



CONSTRUISONS **ENSEMBLE**
LA DÉFENSE DE DEMAIN

VALIDATION DU MODULE LUTTE PAR ARROSAGE DU MODELE A ZONES OEIL

24ÈMES JOURNÉES GDR FEUX
DGA TA - 12 & 13 OCTOBRE 2017

Christine LALLEMAND, Nicolas SARDOY
Groupe Prévention et Lutte contre les Sinistres
Division Plate-Forme Naval
DGA Techniques Navales



Le modèle à zones ŒIL (*): Présentation (1)

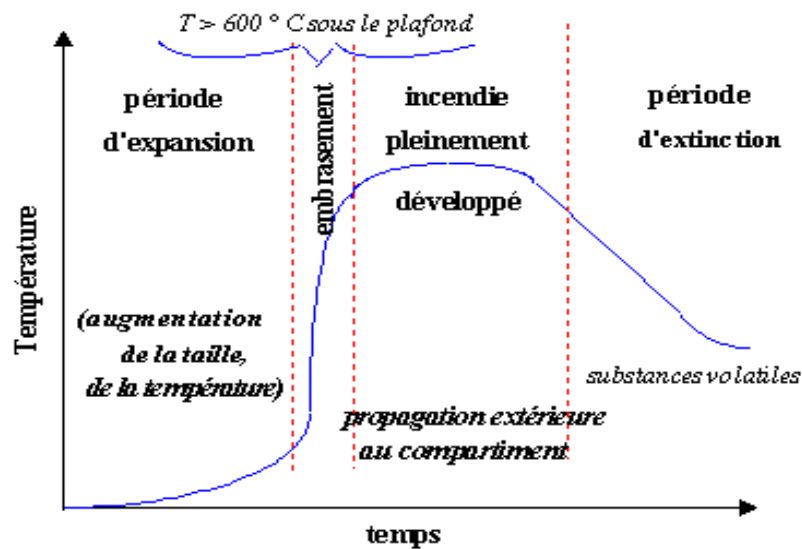
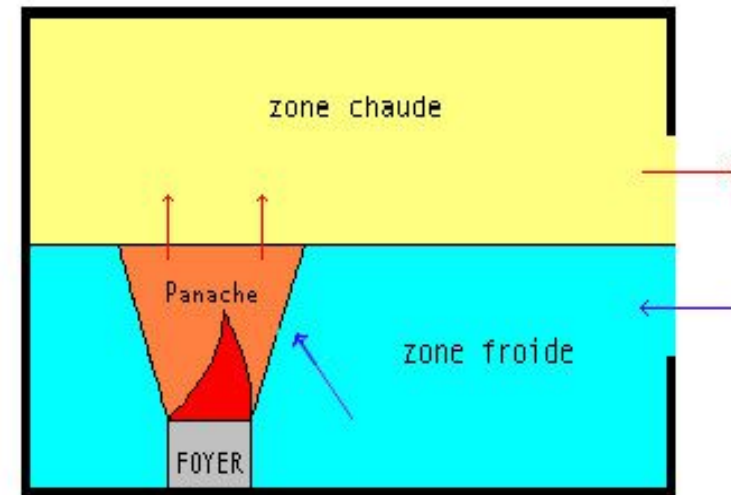


Figure 1 Evolution de l'incendie dans un compartiment



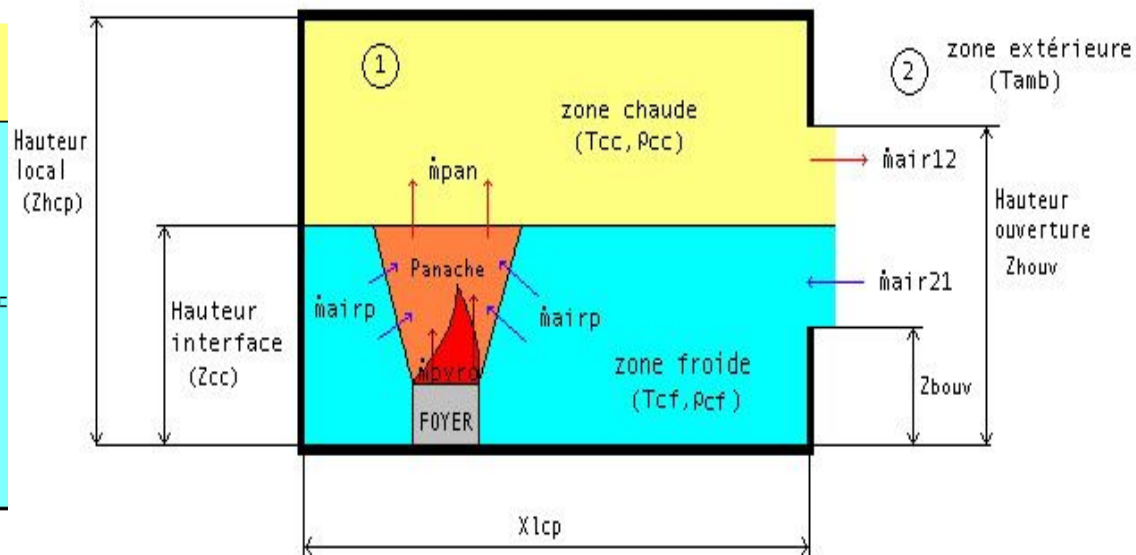
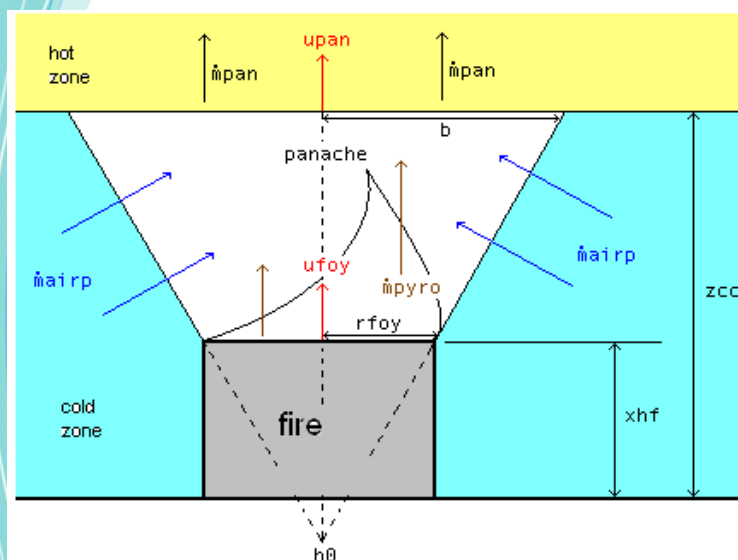
Modèle à 2 zones avec panache

