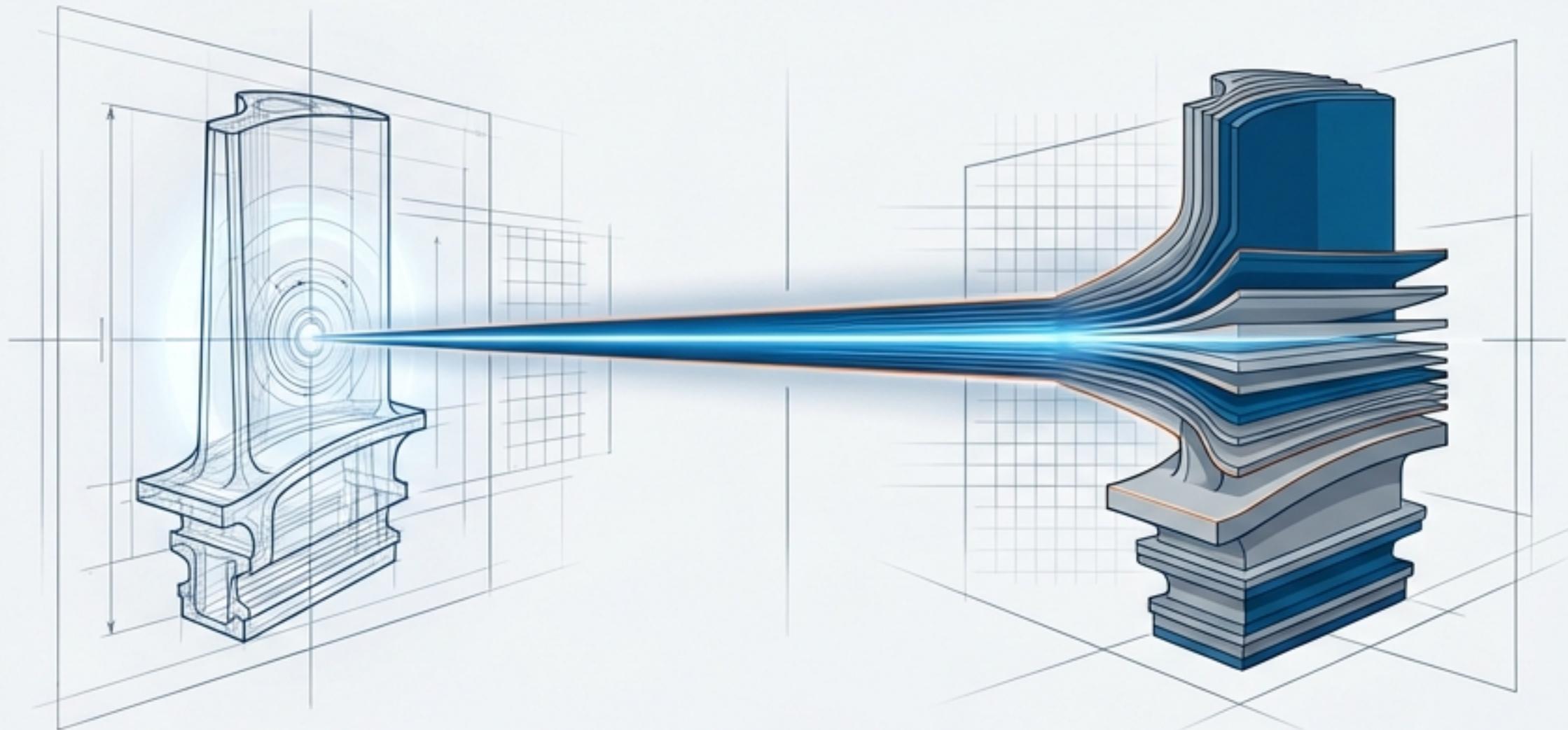


Tehnologii de Fabricație Aditivă

Curs 1: O Nouă Paradigmă În Ingineria Fabricației



Titular Curs: Prof. dr. ing. Daniel-Constantin ANGHEL

Program de Master: Ingineria și Managementul Fabricației Produselor
Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București
Facultate: Mecanică și Tehnologie



De ce Fabricația Aditivă redefineste Ingineria Modernă?

Vom explora o transformare fundamentală în modul în care concepem, proiectăm și realizăm produse. Trecem de la a „sculpta” lumea la a o „construi” strat cu strat.



Motor al Inovației: Permite realizarea de geometrii imposibile prin metode convenționale.



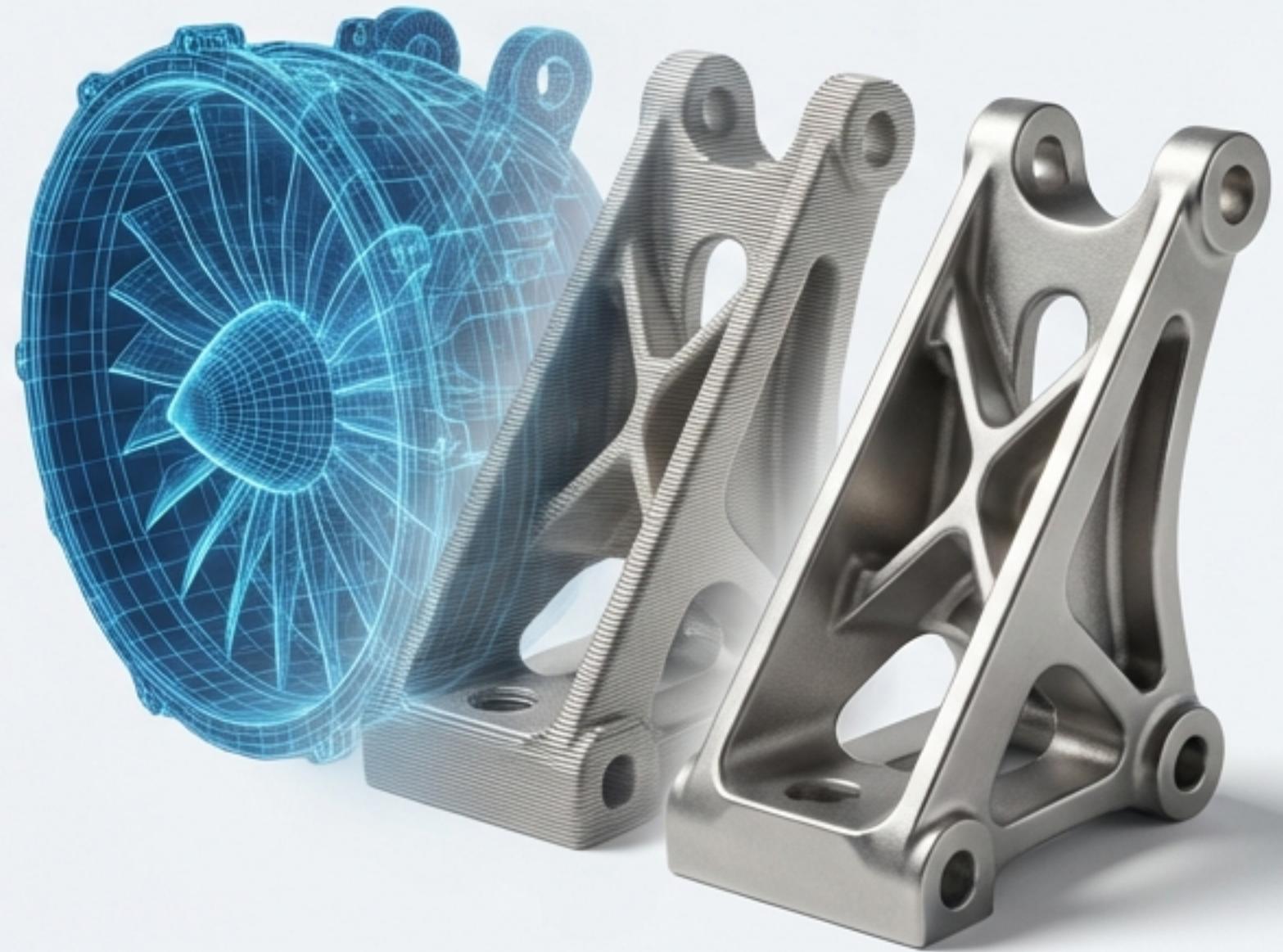
Pilon al Industriei 4.0/5.0: Integrează lanțurile valorice digitale, de la modelul CAD la produsul fizic.



