

**EXEMPLE D'APPLICATION PROSEC**

**SIMULATION D'UN ECHANGEUR A PLAQUES  
ET AILETTES BRASEES (EPAB) AVEC  
L'OPERATION UNITAIRE CAPE-OPEN  
CO-PROSEC  
EXEMPLE SIMPLE**

**INTERET DE L'EXEMPLE**

Cet exemple traite le cas d'un échangeur de chaleur à plaques et ailettes brasées à deux fluides. Une sortie latérale est disposée sur le courant chaud. Le courant froid présente une recirculation externe. Cet échangeur est modélisé en utilisant CO-ProSec, l'opération unitaire CAPE-OPEN de Fives ProSim dédiée à la simulation des échangeurs à plaques et ailettes brasées. CO-ProSec permet de prendre en compte l'effet de l'empilage et de la pression sur les courbes enthalpiques. Dans cet exemple CO-ProSec est utilisé dans le logiciel de simulation de procédés ProSimPlus et les données thermodynamiques et les propriétés physico-chimiques nécessaires sont automatiquement calculées en utilisant Simulis Thermodynamics, le serveur de calculs thermodynamiques de ProSimPlus.

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

<b>FICHIER PROSEC CORRESPONDANT</b>	<i>COPROSEC_EX_FR-Exemple-simple.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 MATIERES

<b>1.</b>	<b>MODELISATION DU PROCEDE .....</b>	<b>3</b>
1.1.	Présentation du procédé .....	3
1.2.	Schéma du procédé .....	4
1.3.	Constituants .....	4
1.4.	Modèle thermodynamique.....	4
1.5.	Paramètres opératoires.....	5
	1.5.1. Alimentations du procédé.....	5
	1.5.2. Echangeur à plaques et ailettes brasées .....	5
<b>2.</b>	<b>RÉSULTATS .....</b>	<b>9</b>
2.1.	Bilans matière et enthalpique.....	9
2.2.	Profils de l'échangeur à plaques et ailettes brasées.....	10
<b>3.</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>11</b>

## 1. MODELISATION DU PROCEDE

### 1.1. Présentation du procédé

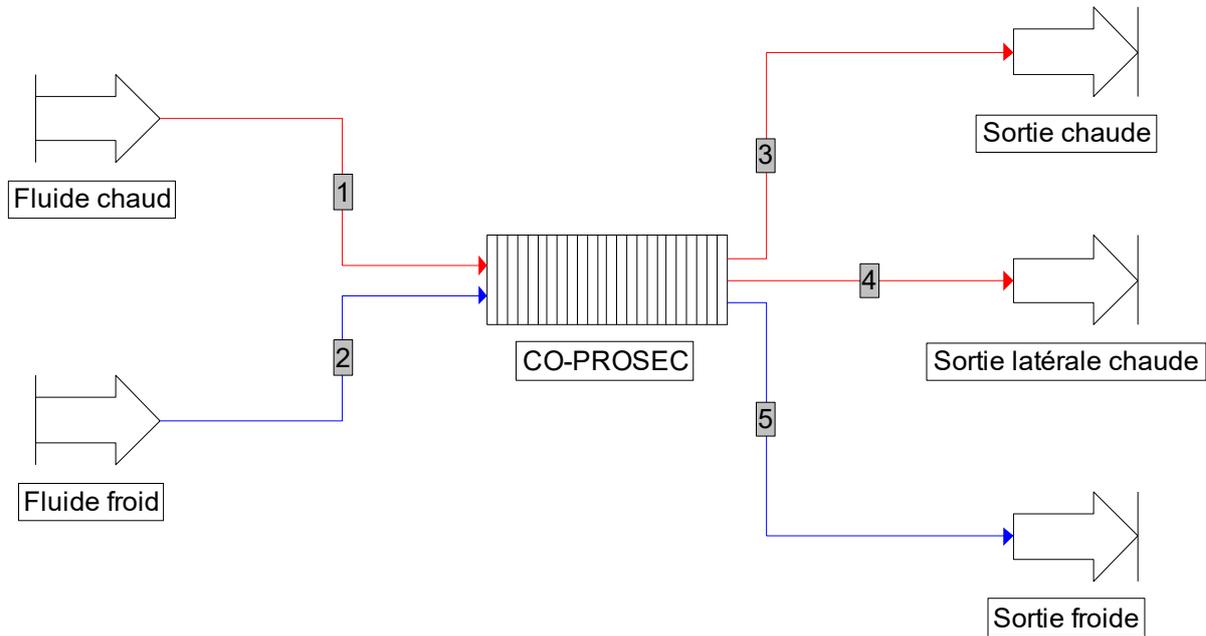
Cet exemple simple traite de la simulation d'un échangeur à plaques et ailettes brasées (EPAB) à deux fluides, un chaud et un froid, composés d'un mélange de méthane et d'éthane. Une sortie latérale est disposée sur le courant chaud. Le courant froid présente une recirculation externe.

