

SAFESPILL

**SYSTÈME DE PLANCHER DE DRAINAGE POUR LIQUIDES
INFLAMMABLES (ILFDA)
GUIDE DE CONCEPTION
pour
LA CONSTRUCTION DE NOUVEAUX HANGARS
AÉRONOTIQUES ET LA RÉNOVATION DE HANGARS
EXISTANTS**

**Version 7.1
Révisé en Décembre 2025**

Safespill Systems, LLC
4510 Brittmoore Rd
Houston, TX 77041
(713) 645-4370
www.safespill.com

Sommaire

1.	Portée du document	1
2.	Objectif de l'ILDFA.....	2
3.	Schéma de tuyauterie et d'instrumentation.....	3
4.	Couverture du hangar	5
4.1.	Configurations de revêtement de sol	5
4.2.	Emplacements des caniveaux	8
5.	Conception de la dalle en béton	10
5.1.	Exigences relatives à la dalle en béton	10
5.1.1.	NFPA 409 (édition 2022)	10
5.1.2.	FM Datasheet 7-93.....	10
5.1.3.	UFC 4-211-01, Modification 4	10
5.2.	Construction neuve : dalle en béton encastrée	11
5.3.	Dalle existante: calage	13
5.4.	Hangar en rénovation : rampes	14
5.5.	Hangar en rénovation : remplissage béton	15
6.	Caniveaux.....	16
6.1.	Considérations structurelles pour les caniveaux	16
6.2.	Conception des caniveaux	19
6.2.1.	Caniveaux dans les hangars en rénovation.....	20
6.2.2.	Hangars neufs	22
6.3.	Effets du coffrage en aluminium dans la construction en béton.....	24
7.	Spécifications structurelles	25
7.1.	Capacité de charge ponctuelle.....	25
7.2.	Texture du profil et résistance au glissement.....	26
7.3.	Grilles FOD (Foreign Object Debris)	28
7.4.	Force de friction en conditions d'arrêt	29
8.	Ouvertures dans le plancher	32
8.1.	Points d'arrimage.....	32
8.2.	Points de mise à la terre	33
8.3.	Accès aux utilités.....	36
9.	Exigences en eau de rinçage	37
9.1.	Fiabilité.....	37
9.2.	Dispositifs d'alimentation en eau	38
9.3.	Conception de pompe de surpression	40
10.	Châssis de pompe de décharge.....	41
10.1.	Contrôleur de la pompe de décharge	42
11.	Système de contrôle	43
11.1.	Panneau de contrôle principal	43
11.2.	Boîte de jonction de commande.....	45
11.2.1.	Applications UFC 4-211-01 (armée américaine)	46
11.3.	Alimentation de secours par batterie	47
11.4.	Séquence de fonctionnement de l'alarme incendie	48
11.5.	Arbre logique	49
12.	Composants électriques dans le caniveau	51

12.1.	Capteurs de détection de liquide.....	51
12.2.	Électrovannes.....	53
13.	Confinement et drainage	50
13.1.	Considérations de dimensionnement – Réservoir de confinement	50
13.2.	Considérations de dimensionnement – Séparateur huile-eau	53
13.3.	Options pour le confinement et les séparateurs huile-eau	54
13.3.1.	Réservoir de confinement souterrain	54
13.3.2.	Séparateur huile-eau souterrain.....	55
13.3.3.	Système hybride – petit OWS + réservoir de surverse	56
13.3.4.	Réservoir de confinement hors sol uniquement	57
13.3.5.	Réservoir de confinement hors-sol + unité OWS Safespill	58
13.3.6.	Intégration de réservoir à recyclage en boucle fermée	59
13.3.7.	Hybride : réservoir hors-sol + surverse de confinement	60
13.4.	Commentaire sur les exigences de débit des sprinkleurs.....	61
14.	Skid Safespill OWS (séparateur huile-eau).....	62
15.	Air Préconditionné (PCA)	64
16.	Système de sprinkleurs en hauteur	65
17.	Détecteurs optiques de flammes.....	66
18.	Alimentation en eau pour les environnements froids.....	67
19.	Compatibilité avec chauffage intégré en dalle	68
20.	Conclusion	70

Liste des figures

Figure 3-1 : Schéma simplifié de tuyauterie et d'instrumentation (P&ID) de l'ILFDA pour une zone	3
Figure 3-2 : Plan ILFDA montrant 4 zones activées par un déversement à l'intersection des 4 zones	4
Figure 4-1 : Exemple de hangar avec un ILFDA fixé au rayon de déversement.....	6
Figure 4-2 : Exemple de hangar conçu « wall-to-wall », conformément à l'UFC 4-211-01	6
Figure 4-3 : Exemple de hangar conçu avec un ILFDA réduit couvrant uniquement les zones de déversement potentielles	7
Figure 4-4 : Exemple d'agencement recommandé des caniveaux par rapport à l'aéronef	8
Figure 4-5 : Connexion bout-à-bout du profil – vue rapprochée	8
Figure 4-6 : Processus d'installation pour la connexion bout-à-bout.....	9
Figure 4-7 : Assemblage ILFDA finalisé avec connexions bout-à-bout indiquées dans le cadre rouge	9
Figure 5-1 : Conception de dalle avec caniveaux préfabriqués en aluminium	11
Figure 5-2 : Transition entre la dalle du hangar et l'ILFDA avec dalle en béton encastrée	12
Figure 5-3 : Transition entre la dalle du hangar et l'ILFDA au niveau des caniveaux	12
Figure 5-4 : Barre plate en aluminium utilisée pour le calage afin d'obtenir la pente appropriée lors de l'installation.....	13
Figure 5-5 : Exemple d'installation de cales sous l'ILFDA	13
Figure 5-6 : Rampes d'accès standard inclinées ILFDA	14
Figure 5-7 : ILFDA avec rampe d'entrée inclinée 1:48 pour hélicoptère à faible garde au sol	14
Figure 5-8 : Remplissage béton le long du mur périphérique	15
Figure 5-9 : Exemple de remplissage béton autour des colonnes au centre du hangar	15
Figure 6-1 : Rendu montrant la force transférée du pneu de l'aéronef au béton.....	16
Figure 6-2 : Rendu montrant les poutrelles porteuses du couvercle de caniveau	17
Figure 6-3 : Couvercles de caniveau partiellement installés	17
Figure 6-4 : Installation finalisée du couvercle de caniveau.....	18
Figure 6-5 : Exigences de pente et de profondeur pour les caniveaux.....	19
Figure 6-6 : Caniveau ILFDA préfabriqué pour projets de rénovation.....	20
Figure 6-7 : Caniveau ILFDA préfabriqué pour constructions neuves	22
Figure 7-1 : Essai de charge démontrant que l'ILFDA peut supporter jusqu'à 43 545 kg.....	25
Figure 7-2 : Profil de plancher Safespill avec texture antidérapante	26
Figure 7-3 : Surface supérieure ILFDA avec grille FOD installée sous les perforations.....	28
Figure 7-4 : Exemple de tracteur déplaçant un aéronef sur l'ILFDA.....	29
Figure 7-5 : Diagramme de corps libre montrant les forces sur l'ILFDA sous un aéronef en mouvement.....	30
Figure 8-1 : Carotte de béton forée dans la dalle du hangar.....	32
Figure 8-2 : Point d'ancrage ILFDA fixé chimiquement dans la dalle en béton	32
Figure 8-3 : Point d'ancrage ILFDA sans couvercle	32
Figure 8-4 : Exemple de point d'ancrage ILFDA avec chaîne d'aéronef.....	32
Figure 8-5 : Exemple de point de mise à la terre ILFDA.....	33
Figure 8-6 : Vue en coupe du point de mise à la terre ILFDA intégré dans le profil	33
Figure 8-7 : Découpe de 3" dans le profil de plancher ILFDA	34
Figure 8-8 : Point de mise à la terre inséré dans le profil de plancher ILFDA.....	34
Figure 8-9 : Barre de mise à la terre installée dans le caniveau préfabriqué en aluminium ILFDA.....	35
Figure 8-10 : Terminaison du point de mise à la terre en bout de caniveau	35
Figure 8-12 : Ouverture utilitaire avec exemple d'écoulement via les canaux	36
Figure 8-11 : Ouverture utilitaire avec couvercle retiré	36

Figure 8-13 : Concept de porte d'accès utilitaire.....	36
Figure 9-1 : Exemple d'agencement d'alimentation en eau avec dispositifs nécessaires.....	39
Figure 9-2 : Exemple de châssis de pompe de surpression	39
Figure 10-1 : Enceinte typique de châssis de pompe dans une installation ILFDA.....	41
Figure 10-2 : Rendu du plan ILFDA avec châssis de pompes situés de part et d'autre du système	42
Figure 11-1 : Panneau de contrôle ILFDA monté sur le mur intérieur du hangar	43
Figure 11-2 : Exemple de l'interface HMI de l'ILFDA avec le mode de nettoyage de la Zone 3 activé.....	44
Figure 11-3 : Boîte de jonction des commandes typiquement installée au mur près du caniveau ILFDA .	45
Figure 11-4 : Armoire de batteries installée au mur près du panneau de contrôle principal	47
Figure 11-5 : Séquence de fonctionnement du FACP conformément à l'UFC 4-211-01	48
Figure 11-6 : Arborescence logique ILFDA	49
Figure 11-7 : Arborescence logique ILFDA (suite).....	50
Figure 12-1 : Composants et fonctionnement du capteur de détection de liquide	52
Figure 12-2 : Connexion de la tuyauterie en caniveau à l'alimentation du collecteur de rinçage	53
Figure 12-3 : Armoire de vannes murale desservant 8 zones de l'ILFDA.....	53
Figure 13-1 : Exemple de calcul du dimensionnement du confinement selon UFC 4-211-01.....	51
Figure 13-2 : Exemple de calcul du dimensionnement du confinement selon la NFPA 409	51
Figure 13-3 : Exemple de calcul du dimensionnement du confinement selon FM Datasheet 7-93.....	52
Figure 14-1: : Schéma P&ID du châssis OWS Safespill (séparateur huile-eau).....	63
Figure 14-2 : Vue latérale externe du châssis OWS	63
Figure 15-1 : Plan approuvé pour ILFDA dans un hangar utilisant des caniveaux PCA	64
Figure 17-1 : Test de détecteur de flamme effectué sur l'ILFDA illustré	66
Figure 18-1 P&ID simplifié de l'ILFDA avec ajout d'une vanne d'isolement amont pour protection contre le gel.....	67
Figure 19-1 : Système de chauffage radiant intégré en dalle pour hangar utilisant l'ILFDA	68
Figure 19-2 : Comparaison du chauffage radiant intégré en dalle avec et sans ILFDA.....	69

HISTORIQUE DES RÉVISIONS

Décembre 2025 — Version 7.1 publiée

Remplace : Version 6.0 (février 2025)

Révisions globales

- Mise à jour de toutes les références à UFC 4-211-01 (Modification 4), NFPA 409 (proposition d'édition 2026) et FM Datasheet 7-93 (2022).

Révisions par chapitre

Chapitre 4 – Couverture du hangar

- Affinement des critères liés au rayon de déversement.
- Contenu élargi concernant l'espacement des caniveaux et les longueurs maximales des profils.
- Ajout d'images montrant les connexions bout-à-bout des profils.

Chapitre 5 – Conception de la dalle en béton

- Mise à jour des exigences de pente et de finition selon tous les référentiels.
- Ajout d'une nouvelle Section 5.5 – Remplissage béton pour hangars en rénovation.
- Révision des figures pour la dalle encastrée et les détails matériels des transitions.

Chapitre 6 – Caniveaux

- Ajout d'une discussion sur les problématiques de corrosion liées aux caniveaux en aluminium utilisés comme coffrage béton.
- Mise à jour des étapes d'installation et nouvelles figures pour l'assemblage des caniveaux préfabriqués.

Chapitre 7 – Spécifications structurelles

- Révision des données de résistance au glissement et clarification des essais selon ANSI/NFSI B101.1.

Chapitre 8 – Ouvertures dans le plancher

- Mise à jour des figures des points de mise à la terre et des schémas de câblage.
- Ajout de nouveaux exemples pour les ouvertures d'accès aux utilités.

Chapitre 9 – Exigences en eau de rinçage

- Ajout de recommandations sur la fiabilité de l'alimentation en eau et les notes relatives à la redondance des sources.
- Mise à jour de la section sur les pompes de surpression incluant l'empreinte au sol et le poids typiques.

Chapitre 10 – Châssis de pompe de décharge

- Clarification du dimensionnement des pompes, de la conception de l'enceinte et de l'intégration dans le système de contrôle.

Chapitre 11 – Système de contrôle

- Clarification de l'emplacement d'installation de la boîte de jonction.

Chapitre 12 – Composants électriques dans les caniveaux

- Révision des tableaux de dimensionnement des conduits et des descriptions de câblage.
- Mise à jour des détails concernant les enceintes des électrovannes.

Chapitre 13 – Confinement et drainage

- Réécriture complète avec de nouveaux exemples de calculs pour les référentiels UFC, NFPA et FM.
- Ajout des critères de sélection entre confinement et OWS, ainsi que des tableaux comparatifs des codes applicables.

Chapitre 14 – Châssis OWS (séparateur huile-eau) Safespill

- Ajout du poids typique de l'OWS et des figures montrant la vue externe.

Chapitre 16 – Système de sprinkleurs en hauteur

- Ajout d'un résumé des données issues d'essais incendie à grande échelle et des résultats d'activation des sprinkleurs.

Chapitre 18 – Alimentation en eau pour environnements froids

- Ajout d'éléments sur la protection contre le gel et mise à jour du schéma de configuration des vannes.

Chapitre 19 – Compatibilité avec le chauffage intégré en dalle (Nouveau)

- Introduction de recommandations pour la compatibilité du chauffage radiant avec le revêtement ILDFA.

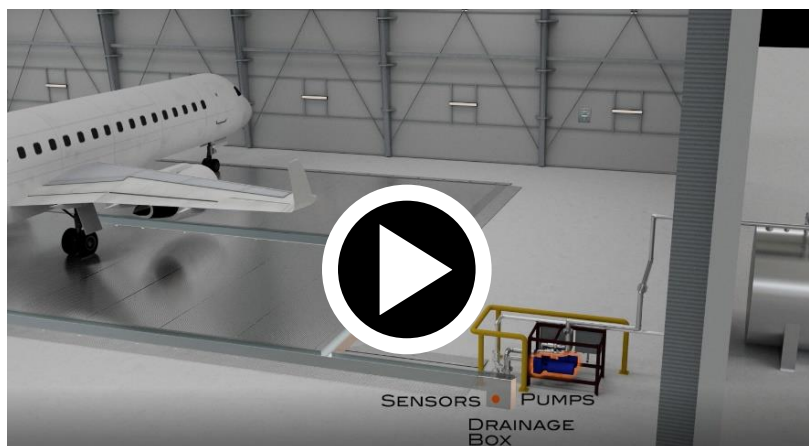
1. Portée du document

The scope of this document is to provide Ignitable Liquid Drainage Floor Assembly (ILDFA) design guidance for Architect & Engineering (A&E) firms in the early design stages of a new build hangar project or a retrofit project of an existing hangar. The goal is to provide sufficient information to specify an ILDFA for a project without the need for detailed input by the ILDFA manufacturer at the preliminary stages of design. However, this document should be considered merely a starting point for the design. Each project has unique challenges and Safespill should be consulted when situations not addressed by this document are encountered.

Safespill s'engage dans une démarche d'amélioration continue ; par conséquent, les meilleures pratiques, les méthodes d'installation et les processus de fabrication évoluent en permanence. Veuillez vérifier la disponibilité de la version la plus récente du document à l'adresse suivante : <https://safespill.com/technical-specs-resources/>

Avant de poursuivre la lecture de ce document, veuillez visionner les vidéos suivantes, qui présentent les principes de fonctionnement du système ainsi que les méthodes d'approche pour les implantations et le dimensionnement du système.

[Présentation du plancher Safespill](#)



[Options d'agencement du revêtement](#)



2. Objectif de l'ILDFA

Un ILDFA est conçu pour contenir et évacuer les déversements de liquides inflammables avant qu'ils ne se transforment en feu de nappe. Dans son principe de base, l'ILDFA est un plancher creux en aluminium extrudé, doté d'une surface supérieure perforée, relié à un système de caniveaux permettant d'évacuer tout liquide déversé vers un emplacement approprié (par exemple un système de confinement, un séparateur huile-eau, ou tout autre dispositif exigé par l'autorité locale compétente). En cas d'inflammation d'un déversement, l'ILDFA contrôle et éteint rapidement le feu de liquide inflammable.

L'une des applications d'un ILDFA concerne la protection contre les incendies de classe B (carburants) à l'intérieur d'un hangar aéronautique, application reconnue dans la norme NFPA 409 (édition 2022) pour les hangars de Groupe 1 et 2, en combinaison avec un système de sprinklers aériens. Les ILDFA sont homologués selon le FM Approval Standard 6090 et sont la méthode de protection incendie privilégiée pour les hangars aéronautiques selon le FM Datasheet 7-93.

Le Naval Facilities Engineering Systems Command (NAVFAC) des États-Unis a validé l'utilisation opérationnelle quotidienne du système et dispose de plusieurs ILDFA en service à ce jour. Le document Unified Facilities Criteria (UFC) 4-211-01, "Aircraft Maintenance Hangars" devrait être révisé en 2025 (Modification 4) afin d'intégrer des recommandations concernant l'installation d'ILDFA dans les hangars neufs et les hangars en rénovation. Les sections pertinentes du UFC 4-211-01 sont citées dans le présent document.

Également l'U.S. Air Force Civil Engineer Center (AFCEC) a vérifié de manière indépendante les performances de l'ILDFA lors d'essais incendie, comme documenté dans le rapport suivant : <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1168510.pdf>.

3. Schéma de tuyauterie et d'instrumentation

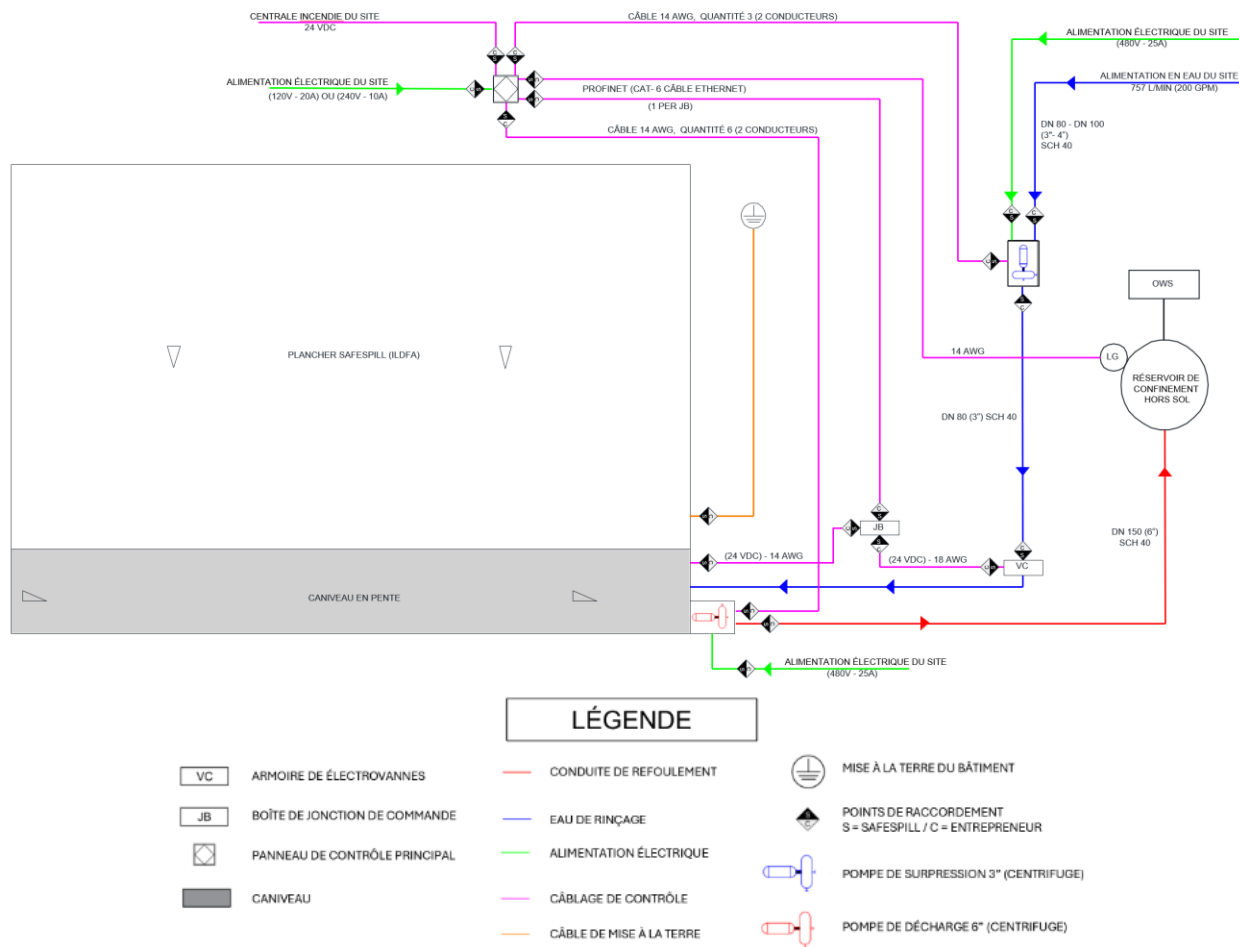
Un ILDFA est divisé en zones, chacune couvrant une surface typique de 1 320 ft² (122,5 m²). La largeur standard d'une zone est de 30 ft (9,2 m), et les profils de plancher en aluminium sont fabriqués en longueurs allant jusqu'à 39,3 ft (12,0 m).

Chaque zone comprend les composants dédiés suivants :

- Électrovanne
- Capteurs de détection de liquide à fibre optique
- Collecteur de rinçage (flushing manifold)

Tous les points de raccordement indiqués à la Figure 3-1 représentent l'interface entre le périmètre d'approvisionnement de Safespill et celui de l'entrepreneur en charge de l'installation. Sur demande, Safespill peut inclure ces raccordements dans son périmètre.

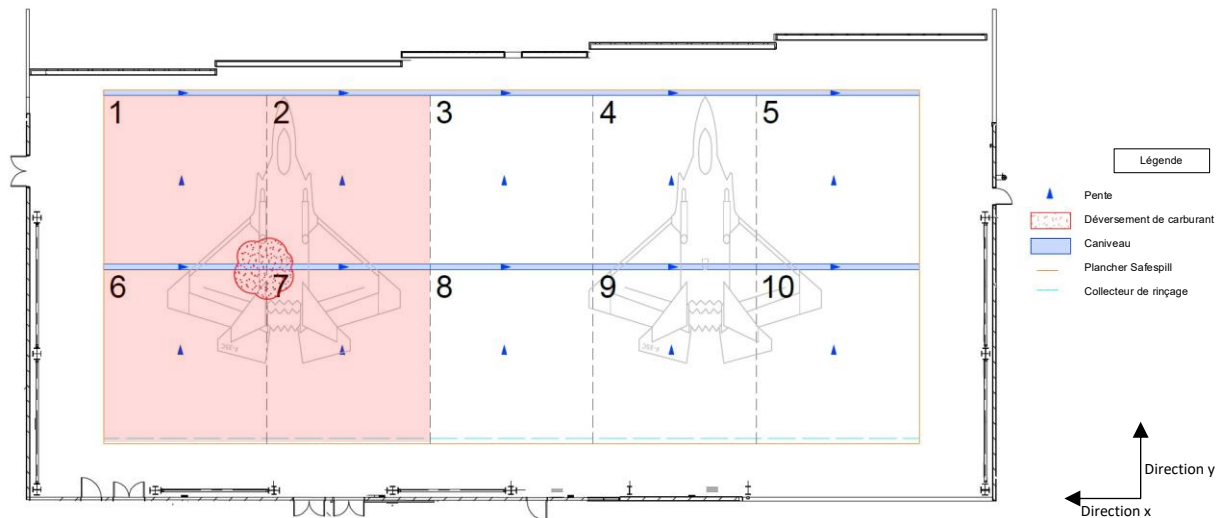
Si un projet nécessite des longueurs de profil plus importantes afin de réduire le nombre de caniveaux ou d'optimiser l'agencement, veuillez contacter Safespill pour examiner les options de conception disponibles et confirmer la faisabilité de fabrication ainsi que la conformité aux codes applicables.



Lorsque qu'un déversement se produit dans une zone, seul le collecteur de rinçage dédié à cette zone s'active. Chaque collecteur de rinçage nécessite une alimentation en eau de 50 GPM (189 LPM).

Dans un scénario où un déversement se produit à l'intersection de plusieurs zones, comme illustré à la Figure 3-2, plusieurs zones dans les directions x et y seront activées simultanément. Jusqu'à 4 zones (c'est-à-dire les zones 1, 2, 6 et 7 dans la Figure 3-2) détecteront le déversement et activeront leurs 4 collecteurs de rinçage associés.

Dans ce cas, 4 zones × 50 GPM/zone (189 LPM) représentent un besoin maximal de 200 GPM (757 LPM) pour l'alimentation en eau du système.



4. Couverture du hangar

La couverture mur-à-mur du plancher du hangar offre la plus grande flexibilité pour une variété de scénarios de stationnement des aéronefs. L'ILDFA peut être décalé par rapport au mur si le propriétaire a défini des exigences de dégagement dans les baies du hangar, telles que des distances minimales par rapport aux murs et aux obstacles fixes.

Cependant, dans les hangars où les aéronefs disposent d'emplacements de stationnement désignés, une couverture mur-à-mur peut ne pas être nécessaire et une réduction significative des coûts peut être obtenue en réduisant la zone de couverture au sol. Pour les installations ILDFA conformes à l'UFC 4-211-01, une couverture partielle des baies du hangar n'est autorisée que si elle est approuvée par le Component Fire Protection Engineer (CFPE, tel que défini dans l'UFC 3-600-1) ou le Component Technical Representative (CTR).

Pour les installations conformes à l'UFC 4-211-01, veillez à ce que l'ILDFA couvre toutes les zones où un déversement de carburant pourrait raisonnablement se produire en traçant un rayon de 18 ft (5,5 m) à partir du bord extérieur de toutes les zones contenant du carburant dans l'aéronef, telles que les réservoirs de carburant et les moteurs, comme illustré de la Figure 4-1 à la Figure 4-3.

Pour les installations conformes aux exigences du FM Datasheet 7-93 ou de la NFPA 409 (édition 2022), utilisez un rayon de déversement de 16 ft (4,9 m) pour les petits aéronefs et de 18 ft (5,5 m) pour les grands aéronefs.

Conformément au FM Datasheet 7-93 (Chapitre 2.2.2.2) et à la NFPA 409 (Chapitre 8.2.13.4.1), les « petits » aéronefs sont définis comme tous les appareils d'une longueur allant jusqu'à 78 ft (24 m), avec une largeur de fuselage inférieure à 13 ft (4 m). Pour les petits aéronefs, le scénario maximal de déversement de carburant en pire cas est de 200 gpm (757 LPM), tandis que pour les grands aéronefs de plus de 78 ft (24 m), le scénario maximal de déversement de carburant en pire cas est de 400 GPM (1 514 LPM). Pour consulter le rapport contenant les données et scénarios relatifs aux rayons de déversement, [cliquez ici](#).

4.1. Configurations de revêtement de sol

Trois exemples de couverture ILDFA pour hangars sont présentés ci-dessous. Dans la Figure 4-1, une configuration de stationnement couvrant plusieurs baies est illustrée. Dans la Figure 4-2, un ILDFA mur-à-mur pour plusieurs aéronefs est montré. Dans la Figure 4-3, une configuration de stationnement pour un seul aéronef est présentée.

