

EXEMPLE D'APPLICATION DE PROSIMPLUS

**SIMULATION D'UN ECHANGEUR A PLAQUES ET
AILETTES A COURANTS CROISES (PFHE) AVEC
L'OPERATION UNITAIRE CAPE-OPEN PROSEC**

INTERET DE L'EXEMPLE

Cet exemple présente la simulation d'un échangeur à plaques et ailettes à courants croisés utilisé dans une application gaz-gaz. Cet échangeur est modélisé en utilisant ProSec, l'opération unitaire CAPE-OPEN de ProSim dédiée à la simulation des échangeurs à plaques et ailettes. Les données thermodynamiques et physico-chimiques sont automatiquement calculées en utilisant le serveur de calcul thermodynamique du logiciel de simulation de procédé.

DIFFUSION	<input checked="" type="checkbox"/> Libre-Internet	<input type="checkbox"/> Réservé aux clients ProSim	<input type="checkbox"/> Restreinte	<input type="checkbox"/> Confidentiel
------------------	---	--	--	--

FICHIER PROSIMPLUS CORRESPONDANT	COPROSEC_EX_FR-Echangeur-a-courants-croises.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. ProSim ne pourra en aucun cas être tenu pour responsable de l'application qui pourra être faite des calculs basés sur cet exemple.

TABLE DES MATIERES

1. MODELISATION DU PROCEDE	3
1.1. Description du procédé	3
1.2. Schéma de simulation	4
1.3. Constituants	5
1.4. Modèle thermodynamique	5
1.5. Paramètres opératoires	5
1.5.1. Alimentations du procédé	5
1.5.2. Echangeur à plaques et ailettes	6
2. RESULTATS	9
2.1. Bilans matière et énergie	9
2.2. Résultats globaux	9
2.3. Profils dans l'échangeur de chaleur à plaques et ailettes	10
3. BIBLIOGRAPHIE	11

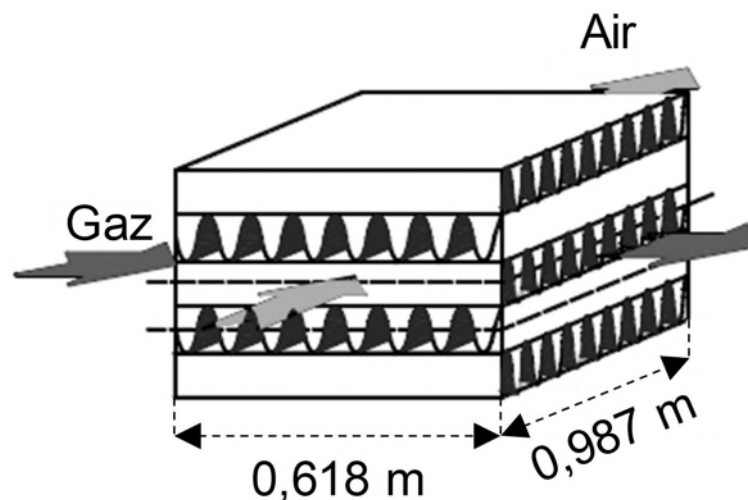
1. MODELISATION DU PROCEDE

1.1. Description du procédé

Cet exemple traite d'un échangeur à plaques et ailettes à courants croisés (PFHE). Les échangeurs de chaleur compacts sont caractérisés par une grande aire d'échange de chaleur par unité de volume. Parmi les différents types d'échangeurs de chaleur compacts, les échangeurs à plaques et ailettes à courants croisés sont largement utilisés en aéronautique, en automobile, dans les procédés chimiques et cryogéniques pour leur faible poids et volume et leur grande efficacité. Dans cet exemple, l'échangeur est simulé avec l'opération unitaire CAPE-OPEN ProSec. Dans ProSec, les échangeurs à courants croisés sont modélisés comme des échangeurs à contre-courant et un coefficient d'efficacité [ROE10] est calculé et appliqué pour prendre en compte le comportement courant croisé. Les hypothèses du modèle sont :

