

Projet RREFlex

Outil d'aide à la décision pour le remodelage des réseaux d'échangeurs de chaleur flexibles



Raphaële Théry-Hétreux^a, Nathalie Guintrand^b

a) Laboratoire de Génie Chimique, Université de Toulouse, CNRS, INPT, UPS, Toulouse, France

b) TOTAL Raffinage-Chimie, Direction Stratégie Développement Recherche

Objectif du projet RREFlex

Projet RREFlex

Logiciel d'aide à la décision pour la synthèse et le remodelage de réseaux d'échangeurs de chaleur flexibles

Développer une **approche unificatrice** et **pragmatique** répondant aux principaux verrous communément rencontrés dans ce type d'étude.



Acronyme	RREFlex		
Nature	8 ^{ème} AMI « <i>Efficacité Energétique dans l'industrie</i> »		
Porteur	Laboratoire de Génie Chimique, UMR CNRS 5503		
Partenaires	VYNOVA	ROUSSELOT	ProSim
Durée et montant	38 mois, 807 k€		

Accompagnement
Financier et
scientifique



Etudes
de cas



Méthodologie
Prototype logiciel



Collectes de
données
IHM de sortie



Plan de l'exposé

1. Démarche Générale de synthèse de réseau d'échangeurs de chaleur

2. Collecte des données

3. Evaluation de robustesse

4. Conclusion



Méthodologie RREFlex

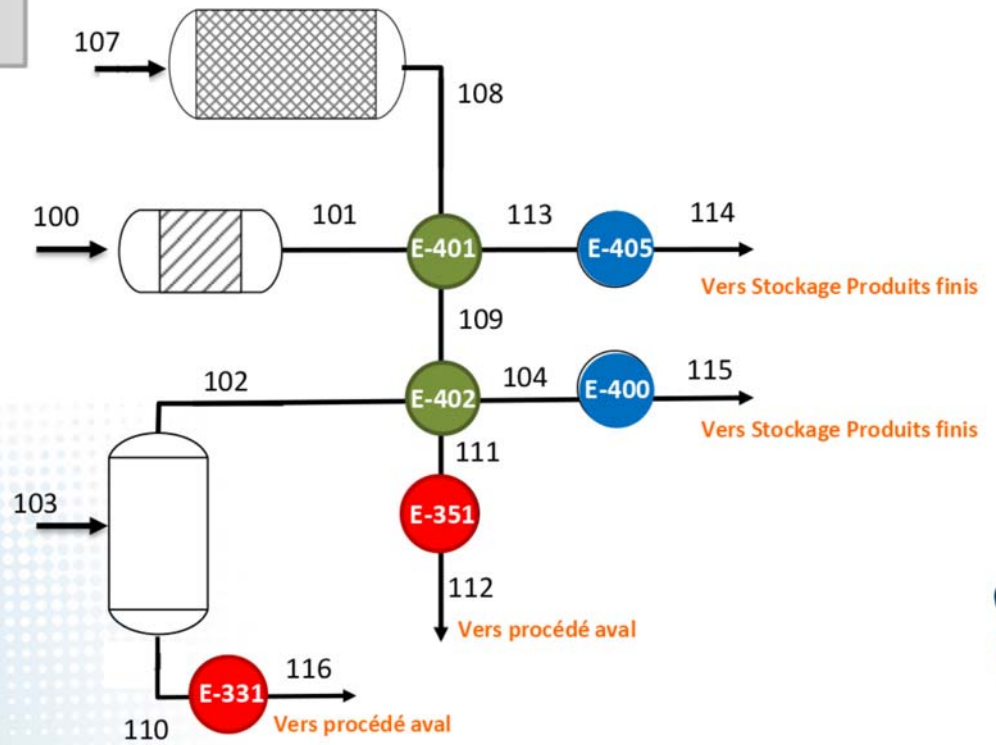


FCp	Tin	Tout
...

Data Collection

Etude de cas : exemple académique

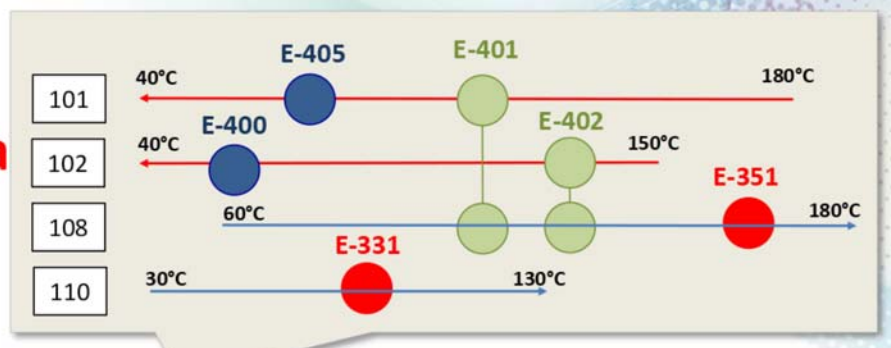
- Echangeur d'intégration
- Echangeur utilité froide
- Echangeur utilité chaude



