

La termodinamica senza problemi con ThermoOptim®

Apprendere la termodinamica è quasi sempre difficile nonostante gli sforzi fatti dagli insegnanti e le evoluzioni dei programmi:

- questa disciplina fa appello ad alcuni concetti fondamentali il cui interesse pratico è difficile da illustrare, come l'energia interna, l'entalpia o l'entropia;
- i calcoli da effettuare sono quasi sempre complessi, sia sul piano formale sia su quello numerico, in particolare per i sistemi chiusi;
- le leggi, anche le più semplici, sono fortemente non lineari;
- gli industriali lavorano principalmente con sistemi aperti e privilegiano le rappresentazioni (T,s) o $(h, \log P)$ invece di (P,v) , caratteristico dei sistemi chiusi e di solito presentato ai principianti.

Risulta che gli allievi incontrano gravi difficoltà ad apprendere le nozioni di base e non apprezzano la disciplina, nonostante il numero e l'importanza delle sue applicazioni industriali e la loro incidenza nella vita quotidiana (propulsione automobilistica o aeronautica, produzione di energia elettrica, raffreddamento...).

ThermoOptim (www.thermoOptim.com) è un programma che permette agli allievi di apprendere senza problemi la termodinamica: parallelamente o anche prima della presentazione delle basi teoriche, gli studenti possono effettuare esercizi molto pratici che riguardano applicazioni della disciplina alle macchine reali, come ad esempio lo studio di un ciclo frigorifero o di una centrale elettrica... Poiché le conoscenze degli allievi sono limitate, occorre che l'apprendimento sia reso il più facile possibile. Per motivarli, occorre fornire risultati sufficientemente vicini alla realtà.

Grazie alle sue biblioteche di funzioni termodinamiche, ThermoOptim permette di modellizzare graficamente tecnologie energetiche semplici o complesse senza scrivere una sola equazione, ed ottenere risultati estremamente precisi, che possono essere presentati in modo grafico sotto forme diverse. Ci si può in particolare liberare dall'ipotesi molto restrittiva dei gas perfetti, introducendo i fluidi reali. A titolo d'esempio (figure 1 e 2), è possibile calcolare un ciclo frigorifero a compressione che funziona con R134a, fluido di sostituzione di CFC, ed a potenziale di distruzione dello strato d'ozono nullo.

Gli allievi possono così lavorare su applicazioni reali delle nozioni studiate durante il corso e comprenderne l'interesse pratico. Gli studenti concentrano i loro sforzi conoscitivi sull'analisi qualitativa dei sistemi che studiano, essendo la valutazione quantitativa realizzata dal software. Il grande interesse di operare in tal modo è che la termodinamica è molto più semplice sul piano qualitativo che sul piano quantitativo: gli allievi non hanno alcuna difficoltà a comprendere e memorizzare le configurazioni delle macchine termiche classiche, che coinvolgono soltanto alcuni componenti elementari come organi di compressione e di espansione, scambiatori di calore e camere di combustione (figura 3).

Inoltre, la rappresentazione qualitativa e grafica dell'architettura di queste macchine è in gran parte indipendente dal modo in cui i componenti sono in seguito calcolati, cioè dalle ipotesi che si prendono in considerazione per la valutazione quantitativa. Così gli allievi vedono come uno stesso elemento può essere calcolato in maniera più o

