



INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

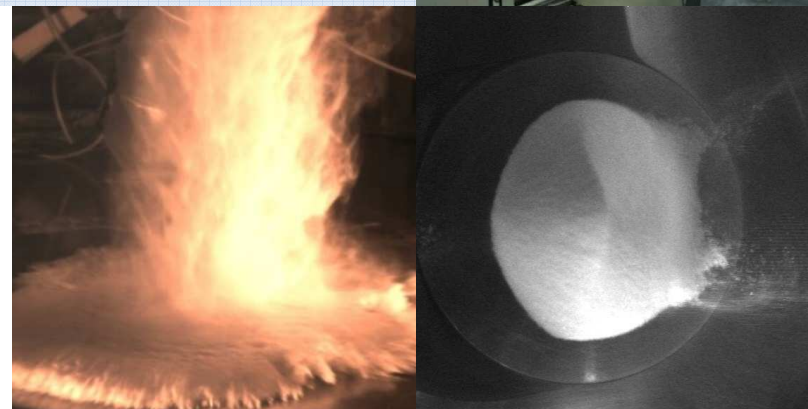
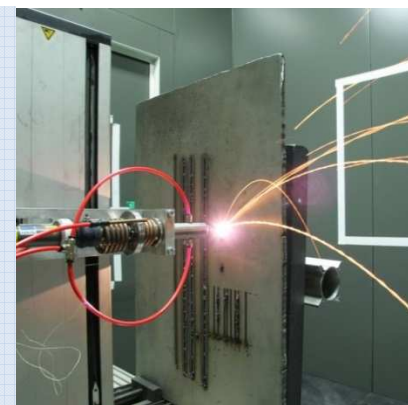
BADIMIS

Une BASE DE DONNÉES SUR LES EMISSIONS D'AÉROSOLS EN SITUATION NORMALE OU ACCIDENTELLE DANS LES INSTALLATIONS

François GENSDARMES

Samuel PEILLON

Laboratoire de Physique et de Métrologie des Aérosols
IRSN, PSN-RES, SCA, LPMA 91192 Gif-sur Yvette



Sommaire

- Introduction
- Présentation de la base
- Les mécanismes de mise en suspension avec quelques exemples
- Conclusion

Contexte

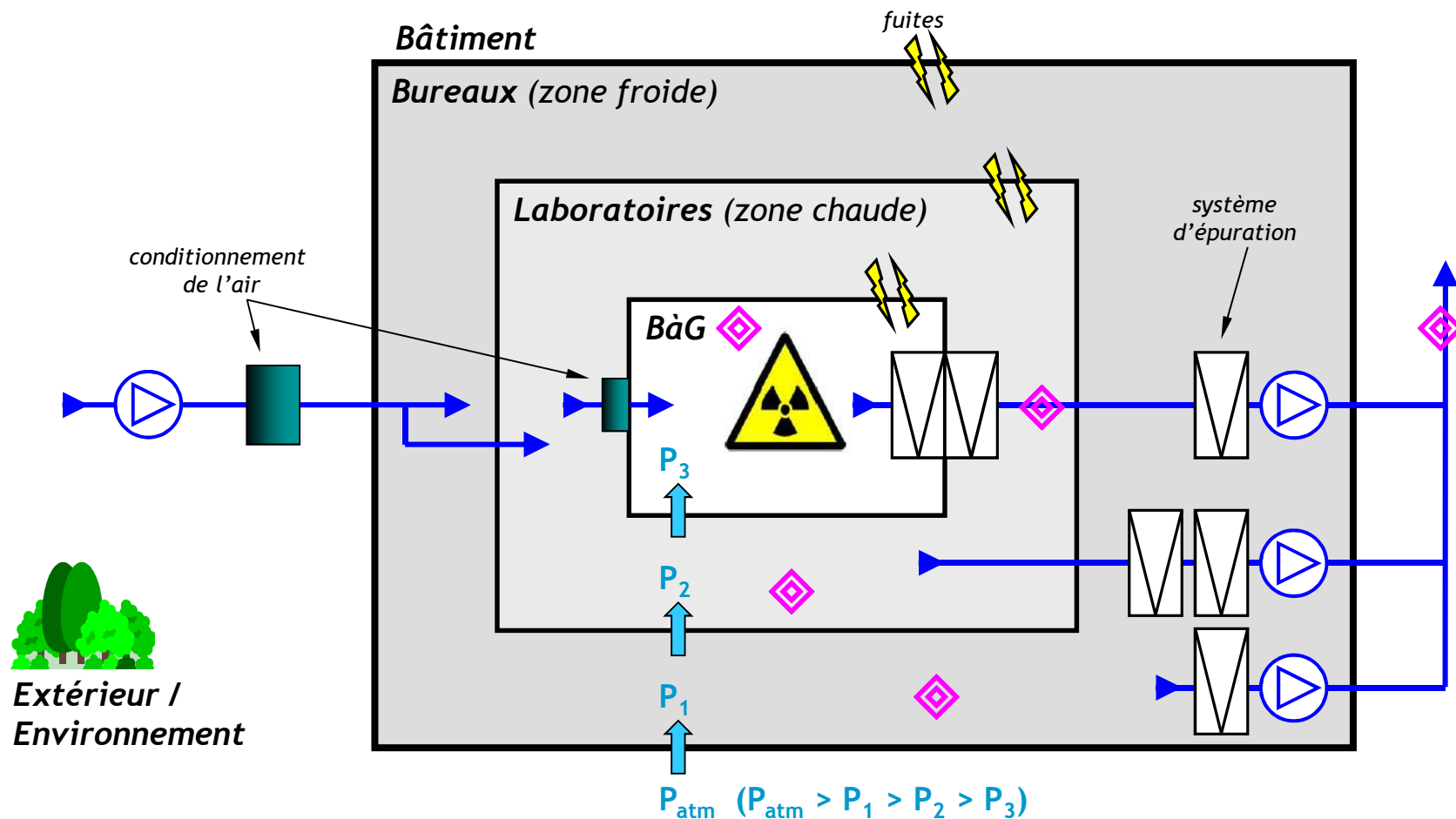
Dans l'industrie nucléaire, l'évaluation de la mise en suspension de contaminants est nécessaire à différents stades:

- L'analyse de sûreté / la radioprotection des installations
(fonctionnement normal, séisme, feu, explosion, chute d'objet, etc.)
- La conception
(dimensionnement des installations, réseaux de ventilation, instrumentation radioprotection)
- L'exploitation
(respect des règles générales, radioprotection, etc.)
- Le démantèlement
(organisation du chantier, choix des outils, réseaux de ventilation)
- Le transport et le stockage des matières et des déchets
(transfert à l'environnement, à l'homme)



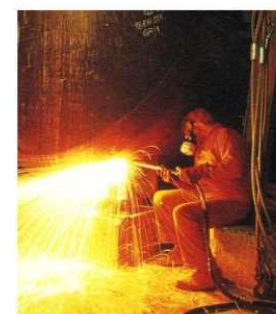
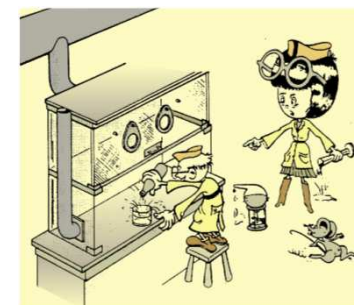
Besoin de quantifier la remise en suspension des substances radioactives pour estimer les conséquences en termes de sûreté et radioprotection pour de nombreux scénarios.

Principes de confinement en INB



En fonctionnement normal

- BâG, enceintes ou cellules avec des niveaux de contamination atmosphérique normaux élevés (interdictions d'accès, locaux avec port du masque obligatoire)
- Sorbonnes des laboratoires d'analyse des caractéristiques des matières nucléaires
- Remise en suspension, manipulations, opérations de démantèlement/assainissement



Scénarios accidentels

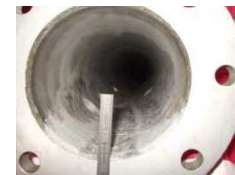
Chutes

- d'emballages de transport
- de contenants de matière, avec ou sans épandage
- de matière (poudres, liquides, pastilles...)
- de pièces contaminées

Incendies et explosions

Accidents de fusion, ruptures de gaine de combustible

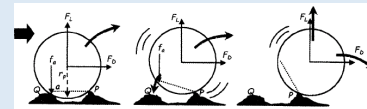
Séisme



Principes de calcul

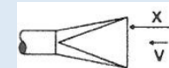
$$C_{\text{permanente ou accidentelle}} = A_{\text{matière mobilisable}} \cdot K_0 \cdot K_1 \cdot K_2$$

K_0 = mise en suspension



$$\Lambda(t) = \int_0^{\infty} p(r'_a) e^{-p(r'_a)t} \varphi(r'_a) dr'_a$$

K_1 = confinement à la source

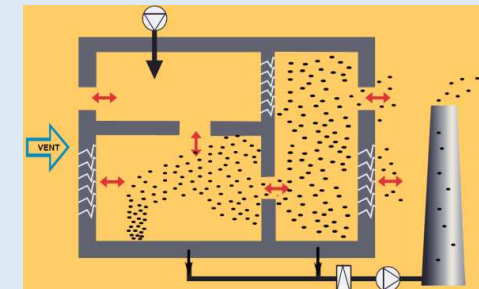


Bouche isolée sans collerette :
 $Q = (10 X^2 + A)V$

K_2 = dilution/dépôt dans le local

$$A_{\text{à l'environnement}} = A_{\text{matière mobilisable}} \cdot K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

K_3 = épuration (filtration ou confinement)



Notation et unité des coefficients variables

La métrique est généralement l'activité/la masse, très rarement le nombre ou la surface

- Introduction
- Présentation de la base
- Les mécanismes de mise en suspension avec quelques exemples
- Conclusion



Principe de BADIMIS

Outil de capitalisation de la R&D effectuée à l'IRSN sur les 15 dernières années dans le domaine de la mise en suspension de contaminants particuliers

DOCUMENTS SCIENTIFIQUES (thèses, rapports, articles, etc.)



FICHES DE SYNTHÈSE rassemblant les coefficients de mise en suspension (K_{mes})



Objectifs de BADIMIS



- Synthèse des **données existantes** dans la littérature sur la mise en suspension de particules.
- **Enrichissement** par la réalisation d'études spécifiques faites au SCA à partir des besoins en analyse de sûreté.
- Valeurs de **coefficients de mise en suspension** en fonction des matières mises en jeu et des mécanismes de mise en suspension.
- Analyse des données et **précautions** (ou limitations) d'emploi des valeurs consignées.

