ASNR Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection

JUILLET 2025

DISPERSION DANS LE CHAMP PROCHE DANS LE CADRE D'UNE INSTALLATION NUCLÉAIRE

P. LAGUIONIE, A. MENDEZ, P. ROUPSARD, D. HEBERT, O. CONNAN, F. DUVAL, D. QUÉLO

PSE-ENV/STAAR/LERTA

LERTA

Laboratoire Expérimental de Recherche et d'expertise sur les Transferts des radionucléides en milieu Atmosphérique

MISSIONS

Identifier, caractériser, décrire et modéliser les processus de transfert des radionucléides dans l'atmosphère et à ses interfaces :

→ En réponse et en anticipation de besoins « opérationnels » : Crise, Expertise, Surveillance

→ En produisant des connaissances, modèles, jeux de données

SPÉCIFICITÉS – ETUDES IN SITU

Un plateau technique Instrumenté dans la Hague (PTILH)

Un plateau technique mobile (PTTAL)

Un savoir-faire de plus de 30 campagnes d'essais au cours des 15 dernières années

ACTUALITÉS R&D

Dispersion en situation de vent faible

Dispersion champ proche

Surélévation de panache

Transfert de radionucléides aux plantes

Appauvrissement de panache

Dépôts secs et humides

Remobilisation

CONTEXTE ACCIDENTEL AVEC INCENDIE – DONNÉES D'ENTRÉE

PUISSANCE THERMIQUE DE L'INCENDIE

Non disponible

MISE EN SUSPENSION DE LA MATIÈRE

Quantités évaluées à partir :

→ De fractions de mise en suspension prédéterminées en fonction du type de matière impliquée dans l'incendie

→ De la durée de l'incendie

DISPERSION DE LA MATIÈRE MISE EN SUSPENSION

Rejet dans l'environnement :

→ Par la cheminée via la ventilation du bâtiment

→ Par des fuites directes (avec estimation du débit de fuite)

TEMPÉRATURE DE REJET

Négligée

HAUTEUR DE REJET

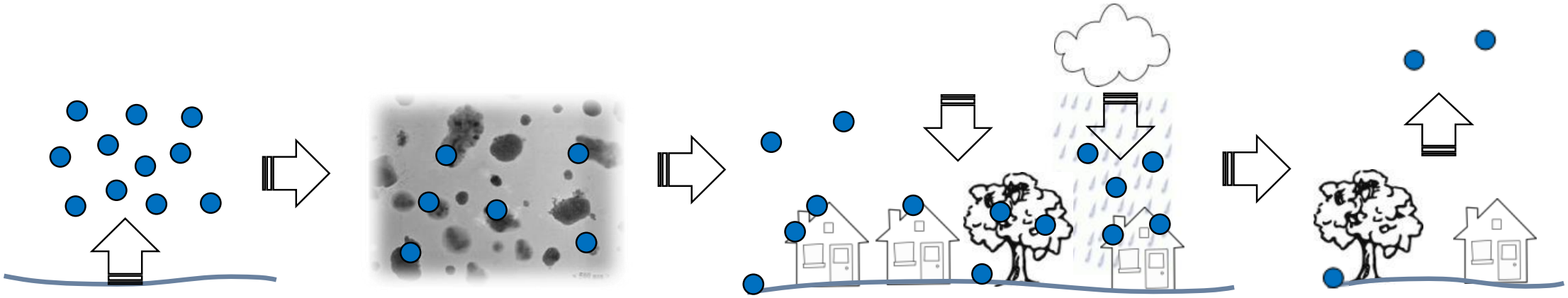
Hauteur de la cheminée ou au sol en fonction des scénarios

Pas de sur-hauteur de rejet considérée

EXEMPLES DE SCENARIOS D'EXERCICES DE CRISE

Année	Lieu	Descriptif
2024	TMR 60	Incendie sur citerne de nitrate d'uranyle
2023	SACLAY	Chute d'avion (perte de confinement du bâtiment) suivi d'un incendie
2023	ROMANS	Chute d'avion suivi d'un incendie sur un fût d'UF6
2023	MELOX	Incendie dans le local rectification (MOX)
2022	CADARACHE	Explosion d'une bouteille de gaz suivie d'un incendie dans une cellule de recherche sur les combustibles
2021	TMR 48	Incendie sur fûts d'U3O8
2021	LA HAGUE	incendie au sein d'un cellule de T4

