DOSSIER D'ENREGISTREMENT

Création d'ateliers de maintenance d'hélicoptères – Marguerite Nord-Ouest (MNO)

Base aérienne d'Etain-Rouvres

PIECE JOINTE ADDITIONNELLE N°3

PIECE JOINTE ADDITIONNELLE N°3

MODELISATIONS INCENDIE TENTES SMT P20 ET P40

3ème RHC
MODELISATION INCENDIE TENTES P20 ET P40

2	11/05/2021	Prise en compte d'un réservoir de 2 500 L	M. LEOQUET	F. ROSSET	LEPINETTE
1	30/03/2021	Version avec prise en compte des commentaires	M.LEOQUET	F.ROSSET	LEPINETTE
REV.	DATE JJ/MM/AAAA	OBJET	REDIGE (nom & visa)	VERIFIE (nom & visa)	APPROUVE (nom & visa)
REVISIONS DU DOCUMENT					

SOMMAIRE

1. OBJET **4**

2. DOCUMENT TECHNIQUE DE REFERENCE **5**

3. DESCRIPTION DES LOCAUX **5**

4. LOGICIEL FDS (FIRE DYNAMIC SIMULATOR) **6**

5. TERME SOURCE DE LA MODELISATION **6**

5.1 Maillage **6**

5.2 Géométrie du bâtiment et des installations **7**

5.3 Caractéristique du combustible et équation de combustion **8**
5.3.1 Caractéristiques des produits stockés 8
5.3.1 Equation de combustion 8
5.3.2 Surface en feu 9
5.3.3 Caractéristiques du foyer 9

5.4 Points de mesures **12**

6. RESULTATS **13**

6.1 Evolution de la température en fonction du temps **13**
6.1.1 P20 – 1 aéronef 13
6.1.2 P40 – 1 aéronef 17
6.1.3 P40 – 2 aéronefs 21
6.1.4 Conclusion 25

6.2 Evolution du flux thermiques en fonction du temps **26**
6.2.1 P20 – 1 aéronef 26
6.2.2 P40 – 1 aéronef 29
6.2.3 P40 – 2 aéronefs 31
6.2.4 Conclusion 34

7. CONCLUSION **35**

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Visualisation tente P20 7
Figure 2 : Visualisation P40 7
Figure 3 : Evolution de la puissance de l'incendie en fonction du temps 9
Figure 4 : Evolution de la température en fonction du temps au niveau de la tente P20....14
Figure 5 : Températures maximales liées à l'incendie - Tente P20, 1 aéronef....16
Figure 6 : Evolution de la température en fonction du temps au niveau de la tente P40 avec un seul aéronef 18
Figure 7 : Températures maximales liées à l'incendie - Tente P40, 1 aéronef....20
Figure 8 : Evolution de la température en fonction du temps au niveau de la tente P40 avec deux aéronefs 22
Figure 9 : Températures maximales liées à l'incendie - Tente P40, 2 aéronefs....24
Figure 10 : Evolution des flux thermiques fonction du temps - tente P20 27
Figure 11 : Evolution des flux thermiques fonction du temps - tente P40, 1 aéronef 33
Figure 12 : Evolution des flux thermiques fonction du temps - tente P40, 1 aéronef 30

SOMMAIRE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des tentes P20 et P40 5
Tableau 2 : Estimation des surfaces en feu dans chaque cellule 9
Tableau 3 : Puissance maximale des incendies....11
Tableau 4 : Synthèse des températures liées à l'incendie....25
Tableau 5 : Synthèse des flux thermiques liées à l'incendie 34
Tableau 6 : Distances d'effets thermiques maximales....34

1. OBJET

L'objectif de cette note de calcul est de décrire le comportement d'un incendie se produisant dans 2 types de tentes (P20 et P40) du 3ème RHC utilisées pour la maintenance d'aéronefs. Les enjeux principaux sont de vérifier la durée de la résistance des différentes tentes ainsi que les conséquences de l'incendie.

La modélisation de cet incendie a été effectuée avec le code de calcul FDS 6.7.4. développé par le National Institute of Standards and Technology assisté du logiciel Pyrosim développé par ThunderHead Eng.

Les principaux paramètres du suivi de l'incendie seront :

- La température de la tente (notamment la couverture en PVC de classe M2),
- Le flux thermique à l'intérieur et à l'extérieur de la tente.

Il est à noter que les résultats et l'analyse qui en découle sont uniquement valables pour la configuration prise en compte dans ce document. Par conséquent, il est en aucun possible d'extrapoler des résultats pour d'autres configurations d'incendie ou de bâtiment sur la base des conclusions de ce rapport.

Pour finir, s'agissant d'un modèle théorique, celui-ci n'a pas la prétention de prédire exactement les conséquences d'un incendie. Il s'agit uniquement d'un outil d'aide à la décision.

Afin d'étudier toutes les configurations possible, neuf cas ont été étudiés :

1. P20 cas n°1 : 1 aéronef SANS écran thermique,
2. P20 cas n°2 : 1 aéronef AVEC écran thermique 2,20 m,
3. P20 cas n°3 : 1 aéronef AVEC écran thermique 3,30 m,
4. P40 cas n°1 : 1 aéronef SANS écran thermique,
5. P40 cas n°2 : 1 aéronef AVEC écran thermique 2,20 m,
6. P40 cas n°3 : 1 aéronef AVEC écran thermique 3,30 m,
7. P40 cas n°1 : 2 aéronefs SANS écran thermique,
8. P40 cas n°2 : 2 aéronefs AVEC écran thermique 2,20 m,
9. P40 cas n°3 : 2 aéronefs AVEC écran thermique 3,30 m,

2. DOCUMENT TECHNIQUE DE REFERENCE

Les documents techniques de référence sont les suivants :

- Plan des tentes P20 et 40
- The SPFE Handbook of Fire Protection Engineering – 3rd Edition,
- User Guide FDS – NIST – 6th Edition,
- DRA-03 : Développement d'une méthodologie d'évaluation des effets thermiques et toxiques des incendies d'entrepôt – janvier 2002.

3. DESCRIPTION DES LOCAUX

Les tentes P20 et P40 sont utilisées par le 3ème RHC pour la maintenance d'aéronef de l'Armée de Terre.

Le bâtiment est principalement construit sur la base d'une structure métallique avec une couverture en PVC de classe M2 (matériau difficilement inflammable).

Les plans de tente P20 et P40 prises en compte dans les modélisations sont présentés en annexe 1.

Le tableau ci-dessous présentes les différentes caractéristiques du bâtiment P20 et P40 :

	P20	P40
Dimensions	Longueur : 20 m Largeur : 20 Hauteur : 8,75 m	Longueur : 40 m Largeur : 20 m Hauteur : 8,75 m
Type de structure	Poteaux : acier Poutres : acier	Poteaux : acier Poutres : acier
Type de paroi	PVC M2	PVC M2
Toiture	Structure : acier Toiture : PVC M2	Structure : acier Toiture : PVC M2
Ouvertures	Une ouverture principale sur la face avant permettant l'entrée des aéronefs et la circulation du personnel	
Caniveau	Présence d'un caniveau tout autour des tentes (sauf côté ouverture) permettant de limiter l'épandage d'une nappe de produit à l'extérieur de la tente (à 2 m de la tente)	
Ecran thermique	Présence d'écran thermique sur 3 faces de la tente pour les cas n°2 (hauteur 2,20 m) et cas n°3 (hauteur 3,30 m).	
Principaux éléments présents dans les tentes	1 aéronef (réservoir de kérosène de 2 500 l) 1 cuve de fioul domestique de 1 m^3	1 ou 2 aéronefs (réservoir de kérosène de 2 500 l ou 2 x 2 500 l) 1 cuve de fioul domestique de 1 m^3

Tableau 1 : Caractéristiques des tentes P20 et P40

4. LOGICIEL FDS (FIRE DYNAMIC SIMULATOR)

Le code de calcul FDS 6.7.4 est un logiciel de mécanique des fluides, intégrant un module de combustion et un module de visualisation (Smokeview) développé par le NIST (National Institute of Standards and Technologie, USA). Cet outil est principalement utilisé pour la simulation en 3D des incendies afin d'étudier leurs développements et leurs conséquences tant dans les domaines de la R&D que dans la prévention des risques d'incendie dans l'industrie ou les ERP.

Les principaux paramètres à prendre en compte lors de la simulation d'un incendie avec le code de calcul FDS 6.7.4 sont les suivants :

- La qualité/taille du maillage retenue pour la modélisation,
- La géométrie du bâtiment, les conditions aux limites, et les caractéristiques de l'installation (matériaux…),
- Les caractéristiques du combustible utilisées (conductivité thermique, débit calorifique, émissivité…) et des objets inflammables pouvant entrés dans la réaction de combustion,
- Le positionnement, le nombre et le type des différents capteurs permettant d'obtenir les résultats.

5. TERME SOURCE DE LA MODELISATION

Les paragraphes ci-dessous décrivent les données d'entrées utilisées pour la modélisation du scénario avec le logiciel FDS 6.7.4.

5.1 Maillage

Toute modélisation 3D nécessite la définition d'une zone de calcul découpée en cellule/maille permettant de caractériser le développement de l'incendie.

Dans le cas des modélisations d'un incendie dans les tente P20 et P40, les dimensions des différentes cellules ou mailles sont de 50 cm x 50 cm x 50 cm.

Le nombre de mailles pour chacun des modèles est le suivant :

- P20 : 260 000 mailles (dimensions du domaine : 50 m x 50 m x 13 m),
- P40 : 374 000 mailles (dimensions du domaine : 60 m x 65 m x 12 m),

5.2 Géométrie du bâtiment et des installations

Les figures ci-dessous permettent de visualiser la géométrie des modèles sur la base de informations synthétisées dans le chapitre 3 de la présente note :

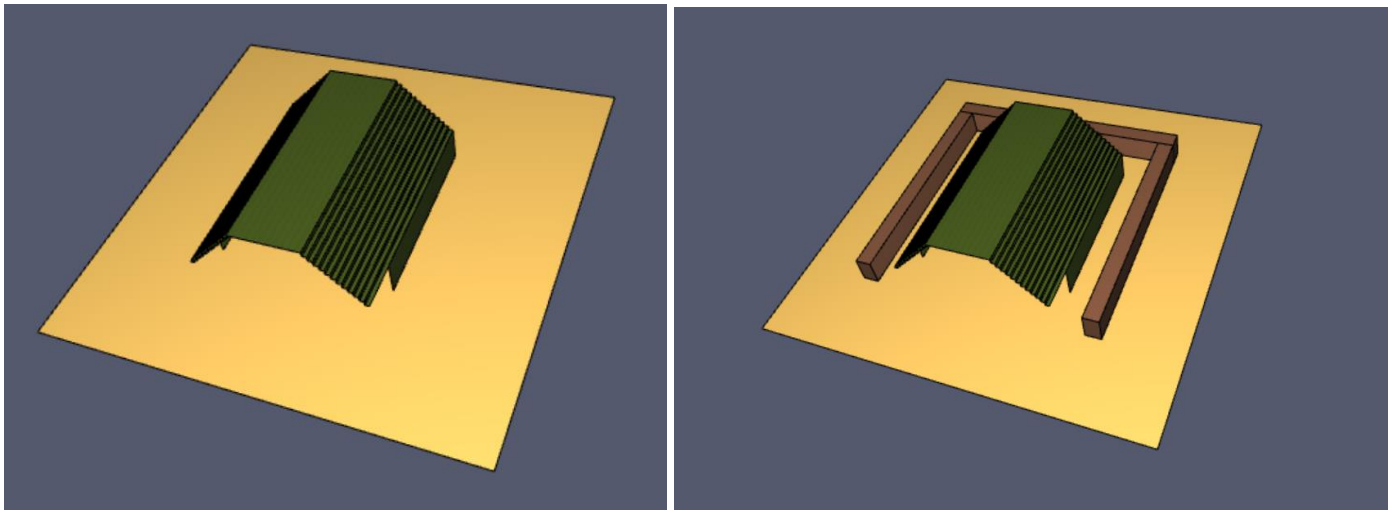


Figure 1 : Visualisation tente P20

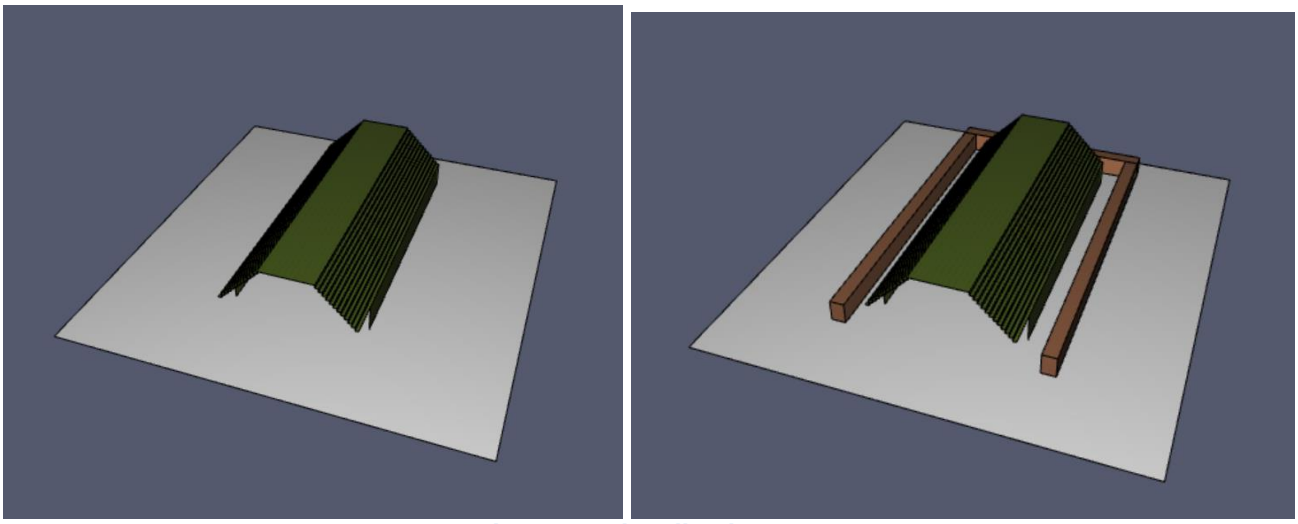


Figure 2 : Visualisation P40

Concernant la création de la géométrie des tentes, les hypothèses suivantes ont été prises en compte dans le modèle :

- La géométrie du toit a été simplifiée afin de limiter les temps de calcul,
- Les dimensions des objets du modèles ont été arrondies pour qu'elles s'ajustent aux maillages du modèle.

