

**PJ25 - MODELISATIONS DES PHENOMENES
DANGEREUX RETENUS ET DETERMINATION
DES CONSEQUENCES**

SOMMAIRE

1. PHÉNOMÈNES DANGEREUX RETENUS POUR LES MODÉLISATIONS	3
2. VALEURS DE RÉFÉRENCE RELATIVES AUX SEUILS D'EFFETS DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX.....	6
3. MODÉLISATION DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX RETENUS ET DÉTERMINATION DES CONSÉQUENCES	7
3.1. <i>Présentation des méthodologies employées pour les modélisations des phénomènes dangereux.....</i>	<i>7</i>
3.1.1. Outils de modélisation.....	7
3.1.2. Formulations empiriques.....	10
3.2. <i>Explosion des silos de stockage de produits organiques.....</i>	<i>12</i>
3.3. <i>Ensevelissement lié aux silos de stockage de produits organiques</i>	<i>13</i>
3.4. <i>Explosion des bacs de stockage d'alcool.....</i>	<i>14</i>
3.5. <i>Incendie de la rétention du stockage d'alcool</i>	<i>15</i>
3.6. <i>Explosion d'un camion-citerne au poste de chargement camion.....</i>	<i>16</i>
3.7. <i>Eclatement mécanique des colonnes des ateliers de production alcool.....</i>	<i>17</i>
3.8. <i>Explosion thermique des colonnes des ateliers de production alcool.....</i>	<i>18</i>
3.9. <i>Incendie du magasin de l'entrepôt</i>	<i>19</i>
4. ANNEXES.....	22
4.1. <i>Méthodologie Logiciel Transoft Fluidyn – ASSESS RISK.....</i>	<i>22</i>
4.2. <i>Notes de calcul FLUMILOG.....</i>	<i>23</i>
4.2.1. Stockage alcool.....	23
4.2.2. Local emballages et magasin de stockage de produits finis conditionnés	24
4.3. <i>Coupe du système de regard siphonide</i>	<i>25</i>

1. PHÉNOMÈNES DANGEREUX RETENUS POUR LES MODÉLISATIONS

Les phénomènes dangereux retenus pour la modélisation ont été choisis sur la base des critères suivants :

- L'identification des potentiels de dangers par produit et par atelier, en lien avec la nature des risques (*explosion, incendie, etc.*) et les effets potentiels des phénomènes dangereux (*quantités ou volumes mis en jeu, degré de confinement, etc.*),
- L'analyse des risques réalisée, (*voir document PJ24-Analyse de risques*)
- La prise en compte des phénomènes dangereux retenus dans les guides méthodologiques élaborés par des experts (INERIS / TECHNIP) et la profession :
 - Guide de Maîtrise des risques dans les Dépôts de Liquides Inflammables (*TECHNIP version septembre 2008 et ADDENDUM éthanol*),
 - Guide de l'Etat de l'art sur les Silos (INERIS / MEEDAT - version 3 - 2008),
- L'analyse de l'environnement extérieur au site et de la vulnérabilité des enjeux,
- L'expérience des bureaux *d'études (IPSB)* en matière de modélisation et notamment des distances d'effets escomptées pour certains scénarios.

Ainsi, eu égard à la configuration du site et aux activités à risque, seuls les scénarios d'**accidents majeurs**, c'est-à-dire susceptibles d'entraîner des conséquences pour les tiers et générer des synergies d'accidents avec les autres installations du site, ont été modélisés.

La liste des phénomènes dangereux retenus et de leurs effets est récapitulée dans le tableau ci-après.

INSTALLATIONS	PHENOMENE DANGEREUX POSSIBLES	EFFETS REDOUTES
Silos de stockage	Explosion de poussières dans le volume	Effets pression
Stockage d'alcool	Explosion de bac	Effets pression
	Feu de nappe sur cuvette de rétention	Effets thermiques
Poste de chargement camions alcool	Explosion de citerne	Effets pression
Ateliers de distillation/rectification et de déshydratation d'alcool	Eclatement de colonne et de tamis	Effets pression
	Explosion thermique de la colonne et de tamis	Effets pression
Magasin de stockage de produits finis conditionnés	Incendie généralisée du magasin	Effets thermiques

Remarque

En tant qu'équipement neuf, les bacs de stockage alcool seront équipés d'évents de pressurisation (conforme à l'annexe de l'arrêté du 1^{er} juin 2015 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations relevant du régime de l'enregistrement au titre de l'une au moins de la rubrique 4331) rendant ainsi le phénomène de pressurisation lente physiquement impossible. Ce phénomène dangereux n'a de fait pas été modélisé.

PHENOMENES DANGEREUX EXCLUS DE LA MODELISATION

PHENOMENES DANGEREUX EXCLUS DE LA MODELISATION	JUSTIFICATION DE L'EXCLUSION
MOULIN	
<p>Incendie / Explosion au niveau des équipements mettant en œuvre des produits organiques susceptibles de générer des poussières</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Elévateur à godets ➤ Transporteur à chaîne ➤ Transport pneumatique ➤ Pré-nettoyeur et nettoyeur ➤ Dépelliculeur ➤ Broyeur ➤ Turboséparateur ➤ Ensacheuse ➤ Dépoussiéreur 	<p>Quel que soit le phénomène dangereux pris en considération, incendie ou explosion, un accident survenant sur les équipements ne pourrait pas engendrer de zones d'effets dépassant des limites de propriété de l'Etablissement. Les conséquences d'un accident survenant sur un équipement seraient en effet limitées à l'environnement proche de ce dernier.</p> <p>Les volumes internes de ces équipements sont faibles, de l'ordre de quelques mètres cube, ce qui limite considérablement le volume potentiellement explosible/inflammable et par là même, les effets associés. Certains de ces équipements disposent par ailleurs de dispositifs de protection contre les effets d'une explosion.</p>
<p>Explosion au niveau du volume bâtementaire</p>	<p>L'explosion primaire dans le moulin a été exclu de la modélisation. En effet, ce dernier étant classé zone 22 autour des équipements et hors zone au-delà, la concentration minimale explosive ne pourrait être atteinte dans l'ensemble du volume.</p> <p>Le phénomène d'explosion a été exclu de la modélisation car une explosion primaire dans ce volumes ne pourrait pas engendrer de zones d'effets dépassant des limites de propriété compte tenu des surfaces soufflables en place (<i>ensemble des parois du moulin</i>).</p>
ATELIERS DE DISTILLATION/RECTIFICATION ET DESHYDRATATION	
<p>Fuite, perte de confinement sur colonne et tuyauterie et inflammation</p>	<p>En cas de perte de confinement sur les colonnes et les tuyauteries sous forme de vapeurs alcooliques avec inflammation, le phénomène dangereux accidentel de type UVCE ne générerait pas de zone d'effets dépassant les limites du site.</p> <p>En cas de perte de confinement liquide au niveau de l'atelier, l'écoulement sera collecté et dirigé gravitairement vers une fosse de rétention déportée via des regards siphoniques.</p> <p>Des contrôles préventifs des installations seront effectués par le personnel. Celui-ci sera aussi formé au procédure permis de feu / plan de prévention. L'atelier sera équipé d'un caniveau protégé d'une grille fine pour rejoindre un regard siphonique équipé de détection de vapeur alcoolique / de feu et de présence d'eau (<i>Cf. coupe en ANNEXE 4.3</i>). Ces regards feront parties des contrôles préventifs et seront raccordé à une réservoir enterré.</p> <p>De fait, le scénario de feu de nappe au niveau de l'atelier de rectification d'alcool n'a pas été retenu.</p>

PHENOMENES DANGEREUX EXCLUS DE LA MODELISATION	JUSTIFICATION DE L'EXCLUSION
STOCKAGE ALCOOL	
Feu de bac sans perte de l'intégrité du bac	<p>Le phénomène dangereux identifié est un feu de bac d'alcool. Les zones d'effets thermiques associées à un feu de bac sont limitées à l'environnement proche du bac. Elles sont largement moins pénalisantes que celles associées à un feu de nappe généralisé à la cuvette, du fait de la faible surface en feu prise en considération. En effet, dans le cas d'un feu de bac la surface en feu se limite à celle du bac, alors que dans le cas d'un feu de cuvette, la surface en feu correspond à l'ensemble de la surface de la cuvette de rétention.</p> <p>De ce fait, le feu de bac a été écarté de la modélisation.</p>
Perte de confinement sur canalisation entre l'atelier de rectification et le stockage alcool et entre le stockage et le poste de chargement alcool	<p>Le Guide Professionnel du GTDLI (<i>version Septembre 2008</i>) ne retient ni le phénomène d'UVCE (<i>effets pression et flash fire</i>), ni le phénomène de feu torche sur les canalisations d'alcools.</p> <p>A la température de 20°C, le rejet d'éthanol est en phase liquide (<i>pas de vaporisation</i>) et le scénario à prendre en considération est un feu de nappe consécutif à un écoulement d'alcool.</p> <p>Compte tenu du mode de conception des canalisations par soudage (<i>absence de brides</i>), une fuite sur les canalisations serait localisée dans la cuvette de rétention des bacs d'alcool ou de l'atelier de production d'alcool, et reviendrait, en cas d'inflammation, à un scénario de feu de nappe sur cuvette de rétention (<i>scénario pris en compte dans la modélisation du stockage d'alcool</i>).</p> <p>La rupture totale des canalisations ne peut être envisagée compte tenu de l'absence de voies de circulation au droit des canalisations.</p>
POSTE DE CHARGEMENT ALCOOL	
Fuite, perte de confinement et inflammation	<p>En cas de perte de confinement liquide au niveau du poste de chargement, l'écoulement sera collecté et dirigé gravitairement vers une fosse de rétention déportée via des regards siphoniques.</p> <p>Des contrôles préventifs des installations seront effectués par le personnel. Celui-ci sera aussi formé au procédure permis de feu / plan de prévention. L'atelier sera équipé d'un caniveau protégé d'une grille fine pour rejoindre un regard siphonique équipé de détection de vapeur alcoolique / de feu et de présence d'eau. Ces regards feront parties des contrôles préventifs et seront raccordé à une réservoir enterré.</p> <p>De fait, le scénario de feu de nappe au niveau du poste de chargement camions alcool n'a pas été retenu.</p>

2. VALEURS DE RÉFÉRENCE RELATIVES AUX SEUILS D'EFFETS DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX

Les valeurs de référence relatives aux seuils d'effets des phénomènes dangereux sont définies par l'Arrêté Ministériel du 29 septembre 2005 dit arrêté PCIG et présentées dans les tableaux ci-dessous.

Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de pression

EFFETS PRESSION	EFFETS SUR LES STRUCTURES	EFFETS SUR L'HOMME
20 mbar	Seuil des destructions significatives des vitres	Seuil des effets délimitant la « zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme »
50 mbar	Seuil des dégâts légers sur les structures	Seuil des Effets Irréversibles (SEI) délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine »
140 mbar	Seuil des dégâts graves sur les structures	Seuil des Effets Létaux (SEL) délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine »
200 mbar	Seuil des effets domino	Seuil des Effets Létaux Significatifs (SELS) délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine »
300 mbar	Seuil des dégâts très graves sur les structures	

Compte tenu des connaissances limitées en matière de détermination et de modélisation des effets de projection de débris résultant d'une explosion, il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur de référence pour la délimitation des zones d'effets de projection sur l'homme ou sur les structures.

Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques

FLUX THERMIQUES	EFFETS SUR LES STRUCTURES	EFFETS SUR L'HOMME
3 kW/m²		Seuil des Effets Irréversibles (SEI) délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine »
5 kW/m²	Seuil des destructions de vitres significatives	Seuil des Effets Létaux (SEL) délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine »
8 kW/m²	Seuil des effets dominos et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures	Seuil des Effets Létaux Significatifs (SELS) délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine »
16 kW/m²	Seuil d'exposition prolongé des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton	
20 kW/m²	Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton	
200 kW/m²	Seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes	

3. MODÉLISATION DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX RETENUS ET DÉTERMINATION DES CONSÉQUENCES

Pour rappel, les zones d'effets ci-après sont calculées « en champ libre » et sont représentées sur les plans sans tenir compte des effets d'écran qui pourraient résulter de la présence d'obstacle au flux thermique ou à la propagation de l'onde de pression.

3.1. PRÉSENTATION DES MÉTHODOLOGIES EMPLOYÉES POUR LES MODÉLISATIONS DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX

Le tableau ci-dessous présente, pour les installations et phénomènes dangereux étudiés, les outils de modélisation mis en œuvre.

INSTALLATIONS	PHENOMENE DANGEREUX POSSIBLES	OUTILS DE MODELISATION
Silos de stockage	Explosion de poussières dans le volume	Formulations guide de l'état de l'art silo INERIS
Stockage d'alcool	Explosion de bac	Formulation du GTDLI Logiciel FLUIDYN ASSESSRISK
	Feu de nappe sur cuvette de rétention	FLUMILOG
Poste de chargement camions alcool	Explosion de citerne	Logiciel FLUIDYN ASSESSRISK
Atelier de rectification d'alcool	Eclatement de colonne	PROJEX
	Explosion thermique de la colonne	PROJEX
Magasin de stockage de produits finis conditionnés	Incendie généralisée du magasin	FLUMILOG

Ces différents outils sont présentés dans les chapitres suivants.

3.1.1. *Outils de modélisation*

Outil FLUMILOG

L'outil FLUMILOG a été développé par le CNPP, le CTICM et l'INERIS, auxquels sont venus s'associer l'IRSN et Efectis France.

La méthode a été développée afin qu'elle serve de référence pour déterminer les distances associées aux effets thermiques d'un incendie d'entrepôt (*telle de la détermination des distances dites Z1 et Z2*).

Elle permet de modéliser l'évolution de l'incendie depuis l'inflammation jusqu'à son extinction par épuisement du combustible. elle prend en compte le rôle joué par la structure et les parois tout au long de l'incendie : d'une part lorsqu'elles peuvent limiter la puissance de l'incendie en raison d'un apport d'air réduit au niveau du foyer et d'autre part lorsqu'elles jouent le rôle d'écran thermique plus ou moins important au rayonnement avec une hauteur qui peut varier au cours du temps. Les flux thermiques sont donc calculés à chaque instant en fonction de la progression de l'incendie dans la cellule et de l'état de la couverture et des parois.

Fluidyn/ASSESS-RISK

Ce logiciel propose une méthodologie validée par l'INERIS. Il a été développé conjointement avec l'Union Française des Industries Pétrolières (UFIP) selon la méthodologie du « Guide Bleu ». Ce guide a été élaboré pour la réalisation des études de dangers en raffineries, stockages et dépôts de liquides inflammables.

Les méthodologies mises en œuvre par ce logiciel pour la détermination des effets pression sont présentées en **ANNEXE 4.1**.

PROJEX (INERIS)

La méthode PROJEX est une méthode développée par l'INERIS pour prédire les effets de pression engendrés lors d'un éclatement de réservoir. Elle vient remplacer la méthode TAC-TNT développée en 1990 par l'INERIS. Cette méthode est présentée dans le guide Ω15 de l'INERIS « *éclatements de capacités, phénoménologie et modélisation des effets* ».

Cette méthodologie contrairement à celle définie dans la feuille de calcul du GTDLI permet d'étudier l'éclatement de réservoirs sous pression.

Comme pour la méthode TAC-TNT, on réalise une approximation des ondes produites lors de l'éclatement en supposant principalement que :

- les gaz sont parfaits et idéaux,
- toute l'énergie de pression sert à produire des ondes,
- près du réservoir, la théorie des Tubes À Choc (TAC) s'applique,
- plus loin, les ondes ressemblent à celles induites par une libération instantanée d'énergie, comme pour un explosif, et peuvent être représentées par l'abaque de décroissance de la surpression en fonction de l'éloignement en cas d'explosion d'une charge de TNT.

Cependant, contrairement à la méthode TAC-TNT, dans le cadre de la méthode PROJEX, l'abaque TM5 cité ci-dessus est remplacé par la courbe d'indice 10 de l'abaque de la méthode multi-Energy. Les effets de pression engendrés par la mise à l'atmosphère brutale du contenu d'un réservoir lors de son éclatement sont ainsi assimilés à ceux engendrés lors d'une détonation.

Détermination de la limite entre champ proche et champ lointain

Afin de faire le lien entre la zone où la théorie TAC s'applique (champ proche) et la zone où la méthode PROJEX convient (champ lointain), la formule suivante peut être utilisée où m_r est la masse de gaz contenu dans l'enceinte avant l'éclatement, et ρ_0 la masse volumique d'air entourant l'enceinte.

Le rayon de l'hémisphère (*compté à partir du centre du réservoir*) est donc égal à :

$$R_0 = 1,7 \cdot \left(\frac{m_r}{\rho_0} \right)^{1/3}$$

Les effets de pression engendrés par la mise à l'atmosphère brutale du contenu d'un réservoir lors de son éclatement sont ainsi assimilés à ceux engendrés lors d'une détonation (la courbe indice 10 correspond aux effets d'une détonation).

Détermination des distances d'effet à l'aide de la méthode PROJEX

Dans le champ lointain, c'est-à-dire pour une distance d'observation R supérieure à R_0 , la courbe d'indice 10 de l'abaque de la méthode multi-Energy peut être utilisée pour estimer la pression maximale de l'onde de choc en un lieu donné.

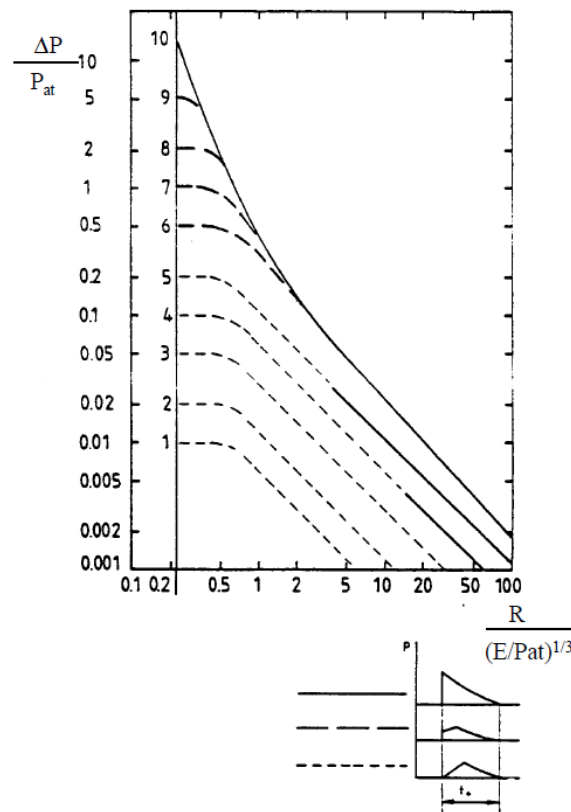


Figure 1 : Abaque relatif à la méthode Multi-Energie donnant des surpressions engendrées par des déflagrations à vitesse de flamme constante de volumes explosibles hémisphériques posés au sol

Sur cet abaque, on retrouve :

- en ordonnée, la surpression étudiée (par exemple 200 mbar, 140 mbar et 50 mbar)

$$\frac{\Delta P}{P_{at}}$$

- en abscisse, la distance recherchée R fonction de l'énergie de Brode E :

$$\frac{R}{(E/P_{at})^{1/3}}$$

L'énergie de Brode peut être définie à l'aide de la formule suivante :

$$E_{Brode} = \frac{(p_1 - p_0) \cdot V_1}{\gamma_1 - 1}$$

où V_1 représente le volume du ciel gazeux de la capacité (m^3).

