



55, allée Pierre Ziller  
06 560 Sophia Antipolis

Étude de Réverbération  
Projet Photovoltaïque du Centre Spatial Guyanais  
CNES-PV2  
*Aérodrome de Kourou*



20 septembre 2022

## 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 .....	6
4.1.	PROJET .....	6
4.2.	AERODROME .....	9
4.3.	MODULES PHOTOVOLTAIQUES .....	11
4.4.	LUMINANCE DU SOLEIL .....	12
4.5.	COURSE DU SOLEIL .....	13
4.6.	TERRAIN .....	14
5.	ANALYSE .....	15
5.1.	ZONES DE PROTECTION .....	15
	SYNTHESE DES CAS A ETUDIER .....	17
5.2.	RAPPELS SUR LES DIRECTIVES DE LA DGAC .....	18
5.3.	ANALYSE 3D .....	19
	MODULES NORD-EST .....	20
	MODULES SUD-OUEST .....	21
	SYNTHESE DE L'ANALYSE 3D .....	22
5.4.	CARACTERISATION DES IMPACTS .....	23
	MODULES NORD-EST – APPROCHE QFU 27 .....	24
	MODULES NORD-EST – ROULAGES QFU 09/27 .....	28
5.5.	CONCLUSION .....	29
6.	ANNEXES.....	30

## 2. PRESENTATION GENERALE

### 2.1. PRESENTATION DU DOCUMENT

Ce document présente l'étude de réverbération du projet photovoltaïque CNES-PV2 réalisé par la société VOLTALIA pour le compte du CNES à Kourou (Guyane), à proximité de l'aérodrome de Kourou (code OACI : SOOK). 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 et de caractériser les impacts 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

#### Donneur d'ordre



84, bd de Sébastopol  
75 003 Paris, France

#### Contact :

Mme Manon PETIT – [m.petit@votalia.com](mailto:m.petit@votalia.com)

#### Cabinet d'Ingénierie



55, allée Pierre Ziller  
06 560 Sophia Antipolis

#### Contact :

Mme Maryam EL MOUDEN – [maryam.elmouden@solais.fr](mailto:maryam.elmouden@solais.fr)

### 3. RESUME

Le projet photovoltaïque (PV) CNES-PV2 réalisé par la société VOLTALIA pour le compte du CNES à Kourou (Guyane) consiste à réaliser une centrale au sol fixe (sans solution de suivi du soleil), à Kourou (Guyane), à proximité de l'aérodrome de Kourou (code OACI : SOOK), comme indiqué sur la figure suivante.



Le tableau suivant détaille les caractéristiques du générateur photovoltaïque dont les modules sont orientés Nord-Est et Sud-Ouest.

Intitulé	Azimut*	Inclinaison	Hauteur min	Hauteur max	Surface PV
Modules Nord-Est	40°	10°	1m	3 m	4.1 ha
Modules Sud-Ouest	220°				

\* Suivant la convention Est = 90° et Sud = 180°

Aucune carte aéronautique n'est disponible pour cet aérodrome (code OACI : SOOK). Les vues aériennes laissent apparaître une piste bitumée (QFU 09/27). Il est à noter l'absence de tour de contrôle.

L'analyse montre que :

- Pour les modules orientés Nord-Est :
  - L'approche depuis le Sud-Ouest (QFU 09) et les deux roulages ne sont jamais impactés par des rayons réfléchis ;
  - L'approche depuis le Nord-Est (QFU 27) est impactée le soir. Toutefois, ces impacts ne sont pas gênants au regard de la spécification de la DGAC pour les raisons suivantes :
    - Le générateur photovoltaïque est situé en dehors des zones B et C ;
    - La distance entre le générateur PV et la trajectoire impactée est supérieure à 3 000 m.
- Pour les modules orientés Sud-Ouest, les approches et roulages ne sont jamais impactés.

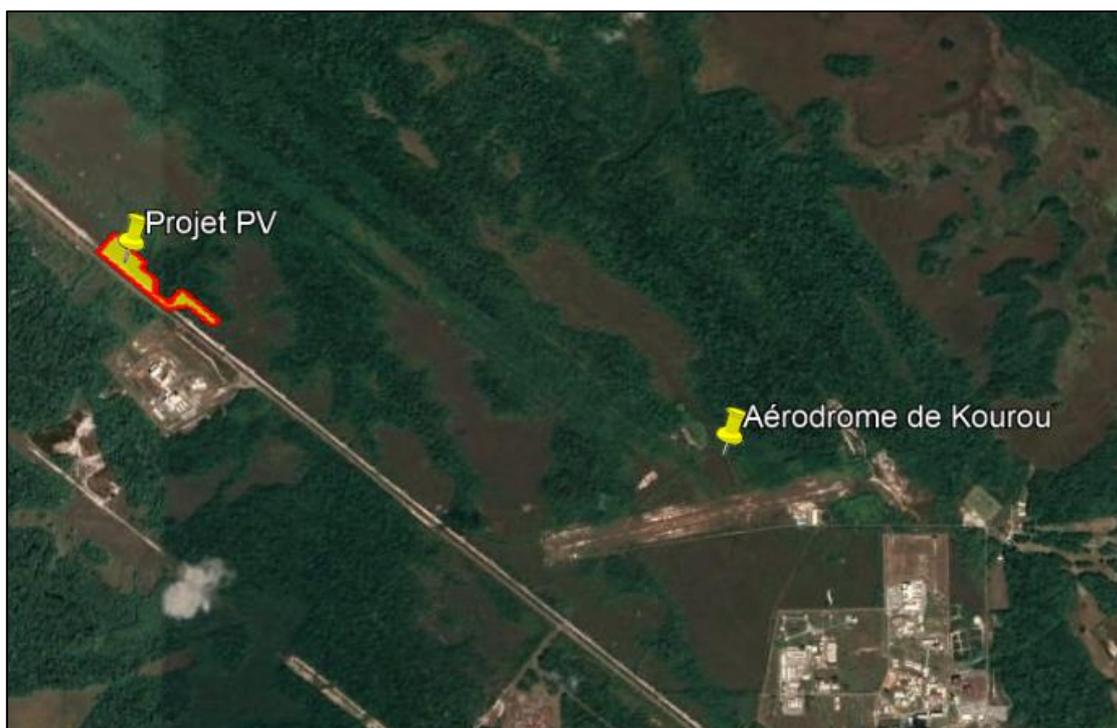
Le tableau suivant synthétise les résultats lesquels montrent que, pour la configuration retenue, le générateur photovoltaïque répond aux exigences de la DGAC, et ce quel que soit le type de modules photovoltaïques utilisés (avec ou sans propriété anti-éblouissement).

Config PV	QFU 09		QFU 27	
	Approche	Roulage	Roulage	Approche
Nord-Est	Aucun impact	Aucun impact (Absence de covisibilité)		Aucun impact gênant
Sud-Ouest	Aucun impact			

## 4. PRESENTATION DU PROJET ET DES ENTREES CONSIDEREES

### 4.1. PROJET

Le projet photovoltaïque (PV) CNES-PV2 réalisé par la société VOLTALIA pour le compte du CNES à Kourou (Guyane) consiste à réaliser une centrale au sol fixe (sans solution de suivi du soleil), à Kourou (Guyane), à proximité de l’aérodrome de Kourou (code OACI : SOOK), comme indiqué sur la figure suivante.



Le tableau suivant détaille les caractéristiques du générateur photovoltaïque dont les modules sont orientés Nord-Est et Sud-Ouest.

Intitulé	Azimut*	Inclinaison	Hauteur min	Hauteur max	Surface PV
Modules Nord-Est	40°	10°	+1m	+3 m	4.1 ha
Modules Sud-Ouest	220°				

\* Suivant la convention Est = 90° et Sud = 180°

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



Latitude [°]	Longitude [°]	Altitude [m]
5.187052	-52.717141	14
5.186265	-52.717826	14
5.184021	-52.715107	12
5.184173	-52.714299	15
5.183357	-52.713310	13
5.183612	-52.713099	13
5.184843	-52.714560	20
5.184445	-52.714906	16
5.184232	-52.715008	13
5.184313	-52.715068	14
5.184675	-52.715546	17

5.185206	-52.715556	19
5.185667	-52.716102	17
5.185879	-52.715951	18
5.186613	-52.716823	14
5.186715	-52.716740	14

4.2. AERODROME

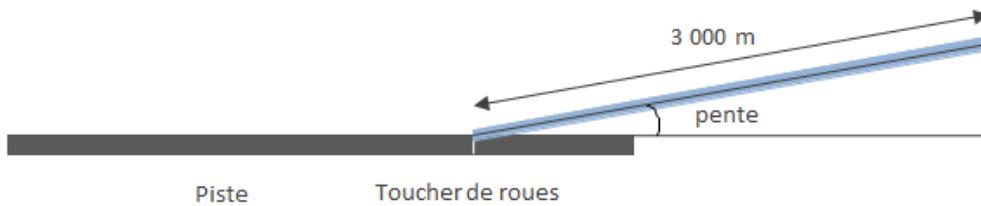
La note technique de la DGAC spécifie que le porteur de projet doit démontrer l’absence d’impact gênant pour les pilotes d’aéronefs en phase d’approche et de roulage de chaque piste.

Aucune carte aéronautique n’est disponible pour cet aérodrome (code OACI : SOOK). Les vues aériennes laissent apparaître une piste bitumée (QFU 09/27).

Il est à noter l’absence de tour de contrôle.

Intitulé	Direction magnétique (QFU)	Angle d’approche	Distance disponible à l’atterrissage (LDA)	Point nominal de toucher de roues
Piste bitumée 09/27	094°	3°	1 110 m	THR09 + 250 m
	274°			THR27 + 250 m

Les approches étudiées sont caractérisées géométriquement sur le schéma suivant :



En l’absence de carte aéronautique, les pentes étudiées sont prises égales à 3° pour les deux approches.