Évaluation des conséquences d'un feu domestique ou industriel dans un local confiné ou semi-confiné, ventilé ou non

Évaluation des protections thermiques des parois (propagation par conduction)

Évaluation de l'efficacité de la lutte par arrosage

Le modèle à zones ŒIL (*): Présentation (2)



1- Réaction entre les gaz brûlés et O₂ et formation du panache (Modèle du Point Virtuel de MORTON - TAYLOR)

2- Alimentation de la zone chaude par les gaz brûlés et d'une part d'O₂ non réagi (sous plafond) par l'intermédiaire du panache

3- Échauffement de l'air ambiant restant en zone froide par convection et rayonnement du panache et de la zone chaude

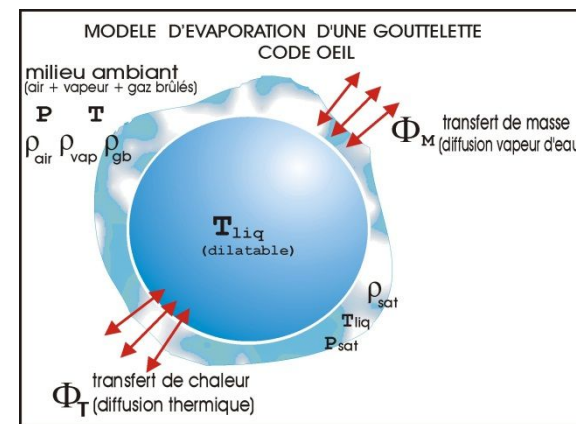
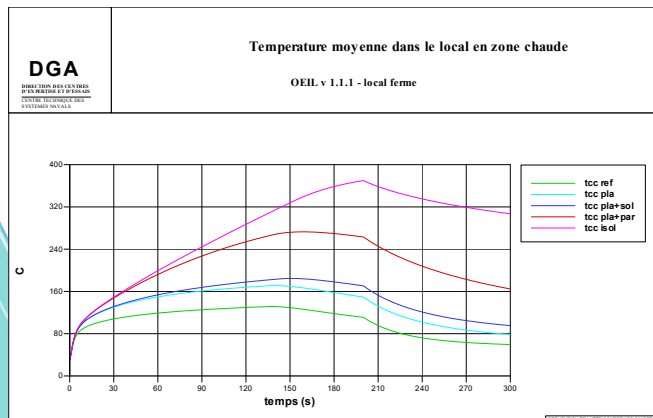
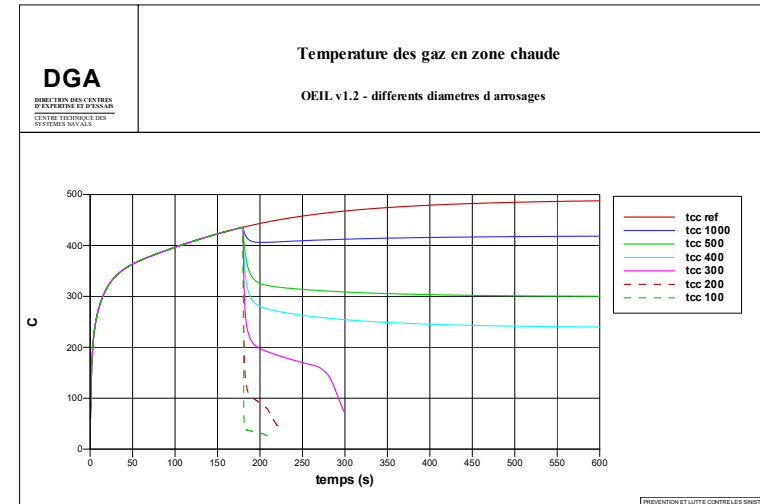
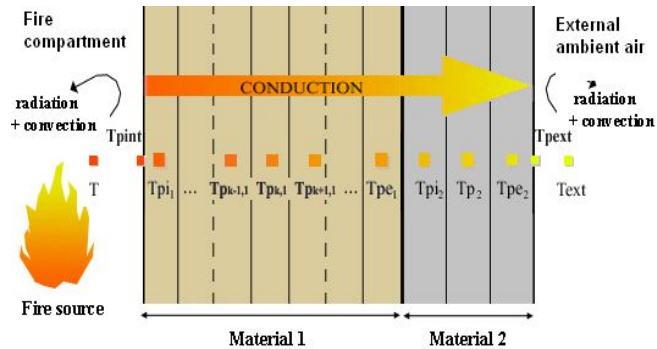
ŒIL V 1.0 en 1998

Le modèle à zones ŒIL (*): Présentation (3)

ISOLATION DES PAROIS (V 1.1 en 2004)

C.L. EN TEMPERATURE (V 1.4 in 2006)

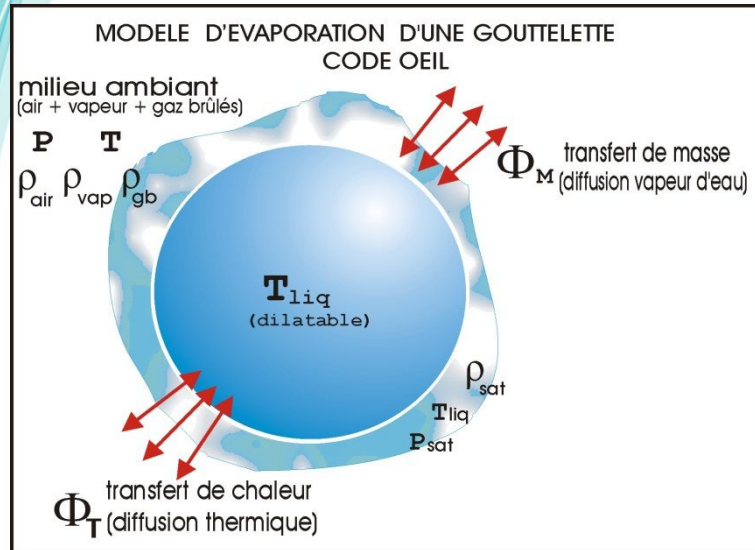
MULTIMATERIAUX (V 2.0 in 2017)



LUTTE PAR ARROSAGE (V 1.2 en 2004)

Le modèle à zones ŒIL (*): Présentation (4)

La Lutte par Arrosage



On raisonne en **régime permanent**.

