

EXEMPLE D'APPLICATION PROSEC

SIMULATION D'UN ECHANGEUR A PLAQUES ET AILETTES A COURANTS CROISES (PFHE) AVEC L'OPERATION UNITAIRE CAPE-OPEN CO-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 CO-ProSec, l'opération unitaire CAPE-OPEN de Fives 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"/> Réservée clients	<input type="checkbox"/> Restreinte	<input type="checkbox"/> Confidentielle
------------------	--	---	-------------------------------------	---

FICHIER PROSEC 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. 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

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

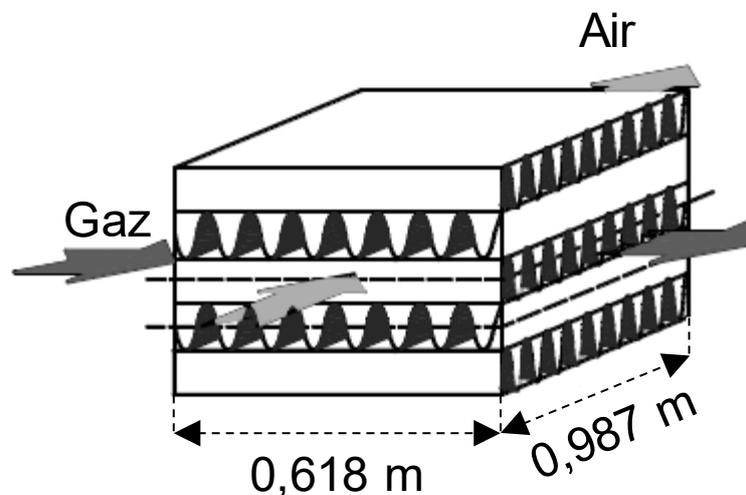
1. MODELISATION DU PROCEDE

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 CO-ProSec. Dans CO-ProSec, les échangeurs à courants croisés sont modélisés comme des échangeurs à contre-courant pur et un coefficient d'efficacité [ROE10] est calculé et appliqué pour prendre en compte le comportement courant croisé. Les hypothèses du modèle sont :

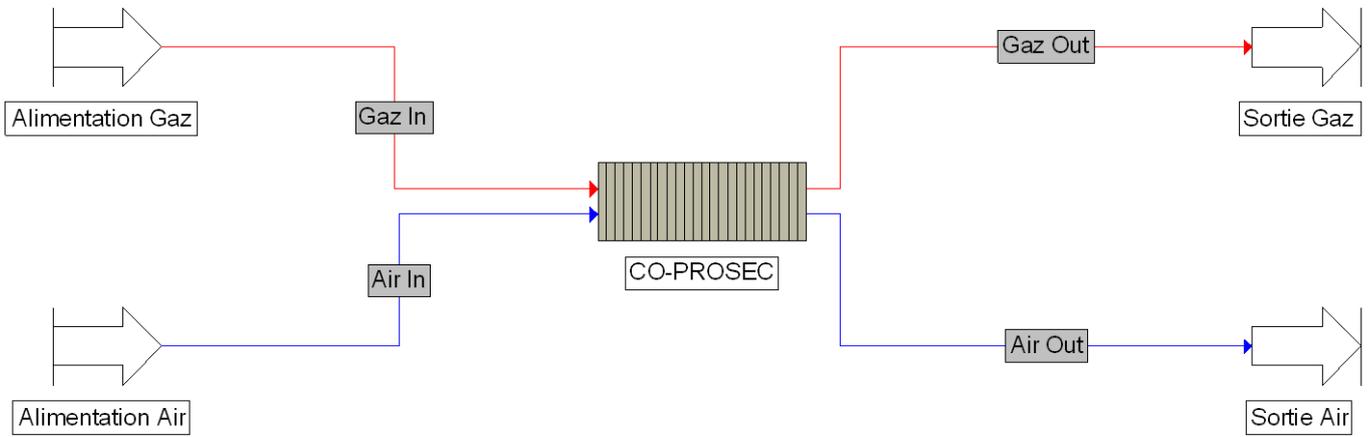
- ✓ Température de paroi commune,
- ✓ Conduction longitudinale non prise en compte,
- ✓ Deux fluides,
- ✓ Option thermodynamique continue non disponible.

Cet exemple est extrait de [MIS09]. Le schéma de l'échangeur 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 CO-ProSec étant utilisée dans l'environnement de simulation ProSimPlus, 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 [ROW23].

Constituant	Formule chimique	Numéro CAS ¹
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 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.