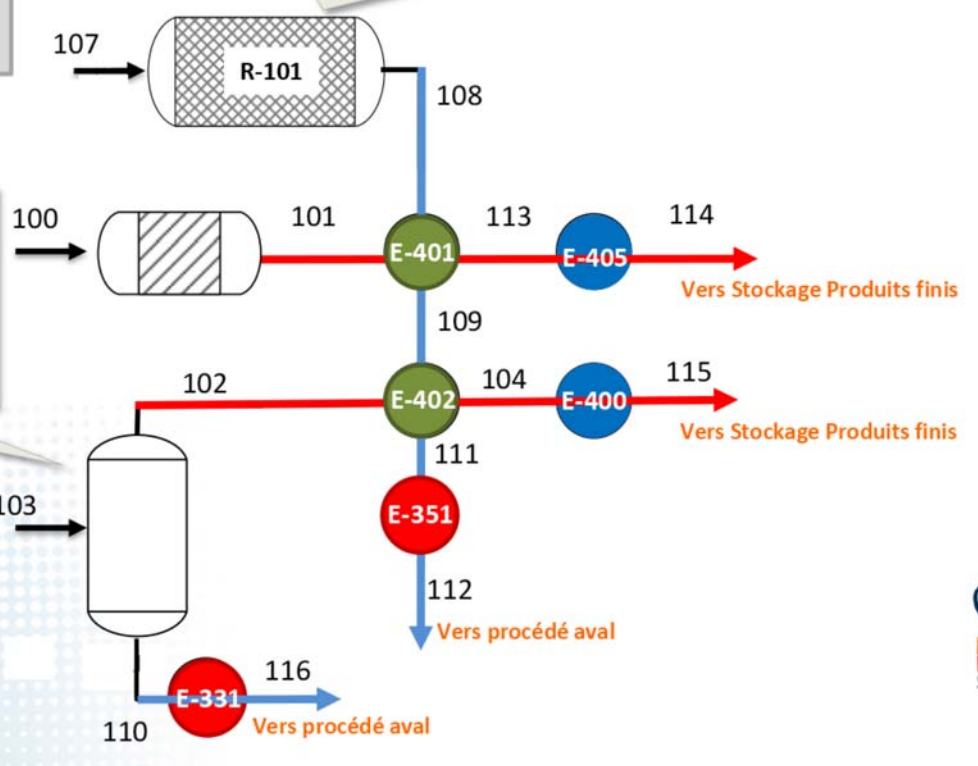
fl rouge

Etude de ca

- Echangeur d'intégration
- Echangeur utilité froide
- Echangeur utilité chaude



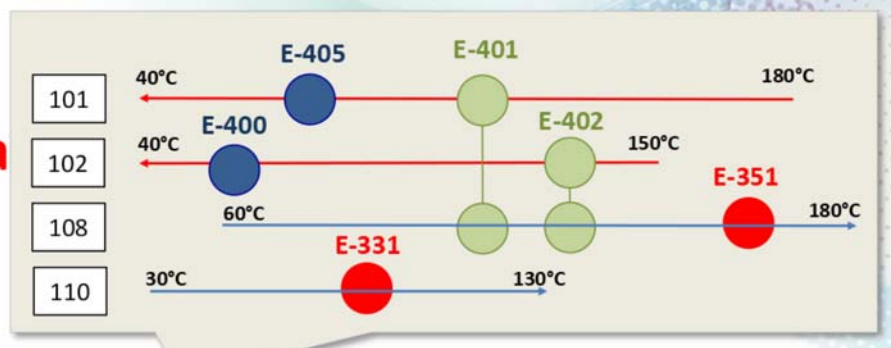
Stream
101
102
108
110



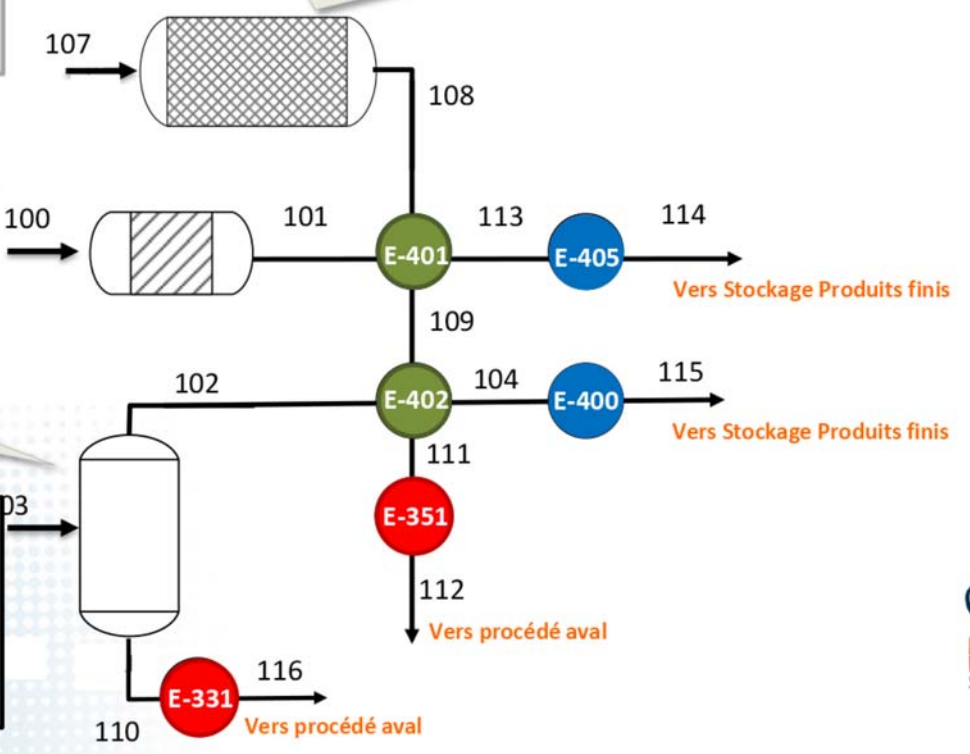
fl rouge

Etude de ca

- Echangeur d'intégration
- Echangeur utilité froide
- Echangeur utilité chaude



Stream
101
102
108
110





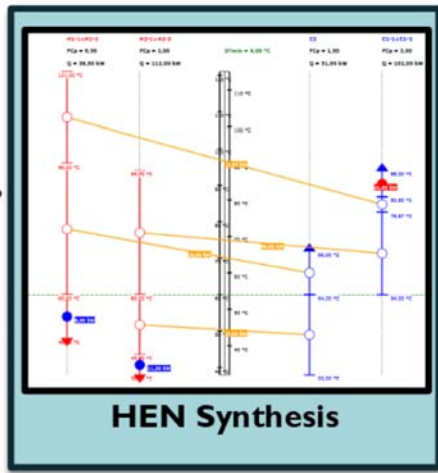
Méthodologie RREFlex



FCp	Tin	Tout
...

Data Collection

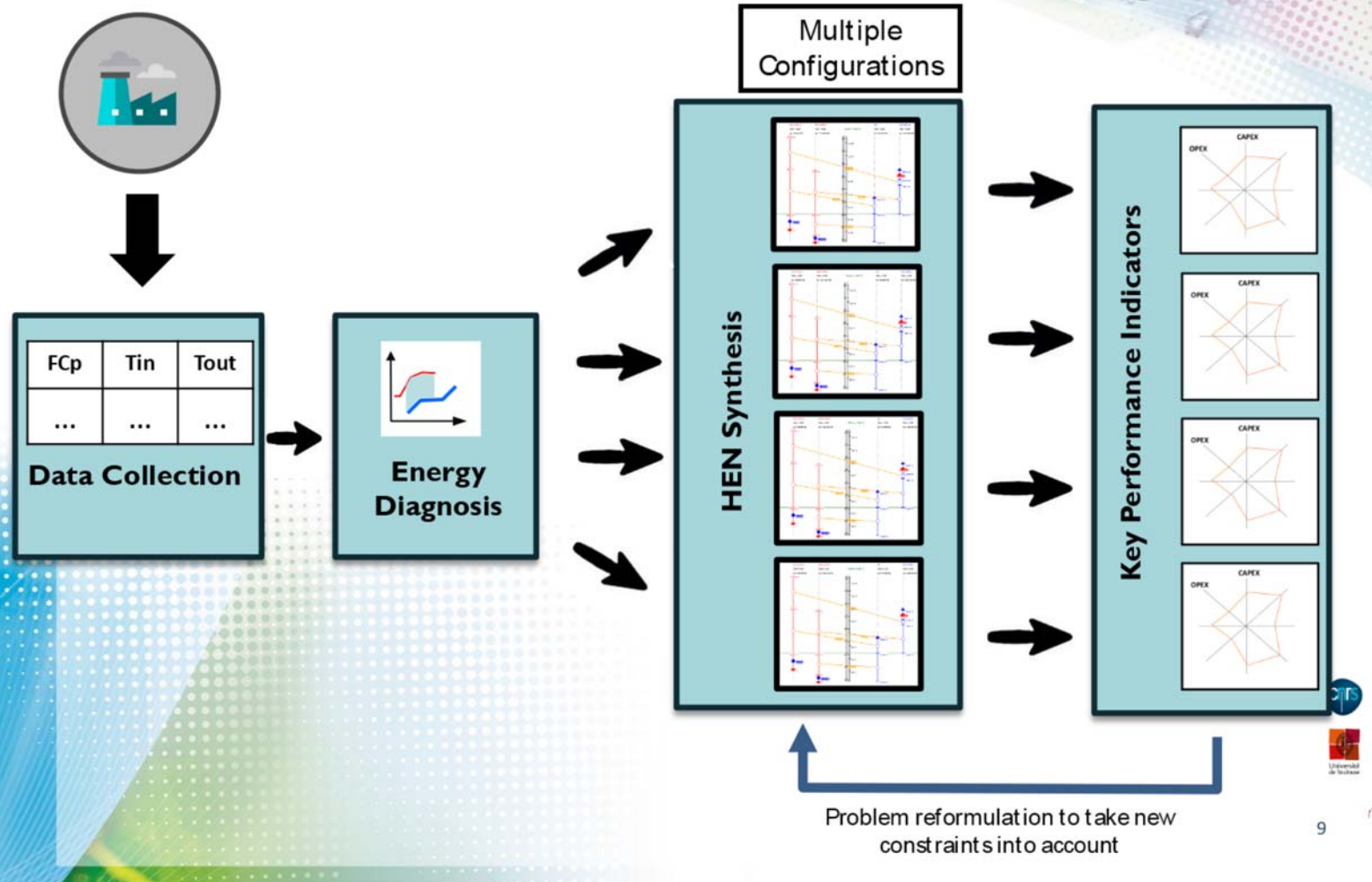
Energy Diagnosis



Return On Investment evaluation

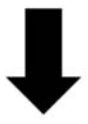


Méthodologie RREFlex



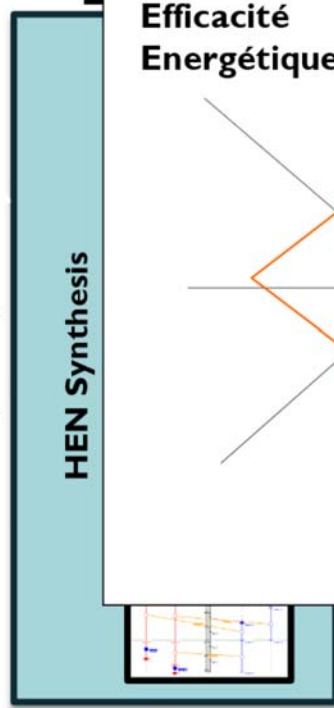
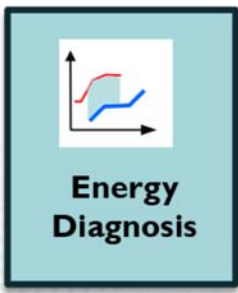