Un seul EPAB peut contenir une dizaine de courants différents. Grâce à son faible coût de production et à ses hautes performances (échangeur généralement fabriqué en aluminium), il est souvent utilisé notamment dans les procédés cryogéniques. Il est simulé avec l'opération unitaire CAPE-OPEN CO-ProSec. La modélisation mise en œuvre dans cette opération unitaire est un modèle détaillé qui tient compte de la complexité de la géométrie de tels échangeurs, l'empilage étant notamment pris en compte. L'hypothèse de température de paroi commune (hypothèse TPC) est utilisée uniquement dans l'étape d'initialisation.

Le courant chaud entre dans l'échangeur par le courant « 1 ». 10% de ce courant quitte l'échangeur par une sortie latérale avant la fin de l'échangeur (courant « 4 »). Le reste du courant chaud traverse l'intégralité de l'échangeur d'où il sort par le courant « 3 ». Le courant entrant « 2 » est le courant froid. La totalité de ce courant quitte l'échangeur à 1/3 de sa longueur pour rentrer à nouveau dans l'échangeur au 2/3 de la longueur. Le courant chaud et le courant froid circulent à contre-courant.

Pour cet exemple il a été choisi de laisser l'opération unitaire calculer automatiquement les données thermodynamiques et les propriétés physico-chimiques nécessaires à la simulation. L'opération unitaire CAPE-OPEN CO-ProSec étant utilisée dans cet exemple dans l'environnement de simulation ProSimPlus, elle utilise alors le serveur de calculs de propriétés physico-chimiques et d'équilibres entre phases Simulis Thermodynamics disponible dans ProSimPlus.

## 1.2. Schéma du procédé



## 1.3. Constituants

Les constituants pris en compte dans la simulation, leurs formules chimiques et numéros CAS sont présentés dans le tableau ci-après. Leurs propriétés de corps pur sont extraites de la base de données standard livrée avec ProSimPlus [ROW23].

Constituant	Formule chimique	Numéro CAS <sup>1</sup>
Méthane	CH <sub>4</sub>	74-82-8
Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	74-84-0

## 1.4. Modèle thermodynamique

Le modèle thermodynamique est basé sur une approche par équation d'état. L'équation d'état retenue est celle de Peng-Robinson (PR) [PEN76] avec les paramètres d'interaction binaire stockés dans la base de données de ProSimPlus.

<sup>1</sup> CAS Registry Numbers® are the intellectual property of the American Chemical Society and are used by Fives ProSim SAS with the express permission of ACS. CAS Registry Numbers® have not been verified by ACS and may be inaccurate.

## 1.5. Paramètres opératoires

### 1.5.1. Alimentations du procédé

	Fluide chaud	Fluide froid
Température (K)	299	267
Pression (bar)	69,4	69,4
Débit total (kg/h)	4 790	4 790
<b>Fractions massiques</b>		
Méthane	0,5	0,5
Ethane	0,5	0,5

### 1.5.2. Echangeur à plaques et ailettes brasées

✓ Paramètres globaux

Paramètres	Valeur
Type d'échangeur	CO-ProSec
Nombre de corps	1
Inclinaison	Vertical
Banque d'ondes	-> 2002
Matériau	Aluminium TRANE
Largeur utile (mm)	589
Epaisseur des barres latérales (mm)	14,3
Epaisseur des barres d'extrémités (mm)	27
Epaisseur des tôles de séparation (mm)	1,8
Epaisseur des tôles de fermeture (mm)	1,8

