

THE R M O P T I M ®

CONSEILS
DE
MODELISATION
AVANCEE

VERSION JAVA 1.5

© R. GICQUEL JANVIER 2006

SOMMAIRE

METHODOLOGIE DE CONSTRUCTION ET DE VERIFICATION DES MODELES	3
REFLECHIR AVANT DE COMMENCER LA SAISIE DU MODELE	3
CONSTRUIRE LE MODELE EN PLUSIEURS ETAPES, ET EFFECTUER LES CALCULS PAS A PAS.....	3
REINITIALISER THERMOPTIM APRES AVOIR CONSTRUIT UN MODELE UN PEU COMPLEXE	4
TESTER LE MODELE TRES SOIGNEUSEMENT AVANT DE L'EXPLOITER	4
RECHERCHER DES ANOMALIES DE MODELISATION	4
TRUCS UTILES A SAVOIR.....	4
RENOMMER DES ELEMENTS D'UN PROJET EXISTANT.....	4
EDITEUR DE GAZ COMPOSES	7
GESTIONNAIRE DE CORPS.....	6
CONTROLE DES PRESSIONS : TRANSFOS ECHANGE ISOBARES	8
CONTROLLER LE DEBIT	9
ENTREE DU DEBIT A PARTIR DE L'EDITEUR DE SCHEMAS	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
PRISE EN COMPTE DES DEBITS VOLUMIQUES ET MOLAIRES	9
OUTILS DE DIAGNOSTIC	10
TESTER LE RECALCUL AUTOMATIQUE.....	12
RECALCUL DE SELECTIONS MULTIPLES	13
CALCUL DES BILANS EXERGETIQUES.....	14
CONNEXIONS ENTRE DEUX NŒUDS	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
PRECISIONS SUR LES TRANSFOS-POINTS	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
OPTIONS D'AFFICHAGE.....	14
INTRODUCTION DES UNITES DE DEBIT ET DE PUISSANCE	14
MODIFICATION DES OPTIONS D'AFFICHAGE POUR LE RECALCUL	15
PARAMETRAGE DE LA PRECISION D'AFFICHAGE DANS LE COMPOSANT BILAN.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
ACCES A LA DOCUMENTATION PAR LIEN HYPERTEXTE.....	16

© R. GICQUEL 1997 - 2006. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans autorisation est illicite, et constitue une contrefaçon sanctionnée par le Code de la propriété intellectuelle.

Avertissement : les informations contenues dans ce document peuvent faire l'objet de modifications sans préavis, et n'ont en aucune manière un caractère contractuel.

Méthodologie de construction et de vérification des modèles

Grâce à leurs puissants environnements de modélisation, les simulateurs comme Thermoptim permettent d'élaborer rapidement des modèles de systèmes énergétiques parfois très complexes. Ils peuvent ainsi conduire à des gains de productivité considérables, mais à une condition, c'est d'être judicieusement utilisés, ce qui demande d'éviter un certain nombre de pièges que leur apparente facilité d'emploi peut masquer.

Pour tirer véritablement parti de leur potentiel, il faut prendre un certain nombre de précautions, ou, si l'on préfère, il faut adopter une bonne méthodologie de construction et de vérification des modèles. L'objet de cette note est de fournir aux utilisateurs de Thermoptim un certain nombre de recommandations basées sur l'expérience passée.

Réfléchir avant de commencer la saisie du modèle

Une des erreurs les plus communément commises par les débutants consiste à démarrer la réalisation de leur modèle avant d'avoir vraiment bien réfléchi à ce qu'ils veulent faire : ils ouvrent le progiciel et commencent à construire un schéma sans très bien savoir où ils vont.

Il est fondamental de commencer par bien comprendre le problème posé : de quoi s'agit-il, quels résultats faut-il obtenir, de quelles informations dispose-t-on, quelles sont celles qui manquent, quels composants thermodynamiques faut-il mettre en œuvre, selon quelle architecture globale, quels sont les fluides de travail, y a-t-il des changements d'état, des réactions chimiques (combustion...), les composants du noyau de Thermoptim suffisent-ils pour représenter leurs évolutions... Il est souvent à ce stade nécessaire de reformuler voire de transformer l'énoncé initial du problème, et la feuille de papier ou le tableau noir sont les bons supports pour ce travail.

Une fois le problème défini, on cherchera si possible à en réduire la complexité en commençant par le décomposer en parties plus simples, puis à dégrossir la solution en recourant à des hypothèses simplificatrices permettant une approche analytique de chacune des parties (gaz parfait) et en procédant à des analyses dimensionnelles, afin d'avoir une première idée des ordres de grandeur des débits et des énergies mis en jeu.

Construire le modèle en plusieurs étapes, et effectuer les calculs pas à pas

Ce n'est qu'après ce travail préliminaire que l'on commencera à construire le modèle dans Thermoptim, en procédant si possible par itérations : résoudre les différents sous-problèmes identifiés préalablement et vérifier la cohérence des résultats obtenus pour chacun d'entre eux (notamment les bilans de masse et d'énergie), construire si nécessaire des composants externes, puis assembler le modèle complet, et vérifier sa validité.

Lors de la construction du modèle, il est recommandé de conserver des sauvegardes des différentes versions des fichiers de projet et de schéma, à la fois en cas de perte de données dues à une erreur de saisie, du progiciel ou de l'ordinateur, mais aussi pour pouvoir revenir en arrière si nécessaire.

Il importe aussi de documenter du mieux possible le modèle, tant de manière globale que dans certains détails. Les différents types primitifs de Thermoptim, excepté les corps, disposent d'un champ de commentaires qui permet de donner quelques indications sur la signification d'un paramétrage, le rôle d'un point ou d'une transfo... Dans l'éditeur de schémas, on peut facilement ajouter du texte, pour distinguer les principaux groupes de composants représentant des parties du modèle. Le travail de documentation est toujours plus facile à faire lorsque le modèle vient d'être réalisé que plusieurs mois plus tard. Il est beaucoup plus aisé de se replonger dans un modèle documenté qui garde trace des choix effectués, que de chercher à se les remémorer ultérieurement.

Tant que votre modèle n'a pas été bien vérifié (étape suivante), il est préférable de ne pas utiliser le moteur de recalcul automatique, et d'effectuer les calculs pas à pas, composant après composant, en suivant la logique d'écoulement des fluides mis en jeu. En opérant de la sorte, vous ne propagerez pas automatiquement des erreurs qui risqueraient de fausser tous vos paramétrages.

Réinitialiser Thermoptim après avoir construit un modèle un peu complexe

Malgré toutes les précautions prises dans l'élaboration du progiciel, l'expérience montre que le simulateur peut présenter des comportements anormaux, notamment en matière de gestion du recalcul automatique, lorsque l'on construit un modèle pour la première fois, mais que ces anomalies disparaissent lorsque l'on procède à une réinitialisation complète.

Prenez donc l'habitude, lorsque vous créez un nouveau modèle, notamment si vous repartez d'un modèle existant en ajoutant et supprimant des composants ou en en renommant, de sauvegarder votre travail, c'est-à-dire les fichiers de projet et de schéma, puis quittez Thermoptim. Rouvrez-le et rechargez votre modèle. Vous serez certains ainsi d'éliminer les problèmes liés à la construction initiale.