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

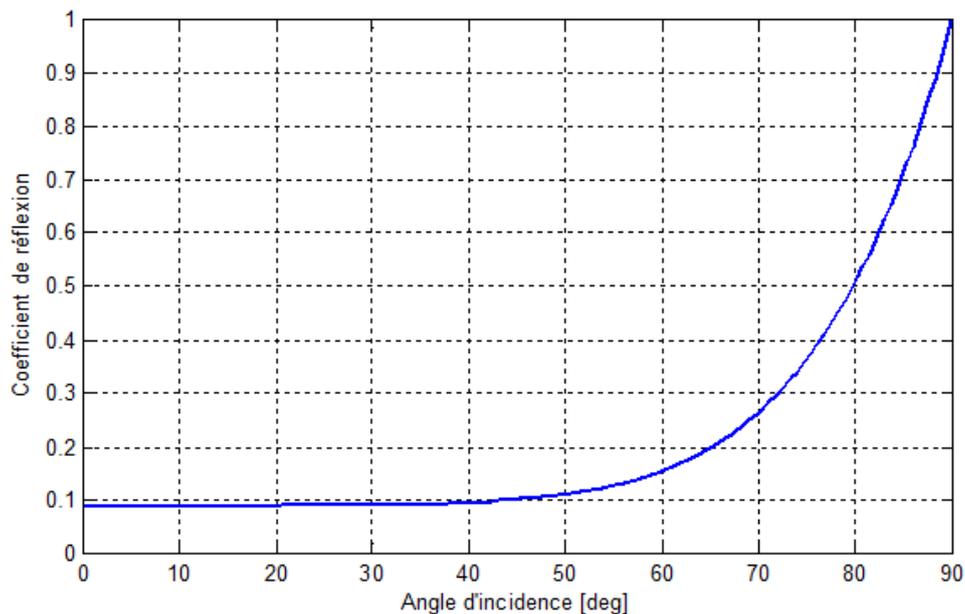
	Nature	Latitude [°]	Longitude [°]	Altitude [m]
THR 09	Seuil associé au QFU 09	5.174822	-52.699067	13
TOUCH 09	Toucher de roues du QFU 09	5.175299	-52.696863	11
THR 27	Seuil associé au QFU 27	5.176933	-52.689311	13
TOUCH 27	Toucher de roues du QFU 27	5.176456	-52.691515	12

### 4.3. MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

Dans le cadre de ce projet, il n'est pas prévu d'utiliser de modules PV avec des propriétés de réverbération telles que la luminance du rayon réfléchi soit systématiquement inférieure à 10 000 ou 20 000  $\text{cd/m}^2$  (seuils définis dans la note technique de la DGAC). Il convient donc d'effectuer une analyse fine des potentiels cas d'éblouissement.

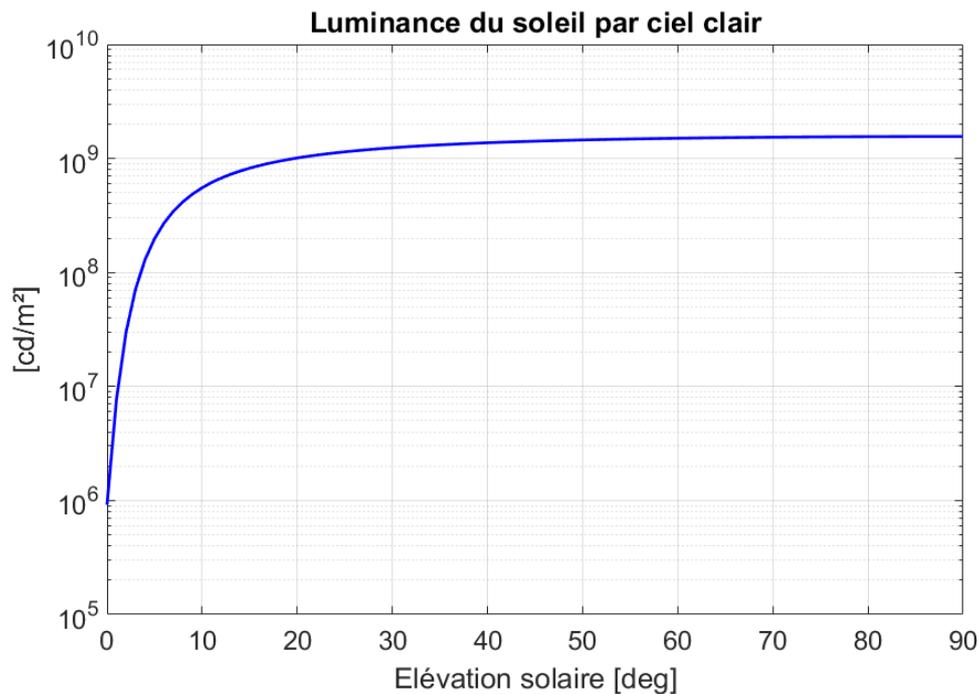
Les modules concernés utilisent une couche en verre susceptible de provoquer des cas d'éblouissement suivant l'angle d'incidence.

En l'absence d'un profil spécifique fourni par le client, un profil standard de coefficient de réflexion a été retenu pour cette étude ; il est représenté à la figure suivante.



#### 4.4. LUMINANCE DU SOLEIL

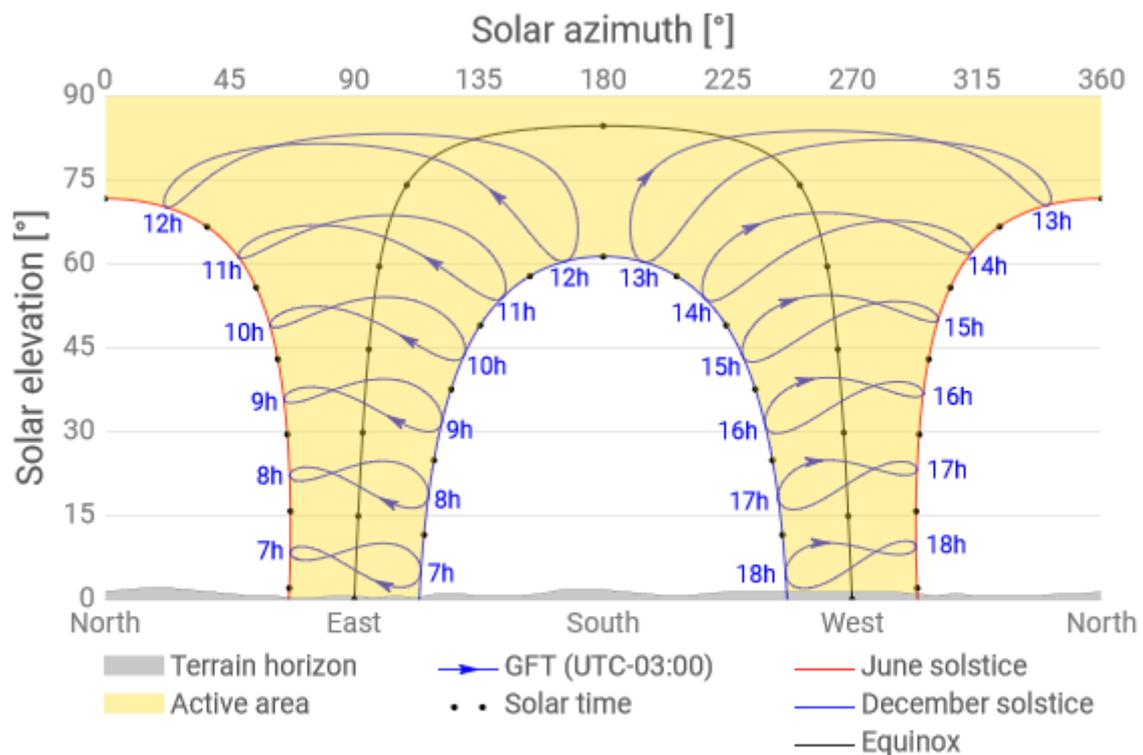
La figure suivante présente le profil de luminance (en candéla par m<sup>2</sup>, cd/m<sup>2</sup>) des rayons direct du soleil avec une hypothèse de ciel parfaitement clair, et ce en fonction de l'élévation du soleil. Il est à noter que la luminance est d'environ 900 000 cd/m<sup>2</sup> au lever du soleil et culmine à 1,6 milliards de cd/m<sup>2</sup> lorsque le soleil est au zénith.



