

TRANSversal Actions for Tritium

**C Grisolia, T Gilardi, I Cristescu, C Moreno, P Fichet, V Malard, A Jha,
S Reynolds, D Coombs, S Markelj, D Meyer, G Szendro
and all TRANSAT Contributors**

Colloque FR-FCM ITER, mai 2022, Montauban



TRANSAT received funding from the Euratom Research and Training Programme 2014-2018 under grant agreement No 754586. The content in this presentation reflects only the views of the authors. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains.

Objectifs de TRANSAT

- **Évaluer les technologies permettant :**
 - **De minimiser/contrôler la perméation du tritium à la source.**
 - **De capter et de stocker le tritium provenant du traitement des déchets métalliques et des effluents liquides et gazeux.**

et

- **Evaluer l'inventaire global du tritium à l'aide d'outils de modélisation reconnus.**
- **Affiner les connaissances sur la radiotoxicité, la radioécologie, la radiobiologie, la dosimétrie et la métrologie du tritium,**
- **Développer des solutions techniques de détritiation et de gestion des déchets**

❑ Activités transversales fusion/fission

❑ Pas de duplication des travaux en cours EuroFusion ou passés EFDA, ...



Organisation du programme de travail

- Total budget: **€5,068,135.23**
- EU requested contribution: **€3,999,259.69**
- Duration: **54 months (09/2017, 02/2022)**

WP1	Développement et test de barrières de perméation + traitement des gaz tritiés
WP2	Mesure de l'inventaire tritium (diagnostics) et modélisation
WP3	Impact de produits tritiés sur l'environnement et la santé humaine (dosimétrie)
WP4	tritium et traitement de déchets
WP5	Dissémination, Communication, ...
WP6	Management



18 Partenaires de 8 pays EU

No	Short name	Full name	Country
1	CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives	France
2	AMU	Aix Marseille University	France
3	CIEMAT	Centro de Investigaciones Energeticas Medioambientales y Tecnologicas	Spain
4	CORIA	COMplexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie	France
5	DH PHE	Public Health England	U.K.
6	ENEA	Italian National Agency of New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development	Italy
7	IFIN HH	Horia Hulubei National Institute for Physics and Nuclear Engineering	Romania
8	IIT	Fondazione Istituto Italiano di Tecnologia	Italy
9	INFLPR	Institutul National De Cercetare Dezvoltare Pentru Fizica Laserilor Plasmei Si Radiatiei	Romania
10	IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire	France
11	JSI	Jozef Stefan Institute	Slovenia
12	KIT	Karlsruhe Institute of Technology	Germany
13	LGI	LGI consulting	France
14	RATEN	Regia Autonoma Tehnologii Pentru Energia Nucleara	Romania
15	SCK-CEN	Studiecentrum voor Kernenergie/Centre d'Etude de l'Énergie Nucléaire	Belgium
16	UKAEA	UK Atomic Energy Authority, Culham Center for Fusion Energy	U.K.
17	UNIPV	University of Pavia	Italy
18	UOP	University of Plymouth	U.K.



TRANSAT: quelques exemples d'approches communes

➤ **Traitement des gaz tritiés opérationnels (contrôle des rejets) :**

- Fission : Astrid (GENIV)
- Fusion : plasma ou TBM

Aujourd'hui, en fission, aucun traitement envisagé car faible production tritium gazeux. Cependant, le rejet tritium est potentiellement beaucoup plus élevé en GEN IV.

- **Actions :**
 - **Bilan des rejets opérationnels de tritium gazeux.**
 - **Examen des différents traitements envisagés**
 - **Tests de quelques solutions pertinentes**

➤ **Développement de barrière de perméation (contrôle des rejets) :**

- Fission : GEN IV (ASTRID)
- Fusion (ITER/DEMO) : Breeding system/Composés face au plasma

- **Action :**
 - **Développement et test en tritium de barrières de perméation**



TRANSAT: quelques exemples d'approches communes

- **Développement de mesures précises du tritium dans les LLW (gestion des déchets) :**
 - Quantité de déchets tritiés va ↗ car :ans les années à venir en raison de :
 - ↗ des quantités de tritium dans GEN IV et leur traitement.
 - réacteurs de fusion

Nécessité d'une mesure précise du tritium dans les déchets tritiés (LLW)
Mesure difficile car β tritium faible énergie

- **Actions : Développement de différents diagnostics :**
 - **Autoradiographie** (Fission → Fusion) (mesure rapide conta. de surface)
 - **LIBS** (Fusion → Fission) (surface et profilométrie)
 - **NRA/IBA** (Fusion → Fission) (surface et profilométrie)



TRANSAT: quelques exemples d'approches communes

- **Modélisation globale migration du tritium dans les réacteurs (prédiction des rejets) :**
 - Fission : KUTIM (GEN IV ASTRID)
 - Fusion : EcosimPro (ITER, DEMO)
 - **Action : Benchmark de KUTIM et EcosimPro sur le design conceptuel d'ASTRID.**
 - **Comparaison des résultats du calcul pour :**
 - **les activités du tritium et les concentrations d'hydrogène dans chaque circuit,**
 - **les flux de transfert de tritium à travers les parois des principaux composants,**
 - **les rejets de tritium dus à la perméation (tritium gazeux)...**