Tester le modèle très soigneusement avant de l'exploiter

Pour peu que le modèle mette en jeu un nombre significatif de composants, les risques d'erreur sont multiples :

- erreurs de représentation de l'architecture globale
- erreurs de connexions des points aux transfos
- erreurs de paramétrage logique ou thermodynamique des composants

Il est donc nécessaire de tester avec un très grand soin le modèle, en vérifiant que sa structure est bonne et que ses résultats sont cohérents, notamment avec les ordres de grandeur mis en évidence lors des réflexions initiales. Thermoptim effectue déjà diverses vérifications de cohérence lors de la saisie, et affiche des messages lorsqu'il détecte une anomalie, mais il existe beaucoup d'erreurs que seul le concepteur du modèle peut repérer.

Pour faciliter cette étape délicate et difficile, le progiciel met à la disposition des utilisateurs diverses fonctionnalités (interface Schéma/Simulateur, gestionnaire de corps, diagrammes interactifs), et propose de plus, à partir de la version standard, des outils de diagnostic, accessibles à partir du menu Spécial de la fenêtre principale du projet.

Trucs utiles à savoir

Nous donnons ici une série de trucs (qui sont expliqués dans les manuels de référence) dont la connaissance peut permettre de gagner beaucoup de temps lors de l'utilisation de Thermoptim pour modéliser des systèmes énergétiques un peu plus complexes que les exemples de base.

Limitations de la propagation automatique des noms des points et des corps

La plupart des composants du noyau de Thermoptim ne mettent en jeu qu'un seul corps, et acceptent comme point d'entrée le point de sortie du composant situé juste en amont. Aussi, afin de simplifier la saisie d'un composant dans l'éditeur de schémas, on peut se contenter dans le cas général de définir ce composant en saisissant d'une part son nom, et d'autre part celui du point de sortie. Lorsqu'on lui connecte le composant situé en amont, le nom du point d'entrée et celui du corps sont alors automatiquement mis à jour.

Cette règle n'est cependant pas respectée dans quelques cas :

- dans les composants qui mettent en jeu un corps de sortie différent de celui d'entrée, comme une chambre de combustion, ou bien une transfo externe
- dans les composants situés en aval d'un mélangeur, étant donné d'une part qu'il peut y avoir changement de composition du corps, et d'autre part qu'il y a plusieurs points en amont
- dans les deux points situés en aval d'un séparateur, pour lequel le corps est bien le même, mais avec deux états différents de celui du point d'entrée

La saisie du nom des corps est effectuée dans l'écran de définition des propriétés du composant.

Pour les combustions, elle doit être faite dans l'onglet du port de sortie, **si possible avant de connecter la chambre de combustion en aval, afin que le corps puisse être ultérieurement propagé en aval.**

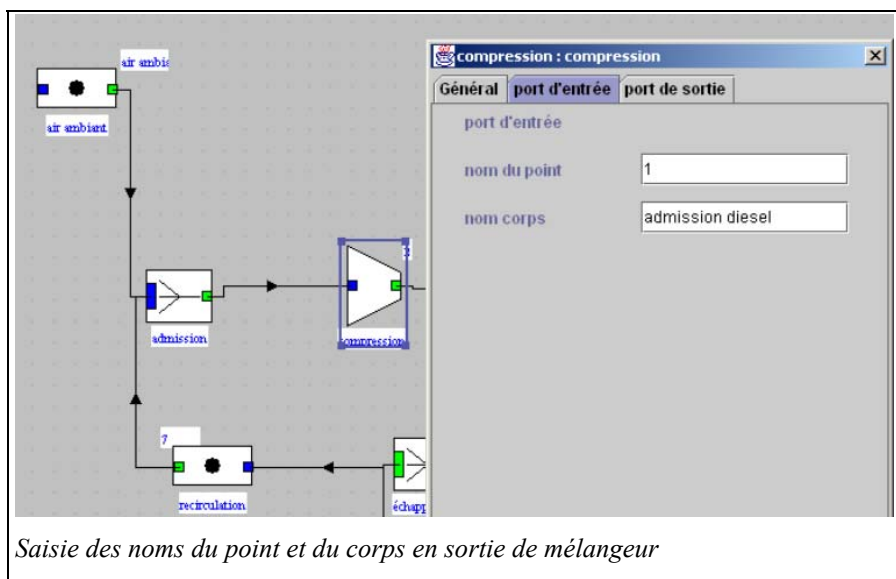
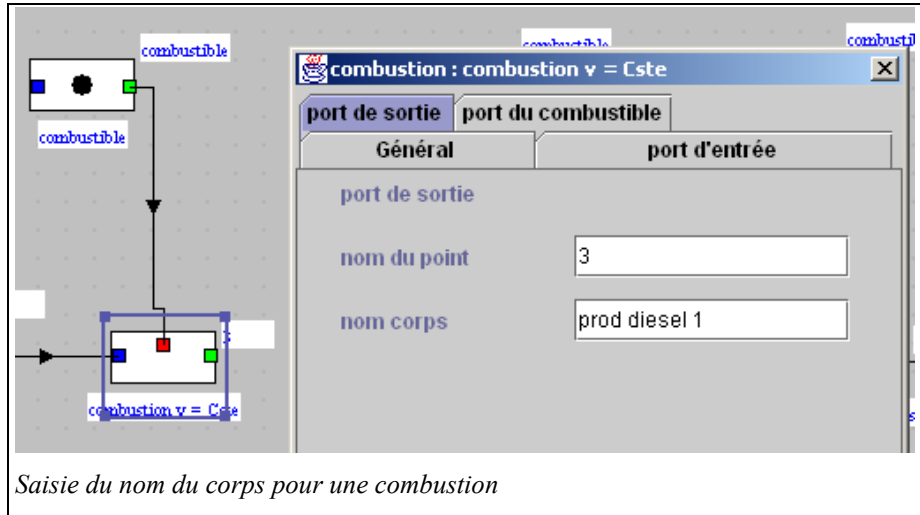
Dans le cas du mélangeur, la saisie doit être faite dans l'onglet du port d'entrée du composant de la veine principale, qui se situe juste en aval.

Connexions entre deux nœuds

Etant donné qu'il est impossible de connecter ensemble deux nœuds, une transfo-point est automatiquement créée entre eux en cas de tentative de le faire. Il suffit alors de la paramétrer pour terminer sa définition.

Paramétrage des combustion, compression ou détente

Les explications permettant de paramétrer les transfos combustion, compression ou détente sont respectivement données dans les séances Diapason S15 pour la première, et S11 pour les autres, ainsi que dans le tome 2 du manuel de référence.



[Ces ressources sont directement accessibles à partir des liens ci-dessous](#)

Paramétrage des échangeurs de chaleur

Les explications permettant de paramétrer les échangeurs de chaleur sont données, pour les transfos échange dans la séance Diapason S10 et pour les échangeurs eux-mêmes dans la séance S18, ainsi que dans le tome 2 du manuel de référence.

