

Projet CERES-2

Chemins Energétiques pour la Récupération d'Énergie dans les Systèmes industriels



Sandrine Pelloux-Prayer – EDF R&D
sandrine.pelloux-prayer@edf.fr

Journée SFT – 22 nov. 2013

Projet CERES-2

◆ Chemins Energétiques pour la Récupération d'Energie dans les Systèmes Industriels

Projet ANR - EESI (2011- juin. 2014)

Partenaires académiques

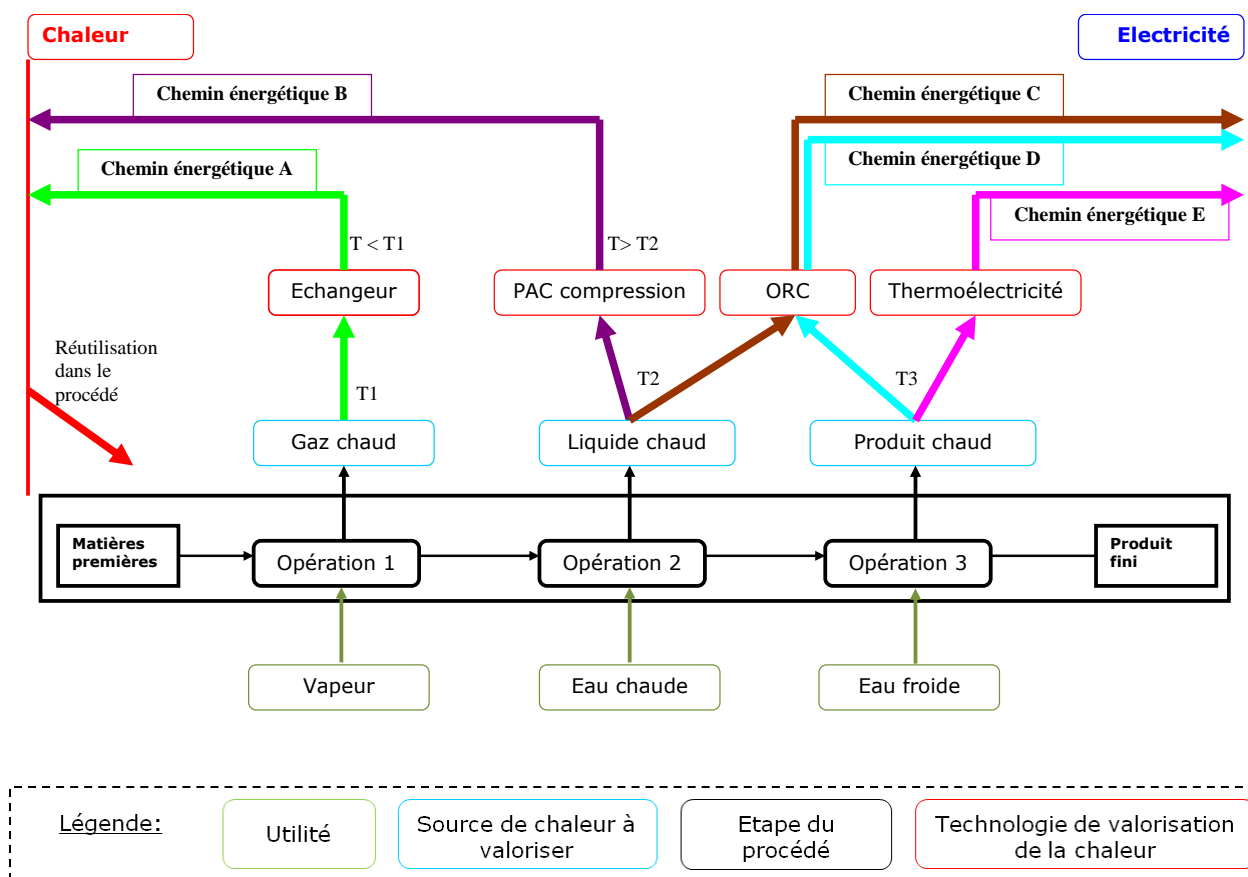


Partenaires industriels

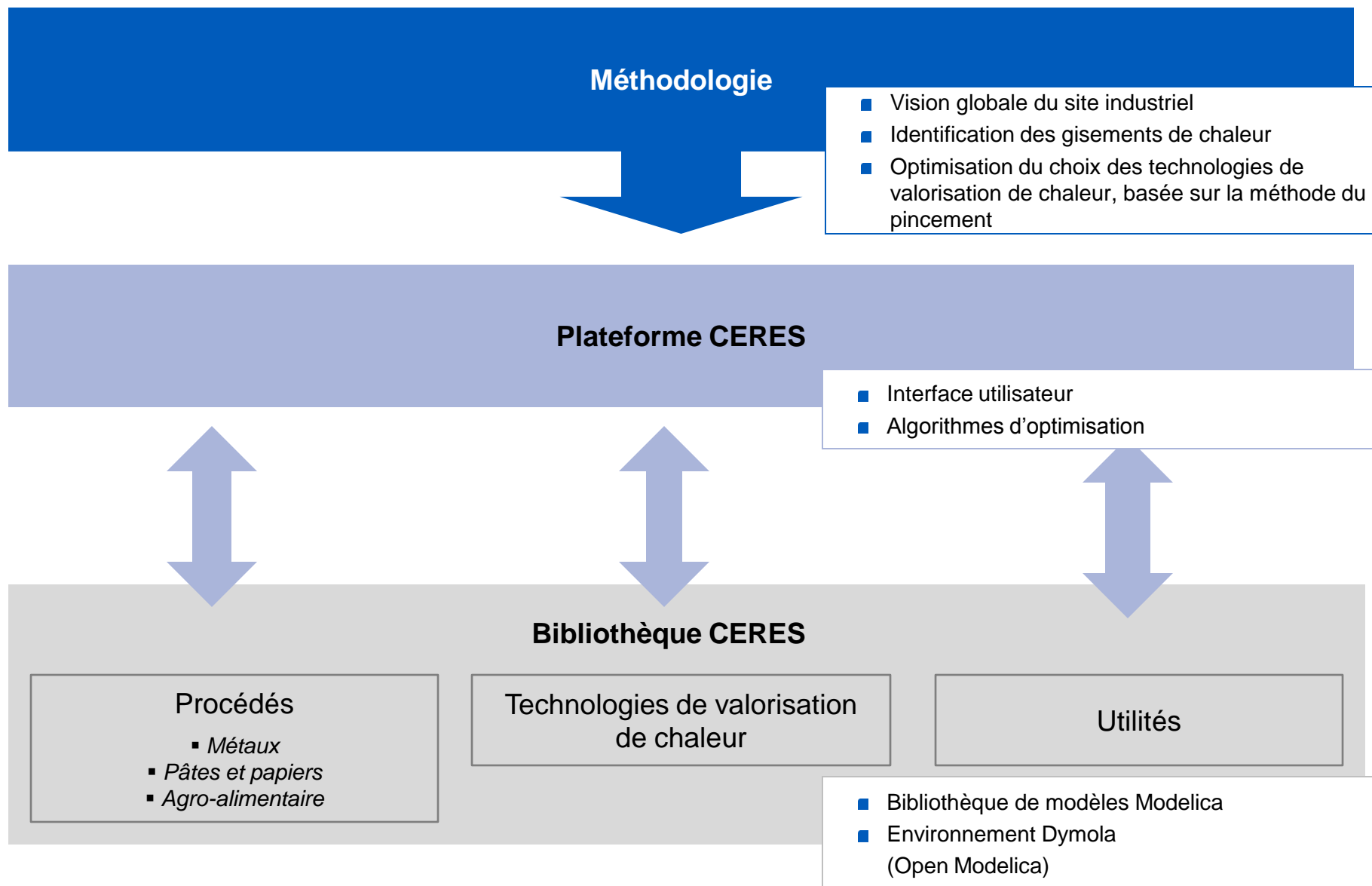


Objectif scientifique du projet

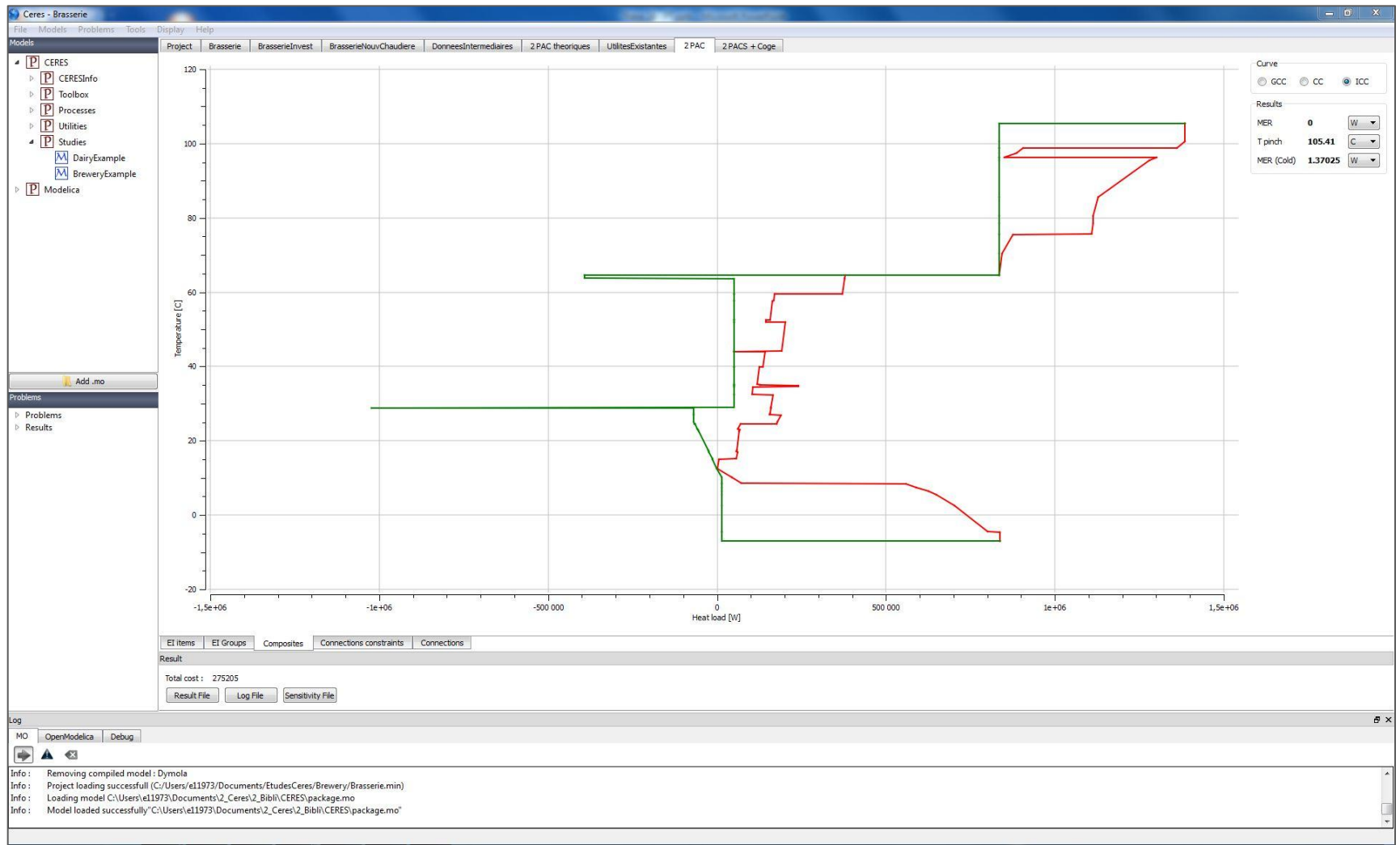
► Développement d'un outil d'aide à la décision