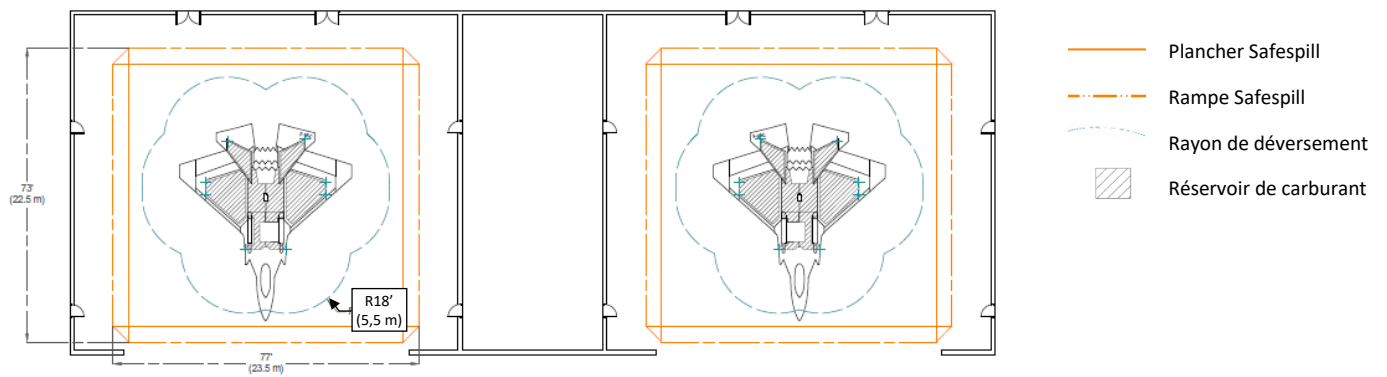


Figure 4-1 : Exemple de hangar F-35C à deux baies avec un ILDFA fixé au rayon de déversement

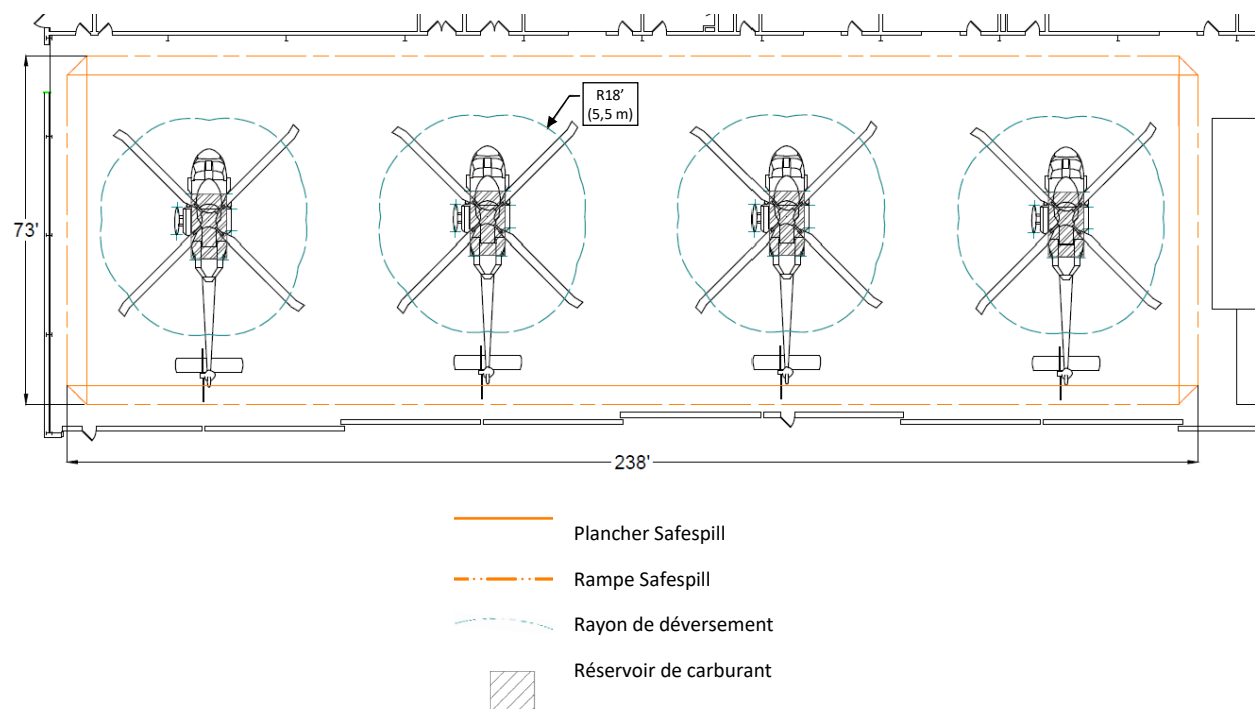


Figure 4-2 : Exemple de hangar conçu « wall-to-wall », conformément à l'UFC 4-211-01

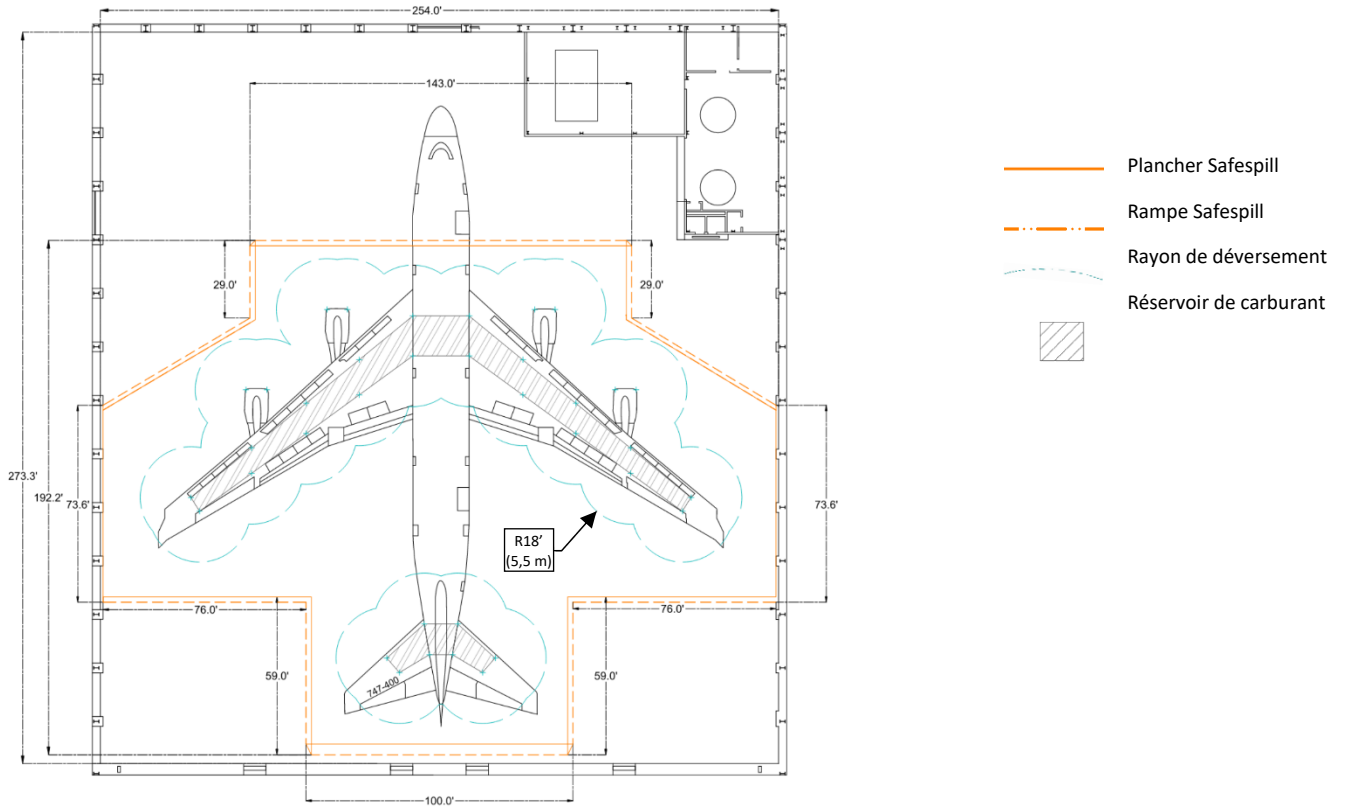


Figure 4-3 : Exemple de hangar Boeing 747-400 conçu avec un ILDFA réduit couvrant uniquement les zones de déversement potentielles

4.2. Emplacements des caniveaux

L'emplacement des caniveaux dans les projets de rénovation doit être déterminé en fonction des pentes de la dalle existante. Dans la plupart des cas, des caniveaux sont déjà présents aux points les plus bas du hangar et sont conçus pour s'aligner avec les pentes existantes de la dalle du hangar (voir le [Chapitre 6, Caniveaux](#), pour les recommandations relatives à l'utilisation de caniveaux existants avec l'ILDFA).

Si aucun caniveau n'existe dans le hangar, il est courant que la dalle présente une pente unique (mono slope), dont le point le plus bas se situe généralement à proximité de la ou des portes du hangar. Dans ce cas, un caniveau sera installé le long de la porte du hangar. Cette configuration est également l'option privilégiée pour les constructions neuves.

Il est recommandé, lors de la détermination de l'emplacement des caniveaux, de les positionner en fonction de la configuration de stationnement des aéronefs afin que le caniveau ILDFA soit perpendiculaire à l'aéronef, tandis que la pente soit parallèle à celui-ci. Cet alignement empêche le déversement provenant d'un aéronef de migrer vers d'autres aéronefs adjacents.

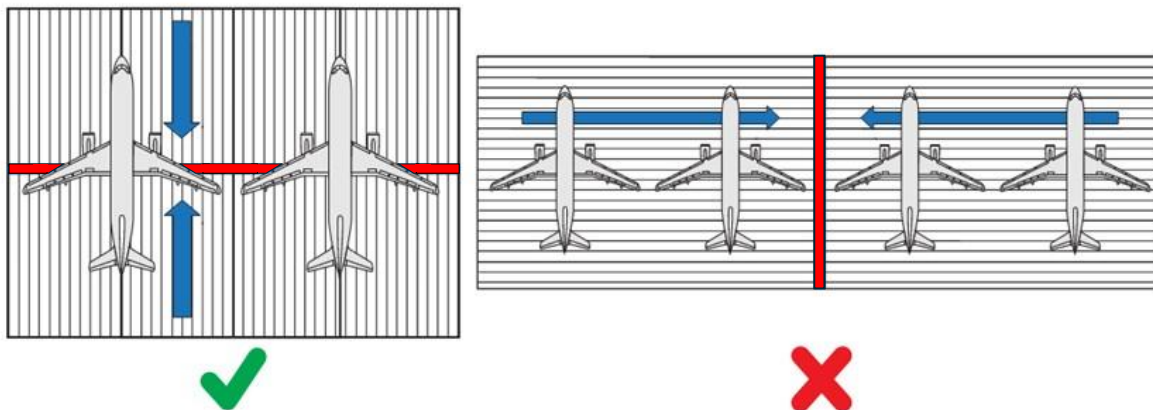


Figure 4-4 : Exemple d'agencement recommandé des caniveaux par rapport aux aéronefs (FM Datasheet 7-93, Fig. 2.2.2.2-1)

Pour réduire les coûts et le temps de construction, le nombre de caniveaux doit être minimisé et les sections ILDFA peuvent être fabriquées en différentes longueurs afin d'obtenir un espacement optimal des caniveaux.

Les profils de plancher ILDFA sont fabriqués en longueurs pouvant atteindre 39,3 ft (12,0 m). Safespill peut fournir des sections continues plus longues grâce à des connexions bout-à-bout sur site, comme illustré de la Figure 4-5 à la Figure 4-7. Toutefois, l'ingénieur responsable doit consulter Safespill avant d'envisager cette option afin de confirmer la compatibilité de l'agencement, la faisabilité de fabrication et la conformité aux codes et normes applicables.



Figure 4-5 : Connexion bout-à-bout du profil — vue rapprochée.



Figure 4-6 : Processus d'installation pour la connexion bout-à-bout

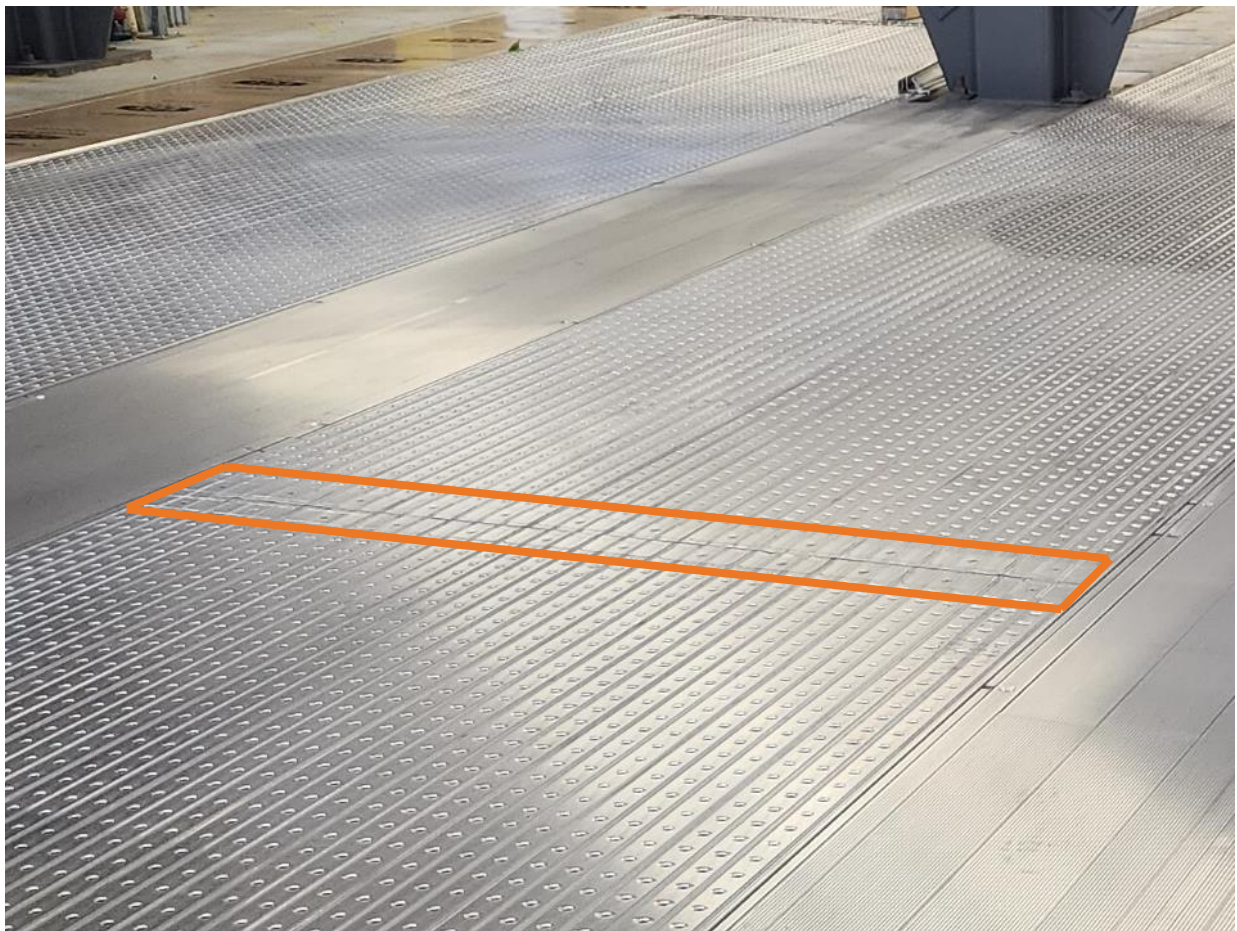


Figure 4-7 : Assemblage ILDFA finalisé avec connexions bout-à-bout indiquées dans le cadre orange

5. Conception de la dalle en béton

5.1. Exigences relatives à la dalle en béton

L'ILDFA a été conçu et testé pour supporter le poids maximal au décollage (MTOW) de tout aéronef commercial ou militaire dans un scénario de charge en compression.

La pente de la dalle en béton doit être conforme au code applicable :

5.1.1. NFPA 409 (édition 2022)

La section 7.12.2.5 exige une pente minimale de 0,5 % (0,3°)

5.1.2. FM Datasheet 7-93

La Datasheet exige une pente minimale de 0,5 % (0,3°).

- Le FM Datasheet 7-93 ne spécifie pas de pente obligatoire pour un ILDFA et renvoie aux instructions d'installation du fabricant ainsi qu'à la fiche d'homologation du produit dans le FM Approvals – Approval Guide.
- La section 2.2.2.3.2.2 du FM Datasheet 7-93 n'est pas applicable aux installations ILDFA, car cette section concerne les "Emergency Drainage Systems", qui ne sont pas équivalents à un ILDFA.

5.1.3. UFC 4-211-01, Modification 4

La section 3-4.2.3 exige une pente minimale de 0,5 % et maximale de 1,5 % (soit 0,3° à 0,85°).

Une configuration idéale pour une installation ILDFA consiste à donner à la dalle en béton une pente orientée vers l'entrée du hangar.

5.2. Construction neuve : dalle en béton encastrée

Lors de la conception d'un ILDFA pour un hangar en construction neuve, un encastrement de la dalle de 2 pouces (51 mm) permettra d'obtenir une transition affleurante entre le plancher en béton et l'ILDFA. Dans ce scénario, des rampes ne seront pas nécessaires.

Veuillez noter que l'ILDFA sera installé directement sur la dalle en béton, mais ne doit pas être pris en compte dans la détermination de la résistance structurelle de la dalle.

Par exemple, une exigence d'épaisseur de dalle de 10" (254 mm) pour un hangar ne peut pas être réduite à 8" (203 mm) avec un ILDFA (la hauteur de l'ILDFA est de 2" (50 mm)) ; la dalle doit rester à 10" (254 mm) d'épaisseur. La dalle combinée à l'ILDFA aura donc une épaisseur totale de 12" (305 mm).

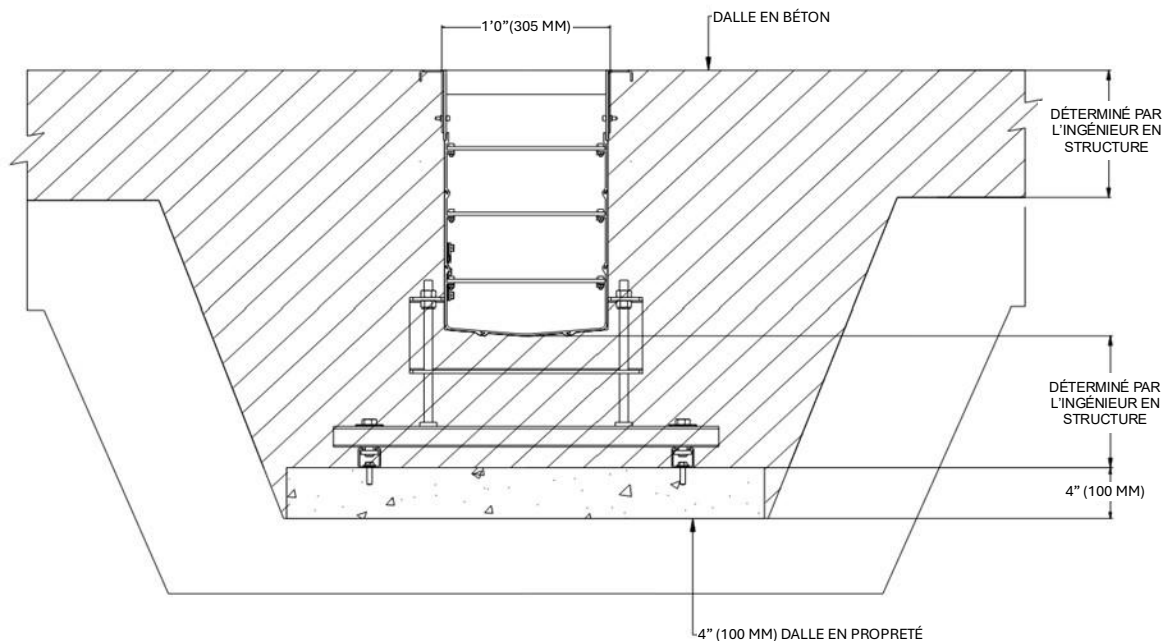


Figure 5-1 Conception de dalle avec caniveaux préfabriqués en aluminium

Le béton encastré doit présenter une pente uniforme comprise entre 0,5 % et 1,5 % en direction de chaque caniveau. Une planéité constante permet de minimiser les besoins de calage. Un fini « très plan » conforme à l'American Concrete Institute (ACI) 117 est recommandé, et les irrégularités de la dalle ne doivent pas dépasser un delta d'élévation de 0,125" sur 10 ft.

Pour renforcer les angles du béton coffré ou scié, il est recommandé d'utiliser des cornières en acier ou en aluminium, comme illustré à la Figure 5-2. Lorsque des métaux dissemblables sont employés, des joints en fluoroélastomère (FKM, Viton™) seront installés pour isoler les matériaux et prévenir la corrosion galvanique.

Le dimensionnement de l'ILDFA inclura un jeu de 1" à 2" (25 à 50 mm) autour du périmètre du plancher, entre le bord du plancher et le béton encastré, afin de permettre les tolérances de construction. Ce jeu doit être pris en compte lors de la conception et sera rempli de béton, d'époxy ou d'un équivalent après l'installation de l'ILDFA.

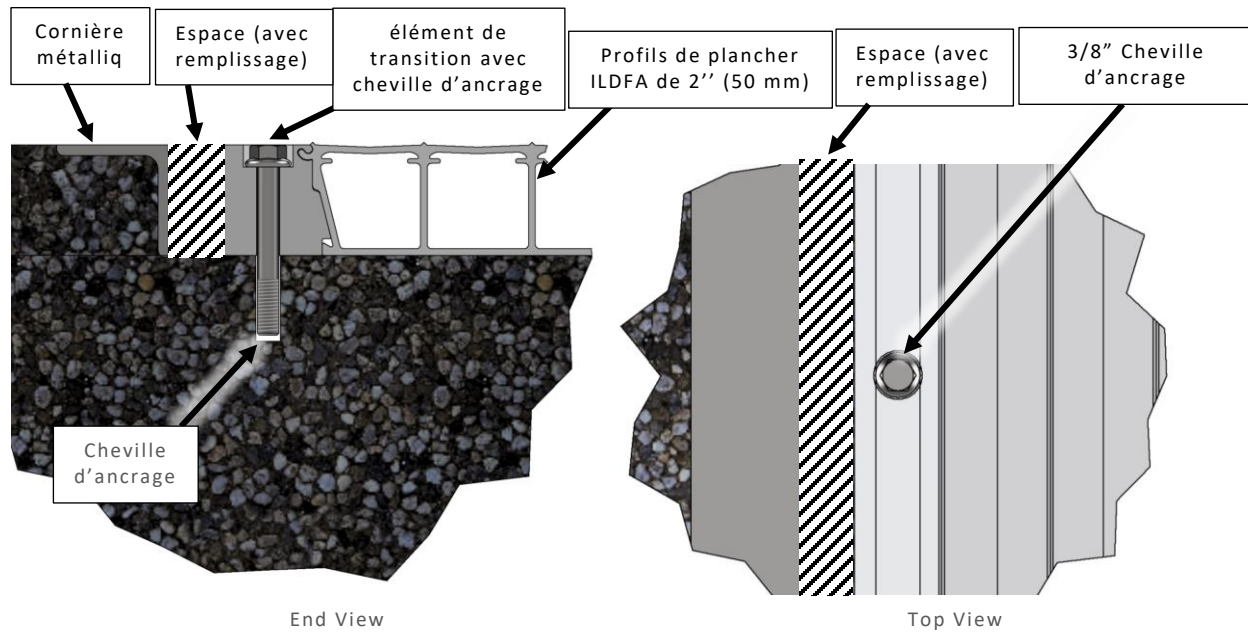


Figure 5-2 : Transition entre la dalle du hangar et l'ILDFA avec dalle encastrée

Lorsque qu'un caniveau est situé dans une zone encastrée, les poutrelles du caniveau doivent s'étendre au-dessus du caniveau et être supportées par le béton situé entre le bord du caniveau et le matériel de transition. La conception de cette transition est illustrée à la Figure 5-3. La distance requise entre le bord du caniveau et l'extrémité du matériel de transition est de 6-1/2" (140 mm). Avec un jeu de 1" à 2" (25 à 50 mm) pour les tolérances de construction, la dalle doit être conçue avec un encastrement situé entre 7-1/2" (165 mm) et 8-1/2" (190 mm) du bord du caniveau.

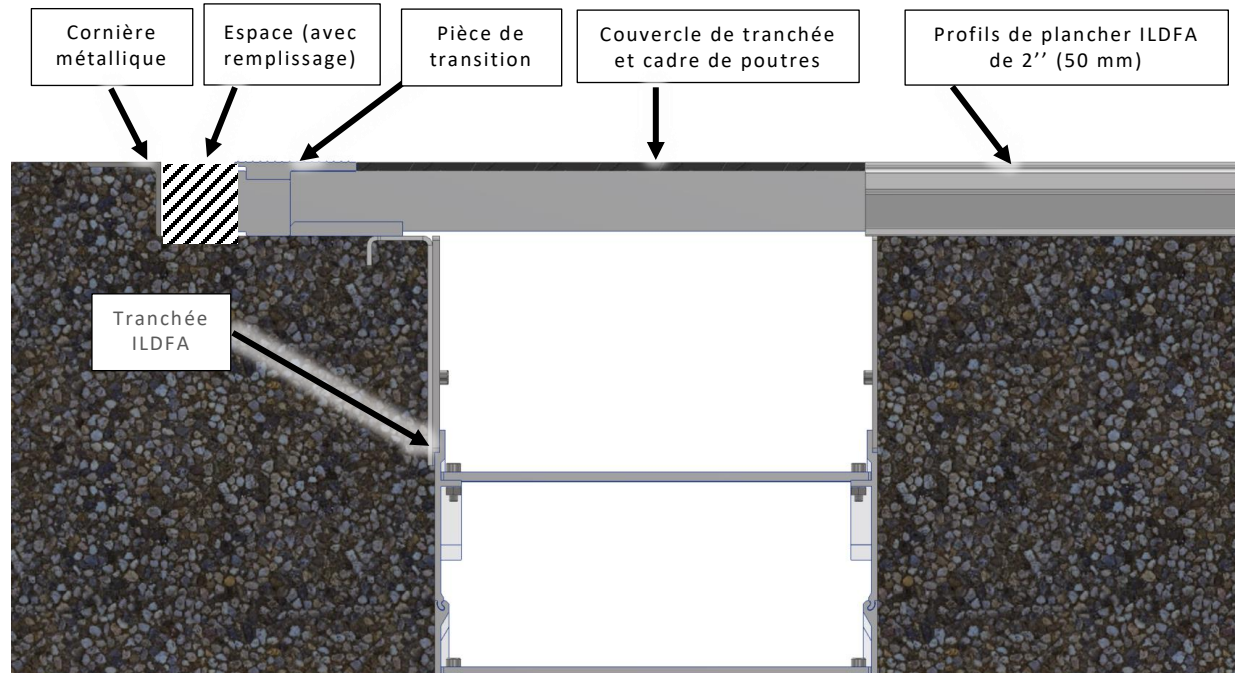


Figure 5-3 : Transition entre la dalle du hangar et l'ILDFA au niveau des caniveaux

5.3. Dalle existante: calage

Si la dalle existante du hangar respecte la pente requise de 0,5 % à 1,5 %, mais présente un nombre limité d'irrégularités ou de points bas, des barres plates en aluminium peuvent être utilisées pour caler certaines sections et atteindre les exigences de pente. La Figure 5-4 montre un exemple de calage de l'ILDFA pour obtenir une pente de 0,5 % lors de l'installation.



Figure 5-4 : Barre plate en aluminium utilisée pour le calage afin d'obtenir la pente requise lors de l'installation

Lorsque des cales sont nécessaires, un ingénieur structure doit confirmer que l'espacement et la hauteur des cales sont suffisants pour supporter les charges prévues. En général, lorsque les profils ILDFA de Safespill nécessitent des cales, celles-ci sont espacées tous les 12" (300 mm), avec une hauteur maximale de 2" (50 mm). Chaque cale en aluminium est fixée à la dalle en béton à l'aide d'une résine époxy spécifiée pour l'adhérence béton/métal (Hilti HIT-RE 500 V3, par exemple).

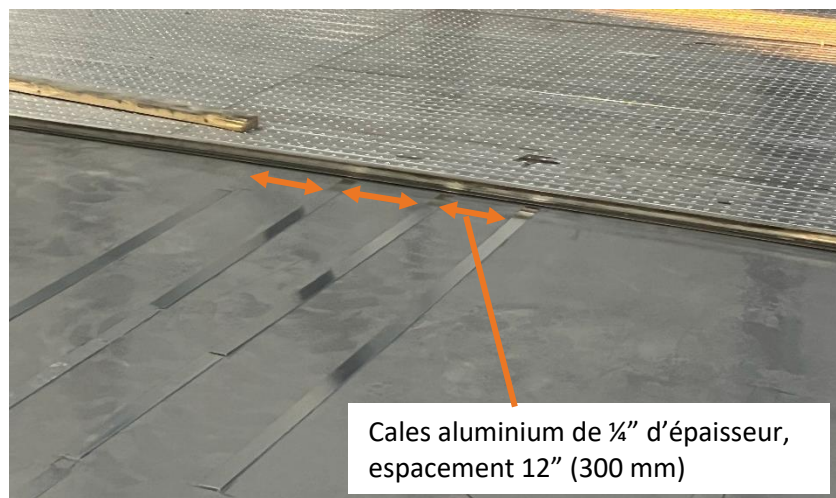


Figure 5-5 : Exemple d'installation de cales sous l'ILDFA.

5.4. Hangar en rénovation : rampes

Pour les installations de rénovation où l'ILDFA doit être posé directement sur la dalle du hangar, des rampes seront installées sur tous les côtés du plancher. Les rampes sont ancrées à la dalle à l'aide d'ancrages en béton afin d'empêcher tout mouvement.



Figure 5-6 : Rampes d'accès standard inclinées ILDFA

Les rampes standard pour l'ILDFA ont une longueur de 40 in (1,0 m) à partir du bord du plancher et seront utilisées autant que possible. Pour les zones où les aéronefs entrent et sortent du plancher, les rampes standard seront utilisées.

Dans les zones où seuls le personnel de maintenance et les équipements d'entretien accèdent au plancher, il peut être acceptable d'utiliser des rampes avec une pente plus prononcée. Cela permet de maximiser la surface de plancher utilisable et d'assurer un dégagement autour des portes, escaliers et autres obstacles existants dans le hangar. Les rampes à forte pente ont une longueur de 24 in (0,6 m) à partir du bord du plancher.

Si le hangar doit accueillir un aéronef à voilure tournante ou un autre appareil utilisant une barre de remorquage ou un tracteur avec une faible garde au sol, il peut être nécessaire d'utiliser une rampe d'entrée inclinée au ratio 1:48.