[Ces ressources sont directement accessibles à partir des liens ci-dessous](#)

Renommage d'éléments d'un projet existant

Repartir d'un modèle existant et le modifier est une manière très économique d'opérer, mais certaines précautions doivent être prises si l'on ne veut pas passer de longues heures à tester le nouveau modèle. En particulier, il est nécessaire de procéder avec précautions aux renommages des corps, points et composants. Il est fortement recommandé d'utiliser pour cela la fonction "Renommer" (Ctrl R) accessible à partir du gestionnaire de corps (voir plus loin) pour les premiers, et de l'éditeur de schémas pour les autres, car elle effectue la modification non seulement dans le type primitif sélectionné, mais aussi dans tous ceux qui lui sont logiquement reliés.

Pour renommer une transfo, sélectionnez dans l'éditeur de schémas un composant, comme celui nommé "compression" à l'écran, et tapez Ctrl R ou sélectionnez la ligne Renommer du menu Edition. Une fenêtre affichant le nom existant vous est présentée, vous proposant d'entrer un nouveau nom, qui doit bien sûr ne pas déjà avoir été attribué à une autre transfo.

Pour renommer un point, sélectionnez le lien entre deux composants correspondant à ce point, et opérez de manière semblable.

Vous avez sans doute remarqué que le champ du nom d'un point reliant deux transfos n'est plus éditable dans l'écran des propriétés d'un port de composant, ceci afin qu'on ne puisse pas avoir deux saisies incompatibles entre les ports de sortie et d'entrée des deux composants connectés. La seule manière de rendre de nouveau éditable ce champ est de déconnecter les transfos.

Gestionnaire de corps

Le Gestionnaire des corps, accessible à partir du menu Spécial du simulateur (sauf dans la version de démonstration), permet d'afficher tous les corps utilisés par le projet. Si vous cliquez sur une des lignes, les points associés à ce corps s'affichent dans la table du dessous. Une vérification des corps mis en jeu dans le projet et des points qui leur sont associés peut ainsi être effectuée facilement.

Si un corps n'est relié à aucun point, il est possible de le supprimer. Si une ligne est sélectionnée et que vous cliquez sur "Afficher les propriétés du corps", sa composition s'affiche si c'est un gaz, et ses paramètres caractéristiques si c'est une vapeur.

Cet écran permet aussi de remplacer un corps dans l'ensemble d'un projet par exemple pour tester l'influence d'un changement de corps (utiliser des gaz parfaits au lieu de gaz idéaux peut vous permettre de retrouver des résultats analytiques).

Vous ne pouvez renommer un corps qu'à condition qu'il ne s'agisse pas d'une vapeur. Bien évidemment, le nouveau nom ne doit pas être celui d'un gaz pur ou protégé, ni celui d'une vapeur.

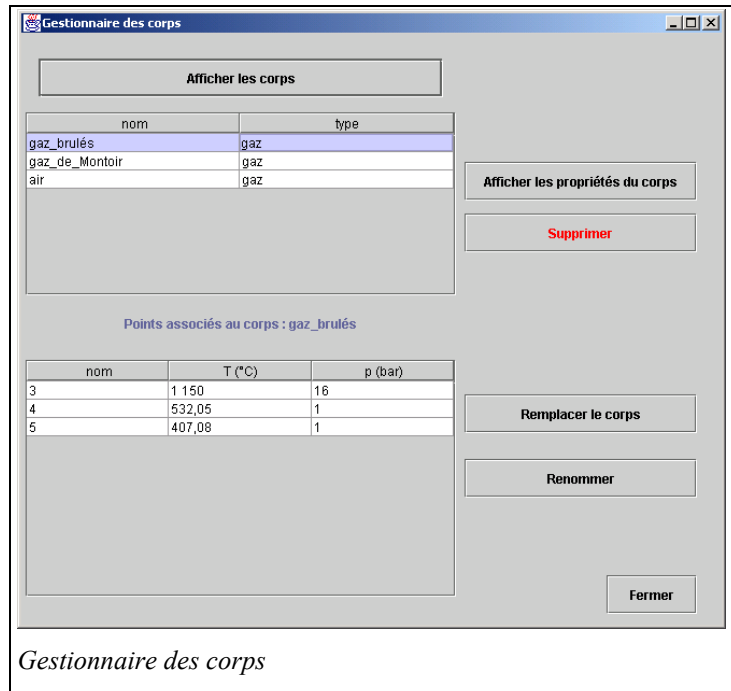
Certains corps existent dans les gaz purs et les vapeurs, sous deux noms différents, l'un étant le nom commun, l'autre la formule chimique. Il s'agit bien des mêmes corps, mais représentés par des modèles différents. Par exemple la vapeur "eau" permet de connaître les propriétés de l'eau autour de sa courbe d'équilibre liquide-vapeur, tandis que le gaz pur "H₂O" est modélisé comme un gaz idéal (et qui donc ne se condense jamais).

Le gaz "H₂O" peut entrer dans la composition de n'importe quel gaz composé, comme par exemple un produit de combustion, alors que la vapeur "eau" ne peut être mélangée à d'autres corps.

Le zéro de référence pour les enthalpies des gaz idéaux est 1 bar et 25 °C, alors que pour chaque vapeur elle est spécifique.

Recherche d'anomalies de modélisation

Afin de permettre de diagnostiquer les différences existant entre l'éditeur de schémas et le simulateur, leur interface a été complétée par deux boutons rouges, permettant d'une part de rechercher anomalies de modélisation, et d'autre part de supprimer celles qui sont sélectionnées (dernière colonne cochée).



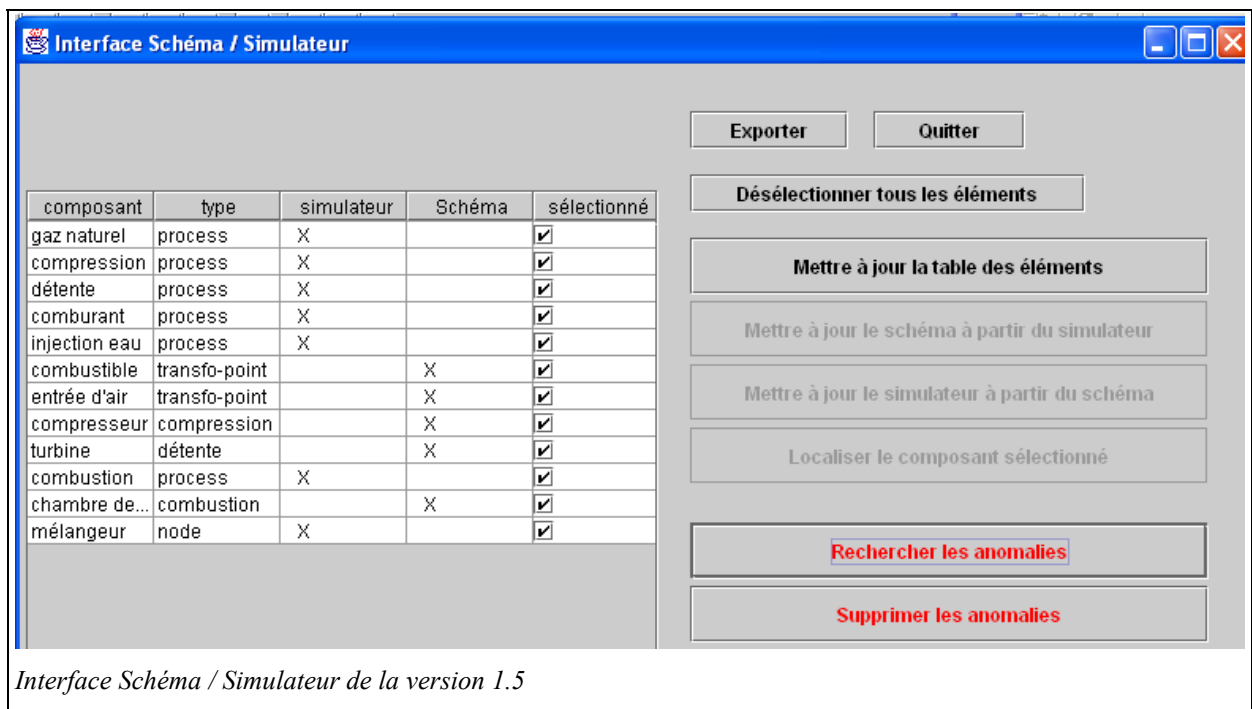
Par anomalies de modélisation, on entend :