4.5. COURSE DU SOLEIL

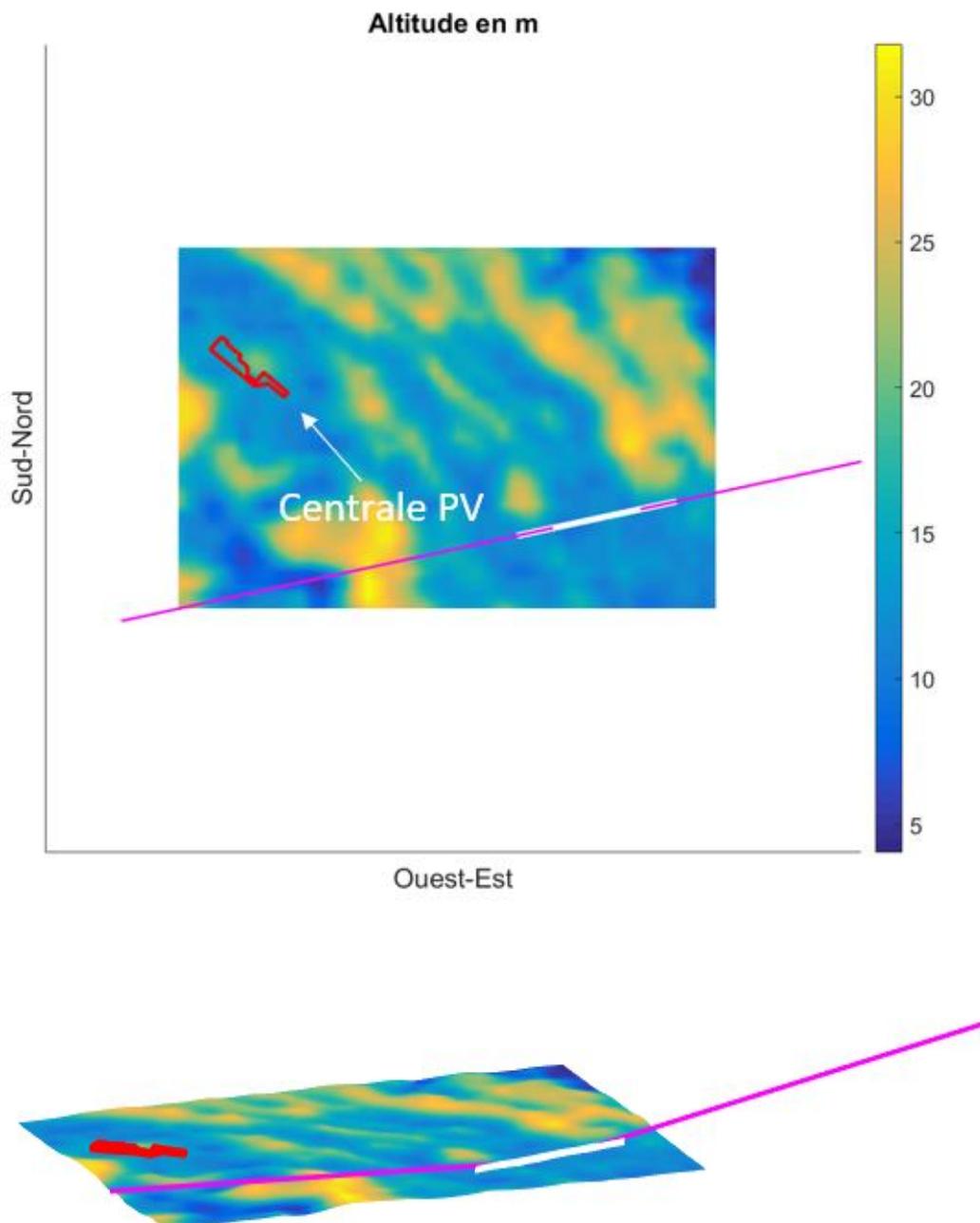
La figure suivante présente pour le site étudié la course du soleil tout au long de l'année, le solstice d'été (21 juin) étant la courbe supérieure et le solstice d'hiver (21 décembre) la courbe inférieure :

- L'axe des abscisses représente l'azimut du soleil, 0° signifiant le Sud et +90° l'Ouest ;
- L'axe des ordonnées représente l'élévation du soleil en degré ;
- L'heure indiquée correspond à l'heure de Guyane Française (GFT, *i.e.* UTC-3) ;
- En gris est représenté le relief lointain qui est pris en compte dans l'étude de réverbération car il peut cacher les rayons directs du soleil et donc réduire les impacts identifiés.



#### 4.6. TERRAIN

Un modèle numérique de terrain avec une maille de 30 m a été utilisé pour cette étude. Le générateur est représenté en rouge, les approches des avions en magenta, la piste en blanc. Le dégradé de couleur correspond à l'altitude du terrain en mètres.



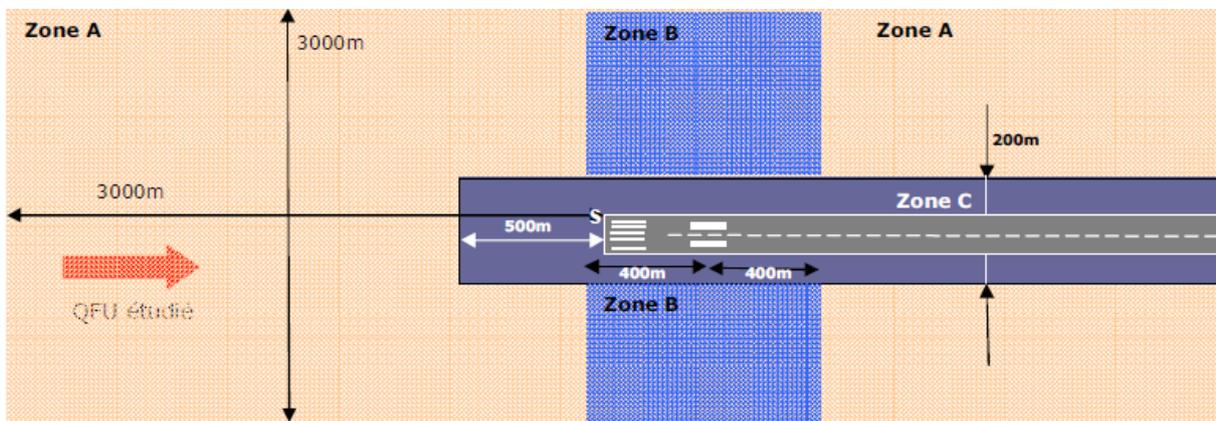
## 5. ANALYSE

Cette section présente les résultats des simulations effectuées à partir des hypothèses présentées précédemment. Toutefois, ces résultats doivent être considérés à l'aune des différentes incertitudes propres à la problématique de la réverbération PV : trajectoires des aéronefs, topographie de l'implantation, relief lointain, équation du temps, années bissextiles, etc.

### 5.1. ZONES DE PROTECTION

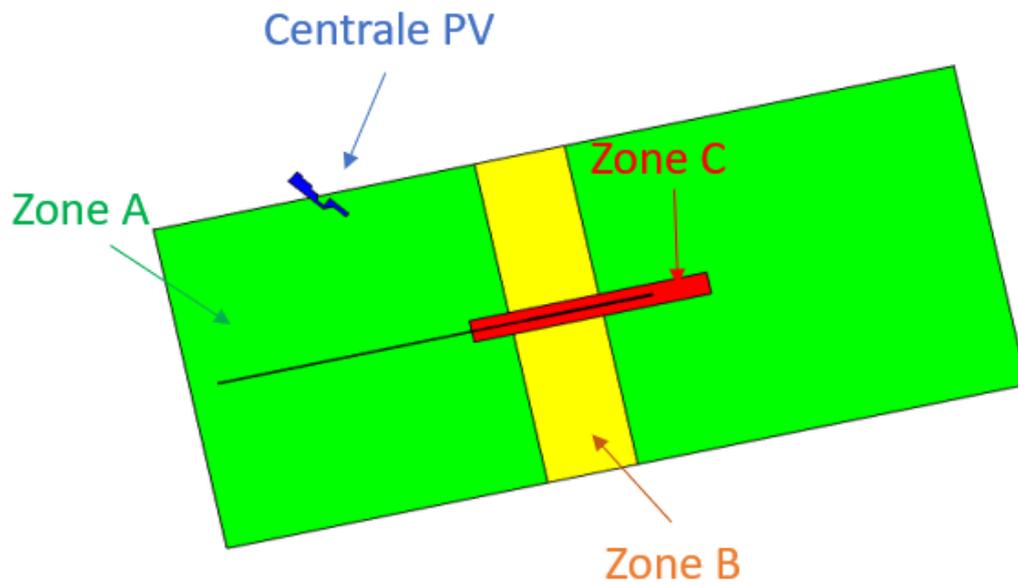
Les prérogatives de la DGAC définissent des zones de protection de la façon suivante :

- Pour chaque sens d'atterrissage, trois zones distinctes A, B, et C, différenciant les impacts potentiels selon l'implantation des modules photovoltaïques ;
  - Pour les avions :

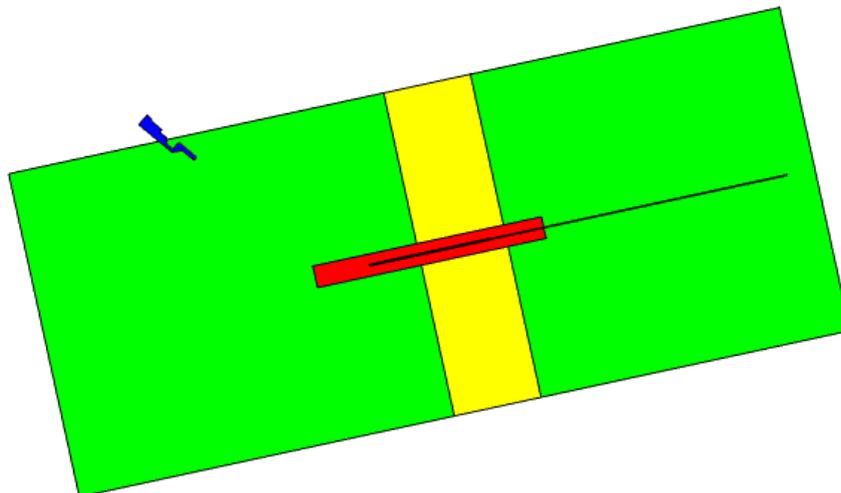


L'analyse des zones de protection pour les pistes de l'aérodrome montre les résultats suivants :

- Par rapport au QFU 09 : La centrale photovoltaïque est localisée partiellement en zone de protection A → L'analyse est requise pour l'approche et le roulage associés.



- Par rapport au QFU 27 : La centrale photovoltaïque est localisée partiellement en zone de protection A → L'analyse est requise pour l'approche et le roulage associés.



SYNTHESE DES CAS A ETUDIER

Etant donné la localisation de la centrale photovoltaïque, les cas suivants doivent être étudiés.

Zone de protection	QFU 09		QFU 27	
	Approche	Roulage	Roulage	Approche
Hors Zone				
Zone A	Zone de protection A → Analyse requise		Zone de protection A → Analyse requise	
Zone B				
Zone C				

## 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 quatre conditions suivantes :

- L'angle de vision entre le rayon réfléchi et l'axe du regard vers la piste est compris entre  $-30^{\circ}$  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  $500\text{ m}^2$ .

