

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

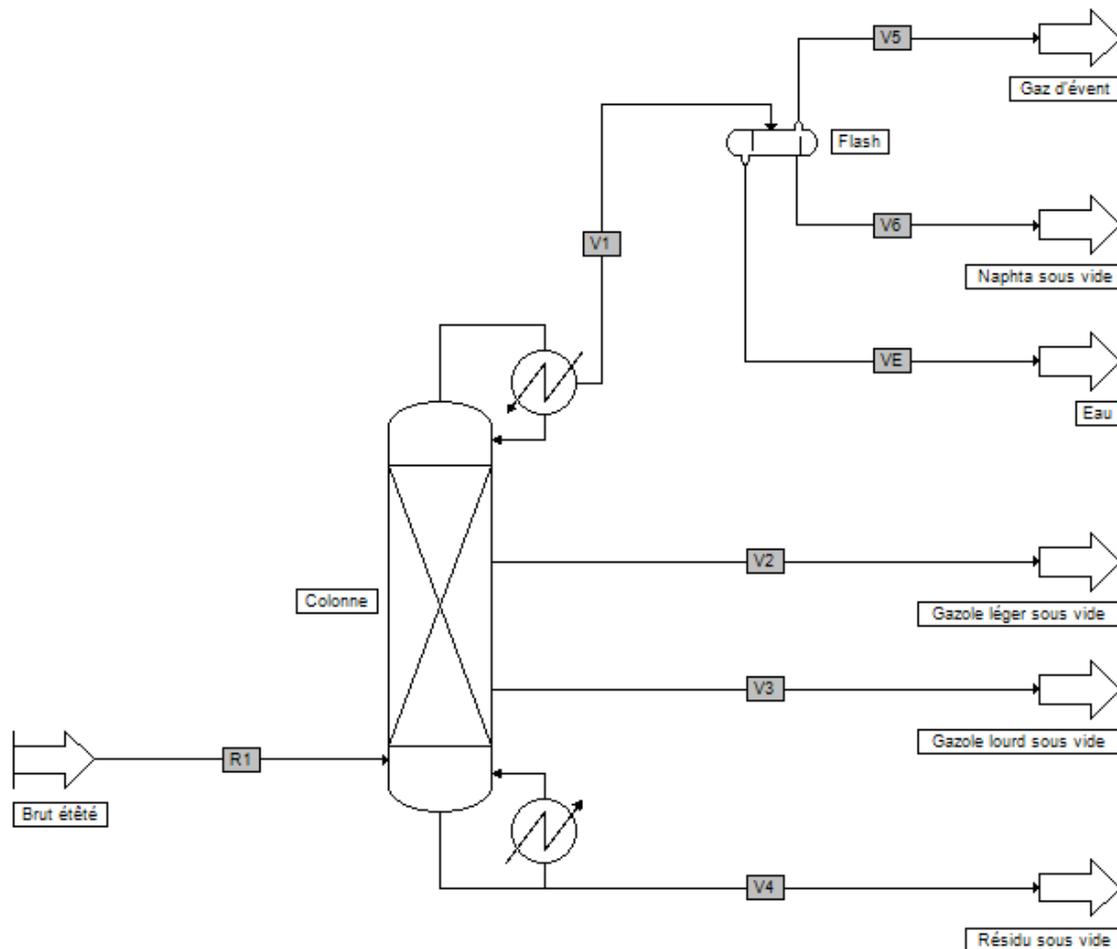
1.1. Présentation du procédé

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

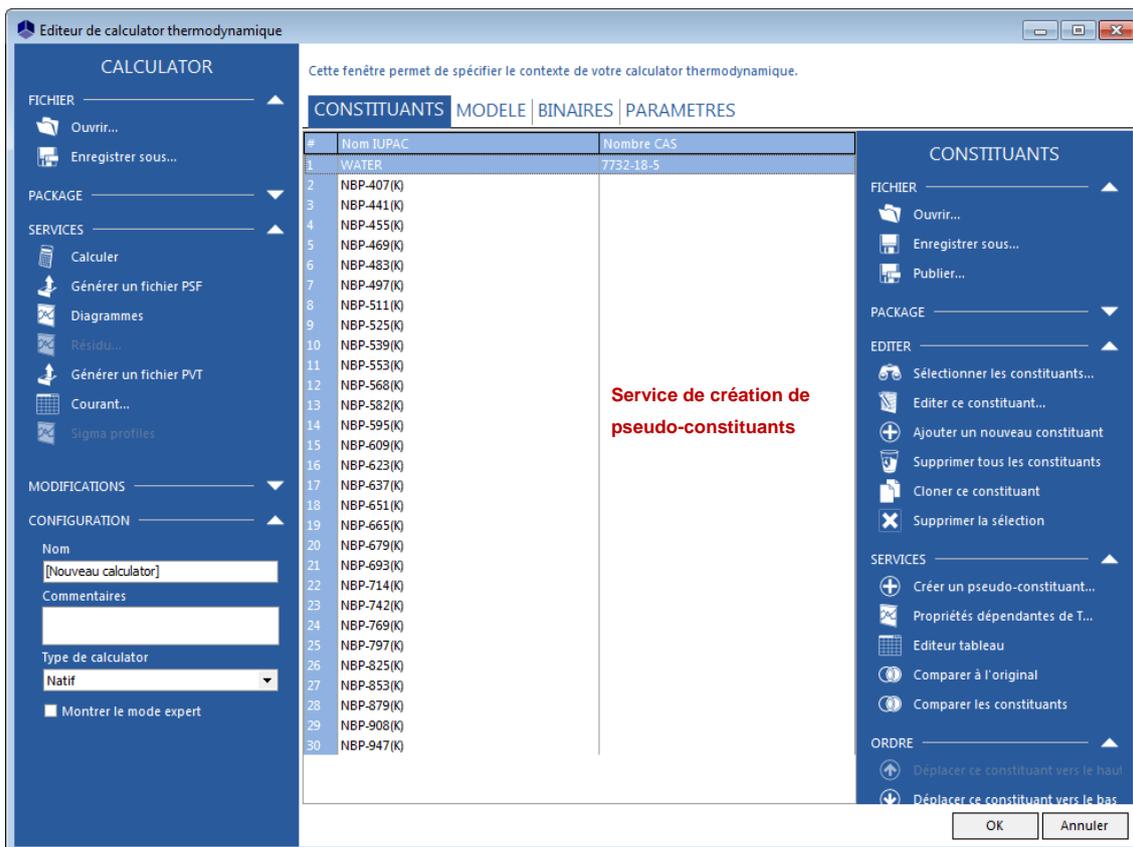


1.3. Constituants

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

Densité (specific gravity) moyenne: 0,916800

