

# Spojité stínování

© 1996-2019 Josef Pelikán  
CGG MFF UK Praha

[pepca@cgg.mff.cuni.cz](mailto:pepca@cgg.mff.cuni.cz)  
<https://cgg.mff.cuni.cz/~pepca/>



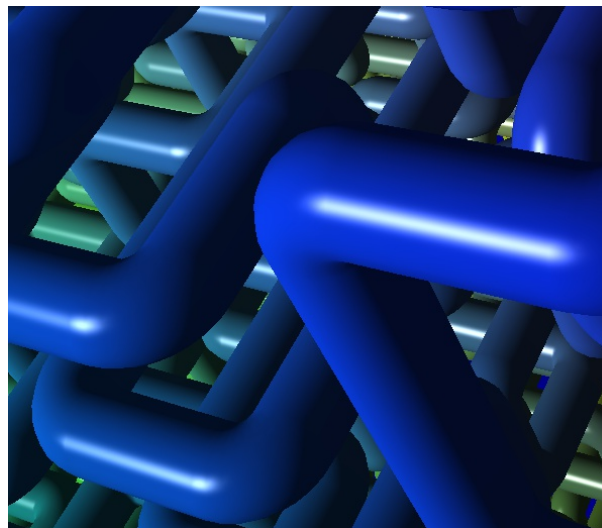
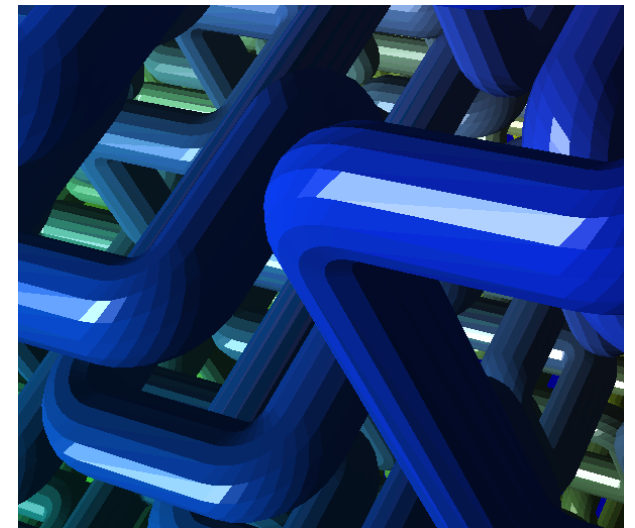
# Stínovací algoritmy

Metody aplikace osvětlovacího modelu při zobrazování plošek (B-rep)

**Konstantní stínování**

**Spojité stínování**

- Gouraudova interpolace barvy
- Phongova interpolace normály





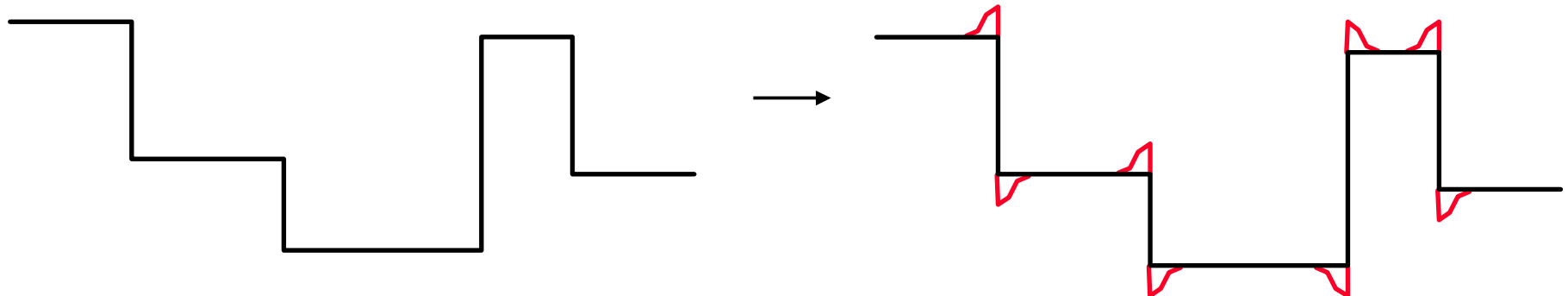
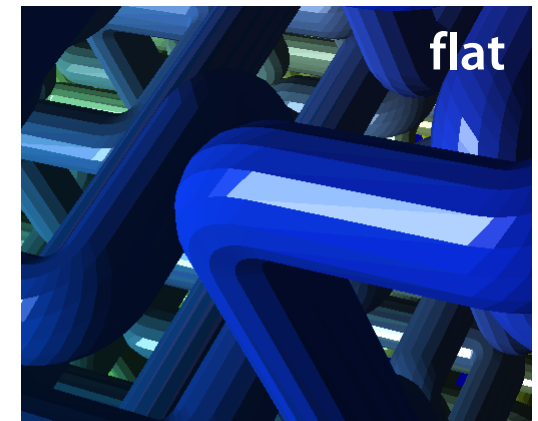
# Konstantní stínování („flat shading“)

