




PŘEVOD ÚLOHY MEZI ABAQUS/STANDARD A ABAQUS/EXPLICIT

Radek Linhart

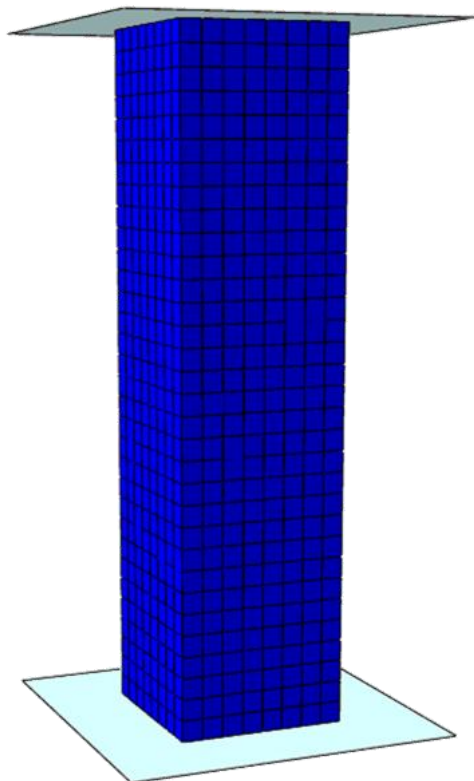
SIMULIA Days 2025

 PUBLIC

1. Proč převádět úlohy mezi Abaqus/Standard a Abaqus/Explicit
2. Rozdíly mezi Standard a Explicit
3. Varianta 1: Změna stepu
4. Varianta 2: Import
5. Varianta 3: Mapování
6. Shrnutí a diskuse

KDY POUŽÍT ABAQUS/EXPLICIT?

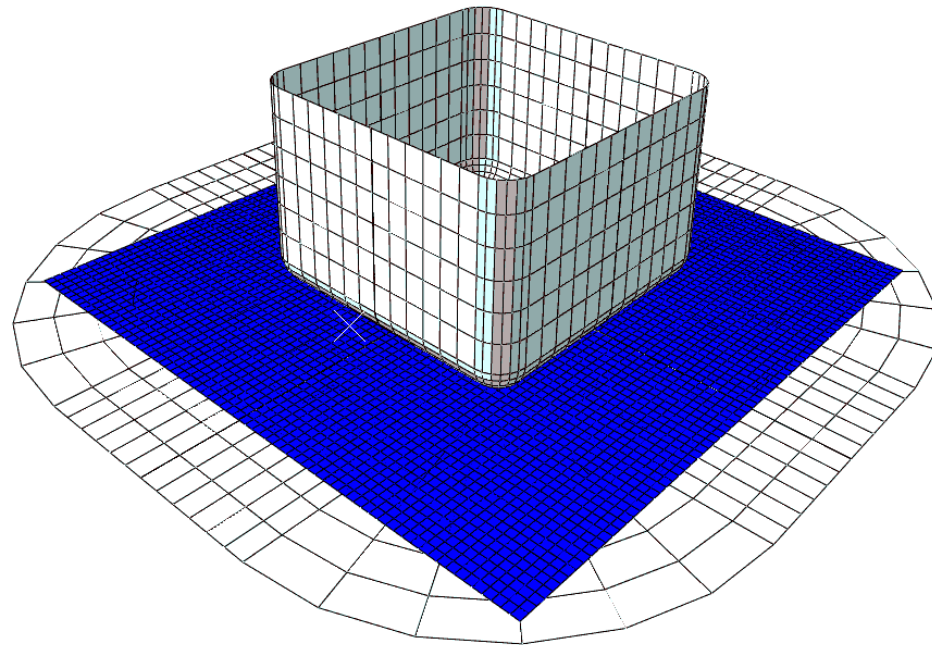
- Rychlé, dynamické děje
- Velké deformace, složité kontakty
- Konvergenční problémy



SUMMARY OF JOB INFORMATION:

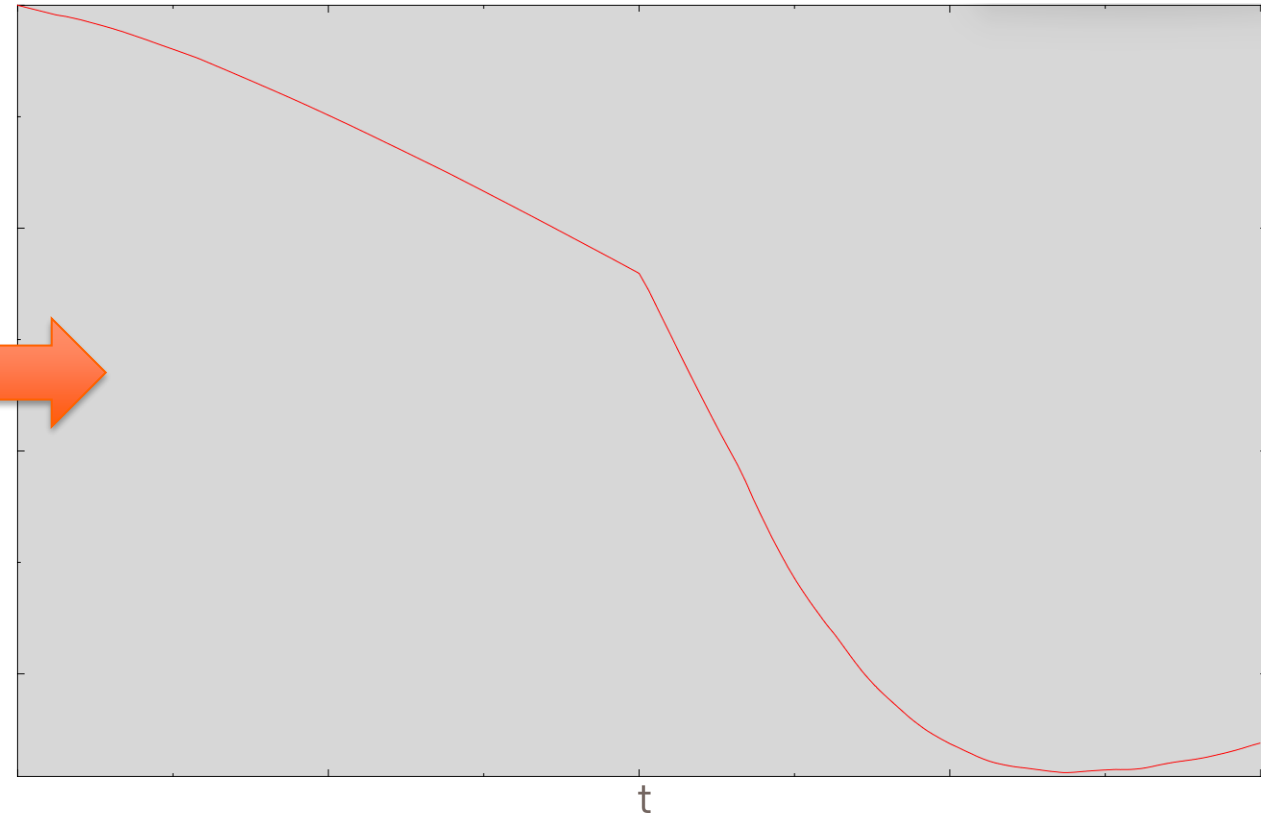
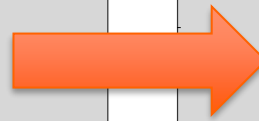
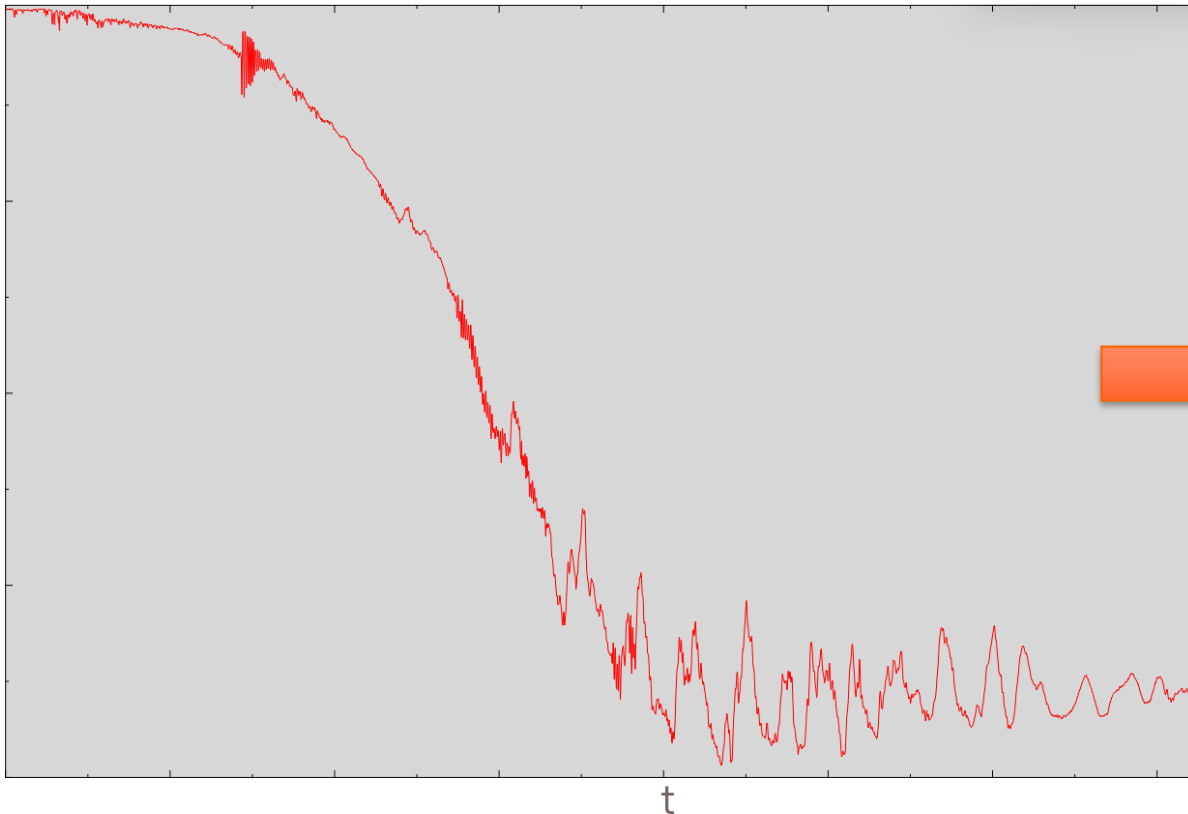
STEP	INC	ATT	SEVERE DISCON ITERS	EQUIL ITERS	TOTAL ITERS	TOTAL TIME/ FREQ	STEP TIME/LPF	INC OF TIME/LPF	DOF MONITOR	IF RIKS
1	1	1	0	2	2	1.00	1.00	1.000		
2	1	1U	0	1	1	1.00	0.00	1.000		
2	1	2U	0	1	1	1.00	0.00	0.2500		
2	1	3U	0	1	1	1.00	0.00	0.06250		
2	1	4U	0	1	1	1.00	0.00	0.01562		
2	1	5U	0	1	1	1.00	0.00	0.003906		

THE ANALYSIS HAS NOT BEEN COMPLETED



KDY POUŽÍT ABAQUS/STANDARD?