Răspuns la provocări globale: Sustenabilitate, reziliență în lanțurile de aprovisionare, personalizare în masă.

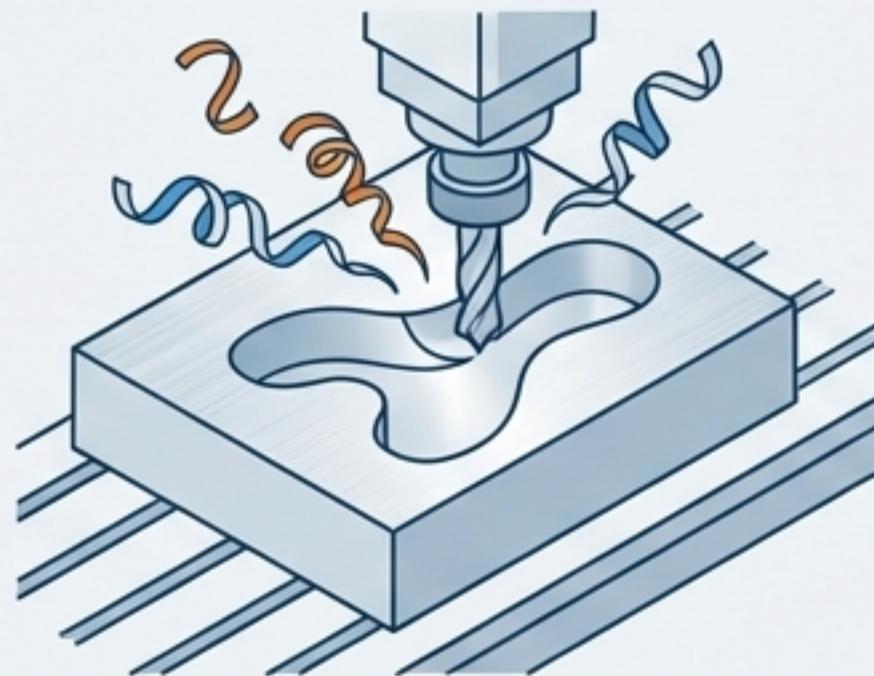


Rolul vostru, ca ingineri: Nu sunteți simpli utilizatori de tehnologie, ci arhitecți ai acestei noi ere a fabricației.



O Poveste a Două Paradigme: Substractiv vs. Aditiv

Fabricația Substractivă (Tradițională)

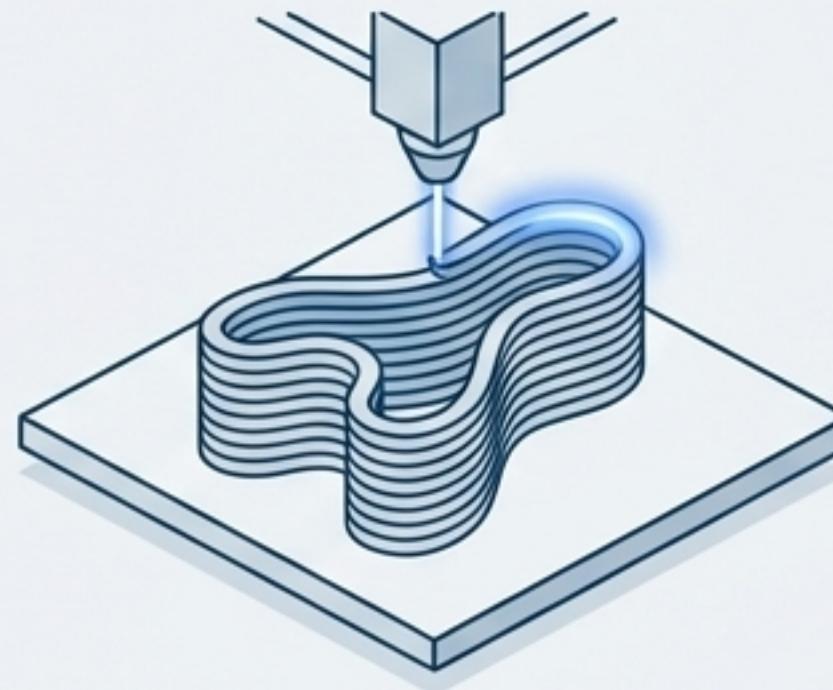


„Sculptorul”

Procesul de a îndepărta material dintr-un bloc solid (ex: strunjire, frezare) pentru a obține forma dorită.

Generare semnificativă de deșeuri, constrângeri geometrice.

Fabricația Aditivă (AM)

