

# Simulation de l'enveloppe en thermoplastique d'un équipement électrique sous impact

Emmanuel Frangin – Innovation  
Laurence Dupont – STIE  
Sanjeeva Reddy S – Innovation  
Frederic Leon – STIE

08 Jun 2011  
NAFEMS Seminar, Paris

# Plan

- Deux à propos de **Schneider Electric**
- Présentation du produit étudié
- Contrainte imposées par la norme UL 746C
- Stratégie de simulation
- Analyse des résultats et comparaison aux essais
- Conclusions

# Schneider Electric en bref

## 20

Milliards d'euros de CA en 2010

## 37

% du CA réalisé dans les nouvelles économies

## 110 000+

Collaborateurs dans +100 pays

## 4-5%

du CA consacré à la R&D

Le spécialiste mondial de la gestion de l'énergie

### Rendre l'énergie

- Sûre
- Fiable
- Efficace
- Productive
- Verte

Covering **72%** of world final energy consumption

up to **30%** energy saving

Production et transmission de l'énergie



Utilisation de l'énergie

Un engagement développement durable reconnu



# Pourquoi des simulations sur les variateurs de vitesse ?



- Contrôler la vitesse
- Mettre en mouvement et arrêter progressivement
- Maintenir une vitesse constante
- Maitriser et synchroniser les vitesses entre différent mouvements
- Ajuster un flux ou un débit de production

Situation

Nouveaux produits en développement  
Respect de la norme UL746C

Collaboration

Centre de développement de Pacy-sur-Eure  
Direction de l'innovation à Grenoble pour la partie Simulation

# Objectifs

Le produit **UL Type 1** développé doit être conforme à la norme **UL746C**

**Norme UL746C - UL Standard for Safety for Polymeric Material (in elect. Equip.)**

## **UL746C : test de résistance à un impact**

Le produit doit supporter un **impact** sans :

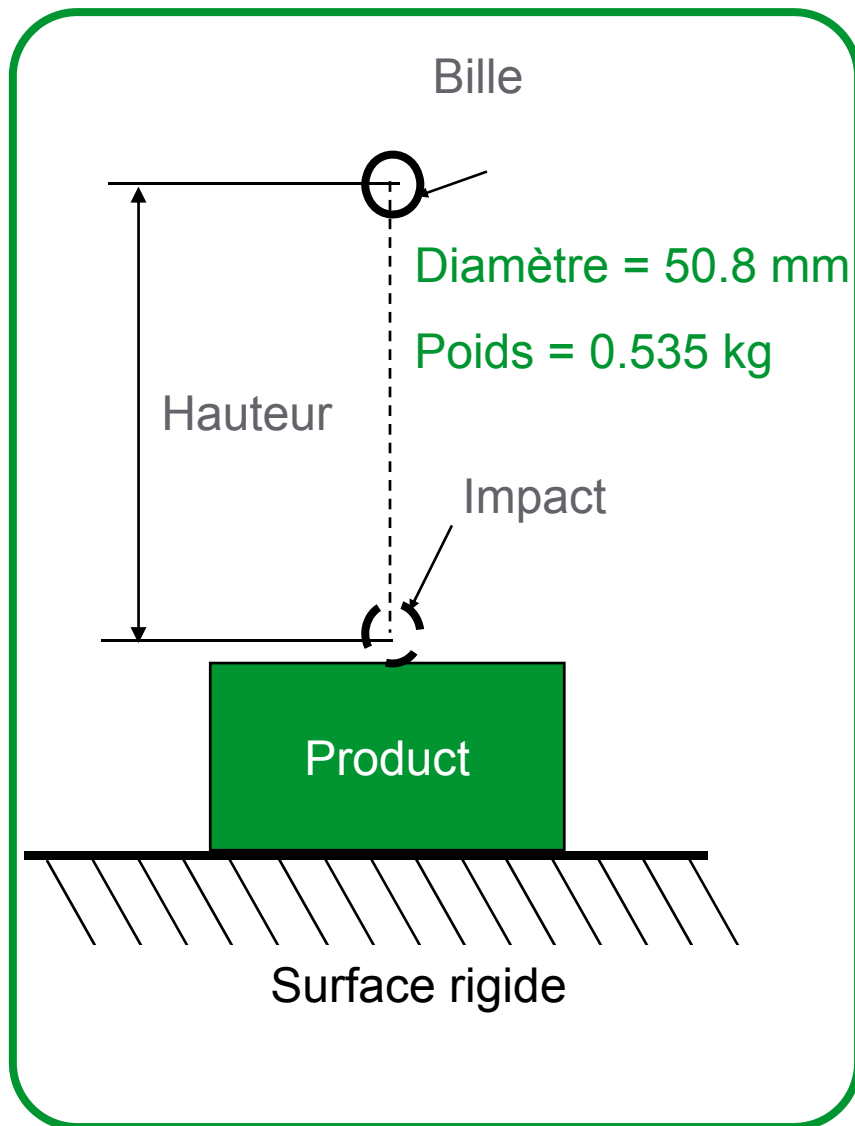
- a) Rendre les parties actives accessibles
- b) Produire une condition qui peut affecter les performances mécaniques de l'équipement
- c) Produire une condition qui peut augmenter le risque de choc électrique

## **Problématique**

Comment s'assurer du comportement d'un ensemble de pièces **plastiques** assemblées par **clips** sous impact ???

Intégration d'une méthode de dimensionnement dans le **processus de développement**

# Procédure d'essai



- Toutes les surfaces exposées doivent être testées
- Trois produits doivent être testés
- Chaque produit doit être soumis à un impact

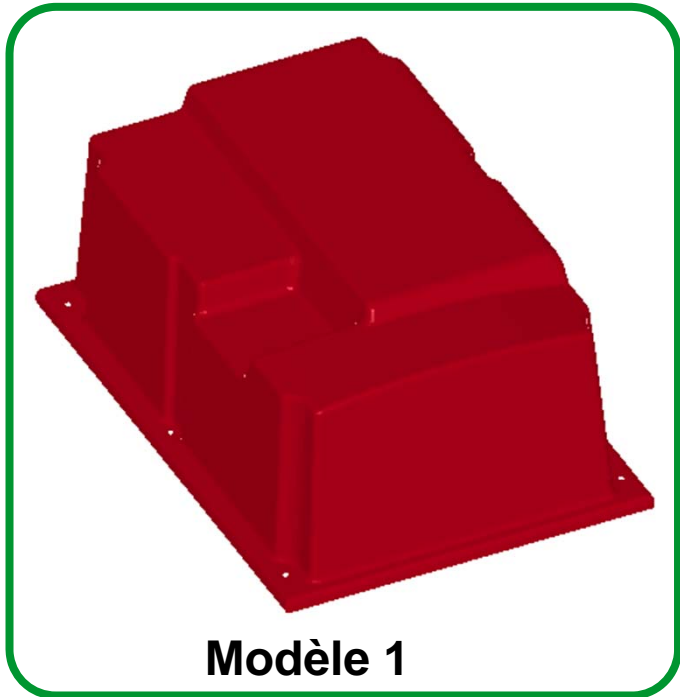
Energy (Joules)	<b>6.8</b>
Height (meter)	<b>1.30</b>
Velocity just before impact (m/s)	<b>5.04</b>

# Procédure de Simulation

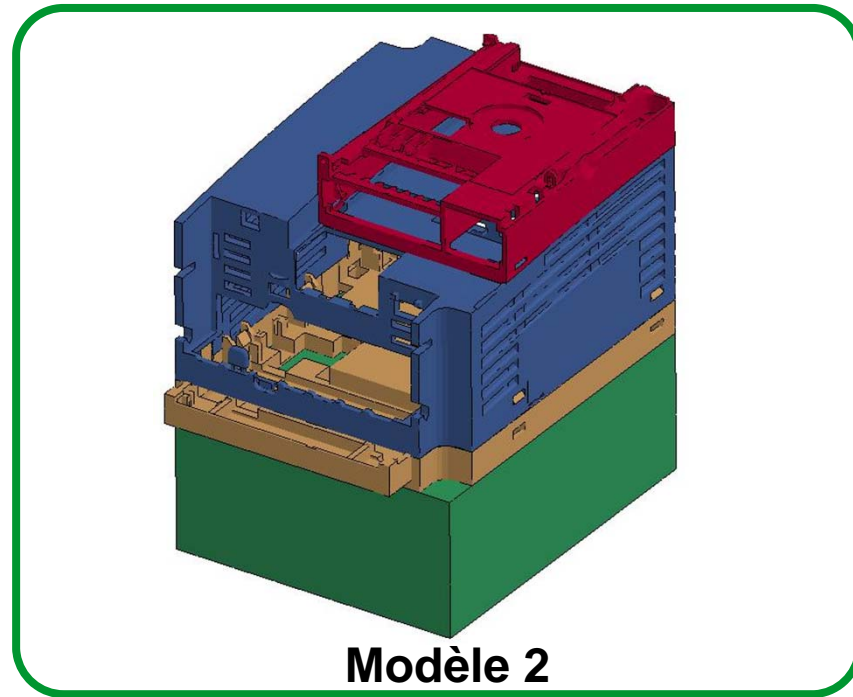
- Modélisation des enveloppes en thermoplastique soumises à des impact ( **LS-Dyna** )
- Mise en jeu de nombreuses non linéarités :
  - matériau : polycarbonate pur à 23°C, comportement élastoplastique
  - de contact : assemblage par clips, prise en compte de **contacts frottants**
  - géométrique : chargement dynamique sévère, **grands déplacements**
- Du à la complexité des géométries, un maillage tétraédrique (éléments avec prise en compte des rotations) permet une bonne adéquation entre la rapidité de développement et la fiabilité des résultats
- Deux approches sont étudiées:
  - Modèle 1 pour valider la méthode et corréler les résultats à des données expérimentales
  - Modèle 2 pour vérifier le comportement du produit durant la phase de développement et être en mesure de passer les essais