Spočítá se **osvětlení** jednou na každé stěně (např. v těžišti)  
a celá stěna se vyplní **touto barvou**

Funguje dobře u **hranatých těles**

**Oblé plochy** aproximované trojúhelníky

- příliš se zvýrazní umělé hrany tělesa
- tzv. **Machův efekt** (zrakový systém člověka)





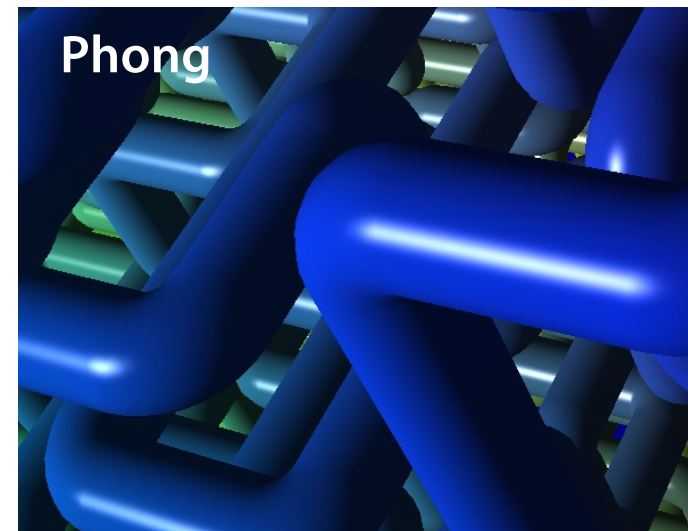
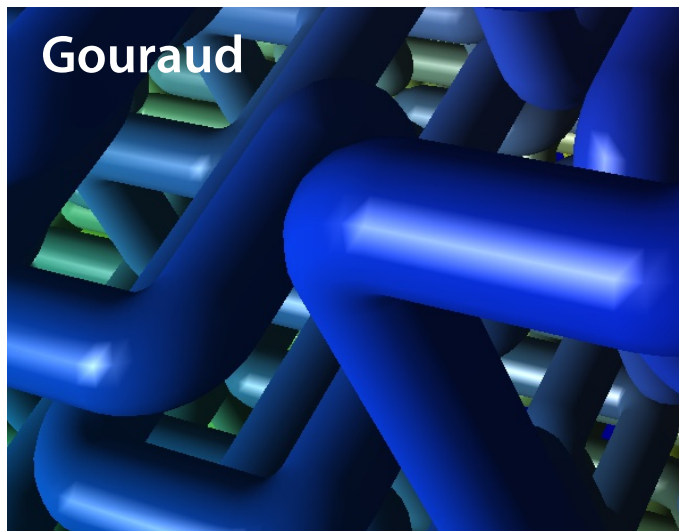
# Spojité stínování

## Interpolace barvy – Gouraudovo stínování

- rychlejší, vhodné jen pro matné povrchy
- HW implementace (byla součástí „fixed pipeline“ na GPU)

## Interpolace normály – Phongovo stínování

- pomalejší, realističtější, vhodné i pro lesklá tělesa
- na GPU se implementuje ve fragment/pixel shaderu





# Gouraudovo stínování

V umělých vrcholech tělesa se spočítá **normálový vektor** a z něj **osvětlení** (barva)