Méthodologie RREFlex

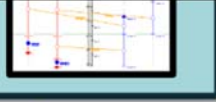
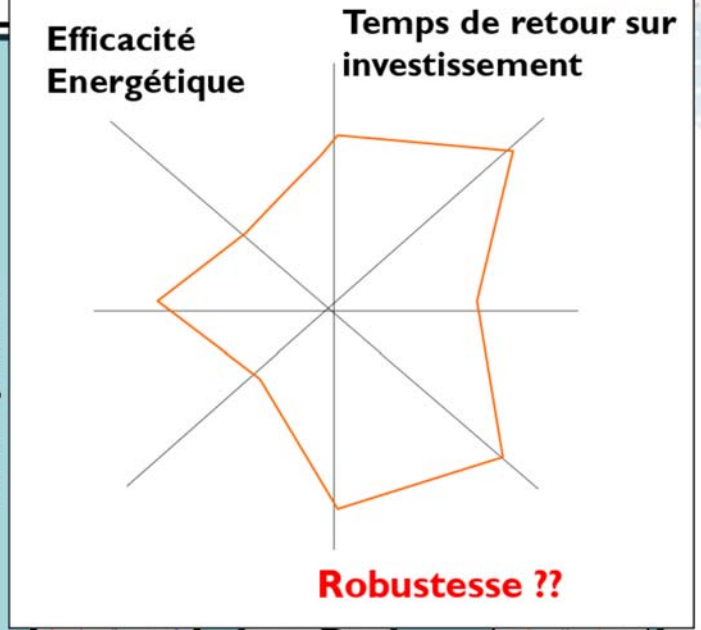


FCp	Tin	Tout
...

Data Collection



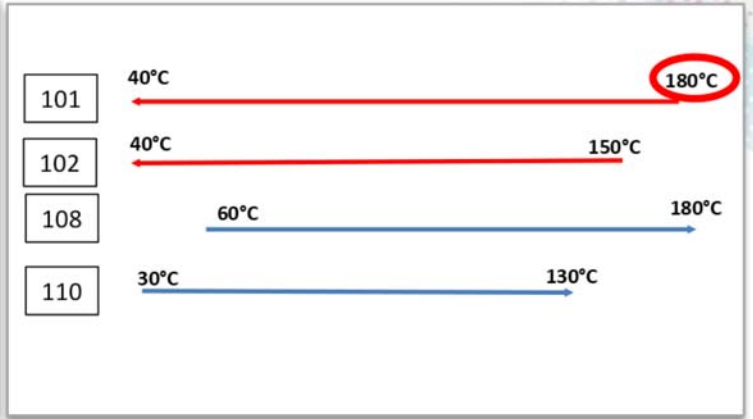
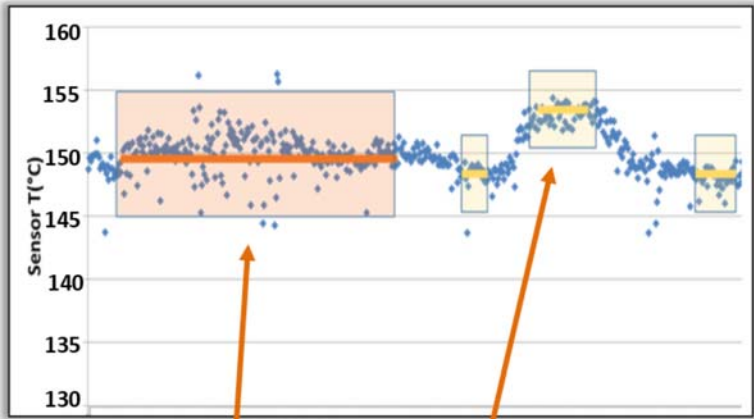
Multiple Configurations



Problem reformulation to take new constraints into account

Collecte de données Avancée

Données historiques : Température du courant I01

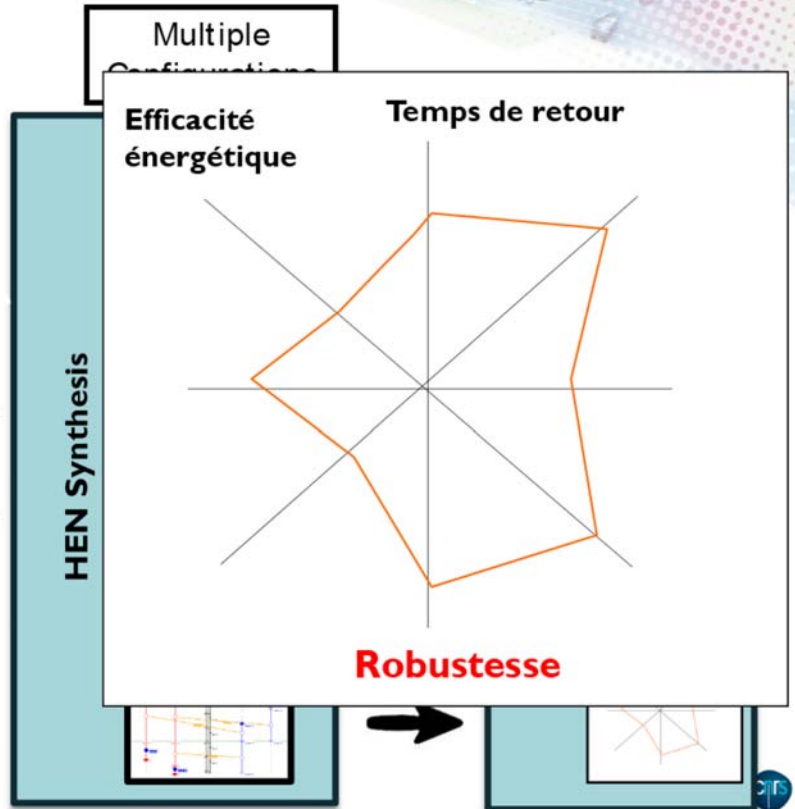
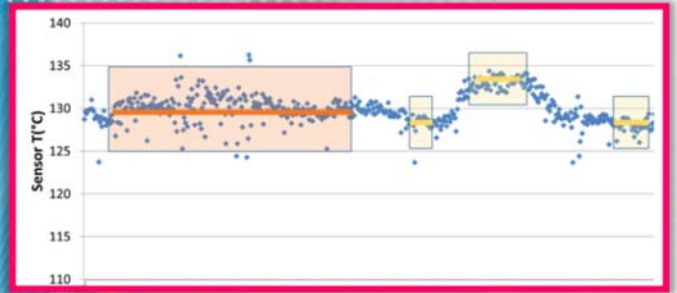
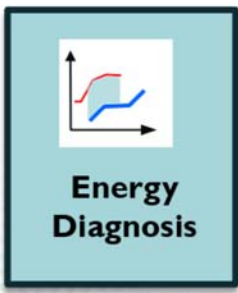