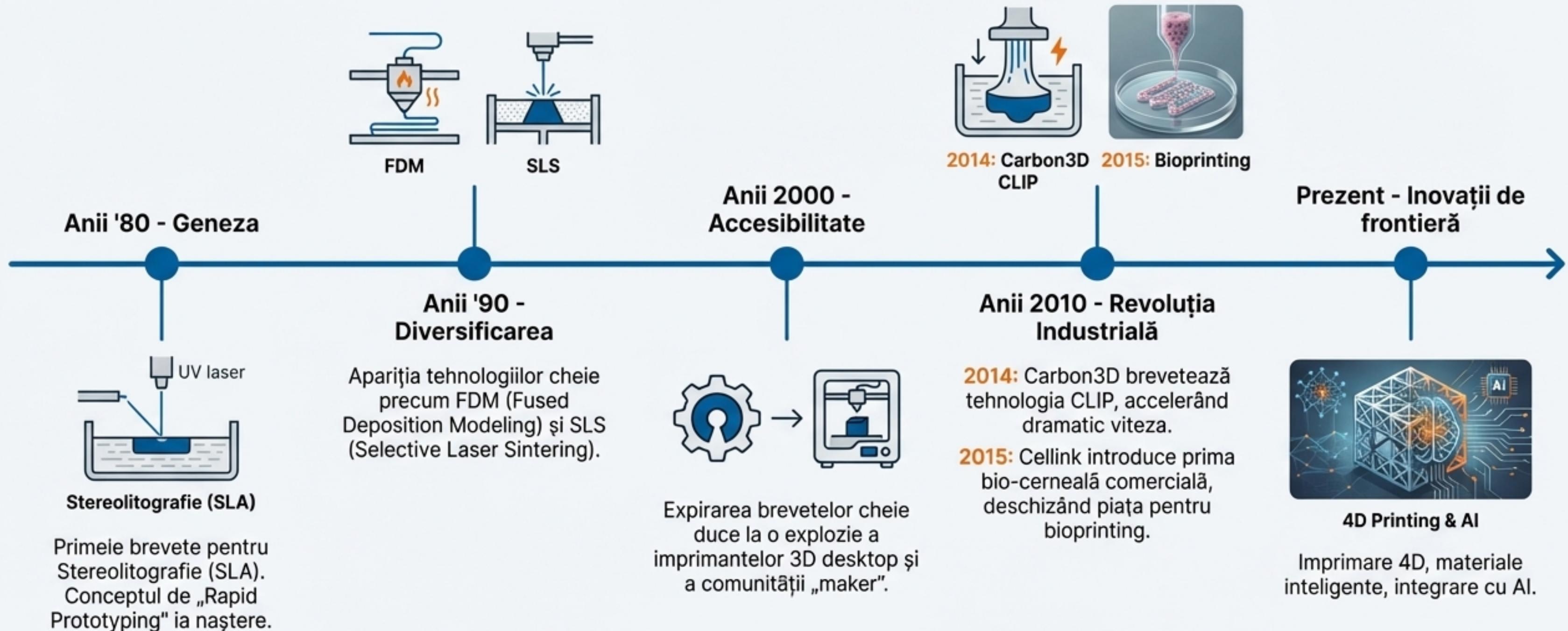


„Constructorul”

Procesul de a construi obiecte tridimensionale prin adăugarea succesivă de straturi de material, direct de la un model digital.

Definiție (ISO/ASTM 52900): „*Proces de îmbinare a materialelor pentru a crea obiecte din date de model 3D, de obicei strat peste strat, opus metodologiilor de fabricație substractivă.*”

Călătoria unei Idei: De la Prototip Rapid la Fabricație Digitală Directă



Ecosistemul AM: Drumul de la Modelul Digital la Obiectul Fizic

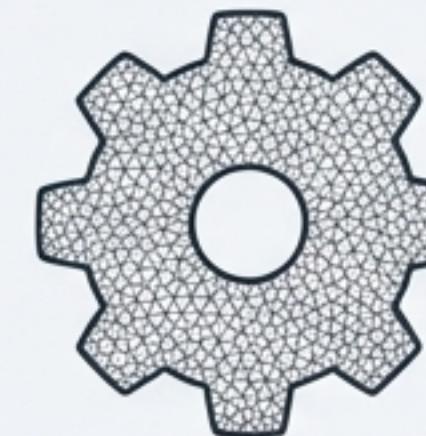
Modelare CAD (Concepție)



Crearea designului 3D folosind software specializat (ex: Catia V5).

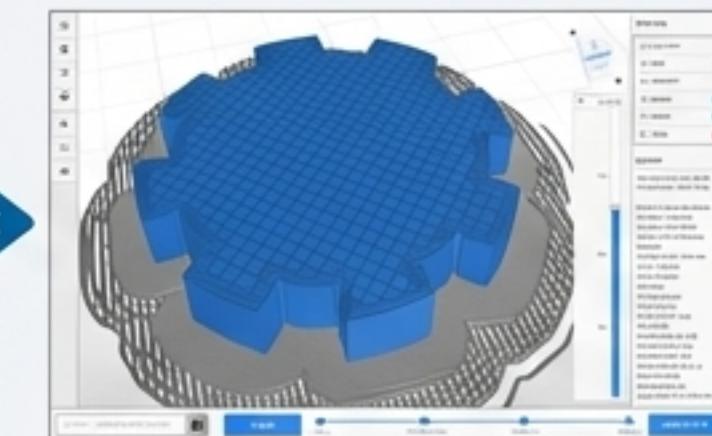
*Referință Laborator 2:
Aici veți pregăti primul vostru fișier CAD.*

Conversie în format STL



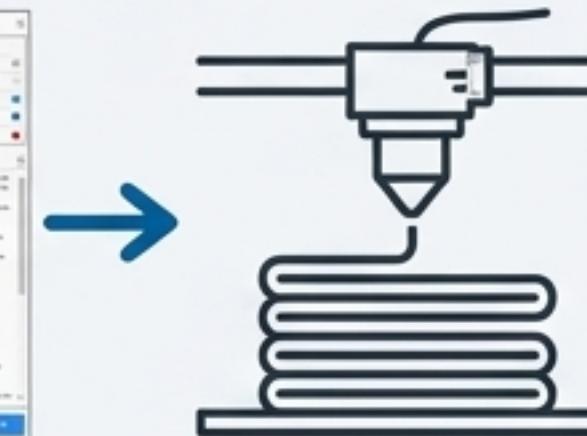
Modelul 3D este transformat într-o rețea de triunghiuri, limbajul universal al imprimantelor 3D.

„Feliere” (Slicing)



Software-ul (ex: Z-Suite) „feliază” modelul STL în straturi subțiri și generează codul G. Aici se definesc parametrii critici: grosimea stratului, densitatea umplerii.

Imprimare (Fabricație)



Imprimanta 3D construiește obiectul fizic, strat cu strat, urmând instrucțiunile din codul G.

*Referință Laborator 3:
Veți seta acești parametri și veți executa prima piesă.

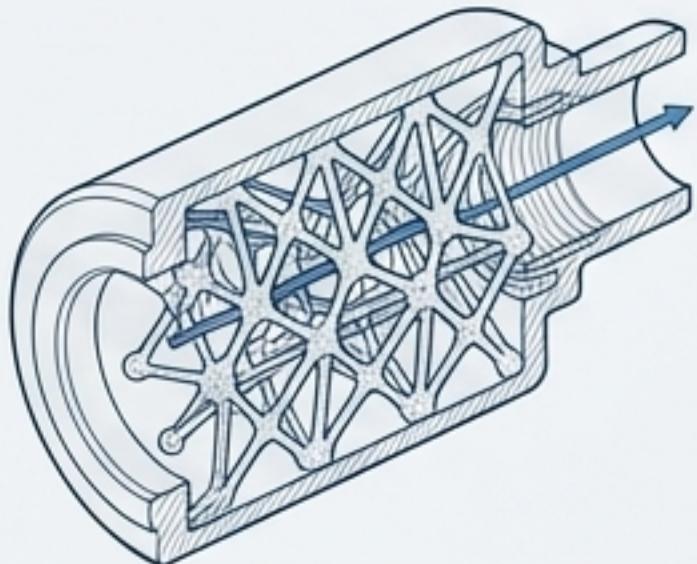
Post-procesare (Finisare)



Etape necesare după imprimare, cum ar fi îndepărtarea suportilor, finisarea suprafețelor sau tratamente termice.

