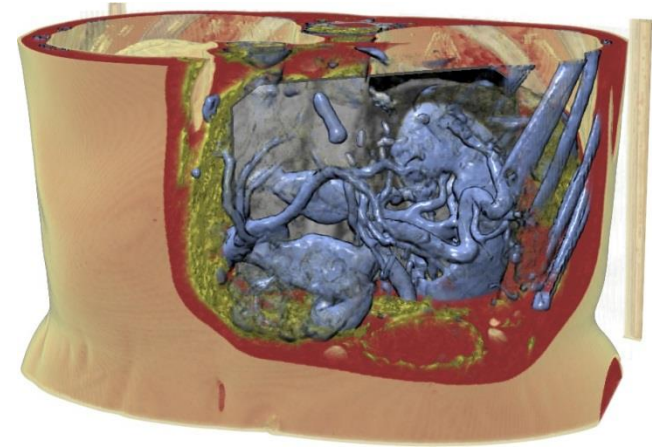


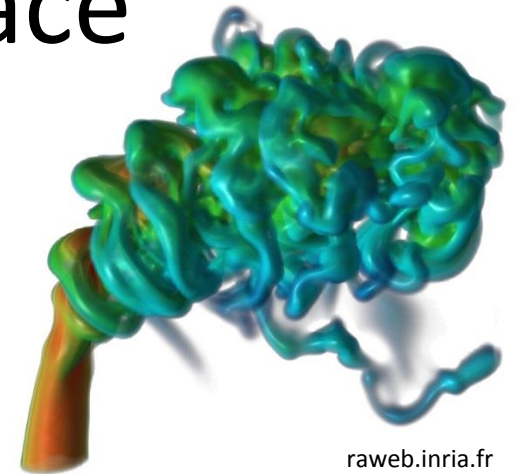
gvis.grc.nasa.gov



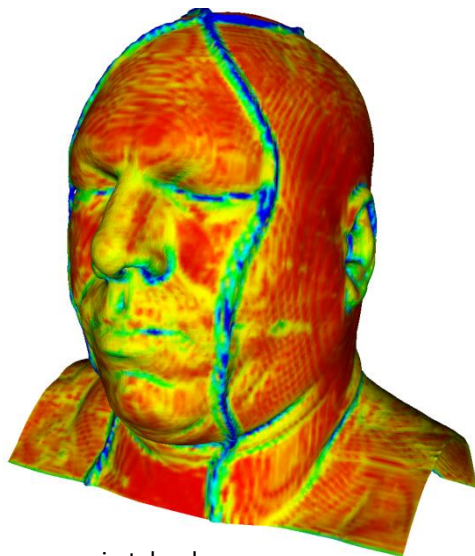
www.ii.uib.no

12. Specifické aplikace vizualizace

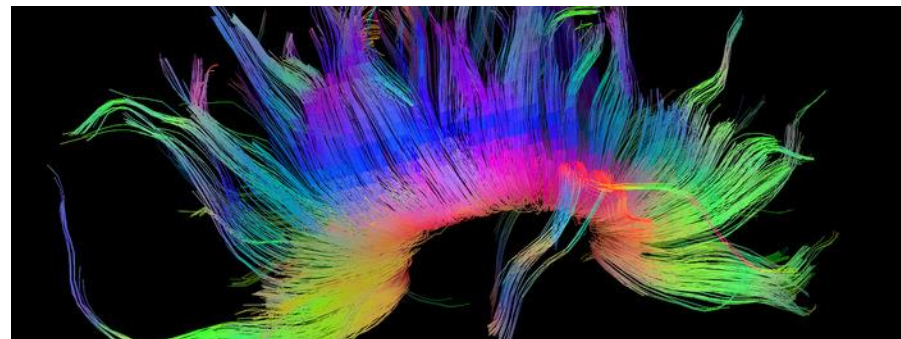
Scientific Visualization,
Medical Visualization



raweb.inria.fr



www.sci.utah.edu

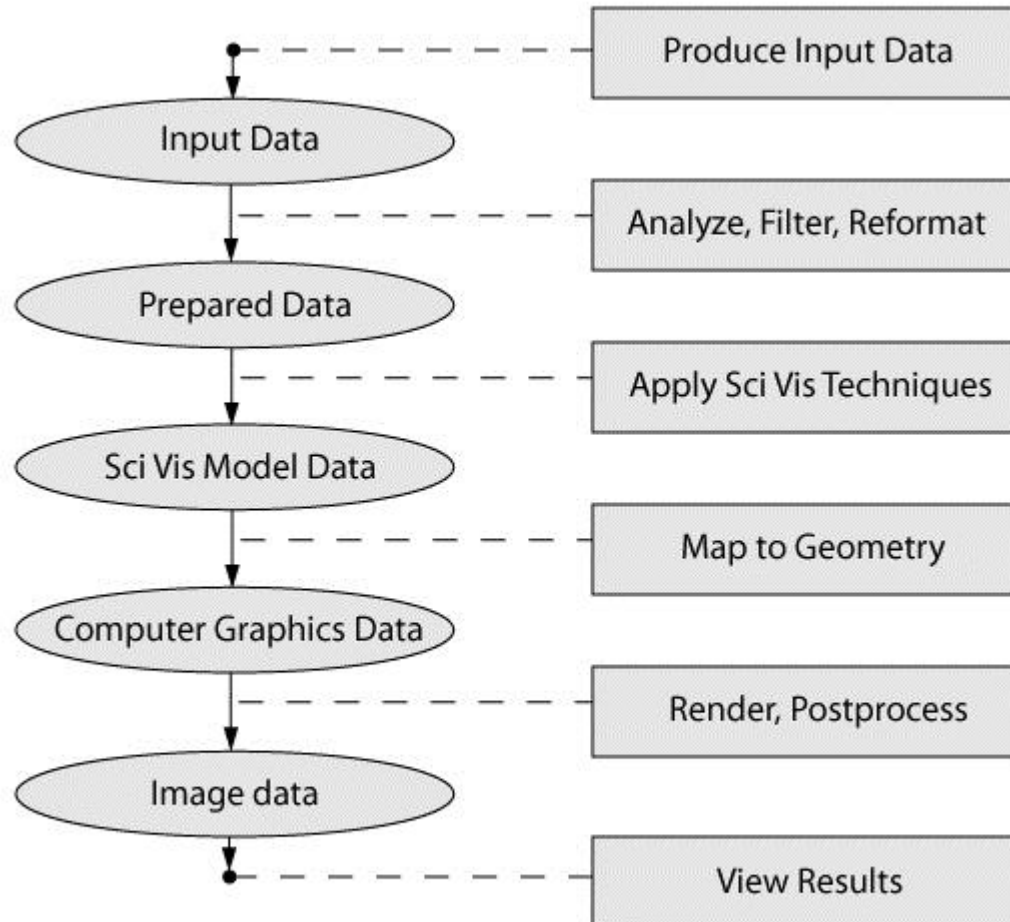


www.webgl.com

Scientific visualization

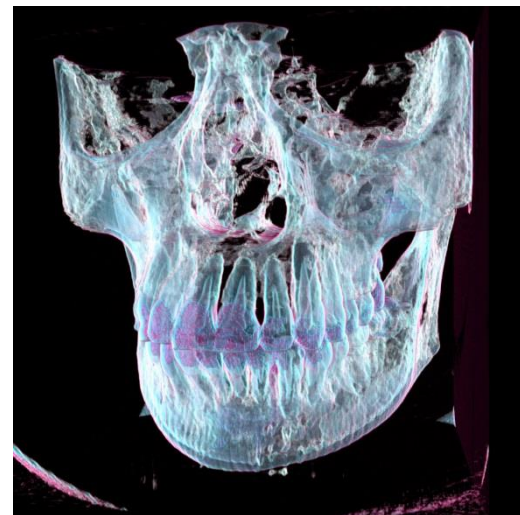
- Grafická reprezentace jistých zkoumaných jevů
- Samotná vizualizace pak může být součástí výzkumného procesu, protože slouží k pochopení, interpretaci a prozkoumání
- Dokonce může významně ovlivňovat samotný směr výzkumu
- Využita i přímo v aplikačním prostředí, například u chirurgických zákroků

Scientific visualization pipeline



Scientific visualization pipeline

- Vizualizační pipeline pro scientific data je obohacena o část týkající se aplikace technik pro scientific visualization na připravená data
- Tato fáze představuje konverzi ze specifických modelů ve vědecké doméně na modely v grafické doméně

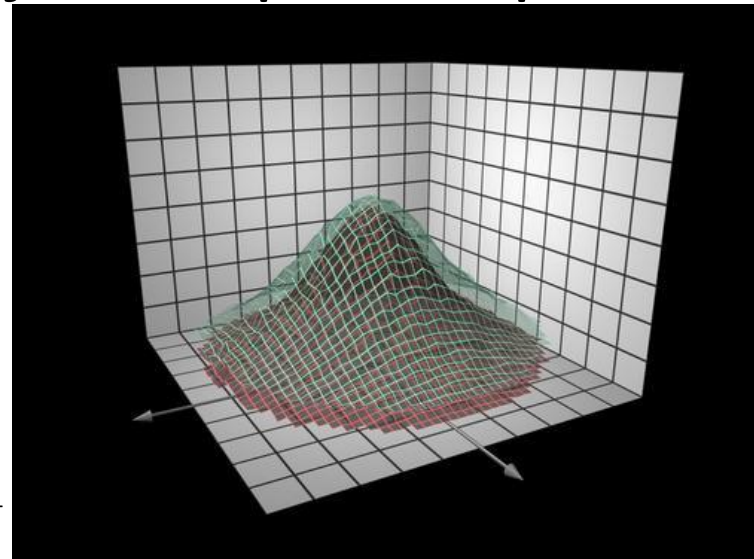


Reprezentace dat

- Daný jev je často modelován za použití měření v diskrétní sadě bodů v prostoru
- Výsledkem měření jsou vzorky reprezentující matematickou funkci generující daný jev
- Často se jedná o mesh – síť či topologii asociovanou s body, na které je možné provést interpolaci

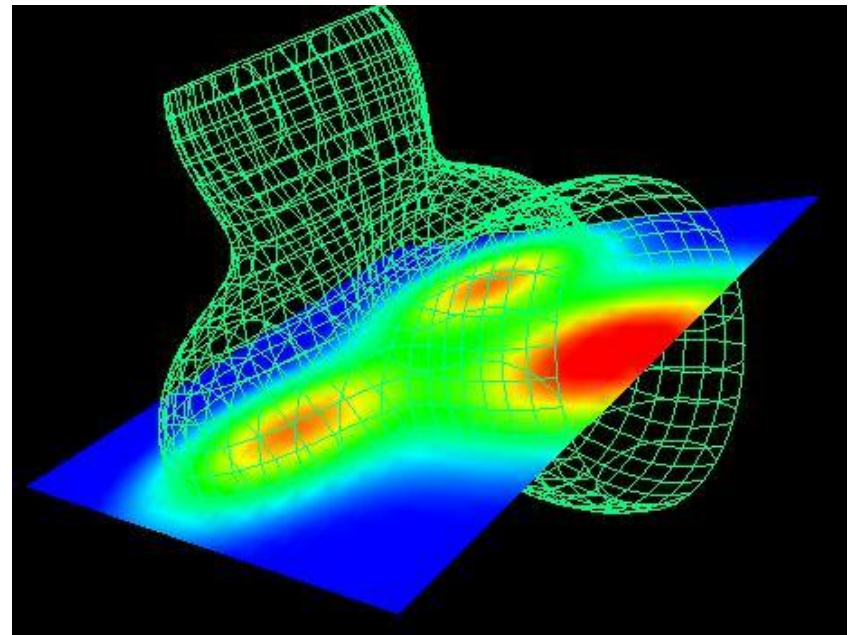
Reprezentace dat

- Z pohledu dat pracujeme se sadou atributů přiřazených sadě bodů v prostoru
- Pozice těchto bodů může být zadána explicitně pomocí (x, y, z) souřadnic nebo může být definována implicitně (jako například pomocí pravidelné mřížky)



Reprezentace dat

- Zaměříme se na popis běžně používaných domén ve vizualizaci vědeckých dat
- Ilustrace ve 2D, ale popis ve 3D – právě 3D domény se ve vědeckých vizualizacích vyskytují nejčastěji



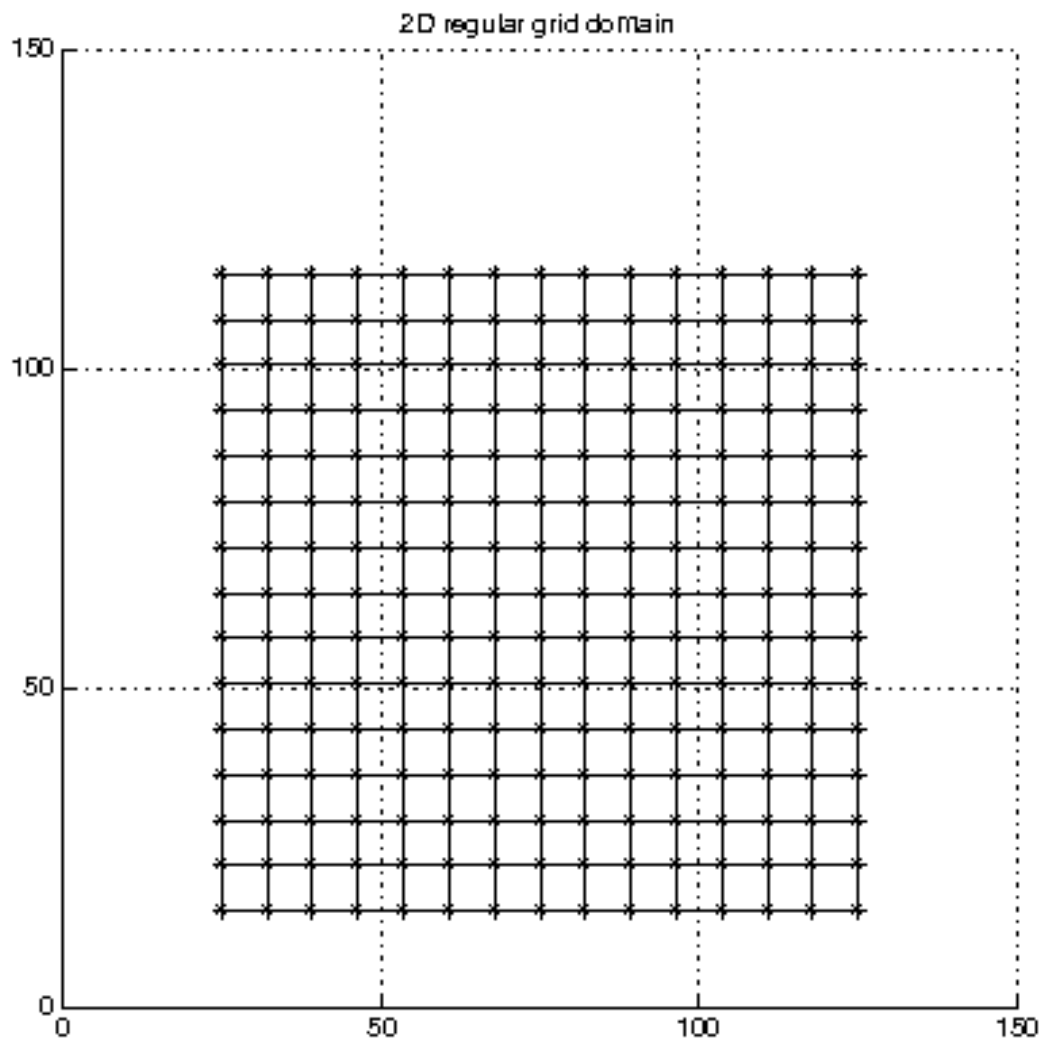
Pravidelná mřížka

- Je jednou z nejpoužívanějších reprezentací v dané doméně, protože je velmi jednoduchá a přímočará při použití
- Velmi přirozeně odpovídá konceptu polí (arrays) v programovacích jazycích
- Platí, že mřížka je zarovnaná na osy souřadnic, tedy že jednotlivé čáry mřížky jsou rovnoběžné s těmito osami

Pravidelná mřížka

- Dále musí platit, že vzdálenost mezi čarami mřížky, která odpovídá velikosti buňky mřížky, je ve všech osách stejná
- Za topologii této mřížky můžeme považovat sadu samostatných buněk, které rozdělují danou doménu a mohou být využity například při interpolaci

Pravidelná mřížka



Pravidelná mřížka

- Pozici libovolného bodu můžeme odvodit z jeho indexu a z omezení dané domény

- Ve 3D:

$$x = x_{\min} + i_x * (x_{\max} - x_{\min}), \quad i_x \text{ in } [0, \dots, n_x - 1]$$

$$y = y_{\min} + i_y * (y_{\max} - y_{\min}), \quad i_y \text{ in } [0, \dots, n_y - 1]$$

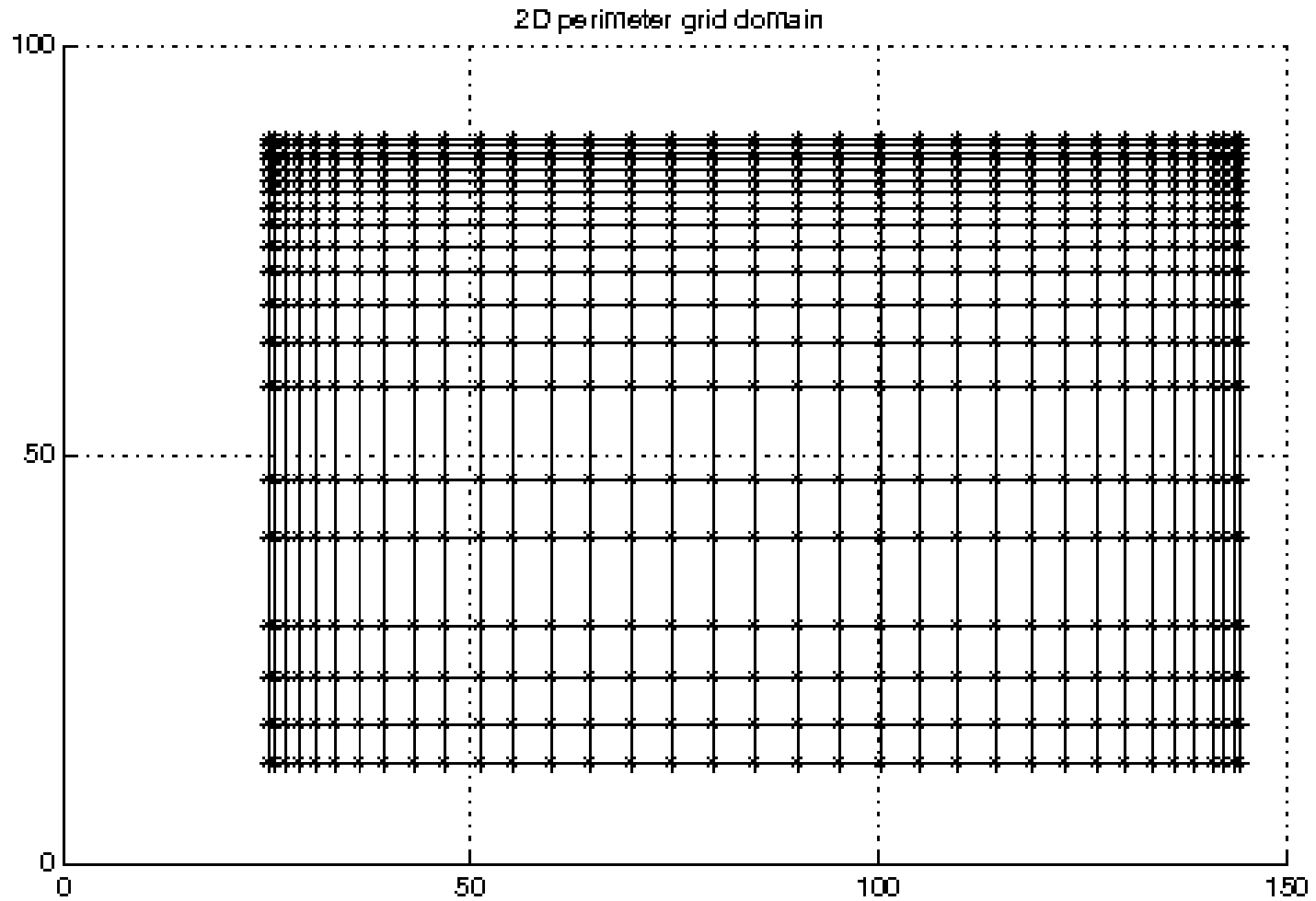
$$z = z_{\min} + i_z * (z_{\max} - z_{\min}), \quad i_z \text{ in } [0, \dots, n_z - 1]$$

- Umístění bodů může být buď v průsečících čar mřížky, nebo ve středu jednotlivých buněk

Perimeter mesh

- Mřížka s rovnoběžnými čarami, které ale nemusí být rozložený uniformně
- Na rozdíl od pravidelné mřížky tedy musí tato struktura obsahovat informaci o pozicích čar mřížky ve všech osách

Perimeter mesh



Perimeter mesh

- Reprezentace bodu ve 3D v perimeter síti:

$x = \text{xgrid}[i_x]$ where i_x in $[0, \dots, n_x - 1]$

$y = \text{ygrid}[i_y]$ where i_y in $[0, \dots, n_y - 1]$

$z = \text{zgrid}[i_z]$ where i_z in $[0, \dots, n_z - 1]$

$\text{xgrid} = (x_0, \dots, x_{\{n-1\}})$

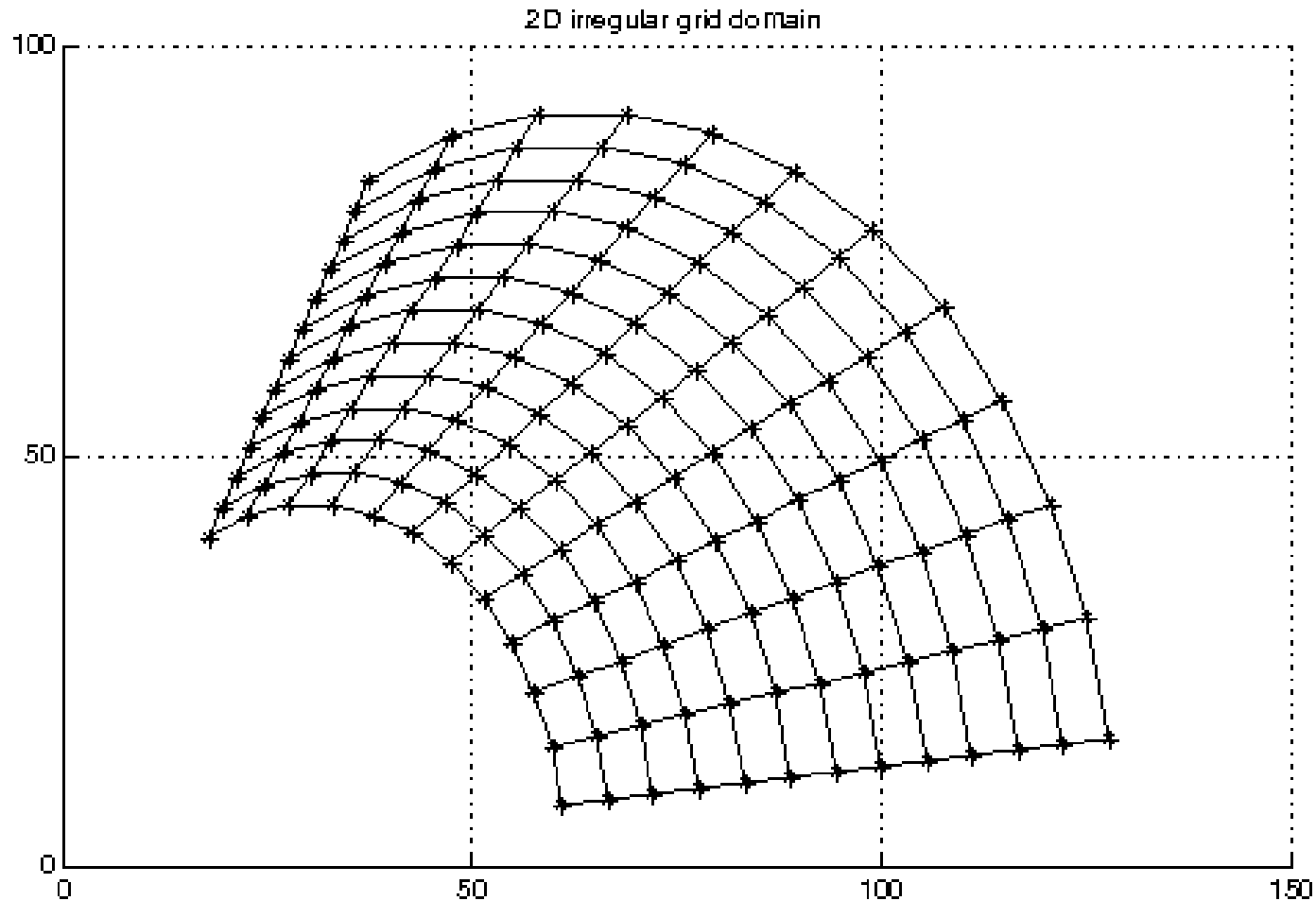
$\text{ygrid} = (y_0, \dots, y_{\{n-1\}})$

$\text{zgrid} = (z_0, \dots, z_{\{n-1\}})$

Nepravidelná mřížka

- Topologie je stejná jako u výše uvedených mřížek, ale body jsou rozmístěny libovolně
- Konektivita mezi body je implicitně dána strukturou meshe, ale díky její nepravidelnosti je nutné zadávat souřadnice jednotlivých bodů explicitně

Nepravidelná mřížka

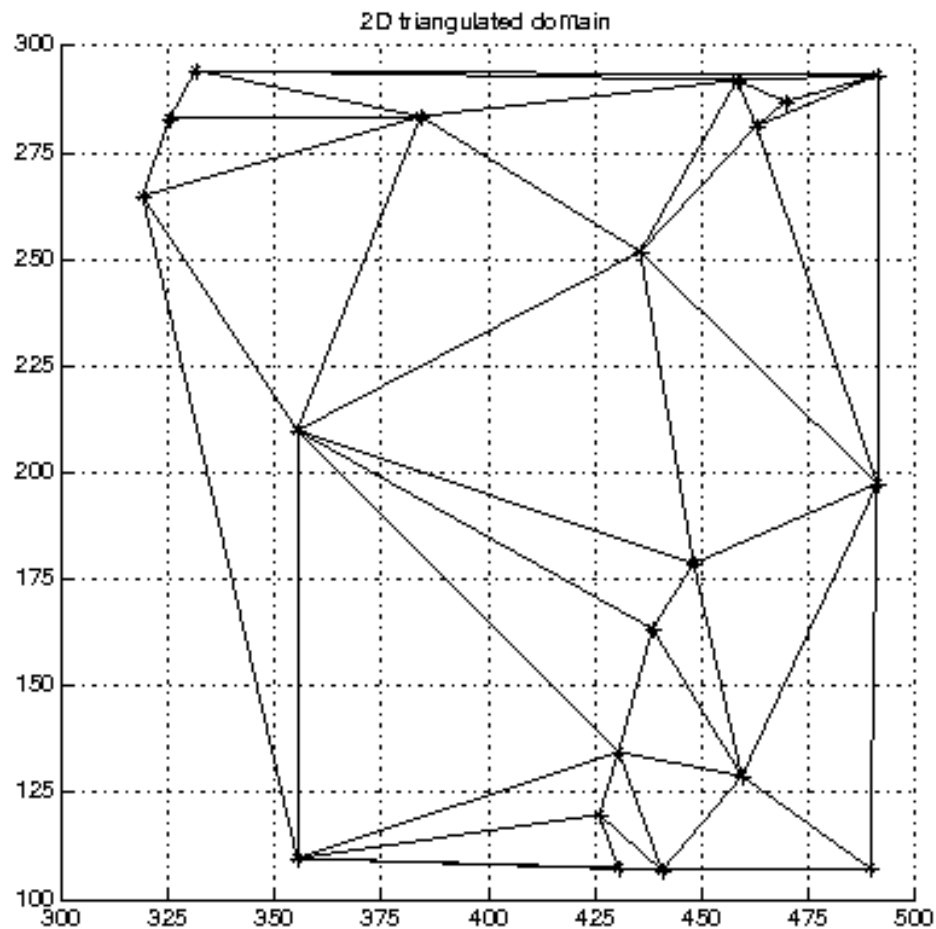


Reprezentace dat

- Ve všech dosud uvedených reprezentacích hraje důležitou roli uspořádání bodů do mřížky a to zejména při jejich implementaci
- Při ukládání do seznamu sousední body odpovídají procházení mřížky v určitém směru – seznam tedy určitým způsobem reprezentuje část konektivity

Trojúhelníková síť

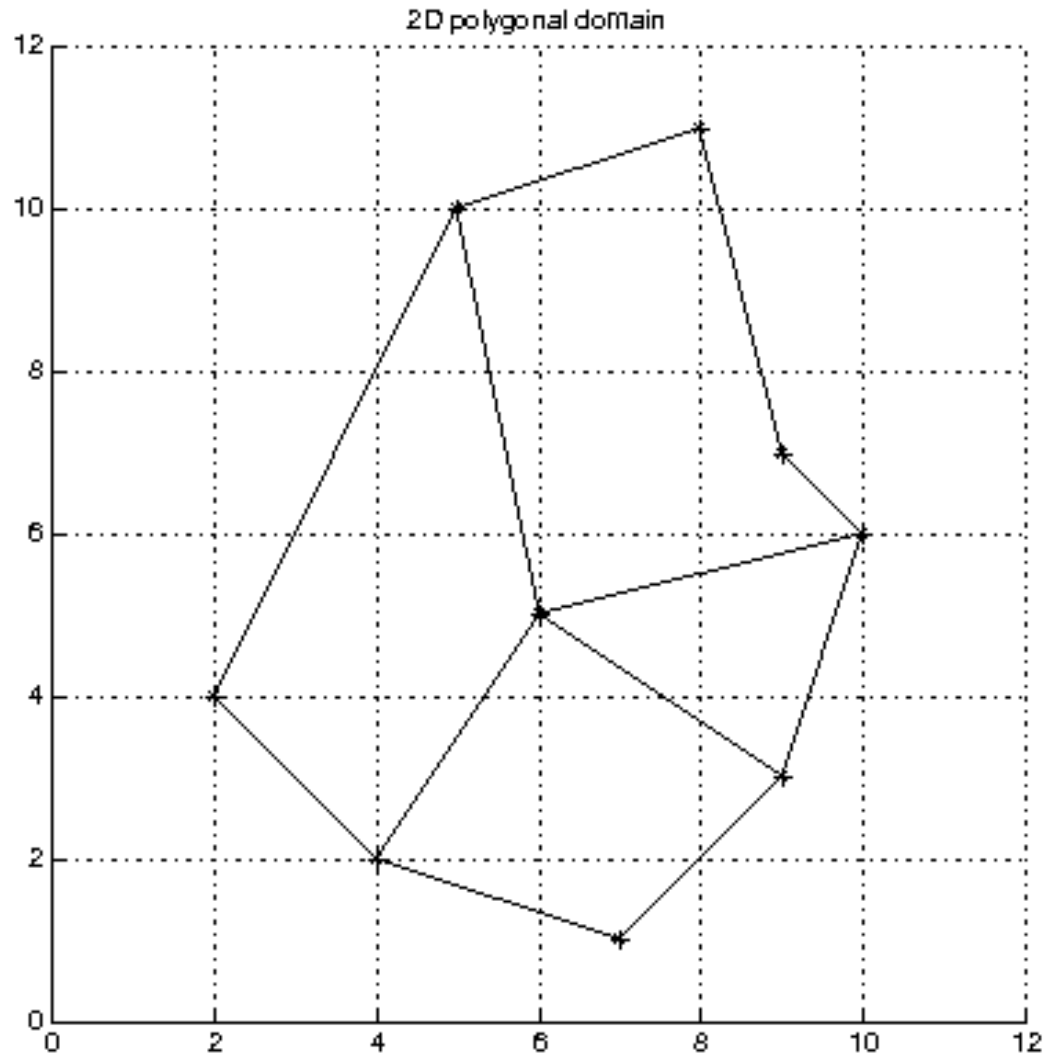
- Tato síť je tvořena trojúhelníkovými buňkami



Polygonální síť

- V této síti mají buňky libovolný počet vrcholů
- Ve 2D stačí pro reprezentaci uspořádaný seznam vrcholů jednotlivých buněk
- Tatáž reprezentace ve 3D je dostačující, pokud víme, že jednotlivé buňky jsou konvexní.
V opačném případě musí být přidána informace o hranách a/nebo stěnách.

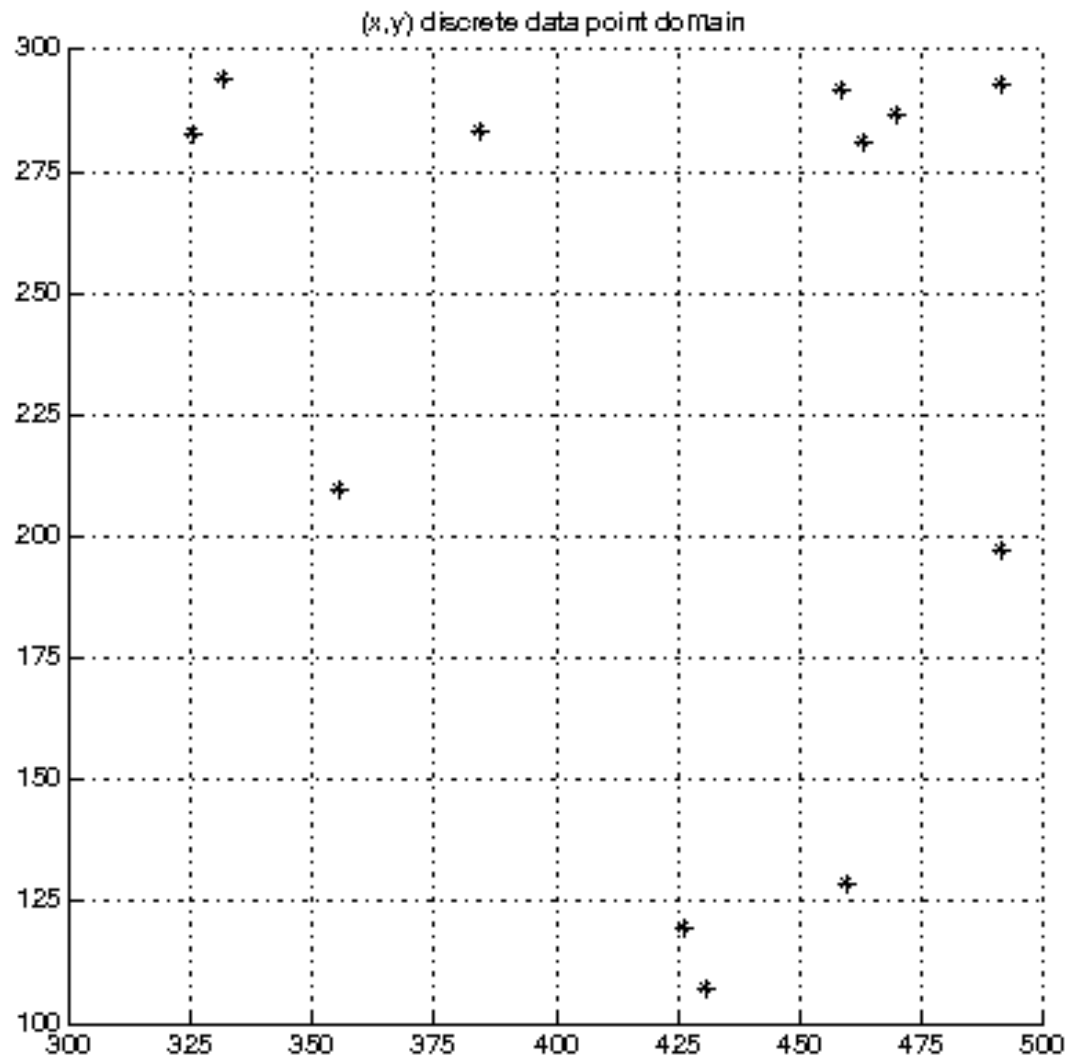
Polygonální síť



Diskrétní body

- Tato reprezentace se využívá v případech, kdy nemáme žádné informace o vzájemném vztahu mezi jednotlivými body
- Takováto data můžeme získat výběrem náhodných vzorků, jako výstup ze senzorů apod.

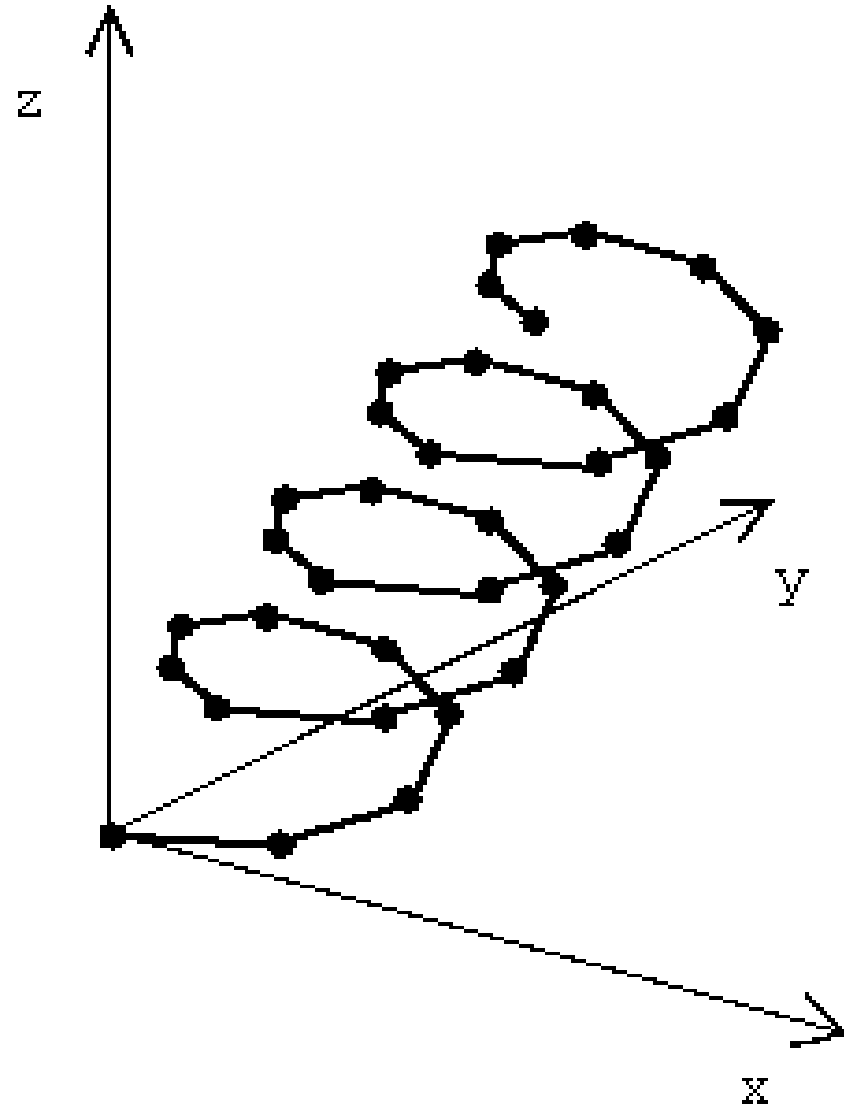
Diskrétní body



Křivková reprezentace

- Křivky jsou považovány za po částech lineární objekty umístěné v rovině nebo v prostoru
- Křivky jsou reprezentovány seznamem explicitně zadaných bodů nebo seznamem indexů do pole bodů

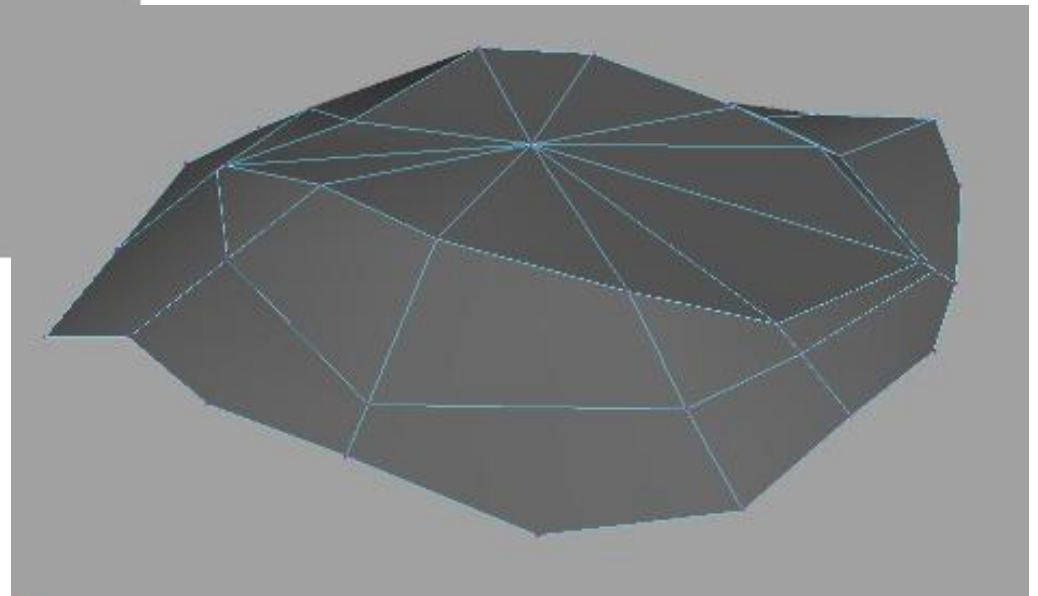
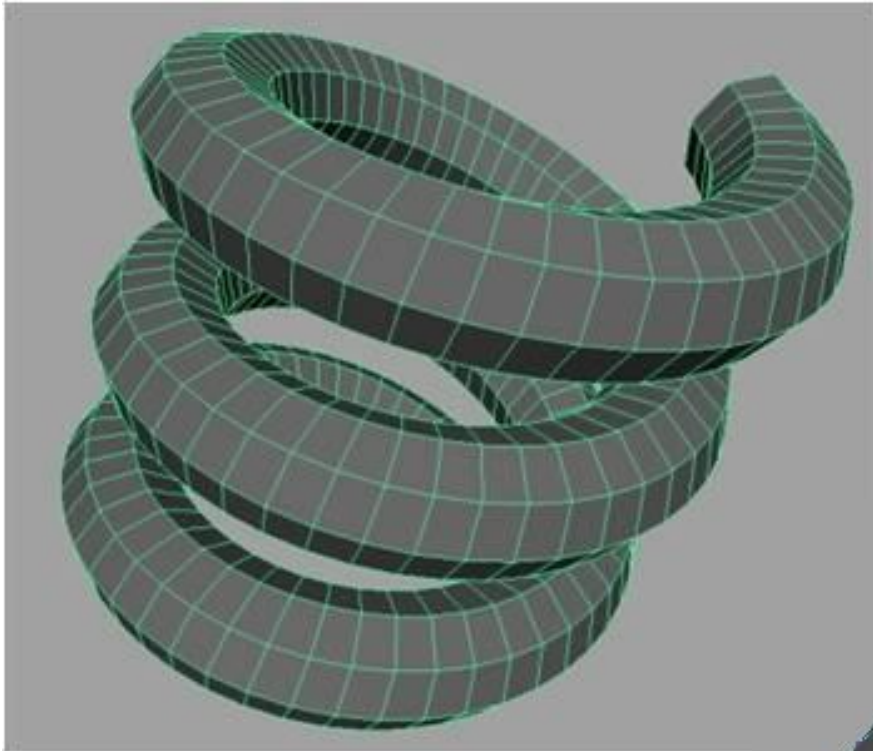
Křivková reprezentace