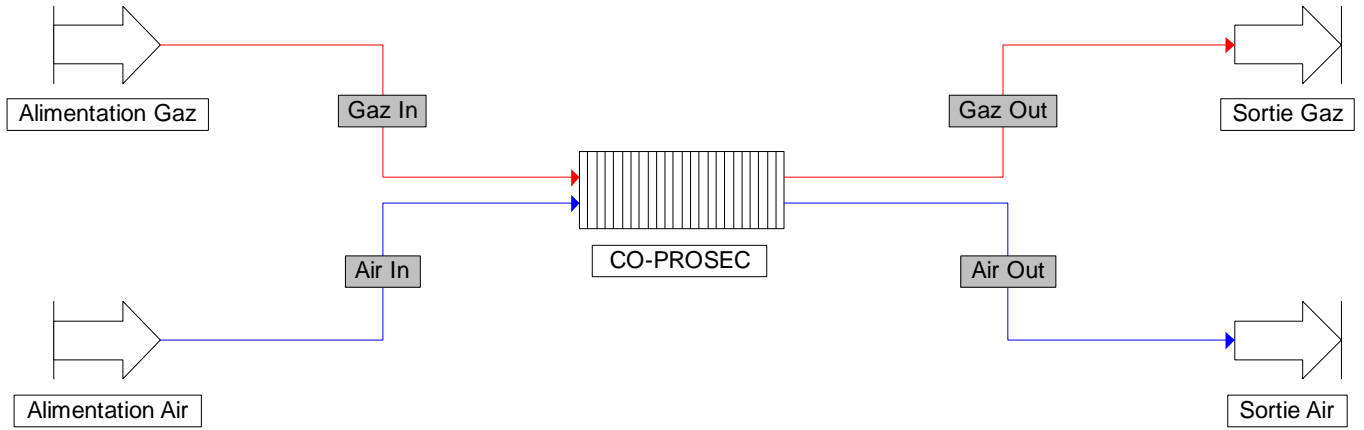
- ✓ Température de paroi commune,
- ✓ Conduction longitudinale non prise en compte,
- ✓ Deux fluides,
- ✓ Option thermodynamique continue non disponible.

Cet exemple est extrait de [MIS09]. Le schéma est montré ci-dessous. Les deux fluides sont des flux d'air. Le courant « Gaz » est le courant principal et le courant « Air » est le courant croisé.



Les données thermodynamiques et physico-chimiques nécessaires pour la simulation sont automatiquement calculées par l'opération unitaire. Dans cet exemple, l'opération unitaire CAPE-OPEN ProSec étant utilisée dans l'environnement de simulation ProSim, c'est Simulis Thermodynamics, le serveur de calcul de propriétés thermophysiques et d'équilibre entre phases disponible dans ProSimPlus, qui est utilisé.

1.2. Schéma de simulation



1.3. Constituants

Les constituants de cette simulation, leurs formules chimiques et leurs numéros CAS sont présentés dans le tableau suivant. Leurs propriétés de corps purs sont extraites de la base de données standard fournie avec ProSimPlus [ROW17].

Constituant	Formule chimique	Numéro CAS
Oxygène	O ₂	7782-44-7
Azote	N ₂	7727-37-9

1.4. Modèle thermodynamique

Le profil PSRK, basé sur une approche par équation d'état avec règle de mélange complexe [HOL91], [GME91], [CHE02], est sélectionné.

1.5. Paramètres opératoires

1.5.1. Alimentations du procédé

	Gaz	Air
Température (°C)	240	4
Pression (bar)	1	1
Débit total (kg/s)	0,8962	0,8296
Fraction molaire		
Oxygène	0,21	
Azote	0,79	

1.5.2. Echangeur à plaques et ailettes

✓ Paramètres généraux

Paramètres	Valeur
Type de l'échangeur	CO-ProSec
Nombre de corps	1
Inclinaison	Horizontal
Banque d'ondes	2015 -> Maintenant
Matériau	
Type	Autre
a1	160
a2 = a3 = a4 = a5 = a6 =a7	000
Largeur utile (m)	0,987
Epaisseur des barres latérales (mm)	0,001
Epaisseur des barres d'extrémités (mm)	0,001
Epaisseur des tôles de séparation (mm)	0,500

