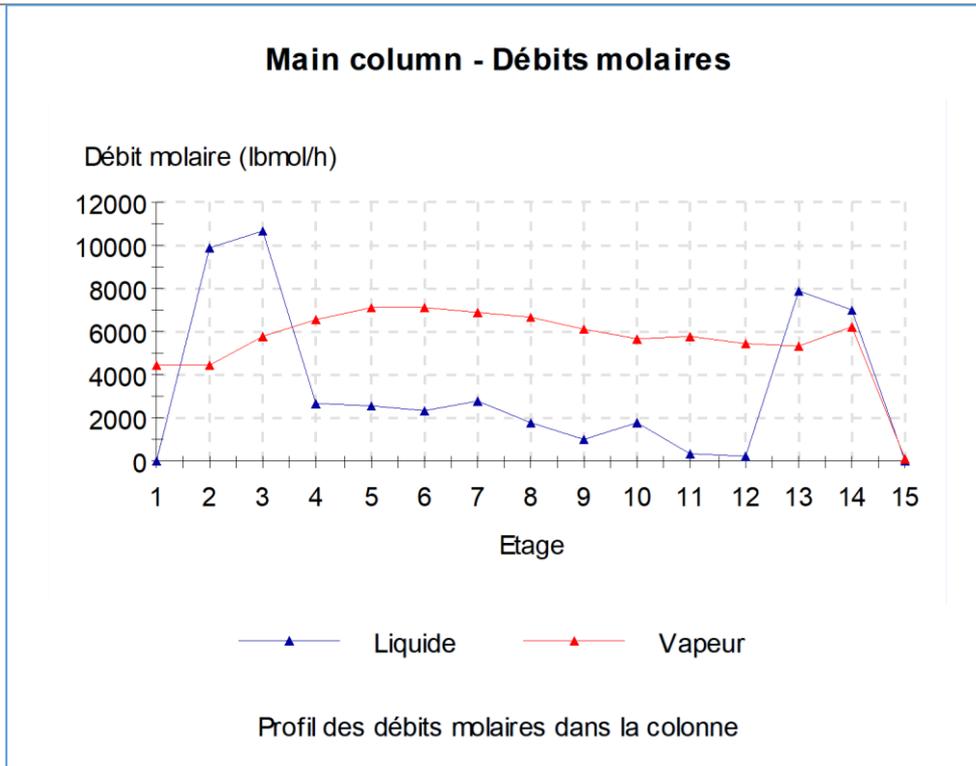
Les profils de colonne sont obtenus après la simulation dans la fenêtre de configuration de la colonne, sous l'onglet « Profils » (comme illustré ci-dessous dans le cas de la colonne « Main column »). Un double-clic sur le profil souhaité génère le graphique.



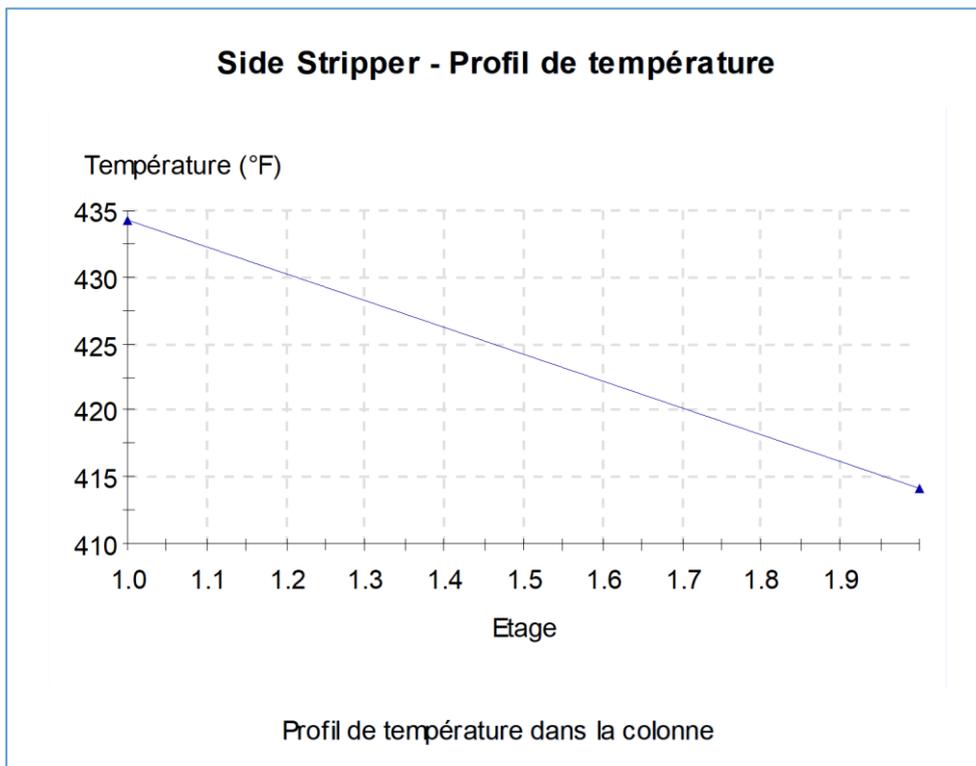
Remarque : dans ProSimPlus, les étages des colonnes sont numérotés de haut en bas (le premier plateau correspond au condenseur, le dernier au rebouilleur).