1.5.2. 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	0,0
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
Epaisseur des tôles de fermeture (mm)	0,500

✓ Paramètres des courants

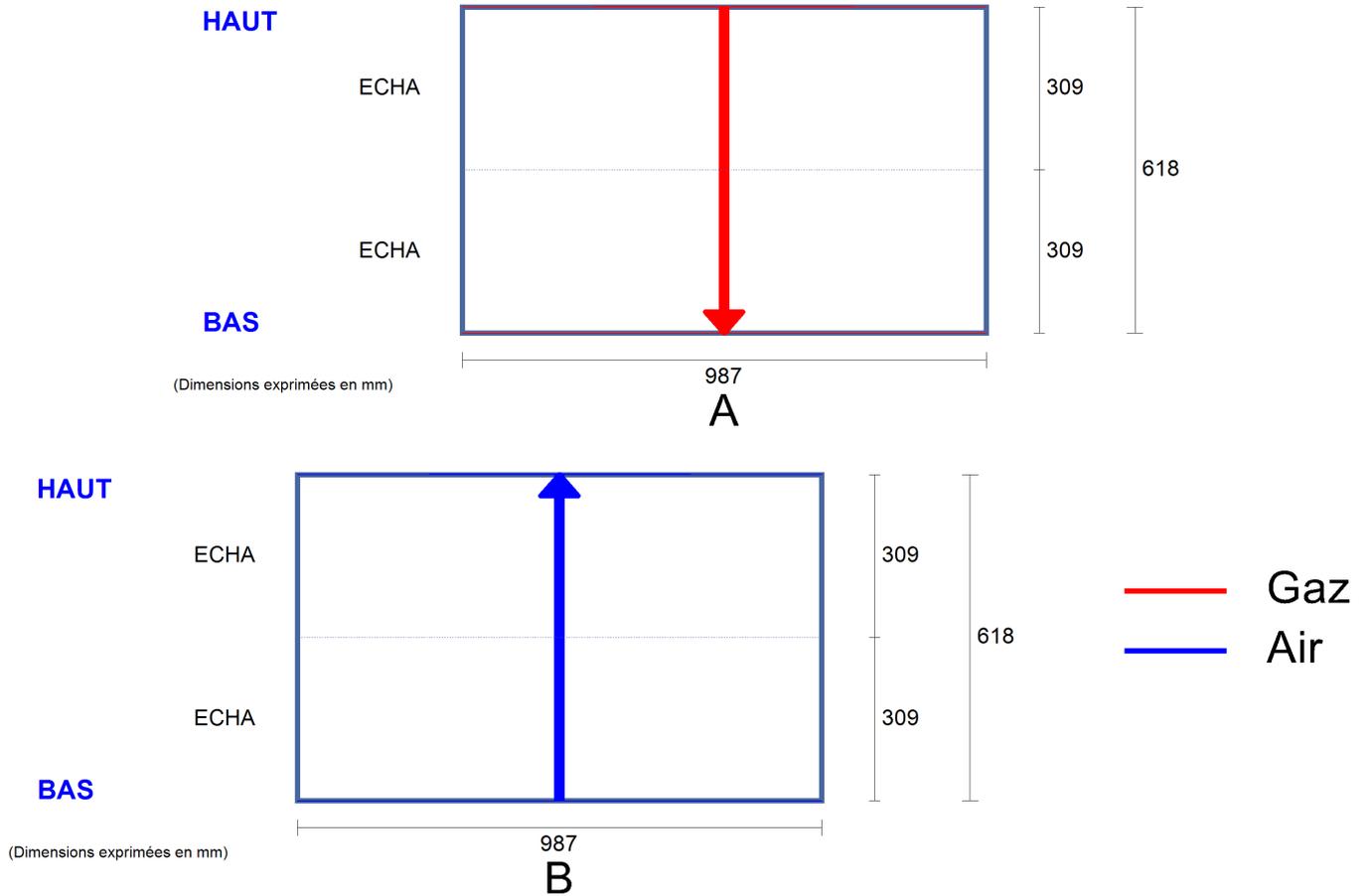
Paramètre	Courant	
	Gaz	Air
Sens d'écoulement	Du haut vers le bas	Du bas vers le haut
Courant croisé	Non	Oui
Corrélation de calcul du coefficient d'échange	HTFS85	
Autres paramètres	Valeurs par défaut	

✓ 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
Autres paramètres	Valeurs par défaut