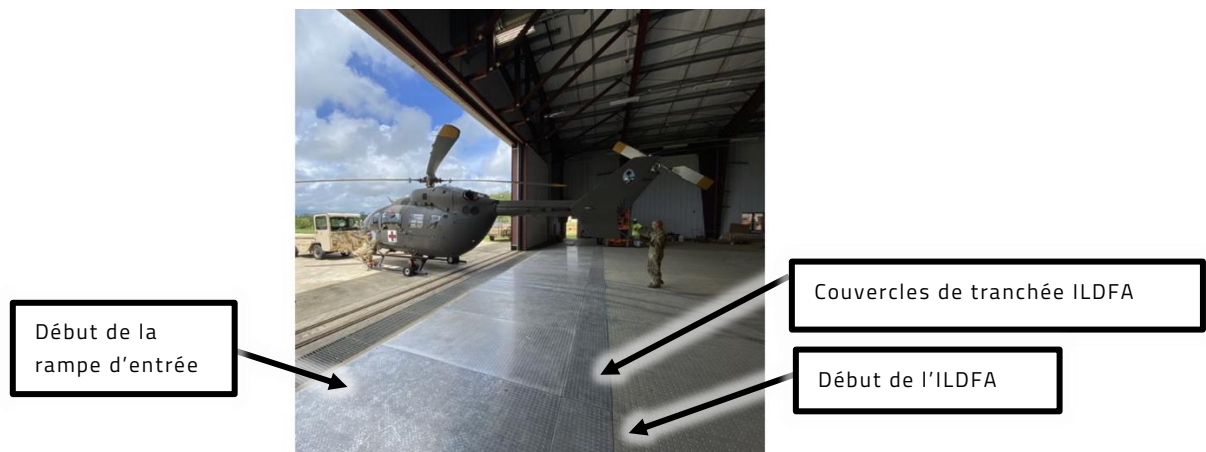


Figure 5-7 : ILDFA avec rampe d'entrée inclinée 1:48 pour hélicoptère avec faible garde au sol

5.5. Hangar en rénovation : remplissage béton

Un remplissage en béton peut être utilisé autour du périmètre de l'ILDFA à la place des rampes en aluminium, en particulier lorsque des colonnes, des murs ou d'autres obstacles limitent l'espace disponible pour l'installation de rampes standard. Le remplissage en béton est installé une fois que l'ILDFA a été positionné et aligné.

Le remplissage doit être coffré de manière à affleurer la surface supérieure de l'ILDFA, offrant une transition lisse et continue pour le personnel et les équipements de maintenance. La surface finie doit présenter une pente orientée vers l'ILDFA d'au moins 0,5 % (0,3°), afin que tout liquide se répandant sur le remplissage en béton s'écoule vers la surface de l'ILDFA au lieu de s'accumuler à l'extérieur de son empreinte.

Le remplissage béton constitue une alternative pratique aux rampes dans des zones localisées, telles que les abords des colonnes structurales ou des murs périphériques. Bien que les rampes demeurent la méthode privilégiée pour les points d'accès principaux des aéronefs, le remplissage béton offre une solution polyvalente, pouvant être mise en œuvre de manière ciblée lorsque des obstructions ou une géométrie complexe nécessitent une adaptation.

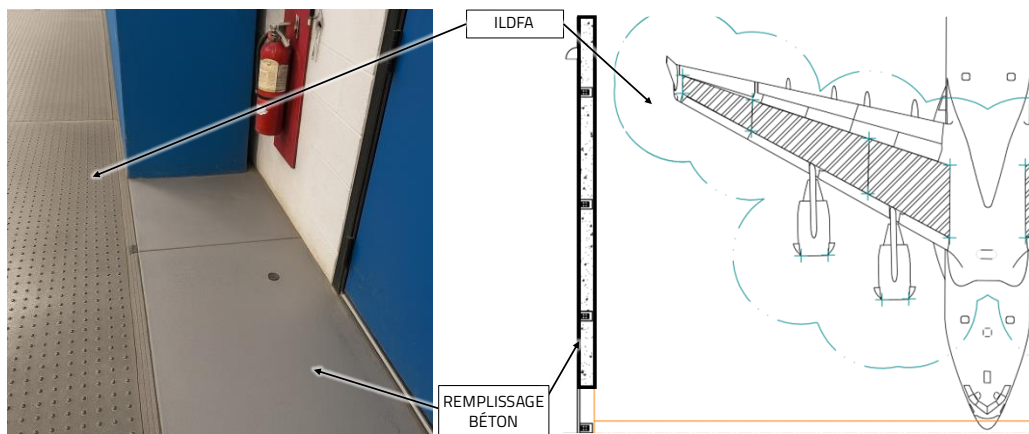


Figure 5-8 : Remplissage béton utilisé le long d'un mur périphérique (à gauche) et plans du hangar avec zones de remplissage indiquées (à droite).



Figure 5-9 : Exemple de remplissage béton utilisé autour des colonnes au centre du hangar.

6. Caniveaux

6.1. Considérations structurelles pour les caniveaux

En raison de la conception des caniveaux et du cadre porteur des couvercles de caniveau, les enveloppes en aluminium des caniveaux ne subissent pas de charge liée au passage des aéronefs sur les couvercles. Les forces générées par les aéronefs sont réparties à travers le couvercle du caniveau vers le cadre porteur, puis transférées dans la dalle en béton, comme illustré à la Figure 6-1.

Pour les projets de construction neuve, les enveloppes de caniveau en aluminium servent de coffrage pour le béton, mais n'ont pas de fonction structurelle.

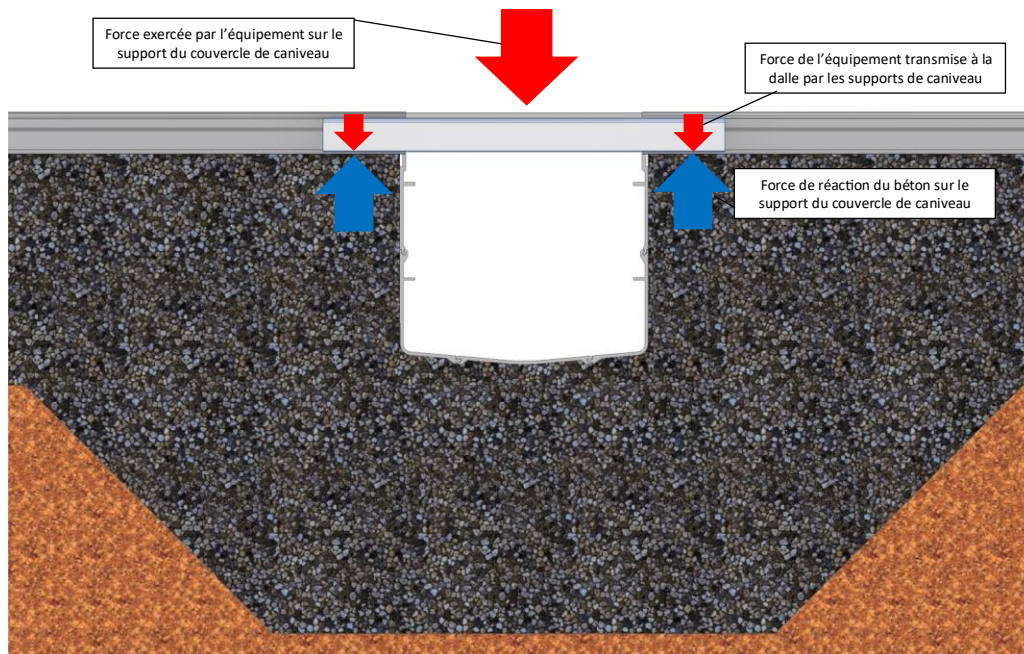


Figure 6-1 : Rendu du caniveau en aluminium et de la dalle en béton montrant le transfert de charge du pneu de l'aéronef vers le béton.

Les couvercles de caniveau et leurs cadres porteurs ont été conçus à l'aide d'une analyse par éléments finis afin de garantir que les supports puissent résister à la charge ponctuelle associée au poids maximal au décollage (MTOW) du plus grand aéronef, comme décrit dans la [Section 7](#).

Les poutrelles situées sous le couvercle du caniveau s'insèrent dans les rainures du profil et franchissent la largeur du caniveau.

La Figure 6-2 montre les poutrelles insérées dans les rainures du profil, avec le couvercle et les premiers profils retirés. La Figure 6-3 montre l'installation partielle des couvercles de caniveau, et la Figure 6-4 montre l'installation complète des couvercles.

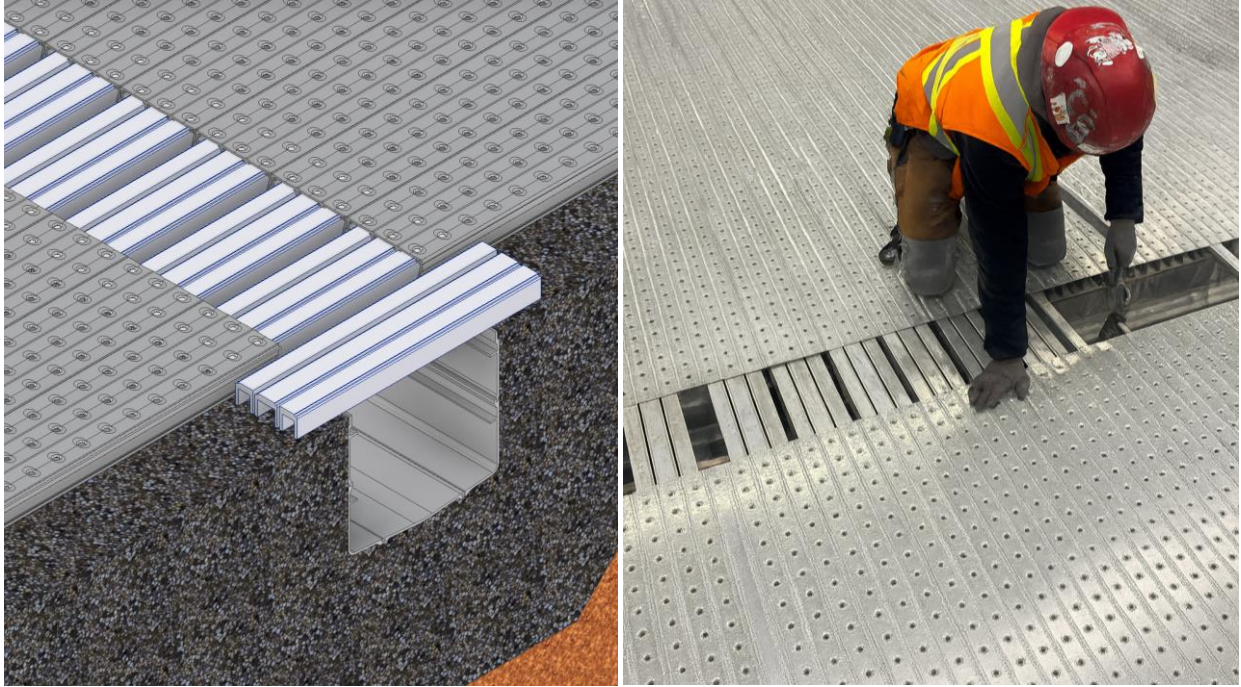


Figure 6-2 : (Gauche) Rendu montrant les poutrelles supportant le couvercle de caniveau. Les premiers profils et le couvercle sont retirés pour révéler les supports. (Droite) Poutrelles de support installées sur site

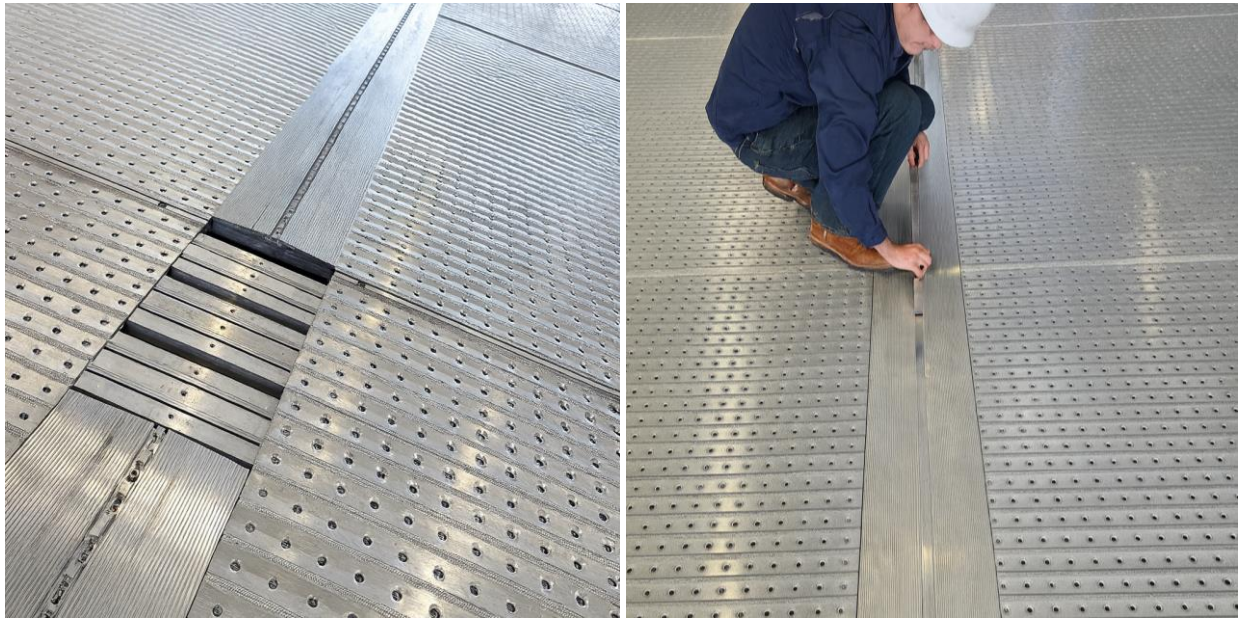


Figure 6-3 : (Gauche) Couvercles de caniveau partiellement installés, certaines poutrelles restant visibles. (Droite) Installation du cache-boulon sur le couvercle de caniveau.



Figure 6-4 : Installation finalisée du couvercle de caniveau.

6.2. Conception des caniveaux

Safespill recommande l'utilisation de ses caniveaux préfabriqués en aluminium pour les systèmes ILDFA. Les caniveaux préfabriqués sont livrés sur le site avec toute la tuyauterie d'alimentation du collecteur de rinçage (flushing manifold) et tous les conduits électriques déjà installés. L'approvisionnement en caniveaux préfabriqués avec ces composants réduit les coûts de production et le temps d'installation. Une fois les caniveaux installés, les sections de tuyauterie et de conduits sont raccordées bout à bout, éliminant ainsi les étapes de fabrication supplémentaires sur le chantier.

Si des caniveaux appropriés existent déjà dans le hangar, il est possible de les utiliser si les conditions suivantes sont réunies :

1. Les caniveaux existants sont situés à des emplacements adéquats selon les informations présentées à la Section 4.2.
2. Les caniveaux existants répondent aux exigences de débit volumétrique et de constructibilité nécessaires pour accueillir la tuyauterie et les conduits électriques tels que décrits ci-dessus.

Lorsque des caniveaux existants sont utilisés, la pente interne doit être d'au moins 0,5 % (0,3°) afin de garantir que tous les liquides s'écoulent vers le point le plus bas.

Lorsque de nouveaux caniveaux sont installés, ils sont conçus et fabriqués avec une pente interne de 0,5 % (0,3°) afin de garantir l'écoulement des liquides vers le point le plus bas. Lors de l'installation, le bord supérieur du caniveau doit être de niveau et affleurant avec la dalle en béton environnante. La profondeur minimale des caniveaux est de 19" (480 mm) afin de permettre un écoulement adéquat des liquides déversés et le passage des conduits.

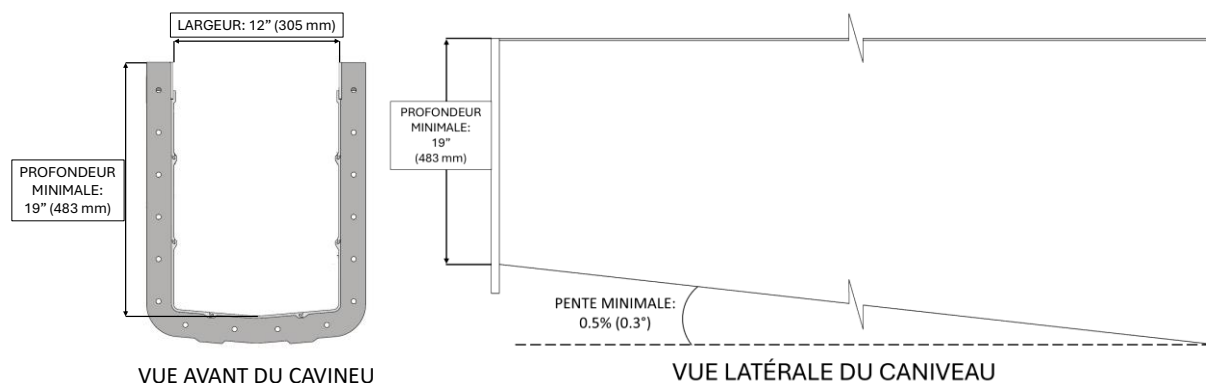


Figure 6-5 : Exigences de pente et de profondeur pour les caniveaux

6.2.1. Caniveaux dans les hangars en rénovation

Pour les projets de rénovation sans caniveaux existants, la dalle du hangar devra être découpée, puis des caniveaux préfabriqués en aluminium seront installés et remblayés avec un béton coulé en place.

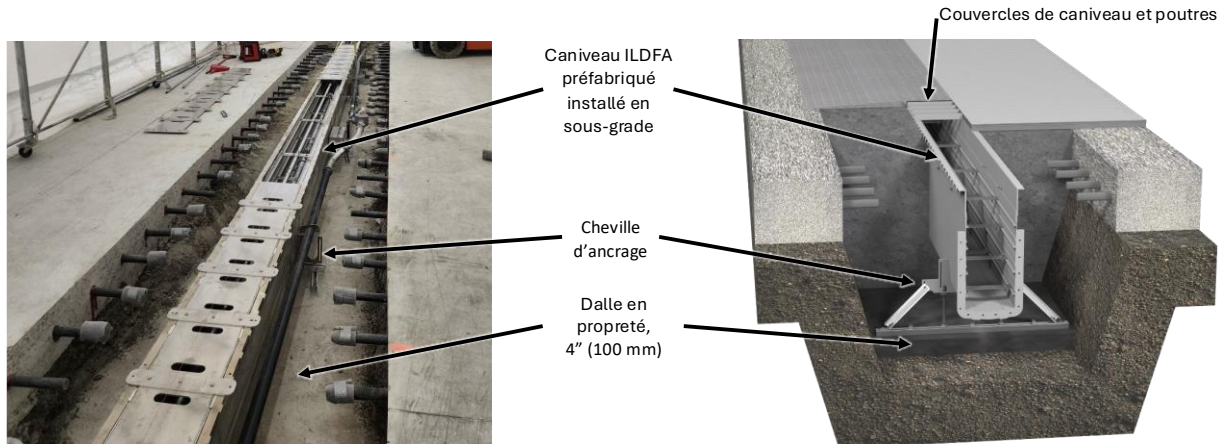


Figure 6-6 : Caniveau ILDFA préfabriqué pour projets de rénovation

Des barres d'armature supplémentaires et un renforcement structurel peuvent être nécessaires en fonction de l'épaisseur de la dalle existante. Une analyse structurelle devra être effectuée afin de déterminer le renforcement requis pour garantir l'intégrité structurelle de la dalle en béton.

Les enveloppes de caniveau préfabriquées en aluminium sont fournies avec des supports de caniveau ajustables. Les supports sont soudés à l'enveloppe du caniveau et reliés à un rail en aluminium standard de 1-5/8" (41 mm) à l'aide de tiges filetées et d'entretoises inclinées. Le rail en aluminium est ancré à la mud slab, qui doit présenter une pente minimale de 0,5 % (voir Figure 6-5). Les tiges filetées peuvent être ajustées pour mettre le caniveau de niveau, et les entretoises inclinées sont fixées une fois la hauteur nécessaire atteinte, afin d'empêcher tout mouvement ou torsion de l'enveloppe du caniveau pendant le coulage du béton de remblai.

Un processus d'installation étape par étape des caniveaux ILDFA préfabriqués pour les projets de rénovation est présenté à la page suivante.

RÉNOVATION – PRÉPARATION DU CANIVEAU



COUPER À TRAVERS LA DALLE



EXCAVER / COMPACTER

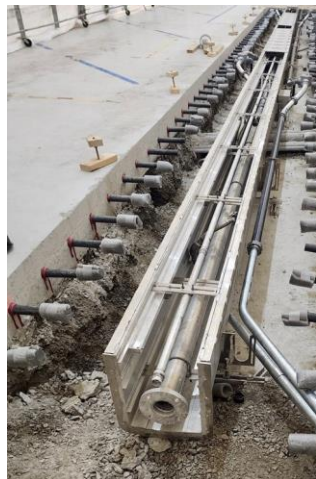


COULER LA DALLE DE PROPRIÉTÉ

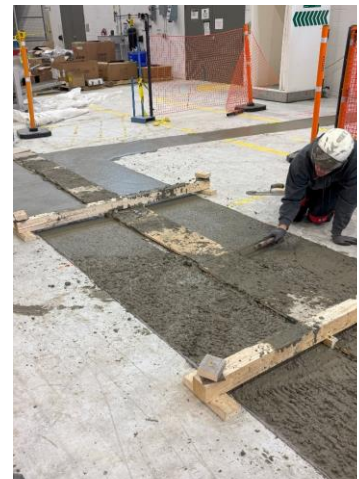
RÉNOVATION – INSTALLATION DU CANIVEAU



METTRE EN PLACE / ALIGNER LE
CANIVEAU



RACCORDER L'ÉLECTRICITÉ
ET LA PLOMBERIE



COULER LE BÉTON

6.2.2. Hangars neufs

Pour les hangars en construction neuve, les caniveaux coulés en place ne sont pas soumis à des profondeurs ou des longueurs spécifiques en ce qui concerne l'ILDFA. Un ingénieur structure doit déterminer les dimensions maximales des caniveaux coulés en place que permettent les conditions de sol existantes.

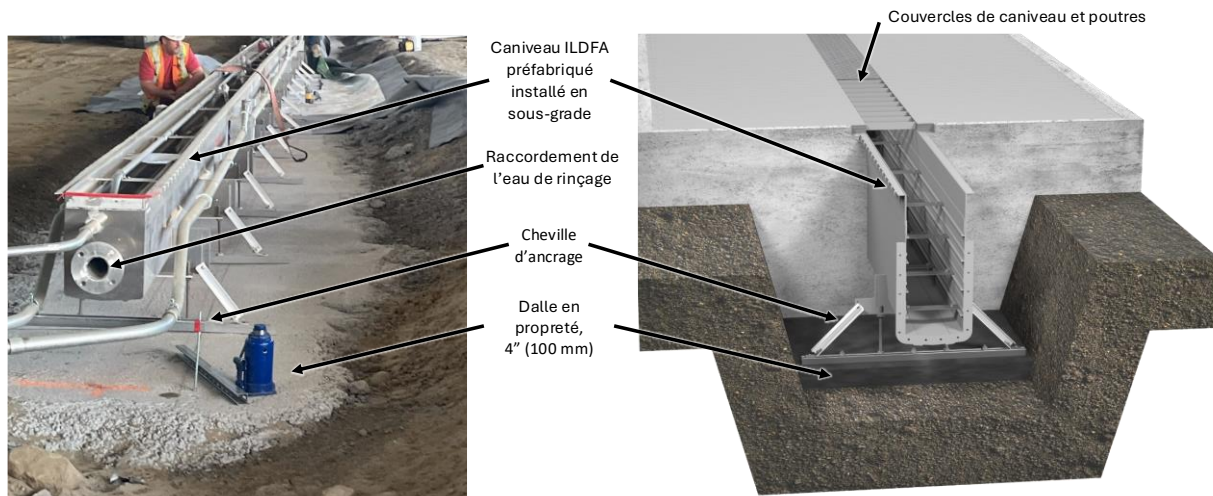
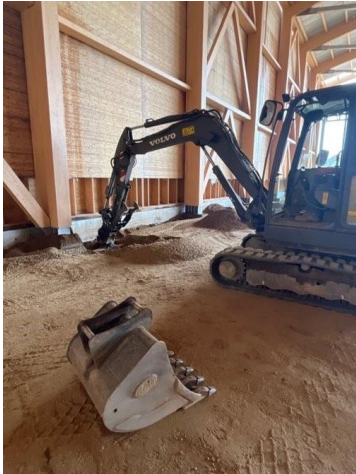


Figure 6-7 : Caniveau ILDFA préfabriqué pour constructions neuves

Les enveloppes de caniveau en aluminium destinées aux constructions neuves sont fournies avec des supports de caniveau ajustables. Les supports sont soudés à l'enveloppe du caniveau et reliés à un rail en aluminium standard de 1-5/8" (41 mm) à l'aide de tiges filetées et d'entretoises inclinées. Le rail en aluminium est ancré à la mud slab, qui doit présenter une pente minimale de 0,5 % (voir Figure 6-5). Les tiges filetées peuvent être ajustées pour mettre le caniveau de niveau, et les entretoises inclinées sont fixées une fois la hauteur requise atteinte, afin d'empêcher tout mouvement ou torsion de l'enveloppe du caniveau pendant le coulage de la dalle.

Un processus d'installation étape par étape des caniveaux ILDFA préfabriqués pour les constructions neuves est présenté à la page suivante.

CONSTRUCTION NEUVE – PRÉPARATION DU CANIVEAU



EXCAVER



COULER LA DALLE DE
PROPRETÉ



METTRE EN PLACE /
ALIGNER LE CANIVEAU

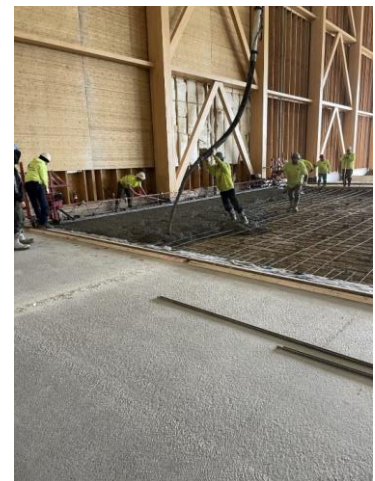
CONSTRUCTION NEUVE – INSTALLATION DU CANIVEAU



RACCORDER LA CONDUITE DE
DÉCHARGE



RACCORDER L'ÉLECTRICITÉ
ET LA PLOMBERIE



COULER LE BÉTON

6.3. Effets du coffrage en aluminium dans la construction en béton

Bien que certains composants en aluminium puissent subir une certaine corrosion lorsqu'ils sont en contact avec du béton non durci, Safespill utilise avec succès des enveloppes de caniveau en aluminium comme coffrage pour les caniveaux coulés en place. Alors que les taux de corrosion initiaux pendant le coulage du béton peuvent atteindre 0,0375 in/an (950 µm/an), le taux de corrosion diminue fortement une fois le béton durci, et des taux de corrosion négligeables sont observés au cours de la première année suivant l'installation. Les caniveaux Safespill sont conçus avec une épaisseur minimale de 5/32" (4 mm), et la profondeur totale de corrosion estimée sur toute la durée de vie de l'installation est inférieure à 0,015 in (0,38 mm).

Lorsque des composants en aluminium de l'ILDFA peuvent entrer en contact avec d'autres métaux tels que des grilles en fonte, des barres d'armature en acier ou des cornières en acier au carbone, des matériaux d'isolation non conducteurs doivent être appliqués pour prévenir la corrosion galvanique. Des revêtements en fluoroélastomère (FKM, Viton™) ou des coatings bitumineux sont recommandés pour assurer l'isolation entre l'aluminium et les métaux dissemblables.

Pour plus d'informations sur ce sujet, veuillez consulter les sources ci-dessous :

Herting, G., & Odnevall, I. (2021). Corrosion of aluminum and zinc in concrete at simulated conditions of the repository of low active waste in Sweden. *Corrosion and Materials Degradation*, 2(2), 150–162. <https://doi.org/10.3390/cmd2020009>

Luo, D., Li, F. & Xing, G. (2022). Corrosion resistance of 6061-T6 aluminium alloy and its feasibility of near-surface reinforcements in concrete structure. *REVIEWS ON ADVANCED MATERIALS SCIENCE*, 61(1), 638-653. <https://doi.org/10.1515/rams-2022-0048>

7. Spécifications structurelles

7.1. Capacité de charge ponctuelle

Les profils de plancher ILDFA sont fabriqués en aluminium de qualité marine de la série 6000, offrant une excellente résistance à la corrosion et une haute résistance mécanique, ce qui permet au système d'avoir une durée de vie supérieure à 50 ans.

Des essais destructifs ont été réalisés pour déterminer la capacité de charge ponctuelle des profils de plancher ILDFA. L'ILDFA a été capable de supporter 96 000 lbs (43 545 kg) répartis sur une zone de 9" × 16" (229 mm × 406 mm), ce qui correspond à la surface de contact d'un pneu de chasseur.

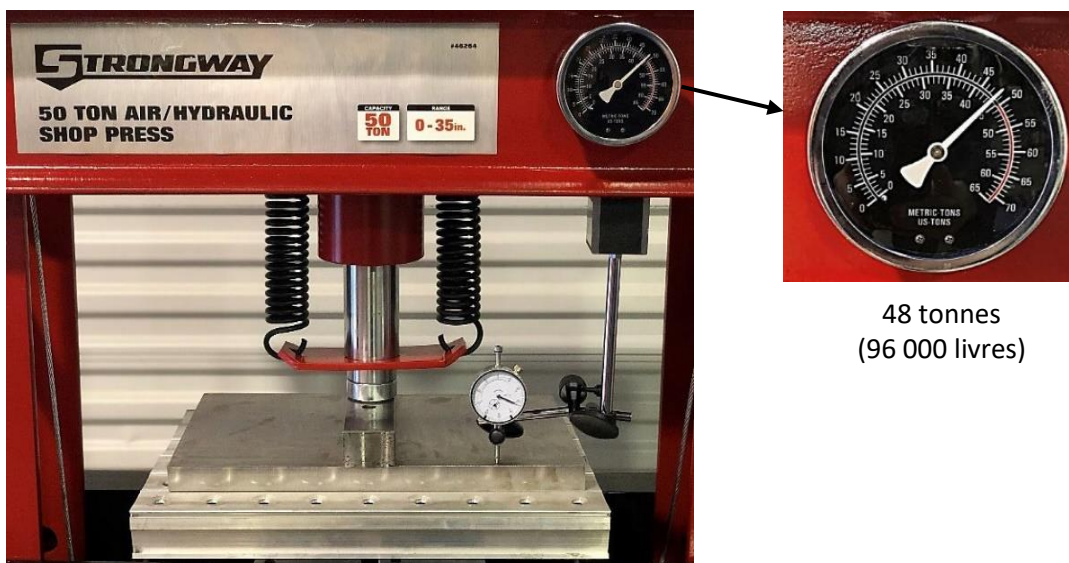


Figure 7-1 : Essais de charge démontrant que l'ILDFA peut supporter 96 000 lbs (43 545 kg) répartis sur 9" × 16" (229 mm × 406 mm)

Il convient de noter que l'utilisation de la pression des pneus d'aéronef pour estimer la charge ponctuelle constitue une estimation conservatrice, car elle suppose que l'intégralité de la pression interne du pneu est transférée directement à la surface de contact entre le pneu et le sol. Cependant, l'élasticité du pneu absorbe également une partie de cette force.

