

EXEMPLE D'APPLICATION DE PROSIMPLUS

SIMULATION D'UNE UNITE DE DISTILLATION SOUS VIDE

INTERET DE L'EXEMPLE

Cet exemple illustre la simulation d'une unité de distillation sous vide d'une coupe pétrolière 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-sous-Vide.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. 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. Alimentation	9
1.5.2. Colonne sous vide	9
1.5.3. Flash triphasique généralisé	11
1.5.4. Paramètres numériques	11
2. RESULTATS	12
2.1. Bilans matière et énergie	12
2.2. Performances du procédé	13
2.3. Profils de la colonne	15
BIBLIOGRAPHIE	18

1. MODELISATION DU PROCEDE

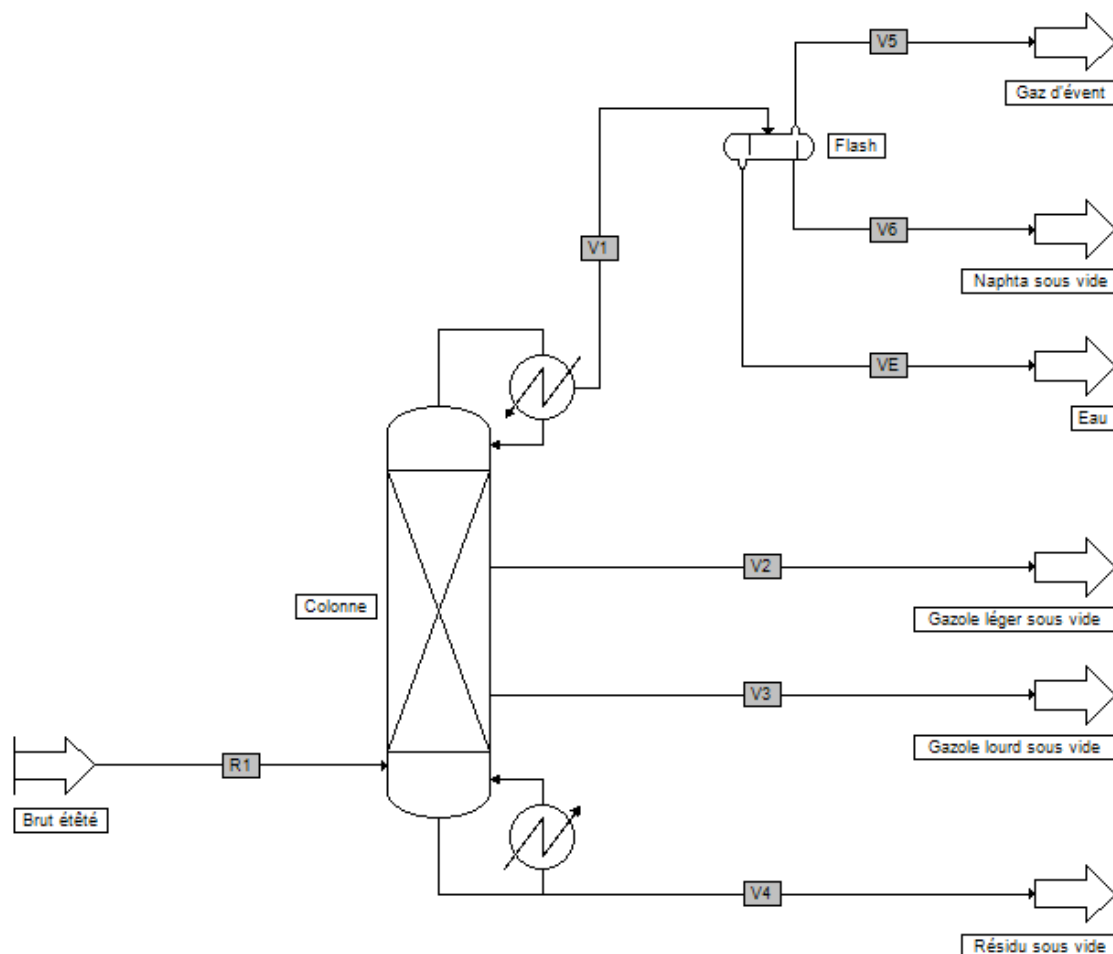
1.1. Présentation du procédé

Le système de distillation sous vide est utilisé pour séparer les coupes pétrolières lourdes. Il s'agit ici d'une colonne de distillation (nommée « Colonne ») à condenseur partiel et taux de reflux nul munie de deux pumparounds. Le courant liquide alimentant la colonne est préchauffé dans un four : ce four est simulé au travers de la chauffe au rebouilleur, l'alimentation arrivant au pied de la colonne.

