

Démarrer avec Simulis® Pinch module “Energy”

Cas 1 : Intégration énergétique d'un procédé d'estérification
- Principes de base de Simulis Pinch Energy

Release Simulis Pinch 2.0.0

Software & Services In Process Simulation

We guide You to efficiency






ProSim

Introduction

Ce guide de démarrage vous présente la prise en main de Simulis Pinch Energy pour effectuer une analyse de l'intégration énergétique d'un procédé.

Cet exemple est tiré de l'exemple d'application de ProSimPlus « Analyse énergétique d'un procédé d'estérification d'une huile végétale ».

Ce guide est organisé comme suit :

-  Étape 1 : Génération des données dans MS-Excel
-  Étape 2 : Définition de l'objectif énergétique
-  Étape 3 : Conception du réseau d'échangeurs de chaleur

Étape 1 : génération des données dans MS-Excel

3

Les données nécessaires à l'analyse peuvent être générées directement depuis une simulation dans ProSimPlus.

Dans ProSimPlus, ouvrez le fichier **PSPS_E30_FR - Procédé Estérification.pmp3**

Ajoutez un module **Analyse Pincement Energie**

ProSimPlus Standard - V:\formations\prosimplus_avance\exemples PSP FRA-ENU\EE2_Esterification_Process.pmp3 Modifié

Fichier Édition Configuration Procédé Outils Simulation Fenêtres Aide

Nom de l'objet :

Bibliothèque Vue hiérarchique

Nom vue : Principale

Alimentation / Sortie du procédé

- Absorbeurs
- Distillation di-phasique
- Strippers
- Distillation tri-phasique
- Extraction liquide-liquide
- Flashes et Décanteurs
- Echangeurs
- Réacteurs
- Transport de fluides
- Mélangeurs / Diviseurs / Séparateurs
- Traitement du solide
- Efficacité énergétique
 - Pompe à chaleur
 - Pompe à chaleur généralisée
 - Cycle organique de Rankine
 - Moteur à combustible
 - Turbine à combustible
 - Chaudière
 - Analyse pincement
 - Bilans exergétiques
- Évaluation économique
- Optimisation & Gestion des contraintes
- Utilitaires & Outils
- Modules utilisateur
- Sous-flowsheet
- Test

Process flow diagram showing:

- Esterification process
- Methanol recycling
- Demethanolisation process
- Glycerine (glycerol) purification process

Table:

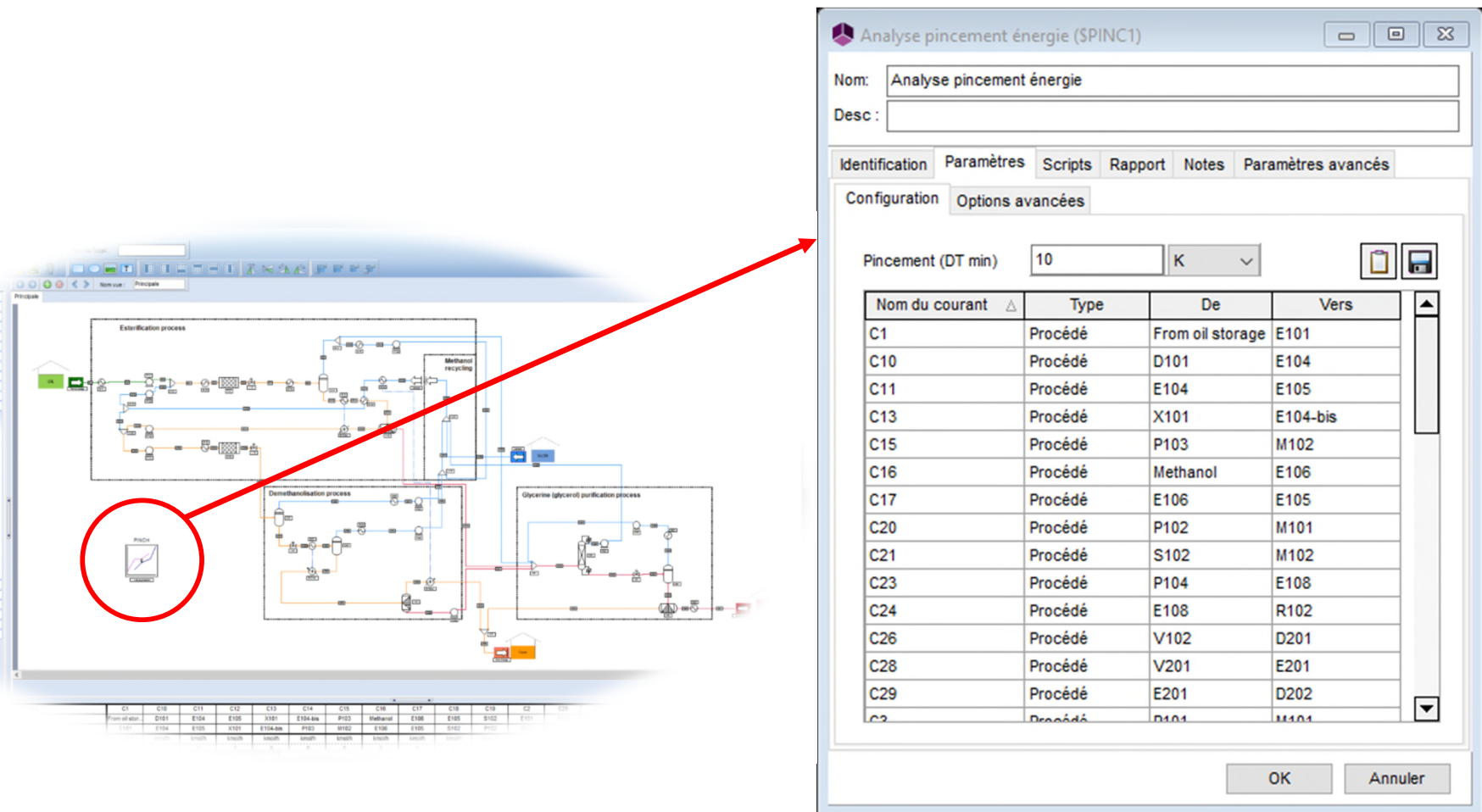
Courants	C1	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C2	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26
De	From oil stor.	D101	E104	E105	X101	E104-bis	P103	Methanol	E106	E105	S102	E101	P102	M101	M102	P104	E108	R102	V102
Vers		E101	E104	E105	X101	E104-bis	P103	M102	E106	E105	S102	P101	M101	M102	P104	E108	R102	V102	D201
Débts partiels	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h
WATP	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C

Étape 1 : génération des données dans MS-Excel

4

Configurez le module **Analyse Pincement**

La configuration du module est détaillée dans un getting started ProSimPlus dédié au module “Analyse Pincement Energie”



The screenshot displays the ProSimPlus interface. On the left, a sidebar contains various process icons, with 'Analyse pincement' circled in red. A red arrow points from this icon to the 'Analyse pincement énergie (SPINC1)' configuration window on the right. The window has tabs for 'Identification', 'Paramètres', 'Scripts', 'Rapport', 'Notes', and 'Paramètres avancés'. The 'Paramètres' tab is active, showing a 'Configuration' section with a 'Pincement (DT min)' field set to 10 and a unit dropdown set to K. Below this is a table of process streams.

Nom du courant	Type	De	Vers
C1	Procédé	From oil storage	E101
C10	Procédé	D101	E104
C11	Procédé	E104	E105
C13	Procédé	X101	E104-bis
C15	Procédé	P103	M102
C16	Procédé	Methanol	E106
C17	Procédé	E106	E105
C20	Procédé	P102	M101
C21	Procédé	S102	M102
C23	Procédé	P104	E108
C24	Procédé	E108	R102
C26	Procédé	V102	D201
C28	Procédé	V201	E201
C29	Procédé	E201	D202
C3	Procédé	D101	M101

Étape 1 : génération des données dans MS-Excel

5

Cliquez sur le bouton **Démarrer la simulation**



A la fin de la simulation, cliquez sur le bouton **Classeur Excel** de la dernière simulation



ProSimPlus Standard - V:\formations\prosim\avancé_eel\exemples PSP FRA-ENU\EE2_Esterification_Process.pmp3 11

Fichier Edition Configuration Procédé Outils Simulation Fenêtres Aide

Nom de l'objet :

Bibliothèque Vue hiérarchique

Alimentation / Sortie du procédé

- Absorbeurs
- Distillation di-phasique
- Strippers
- Distillation tri-phasique
- Extraction liquide-liquide
- Flashs et Décanteurs
- Echangeurs
- Réacteurs
- Transport de fluides
- Mélangeurs / Diviseurs / Séparateurs
- Traitement du solide
- Efficacité énergétique
 - Pompe à chaleur
 - Pompe à chaleur généralisée
 - Cycle organique de Rankine
 - Moteur à combustible
 - Turbine à combustible
 - Chaudière
 - Analyse pincement
 - Biens exergetiques
- Evaluation économique
- Optimisation & Gestion des contraintes
- Utilitaires & Outils
- Modules utilisateur
- Sous-flowsheet
- Test

Principale

Estérification process

Demethanolisation process

Methanol recycling

Glycerine (glycerol) purification process

PINCH

44,45 %

Courants	C1	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C2	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26
De	From oil stor...	D101	E104	E105	X101	E104-bis	P103	Methanol	E106	E105	S102	E101	P102	M101	S102	M102	P104	E108	V102
Vers	E101	E104	E105	X101	E104-bis	P103	M102	E106	E105	S102	P102	P101	P101	M101	M102	P104	E108	R102	D201
Débts partiels	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h	kmol/h
WATER	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n

Étape 1 : génération des données dans MS-Excel

Les données nécessaires pour procéder à l'analyse énergétique sont automatiquement générées à la fin du rapport MS-Excel.