Le Tableau 7-1 utilise la capacité de charge ponctuelle démontrée ci-dessus pour calculer les facteurs de sécurité pour différents aéronefs. En général, les petits aéronefs, tels que les avions de chasse, génèrent les charges ponctuelles les plus élevées.

Tableau 7-1 : Calcul du facteur de sécurité ILDFA pour plusieurs aéronefs

Capacité de charge ponctuelle ILDFA :	96,000 lbs / (9 in * 16 in) = 666 psi (46 bar)
Charge par pneu KC-135 Stratotanker* :	170 psi
Facteur de sécurité :	3.9
Charge par pneu F-35* :	250 psi
Facteur de sécurité :	2.7

* Référence : Goodyear Aviation Data Book 2022, Section 6C – Military Aircraft Application Charts.

7.2. Texture du profil et résistance au glissement

L'ILDFA Safespill est constitué d'une surface supérieure en aluminium poli présentant des pentes légères permettant de diriger l'écoulement des liquides vers les trous de drainage. Le plancher Safespill diffère des surfaces traditionnelles de planchers de hangars aéronautiques et a fait l'objet d'essais rigoureux afin de garantir une surface de travail sûre, fonctionnelle et durable pour les entrepreneurs, techniciens de maintenance et autres personnels travaillant ou circulant sur l'ILDFA.

Les planchers de hangar sont fréquemment exposés à des conditions dangereuses telles que l'humidité, les déversements de fluides hydrauliques ou de lubrifiants. Pour répondre à ces conditions, Safespill intègre une texture antidérapante sur les points hauts de la surface en aluminium (voir Figure 7-2). Cette conception offre une traction supplémentaire sans compromettre la capacité de drainage efficace des liquides.

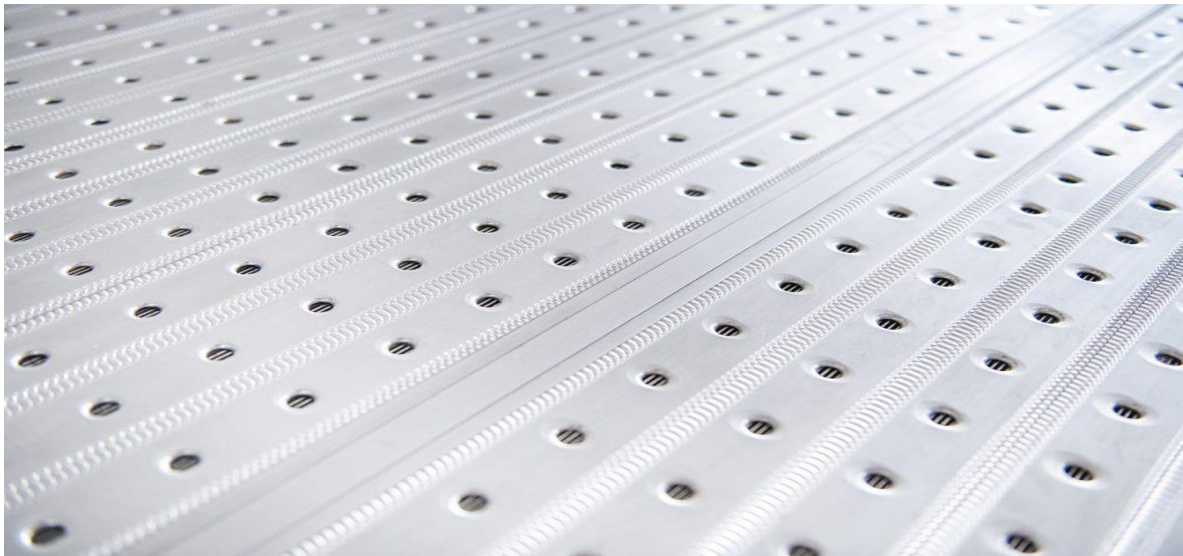


Figure 7-2 : Profil de plancher Safespill avec texture antidérapante

En 2021, le U.S. Air Force Civil Engineer Center (AFCEC) a évalué l'utilisation opérationnelle de l'ILDFA à Edwards AFB. Les retours du personnel de maintenance et d'exploitation ont indiqué que la facilité d'utilisation, la visibilité, la détection de FOD et la traction de surface étaient évaluées comme neutres ou positives par rapport aux planchers de hangar en béton traditionnels. Les seuls retours négatifs concernaient la manœuvrabilité de certains équipements et le confort lors des travaux à genoux, problèmes qui ont ensuite été corrigés grâce à des modifications apportées à la conception de la surface supérieure.

Ces modifications sont présentées dans la vidéo suivante :

<https://www.youtube.com/watch?v=BnpZZ3edwD0>

Afin de s'assurer que la résistance au glissement n'était pas compromise par ces changements de conception, des essais indépendants ont été réalisés conformément à ANSI/NFSI B101.1, à l'aide d'un tribomètre ASM 825A.

Trois surfaces ont été évaluées :

- 1) Safespill (ILDFA)
- 2) Béton poli
- 3) Échantillon de béton époxydé d'un hangar de 10 ans (VX-30 Point Mugu, Hangar 372)

Un comparatif des valeurs SCOF (Static Coefficient of Friction) pour chaque surface dans des conditions sèches, humides et huileuses est présenté dans le Tableau 7-2.

Tableau 7-2 : Valeurs SCOF – Béton vs plancher Safespill (ILDFA)

Conditions	Sec	Humide	Huileux
Safespill (ILDFA)	0,72 – Traction élevée	0,78 – Traction élevée	0,25 – Traction minimale
Béton poli	0.84 – Traction élevée	0.76 – Traction élevée	0.16 – Traction minimale
Béton revêtu d'époxy (PM-372)	0.73 – Traction élevée	0.56 – Traction modérée	0.05 – Traction minimale

D'après ces essais, le plancher Safespill offre une résistance au glissement équivalente à celle du béton poli et du béton revêtu d'époxy en conditions sèches, et une résistance supérieure en conditions humides et huileuses. L'échantillon de béton époxy du Hangar 372 représente une surface typique après 10 ans d'utilisation continue. Plusieurs inspections ont confirmé que l'échantillon testé était représentatif de l'état réel des planchers de hangar vieillissants.

Ces résultats sont cohérents avec les recommandations du National Floor Safety Institute (NFSI) concernant la traction disponible et la probabilité de glissement (Tableau 7-3 :).

Tableau 7-3 : Traction disponible et probabilité de glissement selon la valeur SCOF

Valeur SCOF	Traction disponible	Probabilité de glissement
≥ 0.6	Traction élevée	Faible
$0.4 \leq \text{SCOF} < 0.6$	Traction modérée	Accrue
< 0.4	Traction minimale	Élevée

Il est important de noter que toutes les surfaces de plancher de hangar, qu'il s'agisse de béton, de béton époxy ou d'ILDFA, présentent une traction réduite en conditions huileuses. Les bonnes pratiques de l'industrie exigent donc un nettoyage rapide des déversements afin de réduire les risques de glissade. Dans ce contexte, le plancher Safespill présente un avantage opérationnel : sa capacité intégrée de drainage et de rinçage permet une élimination rapide des liquides déversés, alors que le béton traditionnel ne repose que sur un nettoyage manuel.

En résumé, l'ILDFA Safespill offre une surface de travail aussi performante, voire supérieure, aux planchers de hangar conventionnels en matière de résistance au glissement, de visibilité et de détection FOD, tout en apportant des avantages uniques grâce à son système de drainage conçu spécifiquement pour la gestion des liquides.

7.3. Grilles FOD (Foreign Object Debris)

Sous chaque perforation de la surface supérieure de l'ILDFA, une grille FOD est installée afin d'empêcher les débris étrangers (Foreign Object Debris, FOD) de pénétrer dans les canaux de l'ILDFA. Cela réduit le risque d'obstruction du système de drainage et évite que les techniciens de maintenance ne perdent des composants essentiels lorsqu'ils travaillent sur l'ILDFA.

Les ouvertures de la grille FOD sont suffisamment petites pour empêcher des rondelles aussi petites que les tailles No. 5 ou M4 d'entrer dans l'ILDFA. Cependant, elles permettent au sable et à la poussière de passer, afin que les perforations ne soient pas obstruées par des particules. L'ajout de la grille FOD ne limite pas la capacité de drainage du système ILDFA de Safespill.

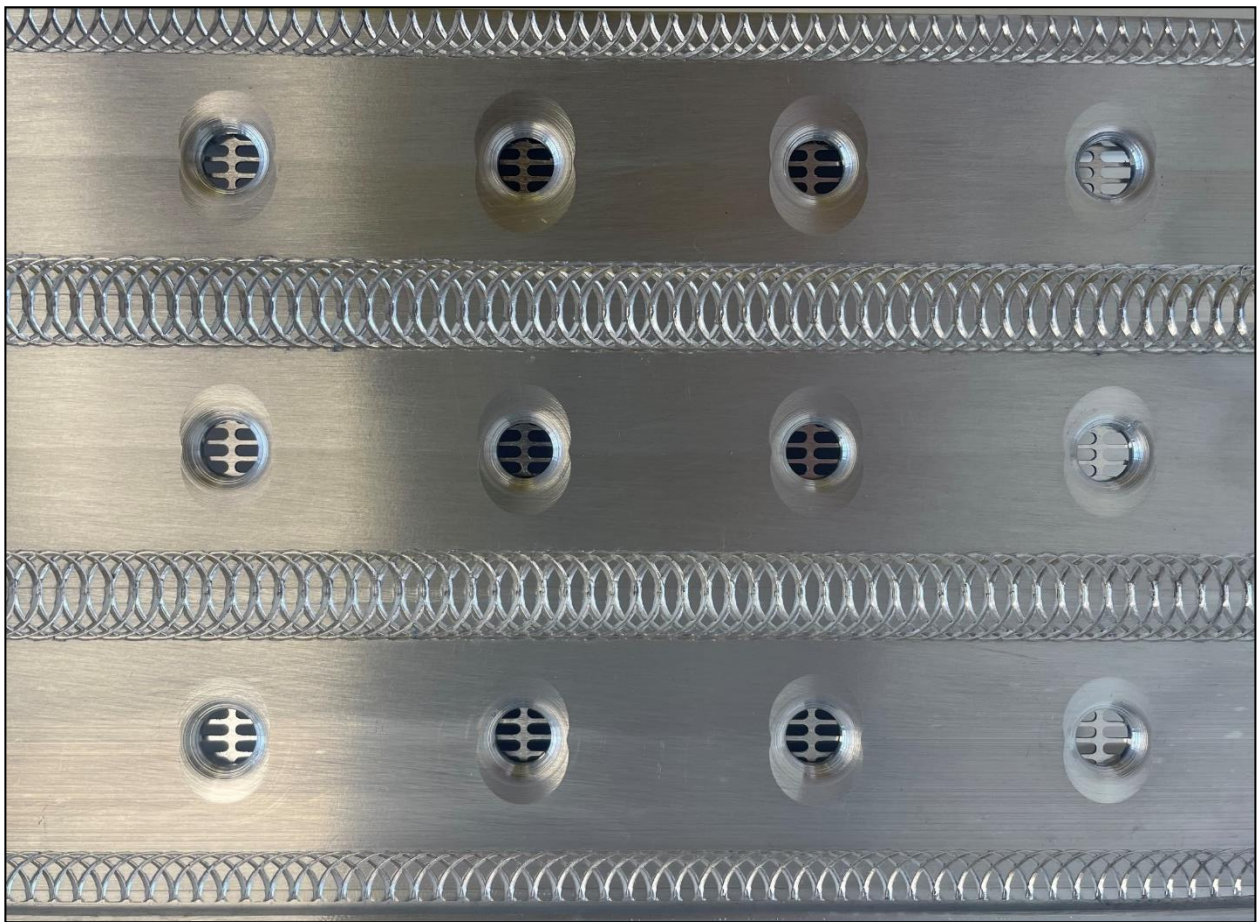


Figure 7-3 : Surface supérieure de l'ILDFA avec grille FOD installée sous les perforations

7.4. Force de friction en conditions d'arrêt

Étant donné que les profils de plancher ILDFA sont installés directement sur la dalle du hangar, il est raisonnable de se demander si les mouvements d'aéronefs lors de l'entrée ou de la sortie du plancher pourraient provoquer un déplacement du système. Cette section démontre que ce phénomène ne constitue pas un risque.

La grande surface de contact entre les profils en aluminium et la dalle en béton fournit une friction statique suffisante pour résister à tout déplacement. De plus, l'assemblage du plancher est toujours bordé par des points d'ancrage périphériques, comme décrit dans les Sections 5.2 et 5.4.

Pour illustrer, considérons un scénario d'urgence dans lequel un gros aéronef et le tracteur de remorquage effectuent un arrêt brusque alors qu'ils se trouvent sur l'ILDFA. Pour que les profils se déplacent, la force horizontale générée par la décélération devrait dépasser la force de friction statique entre l'ILDFA et la dalle. Les calculs présentés ci-dessous démontrent que cette condition ne peut pas être atteinte dans des situations opérationnelles réalistes.



Figure 7-4 : Exemple de tracteur déplaçant un aéronef sur l'ILDFA.

La force générée lors de l'arrêt du tracteur est illustrée dans le diagramme corps libre ci-dessous :

F_v = Force verticale due au poids de l'aéronef.

F_h = Force horizontale liée au mouvement de l'aéronef.

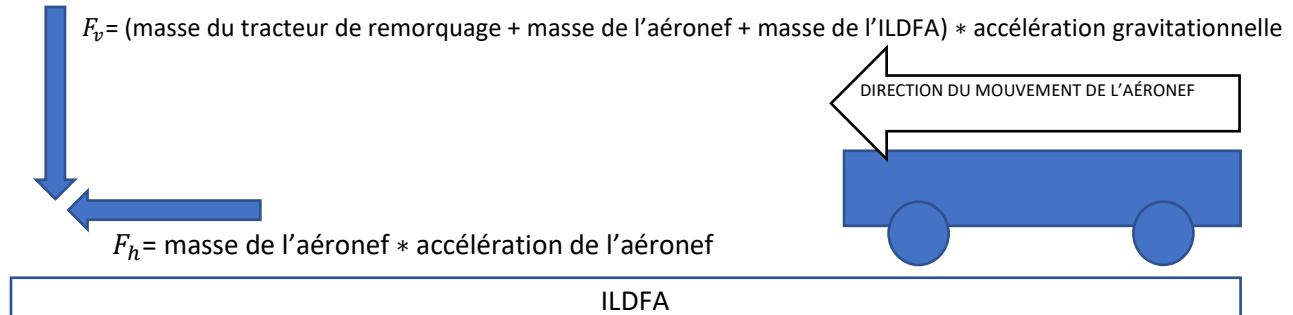


Figure 7-5 : Diagramme corps libre illustrant les forces appliquées sur l'ILDFA lors du déplacement d'un aéronef

Le coefficient de friction entre l'ILDFA et un plancher de hangar en conditions sèches est d'environ 0,73. Par conséquent, le rapport entre la force horizontale et la force normale doit dépasser 0,73 pour vaincre la friction statique et déplacer l'ILDFA par rapport à la dalle.

La force de friction statique est définie par l'Équation 1 :

$$(1) F_f = \mu * F_n$$

Où F_f est la force de friction, μ le coefficient de friction, et F_n la force normale de l'aéronef et de l'ILDFA dans le plan vertical. La force normale est égale et opposée à la force verticale (F_v) illustrée ci-dessus.

Pour que l'ILDFA se déplace, la force horizontale générée par l'aéronef doit dépasser la force de friction :

$$(2) F_h > F_f$$

En combinant les équations 1 et 2 :

$$(3) F_h > 0,73 * F_v$$

Les équations pour les forces horizontales et verticales sont données ci-dessous :

$$(4) F_h = (m_{\text{aéronef}} + m_{\text{tracteur}}) * a$$

$$(5) F_v = (m_{\text{aéronef}} + m_{\text{tracteur}} + m_{\text{ILDFA}}) * g$$

Comme la masse de l'ILDFA est très faible comparée à celle du tracteur et de l'aéronef, elle est négligée, ce qui permet de simplifier l'équation :

$$(6) (m_{\text{aéronef}} + m_{\text{tracteur}}) * a > 0,73 * (m_{\text{aéronef}} + m_{\text{tracteur}}) * g$$

En simplifiant davantage, la condition peut être évaluée indépendamment du poids du tracteur et de l'aéronef.

$$(7) a > 0,73 * g, \text{ où } g = \text{accélération due à la gravité} = 9,8 \text{ m/s}^2$$

La décélération peut être exprimée comme le produit de la vitesse initiale et de la distance d'arrêt :

$$(8) a = V_i * d_s$$

La distance d'arrêt peut être calculée à partir de :

$$(9) \ d_s = \frac{v_i^2}{2 * \mu * g}$$

Le coefficient de friction pneu en caoutchouc / aluminium peut être approximé à 0,51.

Avec une vitesse initiale supposée de 5 mph (8 km/h), la distance d'arrêt est de 1,74 ft (0,53 m) et la décélération est d'environ $1,2 \text{ m/s}^2$.

La force de friction, exprimée comme le produit de la gravité et du coefficient de friction entre l'aluminium et la dalle du hangar, est bien supérieure, à $7,2 \text{ m/s}^2$.

Par conséquent, **l'ILDFA ne se déplacera pas dans ce scénario.**

Pour toute information supplémentaire concernant d'autres scénarios, veuillez consulter le fabricant de l'ILDFA.

8. Ouvertures dans le plancher

8.1. Points d'arrimage

Des ouvertures dans l'ILDFA permettant d'accéder aux points d'arrimage peuvent être intégrées au système.

Les points d'arrimage illustrés aux Figures 8-1 à 8-4 ont une capacité de charge de 10 000 lbs (4 536 kg). À l'aide d'une carotteuse, un trou de 6,5" (165 mm) de diamètre est réalisé dans le béton. Le point d'arrimage est ensuite installé puis ancré chimiquement, comme présenté aux Figures 8-1 et 8-2.

L'accès ILDFA au point d'arrimage est affleurant à la surface du plancher (Figure 8-3) et permet la connexion de la chaîne pour sécuriser l'aéronef à l'intérieur du hangar, comme illustré à la Figure 8-4.

Pour les projets en construction neuve, les points d'arrimage ne doivent pas être intégrés dans la conception de la dalle du hangar, afin de laisser au fabricant de l'ILDFA la flexibilité nécessaire pour l'installation du système.



Figure 8-1 : Carotte de béton extraite de la dalle du hangar .



Figure 8-2 : Point d'arrimage ILDFA ancré chimiquement dans la dalle en béton

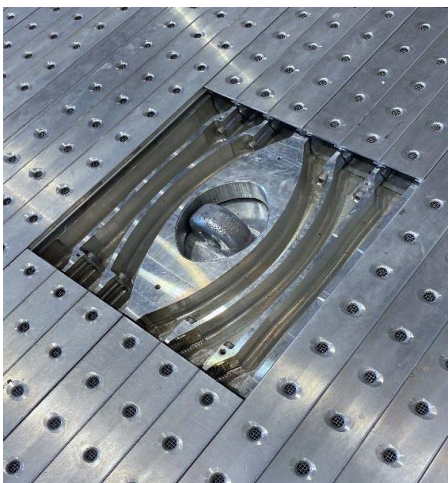


Figure 8-3 : Point d'arrimage ILDFA sans couvercle



Figure 8-4 : Exemple de point d'arrimage ILDFA avec connexion de chaîne d'aéronef

8.2. Points de mise à la terre

Les points de mise à la terre pour l'équipotentialité des aéronefs sont intégrés dans le plancher ILDFA et sont raccordés à une barrette de terminaison en cuivre située dans le caniveau ILDFA, au moyen d'un conducteur de terre gainé d'un calibre minimal 6 AWG. La barrette de terminaison est elle-même raccordée à des piquets de terre ou à la mise à la terre du bâtiment. Un exemple de point de mise à la terre ILDFA est présenté à la Figure 8-5.

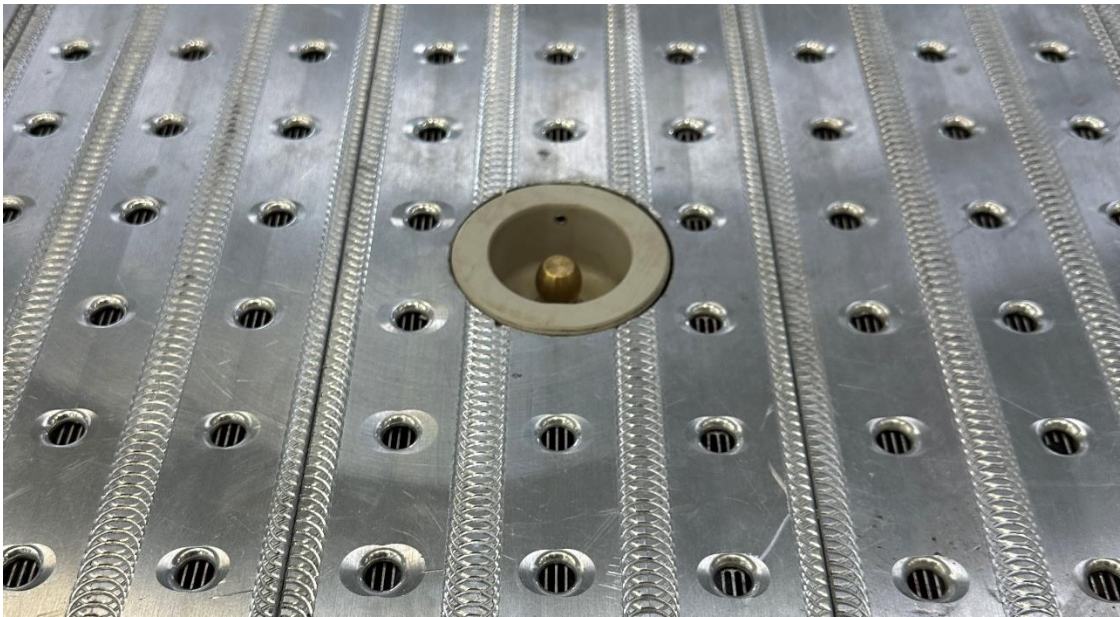


Figure 8-5 : Exemple de point de mise à la terre ILDFA

Les points de mise à la terre sont constitués d'une coupelle composite haute résistance (PEEK) conçue pour dépasser la capacité de charge ponctuelle des profils de plancher ILDFA. Un goujon sphérique (ERICO B165R ou équivalent) est fixé à la pièce composite, assurant l'isolation vis-à-vis des profils ILDFA en aluminium.

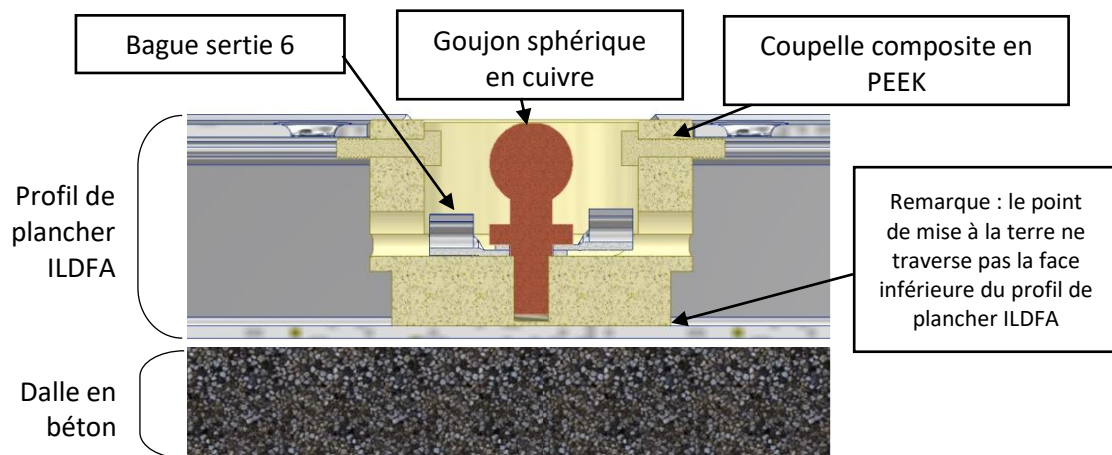


Figure 8-6 : Vue en coupe d'un point de mise à la terre ILDFA intégré dans le profil

Le point de mise à la terre **n'est pas accessible** par le dessous du plancher, et tous les conducteurs de mise à la terre sont acheminés à travers les canaux des profils de plancher ILDFA Safespill.

Pour installer un point de mise à la terre, un trou de 3" (76 mm) de diamètre est découpé dans la surface supérieure du profil ILDFA (Figure 8-7). L'ensemble de mise à la terre est ensuite inséré dans l'ouverture et fixé en place par des vis de pression afin d'empêcher tout retrait (Figure 8).

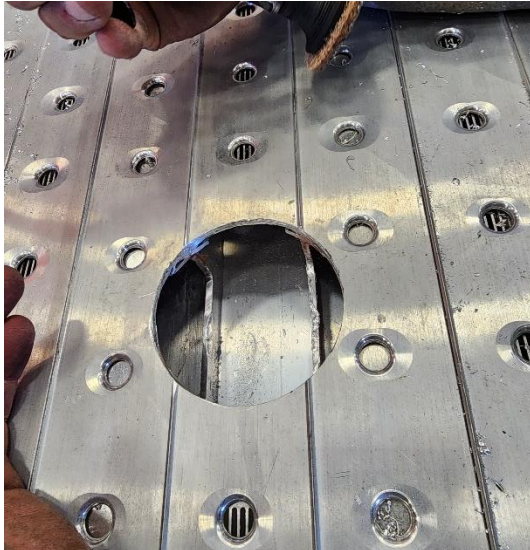


Figure 8-8 : Découpe de 3" dans le profil de plancher ILDFA

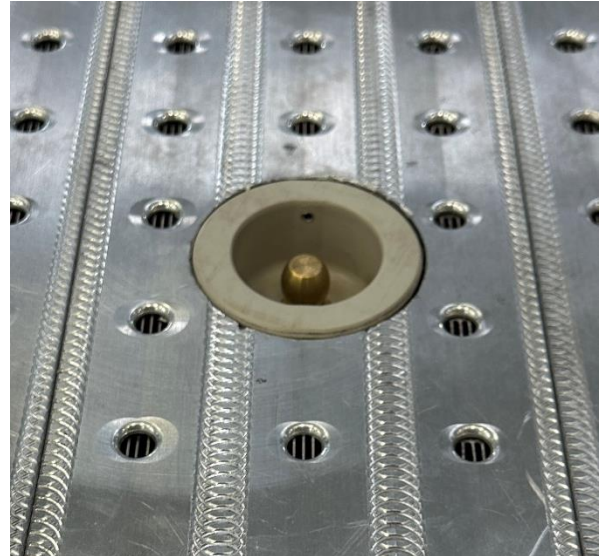


Figure 8-7 : Point de mise à la terre inséré dans le profil de plancher ILDFA

Les points de mise à la terre sont raccordés en série via deux chemins indépendants vers la terre à l'aide d'un conducteur de calibre 6 AWG. Le conducteur est acheminé à travers les profils ILDFA jusqu'au caniveau, puis via le caniveau jusqu'au bord de l'assemblage de plancher, avant d'être raccordé à une barrette de mise à la terre (Figure 8-9). La barrette est ensuite reliée à un piquet de terre ou à la terre du bâtiment (Figure 8-10).

Les points de mise à la terre peuvent être placés n'importe où sur l'ILDFA, sauf au-dessus des caniveaux. Des points supplémentaires peuvent être ajoutés ultérieurement si la configuration de stationnement des aéronefs ou les opérations du hangar évoluent.

Pour les projets de construction neuve, une grille de mise à la terre dédiée dans la dalle de hangar n'est plus nécessaire lorsqu'un ILDFA équipé de points de mise à la terre est utilisé. Dans les projets de rénovation, la grille de mise à la terre existante et autres utilités ne sont pas réutilisées.

Il est important de noter que ces points sont exclusivement destinés à la mise à la terre des aéronefs.

Comme l'ILDFA est entièrement construit en aluminium, la mise à la terre de l'assemblage de plancher lui-même est également requise. Tout comme pour les points de mise à la terre des aéronefs, Safespill fournit des points de connexion sur les sections de profil ILDFA, une barrette de terminaison en cuivre dans les caniveaux, et celle-ci doit être raccordée à la terre du bâtiment.