A chaque instant et dans chacune des 2 zones, le nombre de gouttes d'eau présent correspond à celui des gouttes injectées pendant le temps de parcours maximal d'une goutte.

En **zone chaude**, le débit d'injection en nombre de gouttes est constant et calculé à partir du débit volumique d'injection et la vitesse initiale des gouttes à partir de la pression différentielle d'injection du système d'arrosage.

En **zone froide**, les caractéristiques initiales de la phase liquide correspondent à celles finales de la zone chaude.

Modélisation interaction gaz - gouttelettes considère 2 types de transfert « diffusif » à la périphérie de la goutte vers le milieu ambiant (Modèle de SHAPIRO avec corrélation de RANZ - MARSHALL) :

- la **diffusion de la masse** Φ_M de vapeur d'eau entre un film de vapeur attaché à la goutte et le milieu ambiant (gaz brûlés + air + vapeur d'eau), suivant une loi en gradient de concentration massique de vapeur d'eau dans le gaz :

$$\frac{d\rho_{gl}V_{gl}}{dt} = -\dot{m}_{vap_gl} = hd_{gl} \cdot S_{gl} \cdot (\rho_{sat_gl} - \rho_{vap})$$

- la **diffusion thermique** Φ_T entre la zone diphasique (goutte et film de vapeur d'eau attaché à la goutte supposés à la même température, celle du liquide) et le milieu ambiant :

$$\frac{d\rho_{gl}c_{v_{gl}}V_{gl}T_{gl}}{dt} = ht_{gl} \cdot S_{gl} \cdot (T_{gaz} - T_{gl}) + Clat_{gl} \cdot \dot{m}_{vap_gl}$$

Plateforme DIAMAN (Dispositif Incendie Appliqué Marine et Nucléaire) de l'IUSTI (1)

2x 27m³ accolés et communicants par une porte - Parois en acier de 10mm d'épaisseur
Cerclage IPN et soudées → puissance de feu > 2MW

Ventilation :

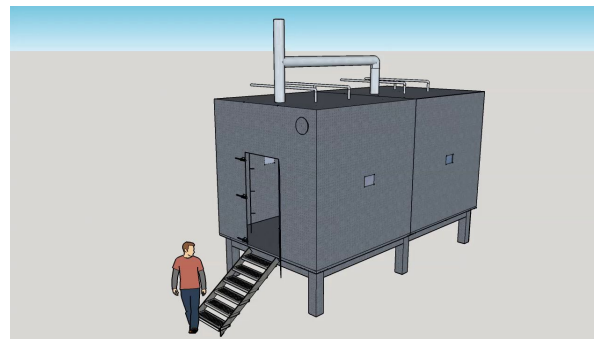
- Naturelle : système guillotine
- Mécanique :
 - basse et/ou haute
 - extraction en admission partie artie haute

Arrosage :

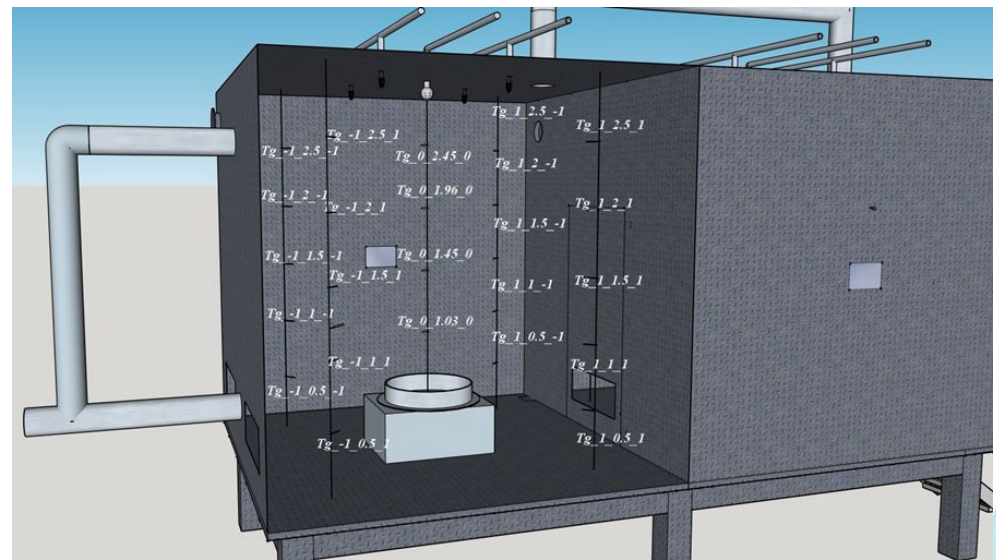
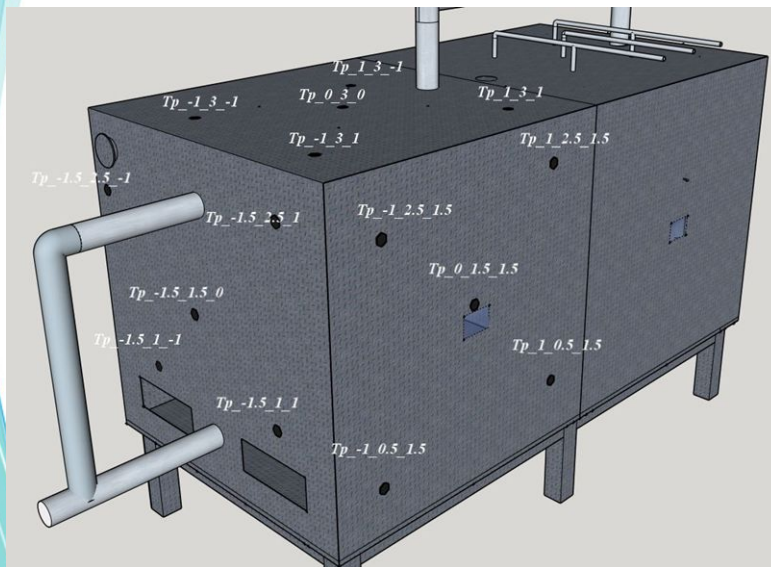
- Aspersion en volume (spray, brouillard et déluge)
- Ruissèlement en paroi (rampe de buses à jet plat)