- aplikace zvoleného modelu osvětlení

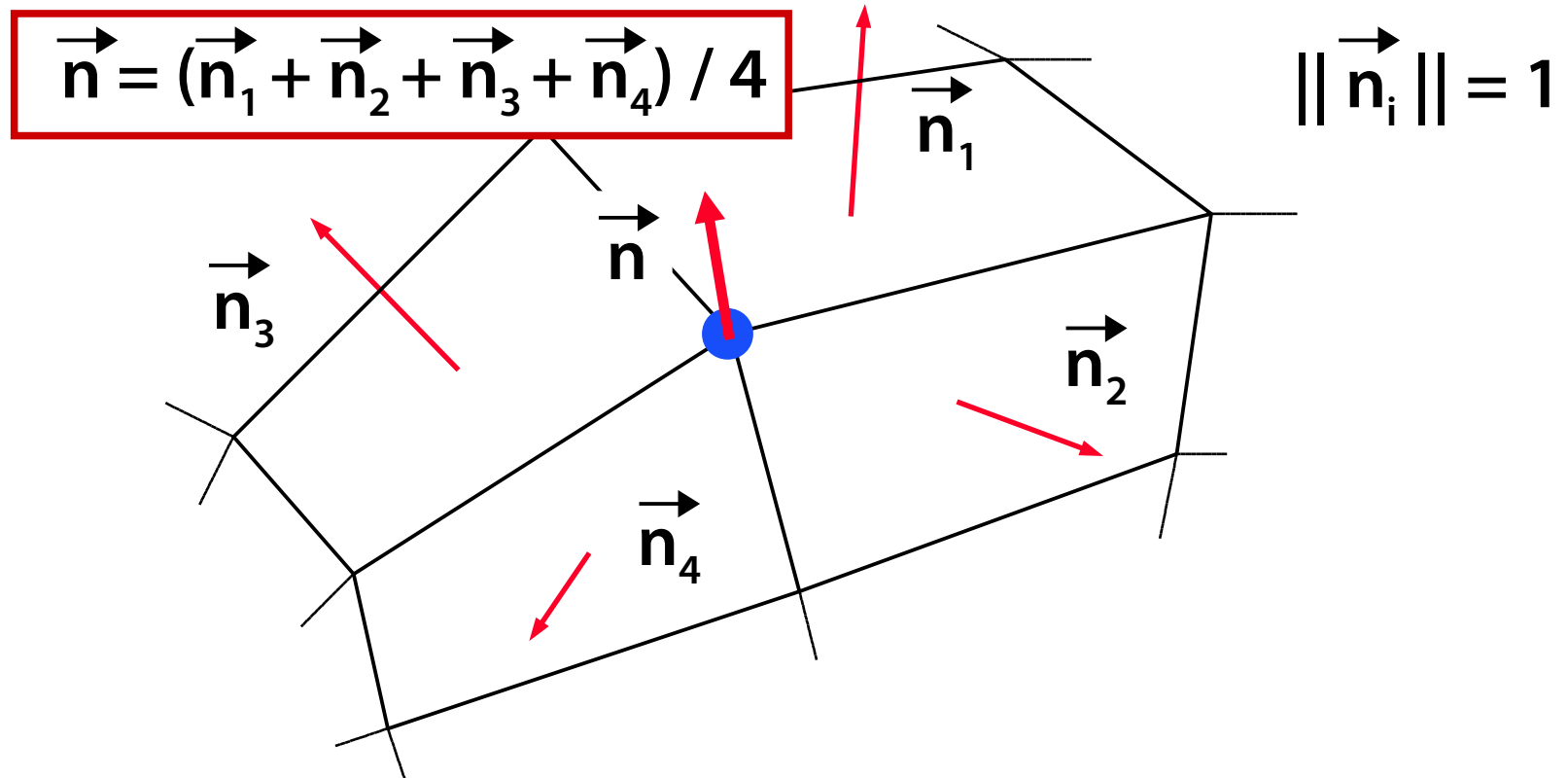
Uvnitř stěn se počítá barva **bilineární interpolací**