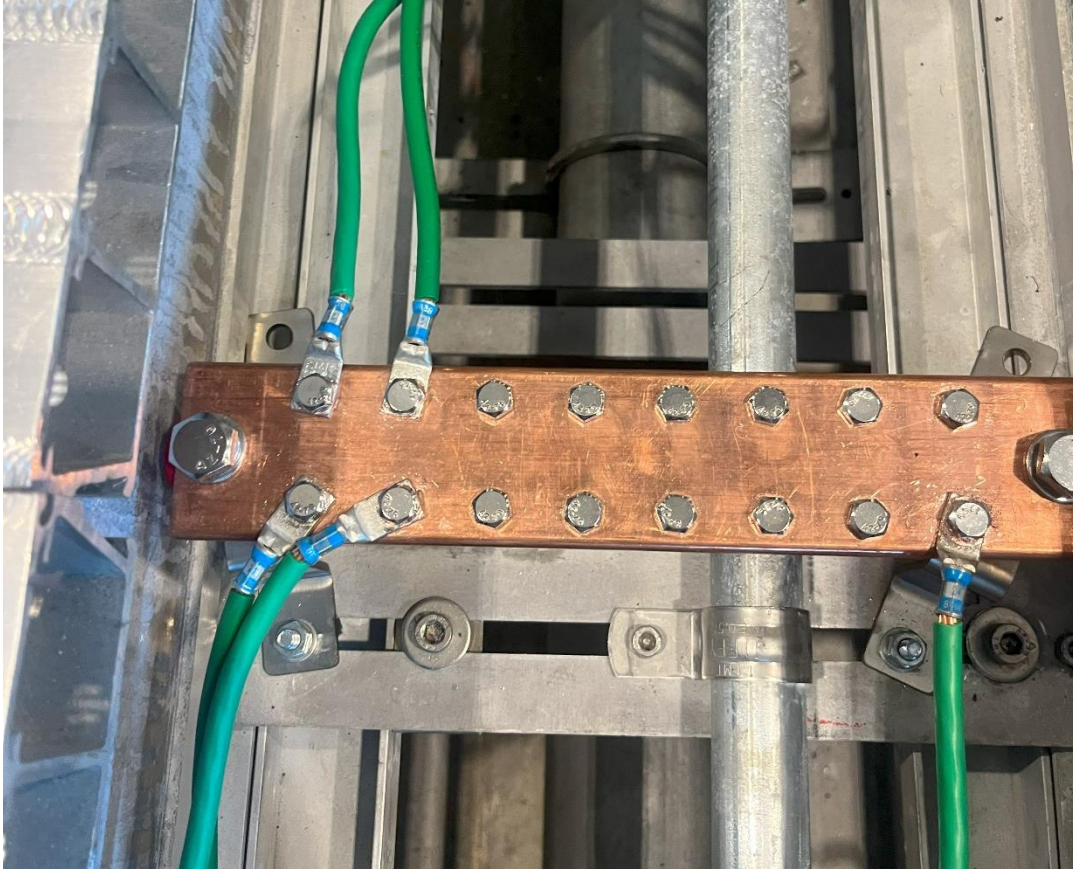


Figure 8-9 : Barrette de mise à la terre installée dans un caniveau préfabriqué en aluminium ILDFA pour la terminaison des points de mise à la terre.

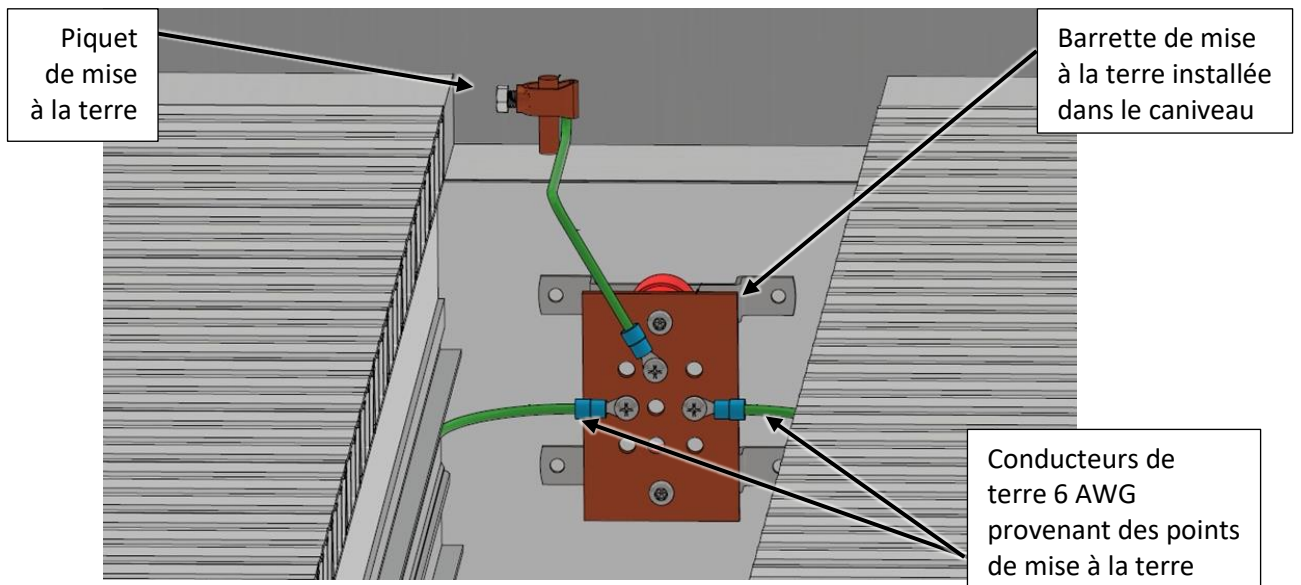


Figure 8-10 : Terminaison du point de mise à la terre à l'extrémité du caniveau. La taille de la barrette de mise à la terre peut varier en fonction du nombre de points de mise à la terre. La figure montre une terminaison vers un piquet de terre, mais une connexion à la terre du bâtiment peut être utilisée dans certains cas.

8.3. Accès aux utilités

Des ouvertures dans l'ILDFA permettent d'accéder aux réseaux existants intégrés dans la dalle et qui ne peuvent pas être déplacés, tels que les regards de nettoyage des canalisations, les boîtes électriques ou les raccords pneumatiques. Le bloc en aluminium usiné est intégré à la conception du plancher et guide l'écoulement du liquide autour de l'ouverture. Les ouvertures sont conçues pour supporter la même capacité de charge que les profils de plancher ILDFA lorsque leur couvercle est en place. Pour l'accès aux boîtes électriques, des précautions supplémentaires peuvent être nécessaires afin d'empêcher l'infiltration de liquide dans les équipements électriques.

Les Figures 8-11, 8-12 et 8-13 illustrent des exemples possibles d'ouvertures. Les styles et dimensions exacts requis pour chaque projet sont définis lors de la phase de conception.



Figure 8-11 : Ouverture pour utilités avec couvercle retiré

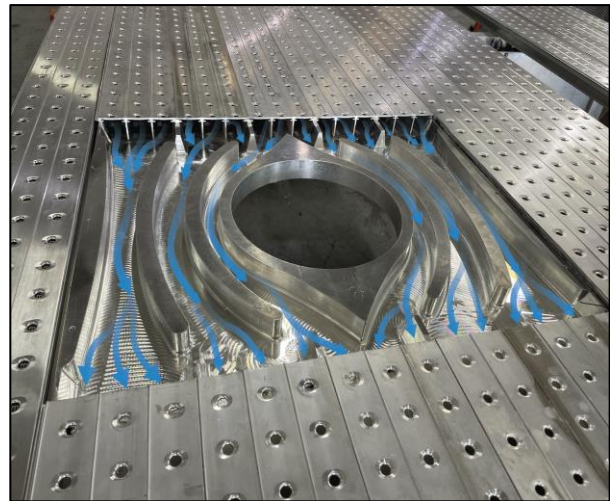


Figure 8-12 : Ouverture pour réseau avec exemple d'écoulement à travers les canaux

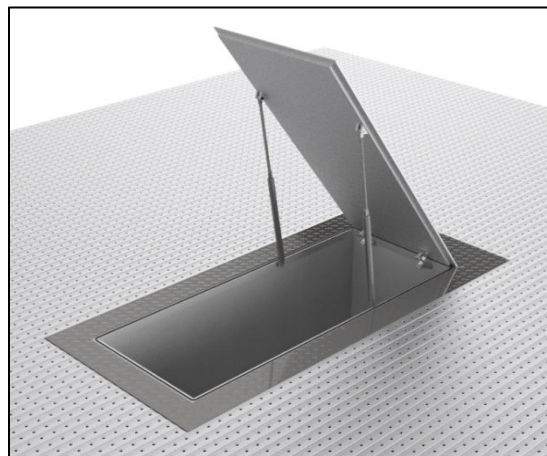


Figure 8-13 : Concept de porte d'accès aux réseaux

9. Exigences en eau de rinçage

Un ILDFA nécessite de l'eau pour rincer les canaux internes de drainage. Le besoin en eau du système ILDFA est de 200 GPM (757 L/min). Chaque zone requiert un débit de 50 GPM (189 L/min). Si un déversement survient dans un coin de zone, les 3 zones adjacentes peuvent également s'activer.

Par conséquent, le débit total requis est : $4 \times 50 \text{ GPM} = 200 \text{ GPM}$ (757 L/min)

Trois options sont disponibles pour l'alimentation en eau du système ILDFA :

1. Alimentation en eau domestique – Connexion en amont du compteur d'eau du bâtiment
2. Alimentation en eau du système sprinkleur – Connexion en amont du clapet anti-retour du sprinkleur et du détecteur de débit
3. Source dédiée non potable, maintenue en permanence – Par exemple : réservoir d'alimentation pour le rinçage ou système de recyclage d'eau

Le collecteur de rinçage fonctionne avec une pression minimale de 60 psi (4,1 bar) et maximale de 120 psi (8,3 bar). Selon la pression d'eau disponible dans le hangar, un surpresseur ou un réducteur de pression peut être nécessaire pour garantir que l'ILDFA reçoive la pression correcte. Voir *Section 9.3, Conception de pompe de surpression pour plus de détails*.

Si la mise en place d'une conduite dédiée vers le hangar nécessite des travaux de plomberie importants, ou si l'accès à l'eau est limité, un réservoir d'eau de rinçage dédié peut être installé à l'extérieur du hangar en alternative. Un volume typique varie de 6 000 gallons (22 710 L) à 12 000 gallons (45 425 L).

- UFC 4-211-01 : 30 minutes d'eau de rinçage à 200 GPM (757 L/min)
- NFPA 409 (édition 2022) : 45 minutes d'eau de rinçage à 200 GPM (757 L/min)
- FM Datasheet 7-93 : 60 minutes d'eau de rinçage à 200 GPM (757 L/min)

9.1. Fiabilité

Lors de l'évaluation de la fiabilité et des exigences liées à l'alimentation en eau, il est important de noter que l'alimentation en eau de rinçage de l'ILDFA **n'est pas soumise aux exigences de la NFPA 20**.

Si un surpresseur est utilisé, il doit être listé. Cependant, il **n'est pas** requis qu'il soit redondant, ni qu'il réponde aux exigences de la NFPA 20.

Cette approche est fondée sur des essais grandeur nature documentés dans le rapport suivant :

[Safespill ILDFA Failure Mode and Effects Analysis](#)

Dans ce programme d'essais, un test incendie est mené dans lequel l'alimentation en eau de rinçage est volontairement désactivée. Lors de cet essai, le système contient et contrôle avec succès l'incendie de liquide inflammable, confirmant que l'eau de rinçage n'est pas un élément critique de l'extinction.

Par conséquent, le surpresseur n'a pas besoin d'être conforme à la NFPA 20, et l'alimentation en eau n'a pas besoin de respecter les exigences de fiabilité NFPA 20.

9.2. Dispositifs d'alimentation en eau

Lorsque l'alimentation en eau domestique est utilisée, il faut veiller à installer un clapet anti-retour en amont de tous les composants de l'ILDFA.

Pour toutes les alimentations en eau, prévoir les éléments suivants :

Vannes

Fournir des vannes de commande de l'eau de type indicateur et conformes aux exigences de la NFPA 13, autour de tous les composants devant être isolés pour la maintenance. Cela inclut l'amont et l'aval des pompes de surpression, l'amont de chaque connexion à l'ILDFA, l'amont de chaque filtre, ainsi que l'amont de chaque dispositif anti-bélier ou vase d'expansion.

Anti-bélier

Fournir un dispositif anti-bélier dimensionné selon les calculs du fabricant et installé aussi près que possible de l'armoire des électrovannes.

Filtres

Fournir un filtre avec un maillage inférieur à US Mesh 20 (1/32" ou 0,8 mm), en amont de tous les composants ILDFA. Pour les installations conformes à l'UFC 4-211-01, le filtre doit être un panier simplex en chrome-molybdène conforme à ASTM A217/A217M, avec raccordement à brides, et panier filtrant en acier inoxydable maillage 40.

Débitmètre

Fournir un débitmètre ultrasonique pour surveiller la tuyauterie d'alimentation du collecteur de rinçage. Le débit est surveillé et transmis au panneau de contrôle ILDFA. Si le débit mesuré sort des paramètres habituels pendant le fonctionnement, des alarmes apparaîtront sur le panneau de contrôle et un signal de dérangement sera envoyé au FACP.

La Figure 9-1 montre un exemple d'agencement d'alimentation en eau lorsqu'un surpresseur n'est pas utilisé. Dans ce cas, un débitmètre, un anti-bélier et un filtre panier sont installés en amont de la connexion à l'ILDFA et situés le long du mur arrière du hangar.

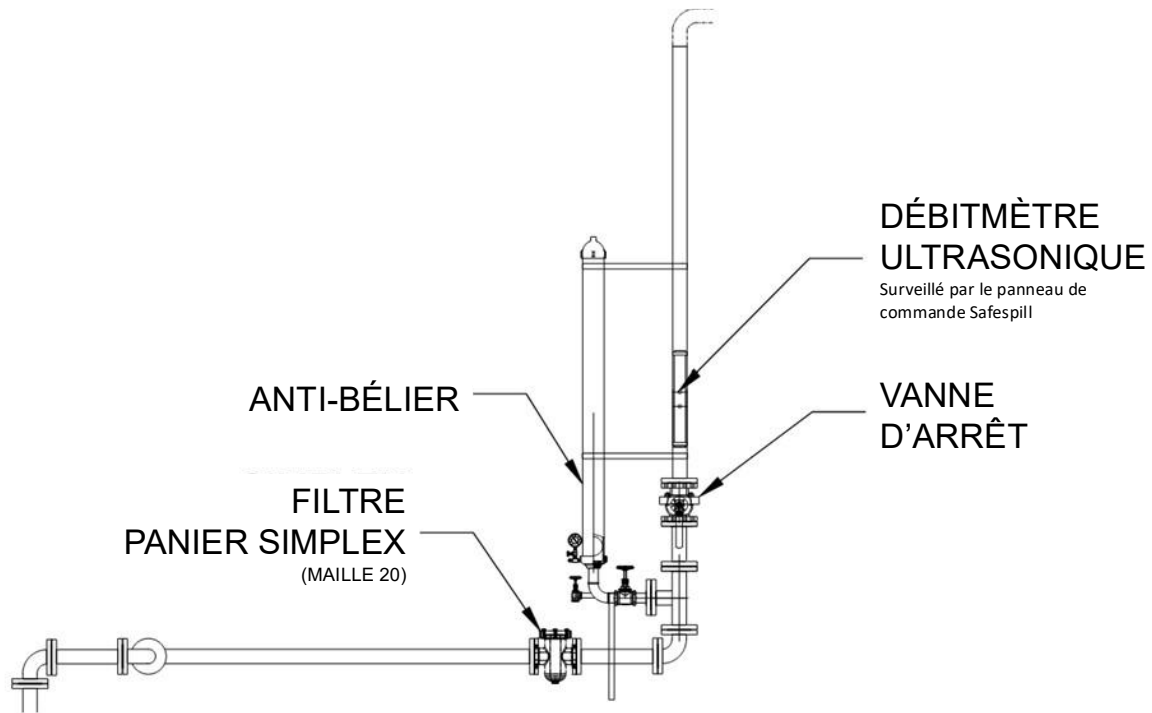


Figure 9-1 : Exemple d'agencement d'alimentation en eau avec les dispositifs nécessaires.

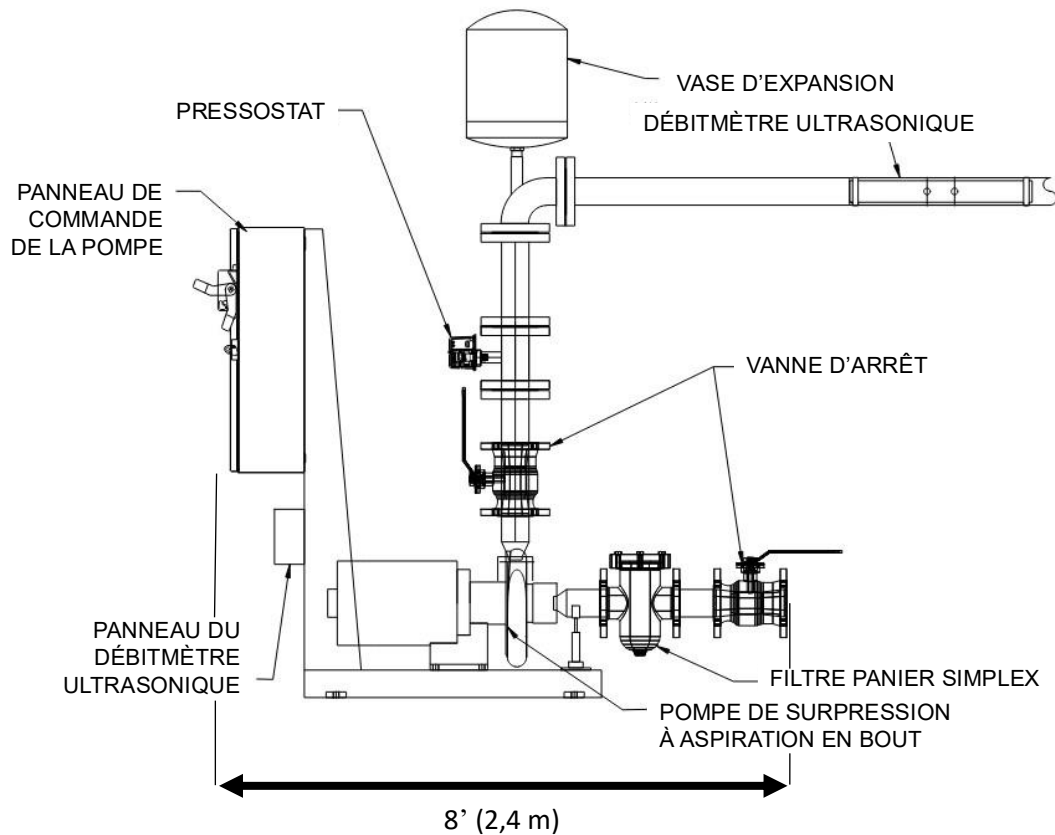


Figure 9-2 : Exemple de skid de pompe de surpression

9.3. Conception de pompe de surpression

Un exemple typique de skid de pompe de surpression est présenté à la Figure 9-2 à la page précédente.

Pour déterminer si une pompe de surpression est requise, les pertes de charge dans la tuyauterie de l'ILDFA doivent être évaluées par rapport à la pression d'alimentation disponible. Au point de raccordement, l'ILDFA nécessite une alimentation en eau de 200 gallons par minute (757 L/min) à 100 psi (6,9 bar). Cela garantit que le système de rinçage maintient une pression minimale de 50 psi (3,5 bar) lorsque jusqu'à quatre zones sont activées simultanément. Si l'alimentation en eau disponible ne peut pas maintenir cette pression au débit requis, une pompe de surpression doit être installée.

Les conditions d'alimentation en eau et les configurations de tuyauterie varient d'un projet à l'autre ; une évaluation est donc nécessaire pour chaque installation afin de dimensionner correctement la pompe de surpression. Cependant, une configuration typique consiste en une pompe centrifuge à aspiration en bout, avec un diamètre nominal d'entrée et de sortie de 3" (DN 80), alimentée par un moteur de 20 HP. La puissance d'alimentation pour cette pompe est généralement de 480 VAC à 20 ampères, bien que d'autres moteurs puissent être fournis pour répondre aux exigences locales en matière de tension.

L'alimentation électrique est fournie directement par le bâtiment à un panneau de commande de pompe équipé d'un démarreur moteur. La pompe peut être mise en marche par un signal provenant du panneau de contrôle principal de l'ILDFA lorsqu'une électrovanne s'ouvre, ou par un pressostat installé sur la conduite d'alimentation en aval de la pompe.

Pour faciliter l'installation, la pompe de surpression et tous les composants nécessaires sont généralement intégrés sur un skid. Le skid standard a une empreinte de 8 ft (2,4 m) × 4 ft (1,2 m) et pèse environ 400 lbs (181 kg), bien que la taille et le poids puissent varier en fonction du dimensionnement requis.

Le skid de surpression est normalement installé dans une salle de pompes adjacente à la baie du hangar; toutefois, s'il doit être placé à l'intérieur du hangar, il convient de veiller à ce qu'il n'interfère pas avec l'empreinte au sol de l'ILDFA.

10. Châssis de pompe de décharge

Lors de la conception de l'ILDFA, le système de pompage utilise généralement une pompe centrifuge FM Approved de diamètre nominal 6" (DN 150), 50 HP, avec un débit maximal de 1 500 GPM (5 680 L/min). La pompe d'évacuation est commandée par un contrôleur de pompe homologué.

Une alimentation électrique 460/480 VAC, triphasée, avec un disjoncteur de 65 A est requise pour chaque unité de pompage. Pour les hangars situés en dehors des États-Unis, les moteurs des pompes peuvent être adaptés pour fonctionner avec la tension triphasée locale.

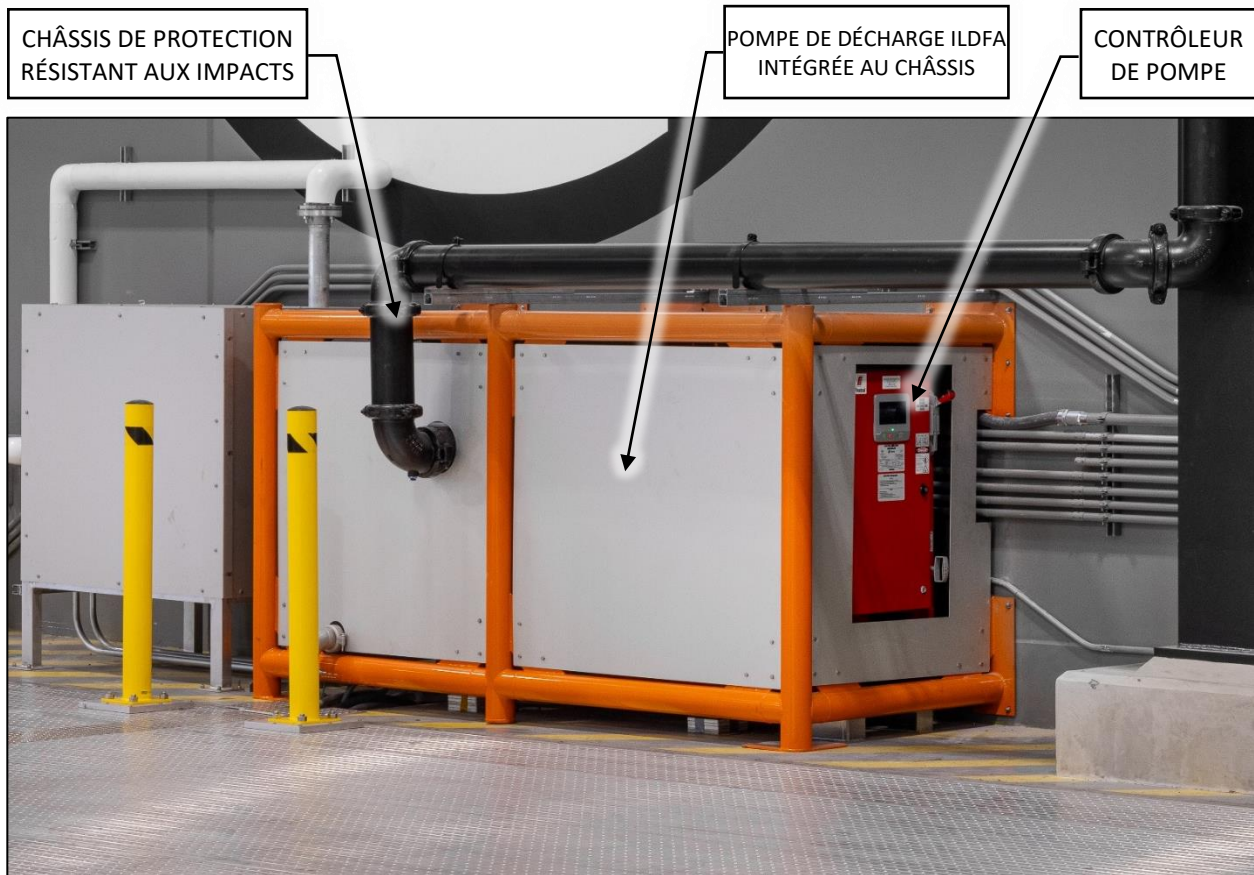


Figure 10-1 : Enceinte typique d'un châssis de pompe dans une installation ILDFA de hangar.

L'ensemble pompe + contrôleur est installé dans un châssis de protection en aluminium soudé, équipé de panneaux en aluminium renforcé destinés à protéger l'équipement contre les collisions (chariots élévateurs, tracteurs de remorquage, chariots d'outillage, etc.). Le châssis possède une empreinte d'environ 10 ft × 5 ft (2,9 m × 1,5 m) et une hauteur approximative de 5,5 ft (1,6 m).

La configuration du hangar, sa largeur et le nombre de tranchées détermineront si une ou plusieurs unités de pompage sont nécessaires.

Pour un hangar nécessitant deux unités de pompage, celles-ci seront placées de part et d'autre de l'ILDFA, le long du mur du hangar, afin de pomper le liquide contenu dans les tranchées vers une zone de confinement externe hors sol. À l'inverse, le liquide peut s'écouler par gravité vers une cuve de confinement enterrée ou un séparateur huile-eau (OWS) enterré. Des informations plus détaillées sur les options de confinement et d'évacuation sont disponibles au *Chapitre 13, Confinement et drainage*.

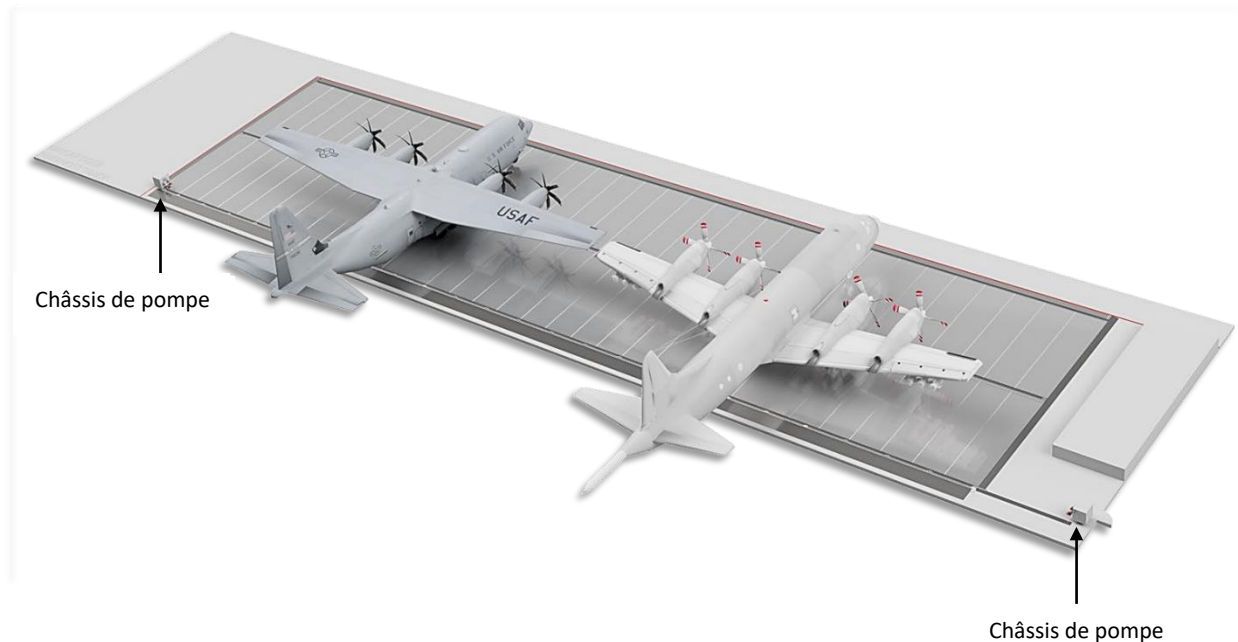


Figure 10-2 : Rendu de l'agencement ILDFA avec des unités de pompage situées de part et d'autre du système

10.1. Contrôleur de la pompe de décharge

Pour garantir la fiabilité du système, toutes les pompes de décharge seront raccordées à un contrôleur de pompe incendie homologué. Le contrôleur de pompe incendie sera installé à l'intérieur du châssis de protection, avec une ouverture dans les panneaux d'enceinte permettant l'accès. Le contrôleur transmettra des signaux au panneau de contrôle principal afin de fournir des alertes en cas de perte d'alimentation, de fonctionnement de la pompe ou d'inversion de phase. Un capteur de détection de liquide, installé dans le caisson de drainage, enverra un signal au contrôleur pour démarrer la pompe de décharge dès que du liquide est présent dans le caisson de drainage de l'ILDFA. La pompe démarrera lorsque du liquide sera détecté et fonctionnera pendant une durée prédéfinie après que le capteur de détection de liquide ne détecte plus d'humidité.

Pour la plupart des applications, la pompe fonctionnera pendant une (1) minute après que le capteur soit à sec, comme illustré dans l'arbre logique de la Figure 11-6. Pour les applications suivant la norme FM Datasheet 7-93, la pompe devra fonctionner jusqu'à ce qu'elle soit arrêtée manuellement. Les modifications de la durée de fonctionnement peuvent être réalisées par programmation sur site du contrôleur de pompe.

11. Système de contrôle

Pour toutes les installations ILDFA, un panneau de contrôle principal est fourni dans chaque baie de hangar. Une boîte de jonction de contrôle est installée à proximité des tranchées et sert de point de coupure entre le panneau de contrôle principal et le câblage entrant dans la tranchée. Une boîte de jonction peut accueillir jusqu'à 16 zones ILDFA. Tous les panneaux de contrôle ILDFA et toutes les boîtes de jonction sont homologués UL-508A et approuvés FM, nécessitant généralement une alimentation de 2 400 watts. Les panneaux de contrôle et boîtes de jonction transportant du câblage à sécurité intrinsèque sont homologués UL-698A.