- Chci ustálený stav modelu
- Zašuměné výsledky v Explicitu
- Dlouhá doba simulace Explicitu



PŘEVOD ÚLOHY

VARIANTA 1: ZMĚNA STEP

- Změna stepu Standard → Explicit nebo Explicit → Standard

```
*STEP, NLGEOM, UNSYMM=NO, INC=10000  
*STATIC  
1, 1.0, 1.0e-10,
```



```
*STEP  
*DYNAMIC, EXPLICIT  
, .0036
```

PŘEVOD ÚLOHY

VARIANTA 2: IMPORT

- Import analýza (Standard → Explicit, Explicit → Standard, Standard → Standard, Explicit → Explicit)

***IMPORT, STATE=YES, UPDATE=NO**

PŘEVOD ÚLOHY

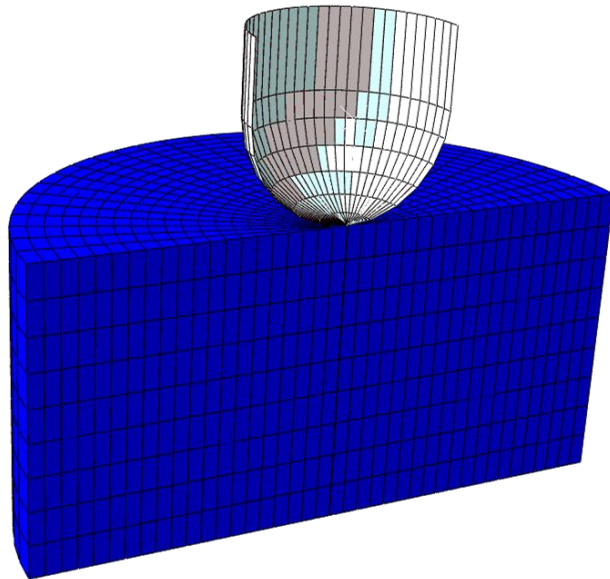
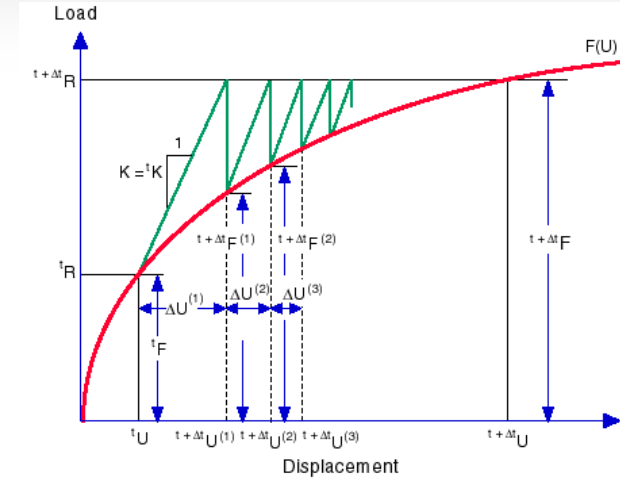
VARIANTA 3: MAPOVÁNÍ

- Zdeformovaná síť → nová analýza s mapováním předchozích výsledků

```
*** Adjust coordinates by distribution "Distri-update-coord"
**
*** Use distribution to adjust nodal position
*ADJUST, NODE SET=Set-1, DISTRIBUTION=Distri-update-coord
**
*** Note that the distribution below has to be quoted by *adjust to take effect
**
*DISTRIBUTION, NAME=Distri-update-coord, TABLE=DT-adjust-coord, LOCATION=node
| , 0., 0., 0.
*** *external field to map a dissimilar mesh displacement for the adjustment
*EXTERNAL FIELD, FILE=j-beam-twist-coarse.sim, STEP=1
** 1st 3 data related to the current model: NODES or ELEMENTS, region (required), target variable
** 2nd 3 data related to the source SIM model: NODES or ELEMENTS, region, variable
NODES, Set-1, U,      NODES, , U
```

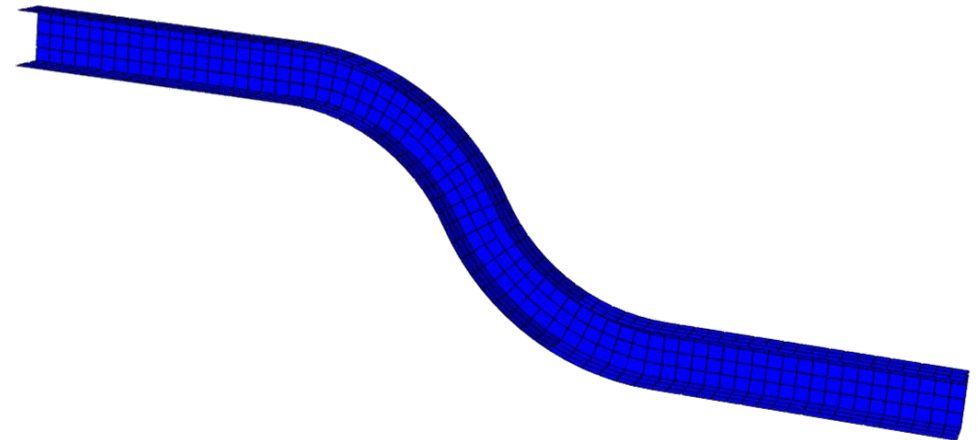
1. Proč převádět úlohy mezi Abaqus/Standard a Abaqus/Explicit
2. Rozdíly mezi Standard a Explicit
3. Varianta 1: Změna stepu
4. Varianta 2: Import
5. Varianta 3: Mapování
6. Shrnutí a diskuse

- Newton-Raphson algoritmus
 - Nelineární statika
- + nepodmíněně stabilní, rychlý při konvergenci
- nutnost iterovat

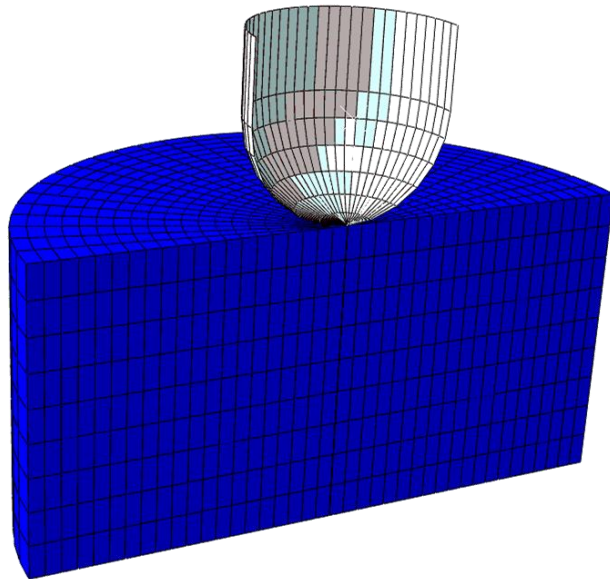
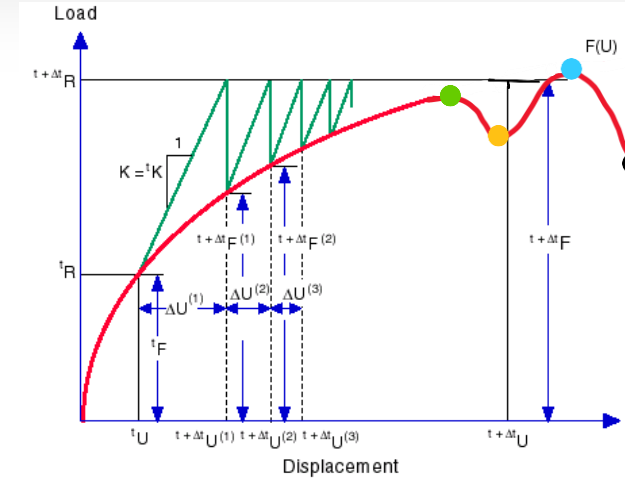


