

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



**DE LA RECHERCHE A L'INDUSTRIE**



## **EUROPLEXUS : calcul de tenue mécanique des structures en cas de choc ou d'explosion (modélisation /simulation)**

| Valérie VANDENBERGHE – Chef du SEMT (Service d'Etudes Mécaniques et Thermiques)

29 novembre 2017 - 11<sup>èmes</sup> RENCONTRES CEA-INDUSTRIE

## ■ **Présentation de la technologie :**

- Description technique
- Propriété intellectuelle
- Niveau de maturité

## ■ **Domaines d'applications**

- Nucléaire
- Hors nucléaire

## ■ **Bénéfices et avantages concurrentiels apportés**

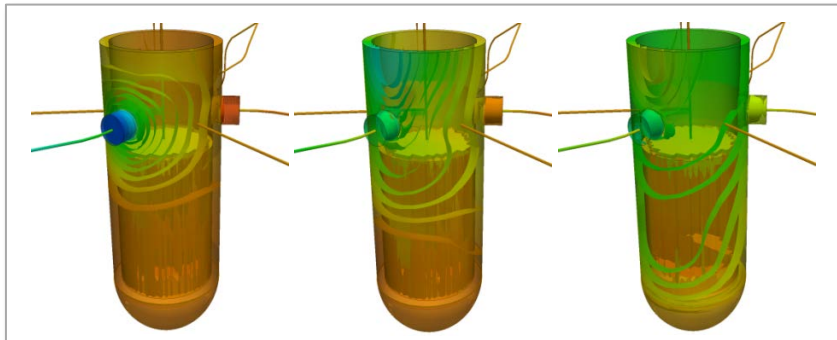
## ■ **Offres de services et de partenariat CEA**

## ■ Description de l'outil Europlexus

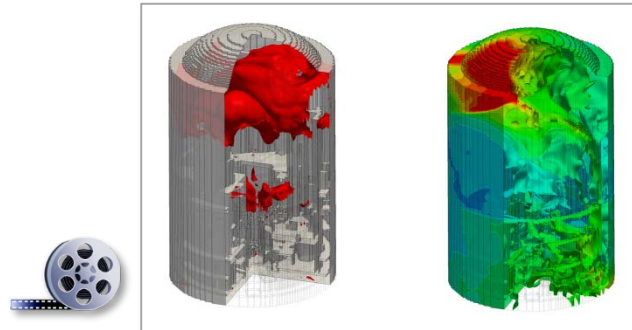
- Europlexus est un logiciel de simulation dédié à l'analyse des phénomènes en transitoires rapides, que ce soit en dynamique des structures ou en interaction fluide-structure.
- L'intégration en temps est basée sur **une méthode explicite**. Le solveur est entièrement non-linéaire du point de vue géométrique (grands déplacements et rotations) et du matériau (bibliothèque de modèles de matériaux allant du verre aux métaux en passant par les polymères, prise en compte des domaines plastiques et des dommages).
- *Interaction fluide/structure de manière interne, sans couplage de code !*

# EXEMPLES D'APPLICATIONS D'EPX

- Phénomènes transitoires dans les réacteurs (modèles couplés, écoulement complexes et/ou réactifs, interaction fluide-structure, HPC)



Accident par perte de réfrigérant primaire dans un REP



Explosion hydrogène dans une enceinte béton armé

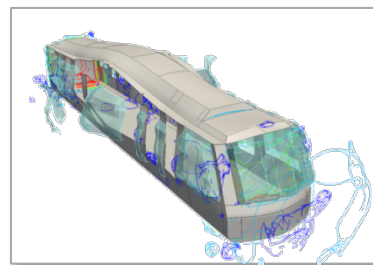
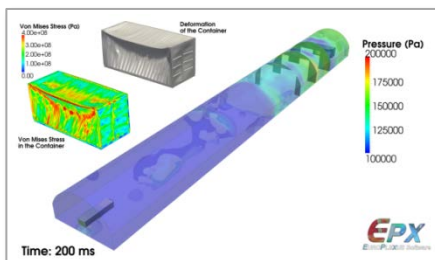