La colonne **Courant** présente les noms des courants impliquant un transfert de chaleur dans la simulation. Ces courants peuvent être par exemple :

- Un courant entrant dans un échangeur de chaleur
- Un courant entrant dans le condenseur ou le rebouilleur d'une colonne
- Un courant entrant dans un ballon de séparation et pour lequel un échange de chaleur est effectué

PINC				
Courant	Etat physique	F*Cp (KCAL/HR/K)	T In (C)	T Out (C)
C1	L	5598,5	25,0	135,0
C16	L	12863,6	45,0	54,0
C4	L	17535,5	96,0	200,0
C7	LV	53389,9	90,8	100,0
C17	L	13172,4	54,0	61,8
C13	L	6140,5	65,0	88,0
C23	L	15527,9	76,6	200,0
C28	LV	12990,1	38,6	70,0
C29	LV	6902,6	70,0	150,0
Rebo.C301	L	12420,4	83,9	136,2
C61	LV	865,0	116,9	140,0
C10	L	7064,3	100,0	80,0
C11	L	6859,1	80,0	65,0
C43	V	86842,1	100,0	82,1
C26	LV	225,0	76,7	76,7
C30	V	42039,9	76,7	25,0
C33	V	5143,6	150,0	25,0
C36	L	5811,4	150,0	79,8
C39	L	5149,4	79,8	57,3
Cond.C301	V	152710,2	48,4	38,5
C52	V	189,7	140,0	11,0
C62	L	4952,8	57,7	20,0
C51	L	623,5	70,0	20,0
C50	L	701,4	140,0	70,0



Ces données générées automatiquement sont disponibles dans les derniers résultats du fichier MS-Excel




Selon la définition du séparateur décimal de votre ordinateur, il sera ou non nécessaire de remplacer les points “.” par des virgules “,” pour que les valeurs numériques soient reconnues dans MS-Excel.

Étape 1 : génération des données dans MS-Excel

La colonne **État physique** du courant indique :

- **L** pour liquide
- **V** pour vapeur
- **LV** pour liquide-vapeur (condensation ou évaporation)



PINC				
Courant	Etat physique	F*Cp (KCAL/HR/K)	T In (C)	T Out (C)
C1	L	5598,5	25,0	135,0
C16	L	12863,6	45,0	54,0
C4	L	17535,5	96,0	200,0
C7	LV	53389,9	90,8	100,0
C17	L	13172,4	54,0	61,8
C13	L	6140,5	65,0	88,0
C23	L	15527,9	76,6	200,0
C28	LV	12990,1	38,6	70,0
C29	LV	6902,6	70,0	150,0
Rebo.C301	L	12420,4	83,9	136,2
C61	LV	865,0	116,9	140,0
C10	L	7064,3	100,0	80,0
C11	L	6859,1	80,0	65,0
C43	V	86842,1	100,0	82,1
C26	LV	225,0	76,7	76,7
C30	V	42039,9	76,7	25,0
C33	V	5143,6	150,0	25,0
C36	L	5811,4	150,0	79,8
C39	L	5149,4	79,8	57,3
Cond.C301	V	152710,2	48,4	38,5
C52	V	189,7	140,0	11,0
C62	L	4952,8	57,7	20,0
C51	L	623,5	70,0	20,0
C50	L	701,4	140,0	70,0

Étape 1 : génération des données dans MS-Excel

La colonne **F*Cp** présente la quantité de chaleur échangée divisée par ΔT (écart de température entre l'entrée et la sortie de l'échange thermique), exprimée en kcal/h/K.

Le "**F*Cp**" d'un courant correspond au débit massique (F) multiplié par la chaleur spécifique à pression constante (Cp).

Autrement dit, la quantité de chaleur échangée pour chauffer ou refroidir le courant (notée Q) est égale à :

$$Q = F * Cp * \Delta T = F * Cp * (T_{out} - T_{in})$$

Le "**F*Cp**" représente donc la différence d'enthalpie entre l'entrée et la sortie divisée par ΔT pour un fluide monophasé (dénomination utilisée dans l'analyse de pincement, bien que non appropriée au changement de phase).

Courant	Etat physique	F*Cp (KCAL/HR/K)	T In (C)	T Out (C)
C1	L	5598,5	25,0	135,0
C16	L	12863,6	45,0	54,0
C4	L	17535,5	96,0	200,0
C7	LV	53389,9	90,8	100,0
C17	L	13172,4	54,0	61,8
C13	L	6140,5	65,0	88,0
C23	L	15527,9	76,6	200,0
C28	LV	12990,1	38,6	70,0
C29	LV	6902,6	70,0	150,0
Rebo.C301	L	12420,4	83,9	136,2
C61	LV	865,0	116,9	140,0
C10	L	7064,3	100,0	80,0
C11	L	6859,1	80,0	65,0
C43	V	86842,1	100,0	82,1
C26	LV	225,0	76,7	76,7
C30	V	42039,9	76,7	25,0
C33	V	5143,6	150,0	25,0
C36	L	5811,4	150,0	79,8
C39	L	5149,4	79,8	57,3
Cond.C301	V	152710,2	48,4	38,5
C52	V	189,7	140,0	11,0
C62	L	4952,8	57,7	20,0
C51	L	623,5	70,0	20,0
C50	L	701,4	140,0	70,0

Étape 1 : génération des données dans MS-Excel

Les températures d'entrée (**T_{in}**) et de sortie (**T_{out}**) sont exprimées en degrés Celsius.

En cas d'augmentation de température ($T_{out} > T_{in}$), le courant sera considéré comme étant un courant froid (et nécessitant d'être chauffé).

En cas de baisse de température ($T_{out} < T_{in}$), le courant sera considéré comme étant un courant chaud (et nécessitant d'être refroidi).

Lors d'une condensation, d'une évaporation ou d'un échange de chaleur à température constante (changement de phase d'un corps pur par exemple), le ΔT est automatiquement fixé à $\pm 0.01^\circ\text{C}$ et le $F \cdot C_p$ est calculé en conséquence.

PINC				
Courant	Etat physique	F*Cp (KCAL/HR/K)	T In (C)	T Out (C)
C1	L	5598,5	25,0	135,0
C16	L	12863,6	45,0	54,0
C4	L	17535,5	96,0	200,0
C7	LV	53389,9	90,8	100,0
C17	L	13172,4	54,0	61,8
C13	L	6140,5	65,0	88,0
C23	L	15527,9	76,6	200,0
C28	LV	12990,1	38,6	70,0
C29	LV	6902,6	70,0	150,0
Rebo.C301	L	12420,4	83,9	136,2
C61	LV	865,0	116,9	140,0
C10	L	7064,3	100,0	80,0
C11	L	6859,1	80,0	65,0
C43	V	86842,1	100,0	82,1
C26	LV	225,0	76,7	76,7
C30	V	42039,9	76,7	25,0
C33	V	5143,6	150,0	25,0
C36	L	5811,4	150,0	79,8
C39	L	5149,4	79,8	57,3
Cond.C301	V	152710,2	48,4	38,5
C52	V	189,7	140,0	11,0
C62	L	4952,8	57,7	20,0
C51	L	623,5	70,0	20,0
C50	L	701,4	140,0	70,0

Étape 1 : génération des données dans MS-Excel



Des données peuvent provenir de sources externes. Par exemple, l'utilisateur peut générer le Cp manquant d'un ou plusieurs courants en utilisant le serveur de propriétés thermodynamiques de ProSim, **Simulis Thermodynamics**, directement dans l'environnement MS-Excel.

Dans tous les cas, l'utilisateur doit veiller à conserver un format identique :

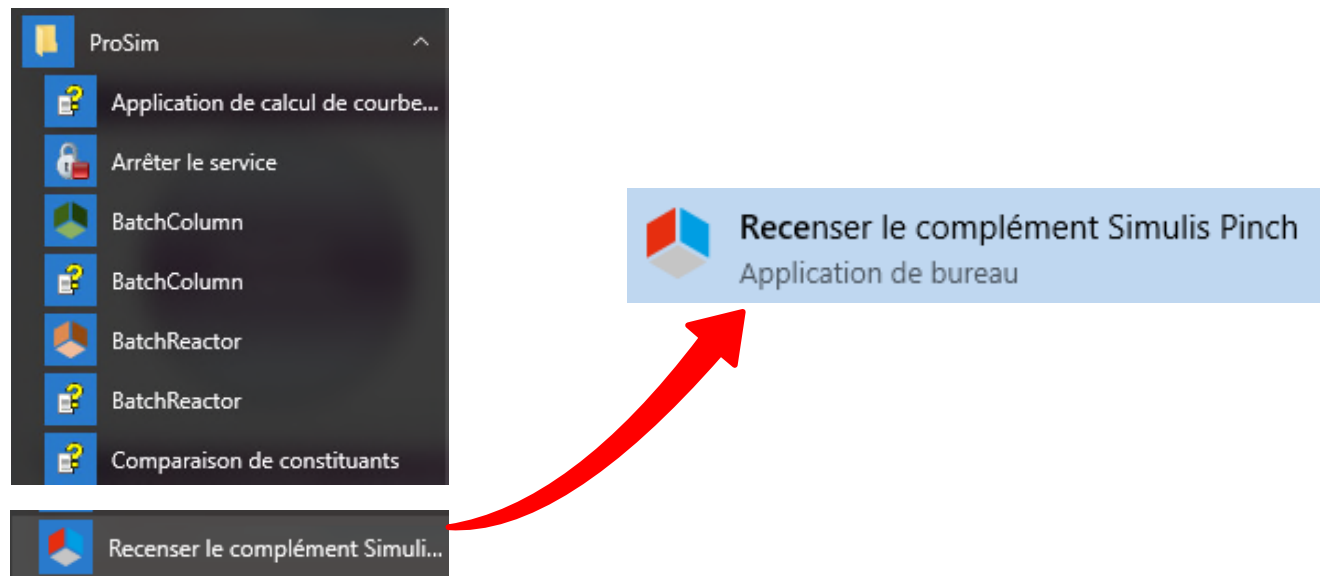
- 1^{ère} colonne : Noms des courants
- 2^{ème} colonne : Etat physique
- 3^{ème} colonne : F*Cp
- 4^{ème} colonne : T_{in}
- 5^{ème} colonne : Tout

