



# Décontamination nucléaire *via* l'utilisation d'un LASER

Fabrice Moggia

AREVA – Business Unit Assainissement

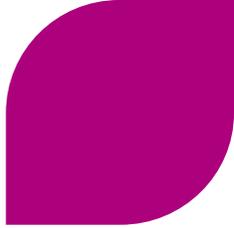
Direction Technique



**Démantèlement d'installations nucléaires et problématiques associées**

Grenoble – 23 et 24 octobre 2012





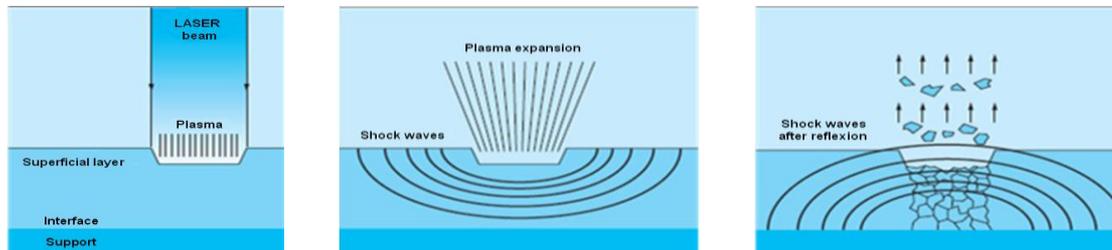
- ▶ **Etat de l'art**
- ▶ **Introduction au procédé LASER**
- ▶ **Mise en œuvre du procédé LASER**
- ▶ **Validation de la technologie en conditions inactives**
- ▶ **Validation de la technologie en conditions actives**
- ▶ **Conclusion**

- ▶ Les premiers travaux sur la décontamination par LASER remontent aux années 80-90 (principalement aux USA et en France).
  
- ▶ Deux Technologies de LASER sortent ou sont sorties du lot :
  - ◆ Les LASERs de type Excimère (Gaz-UV).
  - ◆ Les LASERs de type Solide (YAG ou Fibre).
  
- ▶ Aujourd'hui une prédominance des LASERs YAG existe :
  - ◆ Taux de répétition de tirs nettement plus important (quelques 10<sup>aines</sup> de kHz contre quelques 10<sup>aines</sup> Hz).
  - ◆ Distance de fibre optique beaucoup plus importante et sans perte de puissance.

- ▶ **La décontamination LASER dans la littérature**
  - ◆ Quelques papiers et thèses parlent de cette application
  - ◆ En moyenne, une fluence seuil de 2.5 à 3.0 J.cm<sup>-2</sup> est requise pour l'ablation de la plupart des contaminants, mais peut être légèrement augmentée si l'adhésion est trop importante.

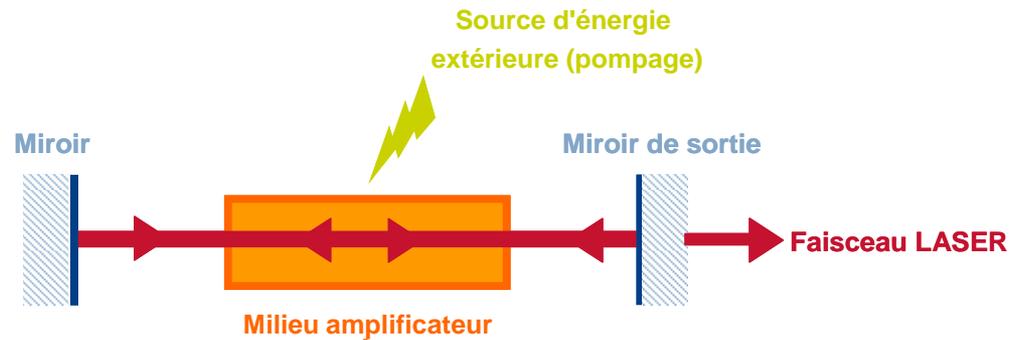
# Introduction au procédé LASER

- ▶ Cette technologie est basée sur l'interaction d'un rayonnement LASER avec l'extrême périphérie d'une surface (couche d'oxyde, peinture...)
- ▶ Deux mécanismes sont mis en jeux de façon concomitante :
  - ◆ **Thermique:** lors de l'interaction du faisceau laser avec la surface d'un matériau, on observe, à ce niveau, une rapide élévation de température conduisant à la création d'un plasma.
  - ◆ **Mécanique:** la formation, puis la détente brutale du plasma formé sous l'effet de l'impact du laser produisent des ondes de choc qui se propagent dans le matériau. Ceci ayant pour effet de fragmenter sa surface et donc de provoquer l'éjection de particules.