Accident de dimensionnement du confinement dans un RNR-Na

- Sûreté des infrastructures critiques (rupture/fragmentation, interaction fluide-structure, HPC)



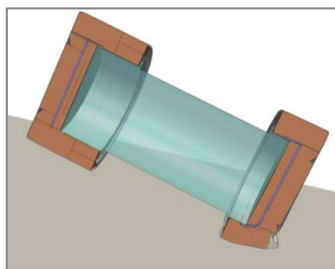
Interaction entre une onde de choc et un container ISO en acier (essais NTNU Norway)



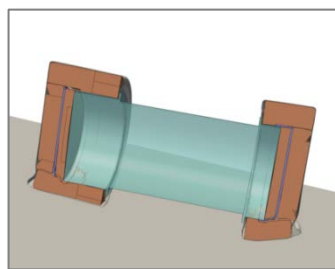
Explosion dans une rame de métro (JRC-ISPRA)



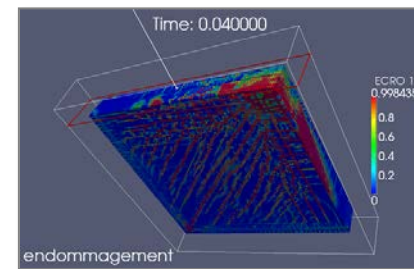
- Impacts et accidents complexes en dynamique des structures (modèles avancés, contraintes cinématiques multiples, HPC)



Chute d'un colis de transport de matières radioactives



Crash d'un projectile cylindrique



Impact sur une dalle en béton armé



# EUROPLEXUS : Un long historique de développement



**PLEXUS** (1977-1999)  
Simulation en dynamique rapide  
pour les situations accidentelles du  
nucléaire civil

**EURDYN** (1973-1988)

Simulation en dynamique rapide pour les  
fluides et les structures

**PLEXIS-3C** (1985-1999)

Structure de données dérivée de PLEXUS  
Intégration des fonctionnalités d'EURDYN  
(fluide-structure en particulier)



Intégration **explicite** en temps  
Phénomènes transitoires rapides (impacts, explosions)  
**Systèmes fortement couplés** (contacts, IFS)  
**Calcul Haute Performance**



~ 1 000 000 lignes de code en Fortran 90 et C  
**10 licences industrielles** en cours  
**Nombreux téléchargements de la version**  
**Education & Recherche**, couverture mondiale.

<http://www-epx.cea.fr/>



**Co-propriété CEA / JRC**

Développement ouvert à un nombre limité de **Partenaires Majeurs** (EDF, ONERA, bientôt SAFRAN)

Distribution par le CEA depuis 2013 : **Version de Production** sous licence,  
**Version Education et Recherche** gratuite pour les académiques

# EUROPLEXUS : Présentation de la technologie (2/2)

## ■ Propriété intellectuelle ( Brevet, dépôts APP, marques, ...)

- Issu de la fusion des codes Plexus, Eurodyn et Plexis-3C, Europlexus est un code d'un million de lignes, copropriété du CEA et de JRC, dont le développement est ouvert à des partenaires majeurs (ONERA, EDF) au sein du consortium Europlexus.
- Le CEA distribue depuis 2013 :
  - Une version de production sous licence
  - Une version éducation et recherche gratuite pour les académiques

## ■ Niveau de maturité TRL de la technologie

- Code mature, qui fait l'objet d'un développement constant au sein du consortium Europlexus, et qui dispose d'une dizaine de licences industrielles actives.
- Ce code permet la réalisation de calculs hautes performances sur des machines dédiées

- **Tous les domaines nécessitant la modélisation d'interaction fluides structures sont de potentiels utilisateurs :**
  - modélisation de scénarii d'accidents (par exemple, explosion dans l'enceinte d'un réacteur, impact de type oiseau entant dans un moteur d'avion, etc.)
  - évaluation de la vulnérabilité de bâtiments ou véhicules à des explosions (explosion dans un wagon de métro, impact sur dalles en béton) -> Sécurité civile.
  - évaluation d'impacts sur les structures des bâtiments -> Bureaux d'études de sociétés d'assurance

