RAPPORT D'ETUDE

Affaire n° **2401155-00221** du **17/09/2024**

SUN'AGRI

ETUDE DE DEMONSTRATION DE NON-AGGRAVATION DU RISQUE INONDATION POUR PROJET AGRIVOLTAIQUE

Historique des révisions				
VERSION	DATE	COMMENTAIRES	RÉDIGÉ PAR :	VÉRIFIÉ PAR :
1	**28/01/2025**	**Mise à jour du document**	**RAi**	**NTc / FFy**
0	**17/09/2024**	**Création du document**	**RAi**	**NTc / FFy**

Maître d'ouvrage : Sun'Agri
Mission : ETUDE DE DEMONSTRATION DE NON-AGGRAVATION DU RISQUE INONDATION POUR PROJET AGRIVOLTAIQUE

Affaire n° : 2401155-00221
En date du : 17/09/2024

Contact : Florent Fery-Sandoval – Directeur adjoint
Adresse : Naldeo
255 Rue de la Découverte, Bâtiment A
31670 LABEGE
Tél. : 05.61.39.88.88
Fax : 05.61.00.77.13

Table des matières

1 PREAMBULE 5

2 INTRODUCTION 6

2.1 Situation 6
2.2 Objectif de l'étude 6

3 LE PETIT MOURGON 7

3.1 Etude hydrologique 7
3.1.1 Estimation du temps de concentration 7
3.1.2 Données Météorologiques et Coefficients de Montana 8
3.1.3 Méthode de calcul de débit 9
3.1.4 Débits de crue pour différentes périodes de retour 9
3.1.5 Hydrogramme de crue 10
3.2 Etude Hydraulique 11
3.2.1 Modélisation hydraulique 11
3.2.2 Calage du modèle hydraulique 14
3.3 Scénarios de simulation hydraulique 15
3.3.1 Scénario 1 : Etat actuel – Modélisation avec données LIDAR 15
3.3.2 Scénario 2 : Etat projeté – Modélisation avec LIDAR + relevé topographique du parc photovoltaïque 15
3.4 Analyses des résultats 16

4 LE COULON 17

4.1 Etude Hydrologique 17
4.1.1 Préambule 17
4.1.2 Débit de PPRI 19
4.1.3 HYDROGRAMME DE CRUE 19
4.2 Etude hydraulique 20
4.2.1 Modélisation hydraulique 20
4.2.2 Construction et Calage du modèle 20
4.2.3 Exploitation du modèle 20

5 INFLUENCE COMBINEE PETIT MOURGON ET COULON 22

5.1 Scénario 1 : Etat projeté - Modélisation avec LIDAR + relevé topographique du parc photovoltaïque 22
5.2 Scénario 2 : Etat projeté avec obstruction total du premier rang de panneaux (embâcles) 23
5.3 Résultats et analyses des impacts 25

6 SYNTHESE 27

1 PREAMBULE

Le présent document constitue le rapport d'étude technique hydraulique élaboré par le bureau d'études **Naldéo** dans le cadre du projet agrivoltaïque de **Sun'Agri**, situé sur la commune de **Le Thor** (Vaucluse).

Ce projet s'étend sur une surface totale de 6,86 hectares, répartie en deux zones distinctes, Le Thor 1 et Le Thor 2, et se trouve dans une zone à aléa résiduel d'inondation, telle que définie par le **Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI)**.

L'objectif principal de cette étude est de démontrer que le projet n'entraînera aucune aggravation des risques d'inondation, en conformité avec les prescriptions du PPRI et les normes réglementaires locales. Situé dans le bassin versant du Petit Mourgon, un cours d'eau intermittent pouvant engendrer des crues lors d'épisodes pluvieux intenses, et à proximité du **Coulon**, un autre cours d'eau influent dans la zone, le projet doit répondre à des critères hydrauliques stricts afin de garantir la sécurité des infrastructures et des zones environnantes.

Les impacts hydrauliques ont été simulés pour plusieurs scénarios représentant différents états hydrologiques et hydrauliques des deux cours d'eau. Les analyses, réalisées à l'aide du logiciel HEC-RAS, incluent notamment des crues centennales, permettant de modéliser avec précision les conditions d'écoulement.

Ce rapport constitue un outil essentiel pour valider la faisabilité technique du projet tout en garantissant le respect des contraintes hydrauliques locales. Il fournit également les éléments nécessaires à l'instruction administrative du dossier et à la prise de décisions en matière de gestion des risques d'inondation.

2 INTRODUCTION

2.1 Situation

Le projet photovoltaïque du Thor se situe dans le département de Vaucluse (84), au Sud-Est de la France, plus précisément dans la commune de Le Thor, près de la rivière Le Petit Mourgon. Ce projet est réparti en deux zones distinctes : Le Thor 1 et Le Thor 2, couvrant une superficie totale de 6,86 hectares.

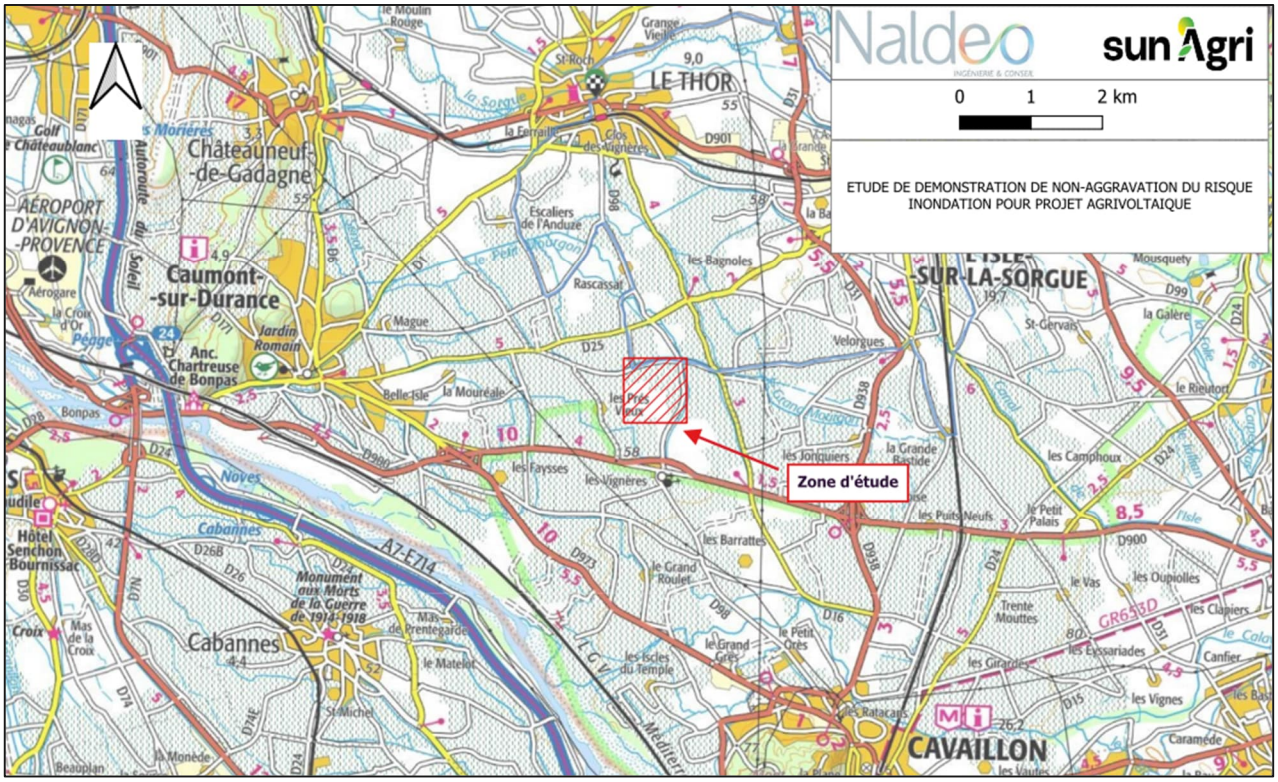


Figure 1 : Plan de situation

2.2 Objectif de l'étude

L'objectif principal de cette étude est de vérifier que le projet photovoltaïque de Sun'Agri, situé à Le Thor, ne va pas aggraver les risques d'inondation, conformément au Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI). Plus précisément, l'étude vise à :

1. Analyser les impacts hydrauliques : Évaluer comment l'implantation des panneaux solaires affecte les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement du Petit Mourgon et du Coulon.
2. Assurer la conformité : Vérifier que le projet respecte les normes de transparence hydraulique et n'entrave pas les écoulements naturels.
3. Simuler les crues : Utiliser HEC-RAS pour modéliser les conditions d'écoulement lors d'une crue centennale avec différents scénarios.

3 LE PETIT MOURGON

3.1 Etude hydrologique

Le secteur d'étude se situe sur le bassin versant des Mourgons (grand et petit). Ces deux cours d'eau drainent la tête de bassin versant des Sorgues dans le secteur du Petit Palais.

Les Mourgons sont des ruisseaux appartenant au bassin versant des Sorgues. La surface du bassin versant s'étend sur environ 20.4 km². Le bassin versant est très plat avec une pente de 2‰.

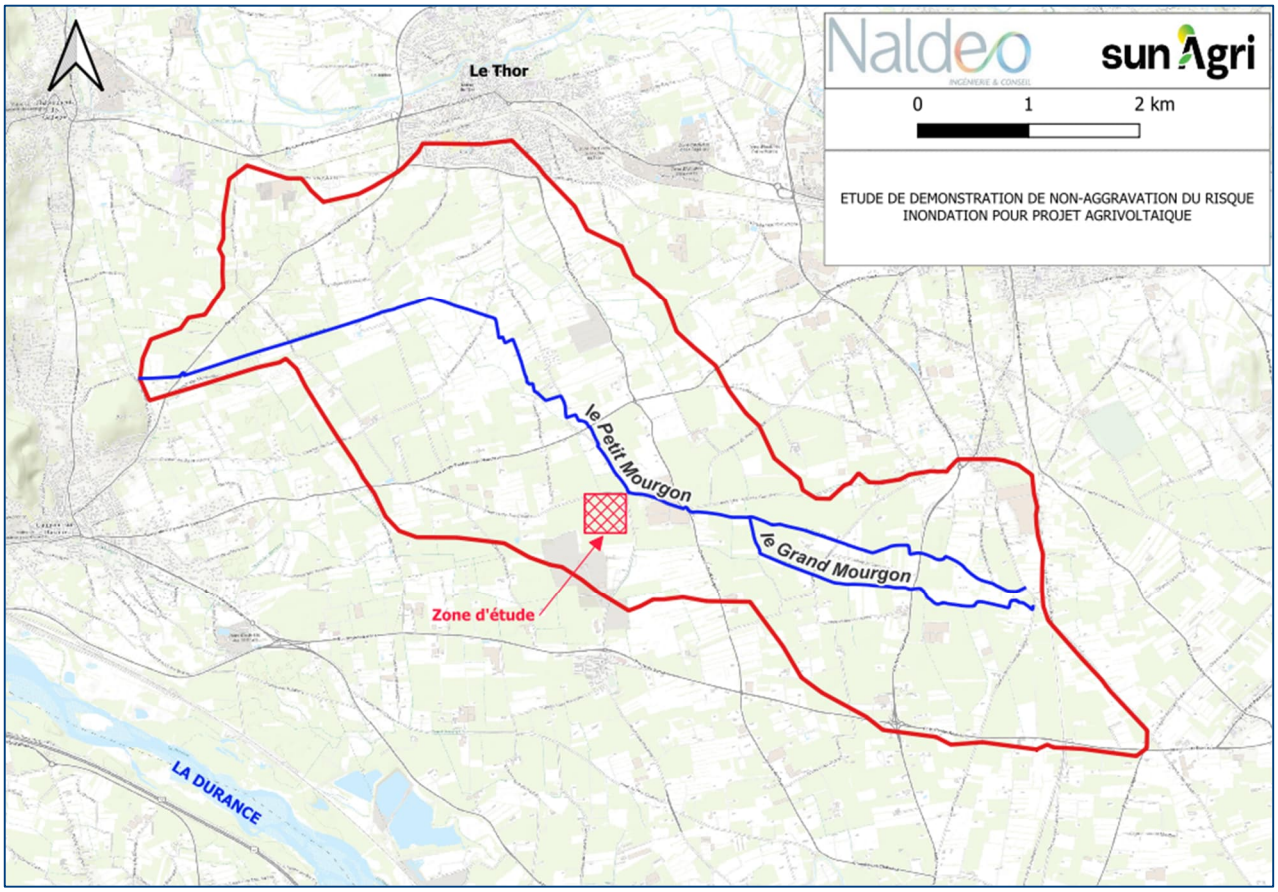


Figure 2 : Bassin versant du Petit Mourgon

L'occupation des sols du bassin est majoritairement agricole. Sur la partie amont, sur les versants plus pentus, une occupation plus forestière est visible.

3.1.1 Estimation du temps de concentration

Le temps de concentration est le temps nécessaire pour que l'eau de pluie atteigne l'exutoire du bassin versant depuis le point le plus éloigné. Il a été calculé à l'aide de la **formule de Kirpich** :

$$t_c = 0.0195 \times L^{0.77} \times S^{-0.385}$$

Avec :

- tc est le temps de concentration (en minutes),
- L=9642.43m (longueur du cours d'eau),
- S=0.002 (pente du bassin versant en m/m).

Le temps de concentration obtenu est de 4.15 h. Un hydrogramme a été généré pour illustrer l'évolution des débits au cours du temps pour différentes périodes de retour. L'hydrogramme montre une montée rapide du débit pendant la phase de crue jusqu'à atteindre le débit de pointe, suivie d'une phase de décrue.

Le débit atteint son maximum en 4.15 heures, correspondant au temps de concentration du bassin, puis diminue progressivement après cette période.

3.1.2 Données Météorologiques et Coefficients de Montana

Les intensités de précipitations pour chaque période de retour ont été obtenues à partir de la station météorologique d'Avignon située à proximité du site du projet. Ces informations ont été demandées auprès de Météo France pour garantir la précision des données utilisées dans les calculs des débits de crue. Les données fournies permettent d'établir des scénarios réalistes pour la modélisation hydraulique dans le cadre de ce projet.

Les débits de crue sont calculés à partir des intensités de précipitations obtenues grâce aux coefficients de Montana. Les coefficients sont adaptés aux périodes de retour de 2, 10 et 100 ans, et permettent de modéliser l'intensité des précipitations en fonction de la durée de l'événement pluvieux.

Formule de Montana :

$$h(t) = a \times t^{(1-b)}$$

Où :

- h(t) est la quantité de pluie exprimée en mm et la durée t est exprimée en minutes
- a et b sont les coefficients spécifiques pour chaque période de retour.

Période de retour	Coefficient a	Coefficient b	Durée (Tc en min)	Intensité (mm/h) I(t) = h/t
2 ans	3.55	0.34	249	32.63
10 ans	4.42	0.324	249	44.38
100 ans	5.861	0.298	249	67.93

3.1.3 Méthode de calcul de débit

Les débits de crue ont été estimés à l'aide de la méthode rationnelle, particulièrement adaptée aux petits bassins versants comme celui du Petit Mourgon. Cette méthode est utilisée pour les bassins versants de petite superficie (moins de 25 km²), où les caractéristiques hydrologiques sont homogènes. Elle permet de calculer les débits de pointe pour différentes périodes de retour en fonction de l'intensité des précipitations, du coefficient de ruissellement et de la surface du bassin versant.

$$Q=K.Cr.i.A$$

- Q : Débit de pointe (m³/s),
- C : Coefficient de ruissellement,
- I : Intensité de précipitation (mm/h),
- A : Superficie du bassin versant (km²).
- K : constante = 1/3,6

3.1.4 Débits de crue pour différentes périodes de retour

Les intensités de précipitations pour différentes périodes de retour (2, 10, 100 ans) ont été utilisées pour calculer les débits de pointe.

Période de retour	Intensité (mm/h)	Superficie (km^2)	Coef de ruissellement	Débit calculé (m^3/s)
2 ans	32.63	20.4	0.3	55.48
10 ans	44.38	20.4	0.3	75.45
100 ans	67.93	20.4	0.3	115.48

3.1.5 Hydrogramme de crue

Nous pouvons estimer un graphique montrant l'évolution des débits au cours du temps pour les différentes périodes de retour (2 ans, 10 ans, 100 ans). Ce graphique peut être généré à partir des valeurs obtenues pour chaque période de retour.

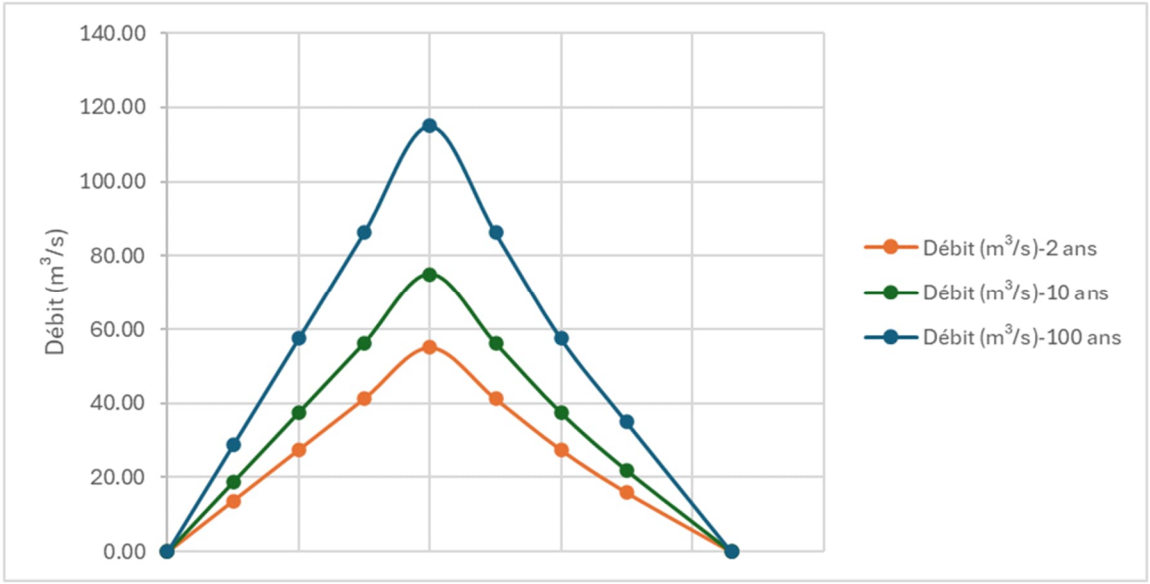


Figure 3 : Hydrogramme de crue

Un hydrogramme a été généré pour illustrer l'évolution des débits au cours du temps pour différentes périodes de retour. L'hydrogramme montre une montée rapide du débit pendant la phase de crue jusqu'à atteindre le débit de pointe, suivie d'une phase de décrue.

3.2 Etude Hydraulique

3.2.1 Modélisation hydraulique

3.2.1.1 Construction du modèle hydraulique

La modélisation hydraulique a été réalisée à l'aide du logiciel **HEC-RAS 6.5**, permettant à la fois des simulations d'écoulement 1D dans le lit principal du Petit Mourgon et des simulations 2D dans les zones d'expansion de crue. Cette approche permet de mieux représenter les écoulements dans les zones critiques et de capturer les phénomènes de débordement.

- Données topographiques

Deux principales sources de données topographiques ont été utilisées pour construire le modèle hydraulique de cette étude :

1. Données LIDAR : Ces données de haute résolution ont permis de générer un modèle numérique de terrain (MNT) précis. Le MNT représente les caractéristiques du terrain, y compris les petites dépressions et reliefs qui influencent l'écoulement de l'eau en période de crue.
2. Relevés topographiques spécifiques : Des relevés topographiques ont été réalisés sur certaines sections spécifiques, notamment dans les zones proches du parc photovoltaïque, afin de capturer les profils en travers et d'affiner la précision du modèle hydraulique. Ces relevés permettent de mieux comprendre la géométrie des infrastructures présentes et leur influence sur l'écoulement de l'eau.



