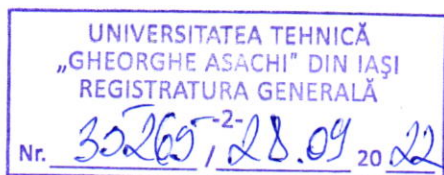


Aprobat
Decan,
Prof.univ.dr.ing. Cătălin Gabriel Dumitraș



INVITAȚIE DE PARTICIPARE



Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași invită operatorii economici interesați să depună ofertă pentru achiziția „Licențe software ANSYS - Facultatea CMMI”

Informații generale

Achizitor:

Denumirea: **Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași**
Facultatea de Construcții de Mașini și Management Industrial
Adresa: **Bld. Dimitrie Mangeron, nr.39, Imobil TCM,**
Responsabil achiziție: **Ec. Andrei-Dănuț Sănducu**
Telefon: **0232-702305**
Email: **andrei-danut.sanducu@staff.tuiasi.ro**

Publicarea invitației de participare și a documentelor anexate

www.tuiasi.ro/administratie/achizitii-publice

Depunerea ofertelor

- ✓ Data limită pentru primirea ofertelor de către Beneficiar este: **03.10.2022, ora 12:00.**
- ✓ Sunt acceptate ofertele transmise în original - pe adresa Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, B-dul Dimitrie Mangeron nr. 67, corp T, Registratura, Iași - 700050, program de lucru cu publicul 08:00 - 15:00, sau prin e-mail pe adresa: **andrei-danut.sanducu@staff.tuiasi.ro**. În cazul ofertelor transmise prin e-mail, beneficiarul poate solicita și transmiterea ulterioară, în maxim 2 zile lucrătoare de la data depunerii, a ofertelor în original. Orice ofertă primită după termenul limită menționat va fi respinsă.
- ✓ Notă: se va menționa „**Ofertă Licențe software ANSYS - Facultatea CMMI - LOT**”
- ✓ Ofertantul declarat câștigător va publica produsele pe SEAP în termen de maximum 2 zile de la primirea comunicării.
- ✓ Achiziția finală se va realiza prin intermediul S.E.A.P.

Modul de elaborare a ofertei

- ✓ **Oferta trebuie elaborată pentru fiecare lot în parte;**
- ✓ **Ofertantul nu are obligația de a elabora/depune oferte pentru ambele loturi.**
- ✓ **Propunerea tehnico-financiară**

Ofertantul va elabora propunerea tehnico-financiară pentru produsul solicitat în cadrul lotului și va furniza toate informațiile solicitate cu privire la preț.

Prezentarea ofertei

Limba de redactare a ofertei: Română
Moneda în care este exprimat prețul contractului: Lei
Perioada minimă de valabilitate a ofertei: 10.12.2022

Termen limită pentru solicitarea clarificărilor privind invitația de participare/caietul de sarcini:
30.09.2022, ora: 12^{00m}, e-mail pe adresa: **andrei-danut.sanducu@staff.tuiasi.ro**.

Obiectul contractului

Tip contract:

Lucrări ☐;
Produse ☒;
Servicii ☐

Denumire contract / achizitie:

„Licențe software ANSYS - Facultatea CMMI”

Descrierea contractului

Nr. Crt.	Cod CPV	Denumire produs/caracteristici	Cantitate	Termen de livrare
LOT 1	48190000-6	Licență software ANSYS Academic Research CFD	1 buc	10 zile de la semnarea contractului
LOT 2	48190000-6	Licență software ANSYS Academic Teaching Mechanical and CFD	2 buc	10 zile de la semnarea contractului
LOT 3	48190000-6	Licență software ANSYS Academic Research HPC	2 buc	10 zile de la semnarea contractului

Valoarea estimată a achiziției: LOT 1 - 35.400,00 lei fără T.V.A.

LOT 2 - 27.100,00 lei fără T.V.A.

LOT 3 - 3.000,00 lei fără T.V.A.

Sursa de finanțare: Finanțare de bază;

Locul de livrare: Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Facultatea de Construcții de Mașini și Management Industrial, Imobil TCM, bld. Dimitrie Mangeron, nr.39 .

Procedura aplicată pentru atribuirea contractului de achizitie publică: Achiziție directă

Informații detaliate și complete cu privire la criteriul aplicat pentru stabilirea ofertei câștigătoare:

- ✓ Oferta declarată câștigătoare va fi oferta cu **prețul cel mai scăzut**.
- ✓ Ofertele care nu îndeplinesc cerințele minime stabilite în caietul de sarcini vor fi considerate oferte neconforme.
- ✓ Nu sunt acceptate oferte alternative.

- ✓ Dacă ofertele financiare sunt egale, departajarea se va face prin reofertarea propunerii financiare în plic închis depus la registratura universității.

Garanția de bună execuție – nu este cazul

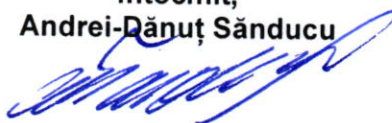
Plata prețului contractului

Se va face prin O.P., în contul de Trezorerie indicat de către operatorul economic, în maxim 30 zile de la aprobarea documentelor legale de către directorul de proiect, pe bază de factură fiscală în original, a contractului de achiziție și a procesului verbal de recepție. Prețul contractului nu se actualizează.

Anunț de atribuire

În urma finalizării achiziției directe, autoritatea contractantă va publica, pe pagina proprie de internet www.tuiasi.ro/administratie/achizitii-publice, un anunț de atribuire în termen de 15 zile de la data încheierii contractului.

Întocmit,
Andrei-Dănuț Sănducu



CAIET DE SARCINI
Licențe software ANSYS - Facultatea CMMI

LOT 1 - Licență software perpetuă ANSYS
Academic Research CFD

CERINȚE GENERALE MINIME

- Versiunea de software: ultima versiune la data curentă.
- Număr de licențe (bucăți): 1.
- Număr de utilizatori: licența permite accesul a minim 1 utilizator la momentul la care este accesată.
- Conținutul pachetului:
 - Licența pentru întregul pachet în format electronic (fișier text);
 - Documentația de instalare și utilizare în format electronic.
- Valabilitatea licenței: perpetuă (permanentă)
- Pe perioada de garanție (12 luni) se asigură gratuit:
 - servicii de asistență tehnică, actualizare și mentenanță software;
 - acces site dedicat utilizatorilor, cu facilități suplimentare față de documentația de bază, restricționat pe bază de parolă.
- Termen de livrare: maxim 10 zile.

COMPATIBILITATE HARDWARE ȘI SOFTWARE

- Numărul de utilizatori diferiți ce pot accesa licența simultan: minim 1. Numărul total de utilizatori nu este limitat.
- Numărul de procese de calcul paralel incluse în licență: minim 16/utilizator.
- Sisteme de operare suportate: Pachetul software trebuie să fie funcțional pe platforme hardware Intel sau AMD, având sistemul de operare Windows 10 (64-bit).

PLATFORMA DE LUCRU, PREPROCESARE, POSTPROCESARE

Produsul software trebuie să fie un mediu de lucru interactiv ce asigură interfața de comunicare (grafic și text) dintre utilizator și aplicațiile utilizate. Următoarele facilități sunt cerute:

- Introduce unelte necesare realizării managementului proiectelor de simulare numerică;
- Interfață grafică simplă ce permite utilizatorului definirea proiectelor de simulare utilizând scheme cu blocuri predefinite (Systems);
- Simulările multidisciplinare pot fi realizate prin interconectarea simbolică a mai multor blocuri, conexiunile putând fi realizate manual sau automat și ulterior modificate; aceste conexiuni definesc modul și sensul de transmitere a datelor;
- Schemele de lucru definite pot fi reutilizate prin schimbarea datelor de intrare și rularea ulterioară automată;
- Modul de lucru se bazează pe realizarea automată de script-uri/jurnale care controlează operațiunile efectuate, aceste script-uri putând fi definite și manual de către utilizator;
- Implicit, interfața permite definirea facilă de analize parametrice sau puncte de funcționare (Design Points) multiple ce pot fi rulate automat;
- Facilitățile oferite permit analize de tip „Design Exploration”, pornind de la puncte de design definite folosind diverse metode DOE (Design-Of-Experiments), ce pot fi procesate paralel:
 - Optimizare directă cu algoritmi multi-obiectiv;
 - Corelarea parametrilor și sensibilitate;
 - Suprafață de răspuns (+ optimizare);
 - Analize de tip Six-Sigma.
- Rulările pot fi întrerupte și repornite manual în orice moment;
- Fișierele de date sunt salvate automat folosind o structură prestabilită.

GENERAREA MODELULUI GEOMETRIC

Aplicație dedicată realizării modelelor geometrice sau importului și procesării modelelor CAD realizate în aplicații externe.