Povrchová reprezentace

- Povrchy jsou reprezentovány sadou 2D objektů umístěných v prostoru
- Geometrie je reprezentována stejným způsobem jako u výše zmíněných polygonálních sítí v rovině

Povrchová reprezentace



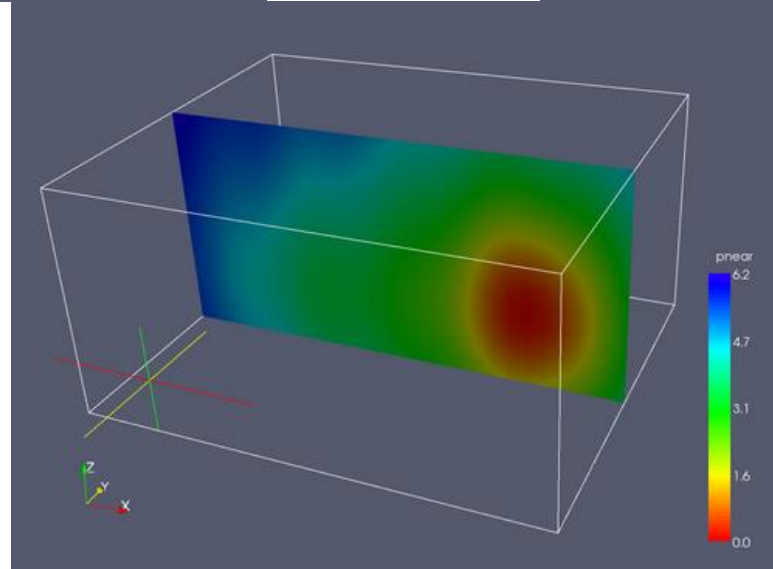
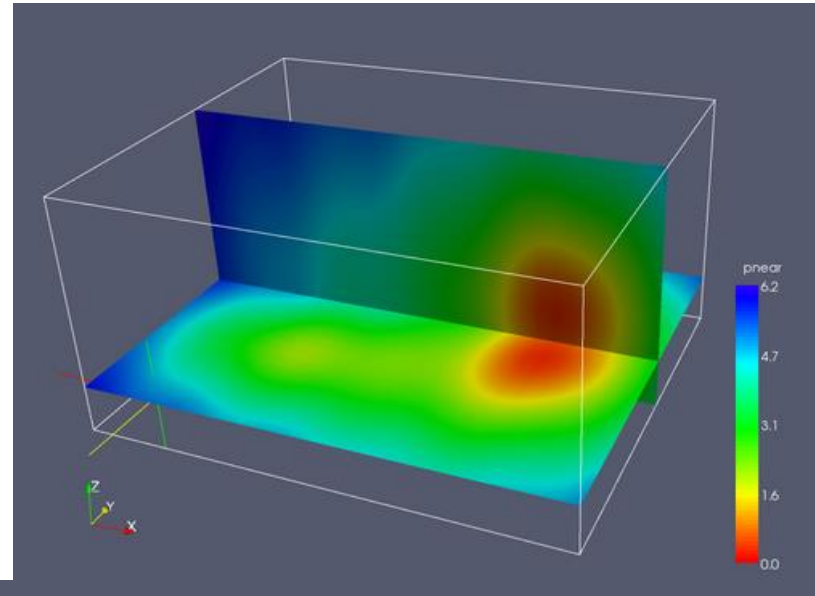
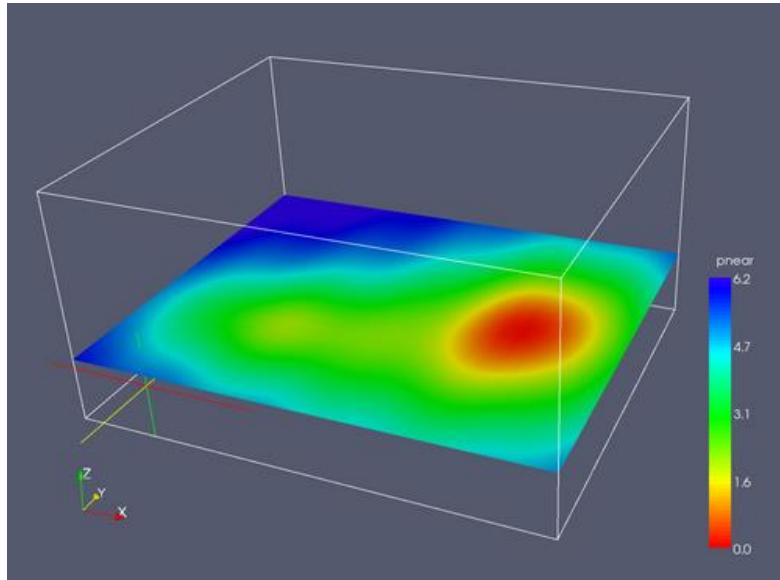
Techniky pro scientific visualization

- Vědecká data nabývají různých tvarů a velikostí a jsou většinou prostorová
- Zaměříme se na techniky pro reprezentaci skalárních a vektorových dat
- Skalární data:
 - Slice planes
 - Domain clipping (region of interest - ROI)
 - Izopovrchy
 - Glyfy
 - Objemová vizualizace
- Vektorová data:
 - Glyfy
 - Streaklines (paprsky)
 - Ribbons (pásy)

Skaláry – slice planes

- „Nařezání“ 3D prostoru do 2D rovinných řezů
- Na tyto řezy může být poté namapována barevná škála
- Orientace těchto rovin je nejčastěji horizontální, vertikální nebo můžeme využít více ořezávacích rovin najednou

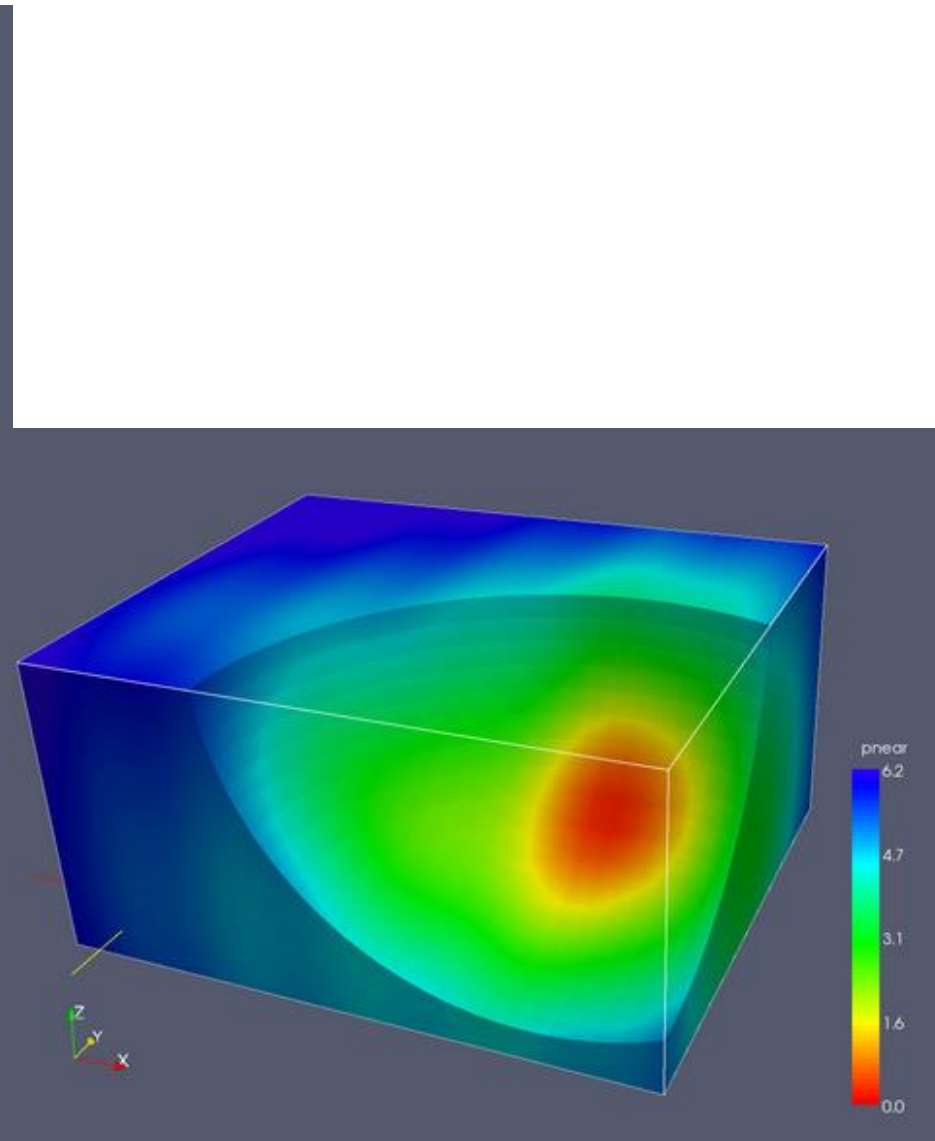
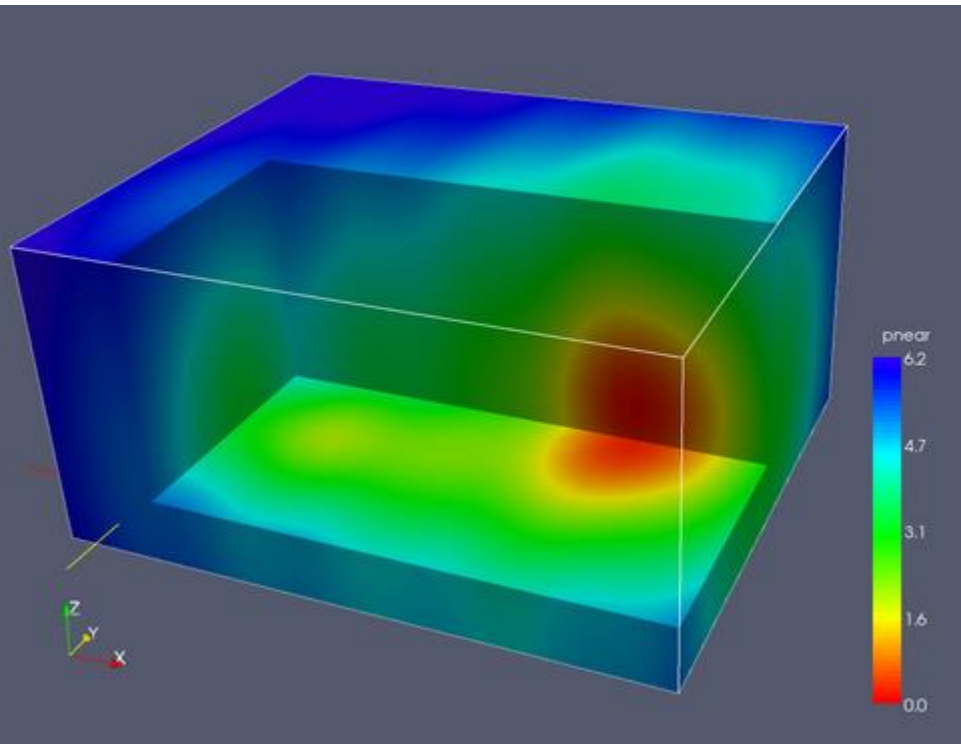
Skaláry – slice planes



Skaláry – domain clipping

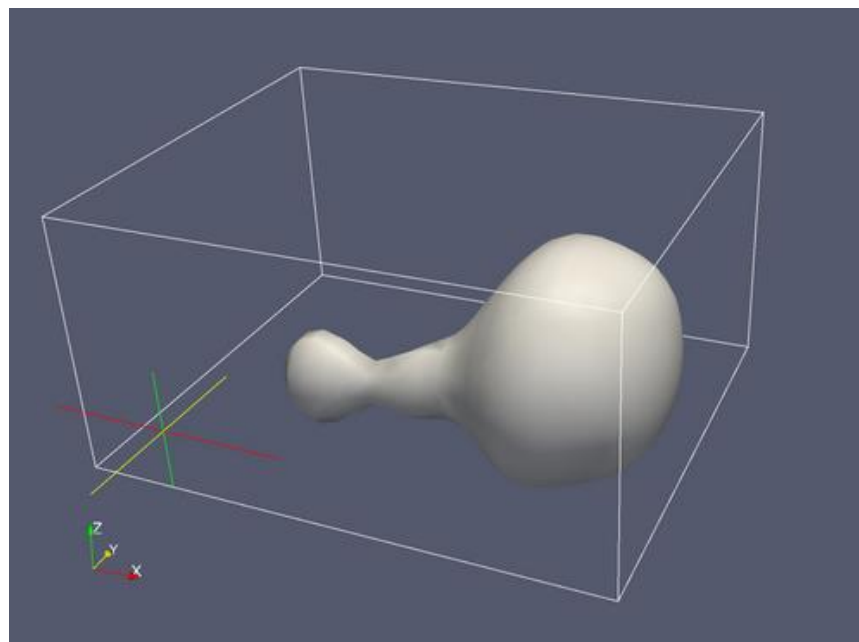
- Domain clipping, neboli Region of interest (ROI), je technika velmi podobná ořezávacím rovinám
- Nevytváříme však 2D řez, ale ořezávací rovinu využíváme k odřezání části domény
- Takto vzniklá subdoména se nazývá oblastí zájmu (region of interest)
- Subdoména může vzniknout ořezáním podle určitého tělesa – kvádru, koule, ...

Skaláry – domain clipping

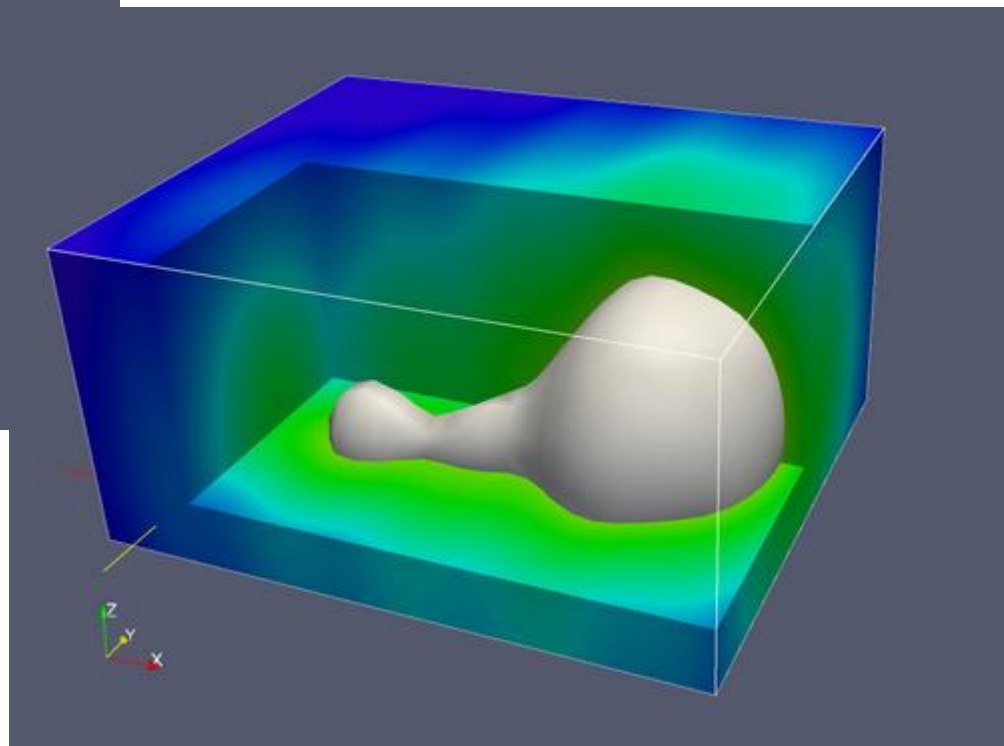
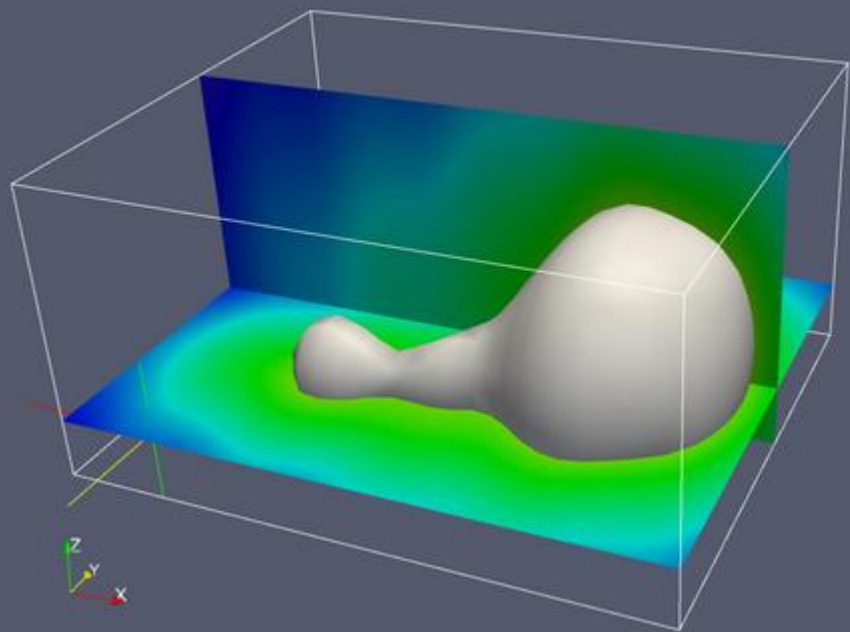


Skaláry - izopovrchy

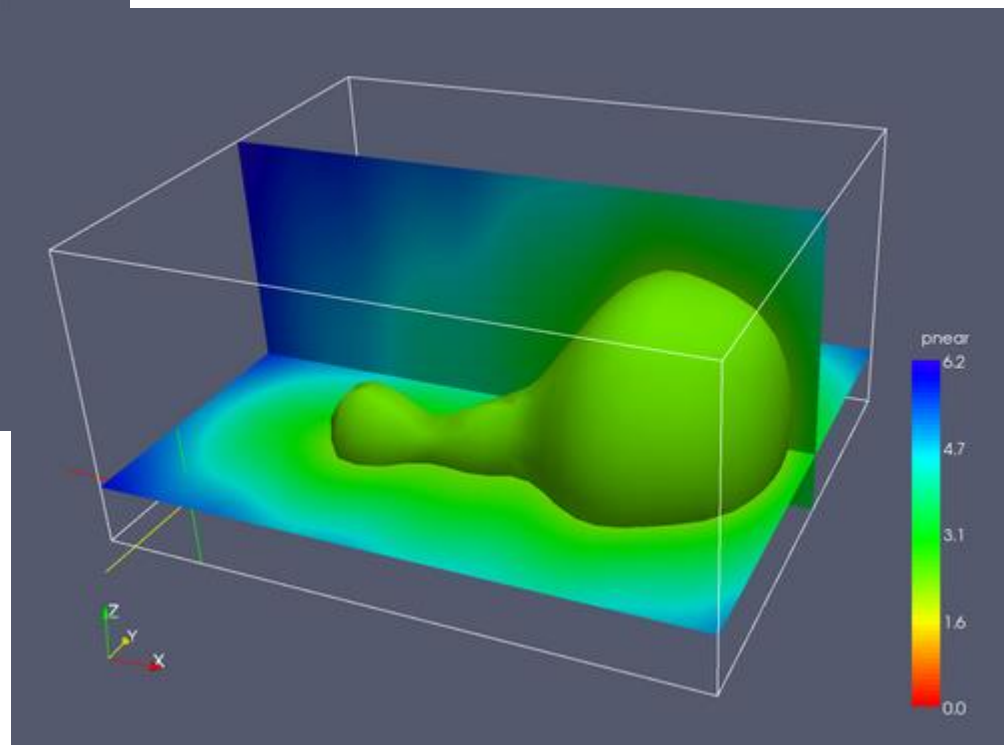
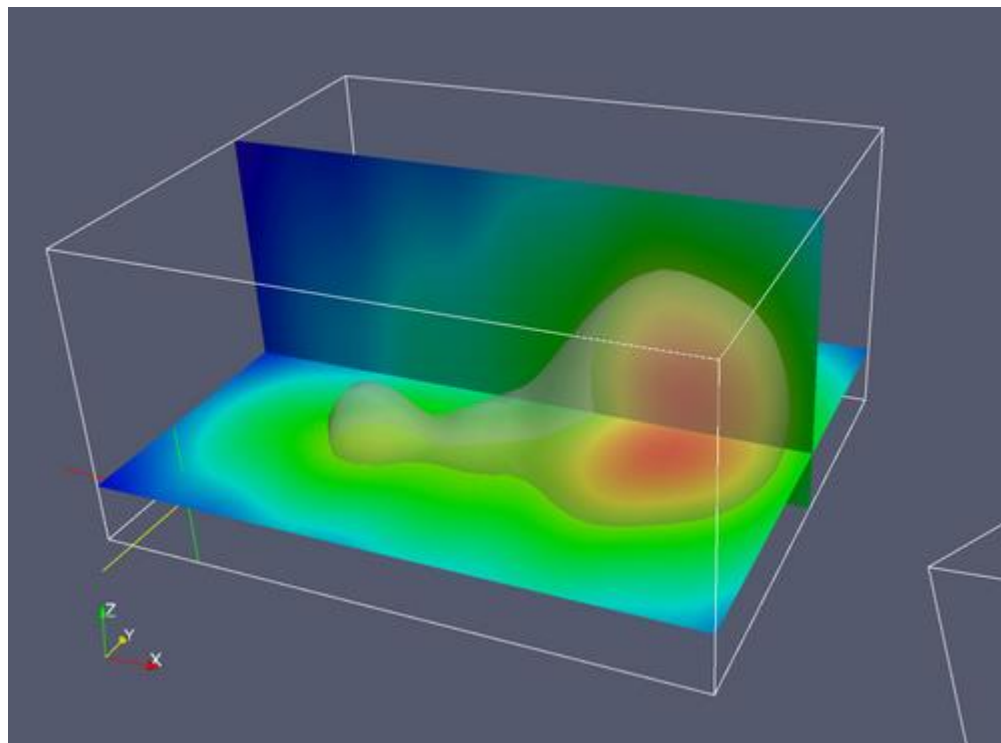
- Izopovrch pro určitou hodnotu d je definován jako sada bodů v dané doméně, pro které má daná funkce hodnotu d
- Ve 2D je tato situace definována pomocí izočar



