

# Etude de réverbération

Rapport final

AKUO CORSE ENERGIES



Type de projet	Centrale sol
Adresse	20137 Porto Vecchio
GPS	41°34'03.0"N 9°17'01.1"E
Hélistation	Héli Sud Corse
Date	20/09/2021

Alta Energy SAS  
5 Avenue Fernand Forest, 91120, Palaiseau, France  
[antonin.daviau@altaenergy.fr](mailto:antonin.daviau@altaenergy.fr)  
+33 6 33 59 30 24

## Table des matières

I.	Présentation générale.....	3
II.	Principe d'une étude de réverbération.....	4
	a. Document de référence .....	4
	b. Rappel des principes réglementaires.....	4
III.	Présentation du projet.....	6
	a. Projet de centrale photovoltaïque.....	6
	b. Hélistation Sud Corse .....	8
	c. Zonage de la FATO .....	9
IV.	Présentation de l'outil de modélisation.....	10
V.	Etude de réverbération.....	12
	a. Résultats de l'étude de réverbération .....	12
	b. Modélisations.....	13
VI.	Conclusion de l'étude.....	14

## I. Présentation générale

### Maître d'ouvrage



1 rue du Docteur Morucci, 20200 Bastia

Contact: Graziella Giannecchini – [gianecchini@akuoenergy.com](mailto:gianecchini@akuoenergy.com)

### Bureau d'études



5 avenue Fernand Forest, 91129 Palaiseau, France

Contact: Antonin d'Aviau – [antonin.daviau@altaenergy.fr](mailto:antonin.daviau@altaenergy.fr)

*Alta Energy est un bureau d'études indépendant spécialisé sur les sujets suivants :*

- *Approvisionnement de modules PV avec notamment une forte expertise dans les thématiques « bilan carbone » et « qualité »*
- *Audit de performance de centrales*
- *Analyse environnementale des centrales PV*
- *Etudes spéciales telles que les études de réverbération*

### Sujet

Akuo Corse Energies souhaite développer un projet de centrale photovoltaïque sur la commune de Porto-Vecchio (20137), en Corse, en France. Le projet étant situé dans un rayon inférieur à 3 km autour de l'héliport Sud Corse, la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) demande que la réverbération des rayons incidents du soleil sur la centrale soit étudiée et que l'absence de gêne visuelle soit démontrée pour les pilotes d'hélicoptères en phase d'atterrissage.

C'est dans cet objectif que la société Akuo Corse Energies a missionné Alta Energy d'une étude de réverbération sur ce projet de centrale photovoltaïque.

**Ce rapport présente l'étude finale, dont toutes les modélisations et démonstrations ont été réalisées sur la base des données transmises par Akuo Corse Energies.**

## II. Principe d'une étude de réverbération

### a. Document de référence

**Note d'information technique de la DGAC du 27 juillet 2011** - « Dispositions relatives aux avis de la DGAC sur les projets d'installations de panneaux photovoltaïques à proximité des aérodomes »

*« Certaines réflexions du soleil sur des installations photovoltaïques situées à proximité des aérodomes 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'aérodom (y compris les hélisations) ou d'une tour de contrôle sont particulièrement sensibles à cet égard. »*

*« 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'aérodom et d'une tour de contrôle devraient faire l'objet d'une analyse préalable spécifique. »*

### b. Rappel des principes réglementaires

Selon l'emplacement du projet et ses caractéristiques et après une vérification réglementaire, l'autorité peut être amenée à demander au porteur du projet de vérifier l'absence de gêne visuelle pour les pilotes et contrôleurs aériens, par une étude de réverbération.

L'étude de réverbération se base sur les paramètres suivants :

- Emplacement, altitude, emprise au sol, orientation et inclinaison du projet ;
- Les trajectoires d'approche détaillées dans la fiche SIA (Service de l'Information Aéronautique) de l'hélisation concernée ;
- La course du soleil pour chaque jour et chaque demi-heure de l'année, extraite du logiciel PVSyst ou calculée par l'outil de simulation.