- les éléments du simulateur absents de l'éditeur de schémas
- les éléments de l'éditeur de schémas absents du simulateur
- les points non reliés présents dans le simulateur
- les corps non utilisés

La mise en œuvre de ces nouvelles fonctionnalités se fait de manière tout à fait analogue à celle des anciennes : en cliquant sur le bouton "Rechercher les anomalies", l'ensemble des éléments douteux est affiché dans la liste. Un clic sur le bouton "Supprimer les anomalies" vous propose de supprimer les éléments sélectionnés uniquement.

On notera qu'une fois certains éléments supprimés, de nouvelles anomalies peuvent apparaître, comme des points non reliés qui l'étaient auparavant, ou des corps inutilisés qui l'étaient avant suppression de points. Il peut donc être nécessaire d'itérer pour que toutes les anomalies soient supprimées.

Pour éviter toute opération malencontreuse, les boutons de mise à jour du simulateur et de l'éditeur de schémas sont désactivés lorsque l'on clique sur celui de recherche des anomalies, et celui de suppression des anomalies lorsqu'on utilise l'interface de manière habituelle.



Editeur de gaz composés

Pour définir un nouveau gaz composé dans Thermoptim, il suffit de lui donner, dans l'éditeur de schémas, un nom qui ne soit pas celui d'un gaz pur ou d'une vapeur. Lors du transfert dans le simulateur, une composition par défaut est alors fournie, en attendant d'être recalculée ultérieurement. Il est aussi possible d'entrer un nom dans le champ du corps de l'écran de point, puis de taper sur entrée. Le nouveau corps est alors instancié par défaut.

Dans Thermoptim, la composition des gaz s'obtient en cliquant sur le bouton "afficher" situé juste à côté du nom du corps dans l'écran de point.

Elle apparaît dans l'éditeur de gaz composés qui propose différentes fonctionnalités pour enregistrer, supprimer, exporter ou importer des gaz composés dans la base de données du progiciel.

Il est possible de modifier la composition du gaz, en choisissant les noms des constituants parmi la liste des gaz purs qui est proposée colonne de gauche, et en entrant soit les fractions molaires, soit les fractions massiques. Une fois défini, le gaz composé peut être :

- enregistré, en cliquant sur "Enregistrer". Le progiciel vérifie que la somme des fractions de la colonne de chiffres de gauche est bien égale à 1, puis enregistre le gaz. Si la somme diffère de 1, rien n'est fait. Seuls les gaz non protégés peuvent être enregistrés.
- renommé, en cliquant sur "Enregistrer sous...". Le test sur la somme des fractions est effectué, et le gaz sauvegardé sous un nouveau nom qu'il vous est demandé de définir.

Composition du gaz biomasse

La première colonne de chiffres à gauche indique si la saisie est faite en variables molaires ou massiques

nom du composant	fraction molaire	fraction massique
O2	0,01374655	0,01641626
H2	0,1041061	0,007832275
C2H6 ` éthane	0,1096048	0,1230014
CO2	0,2733782	0,4490144
CO	0,2348086	0,2454598
CH4 ` méthane	0,2643558	0,1582759

Édition des lignes PCI = 17 178,74 (kJ/kg)

Insérer Copier Supprimer

Fichier Enregistrer Enregistrer sous ... Exporter... Créer un mélange humide Imprimer Annuler

Editeur de gaz composés

- exporté, en cliquant sur "Exporter...". La composition du gaz est alors copiée dans un fichier texte dont vous donnez le nom, et que vous pouvez ouvrir avec un logiciel de traitement de texte ou un tableur. Par exemple, le gaz précédent peut être exporté sous le format suivant :

	A	B	C	D	E
1	DIAGRAMME INTERACTIF THERMOPTIM. Copyright 1998-2002 R. GICQUEL				
2	Fichier de gaz composé 30 décembre 2005 15 h 19 GMT+01:00				
3					
4	Nom du gaz	syngas			
5	Nombre de constituants	7			
6	nom du composant	fraction molaire	fraction massique		
7	CO2	0,1272779	0,2477505		
8	H2O	0,2653318	0,2114183		
9	O2	0	0		
10	N2	0,3350625	0,415149		
11	CO	0,08257631	0,1023027		
12	H2	0,1859007	0,01657517		
13	Ar	0,00385078	0,00680421		
14					

Fichier de composition de gaz

- il est aussi possible de créer, à partir du gaz affiché dans l'éditeur, un gaz humide d'humidité absolue donnée. Pour cela, cliquez sur "Créer un mélange humide". Le progiciel vous demande le nom du gaz et l'humidité absolue que vous désirez, puis construit un nouveau gaz composé, de même gaz sec que le gaz de l'éditeur, et d'humidité absolue égale à celle que vous avez entrée. Ce gaz est ajouté à la liste des gaz composés de la base de données.
- enfin, si vous annulez, l'éditeur de gaz composé est fermé.

Contrôle des pressions : transfos échange isobares

Dans ThermoOptim, le choix des pressions ext en principe laissé à l'initiative de l'utilisateur, sachant que tous les points sont par défaut initialisés à 1 bar (et 300 K). Il est toutefois possible si on le désire de **rendre isobares les transfos "échange"**. Il faut pour cela commencer par sélectionner l'option "Transfos échange isobares" dans l'écran des paramètres globaux, alors que par défaut elle

<input type="checkbox"/>	débit volumique imposé
<input type="checkbox"/>	débit molaire imposé
<input checked="" type="checkbox"/>	isobare

ne l'est pas. Lorsqu'elle est sélectionnée, l'écran des transfos "échange" fait apparaître une option isobare, cochée par défaut lors d'une création de transfo, et sauvegardée conformément au choix de l'utilisateur. Lorsque cette option est visible et cochée, la pression du point amont est automatiquement propagée au point aval. Sinon rien n'est fait.

En opérant de la sorte lors de la création d'un nouveau schéma et d'un nouveau projet, la pression du point aval d'une transfo échange est automatiquement mis à jour à la valeur de celle du point amont lors du calcul de la transfo.