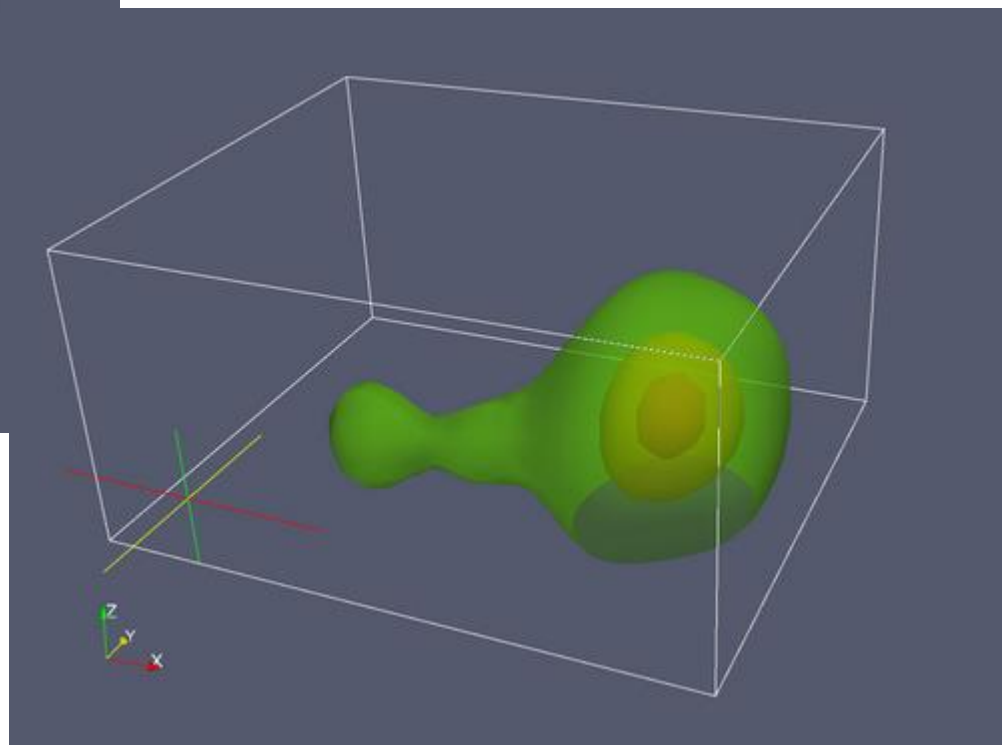
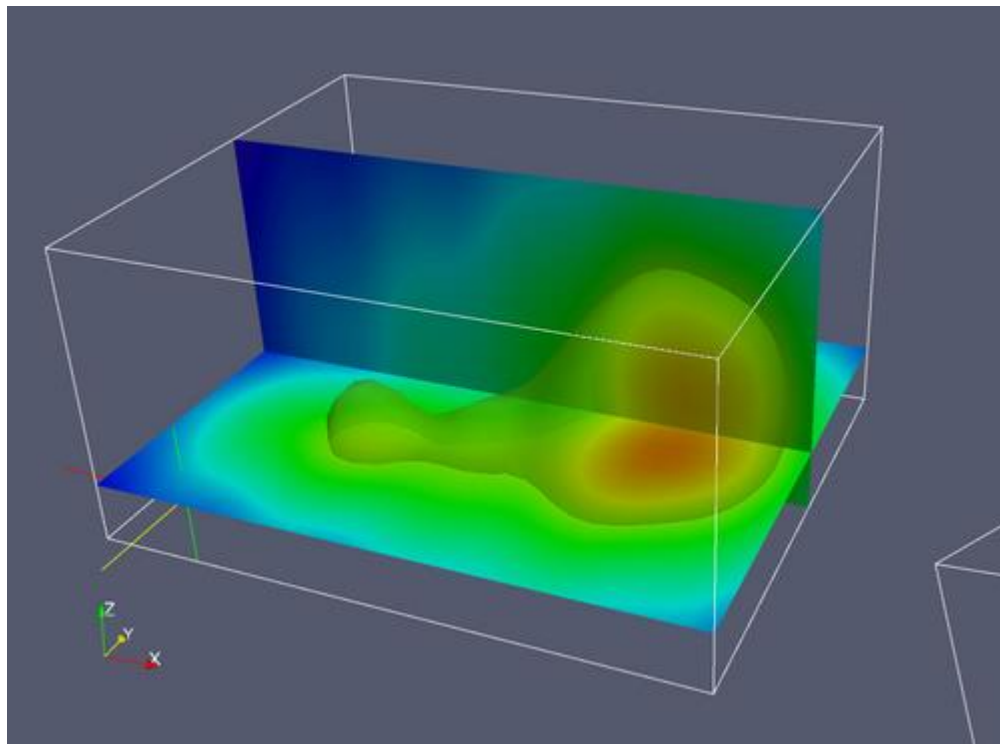
Kombinace s předchozími technikami



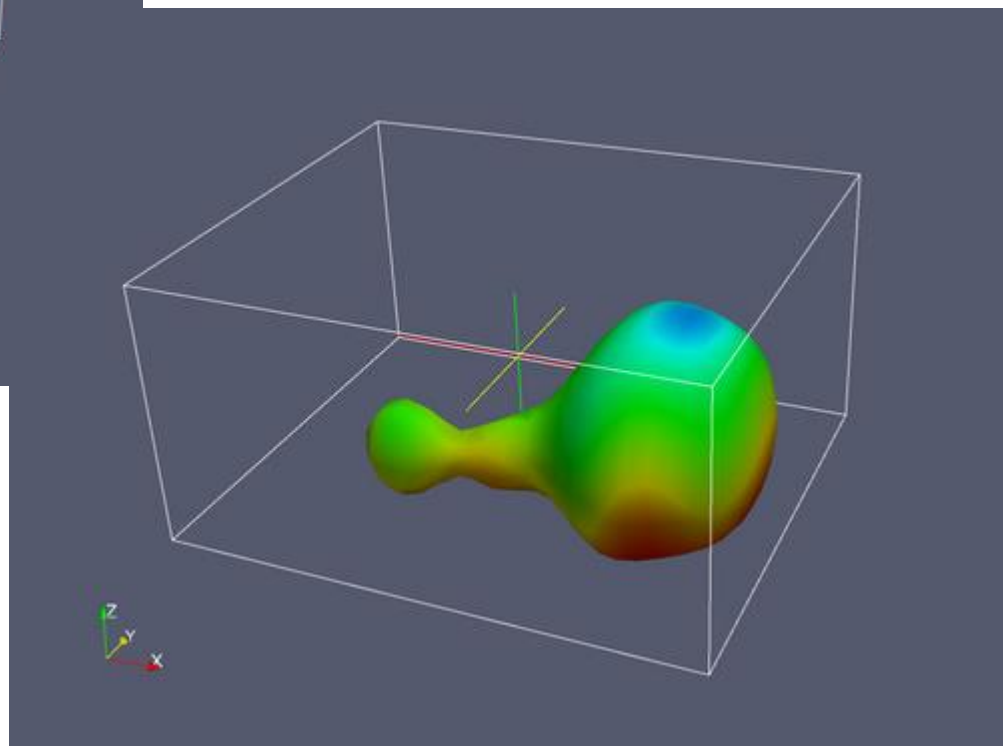
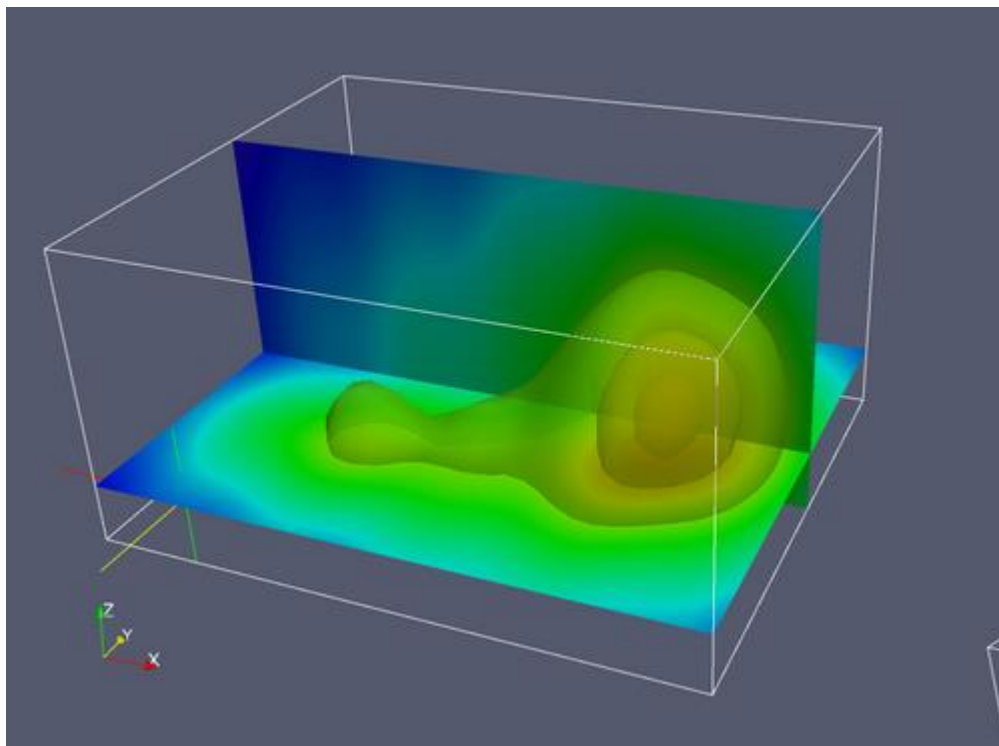
Kombinace s předchozími technikami



Kombinace s předchozími technikami



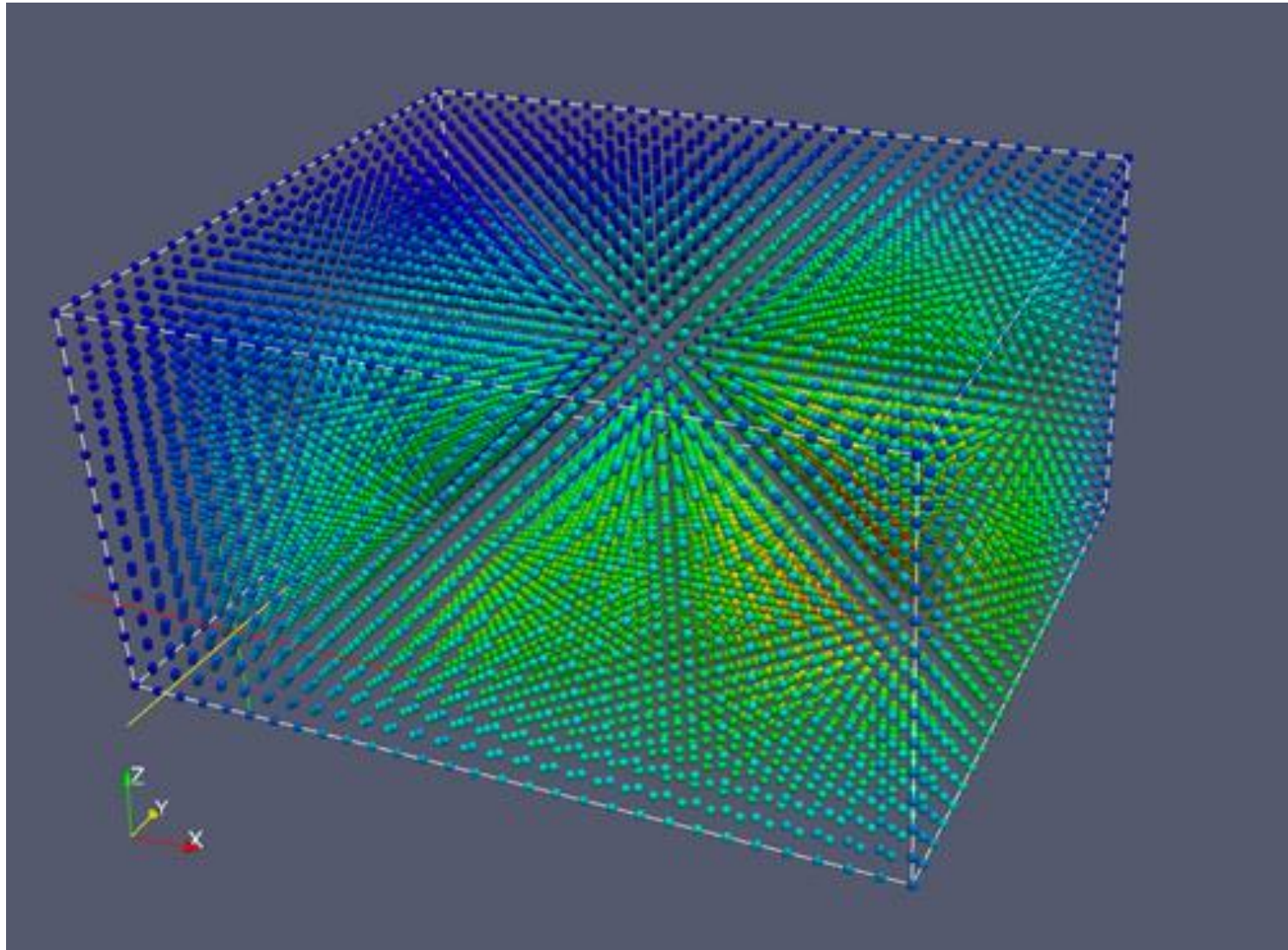
Kombinace s předchozími technikami



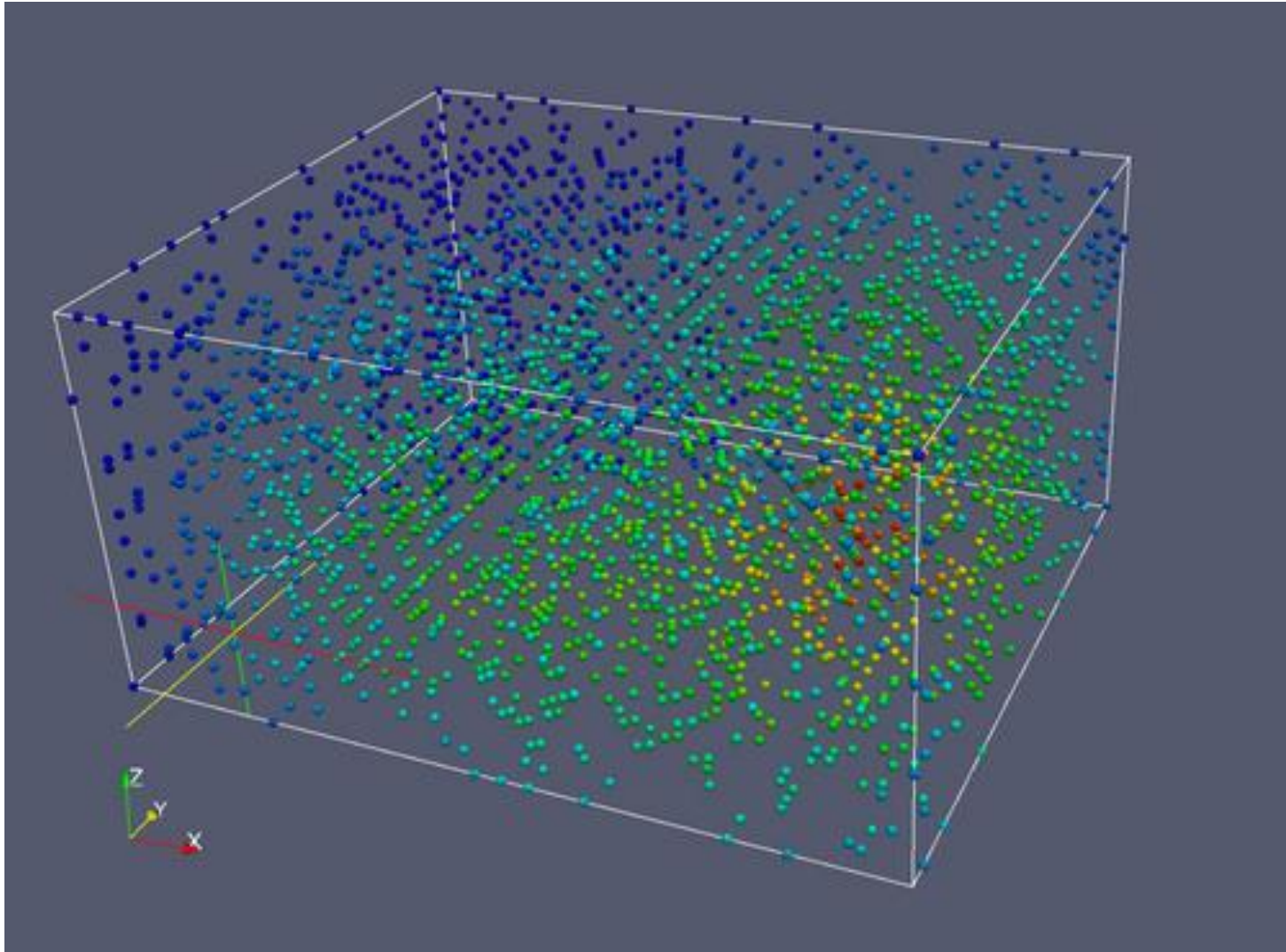
Skaláry - glyfy

- V tomto případě je každý datový bod reprezentován malým objektem v prostoru, který je obarven podle zadané barevné škály na základě určité hodnoty uložené v tomto bodě
- V následujících případech jsou využity pouze bodové glyfy