Figure 4 : Profil en travers relevé par le topographe au niveau du parc photovoltaïque

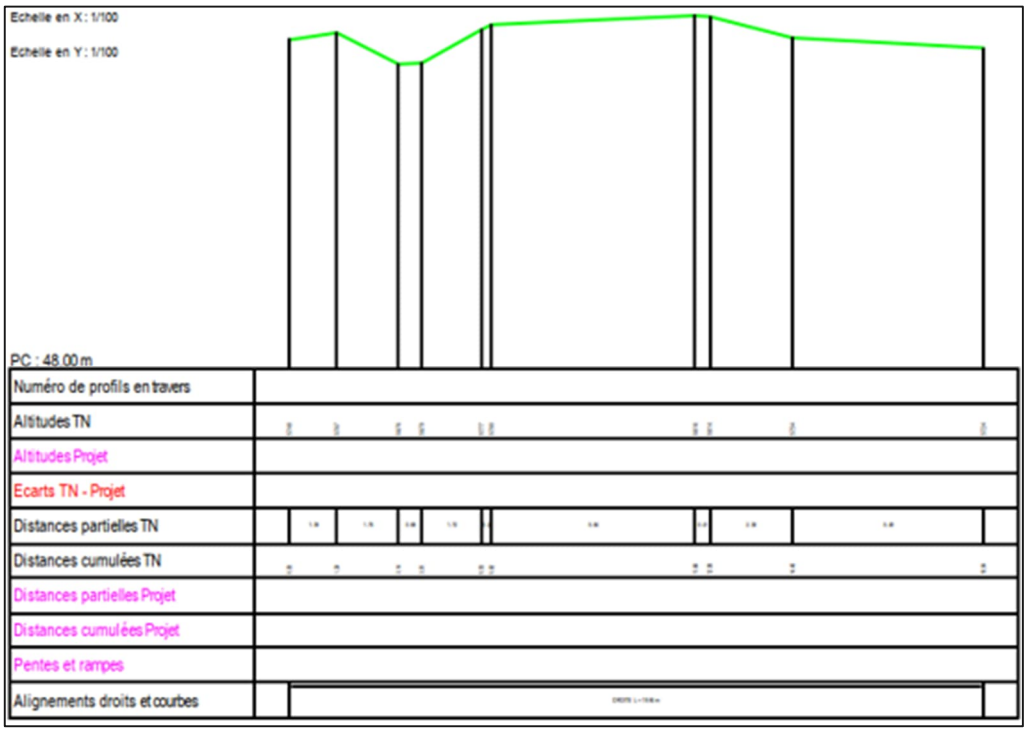


Figure 5 : Profil en travers du Petit Mourgon, relevé lors des campagnes topographiques

- Visite de terrain

Une visite de terrain a été effectuée le 25/09/2024, au cours de laquelle des observations photographiques ont été réalisées le long du Petit Mourgon. Les observations principales sont les suivantes :

1. Topographie : Les relevés de terrain ont confirmé la faible pente dans certaines sections du cours d'eau et ont permis de repérer des zones de débordement potentielles.
2. Ouvrages et obstacles : Plusieurs ouvrages hydrauliques tels que des ponts et des digues ont été identifiés, ainsi que des zones où la végétation dense pourrait freiner les écoulements.
3. Végétation et envasement : Des zones envahies par la végétation ou envasées ont été repérées comme susceptibles de modifier les écoulements en période de crue.



Figure 6: Vue du Petit Mourgon montrant une zone à pente faible identifiée lors de la visite de terrain

En plus des données topographiques, des données hydrologiques ont été intégrées pour simuler les conditions d'écoulement. Voici les principales informations utilisées :

Hydrogrammes de débit : Les hydrogrammes ont été calculés en utilisant la méthode rationnelle pour une crue centennale. Le débit maximal d'entrée à l'amont a été estimé à 115.48 m³/s.

1. Rugosité de Manning : Les coefficients de rugosité de Manning ont été ajustés en fonction de la nature des surfaces, avec des valeurs spécifiques pour les zones de végétation dense et les lits envasés et de la reconnaissance de terrain.
2. Pertes d'énergie : Des coefficients de pertes ont été attribués aux ponts et barrages observés sur le terrain, afin de modéliser correctement les pertes d'énergie le long du cours d'eau.

- Maillage du modèle

Un maillage 2D a été généré pour couvrir les zones inondables autour du Petit Mourgon. Les dimensions des cellules du maillage varient entre 10 et 30 mètres, selon la précision requise. Des cellules plus petites ont été utilisées dans les zones critiques, comme celles entourant le parc photovoltaïque, pour mieux évaluer les écoulements latéraux et assurer une simulation précise des inondations potentielles.

3.2.2 Calage du modèle hydraulique

Le calage du modèle a été réalisé en utilisant les données de terrain, incluant les relevés topographiques et les images LIDAR. Ces données ont permis d'ajuster les coefficients de rugosité et de modéliser les pertes d'énergie aux ouvrages observés sur le terrain.

- Rugosité de Manning : Ajustée selon la nature du lit du Petit Mourgon, en particulier dans les zones envahies par la végétation.
- Perte d'énergie aux ouvrages : Modélisation des petits ponts (Ouvrages hydraulique) identifiés lors de la visite de terrain avec des coefficients spécifiques.

3.3 Scénarios de simulation hydraulique

Deux scénarios ont été modélisés afin d'analyser les effets des aménagements et des infrastructures sur l'écoulement du Petit Mourgon.

3.3.1 Scénario 1 : Etat actuel – Modélisation avec données LIDAR

Ce scénario représente la situation actuelle, modélisée uniquement avec les données LIDAR. Il permet d'évaluer les hauteurs d'eau maximales sous les conditions hydrologiques actuelles.

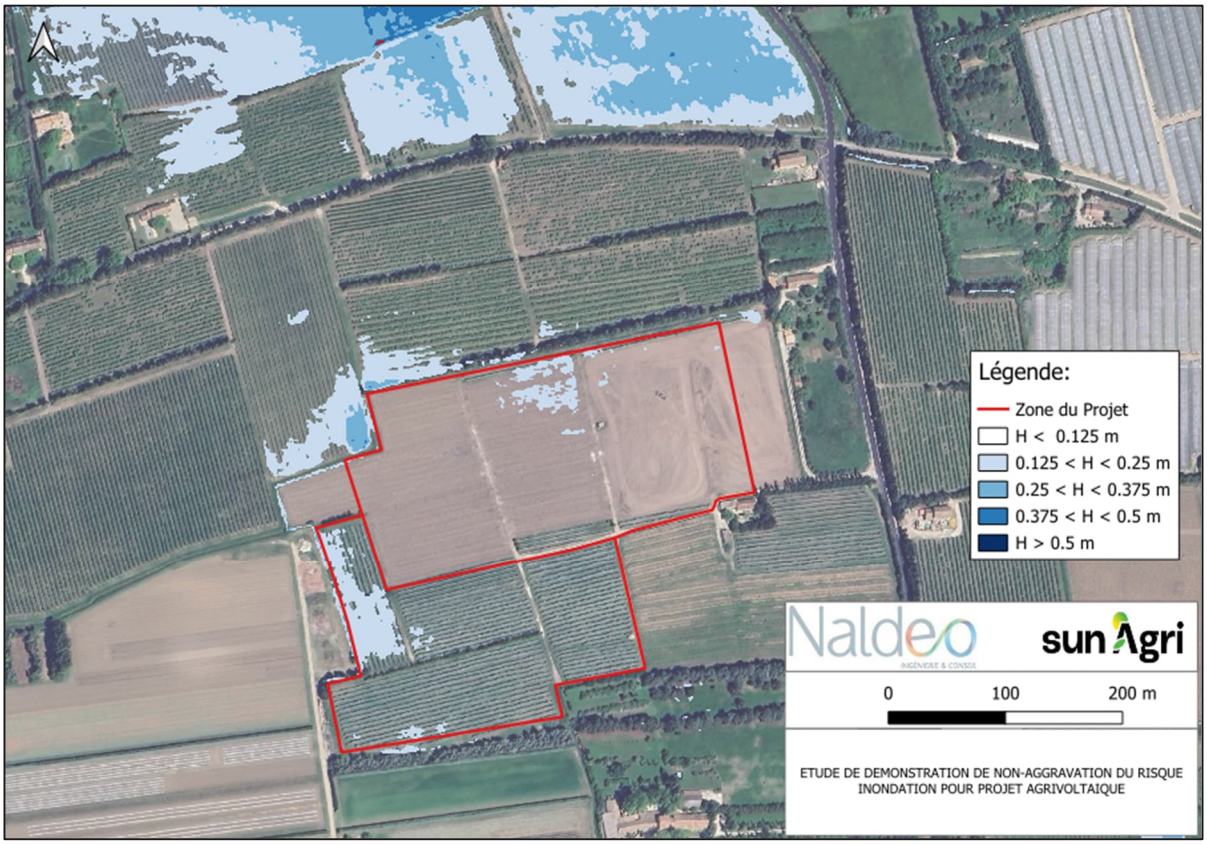


Figure 7 : Carte d'inondation pour le Scénario 1, basée sur les données LIDAR

3.3.2 Scénario 2 : Etat projeté – Modélisation avec LIDAR + relevé topographique du parc photovoltaïque

Dans ce scénario, les relevés topographiques réalisés sur le parc photovoltaïque ont été intégrés pour mieux représenter les infrastructures présentes et leur influence sur les écoulements.

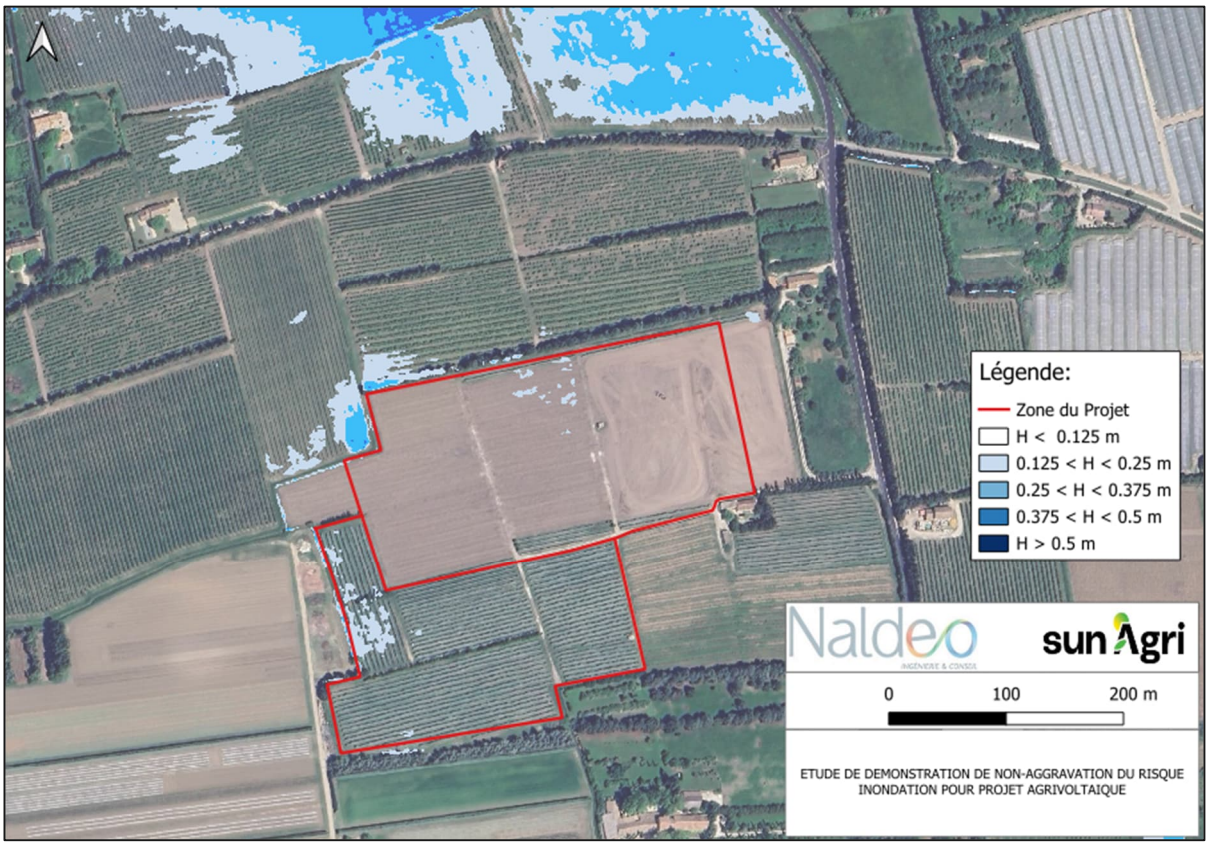


Figure 8 : Carte d'inondation pour le Scénario 2, incluant les relevés topographiques du parc photovoltaïque

3.4 Analyses des résultats

Les simulations hydrauliques des deux scénarios – **État actuel** (LIDAR) et **État projeté** (LIDAR + relevé topographique du parc photovoltaïque) – montrent des résultats similaires, avec des hauteurs d'eau ne dépassant pas **25 cm** et des vitesses d'écoulement faibles. Cette absence de différence significative indique que le parc photovoltaïque n'a pas d'impact notable sur le comportement hydraulique du site lors d'une crue centennale. De plus, le Petit Mourgon, en tant qu'affluent, ne contribue pas à aggraver les conditions d'inondation, confirmant son influence limitée. Ces résultats suggèrent que le site est peu exposé aux risques d'inondation et que le projet photovoltaïque est compatible avec les contraintes hydrauliques actuelles, sans nécessiter de mesure de protection supplémentaire.

4 LE COULON

4.1 Etude Hydrologique

4.1.1 Préambule

Le Coulon prend sa source sur les contreforts de la montagne de la Lure et s'écoule sur environ 80 kilomètres, traversant les villes d'Apt et de Cavaillon avant de rejoindre la Durance. Son bassin versant couvre une superficie d'environ 1000 km², dont une partie significative, environ 400 km², alimente directement la fontaine de Vaucluse. Le reste du bassin versant, en période d'étiage et sous un régime hydrologique moyen, se réduit à une superficie effective de 547 km².

La figure suivante illustre la limite du Bassin versant du Coulon.

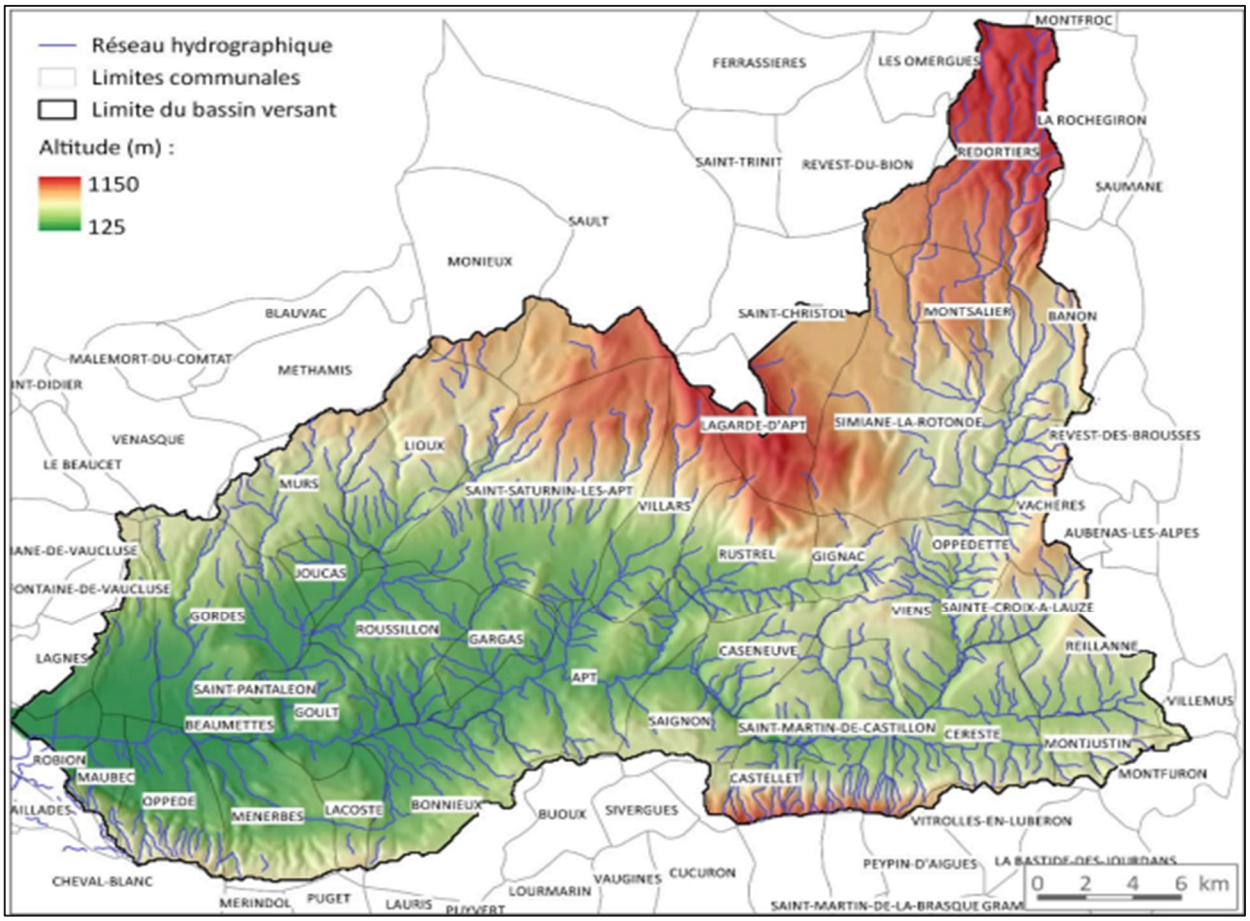


Figure 9 : Bassin versant du Coulon

La figure suivante illustre l'emplacement du projet par rapport au cours d'eau.

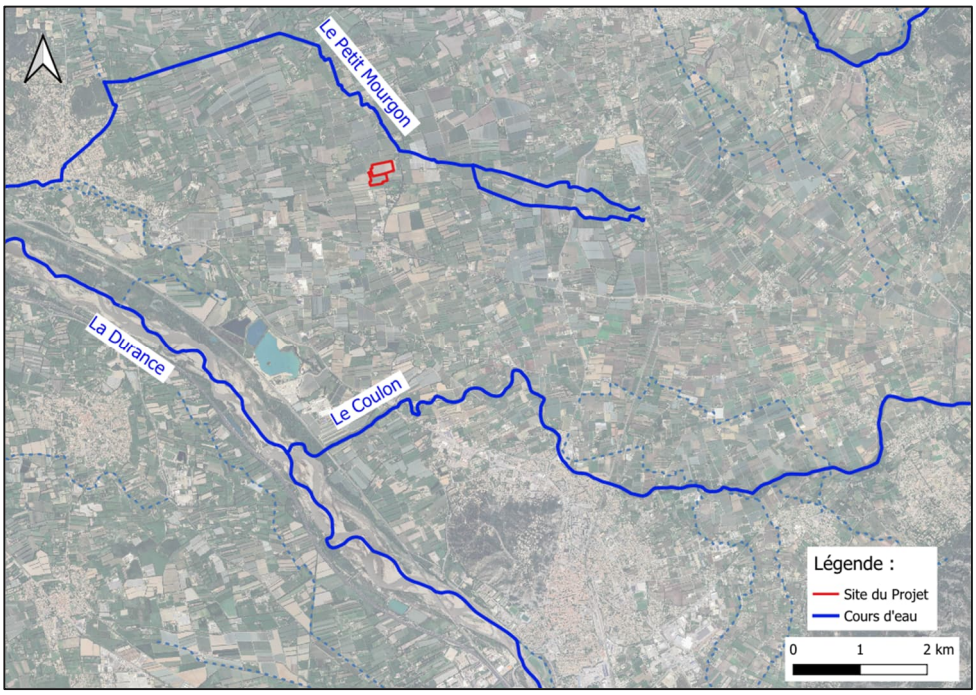


Figure 10 : Emprise du projet

Le projet agrivoltaïque est situé dans une zone à aléa résiduel d'inondation, conformément aux données du Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRi). La carte suivante illustre cette localisation, montrant que le site se trouve en dehors des zones à risque significatif, garantissant ainsi une intégration respectueuse des contraintes hydrauliques locales.

