

NUCLETUDES

Présentation générale

Nucletudes

- Créée en 1966
- Absorbée par Aérospatiale en 1984, filiale d'Astrium (99%)
- CA 2010 : 5.8 M€
- Effectif : 46 personnes
- Siège et établissement aux Ulis : 5500 m² de laboratoires et installations



Vocation de Nucleudes

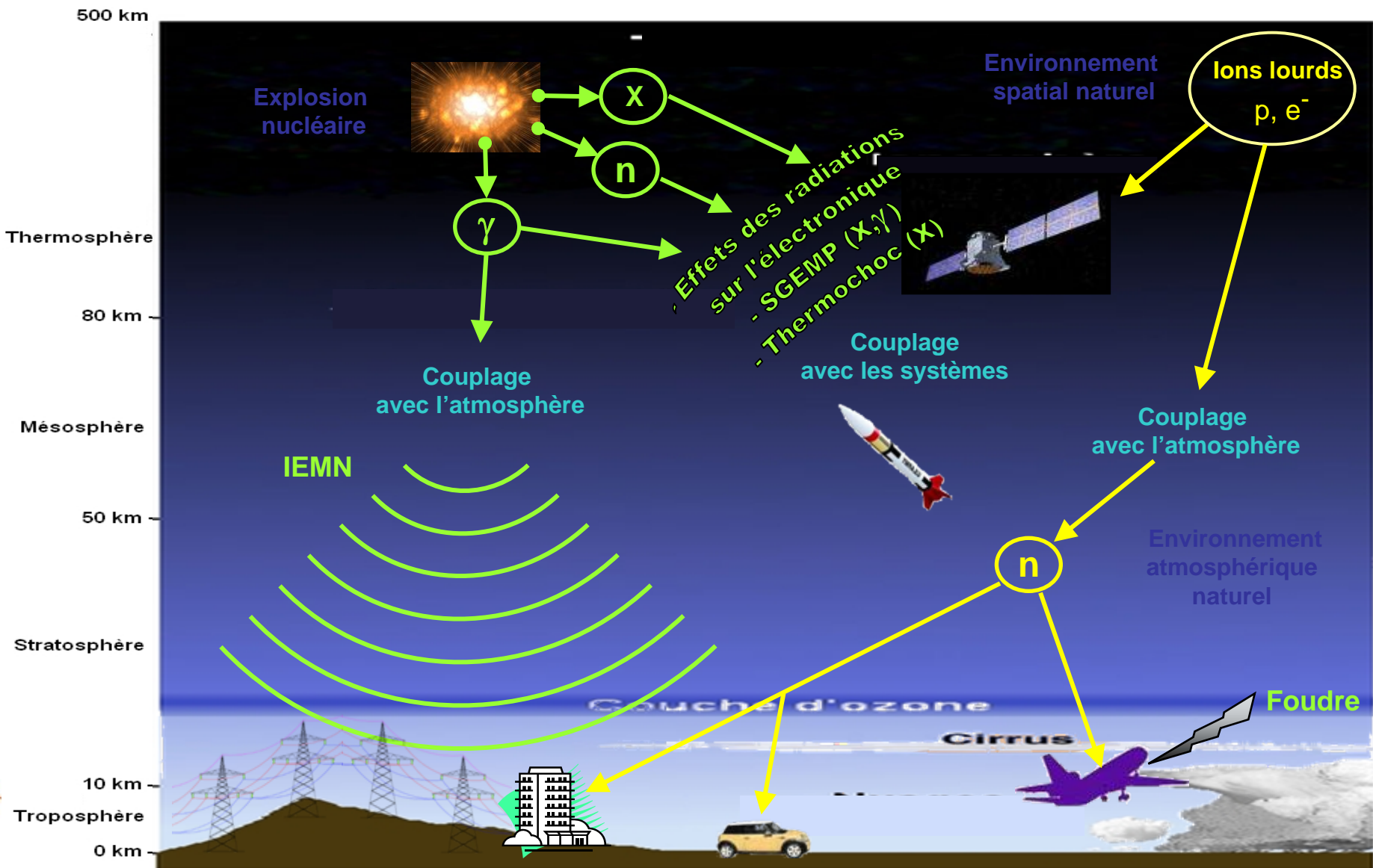
- **Protection des Systèmes contre les effets des rayonnements et des environnements électromagnétiques :**

- Explosion nucléaire
- Agressions par Armes à Energie Dirigée (MFP, laser)
- Nucléaire civil
- Environnement spatial



un ensemble de métiers très pointus allant de la physique théorique et des mathématiques appliquées à l'électronique, en passant par la mise en œuvre de moyens d'essais spécifiques

Les domaines du durcissement



Les métiers

- Conduite de projets

- Analyse systèmes

- Physique

- Interaction rayonnement/matière
- Electromagnétisme
- Thermodynamique rapide



moyens de simulation / codes de calcul
moyens de calcul (cluster,...)
essais (moyens dédiés)