5.3 Caractéristique du combustible et équation de combustion

5.3.1 Caractéristiques des produits stockés

Les tentes P20 et P40 sont des structures servant à l'entretien et la maintenance d'aéronefs de l'Armée de Terre.
Les produits inflammables susceptibles d'être présents sont :

- 2 500 L de kérosène (correspondant au réservoir d'un aéronef ou 5 000 l pour deux aéronefs),
- 1000 L de fioul domestique stockés à le long de la tente à l'extérieur servant à l'alimentation du système de chauffage.

5.3.1 Equation de combustion

Sur la base des informations présentées dans le chapitre précédent, il a été possible de déterminer l'équation de combustion à intégrer dans le modèle de calcul. Au vu de la variété des produits susceptibles d'être présent dans la zone, un combustible moyen identique a été pris en compte pour les différentes cellules :

$$C_xH_yO_zN_v + \nu_{O_2}O_2 \xrightarrow{yields} \nu_{CO_2}CO_2 + \nu_{H_2O}H_2O + \nu_{CO}CO + \nu_S Soot + \nu_{N_2}N_2$$

Celle-ci a retenu uniquement la présence de présence de kérosène. Dans ces conditions, les paramètres suivants ont été pris en compte dans le modèle (source :SFPE Handbook – thrid edition) :

- Atome de carbone : x = 14
- Atome d'hydrogène : y = 30
- Atome d'oxygène : z = 0
- Emission de CO : Y_{co} = 0,012
- Emission de suies : Y_s = 0,042

5.3.2 Surface en feu

Afin de représenter au mieux l'incendie de cet tente, la totalité des liquides inflammables ont été modélisée sous la forme d'une nappe de liquide inflammable.

Dans le cas présent, en fonction de la quantité de combustible disponible, il a été possible d'estimer la surface en feu dans chacune des cellules en retenant dans une approche majorante une épaisseur de nappe de 1 cm correspondant à l'épaisseur d'une nappe d'hydrocarbure sur un sol en béton.

A noter qu'au niveau de la nappe de liquide inflammable située à l'extérieur de la tente, celle-ci a été limitée du fait de la présence de caniveau.

Dans ces conditions, les surfaces en feu prises en compte dans la modélisation sont les suivantes :

	Surface en feu (m^2)
P20	360
P40 1 aéronef	360
P40 2 aéronefs	912

Tableau 2 : Estimation des surfaces en feu dans chaque cellule

5.3.3 Caractéristiques du foyer

Le modèle retenu dans le cadre de cette modélisation est **la propagation d'une courbe de débit calorifique imposée/calculée.** Cette méthode permet une modélisation correcte de l'incendie tout en conservant un temps de calcul raisonnable.

Le schéma ci-dessous présente le principe d'évolution du débit calorifique d'un incendie en fonction du temps :

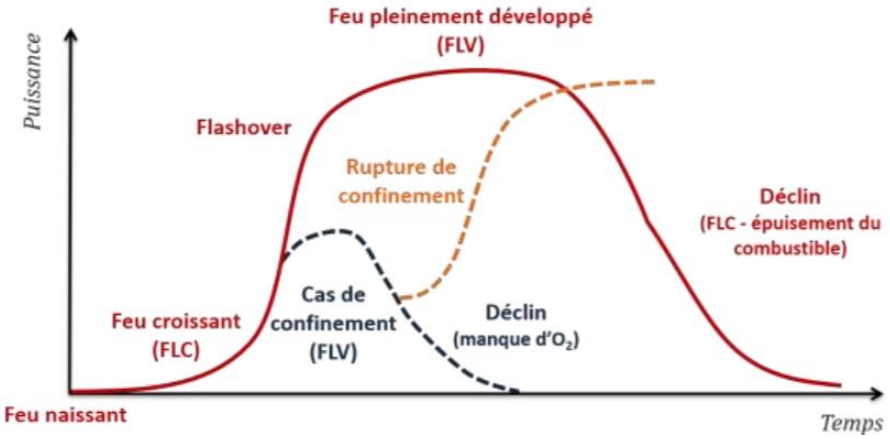


Figure 3 : Evolution de la puissance de l'incendie en fonction du temps

5.3.3.1 Phase de montée en croissance

La phase de croissance d'un incendie est définie par la méthodologie décrite dans le NFPA NF EN 1991-1-2/ NA. Elle est décrite via l'équation suivante :

$$Q = \alpha t^2$$

Avec :

Q : puissance de l'incendie (kW)
T : temps de développement de l'incendie (s)
α : une constante,

Le paramètre α caractérise la vitesse de montée en puissance de l'incendie. Les valeurs présentées dans le tableau ci-dessous sont basées sur des essais. **Ces derniers ont notamment caractérisé qu'un incendie de PE/PEHD devait être considéré avec une cinétique de développement ultra rapide.**

Fire growth rate	Value of α (kW/s^2)
Slow	0.00293
Medium	0.01172
Fast	0.0469
Ultra fast	0.1876

5.3.3.2 Flashover ou Embrasement Généralisé Eclair

Il s'agit dans un local semi-ouvert, du passage instantané d'une situation de feu localisé à un embrasement généralisé des matériaux combustibles qui s'y trouvent.

Ce type de phénomène survient essentiellement dans le cadre de locaux pour lesquels les faibles ouvertures limites l'apport en oxygène nécessaire à une combustion optimale de l'incendie.

Dans le cadre des tentes objets de la présente étude, celles-ci disposent d'une large ouverture en façade et les parois n'étant pas complètement rigides, l'apport d'air ne sera que faiblement limité.

Dans ces conditions, le phénomène de Flashover ou embrasement généralisé éclair peut être écarté dans la configuration retenue pour cette étude.

5.3.3.3 Calcul de la puissance maximale de l'incendie

De manière théorique, la puissance maximale d'un incendie peut être calculée l'équations de Thomas :

$$(1)\ Q_{fo} = 7{,}8\,.A_T + 378(A_0.\sqrt{H_0})$$

Avec :

Q_{fo} : Puissance calorifique (kW),
A_T : aire totale des parois du local ouverture non comprise (m²),
A_0 : aire totale des ouvertures verticales (m²),
H_0 : hauteur de l'ouverture (m).

Dans le cas des tentes P20 et P40, la résolution de l'équations de Thomas (liquide inflammable pris en compte kérosène : enthalpie de combustion = 44 MJ/kg) donne les résultats suivants :

	P20	P40 – 1 aéronef	P40 – 2 aéronef
HRR Qfo (MW)	173	174	174
Surface en feu (m²)	360	360	912

Tableau 3 : Puissance maximale des incendies

Il est important de noter que les courbes de puissance des incendies ont été calculées en tenant compte uniquement de la quantité de liquide inflammable présente. En réalité, il est probable que durant l'incendie d'autres produits présents dans la tente participent au foyer. Néanmoins, la quantité de ces produits sera minoritaire par rapport à la quantité de liquide inflammable présente, c'est pourquoi ils n'ont pas été retenu.

5.3.3.4 Phase de plateau

Au vu de la quantité de produit combustible présente dans chacune des zones, le débit calorifique maximal de l'incendie est maintenu pendant une durée de 30 minutes.

5.4 Points de mesures

Afin de suivre l'évolution de l'incendie, différents détecteurs ont été positionnés à proximité de la zone en feu. L'implantation des différents détecteurs dans chaque cellule est disponible en annexe :

- Annexe 2 : mesures de température,
- Annexe 3 : mesures de flux thermique,

1. Mesure de température de la tente

Ces capteurs permettent de calculer, pour chaque élément de la tente, l'évolution de la température en fonction du développement de l'incendie.

2. Flux thermique de l'incendie

Des capteurs de flux thermiques ont été implantés de façon homogène à l'extérieur de la tente dans le domaine de calcul afin de mesurer le flux thermique susceptible d'être reçu par différents enjeux à l'extérieur de la tente. Ces capteurs ont été positionnés à 1,75 m de hauteur.

La littérature stipule que les services d'incendie et de secours sont à même d'intervenir jusqu'à un flux thermique de 5 kW/m².
Les seuils des dégâts sur les structures sont les suivants :

- 5 kW / m², seuil des destructions de vitres significatives,
- 8 kW / m², seuil des effets domino et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures,
- 16 kW / m², seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures en béton,
- 20 kW / m², seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structure béton,
- 200 kW / m², seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes.

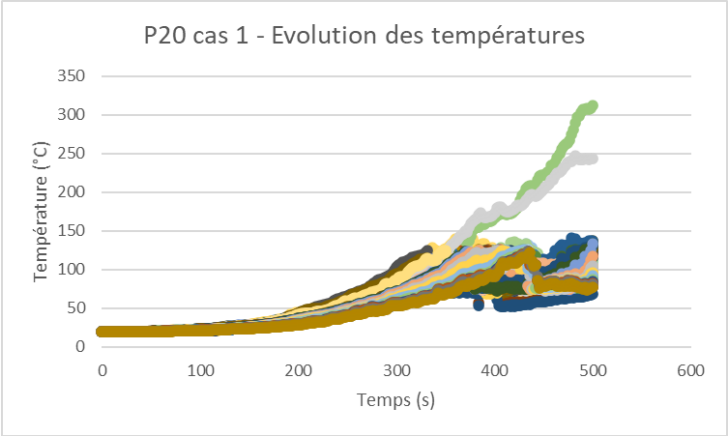
6. RESULTATS

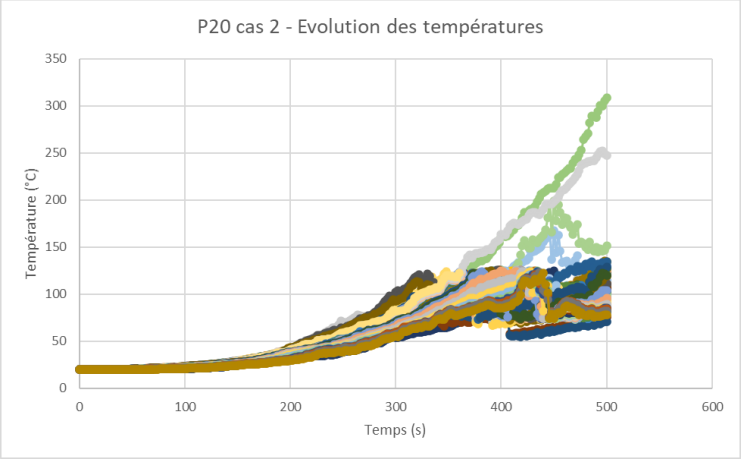
Ce chapitre s'attache à présenter de manière exhaustive les résultats des capteurs mentionnés au chapitre 5.4 de la présente note.

6.1 Evolution de la température en fonction du temps

6.1.1 P20 – 1 aéronef

Les figures ci-dessous s'attachent à déterminer la durée de résistance de la tente à un incendie :





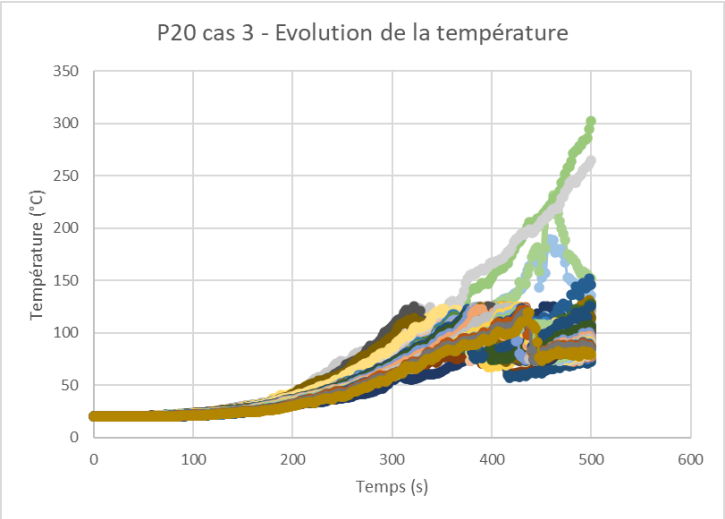
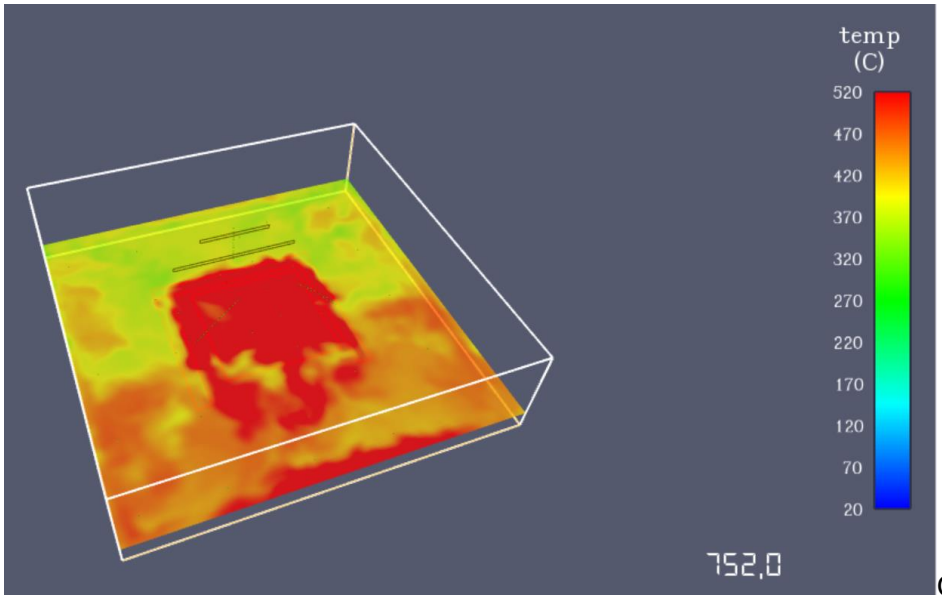


Figure 4 : Evolution de la température en fonction du temps au niveau de la tente P20

