



Thème 11 : Nouvelles technologies, innovations



Meliad



orano



Projet ECOLAS

Procédé robotisé de décontamination laser de déchets
radioactifs

Projet EcoLAS



Meliad



AAP Déchets nucléaires

Financé
par



Procédé robotisé de décontamination laser de déchets radioactifs

Consortium

Meliad (chef de file)

**Orano support & Orano melox usine cycle du combustible
(soutenus par TECH-Y-TECH)**

Durée

32 mois – Sept 2022 à avril 2025

Projet EcoLAS



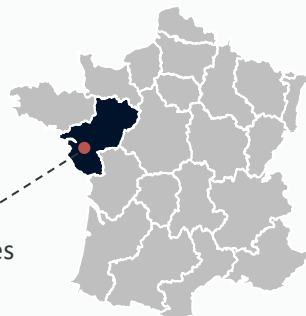
Meliad



Meliad



Les Sorinières
(44)



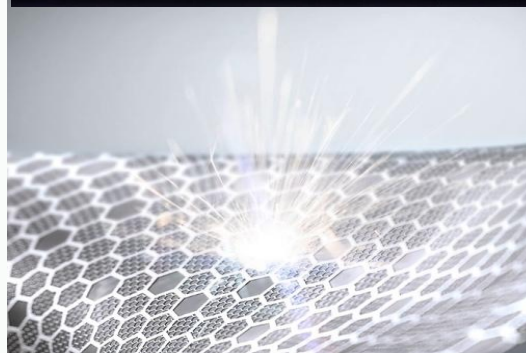
32



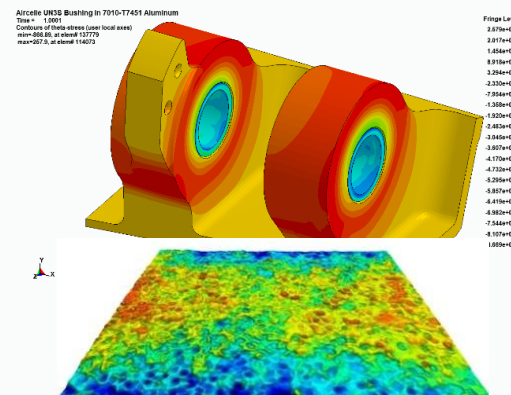
5,5 M€/2024



1 brevet



Préparation et
Fonctionnalisation des
Surfaces par laser



Analyse des contraintes
résiduelles, de surface
& simulation numérique



Intégration, développement
de solutions industrielles et
smart robotique

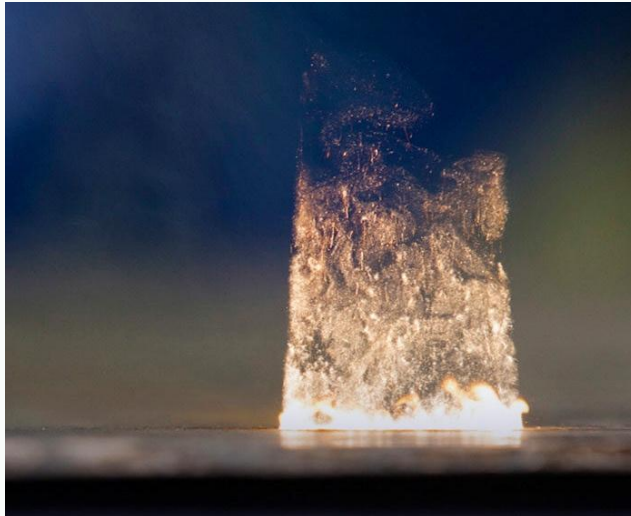
EcoLAS - Contexte



Meliad



Solution robotisée, efficace, reproductible, viable et sécurisée de décontamination par technologie laser dans un environnement contraint (boîte à gants).