Contrôle du débit

Pouvoir contrôler le débit est très important en pratique. Dans Thermoptim, ce contrôle est effectué par les nœuds et par les connexions entre transfos.

Dans les mélangeurs et les séparateurs, la propagation du débit est assez simple : dans un mélangeur le débit de la veine principale est la somme de ceux des branches, et dans un séparateur il dépend du titre de la vapeur en entrée et de l'efficacité de séchage.

Dans un diviseur, la distribution du débit de la veine principale entre les différentes branches est généralement faite proportionnellement à leurs facteurs de débit. Une exception existe cependant : il est possible d'imposer le débit dans une transfo en sortie d'un diviseur, à condition que ce diviseur n'ait que deux branches, l'une à débit imposé et l'autre non. Dans ce cas, le débit de la deuxième transfo est calculé égal au débit dans la veine principale moins celui de la branche où il est imposé, et les facteurs de débit des deux branches sont recalculés pour correspondre à cette répartition.

Pour propager automatiquement le débit entre des transfos, certaines règles doivent être respectées :

- tout d'abord, la connexion entre les deux transfos doit être sans ambiguïté. Si le point qui les relie est aussi connecté à une troisième transfo, le problème devient beaucoup complexe, et ne peut être résolu que s'il existe un schéma dans lequel la connexion valide est la seule (ce point est discuté en détail dans le tome 2 du manuel de référence).
- deuxièmement, le mécanisme de propagation automatique du débit doit être activé en sélectionnant l'option "propagation du débit " dans l'écran des paramètres globaux (menu Aide).
- troisièmement, on peut désirer simultanément activer le mécanisme de propagation automatique du débit dans la plupart des transfos, et le désactiver dans certaines. C'est notamment utile lorsque le réseau comporte des boucles. Pour cela, on peut sélectionner ou non l'option "débit imposé" qui est placée dans l'écran des transfos à côté du champ "Delta H". Lorsque l'option "débit imposé" d'une transfo est sélectionnée, son débit n'est pas modifié, sauf si elle est connectée à un nœud (à l'exception du diviseur à débit imposé mentionné plus haut).

Prise en compte des débits volumiques et molaires

Il est aussi possible d'afficher ou de masquer les **débits volumiques et molaires**. Pour les afficher, sélectionnez l'option "Afficher les débits volumiques et molaires " dans l'écran des paramètres globaux (menu Aide).

En les affichant, vous avez la possibilité d'entrer les valeurs des débits imposés en valeurs volumiques et molaires dans toutes les transfos-points ou transfos échange, ce qui peut être intéressant dans un certain nombre de cas. Afin de permettre l'entrée de débits volumiques et molaires, l'écran des transfos "échange" (et des transfos-points) a été modifié.

transfo	rechauff	type	échange	<	>	Sauver
type énergie	autre	<input type="checkbox"/> débit imposé	débit (kg/s)	3,57473101	<input type="radio"/> système fermé	<input type="checkbox"/> observée
point amont	fumees 2	<input type="checkbox"/> débit volumique imposé	m ΔH (kW)	-840,47	<input checked="" type="radio"/> système ouvert	Calculer
T (°C)	310,35	<input type="checkbox"/> débit molaire imposé	débit volumique d'entrée	6,0763645688		
P (bar)	1		débit molaire	0,12525353901		
h (kJ/kg)	303,88		pincement minimum	0		
titre	1		<input checked="" type="checkbox"/> fluide méthode pinct.			
point aval						

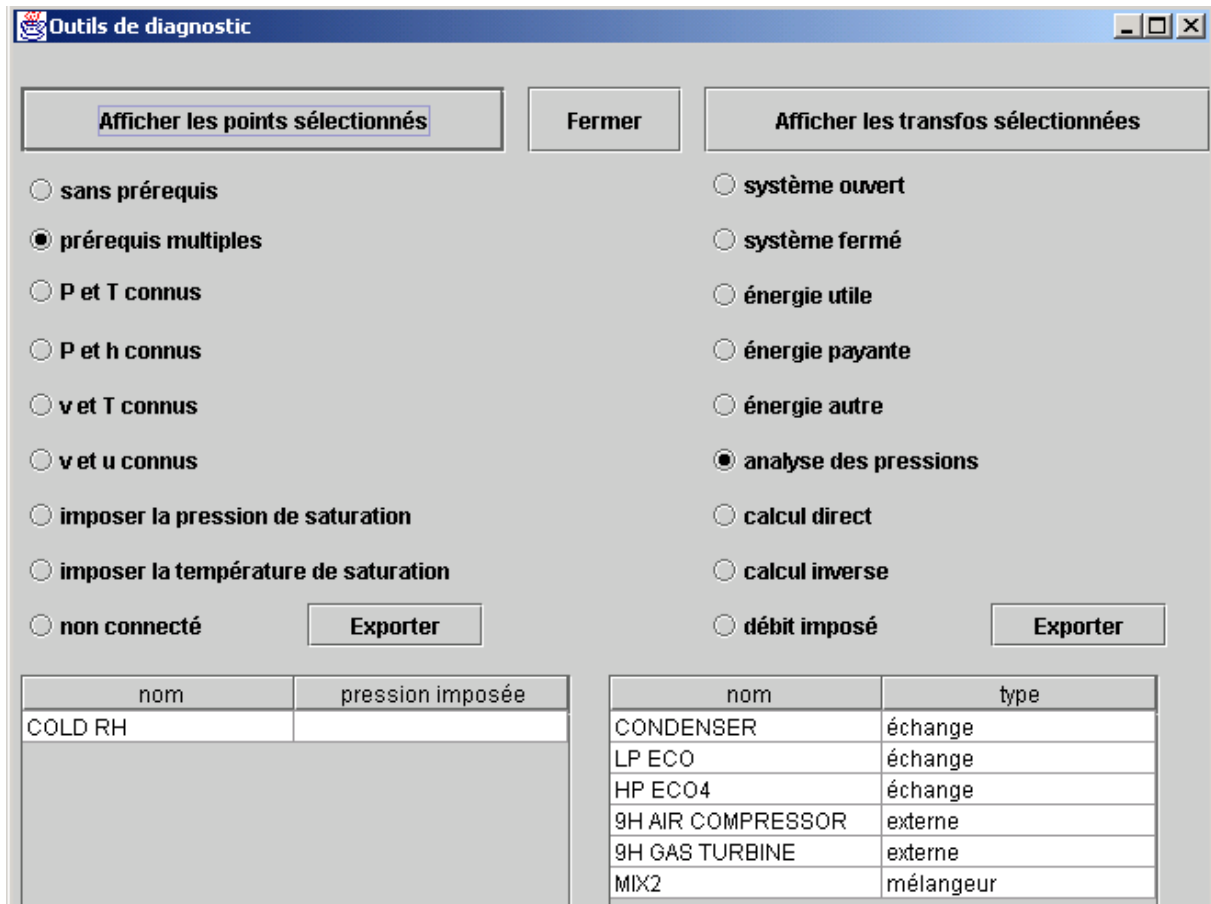
Ecran d'une transfo échange avec débits volumique et molaire et unités de débit et de puissance

Deux champs et deux options permettent d'entrer soit le débit volumique, soit le débit molaire (par défaut, c'est le débit massique qui est pris en compte). Dans tous les cas, les deux débits non spécifiés sont calculés en fonction du troisième.