La pression d'alimentation est égale à celle en pied de colonne (65 mmHg). La température de l'alimentation est de 338 °C : à cette température, le courant est liquide/vapeur (taux de vaporisation molaire d'environ 0,6). L'état liquide est imposé à ce courant : l'enthalpie de vaporisation de l'alimentation est prise en compte dans la puissance de chauffe calculée au rebouilleur simulant à la fois le four et le rebouilleur de la colonne.

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

1.2. Schéma du procédé

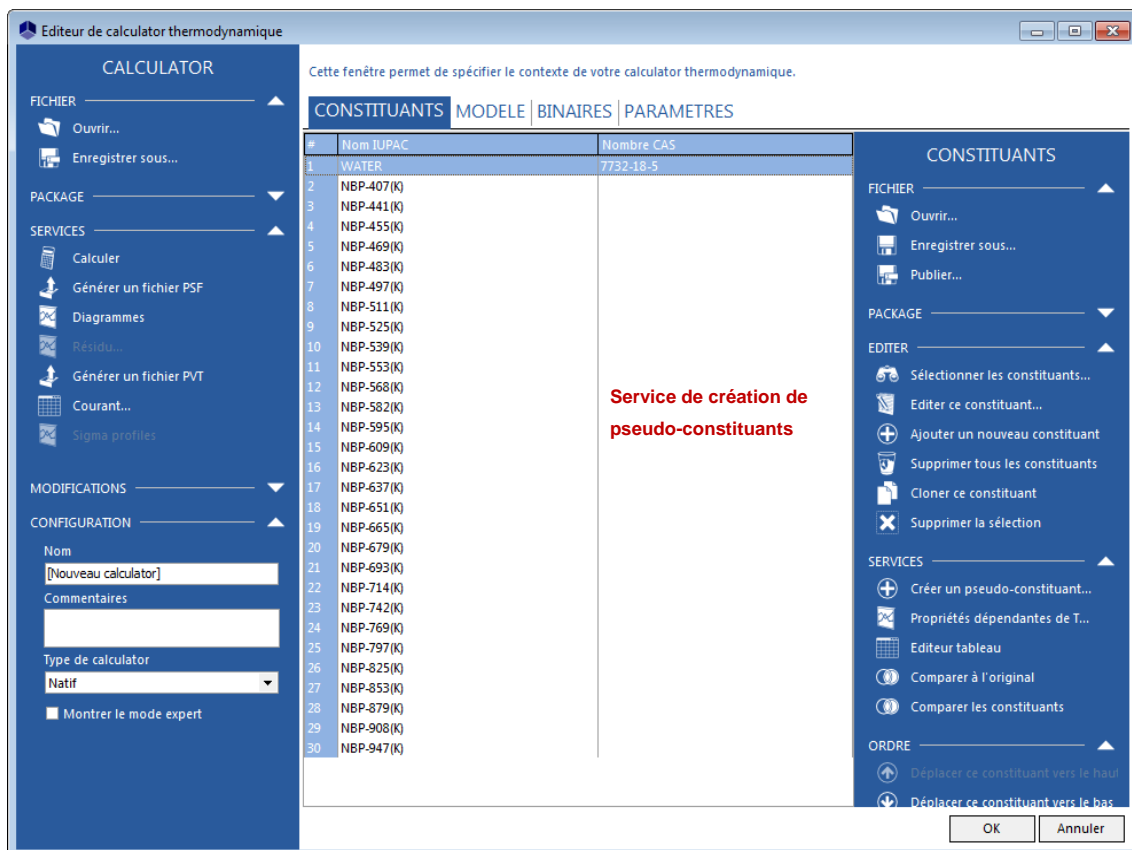


1.3. Constituants

La coupe à traiter est composée de 30 constituants : de l'eau et 29 pseudo-constituants.

Les pseudo-constituants sont générés à partir de la TPB atmosphérique. L'eau constitue ici un « light end » puisqu'elle est solubilisée dans la coupe pétrolière et qu'elle est le composant le plus léger de la coupe.

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 de la coupe fournies :

- la température normale d'ébullition
- la densité (specific gravity)

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

Coupes pétrolières

Type de courbe source : TBP à 760 mmHg

DONNEES

- Copier dans le presse-papier
- Coller les données
- Insérer une nouvelle ligne
- Supprimer la ligne courante
- Tracer le graphe...

OPTIONS

Densité (specific gravity) mc

Pas de courbe

UNITES

Température °C

Densité (specific gravity) moyenne

Pourcentage volumique distillé	Températures
0,00000	100 °C
2,00000	216 °C
5,00000	304 °C
10,0000	333 °C
20,0000	378 °C
30,0000	409 °C
40,0000	438 °C
50,0000	461 °C
60,0000	488 °C
70,0000	523 °C
80,0000	561 °C
90,0000	591 °C
92,0000	602 °C
100,000	700 °C

Options... Light ends... Convertir > Annuler

Light ends

Données

- Copier dans le presse-papier
- Coller les données

Type de composition

- Volumique
- Massique

Nom du constituant	Temp. bulle (K)	Masse molaire (g/mol)	Masse volumique (g/cm3)	% massique
WATER	373,15	18,0153	0,998997	0,085

8,50000E-01

Ok Annuler

La courbe de distillation est découpée de la manière suivante : 20 constituants entre 147 °C et 427 °C, 9 constituants entre 427 °C et 677 °C.