# EUROPLEXUS : Bénéfices et avantages concurrentiels apportés

- **Europlexus est un code dédié à la résolution de phénomènes de dynamique rapide :**
  - Le logiciel est à l'état de l'art sur le couplage des interactions fluide structure
  - Il peut traiter aussi bien les impacts, les chocs, les explosions (de type explosion hydrogène), les propagations d'onde et leurs conséquences sur les structures
  - L'interaction fluide/structure est traitée de manière interne, sans couplage de code
- **Contrairement aux logiciels du commerce, il est possible de rajouter des modules rendant ainsi le code évolutif**

- Concession de licences d'utilisation du logiciel
- Concession de licence de distribution et commercialisation du logiciel
- Maintenance du logiciel

## Contacts CEA Saclay :

### ■ **Olivier JAMOND – CEA – Responsable du Produit**

- Tél. : 01 69 08 44 90
- Unité : DEN/DANS/SEMT/DYN
- Centre : Saclay
- Email : [olivier.jamond@cea.fr](mailto:olivier.jamond@cea.fr)

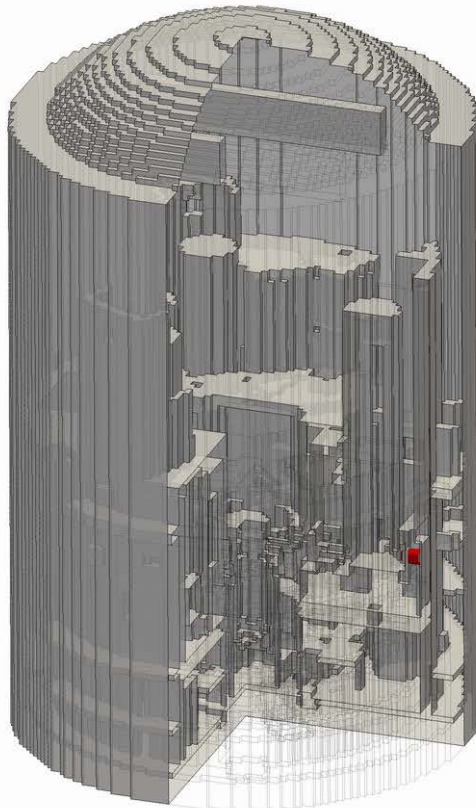
### ■ **Valérie VANDENBERGHE – CEA – Chef de service**

- Tél. : 01 69 08 30 10
- Unité : DEN/DANS/SEMT
- Centre : Saclay
- Email : [valerie.vandenberghe@cea.fr](mailto:valerie.vandenberghe@cea.fr)

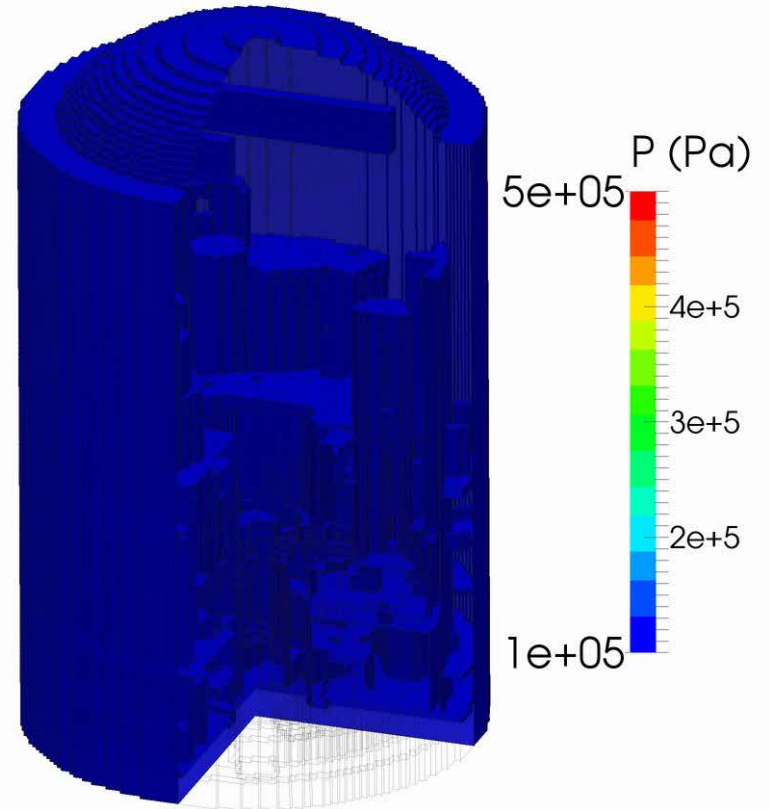
---

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives  
Centre de Cadarache | 13108 Saint-Paul-Les-Durance cedex  
T. +33 (0)4 42 25 70 00 |

Etablissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019

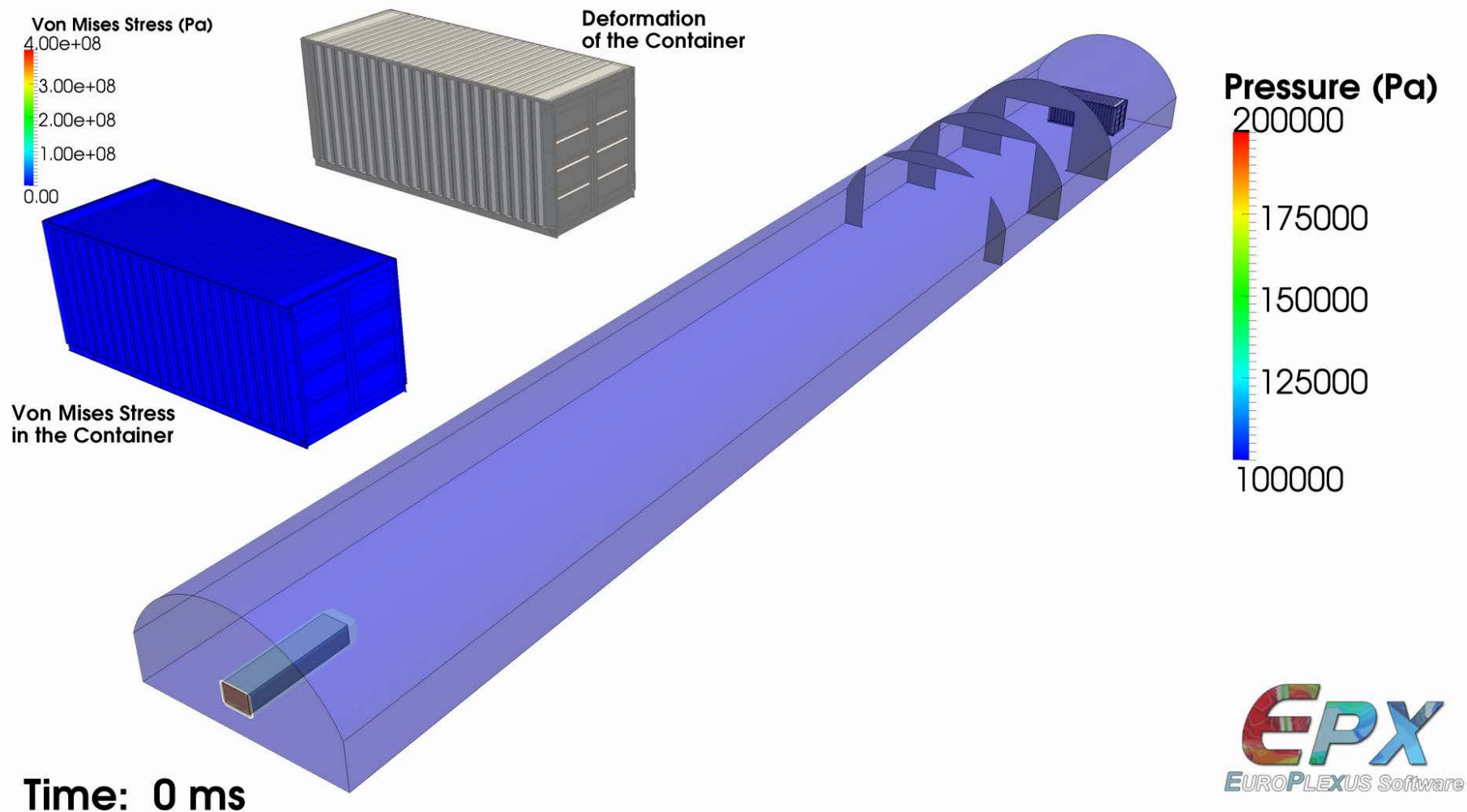


Time: 0 ms





Time: 86.0 ms