$$P - I = 0$$

$$P - I = M \cdot \ddot{u}$$

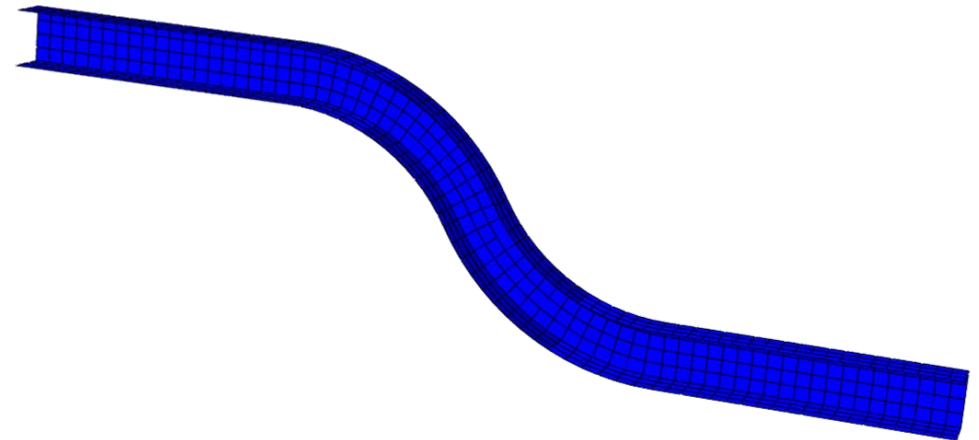


- Newton-Raphson algoritmus
 - Nelineární statika
- + nepodmíněně stabilní, rychlý při konvergenci
- nutnost iterovat



$$P - I = 0$$

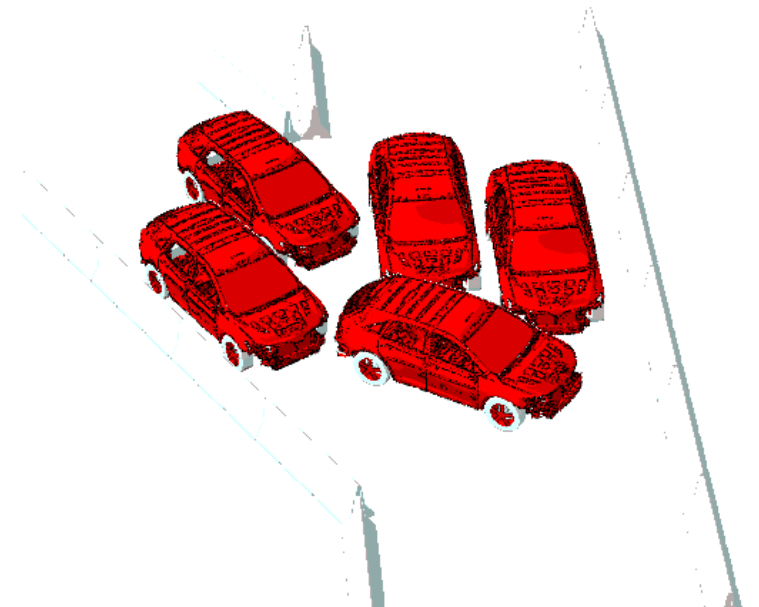
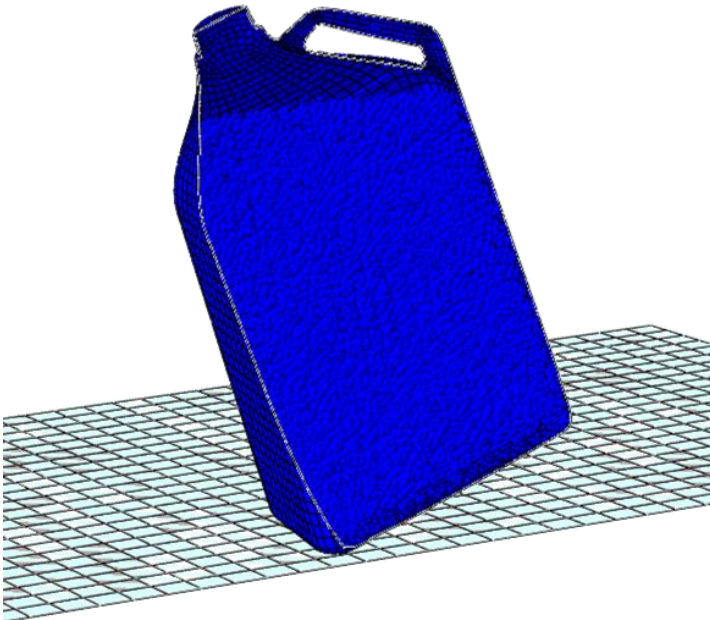
$$P - I = M \cdot \ddot{u}$$



- Metoda centrální difference
 - Malý stabilní krok Δt ($\sim 1\text{E-}6$)
- + robustní při velkých nelinearitách
- velmi malý časový inkrement, nutno pečlivě kontrolovat výsledky

$$\Delta t = \frac{L^e}{c_d}$$

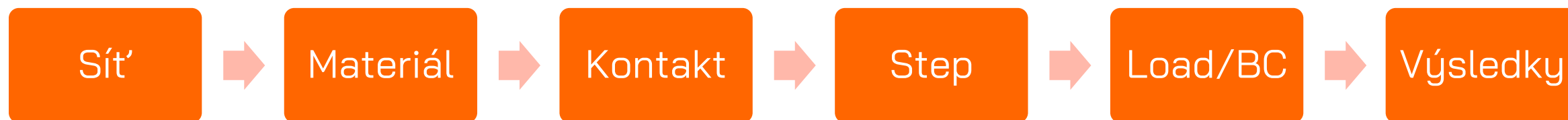
$$P - I = M \cdot \ddot{u}$$



1. Proč převádět úlohy mezi Abaqus/Standard a Abaqus/Explicit
2. Rozdíly mezi Standard a Explicit
3. Varianta 1: Změna stepu
4. Varianta 2: Import
5. Varianta 3: Mapování
6. Shrnutí a diskuse

VARIANTA 1

WORKFLOW



VARIANTA 1

SÍŤ A ČASOVÝ KROK

- Implicit bez omezení
- Explicit:
 - Δt závisí na velikosti elementu
 - Jemná síť \rightarrow malý $\Delta t \rightarrow$ dlouhý výpočet
 - V Explicitu redukovaná integrace (C3D8R, S4R)
 - *SECTION CONTROLS, Hourglass = ENHANCED/RELAX STIFFNESS
 - Elastický materiál
 - Plastický materiál

$$\Delta t = \frac{L^e}{c_d} = L^e \sqrt{\frac{\rho}{E}}$$

- Implicit
 - Poškození, odstranění elementů → ztráta silové rovnováhy – změknutí
*SECTION CONTROLS, ELEMENT DELETION, **MAX DEGRADATION**
- Univerzální
 - Elastické, elastoplastické, viskoelastoplastické modely
- Specifické modely nepodporované (beton, fabric, ...)

- General contact podporován v Standard i Explicit

- Standard:

- *CONTACT v model data
- Modifikace v rámci history data
- *SURFACE BEHAVIOR,
 - Penalty
 - Augmented Lagrange
 - Direct

- Explicit:

- *CONTACT v model nebo history data
- *SURFACE BEHAVIOR

Standard

```
*CONTACT
*CONTACT INCLUSIONS
surf_1,
*CONTACT EXCLUSIONS
surf_a, surf_b
*STEP
*STATIC
1, 1.0, 1.0e-10,
*CONTACT, OP=MOD
*CONTACT INCLUSIONS
surf_2, surf_3
*CONTACT EXCLUSIONS
surf_a, surf_c
...
...
*END STEP
```

Explicit

```
*STEP
*STATIC
1, 1.0, 1.0e-10,
*CONTACT
*CONTACT INCLUSIONS
surf_1, surf_3
*CONTACT EXCLUSIONS
surf_b, surf_c
...
...
*END STEP
```

VARIANTA 1

STEP

- Standard default hodnoty
 - NLGEOM=NO, INC=100
- Explicit default hodnoty
 - NLGEOM=YES (kromě *IMPORT)

```
*STEP, NLGEOM=NO, UNSYMM=NO, INC=100
```

```
*STATIC
```

```
1, 1, 1E-5, 1
```

```
*STEP, NLGEOM=YES
```

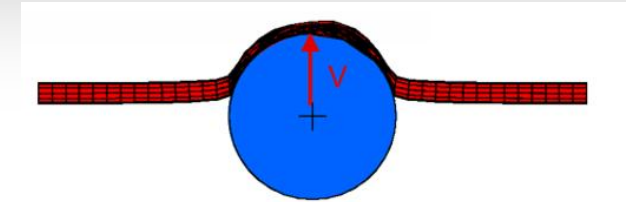
```
*DYNAMIC, EXPLICIT
```

```
, 0.01
```

VARIANTA 1

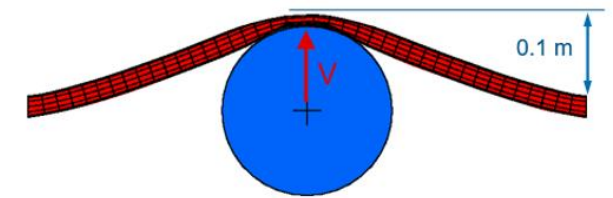
ČAS A MASS SCALING V EXPLICITU

- Fyzikální čas vs. čas simulace
 - 1 sekunda s krokem 1E-6s = 1 000 000 inkrementů
- Mass scaling
 - Umělé zvýšení hmotnosti
 - Zvýšení Δt
 - Nutné kontrolovat vliv na výsledky
- Rychlost zatěžování
 - Příliš rychlé zatěžování → nežádoucí efekty



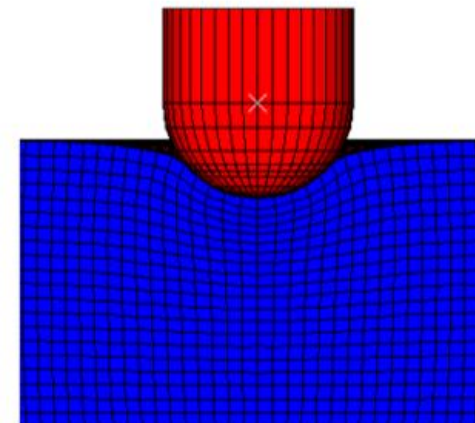
Velocity 400 m/s:

Localized effect

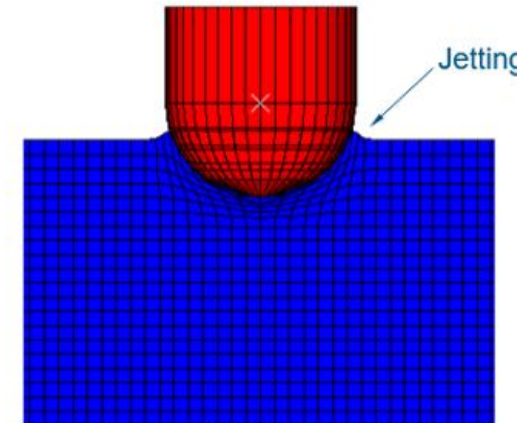


Velocity 25 m/s:

Good global result



Tool speed = 10 m/s

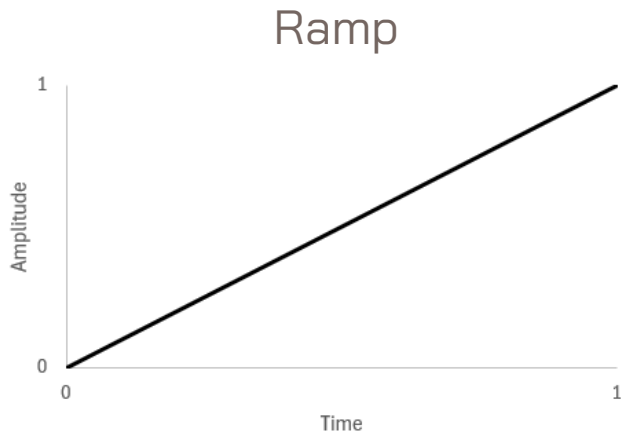


Tool speed = 500 m/s

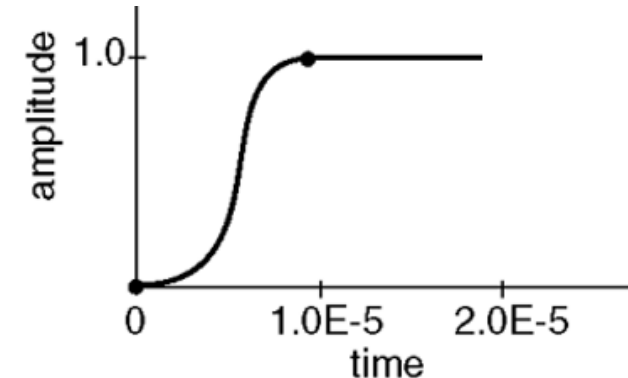
VARIANTA 1

ZATÍŽENÍ A BC

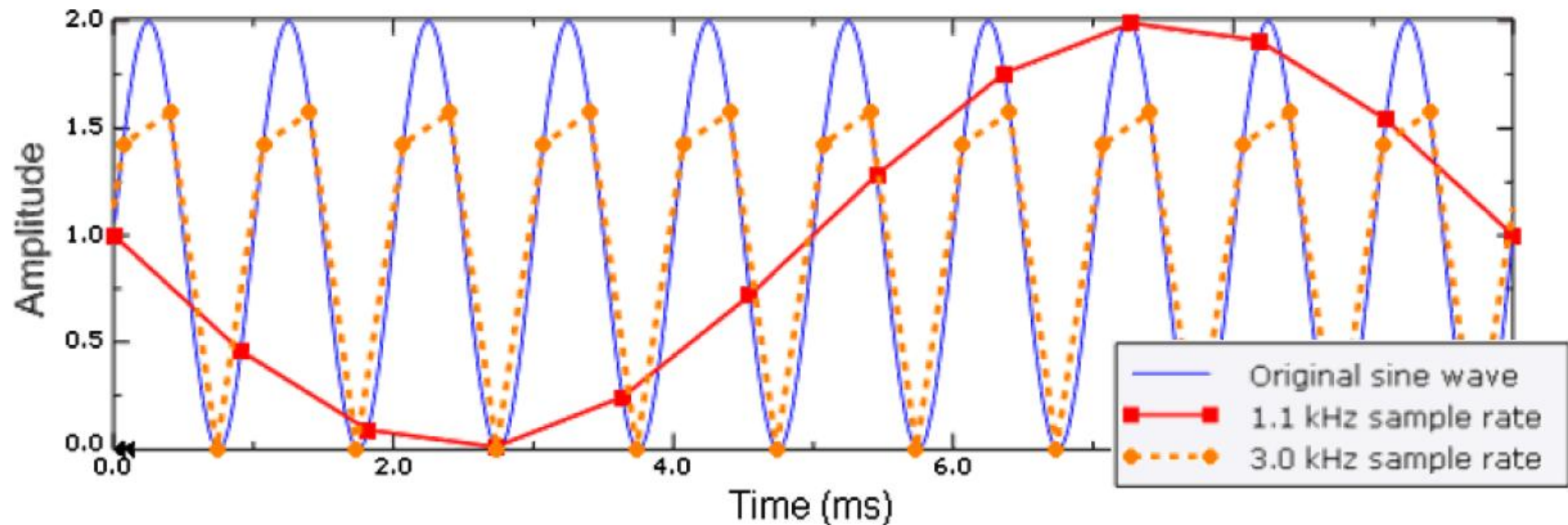
- Standard: default Ramp amplituda
- Explicit:
 - Default Step amplituda → vhodné definovat vlastní
 - Rychlost zatěžování max 1 % rychlosti zvuku v materiálu (kovové materiály 5000 m/s)



```
*AMPLITUDE, NAME=AMP_SMOOTH, DEFINITION=SMOOTH STEP  
0, 0, 1E-5, 1  
*BOUNDARY, TYPE=DISPLACEMENT, AMP=AMP_SMOOTH  
12, 2, 2, 2.5
```

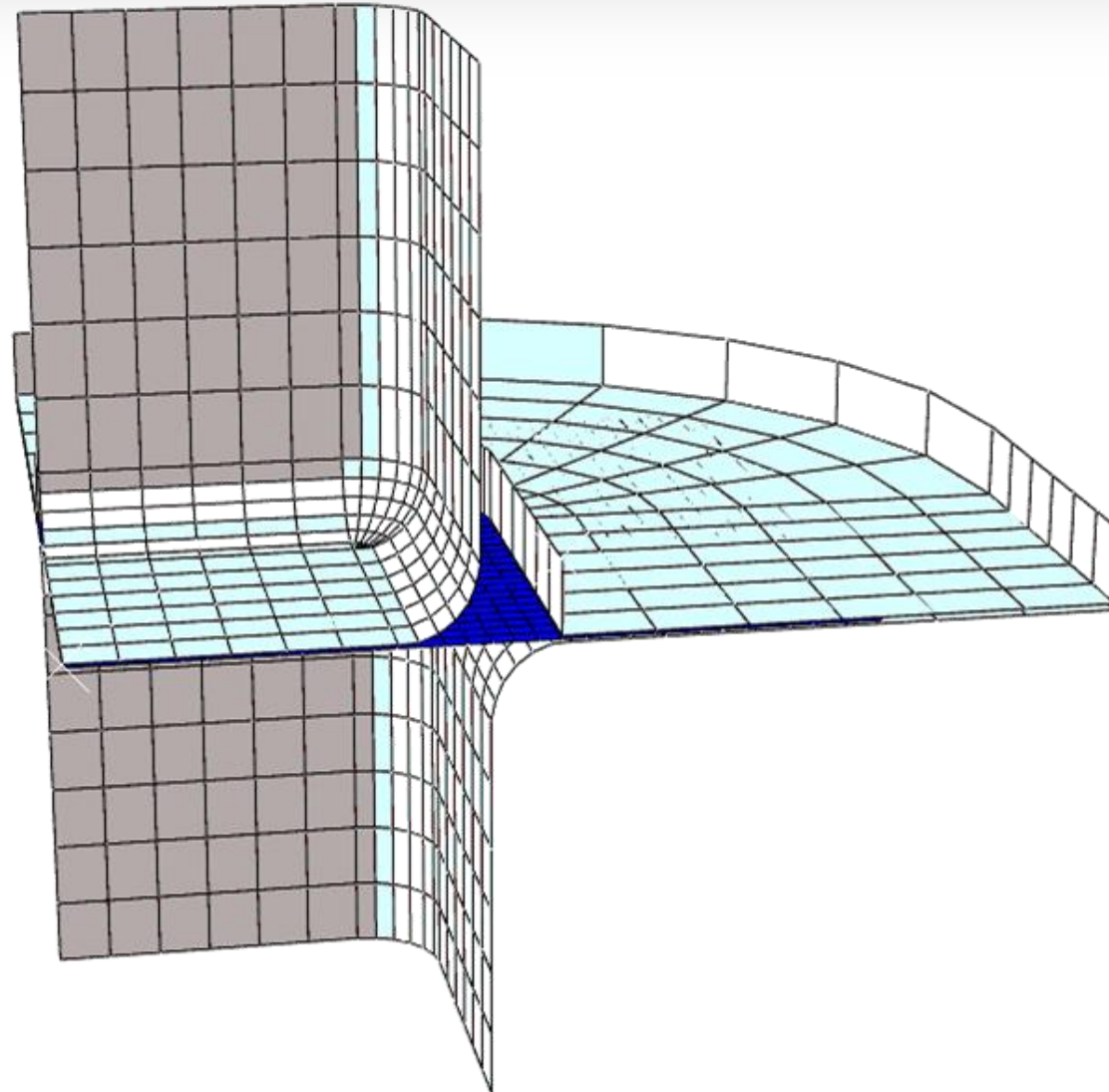


- Pozor na aliasing:
 - Správné vzorkování – alespoň $2 \times f_{\max}$, pro zajištění 95% přesnosti $10 \times f_{\max}$
 - Filtrování v solveru/**filtrování v postprocessoru**
 - Školení Abaqus/Explicit: Advanced Topics