régime permanent 1

régime permanent 2



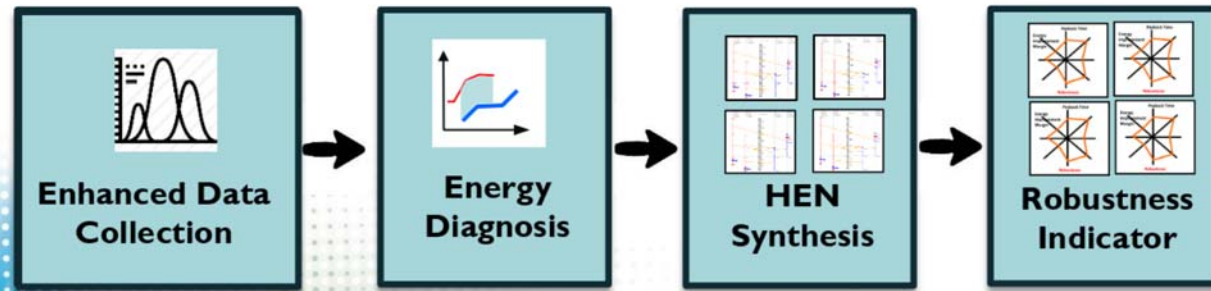
Méthodologie RREFlex



Problem reformulation to take new constraints into account

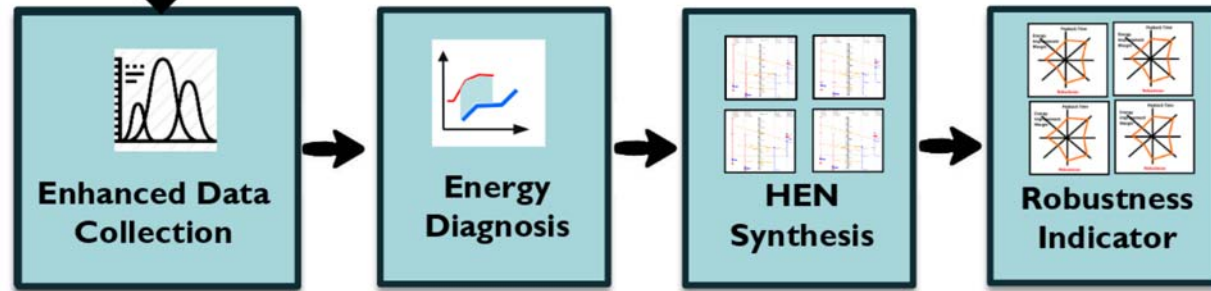


Méthodologie RREFlex





Méthodologie RREFlex



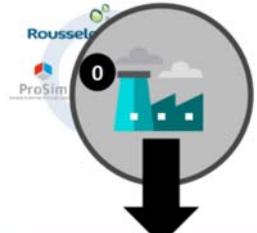
0 Mesures historisées

➔ La mesure X_m obtenue par un capteur industriel peut en régime permanent être représentée par :

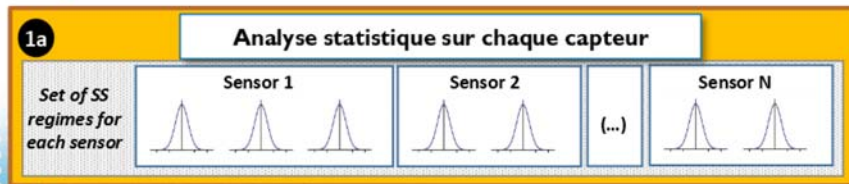
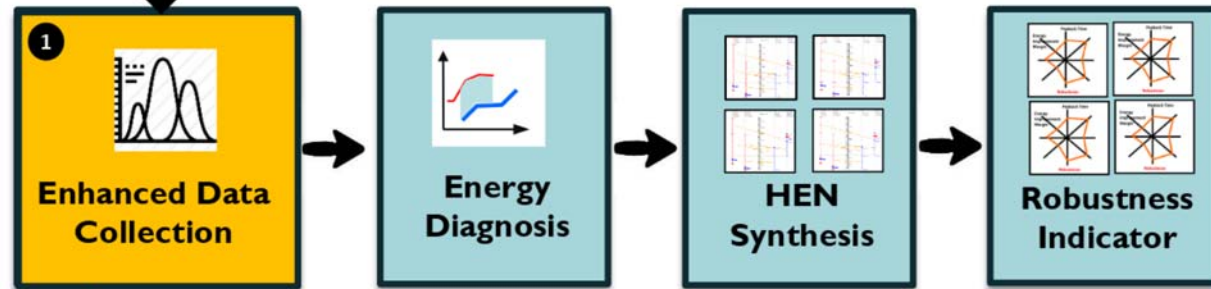
- $X_m = X + \varepsilon$
- ε : l'erreur de mesure sur le capteur est supposé être une valeur aléatoire
- Elle obéit à une **loi normale** (Théorème central limite)

➔ Loi normale

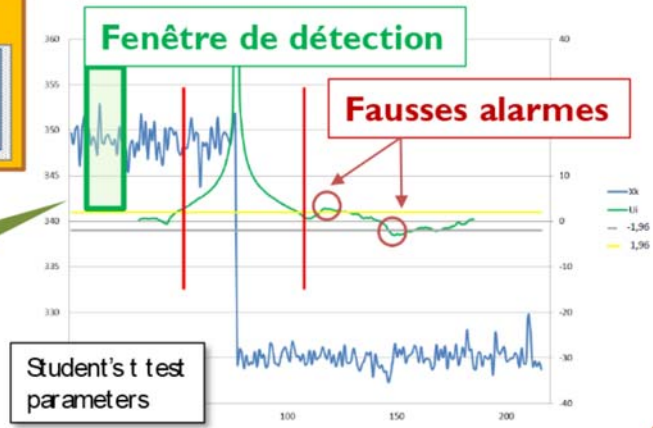
- La valeur moyenne est une bonne approximation de la valeur mesurée
- L'écart type caractérise précisément la déviation de la mesure autour de la valeur moyenne



Collecte de données Avancée



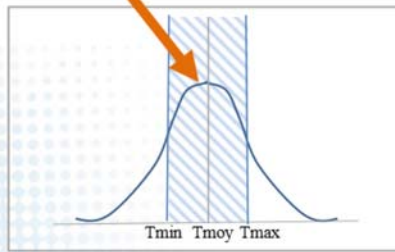
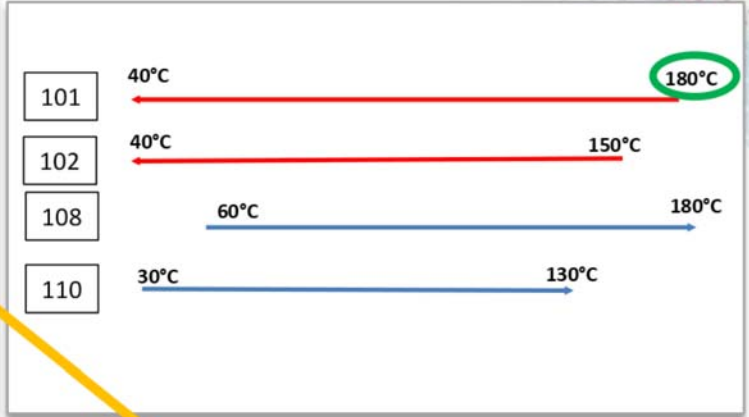
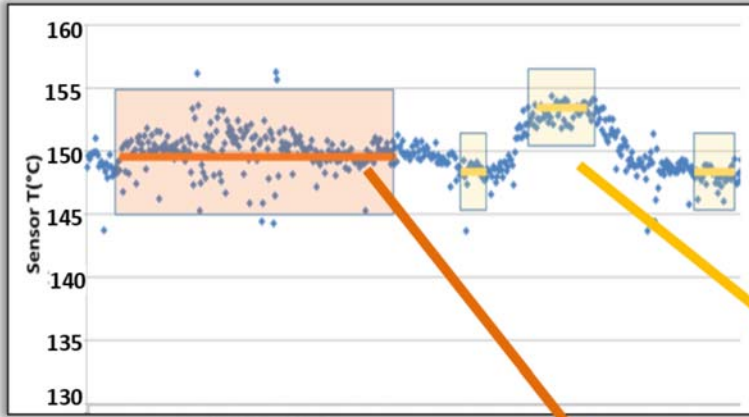
Taille de la fenêtre de détection :
Analyse des signaux en tenant compte de la précision des capteurs