- Modelele geometrice pot fi parametrizate complet în timpul creării, importate cu parametri predefiniți sau parametrizate ulterior;

- Se pot construi modele conceptuale, folosind primitive și funcții booleene;
- Modele CAD importate pot fi prelucrate utilizând unelte speciale pentru curățare și reparare automatizate, iar ulterior pot fi modificate / simplificate conform nevoilor specifice simulării numerice;
- Erorile sunt identificate și semnalate automat;
- Import/export al geometriei în format:
 - ACIS
 - IGES
 - Parasolid
 - STEP
 - STL
 - ANSYS BladeGen
 - Monte Carlo N-Particle
 - SpaceClaim
- Interfețe pentru importul modelelor CAD:
 - CATIA V5
 - UG NX
 - Autodesk Inventor
 - Autodesk MDT
 - CoCreate Modeling
 - Pro/ENGINEER
 - SolidWorks
 - Solid Edge

DISCRETIZAREA DOMENIULUI DE CALCUL

Aplicație integrată, destinată utilizatorilor neexperimentați, putând fi utilizată pentru realizarea rapidă și automatizată a grilelor de discretizare, controlul discretizării fiind corelat cu tipul de simulare numerică căreia îi este destinată. Aplicație avansată, specializată în realizarea grilelor de discretizare nestructurate de foarte bună calitate.

Caracteristici principale:

- Generarea grilelor de tip structurat, nestructurat, sau hibrid folosind toate tipurile de celule (hex, wedge, prism, pyr, tet, tet-wedge);
- Geometria poate fi utilizată inclusiv cu toleranțele mari specifice sistemelor CAD;
- Funcții de detectare și reparare automată a fisurilor sau găurilor și de extragere a domeniului fluid din modele CAD solide;
- Rediscretizarea cavităților independent de restul domeniului discretizat;
- Parametrizarea operațiilor și a controlului local sau global al discretizării;
- Controlul local al discretizării: funcții de dimensionare (Size Functions) pentru controlul explicit al dimensiunii elementelor pe muchii, suprafețe sau volume, sau pe baza proximității și/sau a curburii geometriei, cu detectarea automată a contactului;
- Verificarea validității și diagnosticarea calității discretizării;
- Funcții specifice pentru repararea/îmbunătățirea calității grilei;
- Manipularea interactivă a grilelor: scalare, translație, rotație, unire sau separare;
- Funcții speciale pentru manipularea grilelor de discretizare:
- Interfețe neconforme fluid-fluid și fluid-solid;
- Adaptarea automată a grilei de discretizare pe baza soluției numerice, sau manuală pe baza distanței la perete sau în zonele specificate de utilizator; adaptare conformă (rețele nestructurate) sau cu noduri agățate, dinamică (simulări nestaționare), cu reconstrucția granițelor neplanare utilizând geometria originală;
- Utilizarea rețelelor dinamice pentru probleme nestaționare, mișcarea fiind definită prin funcții externe sau calculată (solver cu 6 grade de libertate):
 - Toate operațiile dinamice sunt realizate automat de către solver;
 - Mișcarea granițelor este preluată prin deformarea grilei interioare (analogia elastică) sau reconstrucție (stratificare, regrilare locală, 2,5D)

EXPORTUL ȘI IMPORTUL DATELOR

Formate de fișier acceptate pentru import:

- ABAQUS .inp, .fil, și .odb
- CFX .def și .res
- CGNS
- EnSight
- HYPERMESH ASCII

- ANSYS
- I-deas Universal
- LSTC/DYNA keyword input și state databases
- Marc POST
- Mechanical APDL .inp, .cdb, .rst, .rmg, și .rfl
- NASTRAN Bulk Data
- PATRAN Neutral
- PLOT3D mesh
- PTC Mechanical Design
- Tecplot files

Formate de fișier exportate:

- ABAQUS, Mechanical APDL, Mechanical APDL Input, ASCII, AVS, ANSYS CFD-Post, CGNS, Data Explorer, EnSight, FAST, FIELDVIEW, I-deas, NASTRAN, PATRAN, RadTherm, Tecplot.

Pentru formatele NASTRAN, ABAQUS, Mechanical APDL Input, I-deas Universal, și PATRAN se pot exporta următoarele:

- Noduri, elemente;
- Seturi nodale (condiții pe granițe);
- Variabile: presiune, temperatură, flux termic, coeficient de transfer termic;
- Forțe.

POSTPROCESARE

Aplicație dedicată postprocesării rezultatelor numerice obținute în analize CFD, inclusă în licență.

- Posibilitatea utilizării de sisteme de unități de măsură multiple: SI, britanic sau în combinație;
- Setările cazului de calcul pot fi modificate dinamic oricând pe parcursul soluționării, putându-se efectua inclusiv operații de postprocesare (implică oprirea execuției și relansare);
- Monitorizarea soluției numerice (grafic și/sau text): reziduurile ecuațiilor modelului numeric, minime și maxime, fluxuri (masă, căldură), forțe și momente pe suprafețele solide, valori medii și integrale;
- Exportul și importul soluției numerice pe grile de discretizare diferite (interpolare automată de ordin zero), sau înlocuirea interactivă a grilei de discretizare (integral sau pe zone) cu păstrarea soluției numerice intermediare și a setărilor;
- Raportare alfanumerică:
 - fluxuri prin granițe: masă și căldură (inclusiv radiație);
 - forțe pe suprafețe solide: forțe, momente, centru de presiune;
 - integrare pe suprafață: calcul arii, medii raportate la arie/masă, valori minime/maxime, debit masic/volumetric, sumă, deviație standard;
 - integrare pe volum: calcul volume, sumă, valori minime/maxime, medii raportate la volum/masă;
 - postprocesarea fazelor discrete: poziție, viteză, diametru, temperatură, flux masic.
- Calculul gradientilor și a cantităților derivate.
- Utilizarea transformatei Fourier discrete pentru analiza seriilor de date temporale;
- Reprezentare grafică 2D (XY) pentru toate mărimile calculate, fișiere de date externe, profile;
- Reprezentare grafică interactivă pentru vectori și mărimi scalare pe suprafețe (granițe ale domeniului de calcul, suprafețe interioare sau secțiuni definite de utilizator);
- Reprezentare grafică a liniilor de curent pe suprafețe sau în volum și a traiectoriilor fazelor discrete;
- Utilizarea mouse-ului pentru manipulare în fereastra grafică (rotație, translație, zoom in/out);
- Creare și salvare automată de animații în format MPEG;
- Exportul grafic în format: EPS, PostScript, JPEG, PPM, TIFF, PNG, VRML;
- Șabloane de postprocesare standardizate pentru mașini cu palete;
- Automatizarea operațiilor de postprocesare prin utilizarea facilităților de scripting;
- Crearea automată a rapoartelor de studiu în format .html.

CAPABILITĂȚI DE MODELARE ȘI SIMULARE NUMERICĂ ÎN DINAMICA FLUIDELOR

Capabilități de modelare generale:

- Rezolvarea modelului Navier-Stokes utilizând metoda volumelor finite
- Solvere nestructurate ce pot utiliza orice tip de grilă de discretizare, inclusiv poliedrală;
- Fluide newtoniene și ne-newtoniene;
- Curgeri bidimensionale (plane sau axial-simetrice) și tridimensionale;
- Curgeri staționare sau nestaționare;
- Toate regimurile de viteză (subsonic, transonic, supersonic);

- Curgeri laminare, tranzitorii și turbulente;
- Gamă completă pentru modelarea turbulenței ce cuprinde: k-epsilon, k-omega, RSM, DES (inclusiv Delayed DES și Improved Delayed DES) și LES (inclusiv Wall-Modeled LES, RANS+LES, Embedded LES);
- Transfer de căldură (convecție, conducție, radiație – inclusiv radiație solară);
- Amestecuri și reacții chimice incluzând modele de combustie, depunere/reacție pe suprafețe;
- Modele de suprafață liberă și pentru curgeri multifazice, cu transfer termic și reacții chimice;
- Calculul Lagrangian al traiectoriilor fazei disperse (particule/picături/bule), cuplat cu faza continuă, transfer de masă și modele pentru jeturi (spray) și filme de lichid;
- Modele pentru aplicații cu schimbare de fază (topire/solidificare), cavitație și abur umed;
- Medii poroase cu permeabilitate anizotropică, rezistență inerțială și vâscoasă, conducție termică în solid;
- Grile deformabile pentru simularea curgerilor în jurul obiectelor aflate în mișcare relativă;
- Sisteme de referință inerțiale sau ne-inerțiale;
- Modelare aeroacustică;
- Posibilitatea definirii de surse volumetrice de masă, impuls, energie și specii chimice;
- Bază de date pentru materiale;
- Funcții definite de utilizator (UDF).