✓ Paramètres des courants

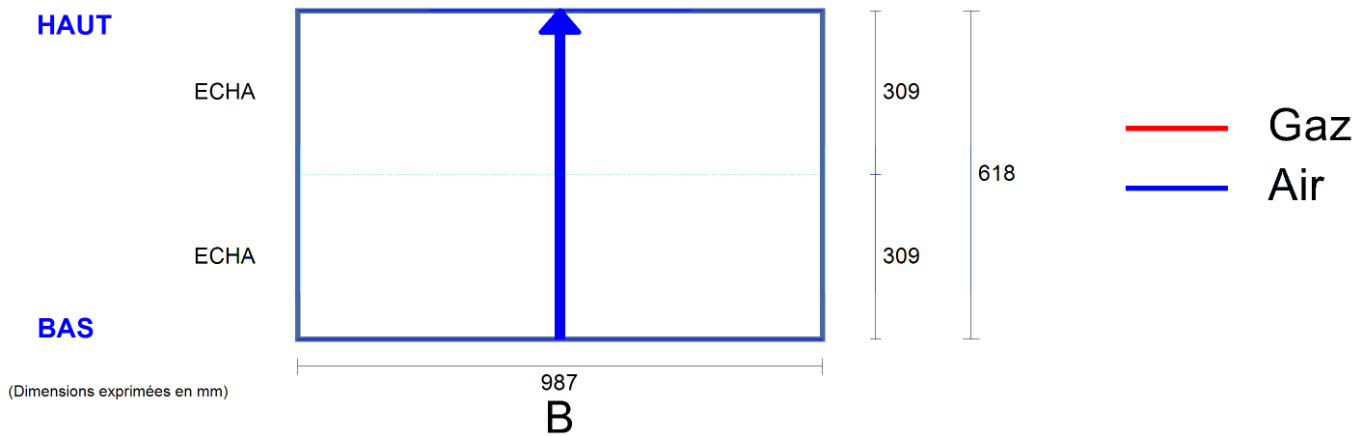
Paramètre	Courant	
	Gaz	Air
Sens d'écoulement	Du haut vers le bas	Du bas vers le haut
Courant croisé	Non	Oui
Corrélation de calcul du coefficient d'échange	HTFS85	

✓ Caractéristiques de l'onde

Nom	Onde #1
Origine	Utilisateur
Mode de calcul	A partir de la géométrie
Référence	1001
Type	A serration
Hauteur (mm)	9,799
Epaisseur (mm)	0,101
Nombre d'ailettes par mètre	654,5
Longueur de serration (mm)	7,551

✓ Passages de référence

L'onde #1 est utilisée pour chaque courant. Les figures suivantes montrent les deux passages de référence de l'échangeur de chaleur. Les dimensions sont exprimées en millimètre.



✓ Empilage

Paramètres	Valeur
Séquence 1	
Nombre de répétitions de la séquence	9
Séquence	B A
Séquence 2	
Nombre de répétitions de la séquence	1
Séquence	B

2. RESULTATS

2.1. Bilans matière et énergie

Courants		Air In	Air Out	Gaz In	Gaz Out
Débit total	kg/s	0.8296	0.8296	0.8962	0.8962
Fractions molaires					
OXYGEN		0.21	0.21	0.21	0.21
NITROGEN		0.79	0.79	0.79	0.79
État physique		Vapeur	Vapeur	Vapeur	Vapeur
Température	°C	4	201.81	240	57.828
Pression	kPa	100	95.282	100	97.997
Flux enthalpique	kW	-17.831	149.49	196.94	29.624
Fraction molaire vapeur		1	1	1	1