Options

Intervallés Conversions

Intervallés de température pour le découpage des courbes de distillation

Valeurs exprimées en : °C

Copier Coller Réinitialiser

T Min.	T Max.	Nbre. de constituants	Delta T
147	427	20	14
427	677	9	27,77777777

Ok Annuler

Les températures normales d'ébullition des pseudo-constituants ainsi générés avec Simulis sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Constituant	Température normale d'ébullition (°C)
NBP-407(K)	134
NBP-441(K)	168
NBP-455(K)	182
NBP-469(K)	196
NBP-483(K)	210
NBP-497(K)	224
NBP-511(K)	238
NBP-525(K)	252
NBP-539(K)	266
NBP-553(K)	280
NBP-568(K)	295
NBP-582(K)	308
NBP-595(K)	322
NBP-609(K)	336
NBP-623(K)	350
NBP-637(K)	364
NBP-651(K)	378
NBP-665(K)	392
NBP-679(K)	406
NBP-693(K)	420
NBP-714(K)	441
NBP-742(K)	469
NBP-769(K)	496
NBP-797(K)	524
NBP-825(K)	552
NBP-853(K)	580
NBP-879(K)	606
NBP-908(K)	635
NBP-947(K)	674

La composition molaire de la coupe obtenue est présentée dans le tableau ci-dessous. La masse molaire calculée est de 358,46 g/mol.

Constituant	Composition molaire
WATER	0,01691
NBP-407(K)	0,02079
NBP-441(K)	0,00550
NBP-455(K)	0,00567
NBP-469(K)	0,00589
NBP-483(K)	0,00618
NBP-497(K)	0,00625
NBP-511(K)	0,00622
NBP-525(K)	0,00635
NBP-539(K)	0,00673
NBP-553(K)	0,00766
NBP-568(K)	0,01084
NBP-582(K)	0,02879
NBP-595(K)	0,03456
NBP-609(K)	0,03937
NBP-623(K)	0,03699
NBP-637(K)	0,03872
NBP-651(K)	0,04835
NBP-665(K)	0,05164
NBP-679(K)	0,05173
NBP-693(K)	0,05036
NBP-714(K)	0,11251
NBP-742(K)	0,10132
NBP-769(K)	0,07159
NBP-797(K)	0,05951
NBP-825(K)	0,05414
NBP-853(K)	0,06249
NBP-879(K)	0,02188
NBP-908(K)	0,01326
NBP-947(K)	0,01780

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 Soave-Redlich-Kwong (SRK) avec l'option « Eau-Hydrocarbures ». Le calcul du volume molaire liquide utilise le modèle « Mélange idéal ».

1.5. Conditions opératoires

1.5.1. Alimentation

L'objectif est de traiter 329 371 kg/h de brut étêté (composé de 280 kg/h d'eau). La coupe pétrolière en alimentation est à 338 °C et 65 mmHg, l'état liquide a également été imposé.

1.5.2. Colonne sous vide

1.5.2.1. Paramétrage

- Caractéristiques :
 - Colonne à distiller avec condenseur partiel
 - Nombre d'étages théoriques : 9
 - Spécification de fonctionnement en débit de distillat vapeur et débit de reflux
 - Profil de pression : 30 mmHg au condenseur, 30 mmHg au plateau 2, 38 mmHg au plateau 4, 50 mmHg au plateau 6, 65 mmHg en pied
- Alimentation :
 - Brut étêté au plateau 9
- Soutirage :
 - Gazole léger sous vide au plateau 4
 - Gazole lourd sous vide plateau 6
- Pumparound 1 :
 - Du plateau 4 au plateau 2 (phase liquide)
 - Débit : 276 220 kg/h
 - Puissance : - 7 Gcal/h (refroidissement)

- Pumparound 2 :
 - o Du plateau 6 au plateau 5 (phase liquide)
 - o Débit : 538 150 kg/h
 - o Puissance : - 30 Gcal/h (refroidissement)

1.5.2.2. Objectifs

- Débit de résidu liquide sec : 70 m³/h (volumique standard liquide)
Variable d'action : débit de distillat vapeur
- Débit de gazole léger sous vide sec : 72 m³/h (volumique standard liquide)
Variable d'action : débit de soutirage de gazole léger sous vide
- Débit de gazole lourd sous vide sec : 213 m³/h (volumique standard liquide)
Variable d'action : débit de soutirage de gazole lourd sous vide
- Débit liquide au plateau 4 : 1 kmol/h
Variable d'action : puissance au rebouilleur du pumparound 1
- Débit liquide au plateau 6 : 85 m³/h (volumique standard liquide)
Variable d'action : puissance au rebouilleur du pumparound 2