OPTIONS

Densité (specific gravity) mc: [dropdown]
 Pas de courbe: [dropdown]

UNTES

Température: °C [dropdown]

| 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

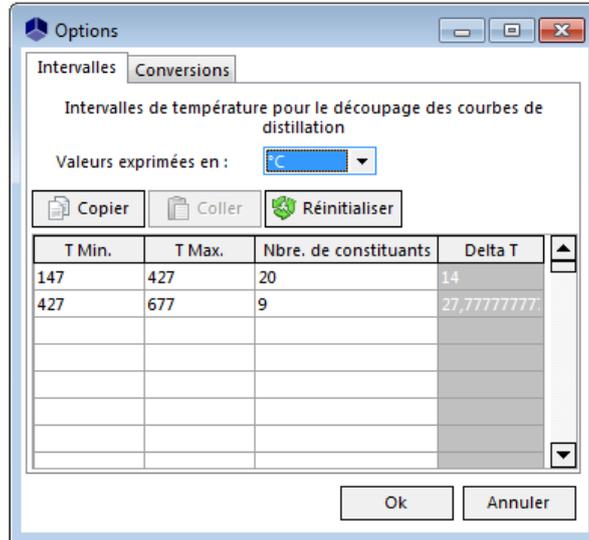
Type de composition: Volumique / **Massique**

| 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.