Les principaux coefficients de mise en suspension K_0

LE DÉBIT D'ÉMISSION

$$D_{MES} = \frac{\text{quantité mise en suspension}}{\text{temps}} \quad (\text{M.T}^{-1})$$

débit d'émission pouvant être normalisé suivant les applications (par exemple par la vitesse de découpe pour le démantèlement)

LE TAUX DE MISE EN SUSPENSION

$$T_{MES} = \frac{\text{débit d'émission}}{\text{quantité initiale}} \quad (\text{T}^{-1})$$

quantifier la mise en suspension d'une contamination continue ou ponctuelle dans le temps

LA FRACTION MISE EN SUSPENSION

$$K_{MES} = \frac{\text{quantité mise en suspension}}{\text{quantité initiale}} \quad (-)$$

quantifier la mise en suspension d'une contamination provenant d'un objet « massif » (tas de poudre, pastilles, etc.), pour un phénomène ponctuel dans le temps

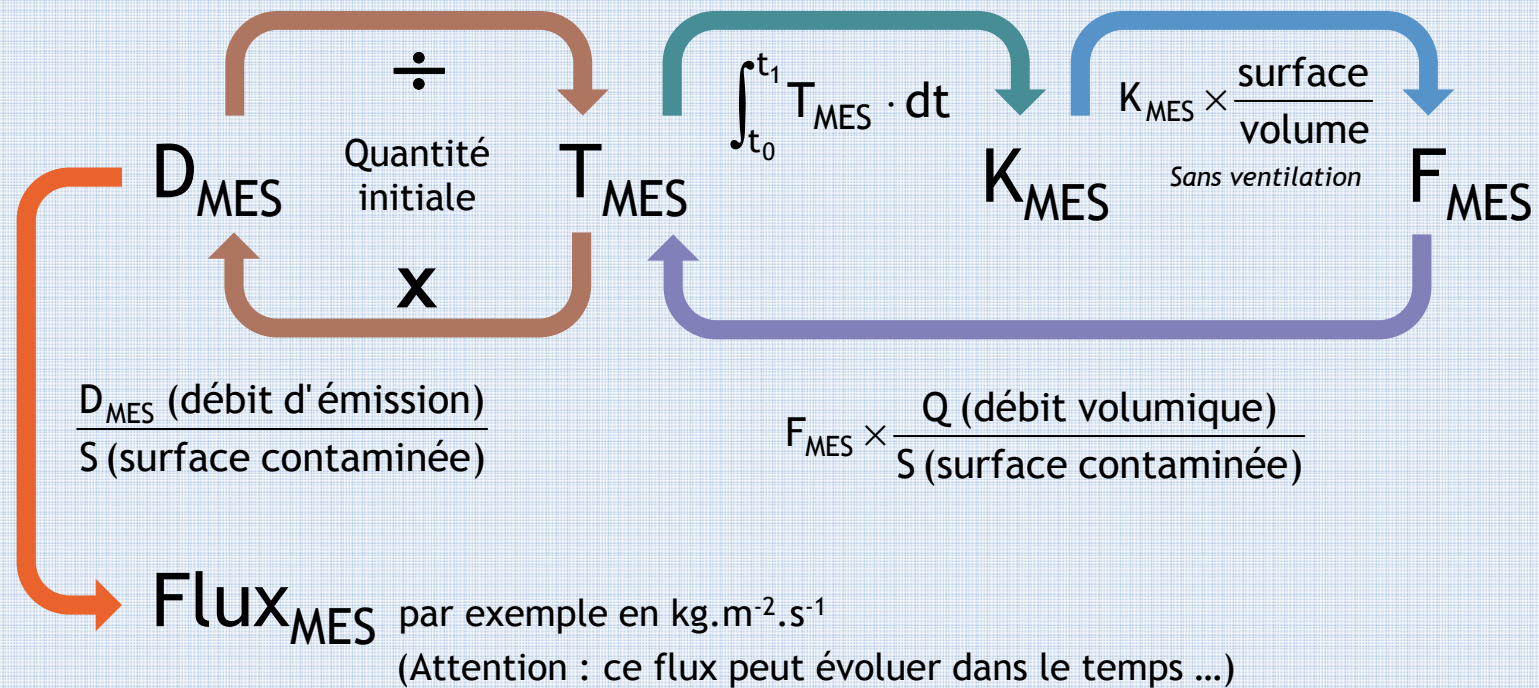
LE FACTEUR DE MISE EN SUSPENSION

$$F_{MES} = \frac{\text{concentration volumique}}{\text{concentration surfacique}} \quad (\text{L}^{-1})$$

quantifier la mise en suspension d'une contamination surfacique dans un environnement prédéfini en termes de ventilation

Les principaux coefficients de mise en suspension

LES LIENS ENTRE LES COEFFICIENTS



Encore beaucoup d'autres dans la littérature...