ASTRID: Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration



TRANSAT: quelques exemples d'approches communes

- **Mesure de l'inventaire en tritium in « soft waste » (gestion des déchets).**
 - Aujourd'hui : l'inventaire en tritium dans un conteneur évalué statistiquement.
 - Besoin d'une méthode globale
 - **Actions : Etude et développement d'une technique de mesure**
 - **Corrélation entre l'inventaire de tritium dans les déchets et le taux de rejet de tritium**
 - **Corrélation entre l'inventaire des déchets de tritium et l'inventaire de tritium dans le liquide de lavage**
 - ...
 - **En fonction des résultats : proposition de la méthodologie de mesure**
- **Développement d'un conteneur pour le stockage des déchets (gestion des déchets)**
 - Développement d'un conteneur pour le stockage en couche géologique profonde
 - Avec un contrôle optimal de la libération du tritium (pas de marquage environnemental)
 - **Actions :**
 - **Sélectionner les matériaux, tester la perméabilité (basse température).**
 - **Proposer une solution**



TRANSAT: quelques exemples d'approches communes

- Étude du comportement dans l'environnement et de la toxicité des particules d'acier et de ciment tritiées produites lors du démantèlement des usines de tritium (**Activité unique au monde**)
 - Actions :
 - Production de particules pertinentes, caractérisation, tritiation.
 - Etudes écotoxicologiques :
 - 1/ Modélisation du transport des particules dans l'atmosphère et du dépôt sur l'herbe.
 - 2/ Transformation environnementale des particules dans un modèle de marre (mésocosmes).
 - 3/ Etudes de toxicité et de génotoxicité des particules sur des moules.
 - Études de radiotoxicologie / radiobiologie / **dosimétrie** :
 - 1/ Études de toxicité et de génotoxicité de ces poussières sur des modèles pulmonaires humains in vitro.
 - 2/ Etude de la biocinétique des particules tritiées inhalées sur des modèles de rongeurs et développement de modèles biocinétiques.



Dissemination, Communication & Stakeholders Engagement

Disseminate the knowledge acquired

- Participation at workshops and conferences e.g. PSI, SOFT, TRITIUM
- Publication of articles in per-reviewed journals: 11 papers

Organization of two summer schools

Second tritium school:

- Virtual
- 369 participants;
- Interdisciplinary community from fusion, fission and biology;
- Worldwide participants
- 28 Invited lectures on:
 - tritium management;
 - migration, inventory and control;
 - tritium waste;
 - Radiotoxicity/ecotoxicity, Epidemiology and dosimetry

FIRST TRITIUM SCHOOL

Ljubljana, Slovenia
25-28 March 2019

ABSTRACT DEADLINE
30 September 2018

TOPICS COVERED
(tritium in fusion and fission):

- Tritium management
- Tritium detection
- Tritium migration
- Tritium inventory and control
- Tritium waste
- Radiotoxicity / Ecotoxicity
- Epidemiology of Tritium
- Tritium dosimetry

ORGANISING COMMITTEE
Christian Cristescu, France
Karine Liger, France
Ion Cristescu, Germany
Carlos Moreno, Spain
Veronique Mallard, France
Dave Coombs, UK
Sabina Markelj, Slovenia
Robert Vale, UK

TRANSAT
www.transat-h2020.eu

SECOND TRITIUM SCHOOL

14-18 June 2021
Online
Registration open until 15 May

TOPICS

- Tritium management
- Tritium detection
- Tritium migration
- Tritium inventory & control
- Tritium waste
- Radiotoxicity/ecotoxicity
- Epidemiology of tritium
- Tritium dosimetry

ORGANISING COMMITTEE
Christian Cristescu, France
Sabina Markelj, Slovenia
Thierry Gilard, France
Thierry Criste, France
Sabina Markelj, Slovenia
Ion Cristescu, Germany
Carlos Moreno, Spain
Veronique Mallard, France
Dave Coombs, UK
Robert Vale, UK

ORGANISERS
Thierry Criste, Aix-Marseille University
Sabina Markelj, Jozef Stefan Institute
Christian Cristescu, CEA

REGISTRATION
[CLICK HERE](https://bit.ly/2L7h9tV) <https://bit.ly/2L7h9tV>

CONTACT
transat-school@jssi

www.transat-h2020.eu

Engage stakeholders and raise awareness

- Established contact with ANDRA, ITER, Nuclear Valley, ORANO.

Public communication - logo, newsletter, web page, flyer...

4-4 YEAR PROJECT

TRANSAT
TRANSVERSAL ACTIONS FOR TRITIUM

3 KEY OBJECTIVES

- Tritium culture and new technologies to manage tritium release
- The development of virtual tools to manage tritium release, inventory, migration, waste and radiotoxicity
- The development of tritium management in fusion and fission facilities

www.transat-h2020.eu

TRANSAT
TRANSVERSAL ACTIONS FOR TRITIUM

Newsletter 1 - www.transat-h2020.eu

Subscribe to the TRANSAT newsletter and get fresh news about the project!

We'd love to keep you in the loop about the latest achievements and results generated in the TRANSAT project, plus the latest reports published and our events. If you haven't subscribed yet and would like to continue hearing from us please click the button below to opt in. It only takes one minute!

