



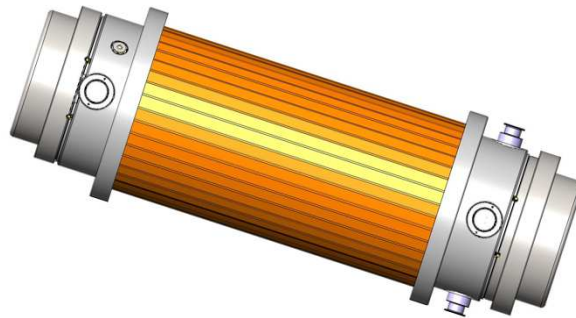
**AREVA**

l'avenir pour énergie

Journées SFRP du 25 et 26 mars 2014

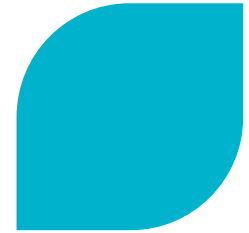
Codes de calcul en radioprotection, radiophysique et  
dosimétrie

***Optimisation des études en radioprotection  
pour le dimensionnement des emballages de  
transport et d'entreposage de matières  
radioactives***

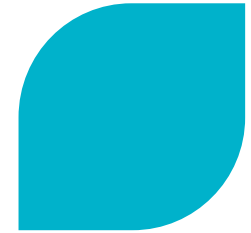


AREVA TN





- ▶ **Contexte**
- ▶ **Présentation d'un emballage de transport**
- ▶ **Modélisation géométrique fine avec le code TRIPOLI 4.7**
- ▶ **Outil de visualisation 3D**
- ▶ **Conclusion**



- ▶ **AREVA TN** : transport et entreposage des matières radioactives
  
- ▶ **Moyens de prévention au cours des transports**
  - ◆ Maîtrise des risques par l'organisation des transports
  - ◆ Systèmes passifs de l'emballage
  
- ▶ **Réglementation transport (AIEA) spécifique**
  - ◆ Critères de sous-criticité
  - ◆ Critères sur la température
  - ◆ Critères sur la tenue mécanique
  - ◆ Limites des doses efficaces autour de l'emballage



## ▶ Rôle déterminant des études de radioprotection

- ◆ Dimensionnement des emballages
- ◆ Optimisation des chargements
- ◆ Prédiction des doses opérationnelles

## ▶ Schéma de calcul



- ◆ ORIGEN-ARP 6 : évaluation **des termes sources** à partir du module de calcul TRITON du système SCALE 6 avec en particulier le code d'évolution ORIGEN-S



- ◆ TRIPOLI 4.7 : code Monte Carlo simulant le **transport des particules** en 3D utilisant la bibliothèque CEA V5 (JEFF3 et ENDF/B-VII)



## ► Qualification du schéma de calcul

- ◆ Indépendamment : qualifications d'ORIGEN-ARP 6 et de TRIPOLI 4.7 à partir de **benchmarks internationaux**
- ◆ Globalement : qualification du schéma de calcul à **partir de mesures réalisées par AREVA TN autour des emballages** (benchmarks Calculs / Mesures)

Exemple : synthèse du benchmark Calculs / Mesures pour un emballage chargé de combustibles usés :