Conformément à la note technique de la DGAC, il y a absence de gêne visuelle, pour tout projet :

- Situé à l'**extérieur des zones A, B et C** et de la **zone de protection de la tour de contrôle** définies par la note d'information technique ;
- De surface **inférieure à 500 m<sup>2</sup>** et situé en dehors des zones **B et C** définies par la note d'information technique ;
- De surface inférieure à **50 m<sup>2</sup>** et situé en dehors de la zone **C** définie par la note d'information technique.

Dans les autres cas, il conviendra de réaliser une modélisation des rayons réverbérés par les modules à tout moment de l'année et d'en étudier la trajectoire par rapport à celle des pilotes en phase d'approche et de décélération et aux contrôleurs aériens.

Il y a absence de gêne visuelle pour les contrôleurs aériens lorsqu'au moins une de ces conditions est remplie :

- Le projet est situé à l'extérieur de la zone de protection de la tour de contrôle de rayon 3 km ;
- Aucun faisceau lumineux n'éclaire la tour de contrôle ;
- Les panneaux produisent une luminance **inférieure à 20 000 cd/m<sup>2</sup>**.

Il y a absence de gêne visuelle pour les pilotes lorsqu'au moins une de ces conditions est remplie :

- Projet et aéronef situés en zone A :
  - La surface du projet est inférieure à 500 m<sup>2</sup> ;
  - Aucun faisceau lumineux ne gêne le pilote, c'est-à-dire qu'au moins l'une de ces conditions est satisfaite :
    - Le projet se situe à plus de 3 km du pilote ;
    - Aucun faisceau n'éclaire le pilote ;
    - La luminance est **inférieure à 20 000 cd/m<sup>2</sup>** ;
    - L'angle entre le rayon réverbéré et l'axe du regard du pilote est **supérieur à 30°**.
- Projet et aéronef situés en zone B :
  - La surface du projet est inférieure à 50 m<sup>2</sup> ;
  - Aucun faisceau lumineux ne gêne le pilote, c'est-à-dire qu'au moins l'une de ces conditions est satisfaite :
    - Le projet se situe à plus de 3 km du pilote ;
    - Aucun faisceau n'éclaire le pilote ;
    - La luminance est **inférieure à 10 000 cd/m<sup>2</sup>** ;
    - L'angle entre le rayon réverbéré et l'axe du regard du pilote est **supérieur à 90°**.
- Projet et aéronef situés en zone C :
  - La luminance est **inférieure à 10 000 cd/m<sup>2</sup>**.

### III. Présentation du projet

#### *a. Projet de centrale photovoltaïque*

Le projet développé par **Akuo Corse** est une centrale photovoltaïque au sol, présentée ci-après :



Figure 1 : Localisation du projet

## Caractéristiques du projet

- Puissance installée : 4,998 MWc
- Emprise au sol : environ 8 ha
- Modules photovoltaïques : environ 9 342 modules cristallins
- Type de calepinage : fixe Sud (0°)
- Inclinaison des modules : 25°
- Hauteur des modules : 1,35 m