Verrou : évaluer le comportement des poudres et métaux des déchets sélectionnés vis-à-vis de la technologie laser - pyrophoricité



→ Résultat

→ Parades

Métaux

Les boulets d'**Uranium**, les nacelles et sabots en **molybdène**, les pièces massives en **inox/acier**

- Pas de pyrophoricité des métaux (U, Mo et acier)
- Si poudre d'U sur les boulets => risque de réaction exothermique

Poudres

Oxydes d'uranium (UO_2), de plutonium (PuO_2), les oxydes mixtes d'uranium et de plutonium ($(\text{U}, \text{Pu})\text{O}_2$)

- Lors du tir laser sous air, possibilité de réaction légèrement exothermique qui peut conduire à une augmentation de température sur :
- Les surfaces traitées en BâG (métaux)
 - La gaine d'aspiration (si rétention) ;
 - Le système d'aspiration

Exclusion des boulets d'U dans le cadre du projet

Système d'aspiration : pas de filtres papier – conception entièrement métallique

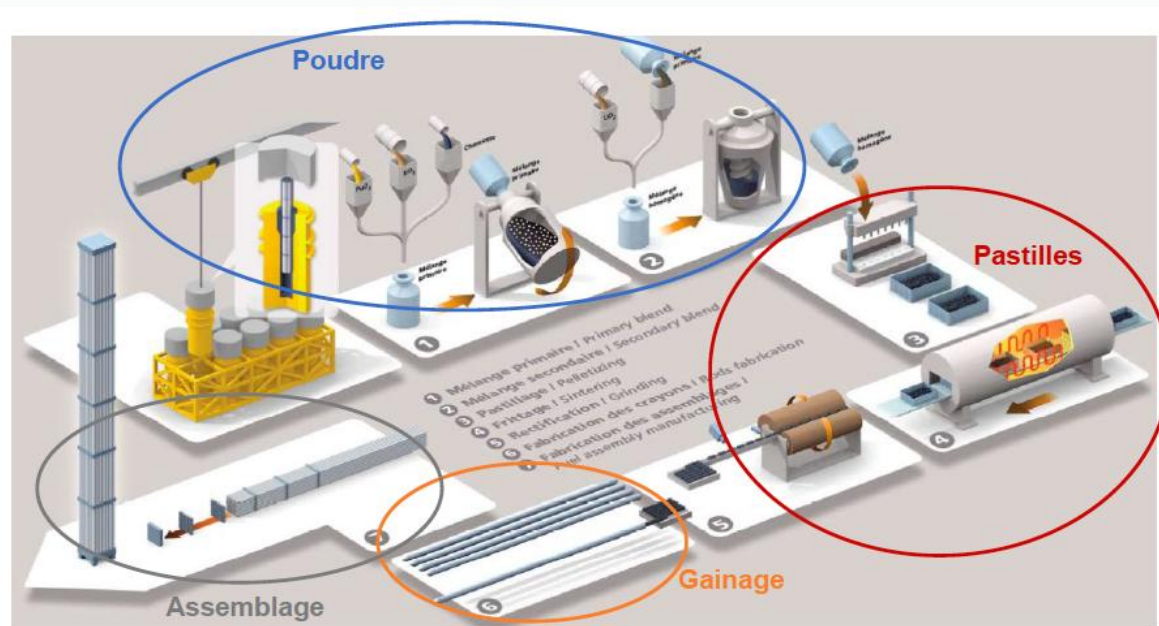
Gaine d'aspiration : gaine antistatique pour limiter le dépôt de poudre – travail sur le flux d'aspiration