Afin d'éviter tout conflit avec le mécanisme de gestion de la propagation automatique du débit, il n'est possible de choisir l'option débit volumique ou débit molaire imposé que dans des transfos à débit imposé. Si vous sélectionnez une de ces deux options et que le débit de la transfo n'est pas encore imposé, un message vous avertit du problème, et vous demande de vérifier que l'option débit imposé est cohérente avec votre modèle, puis le débit est imposé, sans possibilité pour vous de changer ce choix, sauf si vous désélectionnez les options débit volumique ou débit molaire imposé.

Outils de diagnostic

Pour ceux qui disposent d'une version standard ou supérieure, il est recommandé de commencer les tests en utilisant les outils de diagnostic (menu Spécial du simulateur) pour bien vérifier que par mégarde le paramétrage d'un des points ou d'une des transfos n'est pas erroné (du fait d'une erreur de clic tout simplement). Examinez en particulier les modes de calcul (direct, inverse, en système ouvert ou fermé...), les types d'énergie qui conditionnent l'établissement du bilan...



Vous trouverez des explications détaillées sur cette fonctionnalité dans le tome 2 du manuel de référence.

Pour les points les options de recherche sont les suivantes :

- **sans prérequis** autre que le corps qui leur est associé ou une pression imposée : ces points ne sont en principe jamais modifiés par le progiciel, sauf si la composition du corps associé varie ou si la pression imposée est modifiée. Ce sont donc des paramètres d'entrée du modèle.
- **prérequis multiples** : si un point a plusieurs prérequis, cela signifie qu'il peut être modifié par plusieurs composants. C'est généralement parce que, lors de la modélisation, il a été connecté par erreur soit en sortie de deux transfos différentes, soit en sortie d'une transfo et en entrée de la transfo principale d'un mélangeur. Des explications complémentaires sont données plus loin.
- calculés en **système ouvert avec soit p et T, soit p et h connus**.
- calculés en **système fermé avec soit v et T, soit v et u connus** ;
- à **pression de saturation imposée** ou à **température de saturation imposée** ;
- **non connectés** à une transfo : ces points ne sont pas utilisés et doivent généralement être supprimés. On notera que lors de la suppression d'une transfo, les points sont conservés pour éviter de perdre leur paramétrage et pour permettre de les réutiliser avec d'autres transfos.

Pour les transfos les options de recherche sont les suivantes :

- **système ouvert ou fermé** ;
- **type d'énergie utile, payante ou autre** ;
- **analyse des pressions** : dans Thermoptim, les pressions sont initialisées par défaut à 1 bar, puis c'est à l'utilisateur de fixer leurs valeurs, le progiciel ne le faisant que dans un très petit nombre de cas. Si l'utilisateur oublie de le faire ou commet une erreur, des problèmes de convergence peuvent apparaître. Cette option recherche **d'une part toutes les transfos** autres que des compressions, des détentes ou des laminages dans lesquelles la pression de sortie est soit supérieure à celle d'entrée (impossibilité physique sauf pour certaines transfos externes), soit inférieure à 80 % de la pression d'entrée (perte de charge sans doute démesurée), et **d'autre part tous les nœuds** à travers lesquels la pression augmente (impossibilité physique sauf pour certains nœuds externes) ;
- **calcul direct ou inverse** ;

- à **débit imposé** : cette option facilite la vérification de la cohérence de la propagation des débits dans les projets un peu complexes.

Par exemple, sur la copie d'écran ci-dessus, il y a 1 point avec prérequis multiples, et la partie droite de l'écran montre le résultat d'une analyse des pressions.

Point avec prérequis multiples

Un double-clic sur la ligne du point "COLD RH" affiche son écran et donne ainsi accès à sa fenêtre des liens.

Les navigateurs de liens ont été créés pour analyser les liens logiques qui existent entre les différents éléments d'un projet. Ils permettent d'afficher quatre tables qui résument les liens entre un type donné et les autres. On y accède en cliquant sur le bouton "liens" du type primitif.

Éléments prérequis

nom	type	validé	calcula...	code
HP TURBINE	Expansi...	true	true	process
FROM HP TURBINE & GAS ...	Mixer	true	true	node

Éléments amont

nom	type
-----	------

Éléments subordonnés

nom	type	validé	calculable
IP STEAM HEA...	Exchange	true	true
IP RH	Exchange	true	true

Éléments aval

nom	type
-----	------

Fermer

L'étude des éléments prérequis montre que "COLD RH" est à la fois défini comme point de sortie de la turbine "HP TURBINE", et comme point d'entrée de la transfo principale du mélangeur "FROM HP TURBINE & GAS...", ce qui correspond à une erreur de modélisation, dont la détection eût été difficile sans l'outil de diagnostic.

Analyse des pressions

L'analyse des pressions a identifié six composants éventuellement mal paramétrés. En double-cliquant sur la table de droite, leurs écrans peuvent être affichés. L'examen des trois premiers montre que la pression de sortie avait été arrondie supérieurement, l'erreur étant négligeable.

Les deux composants suivants sont des transfos externes correspondant à un compresseur et une turbine non adiabatiques ; il est donc parfaitement normal que la pression aval du premier soit supérieure à sa pression amont, et que la pression aval du second soit inférieure à 80 % de sa pression amont.

Quant au mélangeur "MIX2", son examen montre que la pression amont de sa transfo principale est supérieure aux pressions aval de ses branches, ce qui est une erreur manifeste de paramétrage.

L'outil de diagnostic a ainsi identifié trois erreurs négligeables, deux changements de pression normaux dans des transfos externes, et une erreur de paramétrage en sortie d'un mélangeur. Le projet mettant en jeu une soixantaine de points et transfos ainsi qu'une quinzaine de nœuds, le dépistage de ces erreurs aurait été difficile sans cet outil.

Tests du recalcul automatique

Si tout se présente bien après ces vérifications, sauvegardez bien votre modèle, puis testez-le en mode de recalcul automatique. Cette étape, nous l'avons dit, ne doit pas être effectuée trop tôt, avec un modèle qui n'aurait pas subi les tests précédents. En revanche, un modèle sans erreur se recalcule sans difficulté, et le moteur de recalcul permet de réaliser diverses analyses de sensibilité qui se révèlent très utiles pour juger de sa validité.

Si vous désirez que les débits soient propagés automatiquement, vérifiez que l'option "débit auto" est sélectionnée, que les transfos à débit imposé sont bien spécifiées, et testez la cohérence de votre modèle en utilisant les outils de diagnostic.

Une fois que vous avez bien vérifié le modèle, ouvrez l'écran des outils de recalcul, et cliquez sur le bouton "Recalculer" si le nombre de types calculables n'est pas nul. Sinon, il faut que vous calculiez d'abord un élément situé en amont du système.