VARIANTA 1

PŘÍKLAD



VARIANTA 1

PŘÍKLAD

Standard

```
*STEP, NAME=PUNCH, NLGEOM=YES, INC=10000
*STATIC
0.1, 1, 1E-5, 1
```

```
*BOUNDARY
RP, 3, 3, -0.036
```

```
...
*END STEP
```

```
*STEP, NAME=SPRINGBACK, NLGEOM=YES, INC=10000
*STATIC
0.1, 1, 1E-5, 1
```

```
*CONTACT, OP=MOD
*CONTACT EXCLUSIONS
,
*BOUNDARY, OP=NEW
B1, YSYMM
```

Explicit

```
*AMPLITUDE, DEFINITION=SMOOTH STEP, NAME=SMOOTH
0, 0, 0.0036, 1
```

```
*STEP, NAME=PUNCH
*DYNAMIC, EXPLICIT
, 0.0036
```

```
*BOUNDARY, AMPLITUDE=SMOOTH
RP, 3, 3, -0.036
```

```
...
*END STEP
```

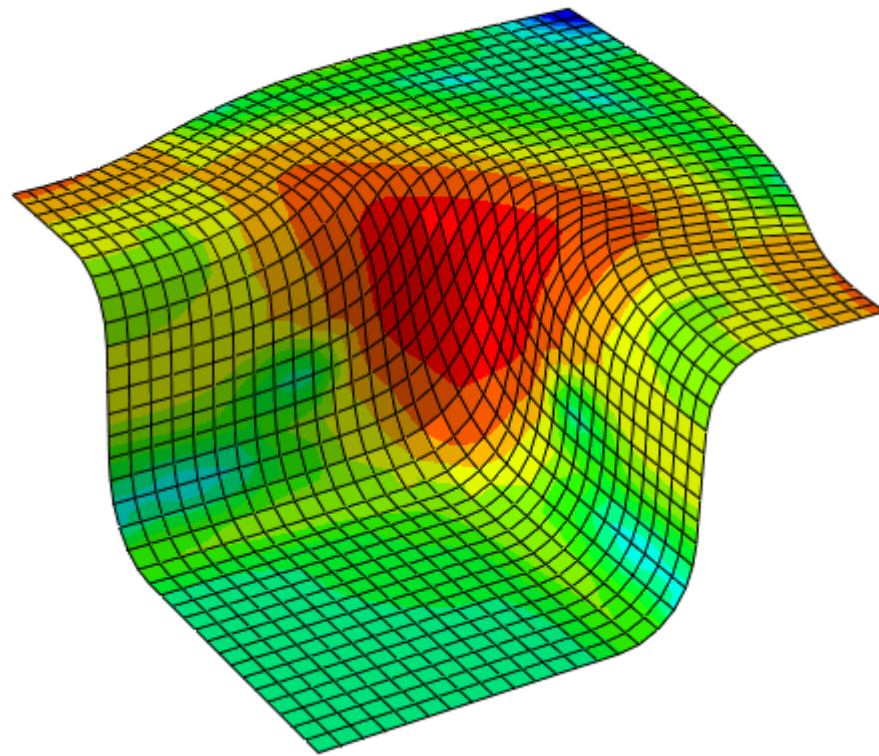
```
*STEP, NAME=SPRINGBACK
*DYNAMIC, EXPLICIT
, 0.2
*DSLOAD
BLANK, VP, 3.7E5
```

```
*CONTACT, OP=MOD
*CONTACT EXCLUSIONS
,
*BOUNDARY, OP=NEW
B1, YSYMM
```