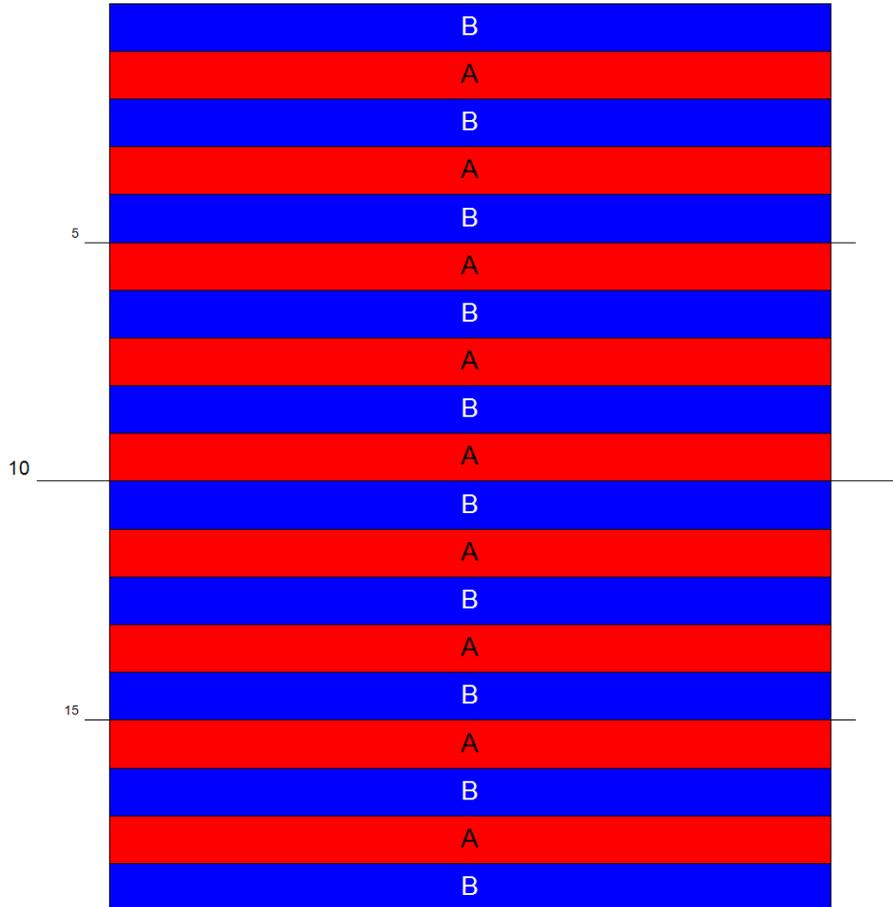
✓ Passages de référence

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

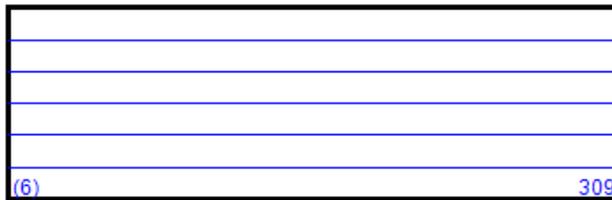
Paramètres	Valeur
Séquence 1	
Nombre de répétitions de la séquence	9
Séquence	B A
Séquence 2	
Nombre de répétitions de la séquence	1
Séquence	B



✓ Nombre de mailles de chaque zone élémentaire (les dimensions sont exprimées en millimètre)

HAUT

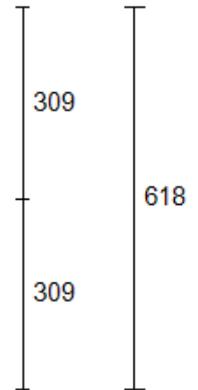
Zone #1 (6)



Zone #2 (6)



BAS



(Dimensions exprimées en mm)

987

2. RESULTATS

2.1. Bilans matière et énergie

Courants		Air In	Air Out	Gaz In	Gaz Out
Débit total (massique)	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
Etat physique		Vapeur	Vapeur	Vapeur	Vapeur
Température	°C	4	201.81	240	57.829
Pression	kPa	100	95.282	100	97.998
Flux enthalpique	kW	-17.831	149.49	196.94	29.628
Fraction vaporisée molaire		1	1	1	1

2.2. Résultats globaux

La quantité de chaleur calculée par CO-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 CO-ProSec,
- ✓ Les corrélations utilisées pour les facteurs de Colburn et de Fanning ne sont pas les mêmes.

Les pertes de charge calculées par CO-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].

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)
- [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)