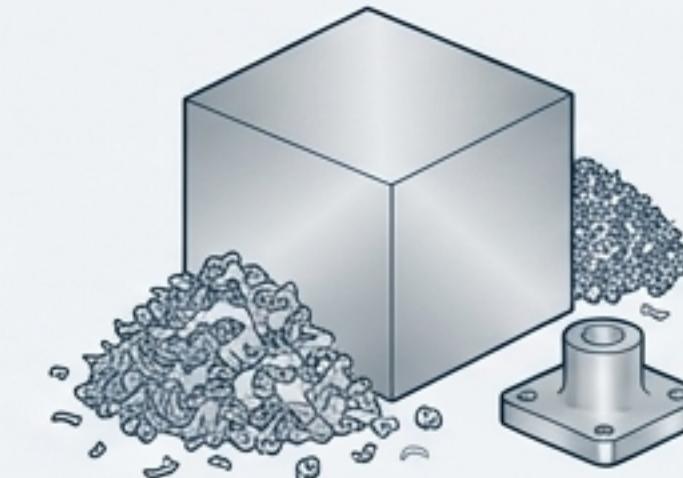
Trusa de Unelte a Inginerului: Avantajele Construcției Stratificate

Libertate Geometrică Totală

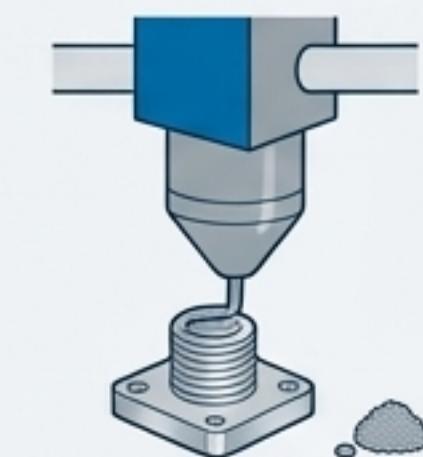


Realizați structuri interne complexe, canale de râcire optimizate, rețele lattice. Designul nu mai este limitat de sculele de prelucrare.

De la 90% Deșeuri la 90% Produs



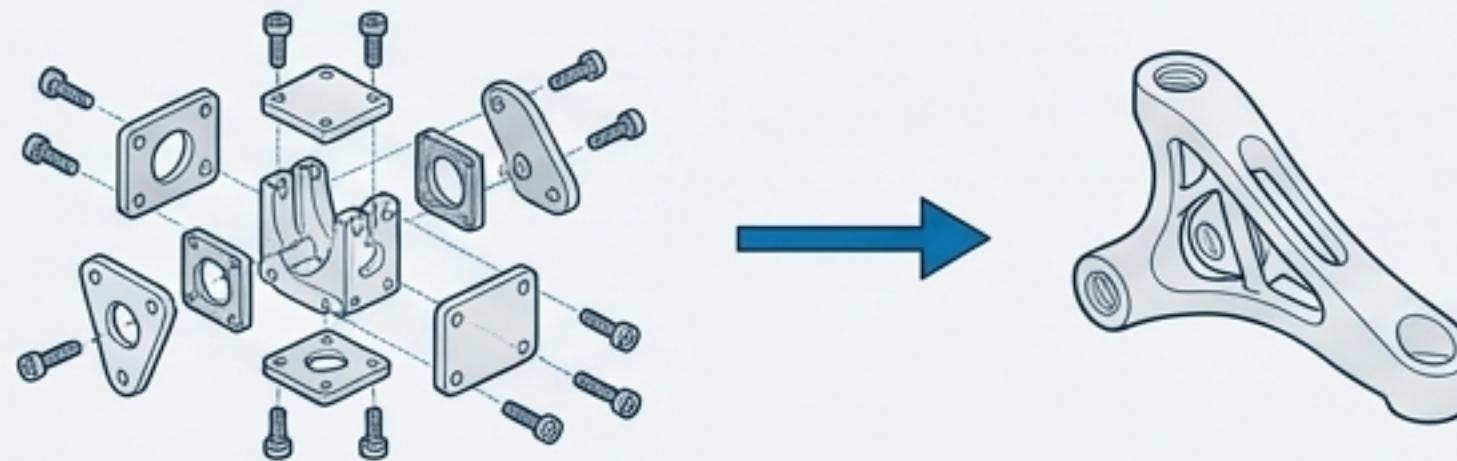
Prelucrare Subtractivă



Fabricare Aditivă (AM)

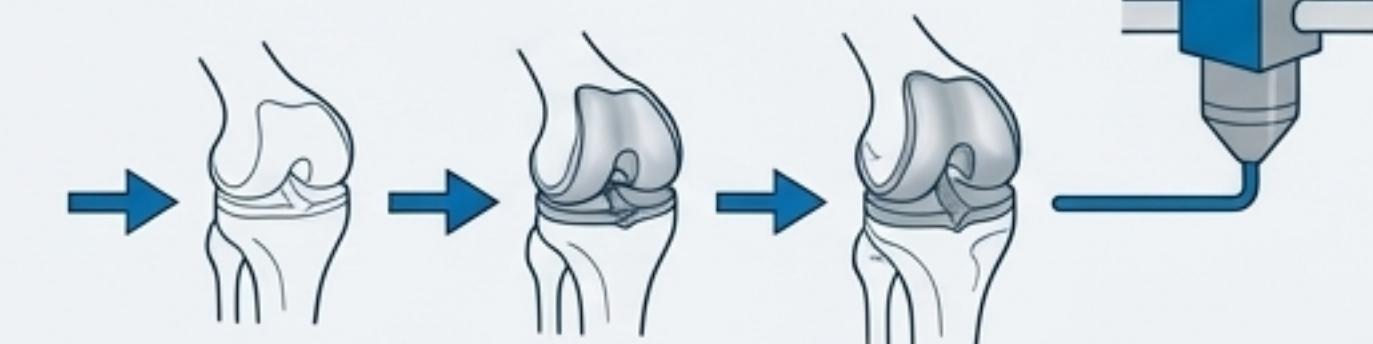
Consolidarea Pieselor și Reducerea Ansamblurilor

Un ansamblu complex format din zeci de piese poate fi reproiectat și imprimat ca o singură componentă funcțională, reducând greutatea, timpul de asamblare și punctele de defectiune.



Personalizare în Masă și Producție la Cerere

Fabricați piese unice sau loturi mici la un cost comparabil cu producția de serie. Ideal pentru implanturi medicale personalizate, piese de schimb sau prototipuri funcționale rapide.