Lorsque vous utilisez le moteur de recalcul automatique, les types invalidés calculables sont calculés à leur tour, éventuellement en parallèle. Dès qu'un type est calculé, il invalide ses subordonnés, rendant le processus itératif. Quand tous les types qui étaient initialement calculables sont recalculés, le bilan global est effectué et les valeurs des indicateurs sont mises à jour. Généralement, de nouveaux types ont été invalidés. Itérez jusqu'à ce que les valeurs des indicateurs se stabilisent (5 à 10 itérations suffisent la plupart du temps).

Si le processus ne converge pas, c'est probablement qu'il y a un problème au niveau des interconnexions ou de la propagation du débit : il peut être nécessaire d'imposer le débit de l'une des transfos, notamment dans les différentes boucles.

A partir de la version Professionnelle, l'écran de la méthode d'optimisation permet d'automatiser la répétition des recalculs avec des critères d'arrêt liés à la convergence du modèle.

Si vous sélectionnez l'option "verrouillé", le mécanisme d'invalidation est bloqué, ce qui signifie que, lorsqu'un élément est recalculé, il reste validé, même si l'un de ses prérequis est invalidé. Cela permet de terminer le processus de recalcul en quelques itérations.

Si des difficultés apparaissent lors des recalculs automatiques, c'est généralement soit que le paramétrage thermodynamique n'est pas bon, soit que le modèle lui-même doit être revu.

Bien que le mécanisme de recalcul automatique donne bonne satisfaction, il arrive quelquefois que certains composants (notamment des échangeurs) soient oubliés dans les recalculs, sauf précaution particulière. C'est en particulier pour cela qu'une nouvelle fonctionnalité a été ajoutée : celle du recalcul de sélection multiples expliqué ci-dessous.

Recalcul de sélections multiples

Un mécanisme particulier permet de faciliter le travail sur des sélections multiples de composants. Il est accessible à partir du menu Spécial de l'éditeur de schémas.

Lorsqu'une sélection multiple est faite dans l'éditeur de schémas, elle peut être chargée dans cet écran en cliquant sur le bouton "Mettre à jour la sélection à partir de l'éditeur".

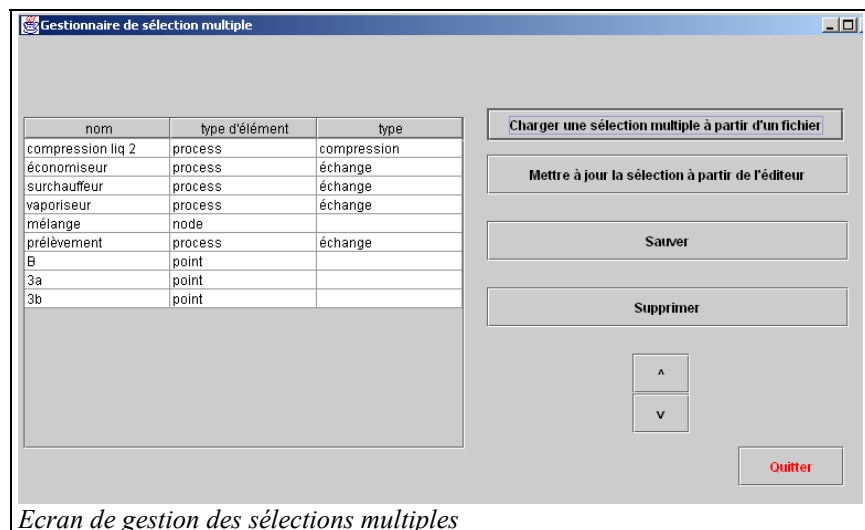
La liste des éléments sélectionnés (points, transfos, nœuds, échangeurs de chaleur) apparaît dans une table.

L'ordre de ces composants peut être modifié grâce aux boutons de navigation situés en bas à droite de l'écran, et des éléments peuvent être supprimés.

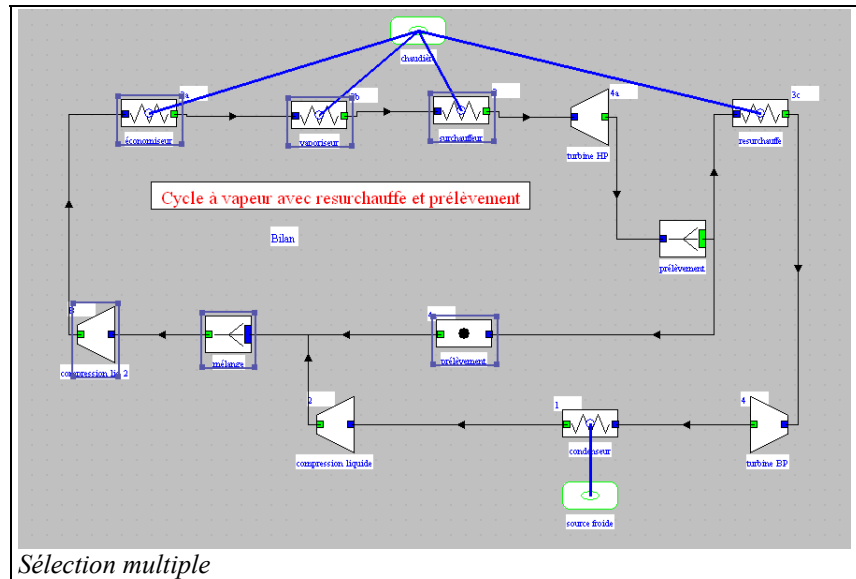
La liste des éléments sélectionnés peut être sauvegardée dans un fichier du répertoire "res". Elle peut être rechargée en cliquant sur le bouton "Charger une sélection multiple à partir d'un fichier" (attention : pour le moment, les points ne sont pas sélectionnés lors de la relecture du fichier).

Une fois une sélection effectuée de cette manière, diverses fonctionnalités peuvent être activées à partir de l'éditeur de schémas :

- la touche F5 permet d'effectuer un recalcul automatique dans le simulateur ;



- la touche F6 met à jour l'écran de gestion des sélections multiples en chargeant la sélection courante de l'éditeur de schémas ;
- la touche F7 effectue un recalcul des différents éléments dans la sélection, dans l'ordre où ils apparaissent dans la table de l'écran de gestion des sélections multiples, avec mise à jour de l'affichage des valeurs des points sélectionnés si leur affichage est demandé ;
- la touche F8 permet de faire afficher ou masquer sélectivement les valeurs des points de la table de l'écran de gestion des sélections multiples. Pour que l'affichage ait lieu, après avoir tapé sur F6, il faut taper deux fois sur F3 (la première sélectionne tout, et la seconde la sélection multiple. Ensuite, à chaque recalcul par F7, les valeurs affichées sont mises à jour.



Ainsi, en cliquant une fois sur la touche F7, puis sur la touche F5, on effectue le recalcul des éléments sélectionnés puis de l'ensemble du projet.

Calcul des bilans exergetiques

Une nouvelle ligne a été ajoutée dans le menu "Fichiers de résultats" pour mener des calculs exergetiques ("Exporter des calculs exergetiques"). Lorsque cette ligne de menu est sélectionnée, un écran propose comme valeur de la température de l'environnement celle qui est définie dans les paramètres globaux. Cette valeur peut alors être modifiée, et l'ensemble des points et des transfos du projet sont recalculés, puis sauvegardés dans un fichier. Une fois les calculs effectués, la température de l'environnement reprend sa valeur initiale.