	$\frac{DDE_{calculé} - DDE_{mesuré}}{DDE_{mesuré}}$
TOTAL	Entre 10 et 40%

AREVA TN

# Plan



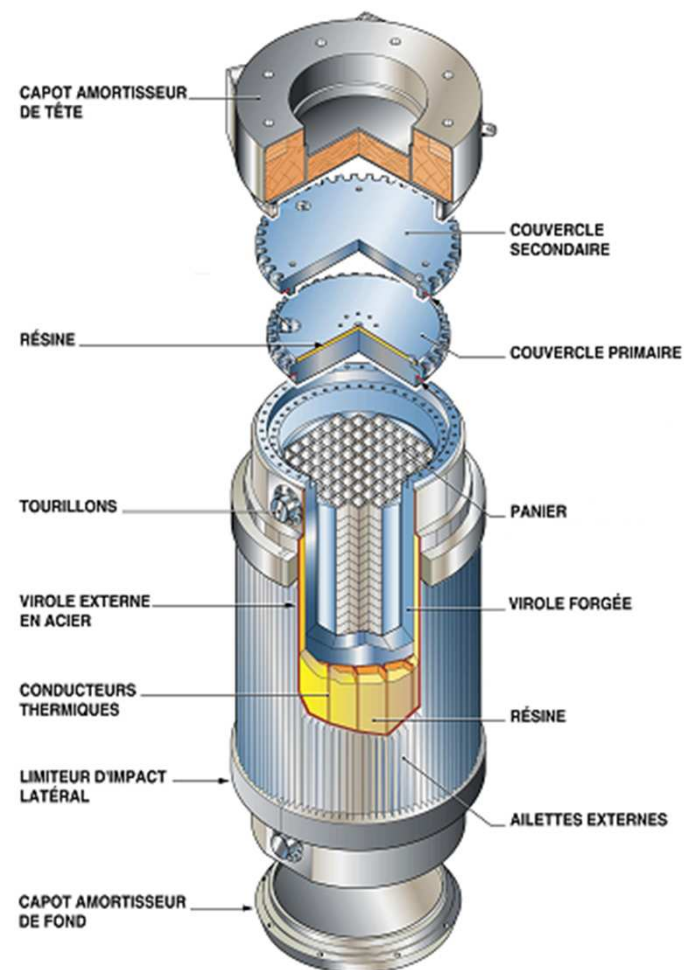
- ▶ Contexte
- ▶ **Présentation d'un emballage de transport**
- ▶ Modélisation géométrique fine avec le code TRIPOLI 4.7
- ▶ Outil de visualisation 3D
- ▶ Conclusion

# Présentation d'un emballage de transport



## ► Principaux composants

- ◆ Aménagement interne (panier)
- ◆ Enceinte de confinement fermée par des couvercles
- ◆ Blocs de matériaux neutrophages (résine)
- ◆ Conducteurs ou ailettes en cuivre
- ◆ Tourillons en acier
- ◆ Capots amortisseurs (pour le transport)



AREVA TN

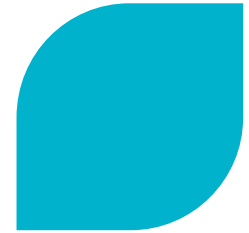
Optimisation des études en radioprotection pour le dimensionnement des emballages

C.Nicoletti – 25 mars 2014 - p.8

  
**AREVA**  
l'avenir pour énergie



# Plan



- ▶ Contexte
- ▶ Présentation d'un emballage de transport
- ▶ **Modélisation géométrique fine avec le code TRIPOLI 4.7**
- ▶ Outil de visualisation 3D
- ▶ Conclusion

# Modélisation géométrique fine avec le code TRIPOLI 4.7



## ► Région tourillon

- ◆ Zone très fréquentée lors des phases de manutention
- ◆ Zone soumise à de fortes sollicitations mécaniques
- ◆ Zone très hétérogène en termes de blindage



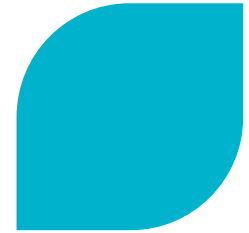
AREVA TN

Optimisation des études en radioprotection pour le dimensionnement des emballages