Page d'accueil de la base



BADIMIS

Base de Données Informatisée relative à la Mise en Suspension

Faire avancer la sûreté nucléaire

GLOSSAIRE

CONTACT

ENTRAÎNEMENT
AÉRODYNAMIQUE

DÉCOUPE

COMBUSTION

CHUTE

VARIATION DE
PRESSION

DIVERS

Importation
de
données:

Choisissez le
fichier de donnée
à utiliser pour
remplir la base de
donnée BADIMIS:

Filtres

N° fiche	Titre de la fiche	Auteur(s)	Mécanisme	Sous mécanisme	Etat et forme de la source	Nature et type de la source
1	Découpe en air de plaques d'acier par torche à arc plasma	G. PILOT	Découpe	Torche à plasma	solide	Acier doux non contaminé, Acier inoxydable non contaminé
2	Effet de la marche d'un opérateur sur la mise en suspension de plutonium sous forme liquide et poudre sur différents types de sol	Non communiqué	divers, entraînement aérodynamique	stress mécanique, léchage	Liquide séché, poudre	dioxyde de plutonium, nitrate de plutonium
3	Léchage de					
4	Combustion de sol					
5	Léchage d'u					
6	Léchage ap					

Référence du document support

Articles scientifiques, thèses, rapports de R&D, etc.

Mécanisme principal de mise en suspension

Entraînement aérodynamique, chute, variation de pression, découpe, combustion.

Sous Mécanisme

Ebullition, explosion, laser, choc, marche d'un opérateur, scie, charge sur source, pyrolyse, etc.

Caractéristiques de la source

- état et forme : boue, liquide, pastille, poudre, solide...
- nature et type : acier, Pu, MOX, Ru, simulant

Contenant de la source

boîte à gants, coupelle, fût, surface, solide

Lecture d'une fiche BADIMIS

N° fiche	Titre de la fiche	Auteur(s)
65	Mise en suspension de particules lors de la chute de contenants remplis de poudre 43 - Mise en suspension de contamination dans les conteneurs de transport 45 - Experiments to quantify airborne release from packages with dispersible radioactive materials	H-E. THYEBALT, F. GENSDARMES

Nombre de lignes 20

Titre de la fiche:	Mise en suspension de particules lors de la chute de contenants remplis de poudre	Mécanisme:	chute
Fiche:	65	Sous mécanisme:	source sur une surface
Auteur(s):	H-E. THYEBALT, F. GENSDARMES	Source: Etat et forme:	poudre dans un contenant
Document(s):	43 - Mise en suspension de contamination dans les conteneurs de transport 45 - Experiments to quantify airborne release from packages with dispersible radioactive materials	Sources: Nature et type:	pulverized fly ash, PFA, titane
		Contenants:	

Première date de diffusion

Titre de la fiche

Numéro de la fiche avec la couleur de la famille de mécanisme

Rédacteur(s) de la fiche


Référence(s) du document

Résumé du contenu de la fiche

Vignettes avec les mots-clés pouvant être utilisés dans le moteur de recherche de la base (mécanisme, sous mécanisme, état et forme de la source et nature et type de la source)

Fiche BADIMIS

Date de rédaction : 2010



INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Mise en suspension de particules lors de la chute de contenants remplis de poudre

Fiche n° 65

REDACTEUR(S) DE LA FICHE

Henry-Emmanuel THYEBALT, François GENSDARMES

DOCUMENT(S) DE REFERENCE

R. Martens, F. Lange, W. Koch, O. Nolte (2005) Experiments to Quantify Airborne Release from Packages with Dispersible Radioactive Materials under Accident Conditions. Seminar 3, Forum Eurosafe 2005 - Bruxelles, 7 et 8 Novembre 2005.

Henry-Emmanuel Thyebault, Jacques Vendel (2008). Mise en suspension de contamination dans les conteneurs de transport, étude bibliographique. Rapport DSU/SERAC/LPMA/08-11.

RESUME

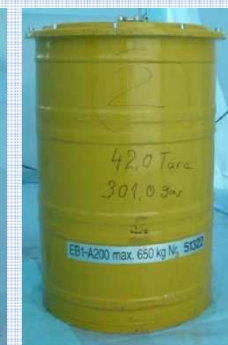
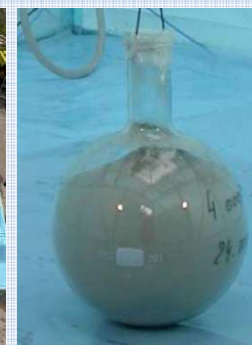
Ce document présente une étude expérimentale sur la mise en suspension de particules lors de la chute de colis (ballons en verre, fût de déchet de 200 l) contenant des poudres sous forme de cendres (Pulverized Fly Ash - PFA) et de dioxyde de titane (TiO₂). Dans cette étude, les auteurs déterminent les fractions massiques de particules mises en suspension pour des hauteurs de chute comprises entre 5,2 m et 22 m et des masses de poudre allant de 0,1 kg à 260 kg. Les résultats montrent que la quantité de matière mise en suspension dépend fortement du type de poudre, en particulier de sa distribution granulométrique et des forces de cohésion entre les particules.