Cette énergie représente l'augmentation de l'énergie interne du réservoir produite par l'accroissement de la pression. Cet accroissement peut être obtenu soit par une augmentation de la température des gaz (échauffement ou combustion), soit par l'injection de gaz supplémentaire.

3.1.2. Formulations empiriques

Explosion de poussières (Guide de l'état de l'Art Silos – INERIS et MEEDDAT)

Le "Guide de l'état de l'art sur les silos" (Version 3 – 2008) propose une méthodologie pour la détermination des effets d'une explosion de poussières. Ainsi, les effets de pression ont été calculés en application des formules retenues par le **Guide de l'état de l'art sur les silos** (calcul de Brode pour l'énergie et indice multi-énergie pour les effets de pression).

Les formules exposées sont les suivantes (formules basées sur la méthode Multi-Energie indice 10) :

VALEURS DE REFERENCE RELATIVES AUX SEUILS D'EFFETS DE SURPRESSION	DISTANCE DES EFFETS DE SURPRESSION SUIVANT LA METHODE MULTI-ENERGIE INDICE 10
300 mbar	0,028 E ^{1/3}
200 mbar	0,032 E ^{1/3}
140 mbar	0,050 E ^{1/3}
50 mbar	0,110 E ^{1/3}

La distance correspondant au seuil à 20 mbar est prise comme le double de la distance à 50 mbar.

Energie de l'explosion (E) :

Ce paramètre est déterminé suivant l'équation de Brodes, à savoir :

$$E = 3 \times V \times (P_{ex}-P_a)$$

Avec : V = Volume de l'enceinte considéré (m³).
P_{ex}-P_a = Pression relative de l'explosion (Pa).

Pression relative de l'explosion (P_{ex}-P_a) :

Ce paramètre est fonction de la nature de l'explosion, à savoir :

Explosion primaire :

Si le volume est correctement éventé et découplé :

P_{ex}-P_a = Predmax (la pression maximale d'explosion réduite utilisée pour calculer la surface d'évent).

Si le volume est non éventé :

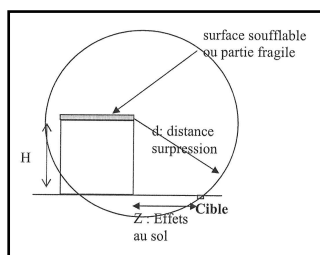
P_{ex}-P_a = 2 * Prupture (correspondant à la résistance de l'enveloppe en statique).

Explosion secondaire :

P_{ex}-P_a = 5 bar soit 5.10⁵ Pa

Dans le cas des volumes éventés, les distances d'effet pression au sol sont calculées en retranchant la hauteur d'implantation des événements d'explosion selon la formule explicitée dans le "Guide de l'état de l'art sur les silos" (Version 3 – 2008) et décrite en page suivante.

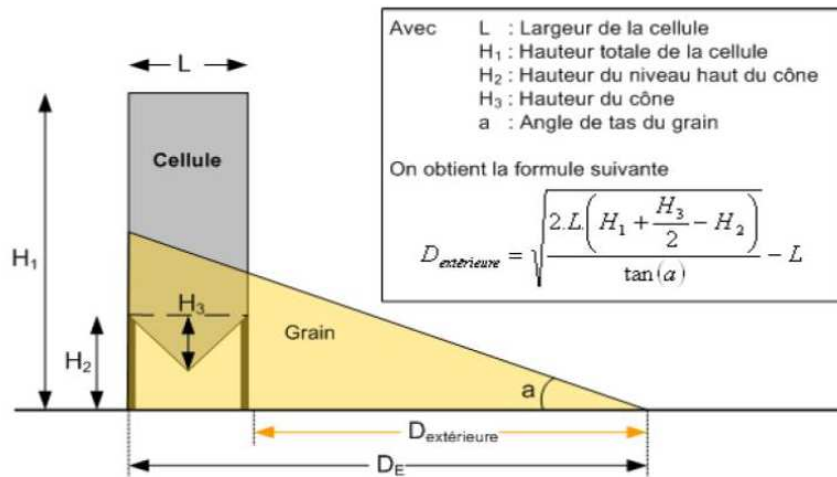
Par application du théorème de Pythagore, si d > H alors : $d^2 = H^2 + (Z)^2$ d'où $Z = \sqrt{d^2 - H^2}$



Distance d'ensevelissement

Le guide de l'état de l'art sur les silos pour l'application de l'arrêté ministériel relatif aux risques présentés par les silos et les installations de stockage de céréales, de grains, de produits alimentaires ou de tout autre produit organique dégageant des poussières inflammables rubrique n°2160 propose une méthodologie pour la détermination des distances d'ensevelissement en cas d'éventration d'une cellule de stockage verticale.

La détermination de cette distance est donnée par la formule suivante :



Formulations du GTDLI

Pour les bacs alcool à axe vertical les effets pression associés à une explosion ont été calculés en application des formules retenues par le Groupe de Travail Dépôt de Liquides Inflammables GTDLI (Circulaire du 10 mai 2010 – anciennement circulaire du 31 janvier 2007).

Pour les bacs dont le rapport Hauteur/Diamètre est inférieur ou égal à 1, les formules suivantes sont appliquées :

SEUIL DE SURPRESSION (MBAR)	DISTANCE AUX EFFETS DE SURPRESSION (M)	
50	d ₅₀ = 0.104	.[(PATM.DEQU ² .HEQU)] ^{1/3}
140	d ₁₄₀ = 0.048	
200	d ₂₀₀ = 0.036	

Pour les bacs dont le rapport Hauteur/Diamètre est supérieur à 1, les formules suivantes sont appliquées :

SEUIL DE SURPRESSION (MBAR)	DISTANCE AUX EFFETS DE SURPRESSION (M)	
50	d ₅₀ = 0.131	.[(PATM.DEQU ² .HEQU)] ^{1/3}
140	d ₁₄₀ = 0.060	
200	d ₂₀₀ = 0.045	

Avec :

PATM = Pression atmosphérique (en Pascal) = 101 325 Pa

DEQU = Diamètre du bac (en mètre)

HEQU = Hauteur du bac (en mètre)

3.2. EXPLOSION DES SILOS DE STOCKAGE DE PRODUITS ORGANIQUES

Scénario étudié : Inflammation de nuages de poussières dans les cellules de stockage entraînant une explosion.

Outil de modélisation : **Formulations empiriques du Guide Silo** (Cf. chapitre 3.1.2)

Hypothèses :

	SILOS GRAINES PRE NETTOYÉES	SILOS GRAINES DECORTIQUÉES	SILOS PROTEINES	SILOS AMIDON	SILO FIBRES
Type de capacité	Vertical métallique				
Volume unitaire (volume en eau)	270 m ³	121 m ³	155 m ³	240 m ³	106 m ³
Hauteur (des événements)	16,50 m	20 m	20 m	20 m	14,77 m
Diamètre	5 m	5 m	5 m	5 m	5 m
Pression de résistance	Event 100 mbar*				
Pression relative	Explosion primaire				
Cas étudié	Volume éventé et découpé - supposé vide				

* Les silos de stockage seront équipés d'évents normalisés. A ce stade des études de détails, le dimensionnement des surfaces éventables n'est pas encore défini. Toutefois, leur surface sera déterminée en application des normes en vigueur et sur la base des données d'explosivité spécifiques au produit stocké (KST, Pmax).

Résultats :

Les résultats des calculs, basés sur la méthodologie mentionnée précédemment, sont présentés ci-dessous.

	DISTANCES D'EFFETS PRESSION *				
	300 mbar	200 mbar (SELS)	140 mbar (SEL)	50 mbar (SEI)	20 mbar (SEIBV)
Silos graines pré-nettoyées	NA	NA	NA	15 m	41 m
Silos graines décortiquées	NA	NA	NA	0 m	27 m
Silos protéines	NA	NA	NA	0 m	31 m
Silos amidon	NA	NA	NA	7 m	37 m
Silos fibres	NA	NA	NA	7 m	29 m

NA : Non atteint

* Zones d'effet à considérer à partir du bord du silo

Conclusion :

(Cf. plan en **PJ26**)

L'ensemble des distances d'effets pression est maintenu dans les limites du site.

Aucun effet domino n'est à craindre sur les installations voisines.

3.3. ENSEVELISSEMENT LIÉ AUX SILOS DE STOCKAGE DE PRODUITS ORGANIQUES

Scénario étudié : Epanchage de produit suite à une rupture ou un effondrement de la paroi des silos.

Outil de modélisation : **Formulations empiriques du Guide Silo** (Cf. chapitre 3.1.2)

Hypothèses :

	SILOS GRAINES PRE NETTOYEES	SILOS GRAINES DECORTIQUEES	SILOS PROTEINES	SILOS AMIDON	SILO FIBRES
Type de capacité	Vertical métallique				
Hauteur totale de la cellule	16,68 m	20 m	21,09 m	21,075 m	21,075 m
Hauteur du niveau haut du cône	3,795 m	14,53 m	14,7 m	10,3 m	14,7 m
Hauteur du cône	2,375 m	4,11 m	3,85 m	3,85 m	3,85 m
Diamètre	5 m	5 m	5 m	5 m	5 m

Résultats :

Les résultats des calculs, basés sur la méthodologie mentionnée précédemment, sont présentés ci-dessous.

	DISTANCES D'ENSEVELISSEMENT *
Silos graines pré-nettoyées	14,66 m
Silos graines décortiquées	9,38 m
Silos protéines	13,68 m
Silos amidon	10,11 m
Silos fibres	10,10 m

* Zones d'effet à considérer à partir du bord du silo

Conclusion :

(Cf. plan en **PJ50**)

L'ensemble des distances d'ensevelissement est maintenu dans les limites du site.

3.4. EXPLOSION DES BACS DE STOCKAGE D'ALCOOL

Scénario étudié : Explosion des bacs de stockage d'alcool consistant en l'éclatement de capacités vides non dégazées dans lesquelles un mélange de vapeurs inflammables a pu se former (*explosion thermique*)

Outil de modélisation : **Formulations empiriques du GTDLI et Logiciel Fluidyn ASSESS-RISK** (Cf. **chapitre 3.1**)

Hypothèses :

Le scénario d'éclatement étudié est celui de l'explosion thermique ; scénario majorant en terme d'effets pression et de projections de débris.

Il est supposé que :

- Tous les dispositifs de détection de point chaud sont défaillants,
- Les bacs de stockage sont considérés vides et non dégazés.

Les caractéristiques des bacs prises en compte sont les suivantes.

	BAC 100 m ³	BAC 30 m ³	BAC 2 m ³
Type de capacité	Bacs fragibles		
Volume unitaire	100 m ³	30 m ³	2 m ³
Hauteur	8,4 m	5,7 m	2,3 m
Diamètre	3,9 m	2,65 m	1,1 m

Résultats :

Les résultats des calculs, basés sur la méthodologie mentionnée précédemment, sont présentés ci-dessous.

	DISTANCES D'EFFET PRESSION *				
	300 mbar	200 mbar (SELS)	140 mbar (SEL)	50 mbar (SEI)	20 mbar **
FORMULATIONS DU GTDLI					
Bac 100 m ³	NA	15 m	15 m	35 m	70 m
Bac 30 m ³	NA	10 m	10 m	15 m	30 m
Bac 2 m ³	NA	5 m	5 m	10 m	20 m
LOGICIEL FLUIDYN ASSESS-RISK					
Bac 100 m ³	6 m	8 m	10 m	23 m	46 m
Bac 30 m ³	4 m	6 m	7 m	15 m	30 m
Bac 2 m ³	4 m	4 m	4 m	10 m	20 m

NA : Non Atteint

* Zones d'effets prises en considération à partir du centre géométrique du bac

** Zone d'effets prise égale à 2 fois la distance d'effets à 50 mbar

Conclusion :

(Cf. plan en **PJ26**)

L'ensemble des distances d'effets pression est maintenu dans les limites du site.

Aucun effet domino n'est à craindre sur les installations voisines.

3.5. INCENDIE DE LA RÉTENTION DU STOCKAGE D'ALCOOL

Scénario étudié : Feu de nappe sur la cuvette de rétention du stockage alcool

Outil de modélisation : **FLUMILOG** (Cf. **chapitre 3.1.1**)

L'outil FLUMILOG a été utilisé pour la détermination des zones d'effets thermiques en cas de feu de cuvette comme cela est mentionné dans l'arrêté du 1^{er} juin 2015 dont relève le stockage d'alcool.

Hypothèses :

Il est supposé que :

- Tous les dispositifs de prévention d'épandage d'alcool et de présence de point chaud sont défectueux,
- La cuvette de rétention associée aux bacs de stockage est opérationnelles et les dimensions de la flaque d'alcool en feu sont limitées à la surface de la rétention,
- Le système de détection d'incendie et les moyens de protection incendie fixes (*refroidissement et extinction*) ne sont pas opérationnels.

Le stockage alcool est divisé en 3 sous-cuvette dont les dimensions sont les suivantes :

	FORME	LONGUEUR	LARGEUR
Sous-cuvette 1	Rectangulaire	18,2 m	7 m
Sous-cuvette 2 (stockage surfon)	Rectangulaire	18,2 m	13,9 m
Sous-cuvette 3 (stockage surfon déshydraté)	Rectangulaire	21,2 m	10 m

Deux scénarios ont été étudiés :

- Incendie de sous-cuvettes
- Incendie généralisée à toute la cuvette

La note de calcul FLUMILOG reprenant les hypothèses de calcul est joint en **Annexe 4.2.1**.

Résultats :

Les résultats sont présentés ci-dessous.

	DISTANCES D'EFFET THERMIQUES A HAUTEUR D'HOMME (1,80 m) *				
	15 kW/m ²	12 kW/m ²	8 kW/m ² (SELS)	5 kW/m ² (SEL)	3 kW/m ² (SEI)
Incendie de sous-cuvette					
Face Nord	12 m	14 m	18 m	26 m	34 m
Face Est	14 m	18 m	22 m	30 m	40 m
Face Sud	10 m	14 m	18 m	24 m	34 m
Face Ouest	10 m	14 m	18 m	26 m	34 m
Incendie généralisée					
Face Nord	8 m	12 m	16 m	22 m	30 m
Face Est	10 m	14 m	20 m	26 m	36 m
Face Sud	8 m	12 m	16 m	22 m	30 m
Face Ouest	10 m	14 m	18 m	26 m	36 m

* Distances à prendre en compte depuis les bords de la cuvette

Conclusion :

(Cf. plan en **PJ27**)

Les distances d'effets thermiques aux Seuils des Effets Létaux Significatifs et Létaux (*respectivement SELS - 8 kW/m² et SEL - 5 kW/m²*) sont maintenues dans les limites de propriété du site.

La distance d'effets thermiques au Seuil des Effets Irréversibles (*SEI - 3 kW/m²*) sort des limites du site au Nord au niveau du bassin d'infiltration B5N du Parc d'activités Synergie. Il s'agit ainsi d'une zone sans passage de personne.

Les effets thermiques au Seuil des Effets Dominos de 8 kW/m² n'atteignent aucune installation. Aucun effet domino n'est à craindre.

Les zones de stationnement des engins de secours sont situées en dehors des zones d'effets Létaux (*SELS - 8 kW/m², SEL - 5 kW/m²*).

3.6. EXPLOSION D'UN CAMION-CITERNE AU POSTE DE CHARGEMENT CAMION

Scénario étudié : Explosion thermique du camion-citerne dans lequel un mélange de vapeurs inflammables a pu se former.

Outil de modélisation : **Logiciel Fluidyn ASSESS-RISK** (Cf. **chapitre 1.1.1**)

Hypothèses :

DESIGNATION	VOLUME	HAUTEUR	DIAMETRE
Citerne routière	30 m ³	10 m	2 m

Résultats :

	DISTANCES D'EFFET PRESSION *				
	300 mbar	200 mbar (SELS)	140 mbar (SEL)	50 mbar (SEI)	20 mbar **
Citerne routière	4 m	6 m	7 m	15 m	30 m

ND : Non Déterminé

* Zones d'effets prises en considération à partir du centre géométrique de la citerne

** Zone d'effets prise égale à 2 fois la distance d'effets à 50 mbar

Conclusion :

(Cf. plan en **PJ26**)

L'ensemble des distances d'effets pression est maintenu dans les limites du site.

Aucun effet domino n'est à craindre sur les installations voisines à risque.

3.7. ECLATEMENT MÉCANIQUE DES COLONNES DES ATELIERS DE PRODUCTION ALCOOL

Scénario étudié : Eclatement des colonnes suite à montée en pression lente

Outil de modélisation : **Methodologie PROJEX – INERIS** (Cf. chapitre 1.1.1)

Hypothèses :

DENOMINATION	PRESSION DE SERVICE (BAR ABS)	VOLUME (M ³)
C530	1,9	11,1
C550	2	7,1
C551	2	7,1
C560	1,3	5,5
C561	1,3	0,8
C610	1,1	4
S621	0,75/1,8	6,6
S622	0,75/1,8	6,6

$P_{expl} = 2,5 \times P_{serv}$ pour un éclatement mécanique (source : INERIS Omega 15)

Résultats :

Les résultats sont présentés ci-dessous.

	DISTANCES D'EFFET PRESSION *				
	300 mbar	200 mbar (SELS)	140 mbar (SEL)	50 mbar (SEI)	20 mbar **
C530	10 m	10 m	10 m	25 m	50 m
C550	5 m	10 m	10 m	20 m	40 m
C551	5 m	10 m	10 m	20 m	40 m
C560	5 m	5 m	10 m	15 m	30 m
C561	5 m	5 m	5 m	10 m	20 m
C610	5 m	5 m	5 m	10 m	20 m
S621	5 m	10 m	10 m	20 m	40 m
S622	5 m	10 m	10 m	20 m	40 m

* Zones d'effets prises en considération à partir du centre géométrique de la colonne

** Zone d'effets prise égale à 2 fois la distance d'effets à 50 mbar

Conclusion :

L'ensemble des distances d'effets pression est maintenu dans les limites du site.

Aucun effet domino n'est à craindre sur les installations voisines à risque.

3.8. EXPLOSION THERMIQUE DES COLONNES DES ATELIERS DE PRODUCTION ALCOOL

Scénario étudié : Explosion thermique dans les colonnes dans lesquelles un mélange de vapeurs inflammables a pu se former

Outil de modélisation : **Méthodologie PROJEX – INERIS** (Cf. chapitre 1.1.1)

Hypothèses :

DENOMINATION	PRESSIION DE SERVICE (BAR ABS)	VOLUME (M ³)
C530	1,9	11,1
C550	2	7,1
C551	2	7,1
C560	1,3	5,5
C561	1,3	0,8
C610	1,1	4
S621	0,75/1,8	6,6
S622	0,75/1,8	6,6

$P_{expl} = 2 \times 2,5 \times P_{serv}$ pour une explosion d'ATEX (source : INERIS Omega 15)

Résultats :

Les résultats sont présentés ci-dessous.

	DISTANCES D'EFFET PRESSION *				
	300 mbar	200 mbar (SELS)	140 mbar (SEL)	50 mbar (SEI)	20 mbar **
C530	10 m	10m	15 m	30 m	60 m
C550	10 m	10 m	15 m	25 m	50 m
C551	10 m	10 m	15 m	25 m	50 m
C560	5 m	5 m	10 m	15 m	30 m
C561	5 m	5 m	5 m	10 m	20 m
C610	5 m	5 m	5 m	10 m	20 m
S621	10 m	10 m	20 m	25 m	50 m
S622	10 m	10 m	20 m	25 m	50 m

* Zones d'effets prises en considération à partir du centre géométrique de la colonne

** Zone d'effets prise égale à 2 fois la distance d'effets à 50 mbar

Conclusion :

(Cf. plan en **PJ26**)

L'ensemble des distances d'effets pression est maintenu dans les limites du site.