[OPT IN](#)

transat-h2020.eu/



TRANSAT received funding from the European Research and Training Programme 2014-2018 under grant agreement No 754506.

www.transat-h2020.eu

This project received funding from the European Research & Training Programme 2014-2018 under grant agreement n° 754506. The content of this flyer reflects only the author's view. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains.



Quelques exemples de résultats

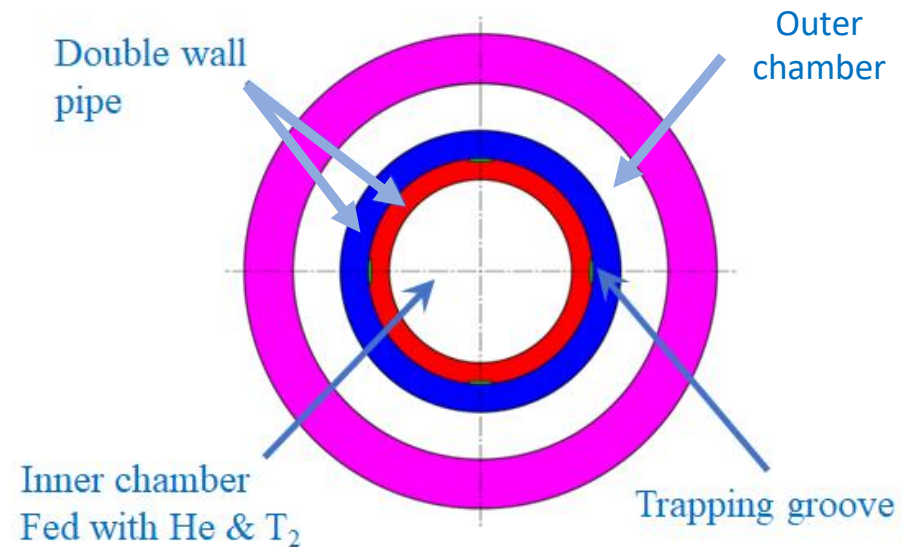


Development and test of active permeation barriers: control of tritium permeation in a double wall pipe configuration (KIT)

- Active barriers against tritium permeation have been developed as complementary option to Al_2O_3 coatings.
 - Permeation reduction factor (PRF) > 3000 achieved by implementing an active barrier concept; potential developments for PRF higher than 10^3 .
- Conceptual design of a heat exchanger with double tube sheet and double-wall tubes



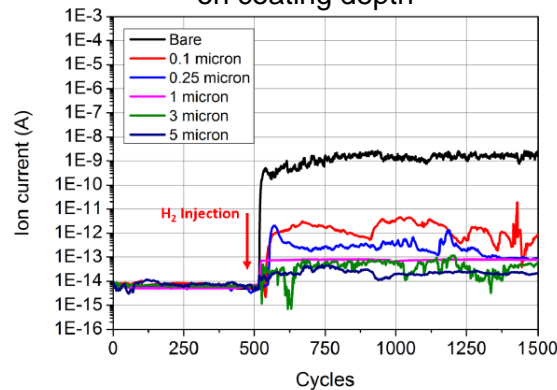
Active barrier concept tested with tritium at TLK



Validation of coatings against tritium permeation (ENEA)

Alumina coatings on 316L by Pulse Laser Deposition (PLD)

Permeation test depending on coating depth



Test on the APRIL set up (Alumina-coating for tritium Permeation Reduction for innovative LFR) (LFR : Lead Fast Reactors)

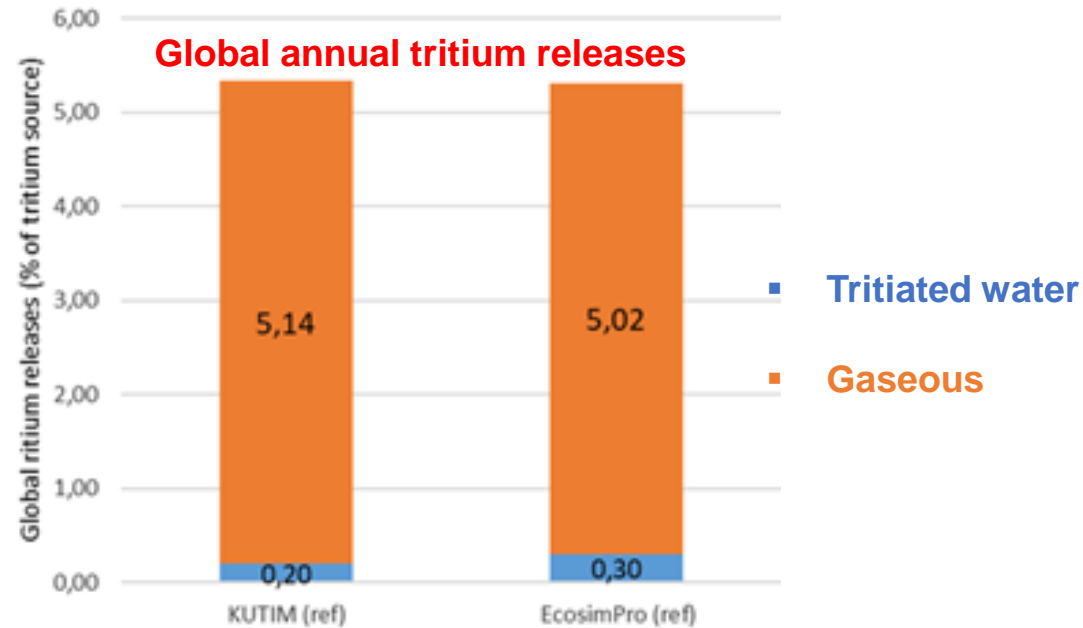
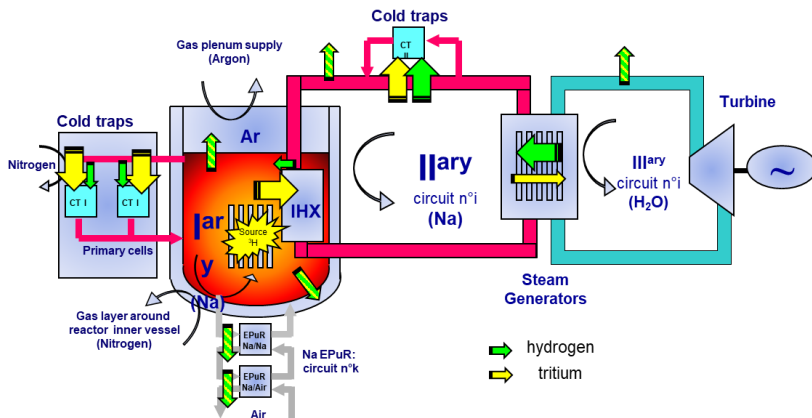
Experimental conditions:

- Temperature: 480°C (operative temperature of LFR HX)
- Gas: Helium + Deuterium at 0.5% (5000ppm)
- Amount of water for each water pipe: 8 ml



Modelling of the tritium migration in plant/processes (tritium releases) (CIEMAT, CEA)

Sodium Fast Reactor conceptual design

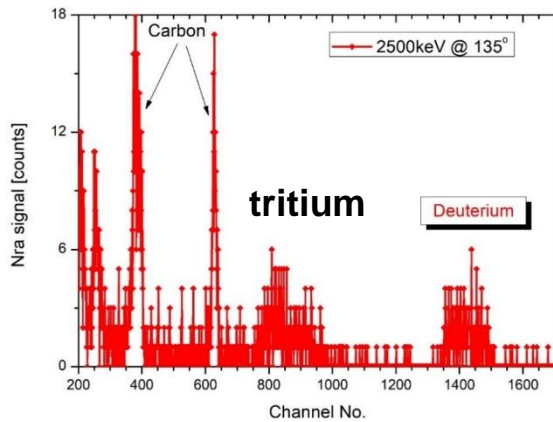
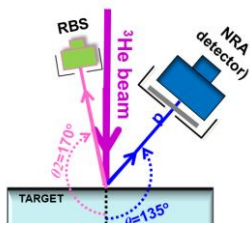


Comparison KUTIM and EcosimPro
(ASTRID design)

Tritium diagnostics (JSI, CEA, CORIA)

Nuclear Reaction Analysis

Goal: measurement of T in material up to few μm

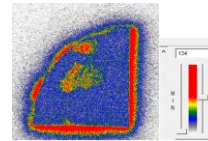


JSI

Autoradiography

Goal: development of a new camera (Silicon Photo-Multiplier)