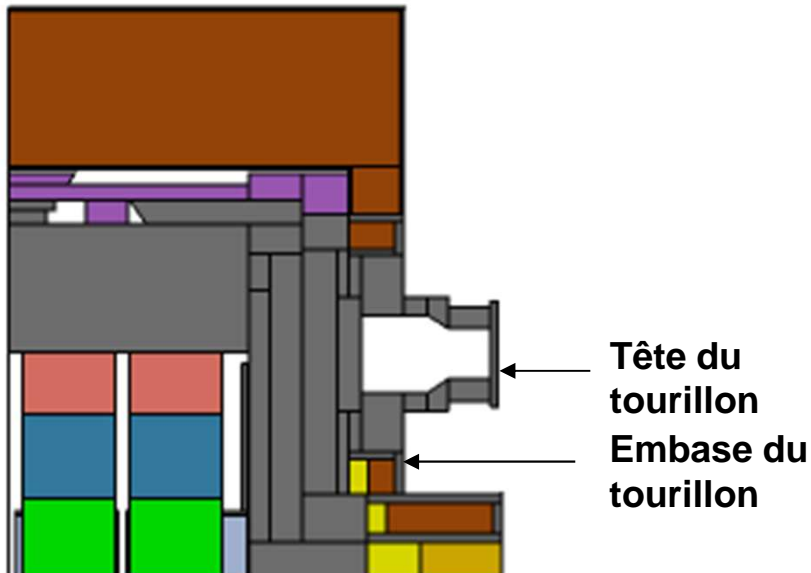
C.Nicoletti – 25 mars 2014 - p.10

  
**AREVA**  
l'avenir pour énergie

# Modélisation géométrique fine avec le code TRIPOLI 4.7



## ► Région tourillon :

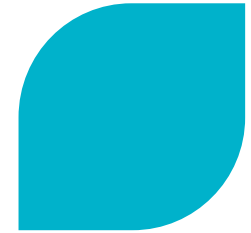


		DDE au contact d'un emballage chargé d'un contenu enveloppe (mSv/h)		
		Neutron	Gamma	TOTAL
Radial mi-hauteur		0,13	0,07	0,20
Tourillon	Tête	0,41	0,05	0,46
	Embase	1,75	0,24	1,98

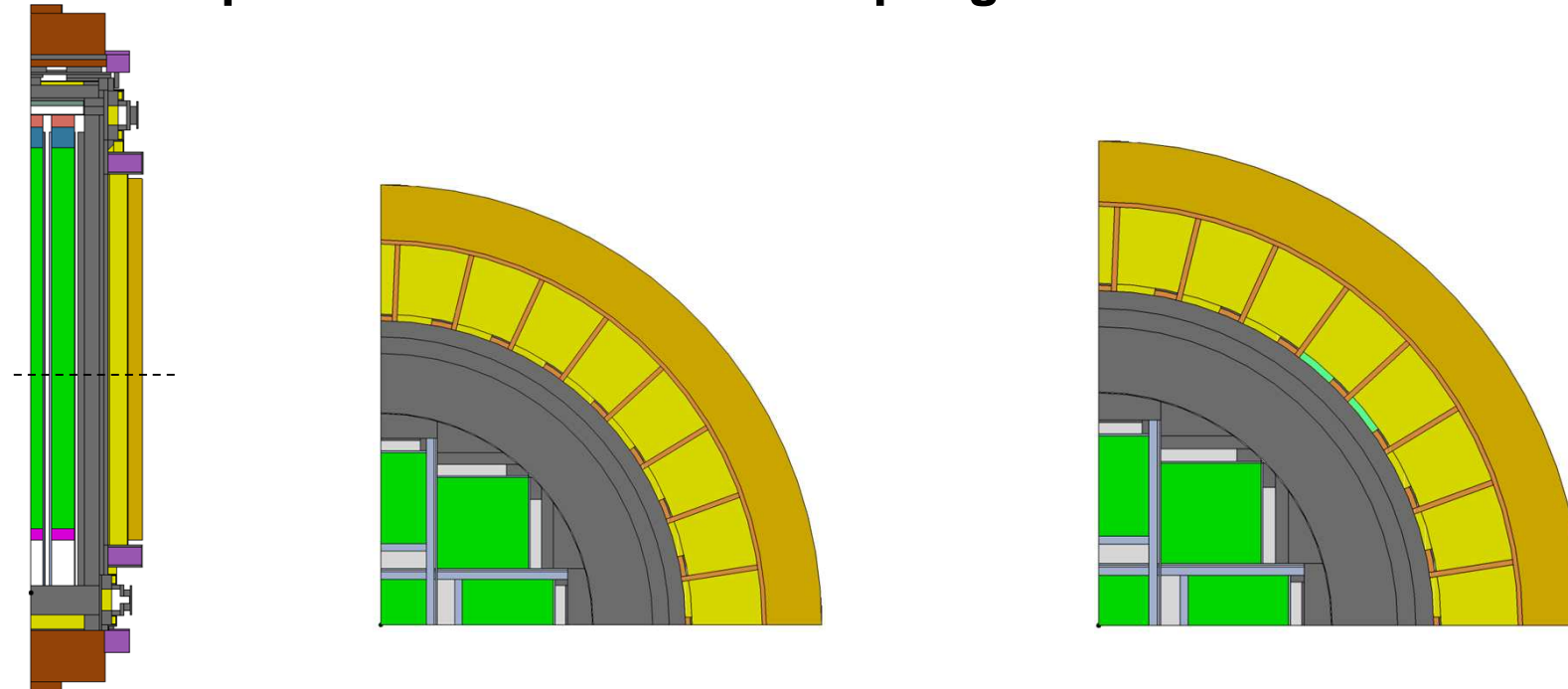
- ◆ Forte variation du DDE
- ◆ DDE parfois maximal

