



400, avenue Roumanille
Green Side – Bât. 7 – BP 309
06 906 Sophia Antipolis Cedex

Etude de Réverbération Projet PV de Nîmes Garons



30 mars 2018

1. SOMMAIRE

1.	SOMMAIRE	2
2.	PRESENTATION GENERALE	3
2.1.	PRESENTATION DU DOCUMENT	3
2.2.	PRESENTATION DES INTERVENANTS	3
3.	RESUME	4
4.	PRESENTATION DU PROJET ET DES ENTREES CONSIDEREES	5
4.1.	PRESENTATION DU PROJET	5
4.2.	PRESENTATION DES ENTREES CONSIDEREES	13
4.3.	PRESENTATION DES ELEMENTS MODELISES	14
LA PISTE	14	
IMPLANTATION DE LA CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE	16	
LES MODULES	21	
LA LIGNE D’HORIZON	22	
5.	ANALYSES	23
5.1.	SYNTHESE DES CAS A ETUDIER	23
5.2.	RAPPELS SUR LES DIRECTIVES DE LA DGAC	23
5.3.	RESULTATS D’ANALYSE	24
VISUALISATION 3D	24	
APPROCHE QFU 36	27	
ROULAGE QFU 18	28	
APPROCHE FATO 36	29	
APPROCHE FATO 18	30	
APPROCHE QFU 18	30	
ROULAGE QFU 36	30	
TWR	30	
5.4.	SYNTHESE DES RESULTATS	31
6.	ANNEXES	32

2. PRESENTATION GENERALE

2.1. PRESENTATION DU DOCUMENT

Ce document présente l'étude de réverbération du projet photovoltaïque de la société ELEMENTS à Saint Gilles (30), à proximité de l'aéroport Nîmes Garons. L'objectif de cette étude est d'identifier les régions de l'espace concernées par la réflexion spéculaire des rayons du Soleil sur les modules photovoltaïques en fonction de la date et de l'heure ainsi que le taux de réflexion associé, en réponse aux spécifications de la DGAC jointes en annexe.

Ce document est composé de deux parties :

- Une première partie présentant le projet ainsi que toutes les entrées considérées.
- Une deuxième partie présentant les résultats obtenus.

2.2. PRESENTATION DES INTERVENANTS

Maître d'Ouvrage



21 rue de Verdun
34 000 Montpellier

Contact :

M. Pablo Fabre – pablo.fabre@elements.green

Cabinet d'Ingénierie



55, allée Pierre Ziller
06 560 Sophia Antipolis

Contact :

M. Félix PITON – felix.piton@solais.fr

3. RESUME

Le projet de la société ELEMENTS consiste à réaliser une centrale photovoltaïque au sol, à Saint Gilles (30), à proximité de l'aéroport Nîmes Garons. Le tableau suivant détaille les caractéristiques du générateur photovoltaïque, la technologie de modules utilisés étant des modules rigides avec du verre en surface.

Intitulé	Azimut	Inclinaison	Surface PV
Centrale au sol fixe	180° (Sud) / 150° (Sud Est)	20°	~ 34 000 m ²



Des impacts ont été identifiés pour le roulage en QFU 18, l'approche en QFU 36 et l'approche de la FATO en QFU 36. Ces impacts ne sont cependant pas considérés comme gênants suivant la note technique de la DGAC.

Zone PV		Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zones 4&5
Piste 1	Approche QFU 18	Pas d'impact	Pas d'impact	Pas d'impact	Hors zone de protection DGAC Analyse non requise
	Roulage QFU 18	Pas d'impact	Impacts non gênants	Pas d'impact	
	Approche QFU 36	Impacts non gênants	Impacts non gênants	Impacts non gênants	
	Roulage QFU 36	Pas d'impact	Pas d'impact	Pas d'impact	
Hélistation	FATO 18	Pas d'impact	Hors zone de protection DGAC Analyse non requise		
	FATO 36	Impacts non gênants			
Tour de contrôle	TWR	Pas d'impact			

4. PRESENTATION DU PROJET ET DES ENTREES CONSIDEREES

4.1. PRESENTATION DU PROJET

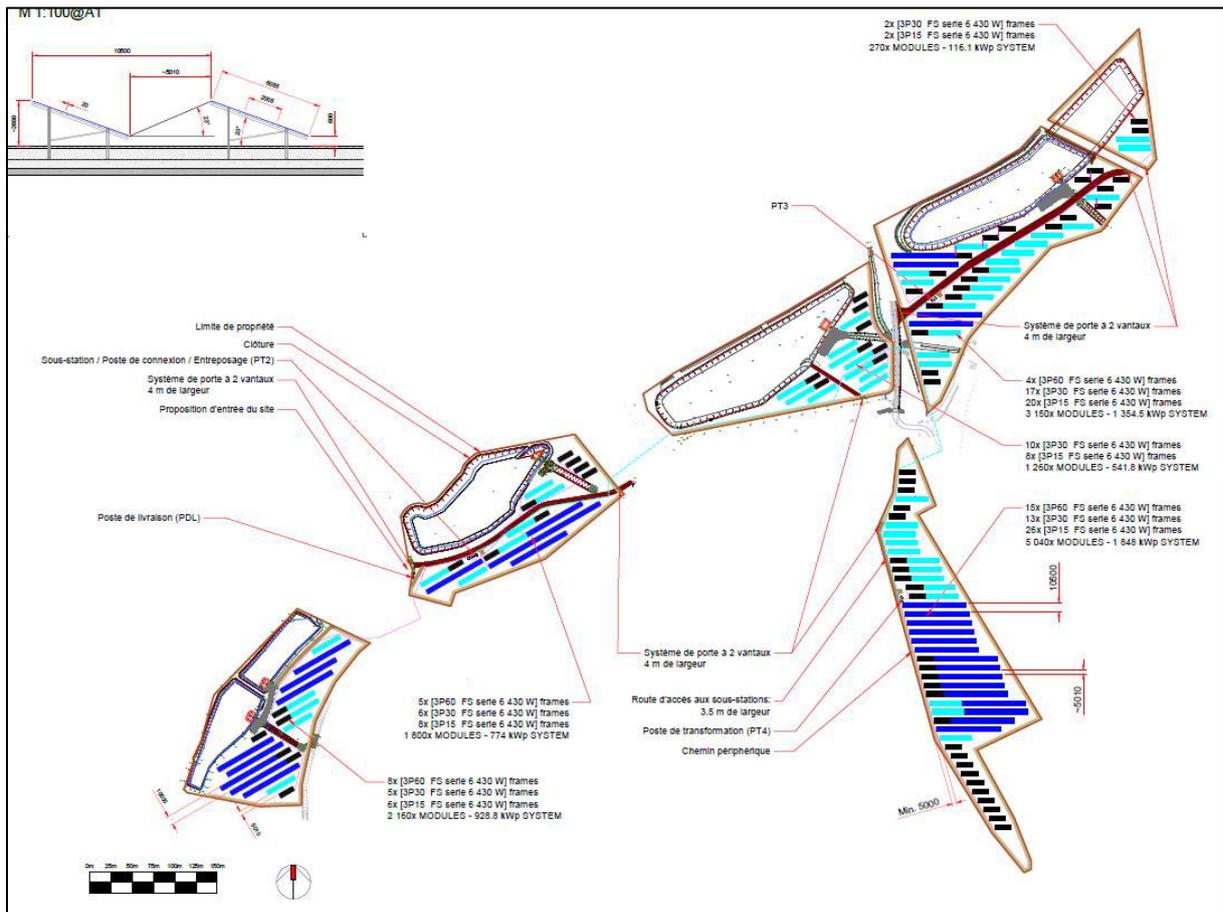
Le projet de la société ELEMENTS consiste à réaliser une centrale photovoltaïque au sol, à Saint Gilles (30), à proximité de l'aéroport Nîmes Garons.

Le tableau suivant détaille les caractéristiques du générateur photovoltaïque, la technologie de modules utilisés étant des modules rigides avec du verre en surface.

Intitulé	Azimut	Inclinaison	Surface PV
Centrale au sol fixe	180° (Sud) / 150° (Sud Est)	20°	~ 34 000 m ²



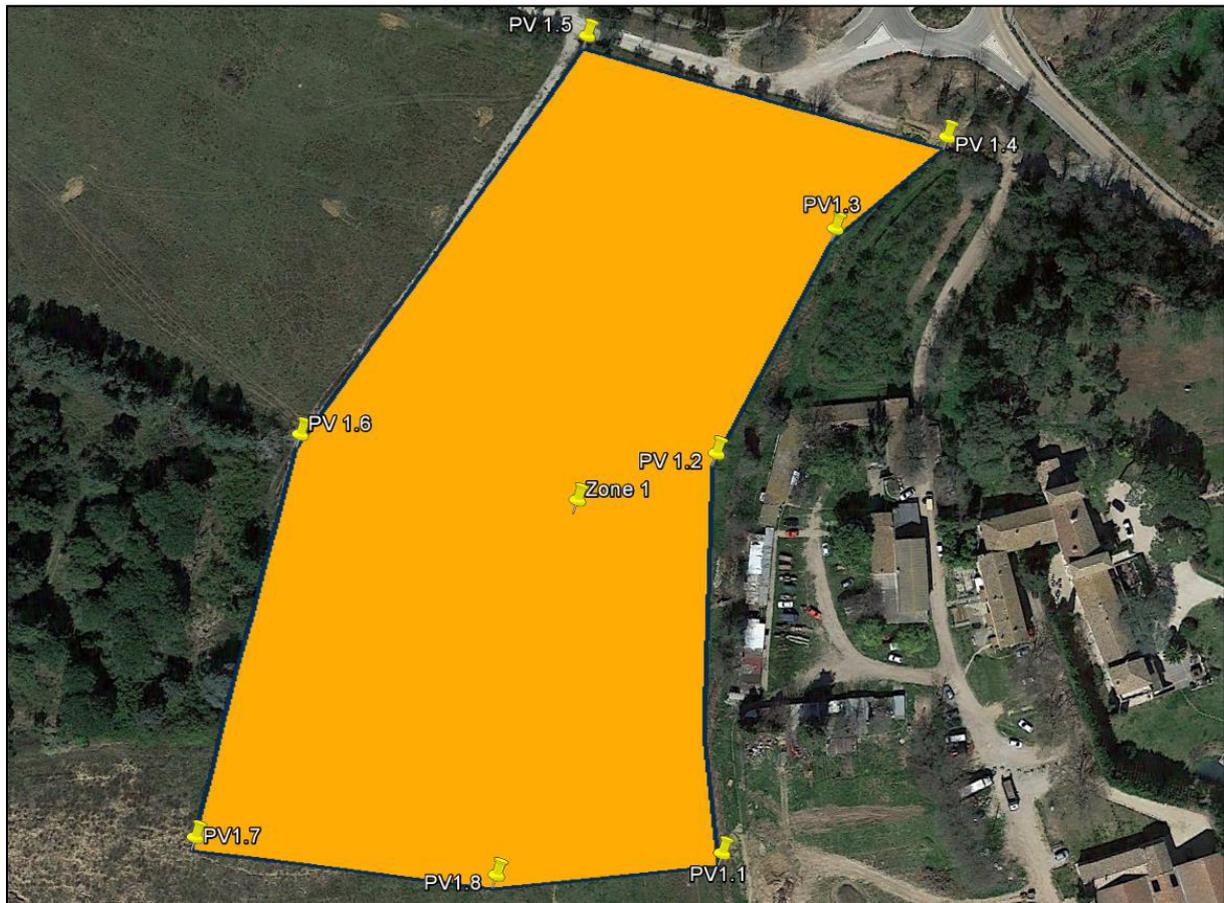
La figure suivante présente le schéma d'implantation de la centrale.



La figure et le tableau suivants présentent la modélisation du générateur à partir d'un unique polygone, ainsi que les coordonnées géographiques des points particuliers associés.

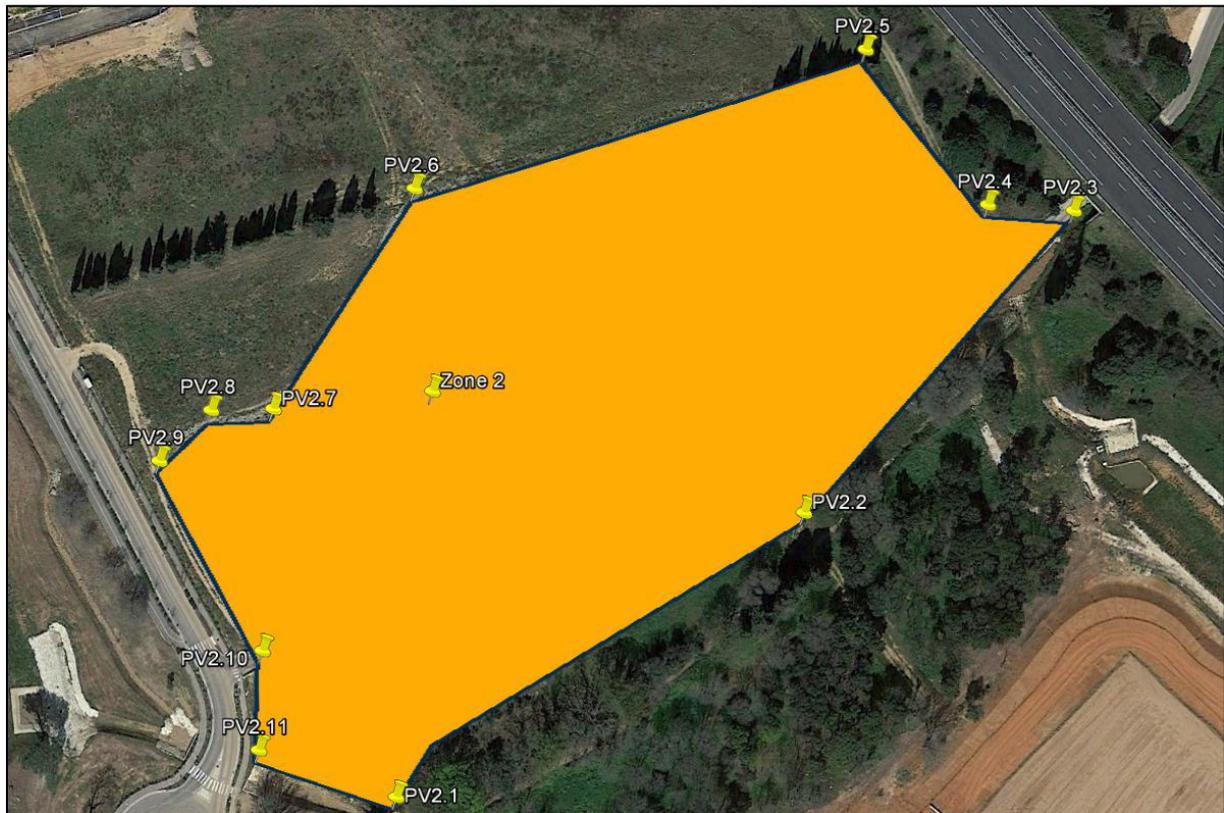


Zone 1



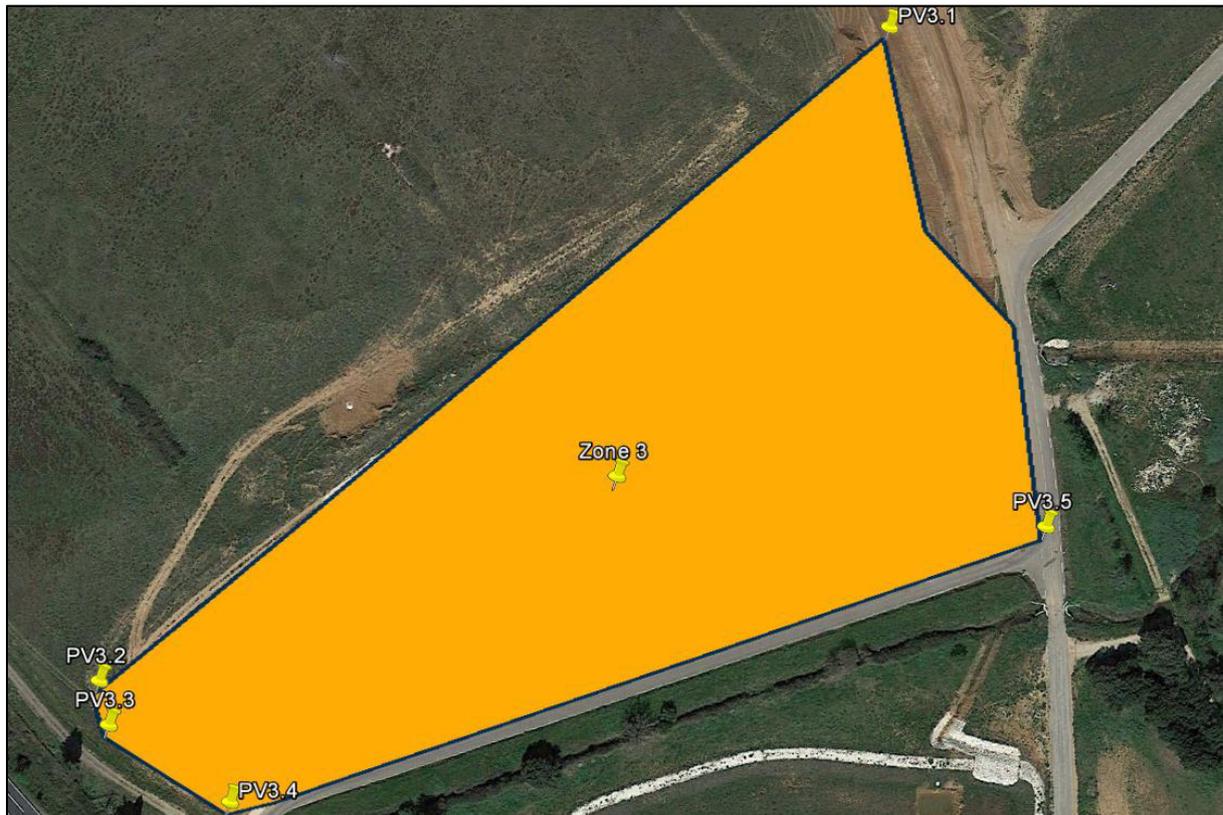
	Latitude [°]	Longitude [°]	Elévation
P1.1	43.747297°	4.427284°	77.08 m
P1.2	43.748323°	4.427484°	77.08 m
P1.3	43.748851°	4.428026°	77.08 m
P1.4	43.749042°	4.428470°	77.08 m
P1.5	43.749435°	4.427260°	79.08 m
P1.6	43.748534°	4.426037°	79.08 m
P1.7	43.747549°	4.425451°	79.08 m
P1.8	43.747330°	4.426478°	77.08 m