Aucun effet domino n'est à craindre sur les installations voisines à risque.

3.9. INCENDIE DU MAGASIN DE L'ENTREPÔT

Scénario étudié : Incendie des magasin de stockage emballages et produits finis conditionnés

Outil de modélisation : **FLUMILOG** (Cf. **chapitre 3.1.1**)

Hypothèses :

Il est supposé que le système de détection d'incendie et les moyens d'extinction ne sont pas opérationnels.

Les notes de calcul FLUMILOG reprenant les hypothèses de calcul sont jointes en **Annexe 4.2.2**.

Pour le stockage des produits finis, les racks prévus sur le site sont considérés comme des racks simples.

Dans ce cas, le paramétrage de racks simples dans le logiciel étant impossible, l'INERIS préconise d'assimiler les racks simples réels à des racks doubles de quantité et de largeur identiques dans le logiciel, et de définir des caractéristiques de palettes cohérentes avec cette configuration en considérant des palettes de longueur et de masse divisées par deux.

Les caractéristiques de combustibilité des protéines et des fibres stockées n'étant pas connues, le choix a été fait d'utiliser les palettes type rubrique 1510. Toutefois, cette solution va entraîner des résultats majorants en terme de flux thermiques. En effet, les caractéristiques de la palette, dimensions et composition, sont de fait fixées et la préconisation de l'INERIS de diviser par deux les longueurs et masse de la palette ne pourra donc être suivie. On aura donc un doublement de la charge combustible.

Résultats :

Les résultats sont présentés ci-dessous.

	DISTANCES D'EFFET THERMIQUES A HAUTEUR D'HOMME (1,80 m)*				
	15 kW/m ²	12 kW/m ²	8 kW/m ² (SELS)	5 kW/m ² (SEL)	3 kW/m ² (SEI)
Façade Sud	NA	NA	NA	NA	16 m
Façade Nord (au niveau des portes de quai)	NA	NA	4 m	6 m	8 m
Façade Est	8 m	10 m	14 m	18 m	26 m
Façade Ouest	2 m	6 m	10 m	16 m	24 m

* Distances à prendre en compte depuis les bords du périmètre de la zone de stockage de produits finis

La durée d'incendie sera de 104 minutes. Compte tenu de la résistance au feu des parois coupe-feu, le risque de propagation n'est donc pas à considérer.

Une modélisation a été également effectuée à mi-hauteur de flamme (hauteur de stockage x1,5 / 2, soit 5,9 m) ainsi qu'en point haut du bâtiment (9,9 m). Elles sont reprises dans le tableau ci-dessous.

	DISTANCES D'EFFET THERMIQUES A HAUTEUR D'HOMME (5,90 m/9,9 m)*				
	15 kW/m ²	12 kW/m ²	8 kW/m ² (SELS)	5 kW/m ² (SEL)	3 kW/m ² (SEI)
Façade Sud	NA/6 m	NA/6 m	6 m/10 m	12 m/14 m	20 m/20 m
Façade Nord	NA	NA	NA	NA/6 m	NA/12 m
Façade Est	8 m/10 m	12 m/12 m	16 m/16 m	20 m/22 m	28 m/28 m
Façade Ouest	4 m/8 m	8 m/10 m	14 m/14 m	18 m/20 m	26 m/26 m

* Distances à prendre en compte depuis les bords du périmètre de la zone de stockage de produits finis

Pour le local de stockage emballages, aucune zone d'effets n'est constatée en dehors du local.

Conclusion :

(Cf. plan en **PJ27**)

L'ensemble des distances d'effets thermiques est maintenu dans les limites du site.

Comme indiqué précédemment, il convient de rappeler que les résultats obtenus sont majorants au regard des hypothèses prises sur les caractéristiques des palettes (doublement de la charge combustible). Les impacts réels devraient être moindres.

Au Sud-Est, certains équipements du conditionnement, présents dans le bâtiment mitoyen pourraient être impactés par les flux supérieurs au seuil d'effets dominos de 8 kW/m² entraînant un risque de dégradation des équipements.

Le bâtiment moulin, mitoyen à la zone conditionnement, étant séparé sur toute sa hauteur et largeur par un mur coupe-feu REI120, le risque d'effets dominos sur ses installations n'est pas à craindre.

A l'Ouest, les silos fibres pourraient également être impactées, ce qui pourraient entraîner leur ruine ou leur explosion. Les zones d'effets associés ont été déterminées (Cf. **chapitres 3.2 et 3.3**) et sont maintenues dans les limites du site.

4. ANNEXES

4.1. METHODOLOGIE LOGICIEL TRANSOFT FLUIDYN – ASSESS RISK

FLUIDYN / Assess-Risk
-
Méthodologie

SOMMAIRE

I.	RISQUE INCENDIE	3
I.1	FEUX DE NAPPE ET FEU DE BAC.....	3
I.2	JET FIRE	4
I.3	BOILOVER.....	5
II.	RISQUE EXPLOSION	7
II.1	EXPLOSION D'UN BAC ATMOSPHERIQUE.....	7
II.2	EXPLOSION D'UNE CAPACITE SOUS PRESSION.....	9
II.3	UVCE.....	10
III.	RISQUE BLEVE (BOILING LIQUID EXPANDING VAPOUR EXPLOSION)	14
III.1	DEFINITION	14
III.2	DETERMINATION DES EFFETS DE SURPRESSION	14
III.3	DETERMINATION DES EFFETS THERMIQUES.....	15

Le logiciel ASSESS-RISK commercialisé par la société FLUIDYN est utilisé pour la détermination des zones d'effets. Ce logiciel a été élaboré à la demande de l'Union Française des Industries Pétrolières (UFIP) selon la méthodologie du "Guide Bleu". Ce guide méthodologique étant élaboré pour la réalisation des études de dangers en raffineries, stockages et dépôts de produits liquides et liquéfiés inflammables.

I. RISQUE INCENDIE

I.1 Feux de nappe et feu de bac

La détermination des flux thermiques émis par un feu de nappe est basée sur deux paramètres importants du comportement de la flamme ; à savoir :

- La géométrie de la flamme (hauteur de flamme),
- Le pouvoir émissif de la flamme (flux initial).

Hauteur de flamme (Hf) :

La hauteur de flamme est déterminée par la formule de Thomas. Cette formule expérimentale a été validée sur feu de bûcher.

$$Hf = 42 \times D \left(\frac{m''}{\rho_a \times (g \times D)^{1/2}} \right)^{0,61}$$

Avec :

m'' : Taux de combustion (kg/m².s – formule de BABRAUSKAS et BURGESS).

ρ_a : Densité de l'air (1,23 kg/m³).

g : Accélération de la pesanteur (m/s²).

D : Diamètre équivalent de la surface prise en considération.

Flux initial (SEP_{act}) :

Le flux initial émis par une nappe en feu est déterminé à partir de la formule de MUDAN issue du « Guide Bleu ».

$$SEP_{act} = 140000 \times e^{(-0,12 \times D)} + 20000 \times (1 - e^{(-0,12 \times D)})$$

Avec :

D : Diamètre équivalent de la surface prise en considération.

Détermination des flux thermiques à distance :

$$\Phi = \tau_a \times F_{vue} \times SEP_{act}$$

Avec :

F_{vue} : Facteur de vue géométrique

SEP_{act} : Flux initial (W/m²).

t_a : Facteur de transmissivité (formule de BRZUSTOWSKI et SOMMER).

$$\tau_a = 2.02 \times (P_w \times x)^{0,09}$$

Avec :

P_w : Pression de vapeur.

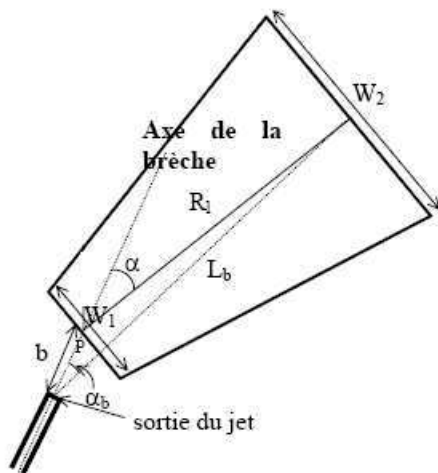
x : Distance d'éloignement par rapport au flux initial.

1.2 Jet fire

Le modèle de Chamberlain (1987) est utilisé pour la détermination des jets enflammés. C'est un modèle de surface type flamme solide (conique ou cylindrique) à SEP uniforme.

Ce modèle permet de réaliser une description des variations de la flamme et de la puissance émettrice en fonction de la vitesse d'éjection et du vent. Ce modèle prend en compte :

- ✓ La nature du produit,
- ✓ La température et l'humidité ambiante,
- ✓ L'élévation du rejet,
- ✓ La direction du rejet, l'angle du vent avec l'axe du jet,
- ✓ La vitesse du vent.



- Détermination de la vitesse du jet : $U_j = M_j \times (\gamma \times R \times T_j / W_g)$
- Détermination du diamètre effectif de l'orifice du jet : $D_s = \left(\frac{4 \times m'}{\pi \times \rho_{air} \times u_j} \right)^{\frac{1}{2}}$
- Détermination de la longueur de la flamme : $L_b = L_{bo} \times [0,51 \times E^{(-0,4 \times u)} + 0,49] \times [1 - 6,07 \cdot 10^3 (\theta - 90)]$
Avec :
 L_{bo} : Longueur de flamme dans l'air au repos (m)
 u : Vitesse du vent (m/s).
- Détermination de l'angle du jet :

Si $u/u_j < 0,05$, la longueur de flamme est commandée par la vitesse d'éjection :

$$\alpha = (\theta - 90) \times \left[1 - E^{\left(-25,6 \times \frac{u}{u_j} \right)} \right] + \frac{8000 \times \frac{u}{u_j}}{Ri(L_{bo})}$$

Avec : $Ri = nb$ de Richardson (inverse de la racine cubique du nb de Froude)

Si $u/u_j > 0,05$, la longueur du jet est commandée par la vitesse du vent :

$$\alpha = (\theta - 90) \times \left[1 - E^{\left(-25,6 \times \frac{u}{u_j} \right)} \right] + \frac{1726 \times \left(\frac{u}{u_j} - 0,026 \right)^{0,5} + 134}{Ri(L_{bo})}$$

- ▣ Détermination du décollement b du jet de la brèche.
- ▣ Détermination de la longueur du cône tronqué $R1$.
- ▣ Détermination des dimensions $W1$ et $W2$ (petite et grande base de la flamme).
- ▣ Détermination de la surface rayonnante du jet enflammé (approximation à un cylindre de largeur moyenne $(W1+W2)/2$).

$$A = \pi/2 \times ((W_1 + W_2)/2)^2 + \pi \times Rl \times ((W_1 + W_2)/2)$$

- ▣ Calcul de la radiance du jet : $SEP_{\max} = \frac{F_s \times Q'}{A}$ (Rq : SEP maximum : 400 kW/m²)

Avec :

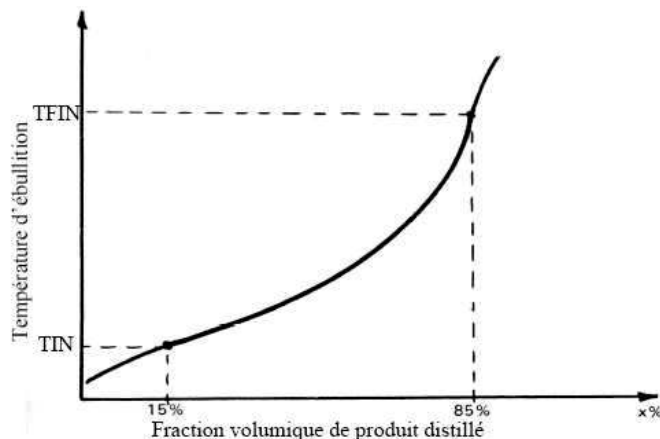
Fraction radiative du jet (formule SHELL) : $F_s = 0,21 \times E^{(-3,23 \times 10^{-3} \times u_j)} \times F_{Wg}$

- $F_{wg} = 1$ si $Wg < 21$ g/mol
- $F_{wg} = (Wg/21) \times 0,5$ si 21 g/mol $< Wg < 60$ g/mol
- $F_{wg} = 1,69$ si 21 g/mol $< Wg < 60$ g/mol

1.3 Boilover

Les conditions d'apparition de ce phénomène accidentel sont les suivantes :

- ✗ Conditions de l'onde de chaleur :
 - ✓ Toit déjà détruit ou expulsé et présence d'un feu de bac.
 - ✓ Plage d'ébullition large pour la constitution du front de chaleur qui pénètre en profondeur (Tin et Tfin de distillation) = composition de corps purs différents ($\Delta T_{éb} > 60^\circ\text{C}$ au delà de 393K).



- ✓ Vitesse de descente de l'onde supérieure au taux de régression du foyer.
- ✗ Critères de viscosité :
 - ✓ Conditions d'étanchéité suffisante à l'interface vapeur/hydrocarbure liquide
 - ✓ Viscosité cinématique (393K) $> \nu$ kérosène = 0,73 cst
- ✗ Critère de température d'ébullition :

Température moyenne d'ébullition de l'hydrocarbure $> 393\text{K}$ (T° ébullition de l'eau à la pression d'interface au fond du bac)

× Facteur de propension :

$$PBO = \left[\left(1 - \frac{293}{T_{bul}} \right) \times \left(\frac{\Delta T_{bul} > 393K}{60} \right) \times \left(\frac{\nu_{HC}}{0,73} \right) \right]^{\frac{1}{3}}$$

Avec :

T_{bul} : Température d'ébullition (K).

ν : Viscosité cinématique.

- ✓ Si PBO > 0,6 : Calculs des effets obligatoires,
- ✓ Si PBO ≈ 0,6 : Calculs des effets par prudence,
- ✓ Si PBO < 0,6 : Calculs des effets non nécessaires.

PROPENSION AU BOILOVER EN CAS DE FEU DE BAC

PRODUIT	TBUL _{HC} (K)	PLAGE D'EBULLITION	ΔT _{boil} > 393 K	ν _{HC} (cSt)	PBO	BOILOVER
Brut lourd	621	368-1047	654	5,2	6,76	Oui
Brut moyen	556	348-888	495	2,8	4,24	Oui
Fuel oil N.2	544	453-653	200	10	3,48	Oui
Fuel oil N.1	539	450-647	197	7	3,03	Oui
Gazole	506	473-633	160	0,81	1,2	Oui
Kérosène	441	408-478	70	0,73	0,53	Non
Naphta	437	418-458	40	0,41	0,29	Non
TR4	395	323-473	80	0,73	0,355	Non
Essence	405,5	363-453	60	0,37	-0,250	Non

Les phénomènes à quantifier sont les suivants :

× Développement d'un volume de vapeur par effet piston :

- ✓ Masse volumique de la vapeur = Masse volumique de l'eau/2000.
- ✓ Vitesse du piston.

× Quantité d'hydrocarbure participant à la boule de feu :

- ✓ Vitesse de combustion de l'hydrocarbure < vitesse de l'onde de chaleur.
- ✓ Masse d'hydrocarbure restant ie non brûlée au moment du déclenchement du boilover (elle dépend de la nature et de propriétés de l'hydrocarbure).
- ✓ Hypothèse simplificatrice : Masse restante se vaporise et participe à la boule de feu (pas d'épandage).

× Formation de la boule de feu :

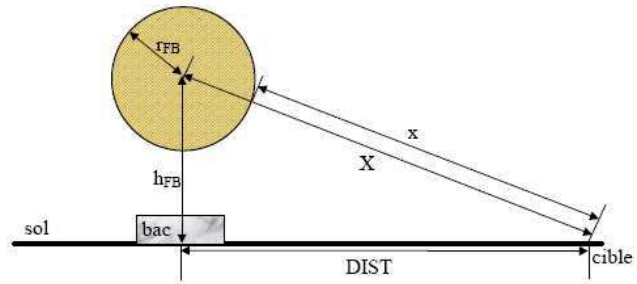
- ✓ Φ₀=150 KW/m² soit T=11.443 K.
- ✓ Combustion laminaire à la LSI.
- ✓ Calcul de la durée de vie de la boule de feu.
- ✓ Calcul de la hauteur du centre de la boule.

× Effets thermiques du boilover :

- ✓ Atténuation atmosphérique.
- ✓ Facteur de vues.
- ✓ Doses thermiques reçues et comparaison aux seuils 1800, 1000 et 600 (KW/m²)^{4/3}.s par calcul itératif.

$$\Phi_{léta} (kW / m^2) = \Phi(X_{léta}) = \left(\frac{r_{FB}}{X_{léta}} \right)^2 \tau(x_{léta}) \Phi_0$$

$$\Phi_{irr} (kW / m^2) = \Phi(X_{irr}) = \left(\frac{r_{FB}}{X_{irr}} \right)^2 \tau(x_{irr}) \Phi_0$$



II. RISQUE EXPLOSION

II.1 Explosion d'un bac atmosphérique

Energie résiduelle (Ener) :

L'énergie résiduelle issue d'une explosion est déterminée de la manière suivante :

$$Ener = Emis + Echo$$

Avec :

Ener : Energie résiduelle (J).

Emis : Energie de fragmentation/missiles (J).

Echo : Energie de l'onde de choc (J).

$$Emis = F \times \left(\frac{\Delta P \times V}{K_1} \right)$$

$$Echo = (1 - F) \times \left(\frac{\Delta P \times V}{K_1} \right)$$

Avec :

F = 0,6 pour une rupture ductile.

F = 0,2 pour une rupture fragile.

ΔP : Pression de rupture (75 mbar pour bac fragile et 1 bar pour bac non fragile).

K₁ : Constante variant en fonction du type de rupture (Cf. tableau ci-dessous).

	K1
→ rupture fragile	(γ - 1)
→ rupture ductile	(γ - 1) (1 + ε _{fr}) ^{3γ-3}

Détermination des zones de surpression :

Le **modèle TNO** fournit un faisceau de courbes liant la surpression positive à la distance réduite pour l'éclatement d'enceintes, avec pour paramètres la pression d'éclatement et le rapport des vitesses du son à pression d'éclatement et à pression atmosphérique.