DEVENIR DES RADIONUCLÉIDES REJETÉS DANS L'ENVIRONNEMENT



REJETS : FORMES GAZEUSES ET PARTICULAIRES

DISPERSION COURTE ET LONGUE DISTANCE
EVOLUTIONS PHYSICO-CHIMIQUES DANS LE PANACHE

TRANSFERT ET DÉPÔT DES GAZ ET PARTICULES PAR TEMPS SEC
LESSIVAGE DES GAZ ET PARTICULES PAR LA PLUIE

RÉÉMISSION DES DÉPÔTS DEPUIS LES INTERFACES

Incendie

DISPERSION CHAMP PROCHE

CHAMP PROCHE

Distance a laquelle les conditions de rejets ont une influence sur les concentrations atmosphériques

De quelques centaines de m à quelques km

CARACTÉRISTIQUES

Couche limite atmosphérique → dispersion gaussienne sous conditions

Milieux ruraux et urbains, obstacles

Ruptures de rugosité

CONDITIONS ATMOSPHÉRIQUES

Turbulences mécaniques vs. thermiques → atmosphère instable, neutre et stable (vent faible)

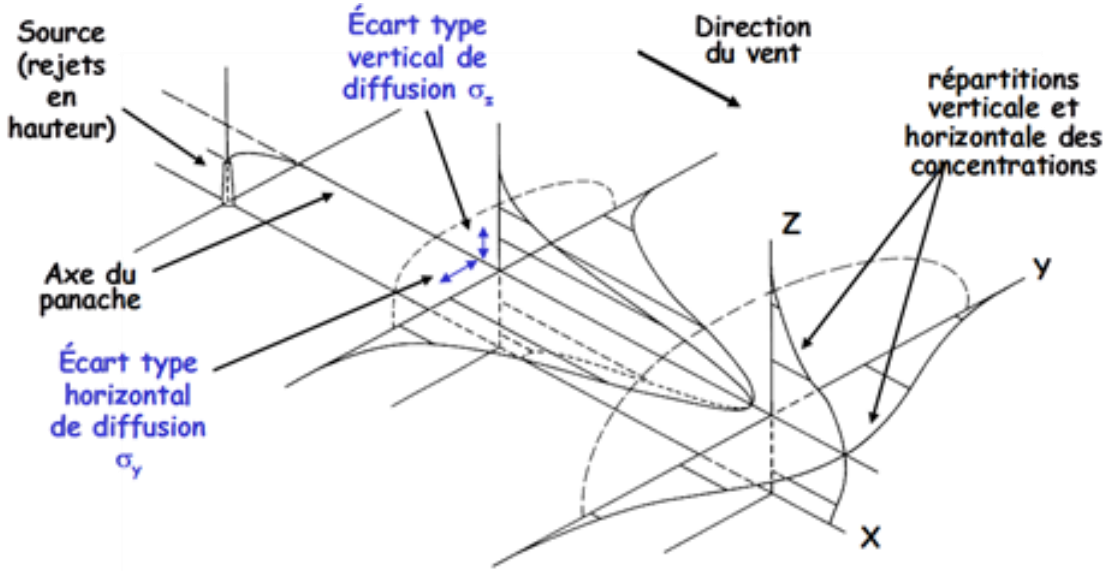


Image web

https://www.ouest-france.fr/normandie/flamanville-50340/centrale-de-flamanville-le-reacteur-ndeg1-arrete-jusqu-au-19-fevrier-4793384

https://www.lavoixdunord.fr/863844/article/2020-09-11/la-madeleine-important-panache-de-fumee-et-feu-de-detritus-rue-victor-hugo

Image web

Image web

PROJET DAIMO (2023-2027, orano)

ENJEUX

Evaluer l'impact dosimétrique d'un panache thermique radioactif dans le champ proche