» Nécessité d'une modélisation précise au niveau des tourillons

# Modélisation géométrique fine avec le code TRIPOLI 4.7



- ▶ Zone radiale : prise en compte de la virole, des conducteurs thermiques et de la résine neutrophage



» Estimation des DDE à partir d'études de sensibilité

AREVA TN

Optimisation des études en radioprotection pour le dimensionnement des emballages

C.Nicoletti – 25 mars 2014 - p.12

  
**AREVA**  
l'avenir pour énergie

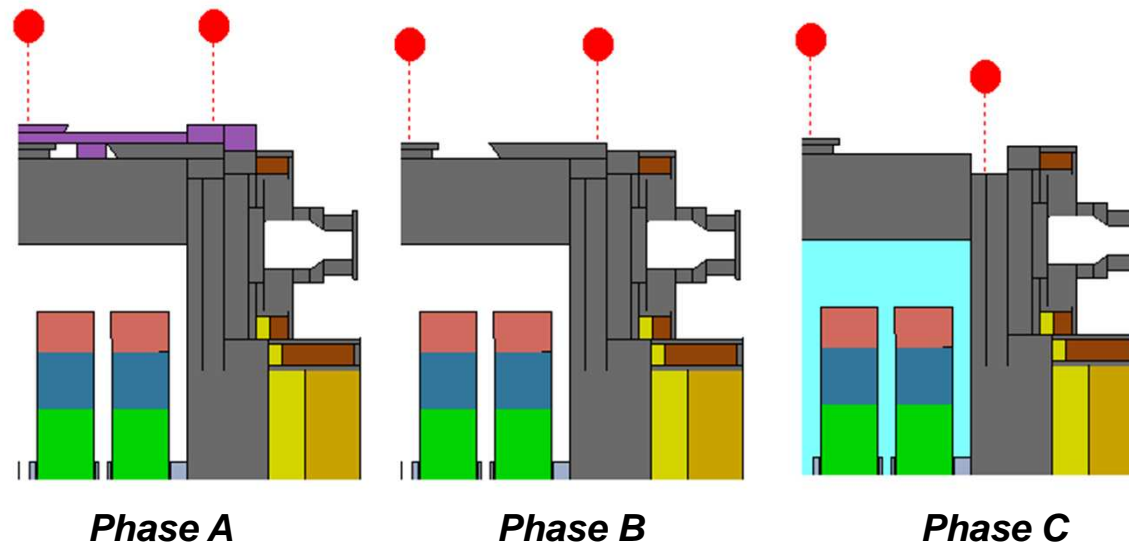
# Modélisation géométrique fine avec le code TRIPOLI 4.7



## ► DDE en phases d'exploitation

- ◆ Simulation des conditions exactes de manutention
- ◆ Estimation des DDE de façon ponctuelle afin de prévoir la dose reçue par les opérateurs

Exemple : Estimation des DDE à 50 cm d'un emballage chargé de combustibles usés lors de 3 phases d'exploitation

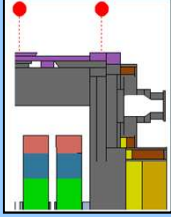
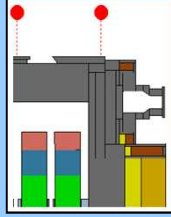
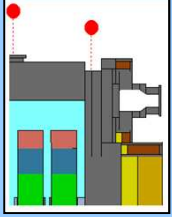


AREVA TN

# Modélisation géométrique fine avec le code TRIPOLI 4.7



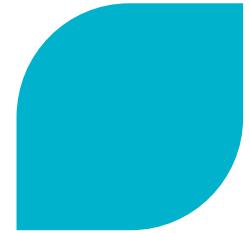
## ► DDE en phases d'exploitation (suite)

Emplacement des points de calcul	DDE <sub>TOTAL</sub> à 50 cm d'un emballage chargé de combustibles usés (mSv/h)		
	Phase A 	Phase B 	Phase C 
Centre du couvercle	0,32	0,57	0,02
Vis du couvercle	0,14	0,26	0,03

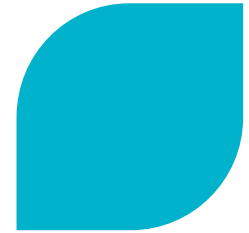
» Optimisation de la dose reçue par les opérateurs en accord avec le principe ALARA