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 :

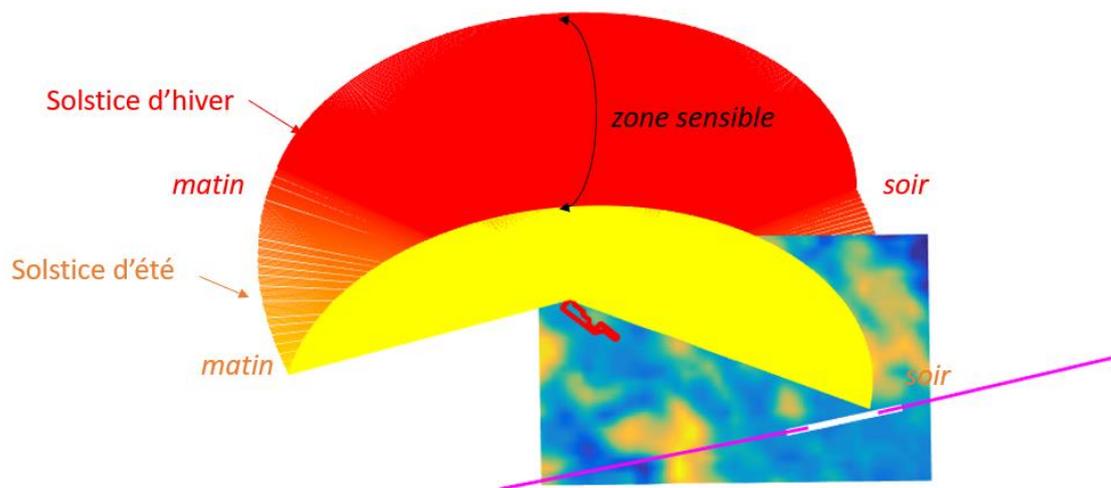
- L'angle de vision entre le rayon réfléchi et l'axe du regard vers la piste est compris entre  $-90^{\circ}$  et  $+90^{\circ}$  ;
- La luminance du rayon lumineux considéré est supérieure à  $10\,000\text{ cd/m}^2$  ;
- La surface de l'implantation photovoltaïque est supérieure à  $50\text{ m}^2$  ;
- 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. ANALYSE 3D

Une première recherche des cas critiques est effectuée à l'aide d'une visualisation 3D. Les cas sont déterminés de manière purement géométrique et prennent uniquement en considération le croisement de la trajectoire et des rayons réfléchis ; reliefs proche et lointain ne sont ainsi pas considérés à ce stade de l'analyse.

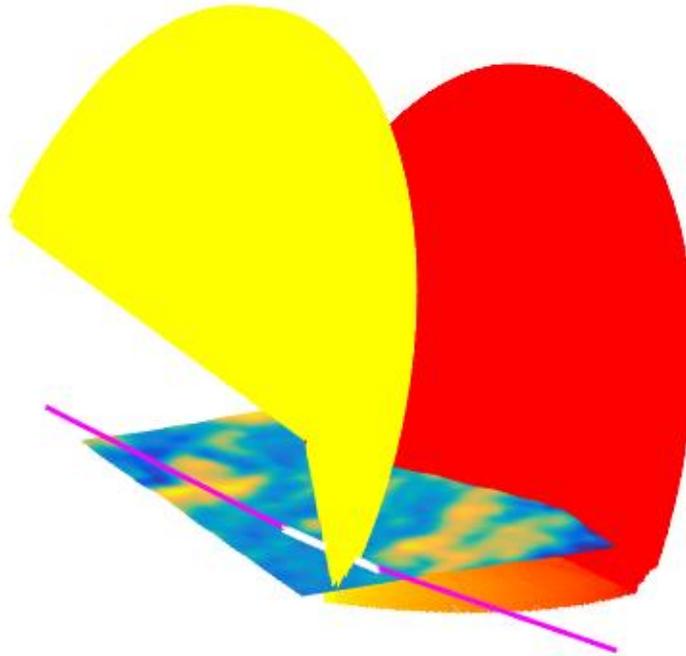
Pour une configuration de modules donnée (orientation et inclinaison) et une localisation de modules donnée, la localisation des rayons réfléchis est présentée à travers l'enveloppe des rayons réfléchis délimitée par les réflexions survenant tout au long du solstice d'été (22 juin) et du solstice d'hiver (22 décembre). Toute personne située en dehors de la zone sensible comprise entre ces enveloppes ne sera jamais soumise à des cas d'éblouissement, comme le montre l'exemple ci-dessous pour un module orienté Nord-Est.



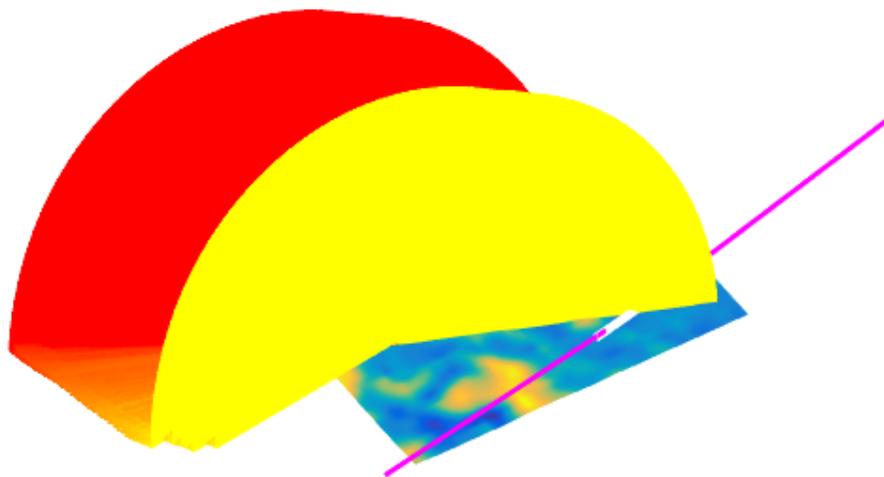
Les visuels suivants présentent le générateur en rouge, la piste en blanc, les approches en magenta, et les enveloppes des rayons réfléchis pour le solstice d'été (orange) et le solstice d'hiver (rouge), et ce pour chacune des configurations PV étudiées.

MODULES NORD-EST

*Vue du Sud-Est*



*Vue du Sud-Ouest*



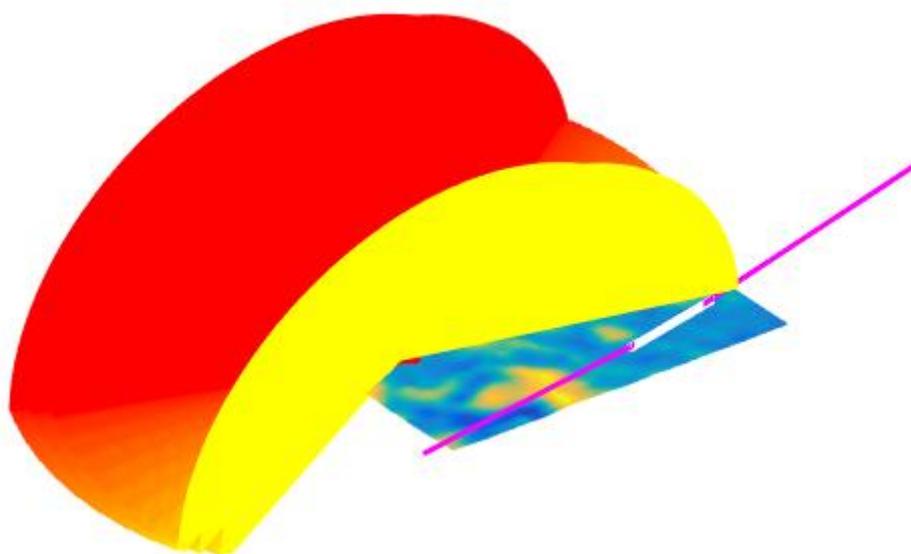
L'analyse 3D effectuée pour les modules orientés Nord-Est montre que :

- L'approche depuis le Sud-Ouest (QFU 09) n'est jamais impactée par des rayons réfléchis ;
- L'approche depuis le Nord-Est (QFU 27) et les deux roulages semblent impactés par des rayons réfléchis ; il convient de confirmer ces impacts (la topographie, l'horizon lointain et la hauteur des modules ne sont pas pris en compte dans cette analyse 3D) et, le cas échéant, de les caractériser finement au regard des critères de la DGAC.

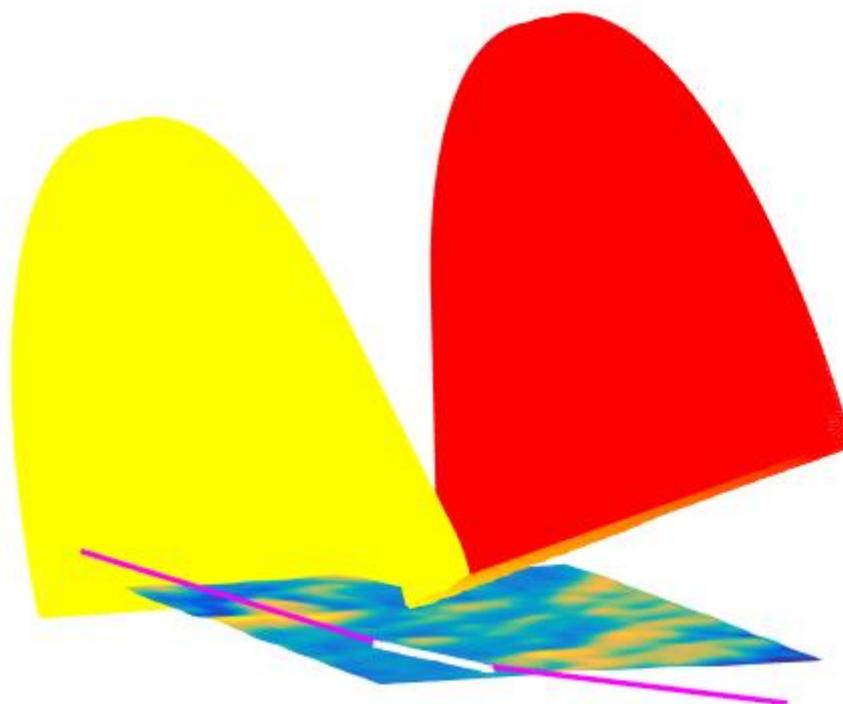
---

MODULES SUD-OUEST

*Vue du Sud-Ouest*



*Vue du Sud-Est*



L'analyse 3D effectuée pour un nombre représentatif de points de réflexion montre que **les différents approches et roulages ne sont jamais impactés par des rayons réfléchis.**