2.2. Résultats globaux

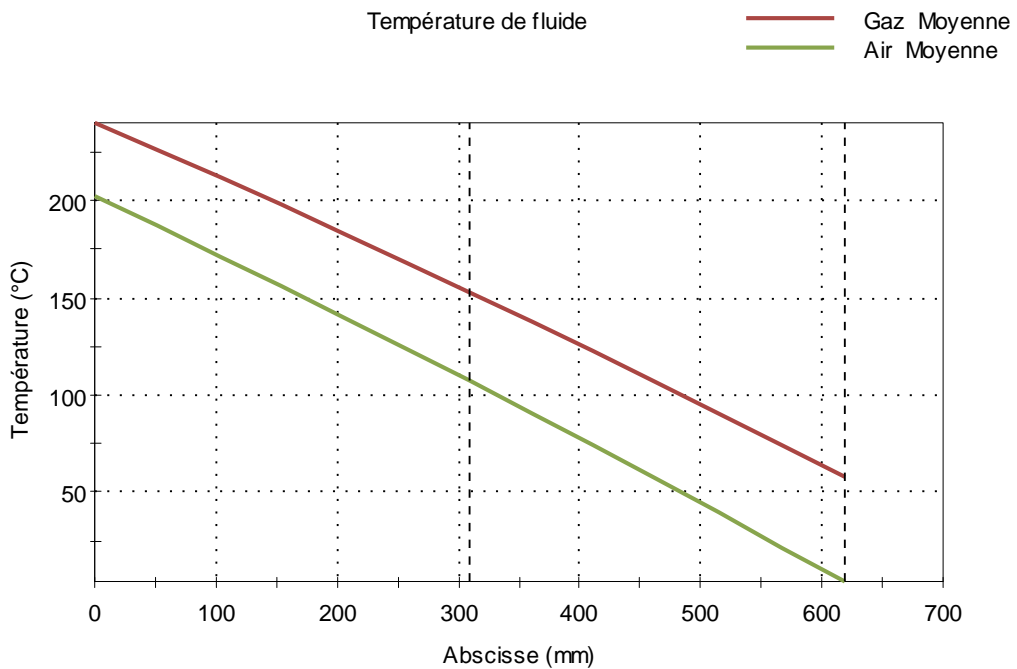
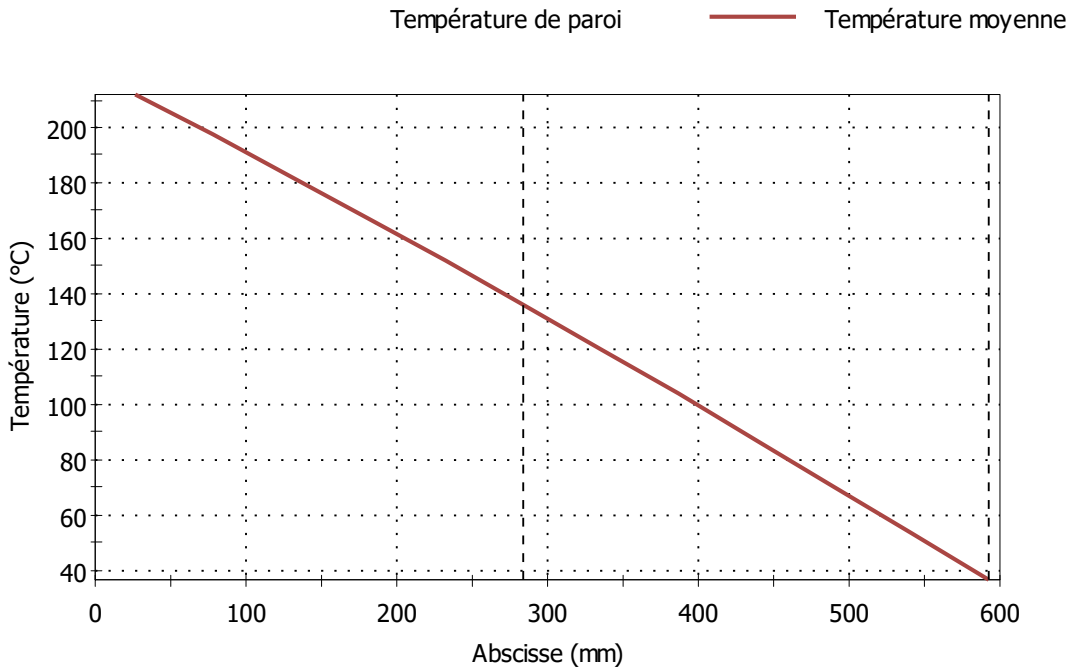
La quantité de chaleur calculée par ProSec est de 167 kW. [MIS19] indique une valeur de 160 kW. L'écart peut être expliqué par des différences dans les hypothèses :

- ✓ Propriétés physico-chimiques constantes pour [MIS09] et dépendantes de la température pour ProSec,
- ✓ Les corrélations utilisées pour les facteurs de Colburn et de Fanning ne sont pas les mêmes.

Les pertes de charge calculées par ProSec (2 003 Pa pour le courant de gaz et 4 718 Pa pour le courant d'air) sont proches de celles calculées par [MIS09].

2.3. Profils dans l'échangeur de chaleur à plaques et ailettes

Différents profils (température de plaque, température de fluide, pression, coefficient de transfert de chaleur, taux de vaporisation...) dans l'échangeur de chaleur sont disponibles à la fin de la simulation depuis la fenêtre d'édition de ProSec (onglet « Résultats »). Les figures suivantes montrent le profil de la température moyenne de la paroi et les profils de température moyenne le long de l'échangeur de chaleur.



3. BIBLIOGRAPHIE

- [CHE02] CHEN J., FISCHER K., GMEHLING J., "Modification of PSRK Mixing Rules and Results for Vapor – Liquid Equilibria, Enthalpy of Mixing and Activity Coefficients at Infinite Dilution", Fluid Phase Equilib., 200, 411-429 (2002)
- [GME95] GMEHLING J., "From UNIFAC to Modified UNIFAC to PSRK with the Help of DDB", Fluid Phase Equilib., 107, 1-29 (1995)
- [HOL91] HOLDERBAUM T., GMEHLING J., "PSRK: A Group Contribution Equation of State based on UNIFAC", Fluid Phase Equilib., 70, 251-265 (1991)
- [MIS09] MISHRA M., DAS P.K., "Thermoeconomic Design-Optimisation of Crossflow Plate-Fin Heat Exchanger Using Genetic Algorithm", Int. J. Exergy, 6, 837-852 (2009)
- [ROE10] ROETZEL W., SPANG B., "VDI Heat Atlas, Chapter C1: Thermal Design of Heat Exchangers", Springer-Verlag, 2nd Edition (2010)
- [ROW17] 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, New York, NY (2017)