- vyplňování řádkovým rozkladem
- GPU rasterizer



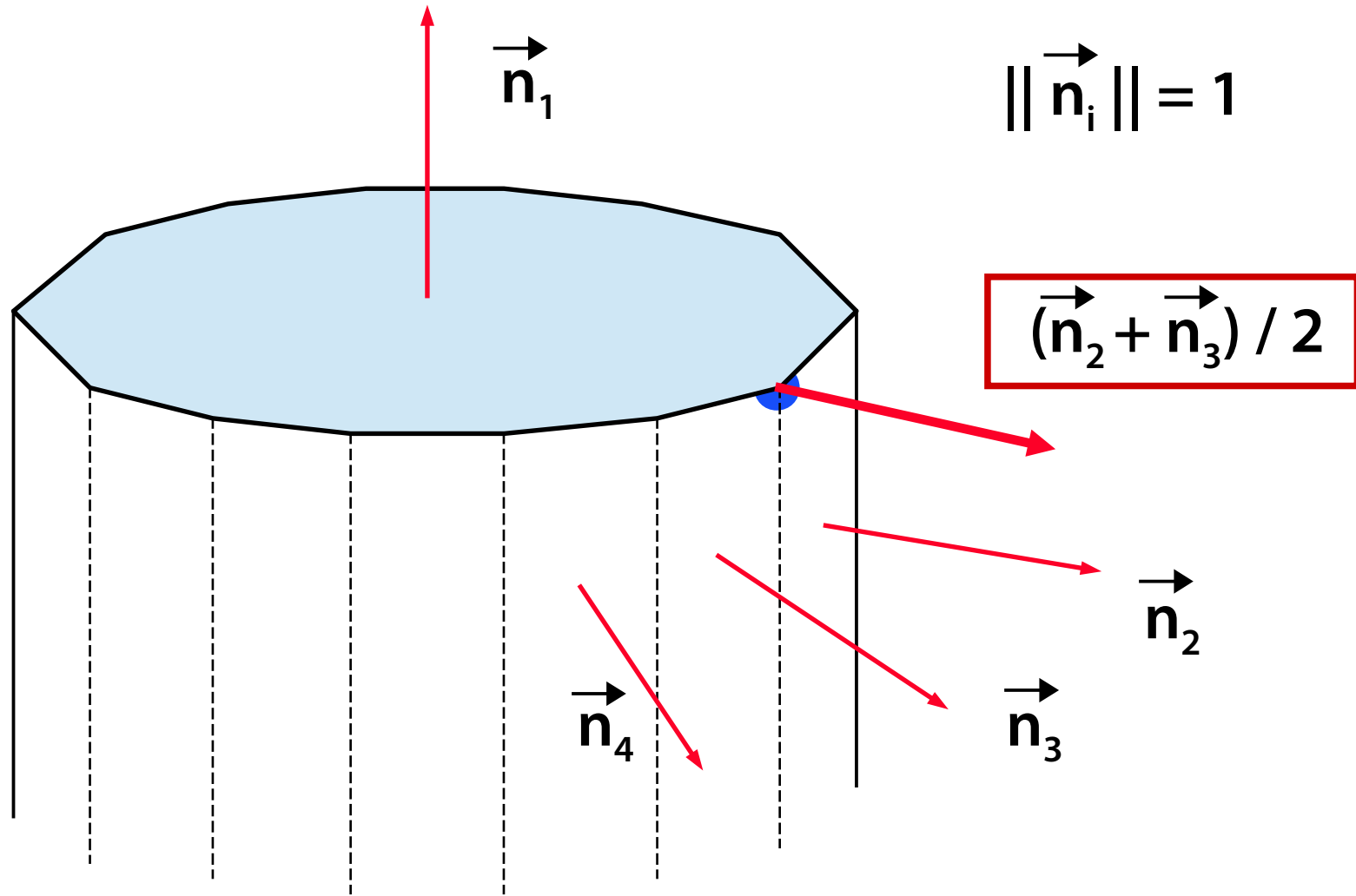
# Výpočet normál ve vrcholech

- 1 Analyticky – podle přesných vzorců původní plochy
- 2 Aproximací normál sousedních stěn