# Stratégie de simulation

- Deux niveaux de simulation pour permettre de valider le modèle et mettre en œuvre sur un exemple



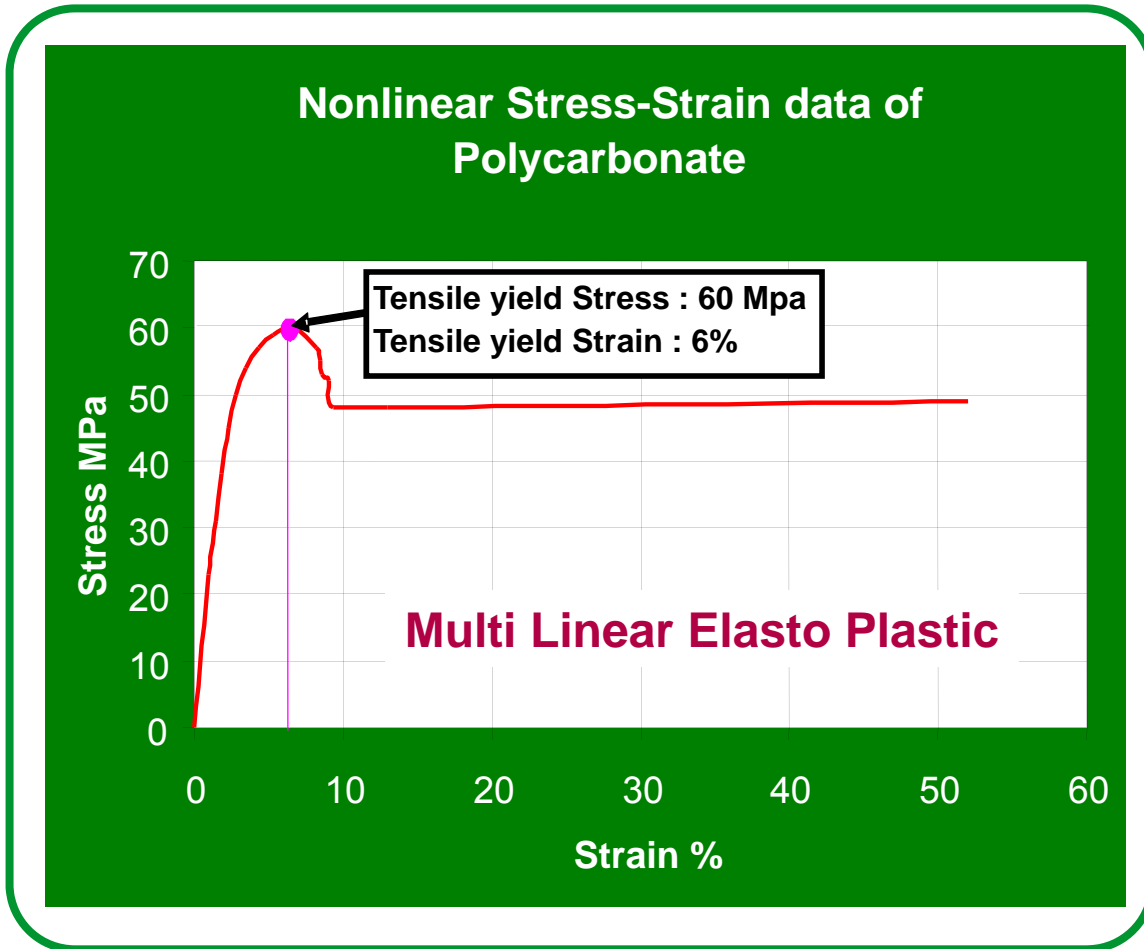
- Une pièce + une bille
- Résultat de test disponible
- Utilisé comme modèle de validation



- Un produit en développement avant test présentant des zones de faiblesse
- Analyse qualitative des résultats



# Propriétés matériaux



## Enveloppe

Les données matériaux sont utilisées jusqu'à Rm puis extrapolé par un matériau parfaitement plastique

## RIGID



Young's modulus:  $2^{E5}$  MPa

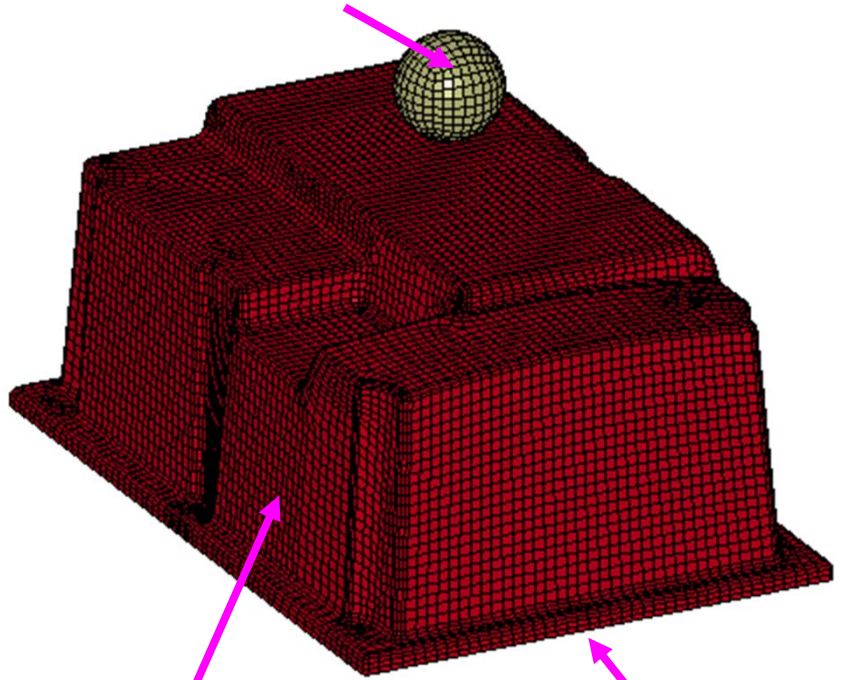
Poisson's ration: 0.3

Density:  $7.8^{E-9}$  tonnes/mm<sup>3</sup>

## Projectile

# Définition – Modèle 1

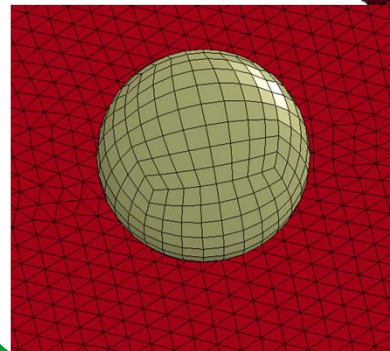
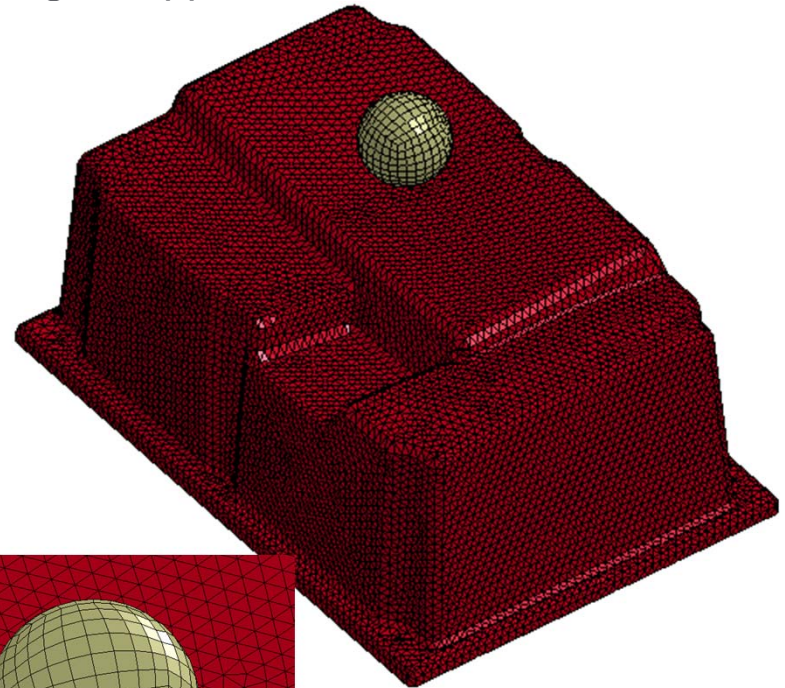
Bille métallique,  
diam 50.8mm, 0.535Kg  
Vitesse initiale verticale



Support rigide fixe

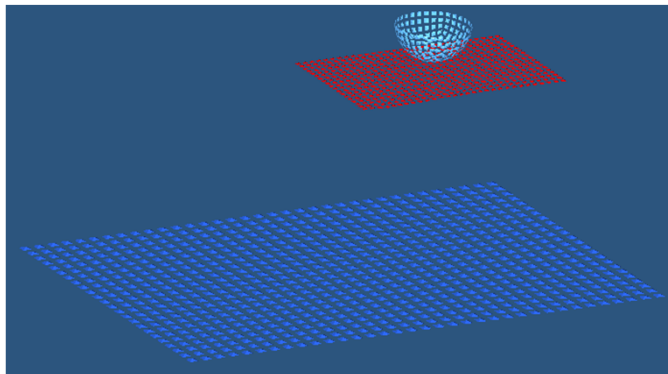
Pièce impactée,  
thermoformée en Polycarbonate