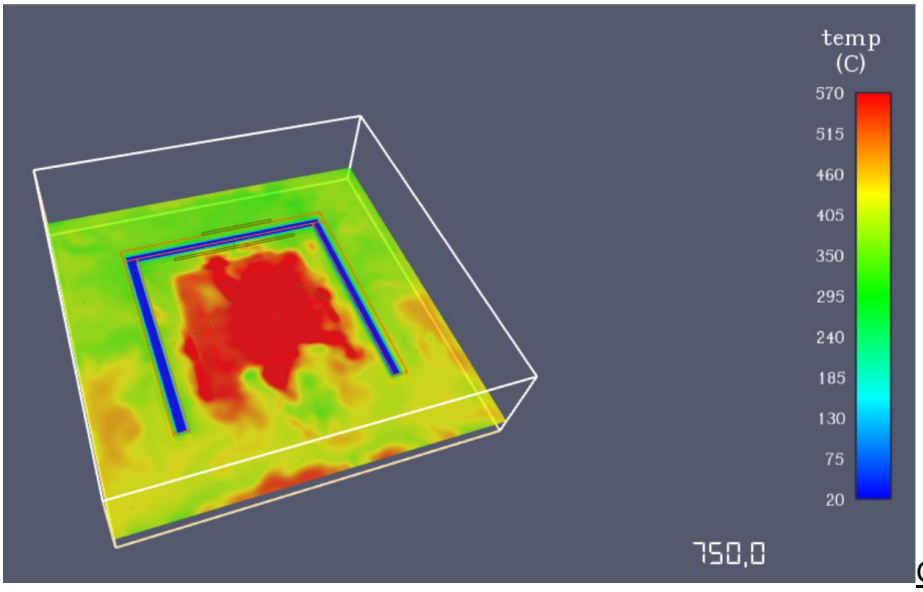
Les graphiques ci-dessus montrent une destruction de la toile de la tente (PVC de classe M2 – température de fusion = 125°C) entre 326 secondes et 332 secondes en fonction de la distance de l'élément par rapport à l'incendie. A noter qu'une fois cette température atteinte la tente n'est plus considérée dans le modèle permettant un développement de l'incendie sans limitation de l'apport d'oxygène.

Il est à noter que la présence d'une écran thermique autour de la tente n'a pas d'impact significatif sur les températures présentées dans les graphiques ci-dessus, ces mesures étant réalisées à l'intérieur de la tente.

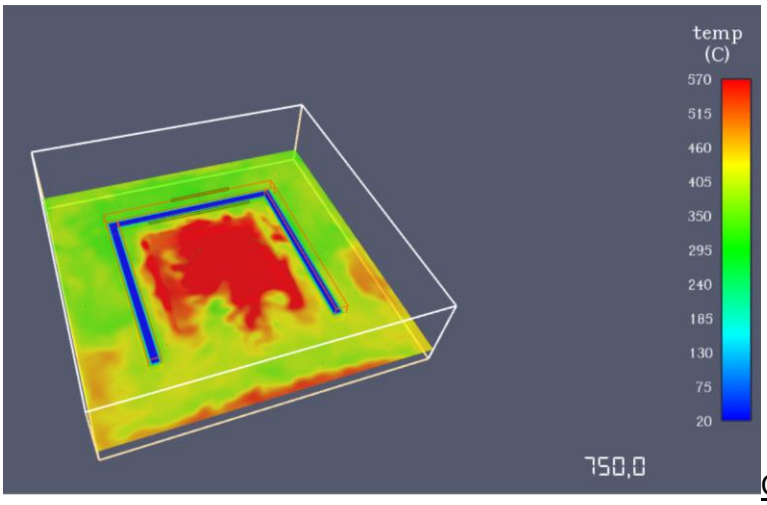
Les figures ci-dessous présentent les températures maximales au sein de modèles :



Cas1 : Sans écran thermique



Cas 2 : avec écran thermique 2,20 m



Cas 3 : avec écran thermique 3,30 m

Figure 5 : Températures maximales liées à l'incendie - Tente P20, 1 aéronef

Les visualisations ci-dessus permettent d'estimer les températures en différents points des modèles.

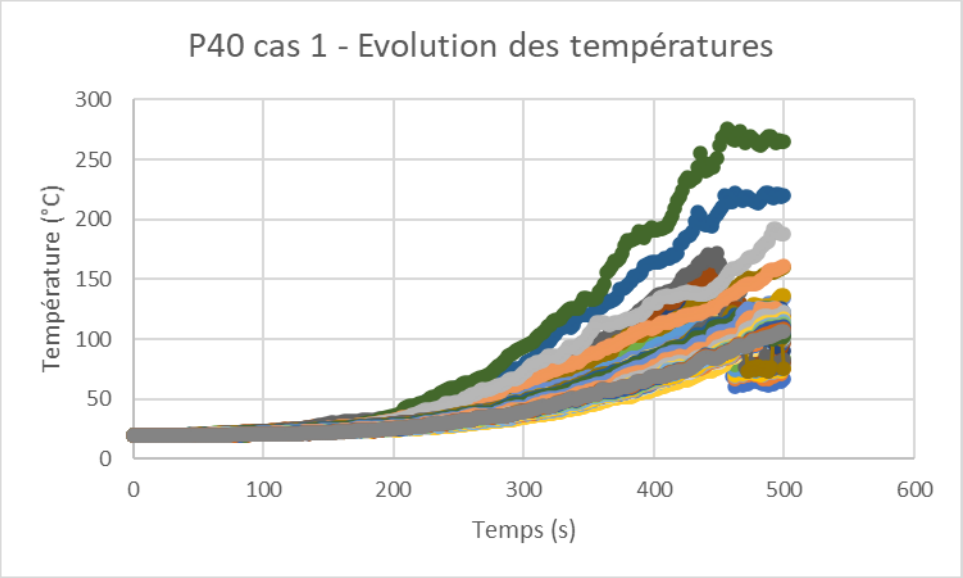
Les températures de l'incendie sont maximales à environ 750 secondes.

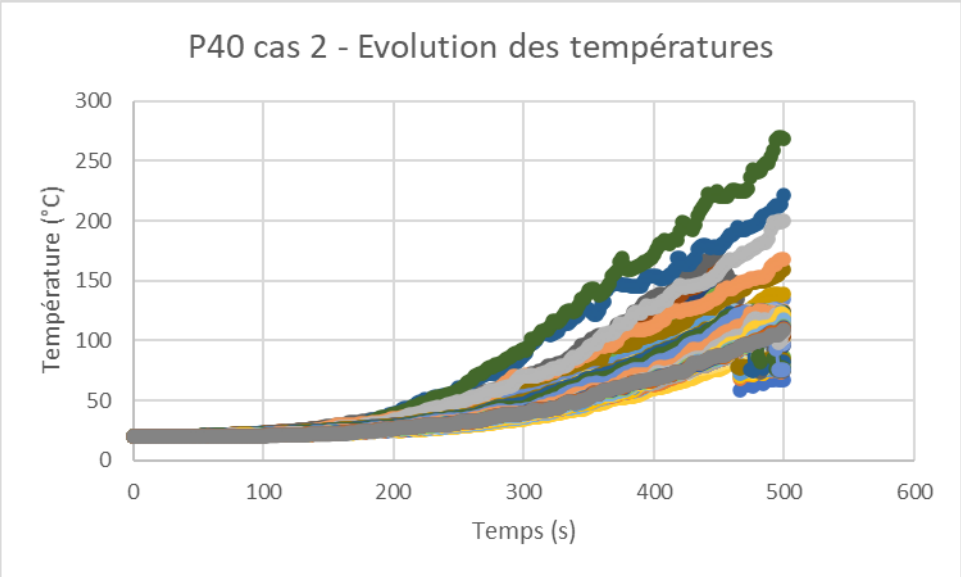
En l'absence d'écran thermique, la température maximale à l'extérieur de la tente est d'environ 500°C alors qu'avec un écran thermique de 2,20 m ou 3,30 m elles sont respectivement d'environ 470°C et 460°C.

A l'intérieur de la tente les températures mesurées sont de l'ordre de 570°C.

6.1.2 P40 – 1 aéronef

Les figures ci-dessous s'attache à déterminer la durée de résistance de la tente à un incendie :





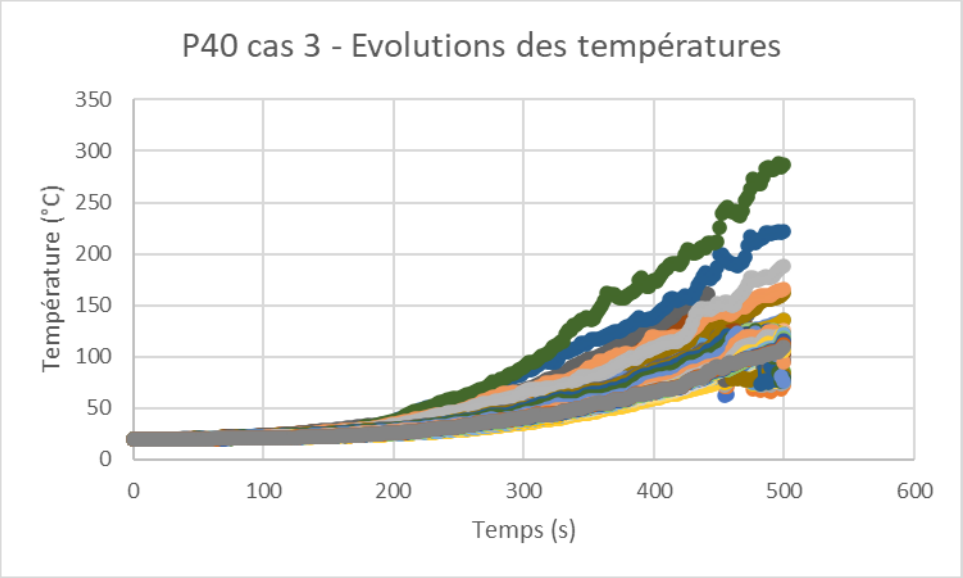
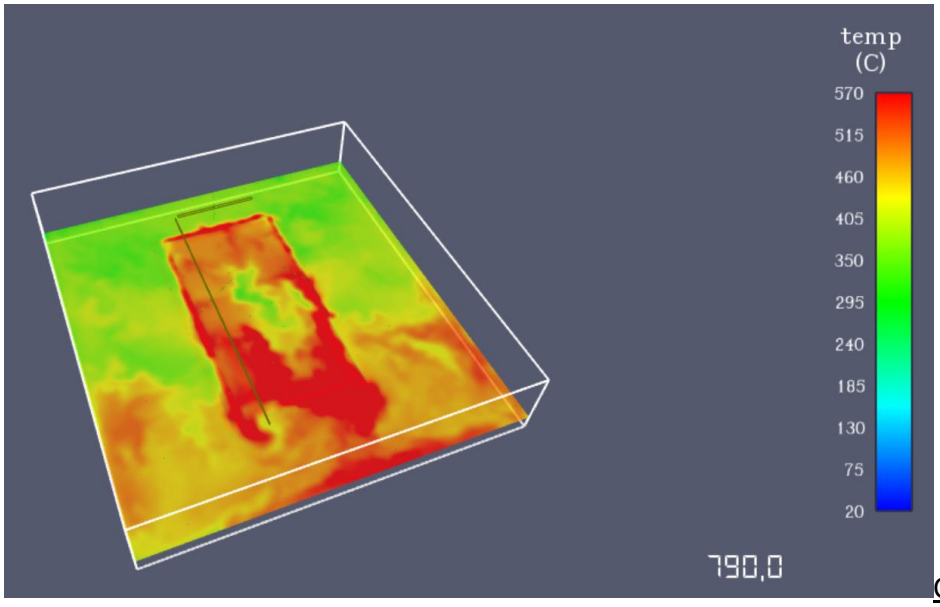


Figure 6 : Evolution de la température en fonction du temps au niveau de la tente P40 avec un seul aéronef

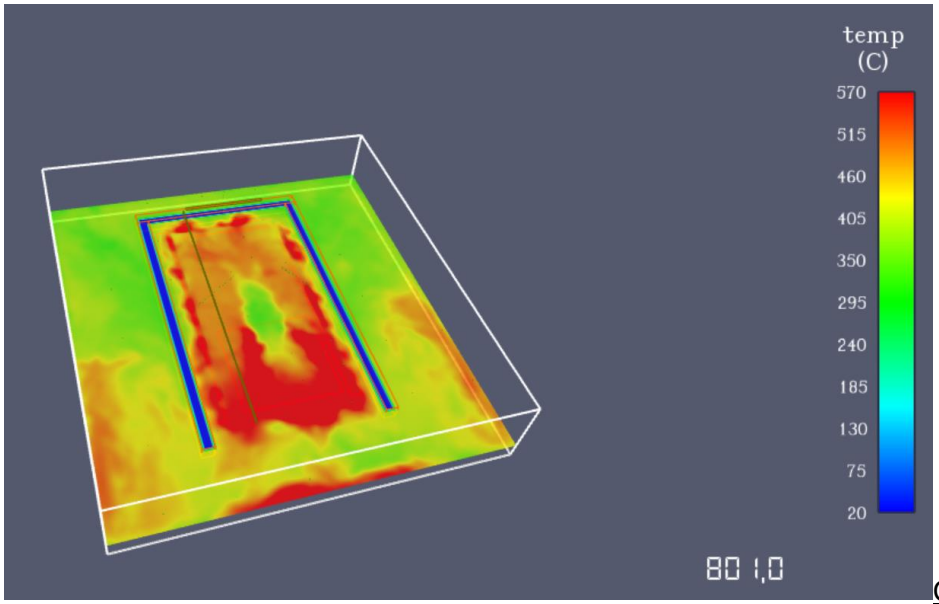
Les graphiques ci-dessus montrent une destruction de la toile de la tente (PVC de classe M2 – température de fusion = 125°C) entre 334 secondes et 340 secondes en fonction de la distance de l'élément par rapport à l'incendie. A noter qu'une fois cette température atteinte la tente n'est plus considérée dans le modèle permettant un développement de l'incendie sans limitation de l'apport d'oxygène.

Il est à noter que la présence d'un écran thermique autour de la tente n'a pas d'impact significatif sur les températures présentées dans les graphiques ci-dessus, ces mesures étant réalisées à l'intérieur de la tente.