1.5.2.3. Initialisation

- Débit de soutirage liquide au plateau 4 : 100 kmol/h (ce débit est ajusté par une spécification).
- Débit de soutirage liquide au plateau 6 : 100 kmol/h (ce débit est ajusté par une spécification).
- Débit de distillat vapeur : 100 kmol/h (ce débit est ajusté par une spécification)
- Débit de reflux : 0 kmol/h
- Débit de distillat liquide : 0 kmol/h

1.5.3. Flash triphasique généralisé

1.5.3.1. Paramétrage

- Caractéristiques :
 - Température : 28 °C
 - Pression : 25 mmHg

1.5.4. Paramètres numériques

Les paramètres numériques par défaut pour chaque module sont utilisés, sauf pour la colonne où le facteur de relaxation maximal est fixé à 0,5.

2. RESULTATS

2.1. Bilans matière et énergie

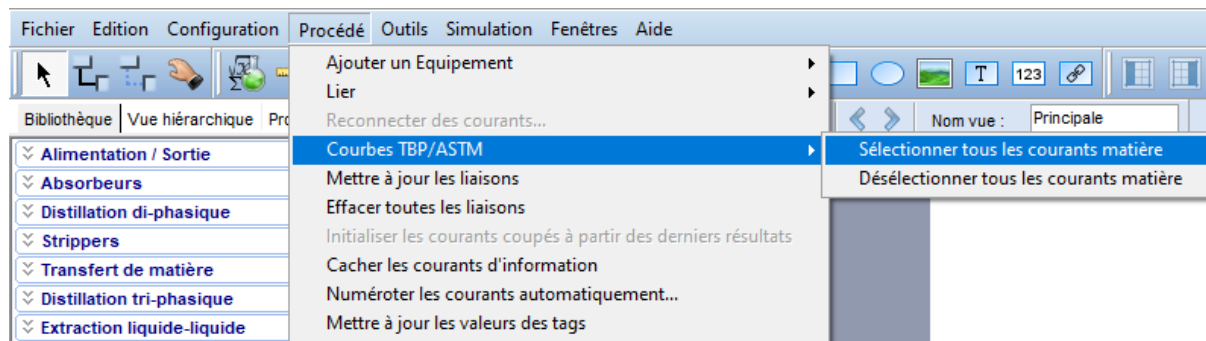
Ce document ne présente que les bilans matière et énergie sur les courants les plus pertinents. ProSimPlus fournit cependant des résultats complets sur tous les courants et sur chaque opération unitaire.

Courants		R1	V1	V2	V3	V4	V5	V6
De		Brut étêté	Colonne	Colonne	Colonne	Colonne	Flash	Flash
Vers		Colonne	Flash	Gazole léger sous vide	Gazole lourd sous vide	Résidu sous vide	Gaz d'évent	Naphta sous vide
Débit total	kmol/h	918,8	41,3	246,2	513,1	118,3	22,3	19,0
Fractions molaires								
WATER		0,01691	0,37596	0,00003	0,00001	0,00001	0,69659	0,00052
NBP-407(K)		0,02079	0,41389	0,00795	0,00009	0,00006	0,28022	0,57042
NBP-441(K)		0,00550	0,07029	0,00865	0,00004	0,00002	0,01465	0,13545
NBP-455(K)		0,00567	0,04972	0,01271	0,00005	0,00003	0,00568	0,10129
NBP-469(K)		0,00589	0,03280	0,01634	0,00007	0,00003	0,00195	0,06893
NBP-483(K)		0,00618	0,02121	0,01930	0,00009	0,00004	0,00064	0,04530
NBP-497(K)		0,00625	0,01305	0,02087	0,00012	0,00005	0,00019	0,02812
NBP-511(K)		0,00622	0,00778	0,02155	0,00016	0,00005	0,00005	0,01684
NBP-525(K)		0,00635	0,00468	0,02242	0,00022	0,00007	0,00002	0,01014
NBP-539(K)		0,00673	0,00286	0,02393	0,00032	0,00008	4E-06	0,00621
NBP-553(K)		0,00766	0,00183	0,02714	0,00052	0,00011	1E-06	0,00398
NBP-568(K)		0,01084	0,00138	0,03786	0,00109	0,00019	4E-07	0,00300
NBP-582(K)		0,02879	0,00201	0,09805	0,00420	0,00062	2E-07	0,00436
NBP-595(K)		0,03456	0,00126	0,11270	0,00751	0,00091	6E-08	0,00273
NBP-609(K)		0,03937	0,00071	0,11954	0,01281	0,00127	1E-08	0,00154
NBP-623(K)		0,03699	0,00031	0,10010	0,01785	0,00147	2E-09	0,00067
NBP-637(K)		0,03872	0,00013	0,08764	0,02685	0,00193	3E-10	0,00029
NBP-651(K)		0,04835	0,00006	0,08504	0,04508	0,00302	5E-11	0,00014
NBP-665(K)		0,05164	0,00002	0,06554	0,06009	0,00407	7E-12	0,00005
NBP-679(K)		0,05173	0,00001	0,04401	0,07032	0,00519	7E-13	0,00002
NBP-693(K)		0,05036	2E-06	0,02715	0,07565	0,00651	7E-14	5E-06
NBP-714(K)		0,11251	7E-07	0,02888	0,18264	0,02159	3E-15	1E-06
NBP-742(K)		0,10132	4E-08	0,00946	0,16919	0,03349	0	0
NBP-769(K)		0,07159	2E-09	0,00235	0,11733	0,04232	0	0
NBP-797(K)		0,05951	0	0,00061	0,09061	0,06796	0	0
NBP-825(K)		0,05414	0	0,00015	0,06795	0,12552	0	0
NBP-853(K)		0,06249	0	0,00003	0,04448	0,29242	0	0
NBP-879(K)		0,02188	0	1E-06	0,00437	0,15098	0	0
NBP-908(K)		0,01326	0	2E-08	0,00028	0,10181	0	0
NBP-947(K)		0,01780	0	0E+00	0,00001	0,13819	0	0
Etat physique		Liquide	Vapeur	Liquide	Liquide	Liquide	Vapeur	Liquide
Température	°C	338,0	107,1	155,3	294,7	396,3	28,0	28,0
Pression	mmHg	65	30	38	50	65	25	25
Masse molaire	g/mol	358,46	87,14	252,73	381,63	572,72	48,63	132,24