PINC				
Courant	Etat physique	F*Cp (KCAL/HR/K)	T In (C)	T Out (C)
C1	L	5598,5	25,0	135,0
C16	L	12863,6	45,0	54,0
C4	L	17535,5	96,0	200,0
C7	LV	53389,9	90,8	100,0
C17	L	13172,4	54,0	61,8
C13	L	6140,5	65,0	88,0
C23	L	15527,9	76,6	200,0
C28	LV	12990,1	38,6	70,0
C29	LV	6902,6	70,0	150,0
Rebo.C301	L	12420,4	83,9	136,2
C61	LV	865,0	116,9	140,0
C10	L	7064,3	100,0	80,0
C11	L	6859,1	80,0	65,0
C43	V	86842,1	100,0	82,1
C26	LV	225,0	76,7	76,7
C30	V	42039,9	76,7	25,0
C33	V	5143,6	150,0	25,0
C36	L	5811,4	150,0	79,8
C39	L	5149,4	79,8	57,3
Cond.C301	V	152710,2	48,4	38,5
C52	V	189,7	140,0	11,0
C62	L	4952,8	57,7	20,0
C51	L	623,5	70,0	20,0
C50	L	701,4	140,0	70,0

Étape 2 : définition de l'objectif énergétique

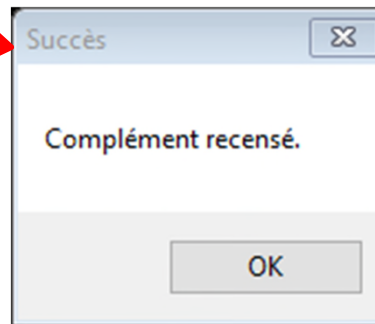
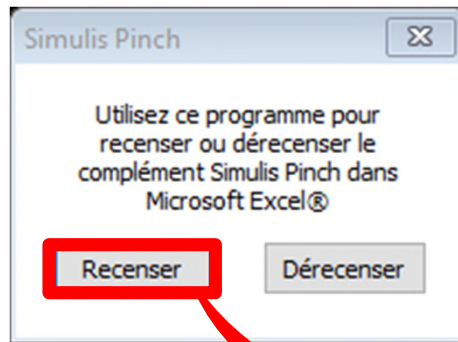
Après l'installation de Simulis Pinch, l'outil doit être recensé dans MS-Excel avec l'outil ProSim dédié en utilisant l'une des deux méthodes suivantes :

1. Dans le dossier « ProSim » des applications, cliquer sur « Recenser le complément Simulis Pinch »
2. Rechercher directement l'outil « Recenser le complément Simulis Pinch » sur votre ordinateur (en utilisant la barre de recherche)

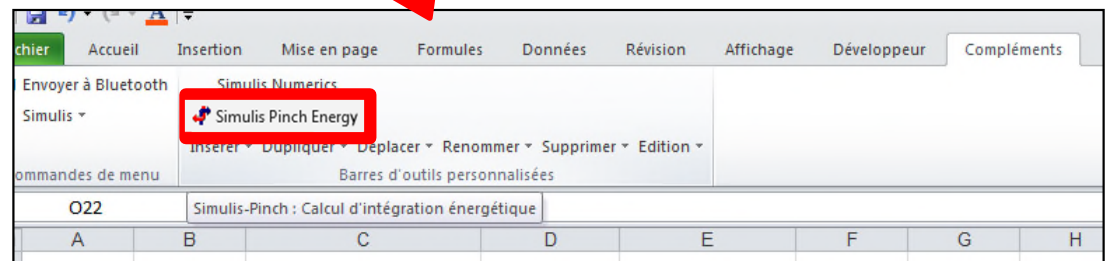


Étape 2 : définition de l'objectif énergétique

Recensez Simulis Pinch en cliquant sur « Recenser » :

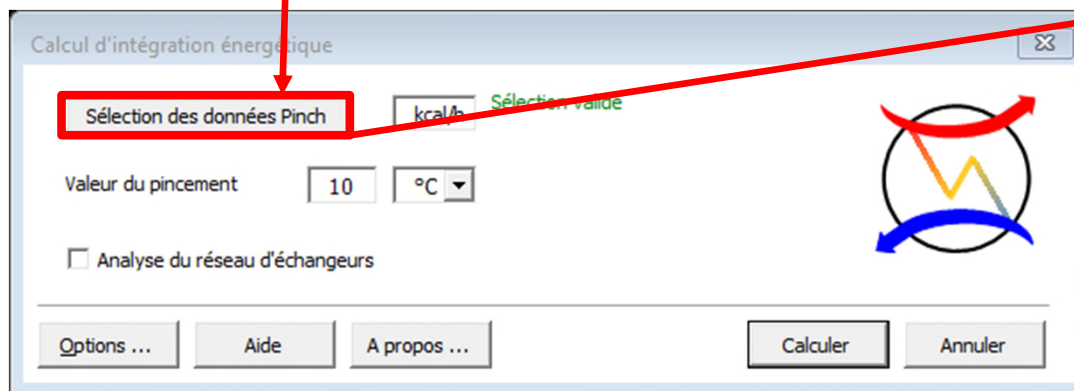
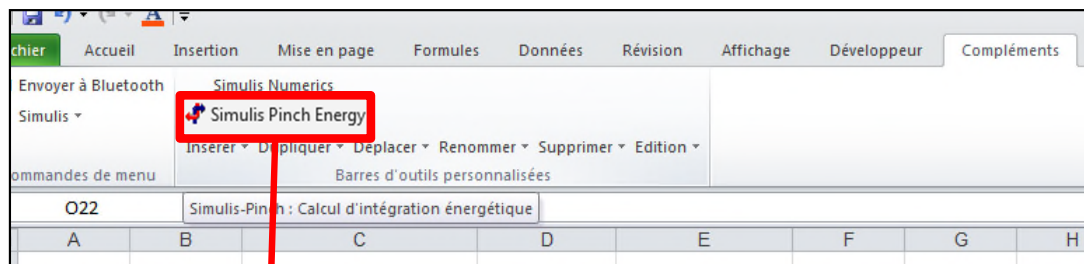


Une fois recensé, Simulis Pinch est disponible dans MS-Excel dans l'onglet « Compléments »



Étape 2 : définition de l'objectif énergétique

1. Lancez Simulis Pinch Energy
2. Sélectionnez les colonnes $F \cdot Cp$, T_{in} et T_{out} (uniquement les valeurs numériques, et non les titres de colonnes, comme présenté dans les copies d'écran ci après)



PINC				
Courant	Etat physique	$F \cdot Cp$ (KCAL/HR/K)	T_{in} (C)	T_{out} (C)
C1	L	5598,5	25,0	135,0
C16	L	12863,6	45,0	54,0
C4	L	17535,5	96,0	200,0
C7	LV	53389,9	90,8	100,0
C17	L	13172,4	54,0	61,8
C12	L	6140,5	65,0	88,0
C23	L	15527,9	76,6	200,0
C28	LV	12990,1	38,6	70,0
C29	LV	6902,6	70,0	150,0
Rebo.C301	L	12420,4	83,9	136,2
C61	LV	865,0	116,9	140,0
C10	L	7064,3	100,0	80,0
C11	L	6859,1	80,0	65,0
C43	V	86842,1	100,0	82,1
C26	LV	225,0	76,7	76,7
C30	V	42039,9	76,7	25,0
C33	V	5143,6	150,0	25,0
C36	L	5811,4	150,0	79,8
C39	L	5149,4	79,8	57,3
Cond.C301	V	152710,2	48,4	38,5
C52	V	189,7	140,0	11,0
C62	L	4952,8	57,7	20,0
C51	L	623,5	70,0	20,0
C50	L	701,4	140,0	70,0

Étape 2 : définition de l'objectif énergétique



Simulis Pinch Energy peut également être lancé à partir du menu contextuel (clic droit) après avoir sélectionné la plage de données :

1. Sélectionnez les colonnes F*Cp, Tin et Tout (uniquement les valeurs numériques, et non les titres de colonnes, comme présenté dans les copies d'écran ci après)
2. Faites un clic droit pour accéder au menu contextuel

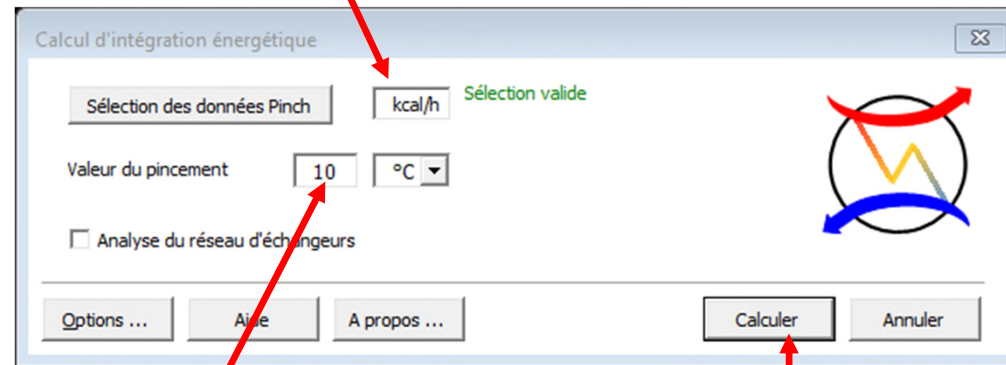
PINC				
Courant	Etat physique	F*Cp (KCAL/HR/K)	T In (C)	T Out (C)
C1	L	5598,5	25,0	135,0
C16	L	12863,6	45,0	54,0
C4	L	17535,5	96,0	200,0
C7	LV	53389,9	90,8	100,0
C17	L	13172,4	54,0	61,8
C13	L	6140,5	65,0	88,0
C23	L	15527,9	76,6	200,0
C28	LV	12990,1	38,6	70,0
C29	LV	6902,6	70,0	150,0
Rebo.C301	L	12420,4	83,9	136,2
C61	LV	865,0	116,9	140,0
C10	L	7064,3	100,0	80,0
C11	L	6859,1	80,0	65,0
C43	V	86842,1	100,0	82,1
C26	LV	225,0	76,7	76,7
C30	V	42039,9	76,7	25,0
C33	V	5143,6	150,0	25,0
C36	L	5811,4	150,0	79,8
C39	L	5149,4	79,8	57,3
Cond.C301	V	152710,2	48,4	38,5
C52	V	189,7	140,0	11,0
C62	L	4952,8	57,7	20,0
C51	L	623,5	70,0	20,0
C50	L	701,4	140,0	70,0