MECANISME	SOUS MECANISME	ÉTAT ET FORME DE LA SOURCE	NATURE ET TYPE DE LA SOURCE
Chute	Source sur une surface	Poudre dans un contenant	Pulverized Fly Ash (PFA), Dioxyde de titane (TiO ₂)

Lecture d'une fiche BADIMIS

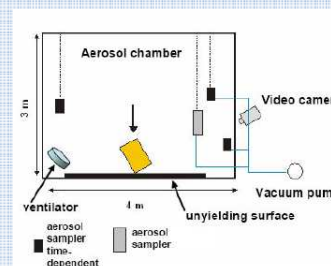
Données de l'expérience

- description de la source
- du contenant
- des lieux ou se déroulent les expériences
- paramètres complémentaires



Description des conditions de l'expérience

- déroulement
- instrumentation
- matrice des expériences

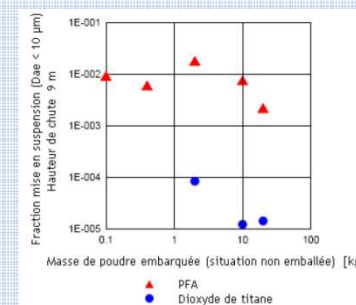
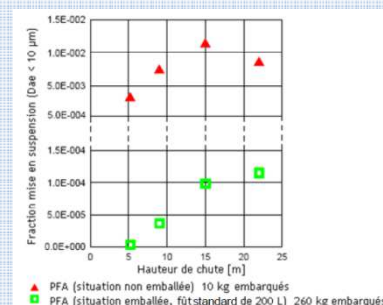


Masse de poudre (kg)	Hauteur de chute (m)			
	5,2	9	15	22
0,1		PFA dans ballon de verre		
0,4		PFA dans ballon de verre		
2		PFA et TiO ₂ dans ballons de verre		
10	PFA dans ballon de verre	PFA et TiO ₂ dans ballons de verre	PFA dans ballon de verre	PFA dans ballon de verre
20		PFA et TiO ₂ dans ballons de verre		
260	PFA dans fût de 200 l	PFA dans fût de 200 l	PFA dans fût de 200 l	PFA dans fût de 200 l

Résultats

Interprétations

Commentaires



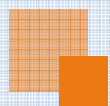
- Introduction
- Présentation de la base
- Les mécanismes de mise en suspension avec quelques exemples
- Conclusion

Les situations considérées

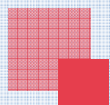
75 FICHES RÉPARTIES EN 6 FAMILLES



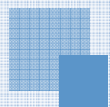
DÉCOUPES DE MATÉRIAUX (torche à arc plasma, scie alternative, tronçonneuse, arc-air, scie à arc) 7 fiches.



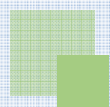
DISPERSION PAR PRESSION/EXPLOSION (surpression) 7 fiches.



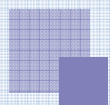
COMBUSTION (incendie, etc.) 20 fiches.



ENTRAÎNEMENT AÉRODYNAMIQUE (léchage horizontal, vertical) 14 fiches.



CHUTE DE MATIÈRE(S) OU D'OBJET(S) (source sur une surface, charge sur source, etc.) 20 fiches.



DIVERS (vibration, ébullition, chauffage, marche d'un opérateur) 7 fiches.

Découpes de matériaux

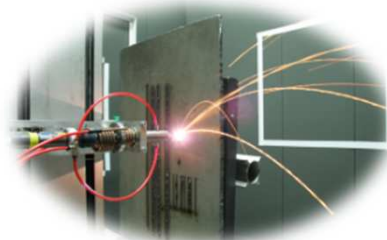
Évaluation du coefficient de mise en suspension lors de découpes réalisées dans le cadre d'études sur le démantèlement [fiches n° 1, 12, 13, 14, 15, 66, 75]



Tronçonneuse



Jet d'eau
haute pression



Laser YAG 4 kW



Laser sous eau

**Comparaison des
émissions aérosols**



Scie alternative



Arc-air (CAMC)