# Introduction au procédé LASER

## ► Schéma de principe d'un LASER



## ► Les LASERs :

◆ Chimiques

◆ Gaz

◆ Solides

- Diodes (Diodes / Electrique)
- Matrice cristalline (Cristal / Optique\*) → LASERs YAG
- Fibres (Fibre / Optique\*)

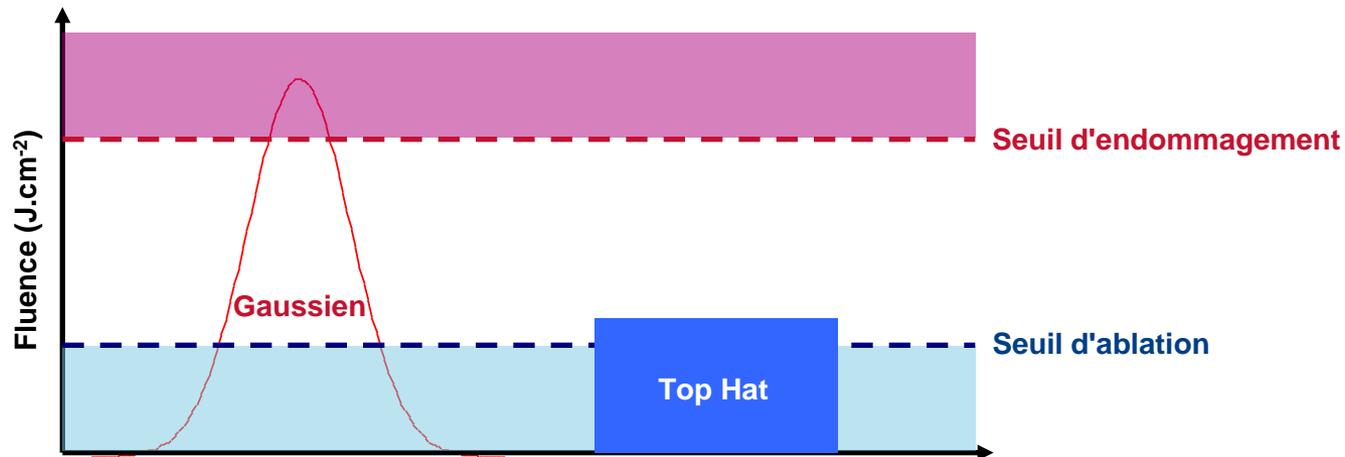
(\* Lampe flash, diode LASER,...)