- Couper
- Copier
- Options de collage :
- Collage spécial...
- Recherche intelligente
- Insérer...
- Supprimer...
- Effacer le contenu
- Analyse rapide
- Filtrer
- Trier
- Insérer un commentaire
- Format de cellule
- Liste déroulante de choix...
- Définir un nom...
- Lien
- Simulis Pinch Energy**
- Simulis Pinch Water

Étape 2 : définition de l'objectif énergétique

1. Modifiez l'unité pour correspondre à l'unité indiquée dans le classeur MS-Excel (kcal/h dans le cas ci-dessous)



Calcul d'intégration énergétique

Sélection des données Pinch kcal/h Sélection valide

Valeur du pincement 10 °C

☐ Analyse du réseau d'échangeurs

Options ... Aide A propos ... Calculer Annuler

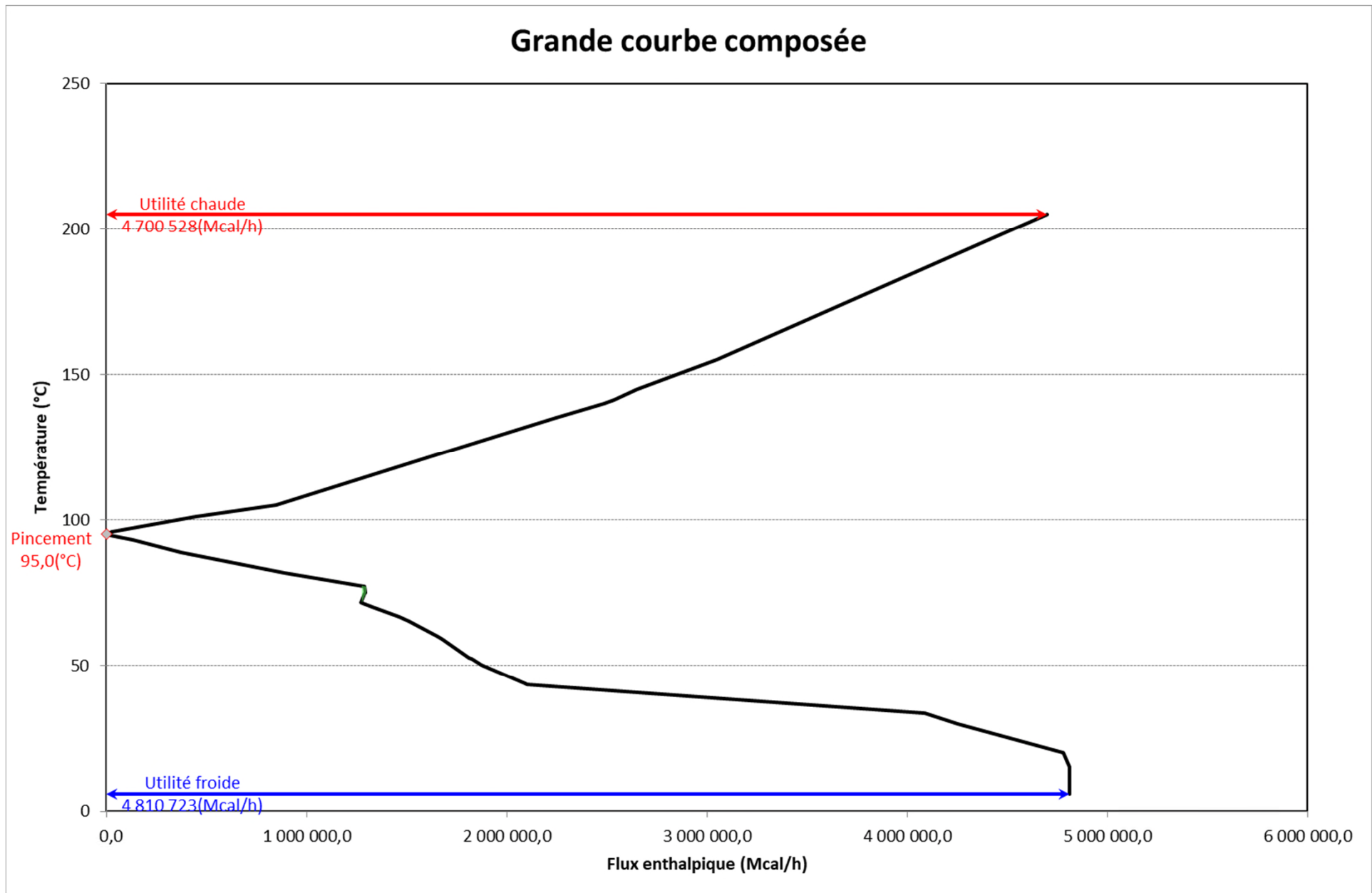
2. Renseignez la valeur du pincement (c'est-à-dire la différence de température au pincement)

3. Cliquez sur **Calculer**



1. La grande courbe composée
2. Les courbes composées chaude et froide
3. Les courants traités (courants chauds et courants froids)
4. Les résultats de l'analyse pincement (données et résumé des résultats)

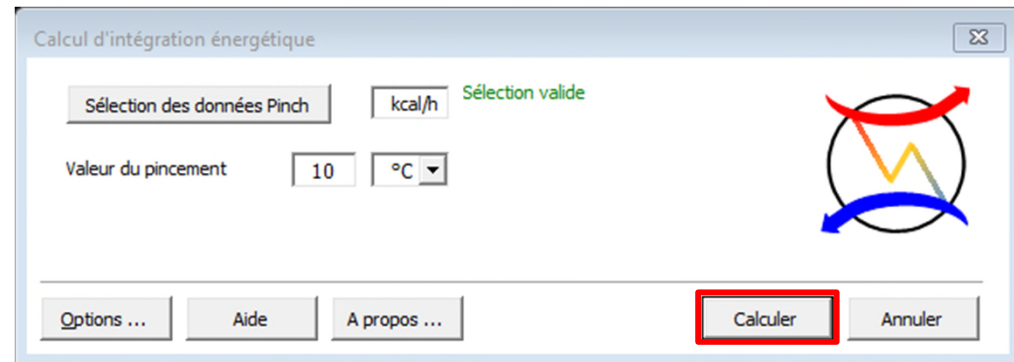
Étape 2 : définition de l'objectif énergétique



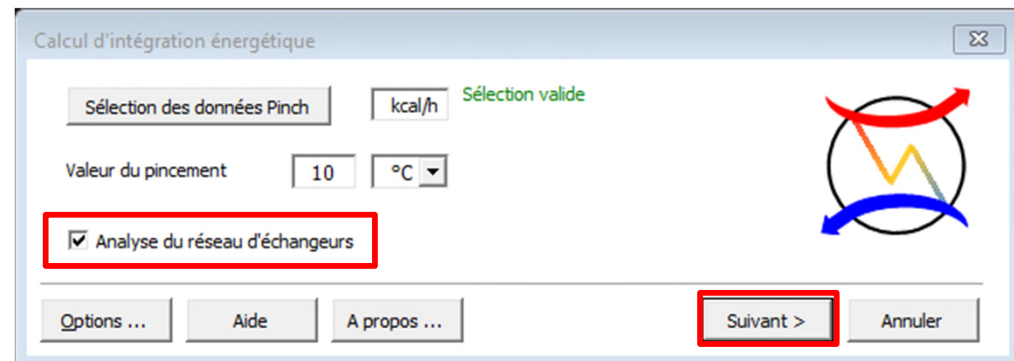
Étape 3 : conception du réseau d'échangeurs de chaleur

Si l'utilisateur dispose d'une licence pour l'utilisation de Simulis Pinch Energy, l'outil lui permet de générer un réseau d'échangeurs dont le but est de récupérer un maximum d'énergie interne au procédé

Interface **sans** licence Simulis Pinch Energy



Interface **avec** licence Simulis Pinch Energy



Étape 3 : conception du réseau d'échangeurs de chaleur

1. Modifiez l'unité pour correspondre à l'unité indiquée dans le classeur MS-Excel (kcal/h dans le cas ci-dessous)

2. Renseignez la valeur du pincement (c'est-à-dire la différence de température au pincement)

The screenshot shows a software window titled "Calcul d'intégration énergétique". It contains several input fields and buttons. A red arrow points from the text "1. Modifiez l'unité..." to the unit dropdown menu, which currently shows "Mcal/h" and has the text "Sélection valide" next to it. Another red arrow points from the text "2. Renseignez la valeur du pincement..." to the "Valeur du pincement" input field, which contains the number "10". A third red arrow points from the text "3. Cochez l'option..." to the checkbox labeled "Analyse du réseau d'échangeurs", which is currently checked. A fourth red arrow points from the text "4. Cliquez sur..." to the "Suivant >" button. The window also includes buttons for "Options ...", "Aide", "A propos ...", and "Annuler". On the right side of the window, there is a circular icon with a yellow and red line graph and two curved arrows, one red and one blue.

3. Cochez l'option **Analyse du réseau d'échangeurs**

4. Cliquez sur **Suivant**

Étape 3 : conception du réseau d'échangeurs de chaleur

1. Cochez l'option **Synthèse du réseau d'échangeurs**



Dans un premier temps, les critères par défaut seront conservés
(**Sélection automatique des échangeurs**)

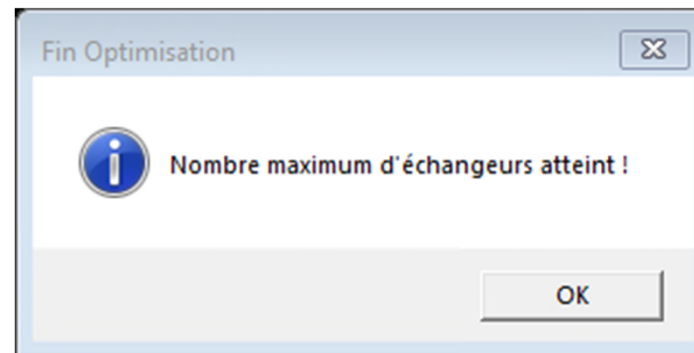
2. Décochez l'option **Seuil minimum de chaleur récupérée (%)**. Lorsque cette option est décochée, le logiciel tente d'atteindre le MER c'est à dire le Maximum d'Energie Récupérable.