SYNTHESE DE L'ANALYSE 3D

Config PV	QFU 09		QFU 27	
	Approche	Roulage	Roulage	Approche
Nord-Est	Aucun impact	Impacts à caractériser/confirmer		
Sud-Ouest	Aucun impact			

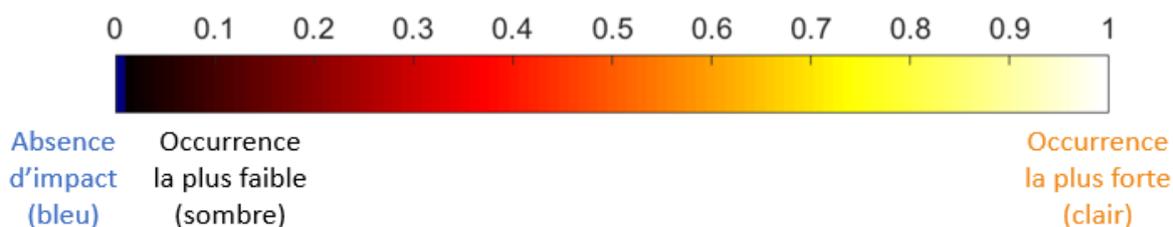
#### 5.4. CARACTERISATION DES IMPACTS

Cette section présente les résultats des simulations effectuées à partir des entrées présentées précédemment ainsi que de l'hypothèse d'un ciel parfaitement clair, i.e. d'une couverture nuageuse nulle. Sont pris en compte dans cette analyse le modèle numérique de terrain ainsi que l'horizon lointain, tous deux présentés précédemment.

Pour chaque simulation, quatre visuels permettent de caractériser les rayons réfléchis pouvant générer de l'éblouissement :

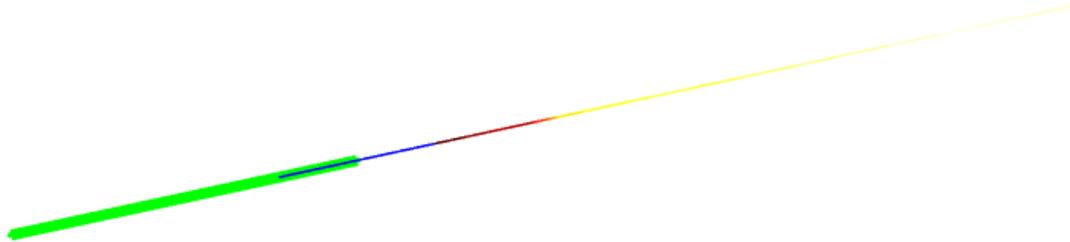
- Localisation des trajectoires impactées par des rayons réfléchis ;
- Localisation des zones du générateur photovoltaïque générant ces rayons réfléchis ;
- Datation dans l'année des impacts identifiés ;
- Localisation des rayons réfléchis dans le champ de vue des pilotes et/ou des contrôleurs aériens.

Un même code couleur est utilisé pour chaque visuel : plus la couleur est claire, plus l'occurrence des impacts est élevée, l'occurrence étant définie comme le nombre d'impacts identifiés par la simulation. Une occurrence nulle (i.e. absence d'impact) est indiquée en bleu.

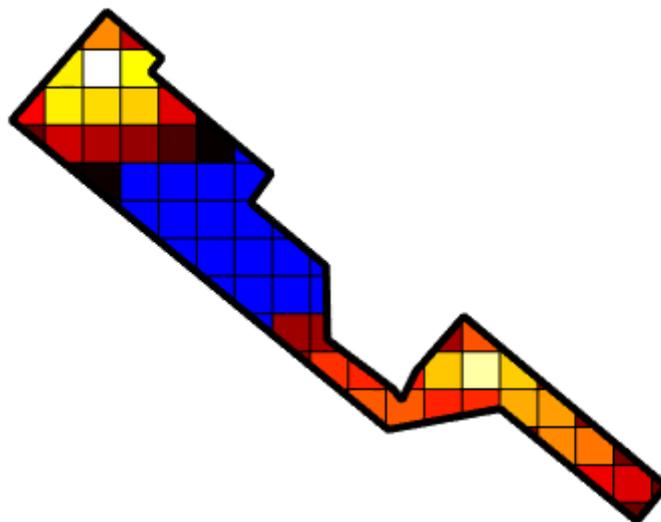


MODULES NORD-EST – APPROCHE QFU 27

La figure suivante identifie les éléments de la trajectoire qui seront impactés, *i.e.* à plus de 510 m du *toucher de roues*.



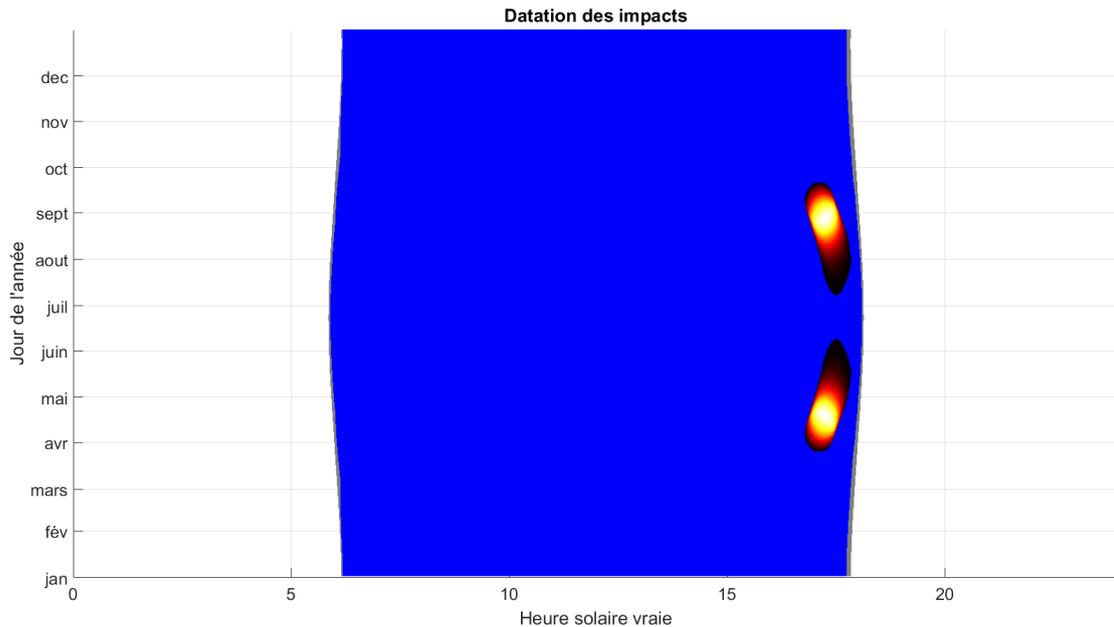
La figure suivante identifie les zones du générateur photovoltaïque qui vont générer des impacts, *soit* 68 % de l'emprise au sol.



La figure suivante présente tout au long de l'année la datation des impacts identifiés :

- En abscisse, l'heure solaire vraie (soleil au zénith à midi) ;
- En ordonnée, le jour de l'année ;
- Eventuellement le relief lointain en gris ;
- Plus la couleur est claire, plus le risque d'éblouissement est élevé. Un risque nul est indiqué en bleu.

Les bords de la zone bleue correspondent aux lever et coucher du soleil, la forme rebondie traduisant le fait que la durée du jour est plus longue en été qu'en hiver.



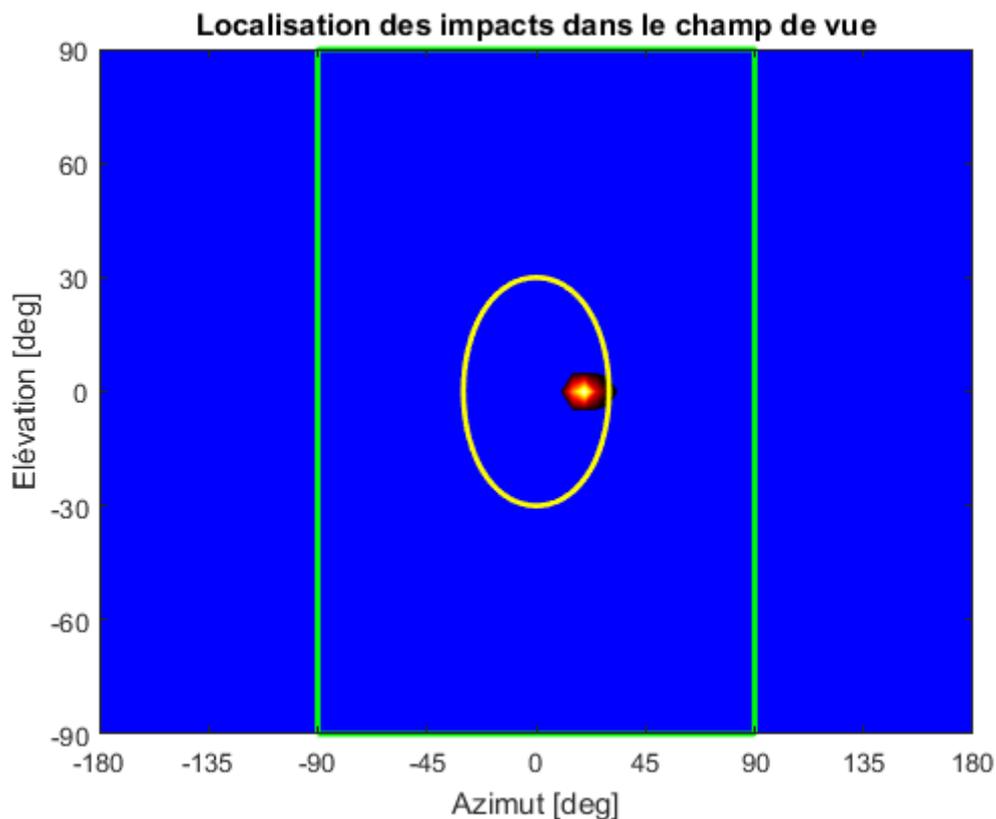
*L'analyse montre que les impacts surviennent le soir, entre fin mars et début juin et entre mi-juillet et fin septembre, sur une durée journalière inférieure à 50 minutes.*

La figure suivante présente la localisation des rayons réfléchis dans le champ de vue des pilotes :

- Le centre de la figure correspond au regard dans l'axe de la trajectoire ;
- L'axe des abscisses correspond à l'angle de la vision latérale (vers la gauche ou vers la droite par rapport à la trajectoire) ;
- L'axe des ordonnées correspond à l'angle d'élévation du regard (vers le haut ou vers le bas).