- Méthodes numériques / informatique scientifique

- Electronique

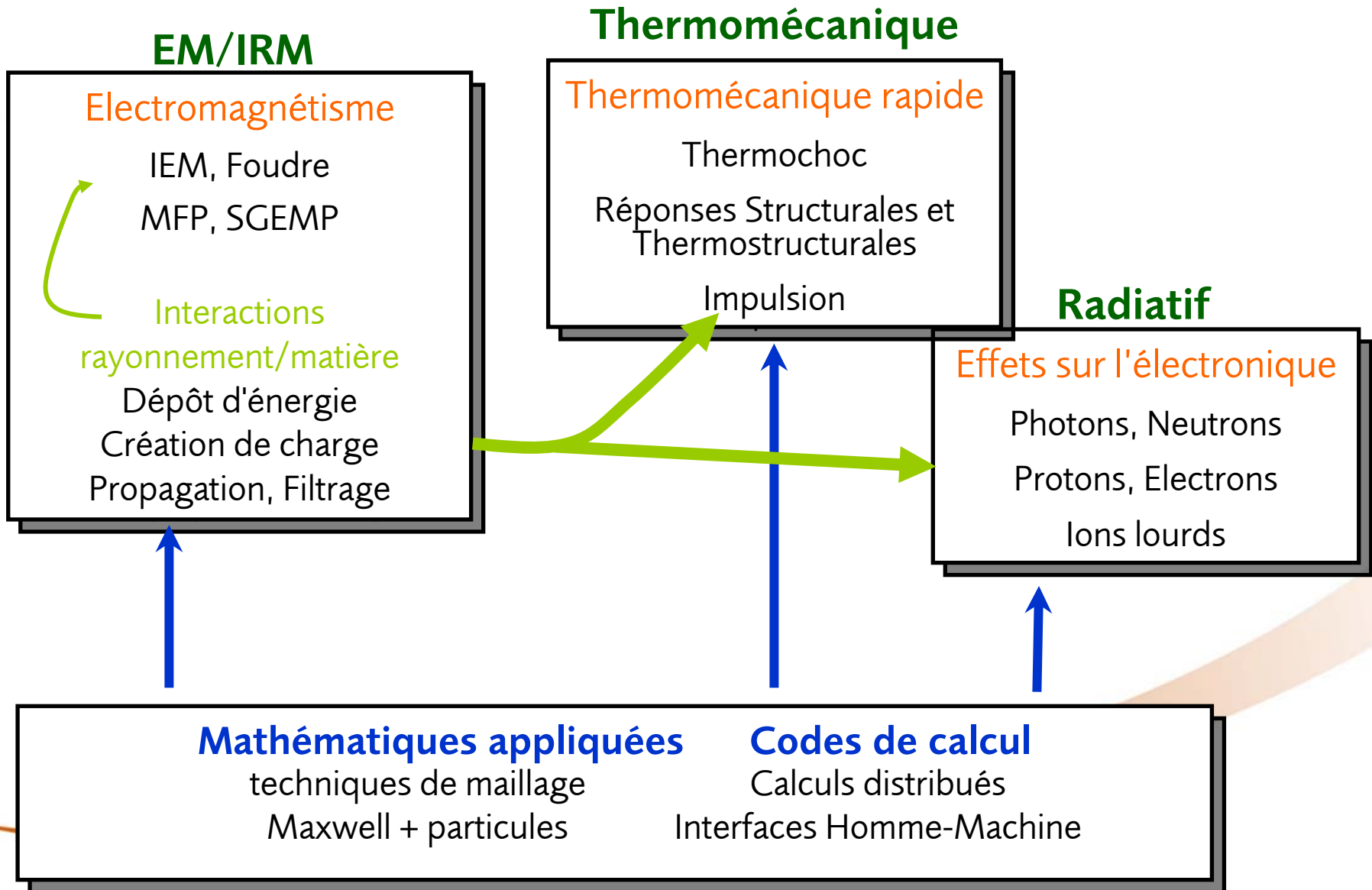
- Conception des circuits
- Analyse des circuits
- Mise au point, essais
- Conception d'équipements (capteurs,...)



laboratoire d'électronique
essais (moyens dédiés)

***Activité d'ingénierie et d'essais,
organisée en 4 pôles d'activités, 36 personnes***

Pôles de compétences



This document and its content is the property of Nucleitudes and is strictly confidential.
It shall not be communicated to any third party without the written consent of Nucleitudes

Panorama des activités

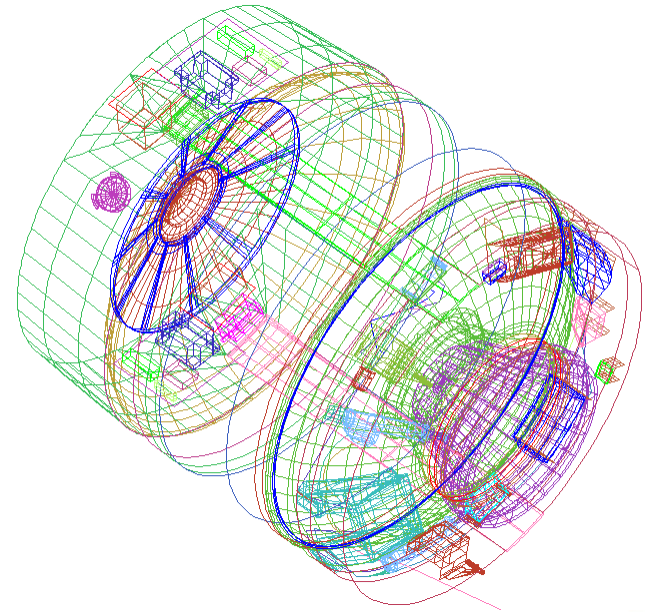
Programmes Stratégiques

- Assistance auprès du Maître d'Œuvre
 - Système : M51 (Astrium) et ASMP-A (MBDA)
 - Sous-systèmes et équipements
- Equipementier
 - capteurs spécifiques
- Spécifications de durcissement
 - Définition des contraintes nucléaires
 - Recommandations
 - Procédés imposés
 - Allocations durcissement
- Analyses de vulnérabilité
- Définition et validation des protections
- Dossiers justificatifs de durcissement
- Qualification



Plans d'études Amont (PEA)

- Etudes des phénomènes émergents
- Développement et amélioration :
 - Des moyens de simulations
 - Des moyens expérimentaux
- Définition et validation des méthodes de mesures
- Définition et validation de modèles
- Faisabilité durcissement des Avant-projets



Recherche théorique

- Thèmes
 - Electromagnétisme
 - Interaction Rayonnement/Matière
 - Méthodes numériques (e.g. Galerkin Discontinu)
- Partenariats internes groupe EADS
 - Participation aux groupes de recherche communs (RTG) sur :
 - EM
 - électronique/optronique
 - furtivité (micro-ondes forte puissance)
 - Echanges avec EADS Innovation Works
- Partenariats externes (REI, thèses,...)
 - ONERA
 - Université de Limoges
 - INRIA
 - CERFACS
 - CEA (dont CEG)
 - ...