3. Cliquez sur **Calculer**

Étape 3 : conception du réseau d'échangeurs de chaleur

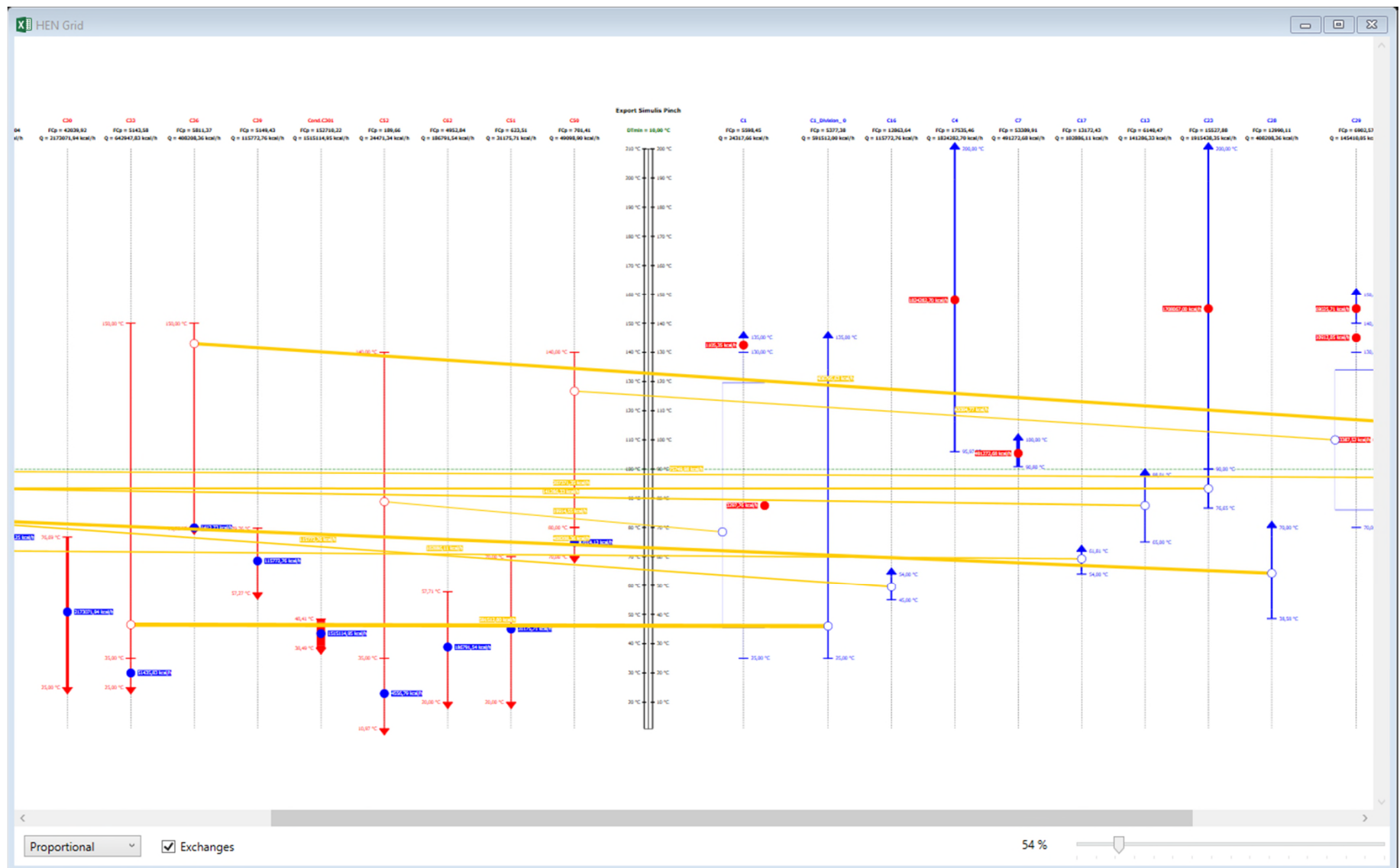
Un message indiquera la fin des calculs (lorsqu'un critère d'arrêt est atteint)

Pour cet exemple, le nombre maximum d'échangeurs défini par l'utilisateur (10 échangeurs par défaut) est atteint



Étape 3 : conception du réseau d'échangeurs de chaleur

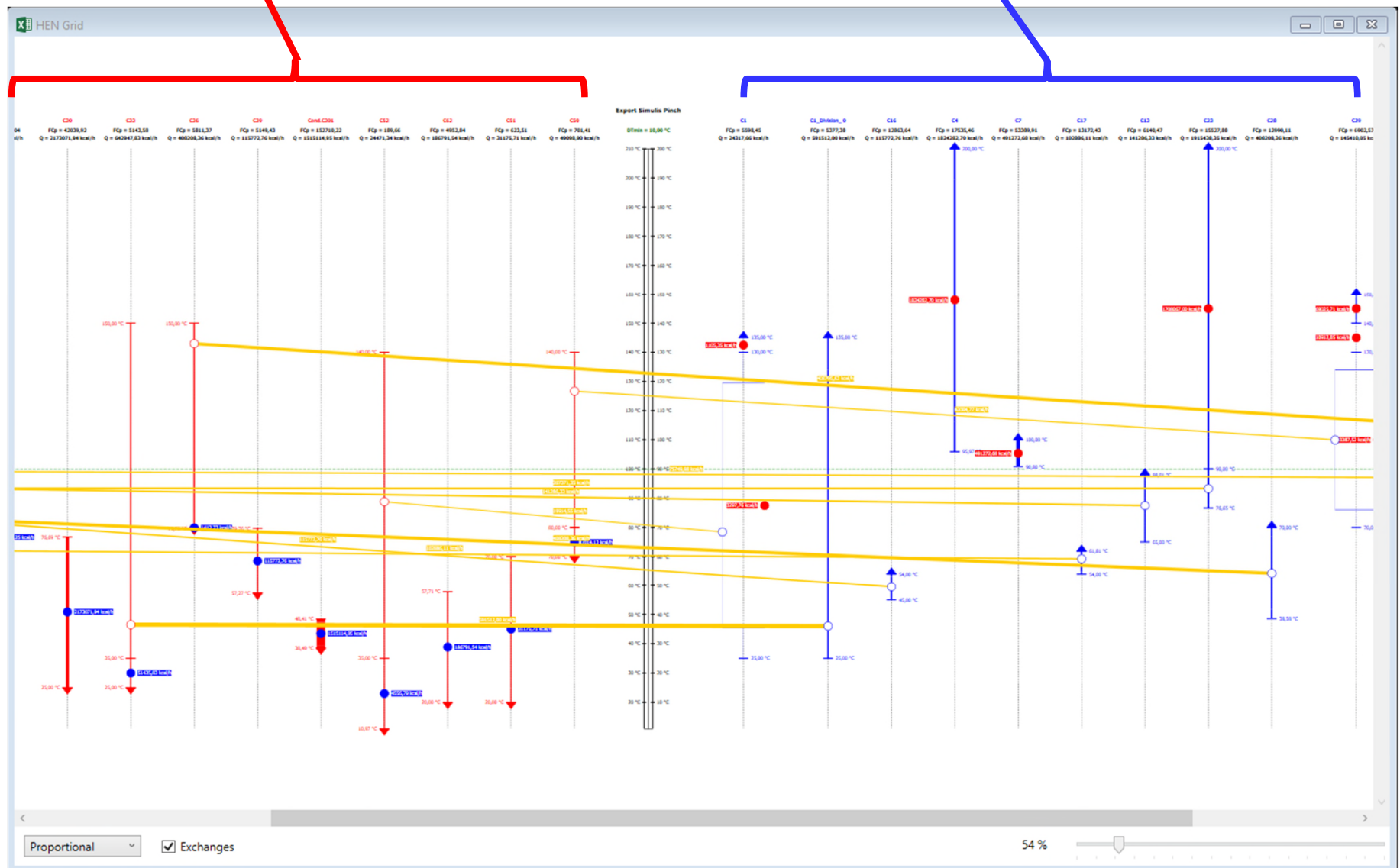
Le réseau d'échangeurs est alors affiché à l'utilisateur :