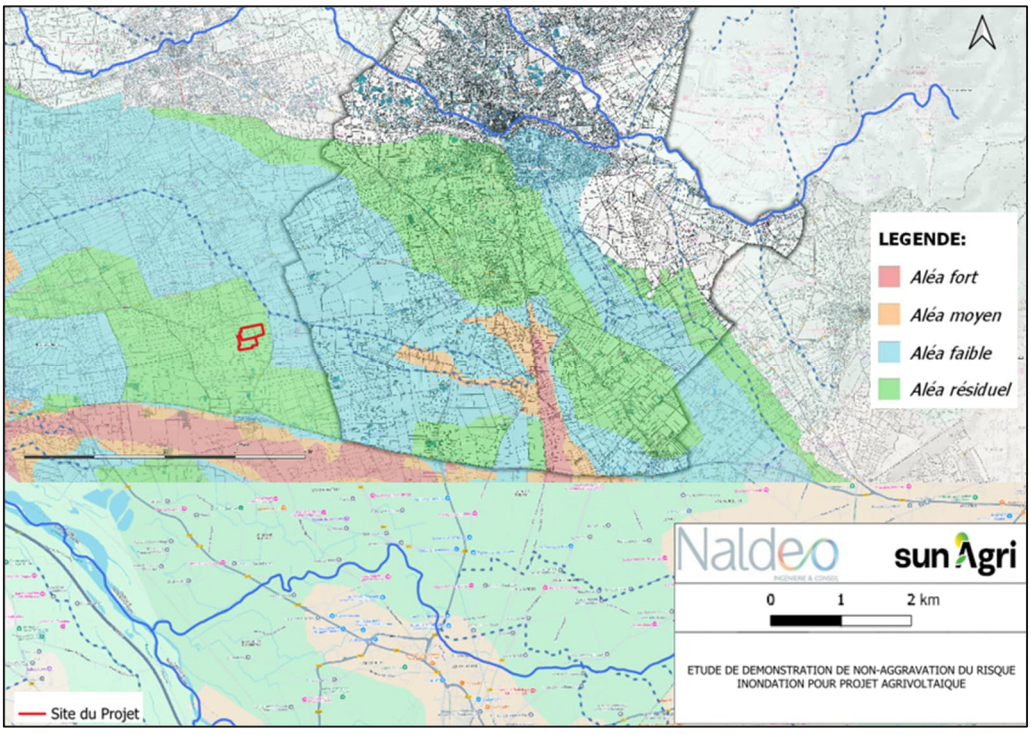


Figure 11 : Localisation du projet par rapport aux zones inondables PPRi (Le petit Mourgon et le Coulon)



Figure 12 : Zoom au droit du projet : Aléa résiduel du PPRi

4.1.2 Débit de PPRI

Dans le rapport de présentation du PPRi, il est indiqué que : le débit centennal de la crue de référence dans l'aval du Coulon, utilisé pour la modélisation hydraulique, est de **545 m³/s** au niveau du pont des Garrigues. Cette valeur, correspondant à un événement ayant une période de retour de 100 ans, a été retenue pour définir les zones inondables et les niveaux de risque associés dans cette partie du bassin versant.

4.1.3 HYDROGRAMME DE CRUE

Dans le cadre de cette étude, un hydrogramme de crue a été construit pour représenter l'évolution du débit lors d'une crue centennale au niveau du **pont des Garrigues**. Les données suivantes ont été utilisées :

- Débit de pointe (Qp) : 545 m³/s (valeur SHYREG correspondant à une crue centennale).
- Temps de propagation de la crue : 3 heures (donnée issue du rapport de présentation du PPRi, correspondant au temps de propagation entre Apt et Oppède, situé à proximité du pont des Garrigues).

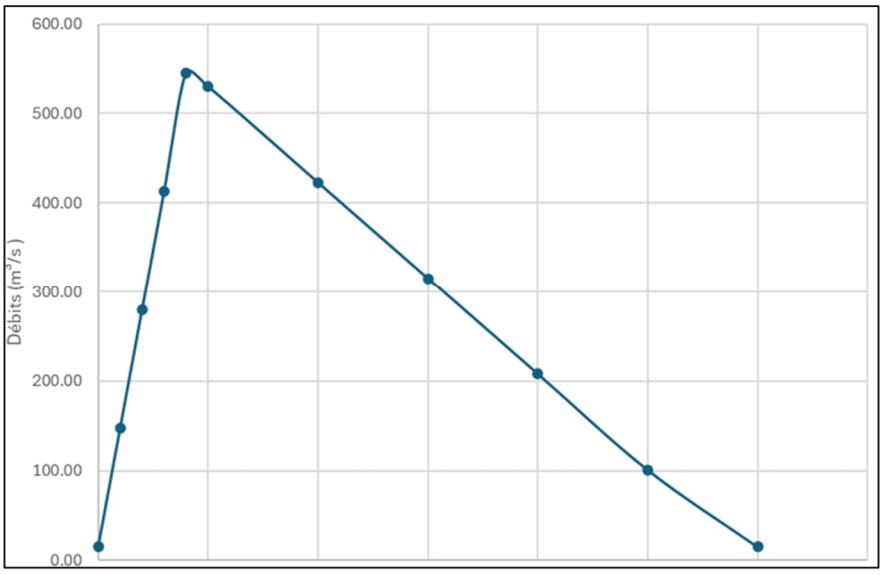


Figure 13 : Hydrogramme de crue de projet pour l'évènement centennal

4.2 Etude hydraulique

4.2.1 Modélisation hydraulique

L'objectif du modèle hydraulique est d'évaluer, dans un 1er temps en état actuel, les caractéristiques d'écoulement (hauteurs d'eau et vitesses) au droit de la zone de projet.

4.2.2 Construction et Calage du modèle

La structure du modèle intègre :

- La zone de projet.
- Le lit mineur de Coulon.
- Les routes qui sont en remblai.

Ces zones, citées ci-dessus, sont des zones du modèle où le maillage a été affiné.

Le modèle comprend environ 95 000 nœuds et la taille de la maille varie de 30 m à 5 m dans les secteurs les plus détaillés (lit mineur du coulon et la zone de projet).

Les coefficients de Strickler retenus sont les suivants :

- Ks = 5 au droit des zones urbanisées denses,
- Ks = 10 au droit des zones boisées,
- Ks = 20 au droit des parcelles agricoles et dans la zone du projet,
- Ks = 35 dans le lit mineur du Coulon,
- Ks = 50 au droit des routes.

4.2.3 Exploitation du modèle

Ce scénario représente la situation actuelle, modélisée uniquement avec les données LIDAR. Il permet d'évaluer les hauteurs d'eau maximales sous les conditions hydrologiques actuelles

Les cartographies des hauteurs d'eau et vitesses sont présentées ci-dessous au droit de la zone de projet.

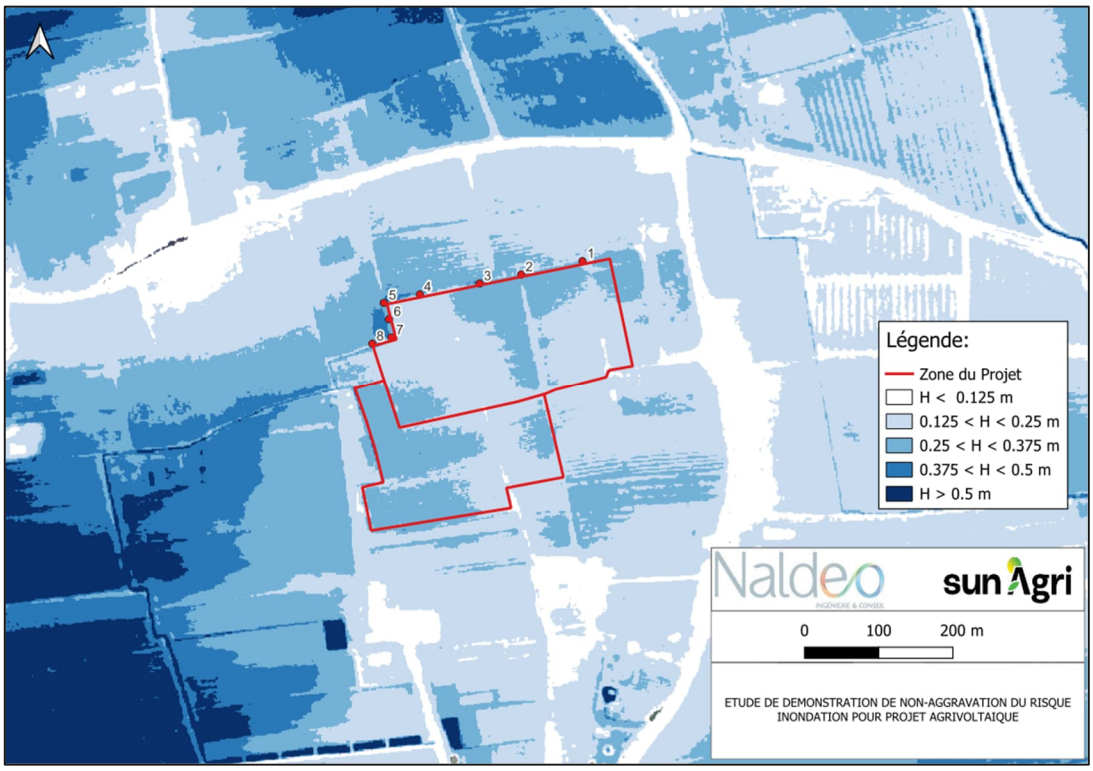


Figure 14 : Carte d'inondation basée sur les données LIDAR (le coulon et le petit Mourguon)

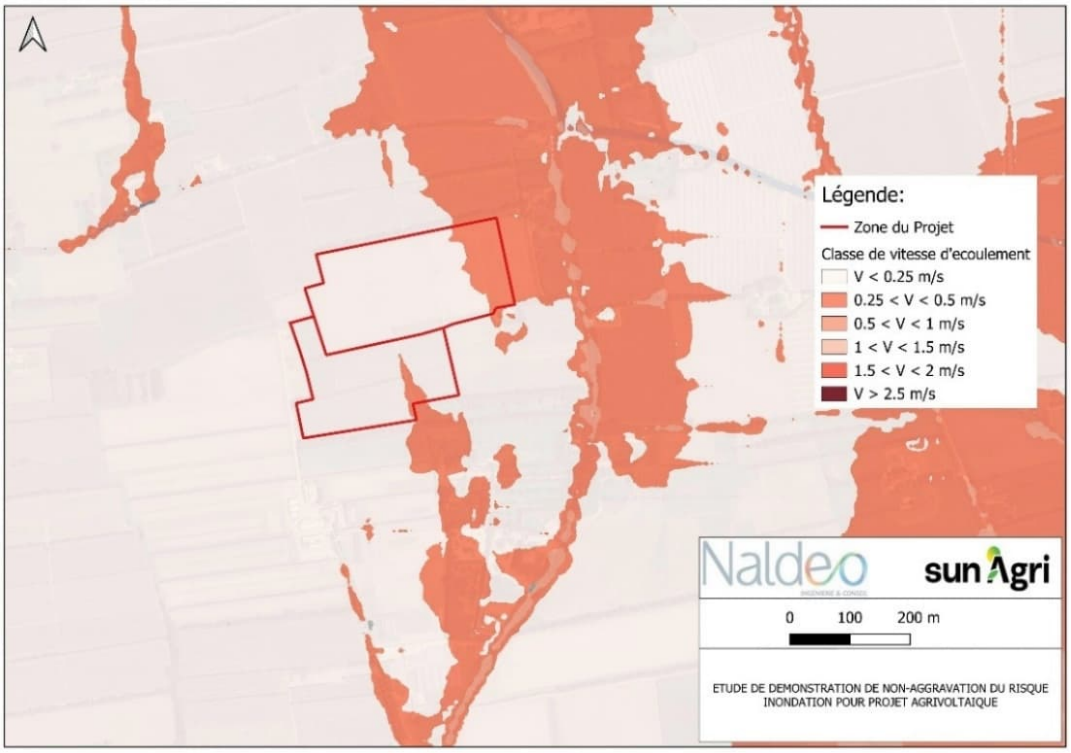


Figure 15 : Vitesses d'écoulement pour la crue centennale

5 INFLUENCE COMBINEE PETIT MOURGON ET COULON

5.1 Scénario 1 : Etat projeté - Modélisation avec LIDAR + relevé topographique du parc photovoltaïque

Dans ce scénario, les relevés topographiques réalisés sur le parc photovoltaïque ont été intégrés pour mieux représenter les infrastructures présentes et leur influence sur les écoulements.

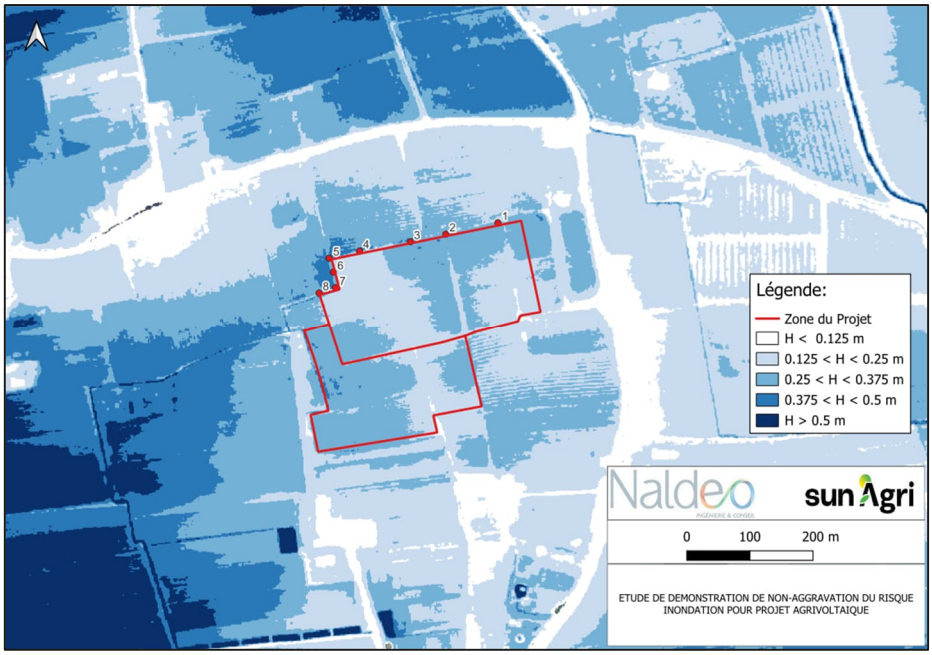


Figure 16 : Carte d'inondation pour Scénario 1

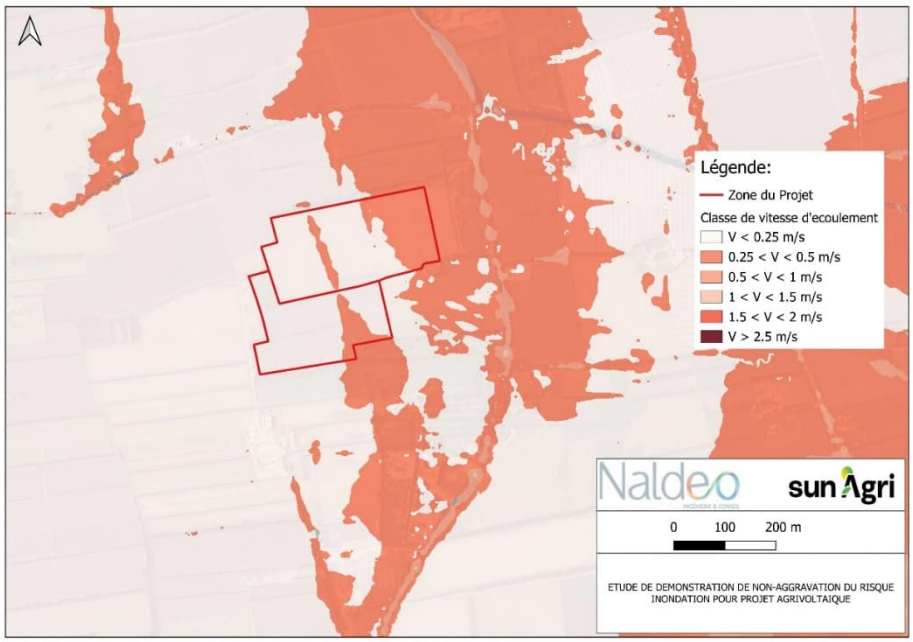


Figure 17 : Vitesses des écoulements Scénario 1

			SCENARIO ACTUEL			SCENARIO PROJETE			Ecart H d'eau (cm)	Ecart Vitesse (m/s)
	X	Y	Hauteur (m)	Hauteur (cm)	Vitesse (m/s)	Hauteur (m)	Hauteur (cm)	Vitesse (m/s)		
1	1861275.1	3190200.6	0.16	16	0.26	0.15	15	0.05	**-1**	**-0.21**
2	1861218.4	3190189.1	0.26	26	0.21	0.28	28	0.12	**2**	**-0.09**
3	1861159.2	3190175.2	0.26	26	0.2	0.29	29	0.17	**3**	**-0.03**
4	1861084.8	3190160	0.28	28	0.19	0.25	25	0.17	**-3**	**-0.02**
5	1861029.3	3190146.4	0.3	30	0.19	0.28	28	0.4	**-2**	**0.21**
6	1861037.9	3190090.3	0.32	32	0.2	0.27	27	0.22	**-5**	**0.02**
7	1861040.5	3190047.5	0.24	24	0.2	0.22	22	0.25	**-2**	**0.05**
8	1860990.9	3190036.1	0.33	33	0.19	0.3	30	0.26	**-3**	**0.07**

Figure 18 : Tableau de comparaison des Hauteurs d'Eau et les vitesses entre l'état actuel et l'état projeté (Scénario 1)

5.2 Scénario 2 : Etat projeté avec obstruction total du premier rang de panneaux (embâcles)

Dans ce scénario, pour répondre à la demande de la DDT, une obstruction d'une hauteur de 50 cm a été modélisée le long du côté nord du parc photovoltaïque. Cette obstruction représente un scénario dans lequel des éléments tels que des branchages/embâcles ou des objets flottants peuvent se coincer contre les poteaux, affectant ainsi le comportement hydraulique du site durant une crue centennale.

Nous avons considéré la situation al plus défavorable, à savoir une obstruction complète.

L'objectif de ce scénario est d'analyser l'impact de l'obstruction sur les écoulements d'eau et d'évaluer les effets éventuels (en amont, sur les propriétés voisines…).

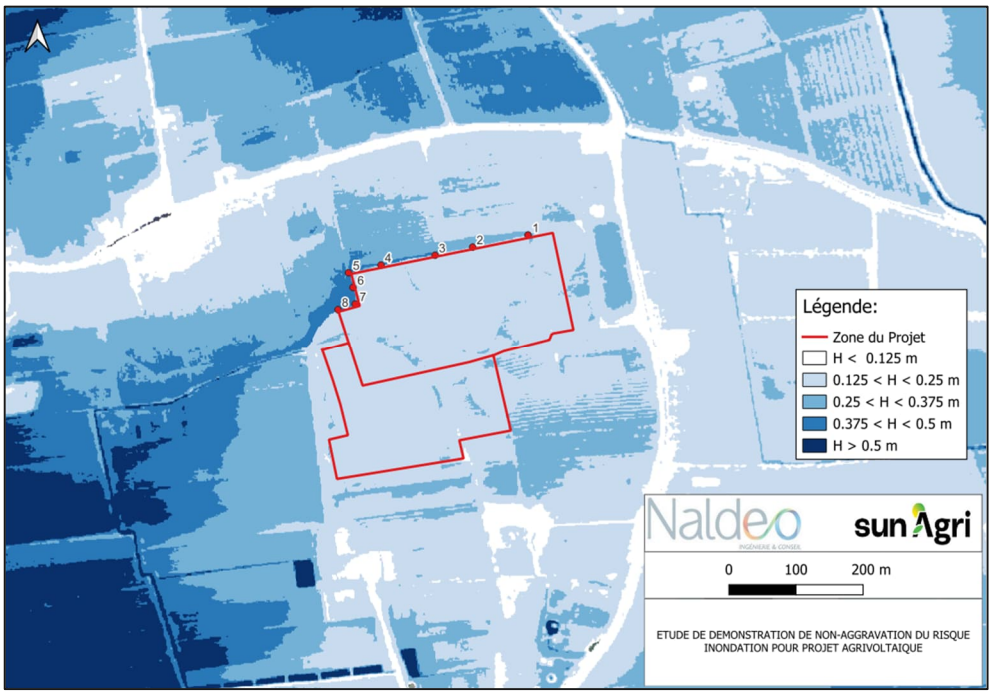


Figure 19 : Carte d'inondation pour le Scénario 2, illustrant l'impact de l'obstruction modélisée sur les hauteurs d'eau

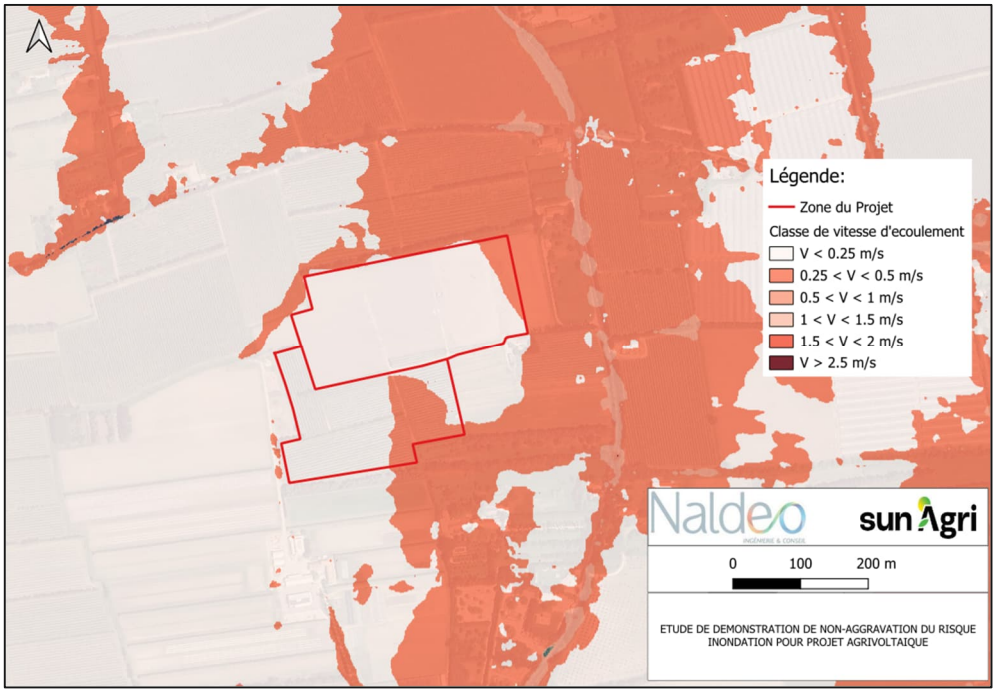


Figure 20 : Vitesses d'écoulement pour scénario 2

			SCENARIO ACTUEL			SCENARIO (OBSTRUCTION)			Ecart Hauteur d'eau (cm)	Ecart Vitesse (m/s)
	X	Y	Hauteur (m)	Hauteur (cm)	Vitesse (m/s)	Hauteur (m)	Hauteur (cm)	Vitesse (m/s)		
1	1861275.1	3190200.6	0.16	16	0.26	0.27	27	0.21	**11**	**-0.05**
2	1861218.4	3190189.1	0.26	26	0.21	0.28	28	0.24	**2**	**0.03**
3	1861159.2	3190175.2	0.26	26	0.2	0.29	29	0.25	**3**	**0.05**
4	1861084.8	3190160	0.28	28	0.19	0.38	38	0.28	**10**	**0.09**
5	1861029.3	3190146.4	0.3	30	0.19	0.38	38	0.31	**8**	**0.12**
6	1861037.9	3190090.3	0.32	32	0.2	0.39	39	0.31	**7**	**0.11**
7	1861040.5	3190047.5	0.24	24	0.2	0.39	39	0.3	**15**	**0.1**
8	1860990.9	3190036.1	0.33	33	0.19	0.4	40	0.34	**7**	**0.15**

Figure 21 : Tableau de comparaison des Hauteurs d'Eau et les vitesses entre l'état actuel et le scénario obstruction (Scénario 2)

5.3 Résultats et analyses des impacts

Les simulations hydrauliques réalisées pour évaluer l'influence combinée du Petit Mourgon et du Coulon dans les deux scénarios montrent des résultats cohérents en termes de hauteur d'eau et de vitesse d'écoulement. Les observations suivantes peuvent être tirées :

1. **Hauteur d'eau :**

- Dans les deux scénarios, les hauteurs d'eau sur l'emprise du site ne dépassent pas 0,5 m. Cette valeur reste modérée et confirme que le site n'est pas soumis à des submersions importantes lors d'une crue centennale.