VARIANTA 1

PŘÍKLAD

Standard

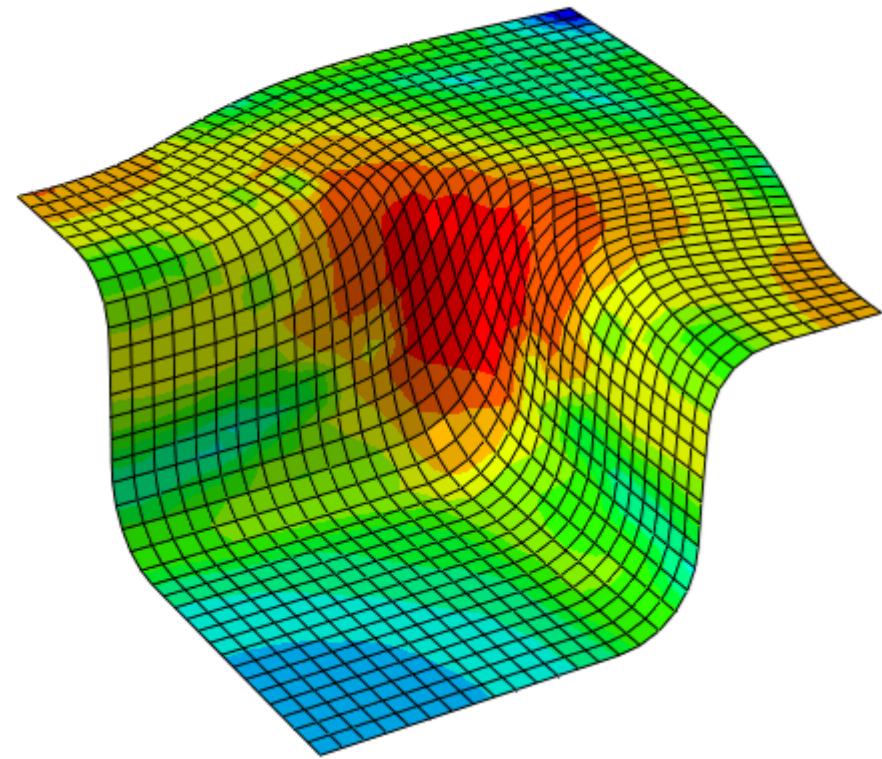


3h 41 min

Lisování

Wallclock
time

Explicit



18 sec

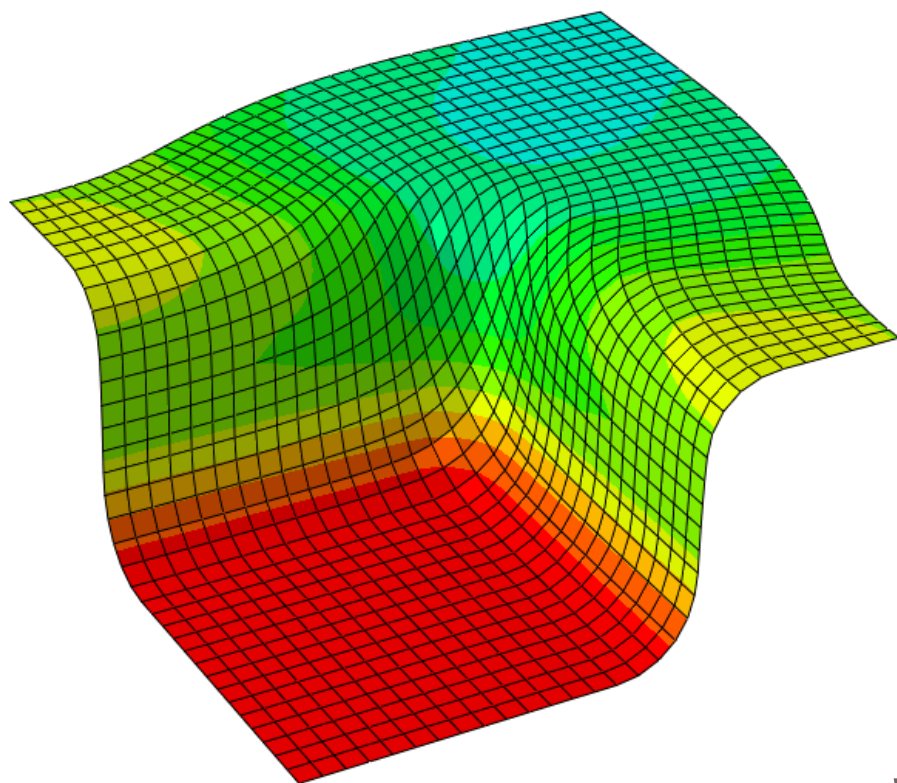
VARIANTA 1

PŘÍKLAD

Standard

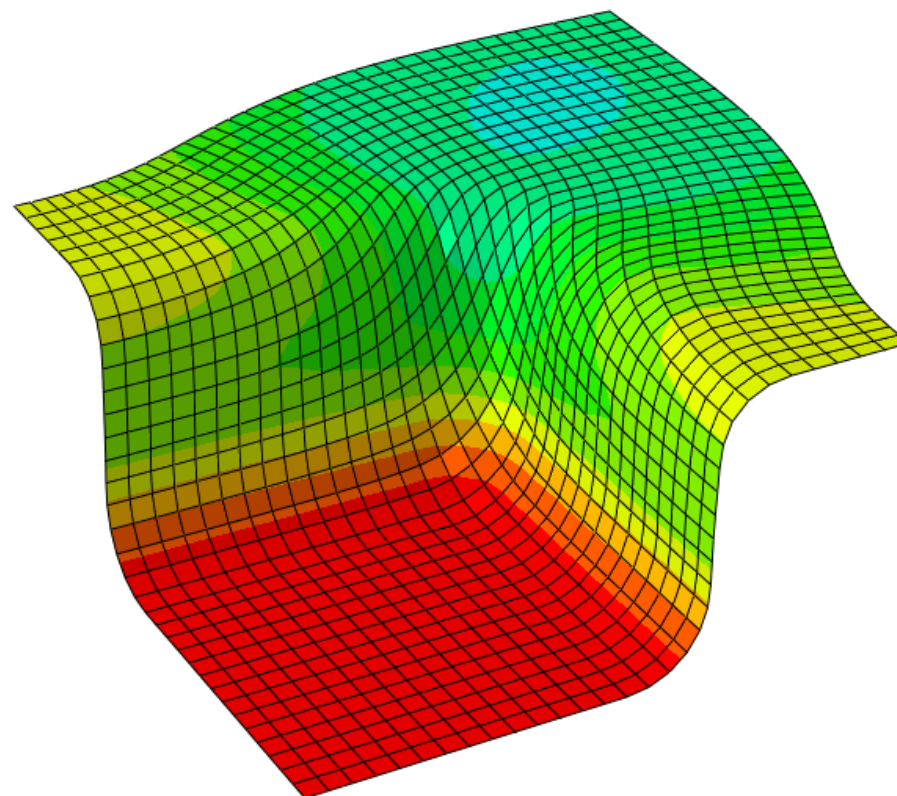
Springback

Explicit



2 min

Wallclock
time



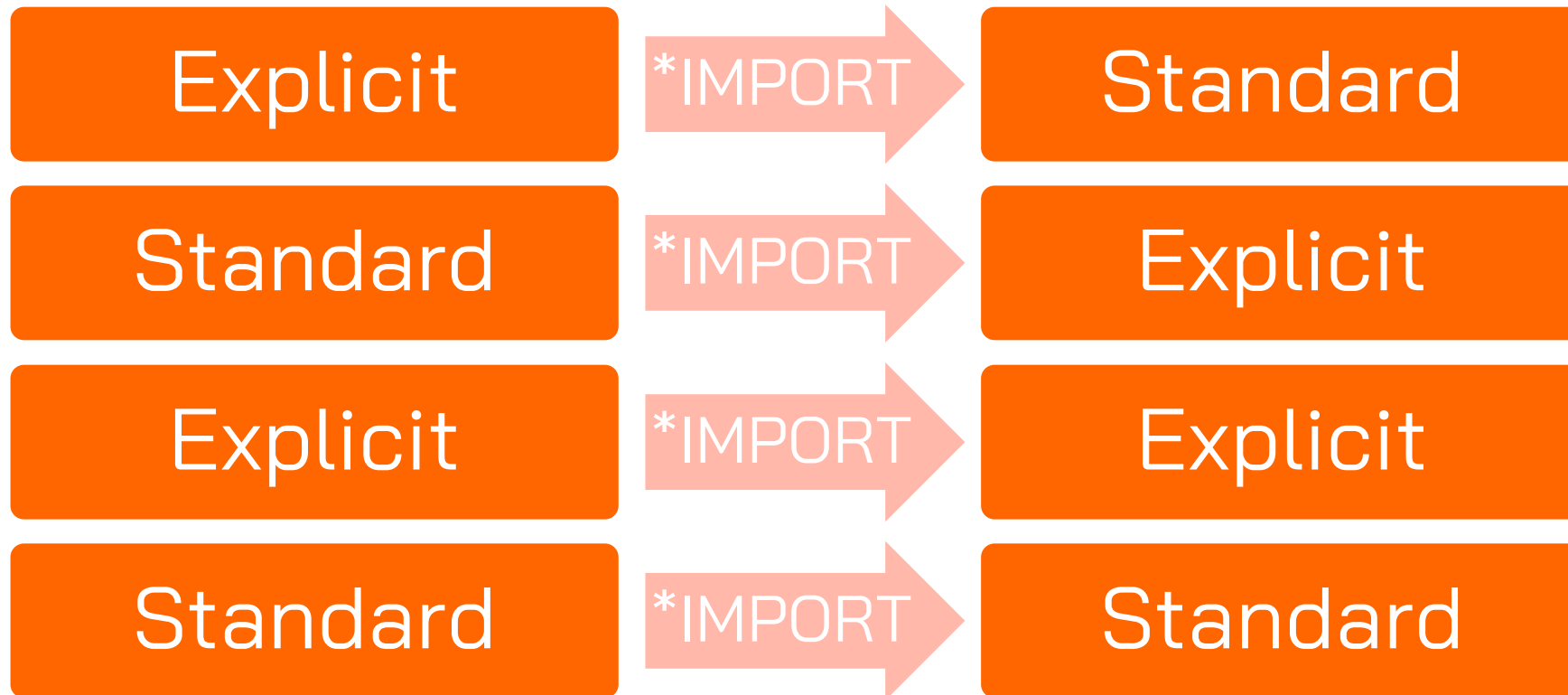
45 min

1. Proč převádět úlohy mezi Abaqus/Standard a Abaqus/Explicit
2. Rozdíly mezi Standard a Explicit
3. Varianta 1: Změna stepu
4. Varianta 2: Import
5. Varianta 3: Mapování
6. Shrnutí a diskuse

VARIANTA 2: IMPORT ANALÝZA

WORKFLOW

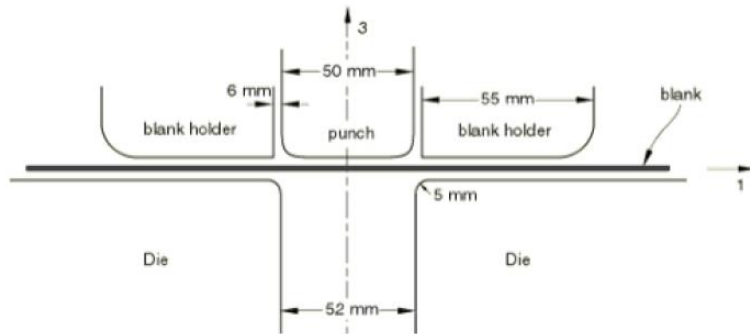
- Převod deformované sítě a aktuálního stavu mezi Abaqus simulacemi



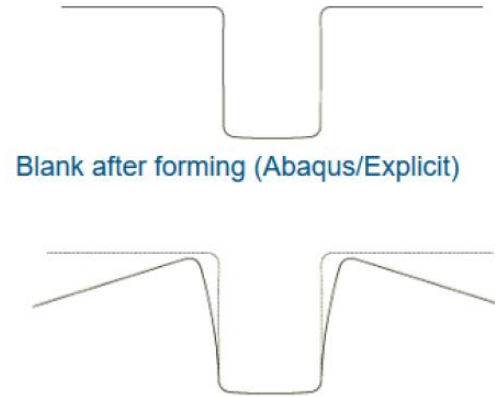
VARIANTA 2: IMPORT ANALÝZA

PŘÍKLADY POUŽITÍ

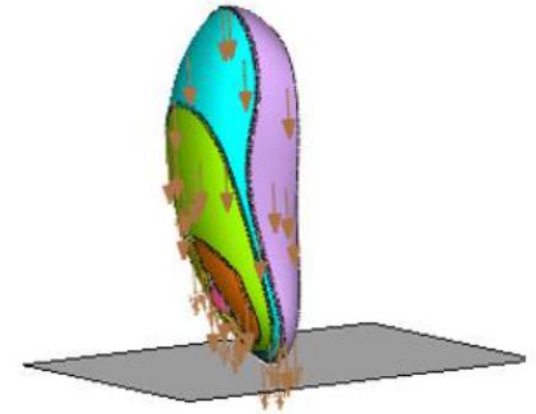
Explicit → Standard



Initial assembly for forming process

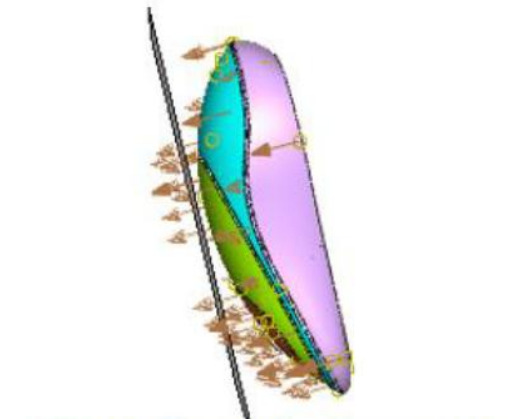
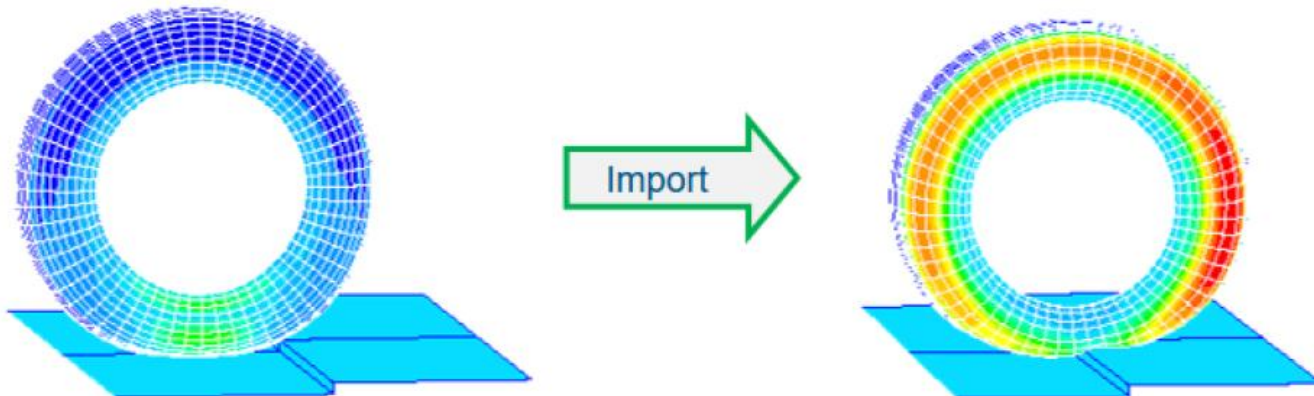


Explicit → Explicit



Initial mouse drop

Standard → Explicit



VARIANTA 2: IMPORT ANALÝZA

OMEZENÍ

Lze importovat	Třeba znovu definovat	Nelze importovat
Stav materiálu (S, PEEQ)	Okrajové podmínky	Analytical rigid
Pozice uzlů (U)	Zatížení	Mesh independent fasteners
Elementy, ELSET	Definice kontaktu	*Dashpot, *Spring
Uzly, NSET	Output requesty	*Mass, *Rotary inertia
Surface definice	Nodal transformation	Infinite elementy
Teplota, field variable	Amplitudy	Coupling
Connector elementy		Některé materiály