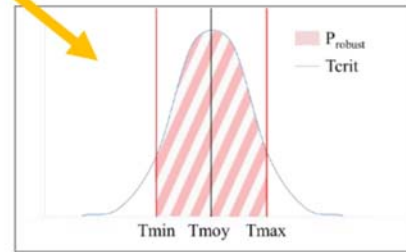
*Flexibility Assessement of Heat Exchanger Networks : From a thorough data extraction to robustness evaluation, Payet L, Hétreux R, Hétreux G., Floquet P, Bourgeois F, Chemical Engineering Research & Design, December 2017 <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2017.11.036>

Collecte de données Avancée

Données historiques : Température du courant I01



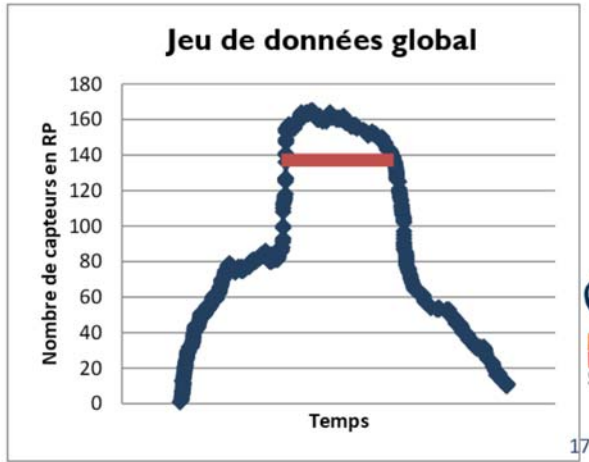
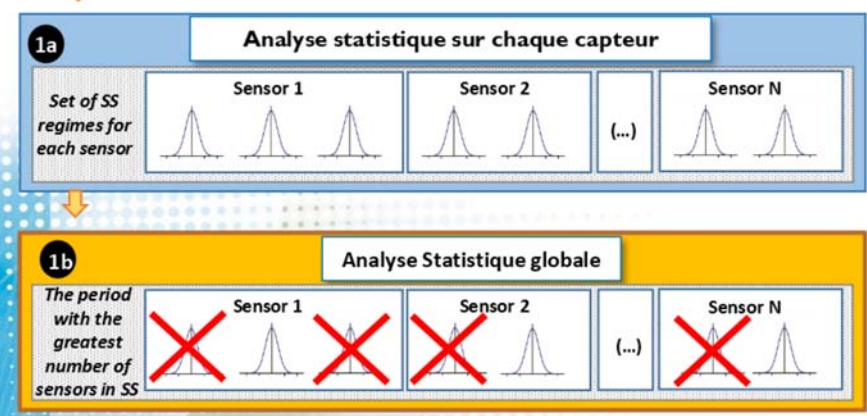
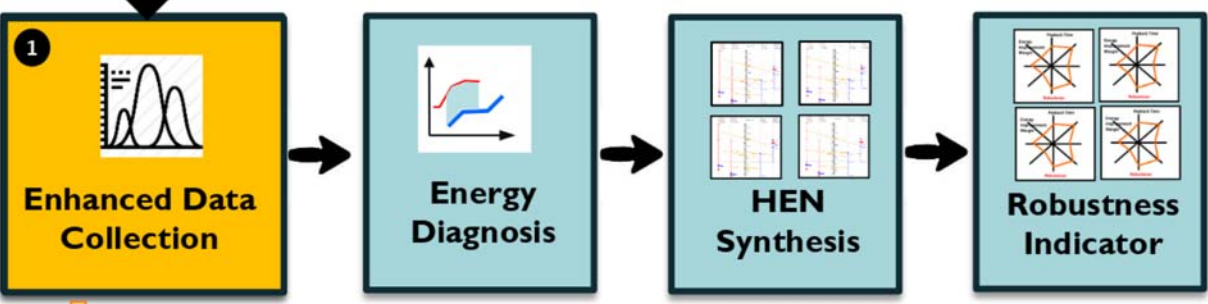
**Modélisation de la donnée
Régime permanent 1**



**Modélisation de la donnée
Régime permanent 2**

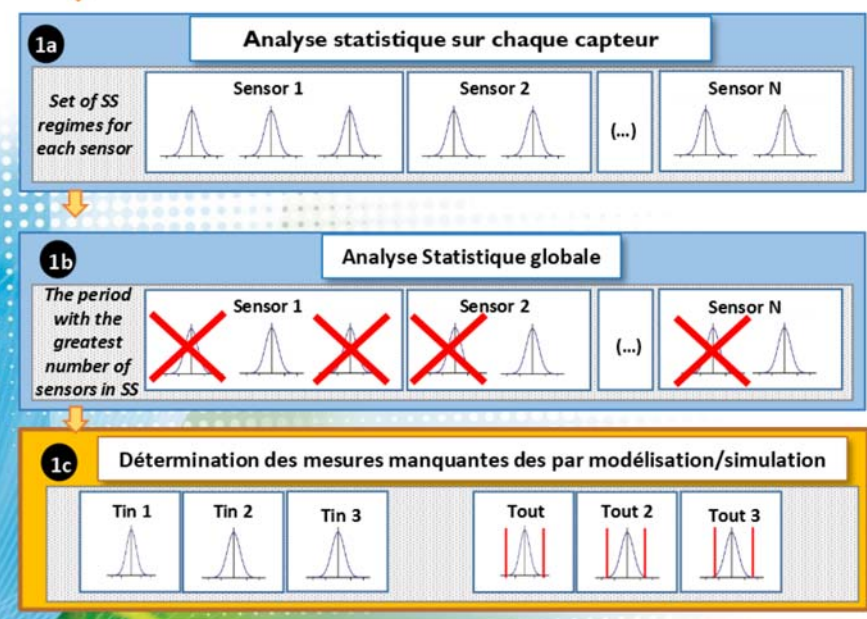
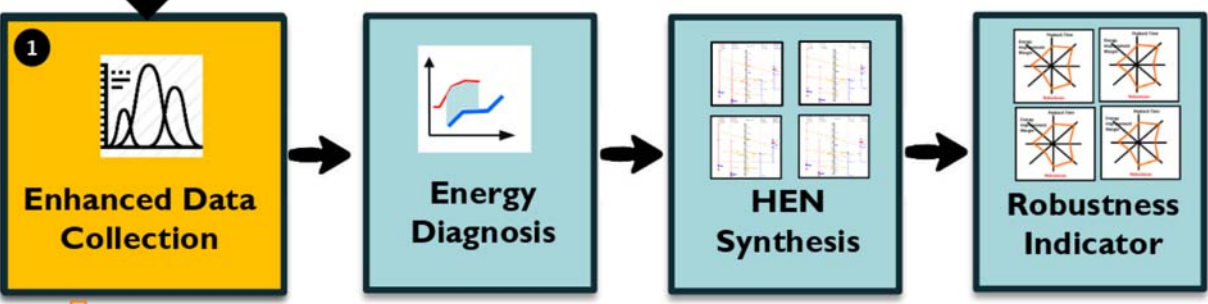


Collecte de données Avancée



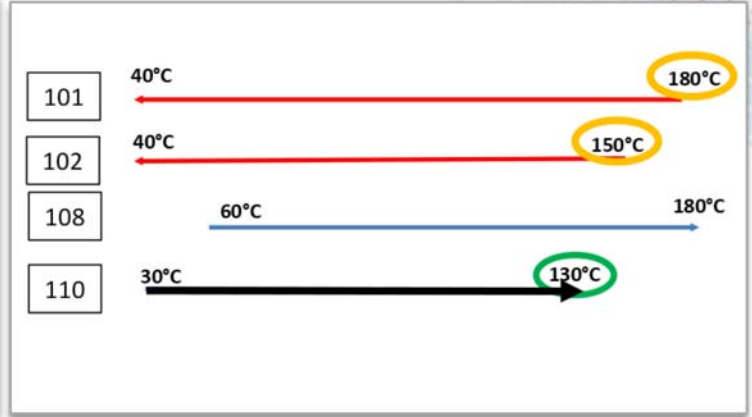
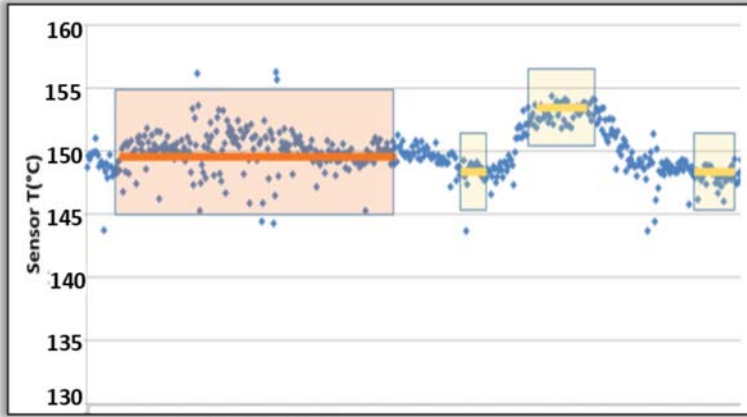