Étape 3 : conception du réseau d'échangeurs de chaleur

Noms, $F \cdot C_p$ et Q des courants chauds

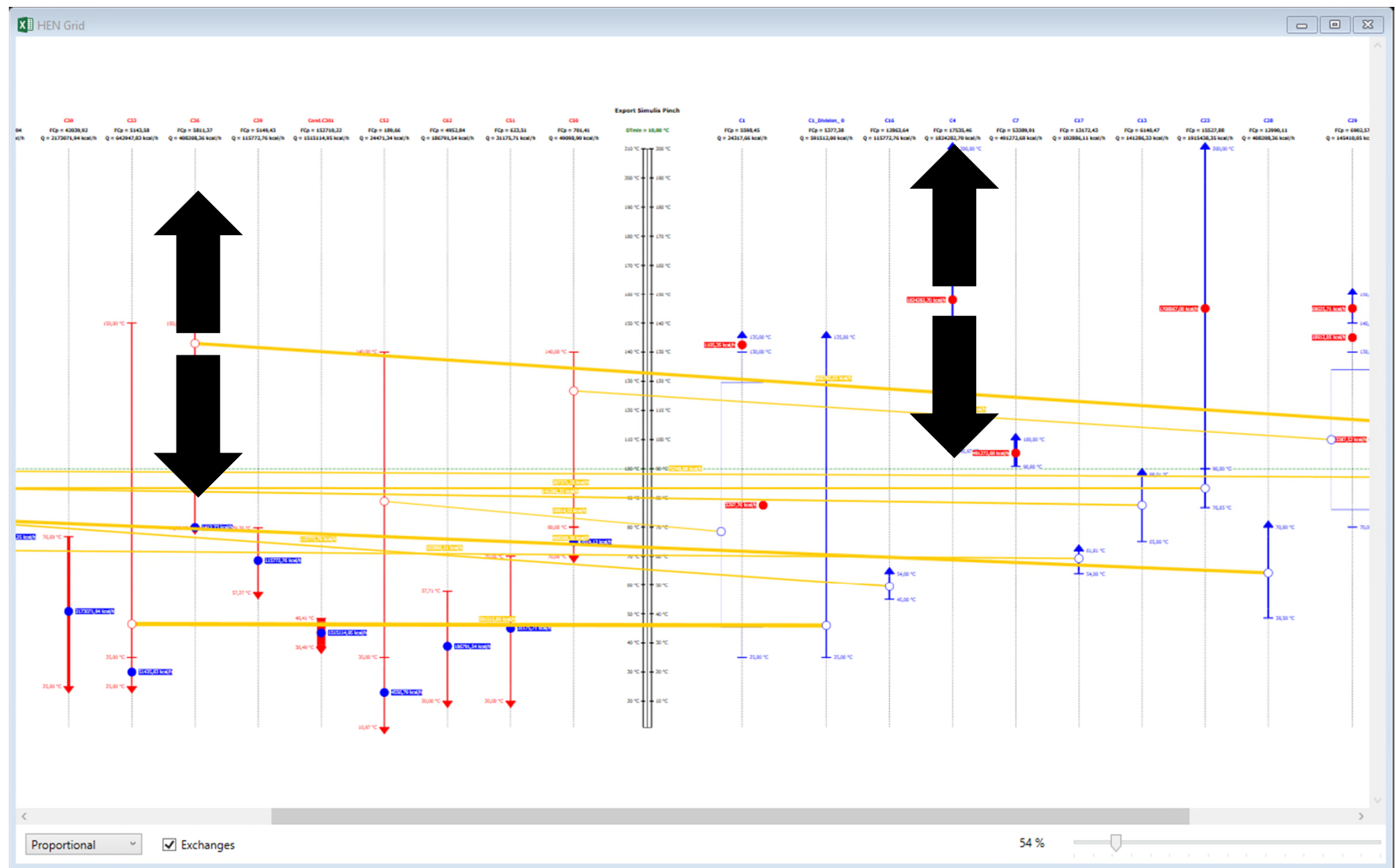
Noms, $F \cdot C_p$ et Q des courants froids



Étape 3 : conception du réseau d'échangeurs de chaleur

Chaque rond représente un échangeur d'utilité froide (rond bleu par défaut), d'utilité chaude (rond rouge par défaut) ou un échangeur d'intégration (rond blanc par défaut)

Il est possible de modifier la position des ronds et de changer les couleurs des différentes informations

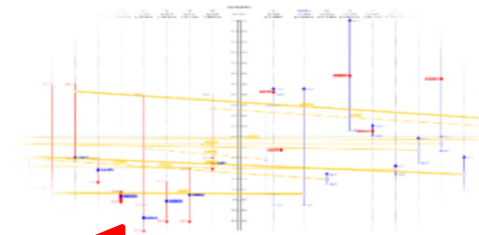


Étape 3 : conception du réseau d'échangeurs de chaleur

Deux feuilles supplémentaires ont été générées :

1. *Résultats intégration énergétique*
2. *Données d'entrée*

Ce bouton permet de réafficher le réseau d'échangeurs



BILAN SUR LE RÉSEAU D'ÉCHANGEURS

Nombre initial d'échanges possibles :	40
Facteur multiplicatif du nombre de courants initiaux :	1,0
Pourcentage cumulé de la quantité de chaleur récupérée :	98,83
Nombre d'échangeurs :	10
Puissance totale récupérée (kcal/h) :	2 111 581,8
Quantité de chaleur encore récupérable (kcal/h) :	9 837,3
Quantité d'utilité froide encore nécessaire (kcal/h) :	4 835 756,9
Quantité d'utilité chaude encore nécessaire (kcal/h) :	4 725 562,0
Nombre d'échangeur d'utilité chaude :	10
Nombre d'échangeur d'utilité froide :	13

RÉSULTATS DE LA SYNTHÈSE AUTOMATIQUE DU RÉSEAU D'ÉCHANGEURS

Numéro de l'échangeur	DONNÉES D'ENTRÉE								Courant froid
	Courant froid				Courant chaud				
	Nom	T entrée (°C)	T objectif (°C)	Q objectif (kcal/h)	Nom	T entrée (°C)	T objectif (°C)	Q objectif (kcal/h)	T entrée (°C)
1	C1	25,0	135,0	615 829,7	C33	150,0	25,0	642 947,8	25,0
2	C28	38,6	70,0	408 208,4	C43	100,0	82,1	1 556 510,7	38,6
3	C29	70,0	150,0	552 205,7	C36	150,0	79,8	408 208,4	70,0
4	C23	76,6	200,0	1 915 438,4	C43	100,0	86,8	1 148 302,4	76,6
5	C13	65,0	88,0	141 286,3	C43	100,0	86,8	940 931,0	65,0
6	C16	45,0	54,0	115 772,8	C10	100,0	80,0	141 286,3	45,0
7	C17	54,0	61,8	102 886,1	C11	80,0	65,0	102 886,1	54,0
8	Rebo.C301	83,9	136,2	650 000,0	C43	100,0	86,8	799 644,7	83,9
9	C29	70,0	140,0	76 384,3	C50	140,0	70,0	49 098,9	70,0
10	C1	25,0	135,0	24 317,7	C52	140,0	11,0	24 471,3	25,0

ÉCHANGEURS RESTANTS APRÈS LA SYNTHÈSE DU RÉSEAU D'ÉCHANGEURS

Numéro de échangeur	DONNÉES D'ENTRÉE								Courant chaud
	Courant froid				Courant chaud				
	Nom	T entrée (°C)	T objectif (°C)	Q objectif (kcal/h)	Nom	T entrée (°C)	T objectif (°C)	Q objectif (kcal/h)	
1	C29	70,0	130,0	23 387,5	C10	100,0	96,4	25 513,6	70,0
2	C28	70,0	130,0	23 387,5	C10	100,0	96,4	25 513,6	70,0

Res. Intégration Énergétique

Données d'entrée

Grande courbe composée

Courbes composées (TQ)

Courants

Résultats Pinch

EE3a_Esterific ...

Étape 3 : conception du réseau d'échangeurs de chaleur

La première partie de la feuille « Résultats intégration énergétique » récapitule les informations globales sur l'intégration énergétique et sur le réseau d'échangeurs

BILAN SUR LE RÉSEAU D'ÉCHANGEURS

Nombre initial d'échanges possibles :	40
Facteur multiplicatif du nombre de courants initiaux :	1,0
Pourcentage cumulé de la quantité de chaleur récupérée :	98,83
Nombre d'échangeurs :	10
Puissance totale récupérée (kcal/h) :	2 111 581,8
Quantité de chaleur encore récupérable (kcal/h) :	9 837,3
Quantité d'utilité froide encore nécessaire (kcal/h) :	4 835 756,9
Quantité d'utilité chaude encore nécessaire (kcal/h) :	4 725 562,0
Nombre d'échangeur d'utilité chaude :	10
Nombre d'échangeur d'utilité froide :	13

Dans le cas étudié, avec 10 échangeurs d'intégration, le réseau d'échangeurs proposé par Simulis Pinch Energy permet de récupérer 98.83% du MER (**M**aximum d'**E**nergie **R**écupérable)

Étape 3 : conception du réseau d'échangeurs de chaleur

Les 10 échangeurs de chaleur sont décrits dans un tableau présentant les caractéristiques des échangeurs de chaleur :

RÉSULTATS DE LA SYNTHÈSE AUTOMATIQUE DU RÉSEAU D'ÉCHANGEURS

Numéro de l'échangeur	DONNÉES D'ENTRÉE							
	Courant froid				Courant chaud			
	Nom	T entrée (°C)	T objectif (°C)	Q objectif (kcal/h)	Nom	T entrée (°C)	T objectif (°C)	Q objectif (kcal/h)
1	C1	25,0	135,0	615 829,7	C33	150,0	25,0	642 947,8
2	C28	38,6	70,0	408 208,4	C43	100,0	82,1	1 556 510,7
3	C29	70,0	150,0	552 205,7	C36	150,0	79,8	408 208,4
4	C23	76,6	200,0	1 915 438,4	C43	100,0	86,8	1 148 302,4
5	C13	65,0	88,0	141 286,3	C43	100,0	86,8	940 931,0
6	C16	45,0	54,0	115 772,8	C10	100,0	80,0	141 286,3
7	C17	54,0	61,8	102 886,1	C11	80,0	65,0	102 886,1
8	Rebo.C301	83,9	136,2	650 000,0	C43	100,0	86,8	799 644,7
9	C29	70,0	140,0	76 384,3	C50	140,0	70,0	49 098,9
10	C1	25,0	135,0	24 317,7	C52	140,0	11,0	24 471,3

CARACTÉRISTIQUES DES ÉCHANGEURS							INFORMATIONS SUR L'INTÉGRATION ÉNERGÉTIQUE					
Courant froid		Courant chaud		Puissance échangée (kcal/h)	Facteur UA (kcal/h/°C)	DTML (°C)	% de la puissance récupérée / MER	Degré de couplage	Index	Efficacité	Taux de division	Puissance* efficacité
T entrée (°C)	T sortie (°C)	T entrée (°C)	T sortie (°C)									
25,0	135,0	150,0	35,0	591 512,0	47 967,5	12,3	27,7	2	222	0,99	0,96	587 304,8
38,6	70,0	86,8	82,1	408 208,4	14 553,5	28,0	26,7	1	111	1,00	1,00	408 208,4
70,0	140,0	150,0	80,0	406 795,6	40 679,6	10,0	36,3	3	322	1,00	0,84	406 795,6
76,6	90,0	100,0	86,8	207 371,3	20 601,6	10,1	29,0	2	212	1,00	0,18	207 371,3
65,0	88,0	100,0	86,8	141 286,3	8 614,9	16,4	27,8	1	112	1,00	0,15	141 286,3
45,0	54,0	96,4	80,0	115 772,8	3 001,1	38,6	31,6	1	111	1,00	1,00	115 772,8
54,0	61,8	80,0	65,0	102 886,1	7 197,6	14,3	41,1	1	111	1,00	1,00	102 886,1
83,9	90,0	100,0	98,7	75 750,0	6 176,6	12,3	51,3	2	213	1,00	1,00	75 750,0
70,0	130,0	140,0	80,0	42 084,8	4 208,5	10,0	58,6	3	322	1,00	0,64	42 084,8
25,0	130,0	140,0	35,0	19 914,6	1 991,5	10,0	66,9	3	322	1,00	0,86	19 914,6

Étape 3 : conception du réseau d'échangeurs de chaleur

Le premier résultat permet de voir que $\approx 100\%$ de l'énergie récupérable (MER) ont bien été récupérés à l'aide de 10 échangeurs de chaleur.