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$

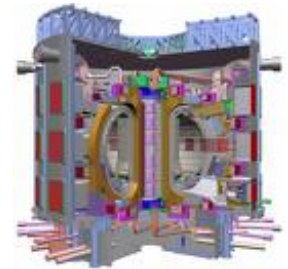
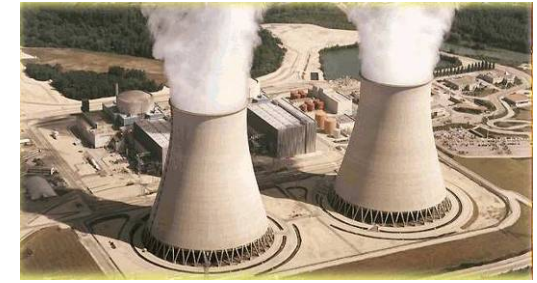
$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$$

Marchés civils

- Tests de composants (Astrium Sat, Sodern, TAS)
- Laser Mégajoule
- Nucléaire civil
- ITER
- Neutrons atmosphériques (aéronautique et transports)



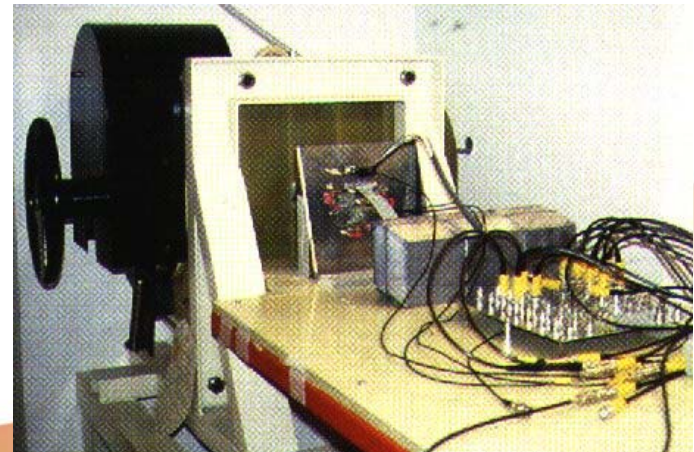
This document and its content is the property of Nucleitudes and is strictly confidential.
It shall not be communicated to any third party without the written consent of Nucleitudes

Moyens d'essais

Moyens d'essais de Nuclétudes

- **Générateurs BALZAC 2 et 3**
 - Effets photoniques (débit de dose, dose) sur composants, équipements et système

- **Source SAND Co60**
 - Effets photoniques (dose) sur composants et équipements



Moyens d'essais de Nucléotudes

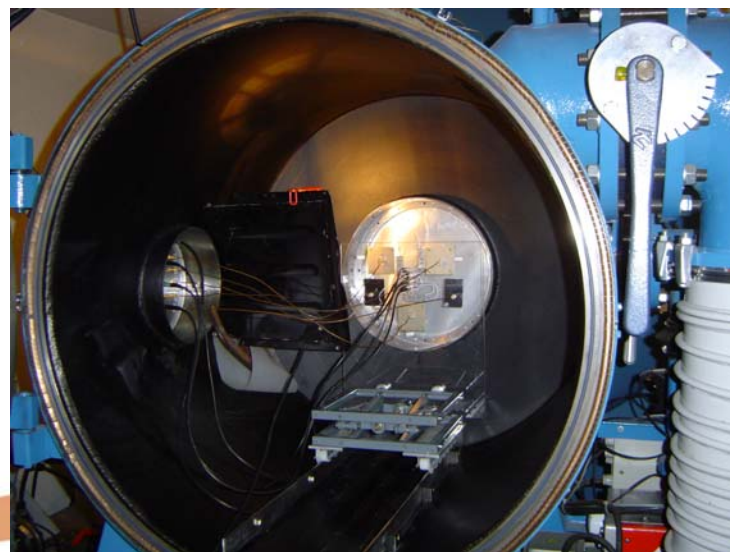
■ Générateur STAEL

- Effets thermomécaniques sur matériaux et sous-ensembles



■ Générateurs FLAUBERT

- Effets SGEMP sur câbles, structure, composants



Moyens d'essais de Nuclétudes

■ Moyens d'essais ElectroMagnétiques

– Banc de mesure Zt

- Mesure d'impédance de transfert de câble ou connecteur

$F < 0,5 \text{ GHz}$



– Générateurs

- Générateur Haefely (SAE4L Std, $I_{inj} > 1 \text{ kA}$)
- G200 à G10000 : 200 V à 5 kV, NEMP time history
- EIT: 80 kV, NEMP time history
- EMC PARTNER: MIG 0600 Single Stroke, MIG OS Multiburst with Boeing D6 pattern, SAE ARP 5412, Airbus A380
- Banc de stress hautes fréquences sur composants électroniques en fonctionnement: 100 MHz à 6 GHz, 10 W

– Moyen d'illumination EM

- ligne Cornet
- volume: 7 m x 3 m x 1.8 m
- 2 modes d'utilisation:
 - mode pulsé :
 - 50 kV/m ,
 - temps de montée $< 10 \text{ ns}$
 - mode sinusoïdal (CW) :
jusqu'à 0,5GHz



Moyens d'essais de Nuclétudes

■ Essais de composants

■ Testeurs de composants

■ MZ 3650 (composant digital)

48 I/O en liaison avec le moyen de gestion fonctionnelle du composant

0.5 Mo par I/O

edge positioning: 50 ps (résolution)

Softscope

Alimentation: 5 x (50 V, 5 A), 1 x (50 V, 5 A)

■ MZ 3000 (composant analogique)