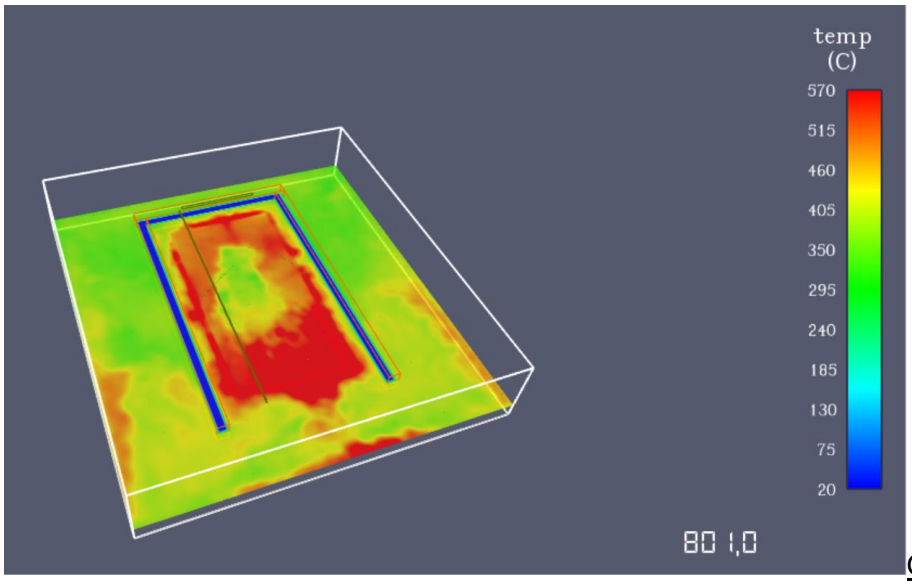
Les figures ci-dessous présentent les températures maximales au sein de modèles :



Cas1 : Sans écran thermique



Cas 2 : avec écran thermique 2,20 m



Cas 3 : avec écran thermique 3,30 m

Figure 7 : Températures maximales liées à l'incendie - Tente P40, 1 aéronef

Pour finir les visualisations ci-dessus permettent d'estimer les températures en différents points des modèles.

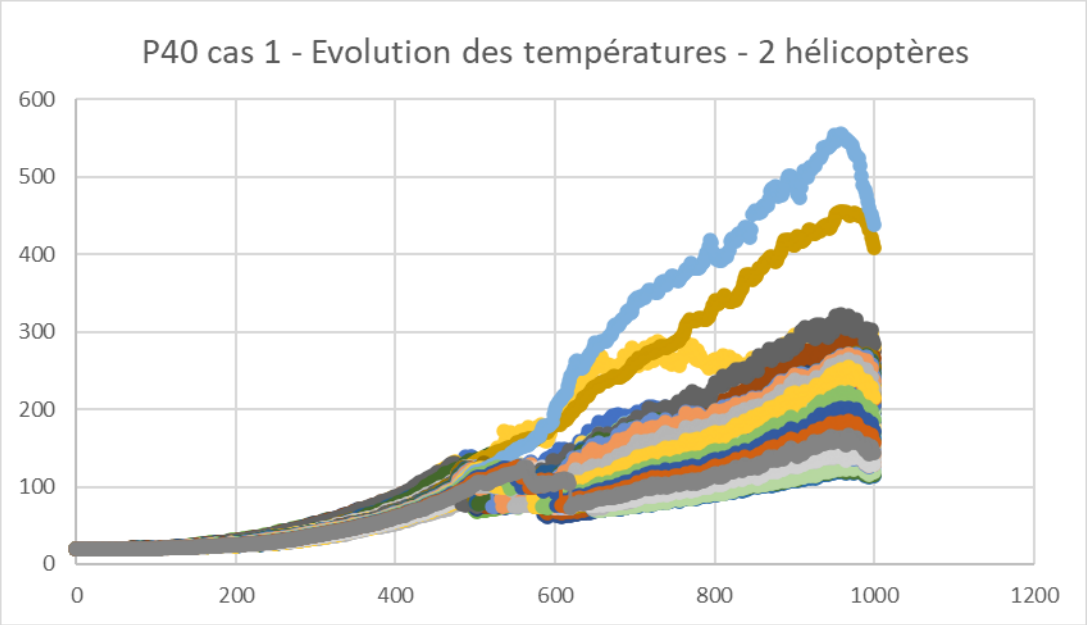
Les températures de l'incendie sont maximales à environ 800 secondes.

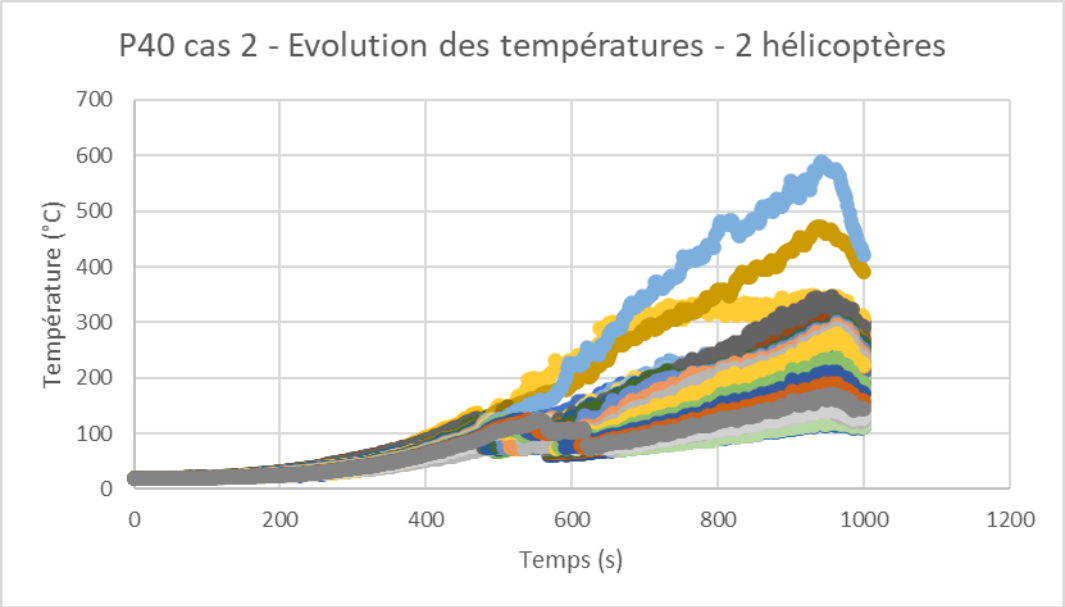
En l'absence d'un écran thermique, la température maximale à l'extérieur de la tente est d'environ 515°C alors qu'avec un écran thermique de 2,20 m ou 3,10 m les températures maximales sont d'environ 460°C au-delà de l'écran thermique sans qu'une réelle différence ne soit observée entre les 2 hauteurs d'écrans thermiques.

A l'intérieur de la tente les températures mesurées sont supérieures à 570°C.

6.1.3 P40 – 2 aéronefs

Les figures ci-dessous s'attache à déterminer la durée de résistance de la tente à un incendie :





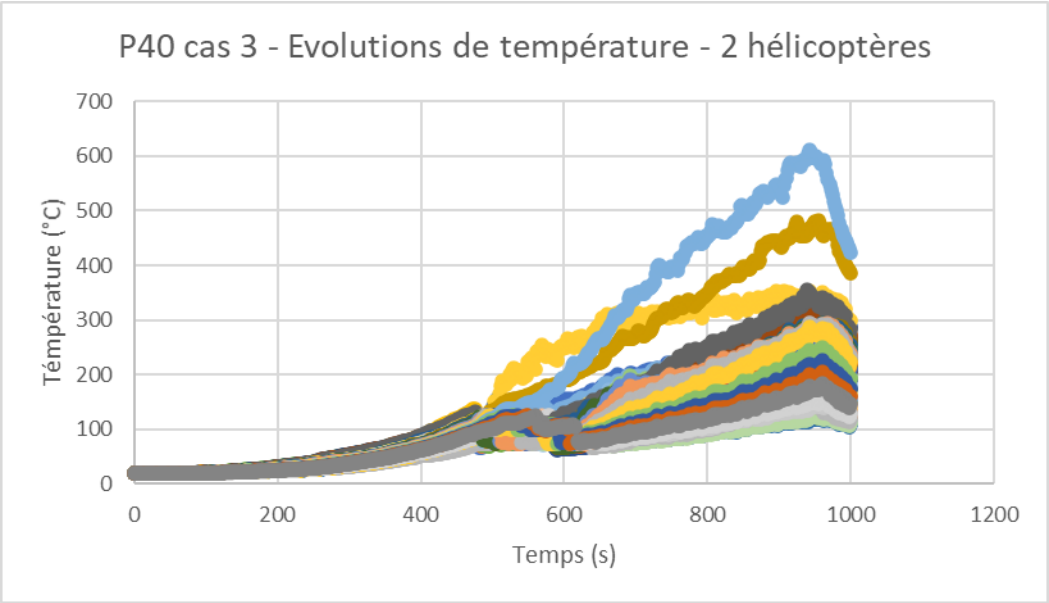
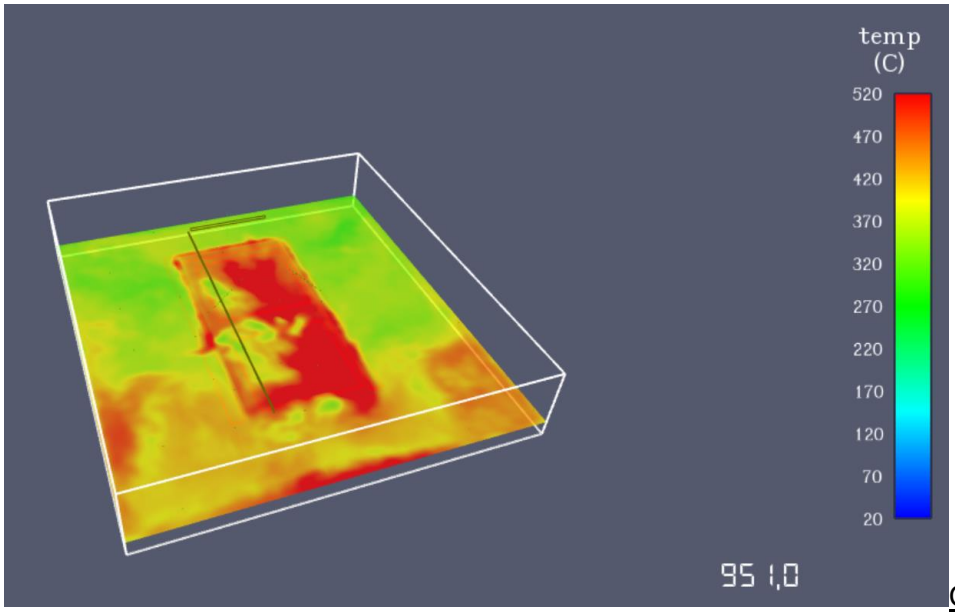


Figure 8 : Evolution de la température en fonction du temps au niveau de la tente P40 avec deux aéronefs

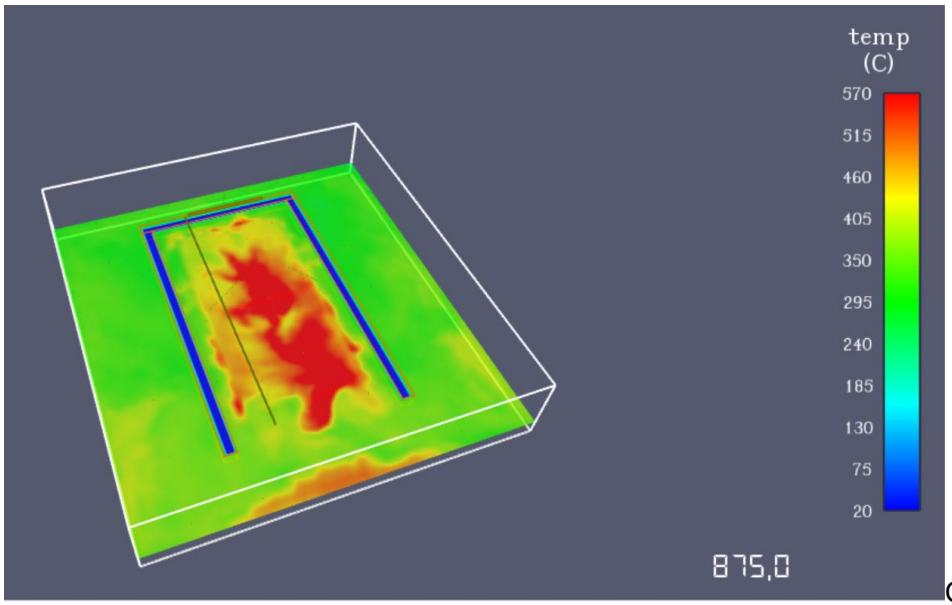
Les graphiques ci-dessus montrent une destruction de la toile de la tente (PVC de classe M2 – température de fusion = 125°C) entre 452 secondes et 460 secondes en fonction de la distance de l'élément par rapport à l'incendie.
A noter qu'une fois cette température atteinte la tente n'est plus considérée dans le modèle permettant un développement de l'incendie sans limitation de l'apport d'oxygène.

Il est à noter que la présence d'un écran thermique autour de la tente n'a pas d'impact significatif sur les températures présentées dans les graphiques ci-dessus, ces mesures étant réalisées à l'intérieur de la tente.