Zone 2



	Latitude [°]	Longitude [°]	Elévation
P2.1	43.749454	4.429368	75.08 m
P2.2	43.750037	4.431007	74.08 m
P2.3	43.750725	4.432157	75.08 m
P2.4	43.750776	4.431850	75.08 m
P2.5	43.751233	4.431492	76.08 m
P2.6	43.751047	4.429784	78.08 m
P2.7	43.750526	4.429150	78.08 m
P2.8	43.750547	4.428928	79.08 m
P2.9	43.750436	4.428711	78.08 m
P2.10	43.749895	4.428968	76.08 m
P2.11	43.749634	4.428896	76.08 m

Zone 3



	Latitude [°]	Longitude [°]	Elévation
P3.1	43.753154	4.435681	71.08 m
P3.2	43.751687	4.432318	75.08 m
P3.3	43.751562	4.432327	75.08 m
P3.4	43.751298	4.432732	73.08 m
P3.5	43.751707	4.435976	71.08 m

Zone 4



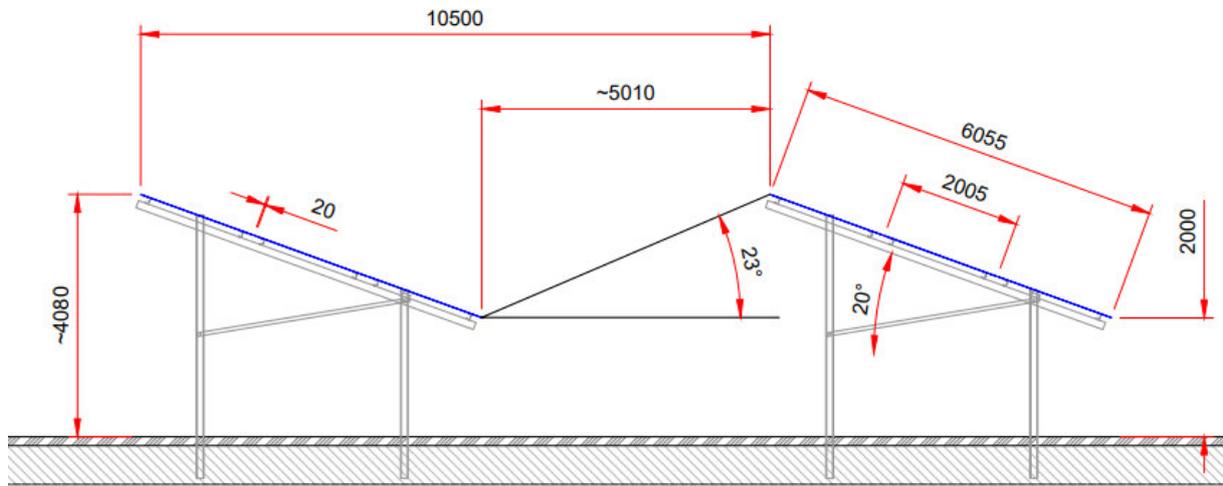
	Latitude [°]	Longitude [°]	Élévation
P4.1	43.751491	4.436442	72.08 m
P4.2	43.752404	4.437123	70.08 m
P4.3	43.753415	4.438365	68.08 m
P4.4	43.753541	4.439152	69.08 m
P4.5	43.754244	4.439801	69.08 m
P4.6	43.755622	4.439561	71.08 m
P4.7	43.754374	4.437886	71.08 m
P4.8	43.753820	4.436258	72.08 m
P4.9	43.753483	4.435697	71.08 m

Zone 5



	Latitude [°]	Longitude [°]	Elévation
P5.1	43.748277	4.438143	70.68 m
P5.2	43.750471	4.436291	70.68 m
P5.3	43.750748	4.436719	70.68 m
P5.4	43.751142	4.436333	72.68 m
P5.5	43.751136	4.436062	70.68 m
P5.6	43.750302	4.435743	71.68 m
P5.7	43.747992	4.436621	72.68 m
P5.8	43.746622	4.437863	70.68 m
P5.9	43.746666	4.438018	70.68 m
P5.10	43.747954	4.437213	70.68 m

La figure suivante présente enfin une coupe de la structure, laquelle met en avant une hauteur maximum des modules égale à environ 4,08m.



4.2. PRESENTATION DES ENTREES CONSIDEREES

Les documents suivants ont été utilisés pour effectuer cette étude :

- Exigences de la DGAC :
 - La DGAC demande au porteur du projet de démontrer qu'il n'existe pas de faisceau lumineux qui éclaire la tour de contrôle selon un azimut qui empêche de voir les axes et la circulation au sol, et qu'il n'existe pas de faisceau lumineux réfléchi qui traverse le volume spécifique pouvant s'avérer gênant pour les pilotes en approche.
 - La version la plus récente des spécifications a été utilisée pour cette étude ; il s'agit de la version V4 du 27 juillet 2011, annexée à ce document.

- Carte AIP (Publication de l'Information Aéronautique) de l'aérodrome Nîmes Garons :
 - La carte décrit la piste et fait apparaître une 'hélistation ;
 - La carte se trouve en annexe.

4.3. PRESENTATION DES ELEMENTS MODELISES

Conformément aux entrées décrites dans la section précédente, la modélisation géométrique suivante a été réalisée :

LA PISTE

Les éléments des cartes AIP, fournies en annexe, ont été reportés.

L'aérodrome est composé d'une piste bitumée (THR 18 et 36), d'une tour de contrôle (TWR) et une hélistation (FATO).

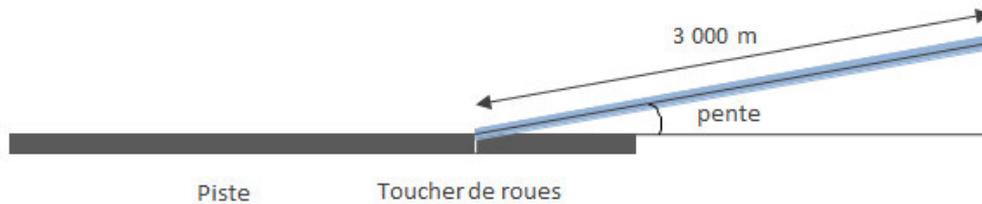


Suivant la définition de la DGAC, le point nominal de toucher de roues se situe, pour une longueur disponible à l'atterrissage (LDA) supérieure à 2400 m, à 400 m de chaque seuil.

Les coordonnées GPS des points remarquables sont résumées ci-après :

	Nature	Latitude	Longitude	Altitude
TWR	Tour de contrôle	43.758559	4.411609	92 m
THR 18	Seuil associé au QFU 176	43.769195	4.415502	91 m
DTHR 18	Seuil décalé associé au QFU 176	43.768408	4.415556	91 m
TOUCH 18	Toucher de roues du QFU 176	43.764807	4.415807	92 m
THR 36	Seuil associé au QFU 356	43.745622	4.417205	93 m
DTHR 36	Seuil décalé associé au QFU 356	43.746447	4.417136	93 m
TOUCH 36	Toucher de roues du QFU 356	43.750036	4.416874	92 m
FATO	Hélistation	43.757046	4.419212	90 m

Les zones de trouée étudiées sont caractérisées géométriquement sur le schéma suivant :



Comme indiqué dans la carte AIP en annexe de ce document, les pentes étudiées sont prises égales à $3,0^\circ$ pour l'approche en QFU 176 et QFU 356.

IMPLANTATION DE LA CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE

Les prérogatives de la DGAC définissent des zones de protection de la façon suivante :

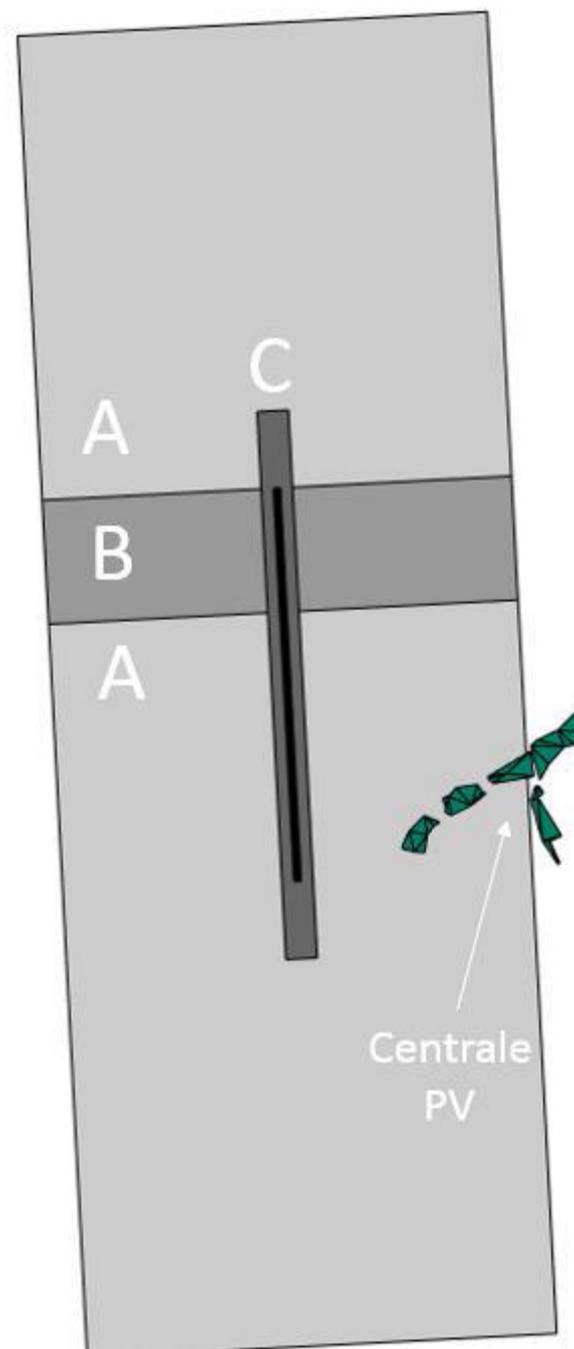
- Pour chaque sens d'atterrissage, trois zones distinctes A, B, et C, différenciant les impacts potentiels selon l'implantation des modules photovoltaïques ;
- Pour la tour de contrôle, une zone de protection centrée sur la tour de contrôle.

Ces zones de protection sont reportées ci-dessous pour chaque sens d'atterrissage.

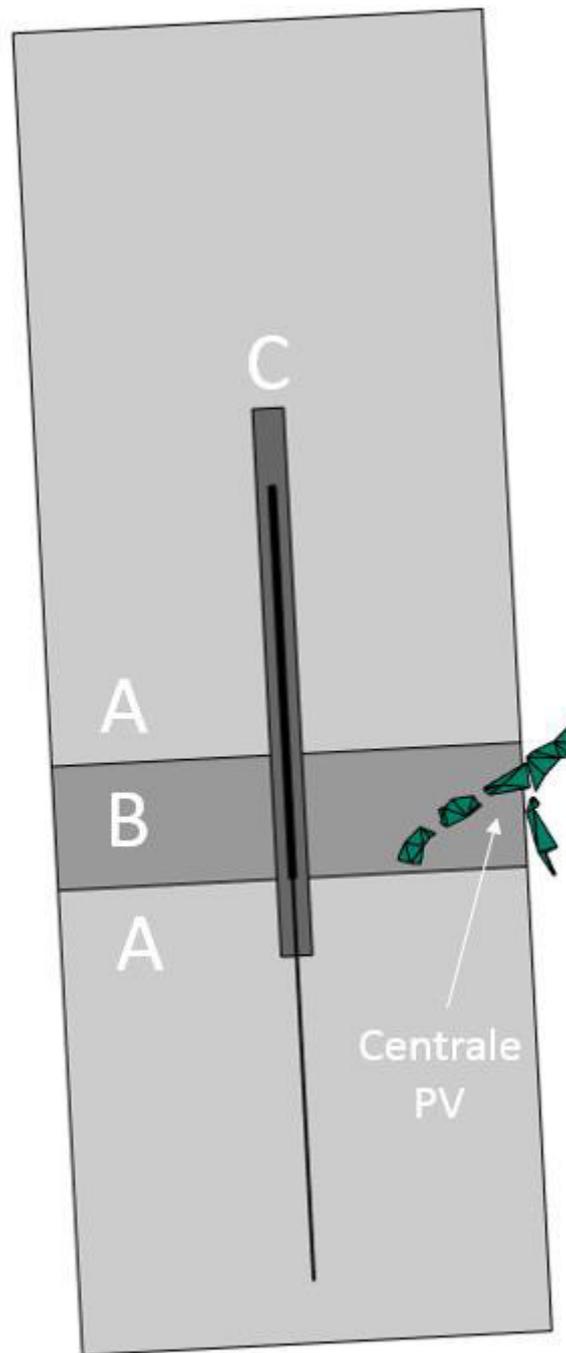
La surface occupée par les modules photovoltaïques se répartit de la façon suivante :

- Par rapport au QFU 176 : La centrale PV est localisée en zone de protection A.

Les zones 4 et 5 de la centrale PV sont situées en dehors des zones de protection DGAC.



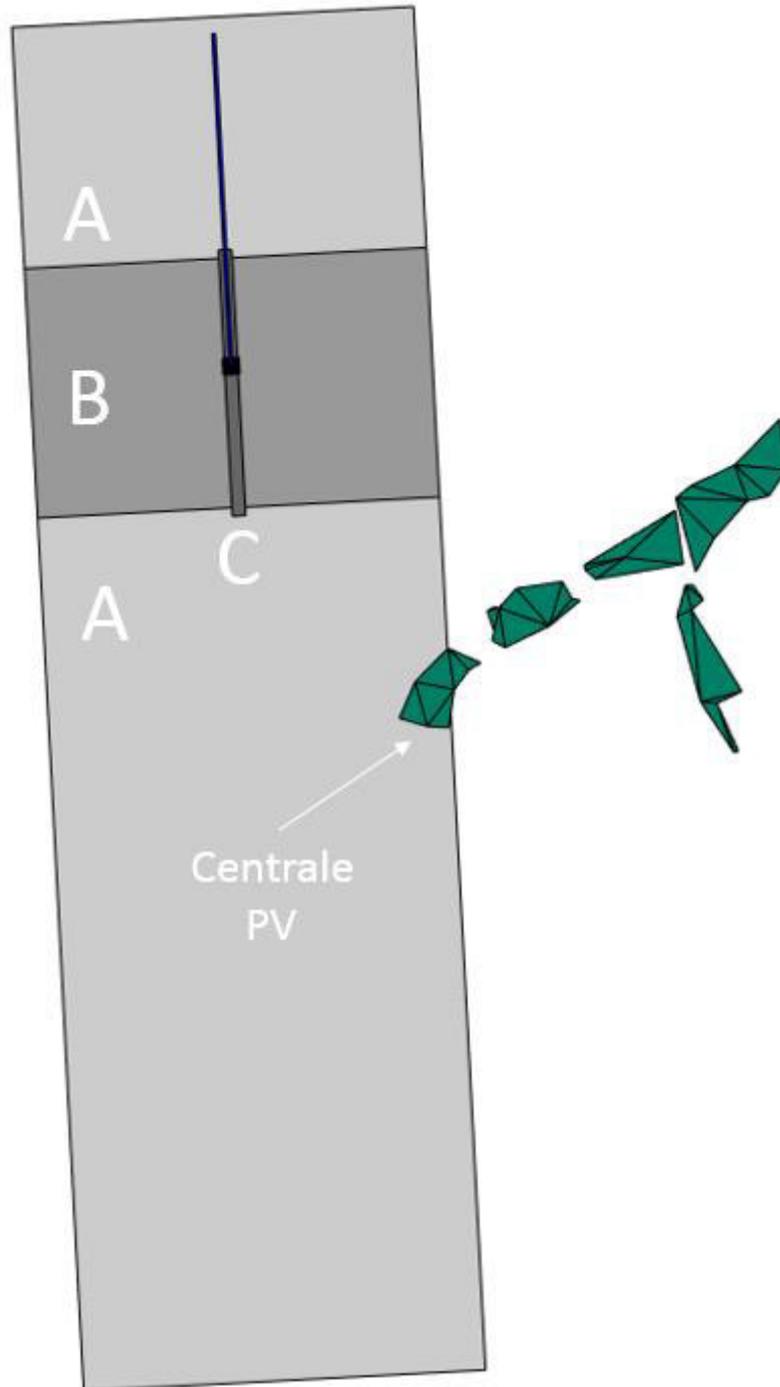
Par rapport au QFU 356 : La centrale PV est localisée en zone de protection B.
Les zones 4 et 5 de la centrale PV sont situées en dehors des zones de protection DGAC.