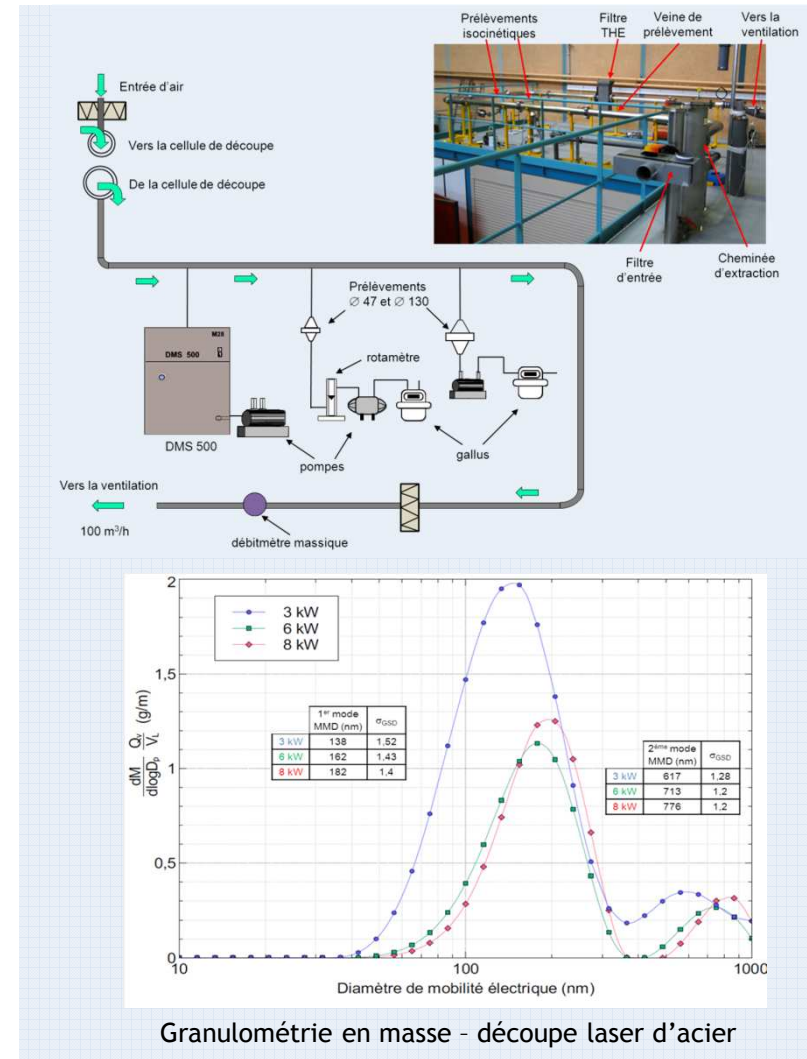
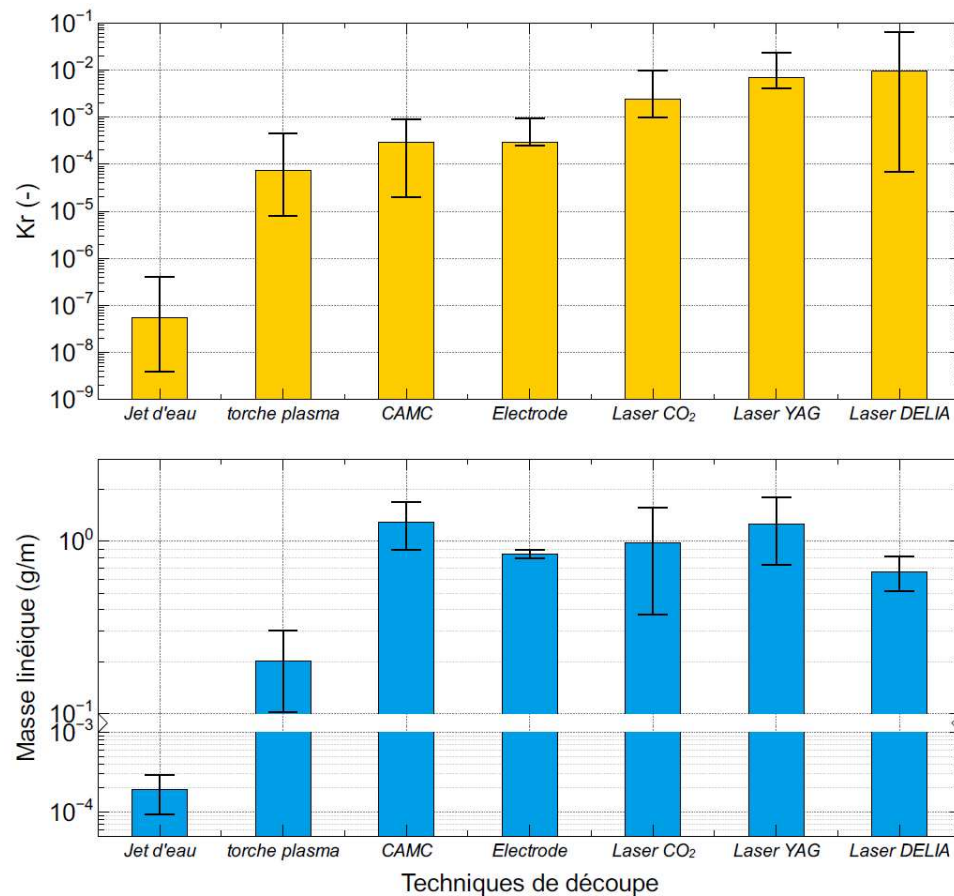
Scie à arc



Torche plasma

Découpes de matériaux

Caractérisation des émissions aérosols lors de découpes sous eau [fiches n° 75]



MeS par effets thermiques

PRINCIPALES SITUATIONS ÉTUDIÉES

- Mise en suspension d'aérosols radioactifs (Co, Cs, PuO_2 simulé par CeO_2 et Al_2O_3) lors de la dégradation thermique de matériaux organiques contaminés présents dans les installations nucléaires (PMMA, PVC...)
- Mise en suspension de produits de fission (Ru, etc.) lors de la combustion des solvants de retraitement du combustible irradié (TBP, TPH)



Cône calorimètre (IRSN/Saclay)