VARIANTA 2: IMPORT ANALÝZA

DEFINICE

Původní

Abaqus/Explicit analysis:

```
*HEADING
| ...
*MATERIAL, NAME=mat1
*ELASTIC
Data lines to define linear elasticity
*PLASTIC
Data lines to define Mises plasticity
*DENSITY
Data line to define the density of the material
| ...
*BOUNDARY
Data lines to define boundary conditions
*STEP
*DYNAMIC, EXPLICIT
| ...
*RESTART, WRITE, NUMBER INTERVAL=n
*END STEP
```

Import

Abaqus/Standard analysis:

```
*HEADING
*IMPORT, STEP=step, INTERVAL=interval, STATE=YES, UPDATE=NO
Data lines to specify element sets to be imported
*IMPORT ELSET
Data lines to specify element set definitions to be imported
*IMPORT NSET
Data lines to specify node set definitions to be imported
*IMPORT SURFACE
Data lines to specify surface definitions to be imported
**
*** Optionally redefine the material block
**
*MATERIAL, NAME=mat1
*ELASTIC
Data lines to redefine linear elasticity
*PLASTIC
Data lines to redefine Mises plasticity
| ...
*BOUNDARY
Data lines to redefine boundary conditions
*STEP, NLGEOM=YES
*STATIC
| ...
*END STEP
```


- *IMPORT, UPDATE=NO, STATE=YES
 - Pokračuje v předchozí simulaci
 - Nová referenční konfigurace, původní stav materiálu ($U \neq 0$, $S \neq 0$)
- *IMPORT, UPDATE=YES, STATE=YES
 - Napětí na nové geometrii bez deformací ($U = 0$, $S \neq 0$)
- *IMPORT, UPDATE=YES, STATE=NO
 - Zdeformovaná geometrie bez napjatosti
 - „Vysíťováno ve zdeformovaném stavu“ ($U = 0$, $S = 0$)
- *IMPORT, UPDATE=NO, STATE=NO
 - V modelu jsou deformace, ale žádná napětí
 - Divné ($U \neq 0$, $S = 0$)

VARIANTA 2: IMPORT ANALÝZA

PŘÍKLAD

Zachovej materiálový stav

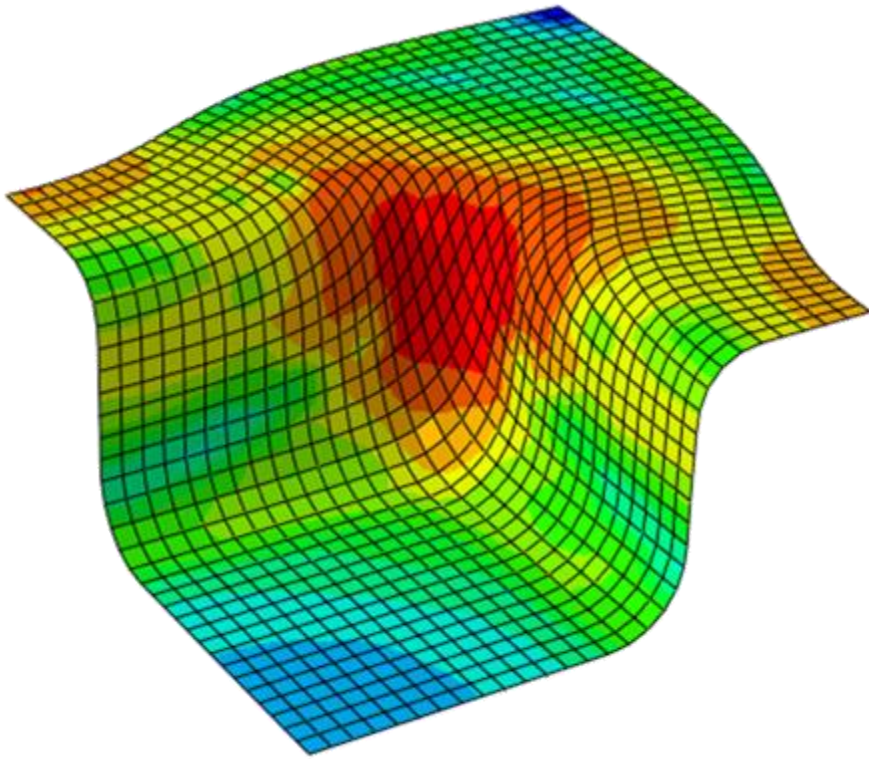
Ponechej referenční konfiguraci

```
*IMPORT, STATE=YES, UPDATE=NO, step=1
BLANK
*STEP, inc=100000
*static
.1,1,1e-7,
*BOUNDARY
B1,YSYMM
B4,XYMM
*BOUNDARY, type=velocity
90001,3,3,0
*END STEP
```

VARIANTA 2: IMPORT ANALÝZA

PŘÍKLAD

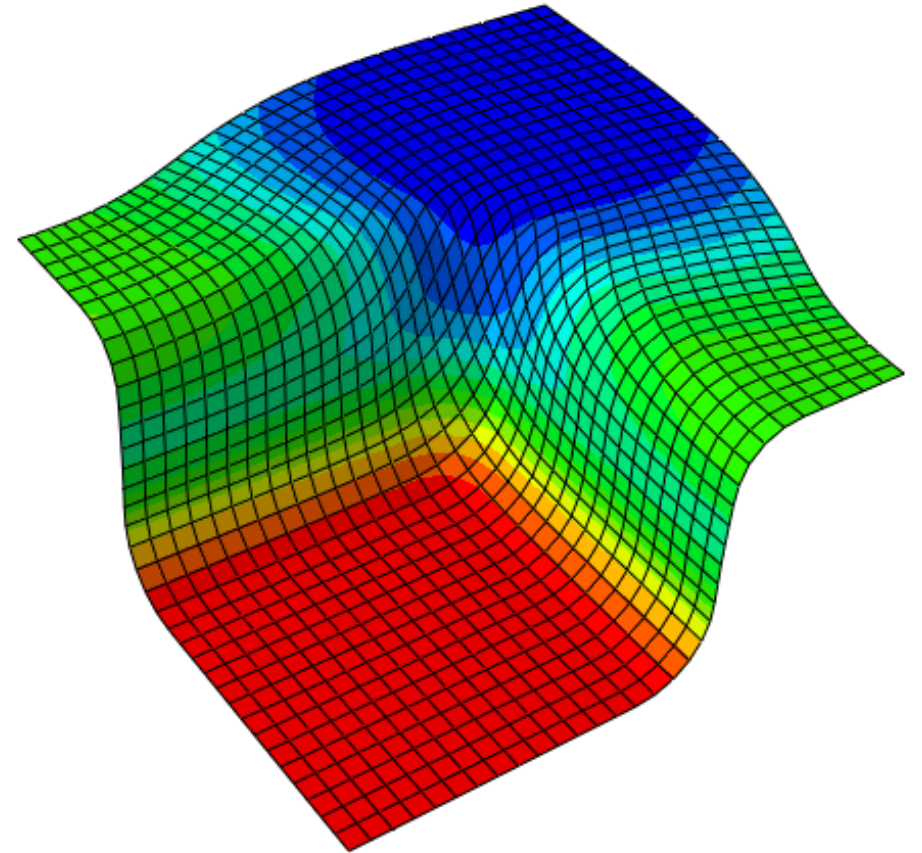
Explicit – lisování



18 sec

*IMPORT

Standard – springback



10 sec

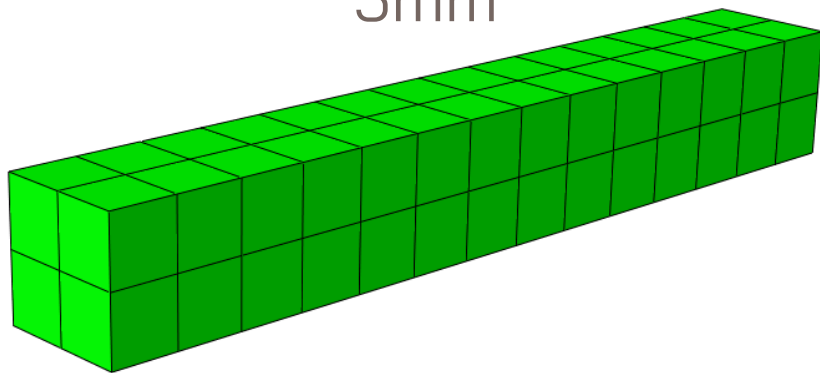
Wallclock
time

1. Proč převádět úlohy mezi Abaqus/Standard a Abaqus/Explicit
2. Rozdíly mezi Standard a Explicit
3. Varianta 1: Změna stepu
4. Varianta 2: Import
5. Varianta 3: Mapování
6. Shrnutí a diskuse