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 :
 - o Colonne à distiller avec condenseur partiel
 - o Nombre d'étages théoriques : 9
 - o Spécification de fonctionnement en débit de distillat vapeur et débit de reflux
 - o 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 :
 - o Brut étêté au plateau 9
- Soutirage :
 - o Gazole léger sous vide au plateau 4
 - o Gazole lourd sous vide plateau 6
- Pumparound 1 :
 - o Du plateau 4 au plateau 2 (phase liquide)
 - o Débit : 276 220 kg/h
 - o 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 :
 - o Température : 28 °C
 - o 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

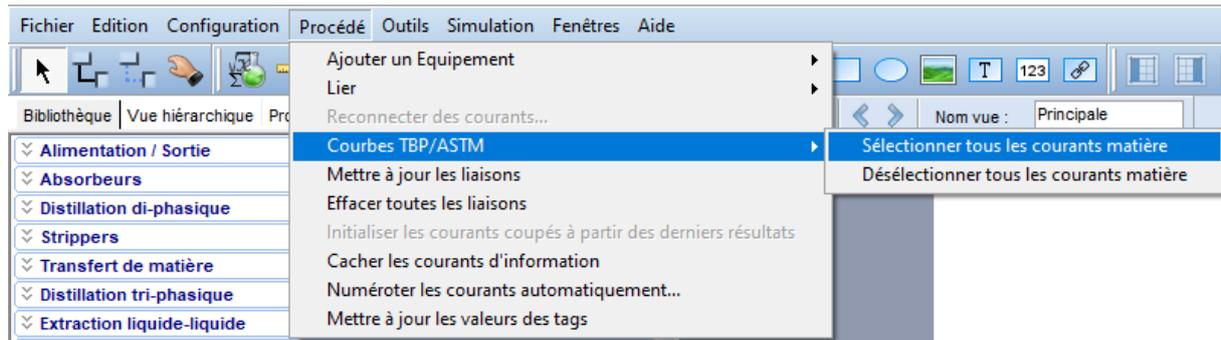
Ce document ne présente que les bilans matière et énergie sur les courants les plus pertinents. ProSimPlus fournit cependant des résultats complets sur tous les courants et sur chaque opération unitaire.

| 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'évén | 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 |