Instrumentation :

- Balance de précision
- Thermocouples (gaz et parois)
- Tubes de Pitot
- Fluxmètres radiatifs/totaux refroidis
- Sondes de prélèvement de gaz
Analyse et Opacimètre



Plateforme DIAMAN (Dispositif Incendie Appliqué Marine et Nucléaire) de l'IUSTI (2)



Validation du module arrosage du code OEIL (*) Plateforme DIAMAN (IUSTI) (1)

Plateforme DIAMAN : 2 locaux adjacents en acier haute résistance, de 27 m³ chacun, séparés par une porte

Ventilation : Naturelle par grilles d'aération en partie basse
Mécanique en partie haute (1500 m³/h)

Source :

Bac ø 0,7 m - 12 L Heptane - PCI 44.6 MJ/kg

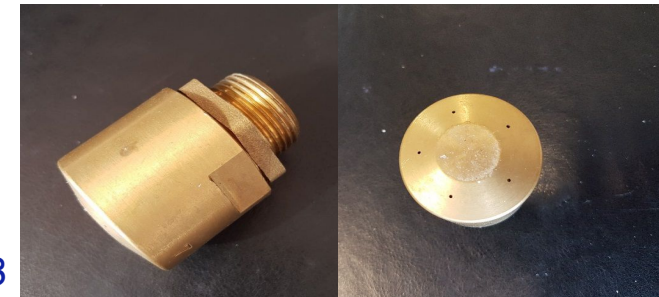
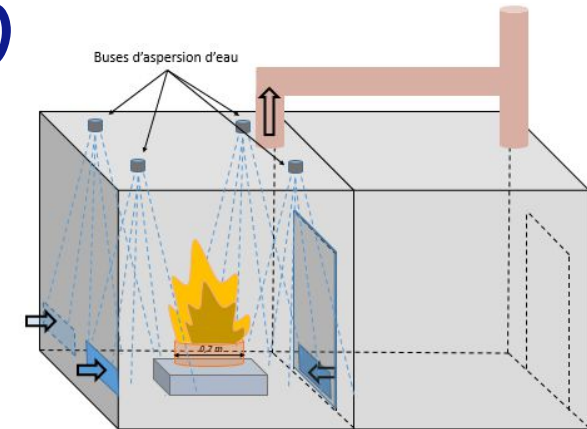
Arrosage : 4 buses PROMIST 11 (SONATECH-DEF) au plafond
spray à cône plein avec un angle de pulvérisation de 90°

2 pressions injection (extrapolation données constructeur) :

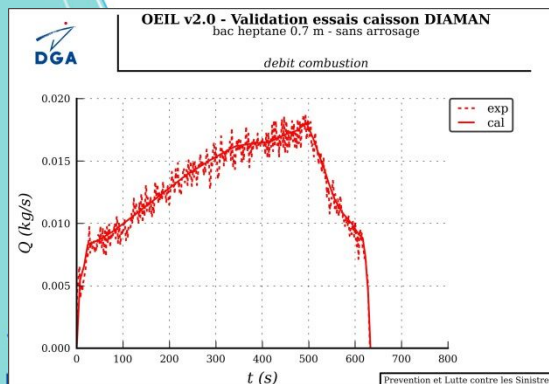
1 bar → 350 l/h - 5,8 l/mn → 200 μm

2.5 bar → 850 l/h - 14,2 l/mn → 150 μm

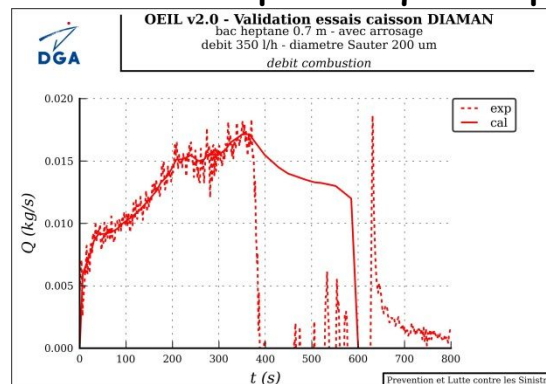
déclenchement arrosage au bout de 6 mn / Durée simulation : 13