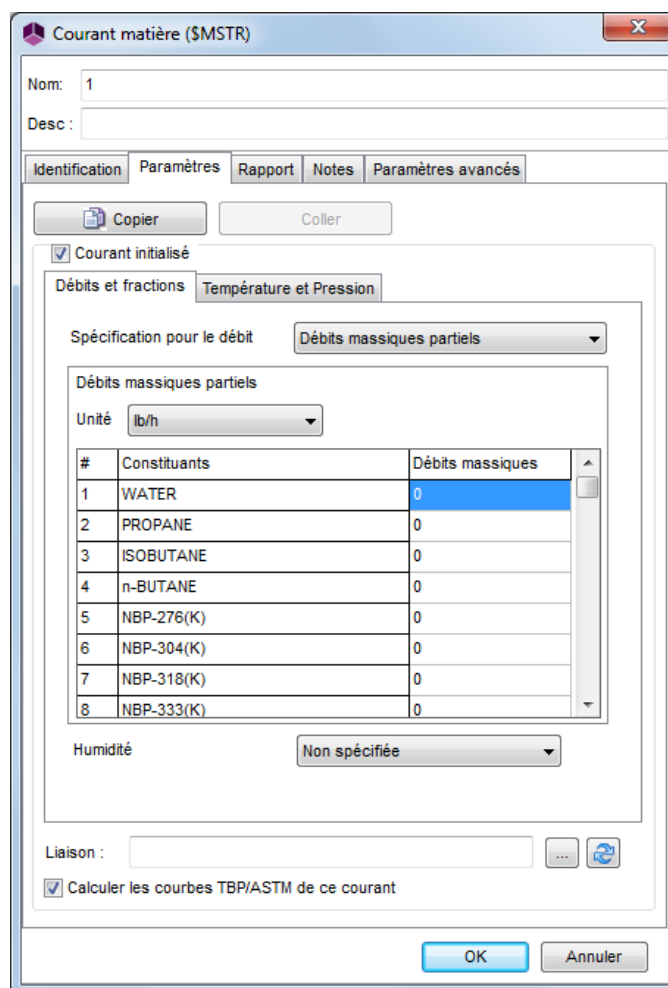
2.2. Performances du procédé

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 :