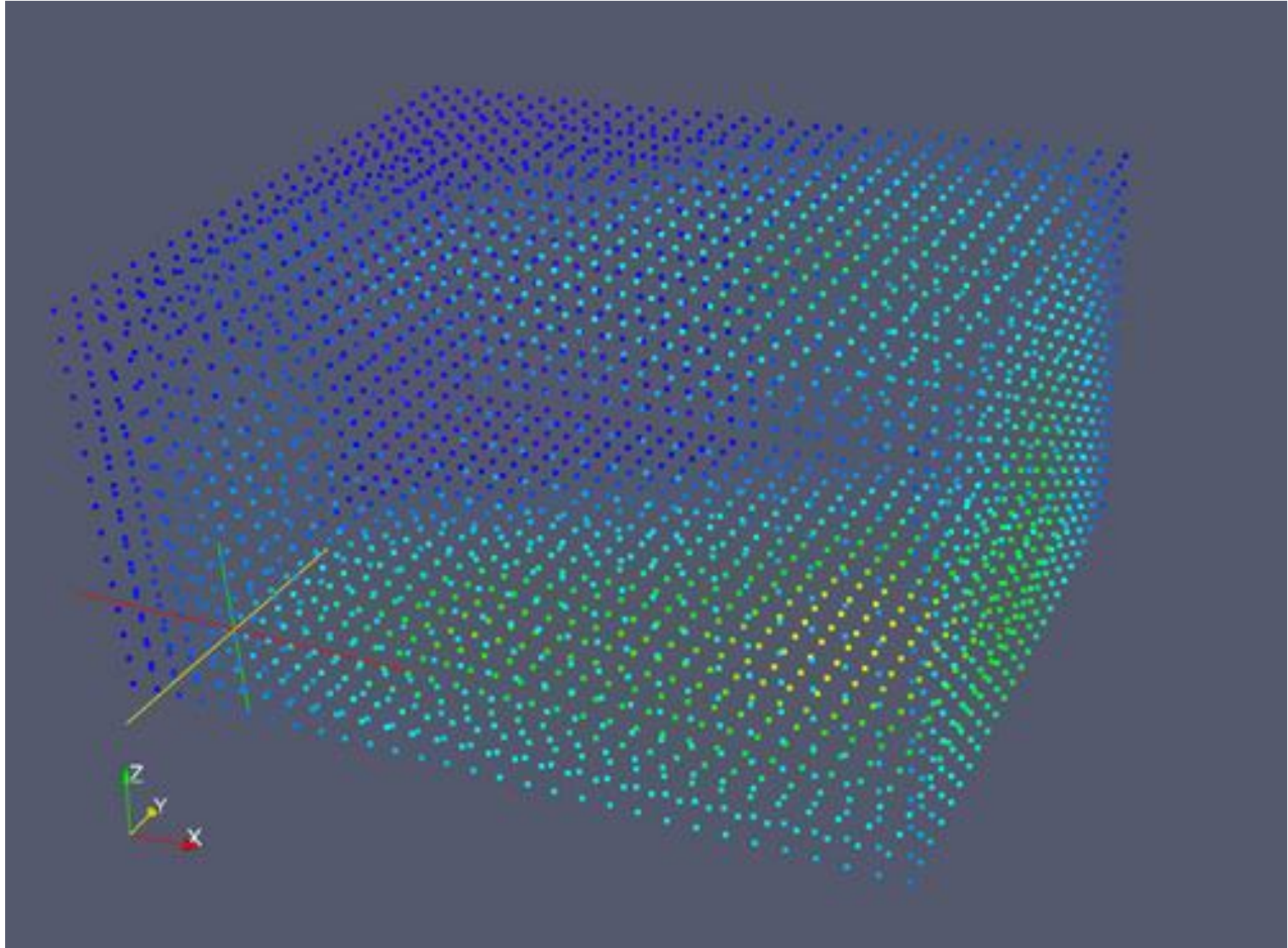
Skaláry - glyfy



Skaláry - glyfy



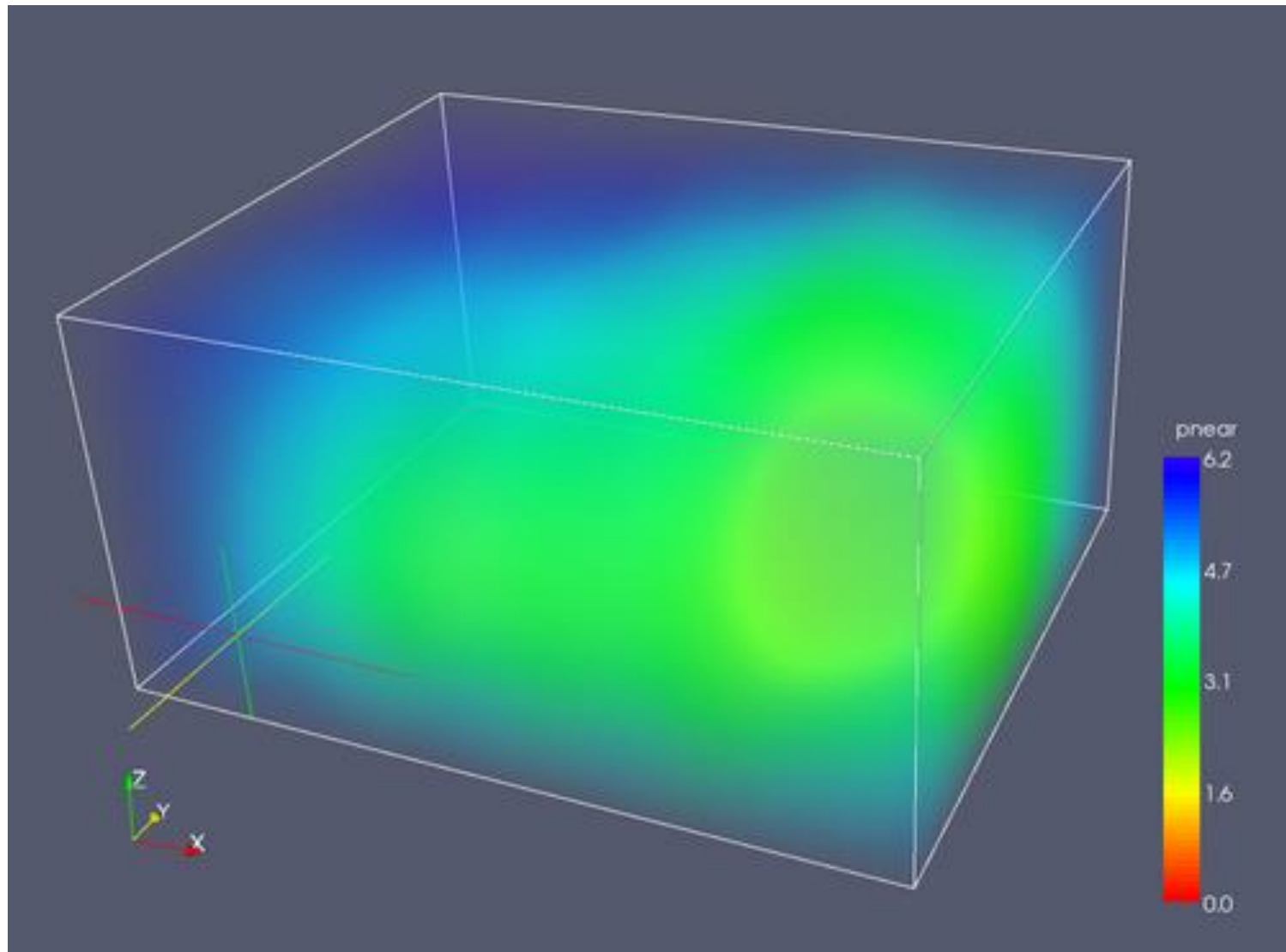
Skaláry - glyfy



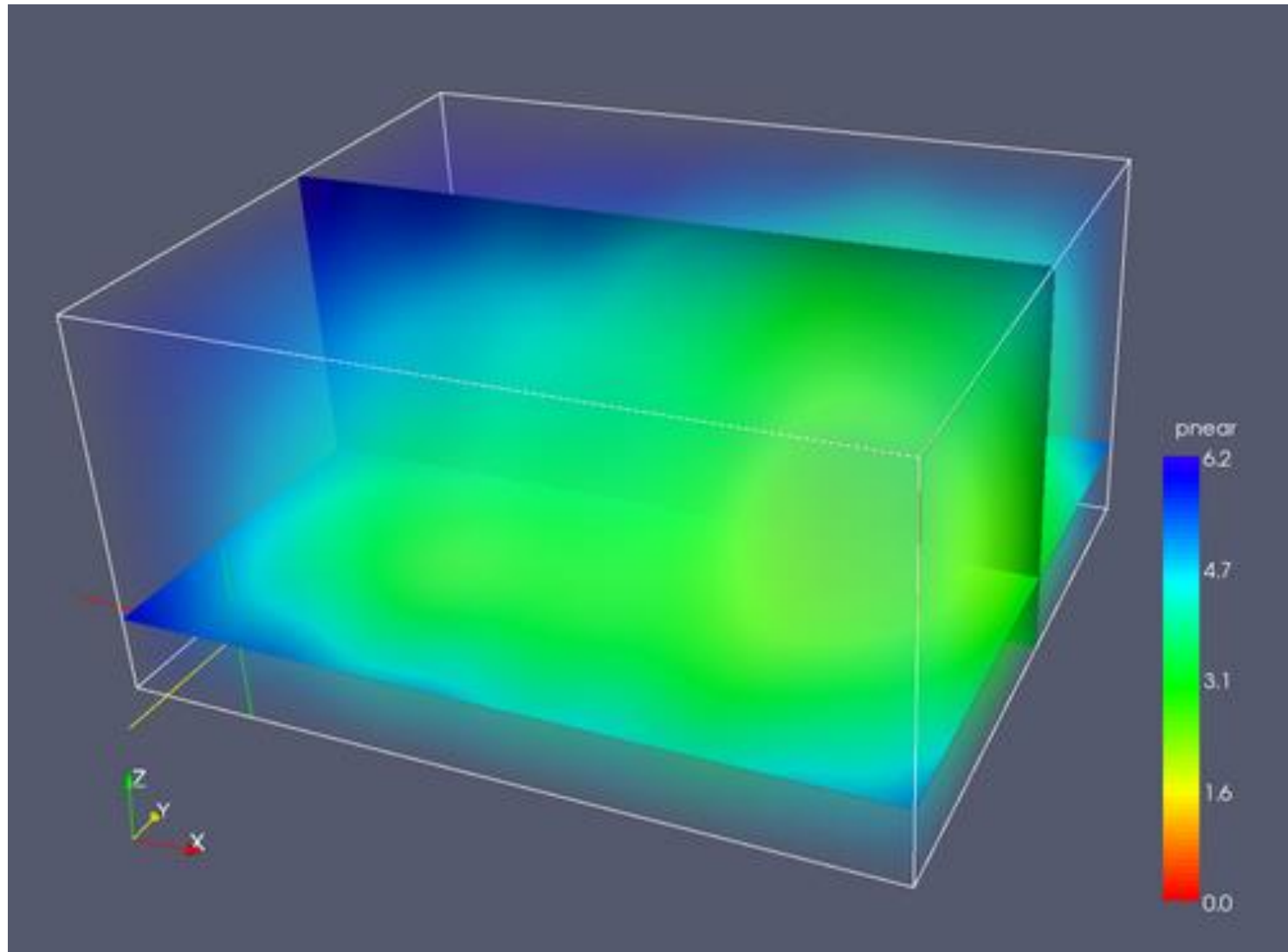
Skaláry – vizualizace objemu

- U objemové vizualizace nejčastěji ovlivňujeme průhlednost a barvu materiálu, čímž simulujeme náhled skrz některé oblasti a naopak neprůhlednost jiných oblastí.

Skaláry – vizualizace objemu



Skaláry – vizualizace objemu

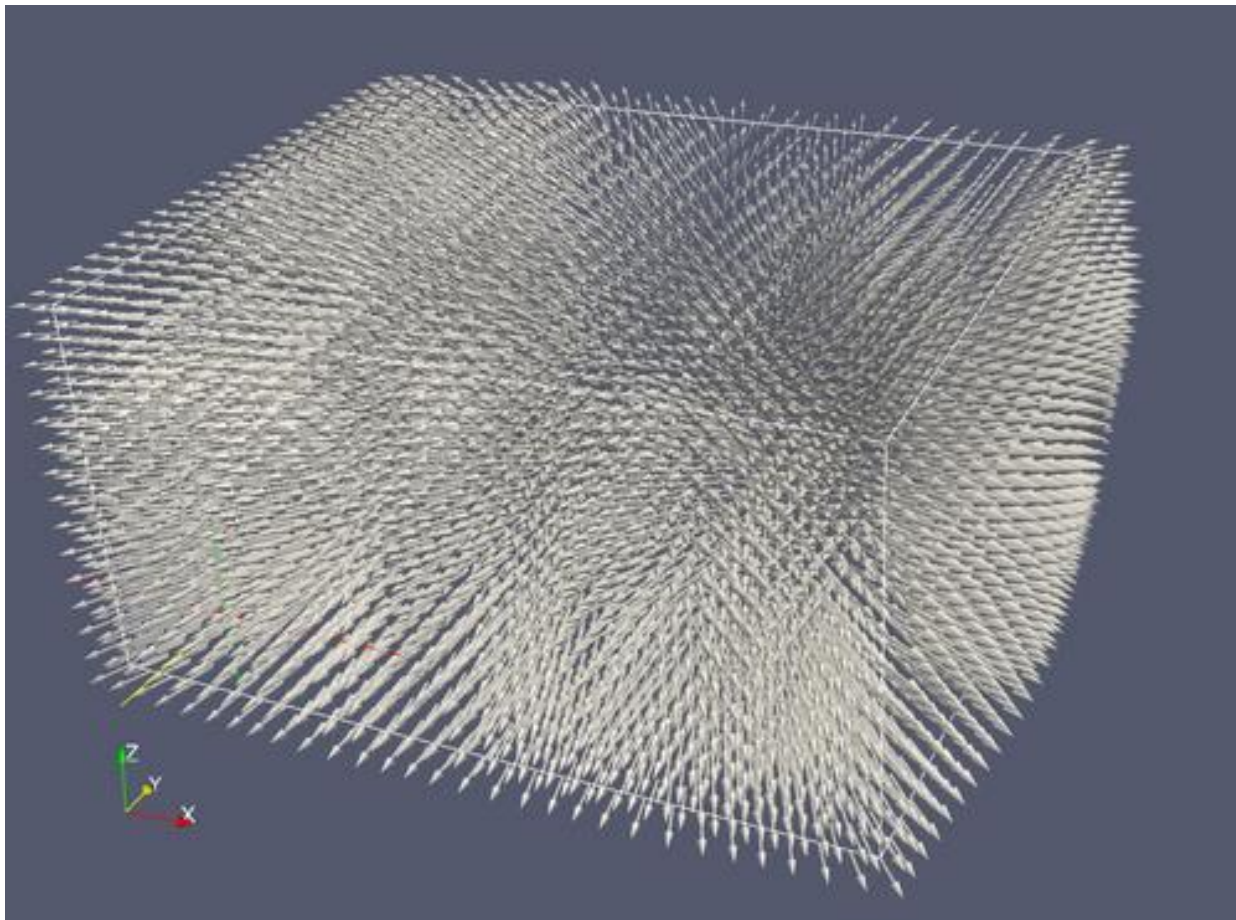


Vektory - glyfy

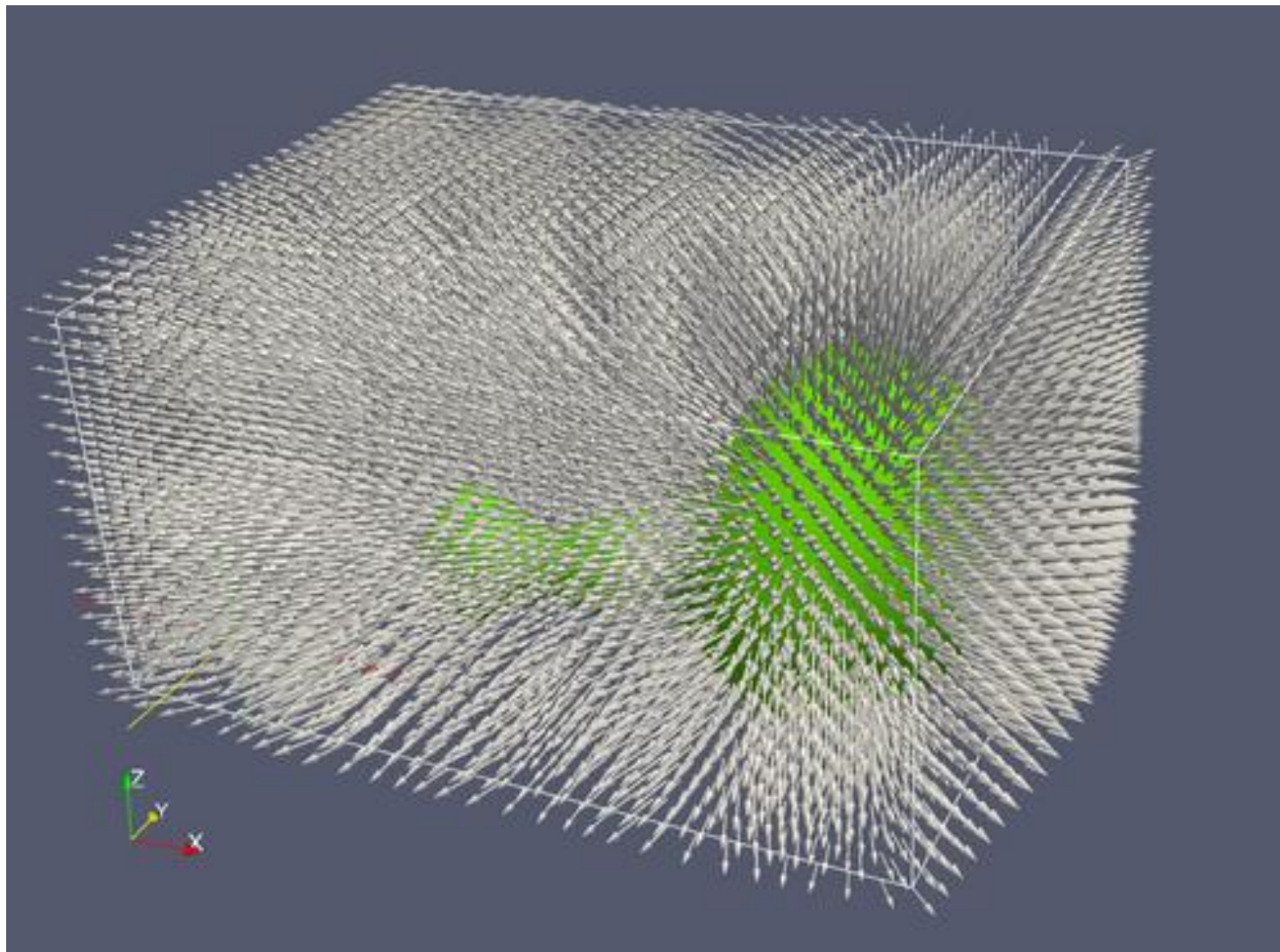
- Pokud chceme vizualizovat atributy dat, které jsou zadány ve formě vektorů, musíme řešit jiný typ problému
- Nejjednodušším a zároveň nejpřirozenějším způsobem reprezentace je znázornění vektorů pomocí šipek