1. First trials with Phosphor screen and W samples (validate Tritiated samples)



2. Test of 64 SiPM in contact with a T source

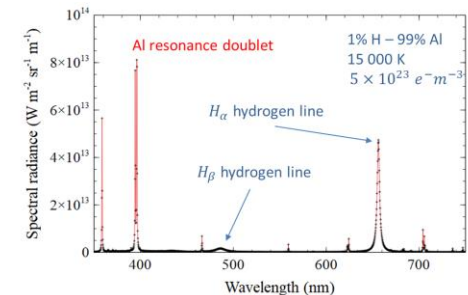


CEA

LIBS

Goal: LIBS limit of detection for LLW metallic materials

- ps laser
- double ps pulse
- Development with hydrogenated samples

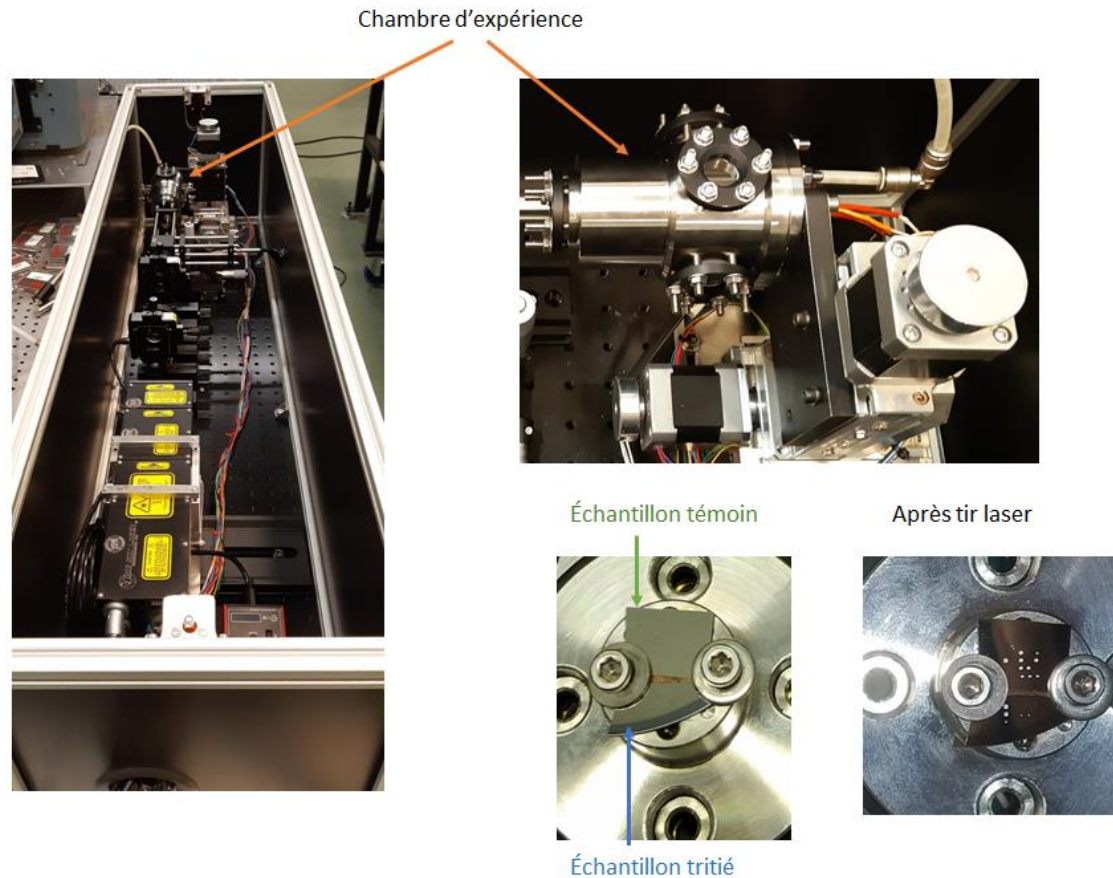


- First trials with tritiated samples in 2021

CORIA



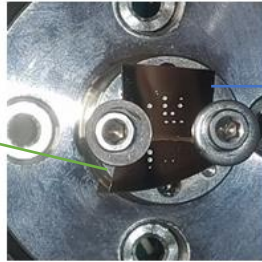
Tritium diagnostics: LIBS (ns) on Tritiated samples (CORIA, CEA)



Tritium diagnostics: LIBS (ns) on Tritiated samples (CORIA, CEA)

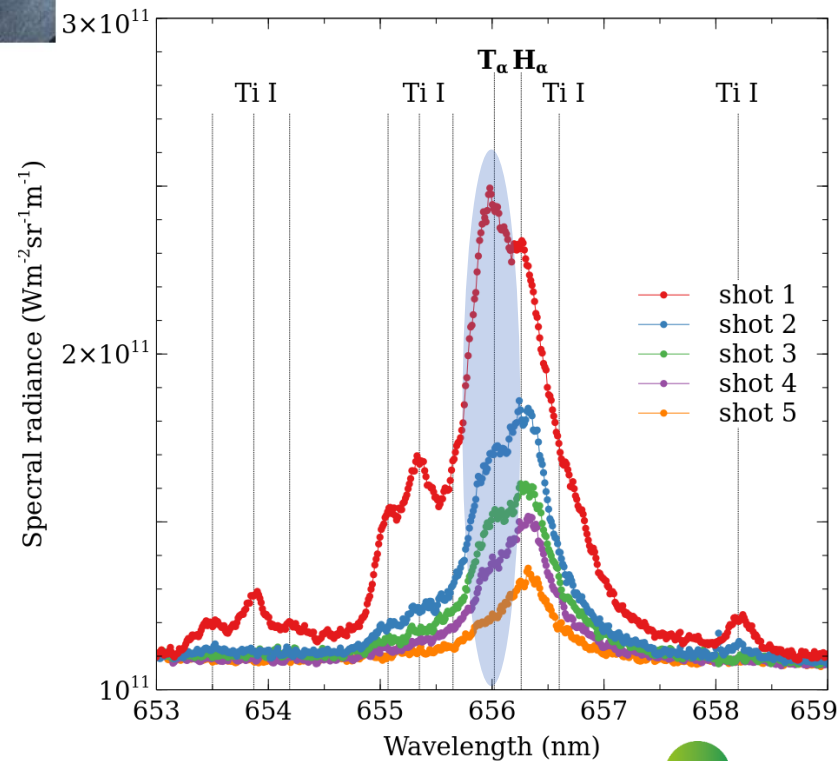
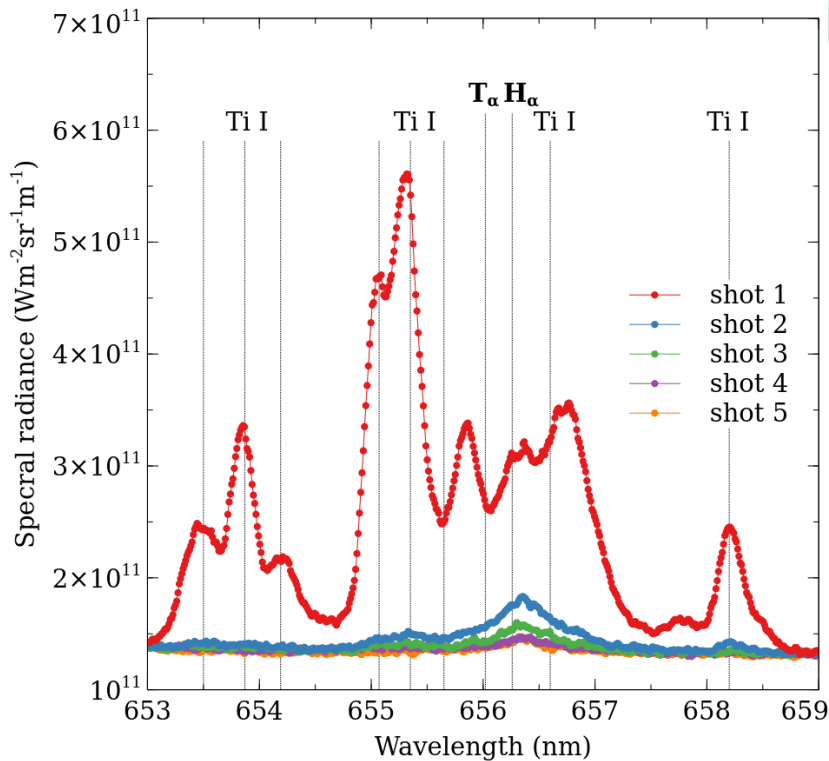
Pd ~ 17 nm
Ti ~ 59 nm
Si