## Coupe topographique du site

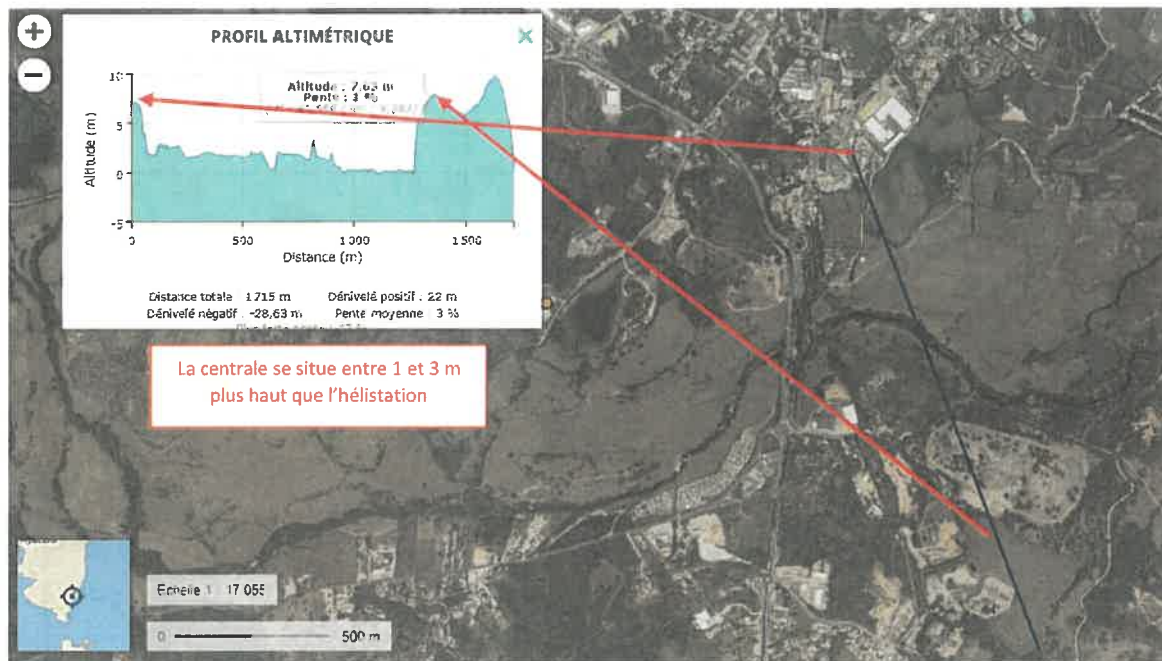


Figure 2 : plan de coupe topographique

Les simulations intègrent cette différence d'altitude entre l'héliostation et le projet de centrale.

## Points d'études

3 points de la centrale ont été étudiés, le point le plus critique a été utilisé pour les présentations de modélisations :



Figure 3 : Points d'étude

## b. Hélistation Sud Corse

La fiche SIA de l'hélistation mentionne :

- Une FATO<sup>1</sup> ;
- 1 sens d'atterrissage (QFU 349°)
- Aucune tour de contrôle