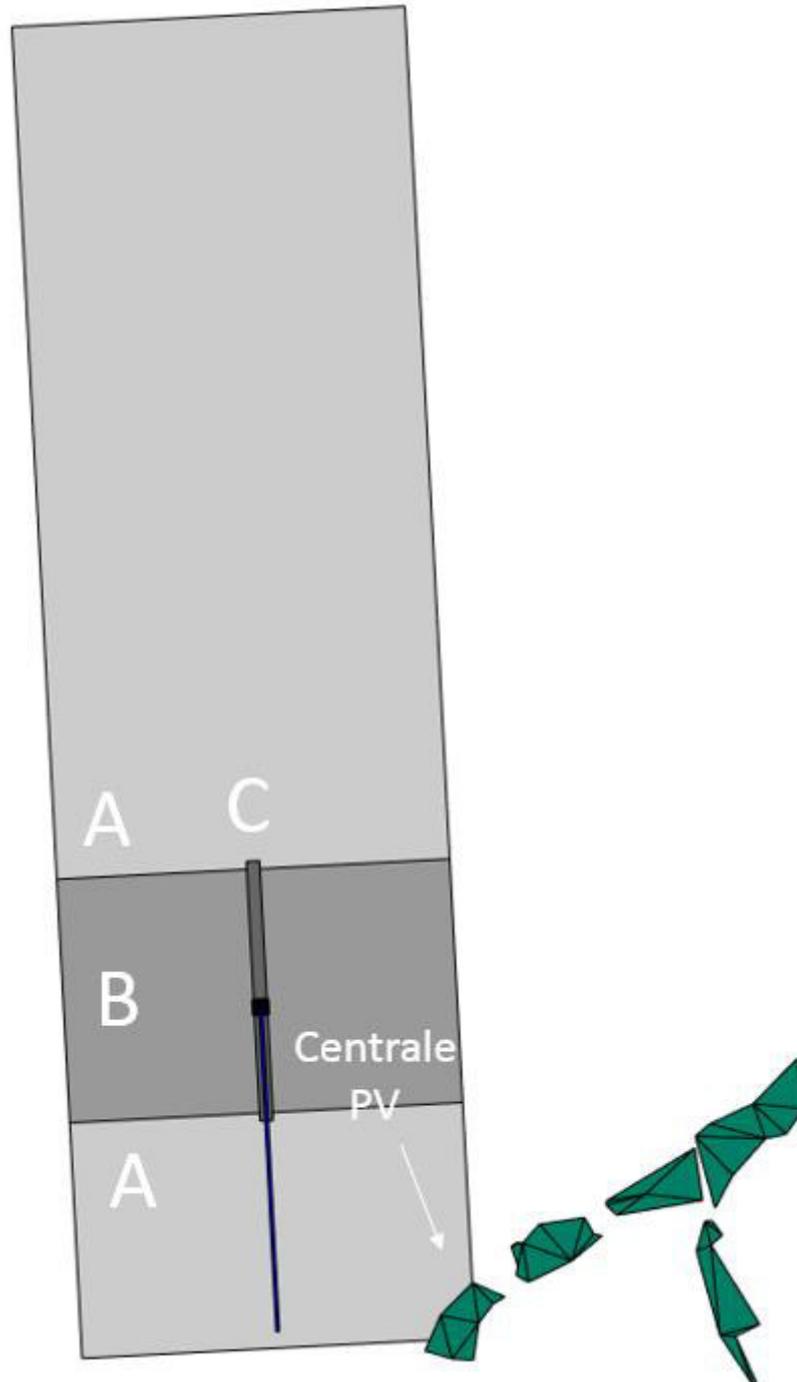
- La centrale PV est localisée dans la zone de protection de la tour de contrôle.



Par rapport à l'hélistation FATO 18 : La centrale PV est localisée en zone de protection A.
Les zones 2, 3, 4 et 5 de la centrale PV sont situées en dehors des zones de protection DGAC.

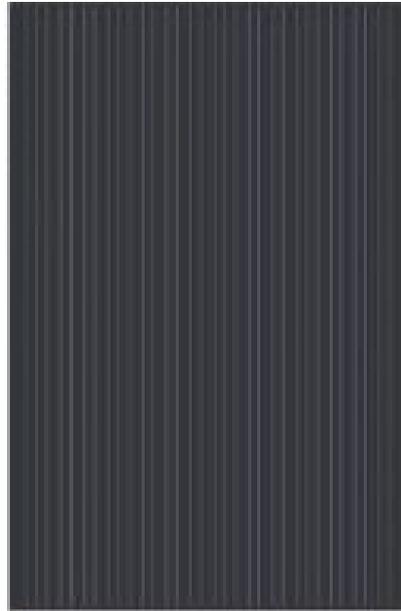


Par rapport à l'hélistation FATO 36 : La centrale PV est localisée en zone de protection A.
Les zones 2, 3, 4 et 5 de la centrale PV sont situées en dehors des zones de protection DGAC.



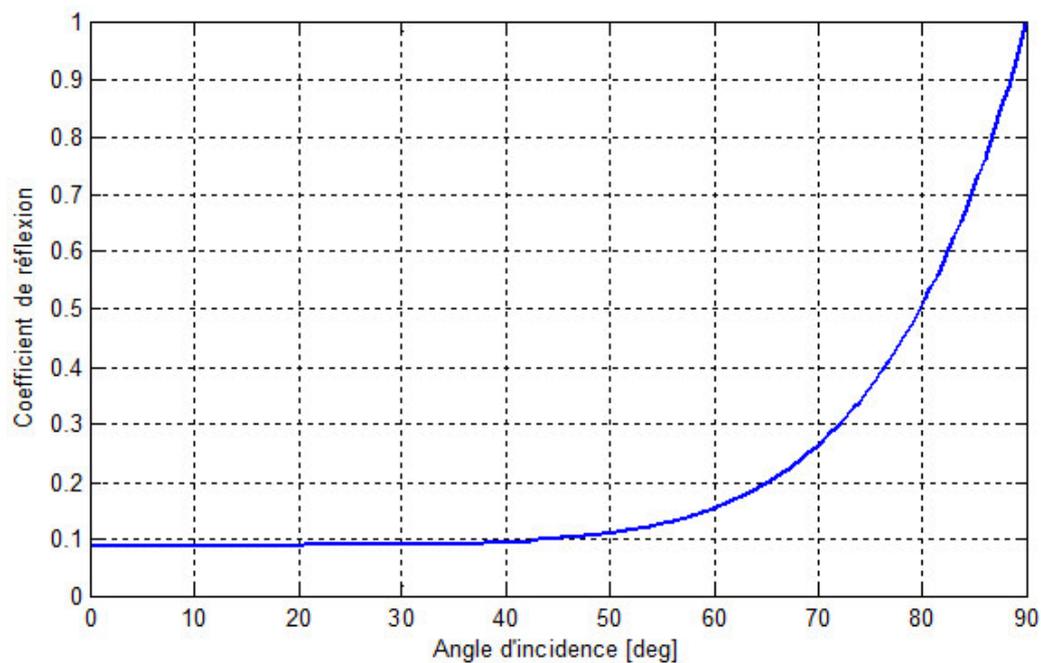
LES MODULES

Les modules utilisés sont développés par FIRST SOLAR et utilisent une couche en verre susceptible de provoquer des cas d'éblouissement suivant l'angle d'incidence. Il convient donc d'effectuer une analyse fine des cas potentiels d'éblouissement.



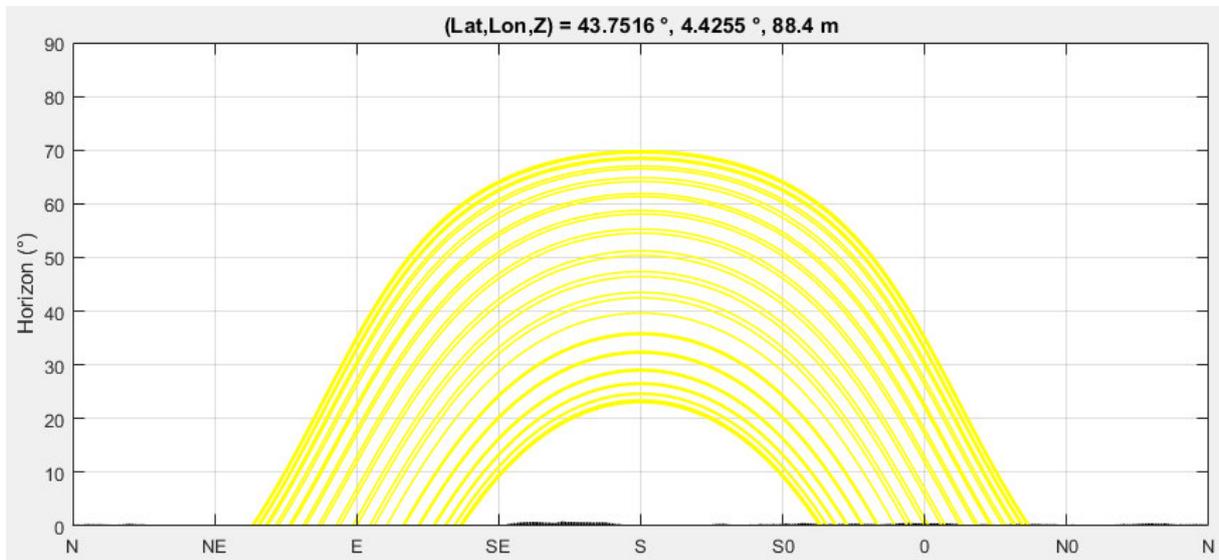
La fiche technique est annexée à ce document.

Le profil du coefficient de réflexion retenu est le suivant.



LA LIGNE D'HORIZON

Le relief lointain, tel que présentée en noir dans la figure ci-dessous, a été pris en compte dans la simulation. En jaune est représentée la course du soleil tout au long de l'année.



5. ANALYSES

5.1. SYNTHÈSE DES CAS A ETUDIER

Etant données les caractéristiques de la centrale photovoltaïque, les cas d'impact suivants doivent être étudiés.

Zone PV		Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zones 4&5
Piste 1	Approche QFU 18	Analyse requise			Hors zone de protection DGAC Analyse non requise
	Roulage QFU 18				
	Approche QFU 36				
	Roulage QFU 36				
Hélistation	FATO 18	Analyse requise	Hors zone de protection DGAC Analyse non requise		
	FATO 36				
Tour de contrôle	TWR	Analyse requise			

5.2. RAPPELS SUR LES DIRECTIVES DE LA DGAC

Lorsqu'une implantation photovoltaïque incluse dans la zone A d'un seuil de piste présente des cas d'impacts, ceux-ci ne sont considérés comme gênants pour le pilote que s'ils répondent simultanément aux cinq conditions suivantes :

- L'angle de vision entre le rayon réfléchi et l'axe du regard vers la piste est compris entre -30° et $+30^\circ$;
- La luminance du rayon lumineux considéré est supérieure à $20\,000\text{ Cd/m}^2$;
- La distance entre le pilote et le point de réflexion est inférieure à $3\,000\text{ m}$;
- La surface de l'implantation photovoltaïque est supérieure à 500 m^2 ;
- Le pilote se trouve lui aussi dans la zone A.

Lorsqu'une implantation photovoltaïque incluse dans la zone B d'un seuil de piste présente des cas d'impacts, ceux-ci ne sont considérés comme gênants pour le pilote que s'ils répondent simultanément aux quatre conditions suivantes :

- L'angle de vision entre le rayon réfléchi et l'axe du regard vers la piste est compris entre -90° et $+90^\circ$;
- La luminance du rayon lumineux considéré est supérieure à $10\,000\text{ Cd/m}^2$;
- La surface de l'implantation photovoltaïque est supérieure à 50 m^2 ;
- Le pilote se trouve lui aussi dans la zone B ; dans le cas contraire, l'implantation est alors considérée incluse dans la zone A.

Lorsqu'une implantation photovoltaïque incluse dans la zone C d'un seuil de piste présente des cas d'impacts, ceux-ci sont considérés comme gênants dans tous les cas.

5.3. RESULTATS D'ANALYSE

VISUALISATION 3D

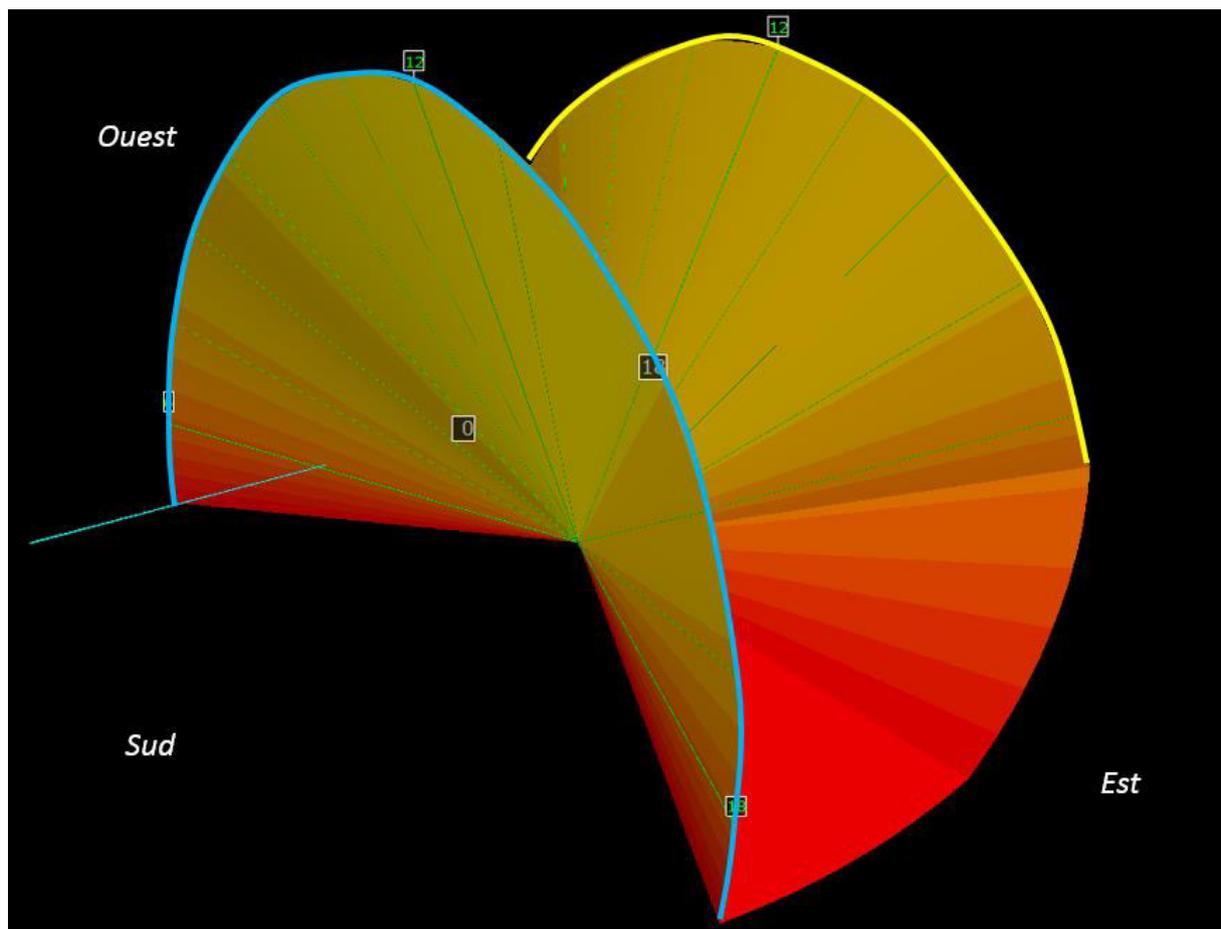
La recherche des cas critiques est effectuée à l'aide de l'outil de visualisation 3D (non applicable pour les configurations avec tracking). Les cas sont déterminés de manière purement géométrique et prennent uniquement en considération le croisement de la trajectoire et des rayons réfléchis ; ne sont pas pris en compte :

- L'angle entre la trajectoire de l'avion et le rayon réfléchi ;
- La distance entre le pilote et le point de réflexion ;
- La valeur de la luminance.