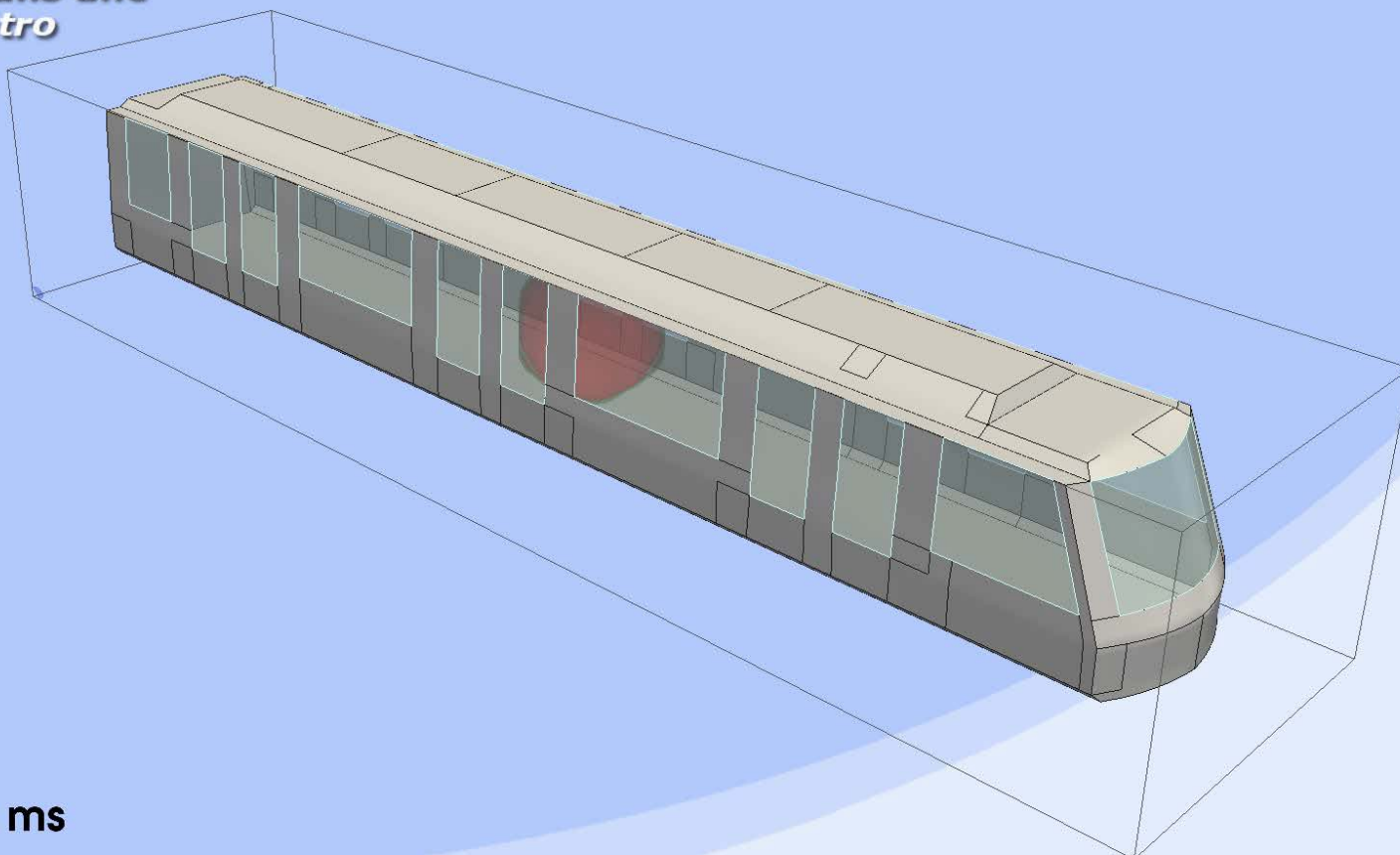
# EXPLOSION DANS UNE RAME DE MÉTRO



**EPX**

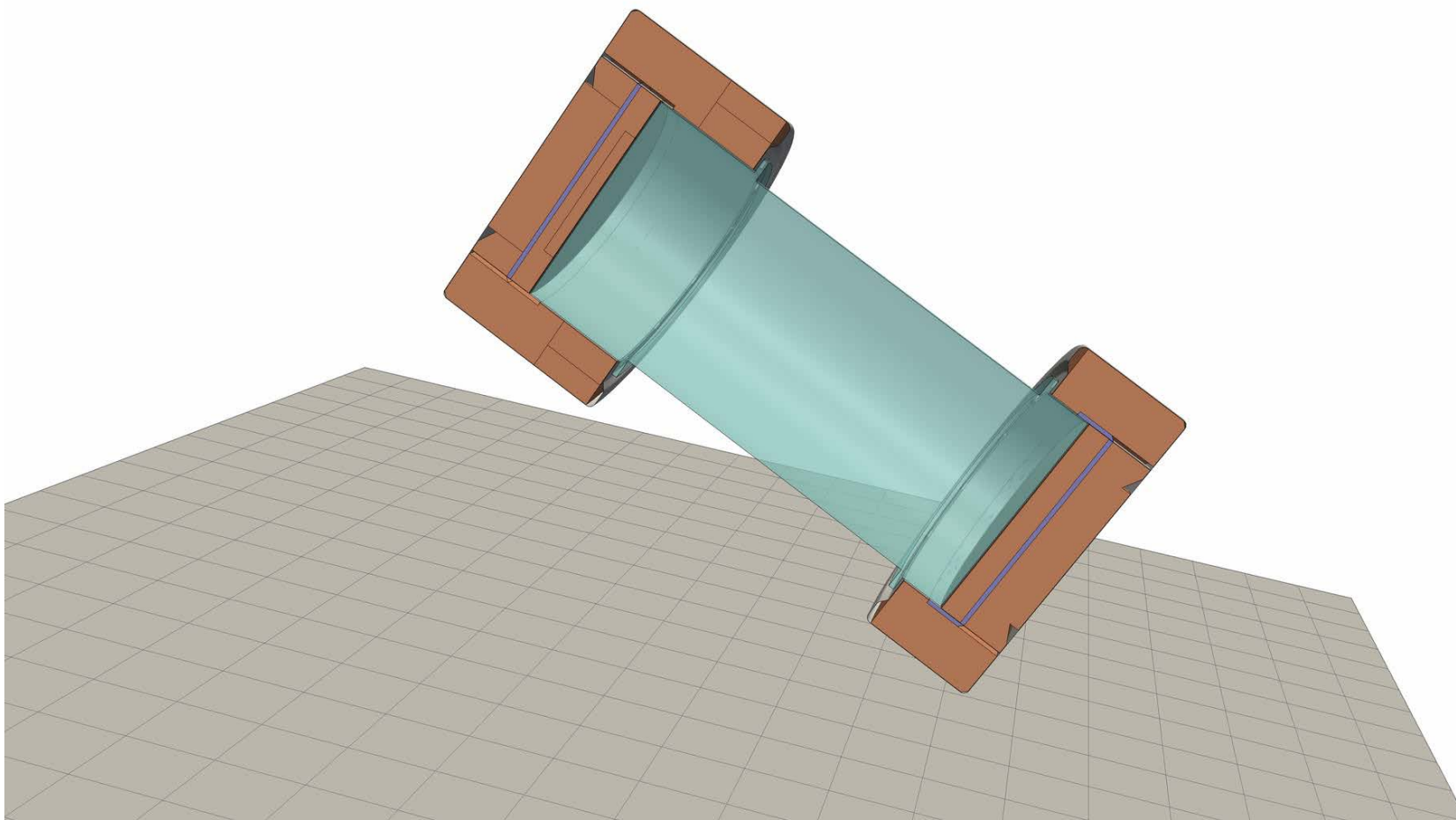
EUROPLEXUS Software