- Element type:  
Part: Shell Element or Tetra Element  
with node rotation  
Sphere: Solid Element  
Rigid Support: Shell element



# Définition – Modèle 1

- Contacts frottants :  
 Surface to surface Pièce and Bille  
 Node to surface Pièce et Support



```

*CONTACT_SURFACE_TO_SURFACE_ID
$HMNAME GROUPS          1Contact_1
$HWCOLOR GROUPS        1          36
      1
      1          2          0          0
      0.3          0.3
*CONTACT_NODES_TO_SURFACE_ID
$HMNAME GROUPS          2contact2
$HWCOLOR GROUPS        2          3
-----
      2
      1          3          4          0
      0.3          0.3
*CONTROL_CONTACT
$$ SLSFAC  RWPNAL  ISLCHK  SHLTHK  PENOPT  THKCHG  ORIEN  ENMASS
$$ USRSTR  USRFRC  NSBCS   INTERM  XPENE   SSTHK   ECDT   TIEDPRJ
$$ SFRIC   DFRIC   EDC     INTVFC  TH      TH_SF   PEN_SF
$$ IGNORE  FRCENG  SKIPRWG  OUTSEG  SPOTSTP SPOTDEL SPOTHIN
      2
    
```

- Condition initiale en vitesse pour le projectile

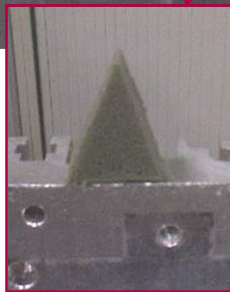
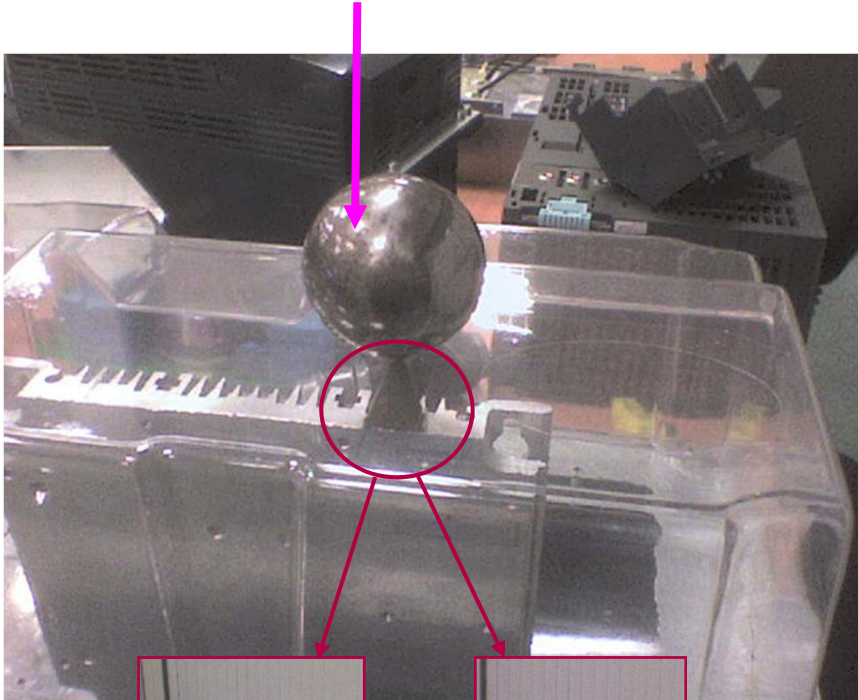
Impact Details		
Height (mm)	Velocity (mm/s) just before Impact	Energy (J)
<b>260</b>	<b>2259</b>	<b>1.36</b>
<b>520</b>	<b>3194</b>	<b>2.73</b>
<b>780</b>	<b>3912</b>	<b>4.09</b>
<b>1040</b>	<b>4517</b>	<b>5.46</b>
<b>1300</b>	<b>5050</b>	<b>6.82</b>

- Résultats mesurés:
  - Déplacement de la pièce sous le projectile

# Définition du test – modèle 1

## Test1

Différentes hauteurs de chute



Avant impact



Après impact

- Condition initiale en vitesse

Height (mm)	Velocity (mm/s)	Energy (J)
<b>260</b>	<b>2259</b>	<b>1.36</b>
<b>520</b>	<b>3194</b>	<b>2.73</b>
<b>780</b>	<b>3912</b>	<b>4.09</b>
<b>1040</b>	<b>4517</b>	<b>5.46</b>
<b>1300</b>	<b>5050</b>	<b>6.82</b>

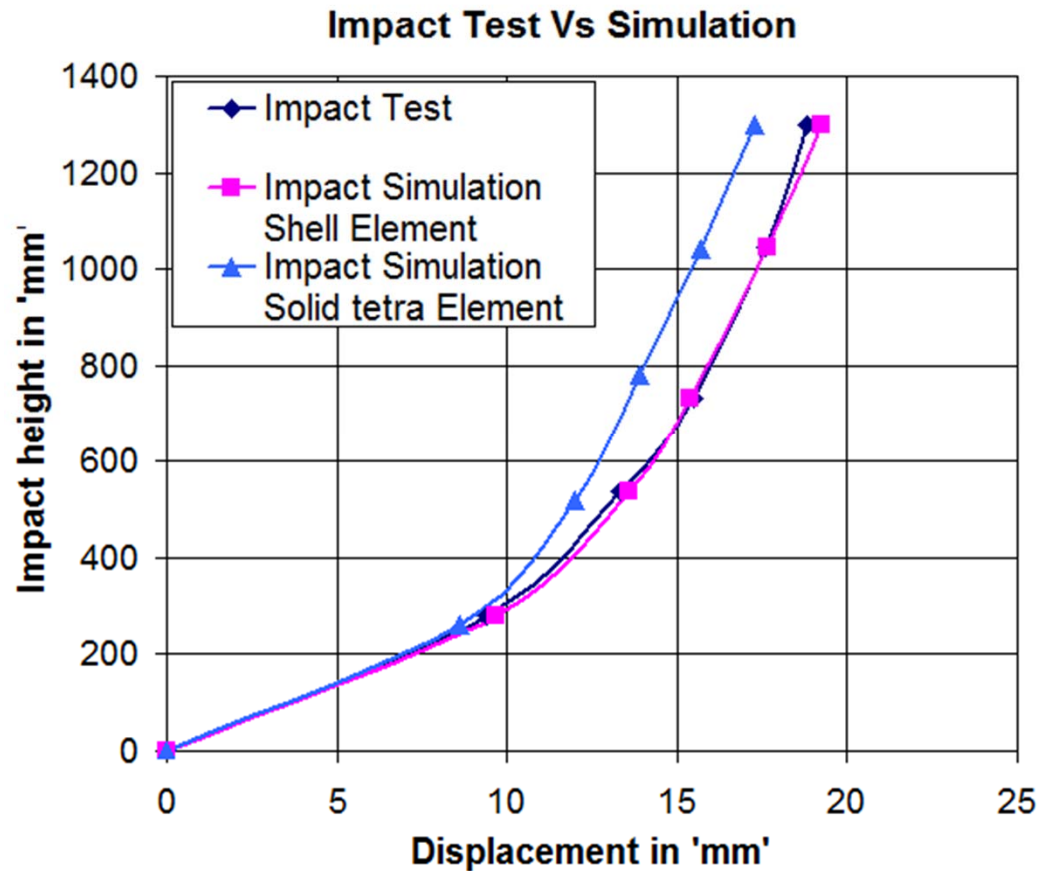
- Mesure du déplacement

## Test2

- Essai de chargement quasi-statique sous une machine de compression
- Mesure de l'effort quasi-statique en fonction du déplacement
- Comparaison par rapport à un simulation quasistatique