LIBS Échantillon témoin



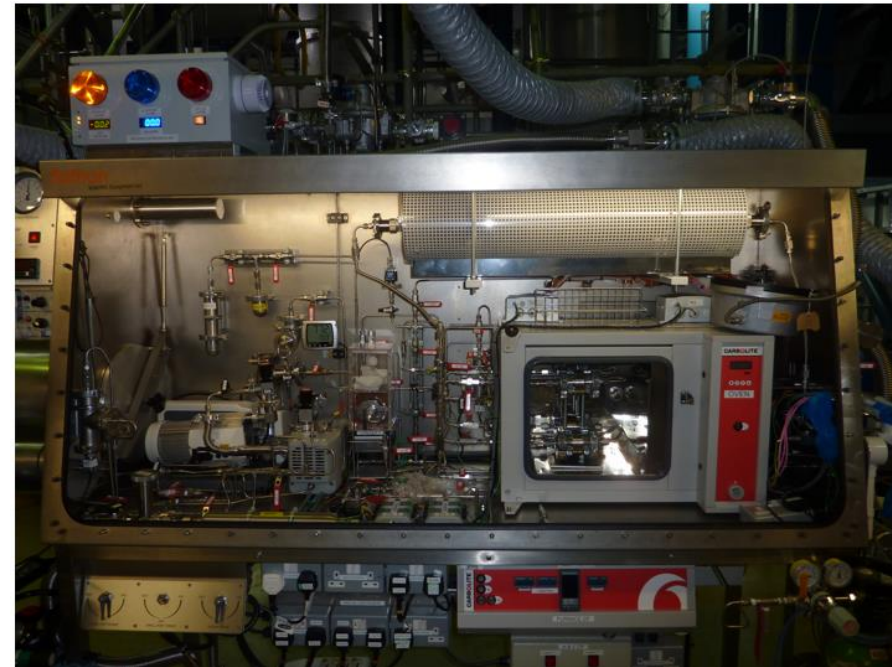
Pd ~ 17 nm
Ti - T ~ 59 nm
Si

LIBS Échantillon tritié



Tritium issues in Waste Processing and decommissioning (UKAEA)

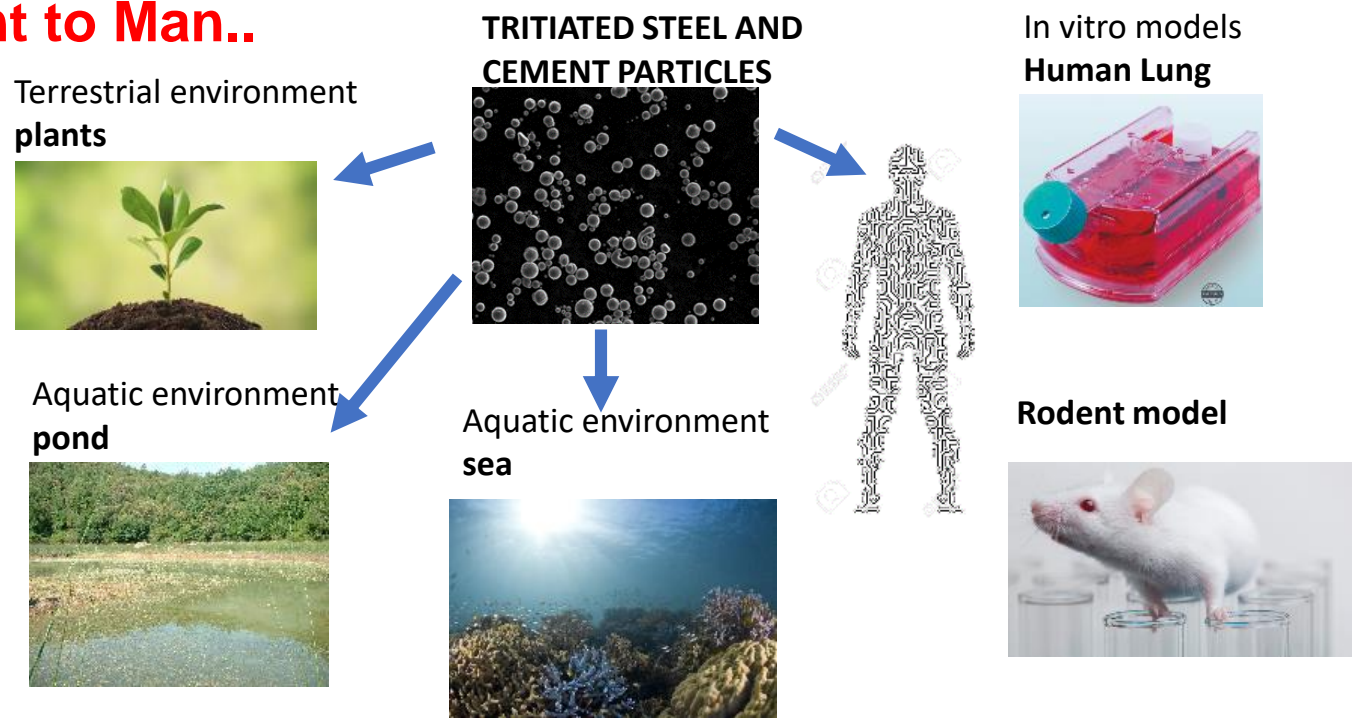
- ❑ **Tritiated waste containers** need to demonstrate effectiveness as barrier to emission of all forms of tritium
- ❑ Experimental measurement of current container materials permeability for HT and HTO mixture