- La carte des hauteurs d'eau montre que 100 % de l'emprise du site est située dans des zones où la hauteur d'eau est inférieure à 0,5 m, ce qui indique une exposition limitée aux risques d'inondation.

2. **Vitesse d'écoulement :**

- Les vitesses d'écoulement maximales enregistrées sur le site ne dépassent pas 0.5 m/s, une valeur qui reste dans une plage acceptable pour les infrastructures existantes et projetées.

- La carte des vitesses confirme que 100 % de l'emprise du site est située dans des zones où la vitesse d'écoulement est inférieure à 0.5 m/s, ce qui réduit les risques d'érosion ou de dommages liés à la dynamique de l'eau.

3. **Classification de l'aléa :**

- Conformément à la grille de croisement de l'aléa (Figure 19), les faibles hauteurs d'eau (≤ 0,5 m) et les vitesses d'écoulement modérées (< 0.5 m/s) placent le site en zone faible en termes de risque d'inondation. Cette classification confirme que le site n'est pas soumis à des aléas hydrauliques significatifs.

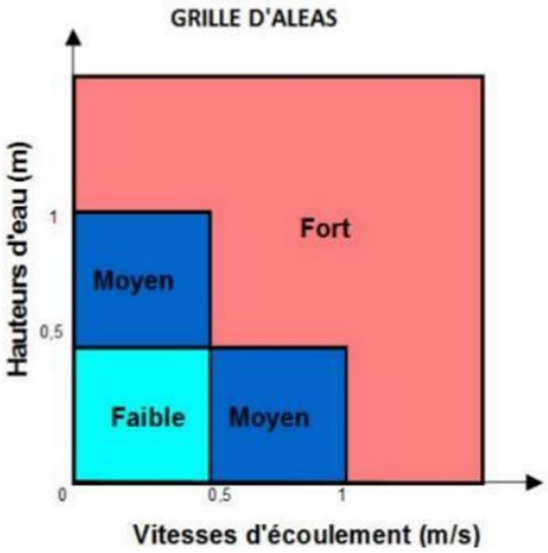


Figure 22 : Grille de croisement de l'aléa

4. **Impact du Petit Mourgon :**

- Les résultats montrent que le Petit Mourgon, en tant qu'affluent, n'a pas d'influence significative sur les conditions hydrauliques du site. Les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement restent faibles, que ce soit dans l'état actuel ou dans l'état projeté.
- Cela confirme que le Petit Mourgon ne contribue pas à aggraver les risques d'inondation ou les contraintes hydrauliques sur le site.

6 SYNTHESE

Cette étude hydraulique a été réalisée dans le cadre du projet agrivoltaïque de Sun'Agri situé à Le Thor (Vaucluse), avec pour objectif principal de vérifier que l'implantation du parc photovoltaïque n'entraînera aucune aggravation des risques d'inondation. Les résultats obtenus, y compris l'analyse de l'influence combinée du Petit Mourgon et du Coulon, confirment que le projet ne modifie pas significativement l'inondabilité de la parcelle du parc lui-même et des propriétés voisines.

a. Résultats de l'analyse hydraulique

Les simulations réalisées à l'aide du logiciel HEC-RAS ont permis de modéliser plusieurs scénarios, notamment une crue centennale. Les résultats des analyses sont les suivants :

1. Scénario 1 : État actuel (modélisation avec données LIDAR)

- Les hauteurs d'eau sur l'emprise du site ne dépassent pas 0,5 m, et les vitesses d'écoulement restent inférieures à 0.5 m/s.

2. Scénario 2 : État projeté (modélisation avec LIDAR + relevé topographique du parc photovoltaïque)

- Les résultats montrent que l'implantation des panneaux solaires n'entraîne pas d'aggravation significative des risques d'inondation.
- Les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement restent similaires à celles du scénario 1, avec des valeurs maximales de 0.5 m et 0.5 m/s respectivement.
- Le Petit Mourgon n'a pas d'influence notable sur les conditions hydrauliques du site (même en crue simultanée).

3. Scénario 3 : Obstruction (modélisation avec une obstruction de 50 cm le long du côté nord du parc)

- Une obstruction de 50 cm, représentant des branchages, embâcles ou objets flottants coincés contre les poteaux, a été modélisée pour simuler une situation défavorable.
- Les résultats montrent que cette obstruction entraîne une légère augmentation des hauteurs d'eau en amont de l'obstruction, mais sans impact significatif sur les propriétés voisines ou sur le site lui-même.
- Les vitesses d'écoulement restent inférieures à 0,5 m/s, confirmant que le site reste en zone faible en termes de risque d'inondation, même dans ce scénario défavorable.

b. Recommandations pour assurer la durabilité du projet

Afin de garantir la résilience du projet et de prévenir tout risque potentiel, les recommandations suivantes doivent être considérées :

1. **Surveillance continue :**

- Mettre en place un système de surveillance des conditions hydrologiques pour détecter toute variation significative post-implantation.
- Surveiller particulièrement les zones sensibles où des modifications hydrauliques pourraient se produire.

2. **Évaluation de la résilience des infrastructures :**

- S'assurer que les structures, notamment les poteaux soutenant les panneaux photovoltaïques, sont conçues pour résister aux forces hydrauliques, même en cas d'événements extrêmes.

3. **Gestion proactive des écoulements :**

- Établir des protocoles de gestion pour prévenir l'accumulation de débris flottants ou de branchages qui pourraient affecter les écoulements.
- Planifier des inspections régulières des cours d'eau et des ouvrages hydrauliques.

4. **Collaboration avec les autorités locales :**

- Maintenir un dialogue ouvert avec les autorités et les gestionnaires des risques d'inondation pour garantir la conformité du projet aux réglementations et pratiques en vigueur.
- Participer aux plans de gestion des risques d'inondation à l'échelle locale.

c. Conclusion générale

Cette étude confirme que le projet agrivoltaïque de Sun'Agri ne modifie pas significativement le fonctionnement des crues sur la parcelle du projet et à plus large échelle, y compris en tenant compte de l'influence combinée du Petit Mourgon et du Coulon. Les résultats montrent que le site reste bien en zone d'aléa résiduelle en termes de risque d'inondation, avec des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement faibles dans les trois scénarios (état actuel, état projeté et obstruction).

Le scénario d'obstruction, bien que représentant une situation défavorable, n'entraîne pas d'aggravation significative des risques d'inondation pour le site ou les propriétés voisines. Cela démontre la robustesse du projet face à des conditions hydrauliques extrêmes.

Pour garantir la durabilité du projet, il est recommandé de mettre en œuvre les mesures de surveillance et de gestion proactive des écoulements décrites ci-dessus. Ces mesures permettront de maintenir les conditions hydrauliques favorables observées et de prévenir tout risque potentiel lié à des événements extrêmes ou à des obstructions.

BUREAU D'ETUDES

485 rue des Entreprises
BP 68
43202 YSSINGEAUX CEDEX
Tél. : 04.71.56.39.66
Email : structures@seryss.fr

4 quai des Etroits
69005 LYON
Tél. : 04.78.796.95.86

N° AFFAIRE : SUN.183.24S

OBJET:

P1478 - Structure AGRIVOLTAÏQUE LE THOR 1&2 (84 – VAUCLUSE)

VERIFICATION SOUS CRUES

30/01/2025	C	Ajout explication limitation vent
07/10/2024	B	Ajout choc + Modification des embâcles
01/08/2024	A	PREMIERE EDITION
Date	**Indice**	**Modification**

SOMMAIRE

1 - HYPOTHESES : 2
1.1 - CHARGES 2
1.1.1 - PERMANENTES - G 2
1.1.2 - CHARGES DE NEIGE 2
1.1.3 - CHARGES DE VENT 2
1.1.4 - CHARGES ACCIDENTELLES LIEES AUX INONDATIONS 3
1.2 - HYPOTHESES DE DEFORMATIONS : 4
1.3 - HYPOTHESES DE MATERIAUX : 4
1.4 - REGLEMENTS : 4

2 - OBJET DE LA NOTE 5

3 - IMPLANTATION DE L'INSTALLATION 6

4 - MODELISATION 7
4.1 - PRINCIPE DE STRUCTURE 7
4.2 - CHARGEMENT DE CRUES 8
4.3 - RESISTANCE SOUS CRUES DES MONTANTS 9

5 - CONCLUSION 11

1 - HYPOTHESES :

La structure est considérée comme une serre de catégorie B15.

1.1 - CHARGES

1.1.1 - PERMANENTES - G

Panneaux Photovoltaïques 12.5 daN/m²
Poids propre

1.1.2 - CHARGES DE NEIGE

Charges de neige suivant Eurocode 1991-1-3 et annexe nationale (NF EN1991-1-3 et AN)

Localisation : Le Thor (84 – VAUCLUSE)
Zone A2 Altitude : < 200m
Charge caractéristique : Sk = 0.45 kN/m²
Charge accidentelle : Sad = 1.00 kN/m²

Les charges de neige ne sont pas prises en compte sur les panneaux par suite de l'installation de capteurs qui basculent les panneaux en position verticale. Toutefois la neige est présente sur la structure non mobile.

1.1.3 - CHARGES DE VENT

Charges suivant EUROCODES 1 – NF EN 1991-1-4 et Annexe Nationale

Les charges de vent sont prises conforme aux Eurocode jusqu'à une vitesse de 70 km/h, pour toute position. Au-delà de cette vitesse, une sécurité physique bascule automatiquement les panneaux en position horizontale.

Position repos – Panneaux horizontaux

Zone 2 …… $V_{b,0}$ = 24 m/s

Rugosité du terrain
Catégorie du terrain …….. II
z_0 = 0.05
z_{min} = 2m
Facteur de terrain …….. k_r = 0.190
c_{dir} = 1
c_{season}= 1

Orographie du terrain
Coefficient ……... c_o = 1

k_i = 0.995
I_v = k_i/(ln (z/z0) ➔ 0.995/ln(5.2/0.05) = 0.214
Masse volumique de l'air : ρ = 1.225 kg/m^3
Pression dynamique de pointe : $q_{p(5.2)}$ = (1+7*Iv)x ½ ρ x (0.882*24)² = 68.5 daN/m²

Position production – Panneaux jusqu'à 70°

Vent Limité à 70km/h …… $V_{b,0}$ = 19.44 m/s

Masse volumique de l'air : ρ = 1.225 kg/m^3
Pression dynamique de pointe : $q_{p(5.2)} = ½ \rho \times (19.44)^2$ = 23 daN/m²

1.1.4 - CHARGES ACCIDENTELLES LIEES AUX INONDATIONS

Le projet se situant en zone inondable, avec un aléa résiduel, caractérisé par une hauteur d'eau inférieure à 0,5m (Cf : PPRI du Cavalon Coulon). Les vitesses ne sont pas analysées dans les documents du PPRI.
Une vitesse de 0.5m/s sera prise en compte et devra être validée par le la MOE/MOA

Nous considèrerons donc le couple Hauteur/Vitesse suivant :

Hauteur max. (m)	Vitesse max. (m/s)
0.5	0.5

Les charges statiques équivalentes aux couples transmis seront de profil linéaire pour l'écoulement de l'eau et pour les embâcles et déterminées par les formules suivantes en considérant un poteau métallique de 18 cm ou sur la largeur des embâcles (4.5m par poteau pour être sur les même hypothèses que les études précédentes) :

- Pression de l'eau sur le profilé :
  $P1 = 1/2\rho * v^2 * Cx * 0.18$ pour h<0.5m ➔ 27 daN/ml

- Pression liée aux embâcles :
  La pression liée aux embâcles correspond à l'obstruction totale de l'intervalle entre poteaux. Afin de rester sécuritaire, la pression est appliquée à l'intégralité des poteaux et pas seulement sur la 1ère rangée.

  $P2 = 1/2\rho * v^2 * Cx * 4.5$ Pour h ≤ 0.5m ➔ 675 daN/ml

Avec :
- Coefficient de trainée Cx = 1.2
- ρ = 1000 kg/m3
- v = 0.5 m/s

- Charge de chocs :
  Afin de palier le risque de choc, nous considérons un corps flottant correspondant à un arbre déraciné en amont. Le corps flottant est pris à 300 daN. Nous appliquons un coefficient de 1.5 afin de prendre en compte l'effet dynamique.

1.2 - HYPOTHESES DE DEFORMATIONS :

Flèche maxi des porteurs horizontaux :

W_{max} = 1/200 de la portée sous G + Q

Wmax = 1/300 de la portée sous Q

Déplacements horizontaux des montants : 1/80ème de la hauteur

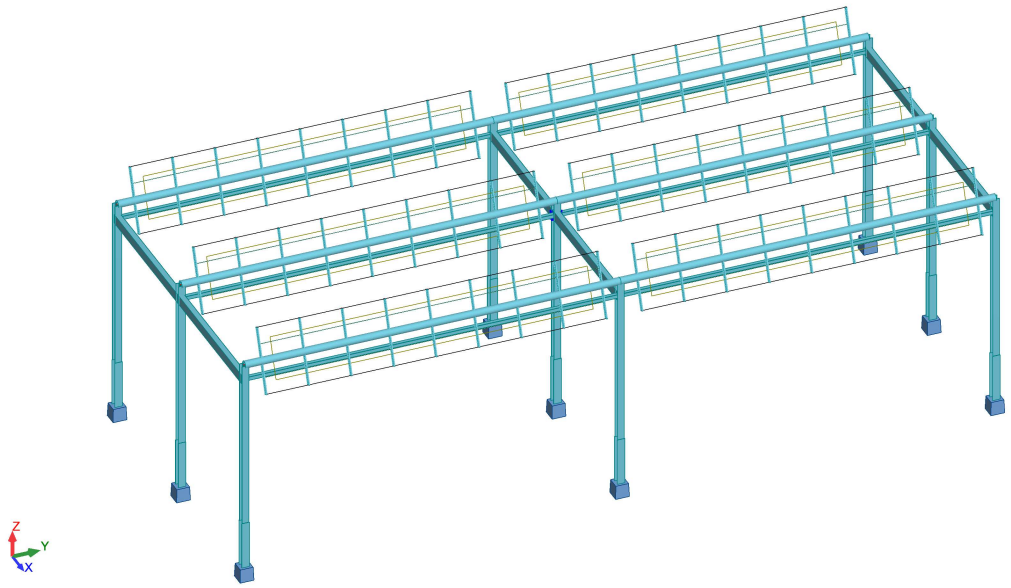
1.3 - HYPOTHESES DE MATERIAUX :

Profils laminé type IPE, HEA et UPN	Acier S275 :	σ_e = 275 MPa E = 210 000 MPa
Profils en Cornières, tubes	Acier S235 :	σ_e = 235 MPa E = 210 000 MPa
Profils laminé type IPE, HEA et UPN	Acier S355 :	σ_e = 355 MPa E = 210 000 MPa
Profils en tubes	Acier S355 :	σ_e = 355 MPa E = 210 000 MPa
Boulons :	Classe 8.8	σ_e = 640 MPa σ_{red} = 550 MPa

1.4 - REGLEMENTS :

CHARGES	EUROCODES 1.3 et 1.4 + AN
COMBINAISONS	EN 13031-1 : 2001
VERIFICATIONS	EUROCODES 3 + AN

2 - OBJET DE LA NOTE



MODELISATION AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS
SUN.183.24-S – LE THOR 1&2 + CRUE

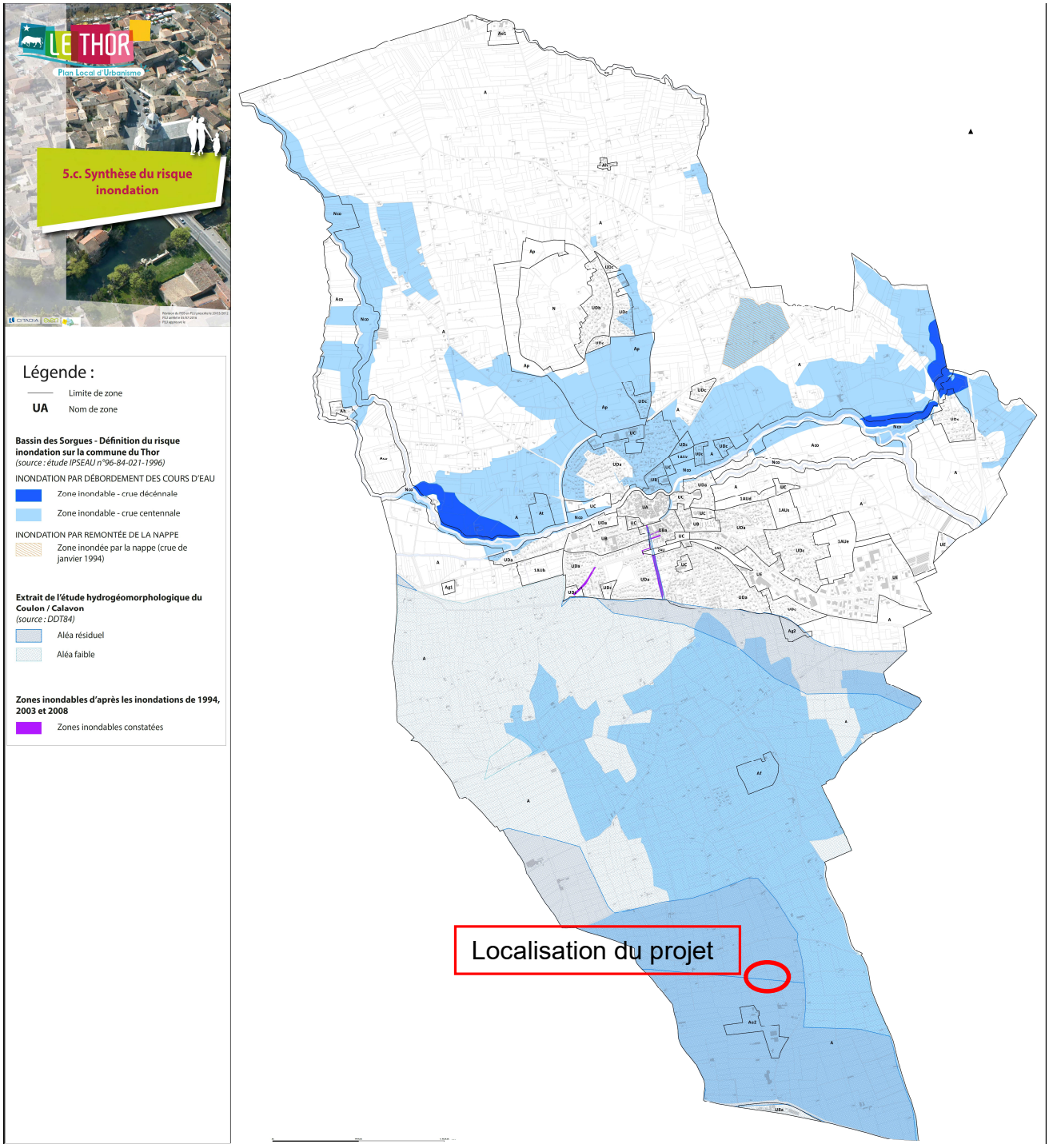
Le but de cette étude est de déterminer le comportement de la structure vis-à-vis d'une crue conforme au PPRI du Calavon Coulon.