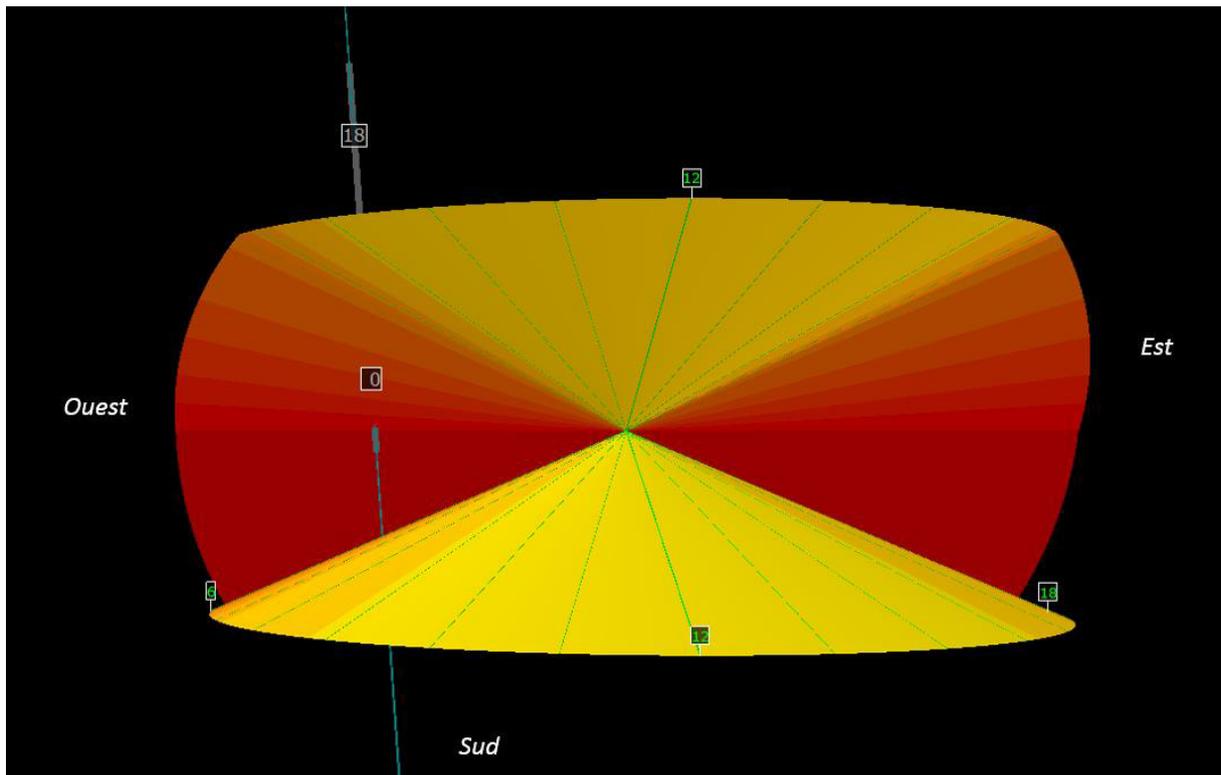
Lorsqu'un cas d'impact est visuellement identifié, ces 3 critères sont alors pris en compte dans l'outil d'analyse dont les résultats sont présentés ultérieurement.

Les visuels suivants présentent, la piste (en gris) avec les touchers de roues 18 et 36, les trouées en bleu, et les enveloppes des rayons réfléchis pour les solstices d'été et hiver. Les heures solaires sont indiquées en vert.

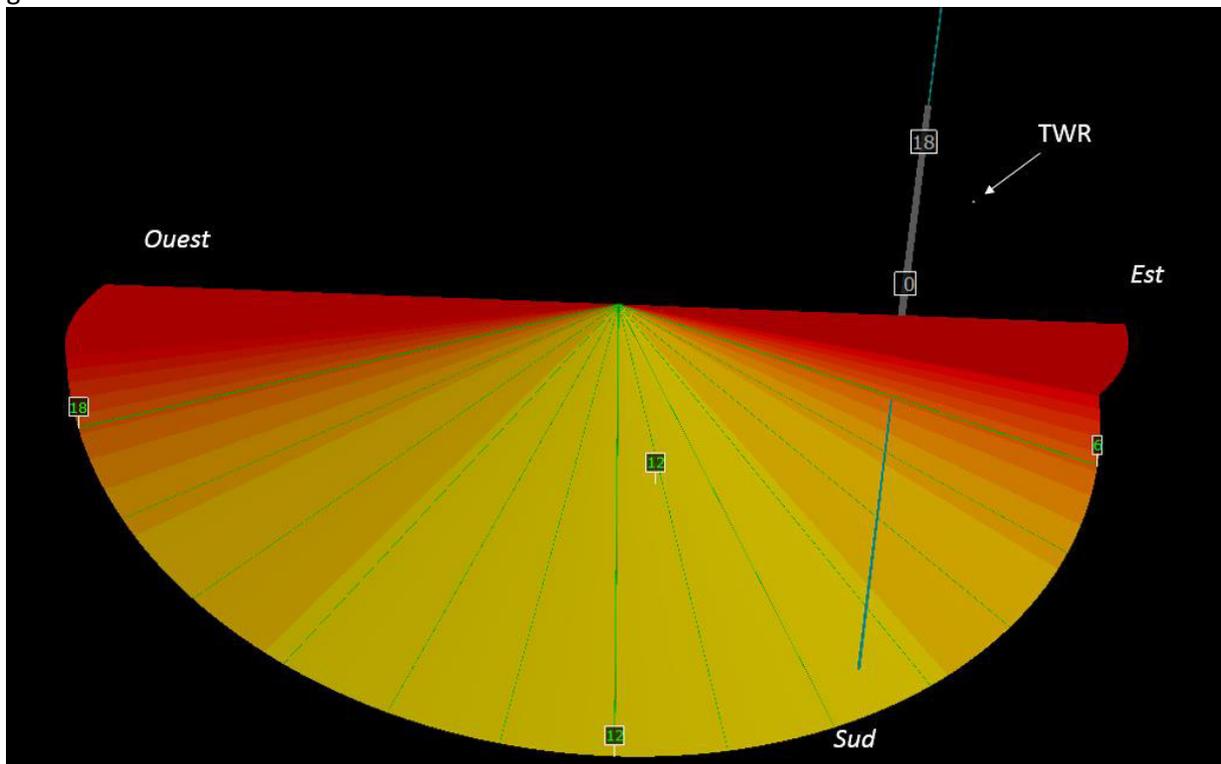
Vue du Sud



Vue de haut

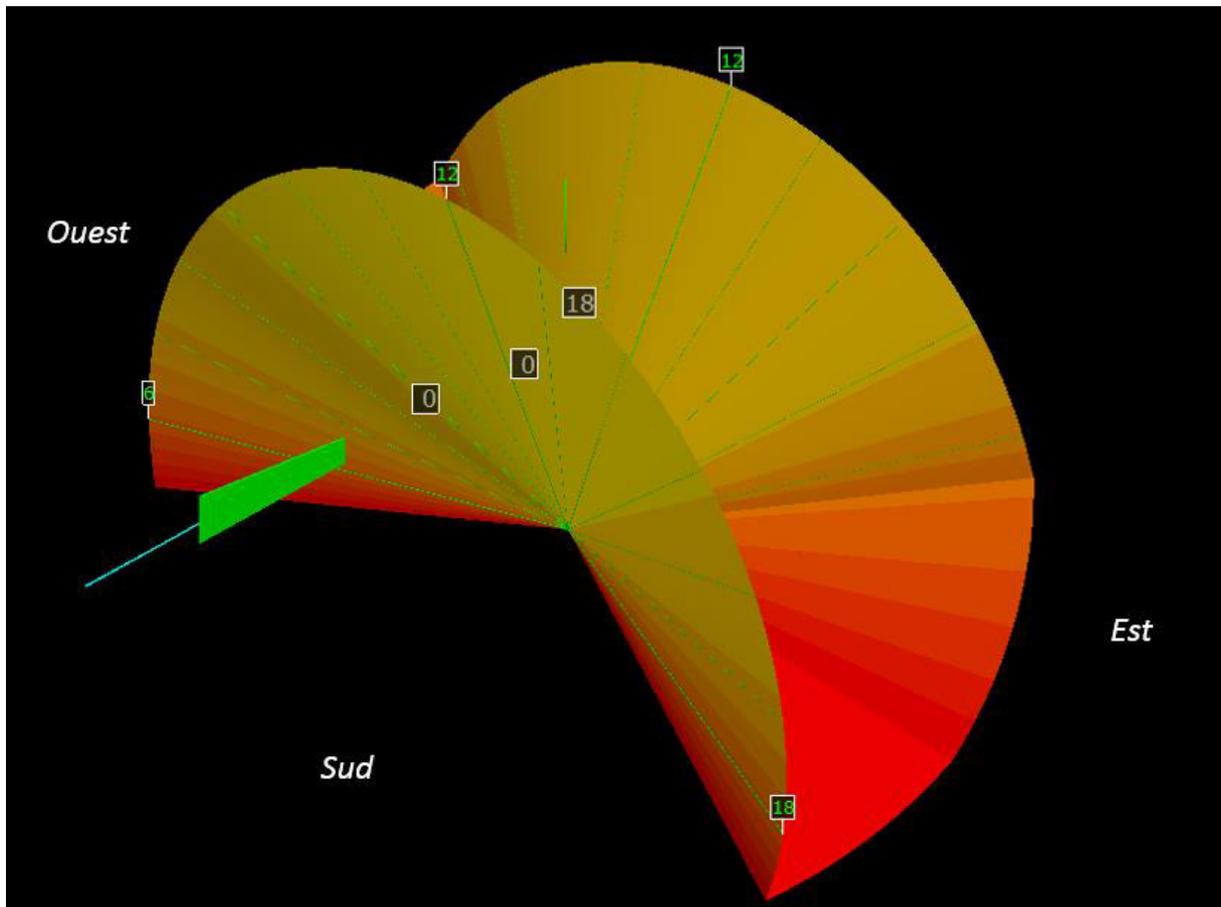


Le visuel suivant présente une vue renversée des enveloppes de l'ensemble des sommets du générateur.



Ce visuel montre que la tour de contrôle (TWR) n'est pas impactée par des cas de réverbération. L'approche en QFU 36 ainsi que le roulage en QFU18 sont impactés par des cas de réverbération.

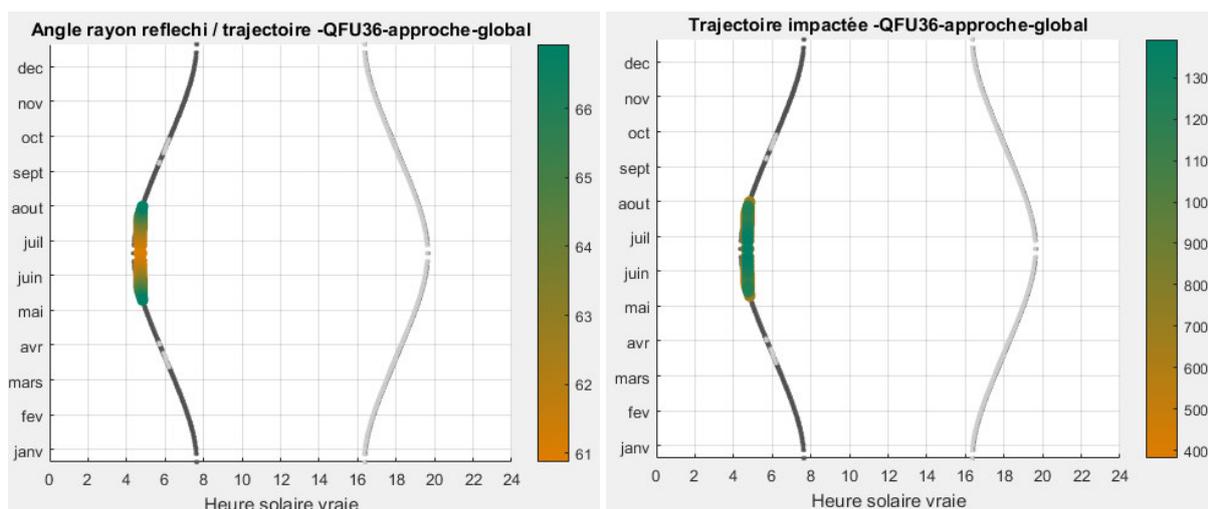
Ce dernier visuel fait apparaître les trajectoires d'approche (vert) de l'hélistation en QFU 36. Des cas de réverbérations sont identifiés.



APPROCHE QFU 36

Le cas de la trajectoire idéale, dans l'axe de la piste (azimut 356°) avec une pente descendante de 3,0° est étudié, pour toute la longueur de la phase d'approche (3 000 m). Le calcul réalisé sur toute l'année révèle la présence d'impact au lever du soleil comme illustré dans la figure suivante :

- Ligne noire : lever et coucher du soleil, *i.e.* la ligne d'horizon ;
- Points gris : le relief lointain ;
- Points verts : les impacts.



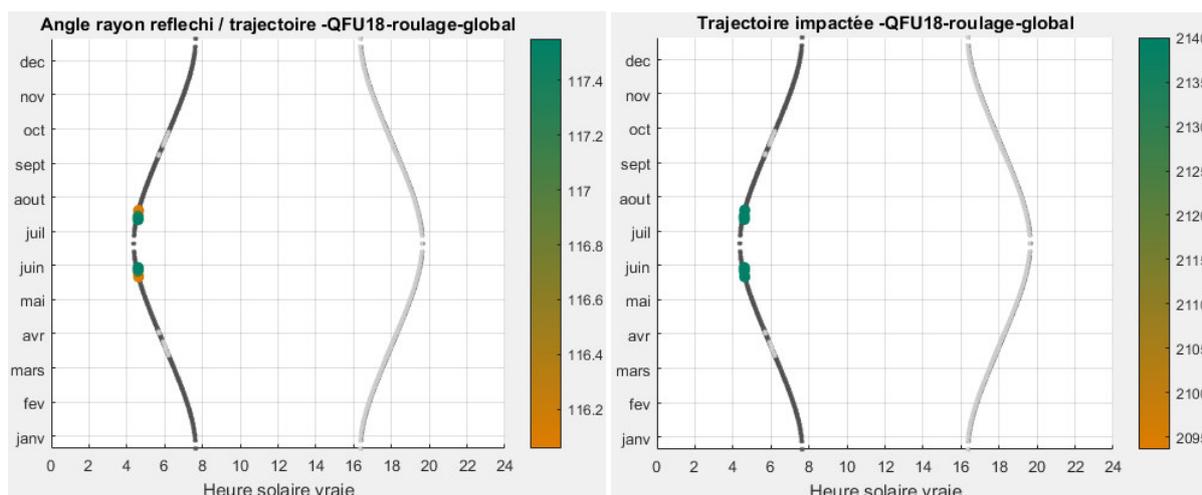
Pour l'approche en QFU 36 les zones 1,2 et 3 de la centrale PV sont situées en zone de protection B. Les impacts ne sont pas gênants car ils sont perçus uniquement lorsque les pilotes sont en dehors de la zone B.

SYNTHESE DU CAS ETUDIE	
Élément critique	Approche QFU 36
Conclusion	Impact non gênant le matin
Période	[12 Mai - 2 Août]
Heure solaire vraie	[4h38 - 4h50]
Durée journalière	< 12 min
Luminance	> 5,8*10 ⁵ Cd/m ²
Élévation solaire	[0 – 3,85°]
Angle trajectoire / rayons	[60,9° – 66,9°]
Distance par rapport au toucher de roue	> 381 m
Distance pilote / générateur	[736 – 2 056 m]

ROULAGE QFU 18

Le cas de la trajectoire idéale, dans l’axe de la piste (azimut 176°) avec une pente descendante de 3,0° est étudié, pour toute la longueur de la phase d’approche (3 000 m). Le calcul réalisé sur toute l’année révèle la présence d’impact au coucher du soleil. Toutefois, ces impacts ne seront pas perçus par les pilotes dans la mesure où les angles entre la trajectoire et les rayons réfléchis sont supérieurs à 90°, comme illustré dans la figure suivante :

- Ligne noire : lever et coucher du soleil, *i.e.* la ligne d’horizon ;
- Points gris : le relief lointain ;
- Points verts : les impacts.



SYNTHESE DU CAS ETUDIE	
Elément critique	Roulage QFU 18
Conclusion	Impact non gênant le matin
Période	[23 Mai– 1 Juin] et [13 Juillet – 22 Juillet]
Heure solaire vraie	[4h35 - 4h37]
Durée journalière	< 2 min
Luminance	> 5,95*10 ⁵ Cd/m ²
Élévation solaire	[0 – 0,9°]
Angle trajectoire / rayons	[116,0 – 117,6°]
Distance par rapport au toucher de roue	> 2 093 m
Distance pilote / générateur	[1 059 – 2 007 m]

APPROCHE FATO 36

Le cas de la trajectoire idéale, dans l'axe de l'hélistation (azimut 356°) avec une pente descendante de 2°, 4°, 6° et 8° est étudié, pour toute la longueur de la phase d'approche (1 000 m). Le calcul réalisé sur toute l'année révèle la présence d'impact au lever du soleil.

Cependant ces impacts ne sont pas gênants dans la mesure où la centrale PV est située en zone de protection A et les angles entre la trajectoire et les rayons réfléchis sont supérieurs à 30° pour l'ensemble des trajectoires d'approches. De plus seule la zone 1 de la centrale PV est située en zone de protection.