Architecture de l'outil

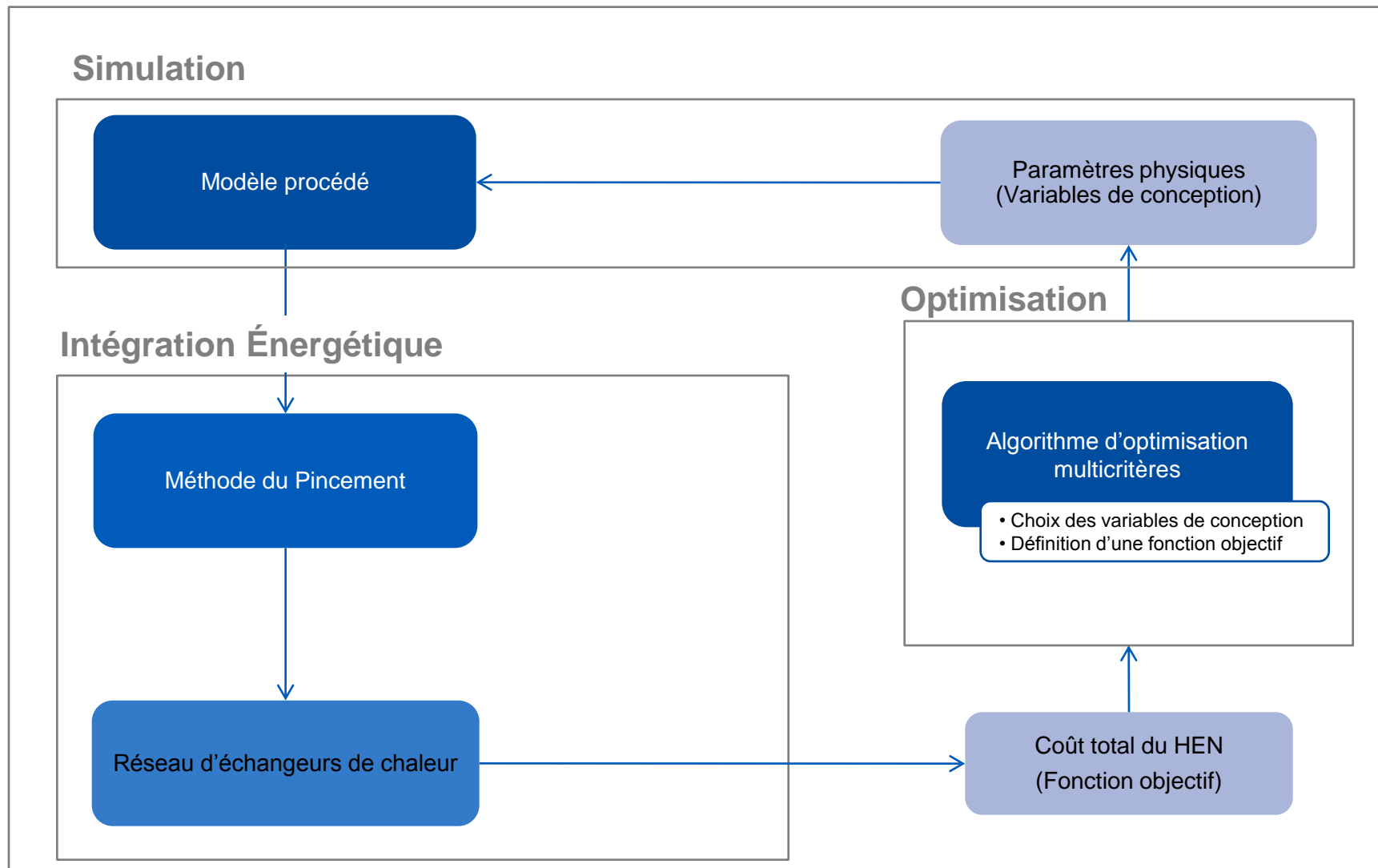


Plateforme CERES : Interface



Plateforme CERES : Fonctionnalités

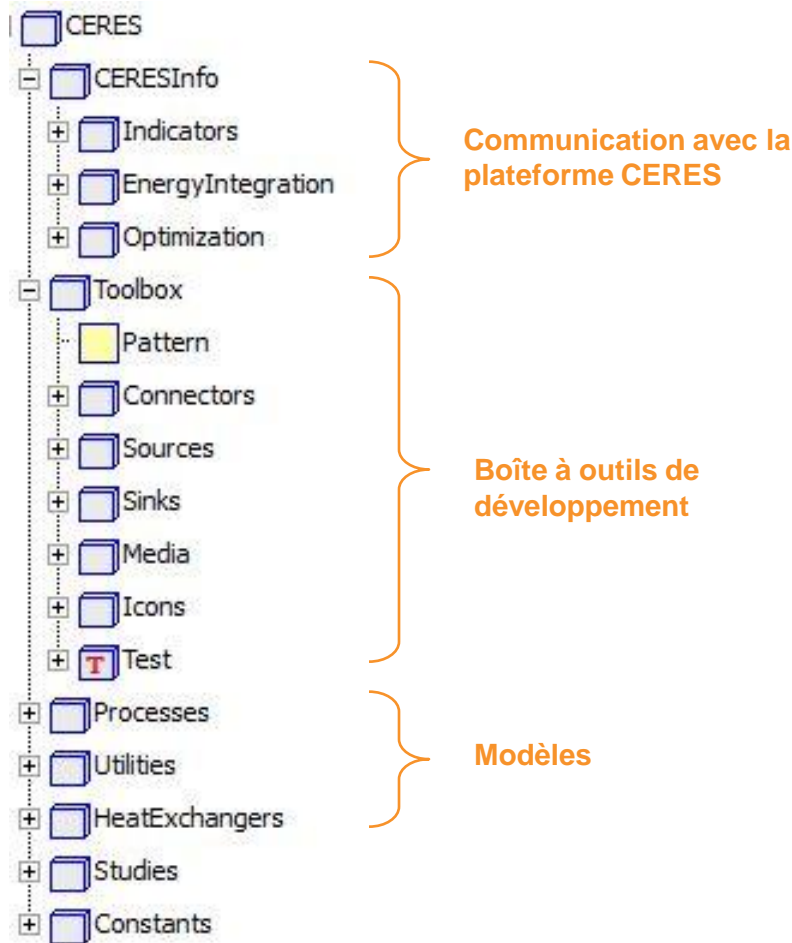
CERES



Bibliothèque CERES : Composition

Architecture de la bibliothèque

Modèles



- **Procédés du secteur IAA (Soredab)**
 - Séchage, Filtration
 - Pasteurisation
 - NEP
- **Procédés du secteur des P&P (Arjowiggins + LGP2)**
 - Trituration
 - Pressage
 - Séchage
- **Procédés du secteur des métaux (CMI)**
 - Four de recuit
 - Bains de dégraissage
 - Bains de traitement de surface
 - Refroidissement par soufflage d'air
- **Technologies de valorisation de chaleur**
 - PAC compression (EDF)
 - PAC ab- et ad-sorption (LERMAB)
 - Echangeurs (LASIE)
 - ORC (LEMETA)
 - Thermoélectricité (CNRT)
 - Méthanisation (Soredab)
 - Gazéification (IFPEN)
- **Utilités**
 - Chaudières
 - Groupes frigorifiques