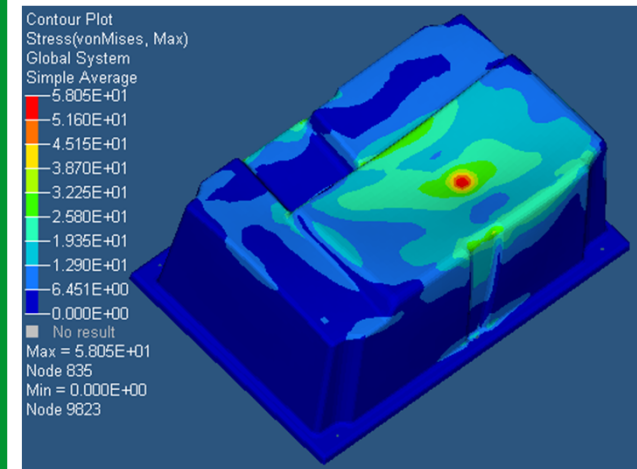


# Comparaison des résultats – Modèle 1



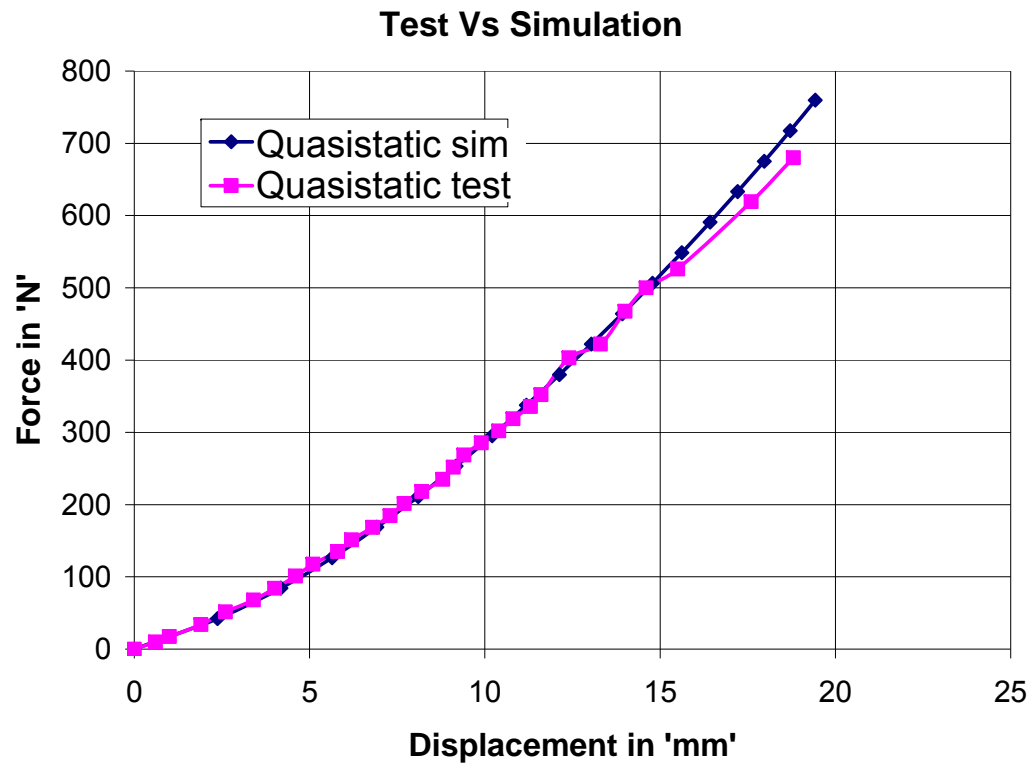
• Bonne corrélation entre le modèle et les essais

• Etat de chargement du matériau



Contraintes de Von Mises pour une hauteur de chute de 1,3m

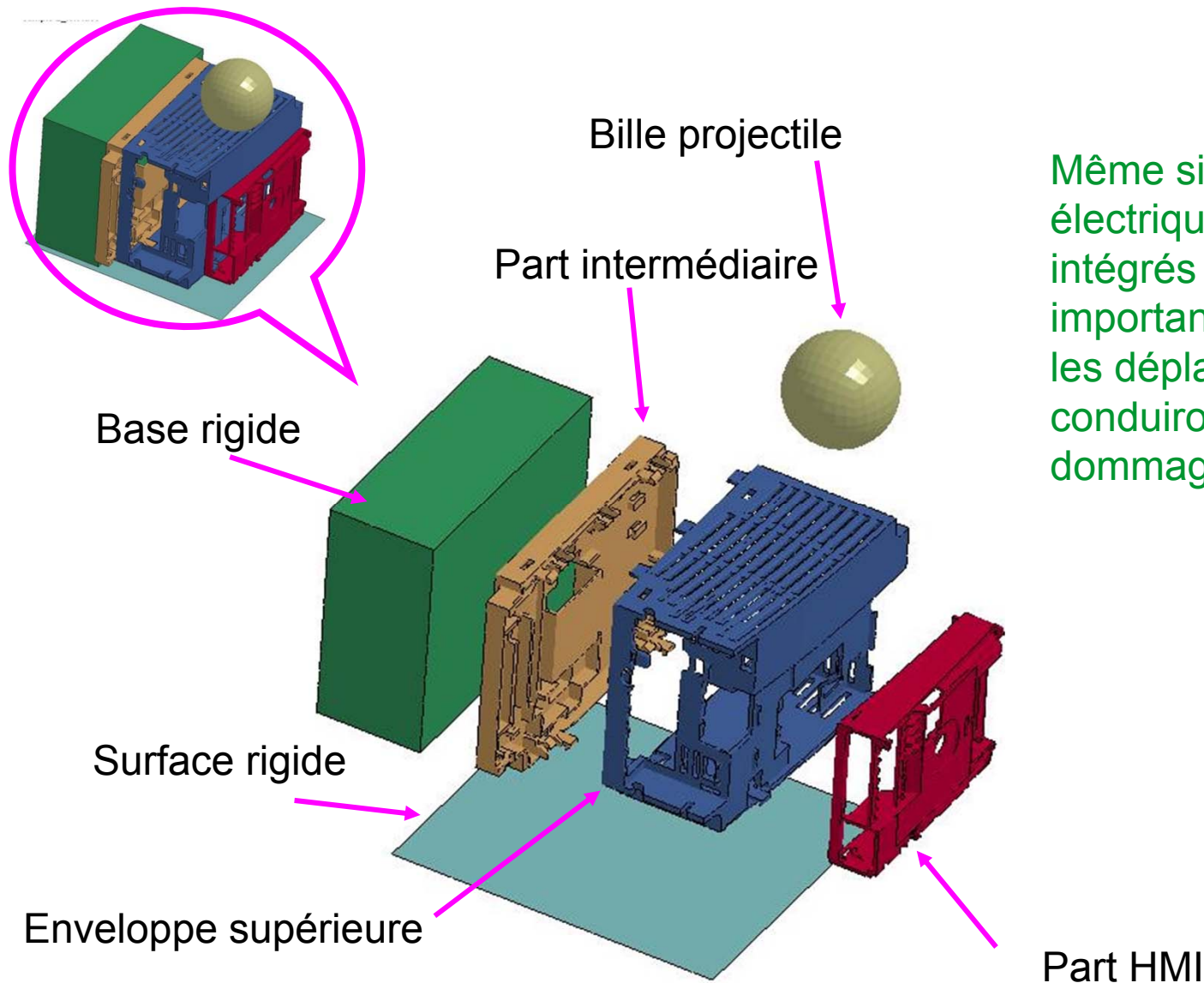
# Comparaison des résultats – Modèle 1



• Bonne corrélation entre le modèle et les essais

• Les courbes Force vs Déplacement entre les essais et la simulation sont très comparables

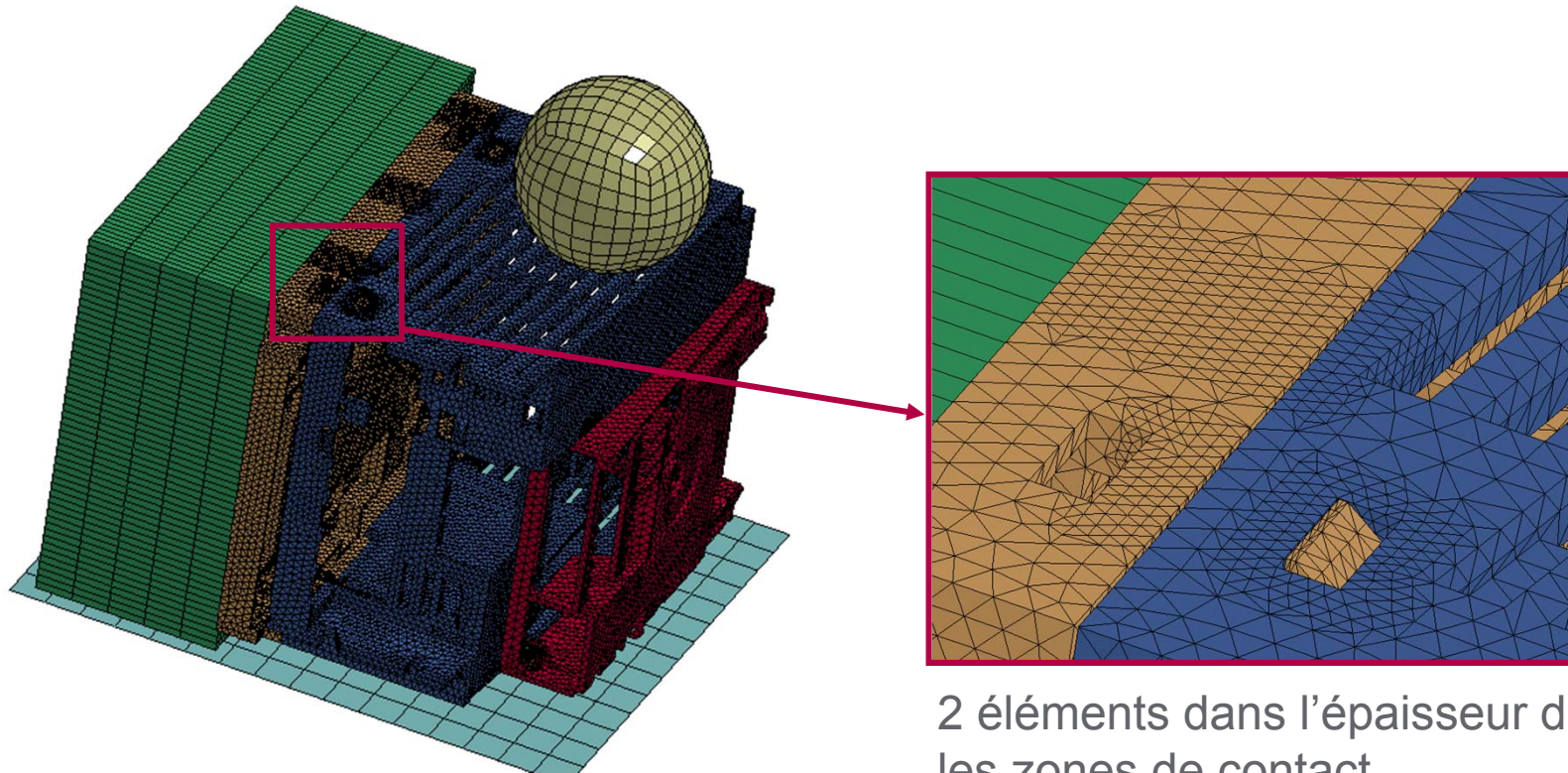
# Définition – Modèle 2



Même si les composants électrique ne sont pas intégrés au modèle, il est important de vérifier que les déplacements ne conduiront pas à des dommages internes.