Le cercle jaune correspond au seuil de 30° défini par la DGAC au titre de la zone A. Tout rayon réfléchi survenant en dehors de ce cercle jaune sera perçu en vision périphérique de la personne.

Le rectangle vert correspond au seuil de 90° défini par la DGAC au titre de la zone B. Tout rayon réfléchi survenant en dehors de ce rectangle vert sera reçu dans le dos de la personne.



*L'analyse montre que les rayons réfléchis arriveront sur la droite des pilotes, dans leur vision centrale.*

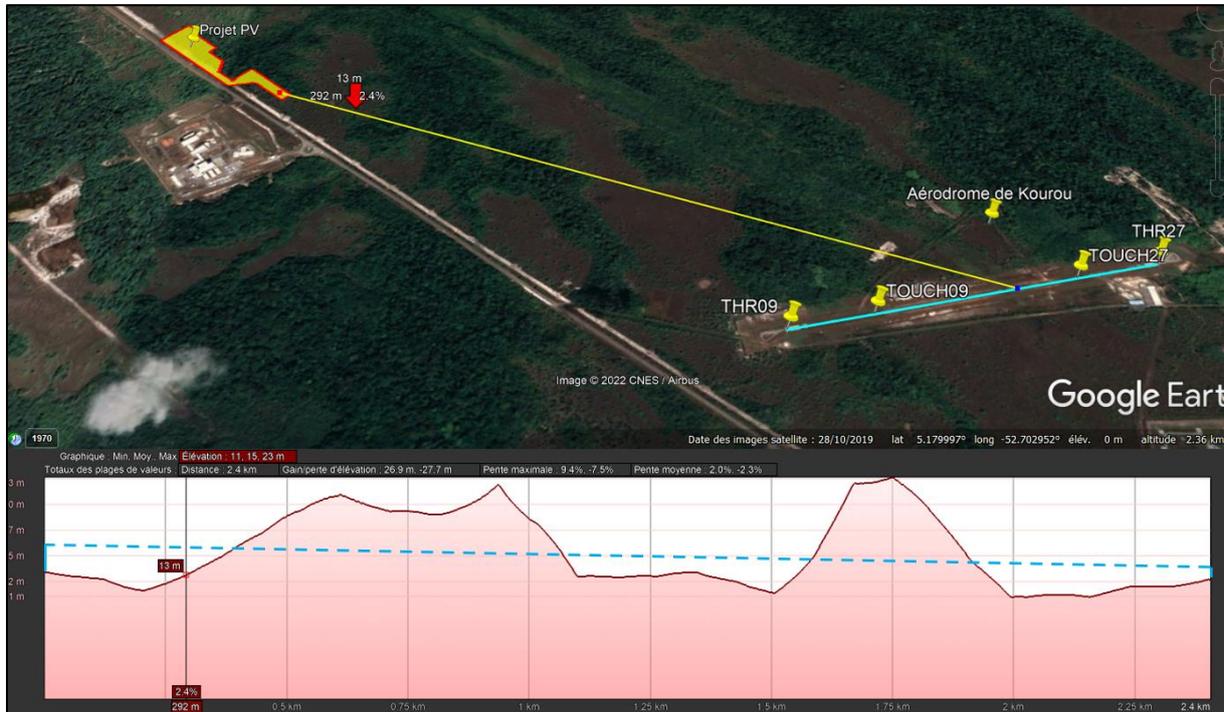
Ces impacts ne sont pas gênants au regard de la spécification de la DGAC pour les raisons suivantes :

- Le générateur photovoltaïque est situé en dehors des zones B et C ;
- La distance entre le générateur PV et la trajectoire impactée est supérieure à 3 000 m.

SYNTHESE DU CAS ETUDIE	
Élément critique	<b>Approche QFU 27</b>
Zone de Protection	En dehors des zones B et C
Conclusion	<b>Aucun impact gênant</b>
Période	Entre fin mars et début juin et entre mi-juillet et fin septembre
Heure solaire vraie	[ 16h45 – 17h55 ] ±15 min
Durée journalière	< 50 minutes
Luminance	[ $9,5 \cdot 10^7$ – $4,7 \cdot 10^8$ cd/m <sup>2</sup> ]
Élévation solaire	[ 3,4 – 18,9° ]
Angle trajectoire / rayons	[ 9 – 35° ]
Distance PV / trajectoire	[ 3 216 – 5 840 m ]
Distance au toucher de roues	[ 510 – 3 000 m ]

MODULES NORD-EST – ROULAGES QFU 09/27

L'analyse fine pour ces trajectoires démontre l'absence d'impact, principalement dû à la topographie, comme l'illustre l'exemple de profil altimétrique issu de Google Earth.



SYNTHESE DU CAS ETUDIE	
Élément critique	Roulages QFU 09 et QFU 27
Conclusion	<b>Aucun impact</b> <b>(Absence de covisibilité)</b>

5.5. CONCLUSION

L'analyse montre que :

- Pour les modules orientés Nord-Est :
  - L'approche depuis le Sud-Ouest (QFU 09) et les deux roulages ne sont jamais impactés par des rayons réfléchis ;
  - L'approche depuis le Nord-Est (QFU 27) est impactée le soir. Toutefois, ces impacts ne sont pas gênants au regard de la spécification de la DGAC pour les raisons suivantes :
    - Le générateur photovoltaïque est situé en dehors des zones B et C ;
    - La distance entre le générateur PV et la trajectoire impactée est supérieure à 3 000 m.
- Pour les modules orientés Sud-Ouest, les approches et roulages ne sont jamais impactés.

Le tableau suivant synthétise les résultats lesquels montrent que, pour la configuration retenue, le générateur photovoltaïque répond aux exigences de la DGAC, et ce quel que soit le type de modules photovoltaïques utilisés (avec ou sans propriété anti-éblouissement).

Config PV	QFU 09		QFU 27	
	Approche	Roulage	Roulage	Approche
Nord-Est	Aucun impact	Aucun impact (Absence de covisibilité)		Aucun impact gênant
Sud-Ouest	Aucun impact			

## 6. ANNEXES

Note technique DGAC



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

Présent pour l'avenir  
Ressources, 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](http://www.developpement-durable.gouv.fr)



D G 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
<b>Rédaction</b> L'adjointe au chef du pôle Aéroports en collaboration avec Pierre Théry du STAC	Brigitte Verdier	Le 27 juillet 2011 
<b>Vérification</b> Le chef du Pôle Aéroports	Patrick Disset	Le 27 juillet 2011 
<b>Approbation</b> 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><b>DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE</b></p>	<p><b>NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE :</b>  <b>DISPOSITIONS RELATIVES AUX AVIS DE LA DGAC SUR  LES PROJETS D'INSTALLATIONS DE PANNEAUX  PHOTOVOLTAÏQUES A PROXIMITE DES AERODROMES</b></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 luminance<sup>1</sup>.

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);

<sup>1</sup> 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/m<sup>2</sup>.

 <p><b>DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE</b></p>	<p><b>NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE :</b>  <b>DISPOSITIONS RELATIVES AUX AVIS DE LA DGAC SUR  LES PROJETS D'INSTALLATIONS DE PANNEAUX  PHOTOVOLTAÏQUES A PROXIMITE DES AERODROMES</b></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><b>NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE :</b> 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 m<sup>2</sup> (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 m<sup>2</sup> 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/m<sup>2</sup>.