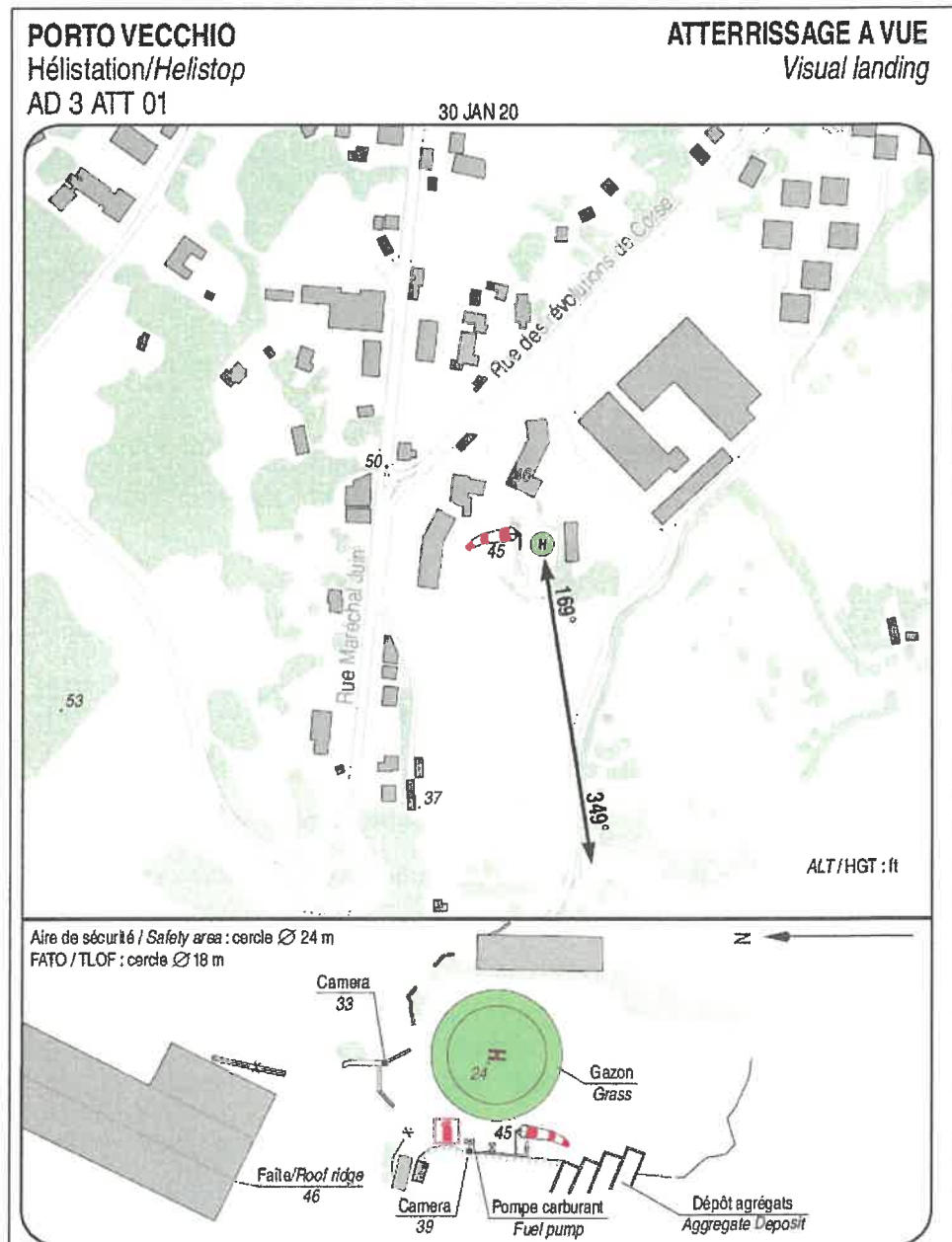


Figure 5 : Fiche aéroport

La NIT de la DGAC<sup>2</sup> mentionne un angle d'approche compris entre 2° et 8°.

<sup>1</sup> Final Approach and Take-Off area

<sup>2</sup> Note d'Information Technique de la Direction Générale de l'Aviation Civile



c. Zonage de la FATO

L'étude de zonage conclue :

- **Zone A** : Il est considéré que l'intégralité de la centrale est située en zone A ;
- **Zone B** : aucune partie de la centrale n'est située en zone B ;
- **Zone C** : aucune partie de la centrale n'est située en zone C.

Le zonage pour la piste principale est présenté ci-dessous :



Figure 6 : Zonage

## IV. Présentation de l'outil de modélisation

Alta Energy a développé en interne son propre outil de modélisation des rayons réverbérés par les modules photovoltaïques dans le but d'en étudier l'impact sur les pilotes en phase d'approche et de décélération, ainsi que sur les contrôleurs aériens.

L'outil permet ainsi de visualiser l'intersection entre les rayons réverbérés par la centrale et le plan de la piste ou FATO étudiée, et ce pour toute heure de l'année :