# Définition – Modèle 2

- complexité géométrique
- délais de réponse de la simulation
  - **tetra element with nodal rotations** utilisées pour la simulation  
Des études internes précédentes ont montré les possibilités de ce type d'éléments pour faciliter le maillage

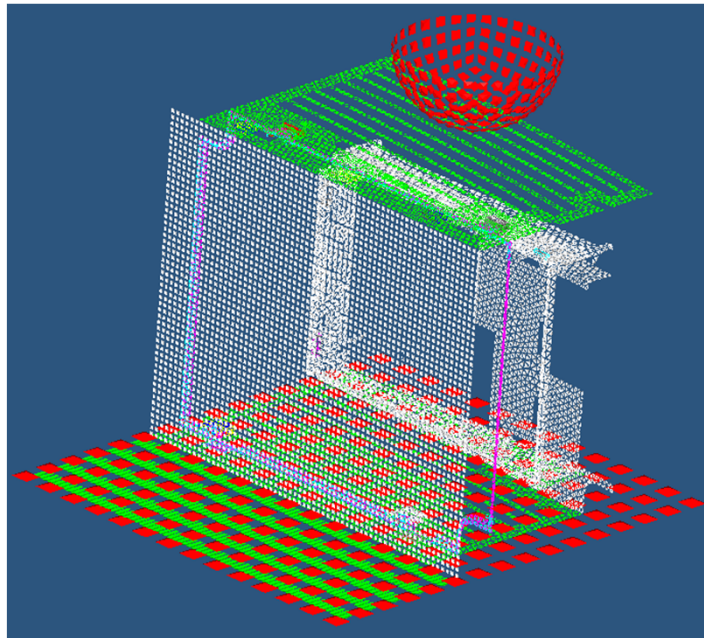


2 éléments dans l'épaisseur dans les zones de contact



# Définition des contacts – Modèle 2

Contact Surface To Surface ID : Méthode de pénalité (Valeur par défaut)



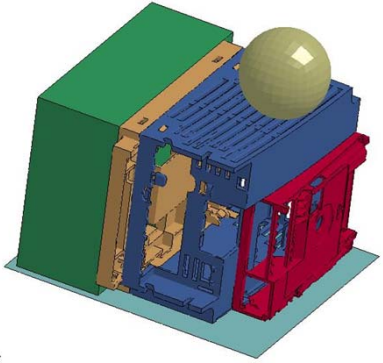

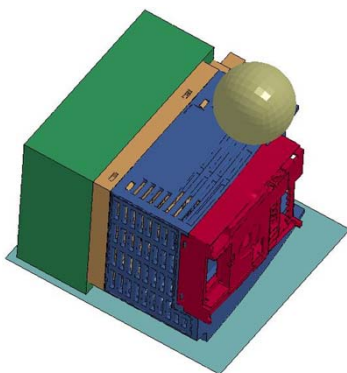

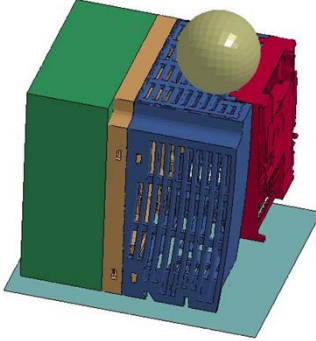

```
*CONTACT_SURFACE_TO_SURFACE_ID
$HMNAME GROUPS 1Surf2Surf_1
$HWCOLOR GROUPS 1 3
1
4 1 0 0 0
0.2 0.2
```

Coefficient de frottement de 0.2

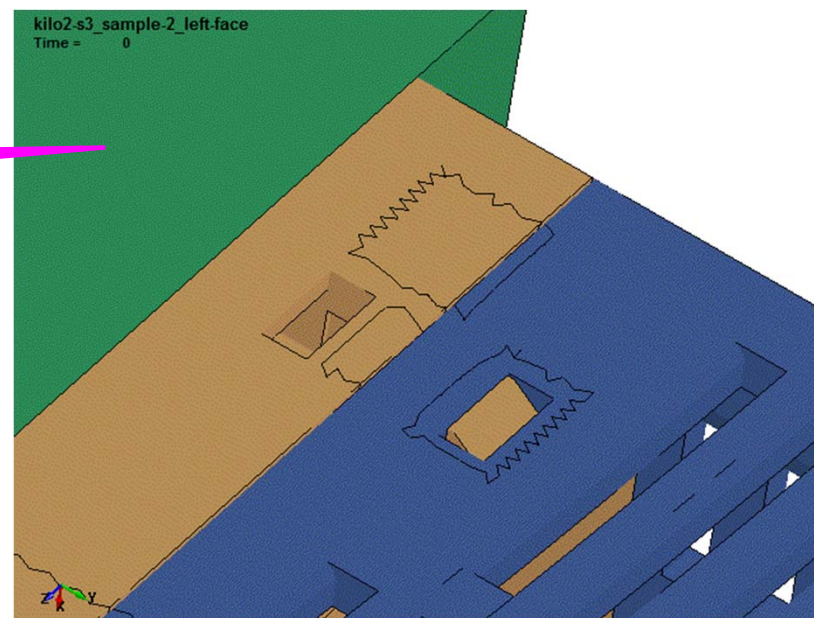
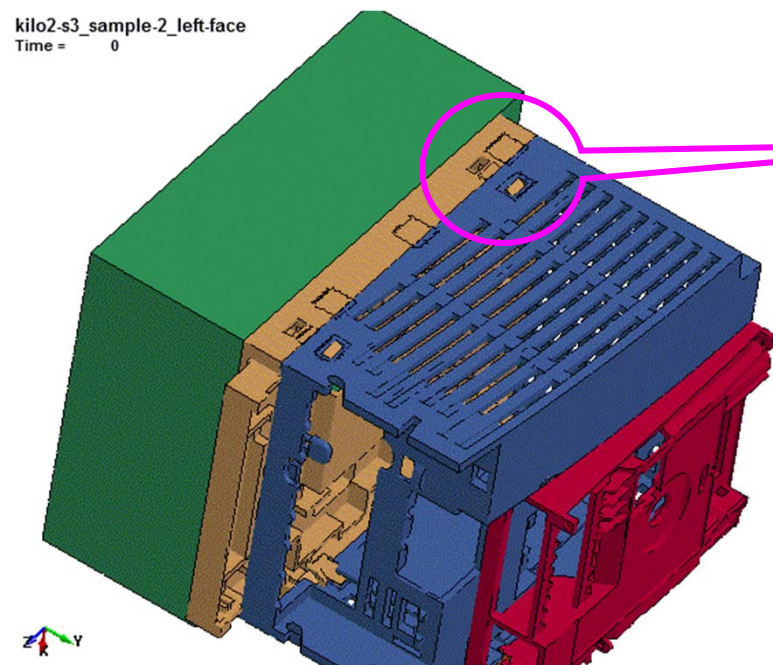
Les autres paramètres de contact  
utilisent les valeurs par défaut de  
LsDyna

# Configuration d'études

Les essais portent sur 1 configurations d'impact sur 3 faces exposées

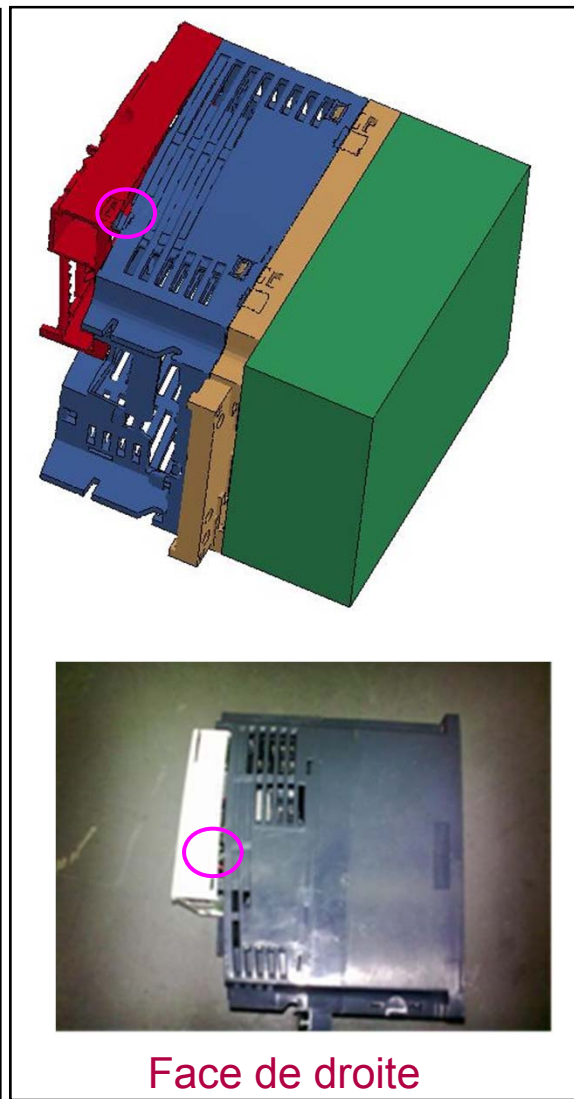
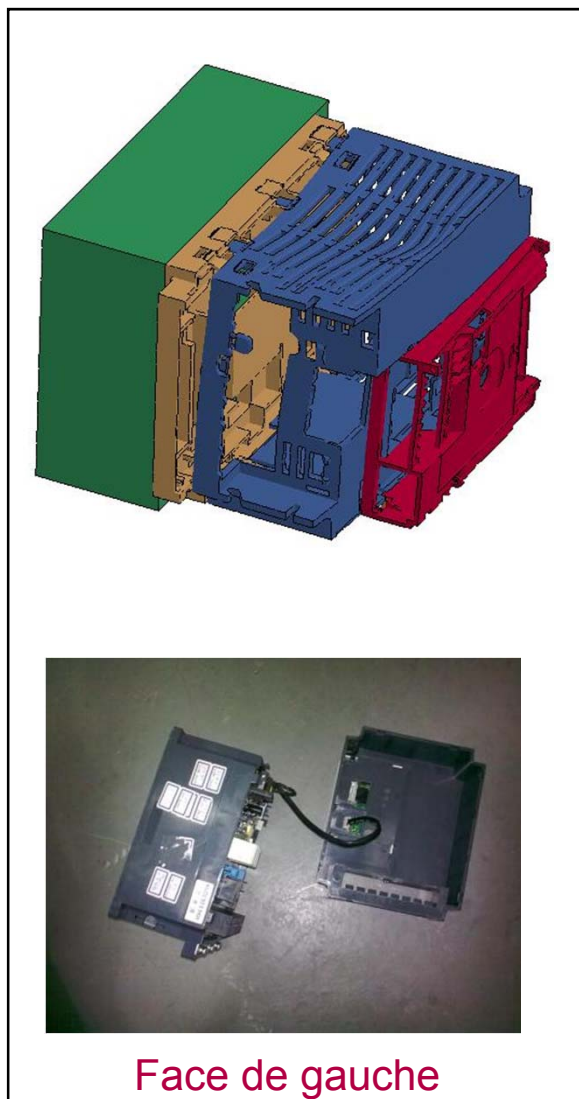
  <p>Test Face de gauche</p>	  <p>Test Face de droite</p>	  <p>Test Face supérieure</p>	<p>Test pour une hauteur de chute de 1,3m</p> <table border="1"><thead><tr><th colspan="3">Impact Details</th></tr><tr><th>Height (mm)</th><th>Velocity (mm/s) just before impact</th><th>Energy (J)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1300</td><td>5050</td><td>6,82</td></tr></tbody></table> <p>↓ Données de simulation ↓ Données de test</p> <p>Les résultats sont comparés qualitativement par rapport à l'ouverture ou non des clips</p>	Impact Details			Height (mm)	Velocity (mm/s) just before impact	Energy (J)	1300	5050	6,82
Impact Details												
Height (mm)	Velocity (mm/s) just before impact	Energy (J)										
1300	5050	6,82										