Modelarea turbulenței

RANS (*Reynolds-Averaged Navier-Stokes*)

- Model cu zero ecuații de transport (algebric);
- Model cu o ecuație de transport: Spalart-Allmaras;
- Modele cu două ecuații de transport:
 - k-epsilon (standard, RNG, realizabil și modele pentru numere Re mici);
 - k-omega (standard, SST);
 - corecții disponibile pentru convecție naturală, compresibilitate, curbura liniilor de curent și reatașarea stratului limită.
- Modele RSM (*Reynolds Stress Model*):
 - modele cu ecuații algebrice explicite (EARSMS): k-epsilon, BSL;
 - modele cu ecuații de transport pentru tensiunile turbulente: k-epsilon LPS (Gibson-Lauder), LRR (Lauder-Reece-Rodi), QPS/SSG (Speziale-Sarkar-Gatski), Stress-omega.
- Modelarea curgerii în stratul limită:
 - funcții de perete standard (*standard wall-functions*);
 - funcții de perete sensibilizate la gradientul de presiune (*non-equilibrium wall-functions*);
 - funcții de perete scalabile pentru toate modelele k-epsilon (inclusiv RSM k-epsilon);
 - funcții de perete avansate (încorporate în modelul *Enhanced Wall Treatment*) pentru modele k-epsilon și k-omega (plus modelul Spalart-Allmaras);
 - corecții disponibile pentru curbura peretelui;
 - corecții pentru controlul turbulenței în curgerile cu suprafață liberă (numai pentru modelele k-omega).
- Modelarea tranziției laminar-turbulent în stratul limită:
 - modelul k-k1-omega (3 ecuații)
 - modelul SST k-omega tranzițional (4 ecuații)
 - folosește corelația Menter-Langtry $\gamma-\theta$;
 - fixarea tranziției prin specificarea explicită a zonelor laminare de către utilizator.
- Toate modelele RANS sunt compatibile cu restul modelelor fizice, inclusiv cu adaptarea dinamică a rețelei de discretizare.

SRS (*Scale-Resolving Simulation*)

- Modele URANS (*Unsteady RANS*) îmbunătățite:
 - modelul SST k-omega SAS (*Scale-Adaptive Simulation*).
- Modele DES (*Detached-Eddy Simulation*):
 - modelul DES Spalart-Allmaras;
 - modelul DES Realizable k-epsilon;
 - modelul DES SST k-omega;
 - modelul IDDES (*Improved Delayed DES*) SST k-omega.
- Modele LES (*Large-Eddy Simulation*), diferențiate prin modalitatea de modelare a vârtejurilor mici:
 - modelul Smagorinski-Lilly cu varianta dinamică;
 - modelul WALE;
 - modelul WMLES;
 - modelul dinamic de transport al energiei cinetice turbulente (KESGSM);
 - funcții de perete Werner-Wengle.
- Modele ELES (*Embedded LES*):

- combinații între modelele RANS și LES definite zonal;
- modele RANS disponibile: toate modelele, cu excepția modelului Spalart-Allmaras;
- modele LES disponibile: toate modelele algebrice (KESGSM exclus).
- Utilizatorul are posibilitatea de a opera modificări asupra tuturor constantelor modelelor, vâscozității turbulente și a vârtejurilor mici și a termenilor sursă din ecuațiile de transport.

Modelare acustică

Sunt disponibile trei metode pentru modelarea și simularea propagării zgomotului aerodinamic:

- Metoda directă:
 - Aplicarea modelelor URANS sau a modelelor DES/LES în ipoteza compresibilității, folosind discretizări adecvate;
- Metoda integrală bazată pe analogia acustică Lighthill:
 - Formularea Ffowcs-Williams & Hawkings;
 - Poate simula atât zgomot de bandă largă cât și de bandă îngustă;
 - Surse și receptori multipli, inclusiv suprafețe în mișcare.
- Modelarea utilizând modele pentru surse de zgomot de bandă largă (Broadband Noise):
 - Necesită doar soluții staționare;
 - Corelații semi-empirice;
 - Modele pentru surse acustice:
 - Formula Proudman;
 - Modelul surselor de zgomot în jeturi;
 - Modelul surselor de zgomot în stratul limită;
 - Termeni sursă în ecuațiile liniarizate Euler;
 - Termeni sursă în ecuația Lilley
- Datele numerice sunt procesate utilizând funcții dedicate, ce includ aplicarea transformatei Fourier discretă.

Modelarea proprietăților de material

- Bază de date cu proprietăți de material pentru fluide și solide, inclusiv amestecuri de fluide și mecanisme de reacție standard;
- Posibilitatea definirii de materiale și mecanisme de reacție noi, ce pot fi salvate într-o bază de date proprie;
- Proprietățile fluidelor pot fi constante sau variabile, funcție de temperatură și compoziție;
- Calculul densității:
 - Legea gazului ideal;
 - Ecuația Redlich-Kwong (standard, Aungier, Soave);
 - Ecuația Peng-Robinson;
 - Ecuația IAPWS IF-97 pentru apă;
 - Definită de utilizator.
- Calculul căldurii specifice:
 - Polinoame format NASA;
 - Interpolare polinomială de ordin max. 8, inclusiv pe porțiuni;
 - Interpolare liniară pe porțiuni;
 - Definită de utilizator.
- Calculul conductivității termice:
 - Formula Sutherland;
 - Modelul cinetic Eucken modificat;
 - Conductivitate anisotropică pentru materiale solide;
 - Definită de utilizator.
- Calculul vâscozității:
 - Fluide newtoniene:
 - Interpolare polinomială sau liniară pe porțiuni;
 - Formula Sutherland;
 - Model cinetic cu sau fără interacțiune;
 - Definită de utilizator.
 - Fluide ne-newtoniene:
 - Legea putere;
 - Bingham;
 - Bird-Carreau;
 - Carreau-Yasuda;
 - Casson, Cross;
 - Hershel-Buckley;

- Ostwald-de Waele;
- Definită de utilizator (parametri dependenți de temperatură).
- Model pentru gaze reale standard aplicabil la refrigeranți și hidrocarburi;
- Model de gaz real definit de utilizator cu ecuații de stare de orice complexitate;
- Ecuația Antoine pentru calcularea curbelor presiunii de vapori pentru substanțe pure.

Modelarea utilizând interfețe neconforme pentru grila de discretizare

- Solverul suportă definirea de interfețe neconforme între discretizările diferitelor zone ale modelului, utile pentru:
 - modelarea utilizând grile realizate independent și conectate ulterior (de ex. zone fluide și solide);
 - modelarea mișcării relative a zonelor grilei;
 - modelarea ELES.
- Definirea interfețelor permite controlul detaliat al condițiilor la limită pentru eventualele zone libere (neincluse în interfață);
- Algoritmi de intersecție: direct prin intersecție poligonală (Sutherland-Hodgeman) sau rasterizat.

Modelarea domeniilor multiple și a interfețelor acestora

- Condiții la limită de tip periodic translațional sau rotațional;
- Pentru condițiile la limită periodice translaționale se pot specifica căderea de presiune sau debitul masic;
- Interfețe între domenii fluide și solide cu schimbarea poziției sau formei;
- Modelarea mediilor poroase cu aplicarea de modele de interfață conservative între mediul fluid și cel poros;
- Inserarea de suprafețe subțiri la interfața dintre domenii fluide și solide pentru modelarea conducției, rezistenței termice de contact și a efectului straturilor de acoperire sau pentru transferul de variabile adiționale;
- Sisteme de referință inerțiale și neinerțiale;
- Modelarea vitezei în domenii aflate în rotație utilizând formularea relativă sau cea absolută;
- Modele de interfață pentru domenii în mișcare relativă:
- Aproximări staționare:
 - Medierea circumferențială (*Mixing Plane*);
 - Modelul rotorului înghețat (MRF).
- Modele nestaționare:
 - Modelul *Sliding Mesh*;
 - Modele speciale pentru simularea interacțiunii rotor-stator în mașinile cu palete:
 - *Profile Transformation*;
 - *Time Transformation*;
 - *Fourier Transformation*.

Modelarea curgerilor multifazice

- Modelul VOF (*Volume Of Fluid*):
 - Utilizat pentru modelarea suprafeței libere în sisteme gaz-lichid sau lichid-lichid imiscibile;
 - Efecte de tensiune superficială și adeziune la pereți;
 - Scheme de discretizare dedicate (HRIC, *Compressive*, CICSAM) pentru suprafața liberă, reconstrucție precisă folosind metoda geometrică;
 - Modelarea transferului de masă și energie, transportul speciilor;
 - Atât faza gazoasă cât și cea lichidă pot fi modelate ca fiind compresibile;
 - Control avansat al analizelor nestaționare (inclusiv pas de timp adaptiv/variabil).
- Modelul Eulerian:
 - Poate modela orice combinație de stări de agregare, număr nelimitat de faze;
 - Modele pentru forța de rezistență aerodinamică;
 - Modele pentru forțe adiționale: portanță, dispersie turbulentă, masă virtuală, lubrificație;
 - Modelarea transferului termic între faze;
 - Modelarea transferului de masă:
 - Modele pentru evaporare, condensare, fierbere;
 - Modele de cavitație (Singhal, Zwart-Gerber-Belamri, Schnerr&Sauer).
 - Modelarea fazelor polidisperse folosind modelul *Population Balance*/MUSIG;
 - Modificarea prin funcții externe a termenilor sursă pentru ecuațiile fracțiilor volumice.
- Modelul amestecului (*Mixture*):
 - Număr nelimitat de faze;
 - Modelarea transferului de energie;
 - Transportul speciilor în sau între faze;
 - Viteza de alunecare și diametrul particulelor pot fi modificate de utilizator;

- Modificarea prin funcții externe a termenilor sursă pentru ecuațiile fracțiilor volumice.
- Modelul fazelor granulare:
 - Disponibil cu modelele Eulerian și *Mixture*
 - Opțiuni multiple pentru relațiile constitutive și proprietățile fazelor granulare;
 - Condiția la limită Johnson&Jackson.
- Modelul *Wet Steam*:
 - Simularea recondensării aburului în condiții de presiune și temperatură specifice.