AREVA TN

# Plan



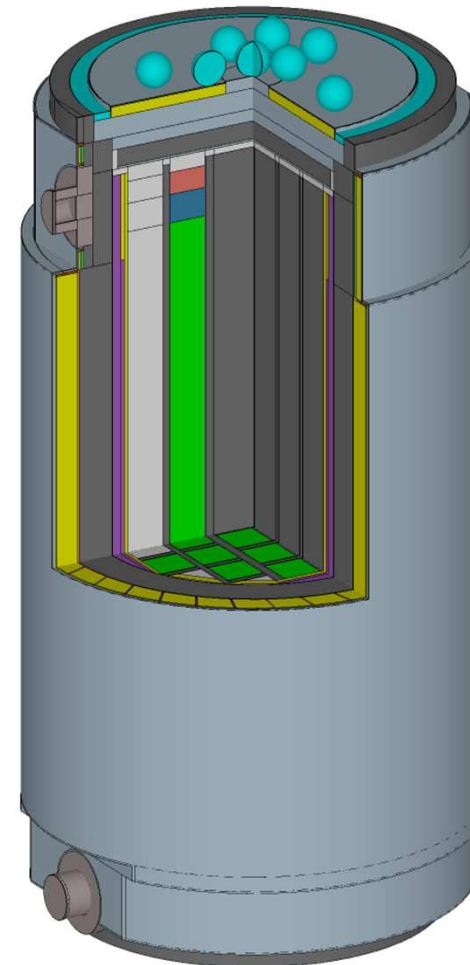
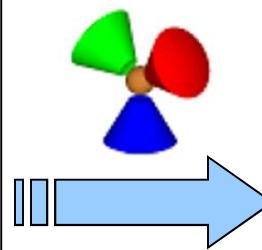
- ▶ Contexte
- ▶ Présentation d'un emballage de transport
- ▶ Modélisation géométrique fine avec le code TRIPOLI 4.7
- ▶ **Outil de visualisation 3D**
- ▶ Conclusion



# Outil de visualisation 3D

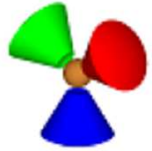
## ► Utilisation d'un outil de visualisation 3D : TRIAD

```
// ***** //  
// ***** SURFACES ***** //  
// ***** //  
  
// Virole  
SURF 4 CYLZ 0. 0. 85. // Virole en acier  
SURF 80 CYLE 0. 0. 96 // Jeu résine/cuivre  
SURF 7 PLANZ -45.0 // Fond en acier  
SURF 40 CYLZ 0. 0. 48 // Modif virole en acier  
SURF 163 CYLE 0. 0. 56.25 //  
SURF 164 CONEZ 0. 0. 212.1 45. //  
SURF 166 CYLZ 0. 0. 78 //  
SURF 167 CYLE 0. 0. 98 //  
SURF 169 PLANZ 385.0 // Modif pour tourillon haut  
SURF 172 PLANZ 78.5 // Modif pour tourillon haut  
SURF 173 CYLE 0. 0. 96.5 // Modif pour tourillon bas  
SURF 178 PLANZ 2.0 // Modif pour tourillon bas  
  
// ***** //  
// ***** VOLUMES ***** //  
// ***** //  
  
VOLU 1 EQUA PLUS 4 1 2 8 166 MOINS 2 210 173 FINV // Rainure virole  
  
VOLU 204 EQUA PLUS 4 1 2 167 31 MOINS 2 4 172 FINV // modif virole  
VOLU 205 EQUA PLUS 4 1001 1002 167 172 MOINS 3 169 807 4 FINV //  
VOLU 207 EQUA PLUS 4 301 2 173 16 MOINS 3 4 178 907 FINV //  
VOLU 209 EQUA PLUS 4 1 2 173 178 MOINS 2 167 9 FINV //  
VOLU 2040 EQUA PLUS 4 1 2 167 25 MOINS 2 40 31 FINV // modif virole  
VOLU 2041 EQUA PLUS 4 1 2 167 178 MOINS 2 4 25 FINV // modif virole
```