On en extrapole : $r'' = \lambda r_0 \rightarrow \lambda = \frac{r''}{r_0}$

Avec :

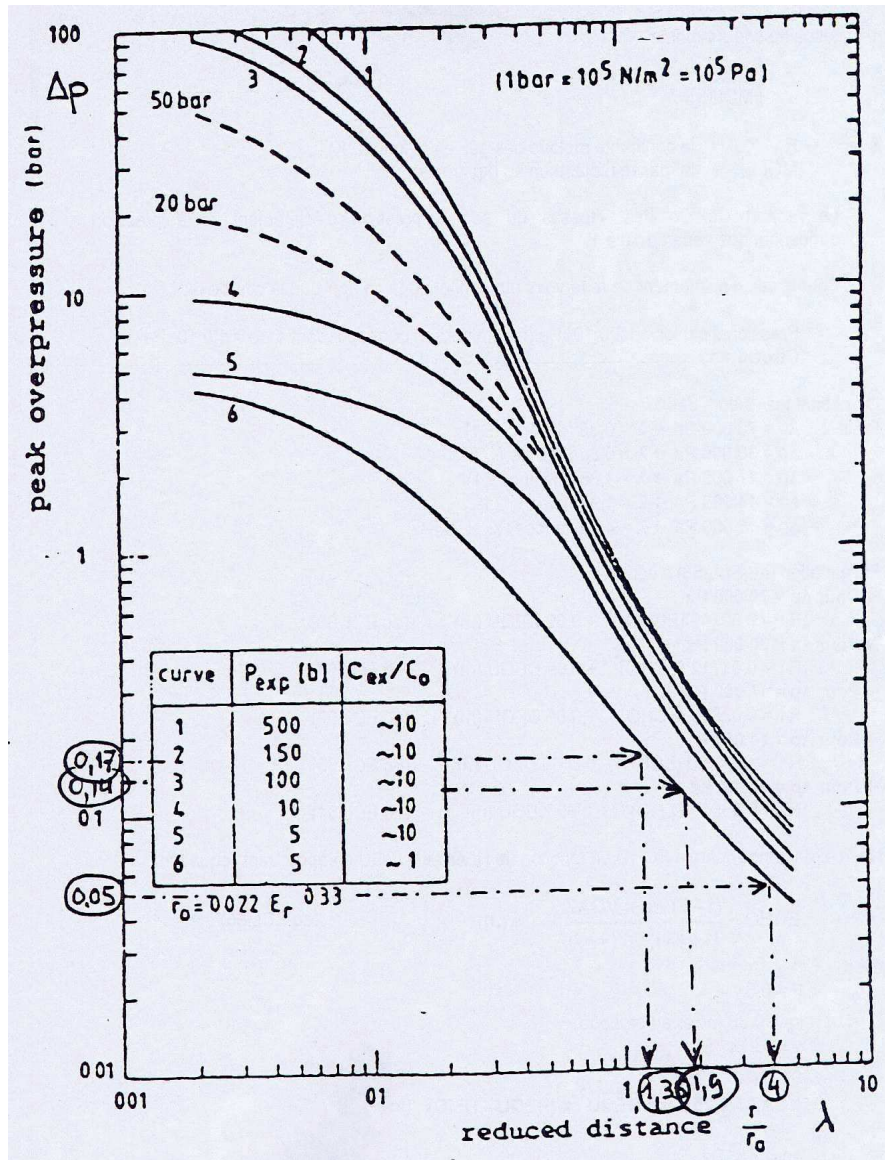
Distance réduite (m) : $r'' = d - \frac{DEQU}{2} (1 + \epsilon_{fr})$

Distance à la paroi en déformation (m) : $r_0 = \left[\frac{Echo}{P_{ATM}} \right]^{1/3}$

Echo : Energie de l'onde de choc (J).

ϵ_{fr} : Taux d'élongation du matériau (0,06 pour les aciers spéciaux, 0,38 pour les aciers de carbone).

$Ri = \lambda i \times 0,0214 (Echo)^{1/3} + 0,69 DEQU$



II.2 Explosion d'une capacité sous pression

Utilisation du concept d'**équivalent TNT** sans toutefois différencier le champ proche du champ lointain (méthode TAC-TNT et Baker).

Application de l'abaque TNT TM5-1300 pour les surpressions en champ libre pour une explosion de TNT posée au sol.

Calcul de l'équivalent TNT :

$$M_{TNT} = \frac{(1 - F) \times \Delta P \times V_{gaz}}{K_1 \times Q_{TNT}}$$

Avec :

$F = 0,6$ pour une rupture ductile.

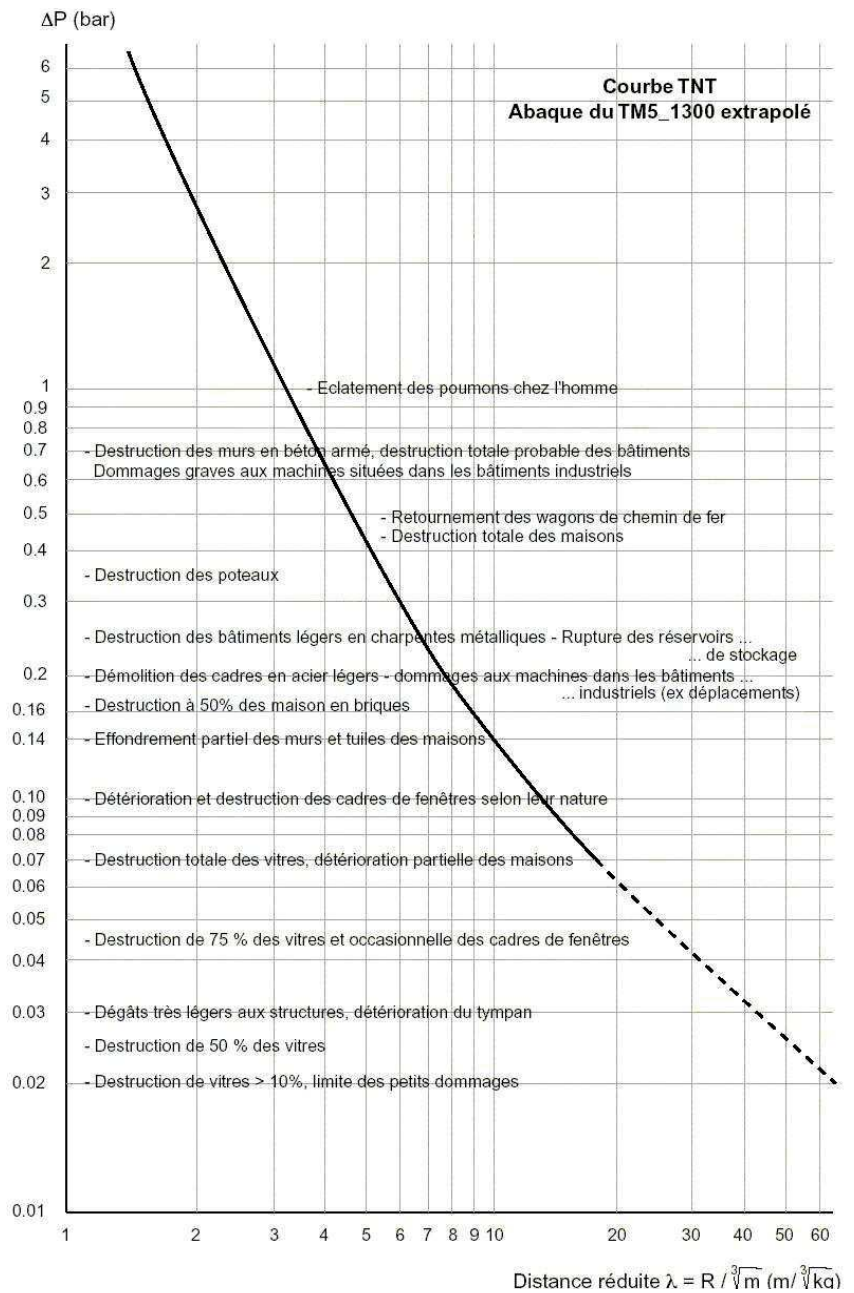
$F = 0,2$ pour une rupture fragile.

ΔP : Pression de rupture
(2,5*Pression de service).

Q_{TNT} : Chaleur de combustion du TNT ($Q_{TNT} = 4,69.10^6$ J/kg).

K_1 : Constante variant en fonction du type de rupture (Cf. tableau ci-dessous).

	K1
rupture fragile	$(\gamma - 1)$
rupture ductile	$(\gamma - 1) (1 + \epsilon_{fr})^{3\gamma-3}$



II.3 UVCE

Modèle Multi-Energie

✓ Procédure de calcul

- 1) Dispersion du nuage explosif sur le site siège de l'accident
- 2) Estimation du volume de gaz explosible dans les zones encombrées ou non
- 3) Estimation de l'énergie d'explosion sur la base d'une densité d'énergie moyenne dans chacune des parties inflammables du nuage (légèrement surestimé)
- 4) Choix de la sévérité de l'explosion
- 5) Utilisation des courbes multi-énergie et calcul des distances aux effets

P_b : identification des limites de zones encombrées et choix des numéros de courbes. La méthode multi énergie à la différence de la méthode CAM et Strehlow/Baker propose une procédure explicite. Cette méthode permet entre autre de définir si une ou plusieurs explosions ont lieu (confirmation par expérience du TNO) et le choix du degré de violence de l'explosion.

1) Dispersion du nuage explosif sur le site siège de l'accident :

- ✓ Influence des conditions de fuite (température, vitesse de fuite, ...).
- ✓ Influence des conditions météorologiques (vitesse et direction du vent, température ambiante, conditions de stabilité, ...).
- ✓ Influence du terrain (relief, bâtiments, ...).

2) Estimation du volume de gaz explosible dans les zones encombrées ou non :

Zones de 2 types:

- ✓ Les zones ou îlots sources qui offrent à la fois un volume comprenant des obstacles et une ou des sources potentielles de vapeurs inflammables.
- ✓ Les zones ou îlots pièges qui offrent un volume comprenant des obstacles à un nuage en phase gazeuse ou vapeur provenant de zones ou îlots sources distincts de l'îlot considéré. Il ne peut être rempli que par du gaz ou des vapeurs inflammables venant d'ailleurs, mais en cas d'inflammation être le seul siège de l'explosion.

3) Estimation de l'énergie d'explosion sur la base d'une densité d'énergie moyenne dans chacune des parties inflammables du nuage :

Calcul du rayon R_o du nuage hémisphérique équivalent (m).

$$R_o = (3 V / 2\pi)^{1/3}$$

Calcul de l'énergie de combustion du mélange par unité de volume (J).

Valeur moyenne de $3,7 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3$.

$$E = 3,7 \cdot 10^6 \times V$$

Calcul du rayon caractéristique R_c (m).

$$R_c = (E/P_o)^{1/3}$$

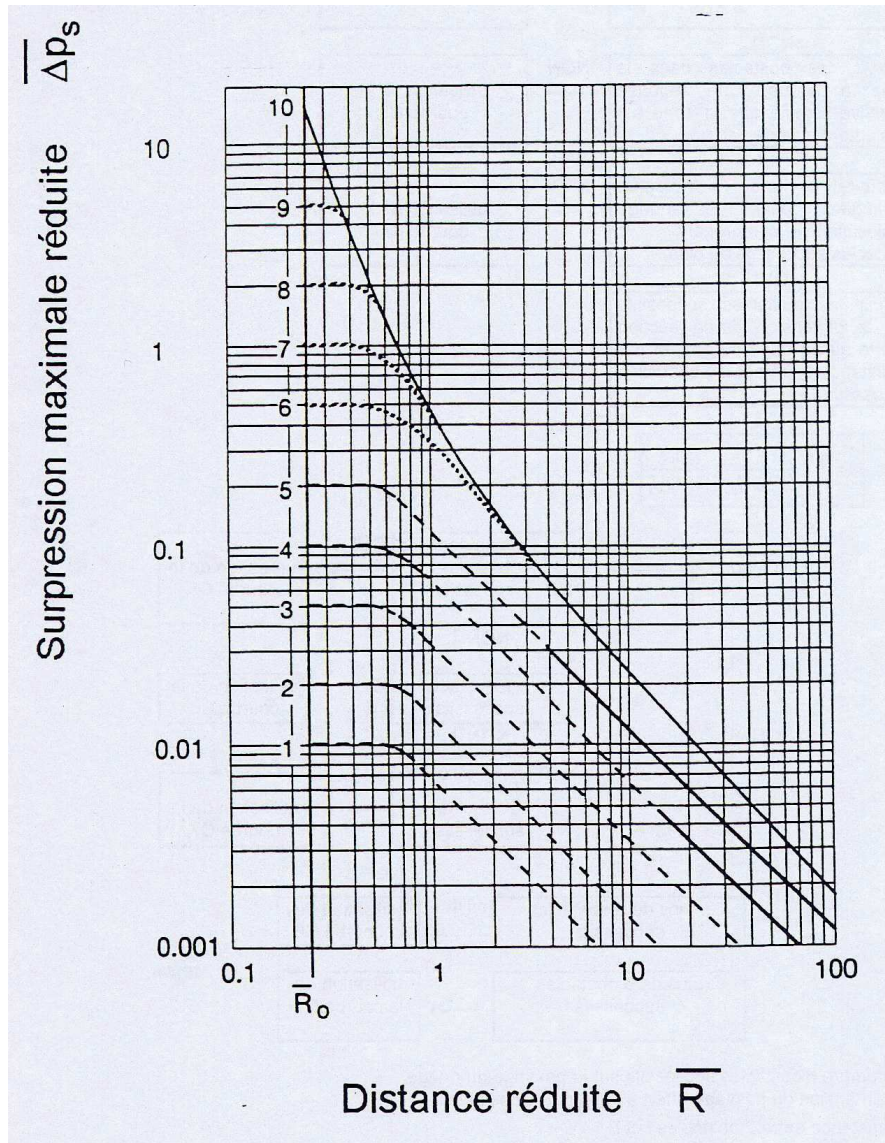
$$P_o = 101.325 \text{ Pa}$$

Détermination de la distance réduite R (m).

$R = x / R_c$ (avec x : distance par rapport au centre du nuage).

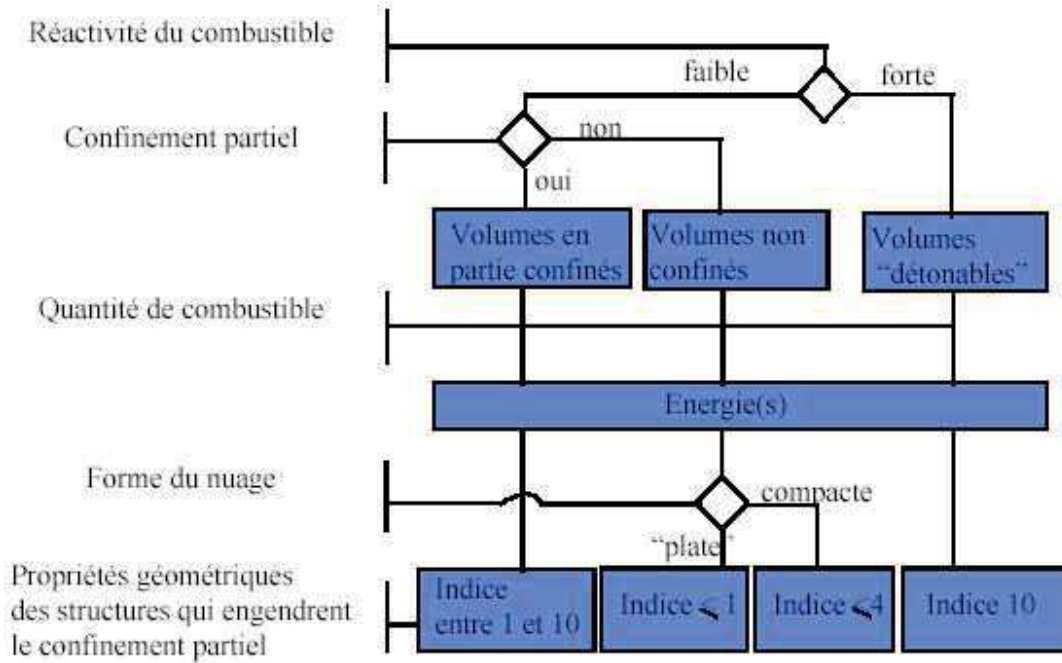
4) Choix de la sévérité de l'explosion :

- ✓ Méthode GUIDE BLEU (2002) :



Indice de la méthode (-)	Surpression maximale correspondante	
	(kPa)	(mbar)
1	1	10
2	2	20
3	5	50
4	10	100
5	20	200
6	50	500
7	100	1000
8	200	2000
9	500	5000
10	2000	20000

✓ Méthode VAN DEN BERG (1985) :



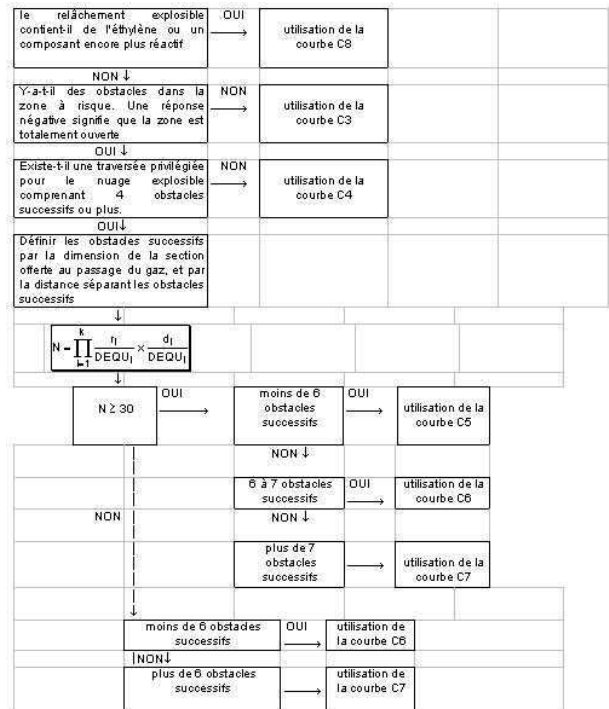
✓ Méthode KINSELLA (1993) :

Energie d'inflammation		Le degré d'encombrement			Le degré de confinement		Indice
faible	forte	fort	faible	inexistant	existant	inexistant	
	×	×			×		7 - 10
	×	×				×	7 - 10
×		×			×		5 - 7
	×		×		×		5 - 7
	×		×			×	4 - 6
	×			×	×		4 - 6
×		×				×	4 - 5
	×			×		×	4 - 5
×			×		×		3 - 5
×			×			×	2 - 3
×				×	×		1 - 2
×				×		×	1

✓ **Méthode UFIP/CAM (MODÈLE SHELL) :**

Pour le modèle CAM, si le mélange est différent de air/propane (correction sur Δp_{max})

Combustible gazeux (-)	Facteur de correction F (-)
méthane	0,6
toluène	0,7
pentane	1
cyclohexane	1
butane	1
propane	1
méthanol	1
acétone	1
benzène	1
éthanol	1,5
propylène	1,5
butadiène	2
éthylène	3



5) **Calcul des distances aux effets :**

- ✓ La localisation de l'explosion peut être éloignée de la fuite.
- ✓ On ramène le nuage explosif à un volume hémisphérique centré sur le point d'inflammation.
- ✓ En cas d'explosions simultanées, il peut y avoir composition d'ondes (somme des surpressions obtenues ou somme des énergies dans le cas de volume égaux et de degré de violence similaire): pas d'obligation de prise en compte pour l'évaluation du risque encouru.

Détermination des effets pression :

Pour des seuils prédéterminés de ΔP_+ , les courbes peuvent être quantifiées par une équation du type :

$$Ri = k(\Delta P_+) \times V^{1/3}$$

Détermination des flux thermiques :

Dans le cadre des UVCE, les flux thermiques ont des conséquences mineures (effets létaux dans le nuage et phénomène très bref).

Pour les flux thermiques, la zone létale (5 kW/m^2) à retenir équivaut à la distance à la LIE du nuage de gaz dispersé.

III. RISQUE BLEVE (BOILING LIQUID EXPANDING VAPOUR EXPLOSION)

III.1 Définition

Vaporisation explosive, d'une masse de gaz liquéfié, brutalement dépressurisée par rupture de l'enveloppe d'une capacité sous pression. Quand les produits sont de nature inflammable, une boule de feu survient.

Conditions d'apparition du phénomène :

Si $T < T_{LS}$: BLEVE froid (absence de boule de feu),

Si $T > T_{LS}$: BLEVE chaud (boule de feu issue d'un incendie d'origine externe).