Modelarea Lagrangeană a fazelor disperse

- Calcularea traiectoriilor pentru particule / picături / bule în curgeri staționare sau nestaționare.
 - adaptarea pasului în timp controlată pe baza erorii de integrare;
 - selectarea automată a schemei de urmărire.
- Cuplarea uni- sau bidirecțională a transferului de impuls, energie și masă cu faza continuă;
- Modelarea transferului termic (inclusiv convecție și radiație, căldură latentă);
- Modelarea transferului de masă (evaporarea și fierberea picăturilor lichide, devolatilizarea particulelor solide).
- Control detaliat al modalității de injectare, poziției, distribuției dimensiunilor particulelor;
- Modelarea forțelor: rezistență, portanță, masă virtuală, gradientul presiunii, dispersia turbulentă;
- Modele predefinite pentru coef. de rezistență (inclusiv pentru efecte de formă) și posibilitatea definirii de către utilizator;
- Modele de atomizare:
 - modele de atomizare primară;
 - modele de împrăștiere;
 - modele pentru ciocnirea/contopirea picăturilor;
 - modele de atomizare secundară.
- Modele pentru filme de lichid la perete;
- Condiții la limită pentru particule la contactul cu pereții (interacțiuni, reflectare, adeziune);
- Model pentru eroziunea pereților;
- Procesare paralelă.

Tipuri de condiții la limită:

- Condiții pe granițe pentru simulări staționare și nestaționare;
- Intrări/ieșiri multiple, cu specificarea:
 - Vitezei sau fluxului masic (pe componente, în coordonate carteziane sau cilindrice/polare, mărime și direcție, mărimea componentei normale sau coordonate locale definite de utilizator);
 - Presiunea statică și totală la intrare, cu direcție normală sau specificată de curgere;
 - Frația masică la intrare pentru curgeri multifazice/transportul speciilor chimice;
 - Temperatura statică și totală la intrare
 - Energia cinetică turbulentă și viteza de disipație (cu opțiuni de introducere a intensității turbulenței și lungimii de referință, diametrului hidraulic sau raportului vâscozităților);
 - Presiunea statică la ieșire cu opțiunea specificării fluxului masic necesar;
 - Distribuția presiunii statice la ieșire după ecuația echilibrului radial.
- Condiție de gradient nul pe granițe de ieșire;
- Condiții la pereți, cu specificarea:
 - Vitezei tangențiale la perete utilizând componente carteziane sau viteza de rotație;
 - Tensiunilor de forfecare, inclusiv condițiile de alunecare;
 - Condițiilor la limită termice utilizând fluxul termic, temperatura sau convecția exterioară, radiația (emisivitatea), sau condiții mixte;
 - Calculul tensiunilor de forfecare prin funcții de perete în curgerea turbulentă, cu includerea efectelor rugozității.
- Condiții la limită de tip „non-reflecting”;
- Condiții la limită de tip simetrie și axă;
- Granițe periodice translaționale și rotaționale (conforme și neconforme);
- Profile spațiale (1D și 2D) și temporale pentru condiții la intrare/ieșire și la pereți.

Capabilități CFD, 2 opțiuni:

Opțiunea 1:

- Metoda volumului finit, solver nestructurat, centrat nodal;
- Algoritm implicit, cuplat, bazat pe presiune, pentru toate regimurile de viteză, de la incompresibil la compresibil:
 - Cuplarea ecuațiilor de continuitate și impuls, inclusiv pentru curgeri multifazice;
 - Cuplarea ecuației de conservare a energiei (și alte variabile adiționale) pentru curgeri multifazice;

- AMG (Algebraic MultiGrid);
- Algoritm de relaxare ILU (Incomplete Lower-Upper Factorization).
- Scheme de discretizare advecție/convecție: Upwind, High Resolution, factor de ponderare ord.I – ord.II de precizie; diferențe centrate (cu limitare);
- Schemă de discretizare robustă și precisă pentru difuzie;
- Discretizare temporală conservativă de ord.I și II de precizie, avansare în timp cu pas adaptiv;
- Alocare dinamică a memoriei.
- Definirea de variabile adiționale (scalari) sub formă de ecuații algebrice, Poisson sau ecuații de transport.

Opțiunea 2:

- Metoda volumului finit, solver nestructurat, centrat pe celulă;
- Executabile în simplă și dublă precizie, alocare dinamică a memoriei;
- Solvere numerice (4):
 - Solvere bazate pe presiune, algoritm implicit, segregat sau cuplat
 - Solvere bazate pe densitate: algoritm cuplat, implicit sau explicit.
- Algoritmi de tip segregat: SIMPLE, SIMPLER, PISO;
- Scheme de discretizare pentru termeni convectivi: Upwind ord. I și ord. II, QUICK, MUSCL (ord.III), cu diferențe centrate (cu limitare);
- Discretizare cu diferențe centrate pentru termeni difuzivi;
- Interpolarea presiunii utilizând schemele: PRESTO, liniară, Upwind ord. II, inerțială;
- Discretizare temporală de ord.I și II, avansare în timp cu pas adaptiv pentru formulări implicite; algoritm explicit și scheme Runge-Kutta pentru formulări explicite;
- Algoritmi multigrid pentru accelerarea convergenței: Algebraic-MG, Selective-MG, FAS (Full-Approximation Storage) cu cicluri de tip Flexible, V, W și F;
- Metode de relaxare Gauss și ILU;
- Schemă de calcul neiterativ în regim nestăionar incompresibil (NITA) pentru solvele bazate pe presiune;
- Mărimi scalare și vectoriale definite de utilizator;
- Ecuații de transport definite de utilizator;
- Implementare de ecuații algebrice folosind funcționalitățile de atașare a funcțiilor externe (UDF).

CAPABILITĂȚI HPC (*High Performance Computing*)

- Toate solvele numerice au suport pentru calcul paralel (HPC)
- Calculul paralel distribuit (pe mașini multiple, în rețea – cluster) beneficiază de partiționarea și distribuția optimizată automat a încărcării pe baza arhitecturii clusterului.
- Numărul de utilizatori diferiți ce pot accesa licența simultan: minim 1 utilizator. Numărul total de utilizatori nu este limitat.
- Numărul de procese de calcul paralel incluse în licența oferită: minim 16/utilizator.

LOT 2. Licență software perpetuă ANSYS Academic **Teaching Mechanical and CFD**

CERINȚE GENERALE MINIME

- Versiunea de software: ultima versiune la data curentă.
- Număr de licențe (bucăți): 2.
- Număr de utilizatori: fiecare licență permite accesul simultan a minim 5 utilizatori diferiți.
- Conținutul pachetului:
 - Licența pentru întregul pachet în format electronic (fișier text);
 - Documentația de instalare și utilizare în format electronic.
- Valabilitatea licenței: perpetuă (permanentă)
- Pe perioada de garanție (12 luni) se asigură gratuit:
 - servicii de asistență tehnică, actualizare și mentenanță software;
 - acces site dedicat utilizatorilor, cu facilități suplimentare față de documentația de bază, restricționat pe bază de parolă.
- Termen de livrare: maxim 10 zile.

COMPATIBILITATE HARDWARE ȘI SOFTWARE

- Numărul de utilizatori diferiți ce pot accesa simultan o licență: minim 5 utilizatori / licență. Numărul total de utilizatori nu este limitat.
- Numărul de procese de calcul paralel incluse într-o licență: minim 4/utilizator
- Sisteme de operare suportate: Pachetul software să fie funcțional pe platforme hardware Intel sau AMD, având sistemul de operare Windows 10 (64-bit).