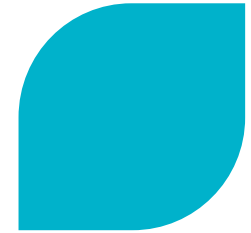


AREVA TN





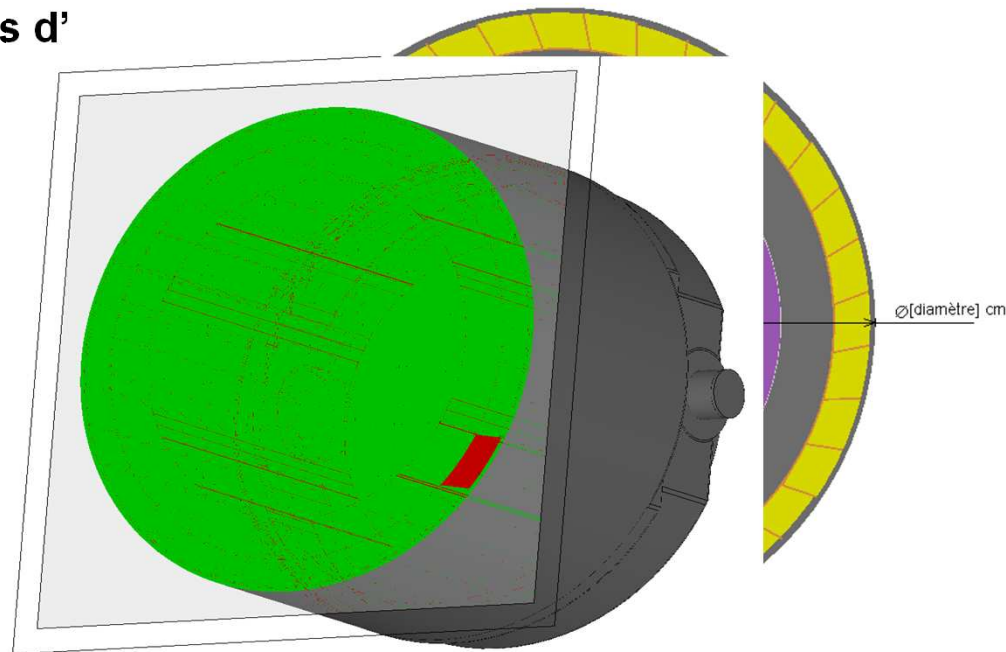
# Outil de visualisation 3D



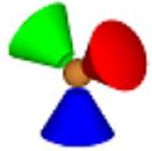
## ► TRIAD permet :

- ◆ La visualisation et l'animation en 3D du modèle géométrique
- ◆ L'apparition ou disparition de volumes
- ◆ La réalisation de coupes
- ◆ L'affichage des cotes
- ◆ La réalisation de tests d'

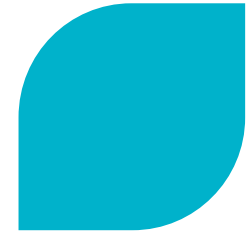
	Virole
	Inox
	Cuivre
	Resine
	Inox_tour
	Air_ext
	Detect
	Plomb
	Balsa
	Alu_panier
	Inox_panier
	MMC
	Inox_H_A
	Inox_H_B
	Pied
	Fissile
	Plenum
	Tete
	Air_panier
	Amortisseur