Avec :

T_{LS} = Température Limite de Surchauffe ($T_{LS} = 0,895 * T_{critique} - T_{LS} \text{ du Propane} : 53^{\circ}\text{C}$).

III.2 Détermination des effets de surpression

Effet de souffle dû à la détente de la phase vapeur :

- × Energie disponible pour l'onde de choc :

$$E_{CH} = (1 - F) \frac{\Delta p \times V}{(1 + \varepsilon_{fr})^{3\gamma-3} \times (\gamma - 1)}$$

Avec :

$F = 0,6$ pour une rupture ductile.

$F = 0,2$ pour une rupture fragile.

γ : Rapport des chaleurs spécifiques du gaz.

ε_{fr} : Taux d'élongation du matériau (0,06 pour les aciers spéciaux, 0,38 pour les aciers de carbone).

- × Détermination des zones de surpression :

Utilisation du concept d'**équivalent TNT** sans toutefois différencier le champ proche du champ lointain (méthode TAC-TNT et Baker).

Application de l'abaque TNT TM5-1300 pour les surpressions en champ libre pour une explosion de TNT posée au sol.

Calcul de l'équivalent TNT :

$$M_{TNT} = \frac{(1 - F) \times \Delta p \times V_{gaz}}{K_1 \times Q_{TNT}}$$

Avec :

$F = 0,6$ pour une rupture ductile.

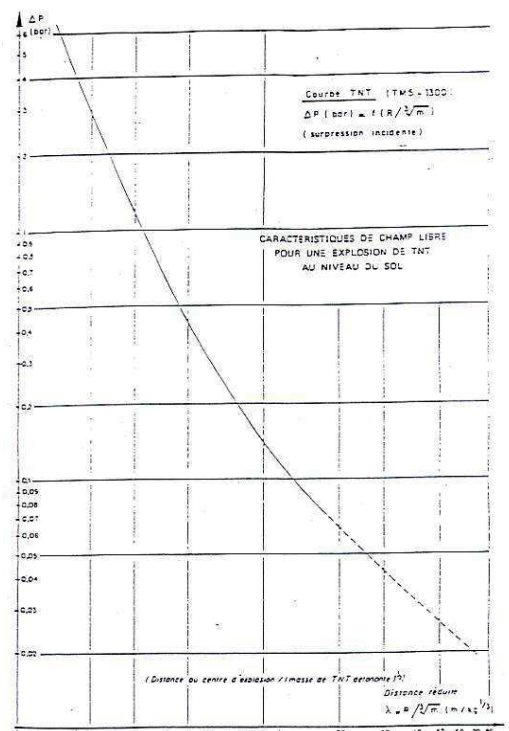
$F = 0,2$ pour une rupture fragile.

K_1 : Constante variant en fonction du type de rupture (Cf. tableau ci-dessous).

	K1
→ rupture fragile	$(\gamma - 1)$
→ rupture ductile	$(\gamma - 1) (1 + \varepsilon_{fr})^{3\gamma-3}$

Δp : Pression de rupture (2,5*Pression de service).

Q_{TNT} : Chaleur de combustion du TNT ($Q_{TNT} = 4,69.10^6$ J/kg).



Effet de souffle du flash adiabatique :

- ✗ La surchauffe ΔT a été calculée.
- ✗ On choisit la courbe correspondant à la surchauffe directement supérieure à la ΔT calculée.
- ✗ Pour un seuil $\Delta p+i$ prédéterminé on extrapole le λ_i .

$$\lambda = R / (2xMFLU)^{1/3} \quad R_{i2} = \lambda_{i2} (2xMFLU)^{1/3}$$

- ✗ Évolution logarithmique de la surpression avec la distance réduite.

Pour une courbe $\Delta T \neq 10, 20, 50, 100, 150$ ou 200, avec $\Delta T_k < \Delta T < \Delta T_{k+1}$, on interpole linéairement entre les courbes ΔT_k et ΔT_{k+1}

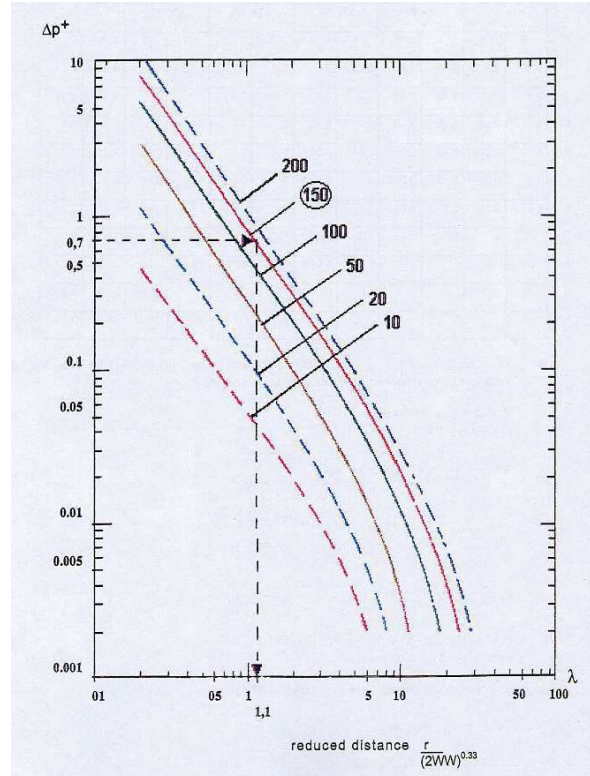
$$\Delta P^+ = \Delta P^+_k = \Delta P^+_{k+1}$$

On obtient λ_k et λ_{k+1} avec

$$\lambda_k = \exp\left(\frac{\ln \Delta P^+ - b_k}{a_k}\right)$$

$$\lambda_{k+1} = \exp\left(\frac{\ln \Delta P^+ - b_{k+1}}{a_{k+1}}\right)$$

$$K = \frac{\Delta T - \Delta T_k}{\Delta T_{k+1} - \Delta T_k} \quad \rightarrow \quad \lambda = (1 + K) * \lambda_k$$



Après avoir modélisé les effets de souffle de la détente de la phase gazeuse et du flash isentropique de la phase liquide, on retient la valeur :

$$R_i = M_{ax}(R_{i1}; R_{i2})$$

III.3 Détermination des effets thermiques

Les effets radiatifs engendrés par la boule de feu dépendent :

- ✓ du diamètre de la boule de feu qui est une fonction du temps,
- ✓ du diamètre maximum atteint par la boule de feu,
- ✓ de la hauteur du centre de la boule de feu,
- ✓ de la radiance de la boule de feu,
- ✓ de la durée de vie ou temps de combustion de la boule de feu,

- ✓ Le modèle de quantification phénoménologique présenté reprend le concept et les équations du modèle SHELL mis au point par S.SHIELD à partir des essais du British Gas et d'hypothèses simplificatrices. Ce modèle est un modèle dynamique qui prend en compte chacune des 5 étapes de développement de la boule de feu. **Il n'est applicable qu'au Butane, Propane et Propylène** (autres modèles basés sur relations empiriques et état stationnaire: TNO, CCPS...).
- ✓ Les effets radiatifs sur la population dépendent de l'intensité du rayonnement (densité de flux thermiques ϕ) et de la durée d'exposition t: notion de doses thermiques
- ✓ Les effets sur l'homme (létalité considérée pour le décès de 1% de la population, brûlures significatives, douleur...) dépendent de nombreux facteurs (nature des surfaces exposées, âge des personnes, accès aux soins, obstacles aux rayonnements...)
- ✓ Pour que l'effet donné se produise, il faut la relation $\phi.n.t \geq E$ (hypothèse que E est une constante = notion d'ergodicité)
- ✓ Le flux thermique est instationnaire sur la durée du phénomène (de l'ordre de la minute), on a donc:

$$I = \int \phi(t)^n .dt \quad \text{Avec } n=4/3$$

4.2. NOTES DE CALCUL FLUMILOG

4.2.1. Stockage alcool

FLUMilog

Interface graphique v.5.6.1.0

Outil de calculV5.61

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	
Société :	
Nom du Projet :	INTACT_Stockage_alcool_cuvette_1687511121
Cellule :	
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	23/06/2023 à 11:04:24 avec l'interface graphique v. 5.6.1.0
Date de création du fichier de résultats :	23/6/23

I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

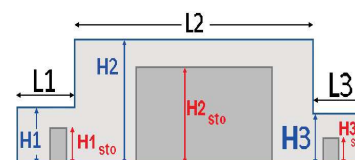
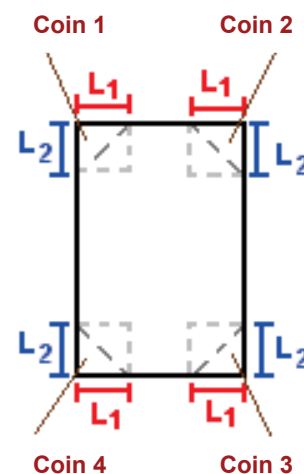
Hauteur de la cible : **1,8 m**

Données murs entre cellules

REI C1/C2 : **240 min** ; REI C1/C3 : **240 min**

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :Cellule n°1			
Longueur maximum de la cellule (m)	7,0		
Largeur maximum de la cellule (m)	18,2		
Hauteur maximum de la cellule (m)	1,5		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	1
Résistance au feu des pannes (min)	1
Matériaux constituant la couverture	Fibrociment
Nombre d'exutoires	21
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Stockage de la cellule : Cellule n°1

Mode de stockage **LI**
 Masse totale de liquides inflammables **96 t**



Palette type de la cellule Cellule n°1

Dimensions Palette

Longueur de la palette : **Sans Objet**
 Largeur de la palette : **Sans Objet**
 Hauteur de la palette : **Sans Objet**
 Volume de la palette : **Sans Objet**
 Nom de la palette : **Ethanol** Poids total de la palette : **Par défaut**

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette : **Sans Objet**
 Puissance dégagée par la palette : **Sans Objet**

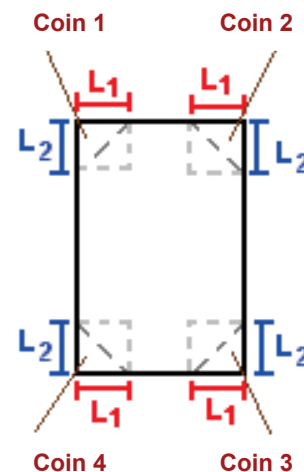
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

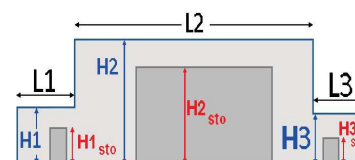
Hauteur de la cible : **1,8 m**

Géométrie Cellule2

Nom de la Cellule :Cellule n°2				
Longueur maximum de la cellule (m)		13,9		
Largeur maximum de la cellule (m)		18,2		
Hauteur maximum de la cellule (m)		1,9		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	



Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	1
Résistance au feu des pannes (min)	1
Matériaux constituant la couverture	Fibrociment
Nombre d'exutoires	42
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Stockage de la cellule : Cellule n°2

Mode de stockage **LI**
 Masse totale de liquides inflammables **321,6 t**



Palette type de la cellule Cellule n°2

Dimensions Palette

Longueur de la palette : **Sans Objet**
 Largeur de la palette : **Sans Objet**
 Hauteur de la palette : **Sans Objet**
 Volume de la palette : **Sans Objet**
 Nom de la palette : **Ethanol** Poids total de la palette : **Par défaut**

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette : **Sans Objet**
 Puissance dégagée par la palette : **Sans Objet**

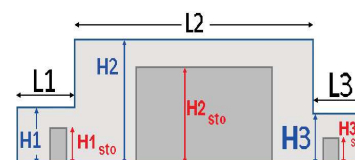
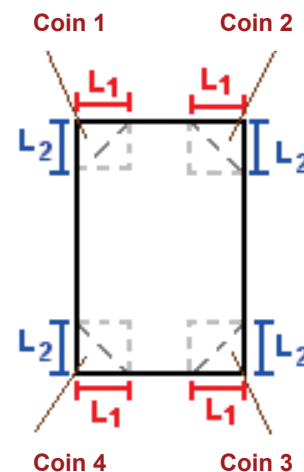
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

Hauteur de la cible : **1,8 m**

Géométrie Cellule3

Nom de la Cellule :Cellule n°3				
Longueur maximum de la cellule (m)	21,2			
Largeur maximum de la cellule (m)	10,0			
Hauteur maximum de la cellule (m)	1,5			
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Hauteur complexe				
	1	2	3	
L (m)	0,0	0,0	0,0	
H (m)	0,0	0,0	0,0	
H sto (m)	0,0	0,0	0,0	



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	1
Résistance au feu des pannes (min)	1
Matériaux constituant la couverture	Fibrociment
Nombre d'exutoires	35
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Stockage de la cellule : Cellule n°3

Mode de stockage **LI**
 Masse totale de liquides inflammables **208 t**



Palette type de la cellule Cellule n°3

Dimensions Palette

Longueur de la palette : **Sans Objet**
 Largeur de la palette : **Sans Objet**
 Hauteur de la palette : **Sans Objet**
 Volume de la palette : **Sans Objet**
 Nom de la palette : **Ethanol** Poids total de la palette : **Par défaut**

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette : **Sans Objet**
 Puissance dégagée par la palette : **Sans Objet**

II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : **Cellule n°1**

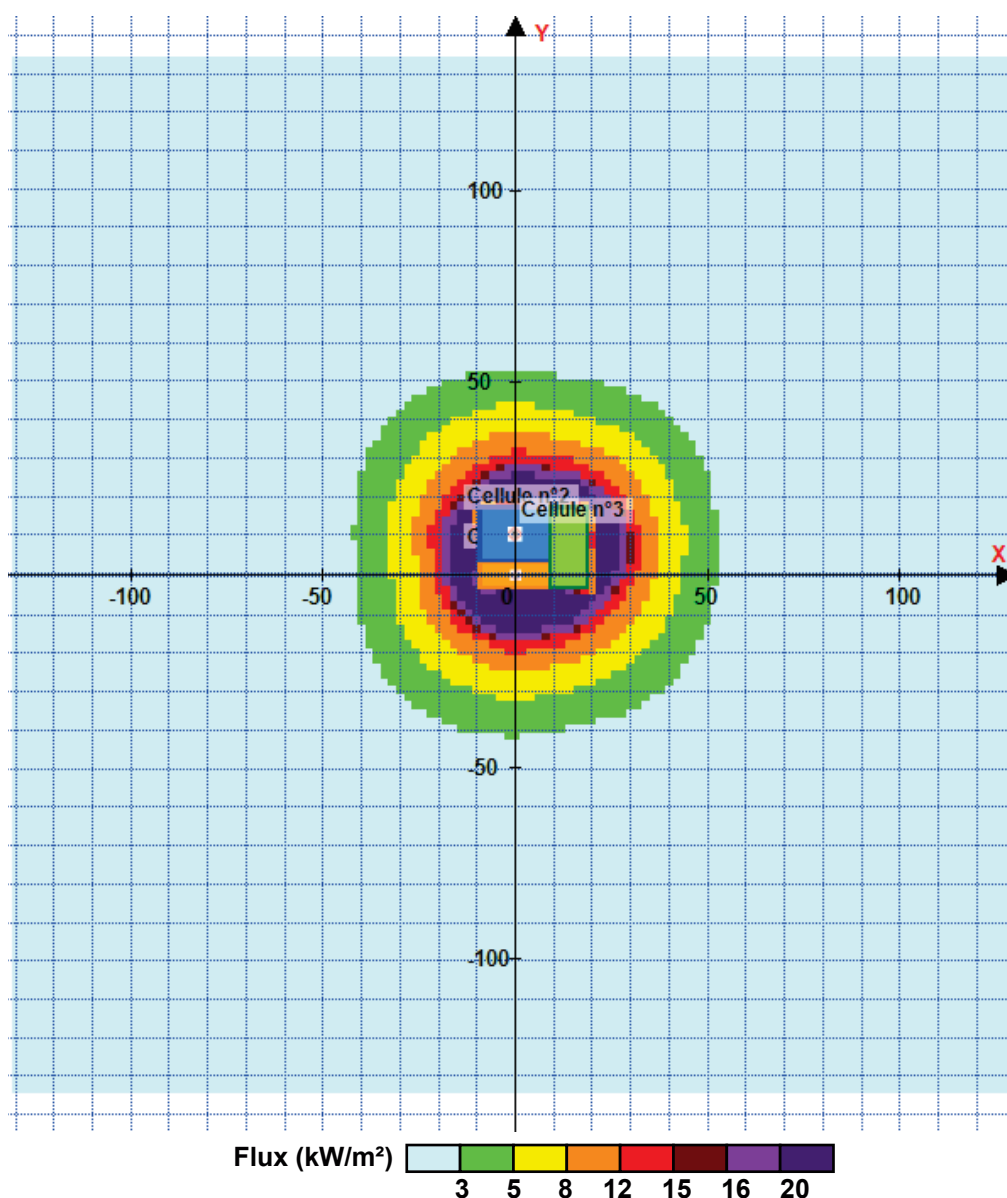
La cinétique de l'incendie n'est pas calculée pour les liquides inflammables.

Durée indicative de l'incendie dans la cellule LI : Cellule n°1 **480,0** min (durée de combustion calculée)

Durée indicative de l'incendie dans la cellule LI : Cellule n°2 **480,0** min (durée de combustion calculée)

Durée indicative de l'incendie dans la cellule LI : Cellule n°3 **480,0** min (durée de combustion calculée)

Distance d'effets des flux maximum



Avertissement: Dans le cas d'un scénario de propagation, l'interface de calcul Flumilog ne vérifie pas la cohérence entre les saisies des caractéristiques des parois de chaque cellule et la saisie de tenue au feu des parois séparatives indiquée en page 2 de la note de calcul.

Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

FLUMilog

Interface graphique v.5.6.1.0

Outil de calculV5.61

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	
Société :	
Nom du Projet :	INTACT_Stockage_alcool_cuvette_totale_1687511110
Cellule :	
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	23/06/2023 à 11:04:56 avec l'interface graphique v. 5.6.1.0
Date de création du fichier de résultats :	23/6/23

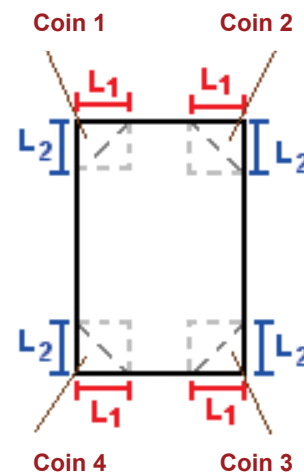
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

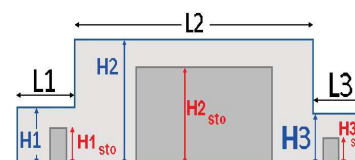
Hauteur de la cible : **1,8** m

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :Cellule n°1				
Longueur maximum de la cellule (m)		28,4		
Largeur maximum de la cellule (m)		21,2		
Hauteur maximum de la cellule (m)		1,5		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	



Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	1
Résistance au feu des pannes (min)	1
Matériaux constituant la couverture	Fibrociment
Nombre d'exutoires	100
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Stockage de la cellule : Cellule n°1

Mode de stockage **LI**
 Masse totale de liquides inflammables **625,6 t**



Palette type de la cellule Cellule n°1

Dimensions Palette

Longueur de la palette : **Sans Objet**
 Largeur de la palette : **Sans Objet**
 Hauteur de la palette : **Sans Objet**
 Volume de la palette : **Sans Objet**
 Nom de la palette : **Ethanol** Poids total de la palette : **Par défaut**

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette : **Sans Objet**
 Puissance dégagée par la palette : **Sans Objet**

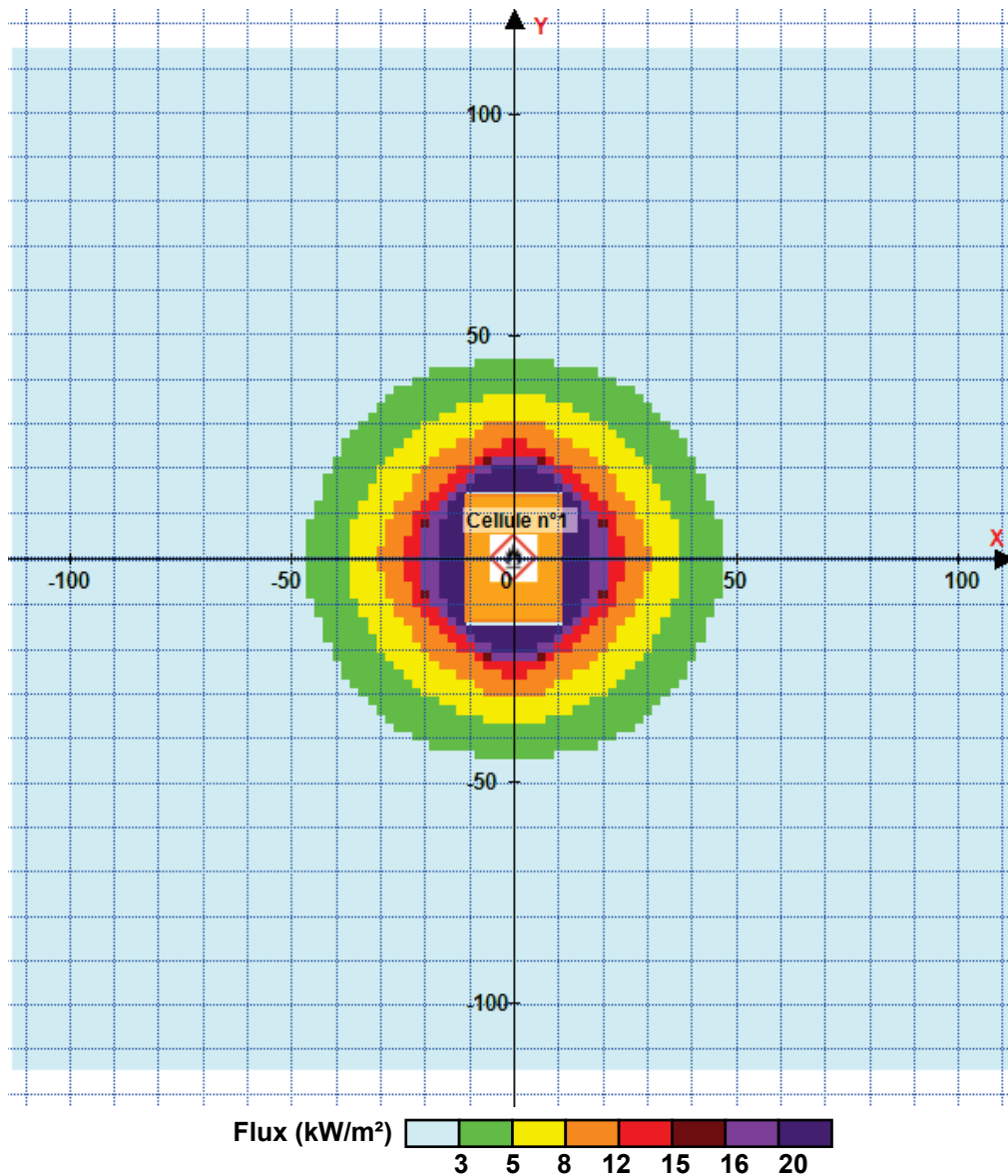
II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : **Cellule n°1**

La cinétique de l'incendie n'est pas calculée pour les liquides inflammables.

Durée indicative de l'incendie dans la cellule LI : Cellule n°1 **480,0** min (durée de combustion calculée)

Distance d'effets des flux maximum



Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

4.2.2. Local emballages et magasin de stockage de produits finis conditionnés

FLUMilog

Interface graphique v.5.6.1.0

Outil de calculV5.61

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	MLR
Société :	IPSB
Nom du Projet :	INTACT_local_emballages_bis_1687525890
Cellule :	Stockage emballages
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	23/06/2023 à 15:11:17 avec l'interface graphique v. 5.6.1.0
Date de création du fichier de résultats :	23/6/23

I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

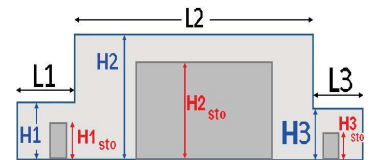
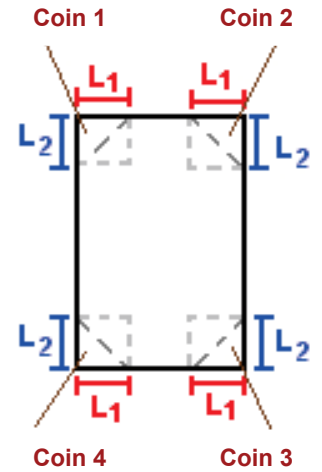
Hauteur de la cible : **1,8 m**

Données murs entre cellules

REI C1/C2 : **1 min**

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :zone rack			
Longueur maximum de la cellule (m)	3,8		
Largeur maximum de la cellule (m)	6,4		
Hauteur maximum de la cellule (m)	7,8		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

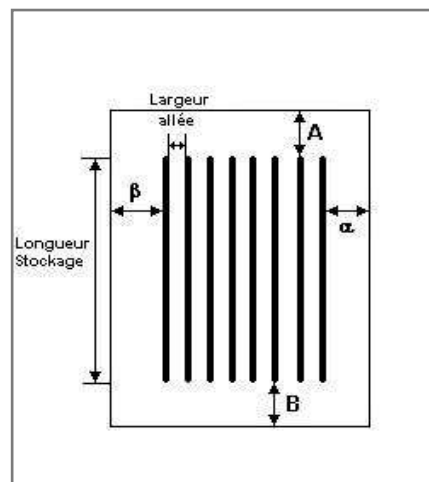
Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallicque multicouches
Nombre d'exutoires	0
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Stockage de la cellule : zone rack

Nombre de niveaux	4
Mode de stockage	Rack

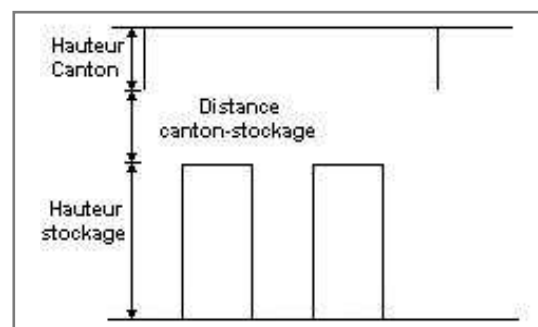
Dimensions

Longueur de stockage	3,8 m
Déport latéral α	0,0 m
Déport latéral β	0,0 m
Longueur de préparation A	0,0 m
Longueur de préparation B	0,0 m
Hauteur maximum de stockage	4,2 m
Hauteur du canton	0,0 m
Ecart entre le haut du stockage et le canton	3,6 m



Stockage en rack

Sens du stockage	dans le sens de la paroi 1
Nombre de double racks	2
Largeur d'un double rack	1,3 m
Nombre de racks simples	0
Largeur d'un rack simple	0,7 m
Largeur des allées entre les racks	3,8 m



Palette type de la cellule zone rack

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	0,6 m
Largeur de la palette :	0,8 m
Hauteur de la palette :	1,0 m
Volume de la palette :	0,5 m ³

Nom de la palette : palettes sacs papier Poids total de la palette : 250,0 kg

Composition de la Palette (Masse en kg)

Bois	Carton	NC	NC	NC	NC	NC
12,5	237,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	180,0 min
Puissance dégagée par la palette :	138,4 kW

I. DONNEES D'ENTREE :

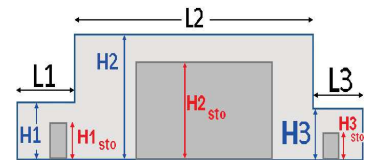
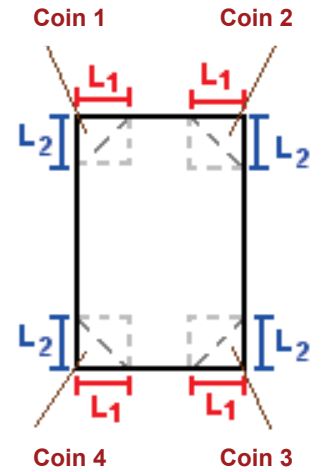
Donnée Cible

Hauteur de la cible : **1,8 m**

Géométrie Cellule2

Nom de la Cellule :zone palettes				
Longueur maximum de la cellule (m)		3,3		
Largeur maximum de la cellule (m)		6,4		
Hauteur maximum de la cellule (m)		4,8		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	

Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallicque multicouches
Nombre d'exutoires	0
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

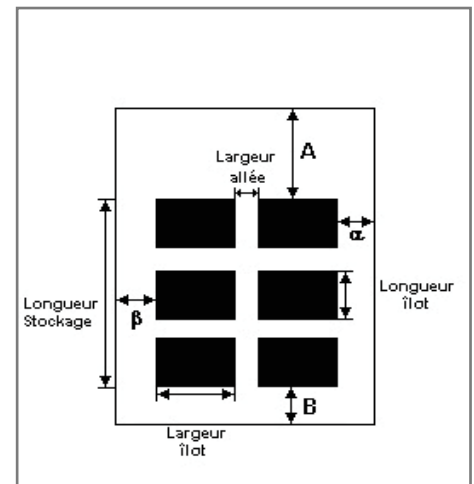
Stockage de la cellule : zone palettes

Mode de stockage

Masse

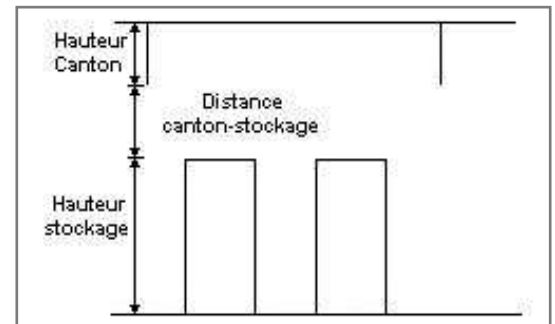
Dimensions

Longueur de préparation A	1,1 m
Longueur de préparation B	0,1 m
Déport latéral α	0,0 m
Déport latéral β	0,1 m
Hauteur du canton	0,0 m



Stockage en masse

Nombre d'îlots dans le sens de la longueur	1
Nombre d'îlots dans le sens de la largeur	2
Largeur des îlots	1,2 m
Longueur des îlots	2,1 m
Hauteur des îlots	2,5 m
Largeur des allées entre îlots	3,9 m



Palette type de la cellule zone palettes

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	1,2 m
Largeur de la palette :	0,8 m
Hauteur de la palette :	0,1 m
Volume de la palette :	0,1 m ³
Nom de la palette :	palettes bois

Poids total de la palette : 25,0 kg

Composition de la Palette (Masse en kg)

Bois	NC	NC	NC	NC	NC	NC
25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	43,5 min
Puissance dégagée par la palette :	172,4 kW

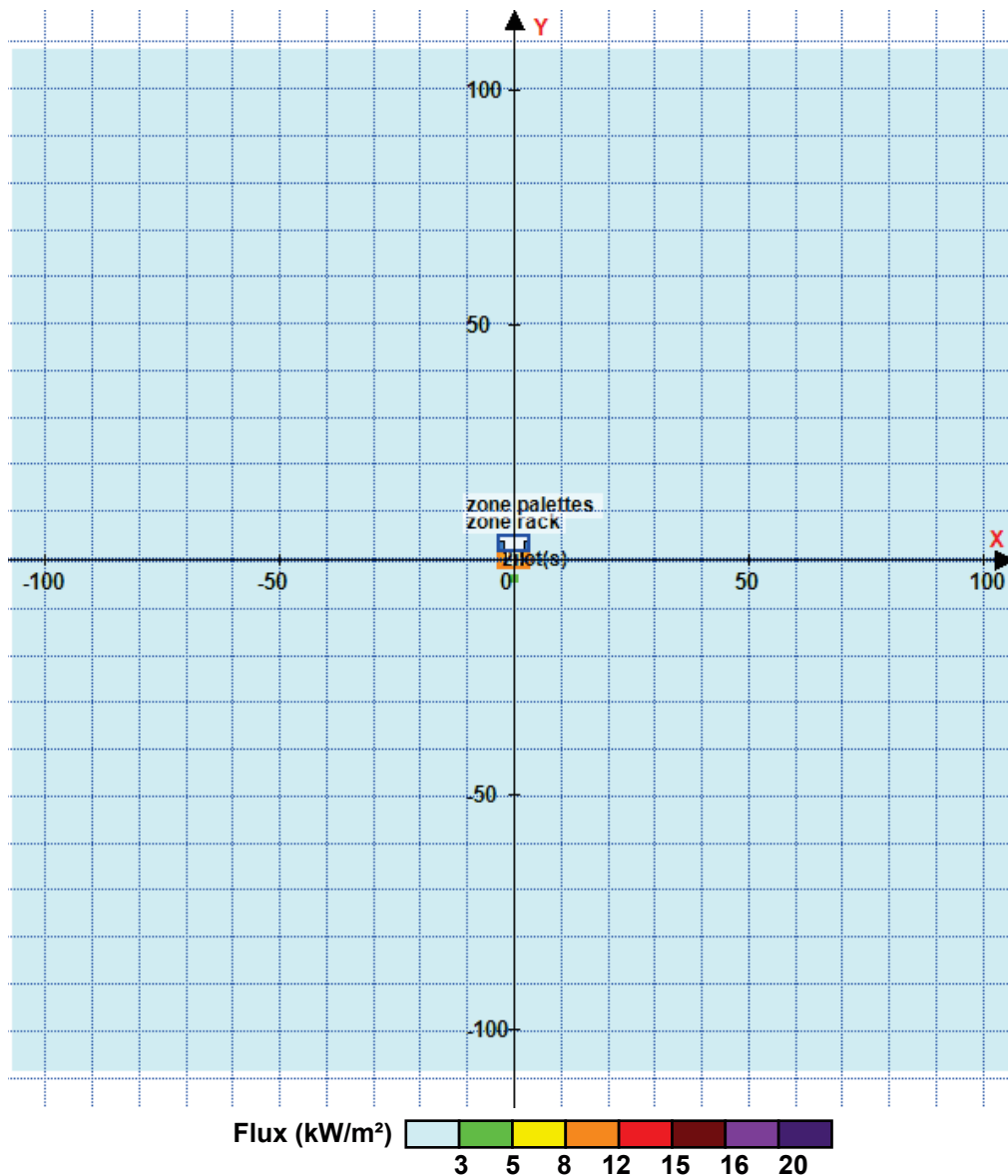
II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : zone rack

Durée de l'incendie dans la cellule : zone rack 199,0 min

Durée de l'incendie dans la cellule : zone palettes 66,0 min

Distance d'effets des flux maximum



Avertissement: Dans le cas d'un scénario de propagation, l'interface de calcul Flumilog ne vérifie pas la cohérence entre les saisies des caractéristiques des parois de chaque cellule et la saisie de tenue au feu des parois séparatives indiquée en page 2 de la note de calcul.

Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

FLUMilog

Interface graphique v.5.6.1.0

Outil de calculV5.61

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	MLR
Société :	IPSB
Nom du Projet :	INTACT_stockage_produits_finis_020823_1510
Cellule :	Stockage produits finis
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	02/08/2023 à 11:08:53 avec l'interface graphique v. 5.6.1.0
Date de création du fichier de résultats :	2/8/23

I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

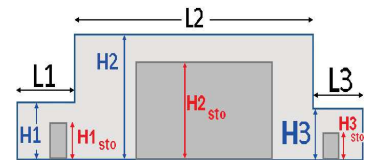
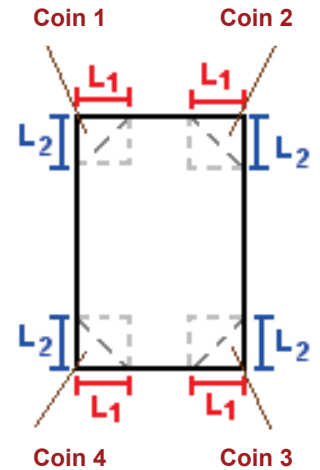
Hauteur de la cible : **1,8 m**

Données murs entre cellules

REI C1/C2 : **1 min**

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :zone rack simple				
Longueur maximum de la cellule (m)		22,4		
Largeur maximum de la cellule (m)		5,9		
Hauteur maximum de la cellule (m)		9,5		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Hauteur complexe				
	1	2	3	
L (m)	0,0	0,0	0,0	
H (m)	0,0	0,0	0,0	
H sto (m)	0,0	0,0	0,0	

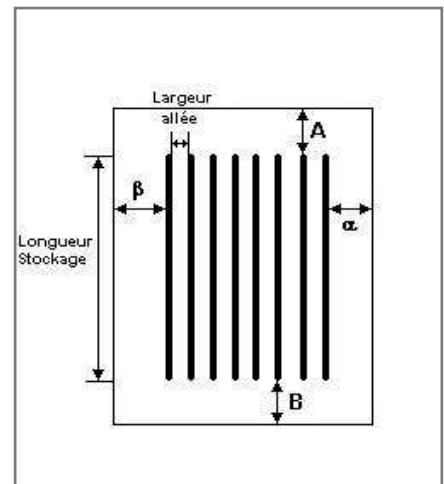


Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	120
Résistance au feu des pannes (min)	60
Matériaux constituant la couverture	metallique multicouches
Nombre d'exutoires	2
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

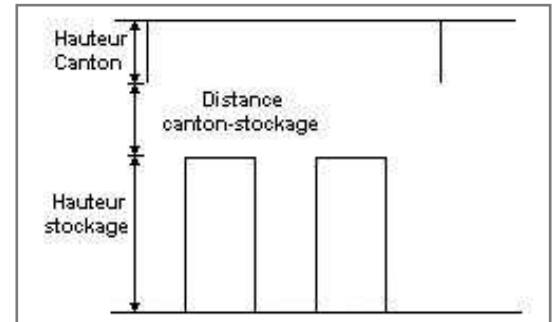
Stockage de la cellule : zone rack simple

Nombre de niveaux	3
Mode de stockage	Rack
Dimensions	
Longueur de stockage	10,0 m
Déport latéral α	0,3 m
Déport latéral β	4,4 m
Longueur de préparation A	3,8 m
Longueur de préparation B	8,6 m
Hauteur maximum de stockage	6,8 m
Hauteur du canton	0,0 m
Ecart entre le haut du stockage et le canton	2,7 m



Stockage en rack

Sens du stockage	dans le sens de la paroi 1
Nombre de double racks	1
Largeur d'un double rack	1,2 m
Nombre de racks simples	0
Largeur d'un rack simple	0,6 m
Largeur des allées entre les racks	0,0 m



Palette type de la cellule zone rack simple

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Largeur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Hauteur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Volume de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Nom de la palette :	Palette type 1510	Poids total de la palette : Par défaut