PLATFORMA DE LUCRU, PREPROCESARE, POSTPROCESARE

Produsul software trebuie să fie un mediu de lucru interactiv ce asigură interfața de comunicare (grafic și text) dintre utilizator și aplicațiile utilizate. Următoarele facilități sunt cerute:

- Introduce uneltele necesare realizării managementului proiectelor de simulare numerică;
- Interfață grafică simplă ce permite utilizatorului definirea proiectelor de simulare utilizând scheme cu blocuri predefinite (Systems);
- Simulările multidisciplinare pot fi realizate prin interconectarea simbolică a mai multor blocuri, conexiunile putând fi realizate manual sau automat și ulterior modificate; aceste conexiuni definesc modul și sensul de transmitere a datelor;
- Schemele de lucru definite pot fi reutilizate prin schimbarea datelor de intrare și rularea ulterioară automată;
- Modul de lucru se bazează pe realizarea automată de script-uri/jurnale care controlează operațiunile efectuate, aceste script-uri putând fi definite și manual de către utilizator;
- Implicit, interfața permite definirea facilă de analize parametrice sau puncte de funcționare (Design Points) multiple ce pot fi rulate automat;
- Facilitățile oferite permit analize de tip „Design Exploration”, pornind de la puncte de design definite folosind diverse metode DOE (Design-Of-Experiments), ce pot fi procesate paralel:
 - Optimizare directă cu algoritmi multi-obiectiv;
 - Corelarea parametrilor și sensibilitate;
 - Suprafață de răspuns (+ optimizare);
 - Analize de tip Six-Sigma.
- Rulările pot fi întrerupte și repornite manual în orice moment;
- Fișierele de date sunt salvate automat folosind o structură prestabilă.

GENERAREA MODELULUI GEOMETRIC

Aplicație dedicată realizării modelelor geometrice sau importului și procesării modelelor CAD realizate în aplicații externe.

- Modelele geometrice pot fi parametrizate complet în timpul creării, importate cu parametri predefiniți sau parametrizate ulterior;
- Se pot construi modele conceptuale, folosind primitive și funcții booleene;
- Modele CAD importate pot fi prelucrate utilizând unelte speciale pentru curățare și reparare automatizate, iar ulterior pot fi modificate / simplificate conform nevoilor specifice simulării numerice;
- Erorile sunt identificate și semnalate automat;
- Import/export al geometriei în format:

- ACIS
- IGES
- Parasolid
- STEP
- STL
- ANSYS BladeGen
- Monte Carlo N-Particle
- SpaceClaim
- Interfețe pentru importul modelelor CAD:
 - CATIA V5
 - UG NX
 - Autodesk Inventor
 - Autodesk MDT
 - CoCreate Modeling
 - Pro/ENGINEER
 - SolidWorks
 - Solid Edge

DISCRETIZAREA DOMENIULUI DE CALCUL

Aplicație integrată, destinată utilizatorilor neexperimentați, putând fi utilizată pentru realizarea rapidă și automatizată a grilelor de discretizare, controlul discretizării fiind corelat cu tipul de simulare numerică căreia îi este destinată. Aplicație avansată, specializată în realizarea grilelor de discretizare nestructurate de foarte bună calitate.

Caracteristici principale:

- Generarea grilelor de tip structurat, nestructurat, sau hibrid folosind toate tipurile de celule (hex, wedge, prism, pyr, tet, tet-wedge);
- Geometria poate fi utilizată inclusiv cu toleranțele mari specifice sistemelor CAD;
- Funcții de detectare și reparare automată a fisurilor sau găurilor și de extragere a domeniului fluid din modele CAD solide;
- Rediscretizarea cavităților independent de restul domeniului discretizat;
- Parametrizarea operațiilor și a controlului local sau global al discretizării;
- Controlul local al discretizării: funcții de dimensionare (Size Functions) pentru controlul explicit al dimensiunii elementelor pe muchii, suprafețe sau volume, sau pe baza proximității și/sau a curburii geometriei, cu detectarea automată a contactului;
- Verificarea validității și diagnosticarea calității discretizării;
- Funcții specifice pentru repararea/îmbunătățirea calității grilei;
- Manipularea interactivă a grilelor: scalare, translație, rotație, unire sau separare;
- Funcții speciale pentru manipularea grilelor de discretizare:
- Interfețe neconforme fluid-fluid și fluid-solid;
- Adaptarea automată a grilei de discretizare pe baza soluției numerice, sau manuală pe baza distanței la perete sau în zonele specificate de utilizator; adaptare conformă (rețele nestructurate) sau cu noduri agățate, dinamică (simulări nestaționare), cu reconstrucția granițelor neplanare utilizând geometria originală;
- Utilizarea rețelilor dinamice pentru probleme nestaționare, mișcarea fiind definită prin funcții externe sau calculată (solver cu 6 grade de libertate):
 - Toate operațiile dinamice sunt realizate automat de către solver;
 - Mișcarea granițelor este preluată prin deformarea grilei interioare (analogia elastică) sau reconstrucție (stratificare, reglarea locală, 2,5D)

EXPORTUL ȘI IMPORTUL DATELOR

Formate de fișier acceptate pentru import:

- ABAQUS .inp, .fil, și .odb
- CFX .def și .res
- CGNS
- EnSight
- HYPERMESH ASCII
- ANSYS
- I-deas Universal
- LSTC/DYNA keyword input și state databases
- Marc POST
- Mechanical APDL .inp, .cdb, .rst, .rmg, și .rfl

- NASTRAN Bulk Data
- PATRAN Neutral
- PLOT3D mesh
- PTC Mechanical Design
- Tecplot files

Formate de fișier exportate:

- ABAQUS, Mechanical APDL, Mechanical APDL Input, ASCII, AVS, ANSYS CFD-Post, CGNS, Data Explorer, EnSight, FAST, FIELDVIEW, I-deas, NASTRAN, PATRAN, RadTherm, Tecplot.

Pentru formatele NASTRAN, ABAQUS, Mechanical APDL Input, I-deas Universal, și PATRAN se pot exporta următoarele:

- Noduri, elemente;
- Seturi nodale (condiții pe granițe);
- Variabile: presiune, temperatură, flux termic, coeficient de transfer termic;
- Forțe.

POSTPROCESARE

Aplicație dedicată postprocesării rezultatelor numerice obținute în analize CFD, inclusă în licență.

- Posibilitatea utilizării de sisteme de unități de măsură multiple: SI, britanic sau în combinație;
- Setările cazului de calcul pot fi modificate dinamic oricând pe parcursul soluționării, putându-se efectua inclusiv operații de postprocesare (implică oprirea execuției și relansare);
- Monitorizarea soluției numerice (grafic și/sau text): reziduurile ecuațiilor modelului numeric, minime și maxime, fluxuri (masă, căldură), forțe și momente pe suprafețele solide, valori medii și integrale;
- Exportul și importul soluției numerice pe grile de discretizare diferite (interpolare automată de ordin zero), sau înlocuirea interactivă a grilei de discretizare (integral sau pe zone) cu păstrarea soluției numerice intermediare și a setărilor;
- Raportare alfanumerică:
 - fluxuri prin granițe: masă și căldură (inclusiv radiație);
 - forțe pe suprafețe solide: forțe, momente, centru de presiune;
 - integrare pe suprafață: calcul arii, medii raportate la arie/masă, valori minime/maxime, debit masic/volumetric, sumă, deviație standard;
 - integrare pe volum: calcul volume, sumă, valori minime/maxime, medii raportate la volum/masă;
 - postprocesarea fazelor discrete: poziție, viteză, diametru, temperatură, flux masic.
- Calculul gradientilor și a cantităților derivate.
- Utilizarea transformatei Fourier discrete pentru analizarea seriilor de date temporale;
- Reprezentare grafică 2D (XY) pentru toate mărimile calculate, fișiere de date externe, profile;
- Reprezentare grafică interactivă pentru vectori și mărimi scalare pe suprafețe (granițe ale domeniului de calcul, suprafețe interioare sau secțiuni definite de utilizator);
- Reprezentare grafică a liniilor de curent pe suprafețe sau în volum și a traiectoriilor fazelor discrete;
- Utilizarea mouse-ului pentru manipulare în fereastra grafică (rotație, translație, zoom in/out);
- Creare și salvare automată de animații în format MPEG;
- Exportul grafic în format: EPS, PostScript, JPEG, PPM, TIFF, PNG, VRML;
- Șabloane de postprocesare standardizate pentru mașini cu palete;
- Automatizarea operațiilor de postprocesare prin utilizarea facilităților de scripting;
- Crearea automată a rapoartelor de studiu în format .html.

CAPABILITĂȚI DE MODELARE ȘI SIMULARE NUMERICĂ ÎN DINAMICA FLUIDELOR

Capabilități de modelare generale:

- Rezolvarea modelului Navier-Stokes utilizând metoda volumelor finite
- Solvere nestructurate ce pot utiliza orice tip de grilă de discretizare, inclusiv poliedrală;
- Fluide newtoniene și ne-newtoniene;
- Curgeri bidimensionale (plane sau axial-simetrice) și tridimensionale;
- Curgeri staționare sau nestaționare;
- Toate regimurile de viteză (subsonic, transonic, supersonic);
- Curgeri laminare, tranzitorii și turbulente;
- Gamă completă pentru modelarea turbulenței ce cuprinde: k-epsilon, k-omega, RSM, DES (inclusiv Delayed DES și Improved Delayed DES) și LES (inclusiv Wall-Modeled LES, RANS+LES, Embedded LES);
- Transfer de căldură (convecție, conducție, radiație –inclusiv radiație solară);
- Amestecuri și reacții chimice incluzând modele de combustie, depunere/reacție pe suprafețe;

- Modele de suprafață liberă și pentru curgeri multifazice, cu transfer termic și reacții chimice;
- Calculul Lagrangian al traiectoriilor fazei disperse (particule/picături/bule), cuplat cu faza continuă, transfer de masă și modele pentru jeturi (spray) și filme de lichid;
- Modele pentru aplicații cu schimbare de fază (topire/solidificare), cavitație și abur umed;
- Medii poroase cu permeabilitate anizotropică, rezistență inerțială și vâscoasă, conducție termică în solid;
- Grile deformabile pentru simularea curgerilor în jurul obiectelor aflate în mișcare relativă;
- Sisteme de referință inerțiale sau ne-inerțiale;
- Modelare aeroacustică;
- Posibilitatea definirii de surse volumetrice de masă, impuls, energie și specii chimice;
- Bază de date pentru materiale;
- Funcții definite de utilizator (UDF).