# Comportement – Modèle 2

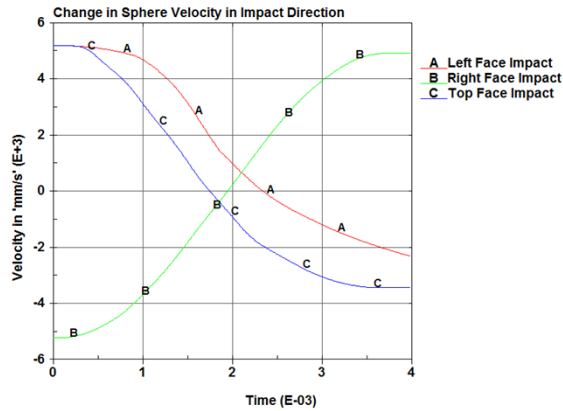




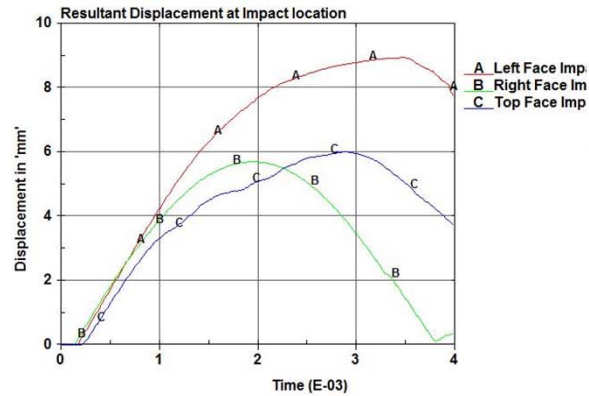
# Comparaison des résultats – Modèle 2



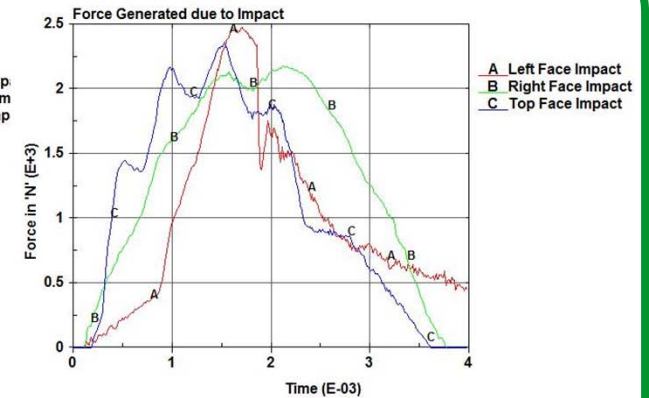
# Résultats comparés – Modèle 2



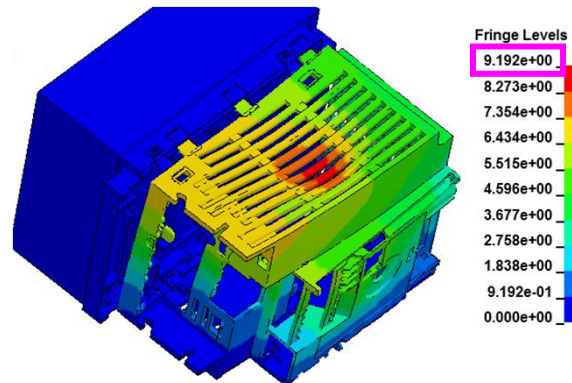
Vitesse de la bille



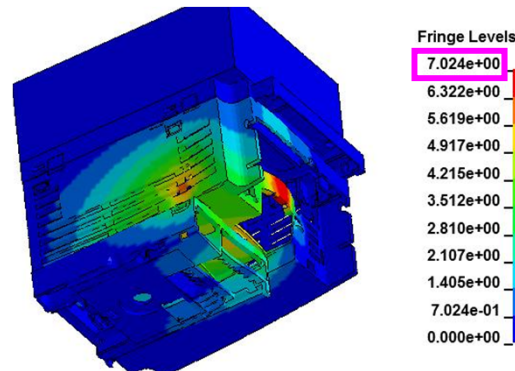
Déplacement sous la bille



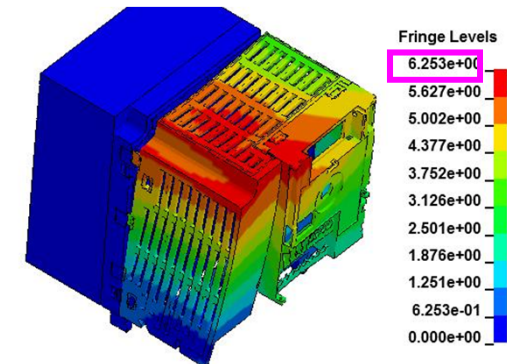
Force de réaction sur la bille



Face de gauche



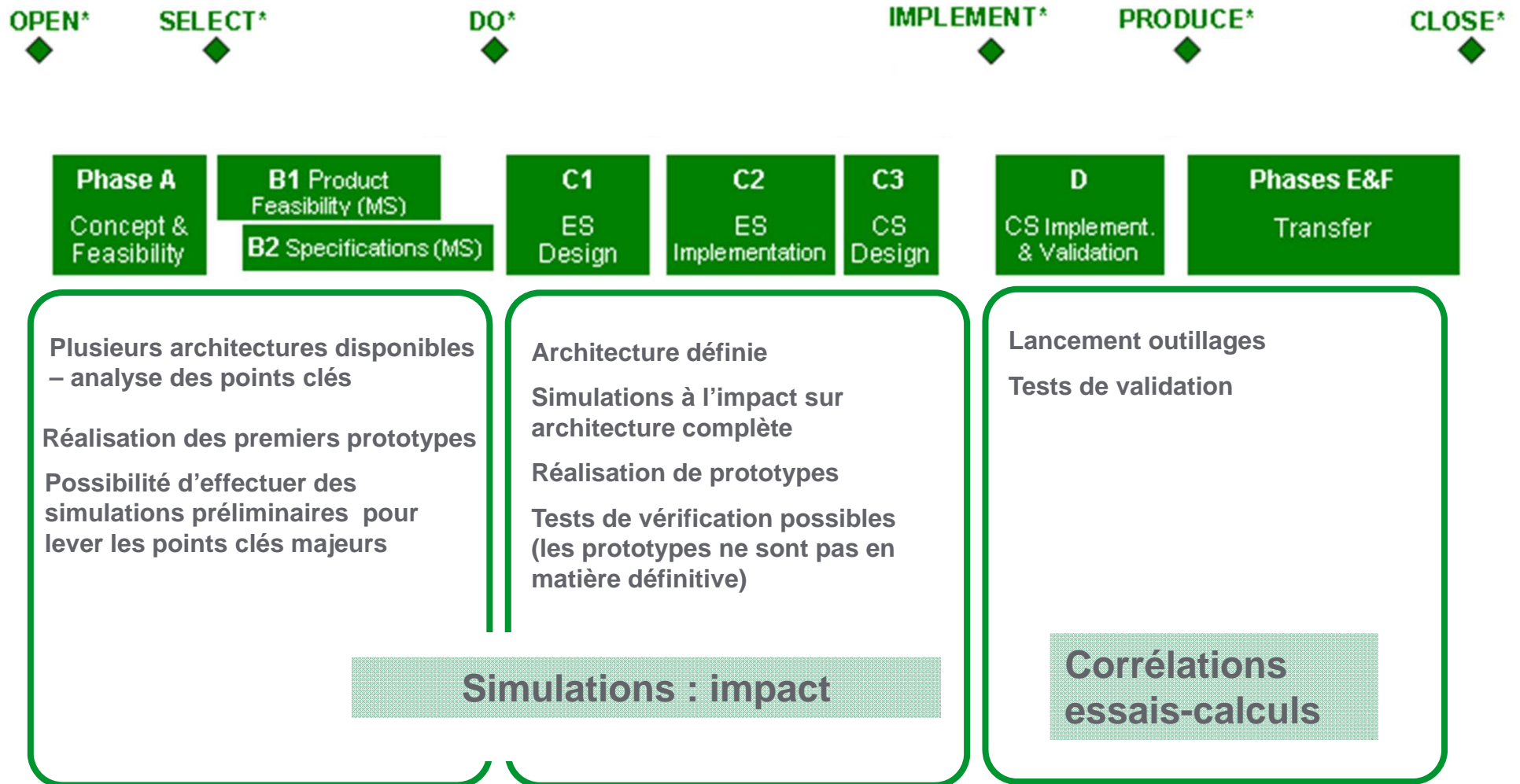
Face de droite



Face supérieure

Déplacement total

# Perspective – Intégration dans le process de développement



# Conclusions

- Les résultats de simulation permettent de prédire le comportement de l'assemblage pendant un essai d'impact au sens de la norme UL746C
- L'étude sur une pièce permet de valider l'approche globale, les efforts et les déplacements issus de la simulation sont représentatifs du comportement