CONSTAT

Les modèles analytiques actuels ne font pas consensus ; ils ne sont pas validés par des données acquises *in situ*

OBJECTIFS

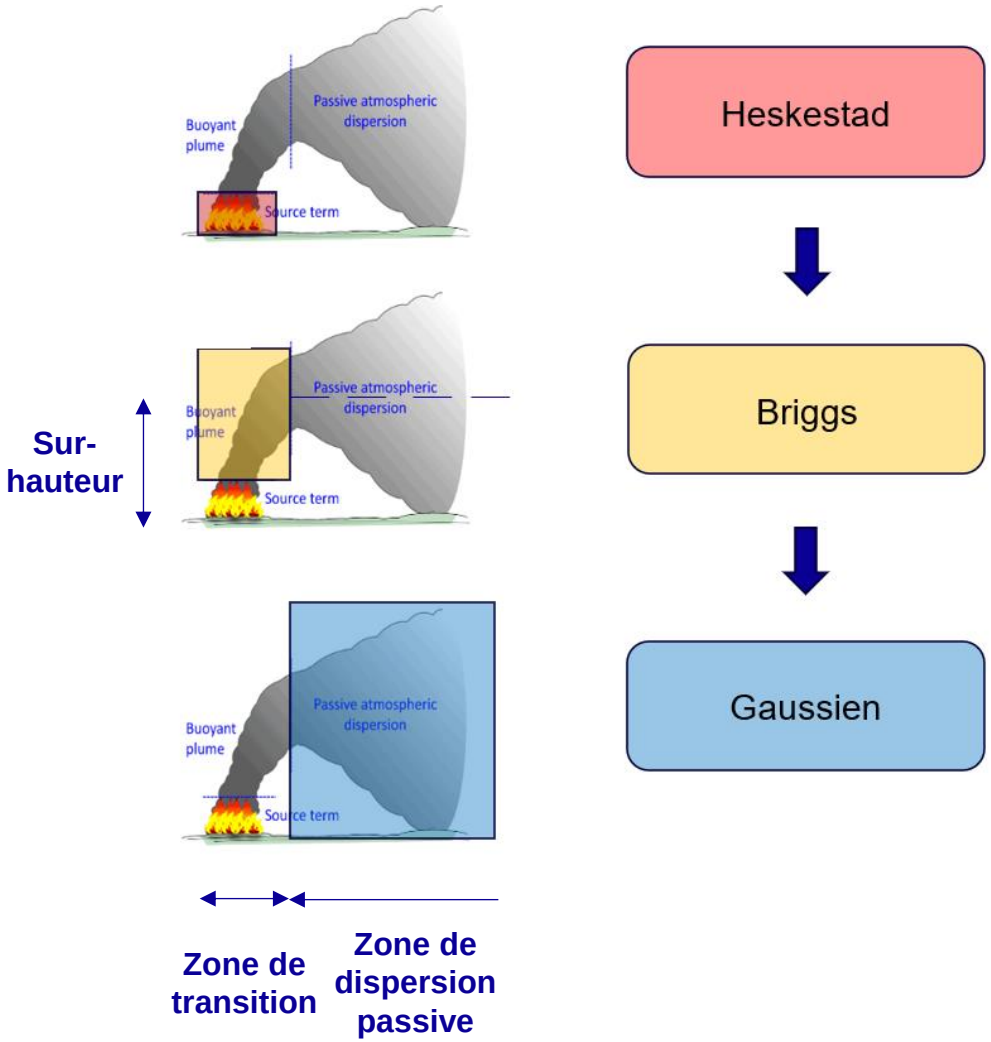
Disposer d'une chaine de modélisation analytique validée pour les conditions atmosphériques rencontrées au cours de campagnes terrain

→ Déterminer une position virtuelle de rejet fonction du type d'incendie et des conditions atmosphériques

Mettre à disposition de la communauté un jeu de données de validation de modèle CFD

VERROU SCIENTIFIQUE

Paramétrisation de la sur-hauteur et de la distance de stabilisation en fonction des conditions atmosphériques



DAIMO – MÉTHODE EXPÉRIMENTALE

SITE

Ecole Départementale des Sapeurs-Pompiers du Calvados (EDSP-14)