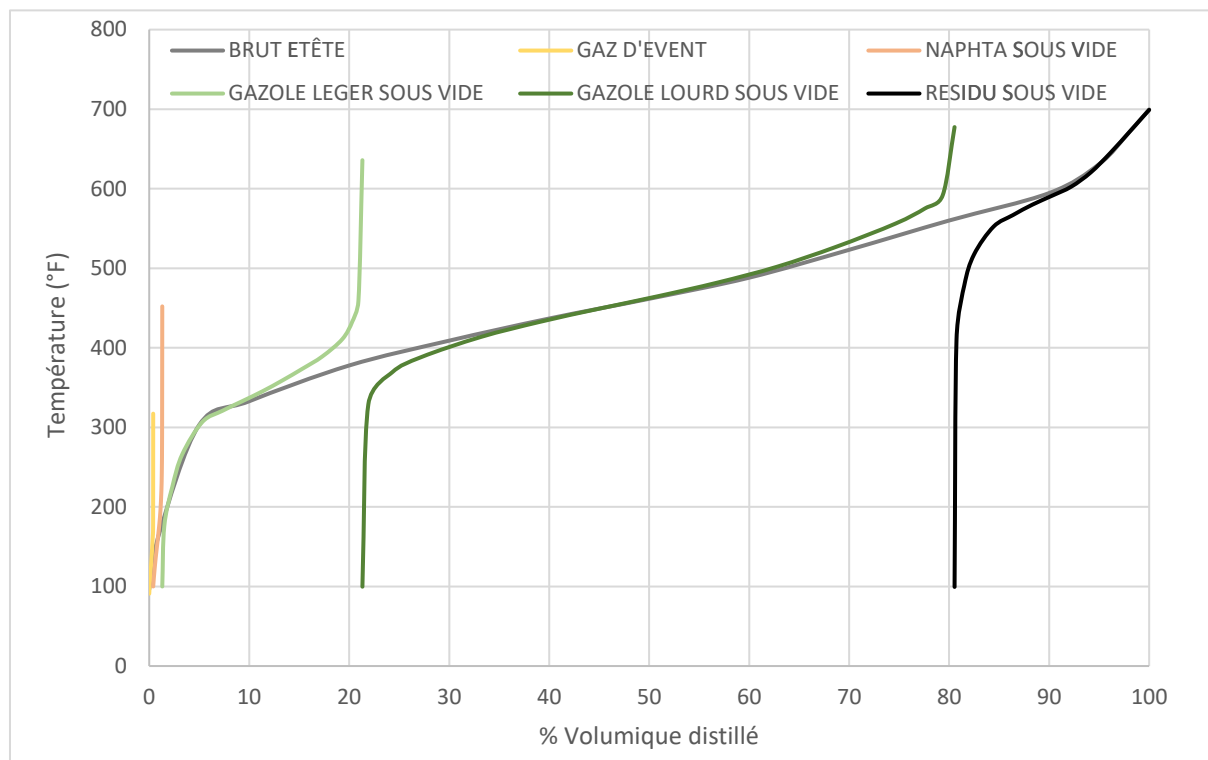


- Cocher la case « Calculer les courbes TBP/ASTM de ce courant » au niveau de la fenêtre de définition du courant matière dont il faut calculer les courbes TBP/ASTM à la prochaine simulation, comme illustré sur la figure suivante :



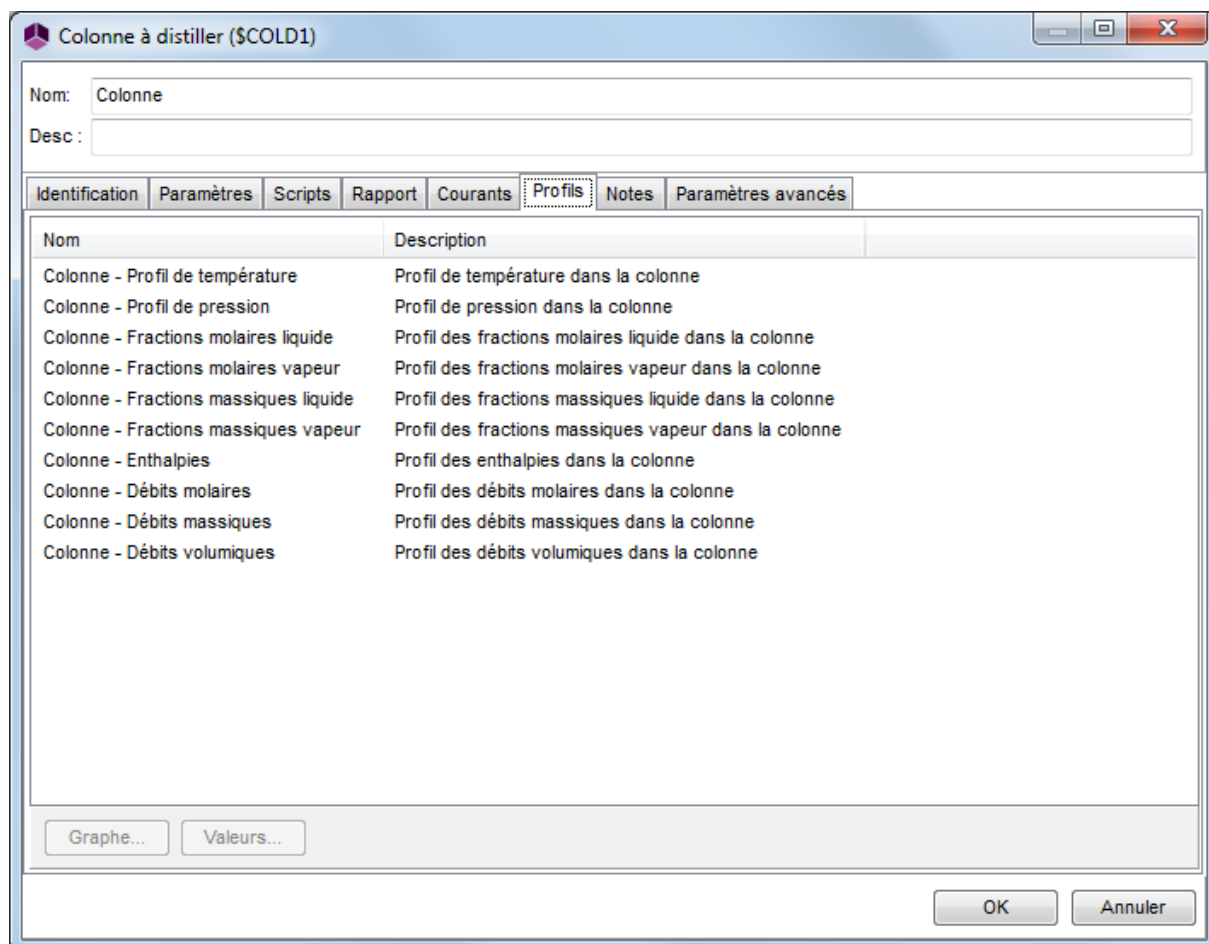
Pour atteindre cette option, il faut cocher la case « Courant initialisé » puis la décocher une fois la case « Calculer les courbes TBP/ASTM de ce courant » cochée.