AOP, comparateur, regulateur

loffset < 10 pA, Voffset < 10 mV, balayage: 200V/ms

output I_{sc} = 200 mA



Des moyens complémentaires à venir

- **Chambre Réverbérante à Brassage de Modes**
 - Susceptibilité de cartes électroniques
 - 3.4 m x 2.5 m x 2.9 m
 - 0.4 GHz – 6 GHz (18 GHz max)
 - 1 kV/m
- **Générateur délivrant 50 kW à 9 GHz**
 - Mode impulsionnel prévu (100 ns)
- **Générateur délivrant 50 kW à 3 GHz**
 - Moyen disponible à ré-installer
 - Mode impulsionnel (100 ns)
- **Laser pour modélisation des SEE**
 - Gamme d'énergie pour la modélisation de SEE sur composants Si

This document and its content is the property of Nucleudes and is strictly confidential.
It shall not be communicated to any third party without the written consent of Nucleudes

Mesures de thermochocs par VISAR

Générateur STAEL

Canon à électrons STAEL

■ Générateur de faisceau d'électrons

- Gamme d'énergie
 - 40 à 400 J/cm² FWHM = 60 ns
 - spectre : 200 keV ou 600 keV
 - 4 tirs par jour (limitation technique)
- Étude du comportement des matériaux
 - aux thermochochs
 - aux impulsions
 - aux effets thermostructuraux



Canon à électrons STAEL

- **Instrumentations associées au moyen**
 - Mesure de contrainte par jauge à quartz
 - Mesure de vitesse à l'aide d'un chariot balistique
 - Mesure de vitesse d'objets légers par dispositif d'interruption de faisceaux Laser
 - Mesure des déformées par jauge d'extensométrie
 - Mesure de vitesse matérielle par interféromètre Laser (VISAR)

Canon à électrons STAEL

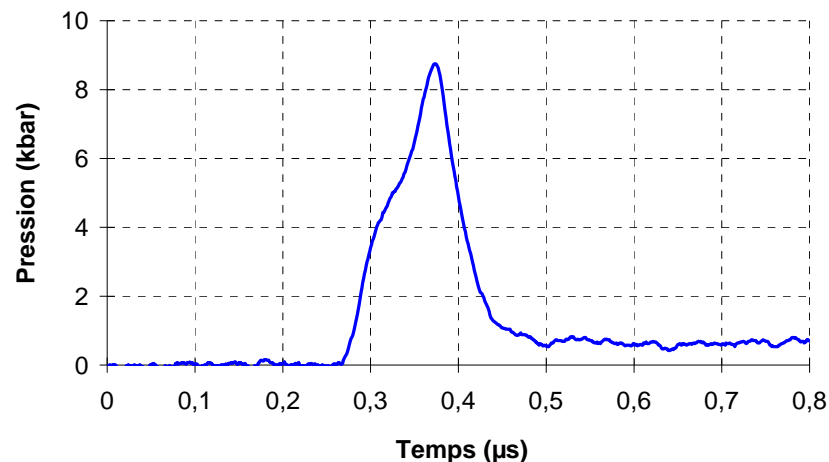
■ Mesure de contrainte par jauge à quartz



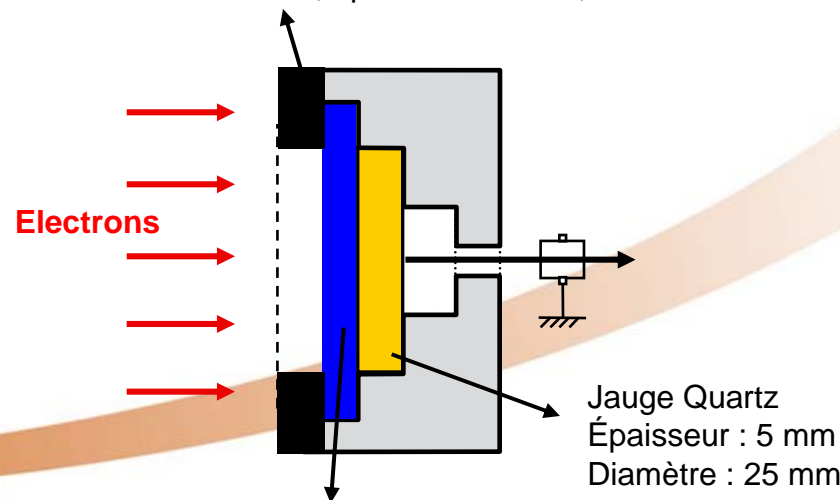
Disque d'Al6061-T6 instrumenté avec un capteur quartz



Tir 2639 sur Al6061-T6 - Fluence = 18 cal/cm²



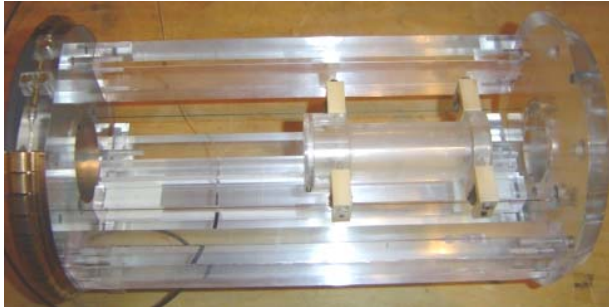
Collimateur carbone, épaisseur : 5 mm, ouverture : 25 mm