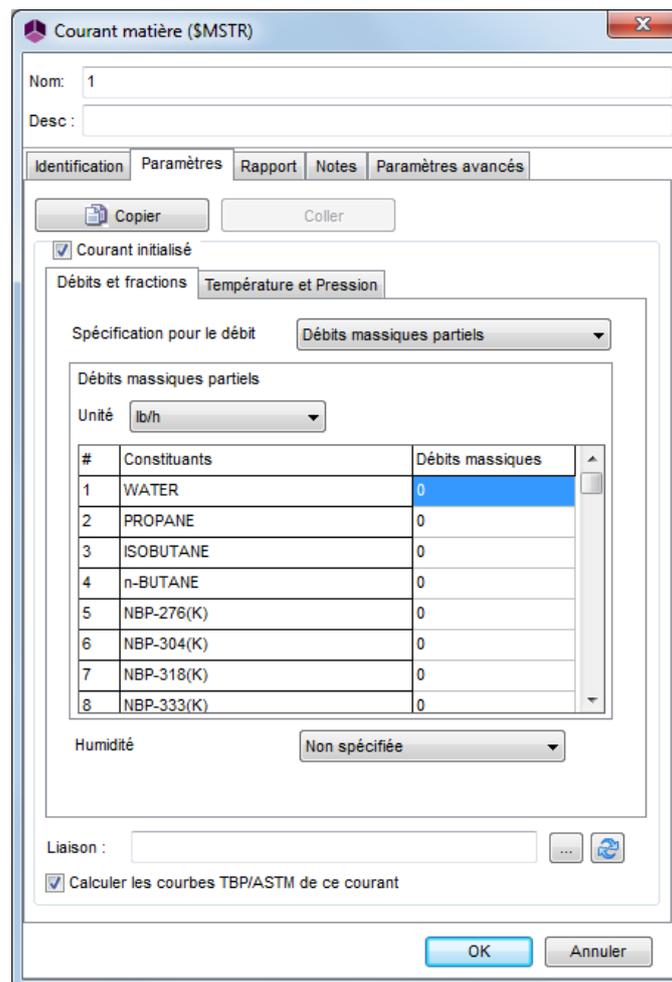
2.2. Performances du procédé

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 :

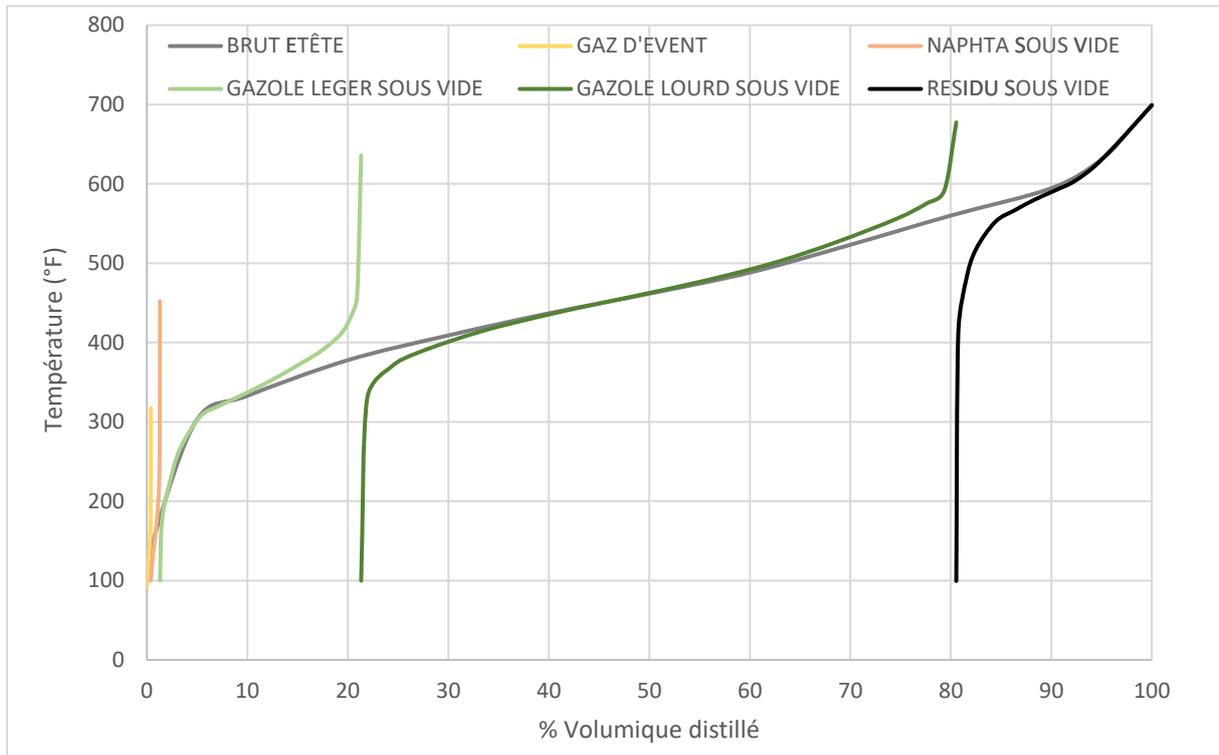


- Cocher la case « Calculer les courbes TBP/ASTM de ce courant » au niveau de la fenêtre de définition du courant matière dont il faut calculer les courbes TBP/ASTM à la prochaine simulation, comme illustré sur la figure suivante :