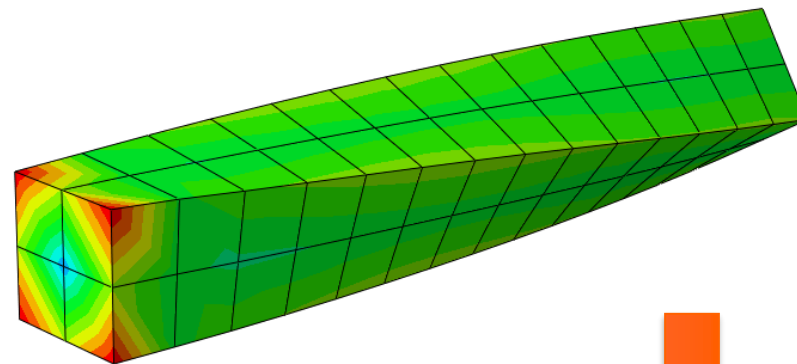
VARIANTA 3: MAPOVÁNÍ

PRINCIP POUŽITÍ

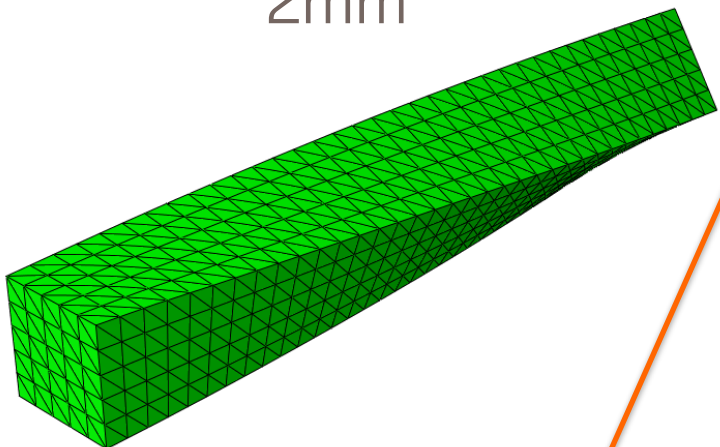
Výchozí, C3D8R,
5mm



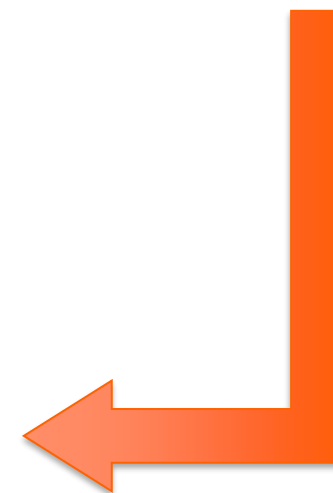
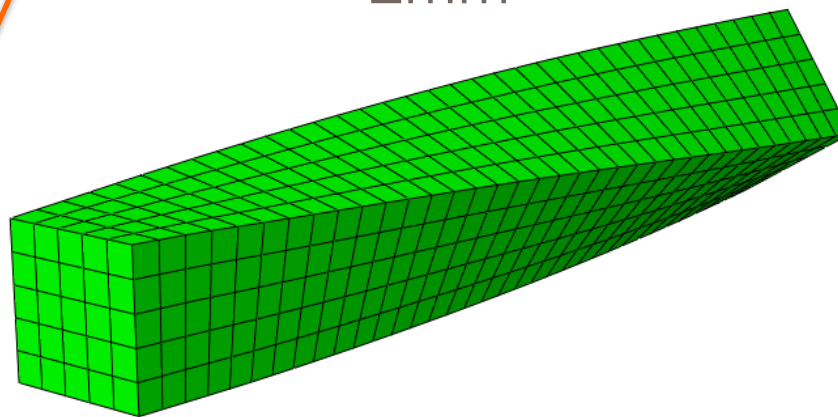
Po zatížení



Výchozí, DC3D10,
2mm



Výchozí, DC3D8,
2mm



VARIANTA 3: MAPOVÁNÍ

DEFINICE NOVÉ ÚLOHY

- *ADJUST, node set=NALL, distribution=Dist-name
- *DISTRIBUTION, name=Dist-name, table=DT-adjust, location=node
- *EXTERNAL FIELD, file=deepdrawbox.sim, STEP=2
- *DISTRIBUTION TABLE, name=DT-adjust

```
*ADJUST, node set=NALL, distribution=Distri-update-coord
```

```
*DISTRIBUTION, name=Distri-update-coord, table=DT-adjust-coord, location=node
```

```
1, 0., 0., 0.
```

```
*EXTERNAL FIELD, file=deepdrawbox_explicit.sim, STEP=2
```

```
NODES, NALL, , NODES, , U
```

```
*DISTRIBUTION TABLE, name=DT-adjust-coord
```

```
DISP3D,
```

VARIANTA 3: MAPOVÁNÍ

DEFINICE NOVÉ ÚLOHY

- *ADJUST, node set=NALL, distribution=Dist-name
 - Definuje posuv uzlů podle zadané *DISTRIBUTION
- *DISTRIBUTION, name=Dist-name, table=DT-adjust, location=node
 - Definuje distribuci uzlů v prostoru podle *EXTERNAL FIELD
- *EXTERNAL FIELD, file=deepdrawbox.sim, STEP=2
 - Určuje, na které entity se bude vztahovat *DISTRIBUTION a jakým způsobem
- *DISTRIBUTION TABLE, name=DT-adjust
 - Určuje formát data line v *DISTRIBUTION

VARIANTA 3: MAPOVÁNÍ

JAK ZÍSKAT .SIM

- Již mám .ODB:
 - `abaqus odb2sim odb=ODB_name sim=SIM_name`
- Ještě nemám .ODB:
 - `abaqus job=job_name resultsformat=sim|both`

1. Proč převádět úlohy mezi Abaqus/Standard a Abaqus/Explicit
2. Rozdíly mezi Standard a Explicit
3. Varianta 1: Změna stepu
4. Varianta 2: Import
5. Varianta 3: Mapování
6. Shrnutí a diskuse

TIPY NA ZÁVĚR

- Kontrola energií v modelu – musí dávat smysl a být vysvětlitelné
- V Explicitu S4R, C3D8R, případně C3D8I
- *SECTION CONTROLS, HOURGLASS = ENHANCED/RELAX STIFFNESS
 - Elastický materiál
Konzistentní s A/Standard
 - Libovolný materiál
- Každý uzel potřebuje hmotnost – *MASS v řídících uzlech 1D elementů



D Ě K U J I
Z A P O Z O R N O S T



www.applusidiada.com

Applus IDIADA
Headquarters and Main Technical Centre
L'Albornar – PO Box 20
E-43710 Santa Oliva (Tarragona) Spain
T +34 977 166 000 F +34 977 166 007
e-mail: idiada@idiada.com

www.idiada.com

Applus IDIADA Belgium
T +32 2 757 27 07 (Brussels)
e-mail: idiada_belgium@idiada.com

Applus IDIADA Brazil
T +55 11 4330 9880 (São Paulo)
T +55 31 3591 6832 (Belo Horizonte)
e-mail: idiada_brasil@idiada.com

Applus IDIADA China
T +86 21 6210 0894 (Shanghai)
T +86 21 6210 0894 (Beijing)
T +86 431 8190 9680 (Changchun)
T +86 23 6756 8060 (Chongqing)
T +86 21 6210 0894 (Cixi)
T +86 20 2282 9202 (Guangzhou)
T +86 21 6210 0894 (Ningbo)
T +86 532 66019017 (Qingdao)
T +86 21 6210 0894 (Tianjin)
T +86 21 6210 0894 (Wuhu)
T +86 535 8933658 (Zhaoyuan)
e-mail: idiada_china@idiada.com

Applus IDIADA Czech Republic
T +420 493 654 811 (Hradec Králové)
T +420 778 430 095 (Brno)
T +420 482 424 243 (Liberec)
T +420 326 736 860 (Mladá Boleslav)
e-mail: info@idiada.cz

Applus IDIADA France
T +33 (0) 181 891 943 (Paris)
T +33 (0) 130 370 836 (Paris)
T +33 (0) 141 146 085 (Lyon)
e-mail: idiada_france@idiada.com

Applus IDIADA Germany
T +49 (0) 84188538-30 (Ingolstadt)
T +49 (0) 89309056-0 (Munich)
T +49 (0) 84188538-30 (Stuttgart)
T +49 (0) 5374920606-0 (Wolfsburg)
e-mail: idiada_germany@idiada.com

Applus IDIADA India
T +91 44 2275 2202 (Chennai)
T +91 124 4028 888 (New Delhi)
T +91 20 6605 6800 (Pune)
e-mail: idiada_india@idiada.com

Applus IDIADA Italy
T +39 051 0923530 (Bologna)
T +39 005 10923500 (Erbusco)
T +39 011 2640320 (Turin)
e-mail: idiada_italia@idiada.com

Applus IDIADA Japan
T +81 (0) 42 512 8982 (Tokyo)
T +81 (0) 52 588 5329 (Nagoya)
e-mail: idiada_japan@idiada.com

Applus IDIADA Malaysia
T ++60327281027 (Kuala Lumpur)
T +601 2410 7686 (Penang)
e-mail: idiada_malaysia@idiada.com

Applus IDIADA Mexico
T +52 (222) 644 1374 (Puebla)
e-mail: idiada_mexico@idiada.com

Applus IDIADA Morocco
e-mail: idiada_morocco@idiada.com

Applus IDIADA Poland
T +48 61 6226 905 (Poznan)
e-mail: idiada_polska@idiada.com

Applus IDIADA Slovakia
T +420 778 430 098 (Košice)
e-mail: idiada_slovakia@idiada.com

Applus IDIADA South Korea
T +82 31 478 1821 (Seoul)
e-mail: idiada_korea@idiada.co.kr

Applus IDIADA Spain
T +34 977 166 000 (Santa Oliva)
T +34 928 587 447 (Las Palmas)
T +34 915 095 795 (Madrid)
T +34 950 473 256 (Mojácar)
T +34 868 912 179 (Murcia)
T +34 948 292 921 (Pamplona)
T +34 955 117 111 (Sevilla)
T +34 986 900 300 (Vigo)
e-mail: idiada@idiada.com

Applus IDIADA Sweden
T +46 (0) 31 320 1844 (Gothenburg)
T +46 731 478 202 (Stockholm)
e-mail: idiada_sweden@idiada.com

Applus IDIADA Thailand
T +66 86 7917 071 (Bangkok)
e-mail: idiada_thailand@idiada.com

Applus IDIADA Turkey
T +90 216 250 6050 (Istanbul)
e-mail: idiada_turkey@idiada.com

Applus IDIADA UK
T +44 1223 441 434 (Cambridge)
T +44 2476 328 083 (Nuneaton)
T +44 1926 623 132 (Warwick)
e-mail: idiada_uk@idiada.com

Applus IDIADA UAE
T +971 4 2441313 (Dubai)
e-mail: idiada_uae@idiada.com

Applus IDIADA USA
T +1 248 978 0111 (Detroit)
T +1 760 246 1672 (Los Angeles)
e-mail: idiada_USA@idiada.com

Applus IDIADA Vietnam
T +84 97 724 19 86 (Hanoi)
e-mail: idiada_vietnam@idiada.com