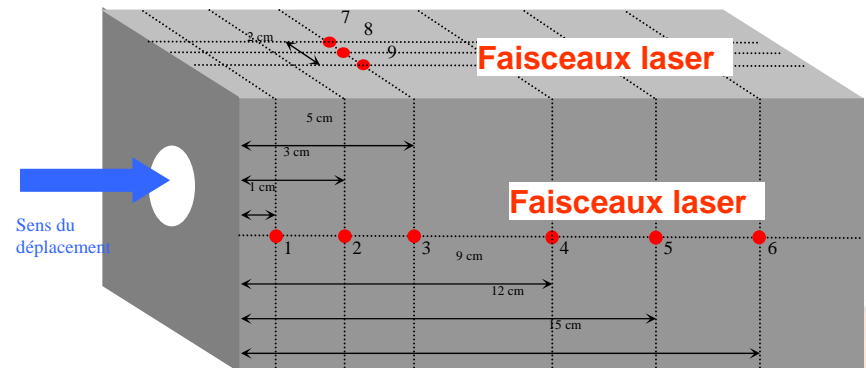
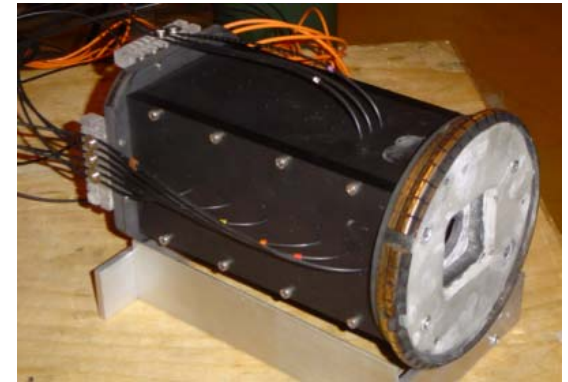
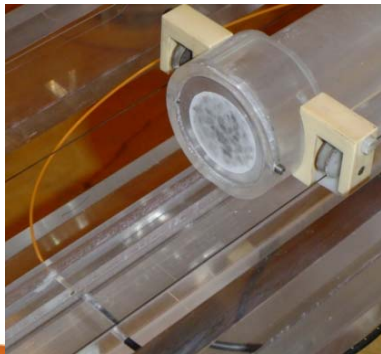
Échantillon : Al6061-T6, épaisseur : 1 mm, diamètre : 35 mm

Canon à électrons STAEL

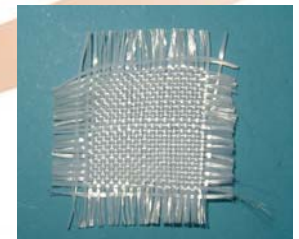
- **Mesure de vitesse pour obtention de l'impulsion**



Chariot balistique
Échantillons « classiques »

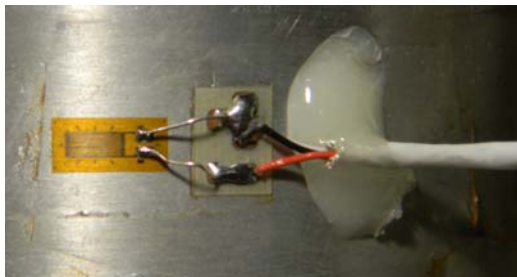
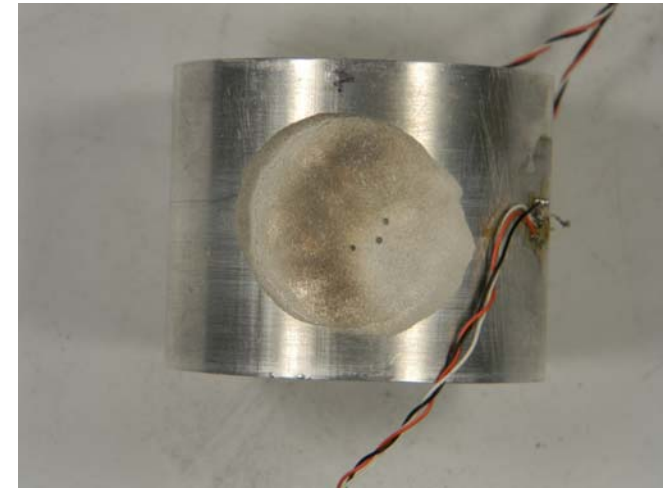
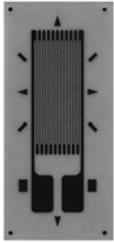


Interruption de faisceaux Laser
Échantillons légers

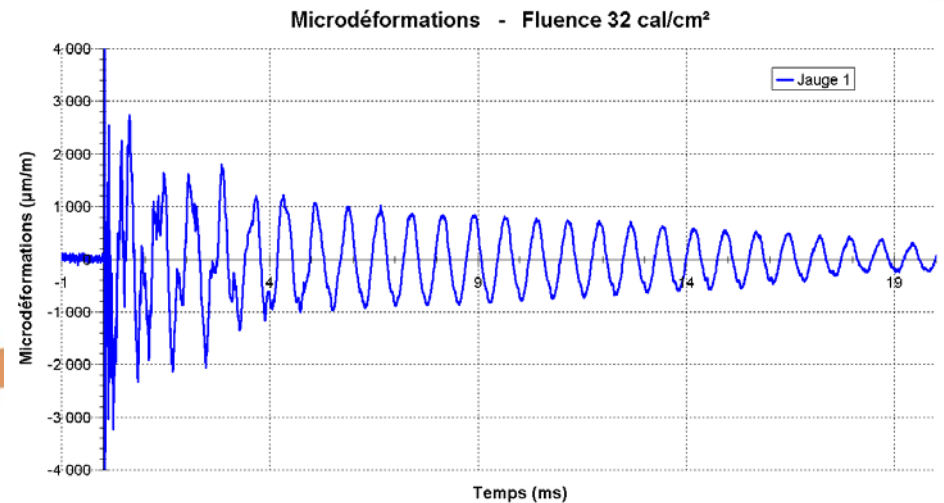


Canon à électrons STAEL

■ Mesure de microdéformations



Mesure de la déformation d'un tube d'aluminium (Jauge VISHAY d'extensométrie)



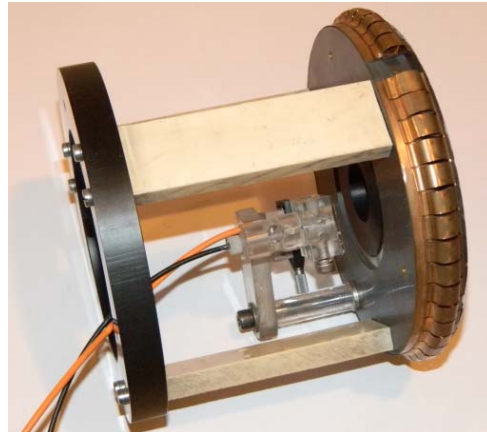
Canon à électrons STAEL

- Mesure de vitesse matérielle par VISAR

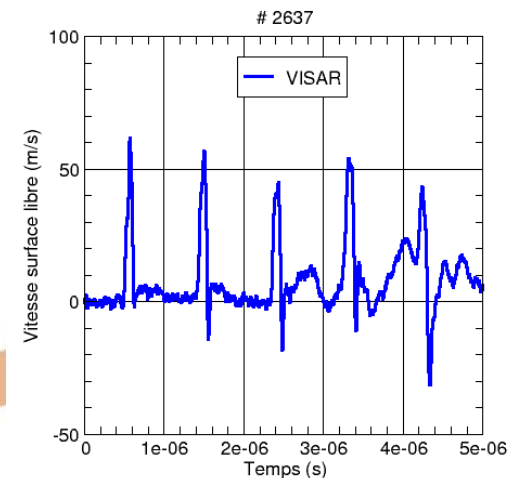


CLASSIC VALYN VISAR
(L.M. Barker)