✓ Paramètres des courants

Paramètre	Courant	
	Chaud	Froid
Sens d'écoulement	Du haut vers le bas	Du bas vers le haut
Corrélation du coefficient d'échange	HTFS85	
Autres paramètres	Valeurs par défaut	
<b>Soutirage latéral</b>		
Nom	Chaud_Latéral	
Taux de partage du débit (%)	10	

## ✓ Caractéristiques des ondes

Nom	Onde #1	Onde #2
Origine	Utilisateur	
Référence	1001	7844
Mode de calcul	Données de performances fournies	A partir de la géométrie
Type	Droite et pleine	
Hauteur (mm)	7,13	
Epaisseur (mm)	0,40	
Nombre d'ailettes par mètre	673,2	200
Autres paramètres	Valeurs par défaut	

Les performances de l'onde #1 sont listées dans le tableau ci-dessous.

Nombre de Reynolds	Nombre de Fanning	Nombre de Colburn
46	0,98874	0,06258
122	0,39326	0,04122
200	0,26355	0,03266
538	0,14066	0,02048
881	0,11300	0,01643
442	0,09665	0,01337
363	0,08753	0,01106
6 338	0,08180	0,00797
17 003	0,08171	0,00604
45 614	0,07260	0,00462

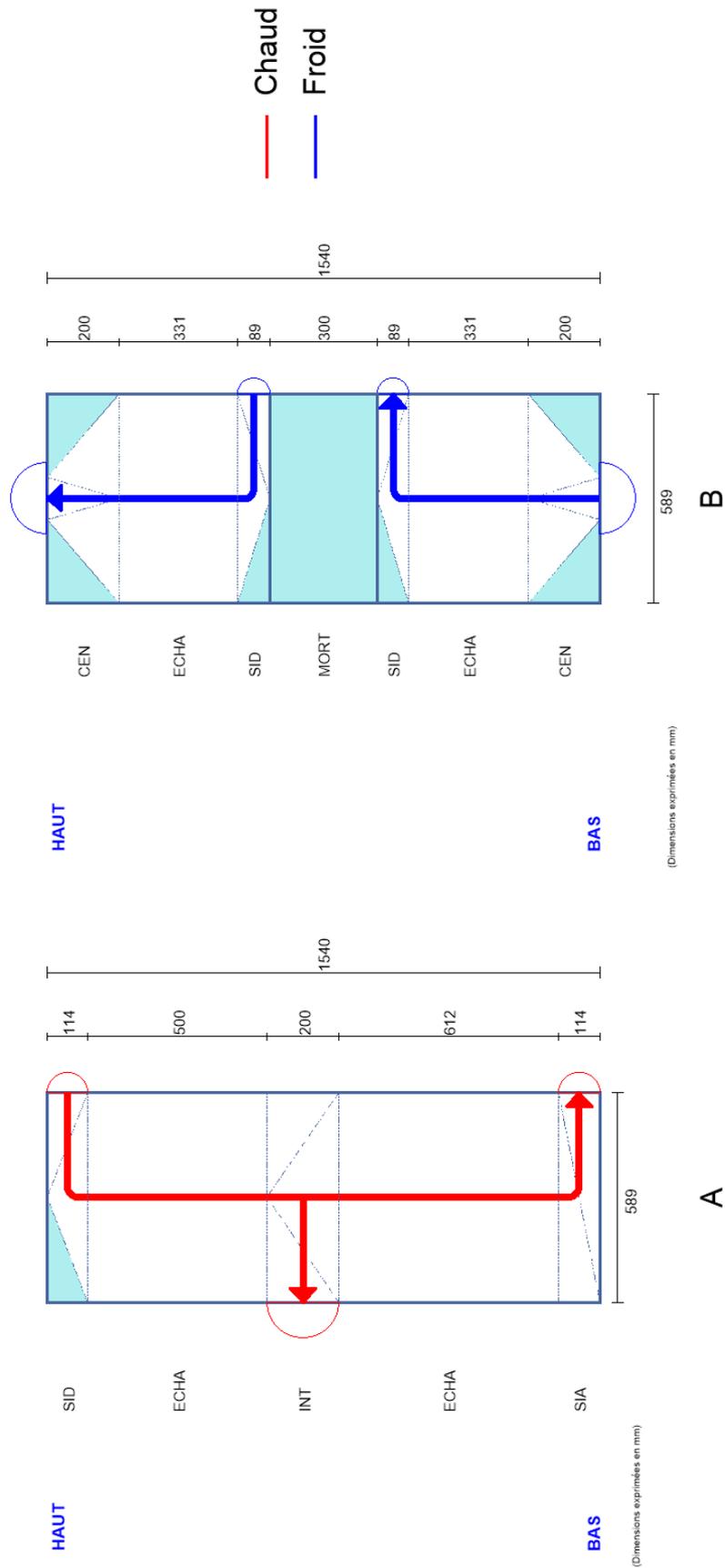