# Introduction au procédé LASER

## ► Paramètres importants à contrôler

### 1. Profil Spatio-temporel du faisceau : Le profil peut être

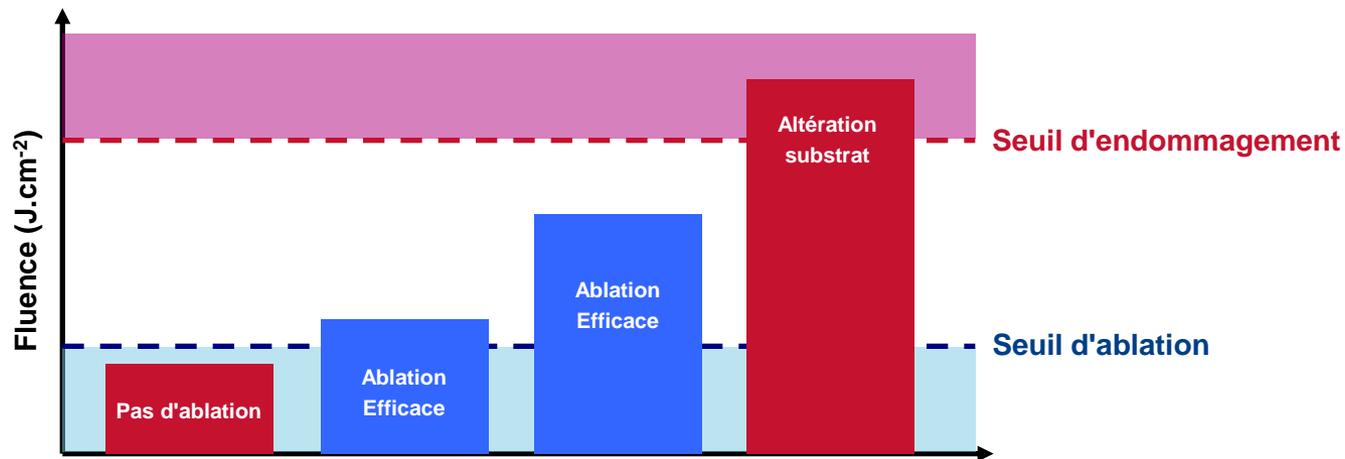
- Soit gaussien auquel cas la répartition énergétique n'est pas homogène sur l'intégralité de la surface.
- Soit "Top Hat" auquel cas la répartition est homogène



# Introduction au procédé LASER

## ► Paramètres importants à contrôler

2. **Fluence** : Représente l'énergie déposée par unité de surface et par pulse.



3. **La durée d'impulsion** : Impacte la profondeur de chauffage et donc l'efficacité du procédé, de quelques dizaines à une centaine de nanosecondes.

4. **Puissance** : Si le seuil d'ablation est atteint alors l'augmentation de puissance peut induire une amélioration de la productivité.

# Mise en œuvre du procédé LASER

## ► Le LASER

### ◆ Un LASER est composé de 3 unités différentes :

- Le générateur LASER
- La fibre optique
- L'optique (ou "Gun")

### ◆ 1<sup>er</sup> type : Le LASER Fibré

- Faible puissance (de 10 à 100 W)
- Encombrement réduit (~ 10 kg)
- Longueur maximale de fibre optique → 5 m
- Système de refroidissement : Air



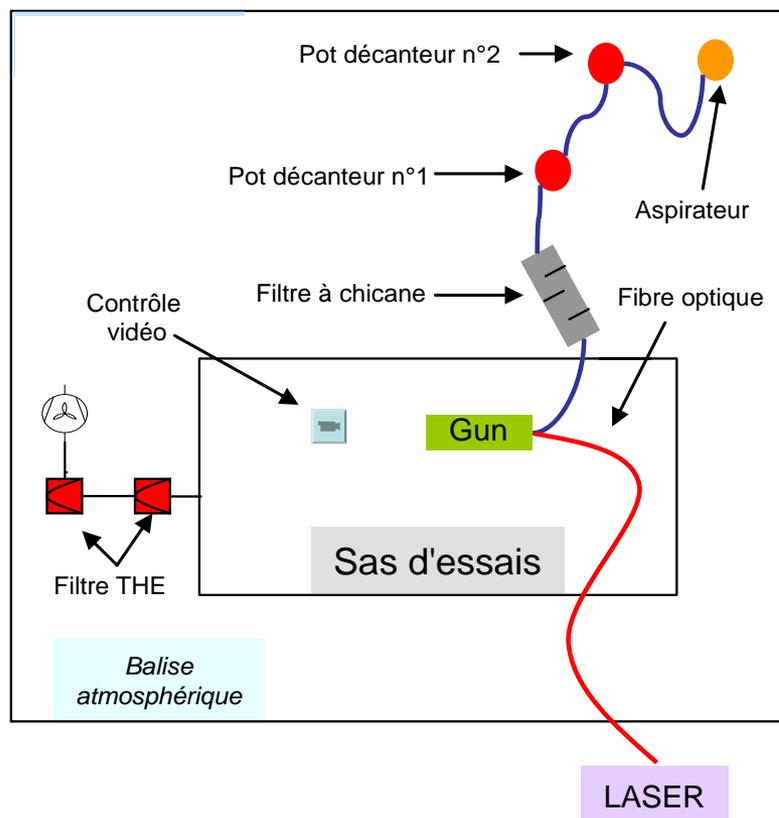
### ◆ 2<sup>nd</sup> type : Le LASER YAG