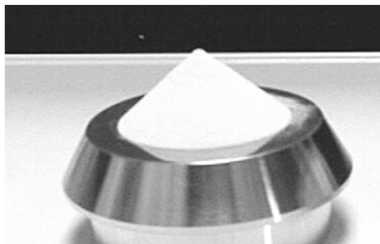
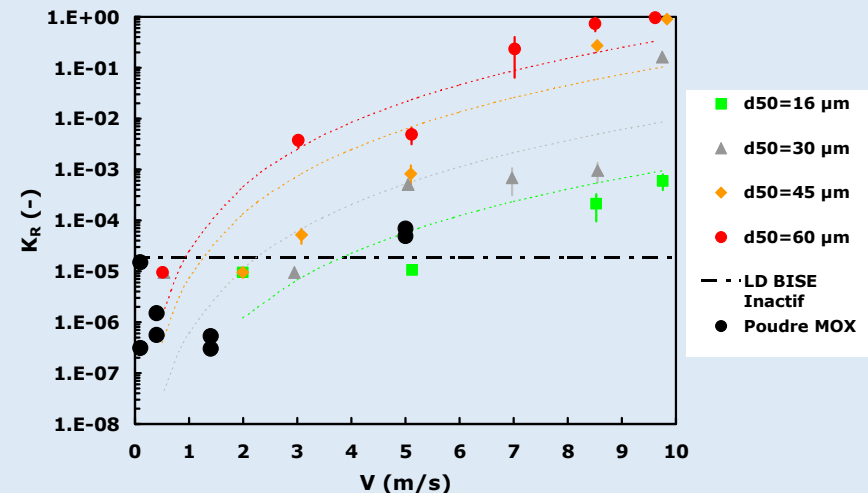
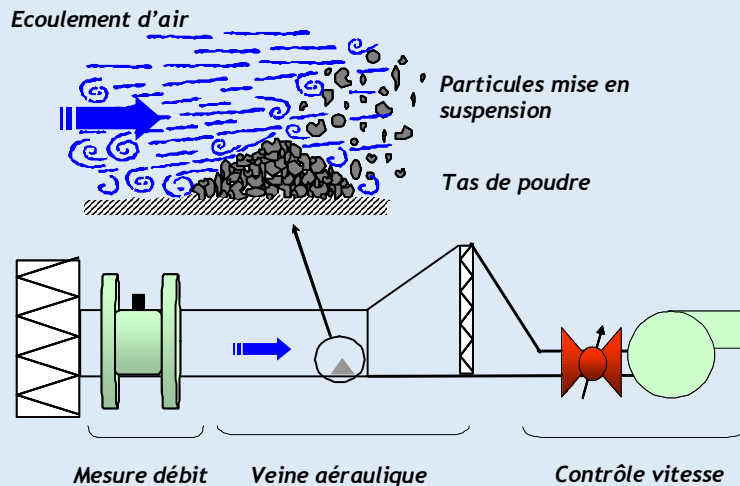


Poudre d'alumine sur une plaque de LEXAN à $50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ et $50 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$

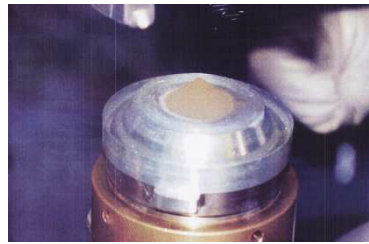
MeS par écoulement d'air

Études analytiques de la mise en suspension de tas de poudres et de nappes liquides par écoulements d'air contrôlés (Travaux sur BISE) [fiches n° 34, 58, 59, 60, 71, 72, 73]

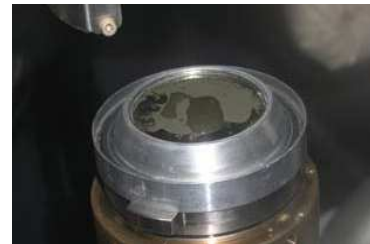
Coefficients de MeS en fonction de la distribution granulométrique des poudres, de la vitesse de l'écoulement et de la nature des particules (simulants, UO_2 , PuO_2 , MOX, etc.)