## ✓ Passages de référence

Les ondes utilisées pour chaque zone (quel que soit le courant) sont listées dans le tableau ci-après :

Zone	Onde
Zone d'échange et zone « MORT »	Onde #1
Distributeur	Onde #2

Une zone de type « MORT » est une zone dans laquelle aucun fluide ne circule. Seuls les phénomènes de conduction sont présents.

La figure suivante montre les deux passages de référence de cet échangeur. Les dimensions sont exprimées en millimètres.

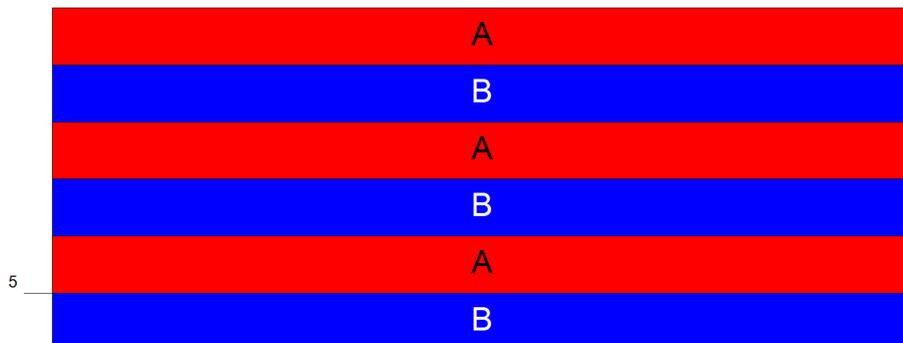


Les caractéristiques des distributeurs sont détaillées dans le tableau suivant :

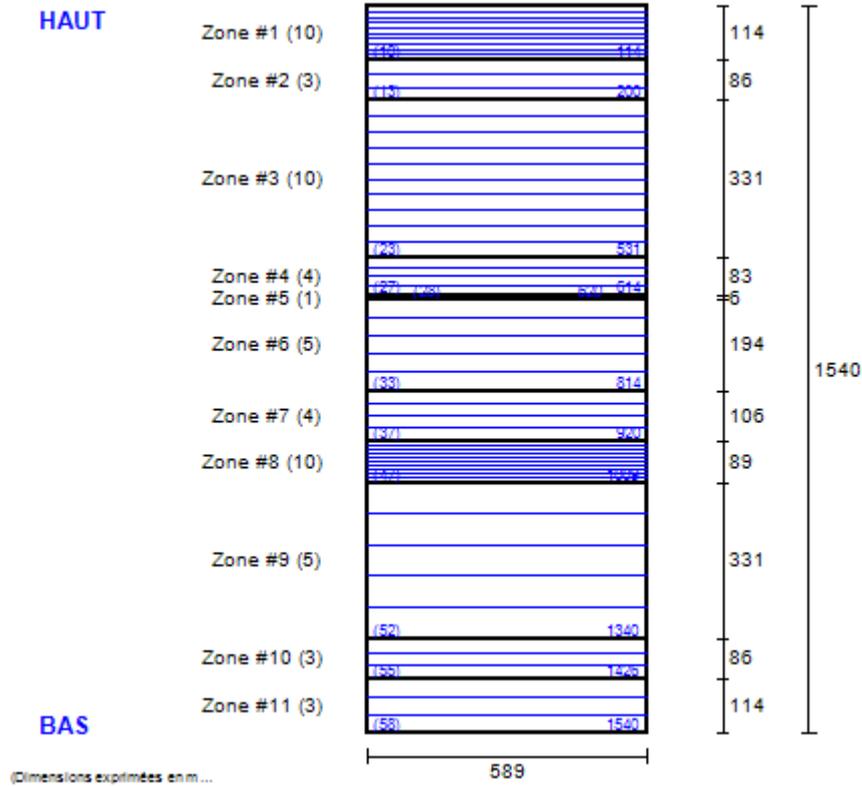
Paramètre	Caractéristiques des distributeurs				
	Courant chaud			Courant froid	
Type du distributeur	SIA	INT	SID	CEN	SID
Hauteur de bloc (mm)	114	200	114	200	89
Nombre de têtes	1				
Nombre de piquages	1				
Ouverture de distributeur (mm)	114	200	114	200	89
Hauteur de distributeur (mm)	114	200	114	200	89
Diamètre de piquage (mm)	0				
Hauteur de tête (mm)	57	100	57	100	44,5
Autres paramètres	Valeurs par défaut				

