



UIT Summer School 2013 Termofluidodinamica dei Sistemi Bifase

Certosa di Pontignano, 9 - 14 Settembre 2013

Direttore: Dr. Gian Piero Celata - ENEA

Affrontare problemi di scambio termico e di massa in sistemi bifase è una situazione che si presenta assai frequentemente a chi si occupa di ricerca o di progettazione nell'ambito dell'ingegneria di processo o di produzione di energia. La complessità dei fenomeni e la conseguente molteplicità di tecniche di analisi e simulazione fanno sì che gli strumenti a disposizione di ricercatori e progettisti richiedono una formazione specifica che generalmente non viene fornita nei percorsi universitari.

Il corso della XIII Scuola Estiva UIT mira a fornire la basi sperimentali e teoriche e le tecniche di analisi più efficaci per affrontare tali problemi.

L'invito alla partecipazione è rivolto ai dottorandi di ricerca che svolgono una tesi su un argomento attinente alla termofluidodinamica, ma la partecipazione è aperta a ricercatori universitari e dell'industria ed a professionisti del settore termotecnico interessati all'apprendimento dei fondamenti, delle tecniche sperimentali e numeriche per un approccio di studio e di progettazione di sistemi bifase.

Programma del corso

- **Pool boiling (Paolo Di Marco)** Generalità sul pool boiling: curva di ebollizione, equilibri di fase, tensione superficiale ed equilibrio di un'interfaccia curva. Meccanismi di base dell'ebollizione: nucleazione, crescita e distacco della bolla. Innesco dell'ebollizione, ebollizione nucleata, flusso termico critico, regimi post-critici: meccanismi e correlazioni di scambio termico. Effetti parametrici in pool boiling, effetto dei campi di forza
- **Ebollizione nucleata su superfici piane o alettate: effetto del confinamento e della giacitura della superficie (Mario Misale)** Ebollizione nucleata non confinata su superfici piane ed alettate. Modifica delle prestazioni termiche, di superfici piane ed alettate, al variare della giacitura e del confinamento. Correlazioni di scambio termico nel caso di ebollizione nucleata confinata
- **Flow boiling (Gian Piero Celata)** Generalità sul flow boiling: regimi di deflusso e di scambio termico, frazione di vuoto, innesco dell'ebollizione (ONB), ebollizione saturata e sottoraffreddata. Flusso termico critico: generalità, fenomenologia, strumenti di calcolo (correlazioni e modelli), tecniche di enhancement: ebollizione saturata e sottoraffreddata. ebollizione in microcanali ed in microgravità. Ebollizione di miscele binarie
- **Spray cooling (Paolo Tartarini)** Spray/Droplet Cooling: definizioni, caratteristiche, grandezze fondamentali, applicazioni. Fenomenologia: aspetti termici e dinamici dello spray cooling; impatto di gocce su superfici ed effetti di raffreddamento delle stesse. Approcci sperimentali: metodi intrusivi e non intrusivi. Approcci numerici e modellizzazione: i limiti dei codici CFD nel settore dello spray cooling. Sviluppi e innovazione: sistemi sprinkler e water-mist nelle applicazioni antincendio degli spray liquidi
- **Geometrie non convenzionali (Mario De Salve)** Condotti elicoidali: sviluppo di generatori di vapore con fasci tubieri elicoidali per i reattori nucleari innovativi, cadute di pressione in monofase e bifase, instabilità in canali in parallelo. Giunzioni a T: cadute di pressione in deflusso monofase e bifase, separazione delle fasi, regimi di deflusso
- **Misure dinamiche di liquid holdup con tecniche ad impedenza (Marco Fossa)** Flow patterns in gas-liquid e solid-liquid flows. Misure locali e medie di liquid holdup mediante fibre ottiche e sonde ad ago, integrazione e rivelazione delle fasi, misure medie (cross sectional). Misure di impedenza e fluidi elettricamente conduttivi. Geometria delle sonde: elettrodi ad anello, semi-anello, di forma speciale. Misura della frazione di vuoto con il Wire Mesh Sensor: principio di funzionamento ed elaborazione dei segnali. Relazioni teoriche per la distribuzione spaziale dell'impedenza e delle fasi. Flussi orizzontali e verticali con acqua come mezzo continuo. Stato dell'arte, risultati sperimentali di liquid holdup e derivazione di parametri associati
- **Condensazione a film e a gocce (Davide Del Col)** Condensazione a film entro canali. Condensazione in mini- e microcanali: effetti di diametro e forma del canale, effetto di inclinazione, tecniche sperimentali, metodi di simulazione numerica. Condensazione a gocce: effetto della qualità superficiale, superfici nanostrutturate, sperimentazione
- **Scambio termico e comportamento dinamico con fluidi supercritici (Walter Ambrosini)** Simulazione dello scambio termico con fluidi supercritici. Stabilità in condotti riscaldati con fluidi supercritici e in circuiti in circolazione naturale. Applicazione di codici di CFD e di sistema. Circolazione naturale con fluidi monofase e supercritici. Modellistica e adottata per l'analisi della stabilità lineare e nonlineare confronto con esperimenti. Condensazione a film in presenza di noncondensabili. Generalità sulla fenomenologia e sulla modellistica. Applicazioni CFD e confronto con dati sperimentali
- **Aspetti fisici e modellizzazione di sistemi liquido-liquido (Pietro Poesio)** Generalità, esempi, soluzioni analitiche. Modello Euleriano-Euleriano: derivazione delle equazioni mediate; principali modelli di chiusura; modelli a due fluidi per casi monodimensionali (pipe flow). Analisi dei principali regimi di flusso in condotti: stratificato, disperso, anulare; mappe di flusso e criteri di transizione; calcolo delle perdite di carico e dell'hold-up. Inversione di fase. Cenni ai meccanismi di coalescenza e frammentazione
- **Simulazione fisica di interazioni fluid particles/bubbles/droplets (Cristian Marchioli)** Direct Numerical Simulation e Large Eddy Simulation: vantaggi e accuratezza. Lagrangian tracking e metodi di interpolazione. Esempi di subgrid scale motions, collisioni particella-parete e interazioni fra particelle. Stato dell'arte di ricerche condotte con le metodologie descritte