Inventaire déchets et faisabilité laser

Nacelle en Molybdène



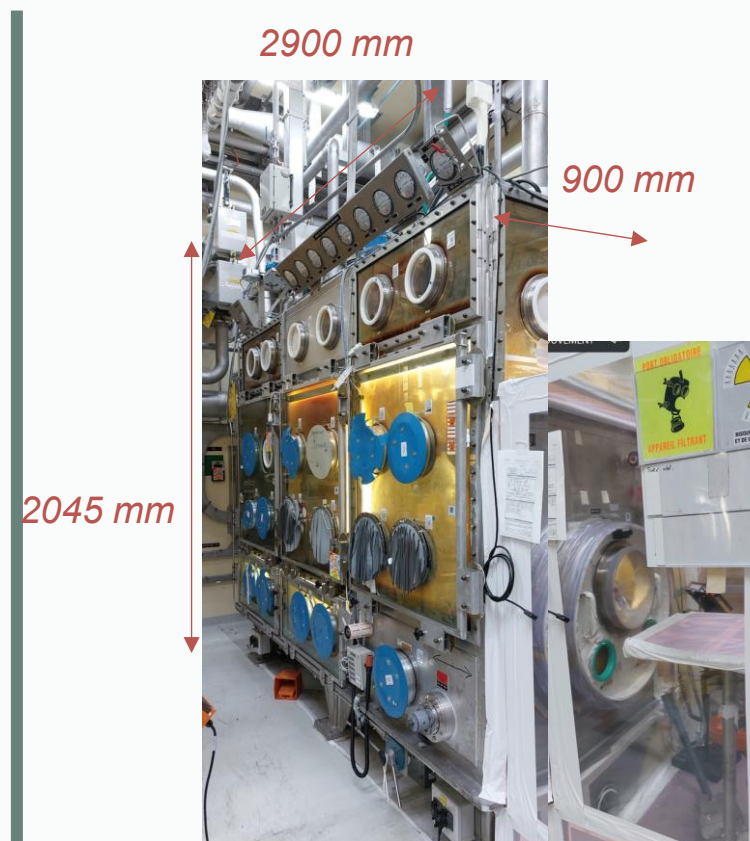
Sabot en Molybdène



Broches d'entraînement et de rectification en aciers (40MCD8 et C35)

Plaques de frottements (presse)

Contraintes de mise en œuvre (ORANO MELOX) – BaG « VDU »

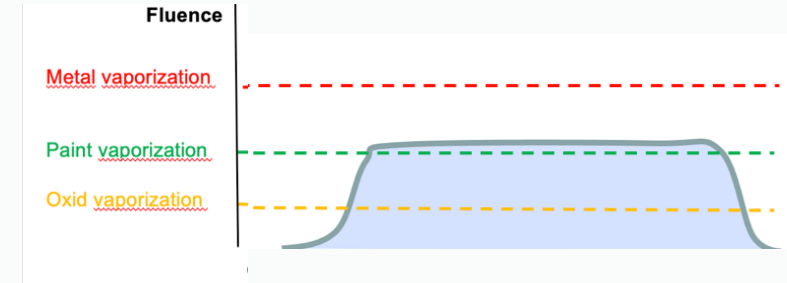


Objectif : déclassement + valorisation des poudres

Verrou 1 – Décapage sélectif pour valorisation des poudres

Objectif : ne pas ablater au-delà de la couche contaminée afin de préserver le substrat métallique.

- Résultat : une fluence seuil a été définie, permettant un décapage précis du simulant.
- ✓ Poudres récupérées non polluées, valorisables en recyclage.



Verrou 2 – Éviter la redéposition des particules

Empêcher que des particules éjectées se redéposent sur le métal chaud, risquant une incrustation.

- Résultat : les essais montrent une aspiration complète du simulant, sans redéposition.

Verrou 3 – Préserver la BàG de toute contamination

Éviter que la boîte à gants (BàG) soit contaminée par les poudres éjectées.

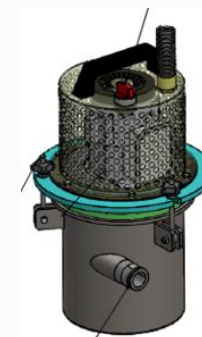
- Résultat : les essais confirment une aspiration complète du simulant, sans dispersion résiduelle.