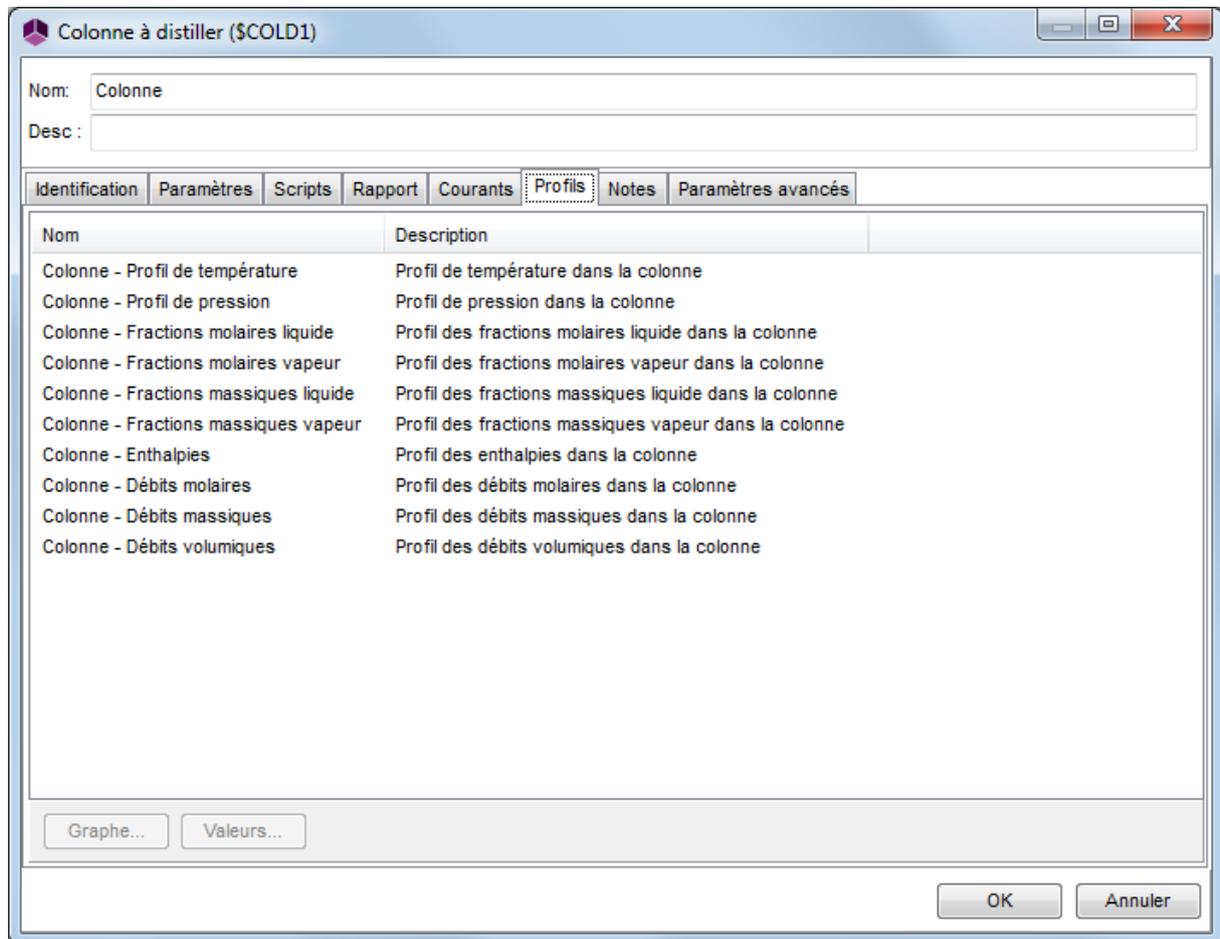
Pour atteindre cette option, il faut cocher la case « Courant initialisé » puis la décocher une fois la case « Calculer les courbes TBP/ASTM de ce courant » cochée.

