

## Il programma ThermoOptim®

Il programma ThermoOptim (<http://www.thermooptim.org>) presenta un ambiente di modellizzazione che integra in maniera profondamente interconnessa un editore di schemi / schermata sinottica (figura 1), diagrammi interattivi (figura 2), funzioni di simulazione e un criterio di ottimizzazione basato sul metodo del pincement. Il programma presenta un duplice obiettivo: facilitare e rendere più sicura la modellizzazione delle tecnologie di conversione dell'energia.

Dal momento che queste modellizzazioni si presentano sottoforma di assemblaggio di componenti connessi fra loro, l'ambiente di modellizzazione combina l'approccio sistemico e il procedimento analitico e/o empirico classico :

- ogni elemento funzionale è rappresentato da una appropriata tipologia primitiva di ThermoOptim (sostanza, punto, trasformazione, nodo, scambiatore) che possiede delle caratteristiche proprie modificabili e delle variabili di accoppiamento;
- il sistema completo è modellizzato mediante assemblaggio di queste tipologie grazie ad una interfaccia grafica interattiva ;
- la simulazione del sistema completo è poi gestita da un motore di ricalcolo automatico che sfrutta le proprietà sistemiche implicitamente descritte fuori dalla modellizzazione.

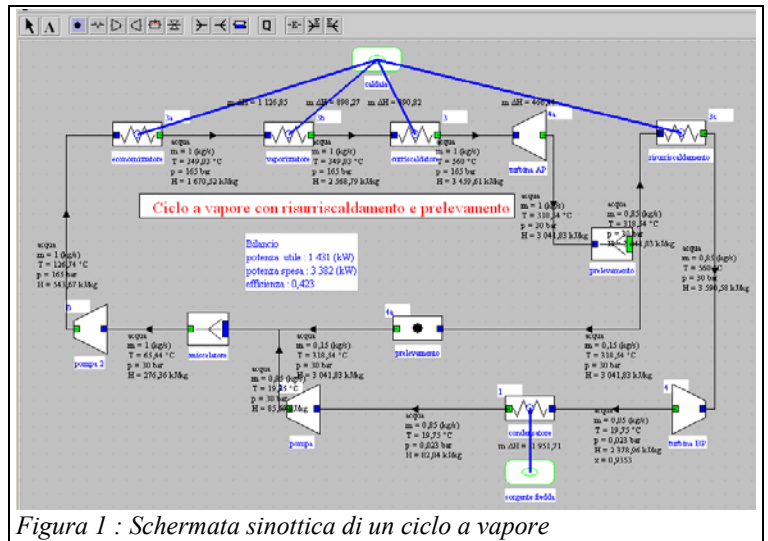


Figura 1 : Schermata sinottica di un ciclo a vapore

Tradizionalmente si considera la termodinamica come una materia difficile e lo studio delle tecnologie energetiche come problematico; si semplificano enormemente le cose se si comincia a dissociare la rappresentazione globale del sistema, generalmente abbastanza semplice, dallo studio dei suoi differenti componenti considerati separatamente.

La rappresentazione d'insieme si rivela molto utile sul piano qualitativo : è grafica e permette di comprendere bene il ruolo svolto da ogni componente nel sistema complessivo. Sul piano didattico, è essenziale assimilare bene i principi concettuali di queste tecnologie. Una volta che si è compresa la struttura interna di un motore o di una macchina frigorifera, lo studio del comportamento di uno dei suoi componenti è facilitato perché si sa come esso si inserisce nell'insieme e quale è il suo contributo al funzionamento complessivo.

Se si dispone di un ambiente grafico adeguato come quello di ThermoOptim, la struttura interna del sistema può essere descritta molto facilmente. Si ottiene così una rappresentazione qualitativa, molto "parlante" per l'ingegnere, tale che in seguito non resta nient'altro da fare che "quantificare", parametrizzando le proprietà termodinamiche dei differenti componenti quindi, poi, calcolandole. Grazie a questo procedimento, che separa gli aspetti qualitativi da quelli quantitativi, ThermoOptim permette ai suoi utenti di calcolare molto facilmente i cicli termodinamici anche complessi, e questo senza dover scrivere una sola equazione o programmare una sola linea di codice se si utilizzano i componenti predefiniti nel nucleo del programma. Questi componenti, che possono essere definiti mono-funzionali perché non utilizzano che una sola forma di energia (meccanica o termica), permettono di rappresentare molte tecnologie energetiche, ma non tutte. Quando si utilizzano componenti multi-funzionali più complessi, è possibile estendere il nucleo di ThermoOptim aggiungendo moduli esterni scritti in linguaggio Java, che ne definiscono a loro volta le equazioni e l'interfaccia grafica. Questi elementi complementari sono caricati dinamicamente in occasione del lancio del programma, ed appaiono nelle schermate in modalità trasparente per l'utente, come se ne fossero parte integrante.

Le sue funzionalità fanno di ThermoOptim uno strumento particolarmente adeguato per lo studio dei cicli termodinamici utilizzati nelle tecnologie energetiche, e permettono così di:

- motivare i principianti evitando che vengano scoraggiati dalle difficoltà di calcolo e permettendo loro di trattare degli esempi complessi e realistici (è utilizzato in una cinquantina di istituti di insegnamento superiore);
- offrire ad utenti esperti un ambiente di calcolo potente e di facile utilizzazione che permetta loro di costruire in modo grafico modelli di molti sistemi energetici, dai più semplici, come una macchina frigorifera, ai più complessi, come centrali elettriche a ciclo combinato a gassificazione di carbone integrata, che mette in gioco molte centinaia di elementi.