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	45,0 min
Puissance dégagée par la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette
Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 1510 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1525,0 kW	

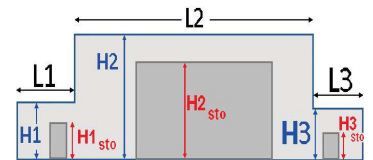
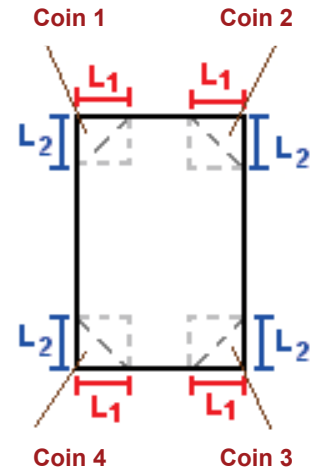
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

Hauteur de la cible : **1,8 m**

Géométrie Cellule2

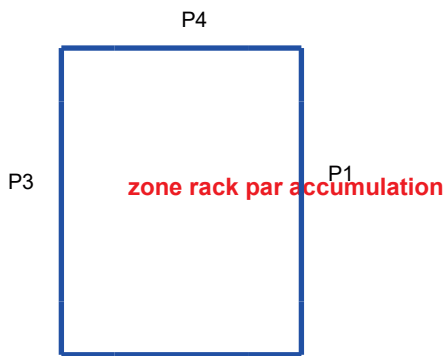
Nom de la Cellule :zone rack par accumulation				
Longueur maximum de la cellule (m)		22,4		
Largeur maximum de la cellule (m)		13,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)		9,5		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Hauteur complexe				
	1	2	3	
L (m)	0,0	0,0	0,0	
H (m)	0,0	0,0	0,0	
H sto (m)	0,0	0,0	0,0	



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	120
Résistance au feu des pannes (min)	60
Matériaux constituant la couverture	metallique multicouches
Nombre d'exutoires	3
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Parois de la cellule : zone rack par accumulation



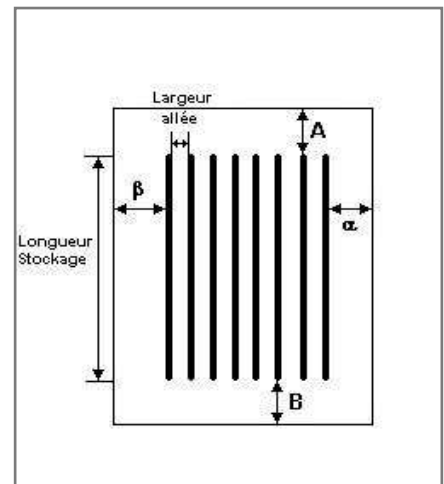
	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Monocomposante	Monocomposante	Multicomposante	Monocomposante
Structure Support	Poteau beton	Poteau beton	Poteau beton	Autostable
Nombre de Portes de quais	0	2	0	0
Largeur des portes (m)	0,0	2,5	0,0	0,0
Hauteur des portes (m)	4,0	2,8	4,0	4,0
	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Partie en haut à gauche</i>	<i>Un seul type de paroi</i>
Matériau	Beton Arme/Cellulaire	bardage double peau	Beton Arme/Cellulaire	Parpaings/Briques
R(i) : Résistance Structure(min)	1	15	1	120
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	1	15	1	120
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	1	15	1	120
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	1	15	1	120
Largeur (m)			12,2	
Hauteur (m)			4,5	
			<i>Partie en haut à droite</i>	
Matériau			Beton Arme/Cellulaire	
R(i) : Résistance Structure(min)			120	
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)			120	
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)			120	
Y(i) : Résistance des Fixations (min)			120	
Largeur (m)			10,2	
Hauteur (m)			4,5	
			<i>Partie en bas à gauche</i>	
Matériau			Beton Arme/Cellulaire	
R(i) : Résistance Structure(min)			1	
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)			1	
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)			1	
Y(i) : Résistance des Fixations (min)			1	
Largeur (m)			12,2	
Hauteur (m)			5,0	
			<i>Partie en bas à droite</i>	
Matériau			Beton Arme/Cellulaire	
R(i) : Résistance Structure(min)			120	
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)			120	
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)			120	
Y(i) : Résistance des Fixations (min)			120	
Largeur (m)			10,2	
Hauteur (m)			5,0	

Stockage de la cellule : zone rack par accumulation

Nombre de niveaux **4**
 Mode de stockage **Rack**

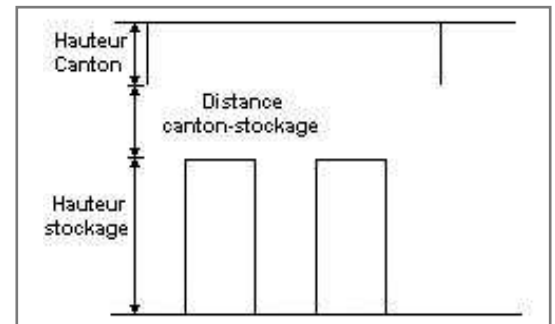
Dimensions

Longueur de stockage **5,6 m**
 Déport latéral α **0,0 m**
 Déport latéral β **3,2 m**
 Longueur de préparation A **4,4 m**
 Longueur de préparation B **12,4 m**
 Hauteur maximum de stockage **7,9 m**
 Hauteur du canton **0,0 m**
 Ecart entre le haut du stockage et le canton **1,6 m**



Stockage en rack

Sens du stockage **dans le sens de la paroi 1**
 Nombre de double racks **7**
 Largeur d'un double rack **1,4 m**
 Nombre de racks simples **0**
 Largeur d'un rack simple **0,7 m**
 Largeur des allées entre les racks **0,0 m**



Palette type de la cellule zone rack par accumulation

Dimensions Palette

Longueur de la palette : **Adaptée aux dimensions de la palette**
 Largeur de la palette : **Adaptée aux dimensions de la palette**
 Hauteur de la palette : **Adaptée aux dimensions de la palette**
 Volume de la palette : **Adaptée aux dimensions de la palette**
 Nom de la palette : **Palette type 1510** Poids total de la palette : **Par défaut**

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette : **45,0 min**
 Puissance dégagée par la palette : **Adaptée aux dimensions de la palette**
 Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 1510 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1525,0 kW

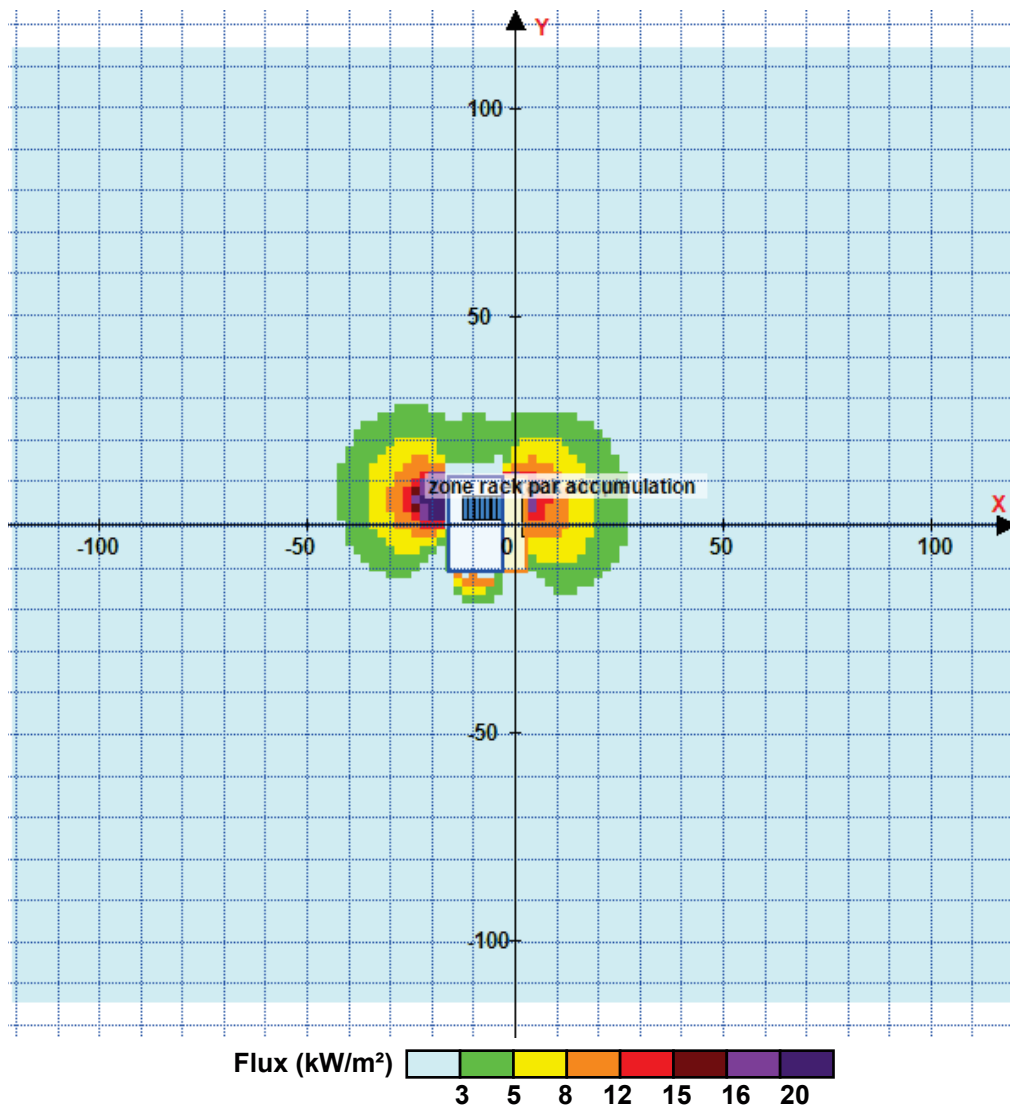
II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : **zone rack par accumulation**

Durée de l'incendie dans la cellule : zone rack simple **97,0** min

Durée de l'incendie dans la cellule : zone rack par accumulation **104,0** min

Distance d'effets des flux maximum



Avertissement: Dans le cas d'un scénario de propagation, l'interface de calcul Flumilog ne vérifie pas la cohérence entre les saisies des caractéristiques des parois de chaque cellule et la saisie de tenue au feu des parois séparatives indiquée en page 2 de la note de calcul.

Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

FLUMilog

Interface graphique v.5.6.1.0

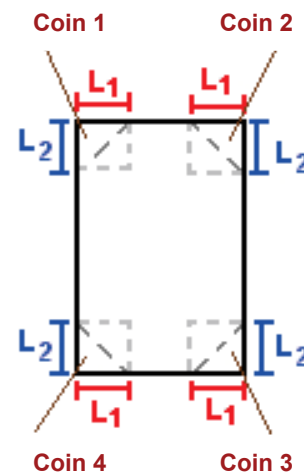
Outil de calculV5.61

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

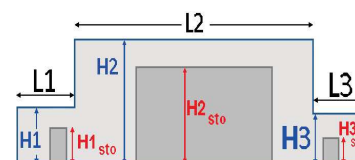
Utilisateur :	MLR
Société :	IPSB
Nom du Projet :	INTACT_stockage_produits_finis_020823_1510_5_9m
Cellule :	Stockage produits finis
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	02/08/2023 à 12:00:02 avec l'interface graphique v. 5.6.1.0
Date de création du fichier de résultats :	2/8/23

I. **DONNEES D'ENTREE :****Donnée Cible**Hauteur de la cible : **5,9 m****Données murs entre cellules**REI C1/C2 : **1 min****Géométrie Cellule1**

Nom de la Cellule :zone rack simple				
Longueur maximum de la cellule (m)		22,4		
Largeur maximum de la cellule (m)		5,9		
Hauteur maximum de la cellule (m)		9,5		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	



Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0

**Toiture**

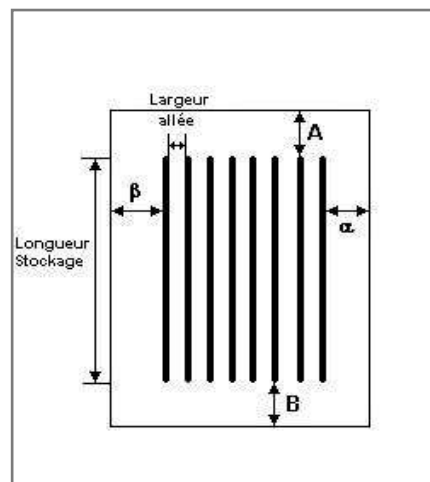
Résistance au feu des poutres (min)	120
Résistance au feu des pannes (min)	60
Matériaux constituant la couverture	metallique multicouches
Nombre d'exutoires	2
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Stockage de la cellule : zone rack simple

Nombre de niveaux	3
Mode de stockage	Rack

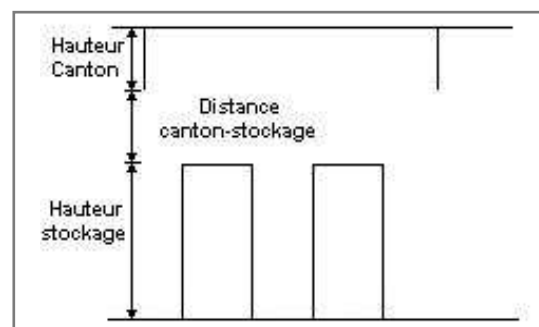
Dimensions

Longueur de stockage	10,0 m
Déport latéral α	0,3 m
Déport latéral β	4,4 m
Longueur de préparation A	3,8 m
Longueur de préparation B	8,6 m
Hauteur maximum de stockage	6,8 m
Hauteur du canton	0,0 m
Ecart entre le haut du stockage et le canton	2,7 m



Stockage en rack

Sens du stockage	dans le sens de la paroi 1
Nombre de double racks	1
Largeur d'un double rack	1,2 m
Nombre de racks simples	0
Largeur d'un rack simple	0,6 m
Largeur des allées entre les racks	0,0 m



Palette type de la cellule zone rack simple

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Largeur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Hauteur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Volume de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Nom de la palette :	Palette type 1510	Poids total de la palette : Par défaut

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	45,0 min
Puissance dégagée par la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette
Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 1510 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1525,0 kW	

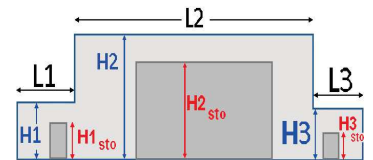
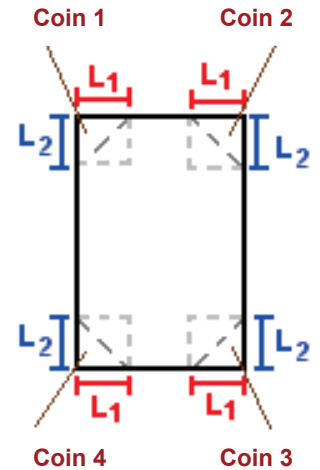
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

Hauteur de la cible : **5,9** m

Géométrie Cellule2

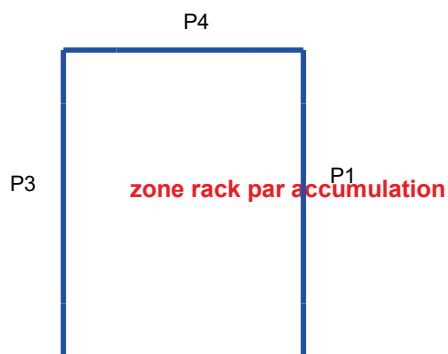
Nom de la Cellule :zone rack par accumulation				
Longueur maximum de la cellule (m)		22,4		
Largeur maximum de la cellule (m)		13,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)		9,5		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Hauteur complexe				
	1	2	3	
L (m)	0,0	0,0	0,0	
H (m)	0,0	0,0	0,0	
H sto (m)	0,0	0,0	0,0	



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	120
Résistance au feu des pannes (min)	60
Matériaux constituant la couverture	metallicque multicouches
Nombre d'exutoires	3
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Parois de la cellule : zone rack par accumulation



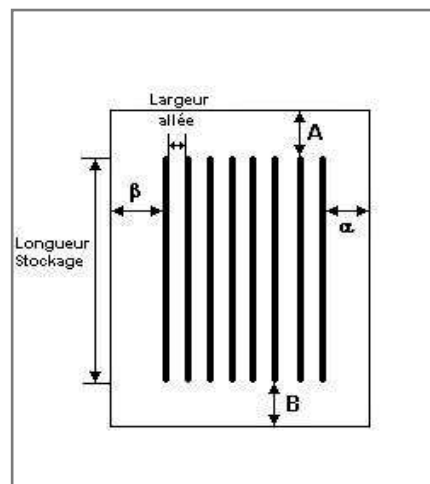
	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Monocomposante	Monocomposante	Multicomposante	Monocomposante
Structure Support	Poteau beton	Poteau beton	Poteau beton	Autostable
Nombre de Portes de quais	0	2	0	0
Largeur des portes (m)	0,0	2,5	0,0	0,0
Hauteur des portes (m)	4,0	2,8	4,0	4,0
	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Partie en haut à gauche</i>	<i>Un seul type de paroi</i>
Matériau	Beton Arme/Cellulaire	bardage double peau	Beton Arme/Cellulaire	Parpaings/Briques
R(i) : Résistance Structure(min)	1	15	1	120
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	1	15	1	120
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	1	15	1	120
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	1	15	1	120
Largeur (m)			12,2	
Hauteur (m)			4,5	
			<i>Partie en haut à droite</i>	
Matériau			Beton Arme/Cellulaire	
R(i) : Résistance Structure(min)			120	
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)			120	
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)			120	
Y(i) : Résistance des Fixations (min)			120	
Largeur (m)			10,2	
Hauteur (m)			4,5	
			<i>Partie en bas à gauche</i>	
Matériau			Beton Arme/Cellulaire	
R(i) : Résistance Structure(min)			1	
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)			1	
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)			1	
Y(i) : Résistance des Fixations (min)			1	
Largeur (m)			12,2	
Hauteur (m)			5,0	
			<i>Partie en bas à droite</i>	
Matériau			Beton Arme/Cellulaire	
R(i) : Résistance Structure(min)			120	
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)			120	
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)			120	
Y(i) : Résistance des Fixations (min)			120	
Largeur (m)			10,2	
Hauteur (m)			5,0	

Stockage de la cellule : zone rack par accumulation

Nombre de niveaux **4**
 Mode de stockage **Rack**

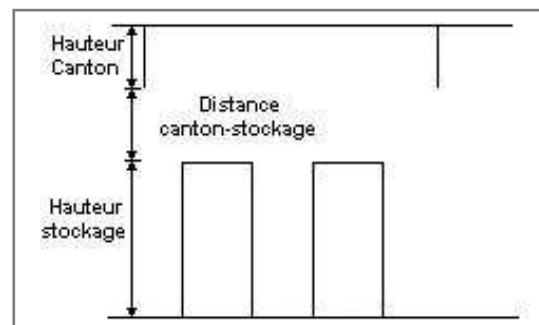
Dimensions

Longueur de stockage **5,6 m**
 Déport latéral α **0,0 m**
 Déport latéral β **3,2 m**
 Longueur de préparation A **4,4 m**
 Longueur de préparation B **12,4 m**
 Hauteur maximum de stockage **7,9 m**
 Hauteur du canton **0,0 m**
 Ecart entre le haut du stockage et le canton **1,6 m**



Stockage en rack

Sens du stockage **dans le sens de la paroi 1**
 Nombre de double racks **7**
 Largeur d'un double rack **1,4 m**
 Nombre de racks simples **0**
 Largeur d'un rack simple **0,7 m**
 Largeur des allées entre les racks **0,0 m**