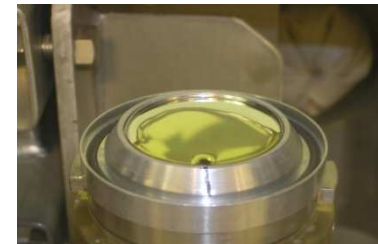
Poudre d'alumine



Poudre MOX



Nitrate de Pu

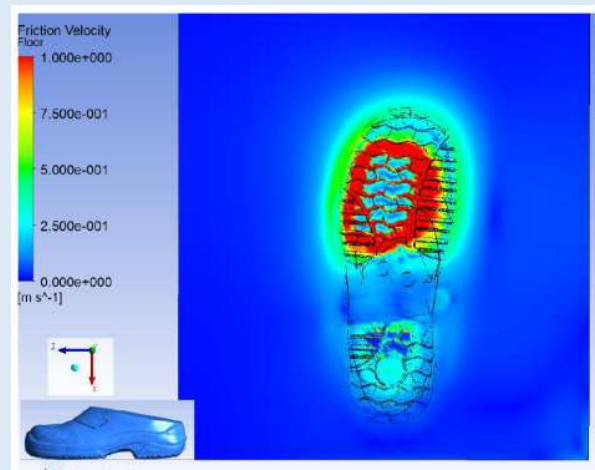


Nitrate d'uranium

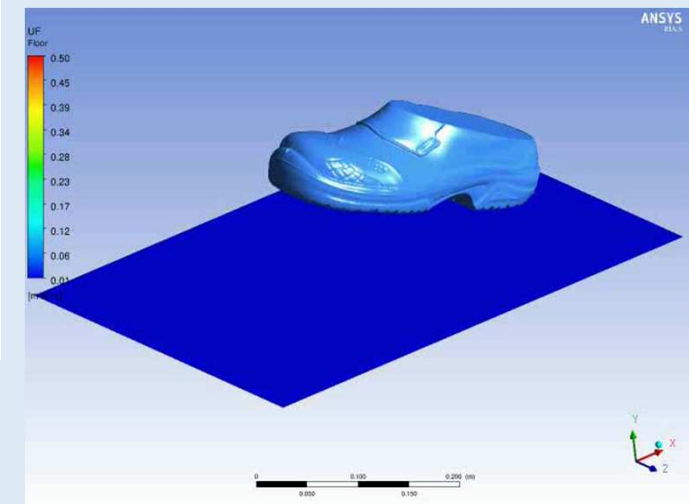
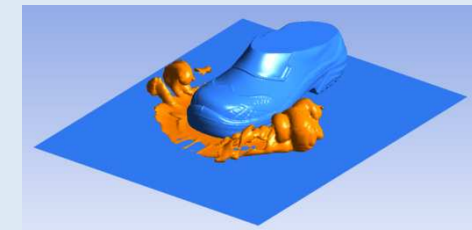
MeS par écoulement d'air

Étude analytique de la mise en suspension lorsqu'on marche sur un sol avec une contamination particulaire [projet révision fiches n°2 et 53 sur les relations entre contamination de l'air et contamination surfacique]

Couplage calculs d'écoulements CFD sous une chaussure avec modèle de mise en suspension



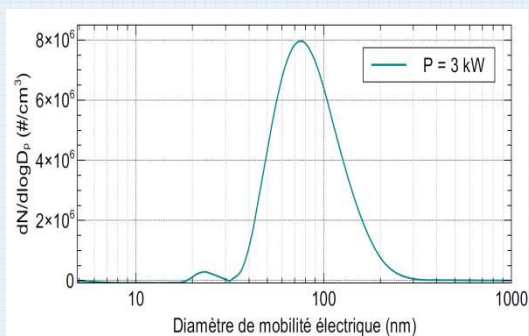
Friction velocity after downward motion
when the shoe reaches the floor



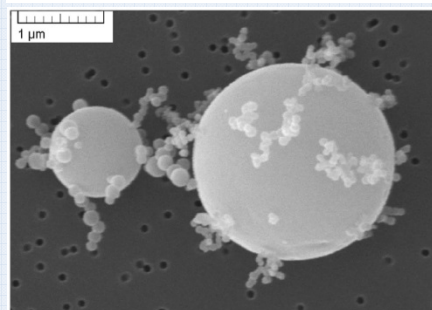
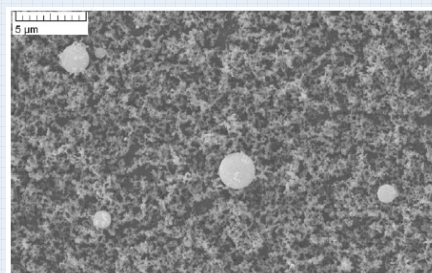
Iso-surface concentration
of resuspended particle (5 μm)

Où sont les nanoparticules dans BADIMIS ?

- Pas de fiche spécifique sur les émissions de nanoparticules dans BADIMIS
- Procédés émetteurs : opérations de démantèlement (découpe thermique)
- Situation d'incendie : suies
- Aéraulique : agrégats

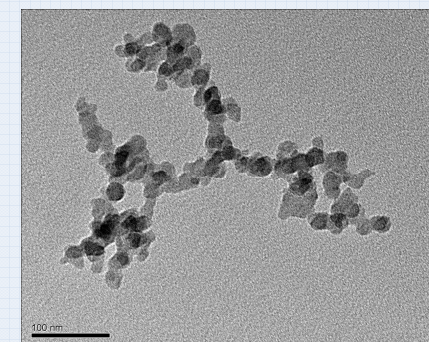
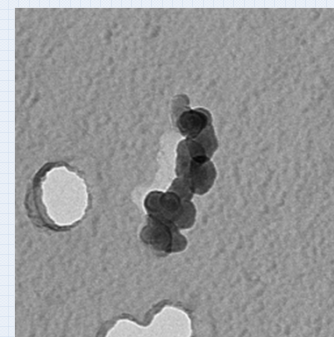


Granulométrie en nombre - découpe laser d'acier



RADES an experimental set-up for the characterization of aerosol release from nuclear and radioactive materials
F.G. Di Lemma^{a,b}, J.Y. Colle^{a,*}, M. Ernstberger^a, G. Rasmussen^a, H. Thiele^a, R.J.M. Konings^{a,b}

Journal of Aerosol Science 70 (2014) 36–49



Physicochemical properties of aerosol released in the case of a fire involving materials used in the nuclear industry
F.-X. Ouf^{a,*}, V.-M. Mocho^a, S. Pontreau^a, Z. Wang^a, D. Ferry^b, J. Yon^c

Journal of Hazardous Materials 283 (2015) 340–349

Conclusion

BADIMIS est une base de données à l'IRSN pour l'expertise du Confinement

- ✓ BADIMIS capitalise les données scientifiques relatives à la mise en suspension pour différents scénarios d'agression sur des matières potentiellement dispersables.
- ✓ La mise en suspension (émission) d'aérosol est le premier maillon dans une démarche de calcul des conséquences d'un évènement, du dimensionnement d'un confinement ou de protection individuelle.
- ✓ Outil qui nécessite une intégration de l'expert pour qu'il puisse répondre aux questionnements soulevés dans les instructions. Ce n'est pas un logiciel !

Il n'y a pas de valeur unique ou « magique » de coefficient de mise en suspension !