SYNTHESE DU CAS ETUDIE				
Elément critique	FATO QFU 36			
Angle d'approche	2°	4°	6°	8°
Conclusion	Pas d'impacts	Impacts non gênants	Impacts non gênants	Impacts non gênants
Période		[29 Juillet -31 Juillet] [15 Mai - 16 Mai]	[23 Avril – 18 Mai] [21 Août - 27 Juillet]	[7 Avril – 16 Mai] [29 Juillet – 6 Septembre]
Heure solaire vraie		4h47	[4h51 - 5h32]	[4h56 - 5h37]
Durée journalière		<3 min	<6 min	<13 min
Luminance		> 5,55*10 ⁵ Cd/m ²	> 5,31*10 ⁵ Cd/m ²	> 5,13*10 ⁵ Cd/m ²
Élévation solaire		[0° - 0,4°]	[0° - 1,5°]	[0° - 2,3°]
Angle trajectoire / rayons		[65,8 – 61,1°]	[65,2 – 72,7°]	[65,7 – 78,5°]
Distance par rapport au toucher de roue		> 980 m	>930 m	>910 m
Distance pilote / générateur		[1464 - 1746 m]	[770 – 1 776 m]	[602 – 1 727 m]

APPROCHE FATO 18

Le cas de la trajectoire idéale, dans l'axe de la piste (azimut 176°) avec une pente descendante de 3,0° est étudié, pour toute la longueur de la phase d'approche (1 000 m). Le calcul réalisé sur toute l'année révèle l'absence d'impact.

APPROCHE QFU 18

Le cas de la trajectoire idéale, dans l'axe de la piste (azimut 176°) avec une pente descendante de 3,0° est étudié, pour toute la longueur de la phase d'approche (3 000 m). Le calcul réalisé sur toute l'année révèle l'absence d'impact.

ROULAGE QFU 36

Pour toute la longueur de la phase de roulage, le calcul réalisé sur toute l'année révèle l'absence d'impact.

TWR

Le calcul réalisé sur toute l'année ne révèle pas d'impacts pour la tour de contrôle.

5.4. SYNTHÈSE DES RESULTATS

Des impacts ont été identifiés pour le roulage en QFU 18, l’approche en QFU 36 et l’approche de la FATO en QFU 36. Ces impacts ne sont cependant pas considérés comme gênants suivant la note technique de la DGAC.

Le tableau suivant synthétise les résultats de l’analyse par polygone pour les cas d’impacts :

Zone PV		Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zones 4&5
Piste 1	Approche QFU 18	Pas d’impact	Pas d’impact	Pas d’impact	Hors zone de protection DGAC Analyse non requise
	Roulage QFU 18	Pas d’impact	Impacts non gênants	Pas d’impact	
	Approche QFU 36	Impacts non gênants	Impacts non gênants	Impacts non gênants	
	Roulage QFU 36	Pas d’impact	Pas d’impact	Pas d’impact	
Hélistation	FATO 18	Pas d’impact	Hors zone de protection DGAC Analyse non requise		
	FATO 36	Impacts non gênants			
Tour de contrôle	TWR	Pas d’impact			

CONCLUSION	Impacts non gênants
-------------------	----------------------------

6. ANNEXES

Carte AIP

Fiche technique des modules PV

Note technique DGAC

CARTE D'AERODROME

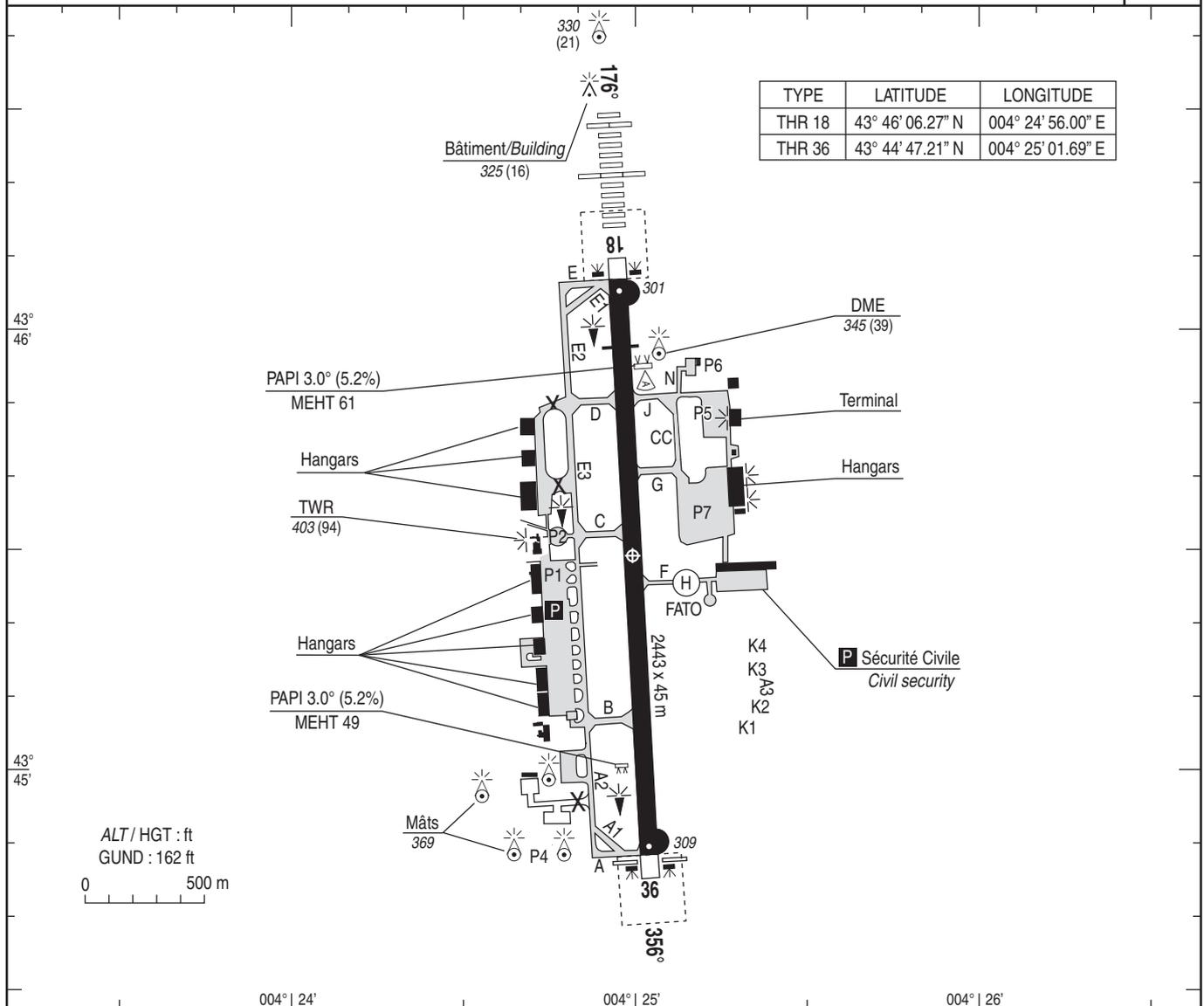
Aerodrome chart
ALT AD : 309 (11 hPa)

Ouvert à la CAP
Public air traffic

NIMES GARONS
43 45 27 N - 004 24 59 E

VAR
1°E
(15)

ATIS : GARONS Information : 129.350
STAP : O/R. Absence ATS : 123.2 ☎ 04 66 05 31 11
ATS : HOR/SKED : voir/see NOTAM. Absence ATS : O/R SENA ☎ 04 66 70 49 49 : PN LUN-VEN avant 1500 - JF : le dernier jour ouvrable avant 1500.
PN MON-FRI before 1500 - HOL : the last working day before 1500.
BRIA : MARSEILLE (voir/see GEN 3.1)
AVT : JET A1, AVGAS - HOR/SKED : voir/see NOTAM. Hors HOR : LUN-VEN : O/R avant 1700. SAM, DIM et JF : PN le dernier jour ouvrable avant 1700.
Outside SKED : MON-FRI : O/R before 1700. SAT, SUN and HOL : PN the last working day before 1700.
Péril animalier / Wildlife strike hazard : Occasionnel / Random



RWY	BALISAGE/Lighting		TORA	TODA	ASDA	LDA	NATURE Surface	RESIST. Strength	MINIMUM TKOF (RVR : m)			
	APCH	RWY							CAT A	CAT B	CAT C	CAT D
18	900 m LIH	LIH/LIL	2443	2743	2533	2443	Revêtu	54 R/B/W/T	800	800	800	800
36	NIL	LIH/LIL	2443	2743	2533	2443	Paved		800	800	800	800

BALISAGE / Lighting :
RWY 18/36 : Seuil : HI/BI - Extrémités : rouge, HI/BI.
THR : LIH/LIL - RWY ends : red, LIH/LIL.

OBSERVATIONS / Remarks :
Voir / See AD 2 LFTW.23



HIGH-POWER PV MODULES

First Solar Series 6™ photovoltaic (PV) module sets a new industry benchmark for reliable energy production, optimized design and environmental performance. Series 6 modules are optimized for every stage of your application, significantly reducing balance of system, shipping, and operating costs.



MORE ENERGY PER MODULE

- More watts per connection and per lift (420+ watts) than 72-cell silicon modules (<400 watts)
- With superior temperature coefficient, spectral response and shading behavior, Series 6 modules generate up to 8% more energy than conventional crystalline silicon solar modules
- Anti-reflective coated glass enhances energy production



INNOVATIVE MODULE DESIGN

- Under-mount frame allows for simple and fast installation
- Dual junction box optimizes module-to-module connections
- Under-mount frame provides the cleaning and snow-shedding benefits of a frameless module, protects edges against breakage and enables horizontal stacking

420-445 Watts
17%+ Efficiency



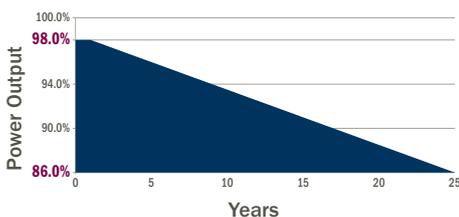
PROVEN LONG-TERM RELIABILITY

- Manufactured using methods and process adapted from Series 4 modules – the most tested solar modules in the industry
- Independently tested and certified for reliable performance that exceeds IEC standards in high temperature, high humidity, extreme desert and coastal applications

INDUSTRY-LEADING MODULE WARRANTY¹

98.0% WARRANTY START POINT

0.5% WARRANTED ANNUAL DEGRADATION RATE



- 25-Year Linear Performance Warranty
- 10-Year Limited Product Warranty



BEST ENVIRONMENTAL PROFILE

- Fastest energy payback time and smallest carbon and water footprint in the industry
- Global PV collection and recycling services available through First Solar or customer-selected third-party

FIRST SOLAR SERIES 6™

MODEL TYPES AND RATINGS AT STANDARD TEST CONDITIONS (1000W/m², AM 1.5, 25°C)²

NOMINAL VALUES		FS-6420 FS-6420A	FS-6425 FS-6425A	FS-6430 FS-6430A	FS-6435 FS-6435A	FS-6440 FS-6440A	FS-6445 FS-6445A
Nominal Power ³ (-0/+5%)	P _{MPP} (W)	420.0	425.0	430.0	435.0	440.0	445.0
Efficiency (%)	%	17.0	17.2	17.4	17.6	17.8	18.0
Voltage at P _{MAX}	V _{MPP} (V)	178.5	179.4	180.3	181.2	182.0	182.8
Current at P _{MAX}	I _{MPP} (A)	2.35	2.37	2.38	2.40	2.42	2.43
Open Circuit Voltage	V _{OC} (V)	214.6	215.0	215.3	215.7	216.1	216.5
Short Circuit Current	I _{SC} (A)	2.62	2.63	2.63	2.64	2.65	2.65
Maximum System Voltage	V _{SYS} (V)	1500 ⁶					
Limiting Reverse Current	I _R (A)	6.0					
Maximum Series Fuse	I _{CF} (A)	6.0					

RATINGS AT NOMINAL OPERATING CELL TEMPERATURE OF 45°C (800W/m², 20°C air temperature, AM 1.5, 1m/s wind speed)²

Nominal Power	P _{MPP} (W)	317.1	320.9	324.7	328.4	332.3	336.1
Voltage at P _{MAX}	V _{MPP} (V)	166.9	168.0	169.1	169.3	170.4	171.5
Current at P _{MAX}	I _{MPP} (A)	1.90	1.91	1.92	1.94	1.95	1.96
Open Circuit Voltage	V _{OC} (V)	202.6	203.0	203.3	203.7	204.0	204.4
Short Circuit Current	I _{SC} (A)	2.12	2.12	2.12	2.13	2.13	2.14

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Module Operating Temperature Range	(°C)	-40 to +85					
Temperature Coefficient of P _{MPP}	T _K (P _{MPP})	-0.32%/°C [Temperature Range: 25°C to 75°C]					
Temperature Coefficient of V _{OC}	T _K (V _{OC})	-0.28%/°C					
Temperature Coefficient of I _{SC}	T _K (I _{SC})	+0.04%/°C					

MECHANICAL DESCRIPTION

Length	2009mm
Width	1232mm
Thickness	48.5mm
Area	2.47m ²
Module Weight	35kg
Leadwire ⁶	2.5mm ² , 720mm (+) & Bulkhead (-)
Connectors	MC4-EVO 2
Bypass Diode	N/A
Cell Type	Thin film CdTe semiconductor, up to 260 cells
Frame Material	Anodized Aluminum
Front Glass	2.8mm heat strengthened Series 6A™ includes anti-reflective coating
Back Glass	2.2mm heat strengthened
Encapsulation	Laminate material with edge seal
Frame to Glass Adhesive	Silicone
Wind Load ⁷	2400Pa
Snow Load ⁷	5400Pa

PACKAGING INFORMATION

Modules Per Pallet	26	Pallet Dimensions (L x W x H)	2200 x 1300 x 115mm (86 x 51 x 45in)
Pallet Weight	1025kg	Pallets per 40' Container	18

Disclaimer

The information included in this Module Datasheet is subject to change without notice and is provided for informational purposes only. No contractual rights are established or should be inferred because of user's reliance on the information contained in this Module Datasheet. Please refer to the appropriate Module User Guide and Module Product Specification document for more detailed technical information regarding module performance, installation and use.

The First Solar logo, First Solar™, and all products denoted with ® are registered trademarks, and those denoted with a ™ are trademarks of First Solar, Inc.

CERTIFICATIONS AND TESTS⁴

IEC

61215 & 61730 1500V⁵, CE
61701 Salt Mist Corrosion
60068-2-68 Dust and Sand
Resistance

UL

UL 1703 1500V Listed⁵

REGIONAL CERTIFICATIONS

CSI Eligible JET
FSEC SII
MCS InMetro
CEC Australia

EXTENDED DURABILITY TESTS

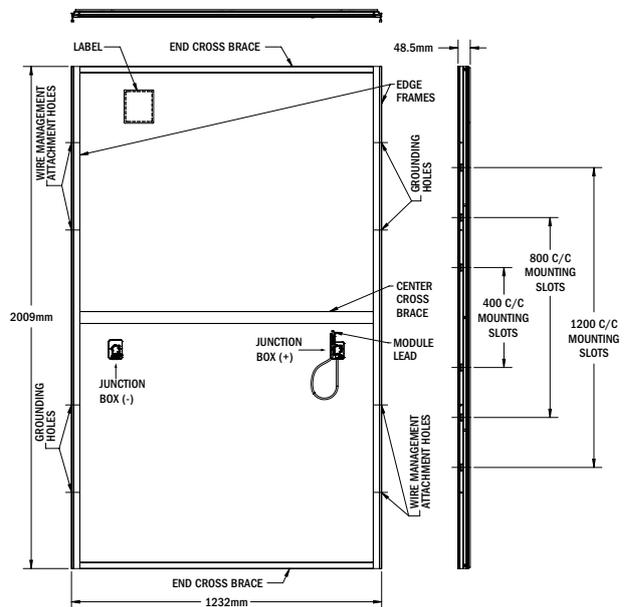
Long-Term Sequential
Thresher Test
PID Resistant
ATLAS 25+

QUALITY & EHS

ISO 9001:2008 & 14001:2004
OHSAS 18001:2007



MECHANICAL DRAWING



Install in portrait only

- Limited power output and product warranties subject to warranty terms and conditions
- All ratings ±10%, unless specified otherwise. Specifications are subject to change
- Measurement uncertainty applies
- Testing Certifications/Listings pending
- IEC 61730-1: 2016 Class II | ULC 1703 1000V listed
- Leadwire length from junction box exit to connector mating surface
- See User Guide



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE,
DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT

Direction générale de l'aviation civile

Direction de la sécurité de l'Aviation civile

Direction aéroports et navigation aérienne

NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE

Dispositions relatives aux avis de la DGAC
sur les projets d'installations de panneaux
photovoltaïques à proximité des aéroports

Resources, territoires, habitats et logement
Énergies et climat
Prévention des risques
Développement durable
Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**

www.developpement-durable.gouv.fr



D S A C

50, rue Henry Farman
75720 Paris cedex 15
Tél : 01 58 09 43 66

LISTE DES MODIFICATIONS

Le tableau suivant identifie les modifications apportées dans la présente note d'information technique concernant les dispositions relatives aux avis de la DGAC sur les projets d'installations de panneaux photovoltaïques à proximité des aérodromes : **EDITION N° 4** en date du 27 juillet 2011.