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



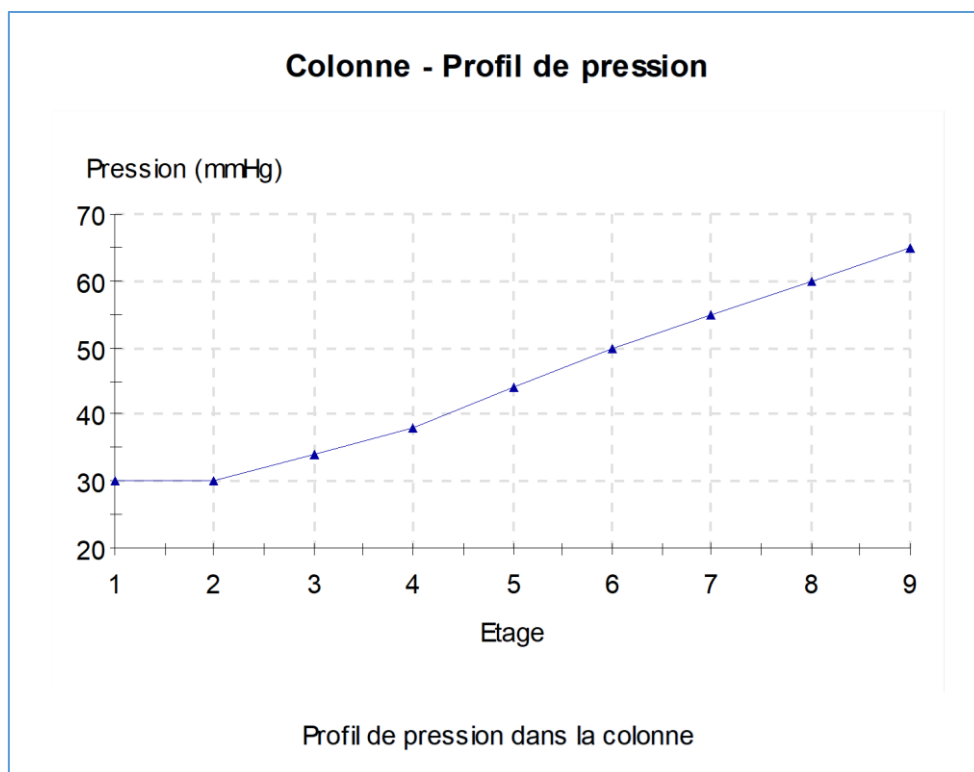
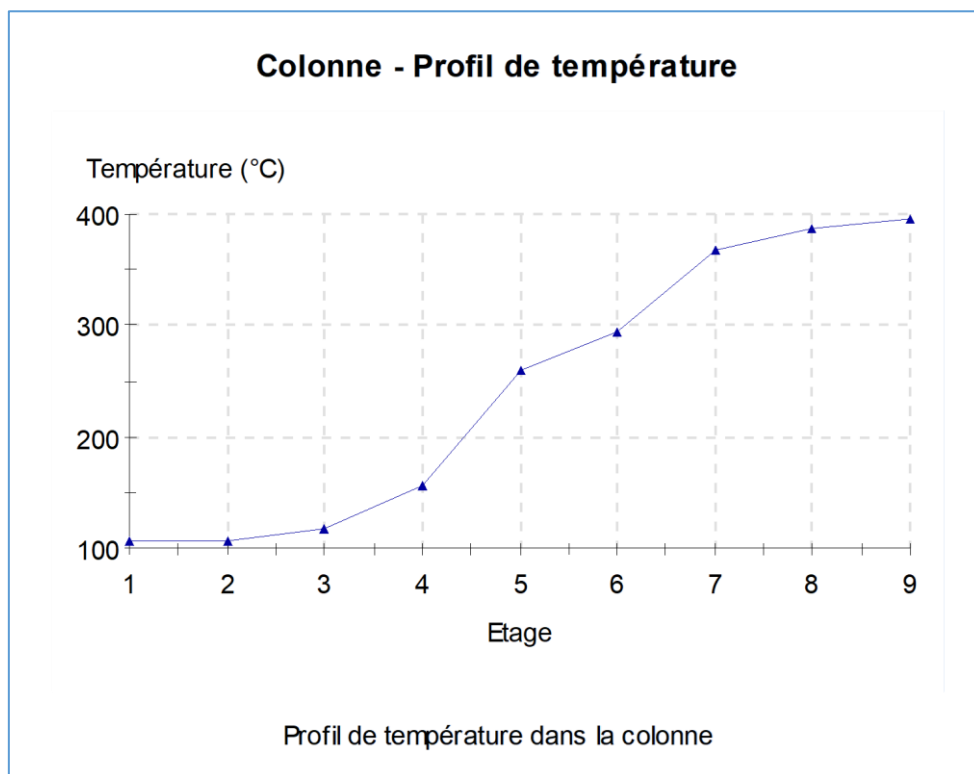
2.3. Profils de la colonne