Parcelle d'environ 400 m x 200 m

GÉNÉRATION D'UN FOYER

Feu de propane – Pyros 1 m² (PSN-RES/SA2I/LEF), ~ 0.6 MW

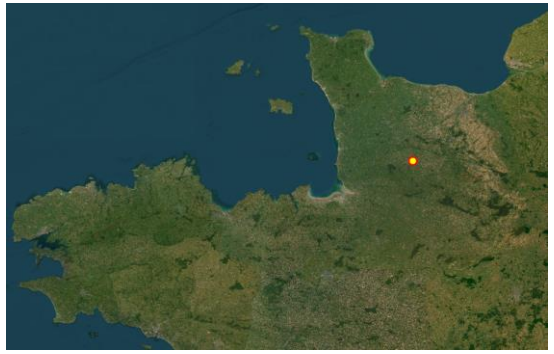
Feu d'heptane – bassine 1m², ~ 3.5 MW

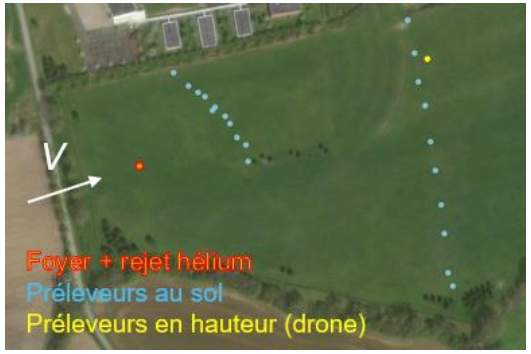
SUIVI DE LA DISPERSION DU PANACHE

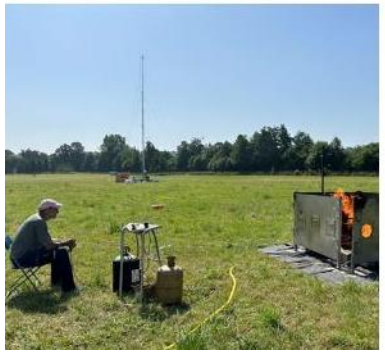
Gaz traceur hélium → rejet dans le foyer avec flux massique *Q* contrôlé

Prélèvements d'air au sol et en hauteur → mesure de *C(He)*

Calcul des Coefficients de Transfert Atmosphérique *CTA = C(He)/Q*







DAIMO – MÉTHODE EXPÉRIMENTALE

TEMPÉRATURE DE PANACHE

Profil vertical (sur mât de 20 m) dans la zone de transition

MÉTÉO ET MICRO-MÉTÉOROLOGIE

1 LIDAR vent – vitesse et direction moyenne : profil de 40 m à 300 m

11 anémomètres ultrasoniques – vitesse instantanée du vent (tri-directionnelle, à 10 Hz)

- → **Profil dans la zone de transition jusqu'à 20 m**
- → **Profil amont du foyer jusqu'à 5 m**
- → **Mesures ponctuelles complémentaires**

ESSAI TYPE

Rejet d'hélium pendant 10 minutes et prélèvements pendant 15 minutes

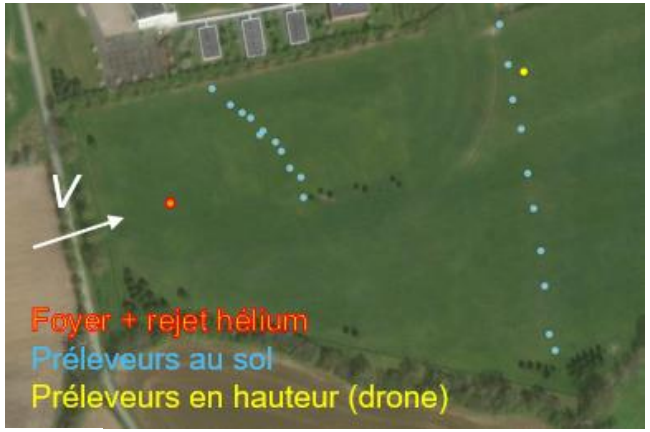
25 prélèvements au sol sur 2 radiales perpendiculaires à la direction du vent + 7 sous drone (jusqu'à h = 50 m) + 3 sur mât de 20 m