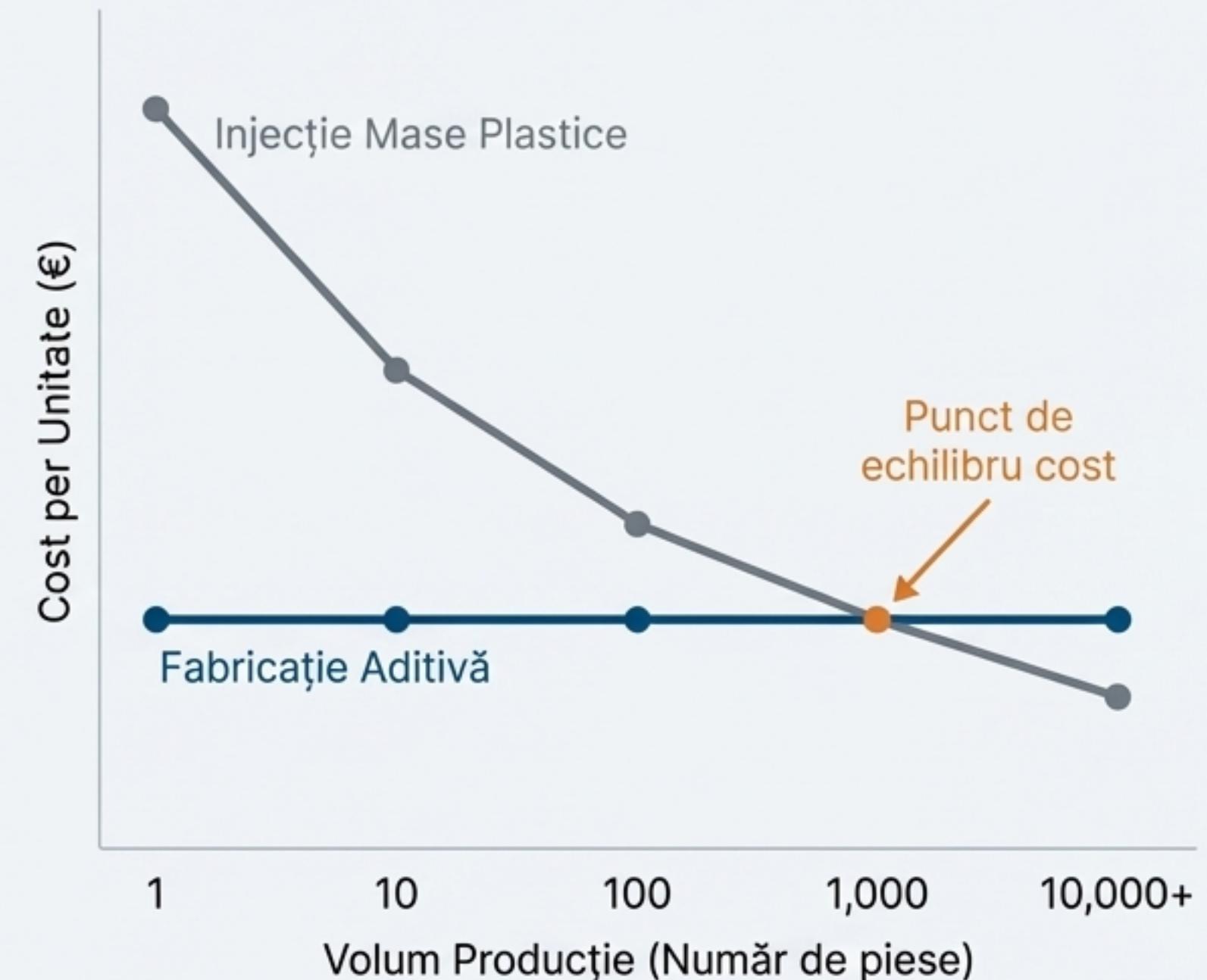


Realități Inginerești: Constrângeri și Provocări Actuale

Nicio tehnologie nu este o soluție universală. Înțelegerea limitărilor este esențială pentru a lua decizii de proiectare și fabricație corecte.

- Precizia Dimensională și Finisarea Suprafeței:** Anizotropia și efectele termice pot induce abateri. Post-procesarea este adesea necesară pentru a îndeplini toleranțe strânse. (Se va aprofunda la Cursul 6: *Controlul Calității*)
- Viteza și Scalabilitatea:** Timpii de fabricație pot fi mari pentru piese voluminoase sau loturi mari, comparativ cu metodele convenționale (ex: injecția de mase plastice).
- Gama de Materiale:** Deși în continuă expansiune, selecția de materiale calificate pentru aplicații critice (ex: certificare aerospatială) este încă mai restrânsă.
- Costul Echipamentelor și Materialelor:** Echipamentele industriale și pulberile metalice pot reprezenta o investiție semnificativă.

Cost Unitar vs. Volum de Producție



Spectrul Posibilităților: O Lume Construită prin Fabricație Aditivă

Construcții
(Macro)



Automotive
(Prototipuri și
Piese de Serie)



Bunuri de Consum
(Design Complex)



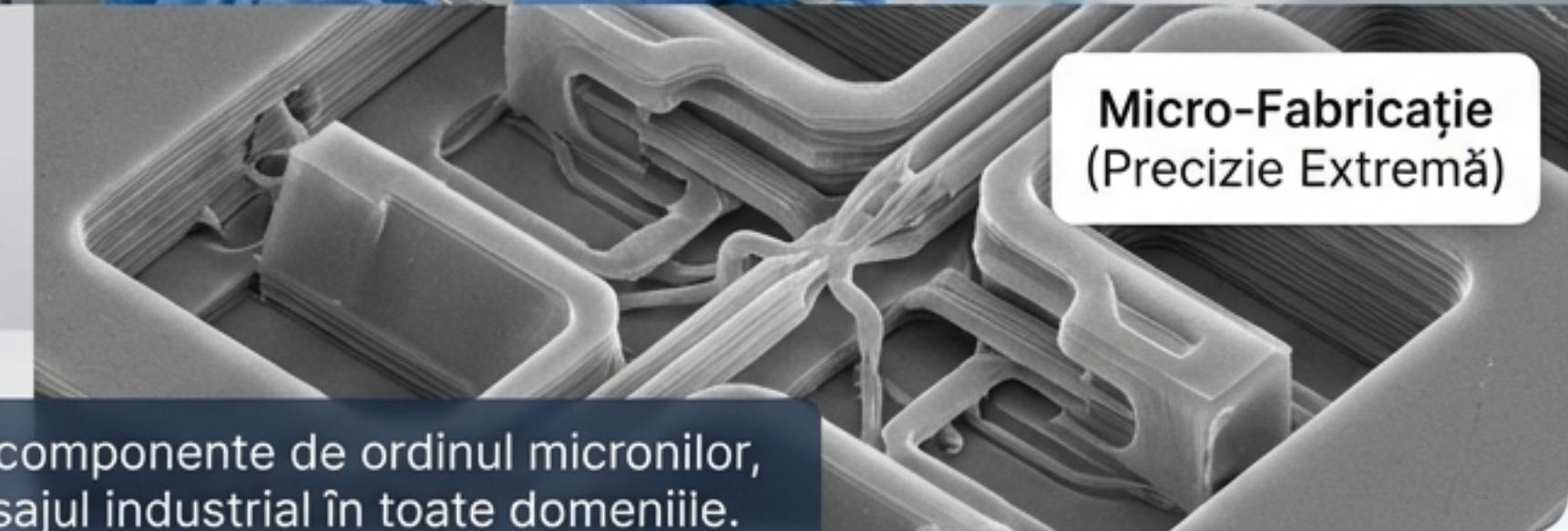
Aerospatial
(Componente Critice)



Medical
(Personalizare)



Micro-Fabricație
(Precizie Extremă)



De la clădiri de zeci de tone la componente de ordinul micronilor,
fabricația aditivă schimbă peisajul industrial în toate domeniile.