Bibliothèque CERES : Les modèles

Bibliothèque CERES

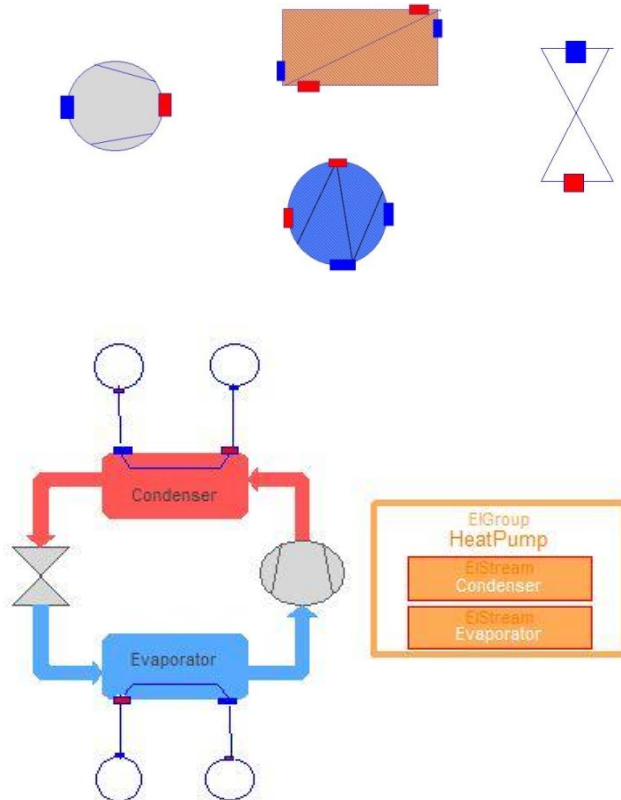
Procédés

Technologies de valorisation de chaleur

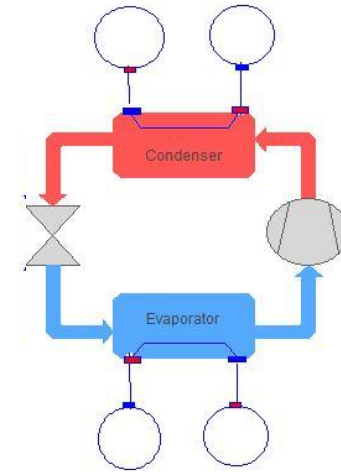
Utilités

- Modélisation des opérations unitaire du procédé des équipements

Langage Modelica



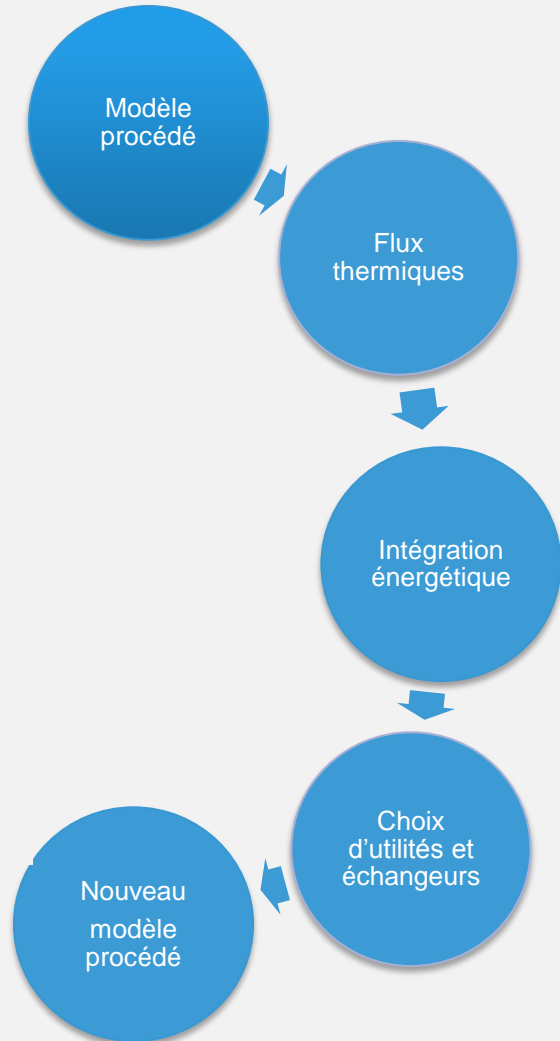
- Assemblage d'une ligne entière d'une technologie



- « Instrumentation » : Connexion avec la plateforme
Informations de flux
Informations de coûts

Méthodologie : *Principe*

- ◆ Nouveaux développements basés sur la méthode du pincement,
- ◆ Couplage avec des algorithmes d'optimisation et des solveurs mathématiques



◆ Etape préliminaire: Modélisation du procédé

◆ Etape 1 : Identification des flux du procédé

◆ Etape 2 : Intégration énergétique (MER)

◆ Etape 3a : Sélection des utilités (Preselect & Target)

◆ Etape 3b : Construction du réseau d'échangeurs (HEN)

◆ Etape 4 : Construction du nouveau système énergétique

Méthodologie : Principe



Étape 1 : Identification des flux du procédé

Utilisation de l'interface entre Dymola et CERES
Extraction des disponibilités et besoins de chaleur du procédé