Verrou : choix des simulants pour la réalisation d'essais en inactif permettant de qualifier le système d'aspiration-filtration des particules/ définition du mode opératoire de préparation des échantillons

Critères de choix	Cas d'usage	→ Simulant retenu
Densité Granulométrie Couleur Température fusion	Poudre et pastille crue	Poudre d'oxyde de Nickel verte
	Pastille crue + REX MELOX essais aspiration oxyde de cérium	Mélange poudre d'oxyde de Cérium (90% - beige) + oxyde de fer (10% pour la coloration – noir)
	Pastille frittée et rectifiée	Grenaille d'Inox 304L

Verrou : choix du système d'aspiration vs géométrie sous-critique

→ Résultat : *aspirateur Air Tec « V1 1000 bis modifié » avec filtre métallique*



Essais laser sur matériaux de référence

Molybdène / acier C45 / acier 40MCD8

Verrou 1 – Détermination de la fluence seuil d'ablation

Objectif : identifier les paramètres laser permettant de retirer uniquement la contamination sans altérer les substrats métalliques.



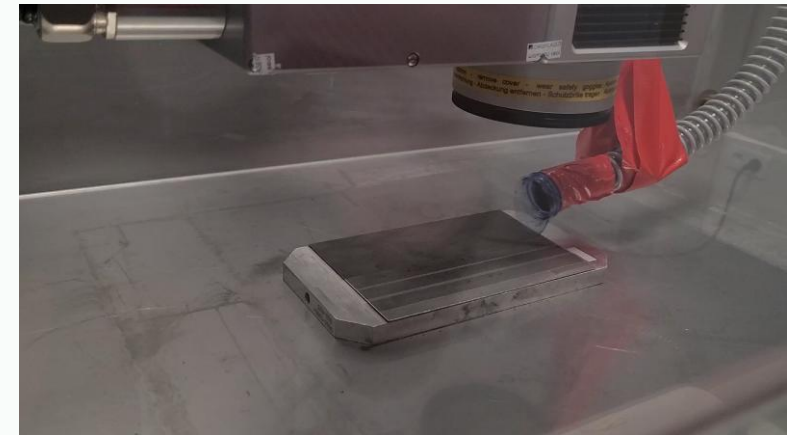
Verrou 2 – Efficacité du système d'aspiration/filtration

Objectif : vérifier que les particules éjectées (simulants) sont intégralement captées lors du tir laser.



Verrou 3 – Qualification du système simulant/fixant

Objectifs : développer un système représentatif des conditions réelles de contamination ET valider l'efficacité du traitement laser sur ce système sans endommager le métal de base.



Choix des concepts

- A partir des études et contraintes de mise en œuvre
- Portage de la tête laser et non des pièces
- Bras Kinova à travers un rond de gant imposé par l'usine de ORANO Melox

Déroulement

- Modélisations pièces et BàG
- Fabrication d'une BâG jumeau physique
- Simulations pour choisir le robot
- Jumeaux numériques pour valider les trajectoires
- Innovations technologiques Click2Go et fibre déconnectable
- Réalisation démonstrateur concept 1
- Réalisation démonstrateur concept 2
- Analyse et avis sûreté nucléaire

ECOLAS — Réalisations



ECOLAS – Conclusions



Meliad



Conclusions

Comportement des métaux et poudres vis à vis du tir laser - Seuils d'ablation – récupération et recyclage des poudres des radioéléments U, Pu – revalorisation de la matière

Efficacité du système d'aspiration (vs géométrie sous-critique) - Recherche et mise en œuvre de la meilleure solution d'aspiration des poussières issues de la décontamination par laser, et maîtrise du rebut récupéré.

Fibre déconnectable « passe-cloison » - système de déconnexion/reconnexion rapide de la fibre développée spécifiquement

Avis sûreté nucléaire émis : revue des exigences sûreté MELOX validée à ce stade (avec parades et dispositions de prévention)

Solution robotisée TRL 5 sécurisée permettant le traitement de l'ensemble des déchets à traiter peu importe leur nature, leur forme et leur taille

« Orano est convaincu du bien-fondé de cette solution qui élargit la palette d'outils de décontamination en milieu contraint et réaffirme sa confiance pour viser un transfert industriel à court terme, afin d'équiper les unités de traitement, les ateliers de conditionnement et les installations en démantèlement, avec une réduction significative des DSR (déchets secondaires radioactifs), une diminution de l'exposition opérateur, et une optimisation des temps d'intervention. »



Meliad

Expertise &
technologies industrielles