11.1. Panneau de contrôle principal

Le panneau de contrôle ILDFA est une enceinte NEMA 4/IP66, qui doit être fixée à un mur à l'intérieur du hangar, à un emplacement central et visible par l'ensemble du personnel du hangar.

Dans les hangars comportant plusieurs baies, un panneau de contrôle principal est fourni pour chaque baie. La Figure 11-1 montre un exemple de panneau de contrôle ILDFA monté sur un mur intérieur du hangar. L'emplacement est visible depuis toutes les zones ILDFA et accessible aux secours ainsi qu'au personnel de maintenance.

Les dimensions typiques du panneau de contrôle principal sont de 24" (0,61 m) de largeur, 30" (0,76 m) de hauteur et 12" (0,3 m) de profondeur. Le panneau doit être installé à au moins 18" (0,45 m) au-dessus du sol.

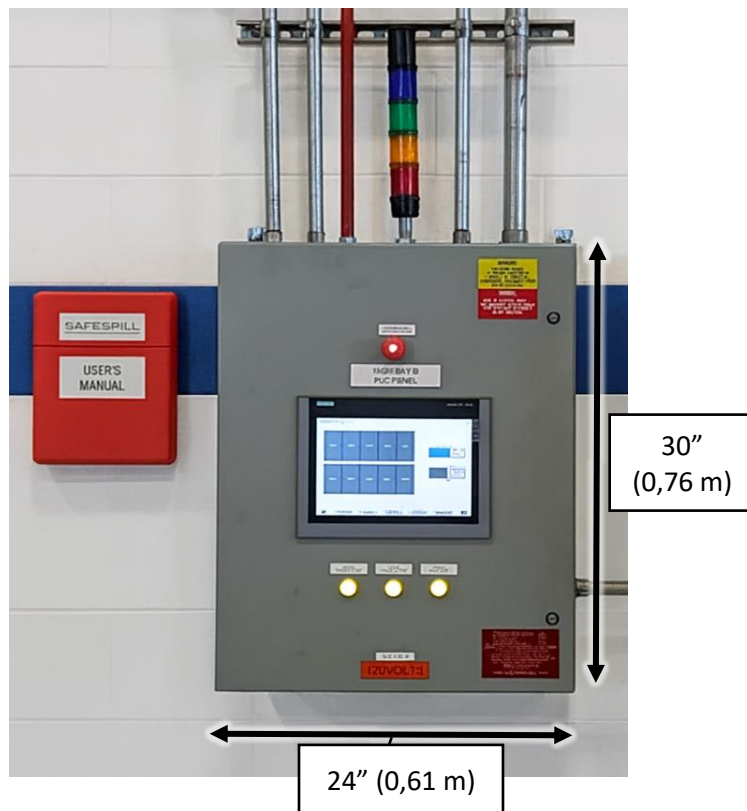


Figure 11-1 Panneau de contrôle ILDFA monté sur le mur intérieur du hangar

Le panneau de contrôle principal comporte des voyants lumineux indiquant la perte d'alimentation, l'armement du système et l'état du réservoir. Les alarmes audiovisuelles sont déclenchées depuis ce panneau. Il dispose de contacts secs pour la connexion au panneau de contrôle incendie du hangar (FACP) ou au système de gestion du bâtiment (BMS). Une séquence de fonctionnement en cas d'alarme incendie est fournie en *Section 11.4, Séquence de fonctionnement de l'alarme incendie*.

L'ILDFA est uniquement conçu pour détecter les déversements de liquide et ne détecte pas les incendies. Par conséquent, le panneau de contrôle ILDFA n'enverra pas de signal « alarme » au FACP ; il est donc recommandé que l'ILDFA soit installé en complément d'un système de détection incendie afin d'activer l'alarme sur le FACP.

L'UFC 4-211-01 impose l'utilisation de détecteurs de flammes optiques à triple infrarouge (IR) dans les hangars équipés d'un ILDFA. Des informations supplémentaires concernant l'utilisation de détecteurs de flammes optiques avec l'ILDFA sont présentées en *Section 17, Détecteurs optiques de flamme*.

Une interface homme-machine (HMI), installée sur le panneau de contrôle principal, permet d'activer les cycles de nettoyage, d'activer manuellement le système en cas de déversement, d'observer l'état des capteurs et des niveaux des réservoirs, et de consulter l'historique des alarmes.

Si une surveillance à distance est autorisée, le fabricant de l'ILDFA peut accéder au PLC et au HMI du panneau via une connexion VPN afin d'analyser les données et d'assurer des améliorations continues. Cela leur permet notamment d'effectuer des diagnostics, par exemple tester les capteurs de détection de liquide pour identifier des anomalies dans des zones spécifiques.

En fonctionnement normal, le système est armé et s'active dans trois scénarios :

1. Fonctionnement automatique – Activation par les capteurs de détection de liquide
2. Fonctionnement d'urgence – Activation manuelle lorsqu'un déversement est observé mais pas encore détecté, via un bouton sur le HMI
3. Fonctionnement manuel – Activation manuelle pour le nettoyage ou le rinçage, via un bouton sur le HMI

Des informations détaillées concernant le fonctionnement du système sont fournies en 11.5, *Arbre logique*.

Le HMI affiche la zone actuellement activée par l'un des trois scénarios. L'exemple de la Figure 11-2 montre la Zone 3 de l'ILDFA activée en mode nettoyage et indiquée en vert.

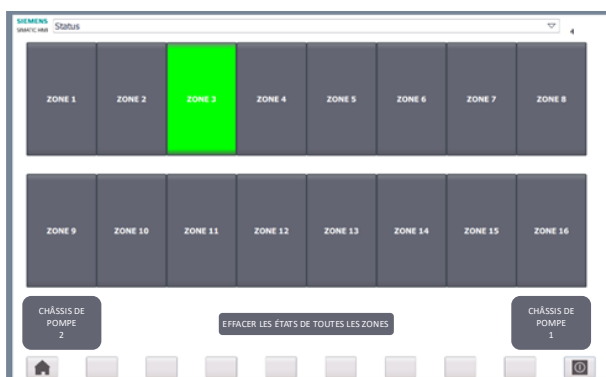


Figure 11-2 : Exemple de HMI ILDFA avec la Zone 3 activée en mode nettoyage

11.2. Boîte de jonction de commande

La boîte de jonction de commande sert de point de séparation entre le câblage provenant du panneau de commande principal et le câblage entrant dans la tranchée. Ces boîtes doivent être installées près de l'extrémité des tranchées, fixées à un mur ou à une colonne dans la baie du hangar, et reliées aux conduits présents dans les tranchées. Les dimensions typiques d'une boîte de jonction de commande sont de 20" (0,79 m) de largeur, 20" (0,79 m) de hauteur et 8" (0,32 m) de profondeur. La boîte doit être installée à au moins 18" (0,45 m) au-dessus du sol.



Figure 11-3 : Boîte de jonction de commande typique installée sur un mur à proximité d'une tranchée ILDFA

La boîte de jonction assure la transmission des signaux d'entrée provenant des capteurs de détection de liquide vers le panneau de commande principal, et reçoit de celui-ci les signaux de sortie destinés aux électrovannes. Chaque boîte de jonction peut desservir jusqu'à 16 zones.

Pour la plupart des applications, la boîte de jonction comporte également un contrôleur logique secondaire chargé de traiter les signaux locaux. Cette configuration réduit la quantité de câblage nécessaire entre le panneau principal et la boîte de jonction tout en préservant les mêmes niveaux de sécurité et de performance.

La boîte de jonction de commande comprend généralement :

1. des barrières à sécurité intrinsèque (IS) pour le câblage des capteurs de détection de liquide ;
2. des borniers pour le câblage des électrovannes situées dans les armoires murales adjacentes ;
3. un contrôleur logique secondaire pour le traitement local des signaux.

Les signaux d'entrée et de sortie entre la boîte de jonction et le panneau de commande principal sont transmis via Profinet (câble Ethernet CAT6).

Le câblage suivant est requis entre le panneau de commande principal et la boîte de jonction de commande :

- 24 VDC pour l'alimentation des barrières IS et du contrôleur logique secondaire : câble 6 AWG, 2 conducteurs + 1 terre
- 1 câble Ethernet Profinet (CAT6) pour la communication des capteurs de détection de liquide et des électrovannes

Selon l'agencement du projet, d'autres câbles peuvent transiter par la boîte de jonction, notamment pour les capteurs de niveau de réservoir, les débitmètres ou d'autres dispositifs auxiliaires.

11.2.1.Applications UFC 4-211-01 (armée américaine)

Pour les projets militaires relevant de l'UFC 4-211-01, les exigences de cybersécurité et de ségrégation des réseaux interdisent généralement l'utilisation de transmissions de signaux via Ethernet. Dans ces cas, l'ensemble des circuits doit être câblé directement depuis les borniers de la boîte de jonction de commande jusqu'au contrôleur logique situé dans le panneau principal.

La boîte de jonction de commande inclut alors :

1. des barrières à sécurité intrinsèque (IS) pour le câblage des capteurs de détection de liquide ;
2. des borniers pour le câblage des électrovannes situées dans les armoires murales adjacentes.

Câblage requis entre le panneau principal et la boîte de jonction de commande :

- 24 VDC pour l'alimentation des barrières IS : 12 AWG, 2 conducteurs + 1 terre
- Câble des capteurs de détection de liquide : 22 AWG, 2 conducteurs par zone (32 conducteurs pour 16 zones)
- Alimentation des électrovannes : 14 AWG, 2 conducteurs par zone (32 conducteurs pour 16 zones)

Des conducteurs supplémentaires peuvent être nécessaires pour les capteurs de réservoir, les débitmètres ou autres dispositifs auxiliaires.

11.3. Alimentation de secours par batterie

Chaque panneau de commande principal sera raccordé à une alimentation de secours par batterie fournissant du 24 VDC permettant 48 heures en veille, suivies de 30 minutes de fonctionnement. Les batteries sont stockées dans une armoire dédiée, laquelle doit être installée à proximité du panneau de commande principal, à au moins 18 pouces (0,45 m) du sol.

Les dimensions de l'armoire à batteries sont les suivantes :

Pour les installations comportant **16 zones ou moins** : 19" (0,48 m) de largeur × 40" (1,02 m) de hauteur × 17" (0,43 m) de profondeur.

Pour les installations **comportant plus de 16 zones** : 26" (0,66 m) de largeur × 40" (1,02 m) de hauteur × 17" (0,43 m) de profondeur.

En cas de perte d'alimentation du bâtiment, le panneau de commande principal bascule automatiquement sur l'alimentation par batterie et continue d'alimenter le contrôleur logique, les dispositifs de signalisation, les capteurs de détection de liquide, les électrovannes et le(s) capteur(s) de réservoir. Lors d'une perte de courant, le panneau principal affiche l'état via un voyant lumineux et transmet un signal de supervision au FACP.

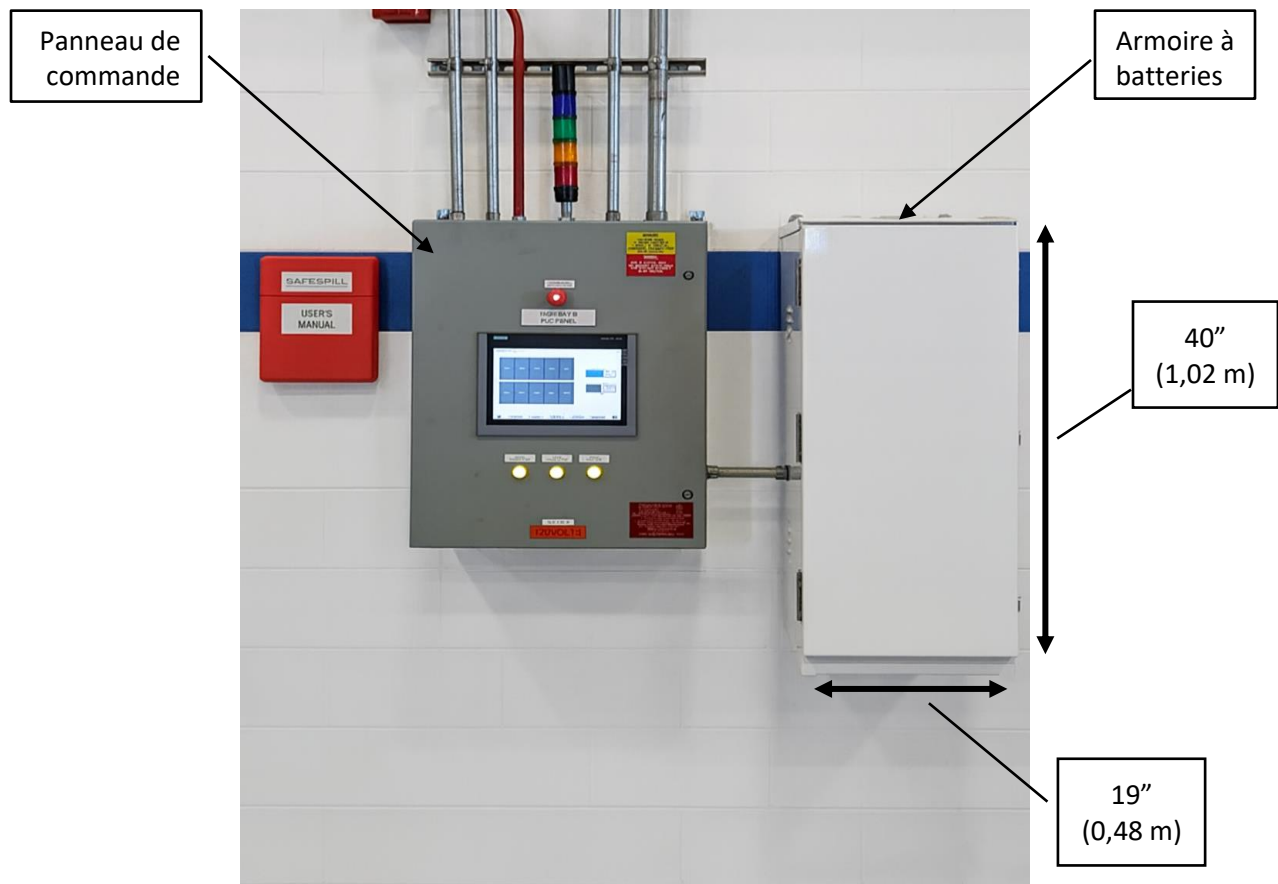


Figure 11-4 : Armoire à batteries installée sur le mur à proximité du panneau de commande principal

11.4. Séquence de fonctionnement de l'alarme incendie

La Figure 11-5 illustre une séquence de fonctionnement type de l'alarme incendie répondant aux exigences minimales définies dans l'UFC 4-211-01. Cette séquence inclut la transmission des signaux entre le système de commande de l'ILDFA et le FACP ou le système de gestion du bâtiment (BMS) du hangar.

ILDFA SÉQUENCE DE FONCTIONNEMENT					
		SORTIE DU SYSTÈME			
		ANNONCIATION AU PANNEAU DE CONTRÔLE DE SAFESPILL			
		NOTIFICATION SONORE CONTINUE AU PANNEAU DE CONTRÔLE SAFESPILL	STROBE CONTINU AU PANNEAU DE CONTRÔLE SAFESPILL	VOYANT D'INDICATION CONTINU AU PANNEAU DE CONTRÔLE SAFESPILL	NOTIFICATION SONORE SILENCABLE AU PANNEAU DE CONTRÔLE SAFESPILL
ENTRÉES SYSTÈME		A	B	C	D
1	ACTIVATION AUTOMATIQUE DE L'ILDFA (DÉVERSEMENT DÉTECTÉ)	X	X		X
2	ACTIVATION D'URGENCE DE L'ILDFA	X	X		X
3	ACTIVATION DE L'ARRÊT D'URGENCE SAFESPILL			X	X
4	FAIBLE DÉBIT DÉTECTÉ LORS DU FONCTIONNEMENT PAR ÉLECTROLÉNOÏDE, ALIMENTATION DE RINÇAGE SAFESPILL				X
5	SIGNAL DU PANNEAU DE CONTRÔLE SAFESPILL, LE RÉSERVOIR DE DÉCHARGE EST ≥ 95 % REMPLI	X	X	X	X
6	SIGNAL DU PANNEAU DE CONTRÔLE SAFESPILL, LE RÉSERVOIR DE DÉCHARGE EST REMPLI À 30-94 %	X	X	X	X
7	SIGNAL DU PANNEAU DE CONTRÔLE SAFESPILL, LE RÉSERVOIR DE DÉCHARGE EST 20-29 % PLEIN		X	X	X
8	SIGNAL DU PANNEAU DE CONTRÔLE SAFESPILL, ALIMENTATION DE 120 DEGRÉS DE TENSION INTERROMPUE			X	X
9	SIGNAL DU PANNEAU DE CONTRÔLE SAFESPILL, ALIMENTATION EN TENSION 480 EST INTERROMPUE	X	X	X	

DÉTAILS DE SORTIE SYSTÈME
NOTIFICATION CONTINUE AUDIBLE AU PANNEAU DE CONTRÔLE SAFESPILL = CORNE CONTINUE AU PANNEAU DE CONTRÔLE SAFESPILL
STROBE CONTINU AU PANNEAU DE CONTRÔLE SAFESPILL = STROBE CONTINU AU PANNEAU DE CONTRÔLE SAFESPILL
VOYANT D'INDICATION CONTINU AU PANNEAU DE CONTRÔLE SAFESPILL = VOYANT D'INDICATION CONTINU AU PANNEAU DE CONTRÔLE SAFESPILL
NOTIFICATION SONORE SILENCABLE AU PANNEAU DE CONTRÔLE SAFESPILL = CORNE INTERMITTENT AU PANNEAU DE CONTRÔLE SAFESPILL (SILENCABLE)

Figure 11-5 : Séquence de fonctionnement du FACP conformément à l'UFC 4-211-01

11.5. Arbre logique

Les Figure 11-6 et Figure 11-7 présentent des exemples d'arbres logiques de l'ILDFA, illustrant la chaîne d'opérations pour l'ensemble des scénarios typiques et atypiques.

1. La logique de la Zone 1 est présentée ci-dessous à titre de référence uniquement. La logique pour toutes les zones de plancher suit la même logique pour l'OPÉRATION AUTOMATIQUE, L'OPÉRATION D'URGENCE et l'OPÉRATION MANUELLE. Pas plus de 4 zones peuvent être activées simultanément. La durée des cycles peut être modifiée via l'HMI si nécessaire. Tous les paramètres modifiables sont protégés par mot de passe.
2. La durée des cycles peut être modifiée via l'HMI si nécessaire. Tous les paramètres modifiables sont protégés par mot de passe.
3. Le niveau du réservoir de décharge est surveillé par un détecteur de niveau radar à onde guidée installé sur le réservoir. Le niveau du char est affiché sur HMI.
4. Si l'alimentation en 120 VAC est interrompue, la batterie de secours alimente tous les appareils 24VDC jusqu'à 48 heures en mode veille, plus 30 minutes d'activation du système.

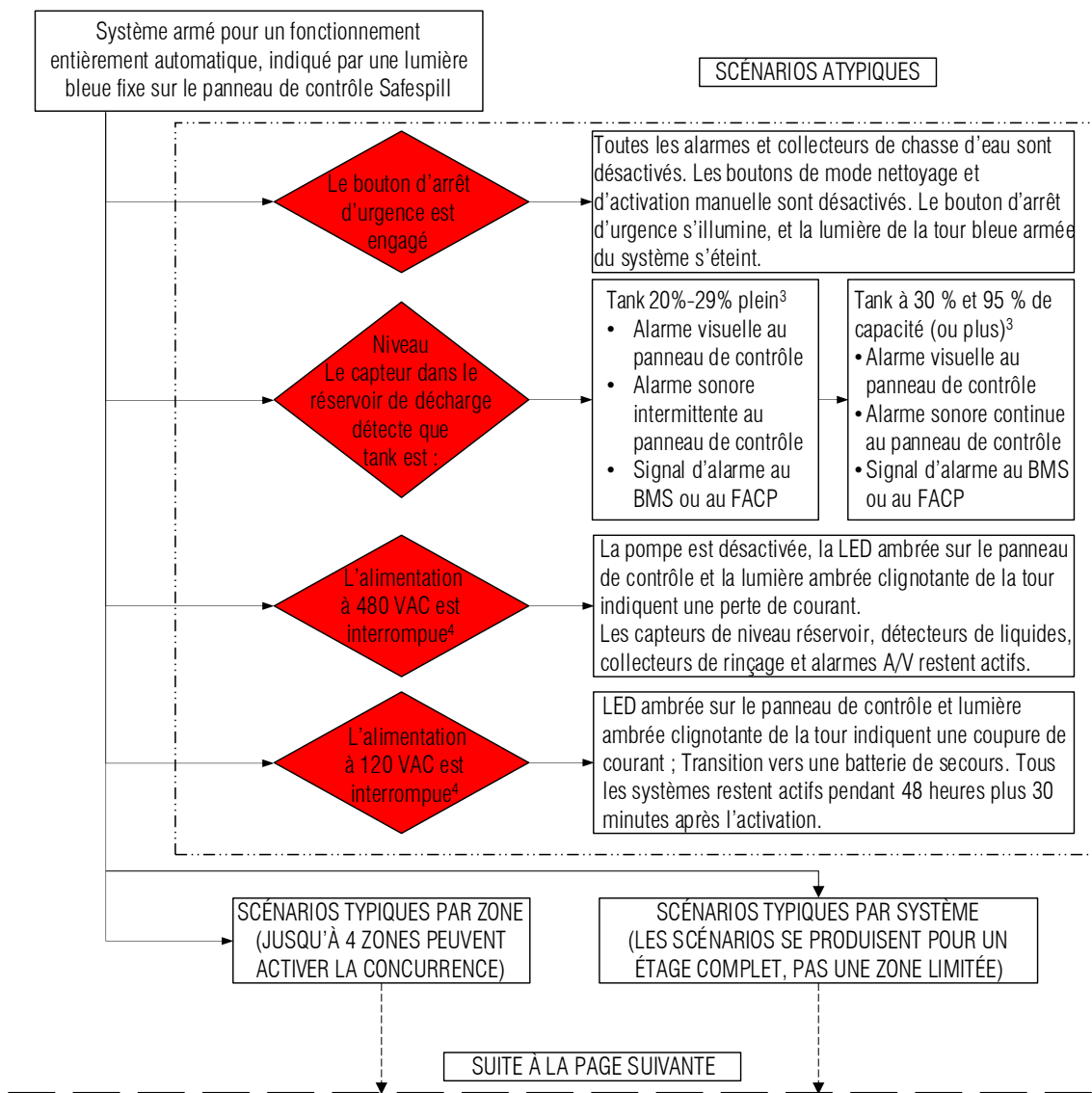


Figure 11-6 : Arbre logique de l'ILDFA

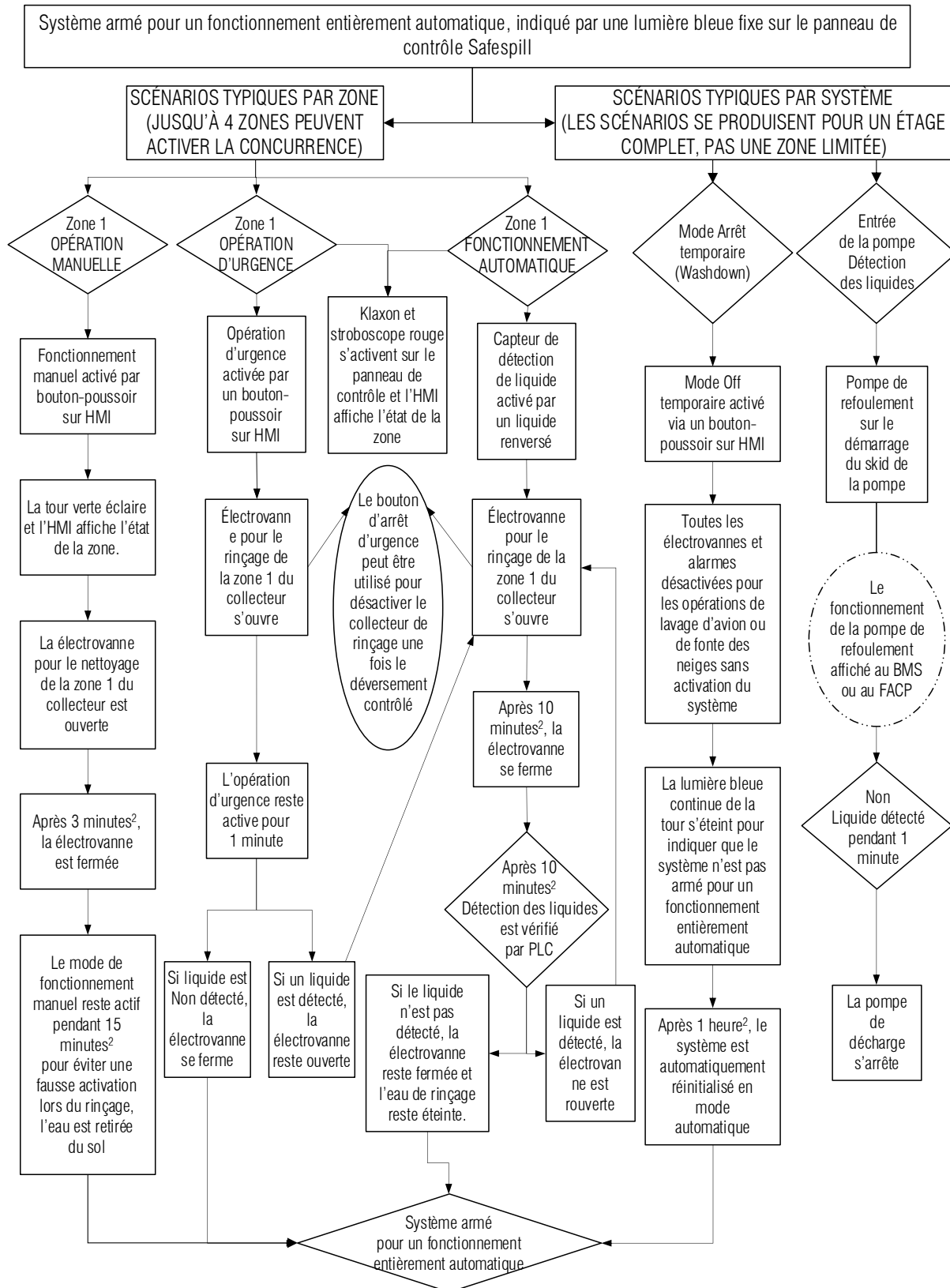


Figure 11-7 : Arbre logique de l'ILDFA (suite)

12. Composants électriques dans le caniveau

Les capteurs de détection de liquide, les électrovannes ainsi que leur câblage sont installés à l'intérieur de la tranchée de l'ILDFA et fournis par Safespill.

12.1. Capteurs de détection de liquide

Pour chaque zone de l'ILDFA, un (1) capteur de détection de liquide est installé.

Ce capteur est à sécurité intrinsèque et homologué FM pour une utilisation en zones Class 1, Division 1.

Le capteur se compose d'un amplificateur à deux fils, qui convertit les tensions à sécurité intrinsèque en une lumière rouge visible.

La Figure 12-1 illustre les composants et le fonctionnement du capteur de détection de liquide.

La lumière rouge visible circule dans un câble à fibre optique jusqu'à un prisme en verre, puis revient par un câble à fibre optique vers un récepteur situé sur le capteur. Lorsque le prisme en verre n'est pas immergé dans un liquide, la lumière rouge revient vers le capteur sans interruption. Lorsque le prisme en verre est immergé, la lumière est dispersée et ne revient pas vers le capteur. Le capteur transmet alors un état « en clair » ou « en obscur » à une barrière à sécurité intrinsèque située dans la boîte de jonction de commande.

Chaque capteur de détection de liquide est raccordé à la barrière à sécurité intrinsèque au moyen de deux conducteurs 18 AWG, avec un connecteur rapide M12 à quatre broches côté dispositif.

Le câblage du capteur de détection de liquide est acheminé dans le caniveau à l'intérieur d'un conduit métallique rigide afin d'éviter toute abrasion ou écrasement. Le Tableau 12-1 indique les dimensions de conduit recommandées en fonction du nombre de zones dans chaque ligne de conduit. Il convient de noter que la dimension du conduit reste constante depuis la boîte de jonction de commande jusqu'à chaque capteur de détection de liquide desservi par la ligne.

Si un composant ou un câble d'un capteur de détection de liquide est endommagé, le dispositif se met à l'état activé et signale au panneau de commande qu'un déversement a été détecté.

Tableau 12-1 : *Taille de conduit recommandée pour le câblage des capteurs de détection de liquide*

Nombre de zones	Taille recommandée du conduit
12 zones ou moins	1" (27 mm)
13 à 20 zones	1-1/4" (35 mm)
Plus de 20 zones	1-1/2" (41 mm)

Prisme en verre à l'extrémité du câble à fibre



Amplificateur du capteur et câble à fibre



Câble à fibre optique SEC



Câble à fibre optique MOUILLÉ



Figure 12-1 : Composants et fonctionnement du capteur de détection de liquide

12.2. Électrovannes

Pour chaque zone de l'ILDFA, une (1) vanne électromagnétique est installée dans une armoire de vannes murale située près de l'extrémité d'un caniveau. Une conduite d'alimentation en eau nominale de 3" (DN 80) est nécessaire pour chaque armoire de vannes. À l'intérieur de l'armoire, cette conduite d'alimentation se divise pour alimenter chaque vanne, et une conduite nominale 1-1/2" (DN 40), schedule 40 est acheminée depuis chaque vanne vers un assemblage de tuyauterie situé dans le caniveau de l'ILDFA. Le raccordement entre l'armoire murale et le caniveau de l'ILDFA nécessite généralement un passage via un caniveau technique afin d'éviter toute obstruction dans le hangar.