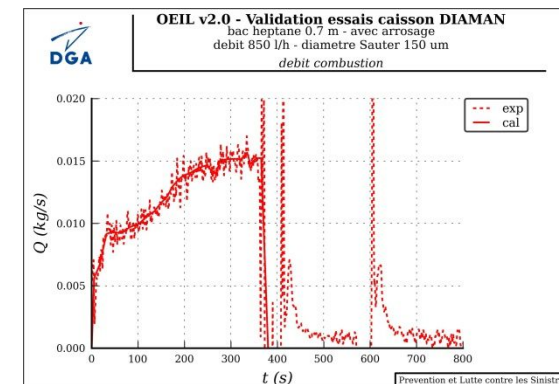
sans arrosage
Essai de référence



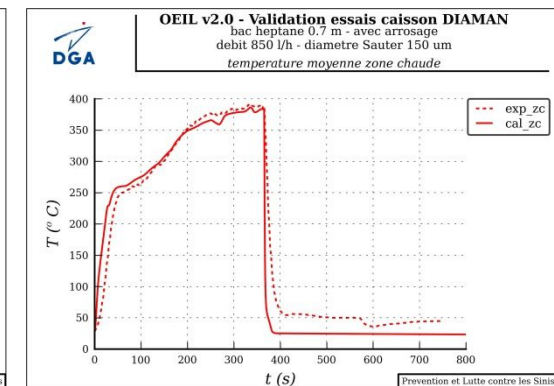
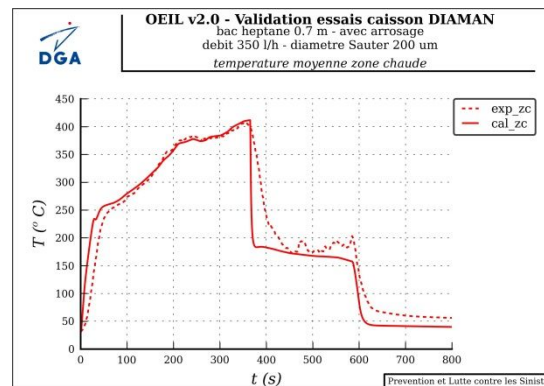
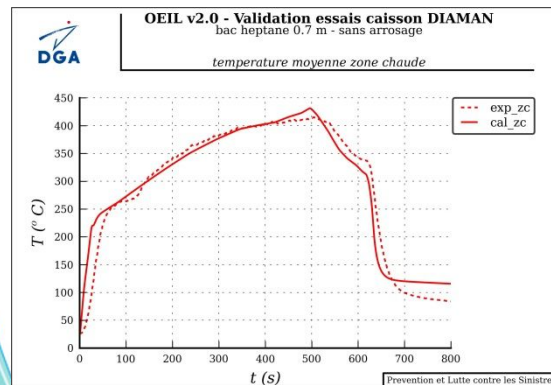
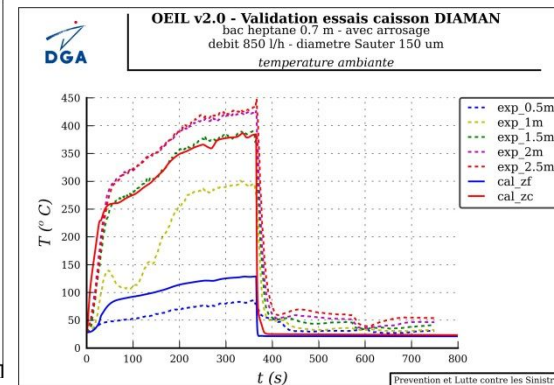
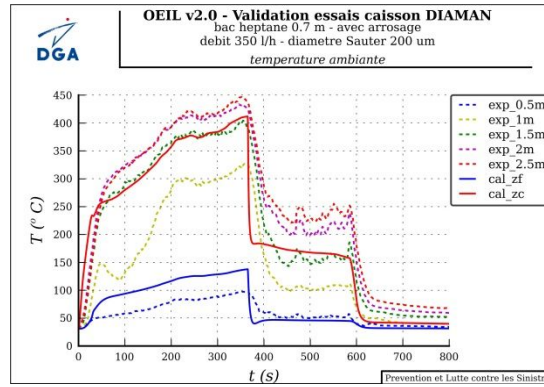
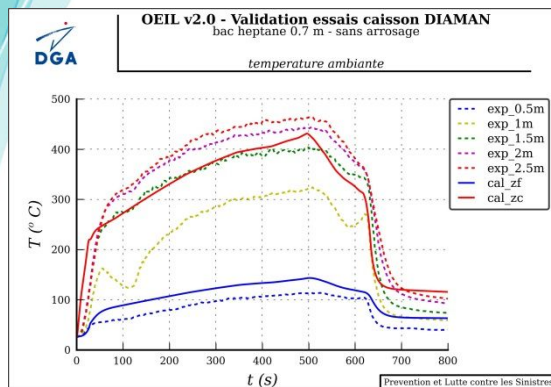
arrosage 350 l/h
refroidissement ambience
arrêt combustion par manque d'heptane



arrosage 850 l/h
Extinction foyer



Validation du module arrosage du code ŒIL (*) Plateforme DIAMAN (IUSTI) (2)



sans arrosage

350 l/h - D_{sauter} 200 mm

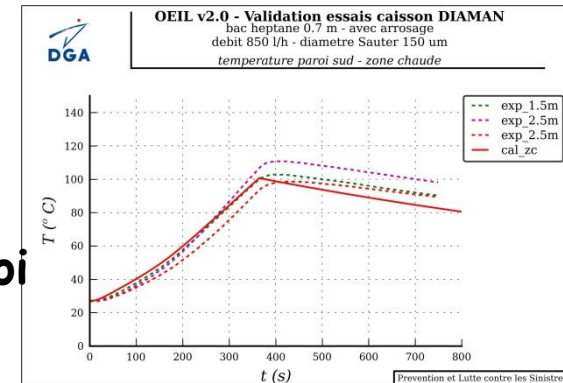
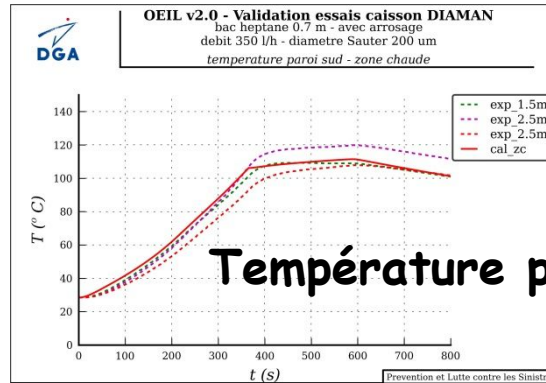
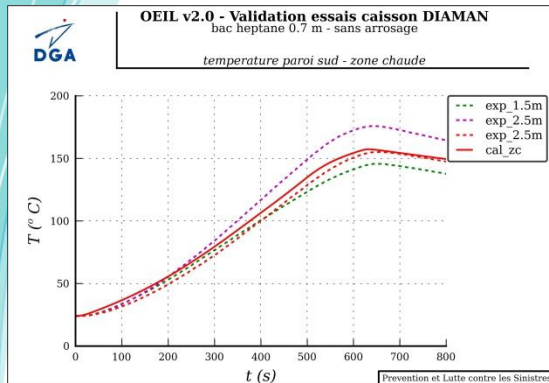
850 l/h - D_{sauter} 150 mm