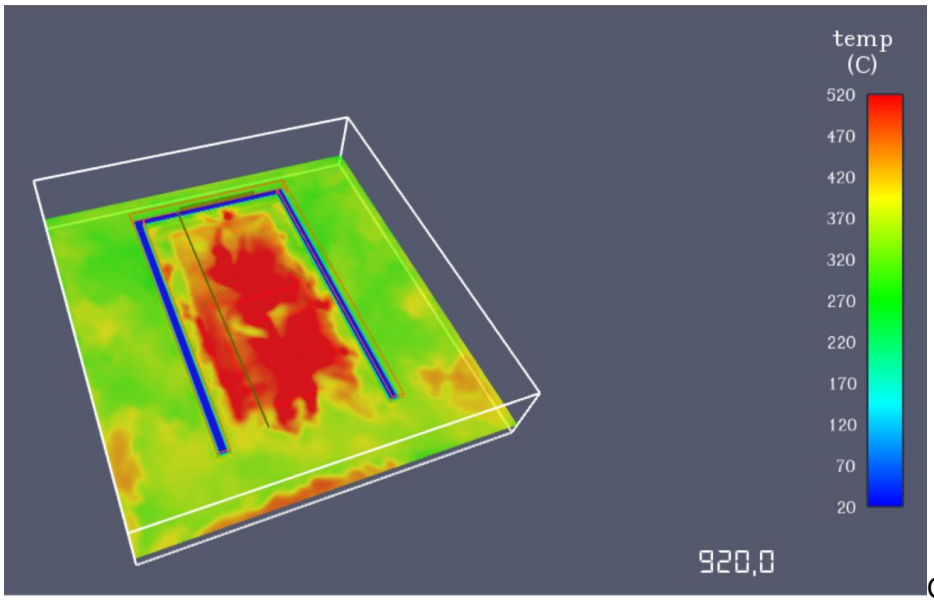
Les figures ci-dessous présentent les températures maximales au sein de modèles :



Cas1 : Sans écran thermique



Cas 2 : avec écran thermique 2,20 m



Cas 3 : avec écran thermique 3,30 m

Figure 9 : Températures maximales liées à l'incendie - Tente P40, 2 aéronefs

Pour finir, les visualisations ci-dessus permettent d'estimer les températures en différents points des modèles.

Les températures de l'incendie sont maximales à environ 875 et 950 secondes.

En l'absence d'écran thermique, la température maximale à l'extérieur de la tente est d'environ 500°C alors qu'avec un écran thermique de 2,20 m ou 3,10 m les températures maximales sont d'environ 440°C au-delà de l'écran thermique sans qu'une réelle différence ne soit observée entre les 2 hauteurs d'écrans thermiques.

A l'intérieur de la tente les températures mesurées sont supérieures à 600°C.

6.1.4 Conclusion

Le tableau ci-dessous permet de synthétiser les résultats des modélisations en ce qui concerne les températures liées à ces incendies :

	1 aéronef						2 aéronefs		
	P20 Cas 1	P20 Cas2	P20 Cas 3	P40 Cas 1	P40 Cas 2	P40 Cas3	P40 Cas 1	P40 Cas 2	P40 Cas3
Temps de résistance de la tente (s)	326 à 332			334 à 340			452 à 460		
Température maximale à l'extérieur de la tente (°C)	500	470	460	515	460	460	500	440	440

Tableau 4 : Synthèse des températures liées à l'incendie

Les modélisations ont montré que les résistances à un incendie dans le temps sont similaires entre les différentes configurations étudiées.

Il est nécessaire de rappeler que le code de calcul FDS considère toutes obstructions/parois dans le modèle comme rigoureusement étanche. D'un point de vue modélisation, les dimensions des tentes P40 vont limiter l'apport d'oxygène au niveau du foyer pour la même raison que celle précédemment citée, la combustion ne sera donc pas optimale dans un premier temps ce qui peut expliquer ces résultats par rapport à la tente P20.

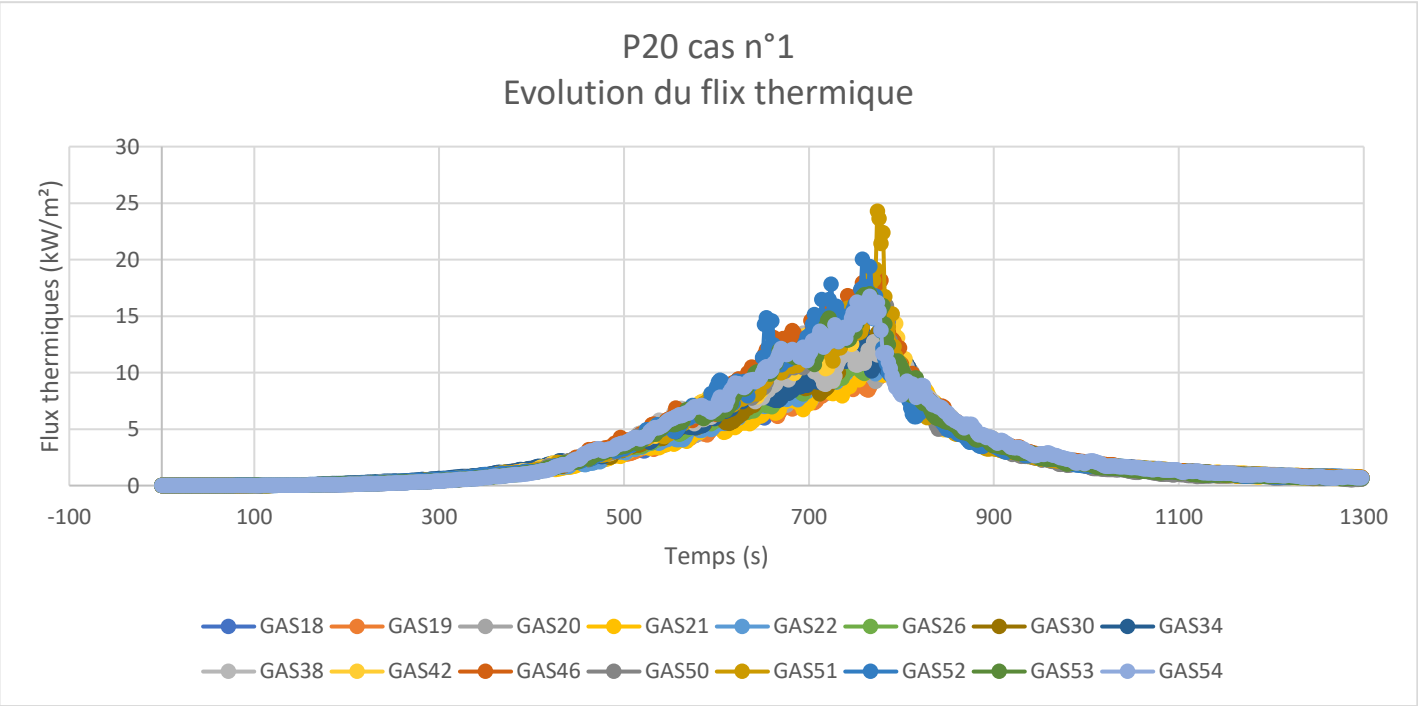
Concernant les températures maximales, les écrans thermiques positionnés à quelques mètres de la tente permettent de réduire à la température de l'air à proximité immédiate de l'écran thermique.

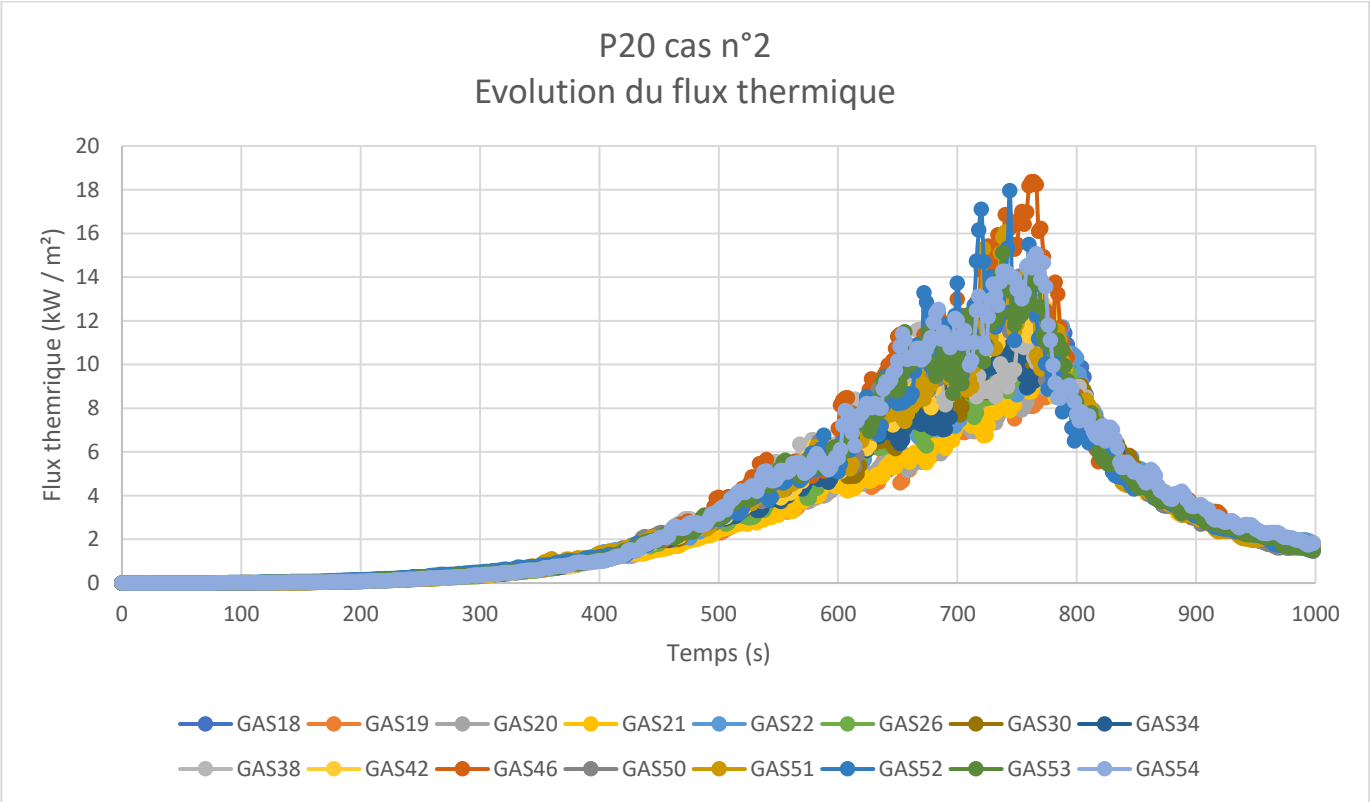
6.2 Evolution du flux thermiques en fonction du temps

L'annexe 3 de la présente note de calcul localise l'implantation des différents capteurs de flux thermique dans la configuration P20 et P40.

6.2.1 P20 – 1 aéronef

Les figures ci-dessous permettent de suivre l'évolution du flux thermique à l'extérieur de la tente :





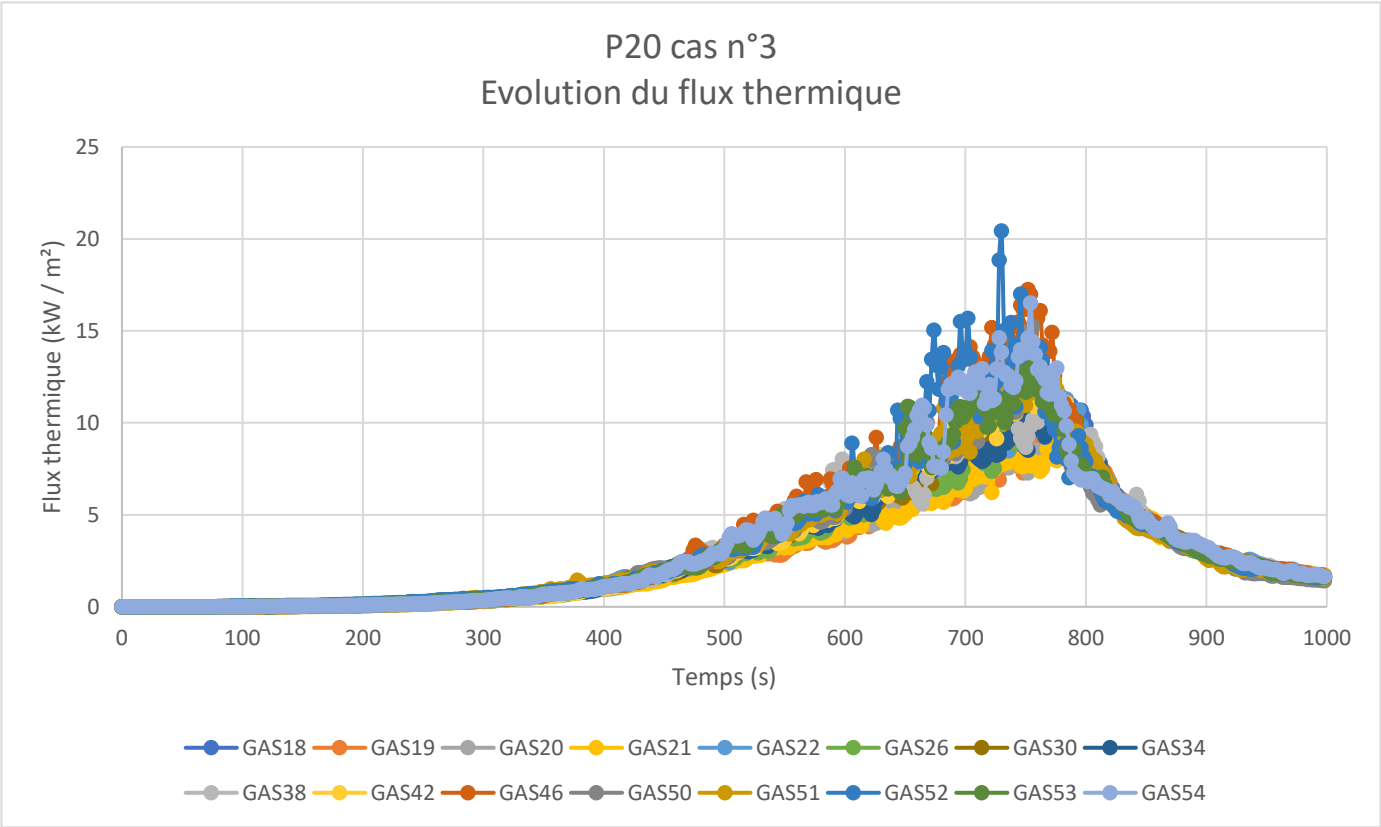


Figure 10 : Evolution des flux thermiques fonction du temps - tente P20

Les figures ci-dessus montrent l'évolution du flux thermique en fonction du développement de l'incendie.