Collecte de données Avancée



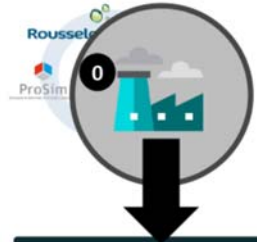
Collecte de données Avancée

Données historiques : Température du courant I01

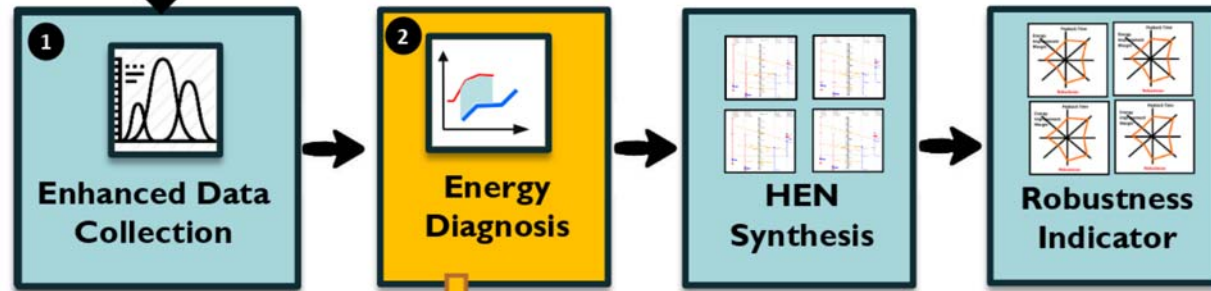


Cas de marche	Température d'entrée	Tmoyen	σ_T
1	101	150°C	5°C
	102	60°C	6°C
2	101	153°C	2
	102	62°C	1

Courant critique	Tmin	Tmoyen	Tmax
110-116	123.5 °C	130°C	136.5°C



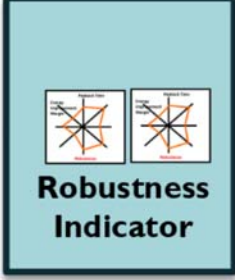
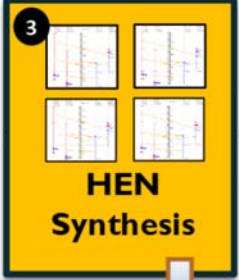
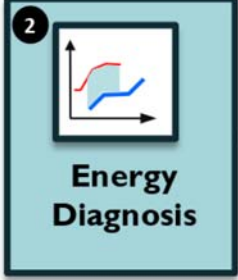
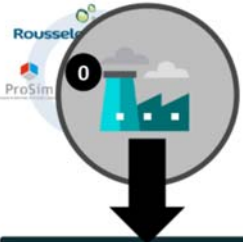
Diagnostic Energétique



- Pinch analysis, Linnhoff

- Sélection d'un ou plusieurs scénarii de remodelage

Synthèse de réseaux d'échangeurs

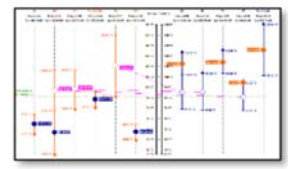
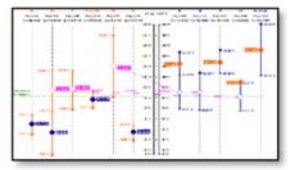
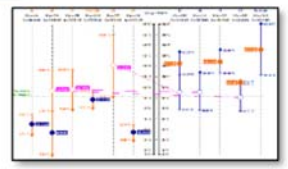


PARAMETRES DE CONSTRUCTION

- nombre maximum d'échanges autorisé par courant,
- nombre maximum d'échangeurs du réseau,
- puissance échangée minimale dans les nouveaux échangeurs,
- etc ...

CRITERE

le critère pris en compte par l'optimiseur
Min (Consommation Utilité + k * NbreEchangeurs)

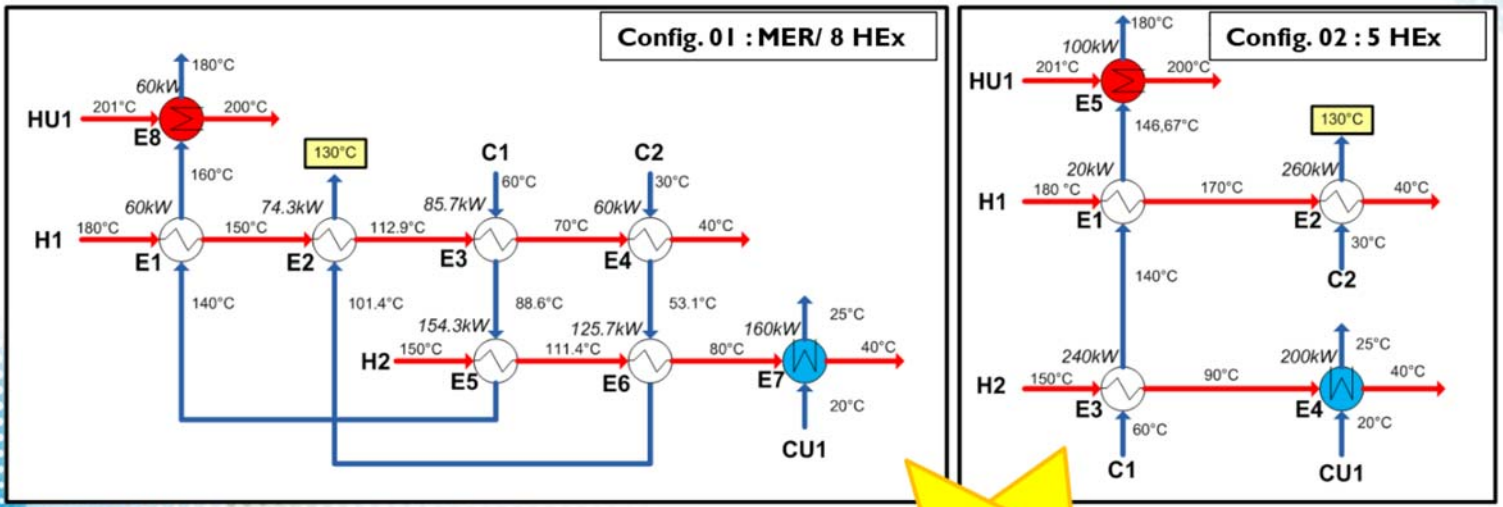


RREFlex, an innovative tool for the synthesis of flexible heat exchanger networks, Payet L., Hétreux G., Hétreux L, Floquet P, soumise à MOSIM'18



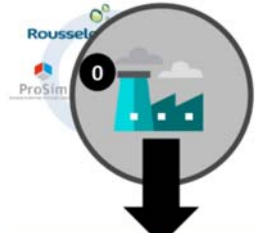
Etude de cas : exemple académique

F0 11 Case study

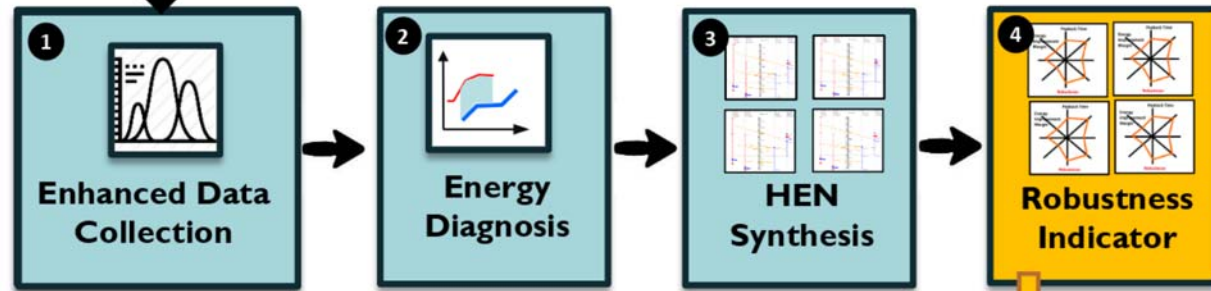


Configuration	QCU	QHU	Number
01	160 kW	60 kW	8
02	200 kW	100 kW	5

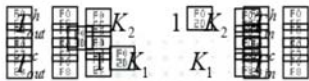
? Quelle configuration est la plus robuste ?