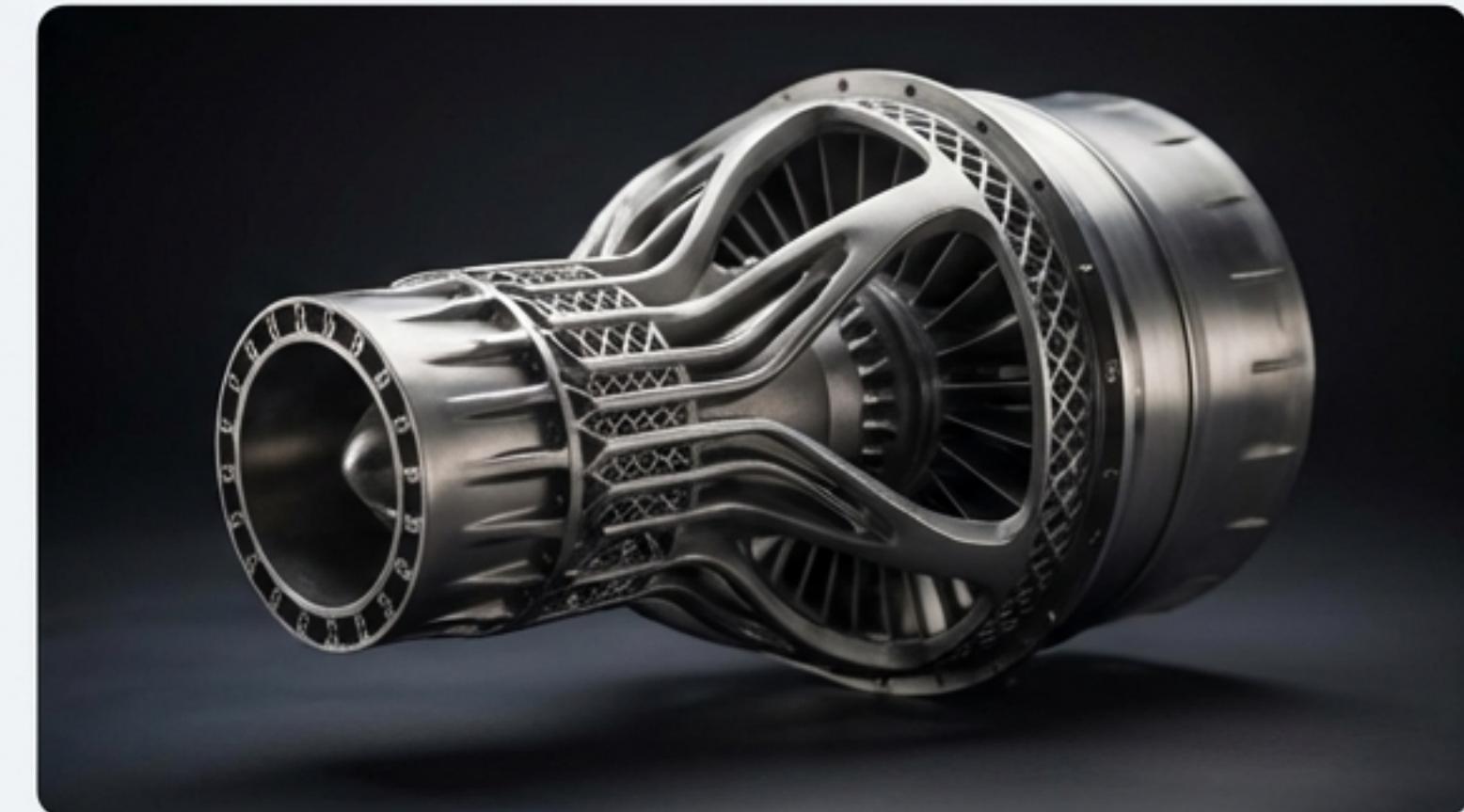
La Scară Monumentală: Beton, Motoare și Structuri Aerospațiale

Studiu de Caz 1: Construcții prin 3DCP (3D Concrete Printing)



Tehnologia 3DCP permite construcția rapidă de structuri complexe din beton. Exemple: O casă cu două etaje în Texas imprimată în 2022; un adăpost militar imprimat în 36 de ore; un pod pietonal în Shanghai finalizat în 2019, cu piese imprimate în 450 de ore.

Studiu de Caz 2: Industria Aerospațială și Automotive



Producția de piese mai ușoare, cu performanțe îmbunătățite și cicluri de dezvoltare mai scurte. Consolidarea ansamblurilor în piese unice unice reduce greutatea și crește fiabilitatea.

Frontiera Umană: Fabricația Aditivă În Medicină

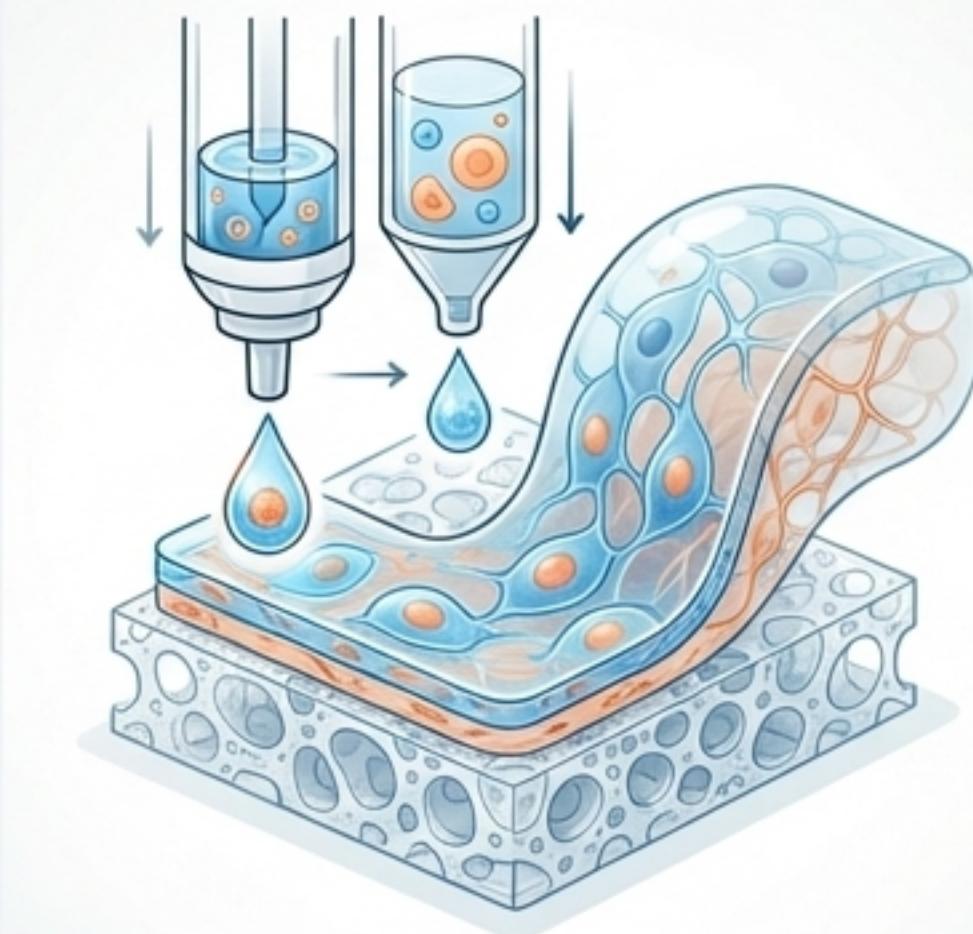
Implanturi și Dispozitive Medicale Personalizate