1 : Cliquer-glisser le modèle de procédés

2 : Compilation et simulation du modèle

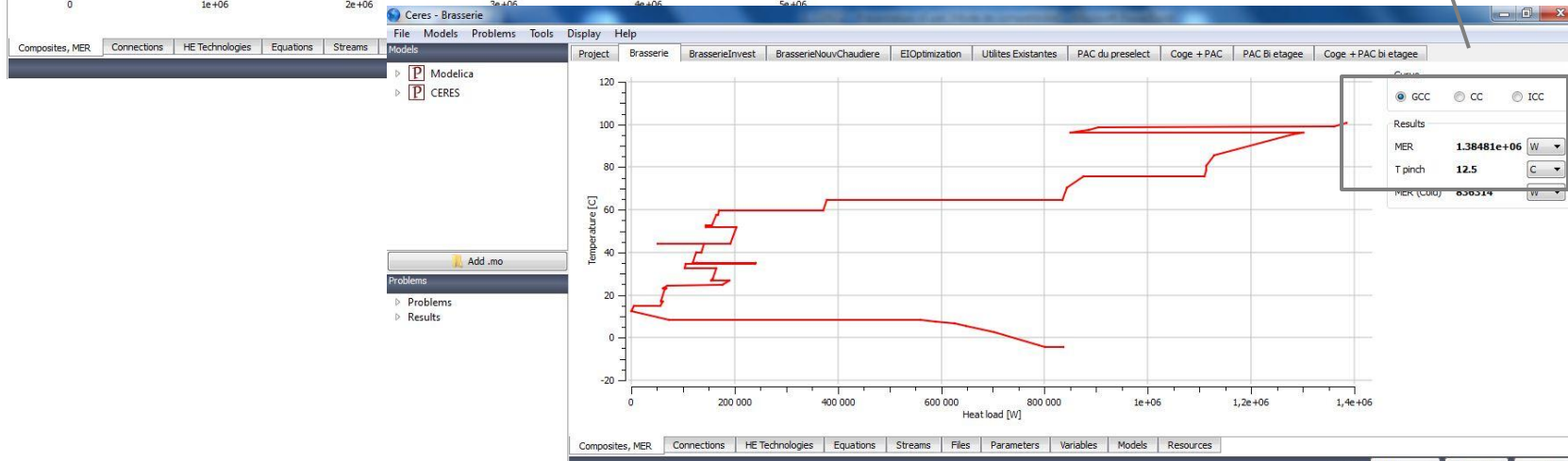
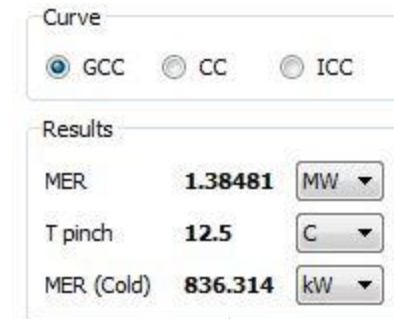
Name	Tin	Tout	Qflow	MassFlow	HTC	DTmin/2	Tout variable	Divisible
EauRefroidissement	12	C 27	C 2.1319e+07	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Chaudiere								
Vapeur2	167.1	C 90	C 2.192e+06	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vapeur	168	C 167.1	C 1.3439e+07	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ChauffEau3	250.1	C 451	C 3.138e+06	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ChauffEau2	250	C 250.1	C 1.0131e+07	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ChauffEau1	90	C 250	C 4.183e+06	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Fumees	123	C 50	C 1.57e+06	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
TAG								
FumeesConvectif	300	C 123	C 3.94e+06	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
FumeesRadiatif	500	C 300	C 1.2761e+07	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Autres								
EffluentsSTEP	40	C 20	C 6.386e+06	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
BesoinEauCuissonAmidon	15	C 40	C 130000	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
BesoinEauTiede	15	C 23	C 915000	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
BesoinAssureHydrogaz	10	C 60	C 231000	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Postsecherie								
RecupAir2	53	C 20	C 2.547e+06	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RecupAir	78	C 53	C 351000	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
PrechAir	20	C 130	C 626000	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Condenseur2	97.9	C 30	C 64000	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Condenseur1	98	C 97.9	C 505000	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Post1Evap	113	C 113.1	C 83000	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Post2Cond	113	C 85	C 128000	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Post2Evap	156	C 156.1	C 2.308e+06	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
IR								
AirChaud	140	C 100	C 89000	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Presecherie								
RecupAir2	43	C 20	C 1.0726e+07	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RecupAir	87	C 43	C 4.125e+06	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
PrechAir	20	C 130	C 5.636e+06	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Condenseur2	85.9	C 30	C 30000	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Condenseur	86	C 85.9	C 298000	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
EtageHumide	98	C 98.1	C 362000	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Int2Cond	98	C 85	C 48000	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Int2Evap	116	C 116.1	C 1.979e+06	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Int1Evap	104	C 104.1	C 340000	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
P1Cond	104	C 85	C 116000	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
P1Evap	163	C 163.1	C 3.521e+06	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
P2Cond	116	C 85	C 248000	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
P2Evap	163	C 163.1	C 4.418e+06	W 1	kg/s 1	W/m2.K 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Méthodologie : *Principe*

Intégration
énergétique

◆ Etape 2 : Intégration énergétique (MER)

Construction des courbes composites
Détermination de la température de pincement
Calcul de l'Energie Minimale Requise



Méthodologie : *Principe*

Choix
d'utilités et
échangeurs

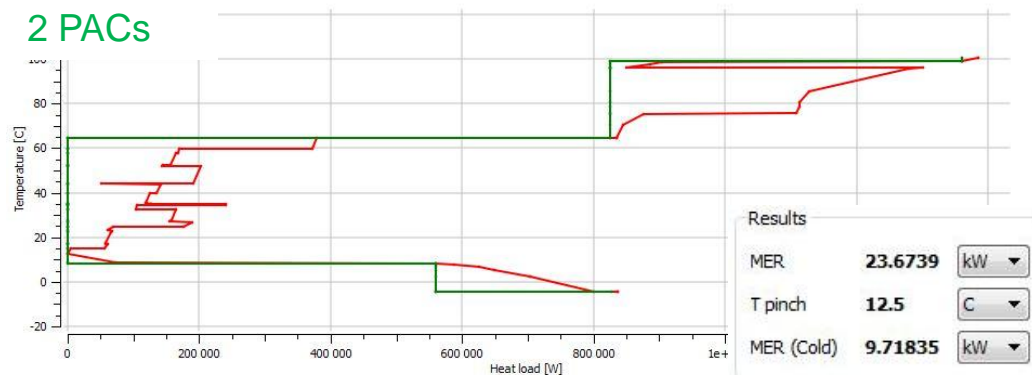
◆ Etape 3a : Sélection des utilités (Preselect)