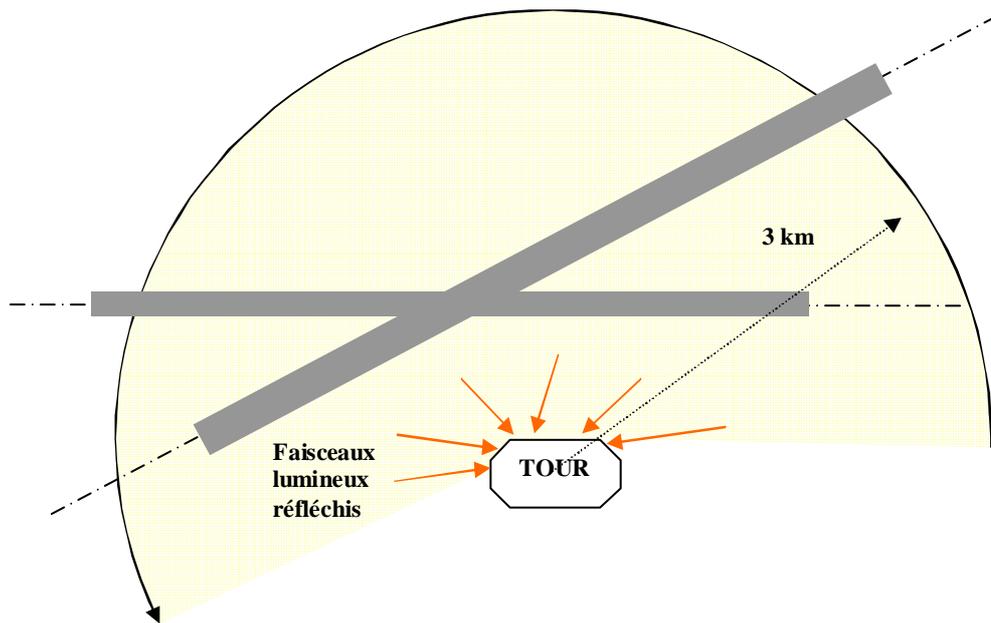


Figure 1 : zone de protection de la tour de contrôle

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  $500 \text{ m}^2$  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

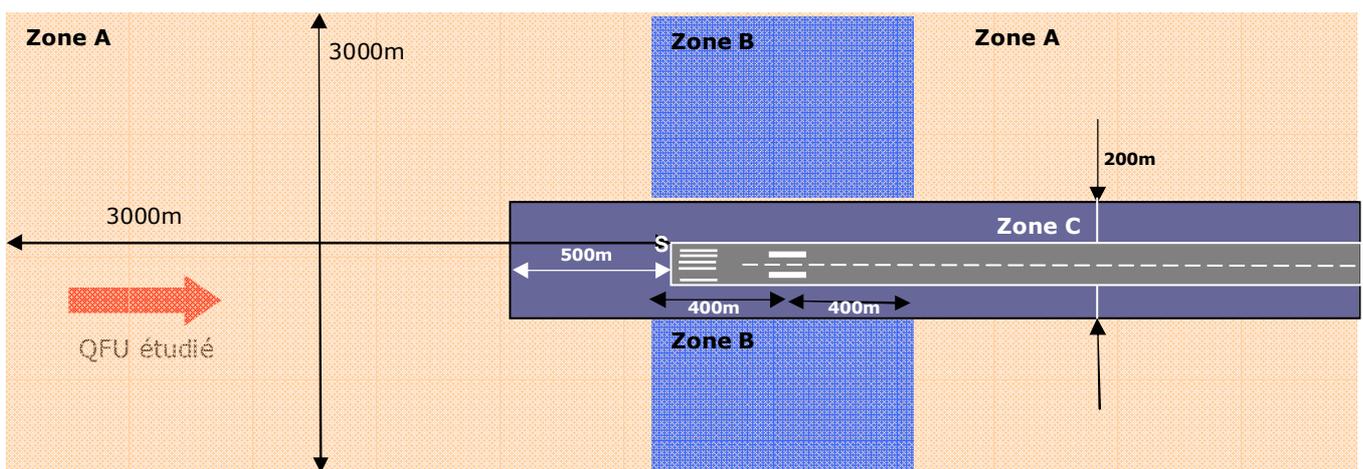


Figure 2 : Représentation des zones A, B et C  
(nota : sur ce schéma ne figurent pas les aires interdites par la réglementation - cf § 2 et 3.3.2)

 <p><b>DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE</b></p>	<p><b>NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE :</b>  <b>DISPOSITIONS RELATIVES AUX AVIS DE LA DGAC SUR  LES PROJETS D'INSTALLATIONS DE PANNEAUX  PHOTOVOLTAÏQUES A PROXIMITE DES AERODROMES</b></p>	<p>Rév : 4</p>	<p>Page : 10 / 19  27/07/2011</p>
---	--	----------------	---------------------------------------

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



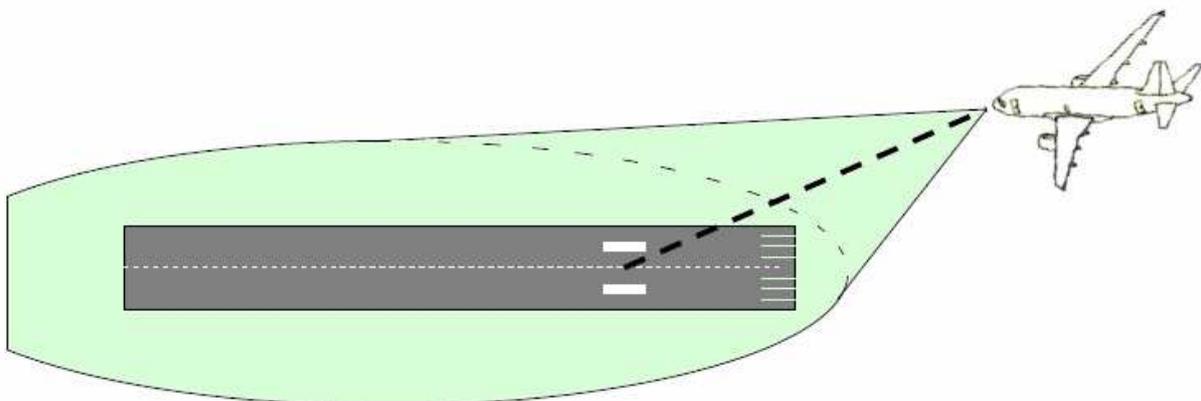
Rappel : ces installations ne doivent pas être implantées près de la piste, ni en amont ou après celle-ci, ni près des voies de circulation au regard des dispositions rappelées au § 2. De ce fait, l'implantation est interdite sur une partie de ces trois zones au titre du § 2.3.2.

##### ☒ 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 m<sup>2</sup> ;
- 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/m<sup>2</sup>, 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 align="center"><b>NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE :</b>  <b>DISPOSITIONS RELATIVES AUX AVIS DE LA DGAC SUR  LES PROJETS D'INSTALLATIONS DE PANNEAUX  PHOTOVOLTAÏQUES A PROXIMITE DES AERODROMES</b></p>	<p align="center">Rév : 4</p>	<p align="center">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 m<sup>2</sup>.

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/m<sup>2</sup>, 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/m<sup>2</sup> pour les zones B et C et 20 000 cd/m<sup>2</sup> 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/m<sup>2</sup>, 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 infrastructures<sup>2</sup>. 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 :

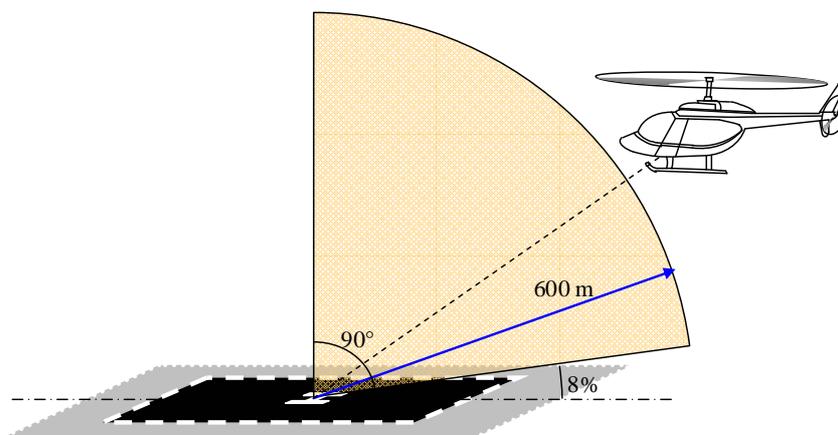
- ☒ Les procédures ponctuelles;
- ☒ Les procédures dégagées.

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)*

<sup>2</sup> 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 :

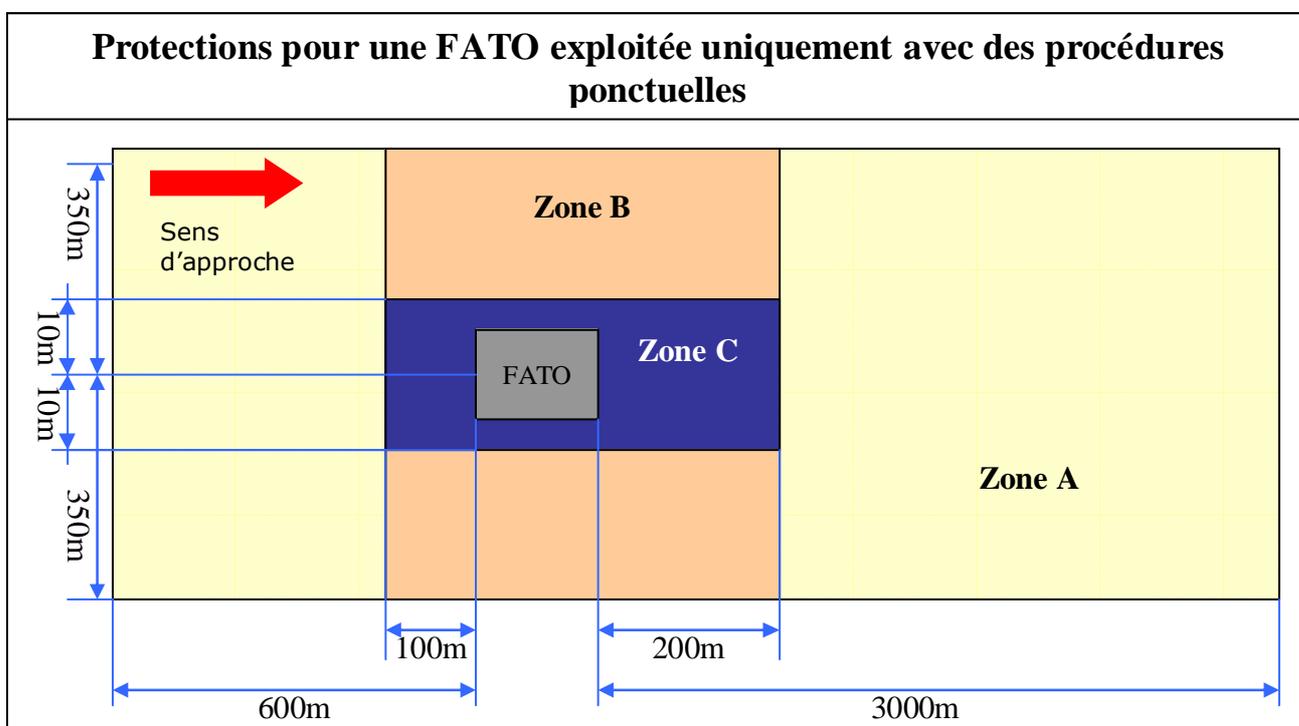
- longueur : 600 m en amont de la FATO + longueur de la FATO + 3 000 m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 350 m de part et d'autre de l'axe d'approche.