Palette type de la cellule zone rack par accumulation

Dimensions Palette

Longueur de la palette : **Adaptée aux dimensions de la palette**
 Largeur de la palette : **Adaptée aux dimensions de la palette**
 Hauteur de la palette : **Adaptée aux dimensions de la palette**
 Volume de la palette : **Adaptée aux dimensions de la palette**
 Nom de la palette : **Palette type 1510** Poids total de la palette : **Par défaut**

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette : **45,0 min**
 Puissance dégagée par la palette : **Adaptée aux dimensions de la palette**
 Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 1510 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1525,0 kW

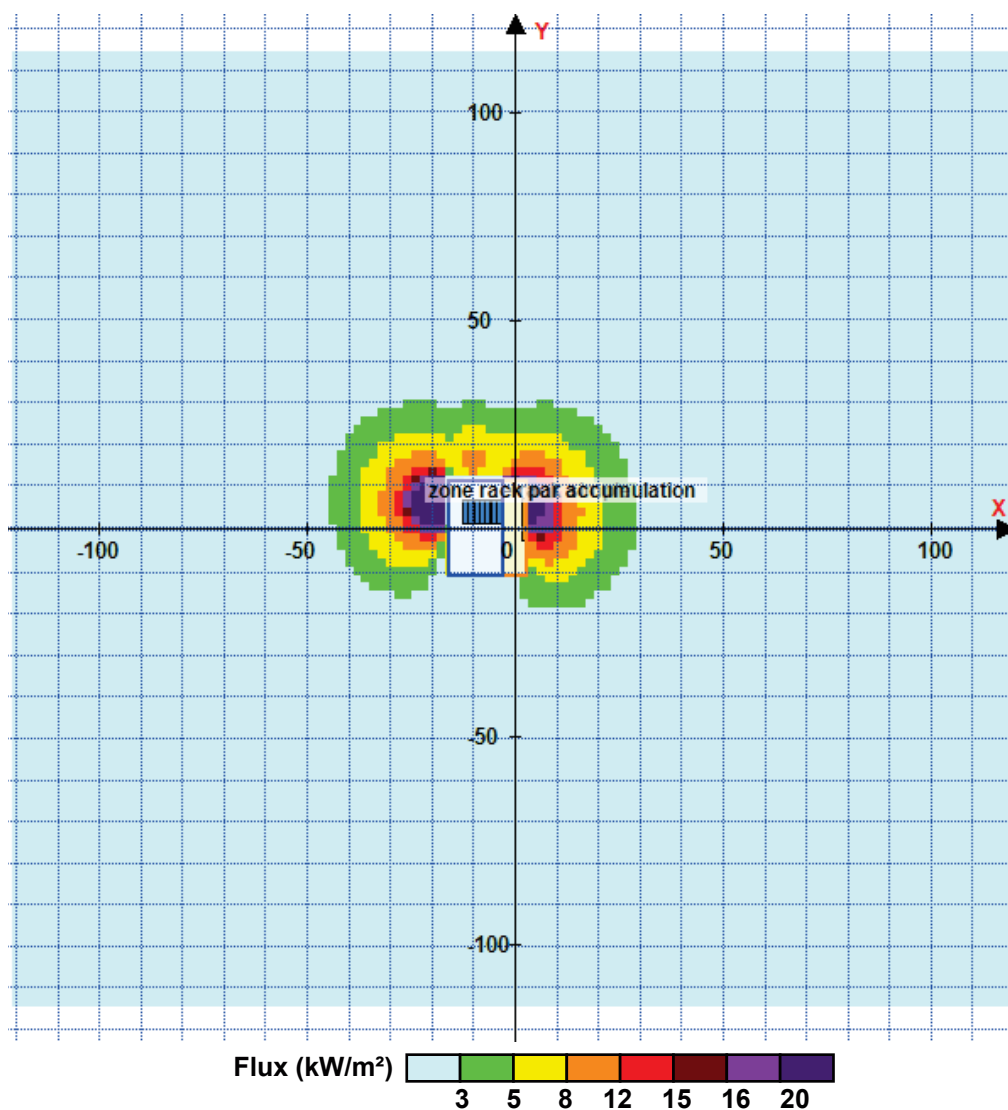
II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : zone rack par accumulation

Durée de l'incendie dans la cellule : zone rack simple 97,0 min

Durée de l'incendie dans la cellule : zone rack par accumulation 104,0 min

Distance d'effets des flux maximum



Avertissement: Dans le cas d'un scénario de propagation, l'interface de calcul Flumilog ne vérifie pas la cohérence entre les saisies des caractéristiques des parois de chaque cellule et la saisie de tenue au feu des parois séparatives indiquée en page 2 de la note de calcul.

Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

FLUMilog

Interface graphique v.5.6.1.0

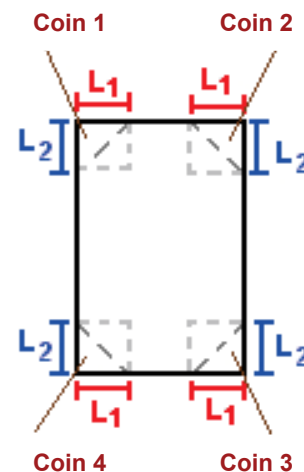
Outil de calculV5.61

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

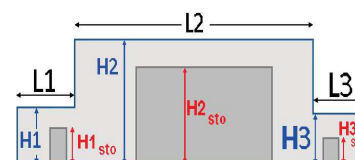
Utilisateur :	MLR
Société :	IPSB
Nom du Projet :	INTACT_stockage_produits_finis_020823_1510_9_9m
Cellule :	Stockage produits finis
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	02/08/2023 à 12:03:06 avec l'interface graphique v. 5.6.1.0
Date de création du fichier de résultats :	2/8/23

I. **DONNEES D'ENTREE :****Donnée Cible**Hauteur de la cible : **9,9 m****Données murs entre cellules**REI C1/C2 : **1 min****Géométrie Cellule1**

Nom de la Cellule :zone rack simple			
Longueur maximum de la cellule (m)	22,4		
Largeur maximum de la cellule (m)	5,9		
Hauteur maximum de la cellule (m)	9,5		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0



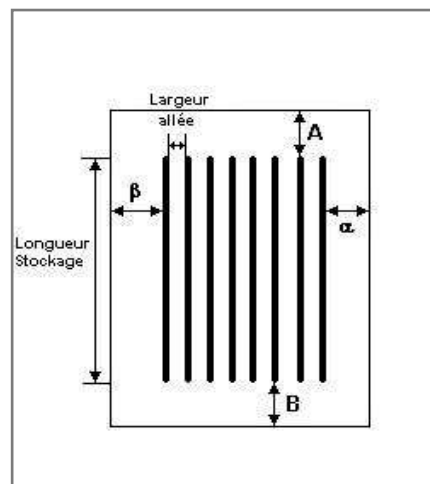
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0

**Toiture**

Résistance au feu des poutres (min)	120
Résistance au feu des pannes (min)	60
Matériaux constituant la couverture	metallique multicouches
Nombre d'exutoires	2
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

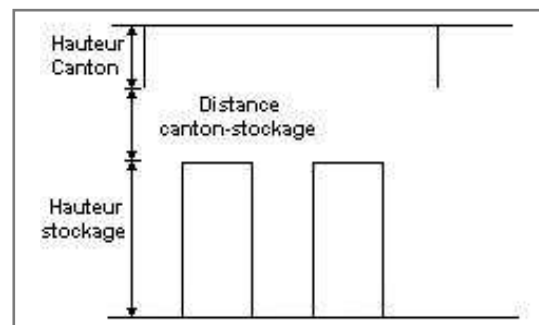
Stockage de la cellule : zone rack simple

Nombre de niveaux	3
Mode de stockage	Rack
Dimensions	
Longueur de stockage	10,0 m
Déport latéral α	0,3 m
Déport latéral β	4,4 m
Longueur de préparation A	3,8 m
Longueur de préparation B	8,6 m
Hauteur maximum de stockage	6,8 m
Hauteur du canton	0,0 m
Ecart entre le haut du stockage et le canton	2,7 m



Stockage en rack

Sens du stockage	dans le sens de la paroi 1
Nombre de double racks	1
Largeur d'un double rack	1,2 m
Nombre de racks simples	0
Largeur d'un rack simple	0,6 m
Largeur des allées entre les racks	0,0 m



Palette type de la cellule zone rack simple

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Largeur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Hauteur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Volume de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Nom de la palette :	Palette type 1510	Poids total de la palette : Par défaut

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	45,0 min
Puissance dégagée par la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette
Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 1510 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1525,0 kW	

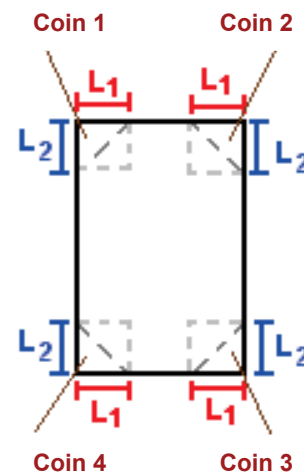
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

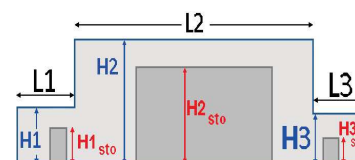
Hauteur de la cible : **9,9** m

Géométrie Cellule2

Nom de la Cellule :zone rack par accumulation				
Longueur maximum de la cellule (m)		22,4		
Largeur maximum de la cellule (m)		13,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)		9,5		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	



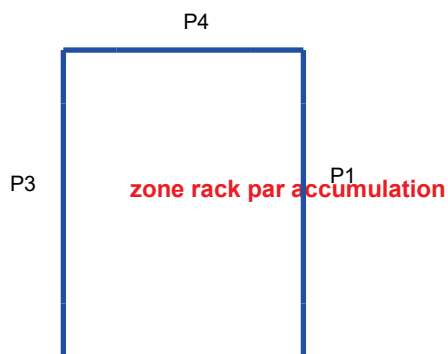
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	120
Résistance au feu des pannes (min)	60
Matériaux constituant la couverture	metallique multicouches
Nombre d'exutoires	3
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Parois de la cellule : zone rack par accumulation



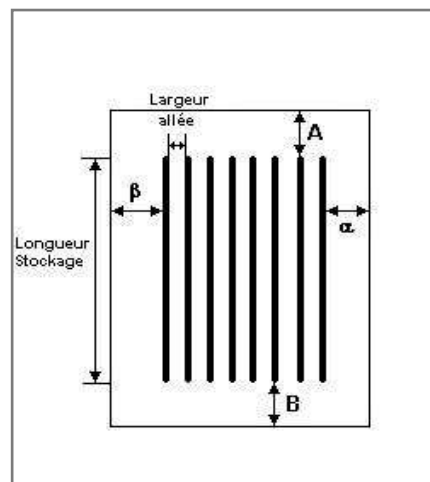
	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Monocomposante	Monocomposante	Multicomposante	Monocomposante
Structure Support	Poteau beton	Poteau beton	Poteau beton	Autostable
Nombre de Portes de quais	0	2	0	0
Largeur des portes (m)	0,0	2,5	0,0	0,0
Hauteur des portes (m)	4,0	2,8	4,0	4,0
	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Partie en haut à gauche</i>	<i>Un seul type de paroi</i>
Matériau	Beton Arme/Cellulaire	bardage double peau	Beton Arme/Cellulaire	Parpaings/Briques
R(i) : Résistance Structure(min)	1	15	1	120
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	1	15	1	120
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	1	15	1	120
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	1	15	1	120
Largeur (m)			12,2	
Hauteur (m)			4,5	
			<i>Partie en haut à droite</i>	
Matériau			Beton Arme/Cellulaire	
R(i) : Résistance Structure(min)			120	
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)			120	
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)			120	
Y(i) : Résistance des Fixations (min)			120	
Largeur (m)			10,2	
Hauteur (m)			4,5	
			<i>Partie en bas à gauche</i>	
Matériau			Beton Arme/Cellulaire	
R(i) : Résistance Structure(min)			1	
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)			1	
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)			1	
Y(i) : Résistance des Fixations (min)			1	
Largeur (m)			12,2	
Hauteur (m)			5,0	
			<i>Partie en bas à droite</i>	
Matériau			Beton Arme/Cellulaire	
R(i) : Résistance Structure(min)			120	
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)			120	
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)			120	
Y(i) : Résistance des Fixations (min)			120	
Largeur (m)			10,2	
Hauteur (m)			5,0	

Stockage de la cellule : zone rack par accumulation

Nombre de niveaux **4**
 Mode de stockage **Rack**

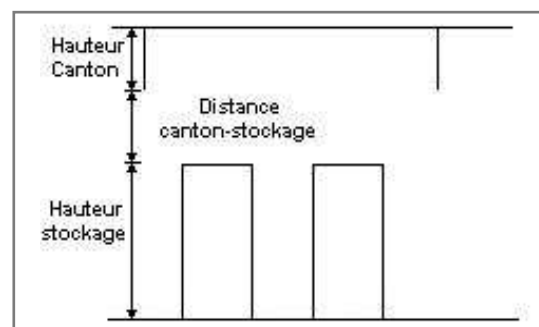
Dimensions

Longueur de stockage **5,6 m**
 Déport latéral α **0,0 m**
 Déport latéral β **3,2 m**
 Longueur de préparation A **4,4 m**
 Longueur de préparation B **12,4 m**
 Hauteur maximum de stockage **7,9 m**
 Hauteur du canton **0,0 m**
 Ecart entre le haut du stockage et le canton **1,6 m**



Stockage en rack

Sens du stockage **dans le sens de la paroi 1**
 Nombre de double racks **7**
 Largeur d'un double rack **1,4 m**
 Nombre de racks simples **0**
 Largeur d'un rack simple **0,7 m**
 Largeur des allées entre les racks **0,0 m**



Palette type de la cellule zone rack par accumulation

Dimensions Palette

Longueur de la palette : **Adaptée aux dimensions de la palette**
 Largeur de la palette : **Adaptée aux dimensions de la palette**
 Hauteur de la palette : **Adaptée aux dimensions de la palette**
 Volume de la palette : **Adaptée aux dimensions de la palette**
 Nom de la palette : **Palette type 1510** Poids total de la palette : **Par défaut**

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette : **45,0 min**
 Puissance dégagée par la palette : **Adaptée aux dimensions de la palette**
 Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 1510 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1525,0 kW

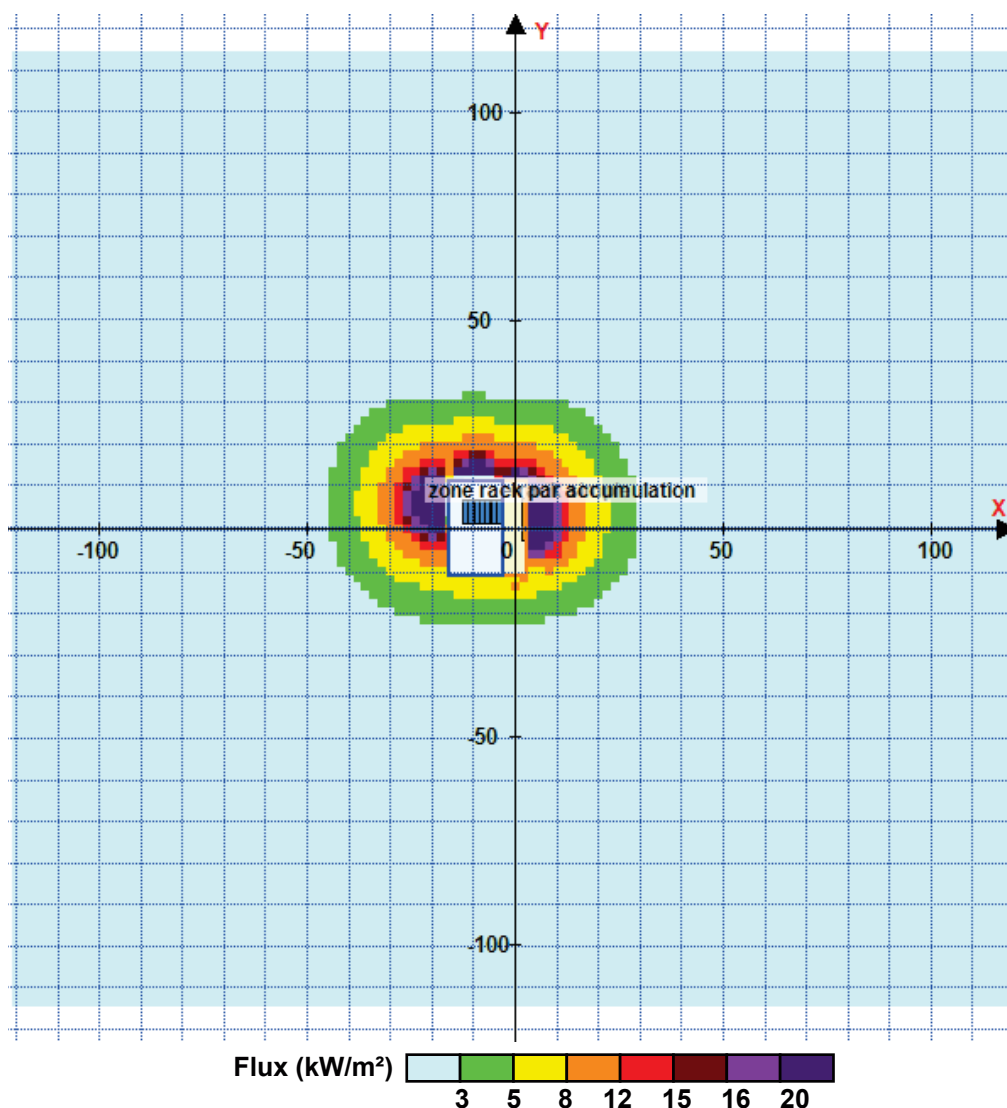
II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : zone rack par accumulation

Durée de l'incendie dans la cellule : zone rack simple 97,0 min

Durée de l'incendie dans la cellule : zone rack par accumulation 104,0 min

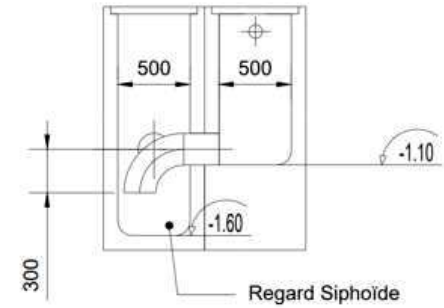
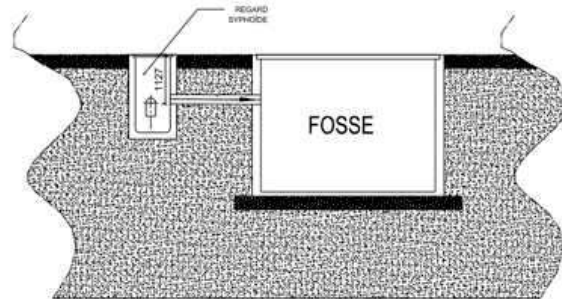
Distance d'effets des flux maximum



Avertissement: Dans le cas d'un scénario de propagation, l'interface de calcul Flumilog ne vérifie pas la cohérence entre les saisies des caractéristiques des parois de chaque cellule et la saisie de tenue au feu des parois séparatives indiquée en page 2 de la note de calcul.

Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

4.3. COUPE DU SYSTEME DE REGARD SIPHOÏDE



COUPE A-A