En aval de chaque vanne, la tuyauterie demeure vide dans des conditions normales et n'est remplie d'eau et mise sous pression qu'au moment de l'activation de la vanne électromagnétique. Une fois la vanne refermée, une vanne de vidange automatique installée dans le caniveau permet de purger la conduite afin d'assurer une protection contre le gel. Les vannes électromagnétiques se mettent en sécurité en position fermée, ce qui signifie qu'en cas de perte de puissance, l'eau n'est pas alimentée vers les zones du plancher.

La Figure 12-2 montre un exemple d'armoire de vannes murale pour 8 zones. Dans cet exemple, les dimensions de l'armoire sont 24" L (0,6 m) × 48" H (1,2 m) × 10" P (0,25 m). Un caniveau technique muni d'une grille ajourée est illustré comme exemple d'acheminement de la tuyauterie entre l'armoire et le caniveau de l'ILDFA.

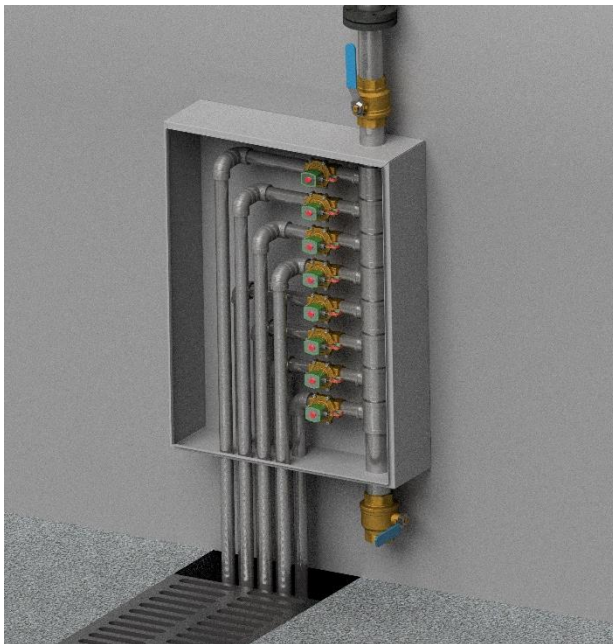


Figure 12-3 : Armoire de vannes murale desservant 8 zones de l'ILDFA

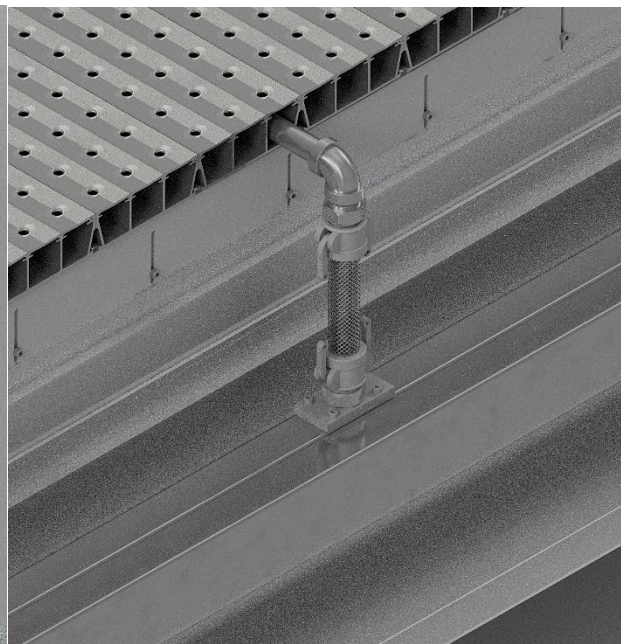


Figure 12-2 : Raccordement de la tuyauterie dans la tranchée à l'alimentation du collecteur de rinçage

Après pénétration dans le caniveau de l'ILDFA, la tuyauterie se poursuit jusqu'à la zone désignée, où les raccordements sont effectués entre la conduite 1-1/2" (DN 40) et la tuyauterie supplémentaire qui traverse le profilé et alimente le collecteur de rinçage installé à l'extrémité opposée du plancher.

13. Confinement et drainage

NFPA 409 (proposition d'édition 2026), FM Datasheet 7-93 (juillet 2022) et UFC 4-211-01 (Change 4) fournissent tous des directives concernant le type de confinement et les méthodes de drainage ; cependant, chaque norme présente des exigences différentes. Quel que soit le type ou la capacité du réservoir, le confinement des liquides doit obligatoirement être situé **en dehors** du hangar.

Une variété d'options de confinement est disponible et détaillée dans la *Section 13.3, Options de confinement et séparateurs huile-eau*

13.1. Considérations de dimensionnement – Réservoir de confinement

Pour déterminer la capacité nécessaire d'un **réservoir de confinement**, il faut d'abord identifier deux critères essentiels :

1. Quelle norme ou quel code s'applique ?
2. Les aéronefs dans le hangar sont-ils considérés comme petits ou grands ?

Les normes applicables définissent les petits aéronefs comme ayant une longueur maximale de 78 ft (24 m) et une largeur de fuselage inférieure à 13 ft (4 m).

Pour les petits aéronefs, il faut considérer la capacité totale des réservoirs internes comme volume potentiel maximal de déversement. Pour les grands aéronefs, il faut considérer le volume du plus grand réservoir interne unique comme volume potentiel maximal.

Le Tableau 13-1 présente les exigences de dimensionnement des réservoirs de confinement conformément aux normes UFC 4-211-01 (Change 4), NFPA 409 (proposition 2026) et FM Datasheet 7-93 (juillet 2022).

Tableau 13-1 : Exigences de dimensionnement du confinement

	UFC 4-211-01	NFPA 409	FM 7-93
Volume de déversement en scénario de pire cas (WCS)	Pour petits aéronefs ¹ : capacité totale des réservoirs internes Pour grands aéronefs : plus grand réservoir interne unique		
Eau de rinçage WCS	200 GPM (757 L/min)		
Eau de déversement sprinkler	N/A	600 GPM ² (2 271 L/min)	600 GPM (2 271 L/min)
Durée de l'évènement	30 minutes	45 minutes	60 minutes
Facteur de sécurité	10 %	10 %	N/A
Redondance	100 %	N/A	N/A

1. NFPA 409 Chapitre 8.2.13.4.1 et FM Datasheet 7-93 Chapitre 2.2.2.2 définissent les petits aéronefs comme ayant une longueur ≤ 78 ft (24 m) et une largeur de fuselage < 13 ft (4 m)
2. Voir Section 13.4, Commentaires sur les exigences de débit sprinkler

Les Figures 13-1, 13-2 et 13-3 présentent des exemples de calculs de dimensionnement du confinement selon chacune des normes.

EXEMPLE DE CALCUL

UTILISATION DE L'UFC 4-211-01

Volume de déversement en scénario de pire cas	Volume total de carburant	10 409 L 2 750 gallons
Eau de rinçage WCS	757 L/min * 30 min	22 710 L 6 000 gallons
Coefficient de sécurité	10%	3 312 L 875 gallons
Redondance	100%	36 430 L 9 625 gallons
Volume du réservoir de confinement		72 860 L 19 250 gallons

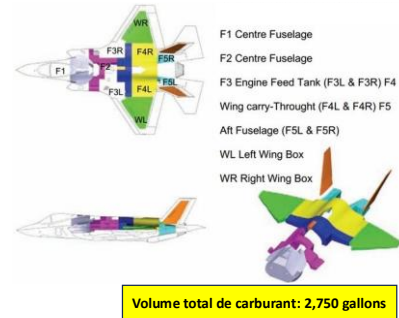


Figure 13-1 : Exemple de calcul du dimensionnement du confinement selon UFC 4-211-01 (Change 4) pour un hangar abritant des F-35

EXEMPLE DE CALCUL

UTILISATION DE LA NFPA 409, Édition 2026

Volume de déversement en scénario de pire cas	Plus grand réservoir unique	46 140 L 12 190 gallons
Eau de rinçage WCS	757 L/min * 45 min	34 065 L 9 000 gallons
Eau de déversement sprinkler	2 271 L/min * 45 min	102 195 L 27 000 gallons
Coefficient de sécurité	10%	18 240 L 4 819 gallons
Volume du réservoir de confinement		53 009 gallons 200 640 L

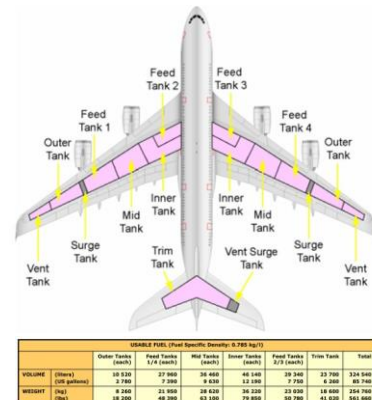


Figure 13-2 : Exemple de calcul du dimensionnement du confinement selon NFPA 409 (Édition 2026) pour un hangar abritant un Airbus A380

EXEMPLE DE CALCUL
UTILISATION DE LA FICHE TECHNIQUE FMDS 7-93

Volume de déversement en scénario de pire cas	Plus grand réservoir unique	46 140 L 12 190 gallons
Eau de rinçage WCS	757 L/min * 60 min	45 420 L 12 000 gallons
Eau de déversement sprinkler	2 271 L/min * 60 min	136 260 L 36 000 gallons
Coefficient de sécurité	S/O	S/O
Volume du réservoir de confinement		227 820 L 60 190 gallons

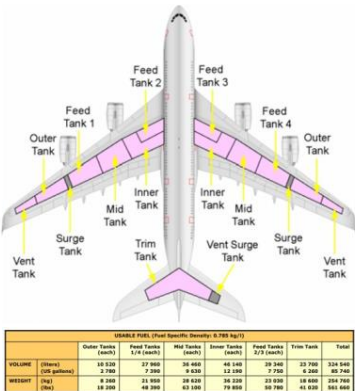


Figure 13-3 : Exemple de calcul du dimensionnement du confinement selon FMDS 7-93 (juillet 2022) pour un hangar abritant un Airbus A380

13.2. Considérations de dimensionnement – Séparateur huile-eau

Lors du calcul du débit nécessaire pour un **séparateur huile-eau**, il faut d'abord déterminer deux critères essentiels :

1. Quelle norme ou code s'applique ?
2. Les aéronefs dans le hangar sont-ils considérés comme petits ou grands ?

Les normes applicables définissent les petits aéronefs comme mesurant jusqu'à 78 ft (24 m) de long, avec une largeur de fuselage inférieure à 13 ft (4 m).

Pour les petits aéronefs, considérer un débit de carburant de 200 gpm (757 L/min).

Pour les grands aéronefs, considérer un débit de carburant de 400 gpm (1 514 L/min).

Tableau 13-2 : Exigences de dimensionnement d'un séparateur huile-eau

	UFC 4-211-01	NFPA 409	FM 7-93
Volume de déversement du pire scénario (WCS)	Pour petits aéronefs ¹ : 200 GPM (757 L/min) Pour grands aéronefs : 400 GPM (1 514 L/min)		
Eau de rinçage WCS	200 GPM (757 L/min)		
Eau des sprinklers	N/A	600 GPM (2 271 L/min)	600 GPM (2 271 L/min)
Facteur de sécurité	10%	10%	10%

Pour le dimensionnement des séparateurs huile-eau, le calcul est simple. Il existe 4 débits possibles selon la norme applicable et la catégorie d'aéronef :

Table 13-3 : Débits requis pour un séparateur huile-eau

	UFC 4-211-01	NFPA 409 ou FM 7-93
Petits aéronefs	440 GPM (1 665 L/min)	1 100 GPM (4 165 L/min)
Grands aéronefs	660 GPM (2 500 L/min)	1 320 GPM (5 000 L/min)

13.3. Options pour le confinement et les séparateurs huile-eau

Cette section présente 7 options différentes pour gérer les mélanges eau/carburant évacués par l'ILDFA installé dans les hangars. Pour toutes les options, il reste obligatoire d'appliquer les critères de dimensionnement fournis aux sections 13.1 et 13.2. Pour les réservoirs de confinement hors sol, fournir des réservoirs conformes à UL 142. Pour les réservoirs de confinement enterrés, fournir des réservoirs conformes à UL 1316.

13.3.1. Réservoir de confinement souterrain

Présentation :

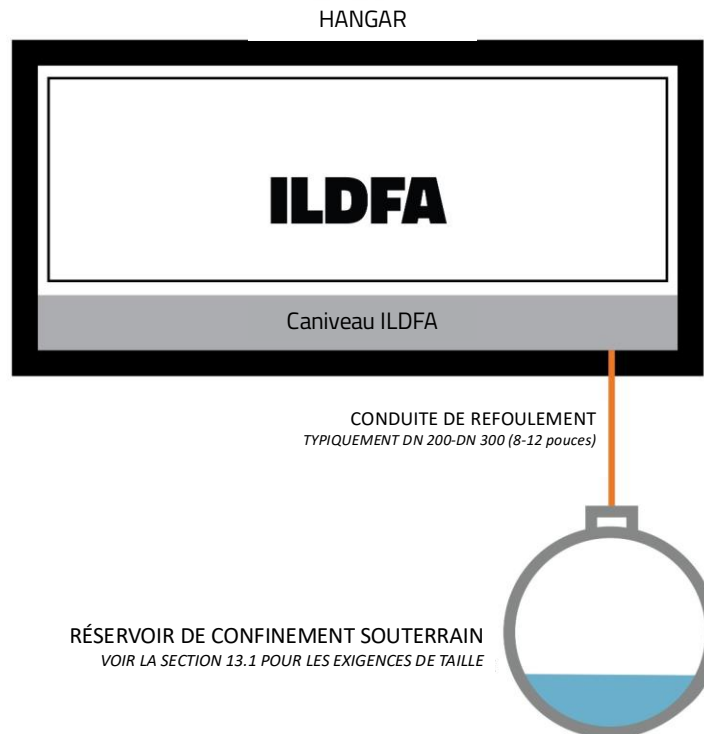
Les eaux de drainage sont dirigées sous terre depuis l'ILDFA dans le hangar vers un réservoir de confinement enterré, conforme à UL 1316. L'écoulement se fait par gravité, et le réservoir est dimensionné pour la totalité du volume calculé à la section 13.1.

Avantages :

- Conception hydraulique simple et gestion de l'écoulement facilitée
- L'ILDFA ne dépend pas de la pompe de décharge

Inconvénients :

- Coûts supplémentaires d'excavation et d'installation
- Nécessite une vidange régulière et l'évacuation du contenu
- Sol potentiellement contaminé au PFAS après usage historique d'AFFF, pouvant exiger une dépollution coûteuse
- La nappe phréatique élevée ou des sols instables peuvent empêcher l'installation d'un réservoir enterré



13.3.2. Séparateur huile-eau souterrain

Aperçu :

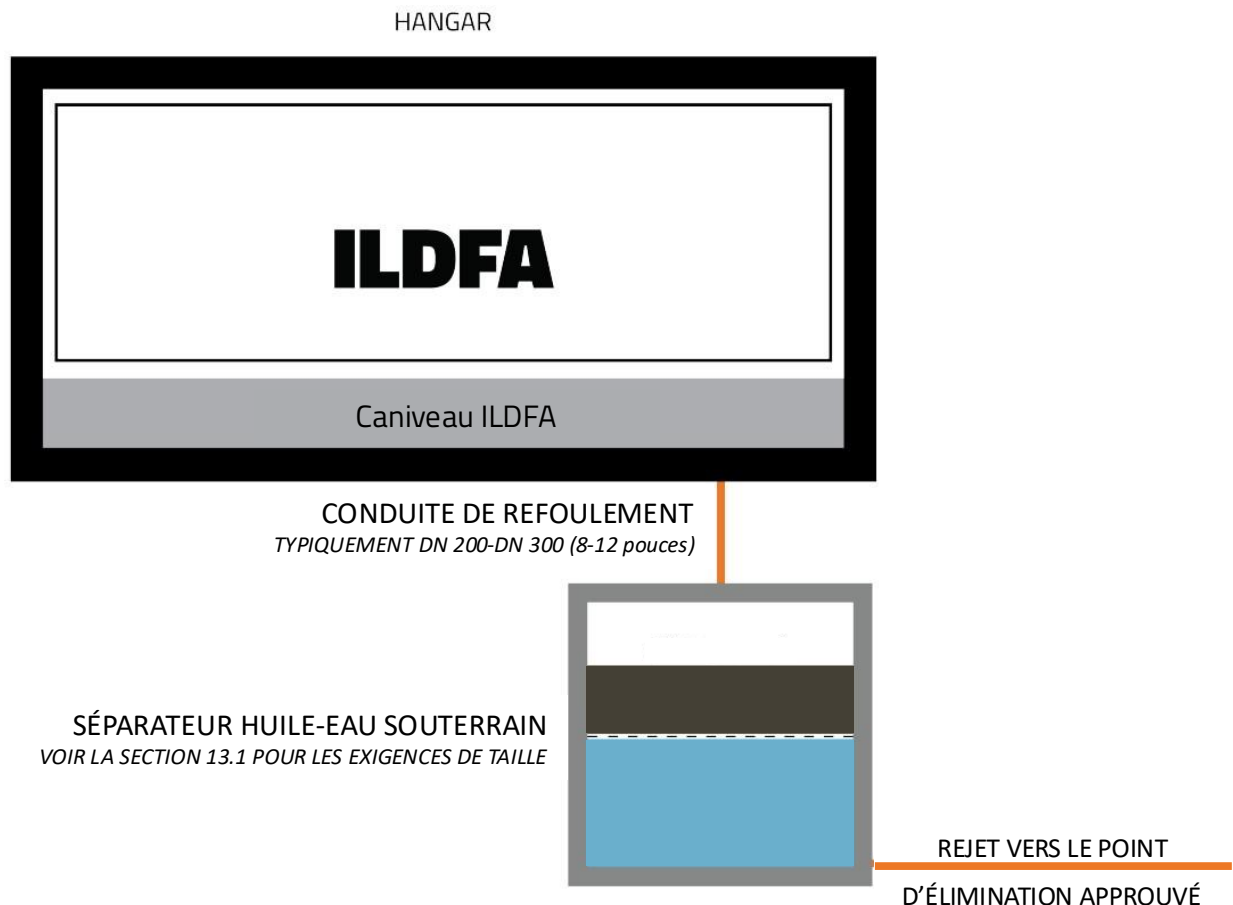
Le drainage est acheminé sous terre depuis l'ILDFA dans le hangar jusqu'à un séparateur huile-eau souterrain. L'écoulement se fait par gravité et le séparateur est dimensionné selon les débits calculés à la Section 13.2.

Avantages :

- Aucun besoin d'évacuer l'eau contaminée par camion
- L'ILDFA ne dépend pas de la pompe de décharge

Inconvénients :

- Coûts et complexité accrus liés à une installation enterrée (excavation, PFAS, conditions du site)
- La fiabilité du système dépend fortement d'une maintenance proactive
- Nécessite des tests de conformité réguliers



13.3.3. Système hybride – petit OWS + réservoir de surverse

Aperçu :

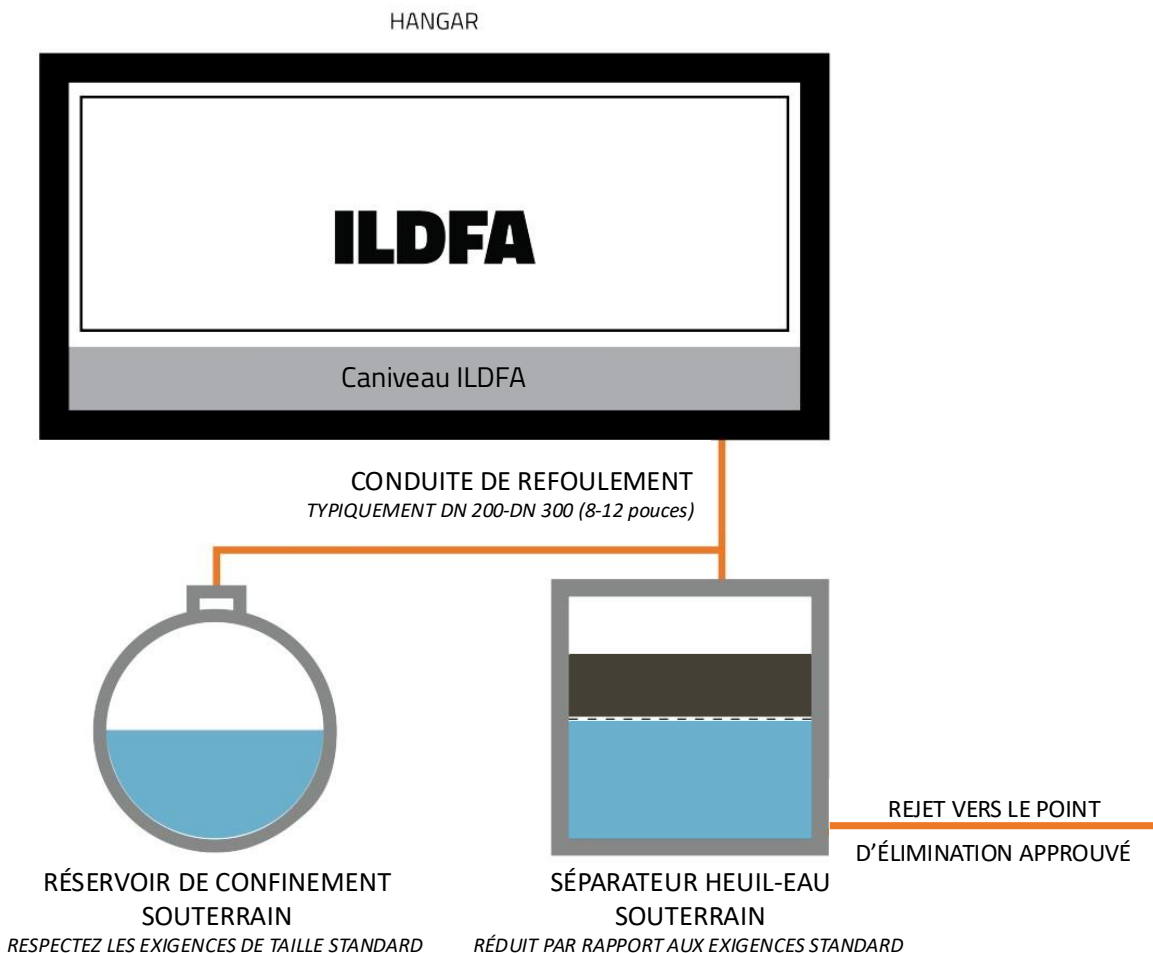
L'évacuation quotidienne provenant de l'ILDFA s'écoule, via des canalisations enterrées, vers un petit séparateur huile-eau. Lors de déversements importants, le surplus est dirigé vers un réservoir de confinement souterrain. Le séparateur huile-eau est une unité économique, dimensionnée pour les opérations courantes, tandis que le réservoir de débordement est dimensionné pour les événements majeurs.

Avantages :

- Réduction des coûts grâce à un séparateur huile-eau plus petit
- Réduit le risque de remplir le réservoir et d'entraîner des interruptions d'activité
- Diminue la quantité d'eau contaminée à évacuer

Inconvénients :

- Coût et complexité accrus pour l'installation souterraine (excavation, PFAS, conditions du site)
- Nécessite à la fois un séparateur huile-eau et un réservoir de confinement
- Exige une conception supplémentaire pour une vanne de dérivation/débordement



13.3.4. Réservoir de confinement hors sol uniquement

Aperçu :

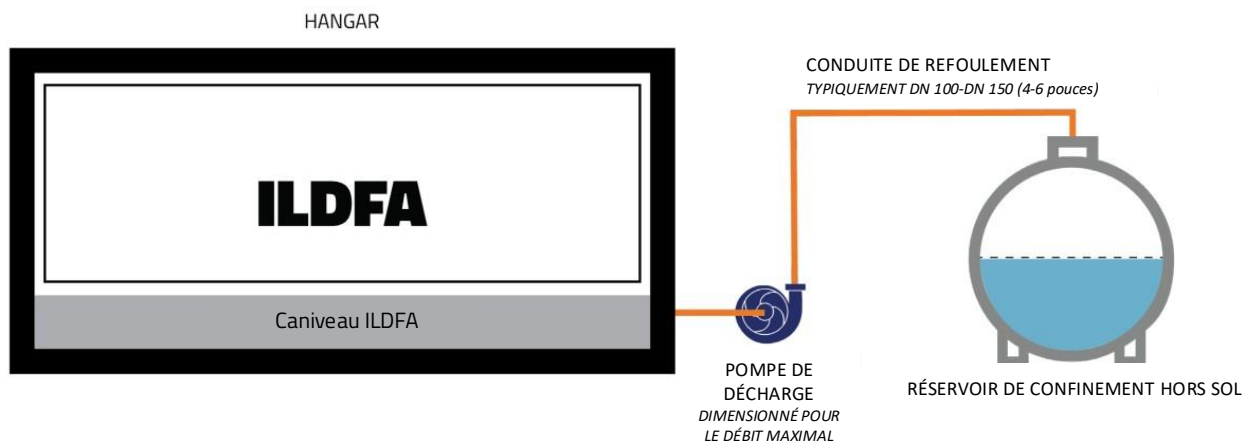
Les eaux de rejet de l'ILDFA sont pompées vers un réservoir de confinement hors sol dédié, capable de contenir l'intégralité du volume calculé à la section 13.1. Aucune séparation ou traitement n'a lieu pendant l'événement : seule la rétention est assurée.

Avantages :

- Système simplifié
- Aucune excavation nécessaire
- Accès facile pour l'inspection visuelle et la maintenance régulière
- Peut être modulaire et relocalisé en cas de besoin

Inconvénients :

- Dépend du pompage/transport ou de tests avant élimination
- Occupe un espace supplémentaire à l'extérieur du hangar
- L'utilisation du hangar peut être retardée pendant la vidange ou les tests des réservoirs de confinement



13.3.5. Réservoir de confinement hors-sol + unité OWS Safespill

Aperçu :

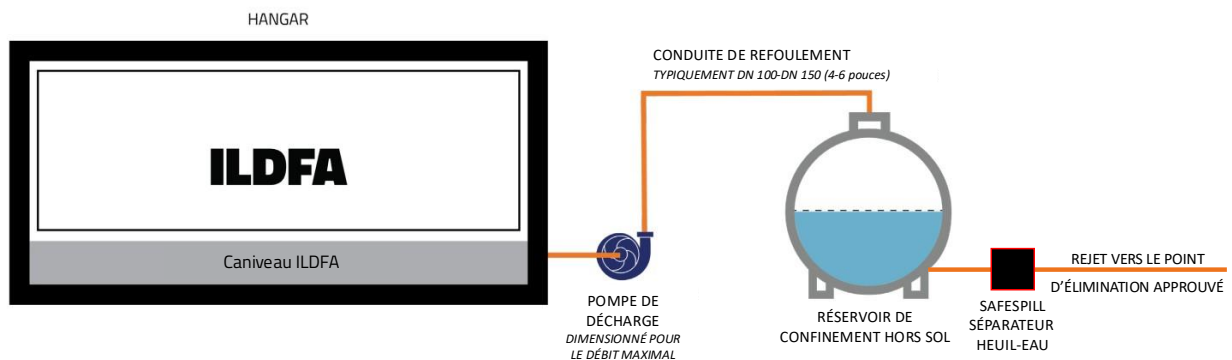
Les rejets de l'ILDFA sont pompés vers un réservoir de confinement hors-sol dédié, capable de contenir l'intégralité du volume calculé selon la Section 13.1. Après un déversement, une unité OWS Safespill traite le mélange collecté. Pour plus de détails sur l'OWS Safespill, voir la Section 14.

Avantages :

- Configuration hors-sol simple à entretenir
- Traitement efficace à faible débit lors des opérations post-déversement
- Aucun traitement nécessaire pendant le débit maximal
- L'eau rejetée par l'OWS Safespill contient < 10 ppm d'hydrocarbures, respectant la plupart des seuils réglementaires pour un rejet direct

Inconvénients :

- Occupe un espace supplémentaire à l'extérieur du hangar
- Nécessite la maintenance de l'OWS



13.3.6. Intégration de réservoir à recyclage en boucle fermée

Aperçu :

Améliore l'Option 5 en recyclant l'eau provenant du séparateur huile-eau Safespill vers un réservoir de recyclage dédié au rinçage, permettant ainsi la réutilisation à 100 % de l'eau évacuée.