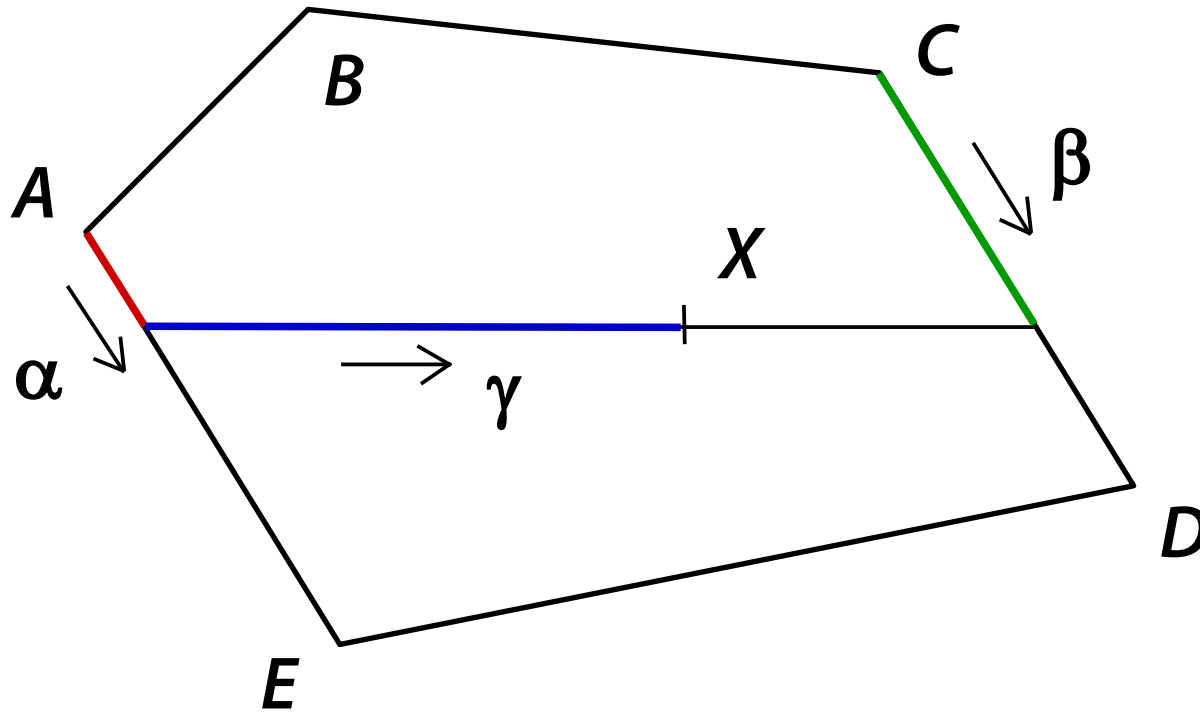


# Skutečné a pomocné hrany





# Bilineární interpolace



$$\mathbf{f}_X = (1 - \gamma) \cdot [(1 - \alpha) \cdot \mathbf{f}_A + \alpha \cdot \mathbf{f}_E] + \gamma \cdot [(1 - \beta) \cdot \mathbf{f}_C + \beta \cdot \mathbf{f}_D]$$



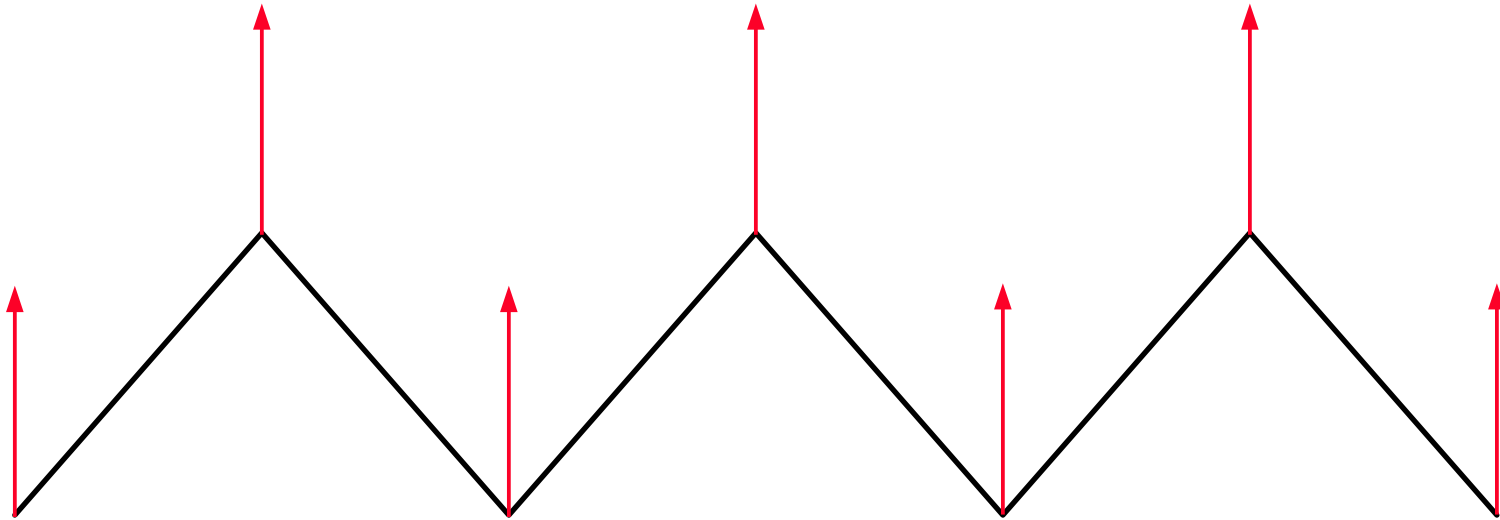


# Problémy interpolace (barvy)

Špatně vystihuje **maximum odrazu** (zejména zrcadlového odlesku)