Critères énergétiques
Critères économiques

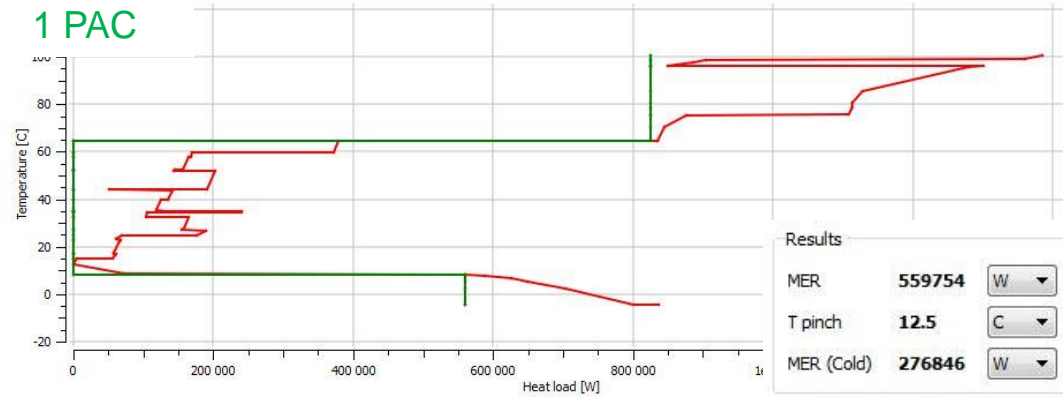
◆ Préselection automatique des utilités par **minimisation de la destruction d'exergie**
(Thèse CEES – Armines ParisTech)

- ✓ ThermoFrigoPompes
- ✓ PAC utilitaires
- ✓ Groupes froids
- ✓ ORC
- ✓ CHP

2 PACs



1 PAC



Méthodologie : *Principe*

Choix
d'utilités et
échangeurs

◆ Etape 3b : Construction du réseau d'échangeurs (HEN)

Caractérisation technologique et économique des échangeurs

Conception du réseau d'échangeurs et dimensionnement des utilités

Résolution d'un problème linéaire (de type MILP):

Solveurs : GLPK – Open source / CPLEX – propriétaire

- ✓ Minimisation du coût échangeurs + utilités
- ✓ Contraintes d'échanges

The screenshot displays the CERES - Pasteurisateur software interface. The main window shows a network diagram (HEN) with nodes representing heat exchangers and utilities, connected by lines. The nodes are labeled with their respective heat transfer rates in kW: 124.049 KW, 41.3495 KW, and 124.049 KW. The diagram includes components like 'Models.Process_operations.Paste', 'Models.Process_operations.Paste', 'ies.Water_Boiler.chaudiere_simple', and 'Chiller_Eau_Simple.chiller_s'.

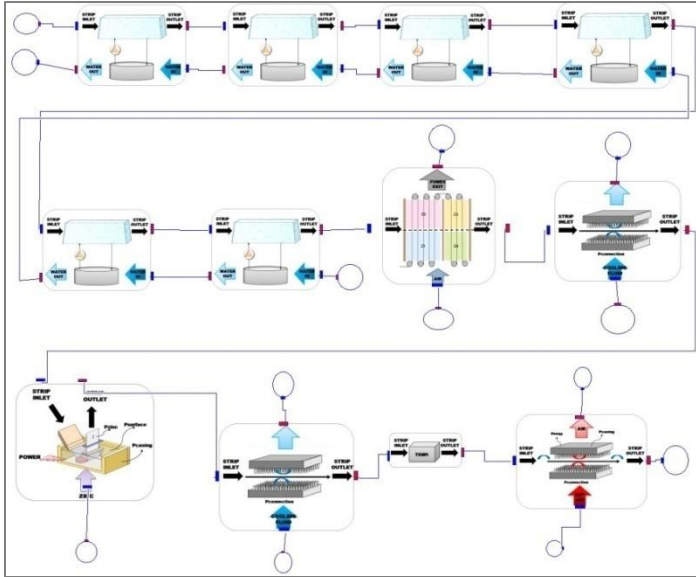
Below the diagram, a table provides the results of the optimization. The table has columns for Name, Checked, FactVariable, FactMin, FactMax, Fact, CostFix, CostMult, and Includes HE cost.