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



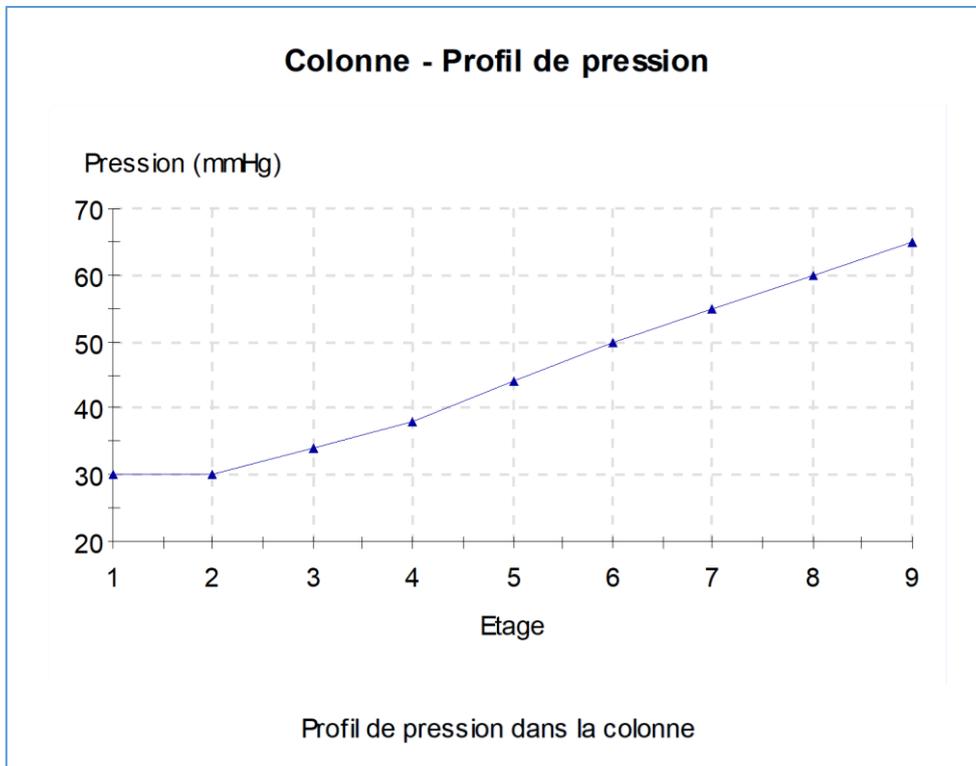
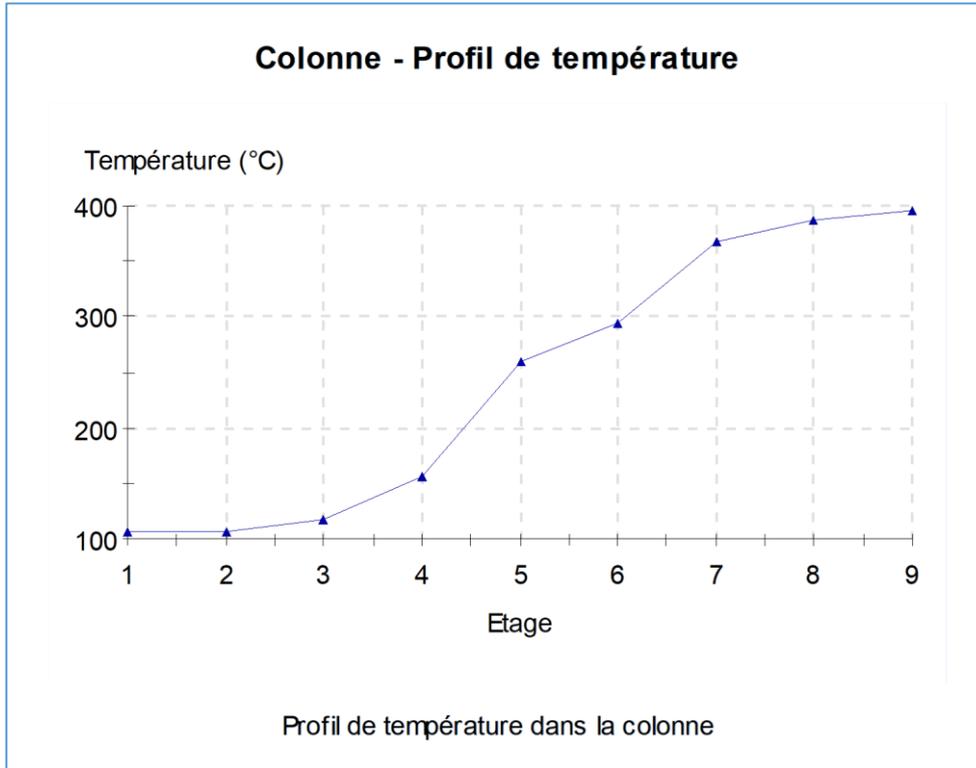
2.3. Profils de la colonne