(*)Tous droits réservés DGA Tn

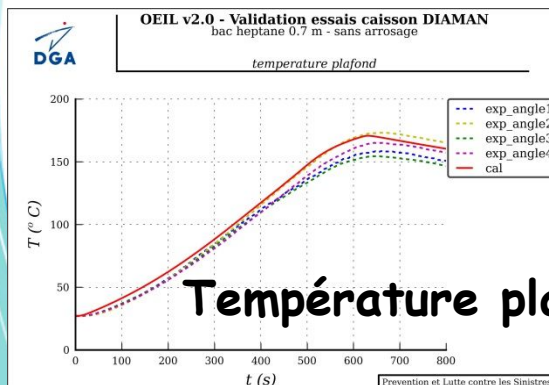
12/10/2017

DGA TN/SDT/PFN/SPN/PLS

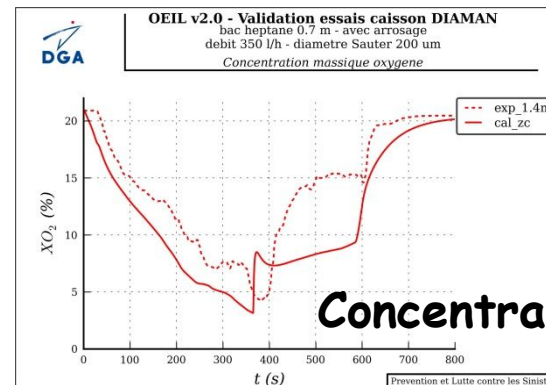
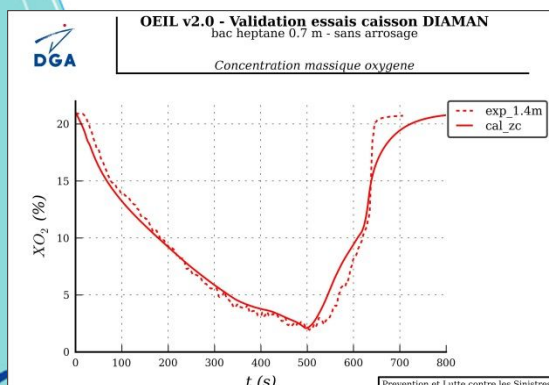
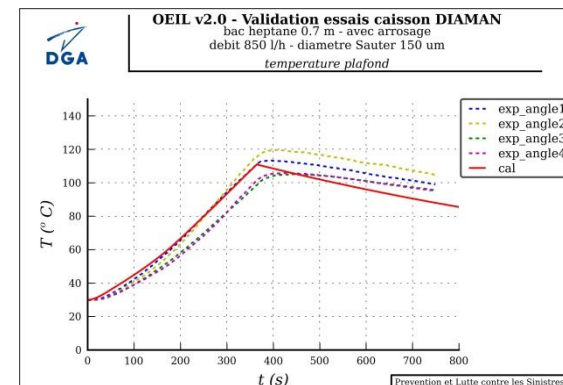
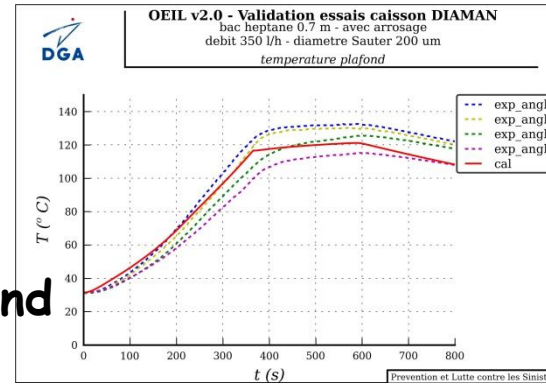
Validation du module arrosage du code OEIL (*) Plateforme DIAMAN (IUSTI) (3)



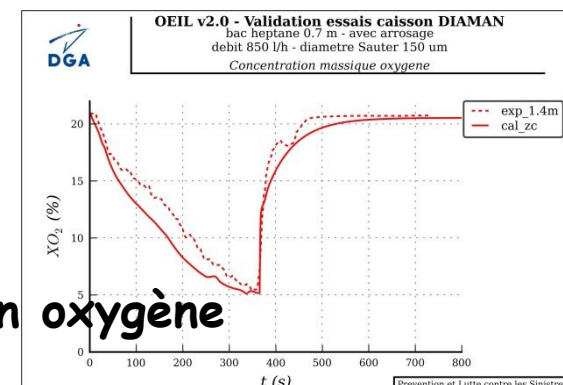
Température paroi



Température plafond



Concentration oxygène



DGA sans arrosage
DES ARMEES

350 l/h - D_{sauter} 200 μm

850 l/h - D_{sauter} 150 μm

(*)Tous droits réservés DGA Tn

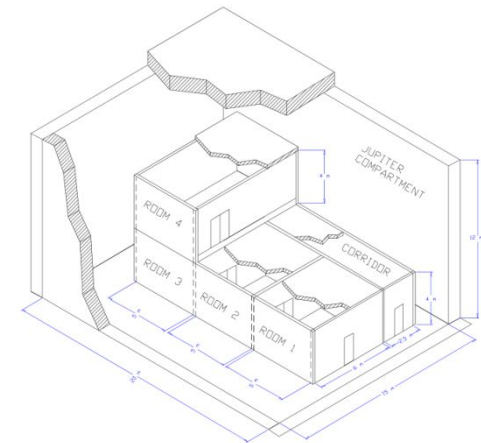
Validation du module arrosage du code ŒIL (*) Plateforme DIVA (IRSN) - PRISME2 - FES #1 (1)

Plateforme DIVA - Room 4 : local de 170 m³ en béton (8,5 m x 5 m x 4 m)
faux plafond isolé + panneaux de Silicate de Calcium

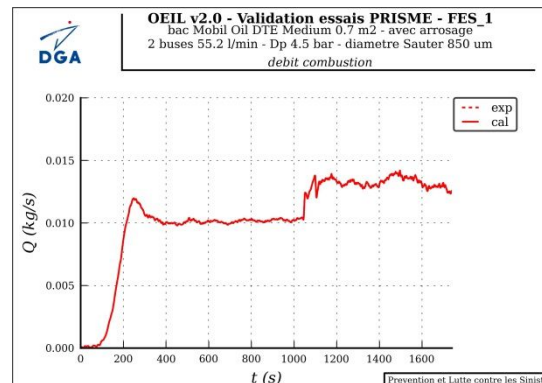
Ventilation : Mécanique en partie haute - soufflage (2500 m³/h)
extraction (2600 m³/h)