Name	Checked	FactVariable	FactMin	FactMax	Fact	CostFix	CostMult	Includes HE cost
Chaud	true	true	0	100	10.0162	0	1	false
Presecherie	true	false	1	1	1	0	0	false
IR	true	false	1	1	1	0	0	false
Postsecherie	true	false	1	1	1	0	0	false
Autres	true	false	1	1	1	0	0	false
TAG	false	true	0	100	0	0	100	false
Chaudiere	false	true	0	100	0	0	100	false
EauRefrondissement	true	true	0	100	0.799408	0	100	false
PAC1	true	true	0	100	0.904692	0	1	false
PAC2	true	true	0	100	0.520937	0	1	false

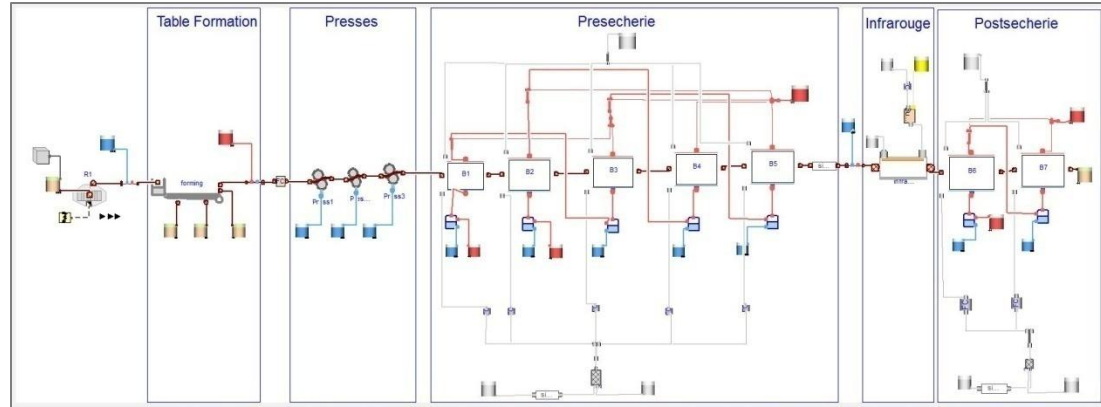
The interface also shows a sidebar with a tree view of models and utilities, and a bottom panel with a log window displaying optimization results.

Applications industrielles en cours

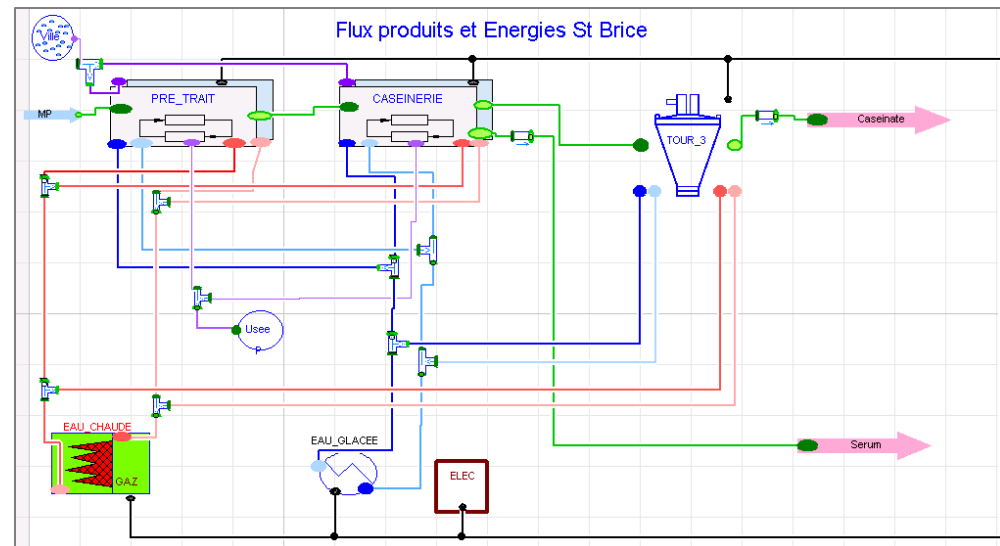
Ligne de galvanisation de l'acier (CMI)



Ligne de production de papier (Arjowiggins & LGP2)



Ligne de production de caseinate en poudre (Soredab)



Programme de la journée

09h	Accueil	
09h30	Introduction de la journée	<i>LEMTA, Université de Lorraine</i>
09h45	Le projet Chemins Energétiques pour la Récupération d'Energie dans les Systèmes industriels	<i>EDF R&D</i>
10h30	Identification des gisements de chaleur et présélection des technologies de récupération d'énergie	<i>CES, Mines ParisTech</i>
11h	Pause	
11h15	Modélisation et optimisation des technologies de récupération de chaleur : Exemple de l'ORC	<i>LEMTA, Université de Lorraine</i>
11h45	Déjeuner	
13h	Application industrielle: Intégration énergétique d'une ligne de production de caseinate en poudre	<i>Soredab</i>
13h30	Application industrielle: Intégration énergétique d'une ligne de traitement des métaux	<i>CMI</i>
14h	Application industrielle: Intégration énergétique d'un site de production de (pâte à) papier	<i>EDF R&D pour Arjowiggins & LGP2</i>
14h30	Pause	
14h45	Conclusion et Perspectives de développement	<i>CES, Mines ParisTech</i>
15h00	Echange: « Quelle place pour la récupération de chaleur aujourd'hui dans l'industrie ?	
16h00	Fin de la journée	

Merci de votre attention



CHANGER L'ÉNERGIE ENSEMBLE