Cette solution est-elle la plus adaptée ? Existe-t-il une autre configuration plus intéressante ?

Du point de vue de la récupération de chaleur, $\approx 100\%$ de la chaleur récupérable ont bien été récupérés, donc il semble difficile de mieux faire !

Du point de vue de la conception, il existe peut être des contraintes de site :

- Deux courants ne peuvent pas échanger car ils sont trop visqueux (problème de conception d'échangeurs)
- Deux courants ne peuvent pas échanger parce qu'ils sont trop éloignés
- L'utilisateur préfère une intégration locale
- L'utilisateur ne veut pas de division de courant
- L'utilisateur veut diminuer le coût des échangeurs
- ...

Il sera moins coûteux de favoriser les échangeurs présentant une moyenne logarithmique de différence de température (DTML) entre les courants chauds et froids la plus haute possible, afin de réduire au maximum la surface d'échange et de baisser ainsi les coûts des échangeurs de chaleur.

A ce stade, il est possible de choisir une autre spécification pour les échangeurs de chaleur, ou bien de modifier certains critères afin de trouver la meilleure solution possible.

Étape 3 : conception du réseau d'échangeurs de chaleur

Les **options graphiques** de Simulis Pinch Energy :

Analyse du réseau d'échangeurs

Caractérisation d'un échange

Puissance échangée minimale (kcal/h)

Pourcentage minimum récupéré / MER (%)

Degré de couplage maximum

☒ Autoriser la division de courant

Utilité à préserver

☒ Utilité chaude

☐ Utilité froide

☒ Synthèse du réseau d'échangeurs

Méthode de sélection : ☒ Automatique ☐ Semi-Automatique ☐ Manuelle

Critères pour la sélection automatique des échangeurs

Premier critère

Deuxième critère

Troisième critère

Critères d'arrêt de la procédure

☒ Facteur multiplicatif du nombre de courants initiaux

☒ Seuil minimum de chaleur récupérée / MER initial (%)

☒ Nombre d'échangeurs maximum

Options graphiques ...

Contraintes optionnelles ... Aide Paramètres par défaut < Retour Calculer Annuler

Synthèse du réseau d'échangeurs : Options graphiques

☒ Affichage du réseau d'échangeurs

Type de graphique

Type d'affichage des flux

Options de tracé...

☒ Autres résultats graphiques

☒ Tracer les diagrammes en barres des échangeurs

☒ Tracer les connexions entre les courants

☒ Afficher les noms des courants

☒ Afficher les numéros des échangeurs

☐ Ajouter une image en fond

Aucune image sélectionnée

Sélection des dimensions

Aide Valider Annuler

Étape 3 : conception du réseau d'échangeurs de chaleur

Les options graphiques de Simulis Pinch Energy :

Synthèse du réseau d'échangeurs : Options graphiques

☒ Affichage du réseau d'échangeurs

Type de graphique : Standard

Type d'affichage des flux : Proportionnel

Options de tracé...

☒ Autres résultats graphiques

☒ Tracer les diagrammes en barres des échangeurs

☒ Tracer les connexions entre les courants

☒ Afficher les noms des courants

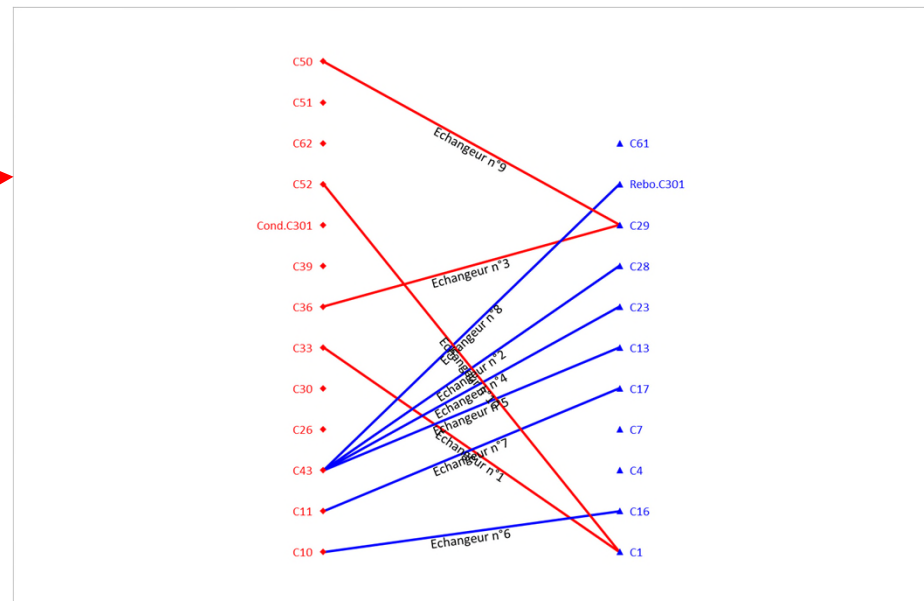
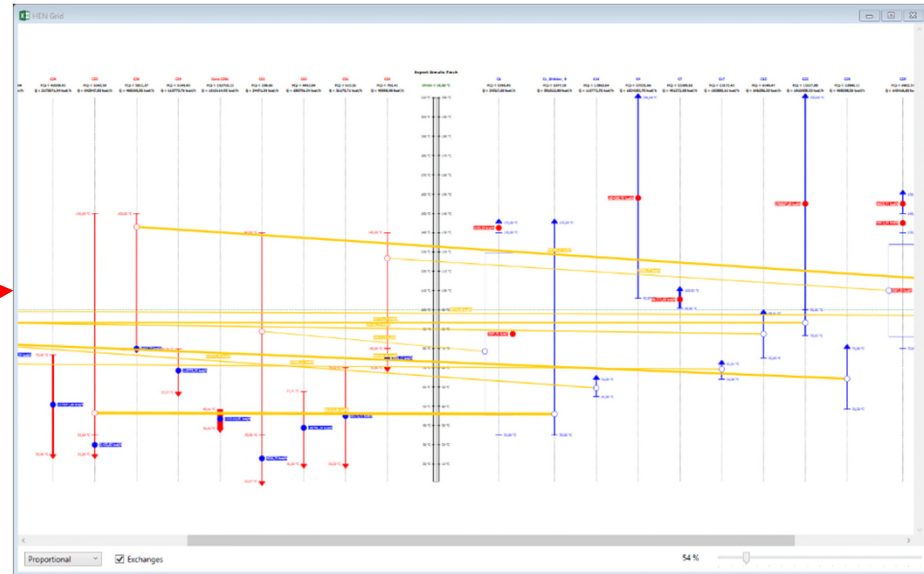
☒ Afficher les numéros des échangeurs

☐ Ajouter une image en fond

Aucune image sélectionnée

Sélection des dimensions

Aide Valider Annuler



Les couleurs utilisées pour le réseau d'échangeurs sont modifiées en cliquant sur le bouton **Options du tracé**

Étape 3 : conception du réseau d'échangeurs de chaleur

Les **options graphiques** de Simulis Pinch Energy :

Une représentation en diagramme pour chaque échangeur est possible en cochant la case suivante.

Simulis Pinch Energy génère à la fin du calcul une feuille MS-Excel par échangeur avec la représentation en diagramme

Synthèse du réseau d'échangeurs : Options graphiques

☒ Affichage du réseau d'échangeurs

Type de graphique : Standard

Type d'affichage des flux : Proportionnel

Options de tracé...

☒ Autres résultats graphiques

☒ Tracer les diagrammes en barres des échangeurs

☒ Tracer les connexions entre les courants

☒ Afficher les noms des courants

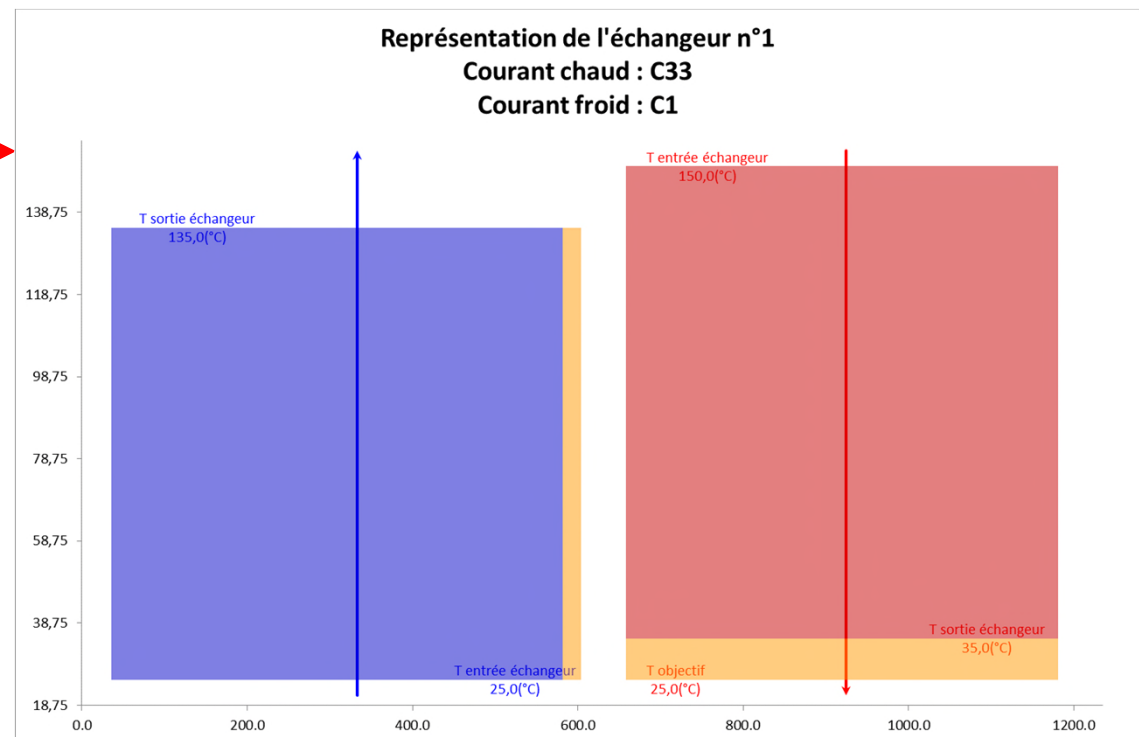
☒ Afficher les numéros des échangeurs

☐ Ajouter une image en fond

Aucune image sélectionnée

Sélection des dimensions

Aide Valider Annuler



Étape 3 : conception du réseau d'échangeurs de chaleur

Utilisation de Simulis Pinch Energy en mode de sélection **Manuelle** ou **Semi-Automatique** :