- L'estimation du comportement sur un assemblage complexe est plus délicate, qualitativement le modèle est fidèle à l'essai
- L'approche proposée est mise en place dans le processus de développement des produits

Make the most of  
your energy™

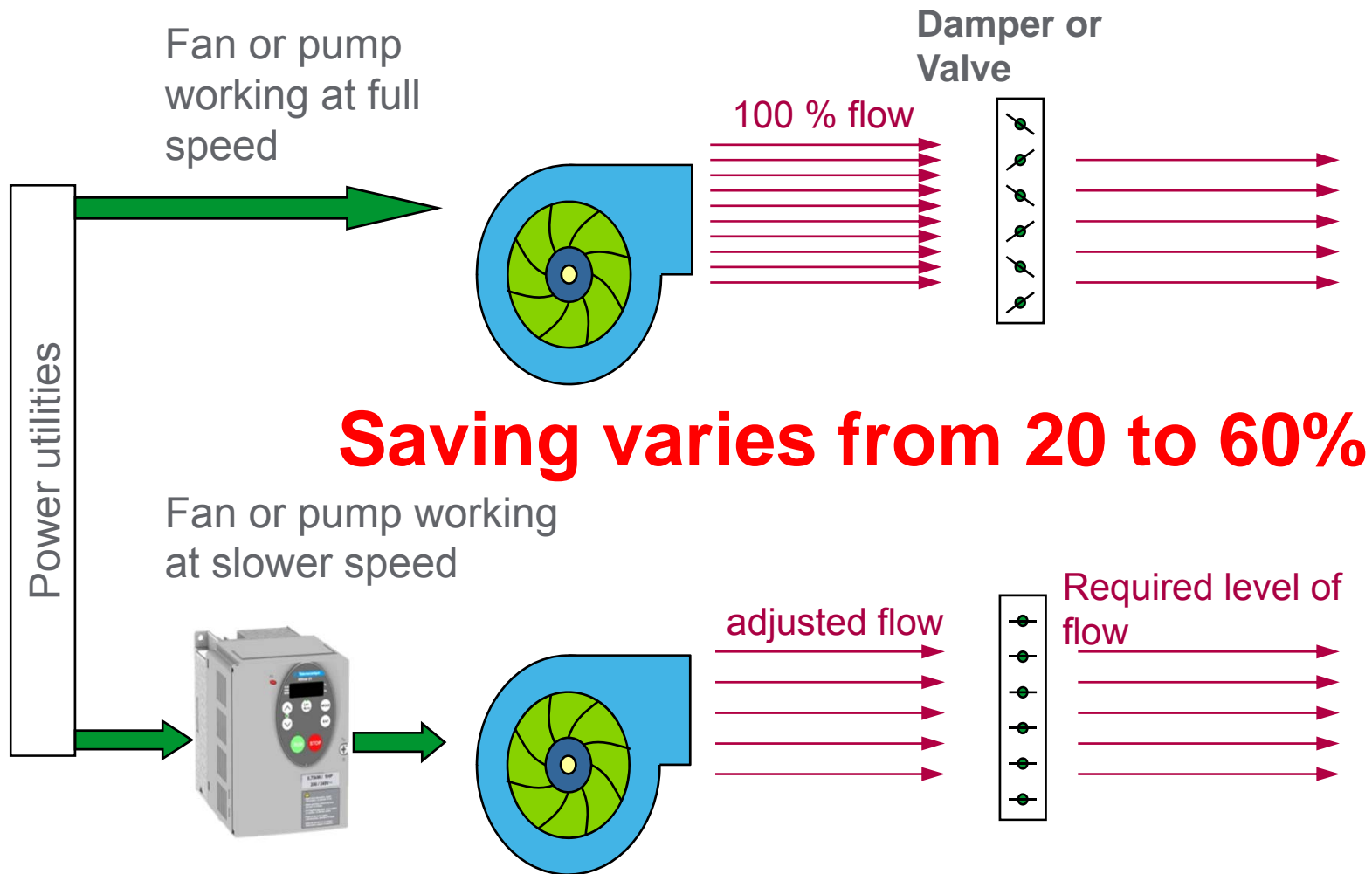


[www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

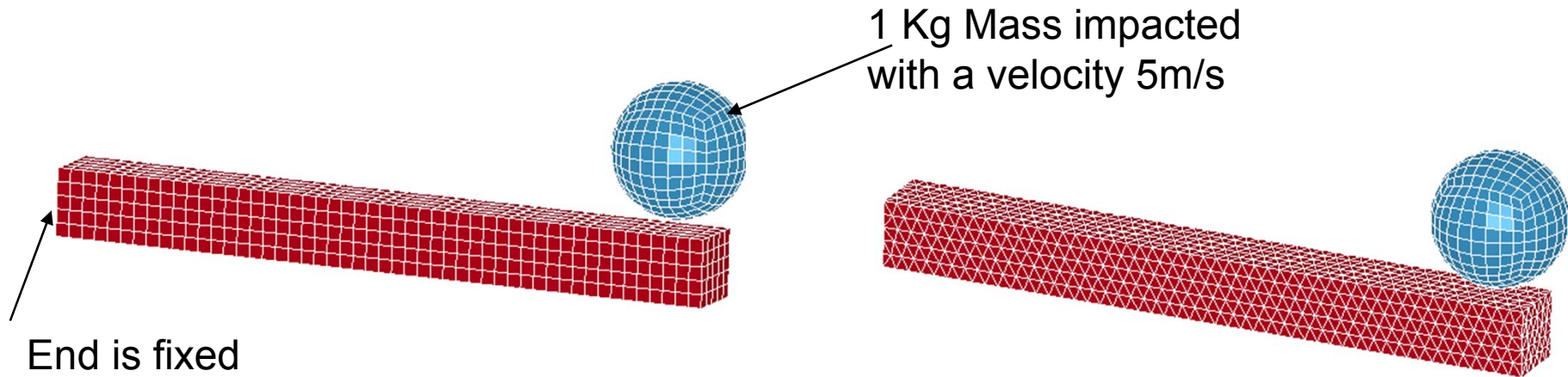
**Schneider**  
Electric



# Energy saving for pump - Example



## Selected problem details:



### Hexa element

### Tetra element

- Following element formulations are used for comparison

EQ.1: constant stress solid element (default),

EQ.2: fully integrated S/R solid.

EQ.4: S/R quadratic tetrahedron element with nodal rotations,

EQ.10: 1 point tetrahedron.

EQ.16: 4 or 5 point 10-noded tetrahedron (See Remark 13)