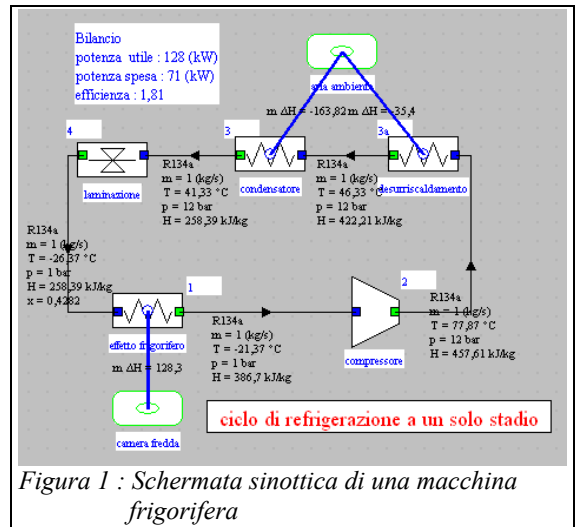


Figura 1 : Schermata sinottica di una macchina frigorifera

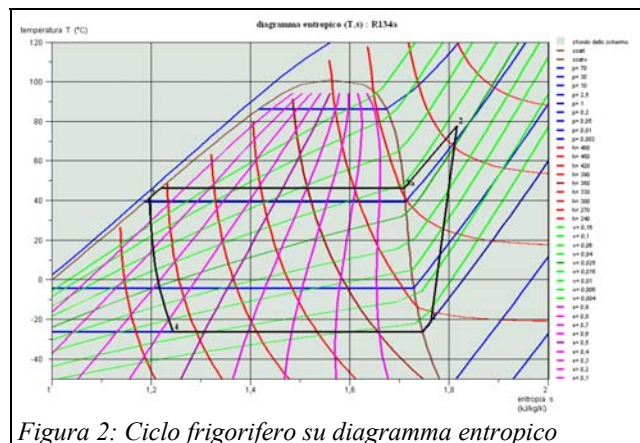


Figura 2: Ciclo frigorifero su diagramma entropico

meno precisa in funzione degli strumenti matematici di cui dispongono. Effettivamente, gli studenti capiscono che l'ipotesi dei gas perfetti permette di effettuare alcuni calcoli analitici approssimati, mentre un ambiente di modellizzazione come Thermoptim conduce a risultati molto più realistici. Il legame tra le basi della teoria presentate in aula e la realtà industriale può così essere meglio percepito. L'esperienza mostra che gli studenti riescono molto rapidamente a controllare sufficientemente bene le funzioni di base del software per potersene servire come uno strumento esplorativo che permetta loro di comprendere meglio i concetti studiati durante le lezioni. Gli allievi possono tracciare i cicli reali sui diagrammi termodinamici (T, s), (h, log p) o (h, s) utilizzati dai professionisti e possono vedere in che cosa e perché si allontanano dai cicli teorici come quello di Carnot. Disponendo delle proprietà reali dei fluidi, essi possono liberarsi delle ipotesi usuali (purtroppo spesso troppo semplificative) e costruire essi stessi dei modelli di tecnologie energetiche perfettamente realistiche.

La didattica utilizzata consiste nell'illustrare le nozioni di base poco intuitive cominciando con l'esplorare esempi semplici ma realistici. Gli allievi sono attirati inizialmente dalla parte ludica dell'esercizio. Si fanno prendere dal gioco e cercano di ottenere risultati, cosa che richiede di comprendere le schermate che sono presentate a loro. Così facendo, acquisiscono il vocabolario di base della termodinamica ed arrivano ad assimilare abbastanza rapidamente le principali nozioni. In un secondo tempo, una volta che le trasformazioni di base sono state comprese, possono studiare cicli complessi costruiti mediante assemblaggio grafico di componenti elementari, apprendendo in modo intuitivo come modellizzarli. Esperienze conclusive sono state realizzate dal 1997 in più di ottanta istituti di insegnamento superiore: IUT, CPGE, università, scuole di ingegneria. Il risultato di tali esperienze mostra innanzitutto una motivazione rafforzata da parte degli allievi per la termodinamica, che conduce ad un'attenzione ed una partecipazione in aula più sostenute rispetto ai metodi classici, ed in seguito ad una migliore assimilazione delle nozioni teoriche e della loro messa in pratica.

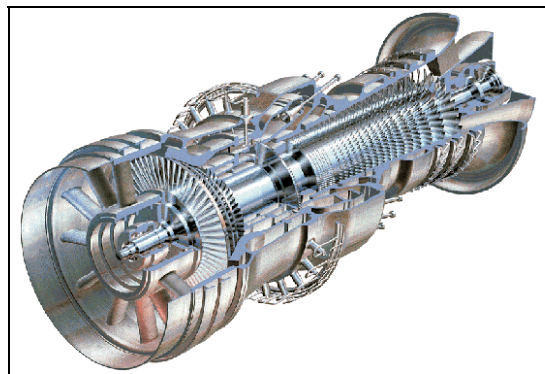


Figura 3: Turbina a gas Alstom Power GT24/26

Thermoptim appare così come una sorta di **piattaforma di sperimentazione virtuale** che permette agli allievi di collegare la teoria e la pratica applicando i concetti studiati in classe, e di iniziarsi alla modellizzazione dei sistemi energetici. Il programma permette in un certo qual modo di fare in termodinamica ciò che si fa correntemente nei programmi attuali di elettronica ed ottica. Del resto, per gli allievi, la sua utilizzazione presenta numerose analogie con i software di simulazione disponibili per queste discipline.

In conclusione, con Thermoptim è introdotto un insegnamento più costruttivo, complementare all'approccio analitico classico. Questo metodo nuovo conferisce in un certo qual modo una visione "in rilievo" della disciplina, e facilita la sua assimilazione. Gli allievi lavorano su piccoli progetti realistici che permettono di collegare la

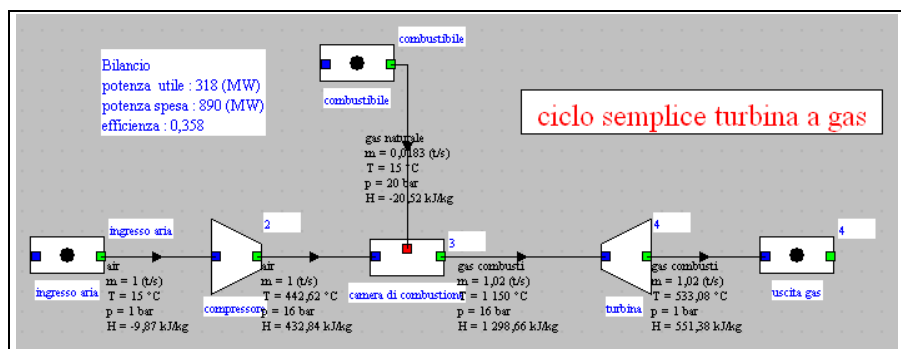


Figura 4: Schermata sinottica di una turbina a gas in Thermoptim

teoria e le applicazioni, di esplorare l'influenza di diversi parametri sulle prestazioni degli impianti, e soprattutto di comprendere bene le architetture delle macchine usuali. Gli allievi sviluppano così il loro senso pratico, senza dovere dedicare troppo tempo agli aspetti quantitativi né dovere ricorrere ad ipotesi troppo semplificatrici.

GICQUEL R., Systèmes Energétiques, Tomes 1 et 2, Presses de l'Ecole des Mines de Paris, février et novembre 2001.

Contact : <mailto:renaud.gicquel@ensmp.fr>