COORDINATION

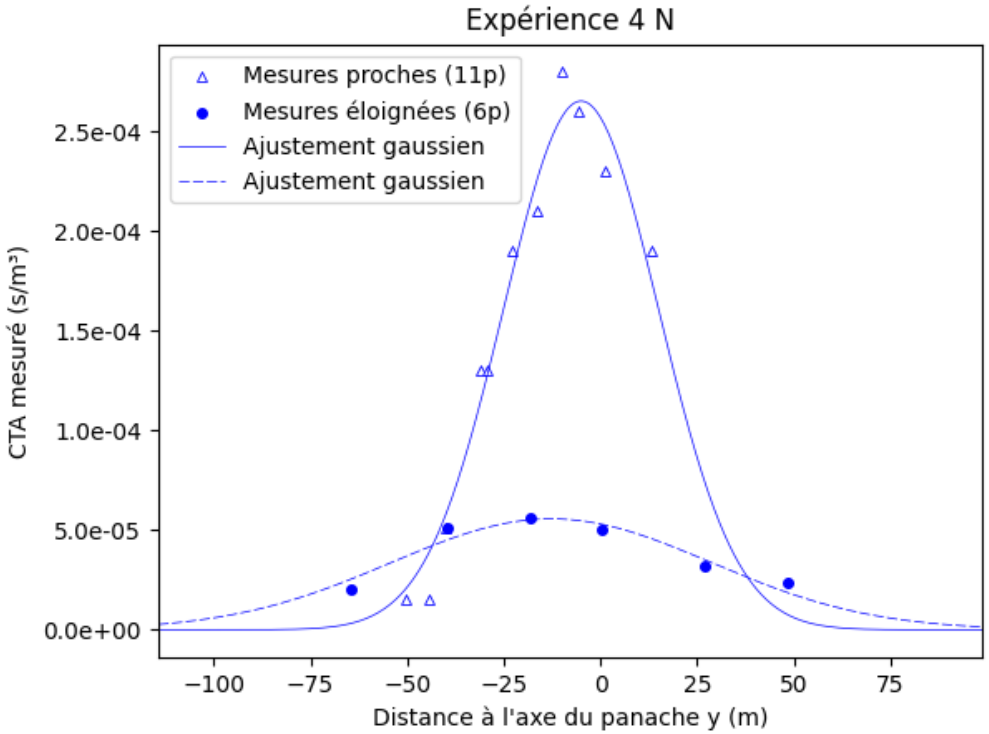
Equipe d'environ 10 personnes sur le terrain