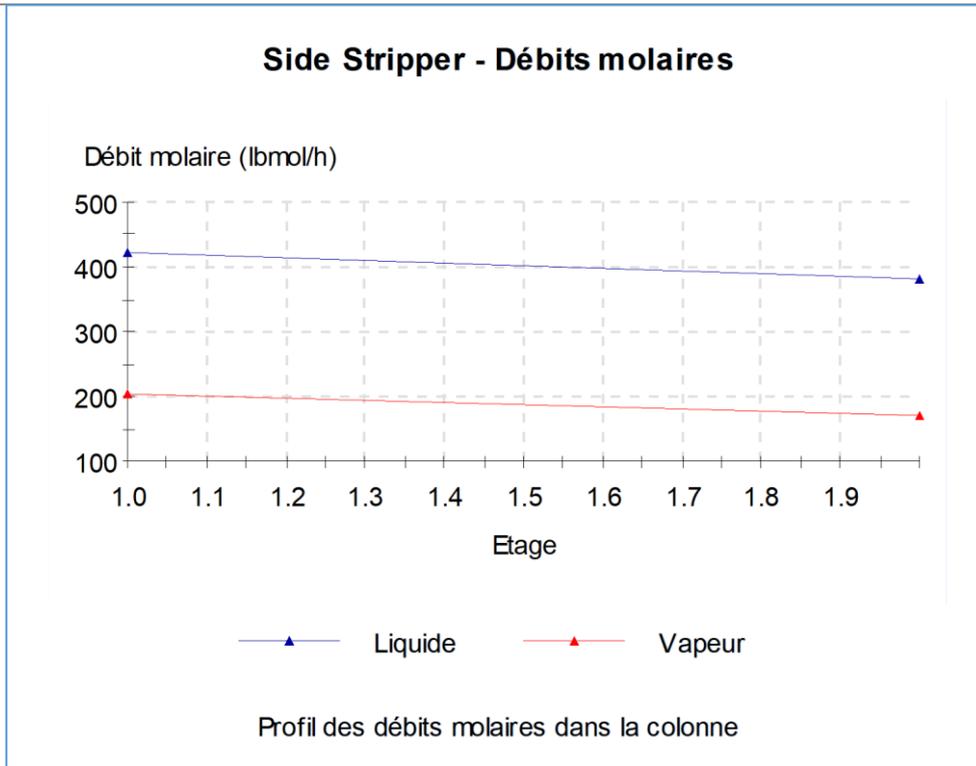
Colonne « Main column » :





Colonne « Side stripper » :





BIBLIOGRAPHIE

- [SIM83] Simulation Sciences Inc., SimSci Manual, Revision 1 (1983)
- [SIM81] Simulation Sciences Inc., Troubleshooting the FCCU main fractionators on the timesharing terminal, SimSci Process – Technical Bulletin #23 (1981)