N° Ed	Date	Raison de la modification	Pages modifiées
1	30/07/10	Création document	Toutes
2	31/08/10	Insertion des dispositions relatives aux hélistations et précisions apportées aux zones A, B et C, Modalités d'acceptation des panneaux à faible luminance, modification des seuils, Prise en compte de la gêne des personnels AFIS	Toutes
3 & 4	30/06/11	Coordonnées des Directions interrégionales de l'aviation civile Précisions réglementaires Dispositions supplémentaires relatives aux zones des aérodromes et des hélistations	3, 6, 9 à 14

APPROBATION DU DOCUMENT

Le tableau suivant identifie les autorités qui ont successivement vérifié et approuvé la présente édition de la note d'information technique concernant les dispositions relatives aux avis de la DGAC sur les projets d'installations de panneaux photovoltaïques à proximité des aérodromes.

AUTORITE	NOM	DATE ET SIGNATURE
Rédaction L'adjointe au chef du pôle Aéroports en collaboration avec Pierre Théry du STAC	Brigitte Verdier	Le 27 juillet 2011 
Vérification Le chef du Pôle Aéroports	Patrick Disset	Le 27 juillet 2011 
Approbation Le Directeur Aéroports et Navigation Aérienne	Alain Printemps	Le 27 juillet 2011 

Note : Toute version papier de la note d'information technique est susceptible d'être périmée.

Afin de s'assurer que ce document est bien la dernière version à jour de la note d'information technique, il est possible de consulter cette note d'information technique sur le site Internet du Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement <http://www.developpement-durable.gouv.fr>, rubrique transports et sécurité routière – secteur aérien – Professionnels de l'aviation.

1 Considérations générales

1.1 INTRODUCTION

Certaines réflexions du soleil sur des installations photovoltaïques situées à proximité des aérodromes sont susceptibles de gêner les pilotes dans des phases de vol proches du sol ou d'entraver le bon fonctionnement de la tour de contrôle. Les zones d'implantation de panneaux photovoltaïques situées à moins de 3 km de tout point d'une piste d'aérodrome (y compris les hélistations) ou d'une tour de contrôle sont particulièrement sensibles à cet égard. Ainsi, il est important que les services de la direction générale de l'Aviation civile (DGAC) soient consultés préalablement à toute installation de cette nature afin de suivre et d'évaluer tout particulièrement cet impact.

Cette note d'information technique présente ainsi les nouvelles dispositions retenues lorsque l'avis des autorités compétentes de l'aviation civile est sollicité sur des projets d'installation de panneaux photovoltaïques à proximité d'un aérodrome, soit par le porteur du projet soit par un service instructeur des installations soumises à déclaration ou à permis de construire.

Dans ces dispositions, sont désignés par :

- ☒ « autorité compétente de l'aviation civile » : l'entité chargée de la surveillance et de la régulation des services de l'aviation civile territorialement compétents : DSAC/CE, DSAC/O, DSAC/N, DSAC/NE, DSAC/S, DSAC/SE, DSAC/SO, DSAC/AG, DSAC/OI, DAC/NC, SAC/SPM, SEAC/PF, SEAC/WF.

Les coordonnées et zones de compétence de ces autorités figurent au § 4.

- ☒ «porteur du projet» : le porteur du projet d'installation de panneaux photovoltaïques (ou l'organisme) qui demande l'avis à l'autorité compétente de l'aviation civile.

Par ailleurs, la direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) a publié un guide relatif à l'étude d'impact des projets photovoltaïques (édition 2011) qui est accessible à l'adresse suivante : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Photovoltaïque-un-guide-pour.html>

1.2 RAPPEL DES PRINCIPES REGLEMENTAIRES

Les panneaux photovoltaïques ou autres systèmes similaires doivent respecter les servitudes aéronautiques et les servitudes radioélectriques établies pour la protection contre les obstacles et perturbations électromagnétiques des stations de radiocommunication et de radionavigation installées pour les besoins de la navigation aérienne [*décrets et arrêtés des servitudes aéronautiques et servitudes radioélectriques établis localement*].

Les panneaux photovoltaïques ou autres systèmes similaires doivent également respecter les surfaces de dégagements aéronautiques correspondant au mode actuel de l'exploitation de la piste [*Arrêté relatif aux conditions d'homologation et aux procédures d'exploitation des aérodromes, Arrêté relatif aux caractéristiques techniques de certains aérodromes terrestres utilisés par les aéronefs à voilure fixe*].

Ils ne peuvent pas être installés dans les aires opérationnelles situées à proximité des pistes et des voies de circulation d'aérodromes telles que : bande de piste, aire de sécurité d'extrémité de piste, bande de voie de circulation, prolongement d'arrêt, prolongement dégagé, aires en amont du seuil ou après l'extrémité des pistes avec approche de précision [*Arrêté relatif aux conditions d'homologation et aux procédures d'exploitation des aérodromes, Arrêté relatif aux caractéristiques techniques de certains aérodromes terrestres utilisés par les aéronefs à voilure fixe*].

En effet, il est considéré que ces équipements ne sont pas des « *objets, installations ou matériels utilisés pour les besoins de la navigation aérienne* », et que leurs fonctions n'imposent pas une implantation dans des zones opérationnelles pour les besoins des opérations aériennes.

En outre, leur installation ne doit pas gêner :

- ☒ le bon fonctionnement des aides à la navigation aérienne ;
- ☒ les services rendus par le prestataire de la navigation aérienne ;
- ☒ l'exploitation de l'aire de mouvement par l'exploitant d'aérodrome ;
- ☒ les pilotes lors de la circulation des aéronefs au sol.

[Code de l'aviation civile, code des Transports, arrêté RCA, Arrêté relatif aux conditions d'homologation et aux procédures d'exploitation des aérodromes, Arrêté relatif aux caractéristiques techniques de certains aérodromes terrestres utilisés par les aéronefs à voilure fixe, Arrêté relatif aux normes techniques applicables au service de sauvetage et de lutte contre l'incendie des aéronefs sur les aérodromes de Mayotte, des îles Wallis et Futuna, de Polynésie française et de Nouvelle-Calédonie, Décret n° 2007-relatif aux normes techniques applicables au service de sauvetage et de lutte contre l'incendie des aéronefs sur les aérodromes de Mayotte, des îles Wallis et Futuna, de Polynésie française et de Nouvelle-Calédonie ainsi qu'à la prévention du péril animalier sur les aérodromes, Arrêté relatif à la prévention du péril animalier sur les aérodromes, Arrêté relatif aux inspections de l'aire de mouvement d'un aérodrome, ...].

2 Dispositions préconisées pour l'avis relatif à l'implantation de panneaux photovoltaïques à proximité d'un aérodrome

2.1 PREAMBULE

Les dispositions suivantes sont définies pour les autorités compétentes de l'aviation civile (cf. § 4), lorsque leur avis est sollicité sur les dossiers de demande d'installation de panneaux photovoltaïques.

Les installations pouvant être étendues sur une grande surface, il est possible qu'une gêne des pilotes ou des contrôleurs (ou personnels AFIS) soit constatée après installation. L'avis de l'autorité compétente de l'aviation civile peut être subordonné au fait qu'en cas de gêne avérée après installation, des modifications des dispositifs installés pourront être demandées.

2.2 PROJETS SITUES A PLUS DE 3 KM DE L'AERODROME

Comme indiqué au §1, il est estimé que seuls les projets d'implantation de panneaux photovoltaïques situés à moins de 3 km de tout point d'une piste d'aérodrome et d'une tour de contrôle devraient faire l'objet d'une analyse préalable spécifique.

Ainsi l'autorité compétente de l'aviation civile donne un avis favorable à tout projet situé à plus de 3 km de tout point d'une piste d'aérodrome ou d'une tour de contrôle dans la mesure où ils respectent les servitudes et la réglementation qui leur sont applicables (cf. §1.2).

2.3 PROJETS SITUES A MOINS DE 3 KM DE L'AERODROME (hors hélistation)

2.3.1 Principes de l'analyse

L'autorité compétente de l'aviation civile analyse la demande sur la base d'un dossier présenté par le porteur du projet qui comporte notamment :

- ☒ les caractéristiques de l'installation : position, altitude, orientation, inclinaison, surface.
- ☒ suivant l'emplacement et la surface de l'installation, une démonstration d'absence de gêne visuelle pour le pilote ou pour le contrôleur aérien (ou personnel AFIS).

 <p>DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE</p>	<p>NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE : DISPOSITIONS RELATIVES AUX AVIS DE LA DGAC SUR LES PROJETS D'INSTALLATIONS DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES A PROXIMITE DES AERODROMES</p>	<p>Rév : 4</p>	<p>Page : 6 / 19 27/07/2011</p>
---	--	----------------	--------------------------------------

En effet, la détermination de la criticité de la gêne visuelle est fonction de l'angle fait entre cette source lumineuse et l'axe du regard, la distance, la surface lumineuse et sa luminance¹.

L'autorité peut alors être amenée à demander au porteur du projet de vérifier :

- ☒ si un rayon du soleil peut être réfléchi par les panneaux photovoltaïques dans l'œil du pilote ou du contrôleur (ou personnel AFIS). Les trajectoires devant être prises en compte pour le risque d'éblouissement des pilotes sont les trajectoires nominales, spécifiques à l'aérodrome, de l'aéronef à l'approche et en phase de décélération pour chaque sens d'utilisation de la piste (QFU), éventuellement sur la base d'informations délivrées par l'autorité compétente de l'aviation civile.
- ☒ et, dans le cas où un tel risque de réflexion est avéré, si la valeur de luminance de ces rayons est inférieure aux seuils fixés. Il est souligné que ces valeurs, déterminées par le porteur du projet, dépendent spécifiquement de l'implantation du projet et de la course du soleil au cours de la journée et de l'année sur l'aérodrome.

L'analyse se déroule ensuite en plusieurs étapes :

- ☒ étape 1 : vérification réglementaire ;
- ☒ étape 2 : vérification de l'absence de gêne visuelle.

2.3.2 Étape 1 : Vérification réglementaire

A partir des caractéristiques de l'installation fournies, l'autorité compétente de l'aviation civile vérifie si celle-ci est située dans une zone où l'implantation est interdite.

Elle donne un avis défavorable à tout projet d'installation de panneaux photovoltaïques :

- ☒ ne respectant pas les servitudes aéronautiques ou radioélectriques ;
- ☒ dépassant les surfaces de dégagements aéronautiques ;
- ☒ situés dans :
 - la bande d'une piste, y compris dans la partie dégagée de la bande de piste,
 - les aires de sécurité d'extrémité de piste (jusqu'à 300 m de chaque extrémité de la piste),
 - les prolongements dégagés,
 - les prolongements d'arrêt,
 - pour les pistes avec approches de précision : les aires situées en amont du seuil de 300 m de long et de 90 ou 120 m de large,
 - les bandes de voies de circulation ;
- ☒ dont l'emplacement peut perturber le bon fonctionnement des aides à la navigation aérienne ou dégrader les indications fournies au pilote ou au contrôleur (ou personnel AFIS);

¹ La luminance est une des grandeurs photométriques qui caractérisent la perception visuelle des sources lumineuses. La luminance est l'intensité lumineuse d'une source lumineuse dans une direction donnée, divisée par l'aire apparente de cette source dans cette même direction. L'unité de luminance lumineuse est le candela par mètre carré, symbole cd/m².

 <p>DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE</p>	<p>NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE : DISPOSITIONS RELATIVES AUX AVIS DE LA DGAC SUR LES PROJETS D'INSTALLATIONS DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES A PROXIMITE DES AERODROMES</p>	<p>Rév : 4</p>	<p>Page : 7 / 19 27/07/2011</p>
---	--	----------------	-------------------------------------

Exemple : non-respect des aires critiques ou sensibles des aides radioélectriques, des aires de protection des aides météorologiques et visuelles, dégradation des indications fournies (paramètres météo ou radioélectriques erronés, aides visuelles masquées, réflexions parasites, perturbations électriques...)

- ⊗ pouvant gêner les services d'exploitation de l'aérodrome, notamment en augmentant les délais d'intervention du SSLIA dans les zones qui doivent rester parfaitement accessibles ou en empêchant la maintenance des aides pour les besoins de la navigation aérienne ;
- ⊗ pour les pistes avec approche de précision de catégorie II/III, dans l'aire d'emploi du radio-altimètre (aire de 120 m de large sur 3 000 m en amont du seuil de piste).

Si l'avis n'est pas défavorable, l'analyse est poursuivie suivant les dispositions de l'étape 2.

2.3.3 Étape 2 : vérification de l'absence de gêne visuelle

2.3.3.1 Éléments sur l'éblouissement

Une forte luminosité peut faire baisser les performances de la vision par une réduction de la perception du contraste. Ce type d'éblouissement, différent de l'aveuglement, peut poser des difficultés pour les pilotes ou les contrôleurs (ou personnels AFIS) à percevoir leur environnement (perte de repères visuels de piste pour les pilotes, non repérage d'un aéronef pour les contrôleurs par exemple). Il est fonction de la position (distance et position angulaire) de la source lumineuse par rapport à l'œil, de sa surface apparente et de sa luminance. Ainsi, la source lumineuse la plus puissante, présente dans le champ visuel, n'est pas forcément la plus pénalisante.

La présente note traite également, pendant la phase particulièrement critique du toucher des roues, des dangers induits par un effet de surprise causé par l'apparition dans le champ visuel d'une source lumineuse. Cet « effet de surprise » est d'autant plus marqué que l'éblouissement est latéral par rapport à l'axe du regard car le cerveau perçoit le changement d'état (l'éblouissement) sans identifier immédiatement la cause.

2.3.3.2 Paramètres de l'analyse

Pour les installations qui ne font pas l'objet d'avis défavorable suite à la vérification réglementaire, il est nécessaire de s'assurer de l'absence de gêne visuelle pour le pilote ou le contrôleur (ou personnel AFIS).

L'autorité compétente de l'aviation civile peut donc être amenée à demander au porteur du projet des éléments de démonstration d'absence de gêne visuelle (étude géométrique et/ou photométrique).

L'analyse des caractéristiques du projet par l'autorité compétente de l'aviation civile tient compte des paramètres suivants :

- ⊗ Elle porte sur chaque ensemble de panneaux solaires homogènes ayant des caractéristiques de position et hauteur proches, et d'inclinaison et d'orientation identiques (par exemple, l'analyse d'un toit à deux pentes sera réalisée pour chacune des pentes indépendamment) ;
- ⊗ Dans le cas d'une présence d'autres installations similaires (même azimuth et même inclinaison) dans l'environnement proche, la surface à considérer est celle de l'ensemble des projets ou installations.

 <p>DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE</p>	<p>NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE : DISPOSITIONS RELATIVES AUX AVIS DE LA DGAC SUR LES PROJETS D'INSTALLATIONS DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES A PROXIMITE DES AERODROMES</p>	<p>Rév : 4</p>	<p>Page : 8 / 19 27/07/2011</p>
--	--	----------------	-------------------------------------

2.3.3.3 Cas ne nécessitant pas de démonstration d'absence de gêne visuelle

Un avis favorable sans demande de démonstration est donné par l'autorité compétente de l'aviation civile à tout projet remplissant l'une au moins des conditions suivantes :

- ☒ de surface inférieure à 500 m² (excepté si ce projet n'est pas isolé d'autres projets ou d'installations existantes qui conduiraient à considérer une surface supérieure) et situé en dehors des zones B et C de la figure 2 ;
- ☒ de surface inférieure à 50 m² et situé dans la zone B (hors zone C) ;
- ☒ s'il est situé à l'extérieur de l'**ensemble** des zones représentées dans les figures 1 et 2 (pour la tour de contrôle et pour les pilotes).

2.3.3.4 Cas nécessitant une démonstration d'absence de gêne visuelle

En dehors des cas déjà traités au § 2.3.3.3, un avis favorable ne peut être donné par l'autorité compétente de l'aviation civile pour un projet situé dans une ou plusieurs zones figurant sur les figures 1 et 2, que si ce projet remplit les **deux** conditions suivantes :

- ☒ absence de gêne visuelle des contrôleurs (ou personnels AFIS) ;
- ☒ et absence de gêne visuelle des pilotes.

Dans le cas d'une gêne visuelle potentielle, un avis défavorable sera donné par l'autorité compétente de l'aviation civile.



La démonstration d'absence d'éclairement gênant vers le pilote ou les contrôleurs demandée dans ce paragraphe, pour être probante, doit considérer toutes les positions prises par le Soleil au-dessus de l'horizon à tout instant du jour et de l'année. La prise en compte de l'éventuel masquage créé par un relief naturel est acceptable, sous réserve de la pérennité de ce relief (par exemple, le masquage par une montagne peut être pris en compte mais le masquage par un groupe d'arbres ne devrait pas être pris en compte).

2.3.3.4.1 Analyse de l'absence de gêne visuelle des contrôleurs (ou personnels AFIS)

L'autorité compétente de l'aviation civile donne un avis défavorable à tout projet d'installation de systèmes photovoltaïques dont le dossier ne démontre pas l'absence de gêne des contrôleurs (ou personnels AFIS).

Il y a absence de gêne visuelle des contrôleurs (ou personnels AFIS) pour tout projet d'installation remplissant l'une au moins des conditions suivantes :

- ☒ le projet est situé à l'extérieur de la zone de protection de la tour de contrôle définie en Figure 1 ;
- ☒ ou le projet est situé dans cette zone et le porteur de projet a démontré qu'aucun faisceau lumineux n'éclaire la tour de contrôle en toute circonstance ;
- ☒ ou le projet est situé dans cette zone et le porteur de projet a démontré que les faisceaux lumineux qui éclairent la tour de contrôle en provenance de cette installation produisent une luminance inférieure à un seuil d'acceptabilité fixé à 20 000 cd/m².