Evaluation du critère de robustesse



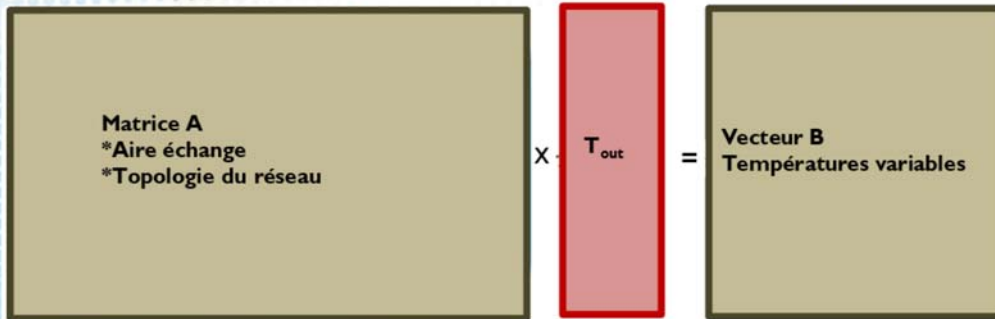
○ Réponse d'un échangeur de chaleur : modèle linéaire



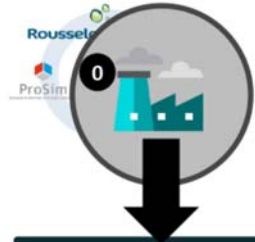
(1)

4a Simulation de la réponse du réseau d'échangeurs de chaleur à des variations sur les températures d'entrées

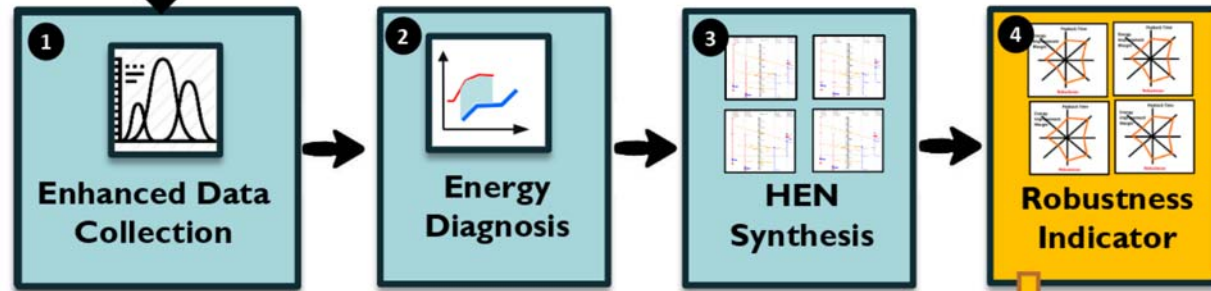
○ Réponse d'un réseau d'échangeur de chaleur : résolution of du système linéaire $AT = B$



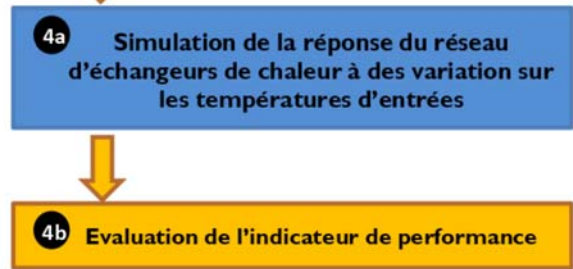
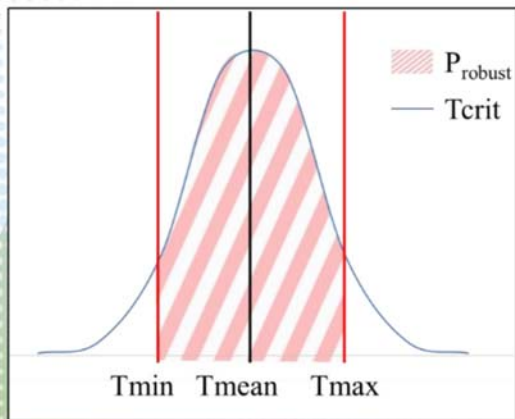
○ Même approche pour T_{moy} et écart type



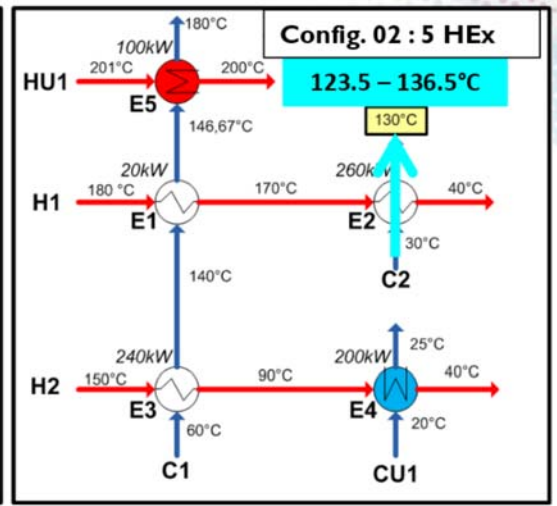
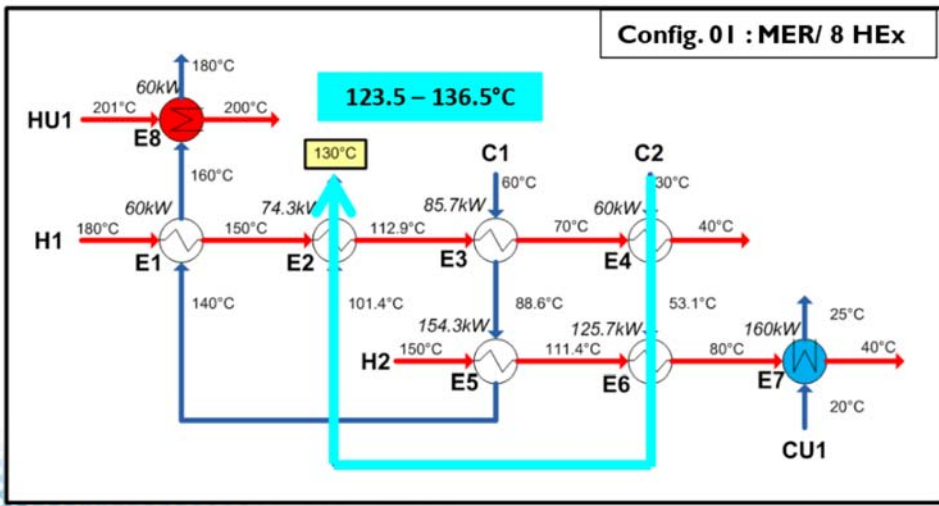
Evaluation du critère de robustesse



- **Probust = probabilité pour la valeur moyenne de rester dans les limites imposées for the T_{crit} to :**