Vektory - glyfy

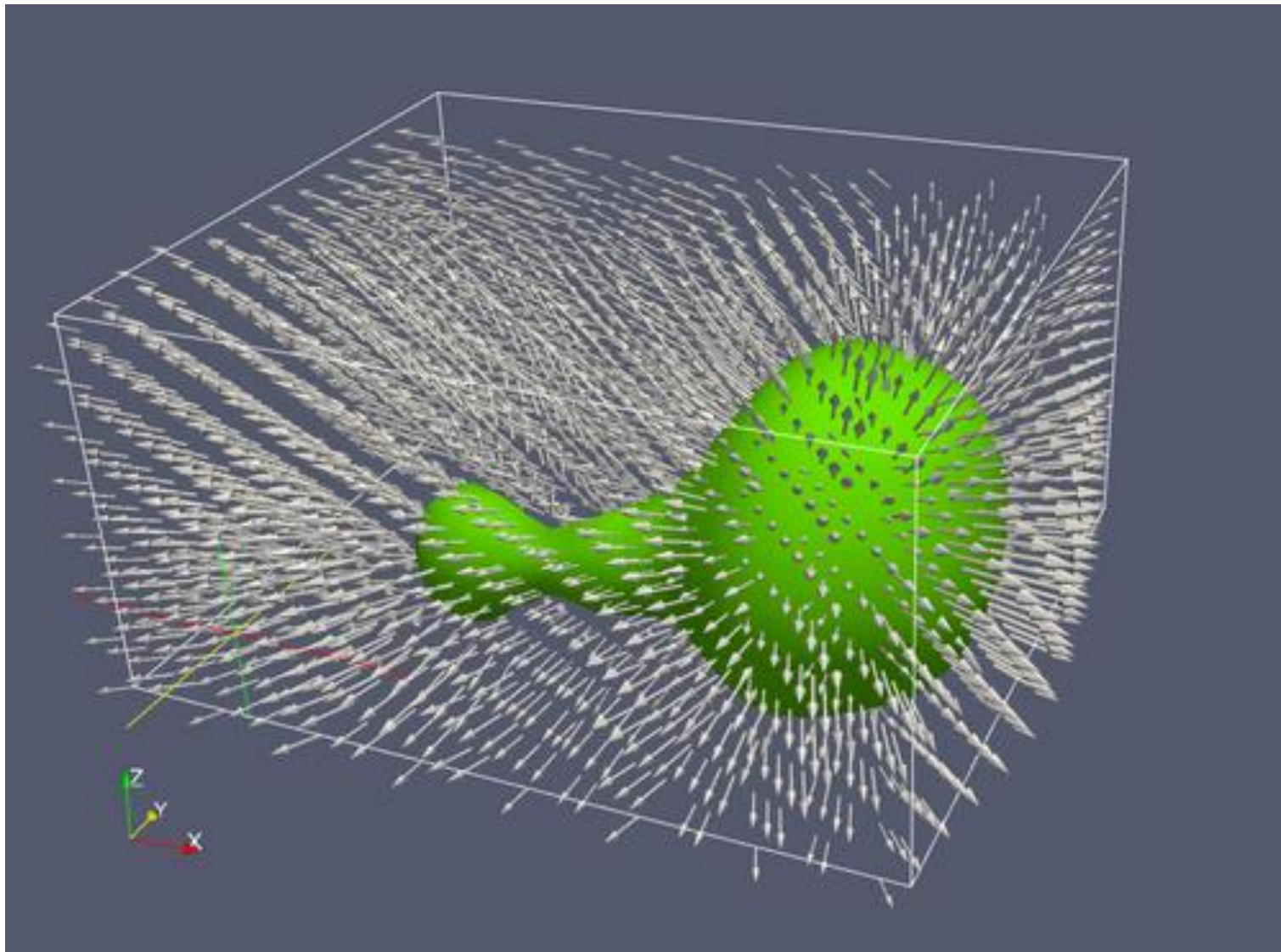
- Hedhehog - ježek



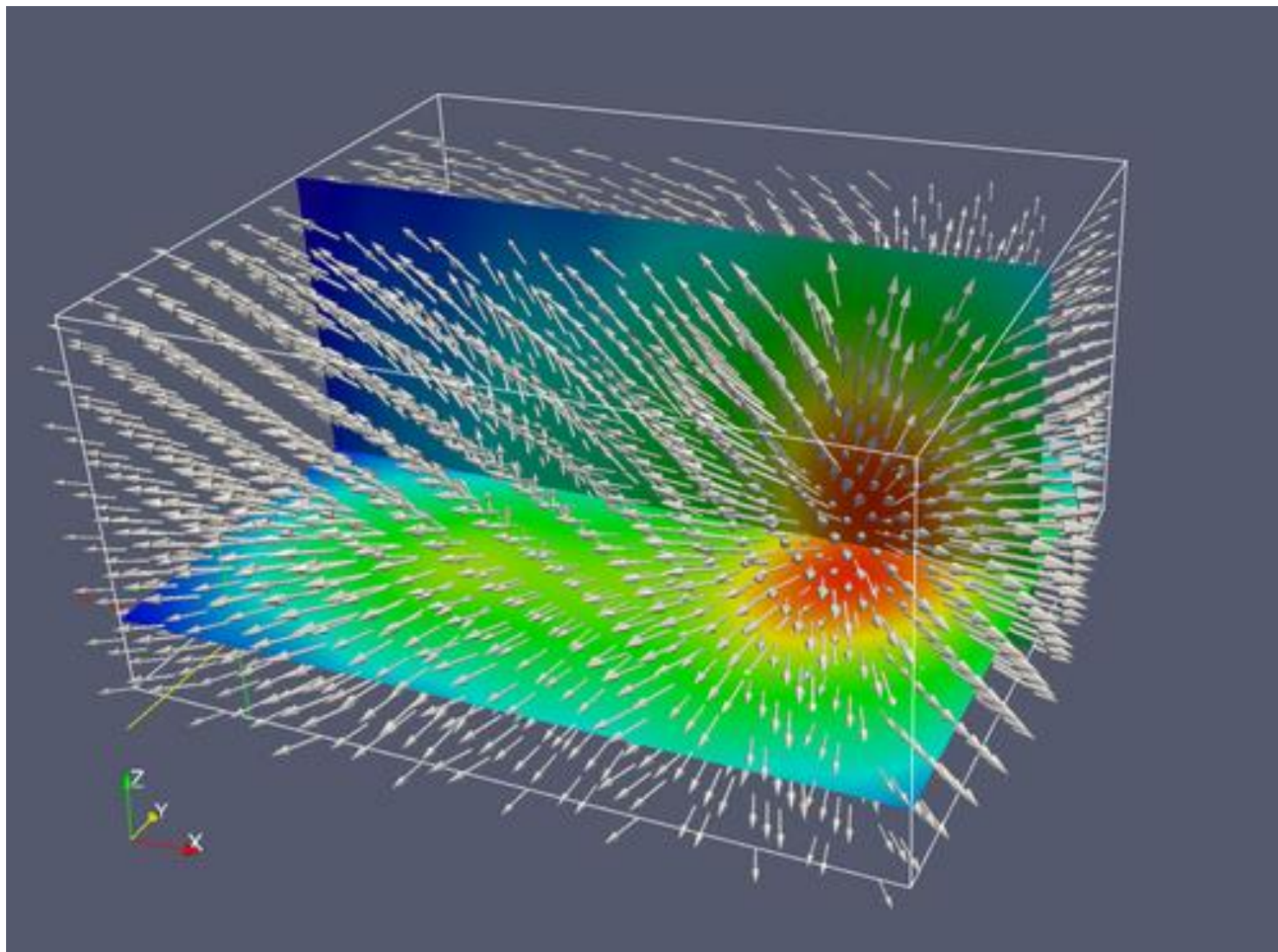
Kombinace s předchozími technikami



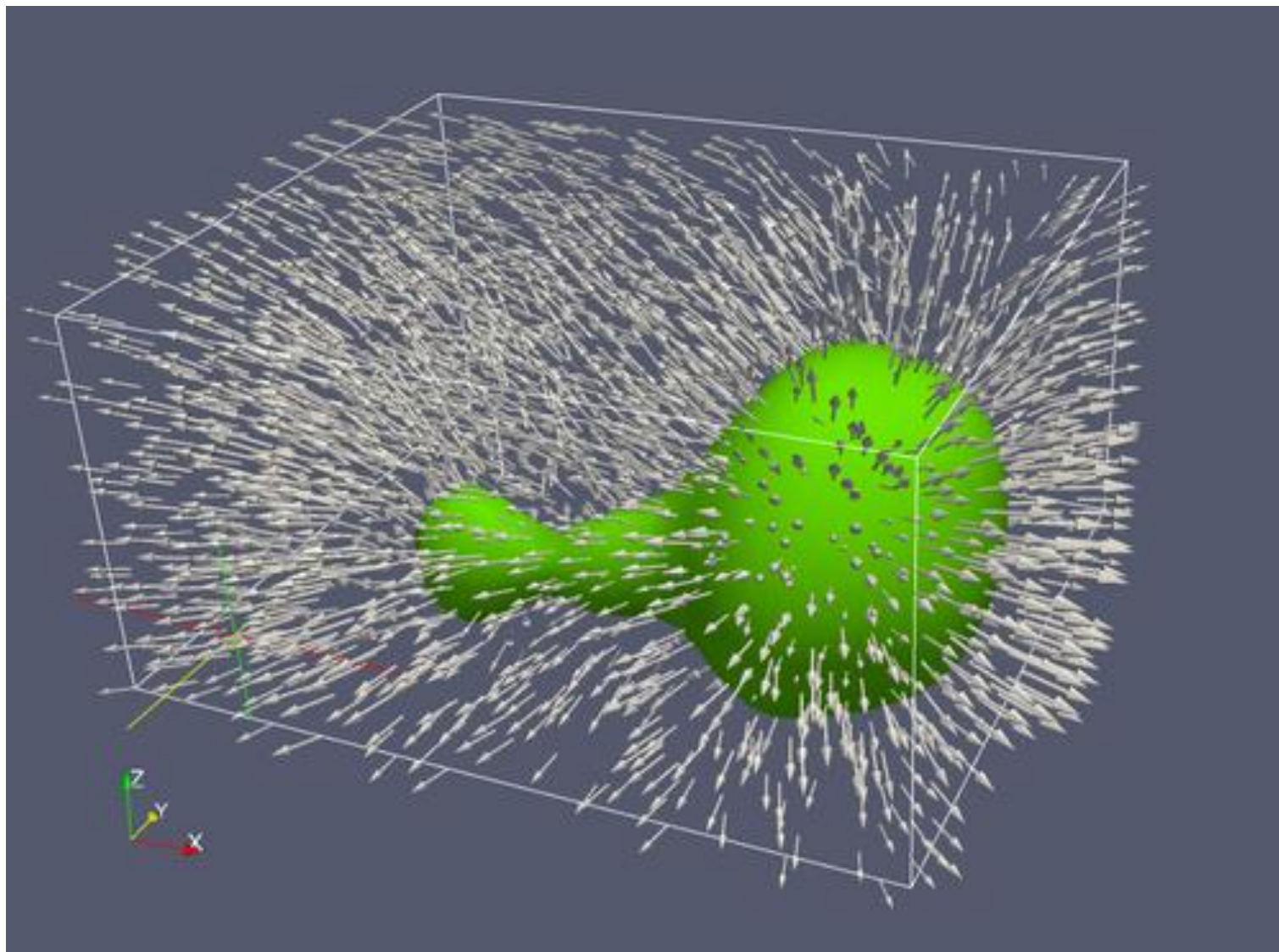
Kombinace s předchozími technikami



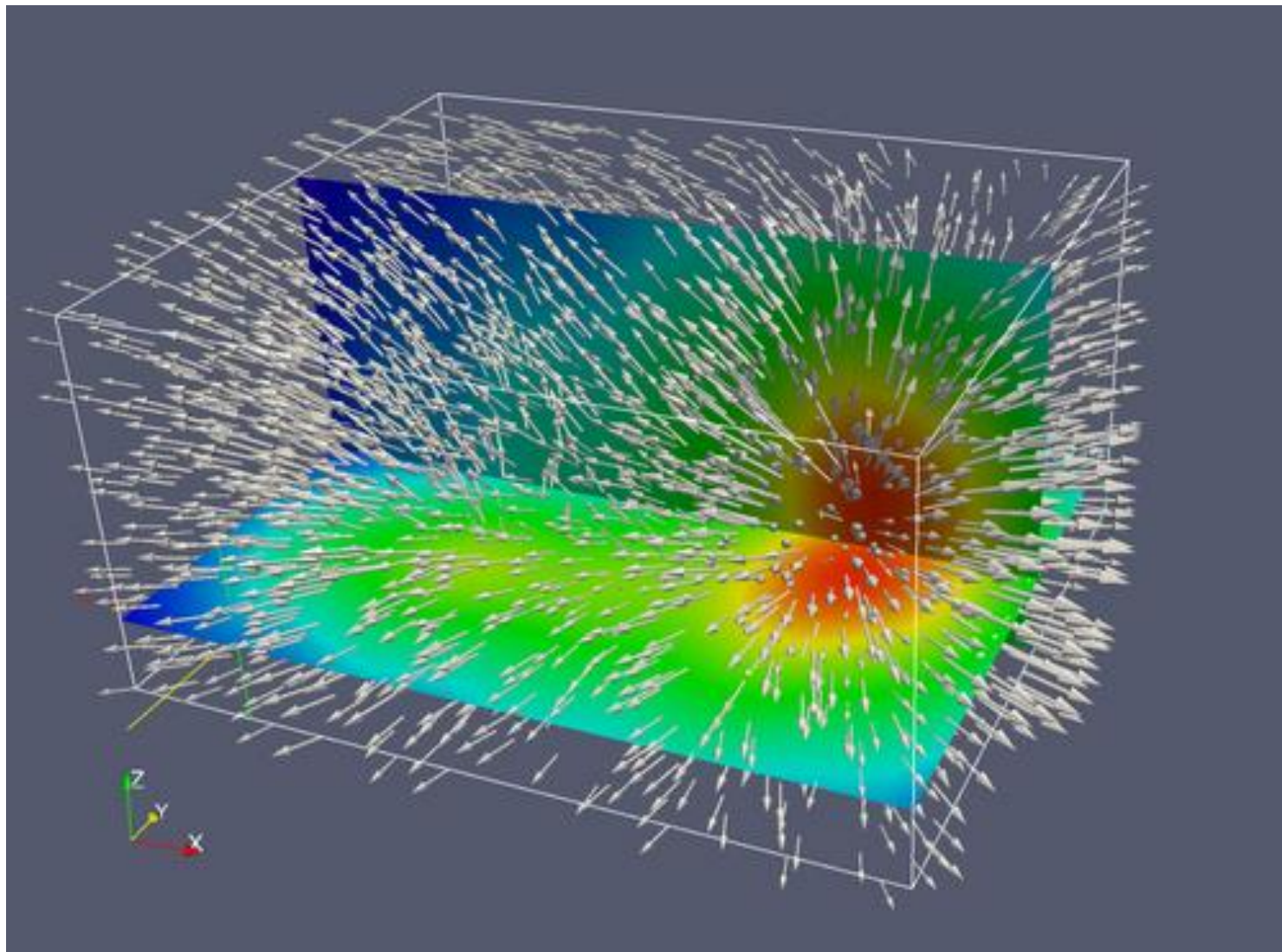
Kombinace s předchozími technikami



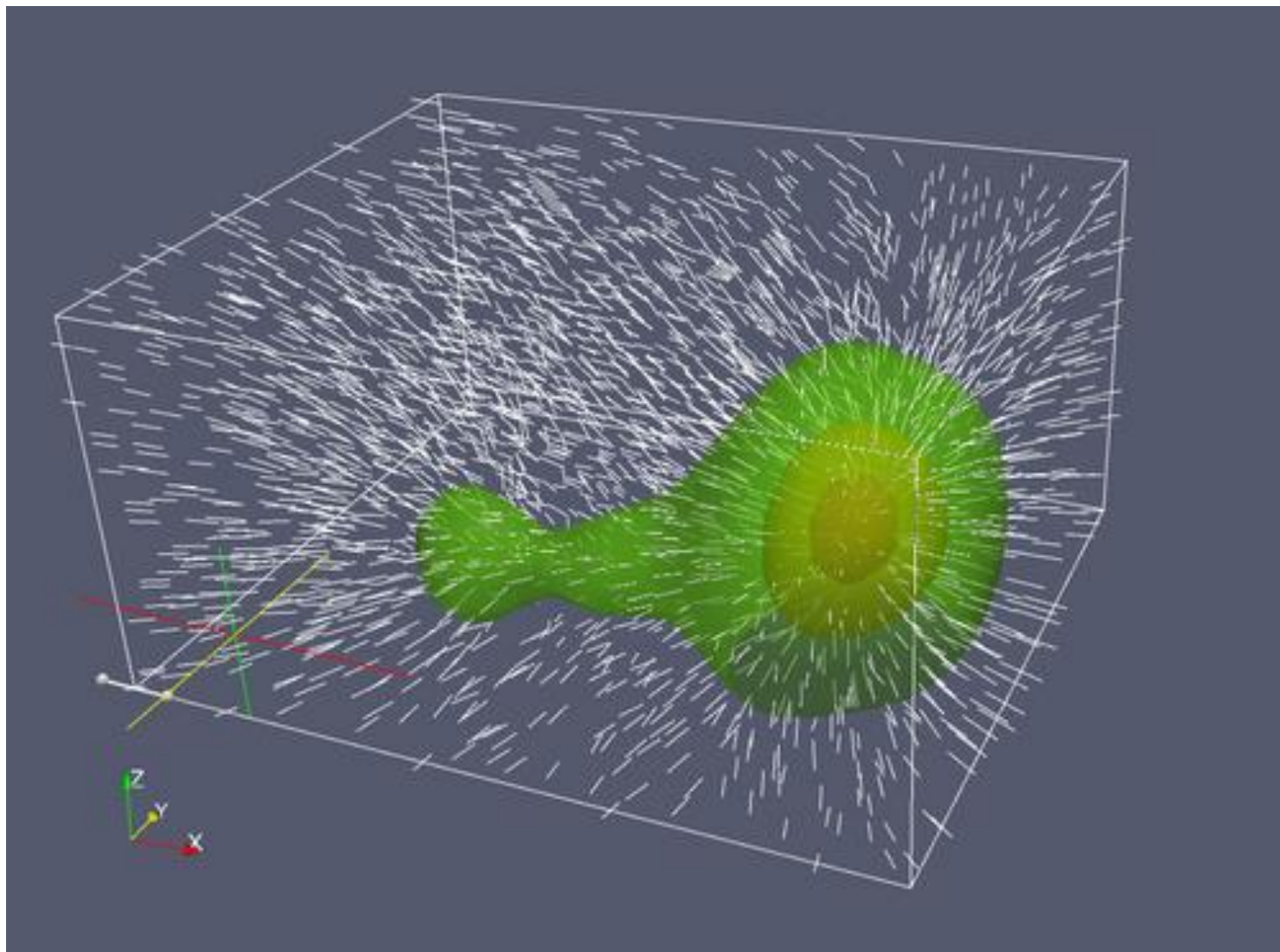
Kombinace s předchozími technikami



Kombinace s předchozími technikami



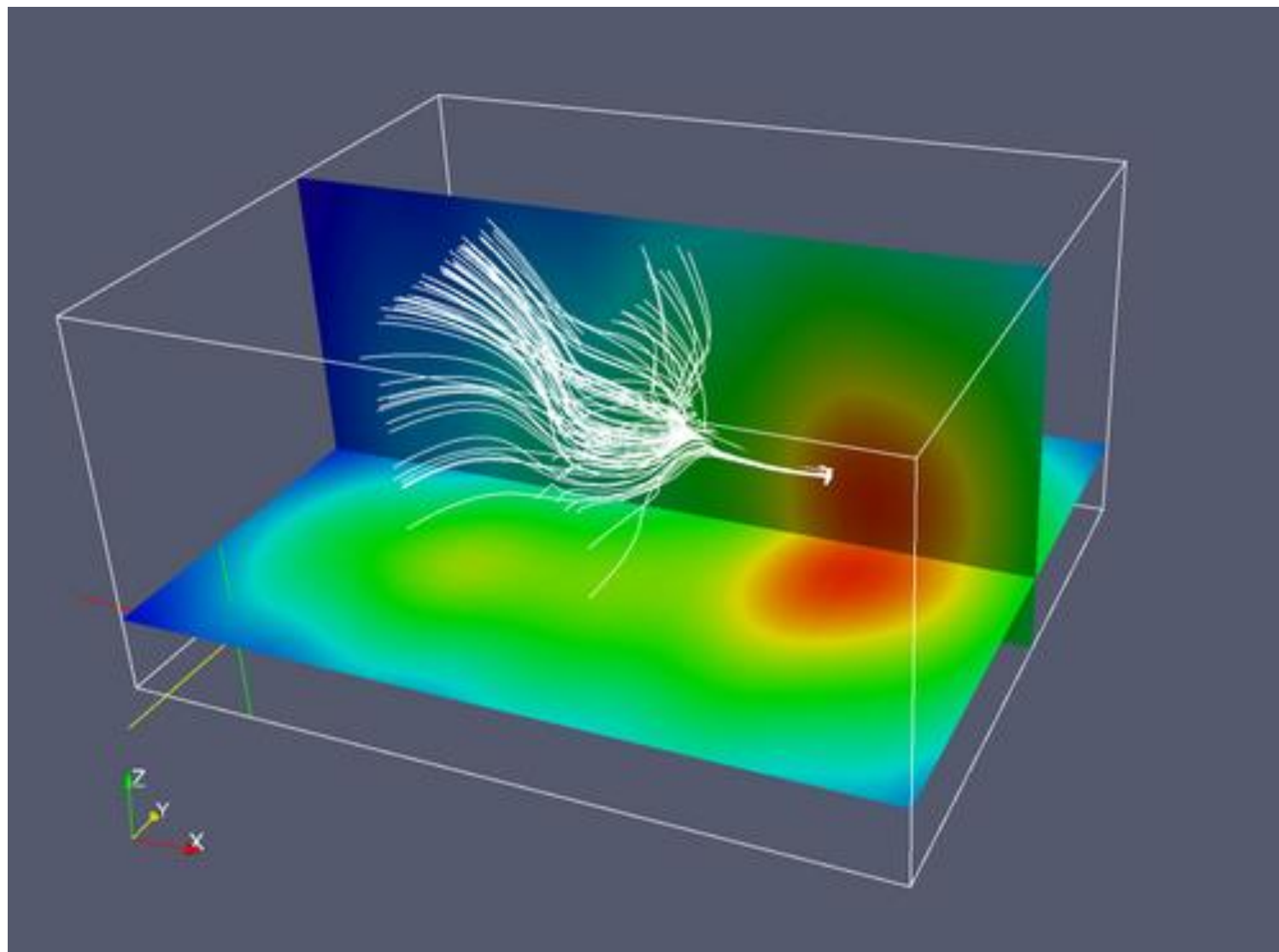
Kombinace s předchozími technikami



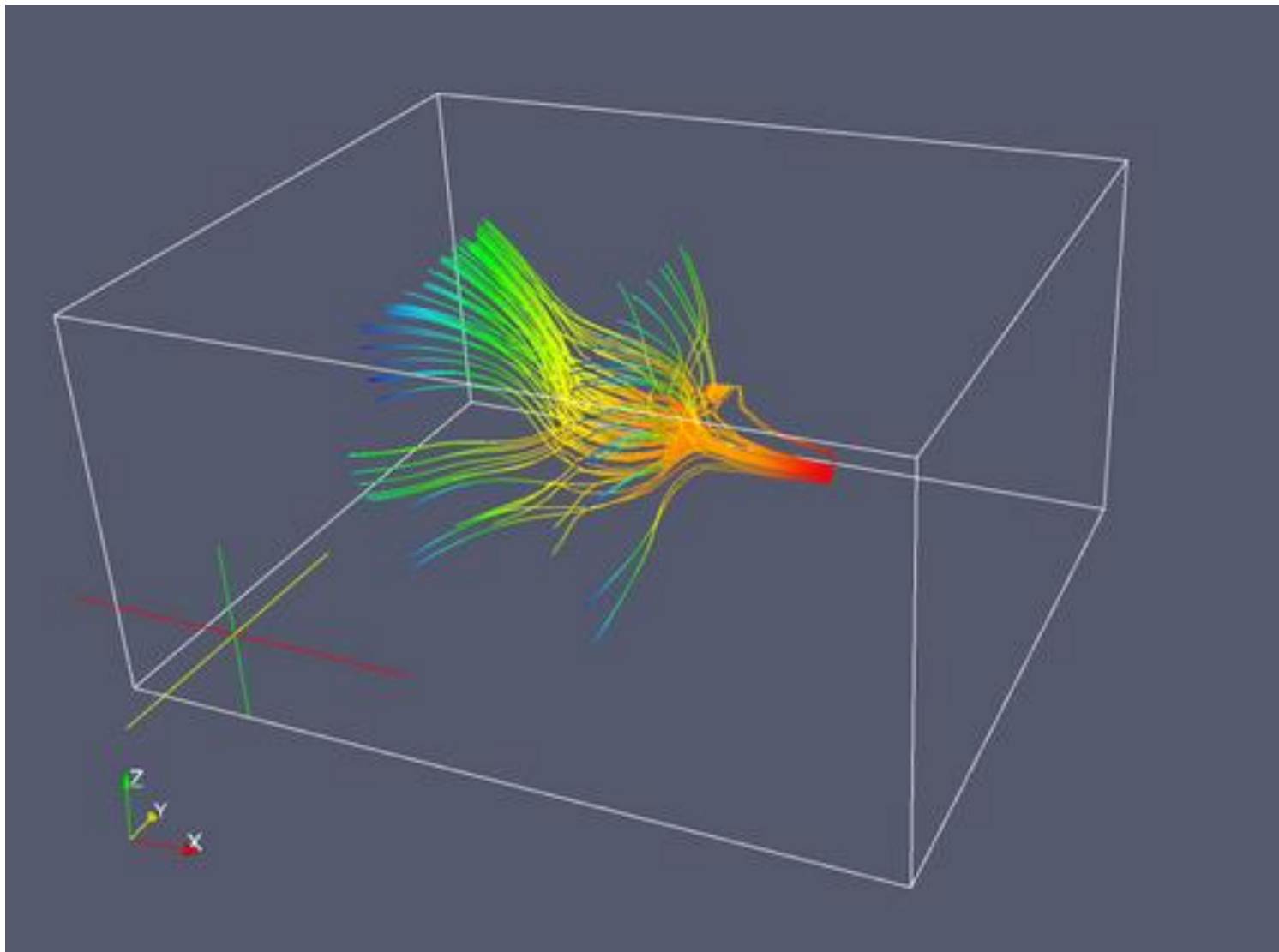
Vektory – streaklines (paprsky)