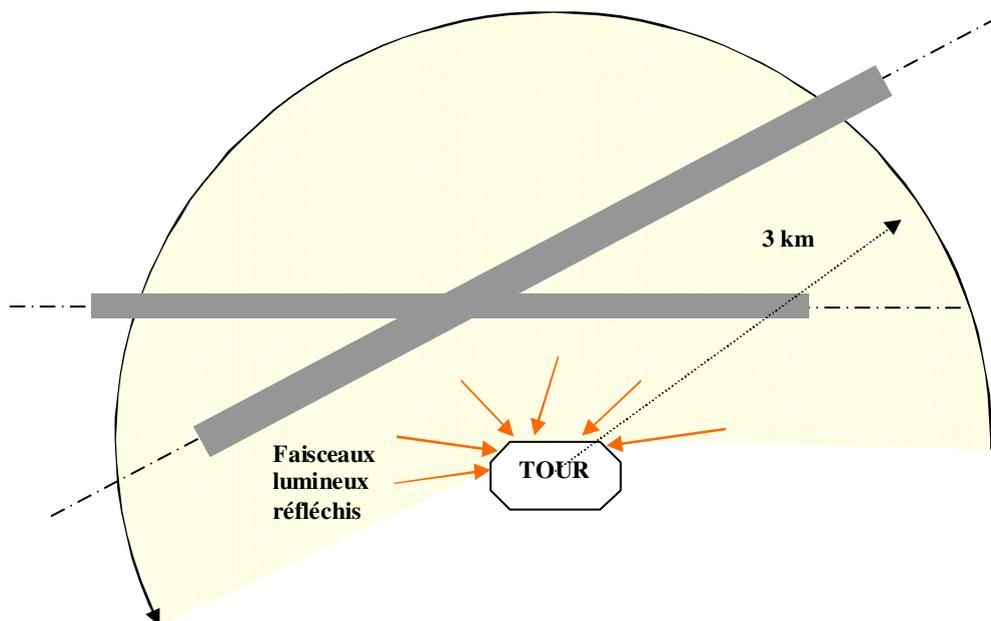


Figure 1 : zone de protection de la tour de contrôle

Comme indiqué au § 2.3.3.3, il est considéré que tout projet situé dans la zone de protection de la tour de contrôle d'une surface inférieure à 500 m^2 ne présente aucune gêne visuelle envers le contrôleur.

2.3.3.4.2 Analyse de l'absence de gêne visuelle des pilotes

L'autorité compétente de l'aviation civile donne un avis défavorable à tout projet d'installation de systèmes photovoltaïques dont le dossier ne démontre pas l'absence de gêne visuelle des pilotes.

a) Définition des zones A, B et C

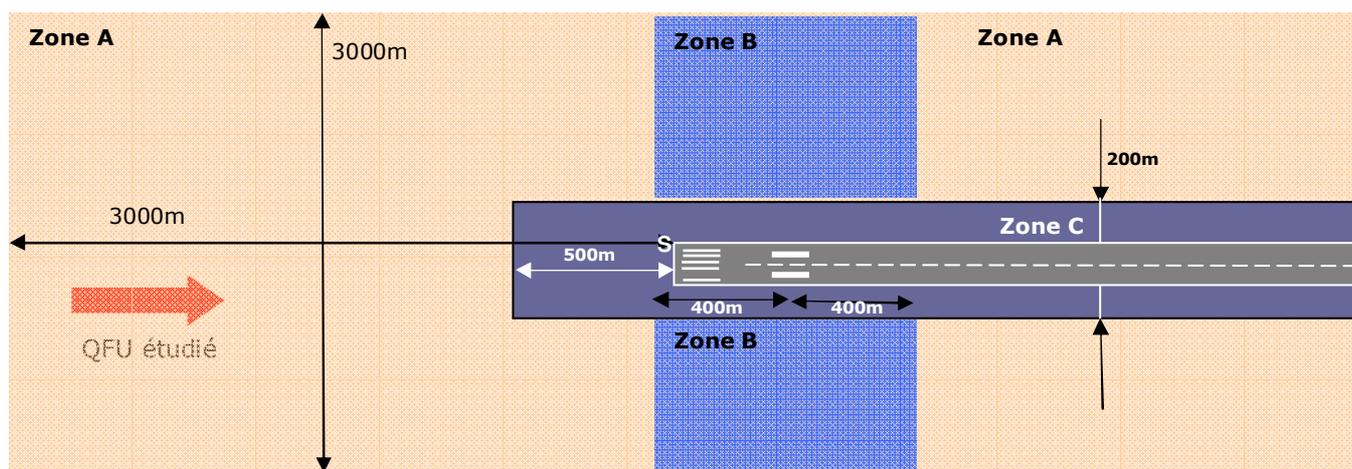


Figure 2 : Représentation des zones A, B et C
(nota : sur ce schéma ne figurent pas les aires interdites par la réglementation - cf § 2 et 3.3.2)

L'analyse conduit à considérer trois zones distinctes relatives à l'implantation du projet, dénommées A, B et C et identifiées **par sens d'atterrissage** (QFU) telles que schématisées sur la figure 2 :

☒ Zone A :

La zone A est destinée à protéger les pilotes contre la réduction préjudiciable de la perception du contraste. Ses dimensions sont les suivantes :

- longueur : 3000 m avant le seuil d'atterrissage S + longueur de piste disponible à l'atterrissage + 3000 m après l'extrémité de la piste ;
- largeur : 1500 m de part et d'autre de l'axe de piste.

Nota : comme mentionné au § 3.3.3.3, un projet implanté à l'extérieur de la zone A, même s'il est situé à moins de 3 km des pistes, ne nécessite pas de démonstration d'absence de gêne visuelle des pilotes.

☒ Zone B :

La zone B est destinée à protéger les pilotes pendant la phase critique de toucher des roues contre un effet de surprise. Ses dimensions sont les suivantes :

- longueur : zone ci-dessous définie à partir du point de toucher des roues (400 m de part et d'autre du point de toucher des roues), lui-même défini par rapport au seuil d'atterrissage S ;

Longueur disponible à l'atterrissage (LDA)	Point nominal de toucher des roues	Zone B correspondante
< 800 m	S + 150 m	entre S – 250 m et S + 550 m
$800 \text{ m} \leq \text{LDA} < 1200 \text{ m}$	S + 250 m	entre S – 150 m et S + 650 m
$1200 \text{ m} \leq \text{LDA} < 2400 \text{ m}$	S + 300 m	entre S – 100 m et S + 700 m
$\geq 2400 \text{ m}$	S + 400 m	entre S et S + 800 m

- largeur : 1500 m de part et d'autre de l'axe de piste.

☒ Zone C :

La zone C est destinée à protéger les pilotes contre la présence de source lumineuses dans le champ d'acuité visuelle ; elle intègre, en outre, certaines contraintes réglementaires. Ses dimensions sont les suivantes :

- longueur : 500 m avant le seuil d'atterrissage + longueur de piste disponible à l'atterrissage + 500 m après l'extrémité de la piste;
- largeur : 100 m de part et d'autre de l'axe de piste ou la largeur de la bande de piste si elle est plus contraignante.

Il est souligné que ces zones A, B et C sont toutes trois rectangulaires et se recoupent sans être mutuellement exclusives ; ainsi, un projet peut être implanté dans plusieurs zones à la fois :

- un projet implanté en zone B est nécessairement en zone A et éventuellement en zone C ;
- un projet implanté en zone C est nécessairement en zone A et éventuellement en zone B.



Un projet implanté dans des zones qui se superposent est redevable des contraintes de vérification (définies ci-après) attachées à l'ensemble des zones correspondantes.

b) Vérification d'absence de gêne visuelle du pilote



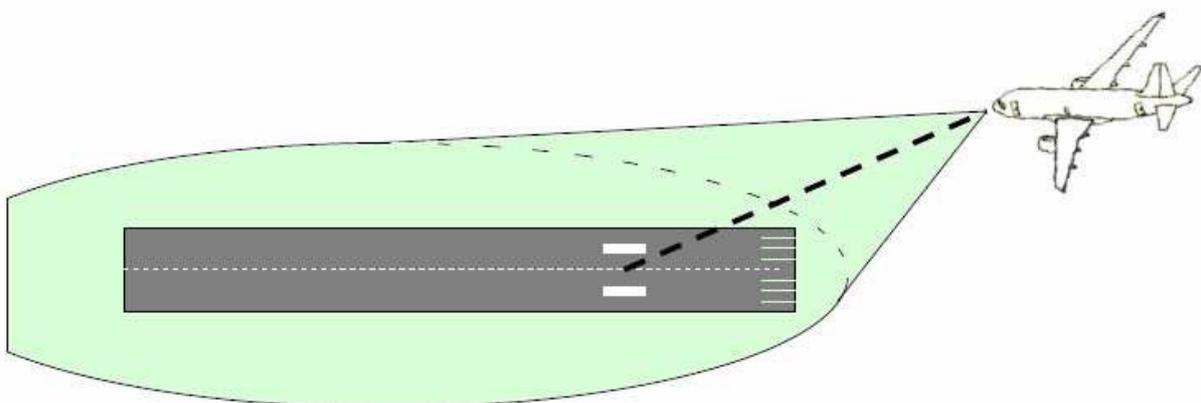
Rappel : ces installations ne doivent pas être implantées près de la piste, ni en amont ou après celle-ci, ni près des voies de circulation au regard des dispositions rappelées au § 2. De ce fait, l'implantation est interdite sur une partie de ces trois zones au titre du § 2.3.2.

☒ Zone A :

Pour tout projet situé dans cette zone, il y a absence de gêne visuelle au titre de la zone A, pour un pilote, lui-même présent dans la zone A (aéronef aligné sur l'axe d'approche publié de la piste ou sur la piste au roulage), si l'une au moins des conditions suivantes est remplie :

- comme indiqué au § 2.3.3.3, la surface est inférieure à 500 m² ;
- le porteur de projet a démontré qu'aucun faisceau lumineux n'éclaire le pilote en toute circonstance en le gênant visuellement.

Dans le cas d'un faisceau lumineux éclairant le pilote, il y a gêne visuelle au titre de la zone A pour toute réflexion en direction du pilote produisant une luminance supérieure à un seuil d'acceptabilité fixé à 20 000 cd/m², sous un angle de vision (entre le rayon réfléchi et l'axe du regard vers la piste) compris entre -30° et +30° et à une distance inférieure à 3 000 m entre le pilote et les panneaux.



 <p>DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE</p>	<p>NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE : DISPOSITIONS RELATIVES AUX AVIS DE LA DGAC SUR LES PROJETS D'INSTALLATIONS DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES A PROXIMITE DES AERODROMES</p>	<p>Rév : 4</p>	<p>Page : 12 / 19 27/07/2011</p>
---	--	----------------	---------------------------------------

☒ Zone B :

Pour tout projet situé dans cette zone, il y a absence de gêne visuelle au titre de la zone B si au moins une des conditions suivantes est remplie :

- le porteur de projet a démontré qu'aucun faisceau lumineux n'éclaire le pilote en le gênant visuellement, lorsque l'aéronef se trouve lui-même dans la zone B, sur son axe d'approche publié ;
- comme indiqué au § 2.3.3.3, la surface est inférieure à 50 m².

Dans le cas d'un faisceau lumineux éclairant le pilote, il y a gêne visuelle au titre de la zone B pour toute réflexion en direction du pilote produisant une luminance supérieure à un seuil d'acceptabilité fixé à 10 000 cd/m², sous un angle de vision (entre le rayon réfléchi et l'axe du regard vers la piste) compris entre -90° et +90, lorsque l'aéronef est lui-même à l'intérieur de la zone B.

☒ Zone C :

La zone C est une zone sensible au niveau de l'éblouissement et aucun rayon gênant ou éblouissant qui réfléchit en direction du pilote ne peut être autorisé.

Si le panneau « anti éblouissement » (voir paragraphe 2.3.3.4.3) est réputé par démonstration ne pas envoyer de faisceau réfléchi gênant dans l'œil du pilote, il pourra être installé, mais seulement dans les parties de la zone C où la réglementation l'autorise.

De fait, il apparaît que les possibilités d'installation de panneaux photovoltaïques dans cette zone sont particulièrement restreintes du fait de la réglementation (cf. 2.3.2).

2.3.3.4.3 Modalités d'acceptabilité des panneaux « anti-éblouissement »

Comme mentionné au § 2.3.3.4.1 et au § 2.3.3.4.2 b), l'absence de gêne visuelle peut être établie si la réflexion produit une luminance inférieure ou égale à un seuil d'acceptabilité fixé : 10 000 cd/m² pour les zones B et C et 20 000 cd/m² pour la zone A.

Par souci de simplification, il est considéré que la réflexion en direction du pilote produira une luminance inférieure ou égale au seuil d'acceptabilité si le bénéficiaire du permis de construire (ou de la déclaration préalable) a joint à son dossier les deux éléments suivants :

- ☒ un document de spécifications techniques du constructeur des panneaux mentionnant explicitement la valeur maximale de luminance des panneaux photovoltaïques retenus, exprimée dans l'unité cd/m², qui y apparaît inférieure ou égale au seuil d'acceptabilité ;
- ☒ un document écrit et formel, signé et engageant sa responsabilité à mettre en œuvre, sur l'ensemble du projet ou sur l'ensemble des panneaux susceptibles d'éclairer les pilotes et/ou les contrôleurs aériens (ou personnels AFIS), ce type de panneaux photovoltaïques ou un type équivalent dont la luminance sera inférieure ou égale au seuil d'acceptabilité.

2.4 PROJETS SITUES A MOINS DE 3 KM D'UNE FATO

Pour tout projet situé à moins de 3 km de tout point d'une aire d'approche finale et de décollage (FATO), les mêmes spécifications que celles décrites au § 2.3 sont à prendre en compte de façon adaptée au cas des hélistations ou d'autres infrastructures aéronautiques utilisées exclusivement par les hélicoptères.

Ainsi, il convient d'adapter la vérification réglementaire (cf. § 2.3.2) à la réglementation applicable à ces infrastructures². De plus, la vérification d'absence de gêne visuelle reprend les spécifications définies au § 2.3.3, avec des zones A, B et C.

Pour tenir compte des spécificités des infrastructures aéronautiques utilisées exclusivement par les hélicoptères, ces zones ont été adaptées aux procédures d'approche des aéronefs. Ces procédures sont de deux types :

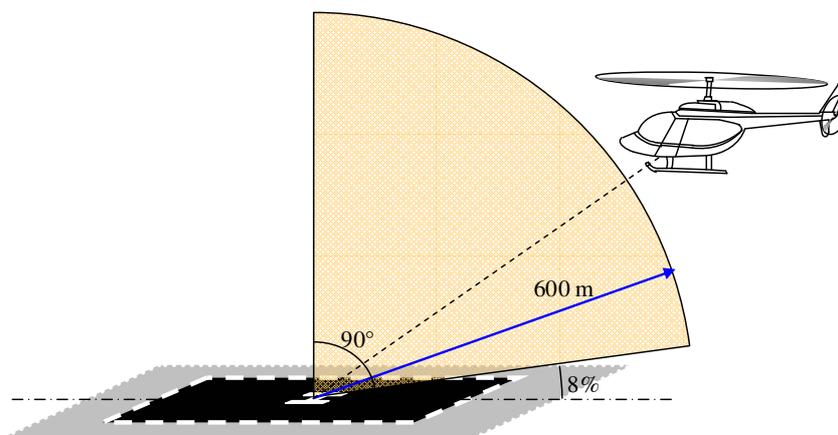
- ☒ Les procédures ponctuelles;
- ☒ Les procédures dégagées.

Ces deux types de procédures impliquent des approches différentes (pentes notamment) et donc des protections qui ne peuvent être similaires.

Les trajectoires d'approche à prendre en compte sont celles publiées sur les cartes aéronautiques de l'infrastructure en tenant compte des exigences d'exploitation et du manuel de vol de l'hélicoptère. Sauf en cas de trouée unique (par exemple en raison d'obstacles), les FATO sont le plus souvent dotées de deux trouées à 180° l'une de l'autre, les hélicoptères utilisant alors celle qui permet d'atterrir et de décoller face au vent.

2.4.1 Les FATO avec procédures ponctuelles uniquement

En cas d'absence d'indication de pente, les trajectoires à considérer sont celles où l'hélicoptère est aligné sur l'axe d'approche avec une pente comprise entre 8% (environ 4,57°) et 90°.



(le schéma n'est pas à l'échelle et la FATO peut avoir des caractéristiques différentes)

² en particulier l'arrêté du 29 septembre 2009 relatif aux caractéristiques techniques de sécurité applicables à la conception, à l'aménagement, à l'exploitation et à l'entretien des infrastructures aéronautiques terrestres utilisées exclusivement par des hélicoptères à un seul axe rotor principal.