Modelarea turbulenței

RANS (*Reynolds-Averaged Navier-Stokes*)

- Model cu zero ecuații de transport (algebric);
- Model cu o ecuație de transport: Spalart-Allmaras;
- Modele cu două ecuații de transport:
 - k-epsilon (standard, RNG, realizabil și modele pentru numere Re mici);
 - k-omega (standard, SST);
 - corecții disponibile pentru convecție naturală, compresibilitate, curbura liniilor de curent și reatașarea stratului limită.
- Modele RSM (*Reynolds Stress Model*):
 - modele cu ecuații algebrice explicite (EARS): k-epsilon, BSL;
 - modele cu ecuații de transport pentru tensiunile turbulente: k-epsilon LPS (Gibson-Lauder), LRR (Lauder-Reece-Rodi), QPS/SSG (Speziale-Sarkar-Gatski), Stress-omega.
- Modelarea curgerii în stratul limită:
 - funcții de perete standard (*standard wall-functions*);
 - funcții de perete sensibilizate la gradientul de presiune (*non-equilibrium wall-functions*);
 - funcții de perete scalabile pentru toate modelele k-epsilon (inclusiv RSM k-epsilon);
 - funcții de perete avansate (încorporate în modelul *Enhanced Wall Treatment*) pentru modele k-epsilon și k-omega (plus modelul Spalart-Allmaras);
 - corecții disponibile pentru curbura peretelui;
 - corecții pentru controlul turbulenței în curgerile cu suprafață liberă (numai pentru modelele k-omega).
- Modelarea tranziției laminar-turbulent în stratul limită:
 - modelul k-kl-omega (3 ecuații)
 - modelul SST k-omega tranzițional (4 ecuații)
 - folosește corelația Menter-Langtry $\gamma-\theta$;
 - fixarea tranziției prin specificarea explicită a zonelor laminare de către utilizator.
- Toate modelele RANS sunt compatibile cu restul modelelor fizice, inclusiv cu adaptarea dinamică a rețelei de discretizare.

SRS (*Scale-Resolving Simulation*)

- Modele URANS (*Unsteady RANS*) îmbunătățite:
 - modelul SST k-omega SAS (*Scale-Adaptive Simulation*).
- Modele DES (*Detached-Eddy Simulation*):
 - modelul DES Spalart-Allmaras;
 - modelul DES Realizable k-epsilon;
 - modelul DES SST k-omega;
 - modelul IDDES (*Improved Delayed DES*) SST k-omega.
- Modele LES (*Large-Eddy Simulation*), diferențiate prin modalitatea de modelare a vârtejurilor mici:
 - modelul Smagorinski-Lilly cu varianta dinamică;
 - modelul WALE;
 - modelul WMLES;
 - modelul dinamic de transport al energiei cinetice turbulente (KESGSM);
 - funcții de perete Werner-Wengle.
- Modele ELES (*Embedded LES*):
 - combinații între modelele RANS și LES definite zonal;
 - modele RANS disponibile: toate modelele, cu excepția modelului Spalart-Allmaras;
 - modele LES disponibile: toate modelele algebrice (KESGSM exclus).
- Utilizatorul are posibilitatea de a opera modificări asupra tuturor constantelor modelelor, vâscozității turbulente și a vârtejurilor mici și a termenilor sursă din ecuațiile de transport.

Modelare acustică

Sunt disponibile trei metode pentru modelarea și simularea propagării zgomotului aerodinamic:

- Metoda directă:
 - Aplicarea modelelor URANS sau a modelelor DES/LES în ipoteza compresibilității, folosind discretizări adecvate;
- Metoda integrală bazată pe analogia acustică Lighthill:
 - Formularea Ffowcs-Williams & Hawkings;
 - Poate simula atât zgomot de bandă largă cât și de bandă îngustă;
 - Surse și receptori multipli, inclusiv suprafețe în mișcare.
- Modelarea utilizând modele pentru surse de zgomot de bandă largă (Broadband Noise):
 - Necesită doar soluții staționare;
 - Corelații semi-empirice;
 - Modele pentru surse acustice:
 - Formula Proudman;
 - Modelul surselor de zgomot în jeturi;
 - Modelul surselor de zgomot în stratul limită;
 - Termeni sursă în ecuațiile liniarizate Euler;
 - Termeni sursă în ecuația Lilley
- Datele numerice sunt procesate utilizând funcții dedicate, ce includ aplicarea transformatei Fourier discretă.

Modelarea proprietăților de material

- Bază de date cu proprietăți de material pentru fluide și solide, inclusiv amestecuri de fluide și mecanisme de reacție standard;
- Posibilitatea definirii de materiale și mecanisme de reacție noi, ce pot fi salvate într-o bază de date proprie;
- Proprietățile fluidelor pot fi constante sau variabile, funcție de temperatură și compoziție;
- Calculul densității:
 - Legea gazului ideal;
 - Ecuația Redlich-Kwong (standard, Aungier, Soave);
 - Ecuația Peng-Robinson;
 - Ecuația IAPWS IF-97 pentru apă;
 - Definită de utilizator.
- Calculul căldurii specifice:
 - Polinoame format NASA;
 - Interpolare polinomială de ordin max. 8, inclusiv pe porțiuni;
 - Interpolare liniară pe porțiuni;
 - Definită de utilizator.
- Calculul conductivității termice:
 - Formula Sutherland;
 - Modelul cinetic Eucken modificat;
 - Conductivitate anisotropică pentru materiale solide;
 - Definită de utilizator.
- Calculul vâscozității:
 - Fluide newtoniene:
 - Interpolare polinomială sau liniară pe porțiuni;
 - Formula Sutherland;
 - Model cinetic cu sau fără interacțiune;
 - Definită de utilizator.
 - Fluide ne-newtoniene:
 - Legea putere;
 - Bingham;
 - Bird-Carreau;
 - Carreau-Yasuda;
 - Casson, Cross;
 - Hershel-Buckley;
 - Ostwald-de Waele;
 - Definită de utilizator (parametri dependenți de temperatură).
- Model pentru gaze reale standard aplicabil la refrigeranți și hidrocarburi;
- Model de gaz real definit de utilizator cu ecuații de stare de orice complexitate;
- Ecuația Antoine pentru calcularea curbelor presiunii de vapori pentru substanțe pure.

Modelarea utilizând interfețe neconforme pentru grila de discretizare

- Solverul suportă definirea de interfețe neconforme între discretizările diferitelor zone ale modelului, utile pentru:
 - modelarea utilizând grile realizate independent și conectate ulterior (de ex. zone fluide și solide);
 - modelarea mișcării relative a zonelor grilei;
 - modelarea ELES.
- Definirea interfețelor permite controlul detaliat al condițiilor la limită pentru eventualele zone libere (neincluse în interfață);
- Algoritmi de intersecție: direct prin intersecție poligonală (Sutherland-Hodgeman) sau rasterizat.

Modelarea domeniilor multiple și a interfețelor acestora

- Condiții la limită de tip periodic translaționale sau rotaționale;
- Pentru condițiile la limită periodice translaționale se pot specifica căderea de presiune sau debitul masic;
- Interfețe între domenii fluide și solide cu schimbarea poziției sau formei;
- Modelarea mediilor poroase cu aplicarea de modele de interfață conservative între mediul fluid și cel poros;
- Inserarea de suprafețe subțiri la interfața dintre domenii fluide și solide pentru modelarea conducției, rezistenței termice de contact și a efectului straturilor de acoperire sau pentru transferul de variabile adiționale;
- Sisteme de referință inerțiale și neinertiale;
- Modelarea vitezei în domenii aflate în rotație utilizând formularea relativă sau cea absolută;
- Modele de interfață pentru domenii în mișcare relativă;
- Aproximări staționare:
 - Mediarea circumferențială (*Mixing Plane*);
 - Modelul rotorului înghețat (MRF).
- Modele nestaționare:
 - Modelul *Sliding Mesh*;
 - Modele speciale pentru simularea interacțiunii rotor-stator în mașinile cu palete:
 - *Profile Transformation*;
 - *Time Transformation*;
 - *Fourier Transformation*.