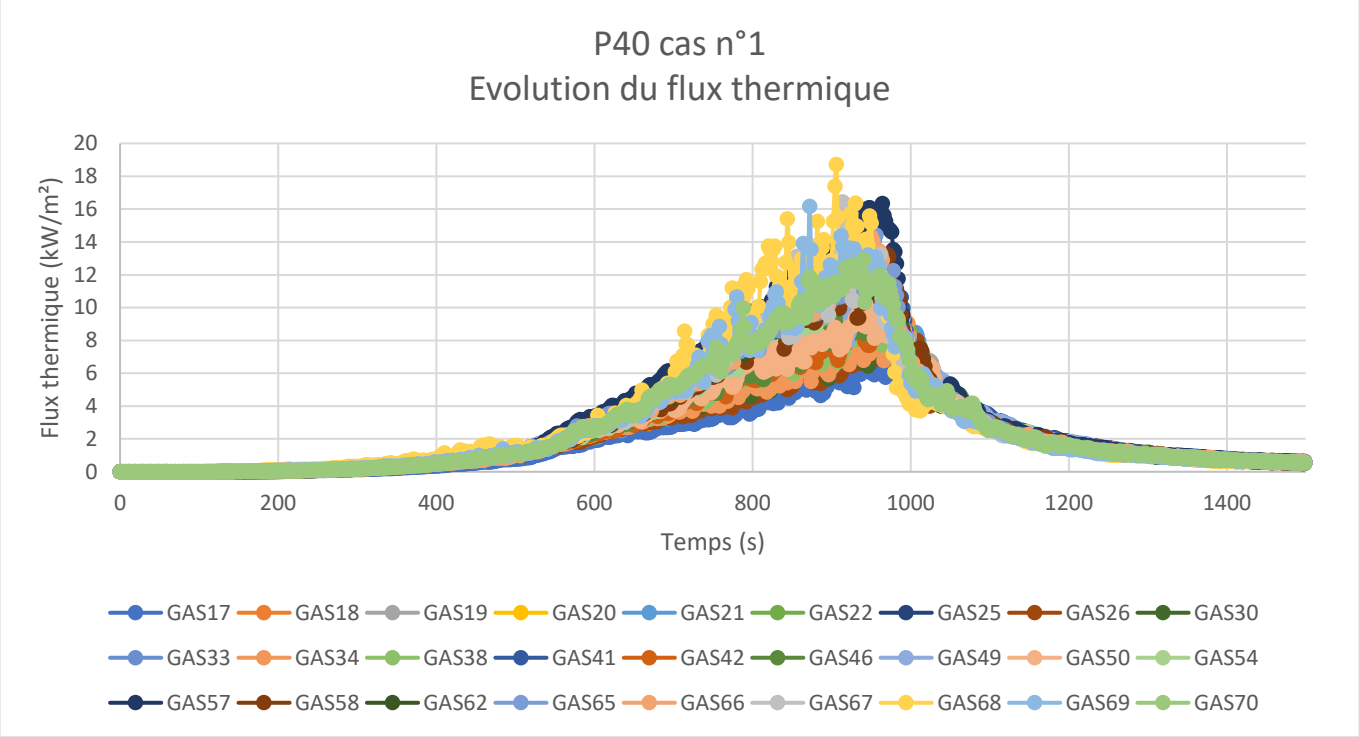
Les flux thermiques pic maximaux sont compris en 16 kW/m² (avec écran thermique) et 25 kW/m² (sans écran thermique) et atteint au bout de 750 secondes environ.

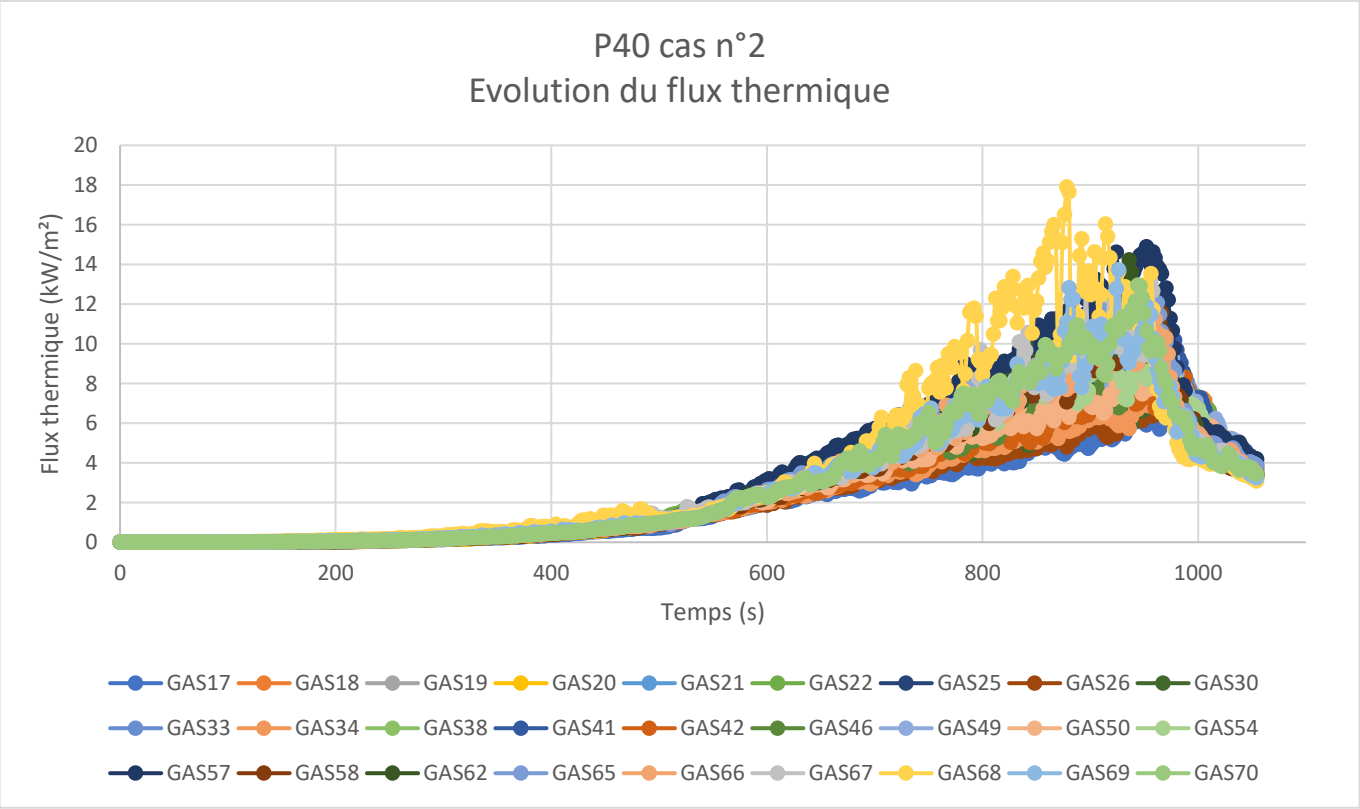
Ils sont atteints pour les capteurs GAS50 à GAS54 situés en face de l'entrée de la tente laquelle n'est pas protégée par un écran thermique.

En ne tenant pas compte des quatre mesures précédemment citées, les flux thermiques pic maximaux sont de :

- Ecran thermique 2,20 m : 18 kW/m²
- Ecran thermique 3,30 m : 17 kW/m²

6.2.2 P40 – 1 aéronef





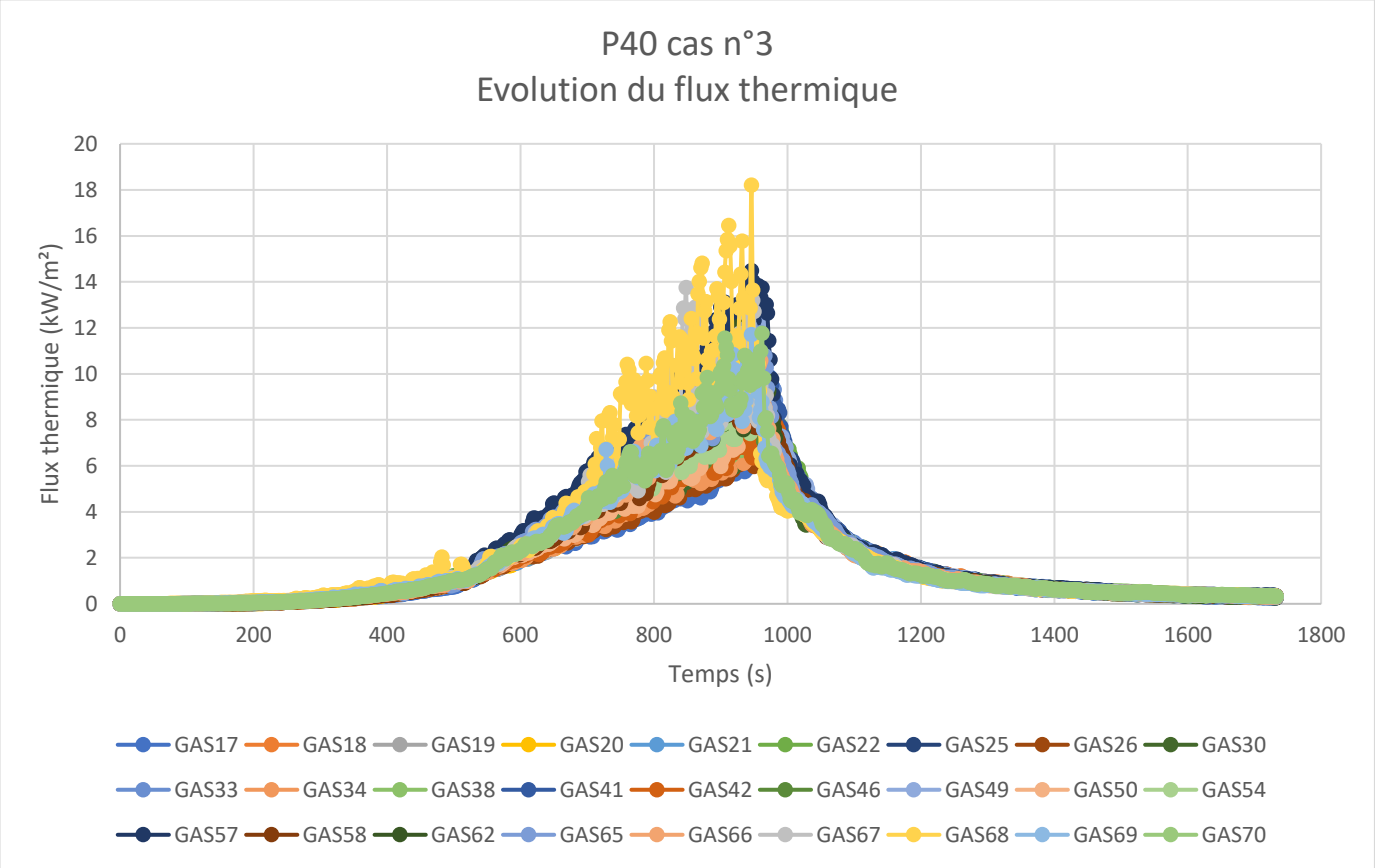


Figure 11 : Evolution des flux thermiques fonction du temps - tente P40, 1 aéronef

Les figures ci-dessus montrent l'évolution du flux thermique en fonction du développement de l'incendie.

Les flux thermiques pic maximaux sont compris en 18 kW/m² (avec écran thermique de 3,30 m ou 2,20 m) et 19 kW/m² (sans écran thermique) et atteint au bout de 900 secondes environ.

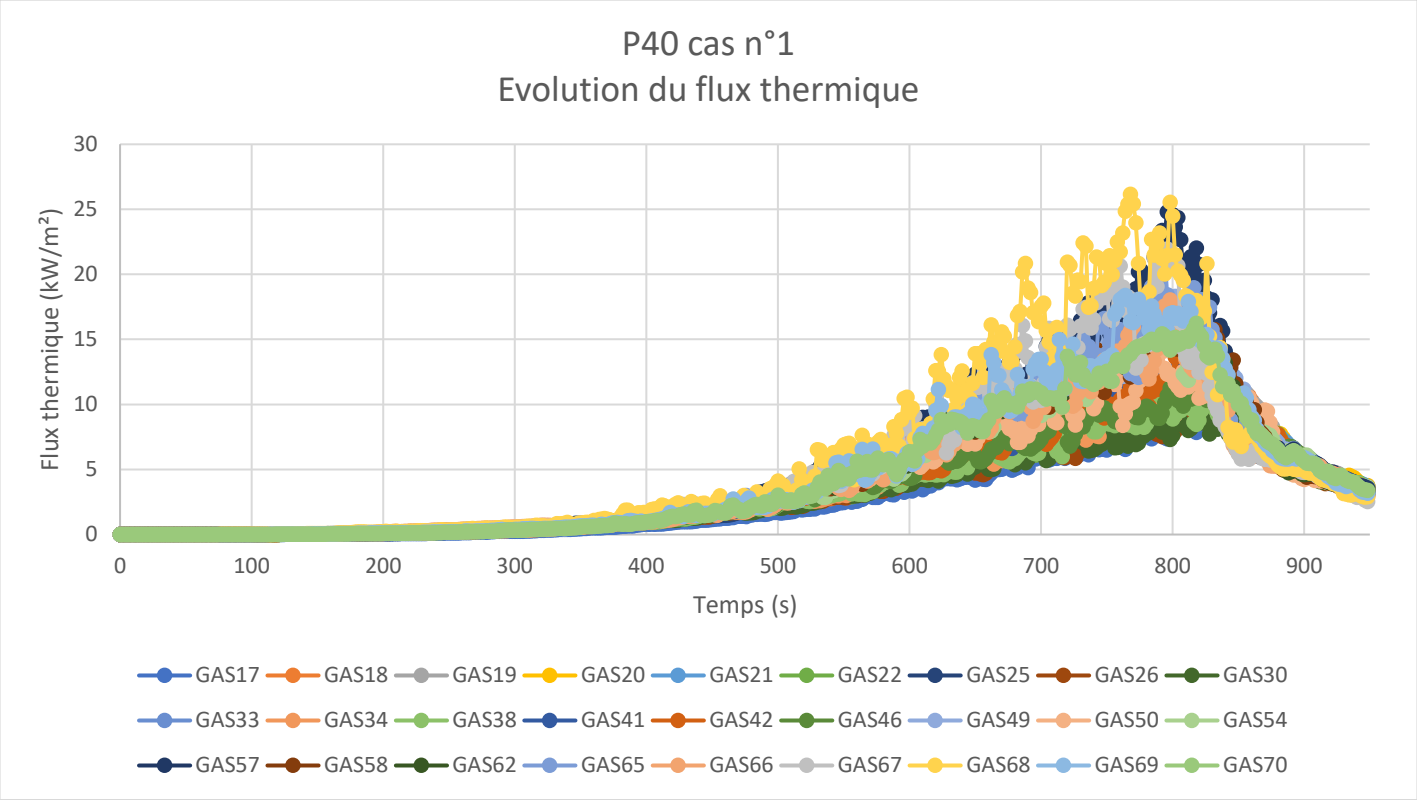
Ils sont atteints pour les capteurs GAS57 à GAS70 situés en face de l'entrée de la tente laquelle n'est pas protégée par un écran thermique.