- Namísto vykreslení vektorového pole pomocí oddělených glyfů (jako například šipek v předchozím případě) použijeme křivky pro vykreslení lineárních prvků sledujících tyto křivky
- Intuitivně můžeme tuto reprezentaci interpretovat jako umístění částice do toku a sledování její trasy

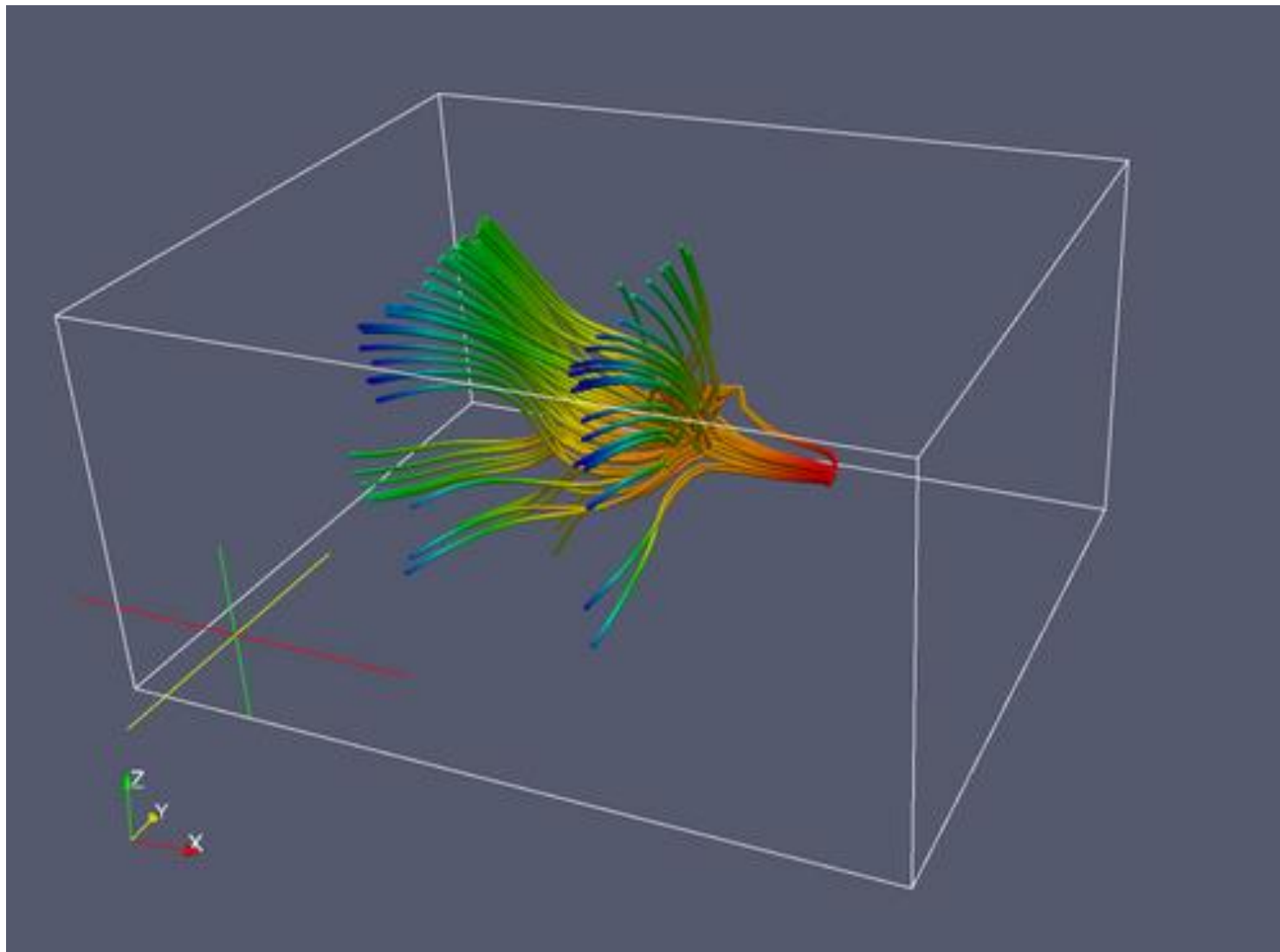
Kombinace s předchozími technikami



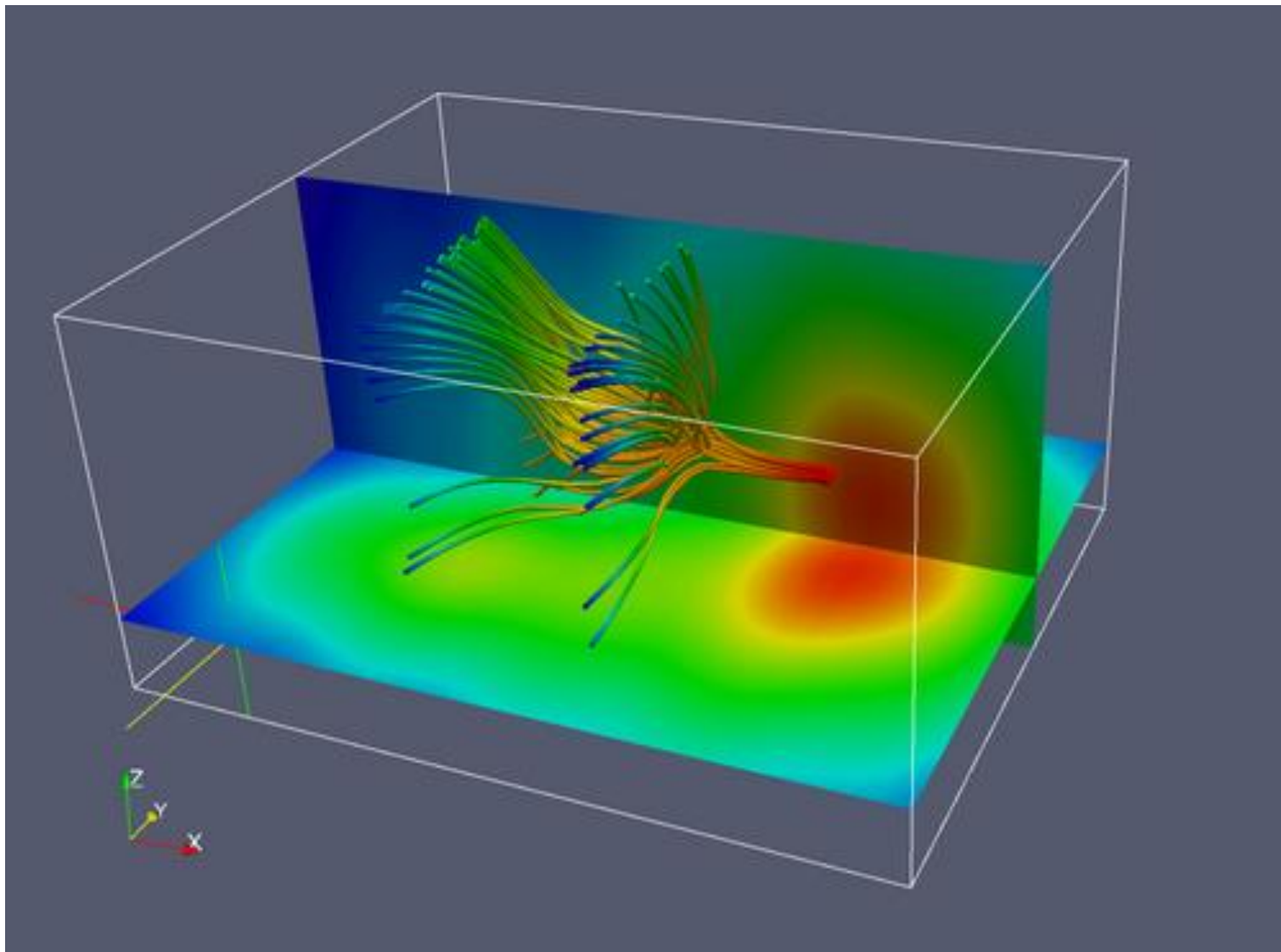
Kombinace s předchozími technikami



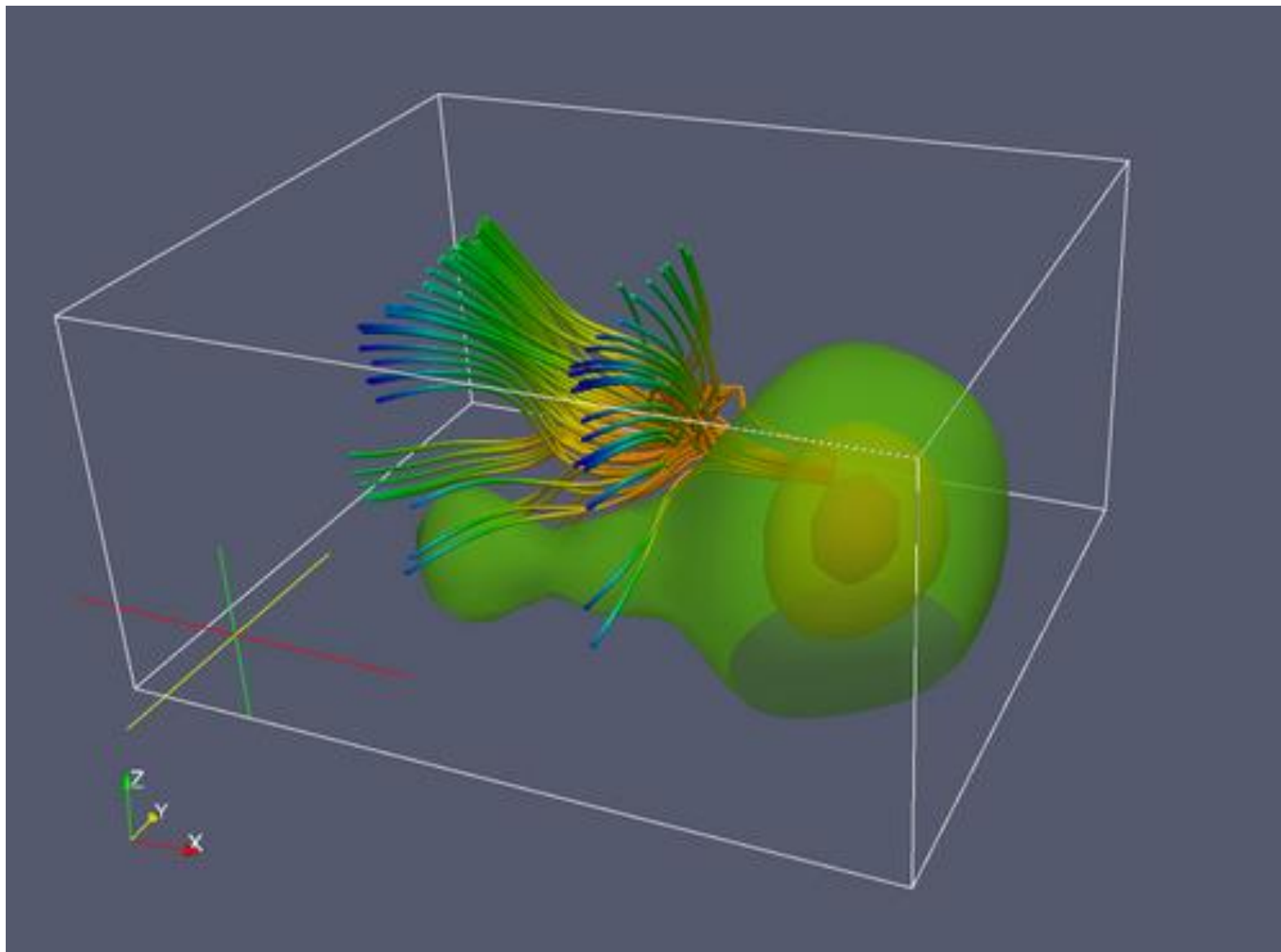
Kombinace s předchozími technikami



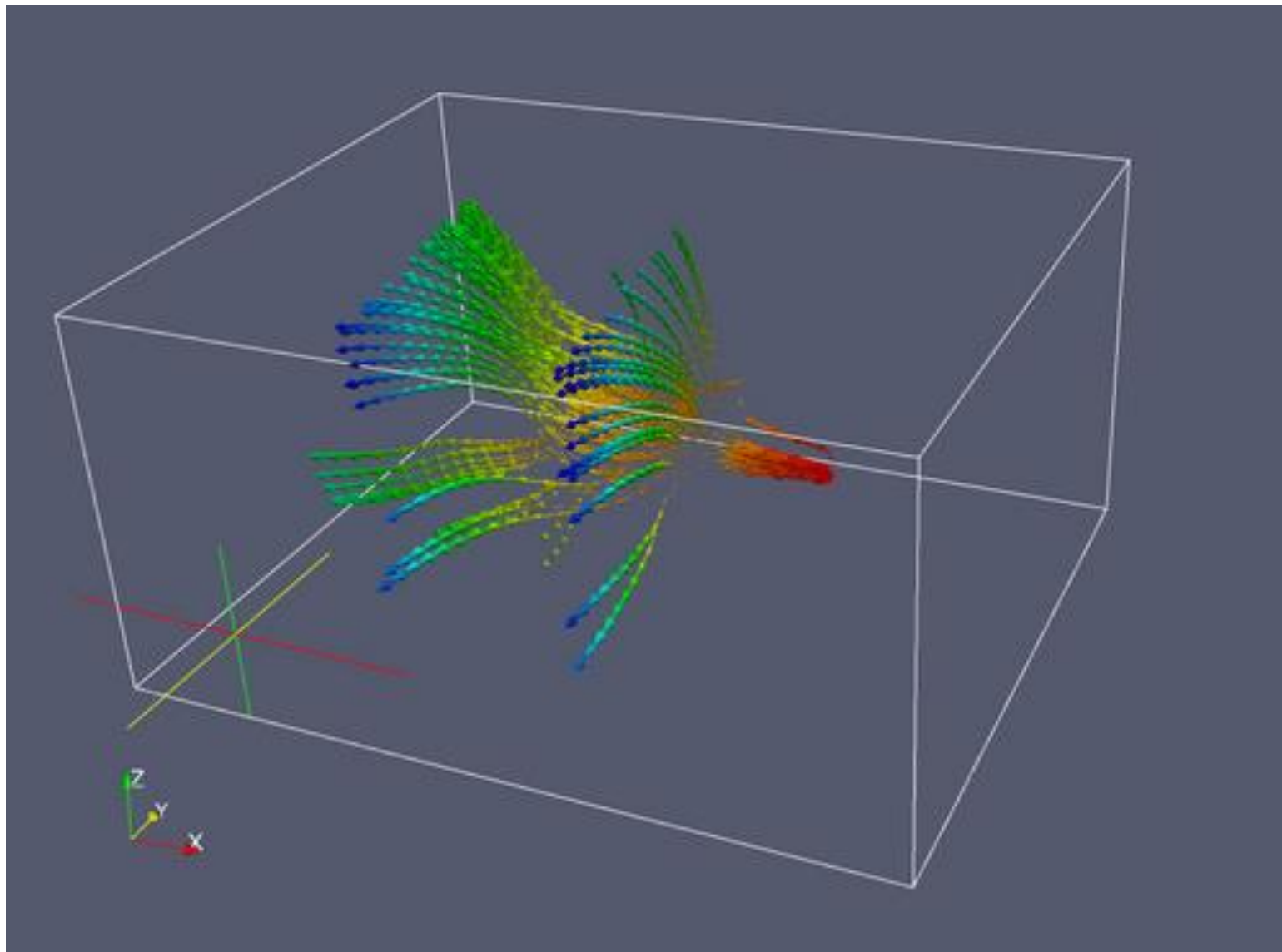
Kombinace s předchozími technikami



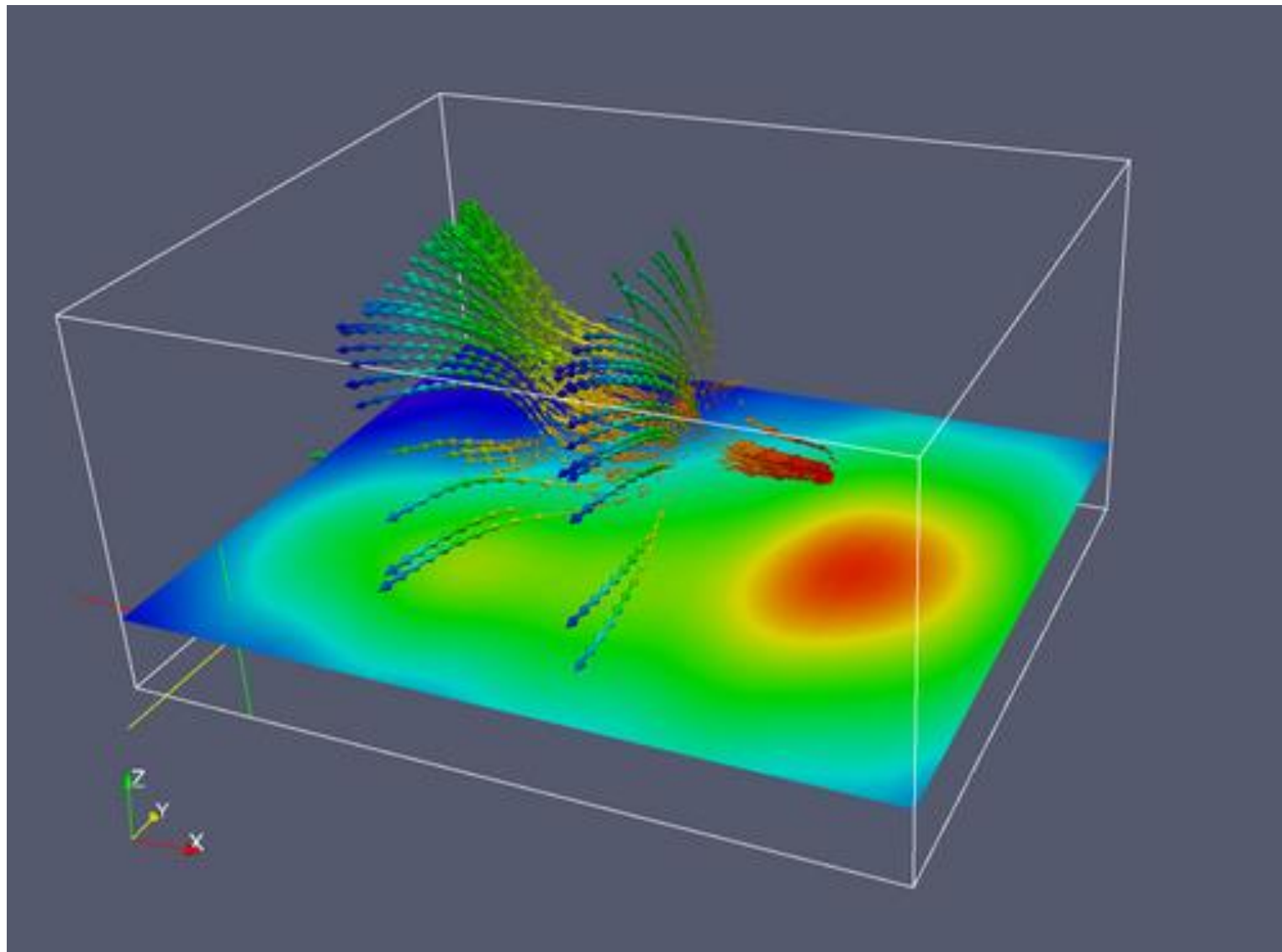
Kombinace s předchozími technikami



Kombinace s předchozími technikami

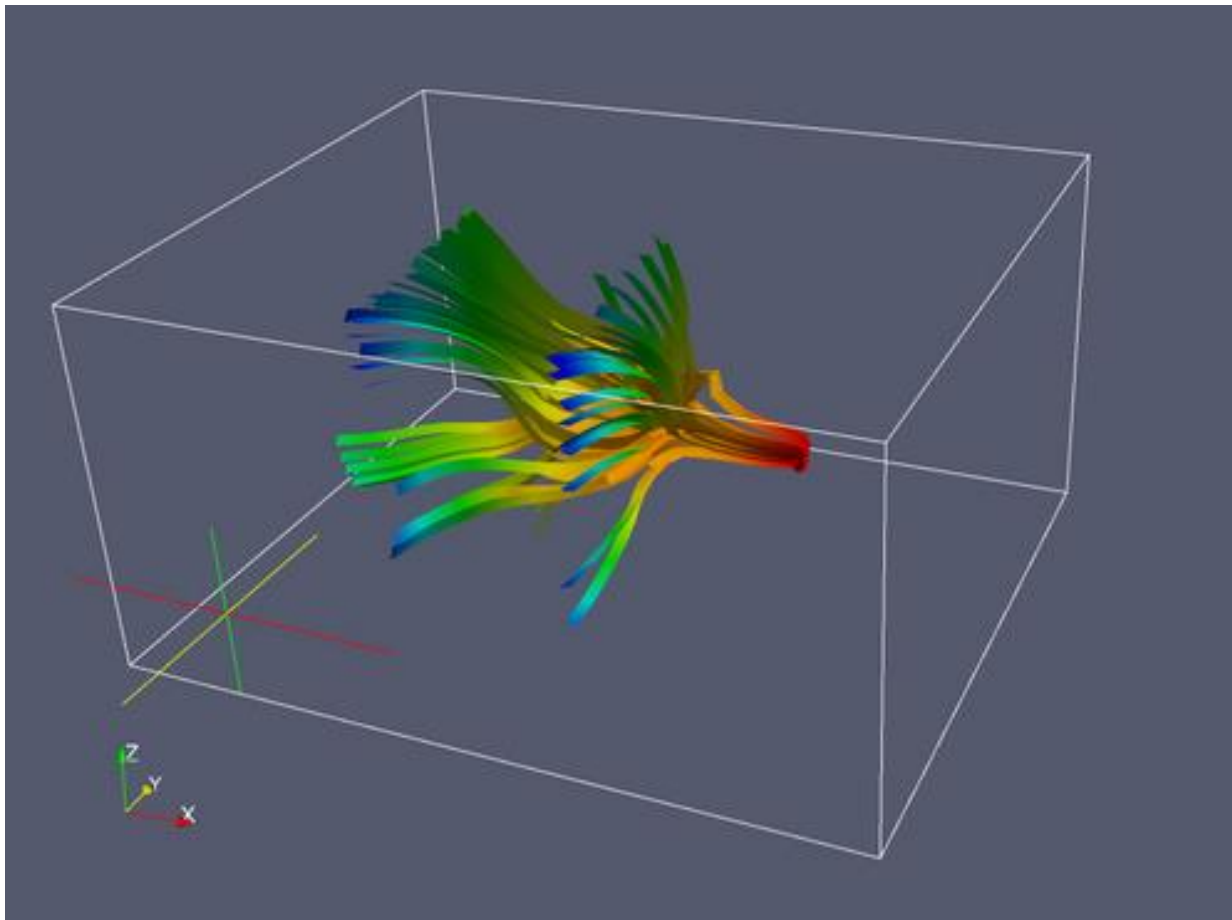


Kombinace s předchozími technikami

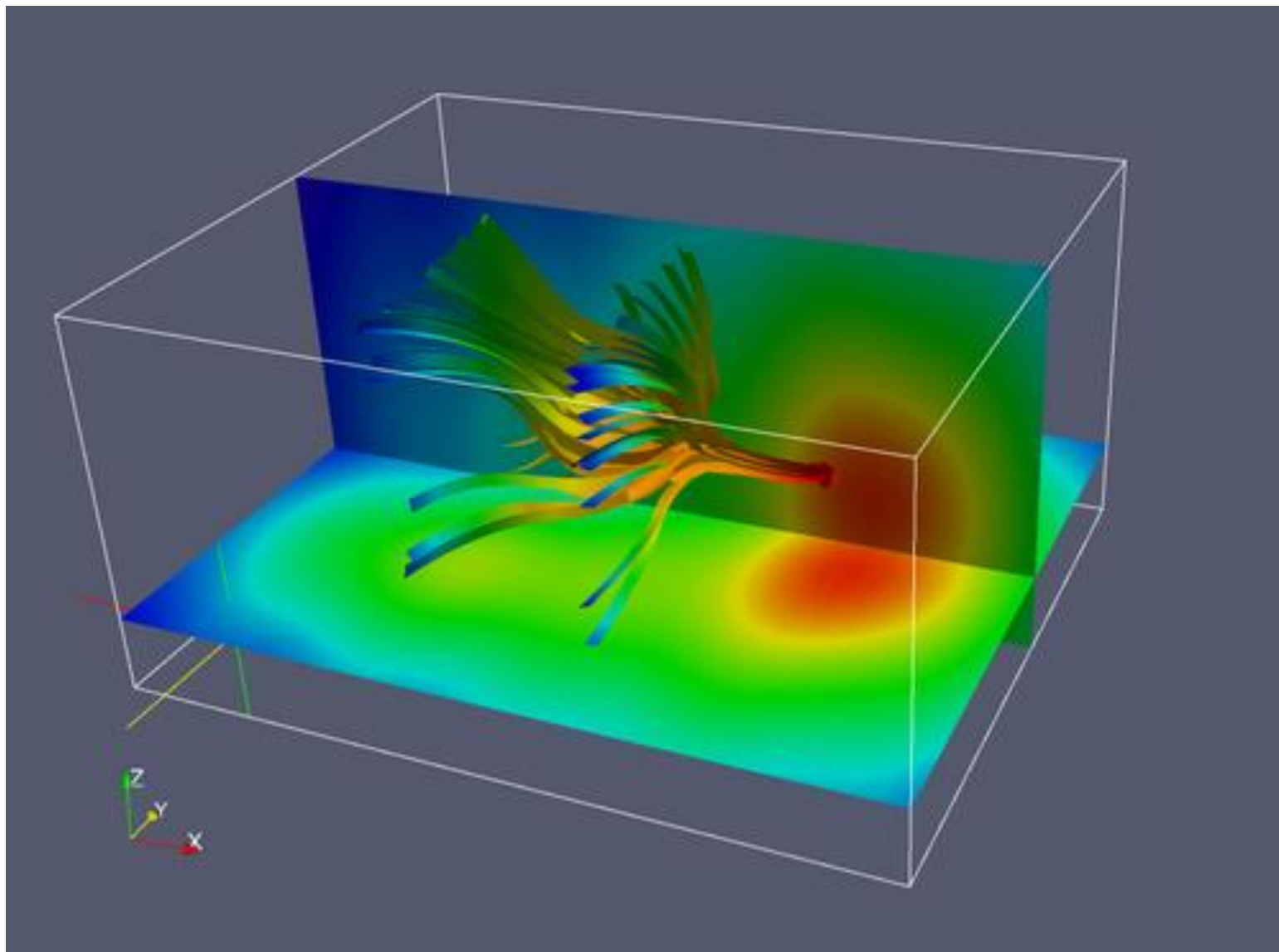


Vektory – ribbons (pásky)

- Navíc informace o kroucení



Kombinace s předchozími technikami



Ukázky

- Trajektorie větru cyklonu ERICA, leden 1989
- <http://www.youtube.com/watch?v=eJy5dHMY-S4>
- Tornádo
- http://www.youtube.com/watch?NR=1&feature=endscreen&v=D_f84nIB9J8

Medicínská vizualizace

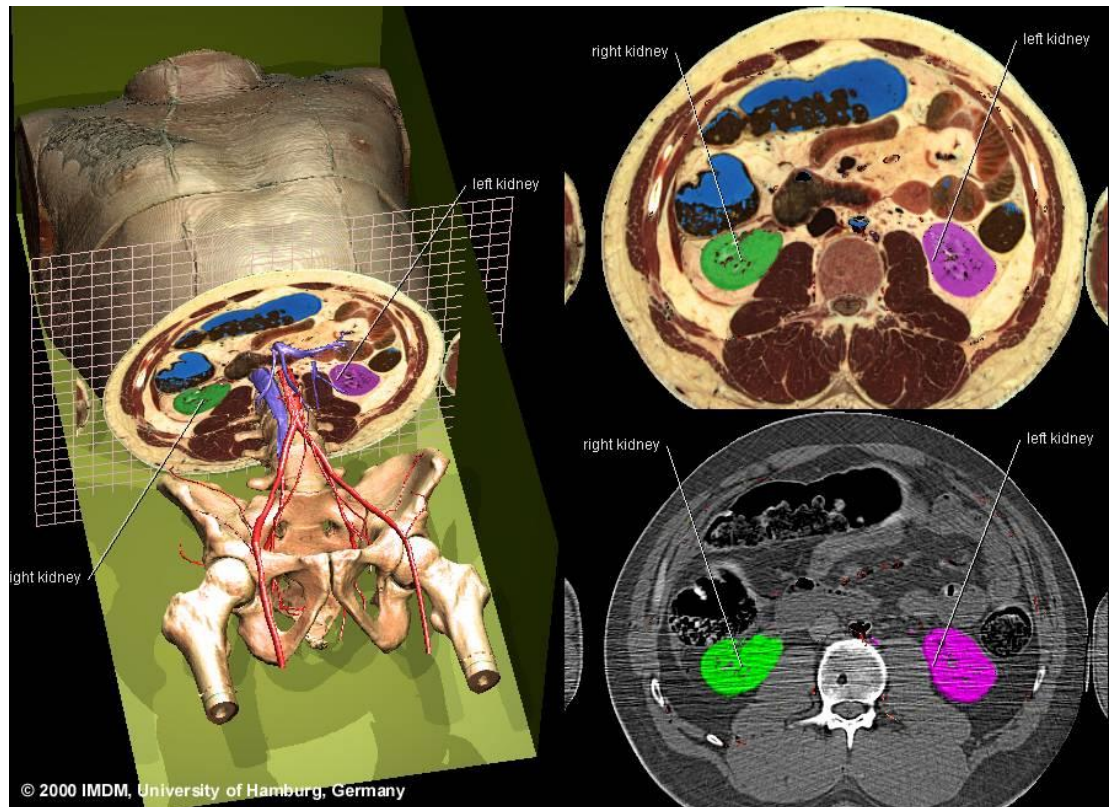
- Medicínská vizualizace je speciální oblastí vizualizace vědeckých dat, jejíž kořeny byly položeny v 80. letech minulého století
- Historie ale sahá hluboko do minulosti – anatomické ilustrace vznikaly již pod rukama Leonarda da Vinciho
- My však bereme v potaz vztah scientific visualization k počítačové grafice, kdy hledáme vhodnou reprezentaci pro uložení 3D geometrie a efektivní algoritmy pro její renderování

Medicínská vizualizace

- Medicínská vizualizace se zabývá analýzou, vizualizací a prozkoumáváním výsledných vizualizací
- Hlavní aplikační oblasti medicínské vizualizace jsou:
 - Výukové účely
 - Diagnóza
 - Plánování léčby
 - Podpora při operativních zákrocích

Výukové účely