Il est considéré dans cette note qu'en période de crue, les panneaux sont en position horizontale.

Le cas d'un choc sur la structure n'est pas pris en compte lors de la formation des embâcles, pour pallier ce phénomène, la structure est vérifiée en limitant le taux de travail des éléments à 50% de leur capacité en cas de crue.

3 - IMPLANTATION DE L'INSTALLATION

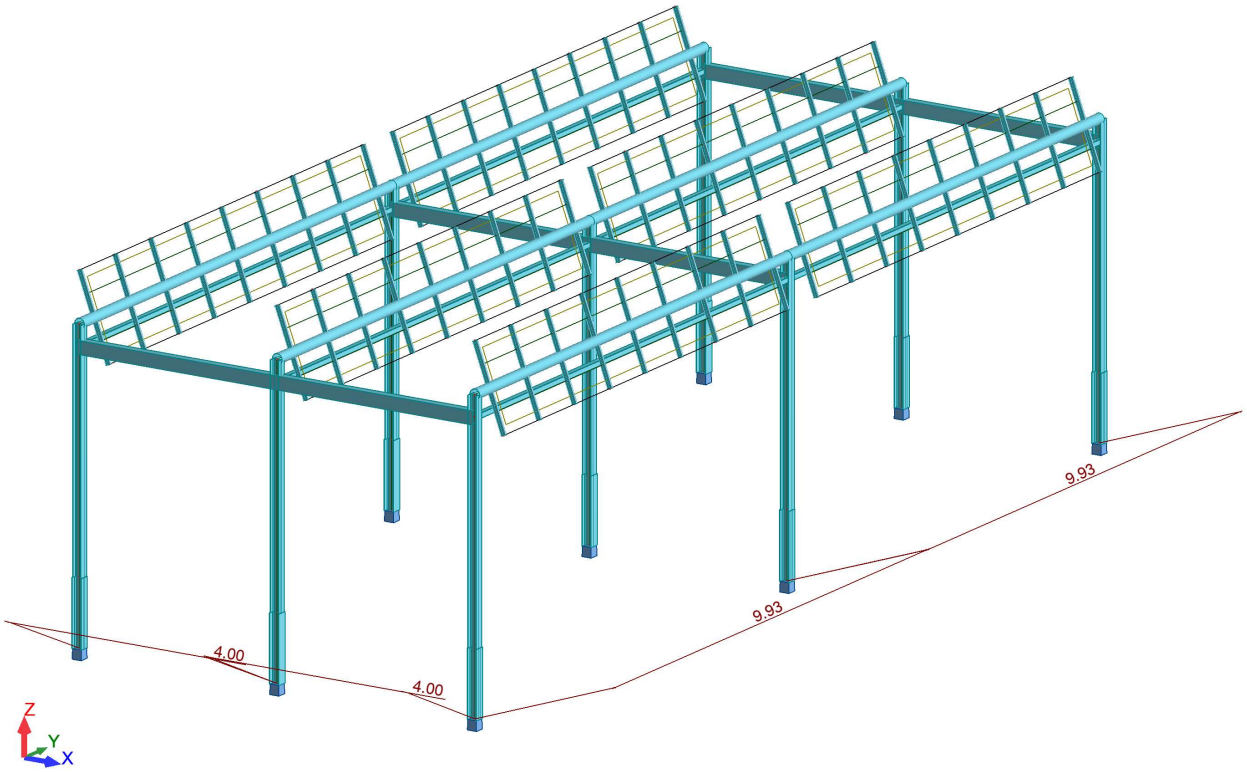
L'installation du projet se situe sur la commune Le Thor dans le Vaucluse. Le projet est situé en zone inondable d'aléa résiduel avec une hauteur d'eau de 50cm maximum. Afin de prendre en compte le risque et les hauteurs d'eau du PPRI, le local technique est implanté 70 cm au-dessus du sol, ainsi que l'ensemble des équipements sensibles.



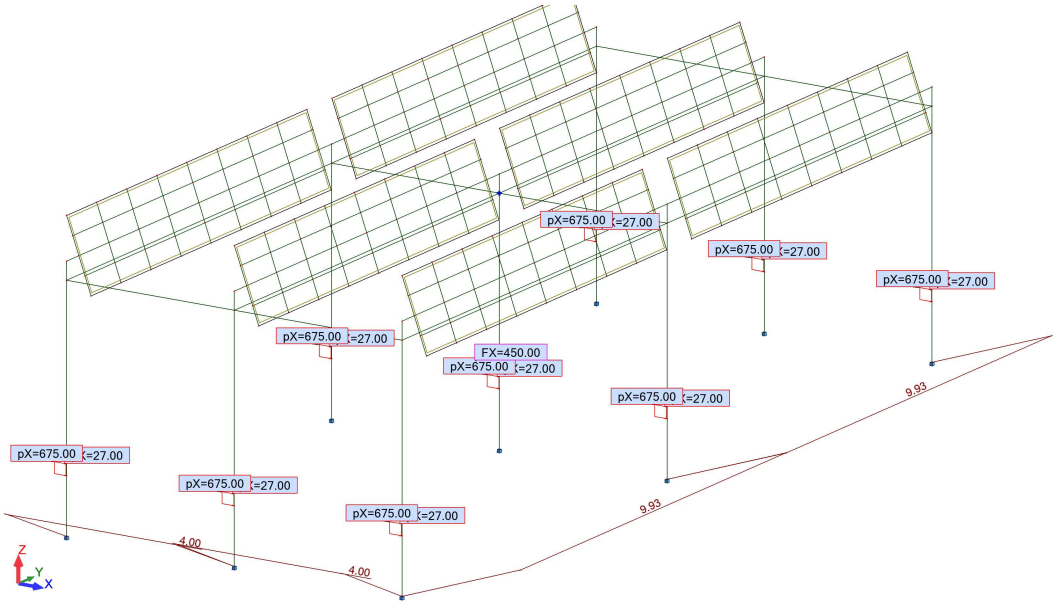
4 - MODELISATION

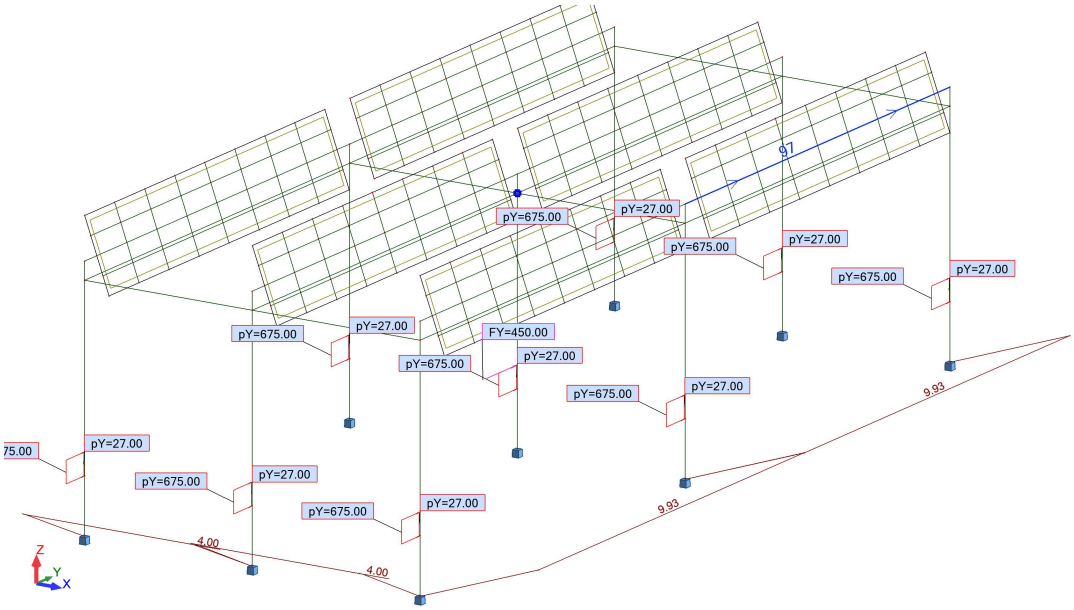
4.1 - PRINCIPE DE STRUCTURE





4.2 - CHARGEMENT DE CRUES





4.3 - RESISTANCE SOUS CRUES DES MONTANTS

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: *NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*
TYPE D'ANALYSE: Vérification des familles

FAMILLE: 1 PIEUX
PIECE: 46 Poteau_46 **POINT:** 1 **COORDONNEE:** x = 0.00 L = 0.00 m

---

CHARGEMENTS:
Cas de charge décisif: 53 ACC1 - CRUE Y (1+7)*1.00+10*0.20

MATERIAU:
ACIER fy = 23.50 daN/mm2



PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 200

h=190.0 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=200.0 mm	Ay=45.12 cm2	Az=18.08 cm2	Ax=53.83 cm2
tw=6.5 mm	Iy=3692.15 cm4	Iz=1335.51 cm4	Ix=18.60 cm4
tf=10.0 mm	Wply=429.52 cm3	Wplz=203.82 cm3	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 815.66 daN	My,Ed = 1.88 daN*m	Mz,Ed = -979.67 daN*m	Vy,Ed = -771.30 daN
Nc,Rd = 126503.32 daN	My,Ed,max = 1.88 daN*m	Mz,Ed,max = -979.67 daN*m	Vy,c,Rd = 61219.23 daN
Nb,Rd = 121903.64 daN	My,c,Rd = 10093.74 daN*m	Mz,c,Rd = 4789.82 daN*m	Vz,Ed = -1.48 daN
	MN,y,Rd = 10093.74 daN*m	MN,z,Rd = 4789.82 daN*m	Vz,c,Rd = 24532.09 daN
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

Ly = 1.27 m	Lam_y = 0.16	Lz = 1.27 m	Lam_z = 0.27
Lcr,y = 1.27 m	Xy = 1.00	Lcr,z = 1.27 m	Xz = 0.96
Lamy = 15.34	kzy = 0.54	Lamz = 25.50	kzz = 0.90

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:
N,Ed/Nc,Rd = 0.01 < 1.00 (6.2.4.(1))
My,Ed/MN,y,Rd = 0.00 < 1.00 (6.2.9.1.(2))
Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.20 < 1.00 (6.2.9.1.(2))
(My,Ed/MN,y,Rd)^ 2.00 + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^1.00 = 0.20 < 1.00 (6.2.9.1.(6))
Vy,Ed/Vy,c,Rd = 0.01 < 1.00 (6.2.6.(1))
Vz,Ed/Vz,c,Rd = 0.00 < 1.00 (6.2.6.(1))
Contrôle de la stabilité globale de la barre:
Lambda,y = 15.34 < Lambda,max = 450.00 Lambda,z = 25.50 < Lambda,max = 450.00 STABLE
N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) + kyz*Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.12 < 1.00 (6.3.3.(4))
N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) + kzz*Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.19 < 1.00 (6.3.3.(4))

Profil correct !!!

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: *NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*
TYPE D'ANALYSE: Vérification des familles

FAMILLE: 2 POTEAUX
PIECE: 47 Poteau-HEA140_47 **POINT:** 2 **COORDONNEE:** x = 0.91 L = 4.10 m

---

CHARGEMENTS:
Cas de charge décisif: 51 ACC1 - CRUE Y (1+7)*1.00+2*0.20

MATERIAU:
S 355 (S 355) fy = 35.50 daN/mm2



PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 180

h=171.0 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=180.0 mm	Ay=37.93 cm2	Az=14.47 cm2	Ax=45.25 cm2
tw=6.0 mm	Iy=2510.29 cm4	Iz=924.61 cm4	Ix=14.86 cm4
tf=9.5 mm	Wply=324.85 cm3	Wplz=156.49 cm3	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 578.53 daN	My,Ed = 665.69 daN*m	Mz,Ed = 74.15 daN*m	Vy,Ed = 58.20 daN
Nc,Rd = 160637.50 daN	My,Ed,max = 665.69 daN*m	Mz,Ed,max = 269.10 daN*m	Vy,c,Rd = 77741.08 daN
Nb,Rd = 92995.29 daN	My,c,Rd = 11532.18 daN*m	Mz,c,Rd = 5555.40 daN*m	Vz,Ed = 159.96 daN
	MN,y,Rd = 11532.18 daN*m	MN,z,Rd = 5555.40 daN*m	Vz,c,Rd = 29657.62 daN
			Classe de la section = 2



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

Ly = 4.61 m	Lam_y = 0.57	Lz = 4.61 m	Lam_z = 0.93
Lcr,y = 3.23 m	Xy = 0.85	Lcr,z = 3.23 m	Xz = 0.58
Lamy = 43.33	kyy = 0.90	Lamz = 71.39	kyz = 0.54

FORMULES DE VERIFICATION:
Contrôle de la résistance de la section:
N,Ed/Nc,Rd = 0.00 < 1.00 (6.2.4.(1))
My,Ed/MN,y,Rd = 0.06 < 1.00 (6.2.9.1.(2))
Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.01 < 1.00 (6.2.9.1.(2))
(My,Ed/MN,y,Rd)^ 2.00 + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^1.00 = 0.02 < 1.00 (6.2.9.1.(6))
Vy,Ed/Vy,c,Rd = 0.00 < 1.00 (6.2.6.(1))
Vz,Ed/Vz,c,Rd = 0.01 < 1.00 (6.2.6.(1))
Contrôle de la stabilité globale de la barre:
Lambda,y = 43.33 < Lambda,max = 450.00 Lambda,z = 71.39 < Lambda,max = 450.00 STABLE
N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) + kyz*Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.08 < 1.00 (6.3.3.(4))
N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) + kzz*Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.08 < 1.00 (6.3.3.(4))

Profil correct !!!

5 - CONCLUSION

Les charges liées aux crues correspondent à environ 20% de la résistance de l'ensembles de l'installation. La structure est satisfaisante tant en déplacement qu'en résistance vis-à-vis des règles en vigueurs.

BUREAU D'ETUDES

485 rue des Entreprises
43200 YSSINGEAUX
Tél. : 04.71.56.39.66
Email : structures@seryss.fr

4 quai des Etroits
69005 LYON
Tél. : 04.78.796.95.86

N° AFFAIRE : SUN.183.24S

OBJET :

P1478 - Structure AGRIVOLTAÏQUE LE THOR 1&2 (84 – VAUCLUSE)

NOTE DE CALCUL DE LA STRUCTURE

11/03/2025	B	Ajout explication limitation vent
07/10/2024	A	PREMIERE EDITION
Date	**Indice**	**Modification**

SOMMAIRE

1 - HYPOTHESES : 2
1.1 - CHARGES 2
1.1.1 - PERMANENTES - G 2
1.1.2 - CHARGES DE NEIGE 2
1.1.3 - CHARGES DE VENT 2
1.1.4 - CHARGES ACCIDENTELLES LIEES AUX INONDATIONS 3
1.2 - HYPOTHESES DE DEFORMATIONS : 4
1.3 - HYPOTHESES DE MATERIAUX : 4
1.4 - REGLEMENTS : 4

2 - OBJET DE LA NOTE 5

3 - IMPLANTATION DE L'INSTALLATION 6

4 - MODELISATION 8
4.1 - PRINCIPE DE STRUCTURE 8
4.1.1 - SECTIONS 9
4.1.2 - RELACHEMENTS 9
4.2 - MODELISATION D'UN MODULE TYPE A 70° 10
4.3 - CHARGEMENT 12
4.3.1 - CAS 12
4.3.2 - VALEURS DES CHARGES 12
4.3.3 - SCHEMAS 13
4.3.4 - COMBINAISONS ANALYSEES 16
4.4 - VERIFICATION DES PROFILS 17
4.4.1 - CONTRAINTE 17
4.4.2 - DEPLACEMENT 20

5 - CONCLUSION 21

1 - HYPOTHESES :

La structure est considérée comme une serre de catégorie B15.

1.1 - CHARGES

1.1.1 - PERMANENTES - G

Panneaux Photovoltaïques 12.5 daN/m²
Poids propre

1.1.2 - CHARGES DE NEIGE

Charges de neige suivant Eurocode 1991-1-3 et annexe nationale (NF EN1991-1-3 et AN)

Localisation : Le Thor (84 – VAUCLUSE)
Zone A2 Altitude : < 200m
Charge caractéristique : Sk = 0.45 kN/m²
Charge accidentelle : Sad = 1.00 kN/m²

Les charges de neige ne sont pas prises en compte sur les panneaux suite à l'installation de capteurs qui basculent les panneaux en position verticale. Toutefois la neige est présente sur la structure non mobile.

1.1.3 - CHARGES DE VENT

Charges suivant EUROCODES 1 – NF EN 1991-1-4 ET Annexe Nationale.

Les charges de vent sont prises conforme aux Eurocode jusqu'à une vitesse de 70 km/h, pour toute position. Au-delà de cette vitesse, une sécurité physique bascule automatiquement les panneaux en position horizontale.

Position repos – Panneaux horizontaux

Zone 2 …… $V_{b,0}$ = 24 m/s

Rugosité du terrain
Catégorie du terrain …….. II
z_0 = 0.05
z_{min} = 2m
Facteur de terrain …….. k_r = 0.190
c_{dir} = 1
c_{season}= 1

Orographie du terrain
Coefficient ……... c_o = 1

k_i = 0.995
$I_v = k_i/(\ln (z/z0))$ ➔ 0.995/ln(5.2/0.05) = 0.214
Masse volumique de l'air : ρ = 1.225 kg/m^3
Pression dynamique de pointe : $q_{p(5.2)} = (1+7*Iv) x ½ \rho x (0.882*24)^2$ = 68.5 daN/m²

Position production – Panneaux jusqu'à 70°

Vent Limité à 70km/h …… $V_{b,0}$ = 19.44 m/s

Masse volumique de l'air : ρ = 1.225 kg/m^3
Pression dynamique de pointe : $q_{p(5.2)} = ½ \rho \times (19.44)^2$ = 23 daN/m²

1.1.4 - CHARGES ACCIDENTELLES LIEES AUX INONDATIONS

Le projet se situant en zone inondable, avec un aléa résiduel, caractérisé par une hauteur d'eau inférieure à 0,5m (Cf : PPRI du Cavalon Coulon). Les vitesses ne sont pas analysées dans les documents du PPRI.
Une vitesse de 0.5m/s sera prise en compte et devra être validée par le la MOE/MOA

Nous considèrerons donc le couple Hauteur/Vitesse suivant :

Hauteur max. (m)	Vitesse max. (m/s)
0.5	0.5

Les charges statiques équivalentes aux couples transmis seront de profil linéaire pour l'écoulement de l'eau et pour les embâcles et déterminées par les formules suivantes en considérant un poteau métallique de 18 cm ou sur la largeur des embâcles (4.5m par poteau pour être sur les même hypothèses que les études précédentes) :

- Pression de l'eau sur le profilé :
  $P1 = 1/2\rho * v^2 * Cx * 0.18$ pour h<0.5m ➔ 27 daN/ml

- Pression liée aux embâcles :
  La pression liée aux embâcles correspond à l'obstruction totale de l'intervalle entre poteaux. Afin de rester sécuritaire, la pression est appliquée à l'intégralité des poteaux et pas seulement sur la 1ère rangée.

  $P2 = 1/2\rho * v^2 * Cx * 4.5$ Pour h ≤ 0.5m ➔ 675 daN/ml

Avec :
- Coefficient de trainée Cx = 1.2
- ρ = 1000 kg/m3
- v = 0.5 m/s

- Charge de chocs :
  Afin de palier le risque de choc, nous considérons un corps flottant correspondant à un arbre déraciné en amont. Le corps flottant est pris à 300 daN. Nous appliquons un coefficient de 1.5 afin de prendre en compte l'effet dynamique.