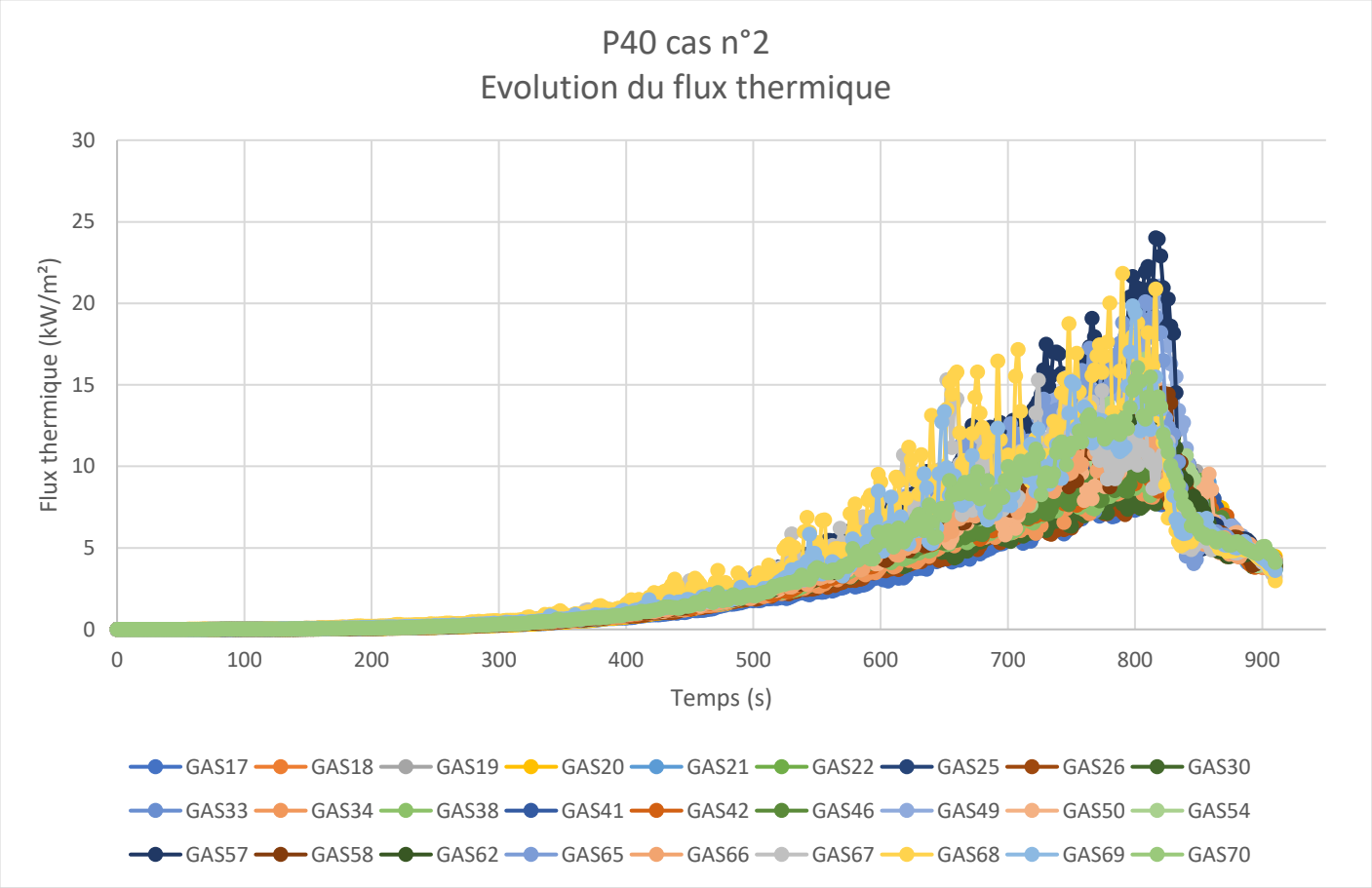
En ne tenant pas compte des mesures précédemment citées, les flux thermiques pic maximaux sont de :

- Ecran thermique 2,20 m : 12 kW/m²
- Ecran thermique 3,30 m : 12 kW/m²

6.2.3 P40 – 2 aéronefs

Les figures ci-dessous permettent de suivre l'évolution du flux thermique à l'extérieur de la tente :




P40 cas n°2
Evolution du flux thermique
Flux thermique (kW/m²)
30
25
20
15
10
5
0
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
Temps (s)
GAS17
GAS18
GAS19
GAS20
GAS21
GAS22
GAS25
GAS26
GAS30
GAS33
GAS34
GAS38
GAS41
GAS42
GAS46
GAS49
GAS50
GAS54
GAS57
GAS58
GAS62
GAS65
GAS66
GAS67
GAS68
GAS69
GAS70

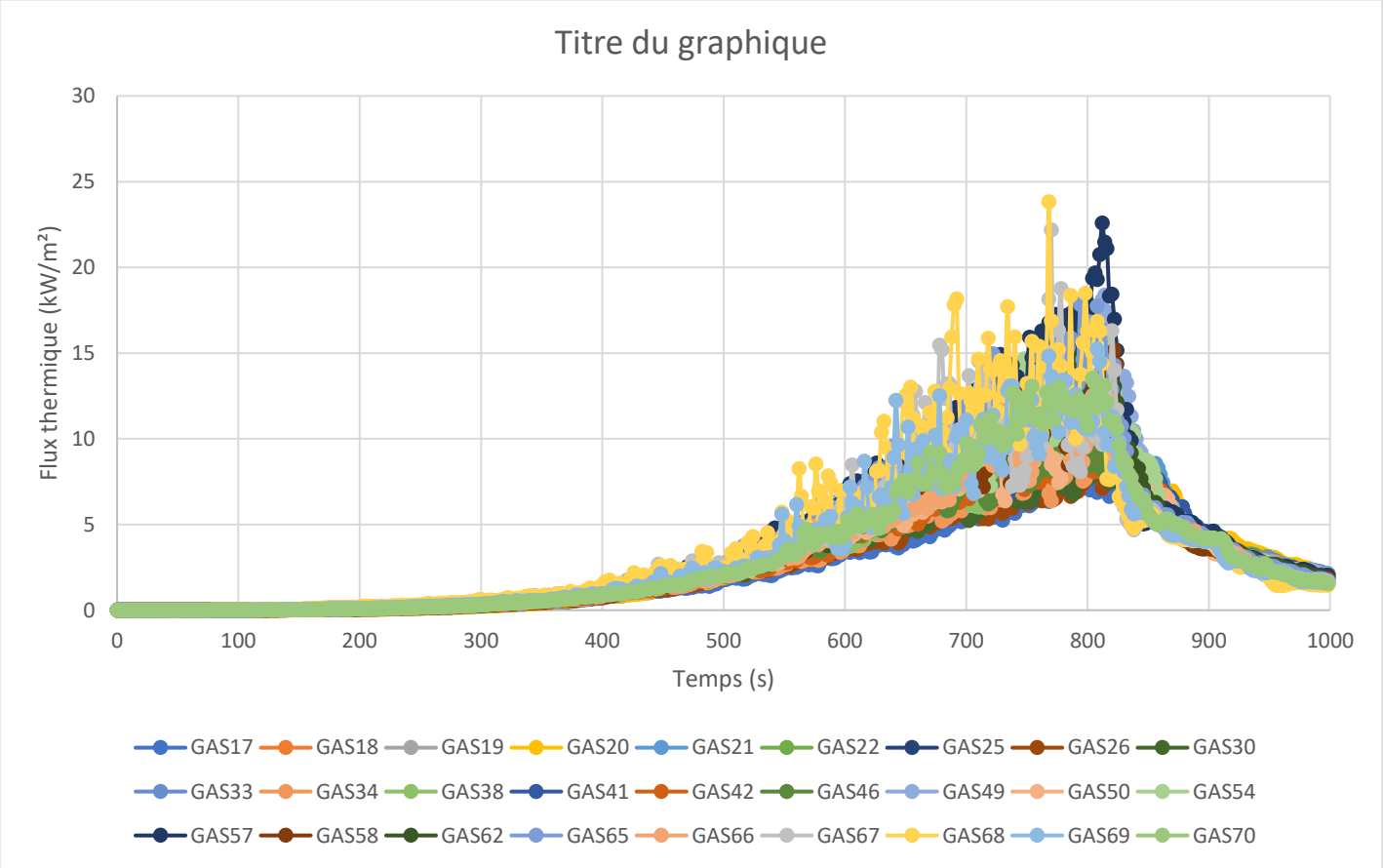


Figure 12 : Evolution des flux thermiques fonction du temps - tente P40, 2 aéronef

Les figures ci-dessus montrent l'évolution du flux thermique en fonction du développement de l'incendie.

Les flux thermiques pic maximaux sont compris en 24 kW/m² (avec écran thermique) et 26 kW/m² (sans écran thermique) et atteint au bout de 725 secondes environ.

Ils sont atteints pour les capteurs GAS57 à GAS70 situés en face de l'entrée de la tente laquelle n'est pas protégée par un écran thermique.

En ne tenant pas compte des mesures précédemment citées, les flux thermiques pic maximaux sont de :

- Ecran thermique 2,20 m : 18 kW/m²
- Ecran thermique 3,30 m : 18 kW/m²

6.2.4 Conclusion

Le tableau ci-dessous permet de synthétiser les résultats des modélisations en ce qui concerne les flux thermiques liées à ces incendies :

	1 aéronef						2 aéronefs		
	P20 Cas 1	P20 Cas2	P20 Cas 3	P40 Cas 1	P40 Cas 2	P40 Cas3	P40 Cas 1	P40 Cas 2	P40 Cas3
Flux thermique pic maximal (kW/m²)	25	18	17	19	12	12	26	24	24

Tableau 5 : Synthèse des flux thermiques liées à l'incendie

Le tableau ci-dessous présente pour chacune des configurations les distances maximales correspondantes à chaque seuil d'effets thermiques réglementaires :

	1 aéronef						2 aéronefs		
	P20 Cas 1	P20 Cas2	P20 Cas 3	P40 Cas 1	P40 Cas 2	P40 Cas3	P40 Cas 1	P40 Cas 2	P40 Cas3
16 kW / m²	17 m	16 m	16 m	17 m	16 m	16 m	24 m	23 m	23 m
8 kW / m²	20 m	17 m	17 m	22 m	19 m	19 m	31 m	30 m	29 m
5 kW / m²	21 m	19 m	19 m	24 m	22 m	22 m	34 m	32 m	31 m
3 kW / m²	25 m	22 m	21 m	30 m	27 m	26 m	40 m	38 m	36 m

Tableau 6 : Distances d'effets thermiques maximales

Au vu des résultats présentés ci-dessus, il est nécessaire de rappeler que la configuration/dimensions des tentes et que la relative « lente » montée en puissance de l'incendie permettra au personnel présent à l'intérieur de la structure d'évacuer le local rapidement.

7. CONCLUSION

Les tableau ci-dessous synthétise les résultats des modélisations incendie réalisées via le code de calcul FDS pour les tentes P20 et P40 servant l'entretien d'un ou deux aéronefs :

	1 aéronef						2 aéronefs		
	P20 Cas 1	P20 Cas2	P20 Cas 3	P40 Cas 1	P40 Cas 2	P40 Cas3	P40 Cas 1	P40 Cas 2	P40 Cas3
Temps de résistance de la tente (s)	326 à 332			334 à 340			452 à 460		
Température maximale à l'extérieur de la tente (°C)	500	470	460	515	460	460	500	440	440

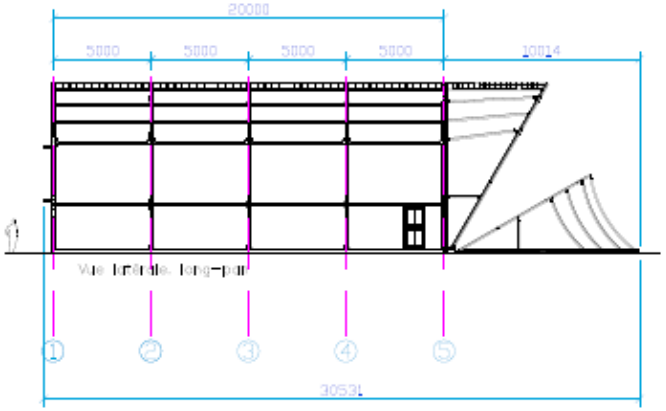
	1 aéronef						2 aéronefs		
	P20 Cas 1	P20 Cas2	P20 Cas 3	P40 Cas 1	P40 Cas 2	P40 Cas3	P40 Cas 1	P40 Cas 2	P40 Cas3
Flux thermique pic maximal (kW/m²)	25	18	17	19	12	12	26	24	24