Není invariantní k **otočení!**

Pozor na špatný výpočet **normál!**



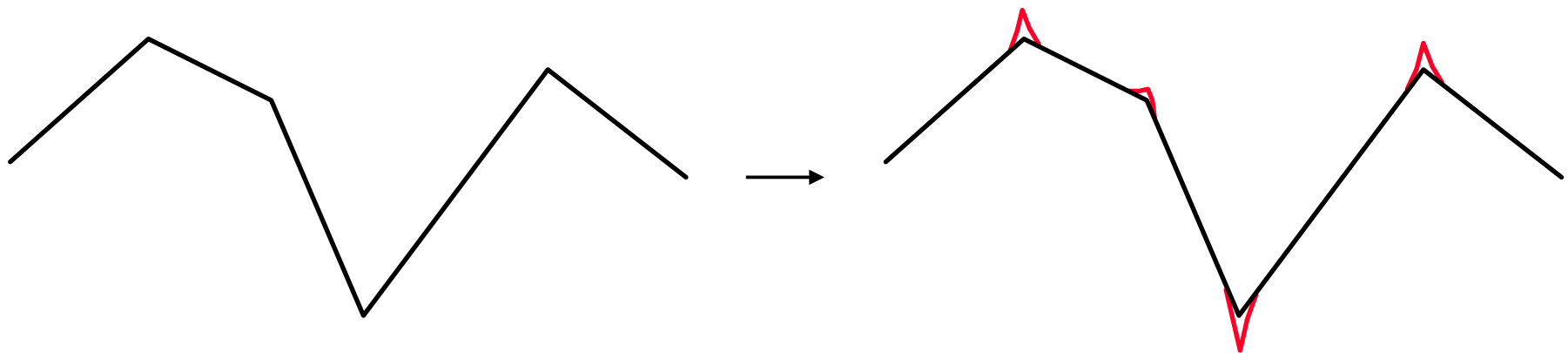


# Machův efekt (1865)

Zvýraznění **nespojité intenzity** nebo její **derivace!**

Je způsoben **laterální inhibicí** fotoreceptorů  
(sousedních neuronů) na sítnici

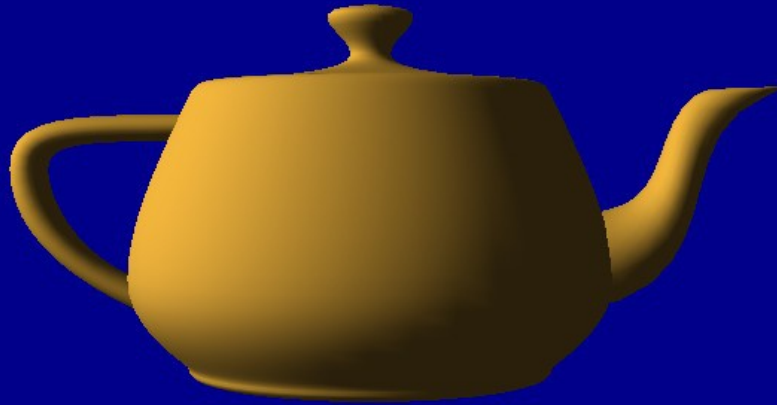
- aktivovaná buňka potlačuje citlivost sousedních buněk