Laser (Quantum) :
532 nm
200 mW



Mesure de la vitesse de surface libre
d'un disque d'Al2024



Canon à électrons STAEL

Restitution de mesures VISAR

- Objectif : recalage de modèles de comportement de matériau

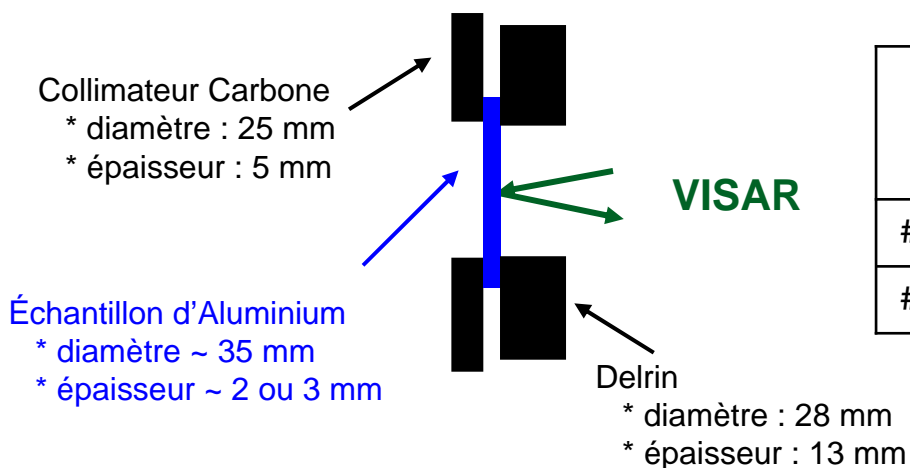


Schéma du montage de test

Tir	Énergie moyenne (keV)	Énergie totale (kJ)	Distance anode-cible (cm)	Fluence (cal/cm ²)
# 2637	274	4.13	45	11.4
# 2642	258	4.24	37	23.7

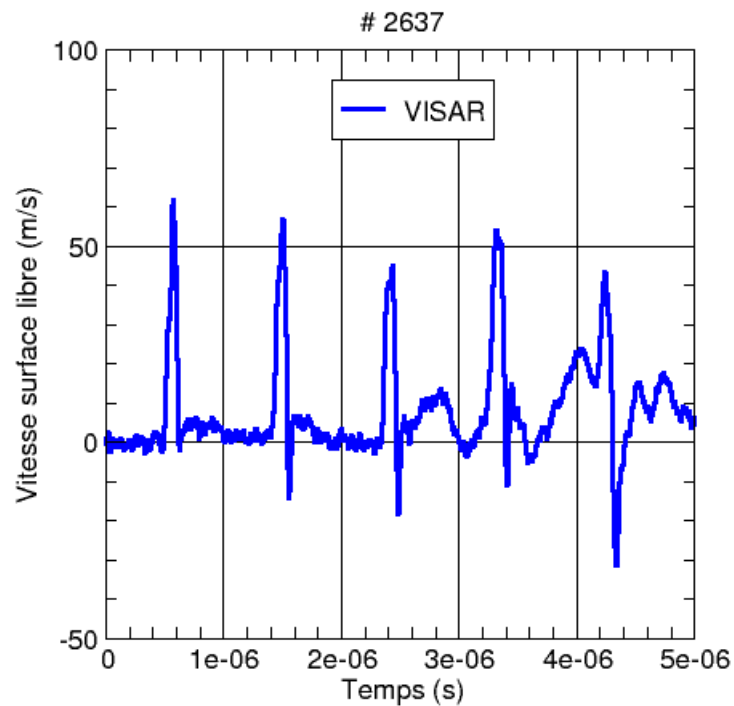
Caractéristique des tirs

Tir	Type d'Aluminium	Masse (g)	Diamètre (mm)	Épaisseur (mm)	Densité (g/cm ³)
# 2637	Al 2024	8.191	35.05	3.100	2.738
# 2642	Al 6061 - T6	5.200	35.01	2.010	2.687