1.2 - HYPOTHESES DE DEFORMATIONS :

Flèche maxi des porteurs horizontaux :

W_{max} = 1/200 de la portée sous G + Q

Wmax = 1/300 de la portée sous Q

Déplacements horizontaux des montants : 1/80ème de la hauteur

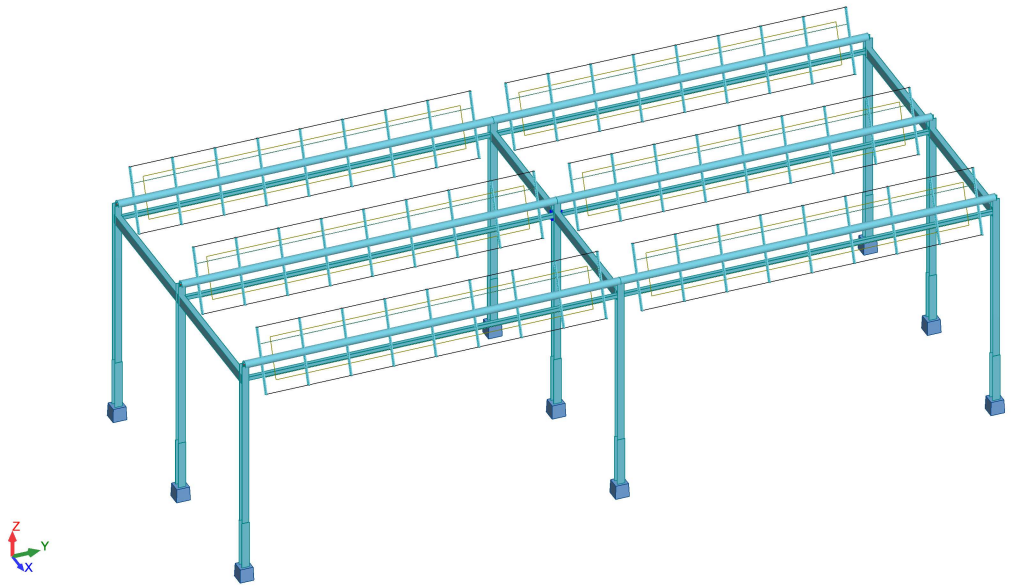
1.3 - HYPOTHESES DE MATERIAUX :

Profils laminé type IPE, HEA et UPN	Acier S275 :	σ_e = 275 MPa E = 210 000 MPa
Profils en Cornières, tubes	Acier S235 :	σ_e = 235 MPa E = 210 000 MPa
Profils laminé type IPE, HEA et UPN	Acier S355 :	σ_e = 355 MPa E = 210 000 MPa
Profils en tubes	Acier S355 :	σ_e = 355 MPa E = 210 000 MPa
Boulons :	Classe 8.8	σ_e = 640 MPa σ_{red} = 550 MPa

1.4 - REGLEMENTS :

CHARGES	EUROCODES 1.3 et 1.4 + AN
COMBINAISONS	EN 13031-1 : 2001
VERIFICATIONS	EUROCODES 3 + AN

2 - OBJET DE LA NOTE

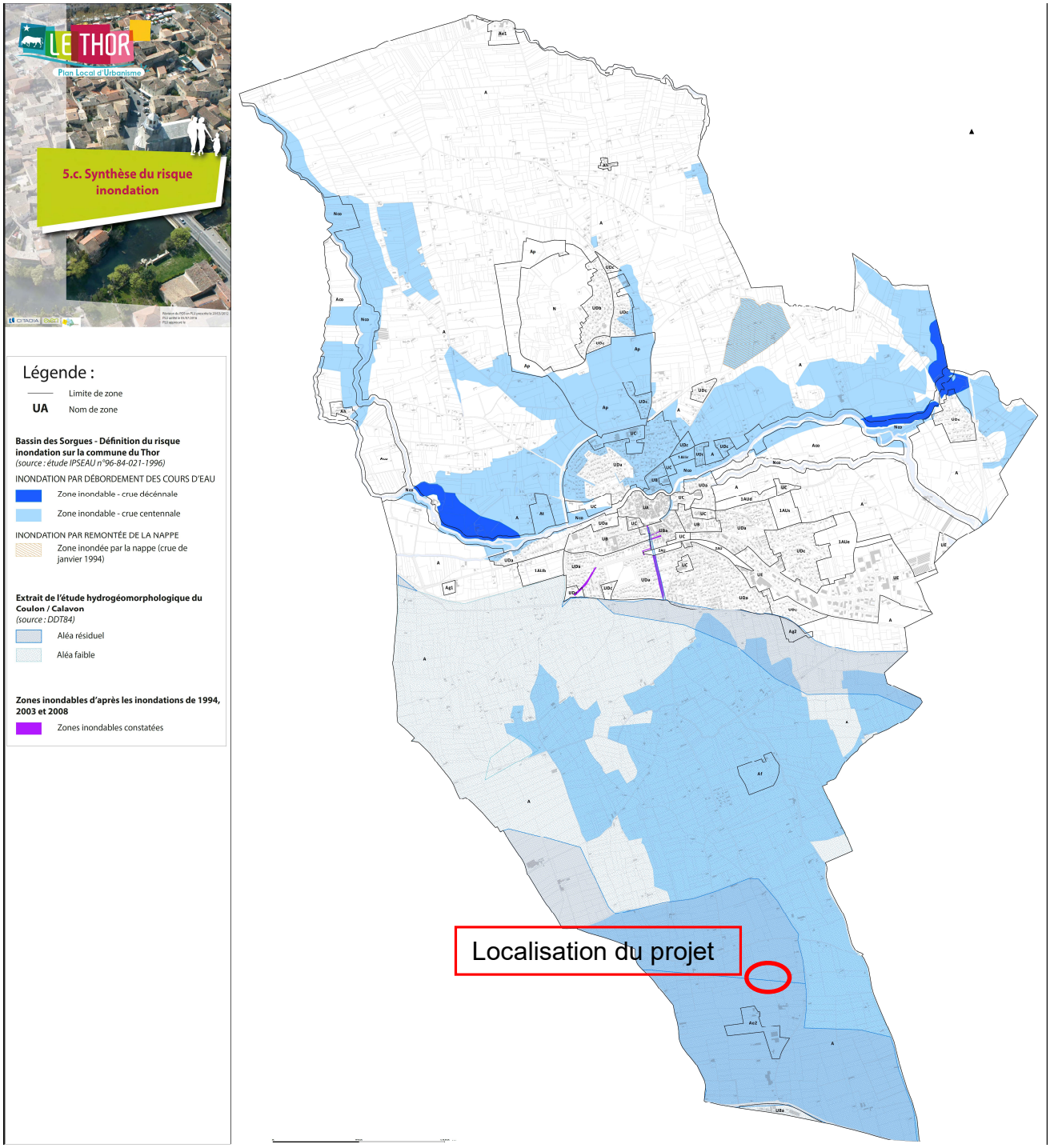


MODELISATION AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS
SUN.183.24-S – LE THOR 1&2 + CRUE

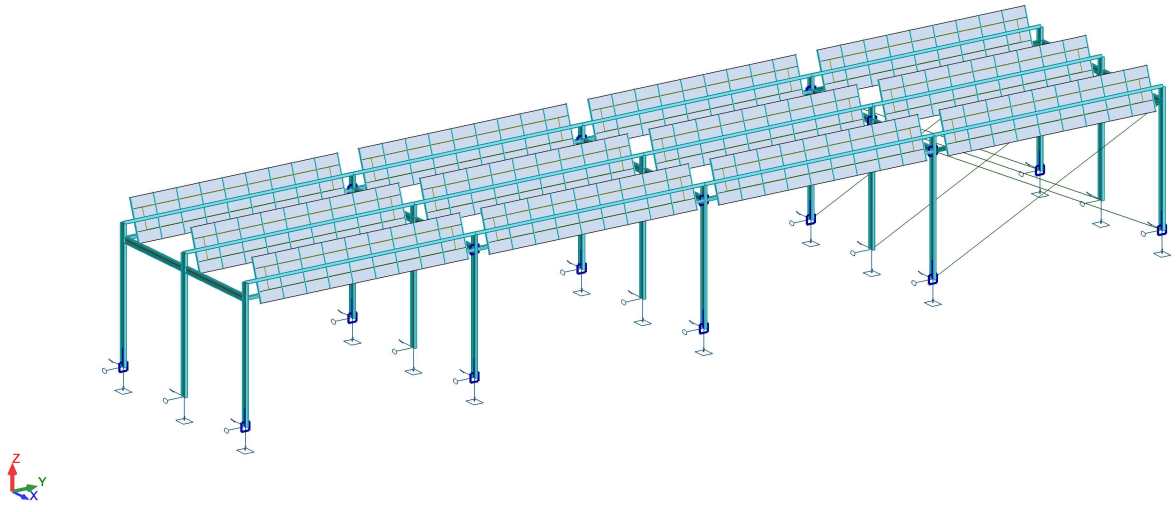
Le but de cette étude est de vérifier la structure sous charges climatiques et de s'assurer qu'elle satisfasse les règlements en vigueur tant en déplacements qu'en résistance. Cette étude est complétée par l'étude en situation de crues.

3 - IMPLANTATION DE L'INSTALLATION

L'installation du projet se situe sur la commune Le Thor dans le Vaucluse. Le projet est situé en zone inondable d'aléa résiduel avec une hauteur d'eau de 50cm maximum. Afin de prendre en compte le risque et les hauteurs d'eau du PPRI, le local technique est implanté 70 cm au-dessus du sol, ainsi que l'ensemble des équipements sensibles.

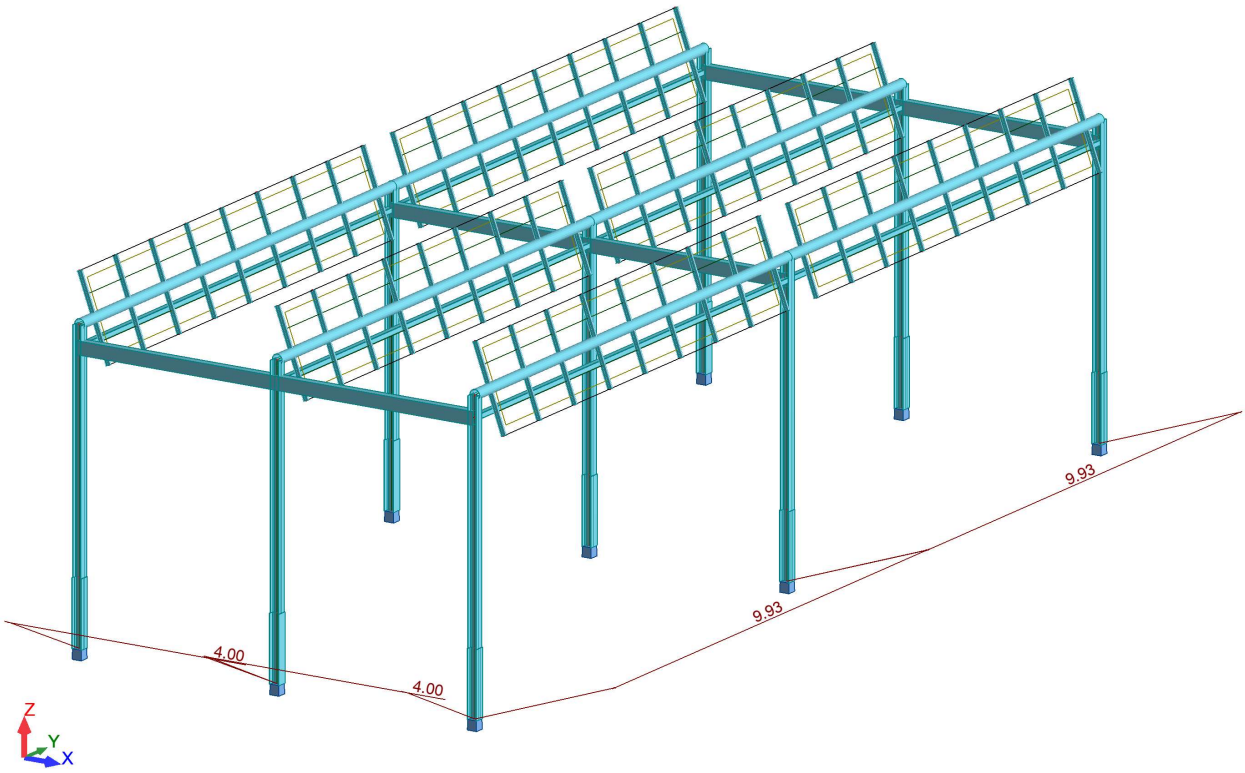


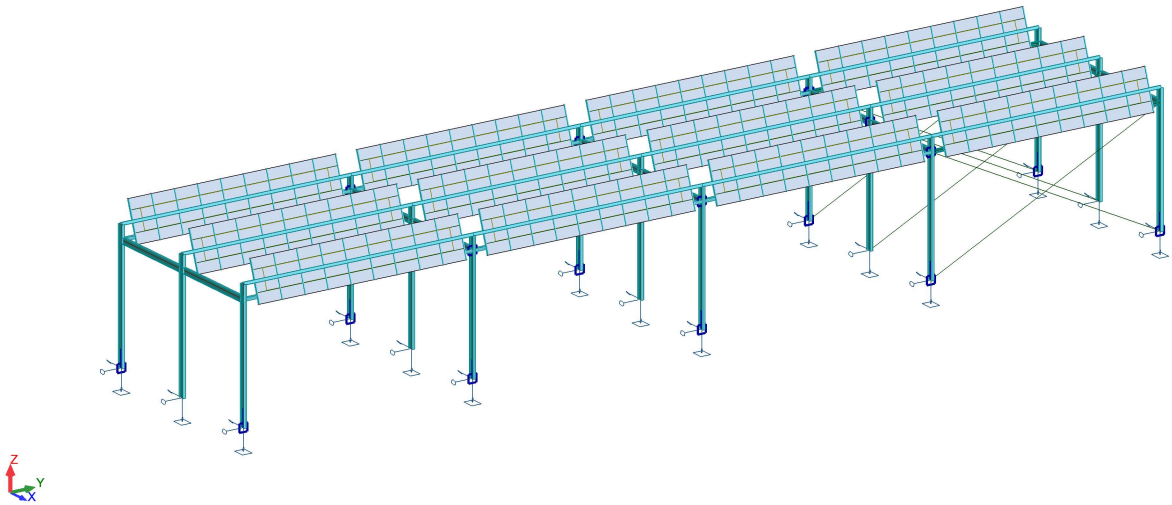

LEGENDE
Poste de livraison et poste de transformation
Piste d'exploitation
Conteneur de stockage
Zone Témoin
Poteau de la structure
PFG
PlateForme de Grutage (10m * 10m)
Table de 8 modules
Bâti existant
Citerne 120m3
Surface couverte : 2.91 ha
Surface témoin : 0.23 ha
Surface projet : 4.04 ha
Coordonnées DD
(degrés décimaux)
43.8917 , 5.0057
84250 Le Thor
Parcelle :
000 / AO / 0039
000 / AO / 0040
000 / AO / 0041
000 / AO / 0043
000 / AO / 0044
000 / AO / 0045
000 / AO / 0046
Altitude :57.91m
1,76
4
Entraxe : 4 m
Total modules 5936
Puissance Modules Wc 445
Puissance totale kWc 2641
Sun'R
36, rue Brunel
75017 - Paris
Sun'R
4, Quai des Etroits
69005 - Lyon
AVD
Le Thor 2 avec le Thor 1
Phase d'études : APD
C 07/03/2024 MAJ coupes AFE
B 07/03/2024 MAJ implentation + Topo géomètre AFE
A 25/01/2024 Création AFE AFE
Ind. Date Description Réalisé par : Vérifié par :
Format : A3 Echelle : 1/2000
Fichier P1478_Le Thor 2 Topo Géomètre + Le Thor 1.dwg
N° Projet P001478
N° Plan 110
INDICE C
Reproduction ou modification interdite sans l'autorisation de la société Sun'R


Z
Y
X

4 - MODELISATION

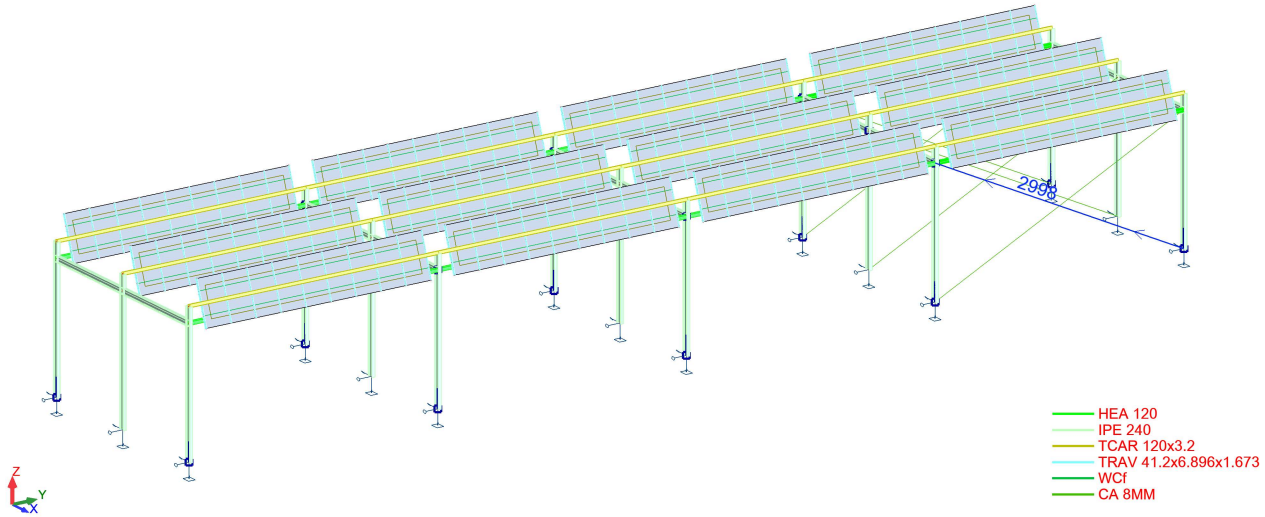
4.1 - PRINCIPE DE STRUCTURE



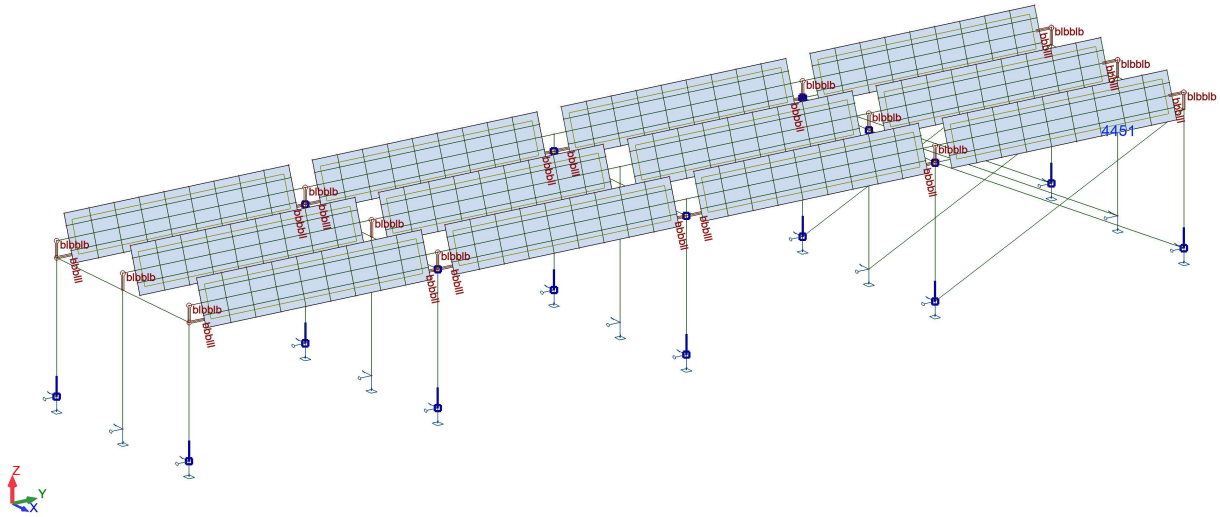


MODELISATION AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS
LE THOR 1&2 – MODULE 70°