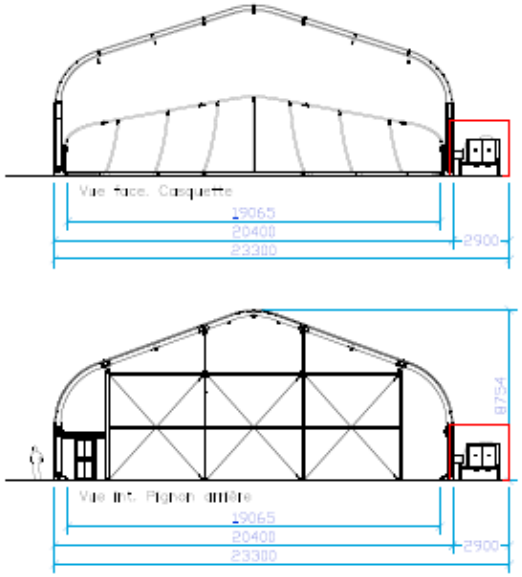
	1 aéronef						2 aéronefs		
	P20 Cas 1	P20 Cas2	P20 Cas 3	P40 Cas 1	P40 Cas 2	P40 Cas3	P40 Cas 1	P40 Cas 2	P40 Cas3
16 kW / m²	17 m	16 m	16 m	17 m	16 m	16 m	24 m	23 m	23 m
8 kW / m²	20 m	17 m	17 m	22 m	19 m	19 m	31 m	30 m	29 m
5 kW / m²	21 m	19 m	19 m	24 m	22 m	22 m	34 m	32 m	31 m
3 kW / m²	25 m	22 m	21 m	30 m	27 m	26 m	40 m	38 m	36 m

Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes :

- **La résistance minimale au feu d'une tente P20 ou P40 sont respectivement de :**
  - **P20 : 326 secondes,**
  - **P40 : 334 secondes (1 hélicoptère) et 452 secondes (2 hélicoptères).**
- **Les températures maximales à l'extérieur d'une tente P20 ou P40 (sans écran thermique) sont respectivement de :**
  - **P20 : 500 °C,**
  - **P40 : 515°C.**
- **Les températures maximales à l'extérieur d'une tente P20 ou P40 (avec écran thermique 3,30 m) sont respectivement de :**
  - **P20 : 460°C,**
  - **P40 : 440°C.**
- **Les distances maximales relatives au seuil des effets dominos sont respectivement de :**
  - **P20 : 20 m,**
  - **P40 : 31 m.**

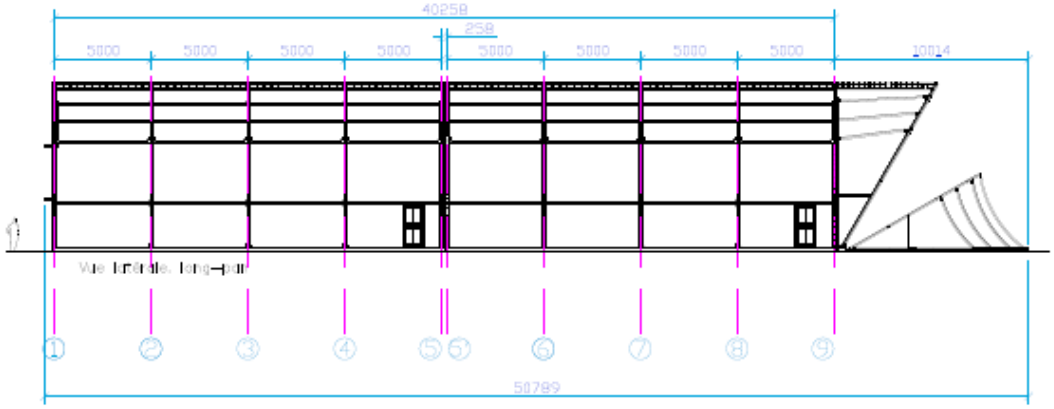
ANNEXE 1
Plans tente P20 et P40

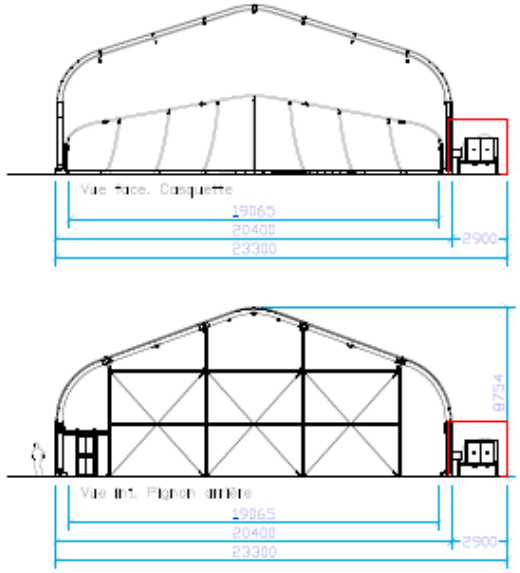

20000
5000
5000
5000
5000
10014
30531
1
2
3
4
5


19065
20400
23300
2900
8754

Tente P20

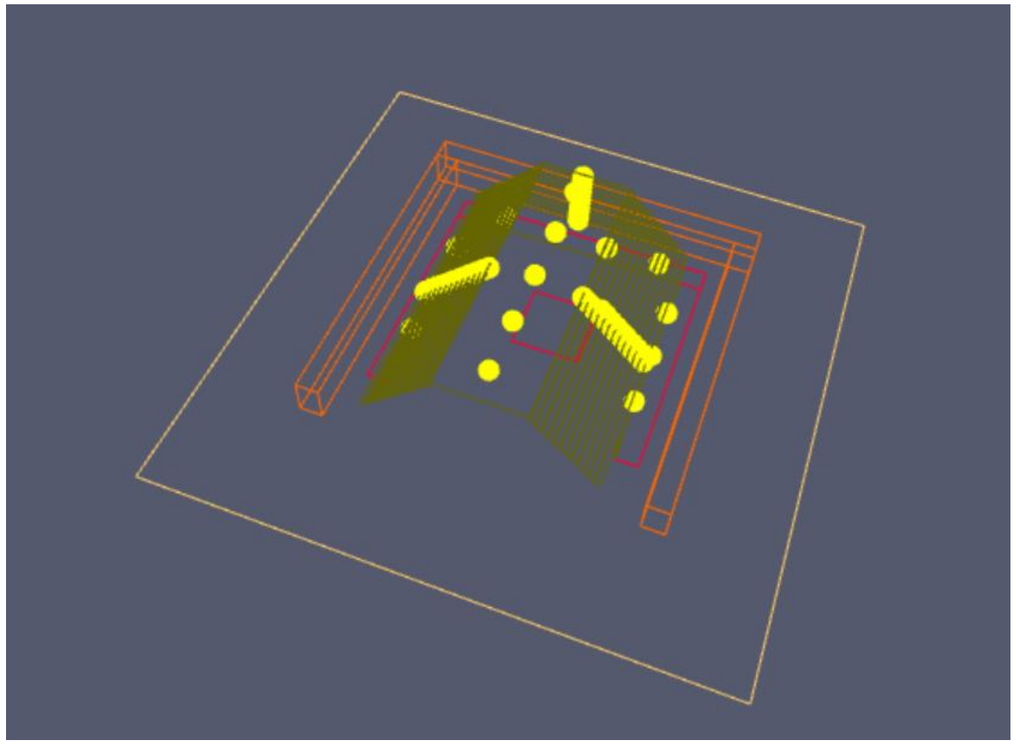
3ème RHC – MODELISATION INCENDIE TENTES P20 ET P40



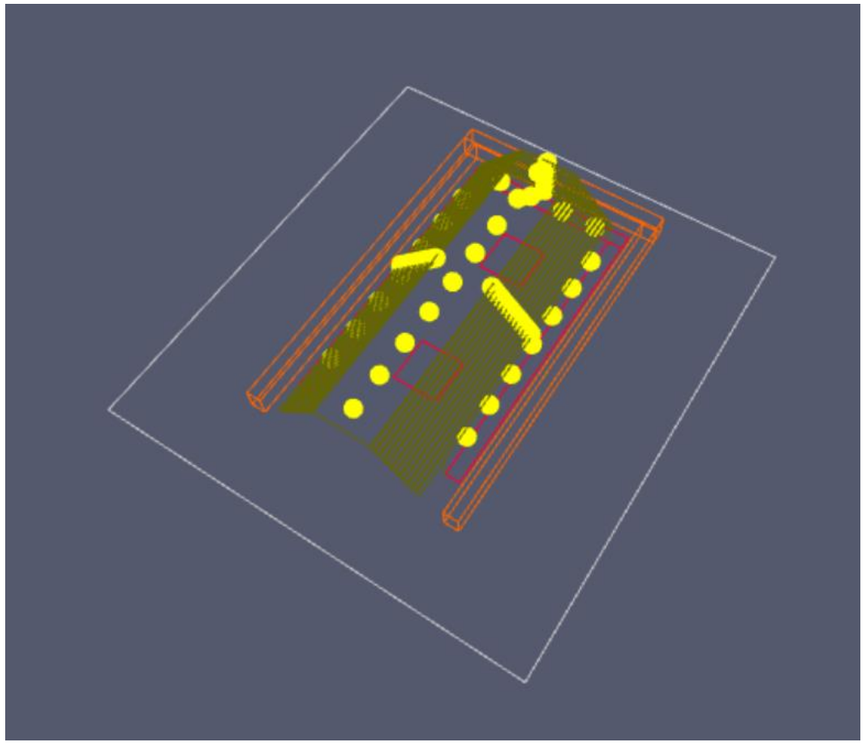


Tente P40

ANNEXE 2
Implantation des points de mesure de température

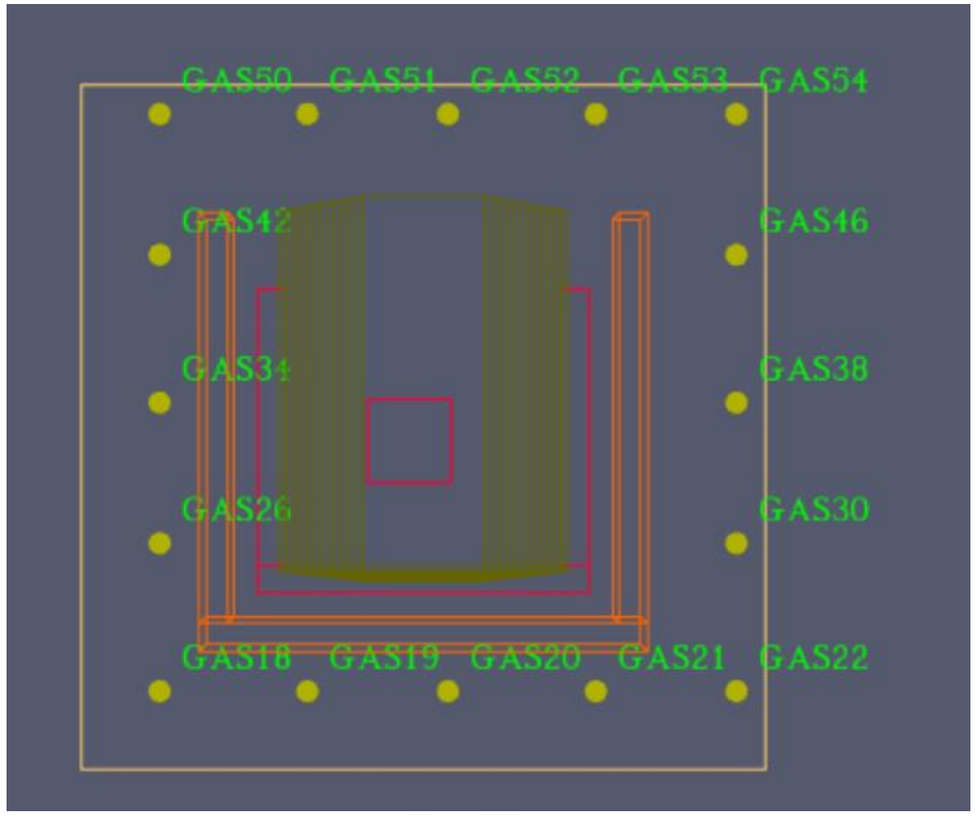


Tente P20

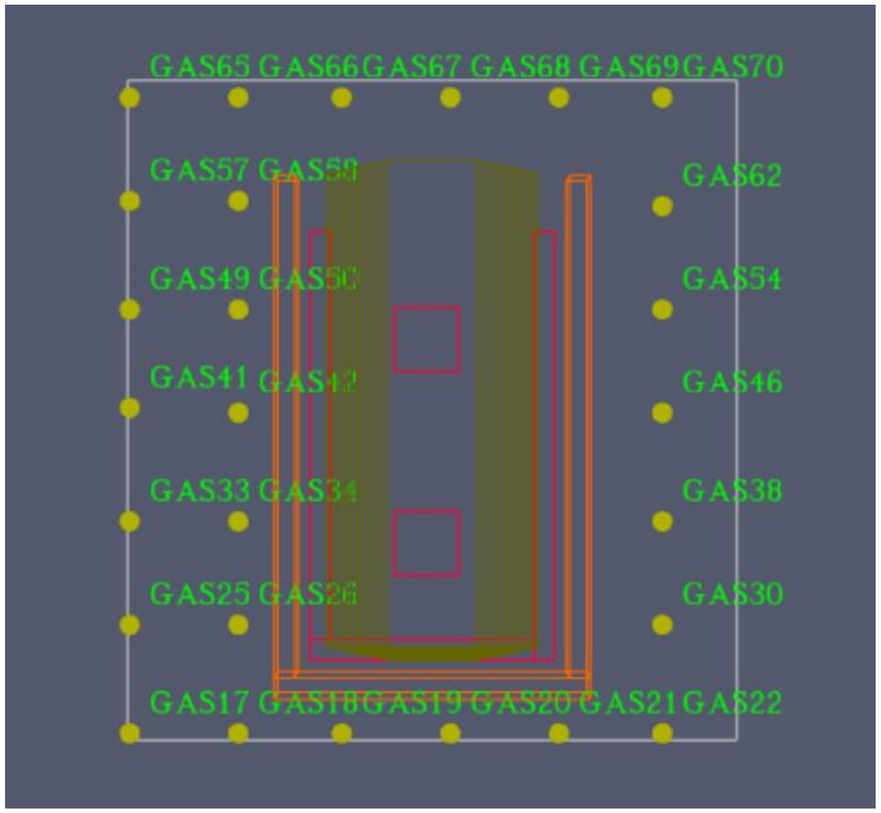


Tente P40

ANNEXE 3
Implantation des points de mesure de flux thermique



Tente P20



Tente P40