*Explosion dans une  
rame de métro*

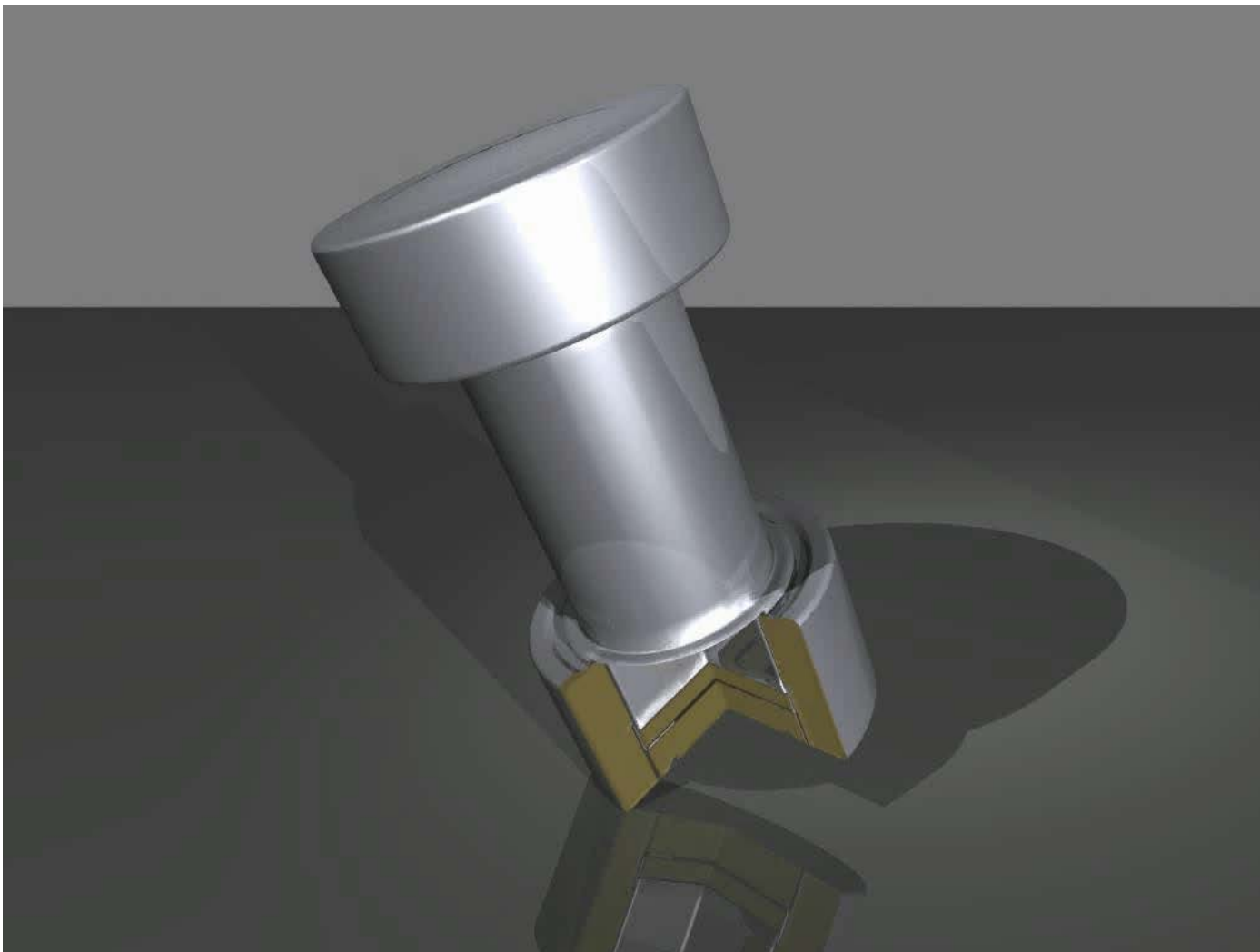


**Temps : 0.0 ms**

# CHUTE D'UN COLIS DE TRANSPORT DE MATIÈRES RADIOACTIVES



# CHUTE D'UN COLIS DE TRANSPORT DE MATIÈRES RADIOACTIVES



# IMPACT D'UN PROJECTILE CYLINDRIQUE SUR UNE DALLE EN BÉTON ARMÉ