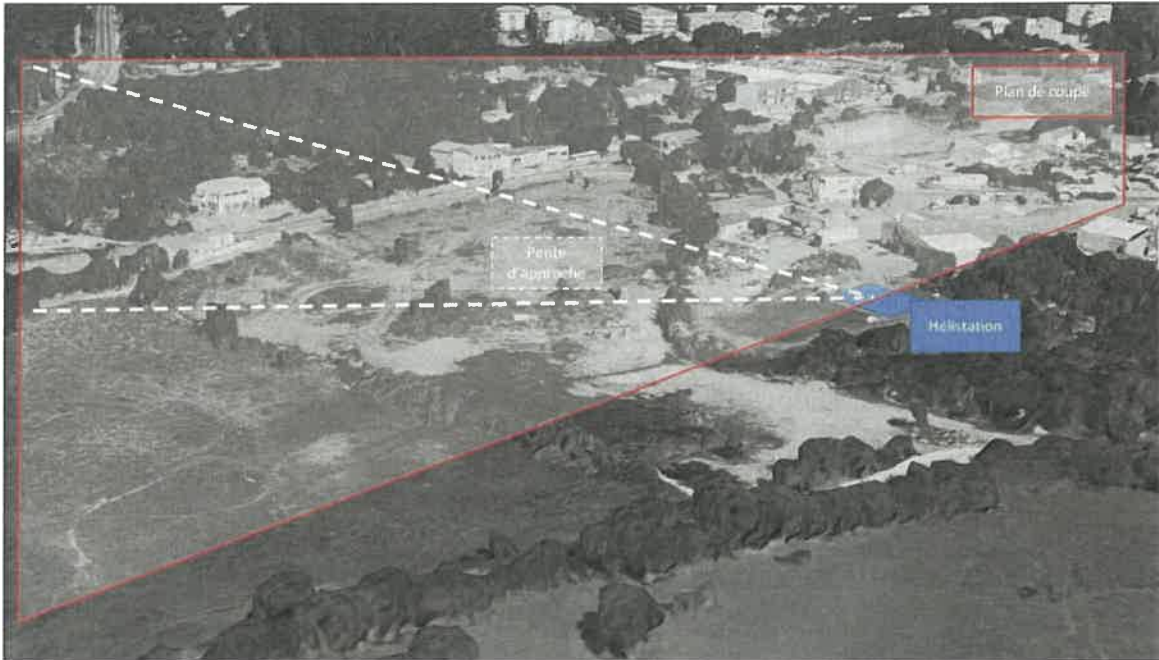


Figure 7 : Présentation du plan de coupe

Le cône d'approche des aéronefs est modélisé. Si un point d'intersection se situe dans ce cône, cela implique qu'un rayon peut potentiellement atteindre l'œil du pilote. Dans un tel cas, l'angle entre le rayon réverbéré et la trajectoire de l'aéronef est étudié. La présence ou absence de gêne visuelle est ensuite statuée conformément à la note technique de la DGAC.

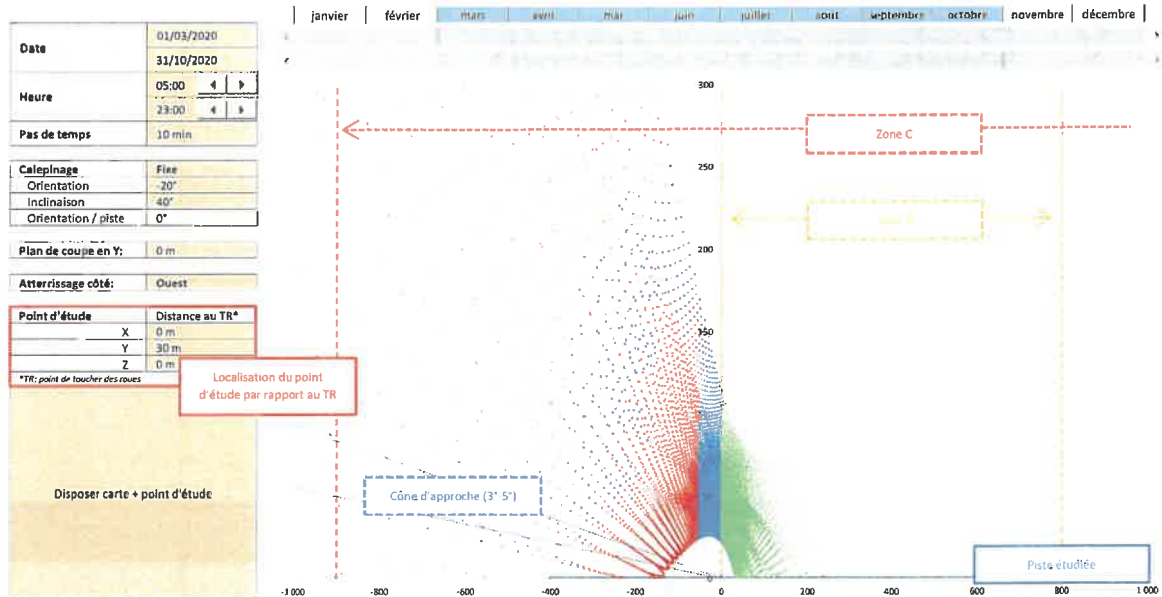


Figure 8 : Présentation de l'outil de modélisation

Sur cet exemple, l'outil modélise l'intersection des rayons et du plan de la piste ou FATO représentée par la ligne bleu au sol, tous les jours entre 5h et 23h, de début mars à fin octobre. Le cône d'approche est représenté par les 2 lignes de pointillés bleu (3° et 5° de pente dans cet exemple).