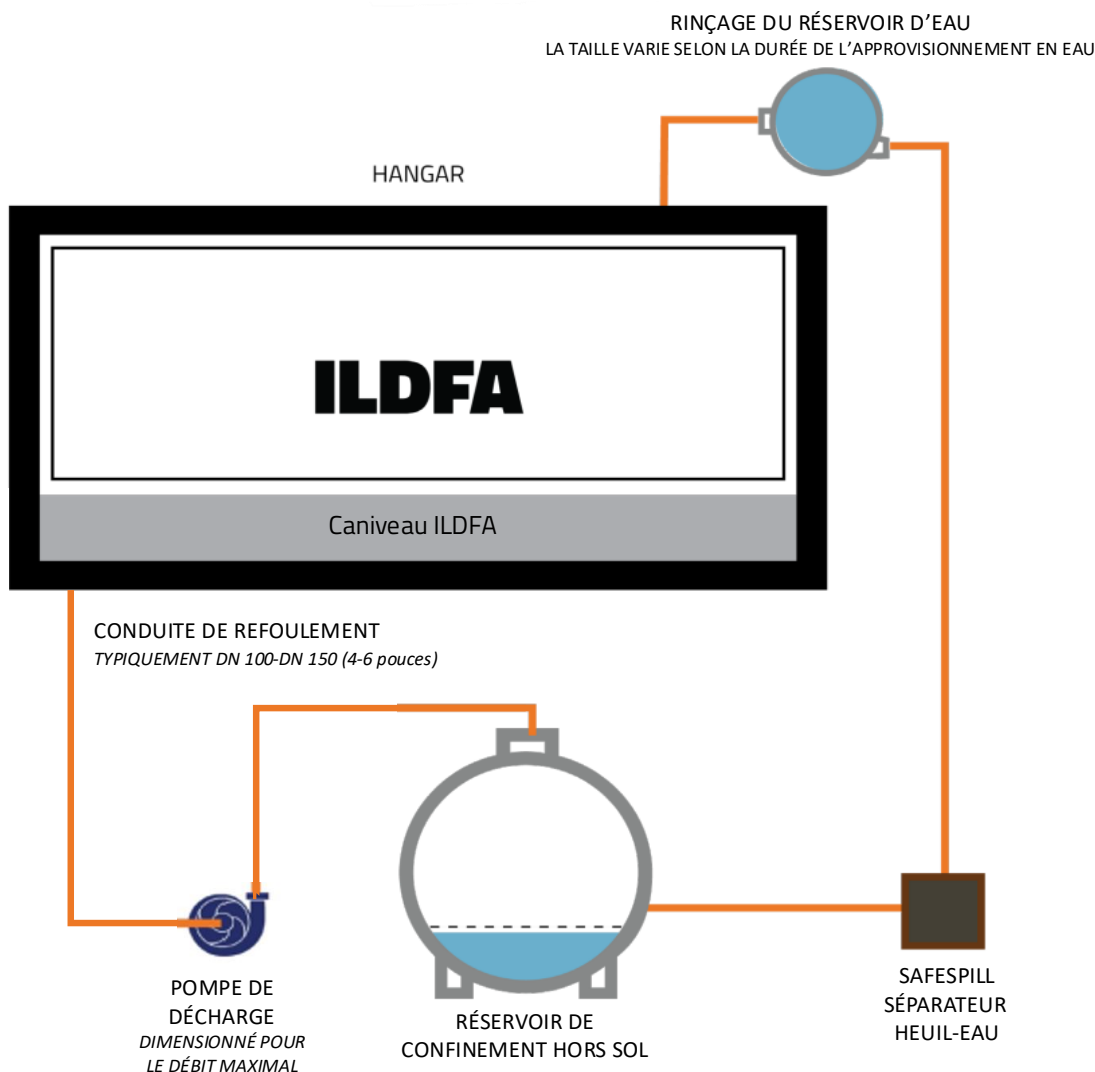
Les volumes de réservoir de rinçage requis sont les suivants : UFC 4-211-01 : 6 000 gal, NFPA 409 : 9 000 gal, FM 7-93 : 12 000 gal).

Avantages :

- Contribue aux objectifs de durabilité et peut participer à l'obtention d'une certification LEED
- Réduit la consommation d'eau à long terme

Inconvénients :

- Complexité et coût d'installation plus élevés
- Nécessite une maintenance régulière et des tests de conformité



13.3.7. Hybride : réservoir hors-sol + surverse de confinement

Aperçu :

Un réservoir de confinement hors sol de capacité minimale de 15 000 gallons (57 000 litres) recueille les rejets quotidiens de l'ILDFA. Une unité OWS Safespill peut être ajoutée en option pour traiter le contenu du réservoir.

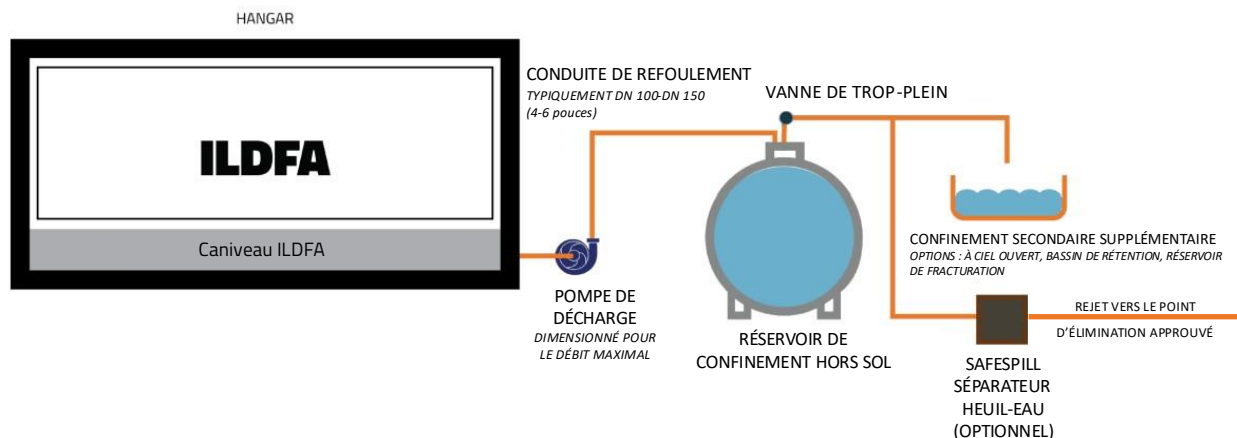
Le trop-plein du réservoir hors sol est dévié vers un dispositif de confinement externe supplémentaire, tel qu'une fosse ouverte, un bassin, ou des cuves type frac tanks. Une vanne de surverse redirige l'écoulement lorsque le réservoir atteint sa capacité maximale.

Avantages :

- Solution rentable offrant un compromis entre confinement de routine et confinement en scénario extrême
- Évite la nécessité d'un réservoir principal de très grande capacité ou d'une installation souterraine
- S'appuie sur les infrastructures de pompage existantes
- Modulaire et adaptable à de nombreux sites
- L'unité OWS optionnelle améliore la conformité pour les déversements récurrents

Inconvénients :

- Plusieurs composants exigent une coordination et des espaces dédiés
- Les zones de surverse doivent être protégées, conçues et inspectées régulièrement
- Dépend de plusieurs systèmes mécaniques (pompes de décharge et vannes)
- L'unité OWS nécessite malgré tout maintenance et surveillance



13.4. Commentaire sur les exigences de débit des sprinkleurs

Dans la version 2022 de la NFPA 409, la capacité d'évacuation requise pour l'ILDFA était formulée comme suit :

“8.2.13.4

L'assemblage de plancher doit avoir une capacité de drainage supérieure à 110 % du débit total anticipé de décharge de carburant, plus une marge pour le débit d'eau des sprinkleurs requis. »

Cette formulation a été jugée imprécise, car l'expression « une marge pour le débit d'eau des sprinkleurs requis » ne précisait pas clairement si cette marge devait prendre en compte toute la surface du hangar, toute la surface de l'ILDFA, ou la taille du feu de dimensionnement.

Lors du cycle de révision 2026 de la NFPA 409, le comité technique a décidé de modifier cette section afin de clarifier que l'ILDFA doit tenir compte de l'eau de rinçage, de l'eau des sprinkleurs et du débit de carburant. Toutefois, le comité a précisé que seule une partie du débit requis pour les sprinkleurs devait être intégrée au calcul et a choisi d'aligner les exigences de la NFPA 409 sur celles du FM Datasheet 7-93, qui limite le débit maximal des sprinkleurs à 600 gpm (2 271 L/min).

Voici la formulation révisée, qui figurera dans l'édition 2026 de la NFPA 409 :

“7.5.14.4

L'assemblage de plancher doit avoir une capacité de drainage supérieure à 110 % du débit total attendu et inclure les éléments suivants :

- (1) Le débit total anticipé de décharge de carburant
- (2) Le débit anticipé d'eau de rinçage
- (3) Une marge pour le débit d'eau des sprinkleurs requis, ne dépassant pas 600 gpm (2 271 L/min) »

14. Skid Safespill OWS (séparateur huile-eau)

En raison de l'utilisation de l'eau comme moyen de rinçage, l'eau se mélange au carburant déversé dans le réservoir de confinement. Pour réduire la fréquence des vidanges et limiter les coûts de dépollution, un skid OWS (Oil Water Separator – séparateur huile-eau) peut être intégré au système ILDFA.

Le skid OWS fonctionne de manière indépendante du panneau de contrôle ILDFA du hangar et peut traiter le contenu du réservoir de confinement manuellement ou automatiquement après un déversement. Le système sépare les hydrocarbures de l'eau, évacue l'eau traitée vers un point d'évacuation approuvé et collecte l'huile récupérée pour une élimination appropriée.

Chaque skid OWS est entièrement caréné et occupe une surface de 8 ft × 10 ft (2,5 m × 3,0 m). Son poids maximal en fonctionnement est de 15 000 lb (6 800 kg) lorsque tous les réservoirs internes sont remplis. L'alimentation électrique requise consiste en une connexion 120 VAC, 25 A au panneau de commande du skid OWS, qui fournit l'énergie aux pompes et démarreurs moteurs embarqués.

La configuration standard comprend :

- **Séparateur huile-eau** : débit d'entrée maximal de 10 GPM (40 L/min).
- **Filtre à charbon actif** : élimine les hydrocarbures résiduels pour garantir une qualité d'eau traitée < 5 mg/L d'hydrocarbures totaux (TPH).
- **Réservoir de stockage d'huile** :
 - Capacité : 500 gal (1 900 L)
 - Équipé d'un capteur de niveau avertissant lorsque le réservoir est plein
 - Inclut une pompe de transfert montée sur le réservoir pour vidanger vers un conteneur d'élimination.
- **Panneau de contrôle** :
 - Contient les démarreurs moteurs des pompes embarquées
 - Affiche le niveau du réservoir d'huile, le débit entrant et le débit sortant
 - Conçu pour un contrôle local, indépendant du système ILDFA.

Composants et configurations optionnels

Selon les besoins du projet, les exigences environnementales ou les préférences de l'exploitant, le skid OWS peut être livré avec des fonctionnalités additionnelles, telles que :

- **Transfert automatisé du fluide** depuis le réservoir de confinement (mode continu ou à la demande)
- **Fonction de supervision à distance** ou intégration à un système de supervision du bâtiment
- **Bac de rétention secondaire** pour protection environnementale supplémentaire
- **Chauffages ou isolation** pour installations en climat froid
- **Prises d'échantillonnage** pour contrôle qualité de l'eau traité.

L'exploitant final, l'autorité compétente (AHJ) ou l'autorité environnementale locale doit déterminer si l'eau traitée peut être rejetée dans le réseau sanitaire ou pluvial, ou recyclée vers le réservoir d'alimentation en eau du système ILDFA. L'opérateur du hangar reste responsable de la vidange périodique du réservoir de stockage d'huile et du remplacement du filtre à charbon actif lorsque nécessaire.

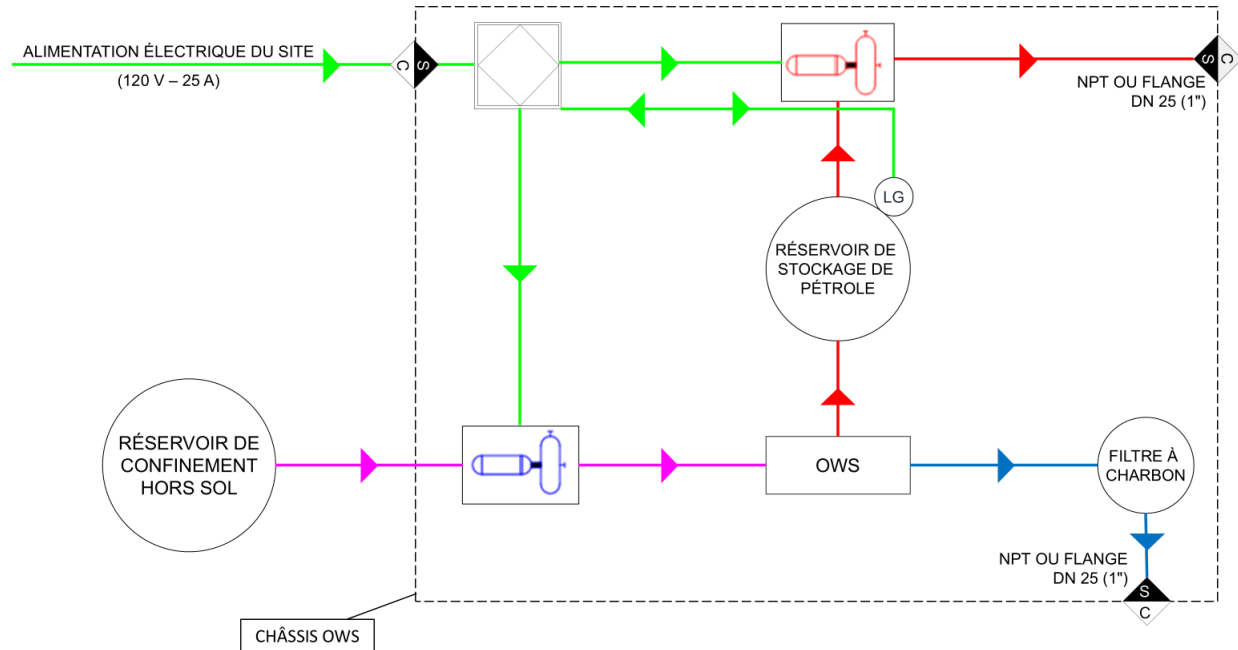


Figure 14-1 : Schéma P&ID du skid Safespill OWS (séparateur huile-eau)



Figure 14-2 : Vue latérale externe du skid OWS à côté du réservoir de confinement (gauche) et vue d'extrémité avec panneau de contrôle (droite)

15. Air Préconditionné (PCA)

L'installation de l'ILDFA Safespill est compatible avec les hangars équipés de tranchées d'air préconditionné (PCA). La conception ci-dessous a été soumise et approuvée par la NAVFAC.

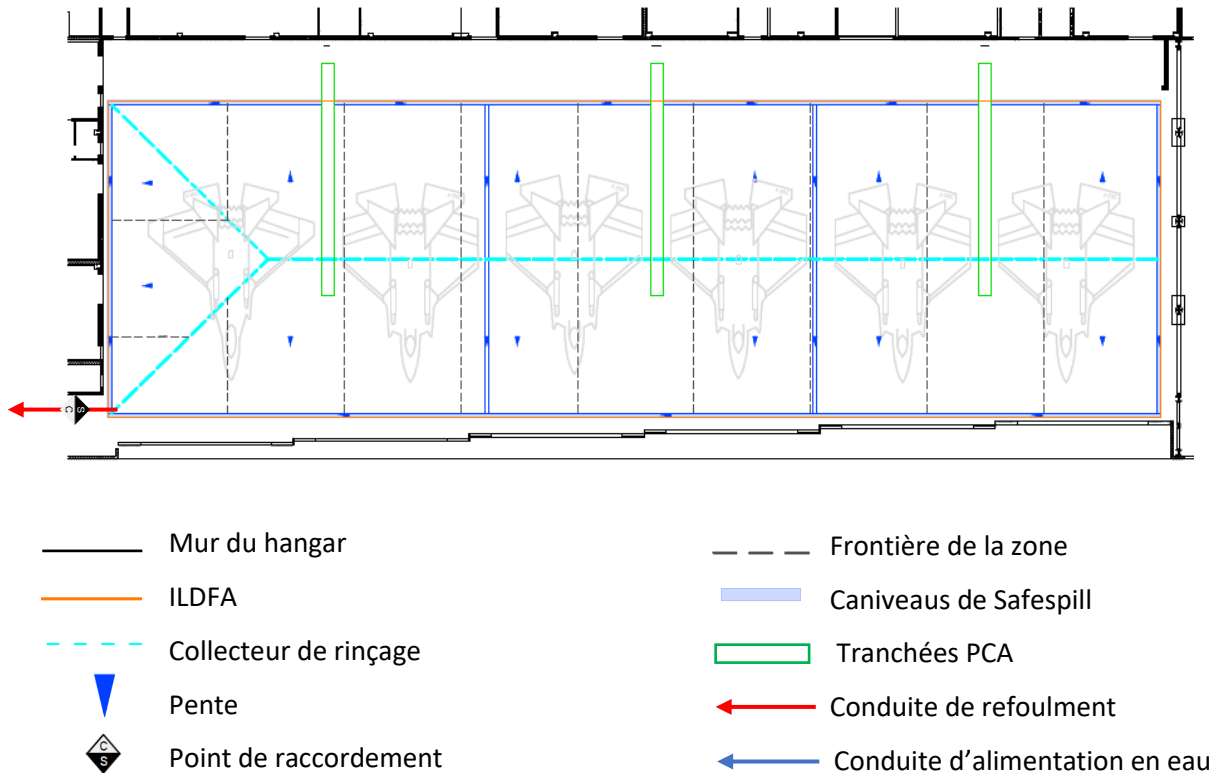


Figure 15-1 : Agencement approuvé pour l'installation d'un ILDFA dans des hangars utilisant des caniveaux PCA

Dans cette configuration, aucune intersection n'existe entre les tranchées PCA et les tranchées ILDFA. Les conduits d'air n'entrent jamais dans les tranchées ILDFA, et aucun liquide provenant de l'ILDFA ne peut pénétrer dans les tranchées PCA. Ces dernières sont entièrement isolées des tranchées ILDFA.

Les tranchées PCA débutent près du mur arrière du hangar et passent sous les profils de plancher de l'ILDFA. Les tranchées ILDFA sont toujours pentes dans la direction opposée aux tranchées PCA.

16. Système de sprinklers en hauteur

Lorsque l'ILDFA est installé, il reste obligatoire d'équiper le hangar d'un système de sprinklers conformément à la NFPA 409, au FM Datasheet 7-93, à l'UFC 4-211-01 ou aux exigences de l'autorité locale compétente. Le système de sprinklers demeure indispensable pour protéger le hangar contre les incendies autres que ceux d'hydrocarbures.

Les essais incendie grandeur nature montrent que, lorsqu'un feu de liquide inflammable survient dans un hangar équipé d'un ILDFA, l'activation de sprinklers à têtes fermées est extrêmement improbable, en raison de la réduction de la taille de la flaque et du débit thermique.

Rapport complet disponible ici : https://safespill.com/wp-content/uploads/2023/11/NFPA_409-Test-Report_Safespill_Web.pdf

Extrait du rapport :

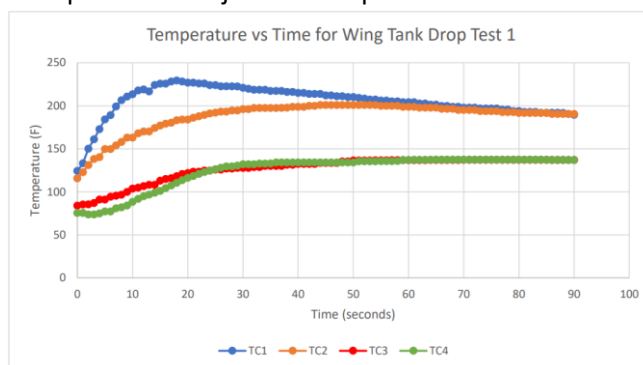
« Lorsque des systèmes de sprinklers à têtes fermées sont utilisés, la NFPA 409 impose l'utilisation de sprinklers à réponse rapide avec une température nominale de 175 °F pour les hangars de Groupe I, avec des températures équivalentes ou supérieures pour les autres groupes de hangars ou les zones présentant des températures ambiantes élevées.

Bien que la hauteur sous plafond varie selon les aéronefs logés, les hangars présentent généralement une hauteur supérieure à 12 mètres (40 pieds), nettement plus élevée que la hauteur de 7,5 mètres (25 pieds) du centre d'essai Safespill. La NFPA 409 impose un espacement maximal entre sprinklers de 3,7 mètres (12 pieds).

Lors des essais, des thermocouples adjacents ont été placés à 2 mètres (6,5 pieds) de l'origine du feu. Même à seulement 4 mètres (13 pieds) au-dessus de la surface de l'ILDFA, les températures relevées dépassaient rarement 175 °F.

Au vu des résultats, les conclusions suivantes sont raisonnables :

- (1) Seuls les sprinklers installés dans des hangars dont la hauteur sous plafond est inférieure à 9 mètres (30 pieds) sont susceptibles de se déclencher.
- (2) Dans ces hangars, seuls les sprinklers directement au-dessus du point d'origine du feu sont susceptibles de s'activer. Les sprinklers adjacents ont peu de chances de s'activer. »



17. Détecteurs optiques de flammes

L'UFC 4-211-01 exige l'installation de détecteurs optiques de flammes Triple Infrarouge (IR) dans les hangars équipés d'un ILDFA. Les détecteurs de flammes servent à détecter les incendies dans le hangar, tandis que l'ILDFA détecte uniquement les déversements de liquides. La détection de flammes déclenche l'alarme sur le FACP, tandis que la détection de liquide par l'ILDFA déclenche un signal de supervision.

En raison de préoccupations concernant la réflectivité potentielle de l'ILDFA, Det-Tronics a réalisé des tests de détecteurs de flammes sur un ILDFA le 13 décembre 2021 dans l'usine de fabrication située à Houston (Texas), par temps ensoleillé. Les résultats ont confirmé que le détecteur de flamme n'est pas affecté par la finition mate de l'ILDFA et qu'il reflète moins qu'un sol époxy standard avec finition brillante. Le rapport de tests « Det-Tronics Flame Detector Testing » est disponible à l'adresse : [Safespill.com/Det-Tronics-Flame-Detector-Safespill-Testing](https://safespill.com/Det-Tronics-Flame-Detector-Safespill-Testing).



Figure 17-1 : Test du détecteur de flamme réalisé sur l'ILDFA illustré.

18. Alimentation en eau pour les environnements froids

Les collecteurs de rinçage de l'ILDFA nécessitent une alimentation en eau, généralement assurée par une conduite « wet pipe » jusqu'aux armoires de vannes murales, comme décrit en point 12.2. Bien que les canalisations situées dans les tranchées de l'ILDFA restent normalement vides, l'alimentation depuis la salle des pompes jusqu'aux armoires de vannes à l'intérieur du hangar peut, selon les installations, passer par des zones exposées au gel. Dans ces cas, des mesures supplémentaires doivent être intégrées à la conception pour garantir la protection antigel de l'alimentation en eau.

Lorsque les canalisations ne peuvent pas être placées entièrement dans un espace chauffé, une vanne d'alimentation motorisée et commandée électriquement peut être installée en amont de l'armoire d'électrovannes afin d'isoler l'alimentation pendant les phases de veille. Comme décrit en point 12.2, chaque zone comporte une vanne de vidange automatique placée au point bas de la ligne, permettant l'évacuation de l'eau résiduelle dans la tranchée de l'ILDFA, où elle sera éliminée comme tout autre liquide collecté.

Les vannes de vidange automatiques sont conçues pour assurer la protection antigel en permettant à la tuyauterie de se vider après utilisation ; toutefois, de faibles quantités d'eau peuvent subsister dans certains points bas ou raccords. Ces traces d'eau ne compromettent pas la protection contre le gel. En cas de déversement, la vanne d'alimentation en amont et la ou les électrovannes de la/des zone(s) concernée(s) s'ouvrent simultanément pour fournir l'eau de rinçage à l'ILDFA.

En alternative à l'ajout d'une vanne d'alimentation en amont et d'un dispositif de vidange, un système de traçage électrique peut être utilisé pour assurer la protection antigel sur les sections exposées de la tuyauterie d'alimentation.

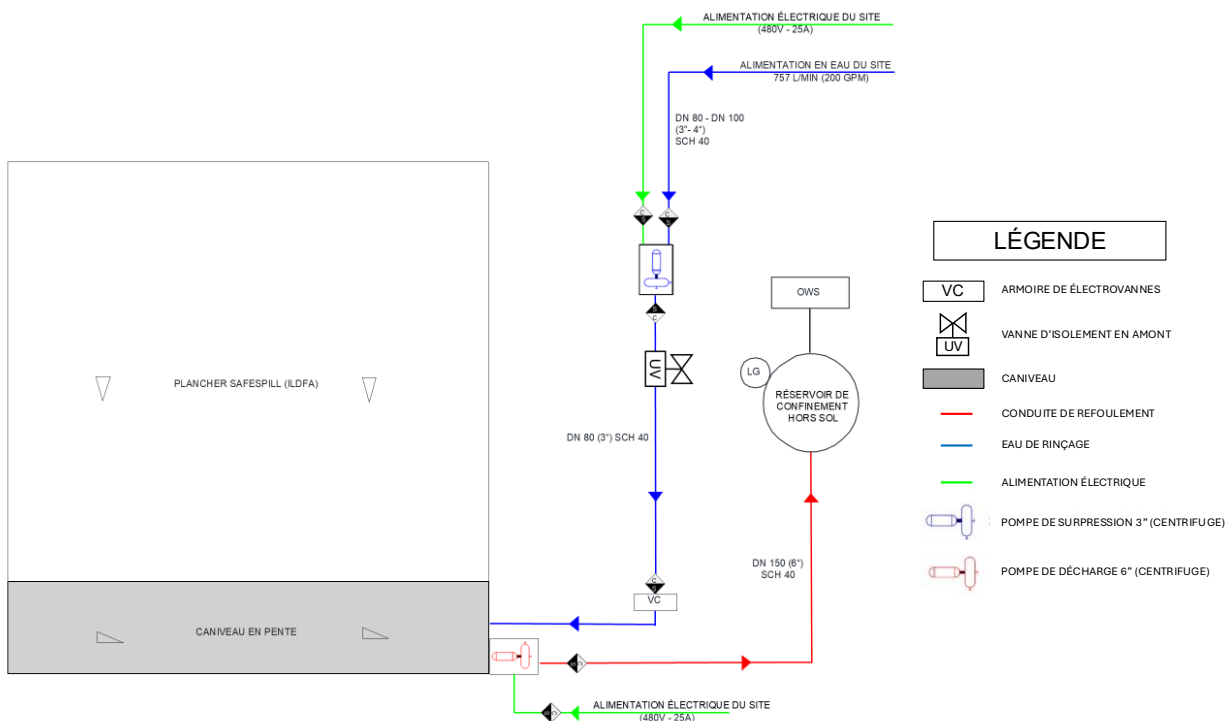


Figure 18-1 : Schéma P&ID simplifié de l'ILDFA avec ajout d'une vanne d'isolement en amont pour la protection antigel

19. Compatibilité avec chauffage intégré en dalle

L'ILDFA a déjà été installé avec succès dans plusieurs hangars équipés d'un système de chauffage radiant intégré dans la dalle, utilisant des tubes à glycol ou à eau. Ce type de chauffage est fréquemment utilisé dans les climats froids pour éviter le gel à l'intérieur des hangars et offrir un environnement de travail confortable pour le personnel.



Figure 19-1 : Système de chauffage radiant intégré dans la dalle d'un hangar équipé d'un ILDFA

Dans ces systèmes, un fluide chauffé circule à travers un réseau de tubes noyés dans la dalle de béton sous l'ILDFA. La chaleur se diffuse à travers le béton et atteint la surface, où elle est émise vers l'espace occupé.

Lorsque les profils ILDFA, fabriqués en aluminium hautement conducteur, sont posés sur une dalle chauffée, ils agissent comme une surface thermique étendue. L'aluminium absorbe rapidement la chaleur provenant du béton et la redistribue latéralement, ce qui permet d'atténuer les variations de température en surface dues à l'espacement des tubes chauffants. Résultat : une diffusion thermique plus uniforme sur toute la surface du plancher, réduisant les zones froides et améliorant le confort pour les aéronefs comme pour le personnel.

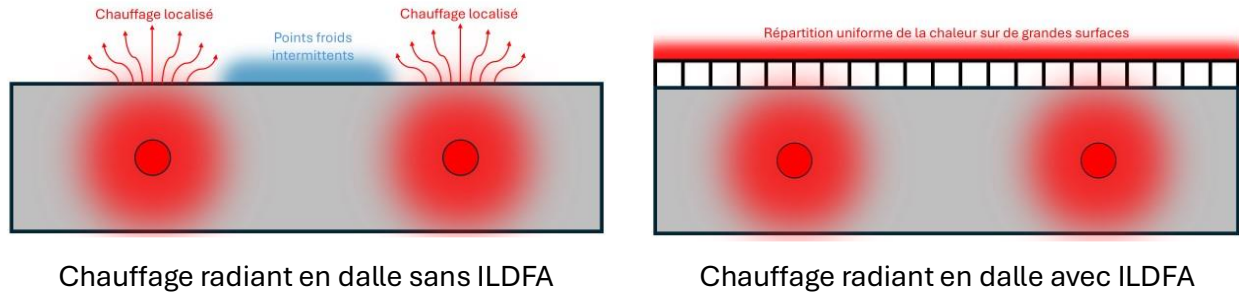


Figure 19-2 : Comparaison d'un chauffage radiant intégré dans la dalle, avec et sans ILDFA

Bien que l'ajout des profils en aluminium constitue une couche supplémentaire au-dessus de la dalle, ce qui peut légèrement augmenter le temps nécessaire pour ressentir la montée en température, l'effet global est une meilleure efficacité du transfert thermique et un confort amélioré. Les profils en aluminium agissent comme des ailettes de dissipation thermique, augmentant la surface d'échange et homogénéisant la diffusion de la chaleur dans le hangar.

20. Conclusion

Ce document est conçu comme un guide de référence pour la conception préliminaire des systèmes ILDFA (Ignitable Liquid Drainage Floor Assemblies) dans les hangars aéronautiques. Il fournit des indications générales destinées à accompagner les architectes et ingénieurs lors des premières phases de projet, mais ne doit pas remplacer une consultation spécifique au projet. Chaque hangar présente ses propres particularités, et les décisions de conception finales doivent être coordonnées directement avec Safespill afin de garantir la conformité aux codes applicables, aux bonnes pratiques et aux normes d'installation les plus récentes.

Pour accéder à la version la plus récente de ce document ainsi qu'aux ressources techniques supplémentaires, veuillez consulter : <https://safespill.com/technical-specs-resources/>.

Pour toute question spécifique à un projet, veuillez contacter Safespill :

Safespill
4510 Brittmoore Rd
Houston, TX 77041
Email : info@safespill.com
Téléphone : (713) 645-4370
Site web : www.safespill.com