✓ Empilage

Paramètres	Valeur
Nombre de répétitions de la séquence	2
Séquence	A B



- ✓ Nombre de mailles pour chaque zone élémentaire (les dimensions sont exprimées en millimètres)



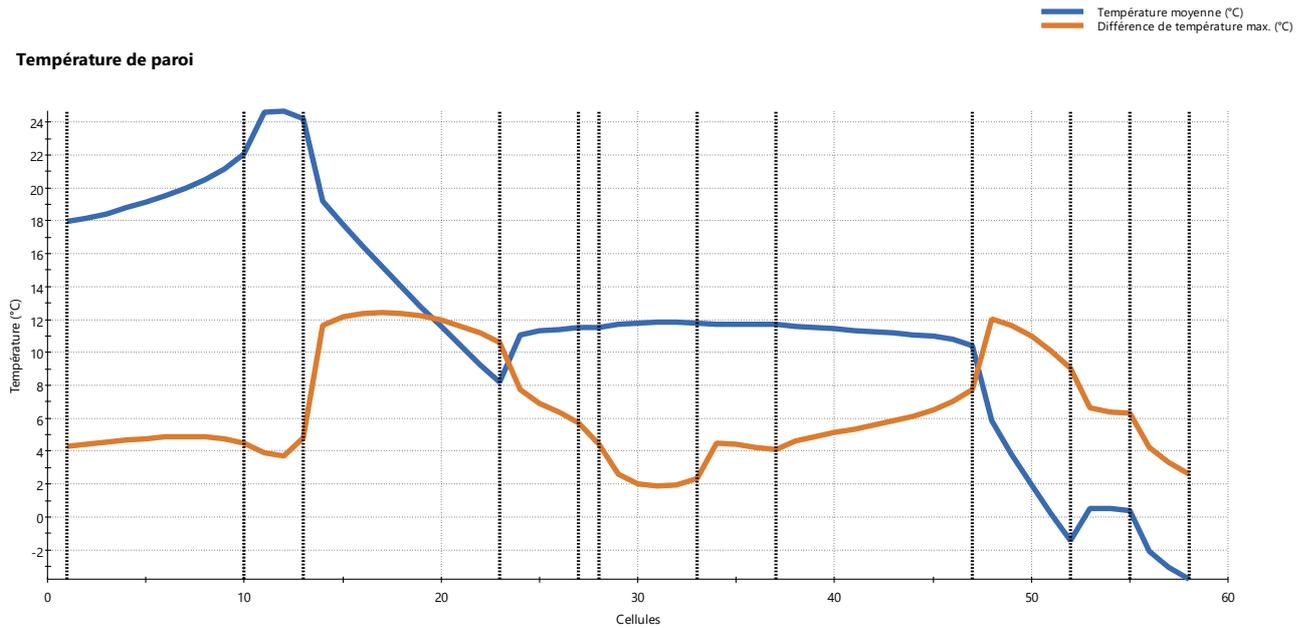
## 2. RÉSULTATS

### 2.1. Bilans matière et enthalpique

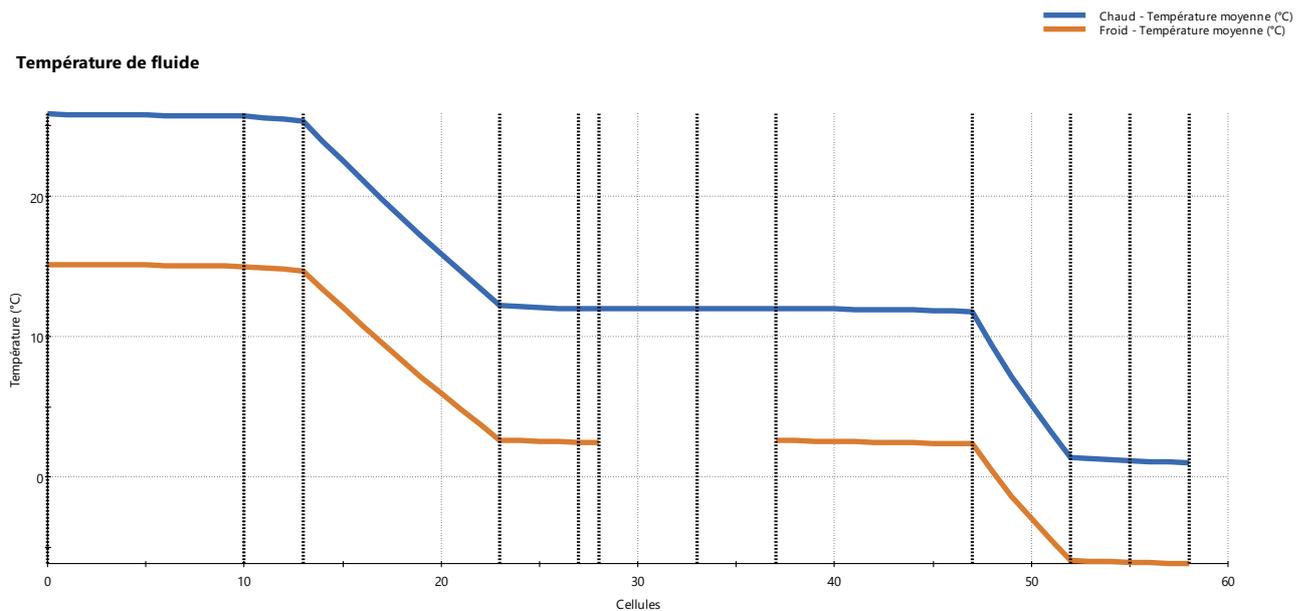
Courants		1	2	3	4	5	
De		Fluide chaud	Fluide froid	CO-PROSEC	CO-PROSEC	CO-PROSEC	
Vers		CO-PROSEC	CO-PROSEC	Sortie chaude	Sortie latéra...	Sortie froide	
Débits partiels		kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	
METHANE		2395	2395	2155.5	239.5	2395	
ETHANE		2395	2395	2155.5	239.5	2395	
Débit total		kg/h	4790	4790	4311	479	4790
Fractions massiques							
METHANE		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
ETHANE		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Etat physique		Vapeur	Vapeur	Vapeur	Vapeur	Vapeur	
Température		°C	25.85	-6.15	1.0212	11.956	15.096
Pression		bar	69.4	69.4	69.005	69.005	69.045
Flux enthalpique		kcal/h	-1.2518E005	-2.5107E005	-1.9611E005	-17428	-1.6272E005
Fraction molaire vapeur			1	1	1	1	1

## 2.2. Profils de l'échangeur à plaques et ailettes brasées

Plusieurs profils (température de paroi, température des fluides, pression, coefficient de transfert, taux de vaporisation, etc.) dans l'échangeur à plaques et ailettes brasées sont disponibles à la fin de la simulation dans la fenêtre d'édition (onglet « Résultats ») de CO-ProSec. Les figures suivantes présentent les températures de paroi (moyenne et écart maximal) et les températures moyennes des courants en fonction de la longueur de l'échangeur de chaleur.



Copyright ©2015-2024 Fives ProSim



Copyright ©2015-2024 Fives ProSim

### 3. BIBLIOGRAPHIE

- [PEN76] PENG Y.D., ROBINSON D.B., "A New Two Constant Equation of State", Ind. Eng. Chem. Fundam., 15, 59-64 (1976)
- [ROW23] ROWLEY R.L., WILDING W.V., OSCARSON J.L., GILES N.F., "DIPPR® Data Compilation of Pure Chemical Properties", Design Institute for Physical Properties, AIChE (2023)