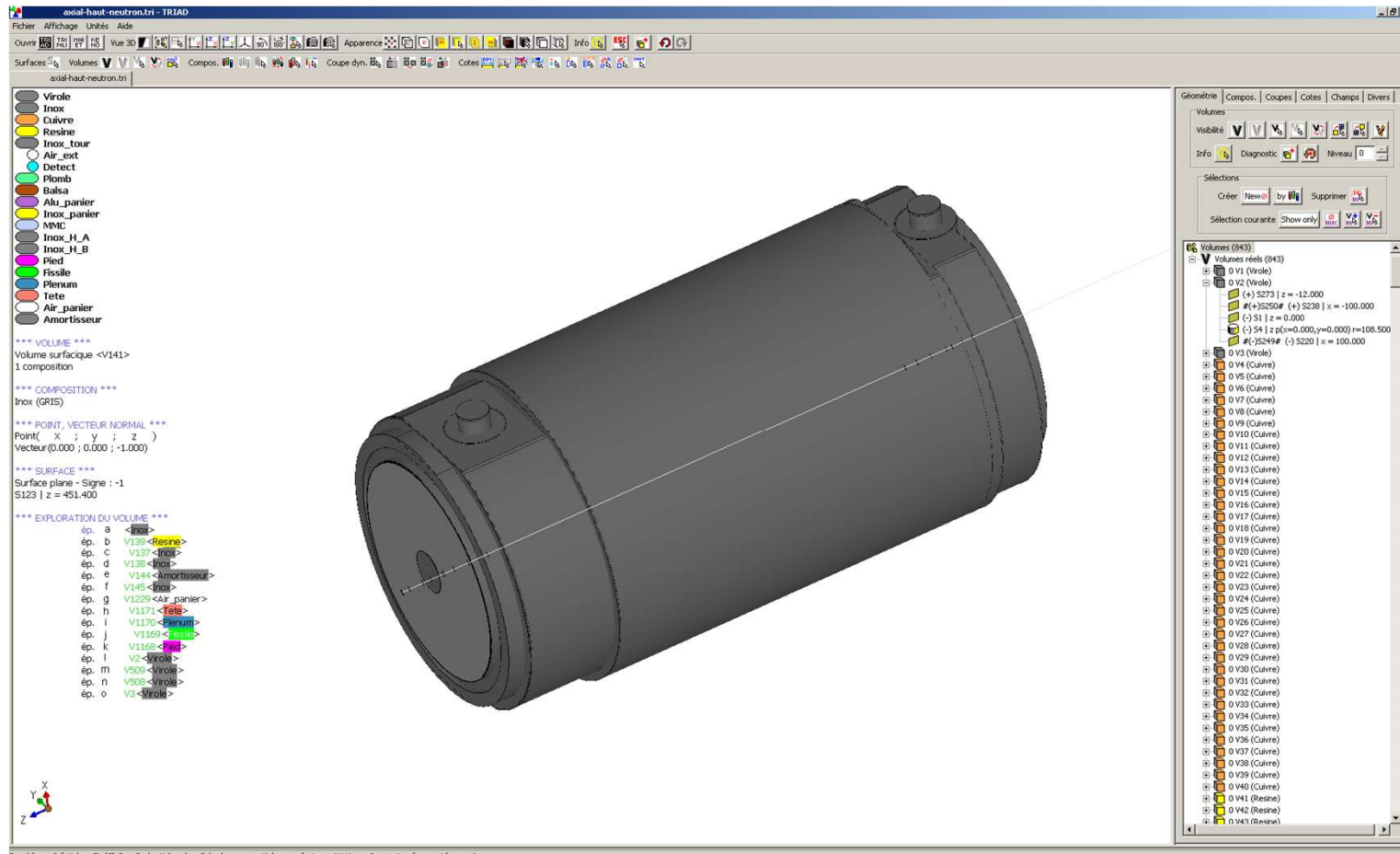
AREVA TN



# Outil de visualisation 3D



## ► TRIAD : une interface complète et simple d'utilisation



AREVA TN

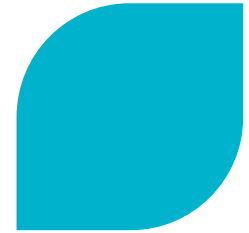
Optimisation des études en radioprotection pour le dimensionnement des emballages

C.Nicoletti – 25 mars 2014 - p.18



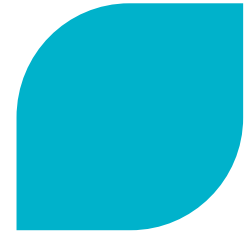
AREVA  
l'avenir pour énergie

# Plan



- ▶ Contexte
- ▶ Présentation d'un emballage de transport
- ▶ Modélisation géométrique fine avec le code TRIPOLI 4.7
- ▶ Outil de visualisation 3D
- ▶ **Conclusion**

# Conclusion



- ▶ Amélioration constante de la **précision** des modèles géométriques pour les études de radioprotection
  - ◆ Connaissance précise de la répartition des DDE y compris dans les zones de fortes hétérogénéités
  - ◆ Meilleures prédictions des doses reçues par les opérateurs lors des phases d'exploitation en accord avec le principe **ALARA**
  - ◆ Maîtrise du degré de conservatisme associé aux simplifications géométriques
  
- ▶ Mise en place d'un outil de visualisation (**TRIAD**) facilitant la complexification des modèles géométriques
  
- ▶ Amélioration future : mise en place d'un outil de CAO pour l'élaboration de la géométrie implantée dans TRIPOLI 4.7