- Vizualizační techniky jsou podstatnou součástí všech anatomických a chirurgických výukových systémů
- Např. VoxelMan



Výukové účely

- Hlavním rozdílem mezi anatomickými a chirurgickými trénovacími aplikacemi je skutečnost, že v anatomii pracujeme se statickými modely, zatímco v chirurgii musíme uvažovat deformovatelné objekty, které simulují měkkou tkáň při působení síly.

Diagnóza

- Diagnóza odvozená z radiologických dat využívá interaktivní 2D i 3D vizualizace. Pokud je například stav pacienta nejasný (například se jedná o složitou zlomeninu), je využití 3D vizualizace velmi užitečné při získání všeobecného náhledu na daný problém.

Plánování léčby

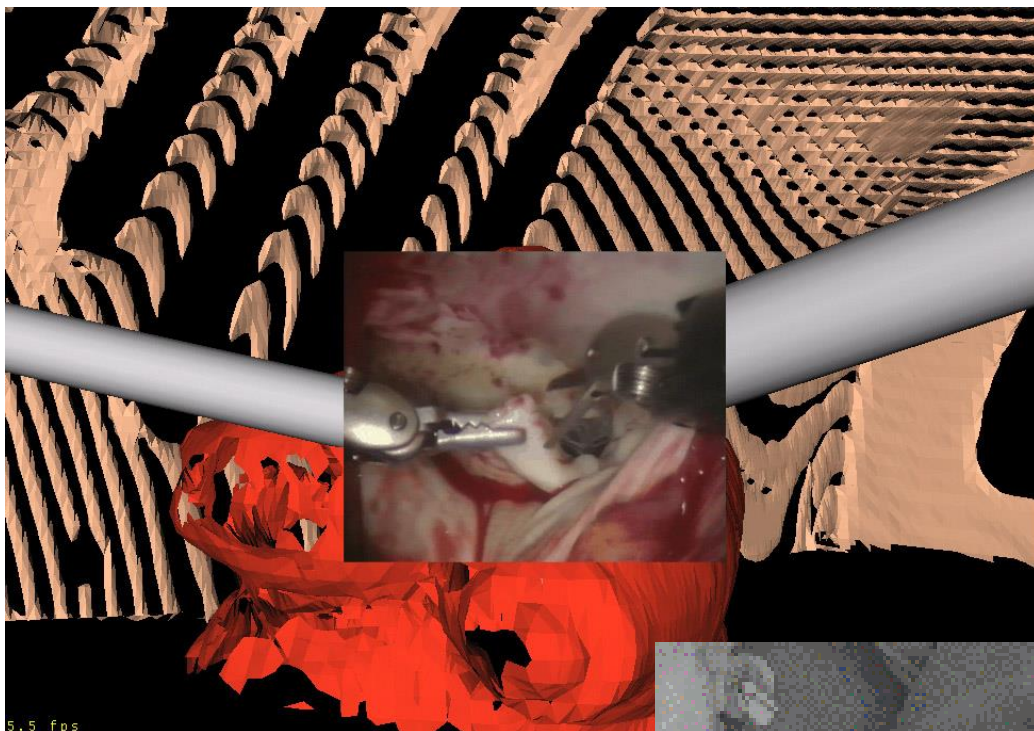
- Interaktivní 3D vizualizace relevantních anatomických struktur může vylepšit a zpřesnit plánování chirurgického zákroku, minimálně invazivních zákroků atd.



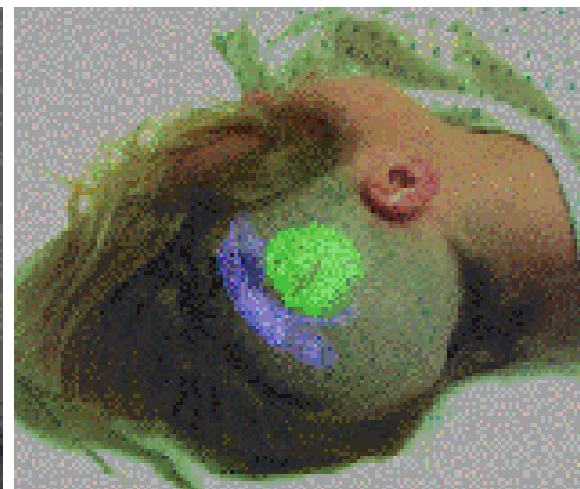
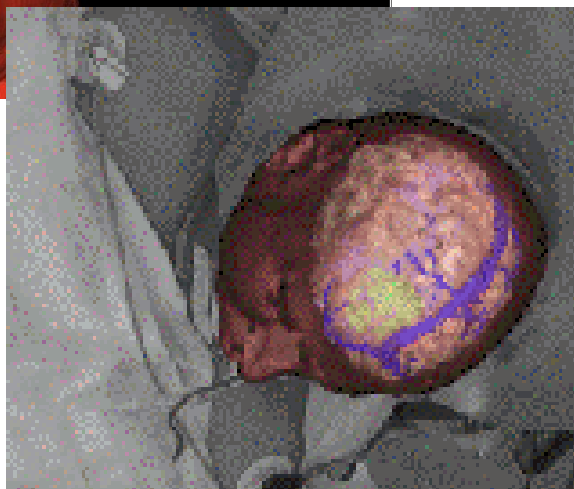
Podpora při operativních zákrocích

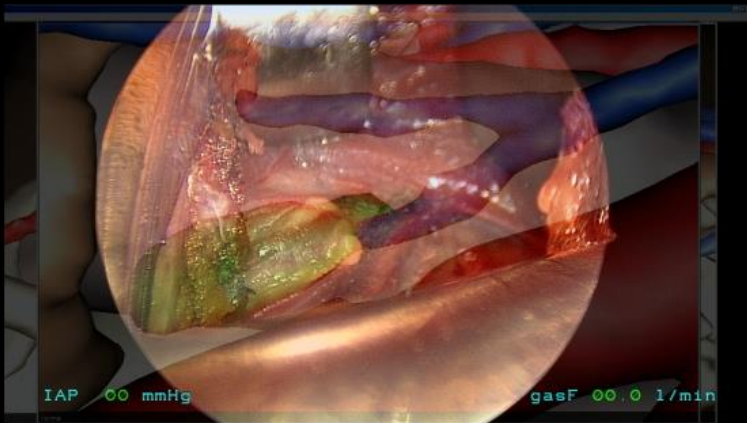
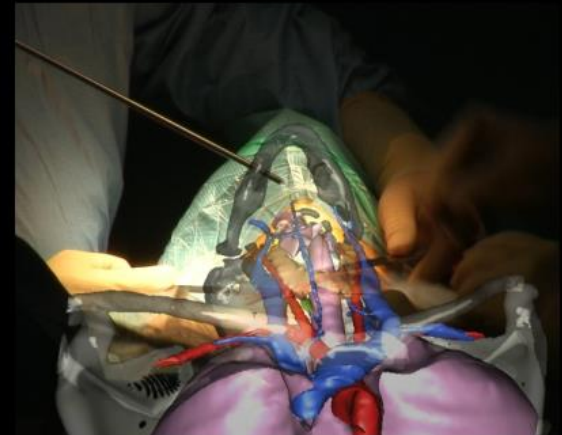
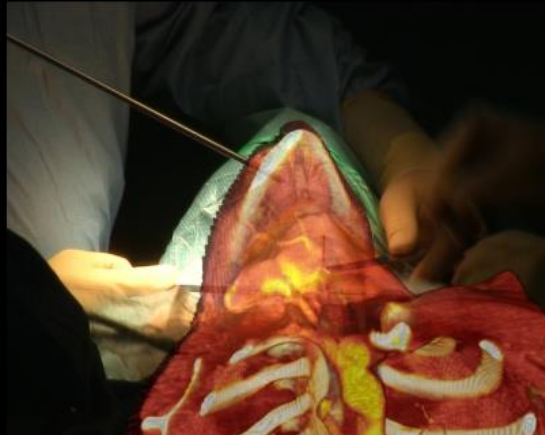
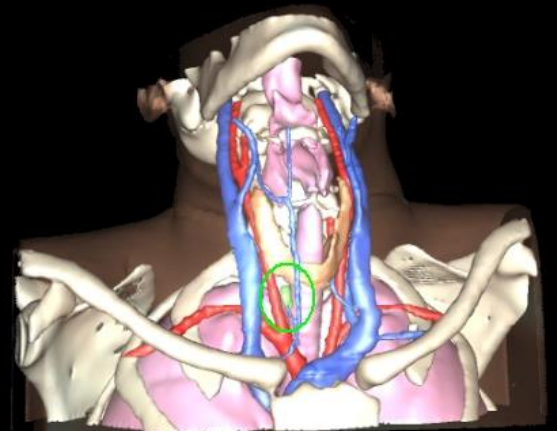
- Medicínská vizualizace založená na 3D datech čím dál častěji vstupuje přímo na operační sál
- Pracuje se se snímky získanými jak před operací, tak během operace
- Jejich průběžné vyhodnocování poskytuje podporu přímo při zákroku
- Pro toto využití je nutná hardwarová podpora v podobě různých speciálních obrazovek a jiných zařízení

Podpora při operativních zákrocích



5.5 fps
campar.in.tum.de





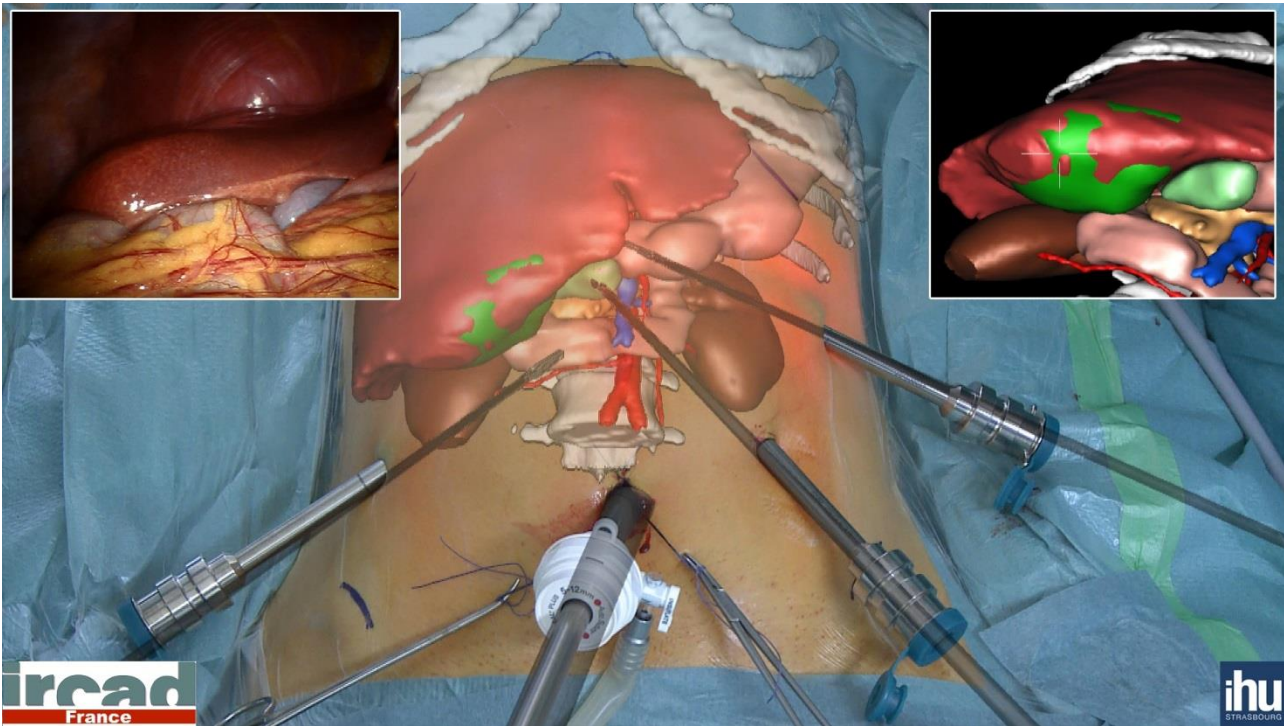
IAP 00 mmHg

gasF 00.0 1/min



IAP 00 mmHg

gasF 00.0 1/min



ranger.uta.edu



public.kitware.com

Ukázky

- Scientific visualization from the atom to the universe
- https://www.youtube.com/watch?v=X_bFDebZALA
- Dentální haptika
- <http://www.youtube.com/watch?v=XvX6b3mRqns&list=PLBCF0D6066D7BB5AB&index=13>