Crearea de implanturi (ex: craniene, ortopedice) perfect adaptate anatomiciei pacientului pe baza datelor CT/RMN. Producția de ghiduri chirurgicale care cresc precizia operațiilor.

Exemplu: Utilizarea PMMA (Polimetil metacrilat), cunoscut ca ciment osos, în aplicații ortopedice de peste 60 de ani, este acum adaptată pentru AM.

Bioprinting și Inginerie Tisulară



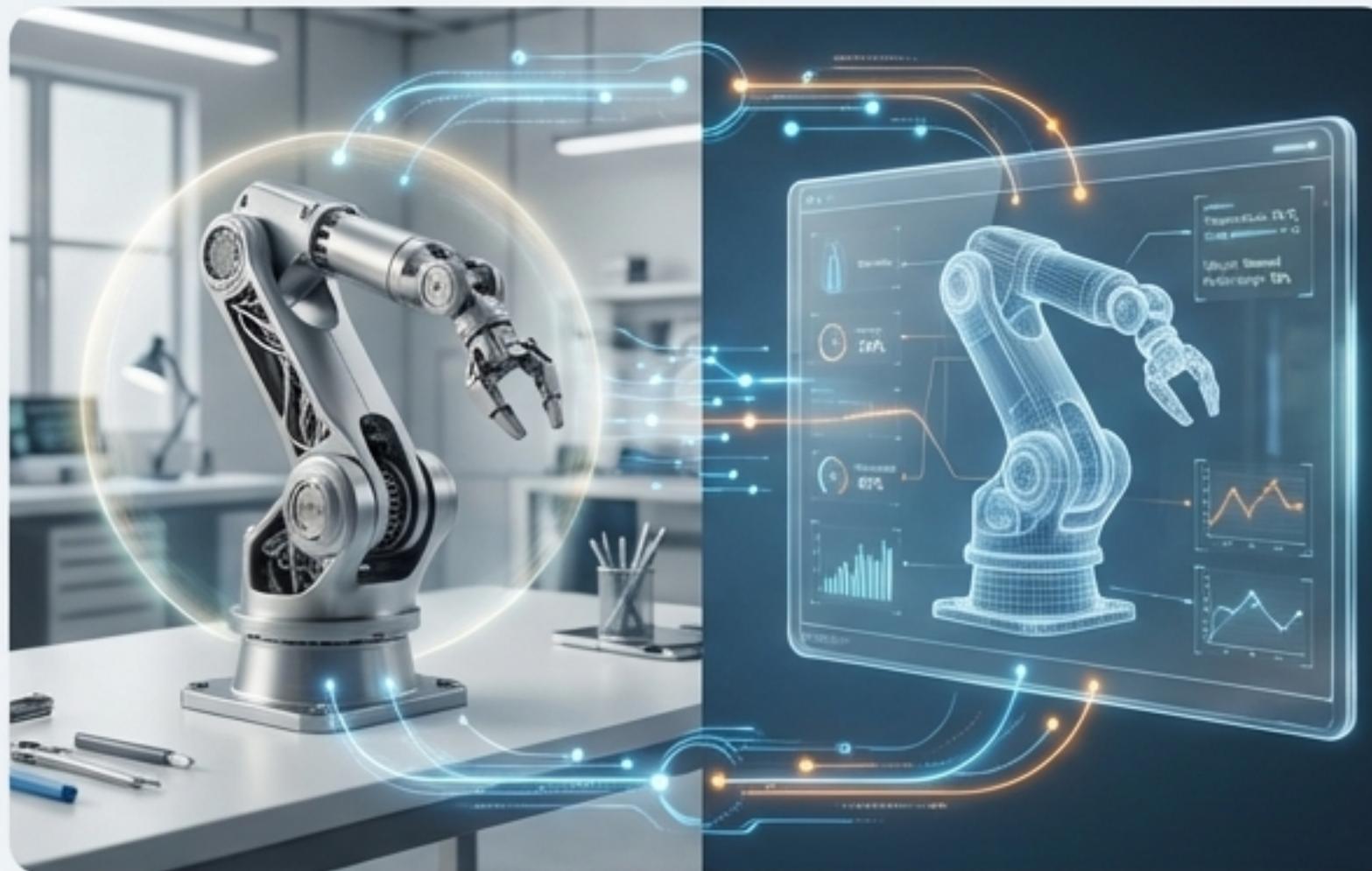
Utilizarea de „bio-cerneluri” (bio-inks) care conțin celule vii pentru a crea structuri biologice complexe, precum cartilaje sau țesuturi.

Pionier: Compania **Cellink** a lansat în 2015 prima bio-cerneală comercială standardizată, accelerând cercetarea în domeniu.