4.1.1 - SECTIONS



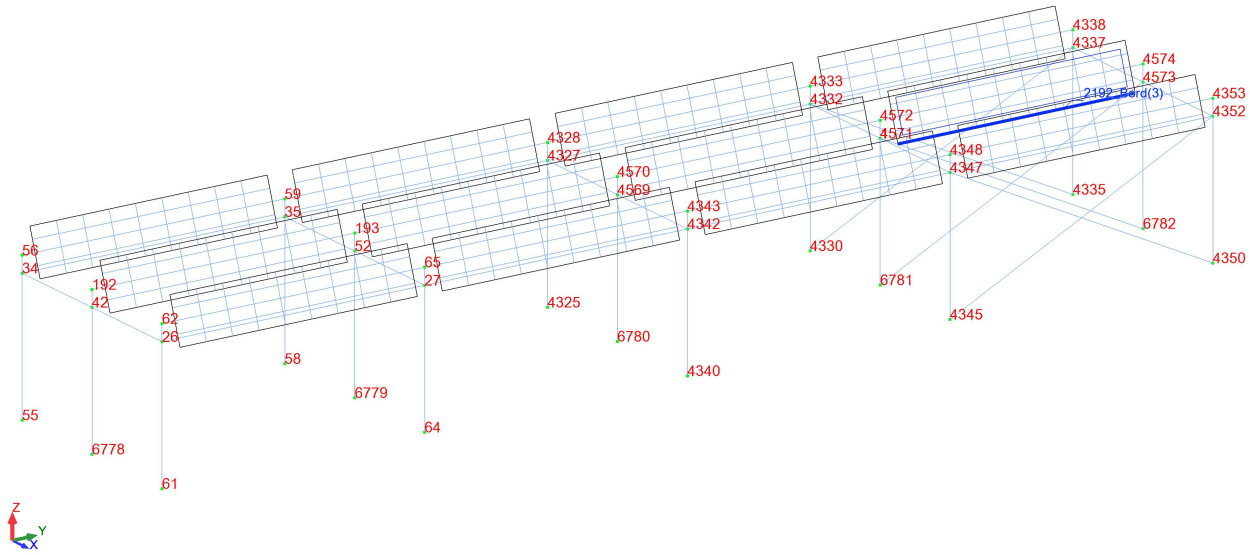
4.1.2 - RELACHEMENTS



Les traverses longitudinales sont biarticulées. Les traverses transversales (reliant chaque ligne de poteaux) sont considérées encastrées. Les longerons en tubes sont considérés glissants sur les supports rotules et considérés encastrés sur la file recevant les moteurs. Les pieds sont tous articulés sur pieux en HEA200(ou HEA180)

4.2 - MODELISATION D'UN MODULE TYPE A 70°

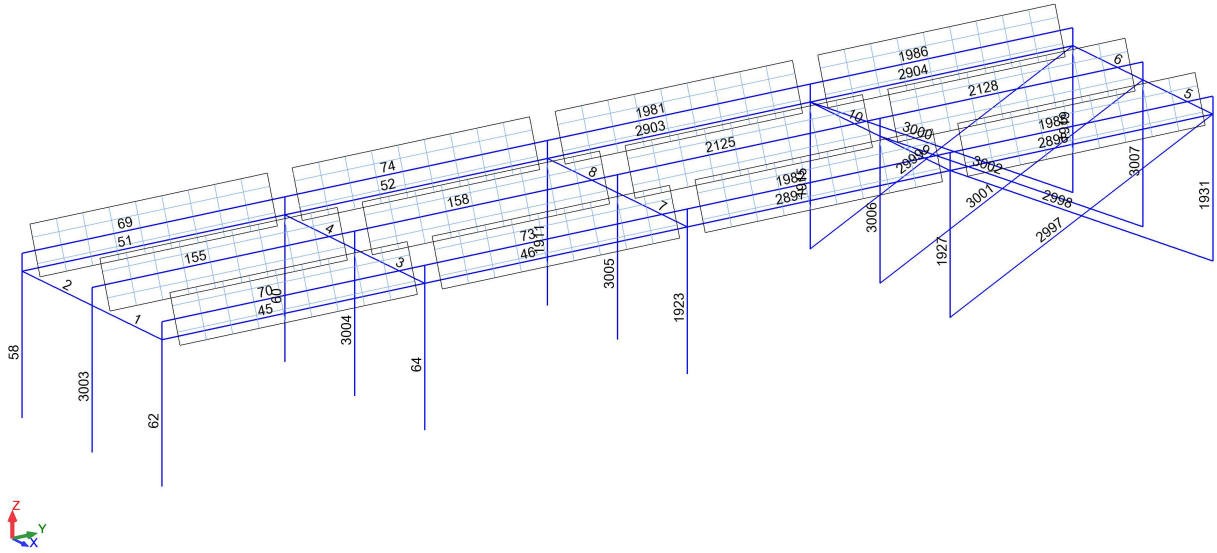
NŒUDS ET BARRES



Localisation des nœuds

Noeud	X [m]	Y [m]	Z [m]	Appui
1	56,67	0,00	4,80	
2	60,67	0,00	4,80	
3	52,67	0,00	4,80	
4	56,67	9,95	4,80	
5	60,67	9,95	4,80	
6	52,67	9,95	4,80	
26	60,67	-29,84	4,80	
27	60,67	-19,89	4,80	
34	52,67	-29,84	4,80	
35	52,67	-19,89	4,80	
41	52,67	-28,56	4,80	
42	56,67	-29,84	4,80	
52	56,67	-19,89	4,80	
55	52,67	-29,84	-0,10	Rotule RzB
56	52,67	-29,84	5,40	
58	52,67	-19,89	-0,10	Rotule RzB
59	52,67	-19,89	5,40	
61	60,67	-29,84	-0,10	Rotule RzB
62	60,67	-29,84	5,40	
64	60,67	-19,89	-0,10	Rotule RzB
65	60,67	-19,89	5,40	
192	56,67	-29,84	5,40	
193	56,67	-19,89	5,40	
4325	52,67	-9,95	-0,10	Rotule RzB
4327	52,67	-9,95	4,80	
4328	52,67	-9,95	5,40	
4330	52,67	0,0	-0,10	Rotule RzB
4332	52,67	0,0	4,80	
4333	52,67	0,0	5,40	
4335	52,67	9,95	-0,10	Rotule RzB
4337	52,67	9,95	4,80	
4338	52,67	9,95	5,40	
4340	60,67	-9,95	-0,10	Rotule RzB
4342	60,67	-9,95	4,80	
4343	60,67	-9,95	5,40	
4345	60,67	0,0	-0,10	Rotule RzB

4347	60,67	0,0	4,80	
4348	60,67	0,0	5,40	
4350	60,67	9,95	-0,10	Rotule RzB
4352	60,67	9,95	4,80	
4353	60,67	9,95	5,40	
4569	56,67	-9,95	4,80	
4570	56,67	-9,95	5,40	
4571	56,67	0,0	4,80	
4572	56,67	0,0	5,40	
4573	56,67	9,95	4,80	
4574	56,67	9,95	5,40	
6778	56,67	-29,84	-0,10	Rotule RzB
6779	56,67	-19,89	-0,10	Rotule RzB
6780	56,67	-9,95	-0,10	Rotule RzB
6781	56,67	0,0	-0,10	Rotule RzB
6782	56,67	9,95	-0,10	Rotule RzB



Localisation des barres

Barre	Noeud 1	Noeud 2	Section	Matériau	Longueur [m]	Gamma [Deg]	Type de barre
1	26	42	IPE 240	ACIER	4,00	0,0	Poutre-HEA
2	42	34	IPE 240	ACIER	4,00	0,0	Poutre-HEA
3	27	52	IPE 240	ACIER	4,00	0,0	Poutre-HEA
4	52	35	IPE 240	ACIER	4,00	0,0	Poutre-HEA
5	4352	4573	IPE 240	ACIER	4,00	-0,0	Poutre-HEA
6	4573	4337	IPE 240	ACIER	4,00	-0,0	Poutre-HEA
7	4342	4569	IPE 240	ACIER	4,00	0,0	Poutre-HEA
8	4569	4327	IPE 240	ACIER	4,00	0,0	Poutre-HEA
9	4347	4571	IPE 240	ACIER	4,00	0,0	Poutre-HEA
10	4571	4332	IPE 240	ACIER	4,00	0,0	Poutre-HEA
45	26	27	HEA 120	ACIER	9,95	90,0	TRAVERSE longi
46	27	4342	HEA 120	ACIER	9,95	90,0	TRAVERSE longi
51	34	35	HEA 120	ACIER	9,95	90,0	TRAVERSE longi
52	35	4327	HEA 120	ACIER	9,95	90,0	TRAVERSE longi
58	55	56	IPE 240	ACIER	5,50	0,0	Poteau-HEA140
60	58	59	IPE 240	ACIER	5,50	0,0	Poteau-HEA140
62	61	62	IPE 240	ACIER	5,50	0,0	Poteau-HEA140
64	64	65	IPE 240	ACIER	5,50	0,0	Poteau-HEA140
69	56	59	TCAR 120x3.2	ACIER	9,95	70,0	Poutre-1
70	62	65	TCAR 120x3.2	ACIER	9,95	70,0	Poutre-1
73	65	4343	TCAR 120x3.2	ACIER	9,95	70,0	Poutre-1
74	59	4328	TCAR 120x3.2	ACIER	9,95	70,0	Poutre-1
155	192	193	TCAR 120x3.2	ACIER	9,95	70,0	Poutre-1

158	193	4570	TCAR 120x3.2	ACIER	9,95	70,0	Poutre-1
1911	4325	4328	IPE 240	ACIER	5,50	0,0	Poteau-HEA140
1915	4330	4333	IPE 240	ACIER	5,50	0,0	Poteau-HEA140
1919	4335	4338	IPE 240	ACIER	5,50	180,0	Poteau-HEA140
1923	4340	4343	IPE 240	ACIER	5,50	0,0	Poteau-HEA140
1927	4345	4348	IPE 240	ACIER	5,50	0,0	Poteau-HEA140
1931	4350	4353	IPE 240	ACIER	5,50	-180,0	Poteau-HEA140
1981	4328	4333	TCAR 120x3.2	ACIER	9,95	70,0	Poutre-1
1982	4343	4348	TCAR 120x3.2	ACIER	9,95	70,0	Poutre-1
1985	4348	4353	TCAR 120x3.2	ACIER	9,95	70,0	Poutre-1
1986	4333	4338	TCAR 120x3.2	ACIER	9,95	70,0	Poutre-1
2125	4570	4572	TCAR 120x3.2	ACIER	9,95	70,0	Poutre-1
2128	4572	4574	TCAR 120x3.2	ACIER	9,95	70,0	Poutre-1
2897	4342	4347	HEA 120	ACIER	9,95	90,0	TRAVERSE longi
2898	4347	4352	HEA 120	ACIER	9,95	0,0	TRAVERSE longi
2903	4327	4332	HEA 120	ACIER	9,95	90,0	TRAVERSE longi
2904	4332	4337	HEA 120	ACIER	9,95	0,0	TRAVERSE longi
2997	4345	5	CA 8MM	*ACIER*	11,09	0,0	Câbles
2998	2	4350	CA 8MM	*ACIER*	11,09	0,0	Câbles
2999	4330	6	CA 8MM	*ACIER*	11,09	0,0	Câbles
3000	3	4335	CA 8MM	*ACIER*	11,09	0,0	Câbles
3001	6781	4	CA 8MM	*ACIER*	11,09	0,0	Câbles
3002	1	6782	CA 8MM	*ACIER*	11,09	0,0	Câbles
3003	6778	192	IPE 240	ACIER	5,50	0,0	Poteau-HEA140
3004	6779	193	IPE 240	ACIER	5,50	0,0	Poteau-HEA140
3005	6780	4570	IPE 240	ACIER	5,50	0,0	Poteau-HEA140
3006	6781	4572	IPE 240	ACIER	5,50	0,0	Poteau-HEA140
3007	6782	4574	IPE 240	ACIER	5,50	-180,0	Poteau-HEA140

4.3 - CHARGEMENT

4.3.1 - CAS

Cas	Préfixe	Nom du cas	Nature	Type d'analyse
1	G	G	Structurelle	Statique linéaire
2	Wx+	Wx+	vent	Statique linéaire
3	Wx-	Wx-	vent	Statique linéaire
4	Sn	Sn	Neige H<1000 m	Statique linéaire
5	Sacc	Sacc	accidentelle	Statique linéaire
10	Wy	Wy	vent	Statique linéaire

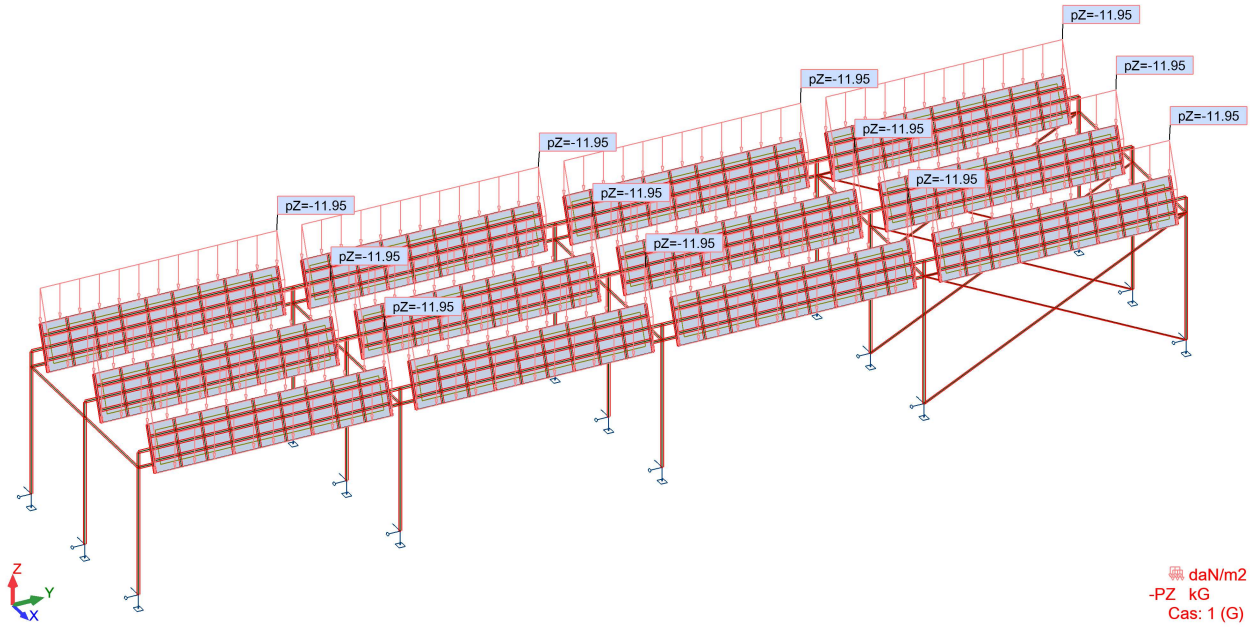
4.3.2 - VALEURS DES CHARGES

Cas	Type de charge	Liste	Valeurs de la charge
1	poids propre	1A10 46A70P6 95A126 137A148 175A190 195A200 1911A1931P4 2015A2046 2068A2079 2146A2161 45 51 60 62 69 73 74 155 158 1981 1982 1985 1986 2125 2128 2182A2185 2192 2193 2897 2898 2903 2904 2997A3031	PZ Moins Coef=1,00
1	(EF) surfacique uniforme	145A148 199 200 2076A2079 2192 2193	PZ=-11,95[daN/m2]
2	(EF) surfacique uniforme	145A148 199 200 2076A2079 2192 2193	PZ=35,50[daN/m2] local
2	charge uniforme	58A64P2 1911A1931P4 3003A3007	PZ=-5,04[daN/m] local
2	charge uniforme	45 46 51 52 2897 2898 2903 2904	PX=5,04[daN/m]
3	charge	58A64P2 1911A1931P4 3003A3007	PZ=5,04[daN/m]

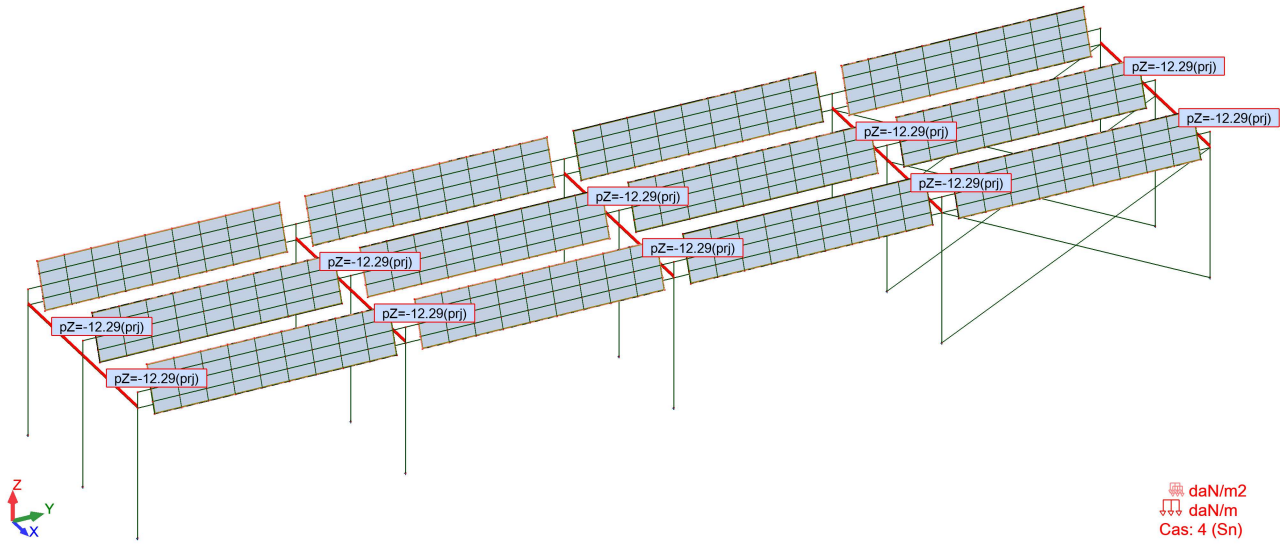
	uniforme		local
3	(EF) surfacique uniforme	145A148 199 200 2076A2079 2192 2193	PZ=-35,50[daN/m2] local
4	charge uniforme	1A10	PZ=-12,29[daN/m] projetés
4	(EF) surfacique uniforme	145A148 199 200 2076A2079 2192 2193	projetés
4	charge uniforme	1A10	projetés
5	charge uniforme	1A10	PZ=-27,16[daN/m] projetés
5	(EF) surfacique uniforme	145A148 199 200 2076A2079 2192 2193	projetés
5	charge uniforme	1A10	projetés
10	charge uniforme	58A64P2 1911A1931P4 3003A3007	PY=6,21[daN/m] local
10	charge uniforme	102A126P8 182 190 2022A2046P8 2153 2161 3020A3031	PY=8,50[daN/m]
10	charge uniforme	1A10	PY=29,92[daN/m]
10	(EF) surfacique uniforme	145A148 199 200 2076A2079 2192 2193	PY=1,84[daN/m2]