1. Sélectionnez les données et retrouvez la fenêtre suivante
2. Cochez l'option **Synthèse du réseau d'échangeurs**
3. Méthode de sélection : **Manuelle**

Analyse du réseau d'échangeurs

Caractérisation d'un échange

Puissance échangée minimale (kcal/h)

Pourcentage minimum récupéré / MER (%)

Degré de couplage maximum

☒ Autoriser la division de courant

Utilité à préserver

☒ Utilité chaude

☐ Utilité froide

☒ Synthèse du réseau d'échangeurs

Méthode de sélection : ☒ Automatique ☐ Semi-Automatique ☐ Manuelle

Critères pour la sélection automatique des échangeurs

Premier critère

Deuxième critère

Troisième critère

Critères d'arrêt de la procédure

☒ Facteur multiplicatif du nombre de courants initiaux

☒ Seuil minimum de chaleur récupérée / MER initial (%)

☒ Nombre d'échangeurs maximum

Options graphiques ...

Contraintes optionnelles ... Aide Paramètres par défaut < Retour Calculer Annuler

Étape 3 : conception du réseau d'échangeurs de chaleur

Numéro de l'échangeur	DONNÉES D'ENTRÉE								CARACTÉRISTIQUES DES ÉCHANGEURS						
	Courant froid				Courant chaud				Courant froid		Courant chaud		Puissance échangée (kcal/h)	Facteur UA (kcal/h/°C)	DTML (°C)
	Nom	T entrée (°C)	T objectif (°C)	Q objectif (kcal/h)	Nom	T entrée (°C)	T objectif (°C)	Q objectif (kcal/h)	T entrée (°C)	T sortie (°C)	T entrée (°C)	T sortie (°C)			
1	C1	25,0	135,0	615 829,7	C43	100,0	82,1	1 556 510,7	25,0	90,0	100,0	82,1	363 899,3	13 464,1	27,0
2	C1	25,0	135,0	615 829,7	C43	100,0	82,1	1 556 510,7	25,0	90,0	100,0	95,8	363 899,3	11 713,6	31,1
3	C1	25,0	135,0	615 829,7	C30	76,7	25,0	2 173 071,9	25,0	66,7	76,7	35,0	233 403,2	23 340,3	10,0
4	C1	25,0	135,0	615 829,7	C30	76,7	25,0	2 173 071,9	25,0	66,7	76,7	71,1	233 403,2	9 875,5	23,6
5	C1	25,0	135,0	615 829,7	C33	150,0	25,0	642 947,8	25,0	135,0	150,0	35,0	591 512,0	47 967,5	12,3
6	C1	25,0	135,0	615 829,7	C33	150,0	25,0	642 947,8	25,0	135,0	150,0	35,0	591 512,0	41 768,2	14,2
7	C1	25,0	135,0	615 829,7	C36	150,0	79,8	408 208,4	25,0	79,8	150,0	106,0	408 208,4	25 044,6	16,3
8	C1	25,0	135,0	615 829,7	C36	150,0	79,8	408 208,4	25,0	79,8	150,0	106,0	408 208,4	13 295,0	30,7
9	C1	25,0	135,0	615 829,7	C36	150,0	79,8	408 208,4	25,0	79,8	150,0	106,0	408 208,4	7 642,9	53,4
10	C4	96,0	200,0	1 824 282,7	C33	150,0	25,0	642 947,8	96,0	110,6	150,0	106,0	226 492,2	22 649,2	10,0
11	C4	96,0	200,0	1 824 282,7	C33	150,0	25,0	642 947,8	96,0	110,6	150,0	106,0	226 492,2	10 290,8	22,0
12	C4	96,0	200,0	1 824 282,7	C36	150,0	79,8	408 208,4	96,0	110,6	150,0	106,0	255 897,4	25 589,7	10,0
13	C4	96,0	200,0	1 824 282,7	C36	150,0	79,8	408 208,4	96,0	110,6	150,0	106,0	255 897,4	11 927,2	21,5
14	C7	90,8	100,0	491 272,7	C33	150,0	25,0	642 947,8	90,8	100,0	150,0	100,8	253 072,5	10 182,6	24,9
15	C7	90,8	100,0	491 272,7	C33	150,0	25,0	642 947,8	90,8	95,5	150,0	100,8	253 072,5	9 647,3	26,2
16	C7	90,8	100,0	491 272,7	C36	150,0	79,8	408 208,4	90,8	100,0	150,0	100,8	285 928,5	11 504,6	24,9
17	C7	90,8	100,0	491 272,7	C36	150,0	79,8	408 208,4	90,8	96,2	150,0	100,8	285 928,5	10 978,7	26,0
18	C23	76,6	200,0	1 915 438,4	C33	150,0	25,0	642 947,8	76,6	140,0	150,0	86,6	325 870,5	32 587,1	10,0
19	C23	76,6	200,0	1 915 438,4	C33	150,0	25,0	642 947,8	76,6	97,6	150,0	86,6	325 870,5	12 734,7	25,6
20	C23	76,6	200,0	1 915 438,4	C36	150,0	79,8	408 208,4	76,6	140,0	150,0	86,6	368 177,8	36 817,8	10,0
21	C23	76,6	200,0	1 915 438,4	C36	150,0	79,8	408 208,4	76,6	100,4	150,0	86,6	368 177,8	14 880,6	24,7
22	C28	38,6	70,0	408 208,4	C43	100,0	82,1	1 556 510,7	38,6	70,0	86,8	82,1	408 208,4	14 553,5	28,0
23	C28	38,6	70,0	408 208,4	C43	100,0	82,1	1 556 510,7	38,6	70,0	100,0	82,1	408 208,4	11 235,1	36,3
24	C28	38,6	70,0	408 208,4	C43	100,0	82,1	1 556 510,7	38,6	70,0	100,0	95,3	408 208,4	9 730,2	42,0
25	C28	38,6	70,0	408 208,4	C30	76,7	25,0	2 173 071,9	38,6	66,7	76,7	48,6	365 219,9	36 522,0	10,0
26	C28	38,6	70,0	408 208,4	C30	76,7	25,0	2 173 071,9	38,6	66,7	76,7	68,0	365 219,9	20 290,6	18,0
27	C28	38,6	70,0	408 208,4	C33	150,0	25,0	642 947,8	38,6	70,0	127,9	48,6	408 208,4	14 959,6	27,3

Selection de l'échangeur

Sélectionner le numéro de l'échangeur désiré

Sélection automatique

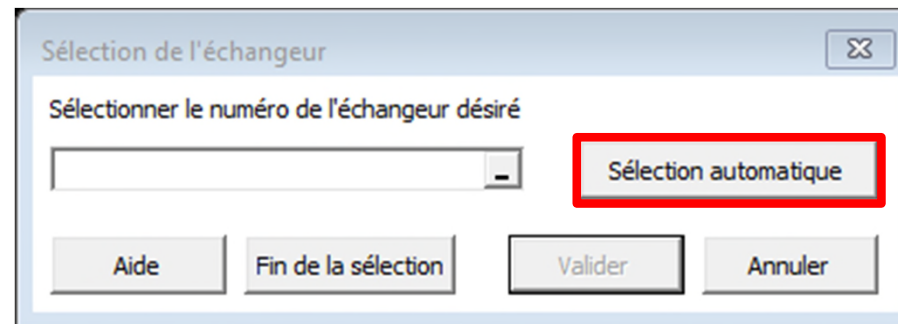
Aide Fin de la sélection Valider Annuler

1. Sélectionnez l'échangeur désiré dans la colonne **Numéro de l'échangeur**
2. Cliquez sur **Valider**

Étape 3 : conception du réseau d'échangeurs de chaleur

En mode de sélection **Manuelle**, Simulis Pinch Energy propose à l'utilisateur une liste d'échangeurs. L'utilisateur sélectionne les échangeurs jusqu'à ce qu'un des critères d'arrêt soit atteint.

En mode de sélection **Semi-Automatique**, l'utilisateur commence à sélectionner les échangeurs comme pour la méthode **Manuelle**. Avec cette méthode, l'utilisateur peut à Tout moment demander à Simulis Pinch Energy de continuer la sélection des échangeurs de manière automatique (méthode **Automatique**) en appuyant sur le bouton **Sélection automatique**.





ProSim SA
 51, rue Ampère
 Immeuble Stratège A
 F-31670 Labège
 France

☎: +33 (0) 5 62 88 24 30



ProSim

Software & Services In Process Simulation

www.prosim.net
info@prosim.net



ProSim, Inc.
 325 Chestnut Street, Suite 800
 Philadelphia, PA 19106
 U.S.A.

☎: +1 215 600 3759