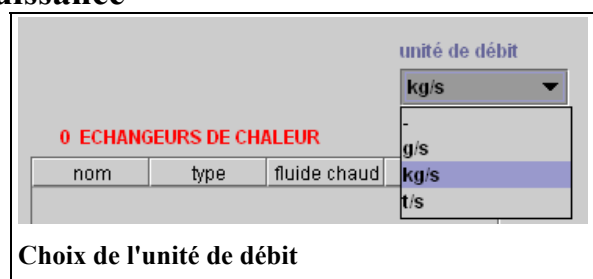
Il est ainsi possible de calculer l'ensemble des exergeries mises en jeu dans un projet sans avoir à le recalculer complètement comme c'était le cas auparavant.

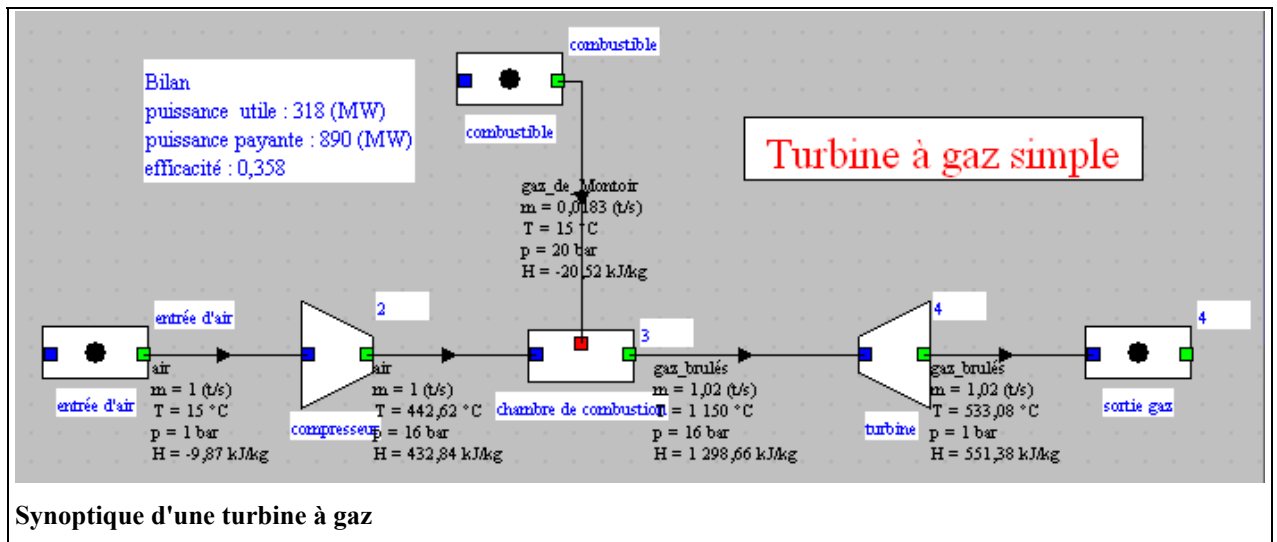
Options d'affichage

Introduction des unités de débit et de puissance

Afin de pouvoir afficher les unités de débit et de puissance, il est maintenant possible de choisir l'unité des débits, à partir d'une liste déroulante située en bas à droite de l'écran du simulateur.

Une fois ce choix effectué, l'unité de puissance peut être affichée dans le composant bilan de l'éditeur de schémas, ainsi que dans les écrans des transfos.





L'unité de débit sélectionnée est sauvegardée dans le fichier de projet.

Modification des options d'affichage pour le recalcul

A partir de la version 1.5, il est possible (si les fichiers sont présents) de consulter la documentation en ligne dans deux langues : le français et l'anglais. Le choix se fait dans l'écran des paramètres globaux, en choisissant Fr ou En pour la langue de documentation.

Afin de simplifier l'affichage, il est maintenant possible de choisir d'afficher ou de masquer certains champs, comme les **types calculables ou invalidés**.

Par défaut, ces champs ne sont plus affichés dans le simulateur. Pour les afficher, sélectionnez l'option "Afficher les informations de recalcul" dans l'écran des paramètres globaux (menu Aide).

Notez que par défaut, le recalcul automatique est activé, ainsi que la propagation du débit.

Dans les bilans, il est maintenant possible de paramétrer la précision d'affichage des valeurs des énergies mises en jeu et de l'efficacité.

Dans les champs qui peuvent servir à saisir des valeurs d'entrée, il reste cependant nécessaire de conserver un grand nombre de décimales, faute de quoi les résultats des calculs dériveraient progressivement si les options de calcul étaient modifiées.

Par défaut, l'affichage est de 0 décimales pour les énergies ou les puissances, et de 2 pour l'efficacité.

Paramètres globaux

répertoire racine : D:\1_Thopt_externe0904\pro

Langue de la documentation : En

unité de température : °C

T0 exerjge (°C) : 15

Précision d'affichage des énergies : 0

Précision d'affichage des efficacités : 2

Activer le recalcul automatique

Propagation du débit

Afficher les informations de recalcul

Afficher les débits volumiques

Transfos échange isobares

OK Annuler

Ecran des paramètres globaux

Accès à la documentation par lien hypertexte

Des liens hypertexte permettent d'accéder directement à la documentation ainsi qu'à la FAQ. Pour qu'ils fonctionnent, il faut que les chemins d'accès aux fichiers soient conformes à ce qui a été entré dans Thermoptim. Sinon, ils n'apparaissent pas dans la liste.

La documentation en français doit donc être structurée comme indiqué dans la figure ci-dessous. Si vous disposez d'un ancien installateur, renommez les fichiers en conséquence.

Manuels de référence

La documentation se trouve dans le sous-répertoire DocFr du répertoire d'installation

Langue de la documentation : Fr

[Manuel de référence tome 1](#)

[Manuel de référence tome 2](#)

[Manuel de référence tome 3](#)

[Manuel de référence des diagrammes de vapeurs](#)

[Manuel de référence des diagrammes des gaz idéaux](#)

[Manuel de référence des diagrammes psychrométriques](#)

[Mise à jour de la documentation](#)

[Foire Aux Questions](#)

Hyperliens vers la documentation

	Nom	Taille	Type	Date de modific...
<ul style="list-style-type: none"> [-] THERMOPTIM_Java <ul style="list-style-type: none"> [+] cycle data doc_Fr isoval pinch proj 	refThopt3Fr.pdf	2 112 Ko	Document Adobe A...	16/09/2003 16:57
	refThopt2Fr.pdf	1 710 Ko	Document Adobe A...	04/11/2002 15:16
	refThopt1Fr.pdf	1 276 Ko	Document Adobe A...	03/10/2002 15:26
	refDiagGazFr.pdf	538 Ko	Document Adobe A...	17/06/2002 05:52
	refDiagPsyFr.pdf	456 Ko	Document Adobe A...	14/05/2002 12:22
	refDiagVapFr.pdf	496 Ko	Document Adobe A...	14/05/2002 11:45
	FAQFr.xls	34 Ko	Feuille de calcul Micr...	06/10/2004 09:15

Hyperliens vers la documentation