Etude de cas : exemple académique



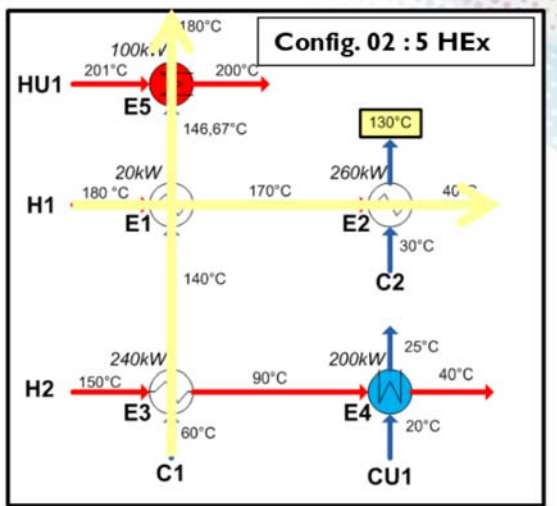
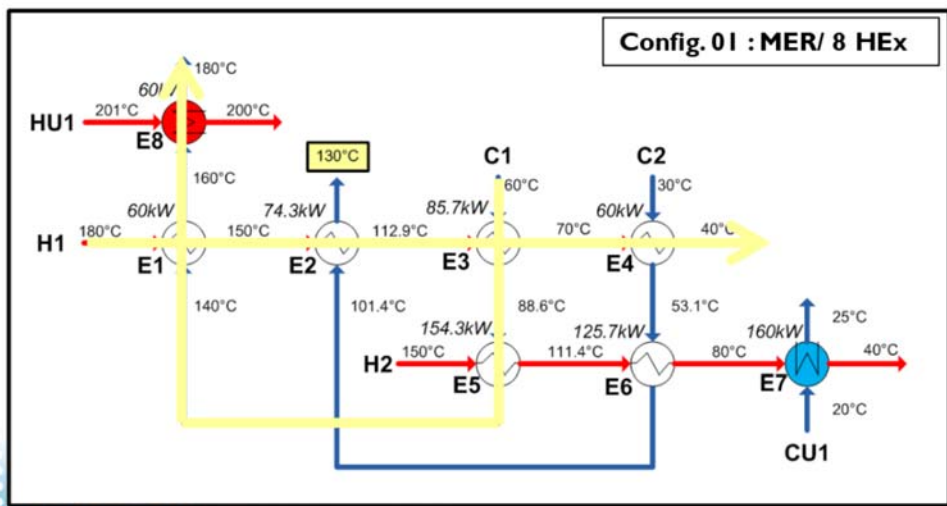
• **Critical stream**

Critical stream	Tmin	Tmean	Tmax
C2	123,5 °C	130°C	136,5 °C

• **Input variabilities:**

Variable streams	Tmean	σ_T
H1	180°C	18°C
C1	60°C	6°C

Etude de cas : exemple académique



• Critical stream

Critical stream	Tmin	Tmean	Tmax
C2	123,5 °C	130 °C	136,5 °C

• Input variabilities:

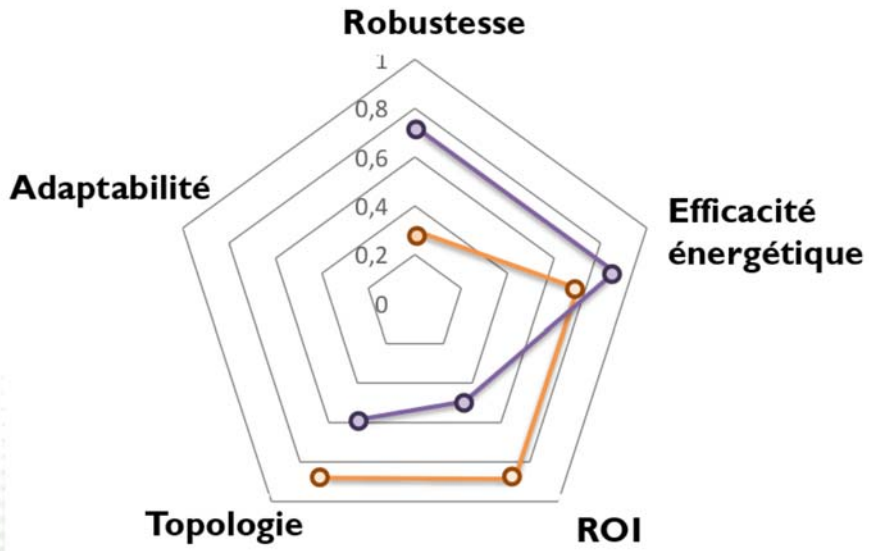
Variable streams	Tmean	σ_T
H1	180 °C	18 °C
C1	60 °C	6 °C

• Results:

P_{robust}	
Config 01 (MER/ 8HEx)	Config 02 (5 HEx)
0,960	0,499

Conclusions - Perspectives

F011 Analyse Multicritère : focus sur la robustesse



F011 Vers la synthèse de réseaux flexibles

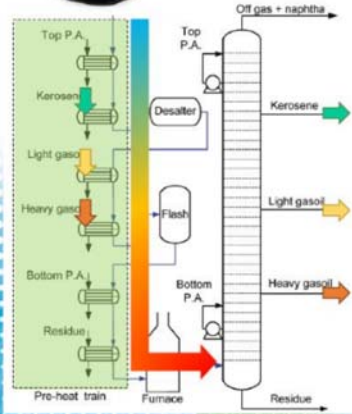
➔ Introduction de la notion d'adaptabilité

➔ Etude de cas TOTAL

Optimisation du train de préchauffe du brut: cas d'étude TOTAL

4% de l'énergie du brut est utilisée pour le distiller

Le train de préchauffe



~300°C

Collecte jusqu'à
70%
 de l'énergie nécessaire à
 la distillation



Réseau complexe d'échangeurs (de 10 à 100)

La problématique:

Quel est le design optimal d'un réseau donné en fonction des différents cocktails de brut traités (variation de qualité), débits de charge, spécifications produits et de la durée de sa mise en service (diminution du transfert thermique avec l'encrassement)?

Merci de votre attention ...

Projet - PreparationEster.hen

- Site - BiodieselPlant
 - Procédé - PreparationEster
 - Nominal HEN NominalHEN
 - E401 (INTEGRATION)
 - E402 (INTEGRATION)
 - E403 (HOT_UTILITY)
 - E404 (COLD_UTILITY)
 - E405 (COLD_UTILITY)
 - E406 (INTEGRATION)
 - E407 (HOT_UTILITY)
 - E408 (COLD_UTILITY)
 - E409 (COLD_UTILITY)
 - E410 (HOT_UTILITY)
 - E411 (INTEGRATION)
 - Analyse
 - PreparationEster_Sc1
 - PreparationEster_Sc2
 - PreparationEster_Sc3
 - PreparationEster_Sc4
 - PreparationEster_Sc5
 - PreparationEster_Sc6
 - PreparationEster_Sc7
 - PreparationEster_Sc8
 - PreparationEster_Sc9

NominalHENGridBiodieselPlant

48 %

Name	ExchangeKind	Heat
E401	INTEGRATION	115.823
E402	INTEGRATION	292.704
E403	HOT_UTILITY	194.552
E404	COLD_UTILITY	105.878
E405	COLD_UTILITY	132.601
E406	INTEGRATION	15.6601
E407	HOT_UTILITY	110.035
E408	COLD_UTILITY	106.099
E409	COLD_UTILITY	572.987
E410	HOT_UTILITY	617.110
E411	INTEGRATION	66.6209

HeatExchangeNetwork... NominalHEN

Search

TOTAL face aux Enjeux climatiques

8 milliards d'individus attendus sur la planète en 2025, 9 en 2040, 10 en 2055

1/3 de la nourriture produite dans le monde est immédiatement gaspillée



Les pays en voie de développement consomment 10 à 20 fois moins d'énergie par habitant que les pays industrialisés. Qu'en sera-t-il demain ?



Ne pas excéder en 2100 les 2°C d'augmentation de la température moyenne sur la planète



L'efficacité énergétique devrait représenter 38% de l'effort de réduction des émissions nécessaire en 2050

1/3 de la population mondiale souffre du manque d'eau



Programme R&D transverse au groupe sur l'efficacité énergétique