4.3.3 - SCHEMAS

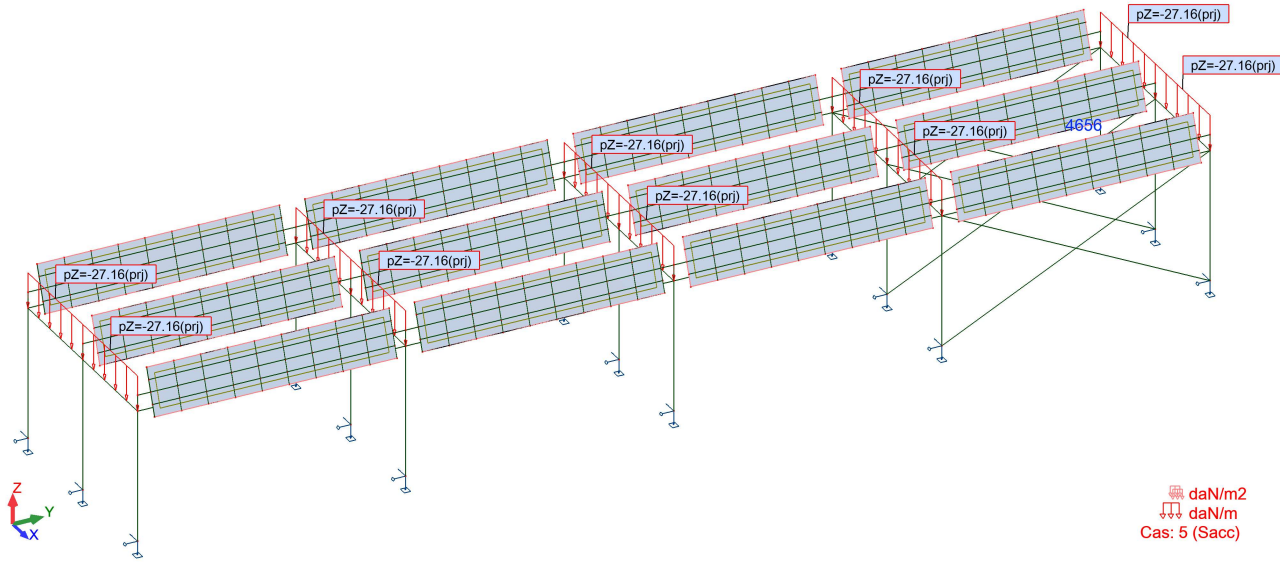
Charges permanentes



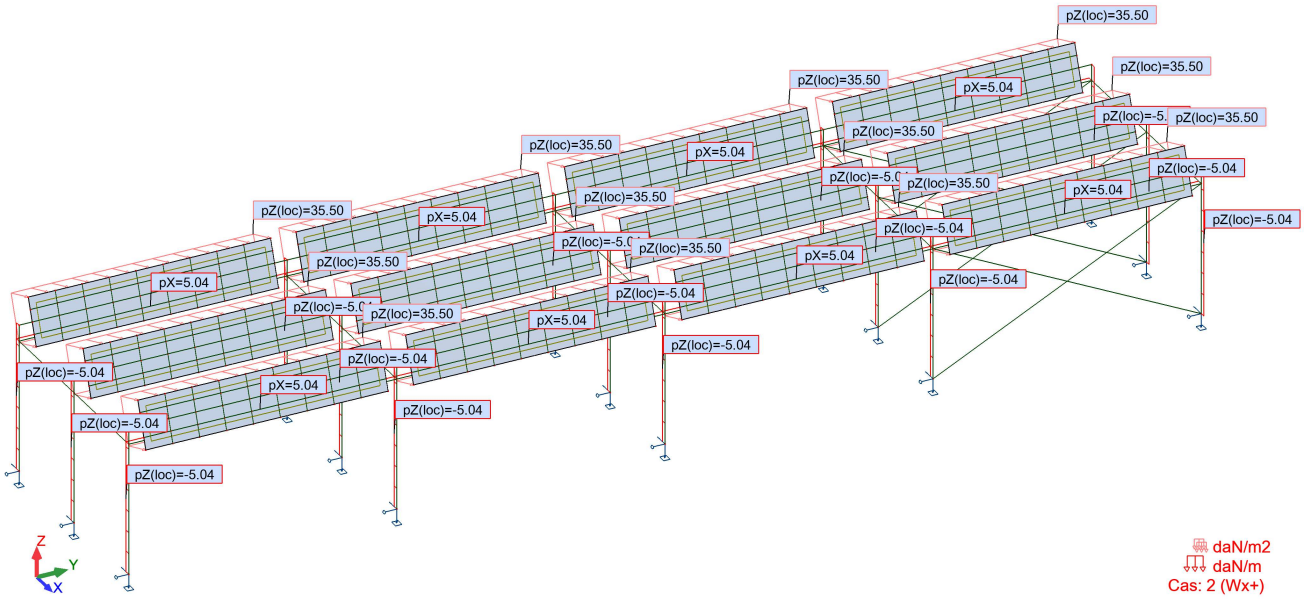
Neige Normal (Sn)

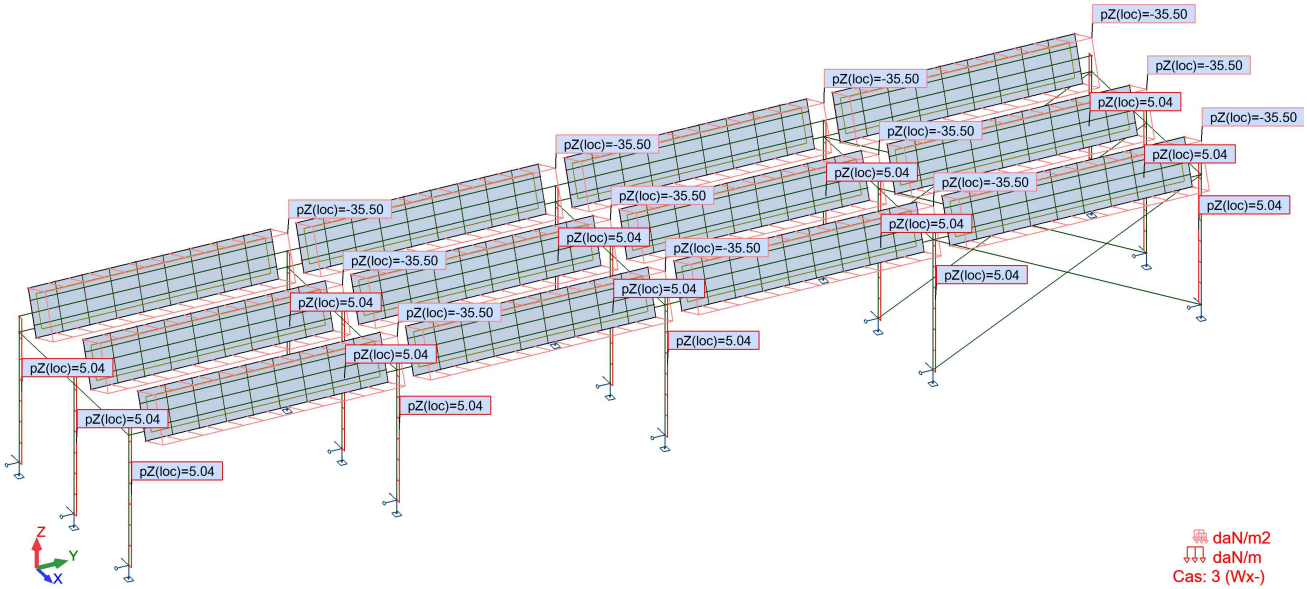


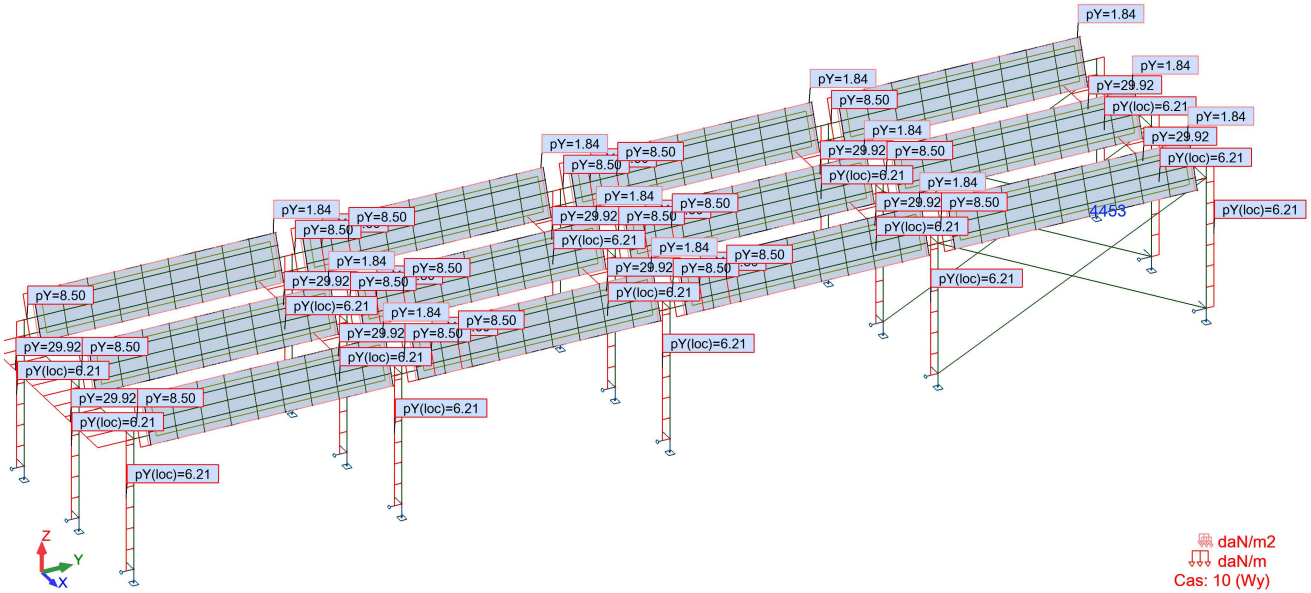
Neige Accidentelle



Vent




pZ(loc)=-35.50
pZ(loc)=5.04
daN/m2
daN/m
Cas: 3 (Wx-)


pY=1.84
pY=8.50
pY=29.92
pY(loc)=6.21
4453
daN/m2
daN/m
Cas: 10 (Wy)

4.3.4 - COMBINAISONS ANALYSEES

Combinaison/Comp.	Définition
ELU/ 1	1*1.00
ELU/ 2	1*1.00 + 2*1.10 + 4*0.72
ELU/ 3	1*1.00 + 2*1.10
ELU/ 4	1*1.00 + 3*1.10 + 4*0.72
ELU/ 5	1*1.00 + 3*1.10
ELU/ 6	1*1.00 + 4*0.72 + 10*1.10
ELU/ 7	1*1.00 + 10*1.10
ELU/ 8	1*1.00 + 4*1.20
ELU/ 9	1*1.00 + 2*0.66 + 4*1.20
ELU/ 10	1*1.00 + 3*0.66 + 4*1.20
ELU/ 11	1*1.00 + 4*1.20 + 10*0.66
ELS:CAR/ 1	1*1.00
ELS:CAR/ 2	1*1.00 + 2*1.00 + 4*0.60
ELS:CAR/ 3	1*1.00 + 2*1.00
ELS:CAR/ 4	1*1.00 + 3*1.00 + 4*0.60
ELS:CAR/ 5	1*1.00 + 3*1.00
ELS:CAR/ 6	1*1.00 + 4*0.60 + 10*1.00
ELS:CAR/ 7	1*1.00 + 10*1.00
ELS:CAR/ 8	1*1.00 + 4*1.00
ELS:CAR/ 9	1*1.00 + 2*0.60 + 4*1.00
ELS:CAR/ 10	1*1.00 + 3*0.60 + 4*1.00
ELS:CAR/ 11	1*1.00 + 4*1.00 + 10*0.60

4.4 - VERIFICATION DES PROFILS

4.4.1 - CONTRAINTE

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: *NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*
TYPE D'ANALYSE: Vérification des familles

FAMILLE: 2 POTEAUX
PIECE: 1927 Poteau-HEA140_1927 **POINT:** 2 **COORDONNEE:** x = 0.89 L = 4.90 m

---

CHARGEMENTS:
Cas de charge décisif: 51 ELU/2=1*1.10 + 2*1.20 + 4*0.72 1*1.10+2*1.20+4*0.72

MATERIAU:
ACIER E28 fy = 27.50 daN/mm2



PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 240

h=240.0 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=120.0 mm	Ay=27.31 cm2	Az=19.14 cm2	Ax=39.12 cm2
tw=6.2 mm	Iy=3891.63 cm4	Iz=283.63 cm4	Ix=11.60 cm4
tf=9.8 mm	Wply=366.68 cm3	Wplz=73.93 cm3	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 1770.64 daN	My,Ed = 3182.84 daN*m	Mz,Ed = -54.51 daN*m	Vy,Ed = 11.13 daN
Nc,Rd = 107569.55 daN	My,Ed,max = 3182.84 daN*m	Mz,Ed,max = 109.90 daN*m	Vy,T,Rd = 43350.97 daN
Nb,Rd = 23103.16 daN	My,c,Rd = 10083.67 daN*m	Mz,c,Rd = 2032.98 daN*m	Vz,Ed = 634.79 daN
	MN,y,Rd = 10083.67 daN*m	MN,z,Rd = 2032.98 daN*m	Vz,T,Rd = 30389.68 daN
			Tt,Ed = 0.13 daN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:


en y:

Ly = 4.61 m	Lam_y = 0.53	Lz = 4.61 m	Lam_z = 1.97
Lcr,y = 4.61 m	Xy = 0.91	Lcr,z = 4.61 m	Xz = 0.21
Lamy = 46.22	kyy = 0.91	Lamz = 171.20	kyz = 0.60


en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:
N,Ed/Nc,Rd = 0.02 < 1.00 (6.2.4.(1))
My,Ed/MN,y,Rd = 0.32 < 1.00 (6.2.9.1.(2))
Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.03 < 1.00 (6.2.9.1.(2))
(My,Ed/MN,y,Rd)^ 2.00 + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^1.00 = 0.13 < 1.00 (6.2.9.1.(6))
Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.00 < 1.00 (6.2.6-7)
Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.02 < 1.00 (6.2.6-7)
Tau,ty,Ed/(fy/(sqrt(3)*gM0)) = 0.00 < 1.00 (6.2.6)
Tau,tz,Ed/(fy/(sqrt(3)*gM0)) = 0.00 < 1.00 (6.2.6)
Contrôle de la stabilité globale de la barre:
Lambda,y = 46.22 < Lambda,max = 330.00 Lambda,z = 171.20 < Lambda,max = 330.00 STABLE
N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) + kyz*Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.34 < 1.00 (6.3.3.(4))
N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) + kzz*Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.30 < 1.00 (6.3.3.(4))

Profil correct !!!

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: *NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*
TYPE D'ANALYSE: Vérification des familles

FAMILLE: 5 SUPPORT PANNEAUX
PIECE: 155 Poutre-1_155 **POINT:** 2 **COORDONNEE:** x = 1.00 L = 9.95 m

---

CHARGEMENTS:
Cas de charge décisif: 53 ELU/4=1*1.10 + 3*1.20 + 4*0.72 1*1.10+3*1.20+4*0.72

MATERIAU:
ACIER E28 fy = 27.50 daN/mm2



PARAMETRES DE LA SECTION: TCAR 120x3.2

h=120.0 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=120.0 mm	Ay=7.43 cm2	Az=7.43 cm2	Ax=14.86 cm2
tw=3.2 mm	Iy=338.10 cm4	Iz=338.10 cm4	Ix=510.40 cm4
tf=3.2 mm	Wply=65.50 cm3	Wplz=65.50 cm3	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

My,Ed = -743.31 daN*m	Mz,Ed = 140.67 daN*m	Vy,Ed = -75.18 daN
My,pl,Rd = 1801.23 daN*m	Mz,pl,Rd = 1801.23 daN*m	Vy,c,Rd = 11798.69 daN
My,c,Rd = 1801.23 daN*m	Mz,c,Rd = 1801.23 daN*m	Vz,Ed = -418.31 daN
		Vz,c,Rd = 11798.69 daN
		Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:
Contrôle de la résistance de la section:
My,Ed/My,c,Rd = 0.41 < 1.00 (6.2.5.(1))
Mz,Ed/Mz,c,Rd = 0.08 < 1.00 (6.2.5.(1))
(My,Ed/MN,y,Rd)^ 1.66 + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^1.66 = 0.24 < 1.00 (6.2.9.1.(6))
Vy,Ed/Vy,c,Rd = 0.01 < 1.00 (6.2.6.(1))
Vz,Ed/Vz,c,Rd = 0.04 < 1.00 (6.2.6.(1))
Contrôle de la stabilité globale de la barre:
My,Ed/(XLT*My,Rk/gM1) + Mz,Ed/(Mz,Rk/gM1) = 0.49 < 1.00 (6.3.3.(4))

Profil correct !!!

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: *NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*
TYPE D'ANALYSE: Vérification des familles

FAMILLE: 6 TRAVERSE LONGI
PIECE: 2897 TRAVERSE longi_2897 **POINT:** 2 **COORDONNEE:** x = 0.33 L = 3.26 m

---

CHARGEMENTS:
Cas de charge décisif: 56 ELU/7=1*1.10 + 10*1.20 1*1.10+10*1.20

MATERIAU:
ACIER E28 fy = 27.50 daN/mm2



PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 120

h=114.0 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=120.0 mm	Ay=21.64 cm2	Az=8.46 cm2	Ax=25.34 cm2
tw=5.0 mm	Iy=606.15 cm4	Iz=230.90 cm4	Ix=5.63 cm4
tf=8.0 mm	Wply=119.50 cm3	Wplz=58.85 cm3	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 868.43 daN	My,Ed = -0.00 daN*m	Mz,Ed = -234.05 daN*m	Vy,Ed = 36.68 daN
Nc,Rd = 69674.27 daN	My,Ed,max = -0.00 daN*m	Mz,Ed,max = -265.39 daN*m	Vy,c,Rd = 34351.92 daN
Nb,Rd = 4279.95 daN	My,c,Rd = 3286.25 daN*m	Mz,c,Rd = 1618.49 daN*m	Vz,Ed = -0.00 daN
	MN,y,Rd = 3286.25 daN*m	MN,z,Rd = 1618.49 daN*m	Vz,c,Rd = 13425.86 daN
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

Ly = 9.95 m	Lam_y = 2.34	Lz = 9.95 m	Lam_z = 3.80
Lcr,y = 9.95 m	Xy = 0.16	Lcr,z = 9.95 m	Xz = 0.06
Lamy = 203.34	kzy = 0.57	Lamz = 329.47	kzz = 1.16

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:
N,Ed/Nc,Rd = 0.01 < 1.00 (6.2.4.(1))
My,Ed/MN,y,Rd = 0.00 < 1.00 (6.2.9.1.(2))
Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.14 < 1.00 (6.2.9.1.(2))
(My,Ed/MN,y,Rd)^ 2.00 + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^1.00 = 0.14 < 1.00 (6.2.9.1.(6))
Vy,Ed/Vy,c,Rd = 0.00 < 1.00 (6.2.6.(1))
Vz,Ed/Vz,c,Rd = 0.00 < 1.00 (6.2.6.(1))
Contrôle de la stabilité globale de la barre:
Lambda,y = 203.34 < Lambda,max = 330.00 Lambda,z = 329.47 < Lambda,max = 330.00 STABLE
N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) + kyz*Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.19 < 1.00 (6.3.3.(4))
N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) + kzz*Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.39 < 1.00 (6.3.3.(4))

Profil correct !!!

4.4.2 - DEPLACEMENT

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: *NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*
TYPE D'ANALYSE: Vérification des familles

FAMILLE: 2 POTEAUX
PIECE: 60 Poteau-HEA140_60 **POINT:** **COORDONNEE:**



PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 240

ht=240.0 mm

bf=120.0 mm	Ay=23.52 cm2	Az=14.88 cm2	Ax=39.12 cm2
ea=6.2 mm	Iy=3891.63 cm4	Iz=283.63 cm4	Ix=11.60 cm4
es=9.8 mm	Wely=324.30 cm3	Welz=47.27 cm3	

DEPLACEMENTS LIMITES



Flèches (REPERE LOCAL): *Non analysé*



Déplacements (REPERE GLOBAL):

vx = 43.8 mm < vx max = L/100.00 = 55.0 mm Vérifié
Cas de charge décisif: 73 ELS:CAR/2=1*1.00 + 2*1.00 + 4*0.60 (1+2)*1.00+4*0.60
vy = 16.6 mm < vy max = L/100.00 = 55.0 mm Vérifié
Cas de charge décisif: 77 ELS:CAR/6=1*1.00 + 10*1.00 + 4*0.60 (1+10)*1.00+4*0.60

Profil correct !!!

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: *NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*
TYPE D'ANALYSE: Vérification des familles

FAMILLE: 5 SUPPORT PANNEAUX
PIECE: 1986 Poutre-1_1986 **POINT:** **COORDONNEE:**



PARAMETRES DE LA SECTION: TCAR 120x3.2

ht=120.0 mm

bf=120.0 mm	Ay=7.43 cm2	Az=7.43 cm2	Ax=14.86 cm2
ea=3.2 mm	Iy=338.10 cm4	Iz=338.10 cm4	Ix=516.00 cm4
es=3.2 mm	Wely=56.35 cm3	Welz=56.35 cm3	

DEPLACEMENTS LIMITES



Flèches (REPERE LOCAL):

uy = 10.5 mm < uy max = L/200.00 = 49.8 mm Vérifié
Cas de charge décisif: 2 Wx+
uz = 40.8 mm < uz max = L/200.00 = 49.8 mm Vérifié
Cas de charge décisif: 3 Wx-



Déplacements (REPERE GLOBAL): *Non analysé*

Profil correct !!!

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: *NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*
TYPE D'ANALYSE: Vérification des familles

FAMILLE: 6 TRAVERSE LONGI
PIECE: 2897 TRAVERSE longi_2897 **POINT: COORDONNEE:**



PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 120

ht=114.0 mm

bf=120.0 mm	Ay=19.20 cm2	Az=5.70 cm2	Ax=25.34 cm2
ea=5.0 mm	Iy=606.15 cm4	Iz=230.90 cm4	Ix=5.63 cm4
es=8.0 mm	Wely=106.34 cm3	Welz=38.48 cm3	

DEPLACEMENTS LIMITES



Flèches (REPERE LOCAL):
uy = 47.3 mm < uy max = L/200.00 = 49.7 mm Vérifié
Cas de charge décisif: 73 ELS:CAR/2=1*1.00 + 2*1.00 + 4*0.60 (1+2)*1.00+4*0.60
uz = 5.0 mm < uz max = L/200.00 = 49.7 mm Vérifié
Cas de charge décisif: 2 Wx+



Déplacements (REPERE GLOBAL): *Non analysé*

Profil correct !!!

5 - CONCLUSION

La structure est correctement dimensionnée pour la reprise des charges climatiques réglementaires.