Permeation experiment rig

Radiotoxicity, radioecology, radiobiology and dosimetry of tritiated particles produced during dismantling

From plant to Man..



Fate in the environment: tritiated steel particles in mesocosm (CEREGE, BIAM, IMBE, CEA)

Pond ecosystem



- 6 mesocosms (250 x 70 x 200 mm)

- **16 L of water / tank** : Volvic®

- **2.3 kg of sediments / tank**

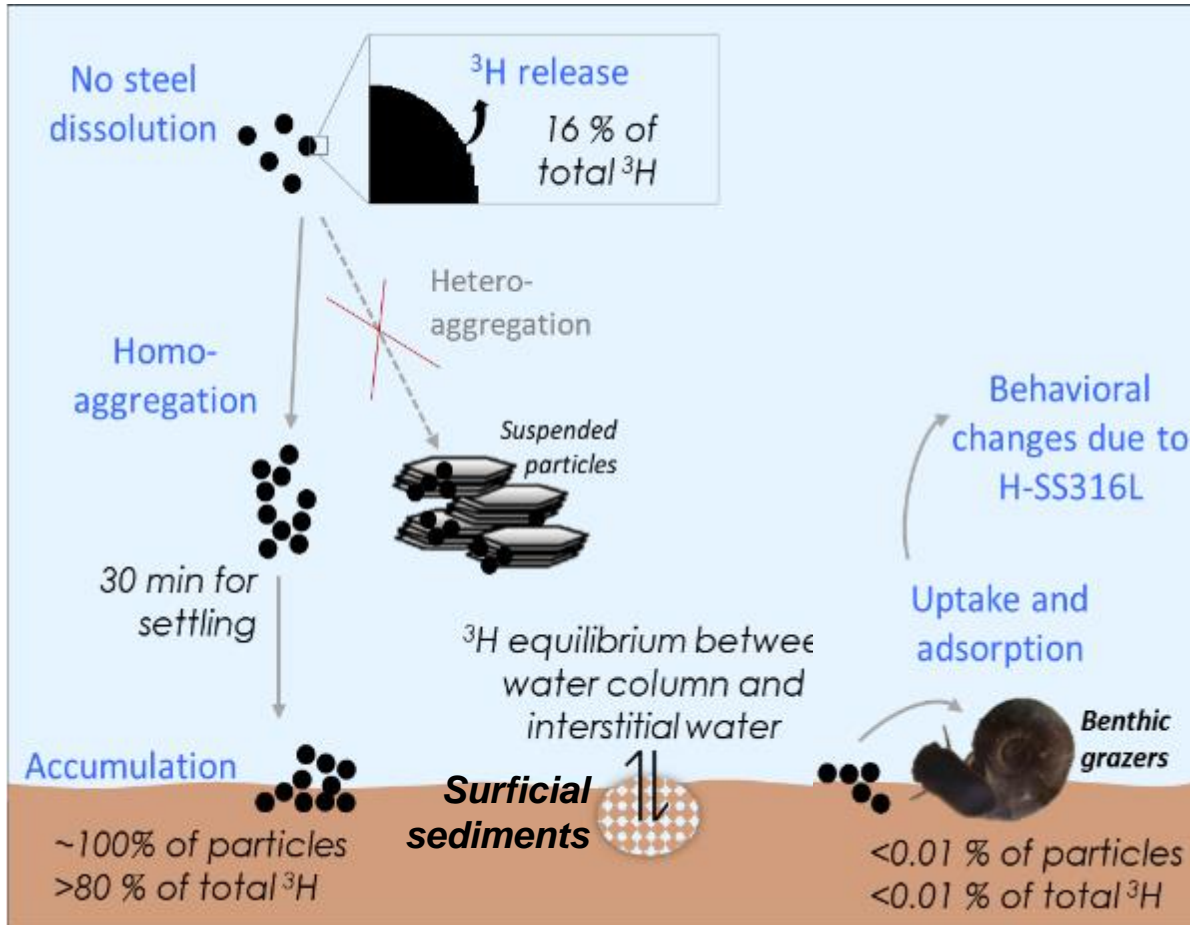
79% SiO₂, 20% of kaolinite, and 1% of CaCO₃