To change formulation,  
change element  
formulation number in

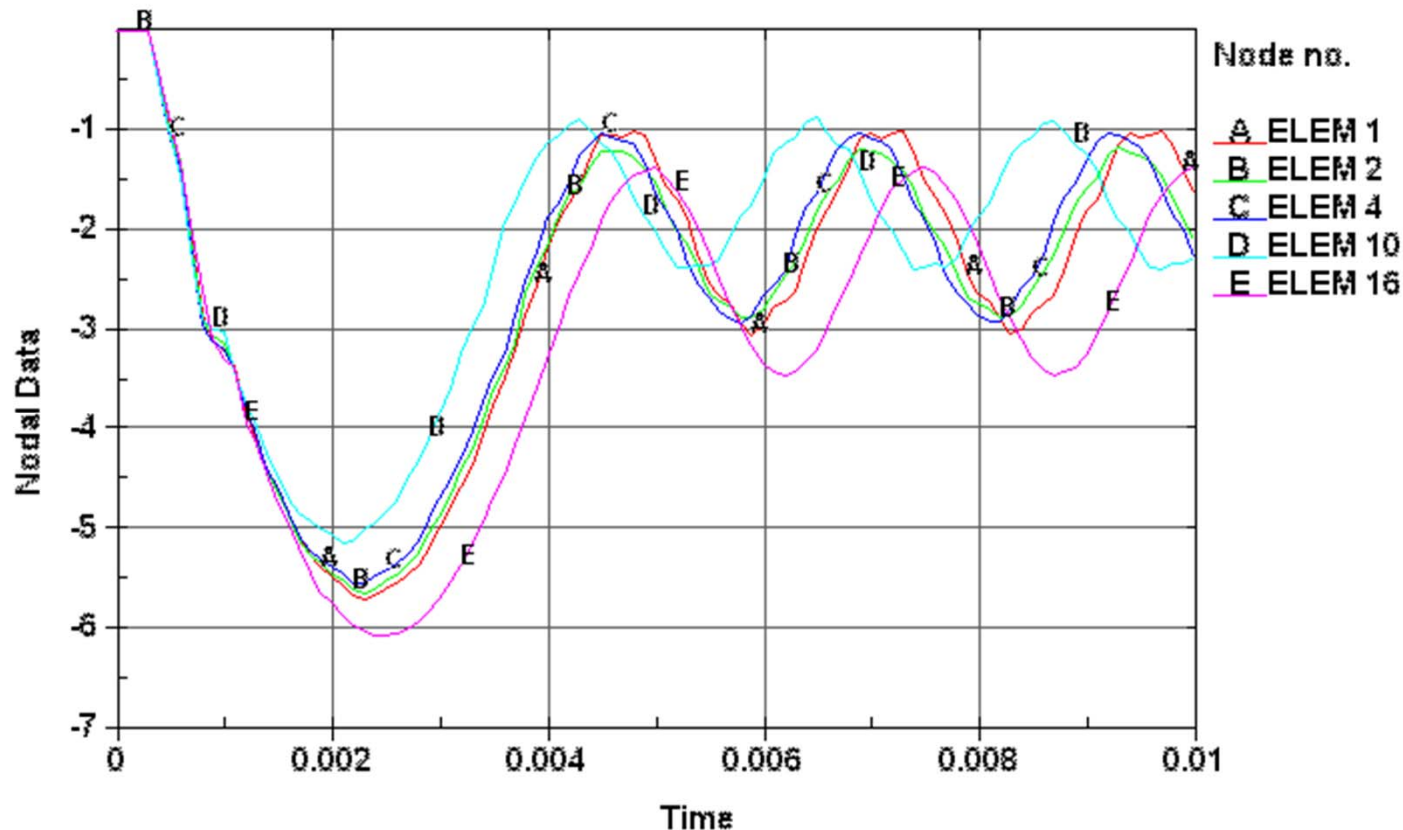
`*SECTION_SOLID_{OPTION}` card

Variable	SECID	ELFORM	AET
Type	A8	I	I

• Whenever using element formulation 4 and 16 we need to use `*control_solid` card to define number of integration points.

• Whenever using element formulation 16 we need to change `*element_solid` card title in to `*element_solid_tet4totet10`.

## Deflection at point 'A'.



Results of formulation 1, 2 and 4 are very close. Formulation 10 is giving little less displacement and formulation 16 is giving little more displacement compared with fully integrated hexa element (Formulation 2)

Schneider Electric - 2011

EQ.1: constant stress solid element (default),

EQ.2: fully integrated S/R solid.

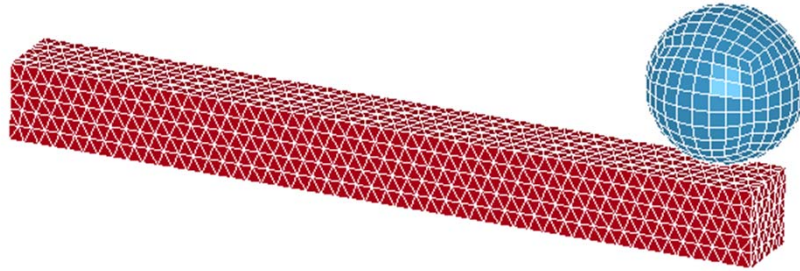
EQ.4: S/R quadratic tetrahedron element with nodal rotations,

EQ.10: 1 point tetrahedron.

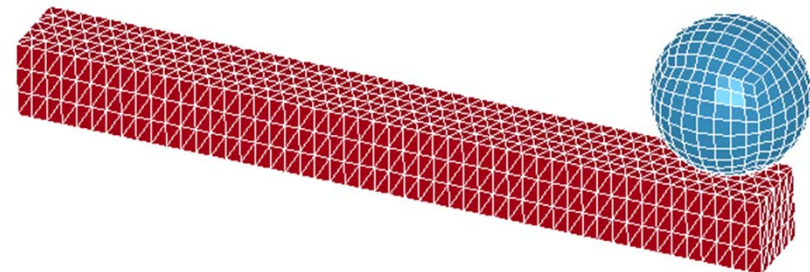
EQ.16: 4 or 5 point 10-noded tetrahedron (See Remark 13)

**problem details:**

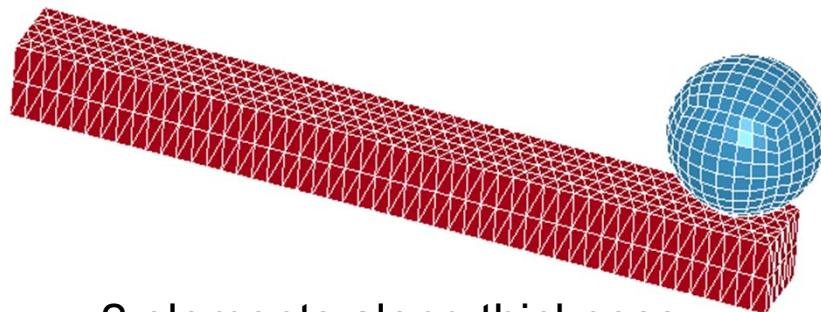
Every parameter is kept same as previous problem, except number of elements changed along thickness. All three problems solved with formulation 4



5 elements along thickness

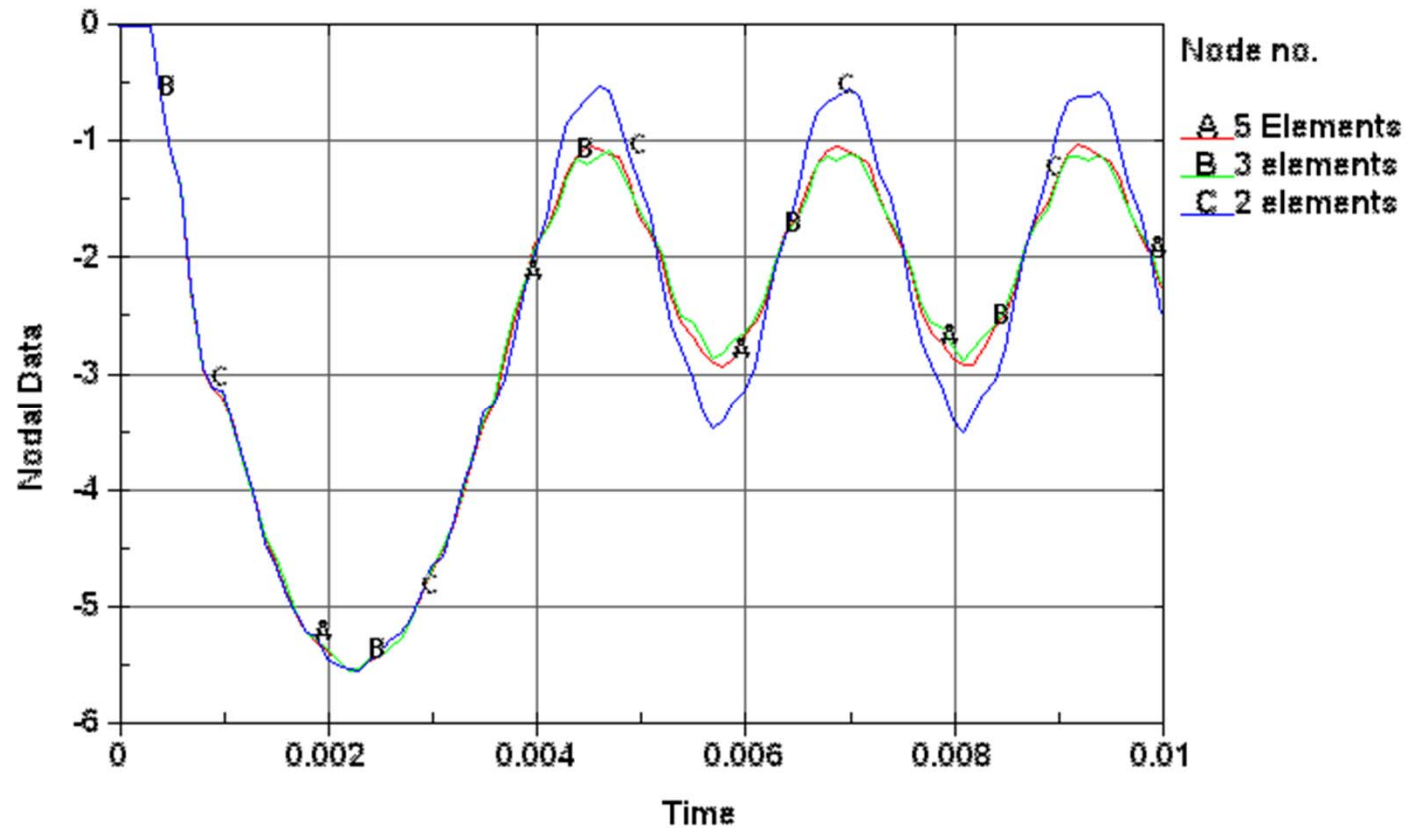


3 elements along thickness



2 elements along thickness

## Deflection at point 'A'.



5 elements and 3 elements results are almost same, 2 elements results from second node onwards displacement value is little more.

# Effective plastic strains