- Moyenne à forte puissance (de 150 à 1000 W)
- Encombrement plus important (~ 200 kg)
- Longueur maximale de fibre optique → 50-70 m
- Système de refroidissement : Air / Eau



# Mise en œuvre du procédé LASER

## ► Implantation type en cellule



# Validation de la technologie en conditions inactives

## ► Evaluation de l'efficacité de la technologie

### ◆ Résultats obtenus sur de la contamination "labile"

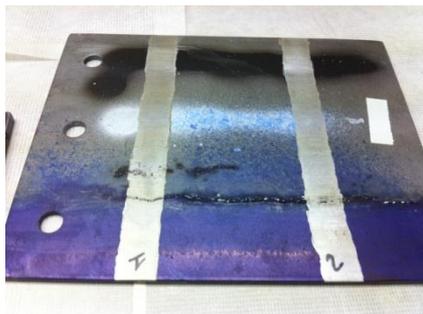
- Encre de marqueur à tableau blanc



Productivité > 11 m<sup>2</sup>.h<sup>-1</sup>

### ◆ Résultats obtenus sur de la contamination "fixée"

- Encre de traçage de chaudronnier



Productivité > 8 m<sup>2</sup>.h<sup>-1</sup>



# Validation de la technologie en conditions inactives

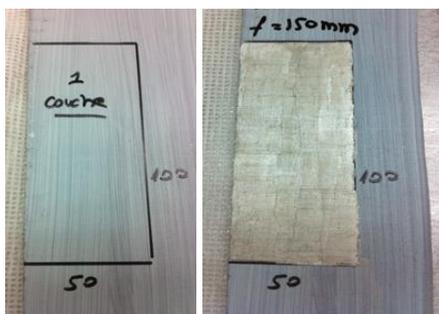
## ► Evaluation de l'efficacité de la technologie