- 4-6 benthic grazers



- Quelle est la principale voie de contamination d'un écosystème d'eau douce exposé à des particules d'acier tritié libérées lors du démantèlement ?
- Quelle niche écologique est la plus exposée et la plus sensible au 3H dissous ou lié aux particules d'acier ?
- Quelle est la contribution du tritium lié aux particules d'acier en termes de dosimétrie et d'impact environnemental ?

Fate in the environment: tritiated steel particles in mesocosm (CEREGE, CEA)



- Pas de dissolution des particules dans l'eau
- Agrégation et décantations rapides
- Élimination rapide des particules d'acier de la colonne d'eau avec accumulation majeure des particules d'acier dans les sédiments superficiels.
- Libération rapide de 3H dans la colonne d'eau (16%)
- >85% du 3H est resté associé aux sédiments ou au SS316L
- Adsorption sur la carapace des herbivores et absorption de [3H] et de SS316L (<0,01%).
- Exposition plus élevée de la niche écologique benthique : >80 % du 3H lié aux particules hypothétiquement libéré

Development of a specific biokinetic models (DPE, IRSN)

DATA FROM Rachel Smith (PHE)

- *Exposure of laboratory rodents by intratracheal instillation to tritiated steel particles.*
- *Determination of levels of tritium in various body tissues*

From rat to human... **dose coefficients for workers exposed to tritiated steel particles.**

For steel particles, with an AMAD of 13.3 μm the corresponding committed effective dose coefficient is 3.3×10^{-12} Sv/Bq.

Such results could valuably be considered in future revisions of ICRP biokinetic models and dose coefficients for tritium in case of accidental exposure to aerosols generated during sawing operations of steel pieces.

AMAD : activity median aerodynamic diameter

ICRP : INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION



Conclusions

- **TRANSAT built through a strong interaction between fusion/fission experts (a success!)**
- **Common actions of interest assayed and supported**
- **TRANSAT focused on:**
 - **Management, production and detection of tritium,**
 - **Control of tritium gas releases,**
 - **Tritium inventory measurement and modelling,**
 - **Tritiated waste management,**
 - **Impact of tritiated products (mainly dust) on environment and human health**
- **TRANSAT major objective: train people on tritium main open issues**
 - ➔ **TRANSAT tritium schools** (<http://transat-h2020.eu/transat-second-tritium-school/>)
- **TRANSAT has received a remarkable evaluation by independent EU experts and by its Scientific Advisory Committee members**



La suite de TRANSAT: le projet TITANS

(Tritium Impact and Transfer in Advanced Nuclear reactorS),
2022-2025

**C Grisolia, T Gilardi, I Cristescu, C Moreno, V Malard, A Jha,
D Coombs, S Markelj, E Bernard**



TRANSAT received funding from the Euratom Research and Training Programme 2014-2018 under grant agreement No 754586. The content in this presentation reflects only the views of the authors. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains.

TITANS

(Tritium Impact and Transfer in Advanced Nuclear reactorS), 2022-2025

- 3 years project, 3 M€, starting September 2022
- 21 European contributors (UK partners exceptionally financed by EC)
 - France : CEA, AMU, IRSN, URN (CORIA) et LGI
- CEA (IRFM) coordination
- 3 scientific WPs:
 - WP1 (I Cristescu, KIT)
 - **Amélioration des barrières de perméation + gestion des déchets tritiés**
 - Amélioration des performances des barrières de perméation.
 - Développement d'une installation mobile de détritiation de l'eau (économie circulaire).
 - Qualification d'une matrice cimentaire pour le stockage de poussières tritiés
 - Suivi d'un chantier de démantèlement d'une installation tritié



TITANS

(Tritium Impact and Transfer in Advanced Nuclear reactorS), 2022-2025

- WP2 (C Moreno, CIEMAT)
 - **Mesure et modélisation du tritium dans les matériaux/installations**
 - Mesure du tritium
 - Autorad, IBA, RMN et **diag pour les aérosols**
 - Mesure du tritium dans les métaux liquides
 - Modélisation du transport du tritium : support des modélisation fines (MHIMS/FESTIM) au code système ECOSIMPRO
- WP3 (V Malard, CEA)
 - **Études de radioprotection, d'évaluation des risques et de dosimétrie suite à une exposition accidentelle à des poussières tritiées.**
 - Etudes de toxicité suite à exposition accidentelle de l'homme et de l'environnement au rejet accidentel de particules tritiées de ciment et d'acier
 - Évaluer la dosimétrie spécifique pour différents modèles biologiques (**contamination de la peau, des macrophages humains et des moules**) afin d'établir une relation **dose-effet** indispensable à l'évaluation des risques liés aux particules.



TRANSAT PROJECT TRANSversal Actions for Tritium

transat-h2020.eu/



Colloque FR-FCM, Montauban, may 2022

27