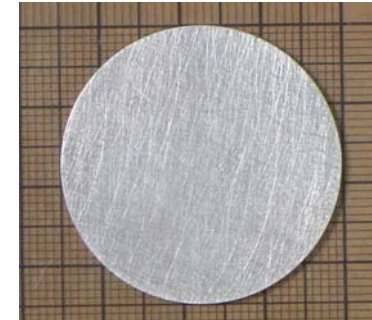
Caractéristique des échantillons

Canon à électrons STAEL

- Restitution de mesures VISAR
 - Tir sur Al2024



Vitesse face arrière



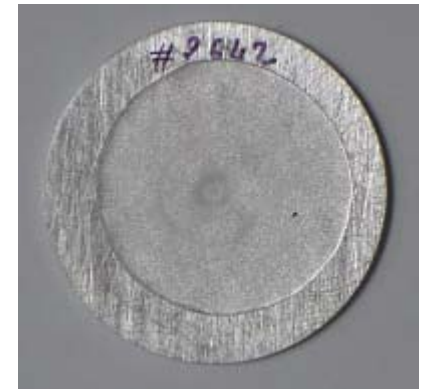
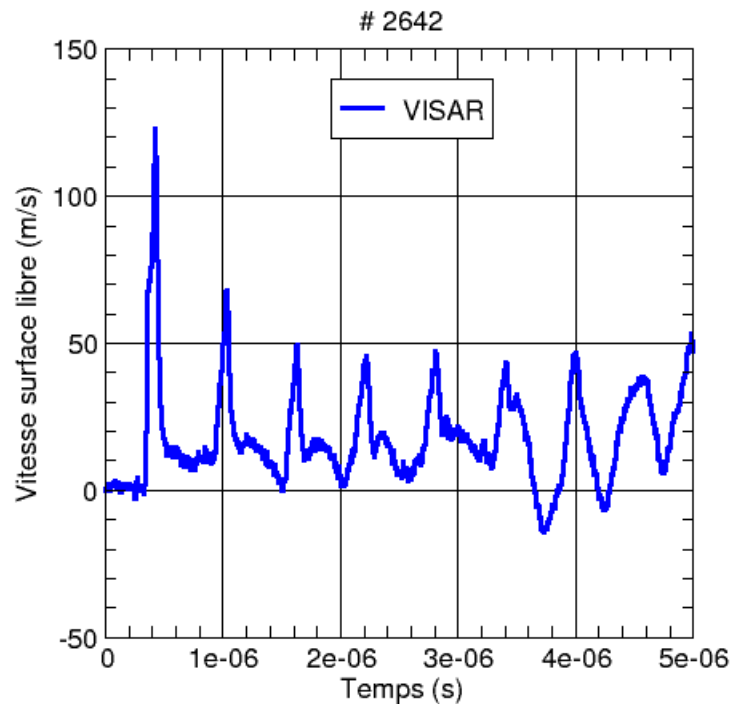
Échantillon avant tir



Échantillon après tir

Canon à électrons STAEL

- Restitution de mesures VISAR
 - Tir sur Al6061-T6

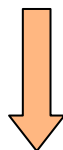
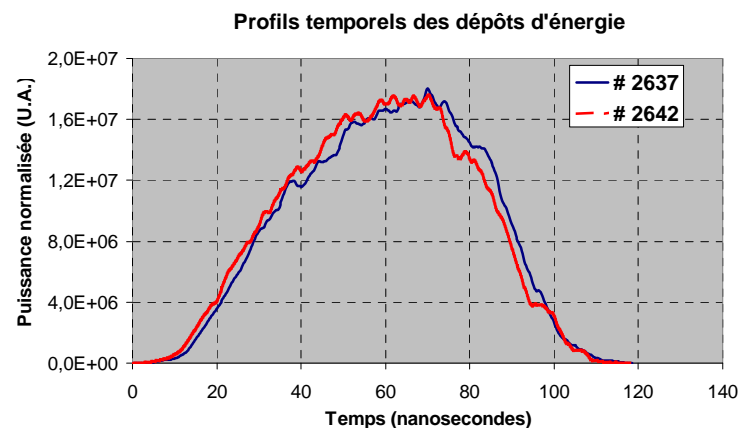
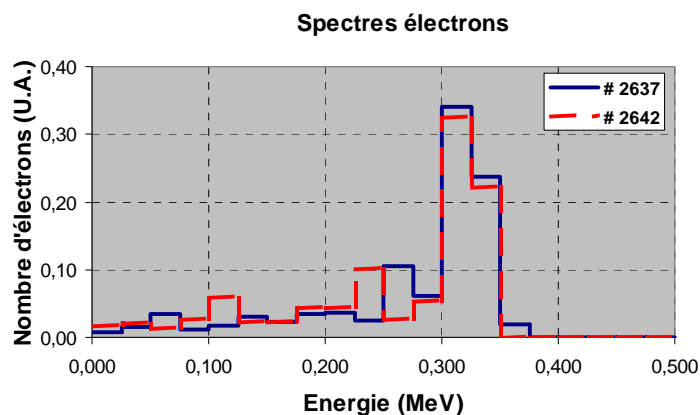


Échantillon après tir

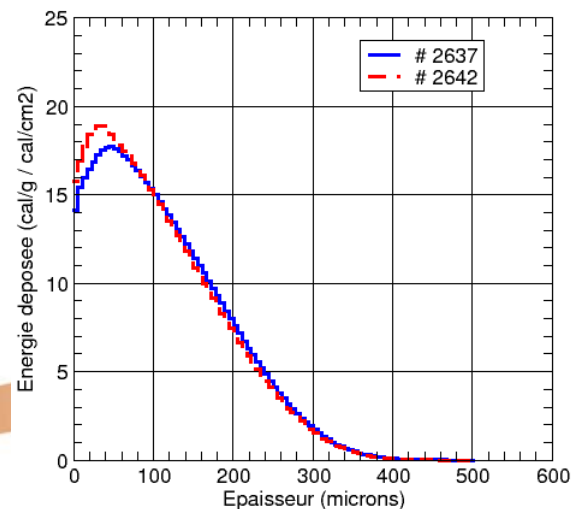
Vitesse face arrière

Canon à électrons STAEL

■ Restitution de mesures VISAR



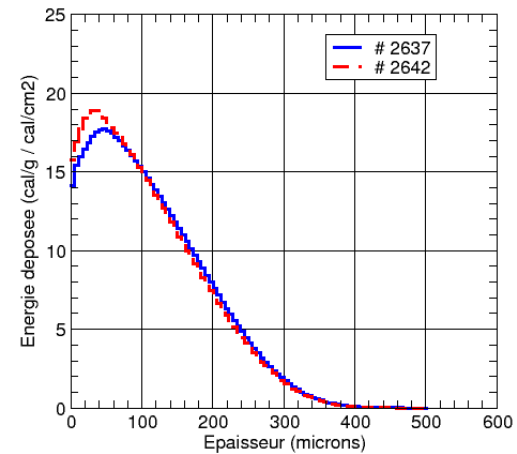
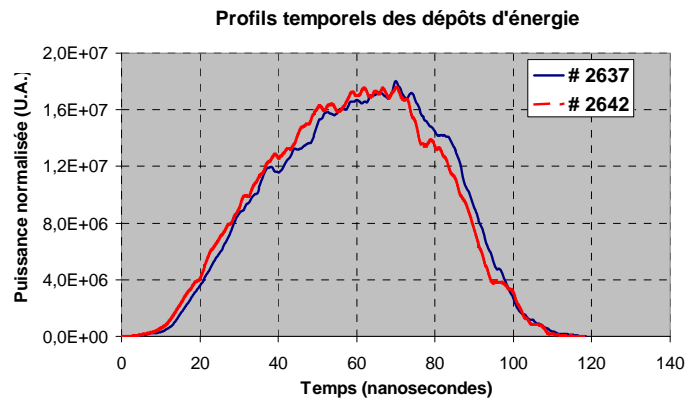
Code IRM de type
Monte-Carlo
TIGERP (Série ITS)