Source :

Bac ø 0,95 m dans un des angles du local - 28 L Mobil Oil DTE Medium
- PCI 42,7 MJ/kg



débit combustion mesuré



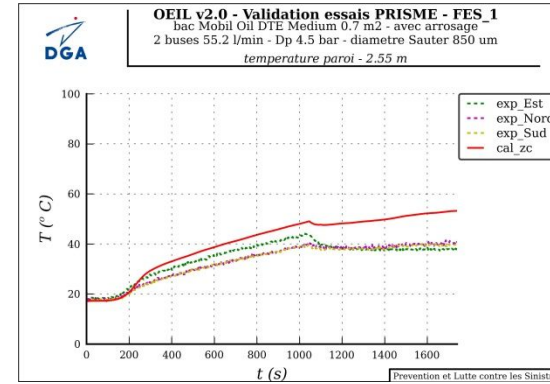
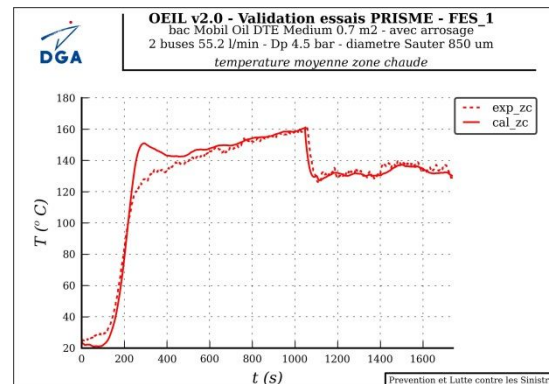
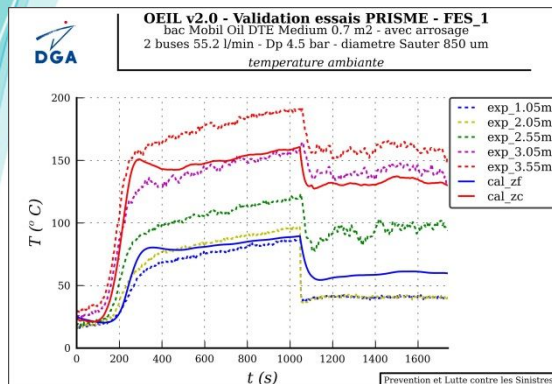
Arrosage : 2 buses TyCO Protectospray-D3H au plafond

pression injection (extrapolation données constructeur) :
4,5 bar → 55,2 l/min (par buse) → 850 μm

Déclenchement au bout de 17mn30 / Durée simulation : 29 mn

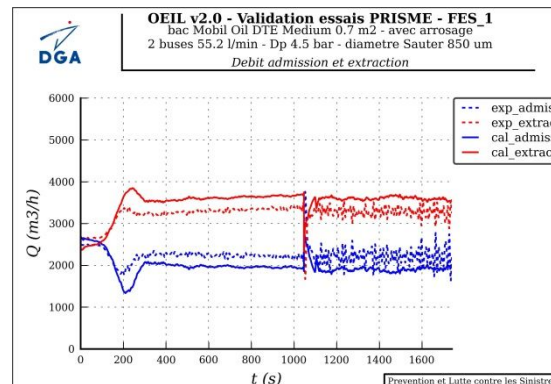


Validation du module arrosage du code OEIL (*) Plateforme DIVA (IRSN) - PRISME2 - FES #1 (2)

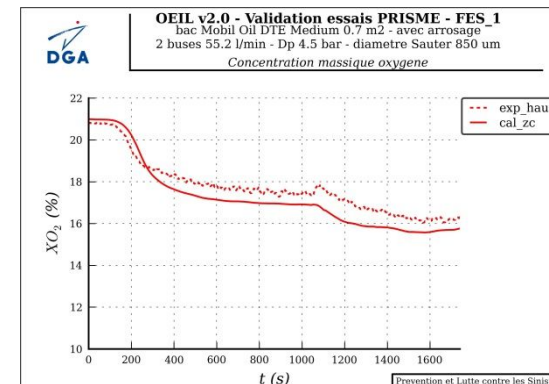


Température gaz

Température paroi



Débit volumique
admission & extraction



Concentration oxygène

Validation du module arrosage du code OEIL (*) Ex-USS Shadwell (NRL) (1) - Serie 3 #10 (1)

Laundry Room / Laundry Anteroom : 2 locaux en acier séparés par 2 portes ouvertes. Volume total : 85 m³ (8,2 m x 4 m x 2,6 m)

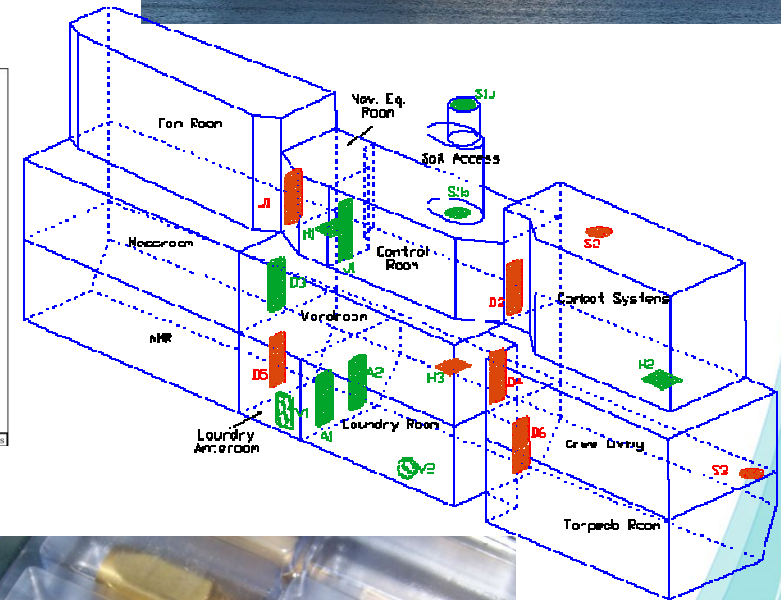
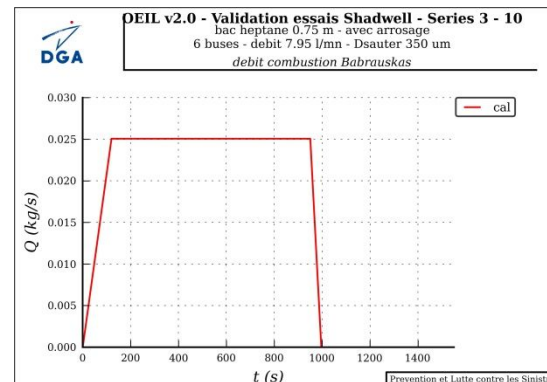
Ventilation : Mécanique en partie basse (LR) - soufflage (5430 m³/h)
Naturelle en partie basse (LA)