### ◆ Résultats obtenus sur de la contamination "fixée"

- Oxydes ferriques



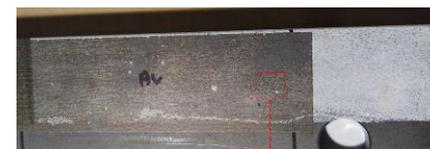
- Peintures et résines



*Peinture blanche*



*LP<sub>4</sub>*



*Aquavigor*

# Validation de la technologie en conditions inactives

## ► Evaluation de l'efficacité de la technologie

### ◆ Résultats obtenus sur de la contamination "fixée"

- Contamination graisseuse

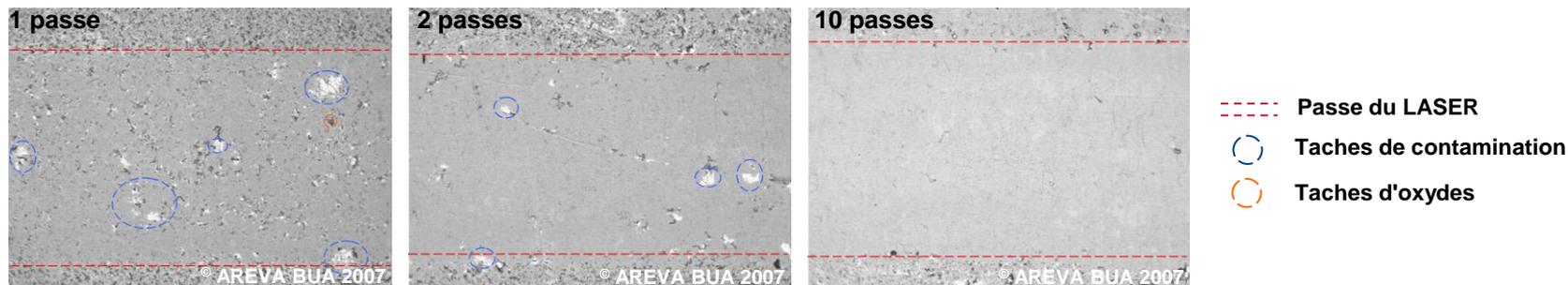


Productivité ~ 4 m<sup>2</sup>.h<sup>-1</sup>

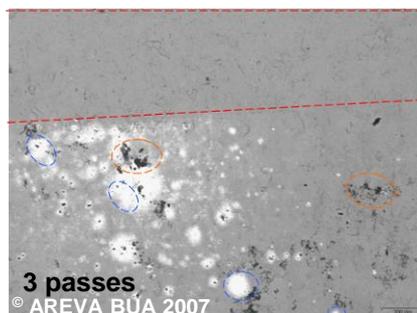
# Validation de la technologie en conditions inactives

## ► Evaluation de l'efficacité de la technologie

- ◆ Contamination sèche et incrustée (carbonates et/ou oxydes d'isotopes stables de radionucléides)

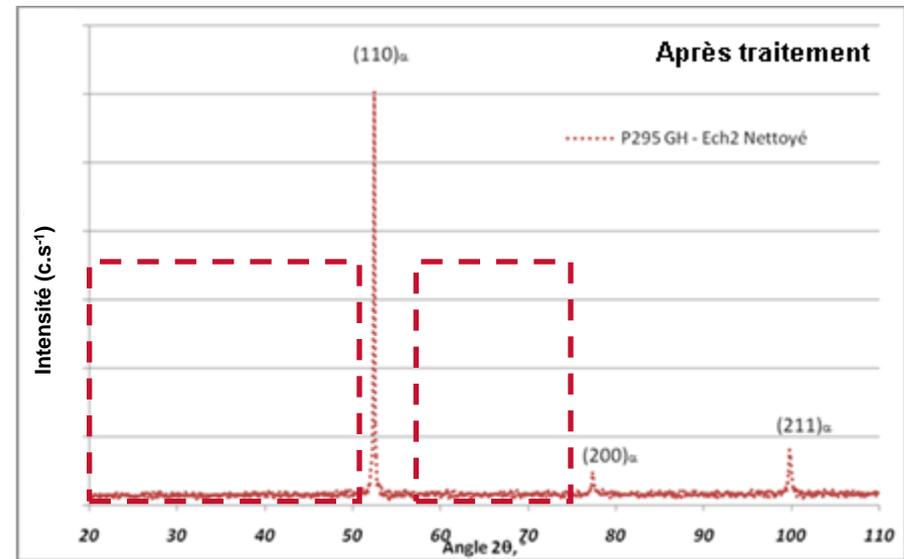
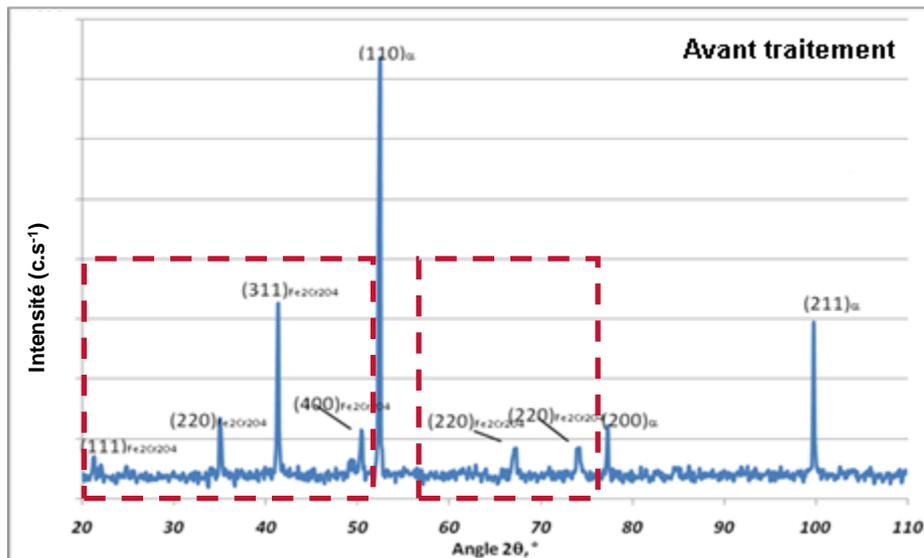