Les zones de protection sont alors définies pour la direction d'approche figurant sur le schéma, selon les caractéristiques suivantes :

☒ Zone A :

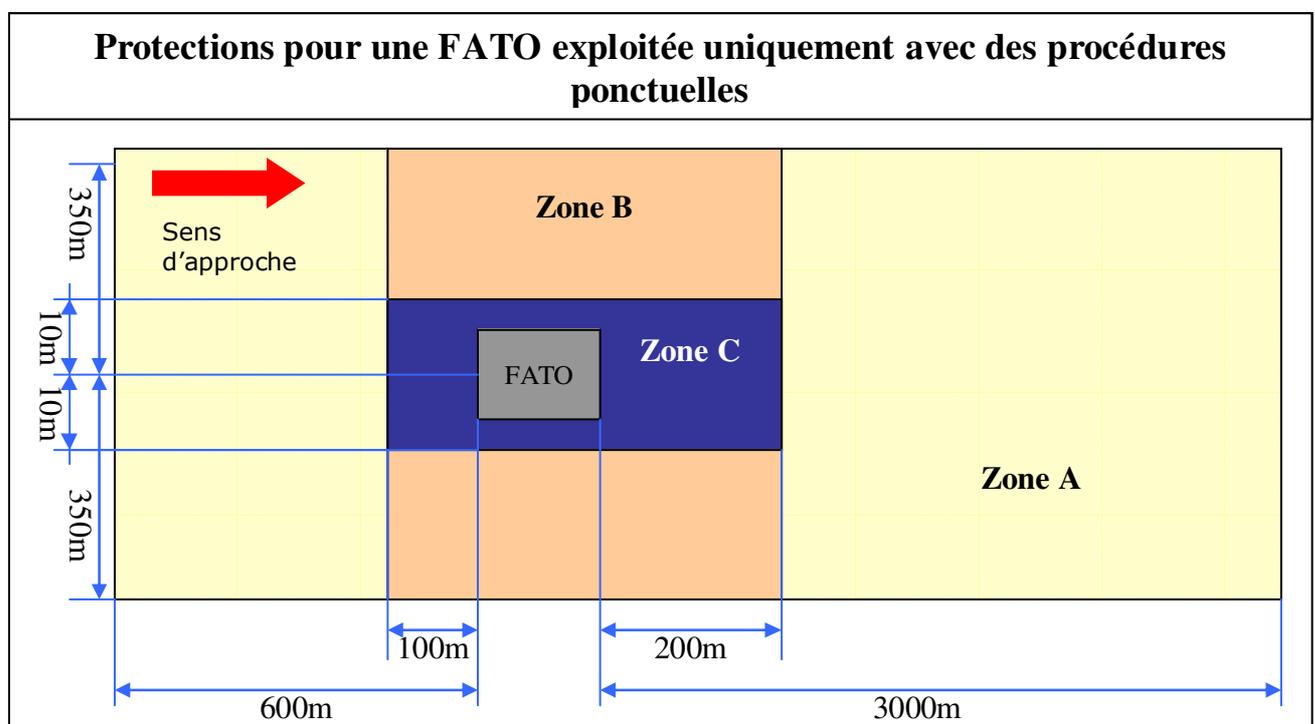
- longueur : 600 m en amont de la FATO + longueur de la FATO + 3 000 m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 350 m de part et d'autre de l'axe d'approche.

☒ Zone B :

- longueur : 100 m en amont de la FATO + longueur de la FATO + 200m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 350 m de part et d'autre de l'axe d'approche.

☒ Zone C :

- longueur : 100 m en amont de la FATO + longueur de la FATO + 200 m après l'extrémité de FATO ;
- largeur : 10 m de part et d'autre de l'axe d'approche.
- l'emprise au sol de la zone C ne peut pas être inférieure à celle de l'aire de sécurité associée à la FATO ; la zone C est alors à élargir aux portions de l'aire de sécurité qui s'étendent au-delà de la zone C définie par les deux premières puces.

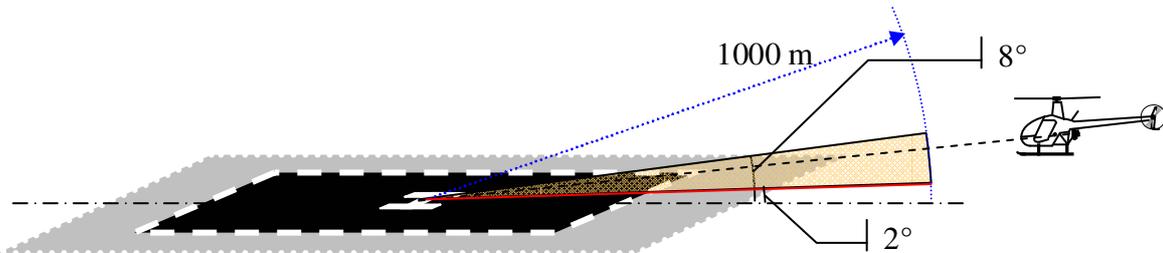


(le schéma n'est pas à l'échelle et la FATO peut avoir des caractéristiques différentes)

Ces zones de protection sont à établir pour chaque direction d'approche dont la FATO est dotée.

2.4.2 Les FATO avec procédures dégagées

Les trajectoires d'approche à prendre en compte sont celles publiées sur les cartes aéronautiques de l'infrastructure. En cas d'absence d'indication de pente, les trajectoires à considérer sont celles pour lesquelles l'hélicoptère est aligné sur l'axe d'approche avec une pente comprise entre 2° et 8°.



(le schéma n'est pas à l'échelle et la FATO peut avoir des caractéristiques différentes)

Les zones de protection sont alors définies pour la direction d'approche figurant sur le schéma, selon les caractéristiques suivantes :

☒ Zone A :

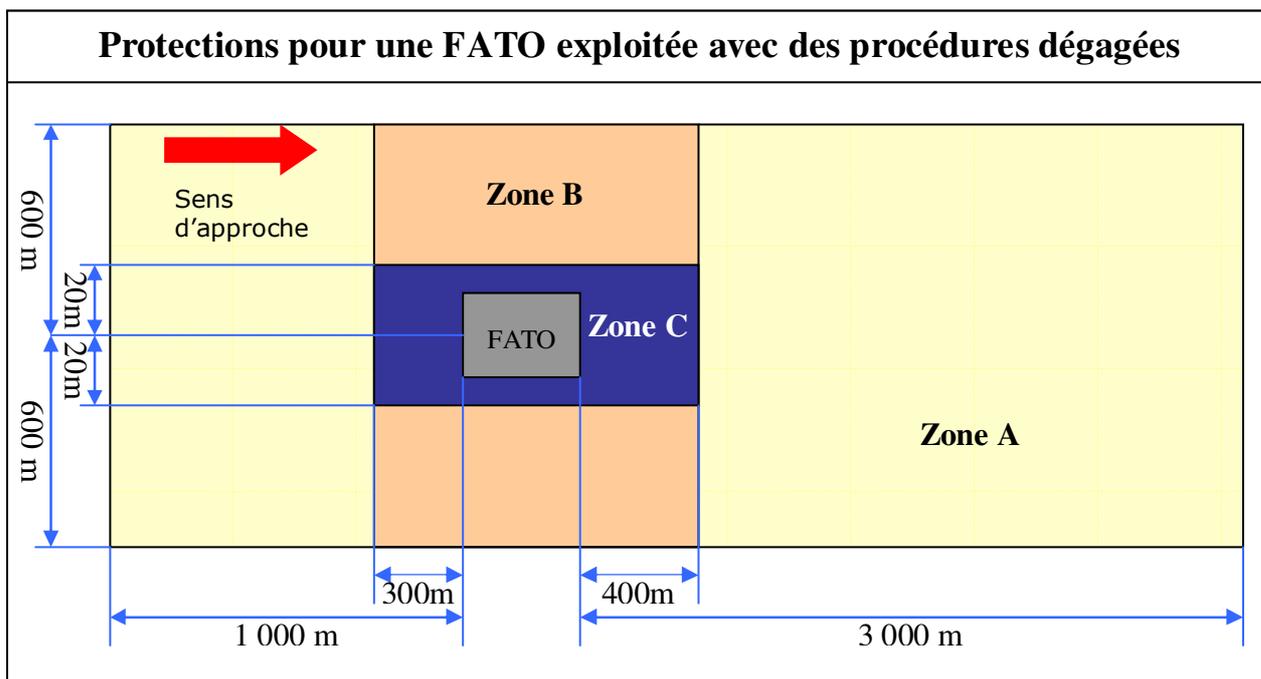
- longueur : 1 000 m en mont de la FATO + longueur de la FATO + 3 000 m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 600 m de part et d'autre de l'axe d'approche.

☒ Zone B :

- longueur : 300 m en amont de la FATO + longueur de la FATO + 400m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 600 m de part et d'autre de l'axe d'approche.

☒ Zone C :

- longueur : 300 m en amont de la FATO + longueur de la FATO + 400 m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 20 m de part et d'autre de l'axe d'approche.
- l'emprise au sol de la zone C ne peut pas être inférieure à celle de l'aire de sécurité associée à la FATO ; la zone C est alors à élargir aux portions de l'aire de sécurité qui s'étendent au-delà de la zone C définie par les deux premières puces.



(le schéma n'est pas à l'échelle et la FATO peut avoir des caractéristiques différentes).

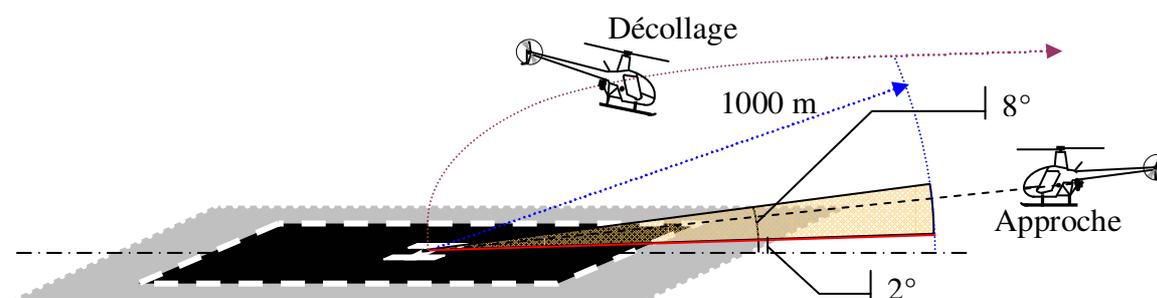
Ces zones de protection sont à établir pour chaque direction d'approche dont la FATO est dotée.

2.4.3 Cas particulier des infrastructures dotées de trouée unique

Les dispositions définies dans les paragraphes précédents permettent de protéger tant l'approche que le décollage, sauf dans le cas des infrastructures exploitées exclusivement par des hélicoptères, dotées de trouée unique et exploitées en procédure dégagée.

En effet, dans le cas d'infrastructures exploitées en procédure ponctuelle, les protections assurées pour l'approche couvrent également la manœuvre de décollage et les dispositions du paragraphe § 2.4.1 sont pleinement applicables.

Dans le cas des infrastructures exploitées en procédure dégagée, les besoins de repères visuels au décollage sont plus contraignants et nécessitent une adaptation.



(le schéma n'est pas à l'échelle et la FATO peut avoir des caractéristiques différentes)

Dans ce cas, on considère la trouée existante, ainsi qu'une trouée virtuelle qui serait diamétralement opposée : cela revient donc à avoir des zones A, B et C symétriques par rapport à la FATO, ayant les caractéristiques sont les suivantes :

☒ Zone A :

- longueur : 3 000 m en amont de la FATO + longueur de la FATO + 3 000 m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 600 m de part et d'autre de l'axe d'approche.

☒ Zone B :

- longueur : 400 m en amont de la FATO + longueur de la FATO + 400 m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 600 m de part et d'autre de l'axe d'approche.

☒ Zone C :

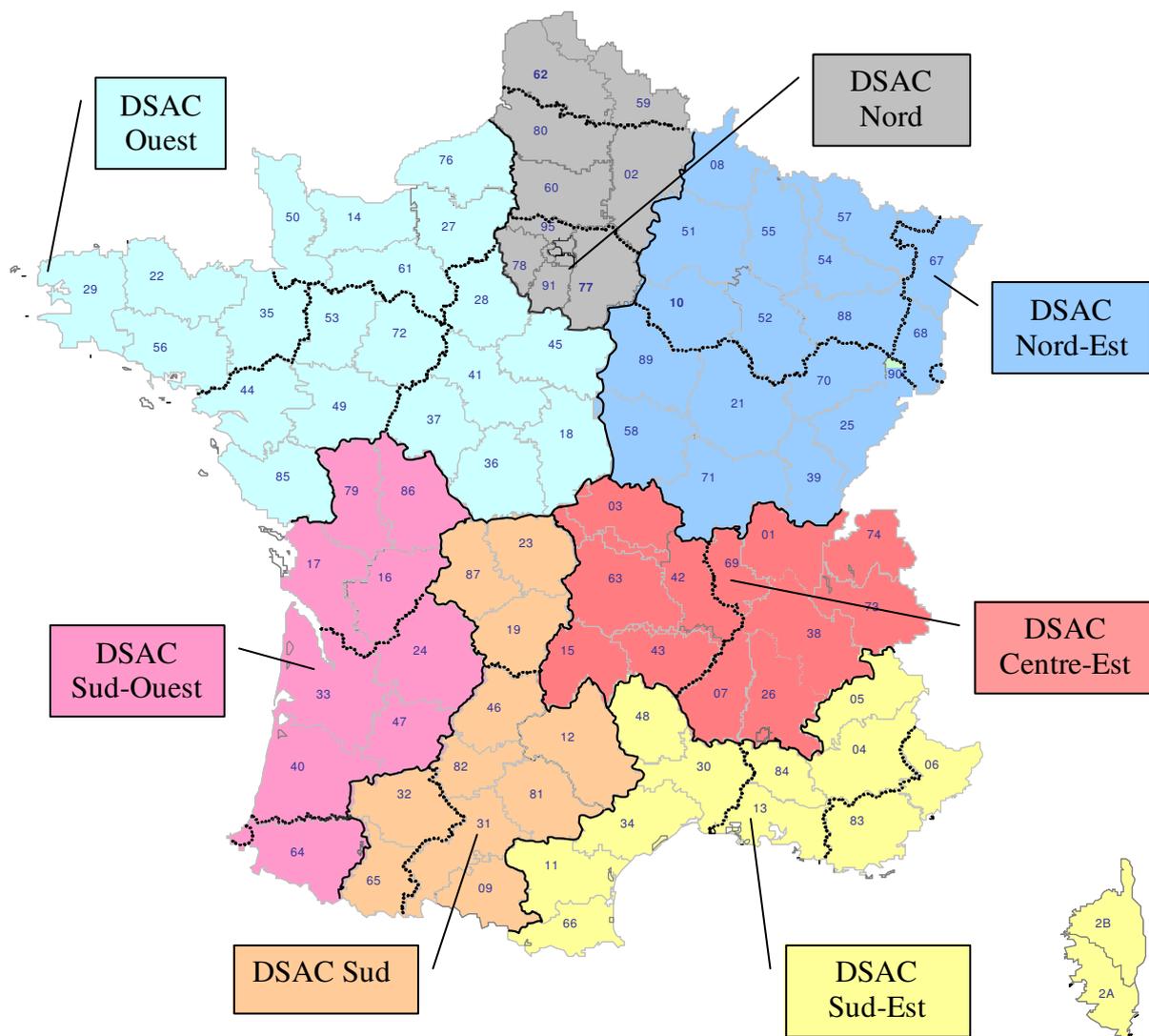
- longueur : 400 m en amont de la FATO + longueur de la FATO + 400 m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 20 m de part et d'autre de l'axe d'approche.
- l'emprise au sol de la zone C ne peut pas être inférieure à celle de l'aire de sécurité associée à la FATO ; la zone C est alors à élargir aux portions de l'aire de sécurité qui s'étendent au-delà de la zone C définie par les deux premières puces.

3 Les autorités territorialement compétentes

Les autorités de l'aviation civile territorialement compétentes sont les suivantes :

DSAC / Centre est	Aéroport de Lyon Saint Exupéry BP 601 69125 LYON SAINT EXUPERY AEROPORT
DSAC / Nord	9 rue de Champagne 91200 ATHIS MONS
DSAC / Nord Est	Aérodrome de Strasbourg Entzheim 67836 TANNERIES
DSAC / Ouest	Aéroport de BREST-BRETAGNE BP 56 – 29490 GUIPAVAS
DSAC / Sud	Allée Saint-Exupéry BP60100 31703 BLAGNAC
DSAC / Sud Ouest	Aéroport de Bordeaux Mérignac BP 70116 33704 MERIGNAC Cedex
DSAC / Sud Est	1, rue Vincent Auriol 13617 AIX-EN-PROVENCE CEDEX 1
DSAC/ Océan Indien	Aérodrome de Saint-Denis-Gillot BP 12 97 408 SAINT-DENIS MESSAG CEDEX 9
DSAC/ Antilles Guyane	Clairière BP 644 97262 FORT-DE-FRANCE CEDEX
SEAC Polynésie Française	BP 6404 - 98702 FAA'A TAHITI
SAC Saint Pierre et Miquelon	Aéroport de St-Pierre Pointe-Blanche BP 4265 97500 SAINT PIERRE ET MIQUELON
DAC Nouvelle Calédonie	BP H1 98 849 NOUMEA CEDEX NOUVELLE CALEDONIE
SEAC Wallis-et-Futuna	Aéroport de Wallis Hihifo 98600 MATA UTU

Zones de compétence des directions interrégionales de l'aviation civile (Métropole)



* * * *



D S A C

direction générale de
l'aviation civile

direction de la sécurité de
l'aviation civile

**direction aéroports et
navigation aérienne**

50, rue Henry Farman
75720 Paris cedex 15

téléphone : 01 58 09 43 11
télécopie : 01 58 09 43 22
www.developpement-durable.gouv.fr