☒ 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.

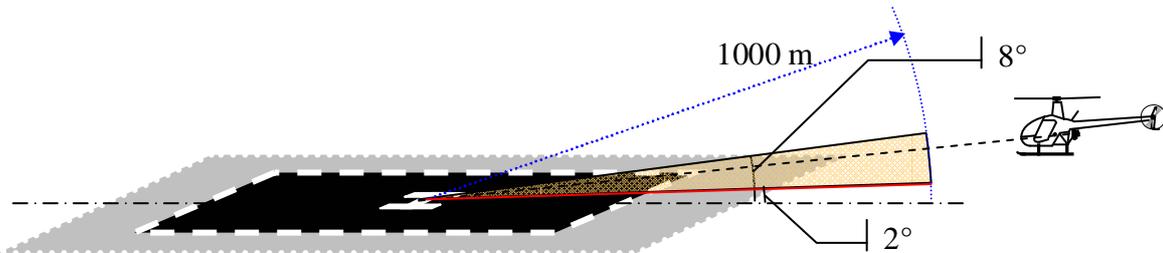


*(le schéma n'est pas à l'échelle et la FATO peut avoir des caractéristiques différentes)*

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 :

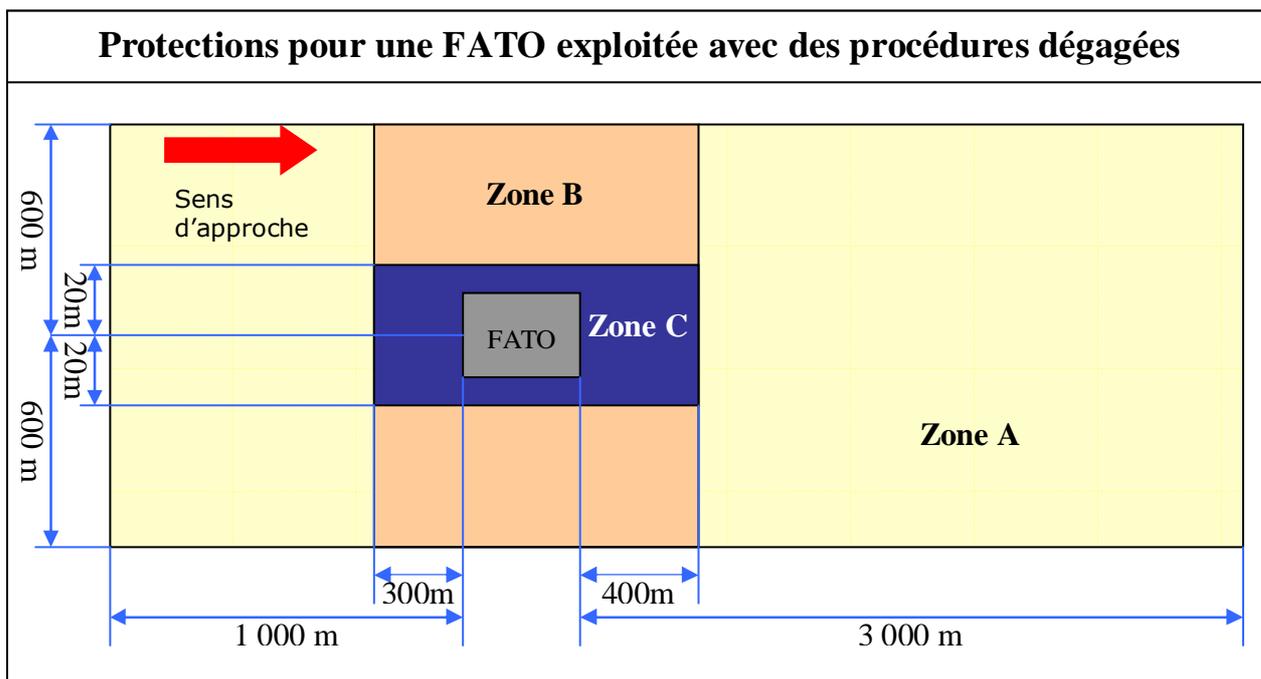
- longueur : 1 000 m en mont de la FATO + longueur de la FATO + 3 000 m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 600 m de part et d'autre de l'axe d'approche.

☒ 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).

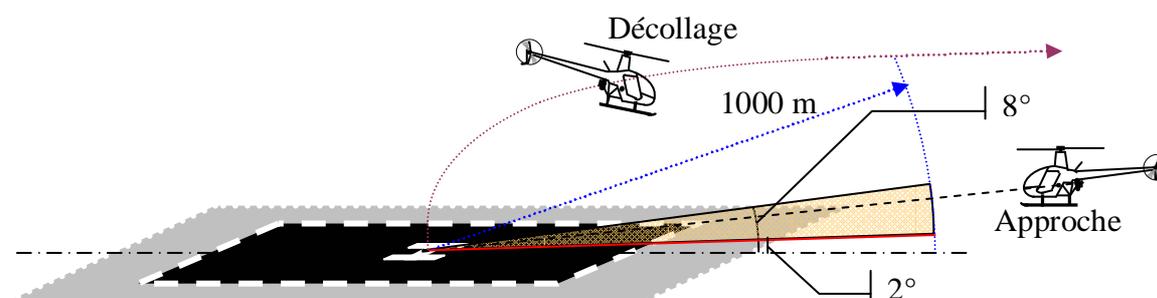
Ces zones de protection sont à établir pour chaque direction d'approche dont la FATO est dotée.

### 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 :

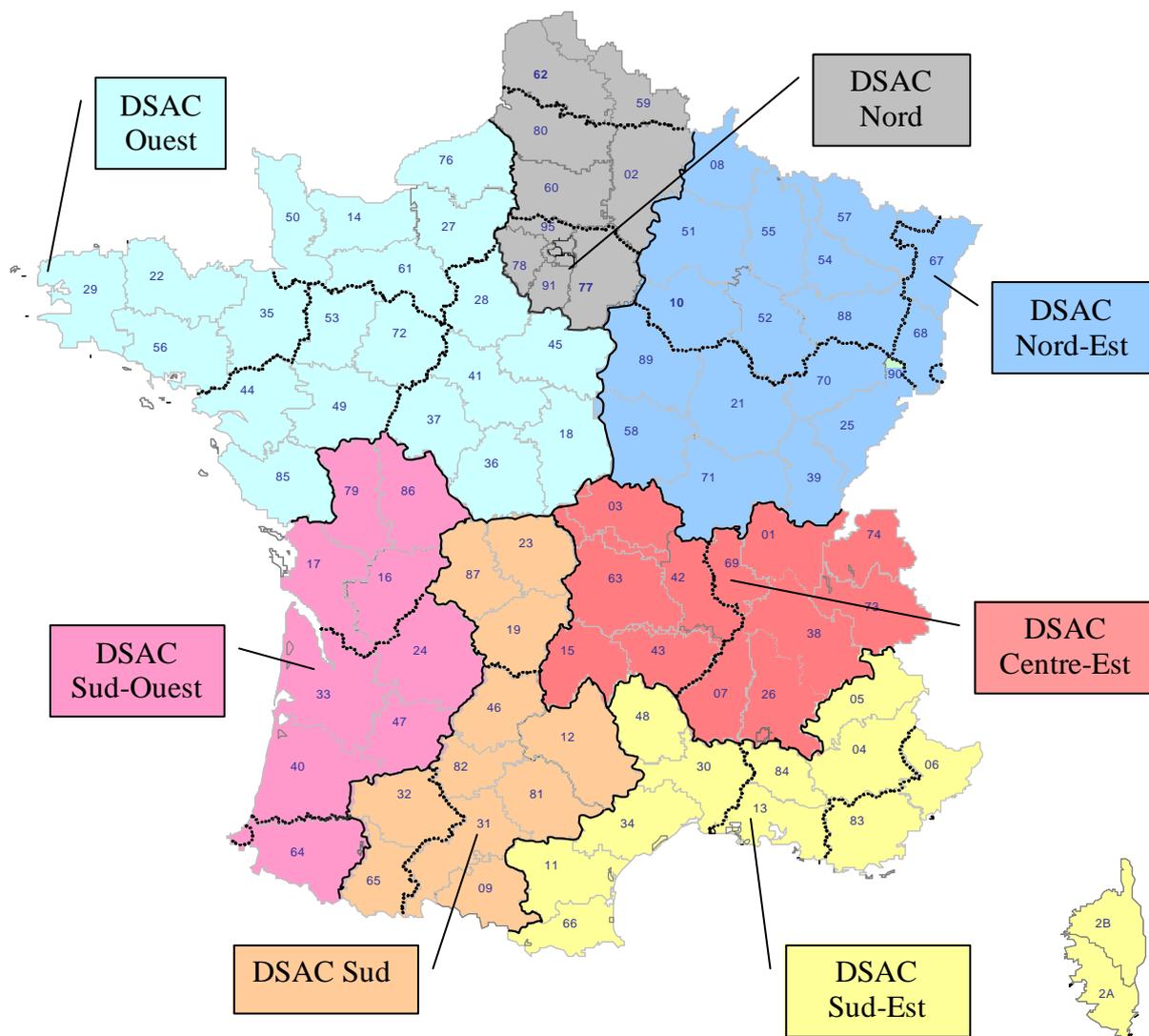
- longueur : 400 m en amont de la FATO + longueur de la FATO + 400 m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 20 m de part et d'autre de l'axe d'approche.
- l'emprise au sol de la zone C ne peut pas être inférieure à celle de l'aire de sécurité associée à la FATO ; la zone C est alors à élargir aux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

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