Modelarea curgerilor multifazice

- Modelul VOF (*Volume Of Fluid*):
 - Utilizat pentru modelarea suprafeței libere în sisteme gaz-lichid sau lichid-lichid imiscibile;
 - Efecte de tensiune superficială și adeziune la pereți;
 - Scheme de discretizare dedicate (HRIC, *Compressive*, CICSAM) pentru suprafața liberă, reconstrucție precisă folosind metoda geometrică;
 - Modelarea transferului de masă și energie, transportul speciilor;
 - Atât faza gazoasă cât și cea lichidă pot fi modelate ca fiind compresibile;
 - Control avansat al analizelor nestaționare (inclusiv pas de timp adaptiv/variabil).
- Modelul Eulerian:
 - Poate modela orice combinație de stări de agregare, număr nelimitat de faze;
 - Modele pentru forța de rezistență aerodinamică;
 - Modele pentru forțe adiționale: portanță, dispersie turbulentă, masă virtuală, lubrificație;
 - Modelarea transferului termic între faze;
 - Modelarea transferului de masă:
 - Modele pentru evaporare, condensare, fierbere;
 - Modele de cavitație (Singhal, Zwart-Gerber-Belamri, Schnerr&Sauer).
 - Modelarea fazelor polidisperse folosind modelul *Population Balance*/MUSIG;
 - Modificarea prin funcții externe a termenilor sursă pentru ecuațiile fracțiilor volumice.
- Modelul amestecului (*Mixture*):
 - Număr nelimitat de faze;
 - Modelarea transferului de energie;
 - Transportul speciilor în sau între faze;
 - Viteza de alunecare și diametrul particulelor pot fi modificate de utilizator;
 - Modificarea prin funcții externe a termenilor sursă pentru ecuațiile fracțiilor volumice.
- Modelul fazelor granulare:
 - Disponibil cu modelele Eulerian și *Mixture*
 - Opțiuni multiple pentru relațiile constitutive și proprietățile fazelor granulare;
 - Condiția la limită Johnson&Jackson.

- Modelul *Wet Steam*:
 - Simularea recondensării aburului în condiții de presiune și temperatură specifice.

Modelarea Lagrangeană a fazelor disperse

- Calcularea traiectoriilor pentru particule / picături / bule în curgeri staționare sau nestaționare.
 - adaptarea pasului în timp controlată pe baza erorii de integrare;
 - selectarea automată a schemei de urmărire.
- Cuplarea uni- sau bidirecțională a transferului de impuls, energie și masă cu faza continuă;
- Modelarea transferului termic (inclusiv convecție și radiație, căldură latentă);
- Modelarea transferului de masă (evaporarea și fierberea picăturilor lichide, devolatilizarea particulelor solide);
- Control detaliat al modalității de injectare, poziției, distribuției dimensiunilor particulelor;
- Modelarea forțelor: rezistență, portanță, masă virtuală, gradientul presiunii, dispersia turbulentă;
- Modele predefinite pentru coef. de rezistență (inclusiv pentru efecte de formă) și posibilitatea definirii de către utilizator;
- Modele de atomizare:
 - modele de atomizare primară;
 - modele de împrăștiere;
 - modele pentru ciocnirea/contopirea picăturilor;
 - modele de atomizare secundară.
- Modele pentru filme de lichid la perete;
- Condiții la limită pentru particule la contactul cu pereții (interacțiune, reflectare, adeziune);
- Model pentru eroziunea pereților;
- Procesare paralelă.

Tipuri de condiții la limită:

- Condiții pe granițe pentru simulări staționare și nestaționare;
- Intrări/ieșiri multiple, cu specificarea:
 - Vitezei sau fluxului masic (pe componente, în coordonate carteziane sau cilindrice/polare, mărime și direcție, mărimea componentei normale sau coordonate locale definite de utilizator);
 - Presiunea statică și totală la intrare, cu direcție normală sau specificată de curgere;
 - Frația masică la intrare pentru curgeri multifazice/transportul speciilor chimice;
 - Temperatura statică și totală la intrare
 - Energia cinetică turbulentă și viteza de disipație (cu opțiuni de introducere a intensității turbulenței și lungimii de referință, diametrului hidraulic sau raportului vâscozităților);
 - Presiunea statică la ieșire cu opțiunea specificării fluxului masic necesar;
 - Distribuția presiunii statice la ieșire după ecuația echilibrului radial.
- Condiție de gradient nul pe granițe de ieșire;
- Condiții la pereți, cu specificarea:
 - Vitezei tangențiale la perete utilizând componente carteziane sau viteza de rotație;
 - Vitezei de forfecare, inclusiv condițiile de alunecare;
 - Condițiilor la limită termice utilizând fluxul termic, temperatura sau convecția exterioară, radiația (emisivitatea), sau condiții mixte;
 - Calculului efortului de frecare prin funcții de perete în curgerea turbulentă, cu includerea efectelor rugozității.
- Condiții la limită de tip „non-reflecting”;
- Condiții la limită de tip simetrie și axă;
- Granițe periodice translaționale și rotaționale (conforme și neconforme);
- Profile spațiale (1D și 2D) și temporale pentru condiții la intrare/ieșire și la pereți.

Capabilități CFD, 2 opțiuni:

Opțiunea 1:

- Metoda volumului finit, solver nestructurat, centrat nodal;
- Algoritm implicit, cuplat, bazat pe presiune, pentru toate regimurile de viteză, de la incompresibil la compresibil:
 - Cuplarea ecuațiilor de continuitate și impuls, inclusiv pentru curgeri multifazice;
 - Cuplarea ecuației de conservare a energiei (și alte variabile adiționale) pentru curgeri multifazice;
 - AMG (Algebraic MultiGrid);
 - Algoritm de relaxare ILU (Incomplete Lower-Upper Factorization).
- Scheme de discretizare advecție/convecție: Upwind, High Resolution, factor de ponderare ord.I – ord.II de precizie; diferențe centrate (cu limitare);
- Schemă de discretizare robustă și precisă pentru difuzie;

- Discretizare temporală conservativă de ord. I și II de precizie, avansare în timp cu pas adaptiv;
- Alocare dinamică a memoriei.
- Definirea de variabile adiționale (scalari) sub formă de ecuații algebrice, Poisson sau ecuații de transport.

Opțiunea 2:

- Metoda volumului finit, solver nestructurat, centrat pe celulă;
- Executabile în simplă și dublă precizie, alocare dinamică a memoriei;
- Solvere numerice (4):
 - Solvere bazate pe presiune, algoritm implicit, segregat sau cuplat
 - Solvere bazate pe densitate: algoritm cuplat, implicit sau explicit.
- Algoritmi de tip segregat: SIMPLE, SIMPLEC, PISO;
- Scheme de discretizare pentru termeni convectivi: Upwind ord. I și ord. II, QUICK, MUSCL (ord. III), cu diferențe centrate (cu limitare);
- Discretizare cu diferențe centrate pentru termeni difuzivi;
- Interpolarea presiunii utilizând schemele: PRESTO, liniară, Upwind ord. II, inerțială;
- Discretizare temporală de ord. I și II, avansare în timp cu pas adaptiv pentru formulări implicite; algoritm explicit și scheme Runge-Kutta pentru formulări explicite;
- Algoritmi multigrid pentru accelerarea convergenței: Algebraic-MG, Selective-MG, FAS (Full-Approximation Storage) cu cicluri de tip Flexible, V, W și F;
- Metode de relaxare Gauss și ILU;
- Schemă de calcul neiterativ în regim nestaționar incompresibil (NITA) pentru solvele bazate pe presiune;
- Mărimi scalare și vectoriale definite de utilizator;
- Ecuații de transport definite de utilizator;
- Implementare de ecuații algebrice folosind funcționalitățile de atașare a funcțiilor externe (UDF).

CAPABILITĂȚI GENERALE DE ANALIZĂ STRUCTURALĂ

Analize statice:

- Analiză statică liniară și neliniară;
- Neliniarități de ordin geometric (deformații mari), de material (plasticitate, ecrusare, hiperelasticitate, fluaj) și de contact;

Analize dinamice:

- Analiză modală:
 - Determinarea frecvențelor și modurilor proprii de vibrație ale structurii;
 - Algoritmi disponibili:
 - Fără amortizare: Block Lanczos (direct), PCG Lanczos (iterativ), Unsymmetric, Supernode;
 - Cu amortizare: Damped, QR Damped.
- Analiză armonică:
 - Răspunsul structurii la încărcări variabile sinusoidal cu diferite frecvențe;
 - Tipuri de analize:
 - Full Harmonic Response;
 - Mode Superposition Response.
- Analiză spectrală:
 - Răspunsul structurii la un anumit spectru de vibrații sau la vibrații aleatoare (cu anumită distribuție de probabilitate);
 - Tipuri de spectre: Single-Point Response Spectrum, Multiple-Point Response Spectrum, Dynamic Design Analysis Method, Power Spectral Density.
- Analiză nestaționară:
 - Răspunsul structurii la încărcări variabile în timp;
 - Metode de soluționare:
 - Full Method – general aplicabilă, toate tipurile de neliniarități sunt disponibile;
 - Mode-Superposition Method – mai rapidă, necesită estimarea modurilor proprii de vibrație ale structurii;
- Analiză de flambaj – liniară sau neliniară;
- Analize de rupere datorată defectelor structurale sau fisurilor;
- Analize de cedare a îmbinărilor lipite (delaminare);
- Modelarea materialelor compozite;
- Modelarea fenomenelor de oboseală;
- Modelarea ranforsărilor și garniturilor;
- Analize avansate: analize utilizând condiția de simetrie ciclică, dinamica structurilor rotative, submodelare și substructurare.