DAIMO – PREMIERS RÉSULTATS

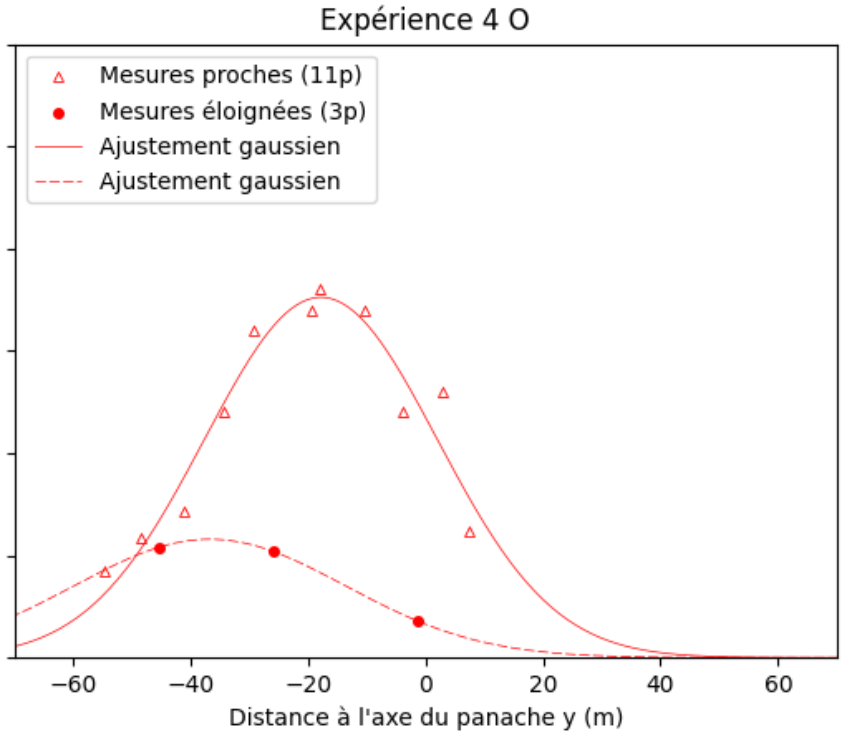
EXEMPLE DE PROFILS DE CTA AU SOL



Panache froid



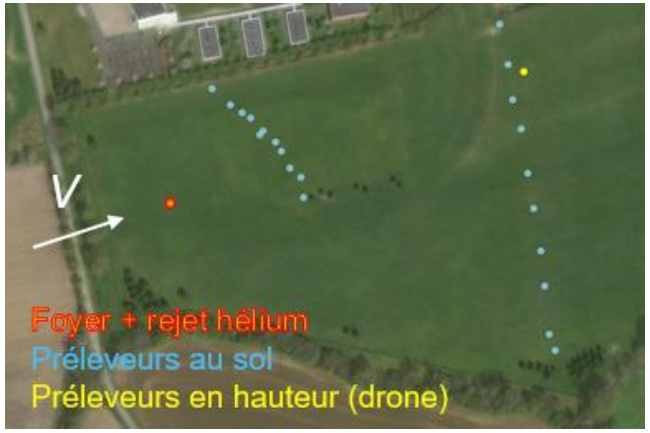
Panache chaud



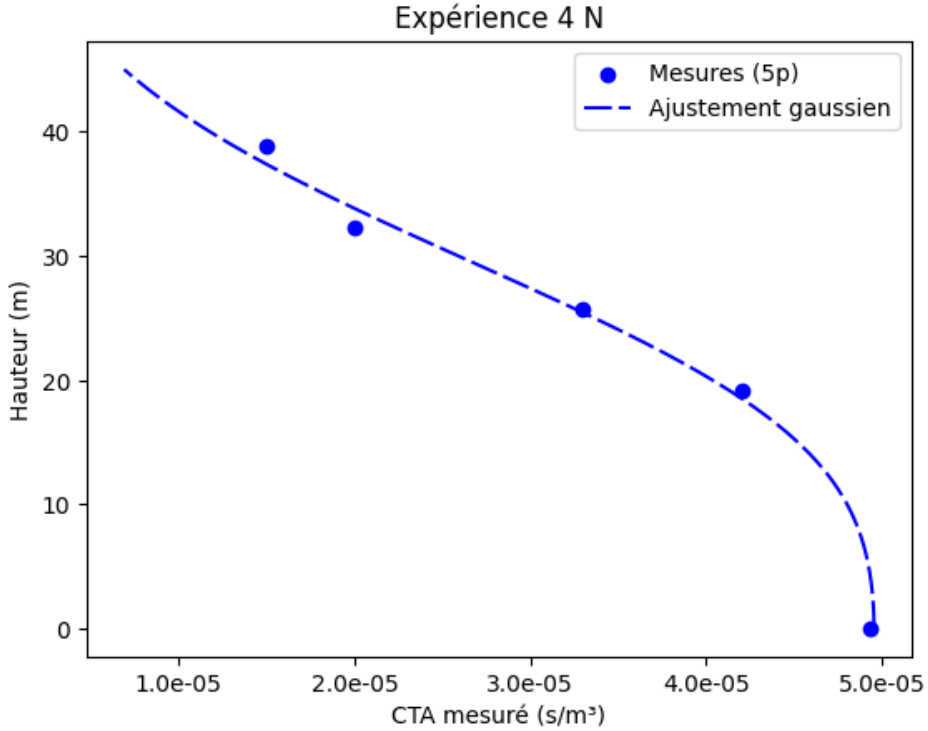
A. Mendez *et al.* (2025), non publié

DAIMO – PREMIERS RÉSULTATS

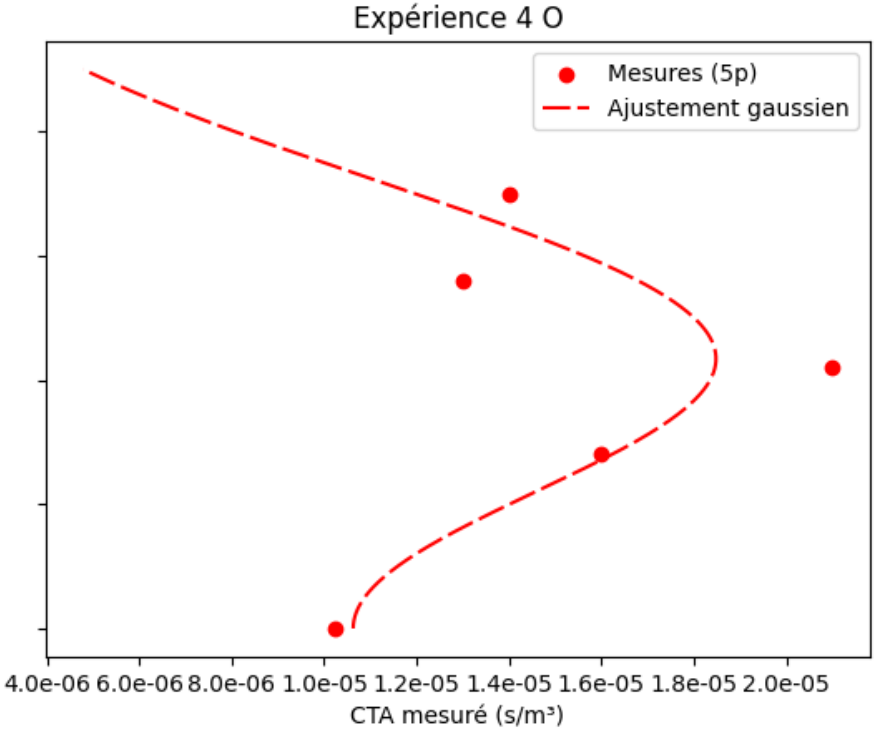
EXEMPLE DE PROFILS DE CTA EN HAUTEUR



Panache froid



Panache chaud



A. Mendez *et al.* (2025), non publié

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONTEXTE ACCIDENTEL SUR UNE INSTALLATION NUCLÉAIRE

Pas de sur-hauteur de rejet considérée

IMPACT DE L'INCENDIE SUR LA DISPERSION ET LES TRANSFERTS DES RADIONUCLÉIDES

Dispersion en champ proche

Formes gazeuses et particulaires rejetés

Evolutions physico-chimiques dans le panache

Appauvrissement de panache par dépôt sec et lessivage par la pluie

Réentrainement des dépôts

BESOINS "OPÉRATIONNELS " (CRISE, EXPERTISE, SURVEILLANCE)

Connaitre les conséquences sur l'impact dosimétrique d'une prise en compte ou non de la zone de transition et de la sur-hauteur de panache (fonction des scénarios)

Améliorer et valider les modèles analytiques

→ Paramétrer une sur-hauteur et une distance de stabilisation en fonction des conditions météorologiques

→ Disposer de jeux de données acquises *in situ*

BESOIN R&D

Développer des stratégies de modélisation CFD (Computational Fluid Dynamics)

→ Environnements complexes (exemple : milieu urbain)

→ Disposer de jeux de données acquises *in situ* (et adaptées)

EN COURS À L'ASNR

Thèse d'Anthony Mendez (2024-2027) sur la mesure *in situ* et la modélisation de la dispersion en champ proche d'un panache gazeux émis depuis un foyer

→ Encadrement PSE-ENV/STAAR/LERTA et PSN-RES/SA2I/LIE ; co-direction INRAE/ISPA

→ Exploitation des données du projet DAIMO (publication d'un data paper en 2026)

→ Mise en œuvre d'un modèle CFD (code CALIF3S)