Creierul din Spatele Mașinii: Rolul AM în Industria Intelligentă

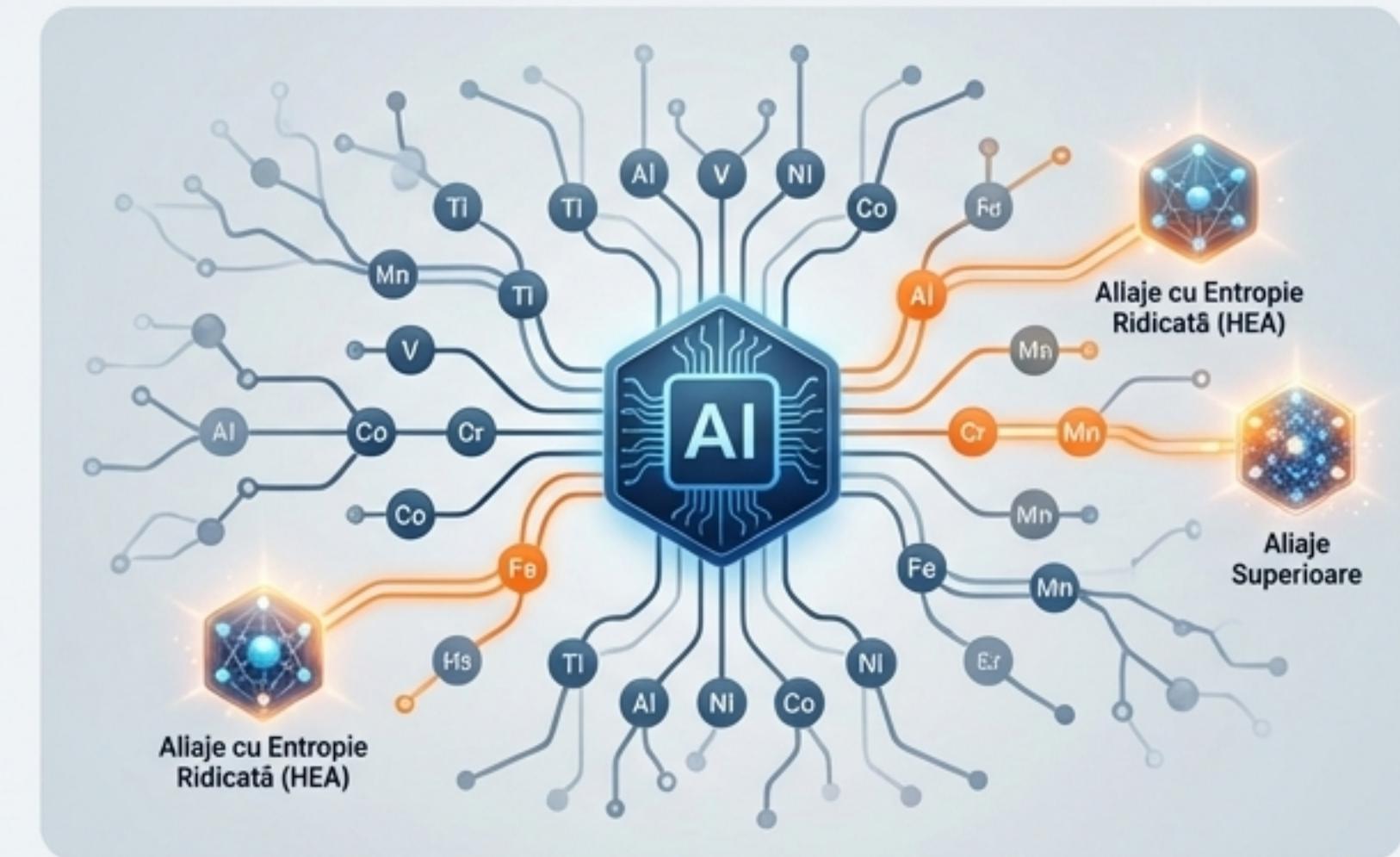
Fabricația aditivă este mai mult decât un proces; este punctea dintre lumea digitală și cea fizică, esențială pentru concepțele avansate de inginerie.

Gemenii Digitali (Digital Twins)



AM permite crearea rapidă a replicilor fizice. Gemenii digitali, reprezentări virtuale ale proceselor fizice, permit monitorizarea, analiza și optimizarea în timp real a fabricației, de la detectarea defectelor la predicția performanței.

Inteligenta Artificială în Știința Materialelor



Algoritmii de AI explorează combinații vaste de materiale pentru a descoperi noi aliaje cu proprietăți superioare (ex: Aliaje cu Entropie Ridicată - HEA), accelerând designul materialelor pentru aplicații extreme.

Harta Cursului: De la Fundamente la Aplicații Avansate

Structura Cursului (Previzualizare)

1. Introducere în Tehnologiile AM
2. Materiale utilizate în AM
3. Procese de Fabricație Aditivă
4. Proiectarea pentru Fabricație Aditivă (DfAM)
5. Aplicații Industriale
6. Controlul Calității în AM
7. Aspecte Economice și Sustenabilitate
8. Inovații și Tendințe

Conexiunea cu Activitățile Practice



Legătura cu Laboratorul

- **Lucrarea 1***: „Veți avea primul contact direct cu echipamentele din laborator, familiarizându-vă cu imprimantele 3D pe care le vom folosi.”
- **Lucrarea 3***: „Principiul FDM, discutat astăzi, îl veți aplica direct setând parametrii de proces pentru a imprima prima voastră piesă din polimeri.”



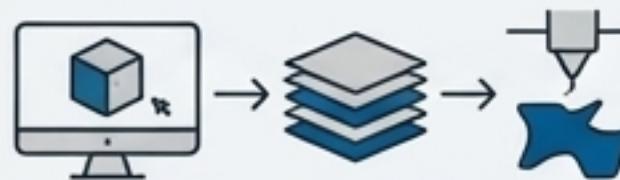
Legătura cu Proiectul

„Conceptele de design și limitările tehnologice stau la baza proiectului semestrial, unde veți proiecta, simula și realiza o componentă funcțională optimizată pentru fabricația aditivă.”

Sinteza Cursului 1: Idei Cheie



Schimbare de Paradigmă: Fabricația aditivă este un proces de construcție (aditiv), fundamental diferit de cel de prelucrare (substractiv), conform standardului ISO/ASTM 52900.



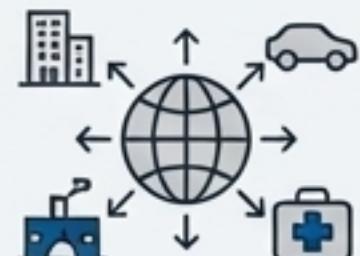
Flux de Lucru Digital: Procesul transformă un model CAD într-un obiect fizic printr-o secvență de pași clari: modelare, feliere, imprimare și post-procesare.



Avantaje Transformatoare: Oferă libertate geometrică, reduce risipa de material, permite consolidarea pieselor și personalizarea în masă.



Provocări Reale: Precizia, viteza, gama de materiale și costurile sunt constrângeri inginerești active, care necesită soluții inteligente de proiectare și proces.



Impact Universal: Aplicațiile AM se extind de la construcții la scară largă la bioprinting și micro-fabricare, redefinind industrii întregi.

Întrebări de Reflecție



Având în vedere libertatea geometrică aproape nelimitată oferită de AM, ce componentă mecanică tradițională (pe care o cunoașteți bine) ați reproiectat complet și de ce? Ce funcții noi sau performanțe îmbunătățite ați putea integra?



Contrastând avantajele (ex: consolidarea pieselor) cu limitările (ex: viteza de producție), în ce scenariu industrial specific ați alege fabricația aditivă în detrimentul injecției de mase plastice pentru o serie de 10.000 de piese? Justificați decizia.



Cum credeți că ar putea fi utilizată fabricația aditivă pentru a spori reziliența lanțurilor de aprovizionare în cazul unei crize globale, precum cea pandemică sau un blocaj logistic major?



Călătoria Voastră în Fabricația Aditivă Începe Acum

Călătoria Voastră în Fabricația Aditivă Începe Acum

Acest curs nu este doar despre a învăța o tehnologie. Este despre a dobândi un nou mod de a gândi ca inginer. În următoarele săptămâni, veți învăța să proiectați, să analizați și să construiți viitorul fabricației.

Următorul Curs: Materiale Utilizate în Fabricația Aditivă – Polimeri, Ceramice și Materiale Compozite