Non solo tale modo di fare semplifica il processo di modellizzazione e facilita ulteriormente l'utilizzo e la manutenzione del modello, ma soprattutto rende sicura la sua costruzione automatizzando la definizione degli accoppiamenti tra i vari elementi che lo compongono e garantendo la loro coerenza.

### Principali funzioni del simulatore

Thermoptim permette di calcolare automaticamente lo stato completo (temperatura, pressione, volume massico, entalpia, energia interna, entropia, exergia, titolo) di vari fluidi, che possono essere gas ideali o vapori condensabili. Questi fluidi possono subire diverse trasformazioni, come le seguenti:

- compressioni e espansioni, in sistema aperto o chiuso. Esse possono essere adiabatiche o politropiche, e sono caratterizzate dal rendimento isoentropico o politropico;
- combustioni, in sistema aperto o chiuso, a pressione imposta, volume imposto o temperatura costante. Il combustibile può essere introdotto nella camera di combustione separatamente dal comburente, o essere pre-miscelato. La dissociazione del diossido di carbonio può essere presa in conto;
- laminazioni isoentalpiche;
- scambi di calore tra fluidi: il programma può calcolare il prodotto UA del coefficiente di scambio termico attraverso la superficie dello scambiatore, per configurazioni a contro-corrente, equi-corrente, a correnti incrociate o del tipo (p-n).

Per rappresentare la percorrenza del fluido, si definiscono dei nodi, in pratica dei miscelatori, dei divisori o dei separatori, che garantiscono la conservazione della portata e dell'entalpia. Gli altri elementi (compressori, organi di espansione, camere di combustione, scambiatori di calore) possono essere facilmente collegati tra loro.

In questa maniera possono essere realizzati i miscelamenti, di fluidi, che conducono alla creazione di sostanze composite, considerate come gas ideali. Thermoptim permette in particolare di trattare i gas umidi, miscele di un gas secco e di vapore d'acqua capace di condensare, e propone sei tipi di trasformazioni possibili con questo tipo di miscuglio (riscaldamento, raffreddamento, umidificazione adiabatica o non adiabatica, ventilazione, essiccazione).

Il programma possiede una base di dati delle proprietà termodinamiche delle sostanze più utilizzate nella pratica. Tutti gli elementi che compongono il sistema studiato sono raccolti sotto forma di progetto, e possono essere facilmente trattati grazie ad appropriate interfacce. Il simulatore di Thermoptim calcola passo passo i vari elementi di un progetto. Si tratta di un metodo di calcolo sequenziale, che lo distingue da altri ambienti di modellizzazione (matriciali) nei quali tutte le equazioni del problema sono risolte simultaneamente.

Questo modo di operare presenta il vantaggio che è molto più facile calcolare successivamente gli elementi uno per uno invece che risolvere il sistema completo tutto insieme. D'altra parte, esso presenta due difficoltà: da un lato può essere necessario ripetere i calcoli un certo numero di volte per trovare la soluzione (in particolare se il sistema è accoppiato) e, d'altra parte, per un progetto più complesso, si pone la questione di sapere in quale ordine i calcoli devono essere effettuati. Per risolvere quest'ultima difficoltà, è stato messo a punto un insieme di algoritmi. Chiamato *motore di ricalcolo automatico* di Thermoptim, esso costituisce un elemento chiave della versione Java del programma. Una schermata particolare permette di seguire le tappe dei ricalcoli, e garantire così la pertinenza della modellizzazione.

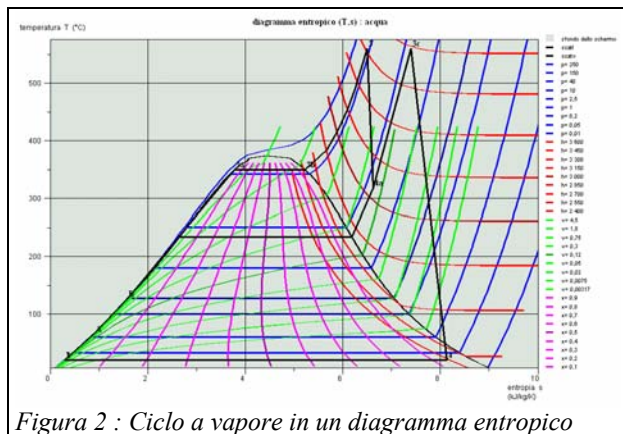


Figura 2 : Ciclo a vapore in un diagramma entropico

### Meccanismo d'estensione del nucleo di Thermoptim per aggiunta di classi esterne

L'interfaccia di Thermoptim con **classi** (elementi di codice Java) **esterne** permette di facilitare l'inter-operabilità del programma con l'esterno, soprattutto con altre applicazioni sviluppate mediante Java. L'interesse è duplice:

- poter, così come sopra indicato, realizzare estensioni di Thermoptim a partire dal nucleo comune. Così un utente può aggiungere le sue sostanze o i suoi componenti non disponibili nel nucleo del programma;
- poter controllare Thermoptim a partire da un'altra applicazione, sia per guidare un utente (tutore intelligente), sia per controllare l'esecuzione del codice (controllo o regolazione, accesso alle librerie termodinamiche) ...