- ◆ Contamination humide et déposée à chaud (nitrates d'isotopes stables de radionucléides)



# Validation de la technologie en conditions inactives

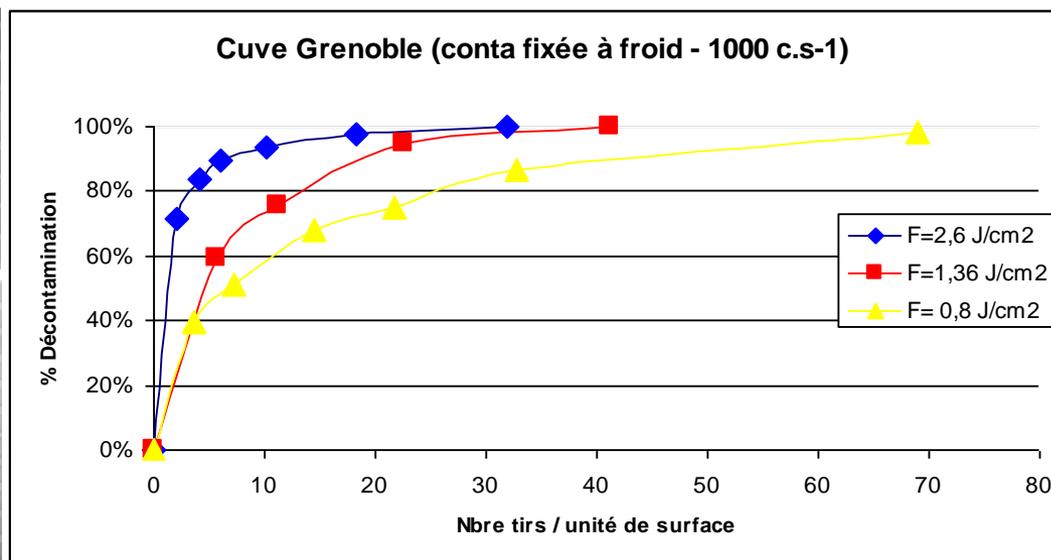
- Analyse par DRX après ablation de "rouille" sur de l'acier carbone



» Efficacité totale sur les oxydes ferriques

# Validation de la technologie en conditions actives

- Evaluation effectuée sur Triade en 2007 sur des bouts de cuves en provenance du CEA de Grenoble



Contamination initiale = 1 000 c.s<sup>1</sup>

# Validation de la technologie en conditions actives

## ► Evaluation effectuée sur le site de la Hague (Bâtiment AD1 BDH) en octobre 2011

- ◆ Pièces traitées en provenance de la piscine 907 (HAO)
- ◆ Rehausse de réceptacle (plusieurs morceaux)
  - 400 c.s<sup>-1</sup> en  $\alpha$
  - 7000 c.s<sup>-1</sup> en  $\beta\gamma$  (sous 2 gants)
- ◆ Système LASER CleanLaser d'une puissance de 300 W



## ► Bilan de l'opération

- ◆ Aucune contamination du matériel (Générateur, Fibre optique et Torche LASER)
- ◆ Décontamination de l'échantillon testé

- 4 c.s<sup>-1</sup> en  $\alpha$  → FD 100
- 140 c.s<sup>-1</sup> en  $\beta\gamma$  → FD 50



# Conclusion : Avantages du procédé LASER



## ▶ Déchets :

- ◆ Génération de déchets secondaires limités aux filtres
- ◆ Aucun produit chimique utilisé
- ◆ Aucune production d'effluent liquide

## ▶ Sûreté :

- ◆ Pas de modification du fonctionnement de la ventilation de l'installation

## ▶ Autres :

- ◆ Traitement de pièces à géométrie non simple
- ◆ Procédé automatisable
- ◆ Ne nécessite pas le contact de l'opérateur avec le support contaminé, limite le risque d'exposition interne par piqûre



# Merci de votre attention