# Interpolace barvy – mat a lesk

Gouraud

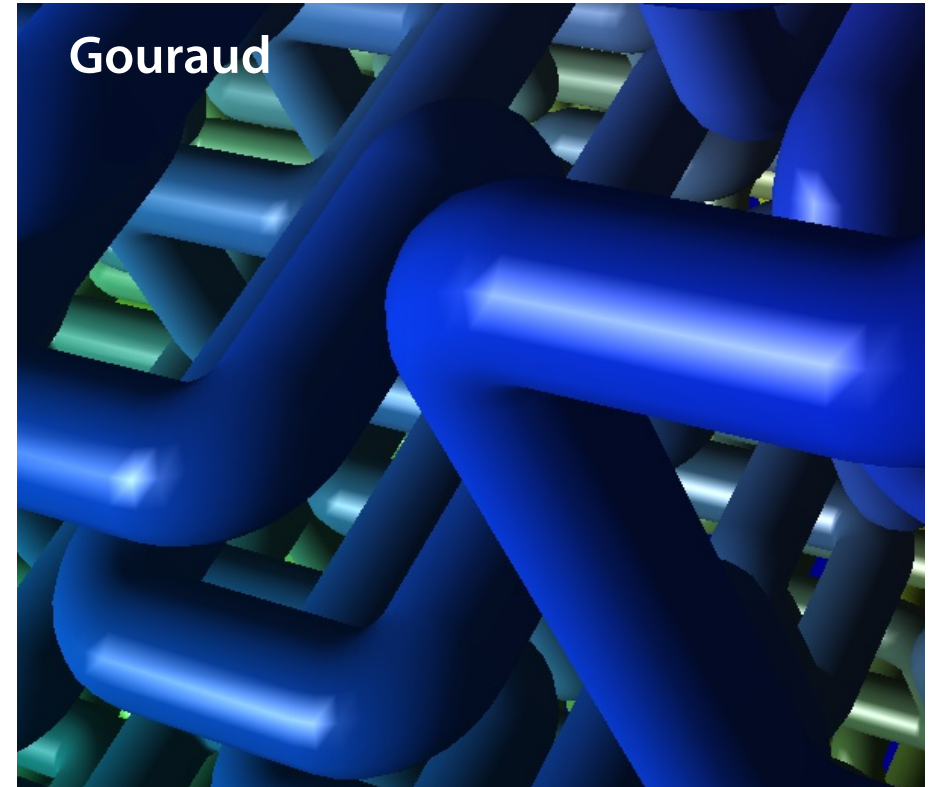
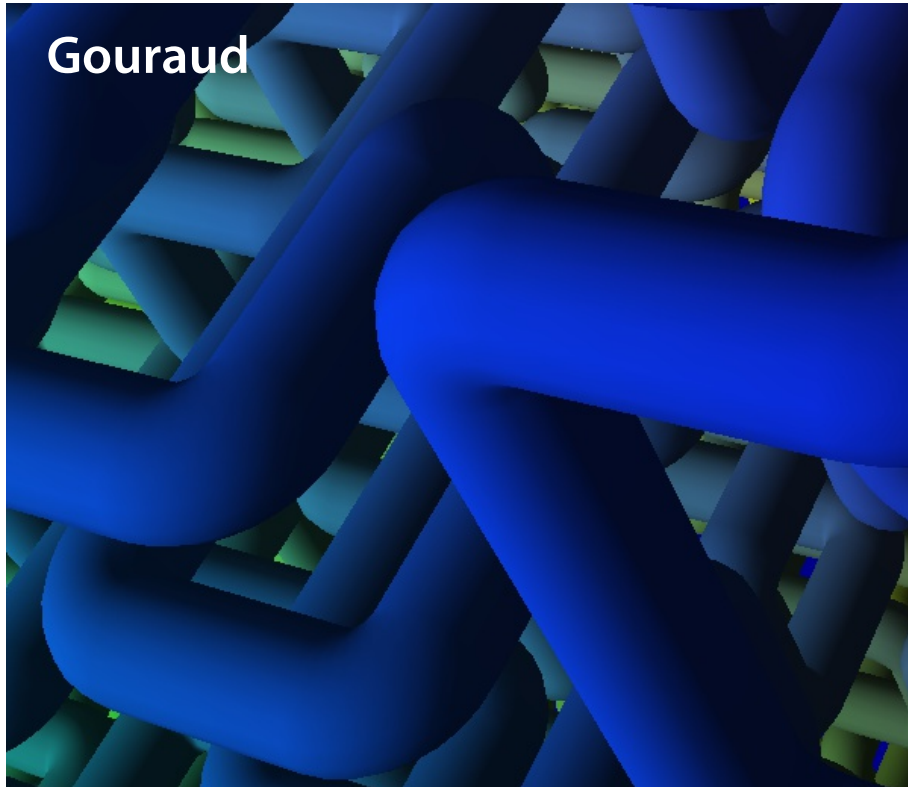


Gouraud





# Interpolace barvy – mat a lesk





# Phongovo stínování

V **umělých vrcholech** tělesa spočítám **normálové vektory**

**Uvnitř stěn** dopočítávám normálu v každém pixelu  
**bilineární interpolací**

- vyplňování řádkovým rozkladem

V **každém vnitřním pixelu** plochy počítám **osvětlení** (barvu)