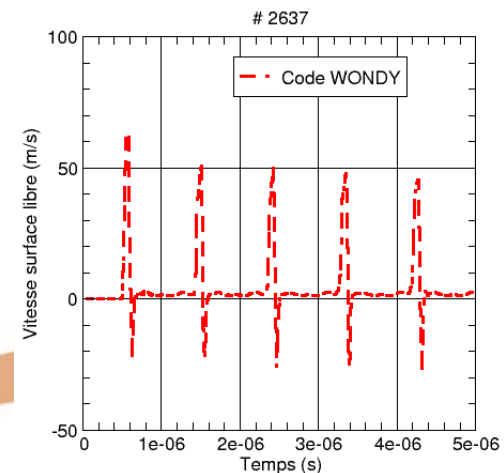
Calcul du dépôt d'énergie

Canon à électrons STAEL

■ Restitution de mesures VISAR



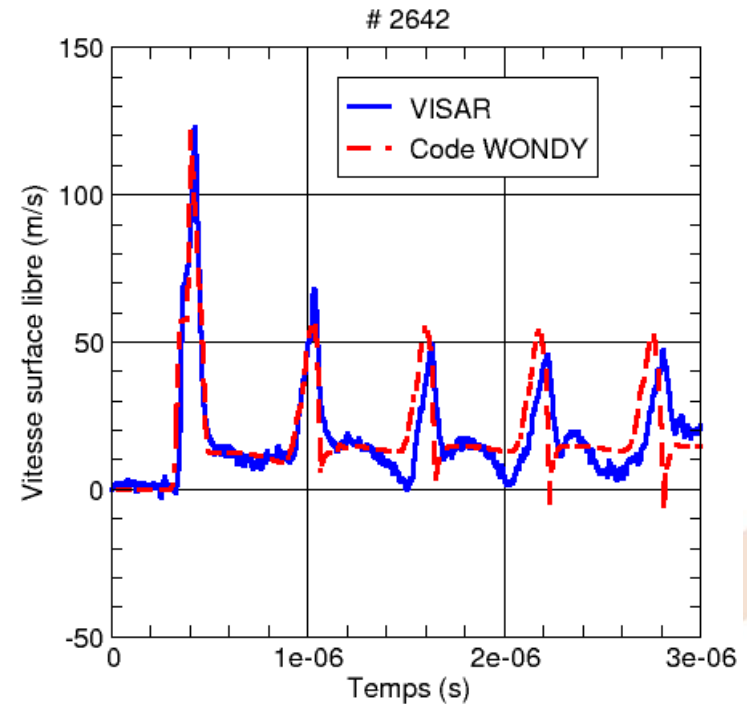
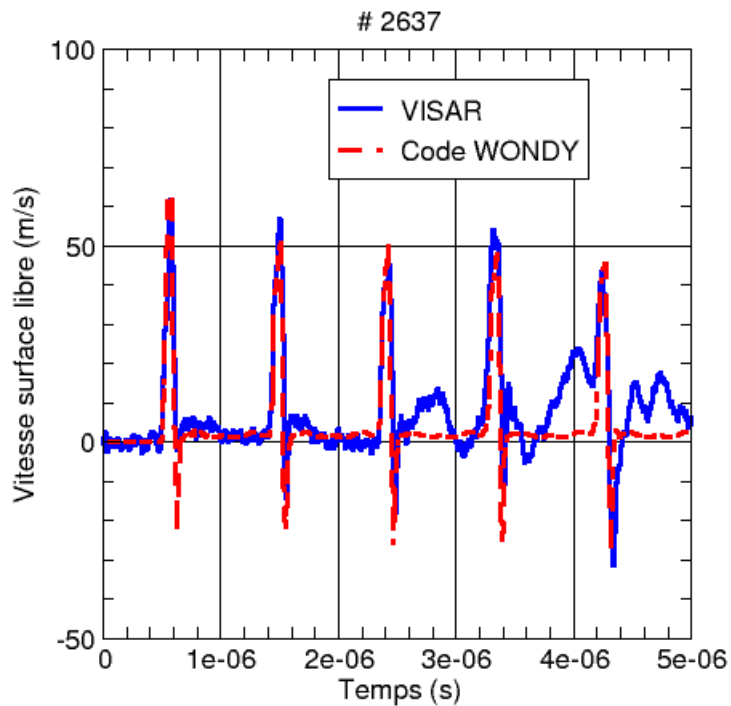
Code hydrodynamique 1D WONDY
Différences finies
EOS multi-phase type PUFF
Loi de comportement EPP
Loi de ramollissement sur Y et G



Calcul de la vitesse face arrière

Canon à électrons STAEL

- Restitution de mesures VISAR
 - Comparaisons calculs / mesures



Validation du modèle de comportement

Canon à électrons STAEL

■ Évolution de l'instrumentation sur STAEL

- Mesures VISAR satisfaisantes pour toutes nos applications actuelles
- Réflexion en cours sur la mise en place d'un dispositif de Vélocimétrie Hétérodyne
 - Intérêt technique (amélioration de la qualité des mesures : résolution, sensibilité, mise en œuvre simplifiée, ...) par rapport au coût d'acquisition