Docenti del corso

Prof. **Walter Ambrosini**, Università di Pisa; Dr. **Gian Piero Celata**, ENEA; Prof. **Davide Del Col**, Università di Padova; Prof. **Mario De Salve**, Politecnico di Torino; Prof. **Paolo Di Marco**, Università di Pisa; Prof. **Marco Fossa**, Università di Genova; Dr. **Cristian Marchioli**, Università di Udine; Prof. **Mario Misale**, Università di Genova; Prof. **Pietro Poesio**, Università di Brescia; Prof. **Paolo Tartarini**, Università di Modena e Reggio Emilia

Materiale didattico

Prima dell'inizio della Summer School saranno disponibili in formato PDF le presentazioni dei diversi argomenti realizzate dai docenti sul nuovo sito dell'UIT (<http://www.uitonline.eu>). Il materiale didattico aggiornato (in formato PDF) verrà inviato su CD a tutti i partecipanti alla Summer School al termine della stessa.

Sede

La Summer School sarà tenuta nella prestigiosa sede della [Certosa di Pontignano](#) (Siena); altre informazioni possono essere ottenute direttamente dal sito della Certosa.

Programma orario

L'arrivo è previsto nella mattinata di lunedì. La Summer School si svolgerà dal lunedì pomeriggio al sabato mattina con il seguente programma:

| | |
|---------------|----------------------|
| 8.00 | Prima colazione |
| 8.45 - 10.30 | Modulo didattico |
| 10.30 | Coffee-break |
| 10.45 - 12.30 | Modulo didattico |
| 13.00 | Pranzo al Ristorante |
| 14.45 - 16.00 | Modulo didattico |
| 16.00 | Coffee-break |
| 16.15 - 18.00 | Modulo didattico |
| 20.00 | Cena al Ristorante |

N.B. – Per le giornate di lunedì e sabato il programma vale solo per il pomeriggio (lunedì) e per la mattina (sabato).

Informazioni

Il costo dell'iscrizione è di 700 Euro e comprende la partecipazione alla Summer School, i coffee break durante le lezioni, la pensione completa dal pranzo di Lunedì 9 settembre alla colazione di sabato 14 settembre. Per gli interessati a richiesta (incluso nella quota di iscrizione) sarà possibile usufruire del pranzo di sabato 14 settembre.

Per iscriversi, scaricare il modulo di iscrizione (in formato [PDF](#) o [RTF](#)) e inviarlo via fax alla sig.ra Maria Rosa Carli (0577 354 740) entro il 1 agosto 2013.