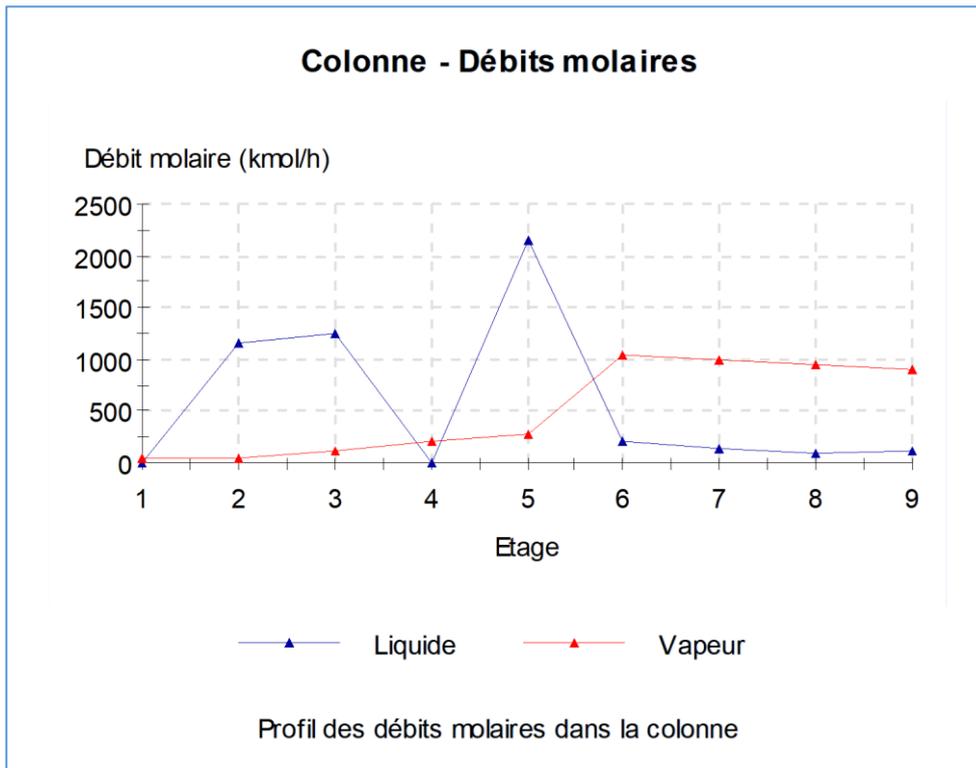
Les profils de colonne sont obtenus après la simulation dans la fenêtre de configuration de la colonne, sous l'onglet « Profils » (comme illustré ci-dessous dans le cas de la colonne sous vide). Un double-clic sur le profil souhaité génère le graphique.



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)