Bază de date cu proprietăți fizice și modele de materiale disponibilă pentru toate programele din mediul de lucru oferit.

- **Librării de materiale disponibile:**
 - Materiale generale – materiale de uz general, ce pot fi utilizate în diferite tipuri de analize, majoritatea fiind metale;
 - Materiale neliniare – utilizabile în analize neliniare;
 - Materiale explicite – materiale destinate simulărilor dinamice explicite;
 - Materiale hiperelastice – curbe tensiuni-deformații generalizate ce pot fi particularizate pentru un material experimental dat;
 - Curbe B-H magnetice – date pentru analize magnetice;
 - Materiale termice – date necesare efectuării de analize termice.
- **Proprietăți de material implementate:**
 - Elasticitate – isotropică, ortotropică, anizotropică;
 - Plasticitate – întărire izotropică/cinematică bi/multi-lineară/neliniară;
 - Hiperelasticitate, vâscoelasticitate și vâscoplasticitate;
 - Modelul Bergstrom-Boyce;
 - Efect Mullins;
 - Fluaj;
 - Posibilitatea definirii de modele de material de către utilizator, inclusiv utilizând facilități de regresie a datelor experimentale.
- **Interacțiuni între componentele ansamblului:**
 - Contact – detectare și definire automată a proprietăților interfețelor de contact, modificabile de către utilizator;
 - Îmbinări prin elemente de fixare sau puncte de sudură;
 - Simularea mecanismelor.
- **Modelarea contactului:**
 - Tipuri de contact:
 - Rigid-rigid sau rigid-flexibil;
 - Nod-nod, nod-suprafață;
 - Linie-linie, linie-suprafață;
 - Suprafață-suprafață.
 - Proprietăți (comportament):
 - Sudat;
 - Fără separare (permite alunecarea relativă);
 - Fără frecare (permite atât alunecarea, cât și separarea);
 - Fără alunecare;
 - Cu frecare.
 - Metode de rezolvare (formulări):
 - Pure Penalty;
 - Normal Lagrange;
 - Augmented Lagrange;
 - Multi-Point Constraint.

Tipuri de condiții la limită:

- Condițiile la limită pot fi specificate utilizând atât geometria modelului, cât și nodurile rețelei de discretizare;
- Valorile pot fi specificate sub formă constantă sau variabilă spațial sau temporal (tabelar sau sub formă de funcție);
- Tipuri de condiții la limită:
 - Inerțiale: accelerații, gravitație, viteze de rotație;
 - Încărcări: structurale (presiuni, forțe, momente), termice, electrice, magnetostatice, interacțiuni (FSI);
 - Reazeme: reazem fix, reazem simplu, reazem elastic, reazem cilindric, deplasări, viteză, alunecare;
 - Condiționări: cuplaje, constrângeri;
 - Directe: orientare / forță / presiune / deplasare / rotație nodală
- Condiții la limită importate din alte tipuri de analize (CFD, termice, electrice): presiuni, forțe, deplasări, temperaturi, fluxuri termice, etc.;
- Condiții la limită definite de utilizator;
- Condiții inițiale statice sau dinamice; pretensionare.

Elemente predefinite:

- Elemente solide: 2D quad / tri, 3D hexa / tetra / wedge / pyramid, multistrat, shell, tetra 4 noduri (stabilizat);
- Elemente de tip shell: de ordin inferior/superior, multistrat;
- Elemente de tip grindă (beam):
 - definirea secțiunii;

- materiale multiple.
- Elemente speciale: ranforsări, link/pipe/elbow, îmbinări (inclusiv îmbinări prin lipire), arcuri, articulații, garnituri;
- Elemente pentru modele multifizice (pore-pressure, fluid-thermal, magneto-structural, thermal-electric, hydrostatic fluid);
- Elemente definite de utilizator.

Metode numerice integrate:

- Elemente finite de tip h și p ;
- Solvere numerice directe:
 - Sparse Direct Solver (SDS), Distributed SDS;
- Solvere numerice iterative:
 - Jacobi Conjugate Gradient (JCG);
 - Preconditioned Conjugate Gradient (PCG);
 - Incomplete Cholesky Conjugate Gradient (ICCG);
 - Variantele JCG, PCG și ICCG pentru calcul paralel (distributed).
- Solvere numerice pentru calculul vectorilor și valorilor proprii:
 - Block Lanczos (direct), PCG Lanczos (iterativ), Unsymmetric, Supernode;
 - Damped, QR Damped.
- Discretizare adaptivă automată cu specificare de către utilizator a nivelului acceptat al erorii / numărului maxim de rafinări.

ANALIZE DE TIP MULTIPHYSICS

Se pot realiza simulări numerice ce implică mai multe domenii fizice (multidisciplinare) utilizând două tipuri principale de proceduri:

- Cuplarea directă – presupune utilizarea unor elemente finite cu formulare specială, ce conține toate gradele de libertate necesare.
 - Caracteristici:
 - Posibilitatea modelării de probleme multifizice diverse;
 - Simplificarea modelului numeric prin folosirea unui singur tip de element finit;
 - Stabilitate pentru rularea de probleme multifizice puternic nelineare;
 - Include efecte nelineare de material și geometrice;
 - Procesare paralelă;
 - Tipuri de simulări multifizice ce pot fi realizate:
 - Analize fluid-structură (interacțiune, acustică);
 - Analize termic-fluid;
 - Analize termic-structural;
 - Analize termic-electric-structural;
 - Analize de piezoelectricitate, piezo-rezistivitate și efect piezocaloric;
 - Analize termoelectrice (încălzire Joule, efecte Peltier, Seebeck, Thomson).
- Transferul încărcărilor – implică două sau mai multe tipuri de analize, de domenii diferite, cuplate prin transferul rezultatelor de la o analiză la alta sub formă de încărcări, în mod secvențial.
 - Caracteristici:
 - Cuplare explicită manuală sau implicită simultană/secvențială automată;
 - Transfer unidirecțional (analize staționare) sau bidirecțional (analize staționare și nestacionare) al rezultatelor;
 - Interfețe neconforme între discretizări, transfer automat al informației prin interfață, adaptare dinamică automată a discretizării;
 - Opțiuni pentru monitorizarea convergenței, stabilizarea calculului, exportul rezultatelor;
 - Posibilitatea efectuării de calcule parametrice și de optimizare;
 - Procesare paralelă.
 - Tipuri de simulări multifizice ce pot fi realizate:
 - Analize termic-structural;
 - Analize termic-fluid;
 - Analize fluid-structural (interacțiune).

CAPABILITĂȚI HPC (High Performance Computing)

- Toate solverele numerice au suport pentru calcul paralel (HPC)
- Calculul paralel distribuit (pe mașini multiple, în rețea – cluster) beneficiază de partiționarea și distribuția optimizată automat a încărcării pe baza arhitecturii clusterului.
- Numărul de utilizatori diferiți ce pot accesa licența simultan: minim 5 utilizatori / licență. Numărul total de utilizatori nu este limitat.
- Numărul de procese de calcul paralel incluse în licență: minim 4/utilizator.

LOT 3 - Licență software perpetuă ANSYS **Academic Research HPC**

CERINȚE GENERALE MINIME

- Licență de tip add-on pentru Licență software perpetuă ANSYS Academic Research CFD.
- Număr de licențe (bucăți): 2.
- Suport nativ pentru HPC: calcul paralel; suport pentru arhitecturi HPC.
- Partiționarea și distribuția optimizată automat a încărcării pe baza arhitecturii clusterului, pentru calculul paralel distribuit (pe mașini multiple, în rețea – cluster);
- Scalabilitate bună;
- Suport pentru procesare folosind GPU
- Valabilitatea licenței: perpetuă (permanentă)
- Pe perioada de garanție (12 luni) se asigură gratuit:
 - o servicii de asistență tehnică, actualizare și mentenanță software;
 - o acces site dedicat utilizatorilor, cu facilități suplimentare față de documentația de bază, restricționat pe bază de parolă.
- Termen de livrare: maxim 10 zile.

COMPATIBILITATE HARDWARE ȘI SOFTWARE

- Numărul de procese de calcul paralel incluse într-o licență: 1.
- Sisteme de operare suportate: Pachetul software trebuie să fie funcțional pe platforme hardware Intel sau AMD, având sistemul de operare Windows 10 (64-bit).

**Director Departament M.F.M.A.H.P.,
Prof.univ.dr.ing. Dănuț Zahariea**