Per altre informazioni contattare:

Dr. Gian Piero Celata, Direttore della Summer School 2013, gp.celata@gmail.com

Prof. Sara Rainieri, Segretario UIT, sara.rainieri@unipr.it

Prof. Enzo Naso, Presidente UIT, vincenzo.naso@unina.it

| | Lunedì 9 settembre | Martedì 10 settembre | Mercoledì 11 settembre | Giovedì 12 settembre | Venerdì 13 settembre | Sabato 14 settembre |
|-------|---------------------------------------|---|---|---|---|---|
| 9.00 | | Paolo Di Marco <i>Pool boiling</i> | Paolo Tartarini <i>Spray cooling</i> | Gian Piero Celata <i>Flow Boiling</i> | Walter Ambrosini <i>Scambio termico e comportamento dinamico con fluidi supercritici</i> | Cristian Marchioli <i>Simulazione fisica di interazioni fluid particles/bubbles/droplets</i> |
| 9.45 | | Mario Misale <i>Ebollizione nucleata su superfici piane o alettate</i> | Paolo Tartarini <i>Spray cooling</i> | Marco Fossa <i>Misure dinamiche di hold-up con tecniche ad impedenza</i> | Walter Ambrosini <i>Scambio termico e comportamento dinamico con fluidi supercritici</i> | Cristian Marchioli <i>Simulazione fisica di interazioni fluid particles/bubbles/droplets</i> |
| 10.30 | | <i>Coffee break</i> | <i>Coffe break</i> | <i>Coffe break</i> | <i>Coffee break</i> | <i>Coffe break</i> |
| 11.00 | | Mario Misale <i>Ebollizione nucleata su superfici piane o alettate</i> | Paolo Tartarini <i>Spray cooling</i> | Marco Fossa <i>Misure dinamiche di hold-up con tecniche ad impedenza</i> | Walter Ambrosini <i>Scambio termico e comportamento dinamico con fluidi supercritici</i> | Cristian Marchioli <i>Simulazione fisica di interazioni fluid particles/bubbles/droplets</i> |
| 11.45 | | Mario Misale <i>Ebollizione nucleata su superfici piane o alettate</i> | Paolo Tartarini <i>Spray cooling</i> | Marco Fossa <i>Misure dinamiche di hold-up con tecniche ad impedenza</i> | Walter Ambrosini <i>Scambio termico e comportamento dinamico con fluidi supercritici</i> | Cristian Marchioli <i>Simulazione fisica di interazioni fluid particles/bubbles/droplets</i> |
| 13.00 | <i>Pranzo</i> | <i>Pranzo</i> | <i>Pranzo</i> | <i>Pranzo</i> | <i>Pranzo</i> | <i>Pranzo</i> |
| 14.30 | Paolo Di Marco <i>Pool boiling</i> | Gian Piero Celata <i>Flow Boiling</i> | Davide Del Col <i>Condensazione a film e a gocce</i> | Mario De Salve <i>Geometrie non convenzionali</i> | Pietro Poesio <i>Aspetti fisici e modellizzazione di sistemi liquido-liquido</i> | |
| 15.15 | Paolo Di Marco <i>Pool boiling</i> | Gian Piero Celata <i>Flow Boiling</i> | Davide Del Col <i>Condensazione a film e a gocce</i> | Mario De Salve <i>Geometrie non convenzionali</i> | Pietro Poesio <i>Aspetti fisici e modellizzazione di sistemi liquido-liquido</i> | |
| 16.00 | <i>Coffe break</i> | <i>Coffe break</i> | <i>Coffee break</i> | <i>Coffe break</i> | <i>Coffe break</i> | |
| 16.30 | Paolo Di Marco <i>Pool boiling</i> | Gian Piero Celata <i>Flow Boiling</i> | Davide Del Col <i>Condensazione a film e a gocce</i> | Mario De Salve <i>Geometrie non convenzionali</i> | Pietro Poesio <i>Aspetti fisici e modellizzazione di sistemi liquido-liquido</i> | |
| 17.15 | Paolo Di Marco <i>Pool boiling</i> | Gian Piero Celata <i>Flow Boiling</i> | Davide Del Col <i>Condensazione a film e a gocce</i> | Mario De Salve <i>Geometrie non convenzionali</i> | Pietro Poesio <i>Aspetti fisici e modellizzazione di sistemi liquido-liquido</i> | |
| 20.00 | <i>Cena</i> | <i>Cena</i> | <i>Cena</i> | <i>Cena</i> | <i>Cena</i> | |