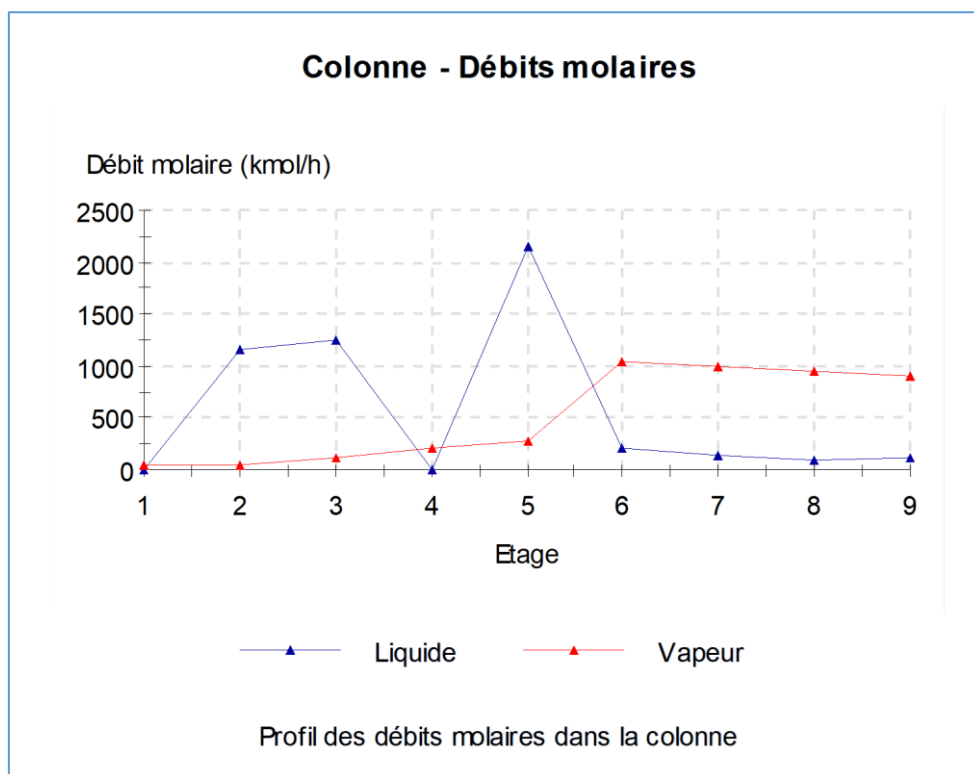
Les profils de colonne sont obtenus après la simulation dans la fenêtre de configuration de la colonne, sous l'onglet « Profils » (comme illustré ci-dessous dans le cas de la colonne sous vide). Un double-clic sur le profil souhaité génère le graphique.



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

Colonne sous vide :





BIBLIOGRAPHIE

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