Source :

Bac ø 0,75 m entre le centre du local et l'arrivée d'air frais
30 L Heptane - PCI 44,6 MJ/kg



débit combustion Babrauskas



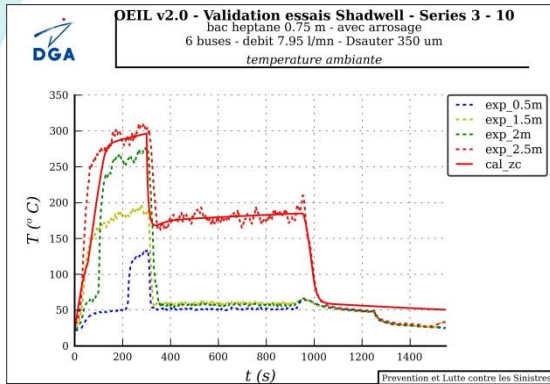
Arrosage : 6 buses BETE TF6 au plafond
spray à cône plein avec un angle de pulvérisation de 120°

pression injection (extrapolation données constructeur) :
6,2 bar → 8 l/min (par buse) → 350 μm

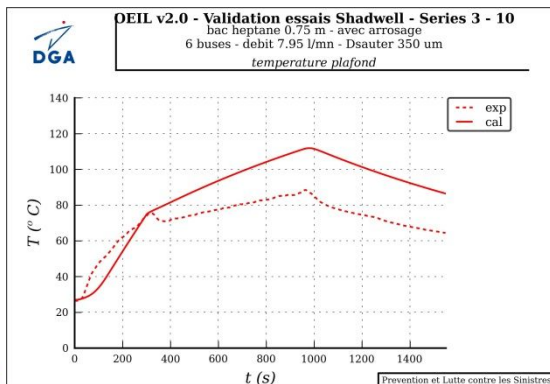
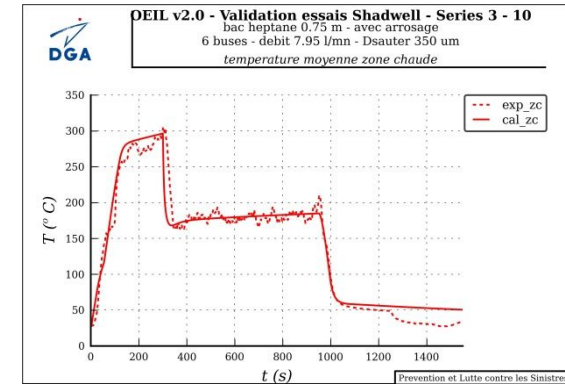
Déclenchement au bout de 5mn / Durée simulation : 28 mn



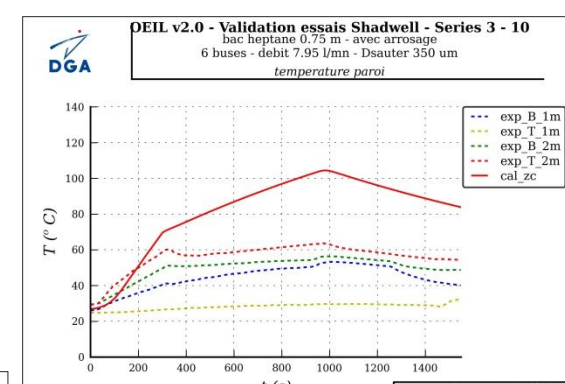
Validation du module arrosage du code OEIL (*) Ex-USS Shadwell (NRL) (1) - Serie 3 #10 (2)



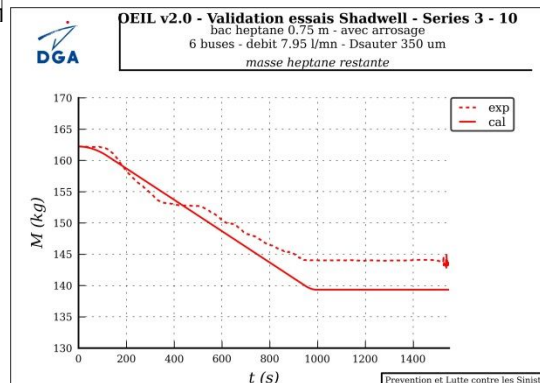
Température gaz



Température plafond



Température paroi



Masse heptane brûlée

Conclusions - Perspectives

Conclusions :

Les résultats présentés (températures du milieu ambiant, des parois, taux d'O₂) permettent de valider le module lutte par arrosage du modèle à zones ŒIL (*) :

- ✓ Configurations des locaux en volume et en matériau :
 - ✓ plateforme DIAMAN (27 m³) en acier
 - ✓ local de l'ex-USS Shadwell (85 m³) en acier,
 - ✓ local R4 (170 m³) de la plateforme DIVA en béton isolée au plafond
- ✓ Systèmes d'arrosage : débit et pression d'injection, type de buse, diamètre de goutte
- ✓ Combustibles : heptane, Mobil Oil DTE Medium et dont le débit de pyrolyse est connu (mesuré) ou non (Babrauskas)
- ✓ En refroidissement (contrôle de la température) et en extinction

Perspectives :

- ✓ Evaluation et vérification de l'efficacité des systèmes d'arrosage selon le risque incendie du local
- ✓ Prise en compte de l'arrosage dans le logiciel de propagation incendie à l'échelle du navire : LUCIFER