- aplikace zvoleného modelu osvětlení



# Interpolace barvy vs. normály

Gouraud

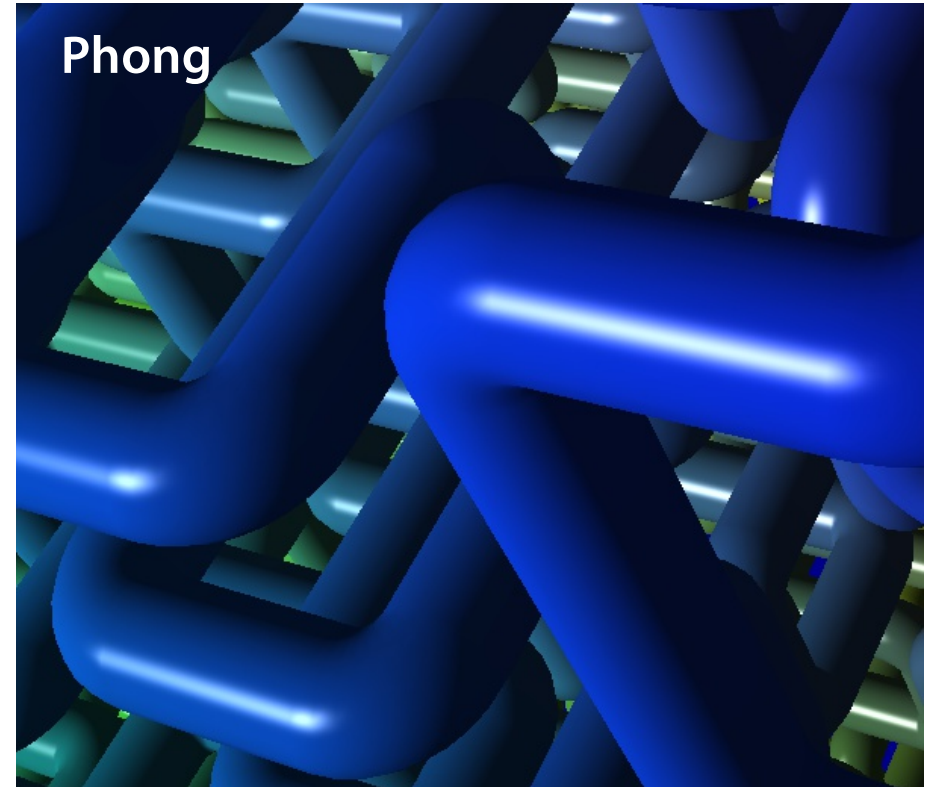
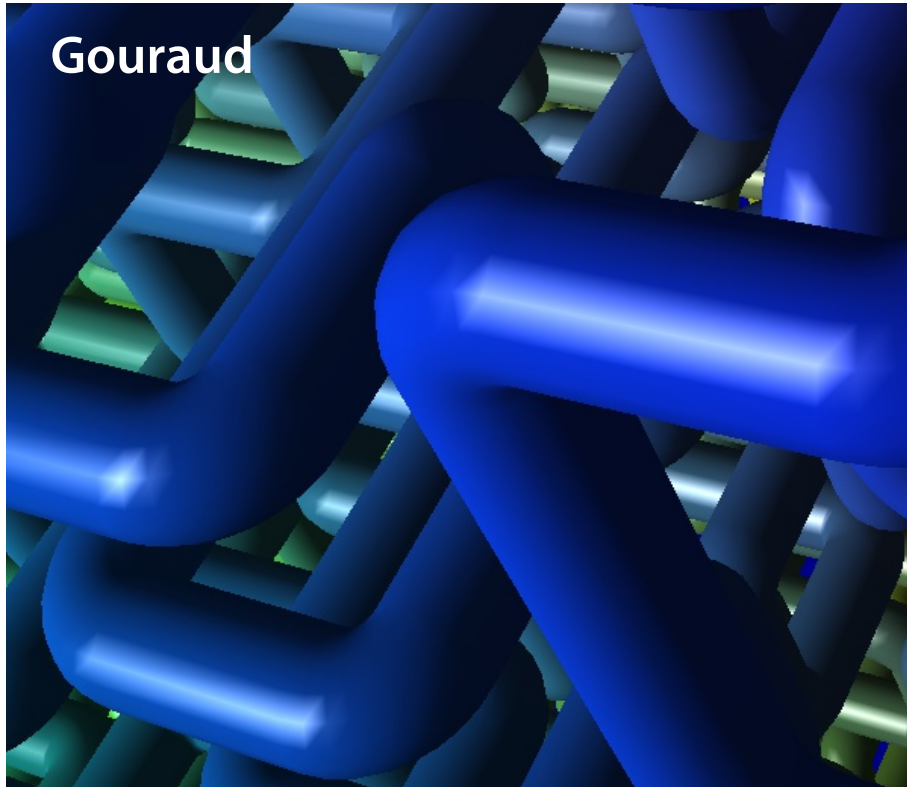


Phong





# Interpolace barvy vs. normály





# Větší výpočetní náročnost (Phong)

## Normála se dopočítává v každém pixelu

- bilineární interpolace a normalizace vektoru – výpočet **odmocniny**
- existují přibližné metody interpolace bez odmocňování

## V každém pixelu se počítá **model osvětlení**

- skalární součiny, umocňování, dělení





# Literatura

---

**J. Foley, A. van Dam, S. Feiner, J. Hughes: *Computer Graphics, Principles and Practice*, 734-741**

**Jiří Žára a kol.: *Počítačová grafika, principy a algoritmy*, 355-361**