Un point rouge représente l'intersection d'un rayon dont l'angle avec la trajectoire de l'avion inférieur à 30°, un point bleu un angle inférieur à 90° et un point vert un angle strictement supérieur à 90°.

Les paramètres de pilotage de l'outil sont situés à gauche du graphique.

## V. Etude de réverbération

### a. Résultats de l'étude de réverbération

Les 3 points d'étude présentés précédemment ont été étudiés de manière indépendante. Conformément à la note technique de la DGAC du 27 juillet 2011, aucune gêne visuelle n'a été détectée.

Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous :

	Hélistation Sud Corse Zone A	Hélistation Sud Corse Zone B	Hélistation Sud Corse Zone C
<b>CALEPINAGE</b>			
Modèle	Sud		
Orientation /Sud (ou Ouest-Est)	0°		
Inclinaison	25°		
<b>GÊNE VISUELLE SUR LES HELICOPTERES</b>			
Simulations	Oui	Non	Non
Résultat	Absence de gêne	Absence de gêne	Absence de gêne
Commentaire	<i>Les rayons réverbérés vers les pilotes forment un angle supérieur à 30° avec la trajectoire des pilotes</i>	<i>La centrale ne se situe pas en zone B</i>	<i>La centrale ne se situe pas en zone C</i>

Tableau 1 : Synthèse des résultats

## b. Modélisations

La réverbération a été étudiée tout au long de la journée, sur toute l'année.

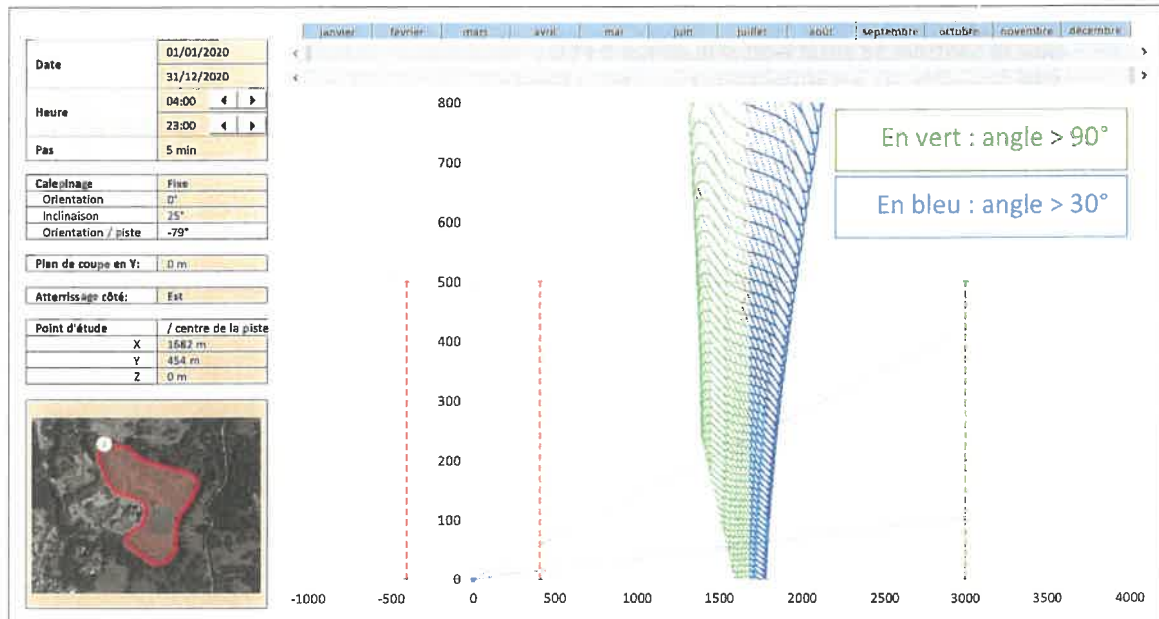


Figure 9 : Modélisation – QFU 349°



Figure 10 : Graphique de gêne visuelle sur l'année entière

**Conclusion** : Les matins entre 5h30 et 8h (heures solaires), certains rayons sont réverbérés vers les pilotes en phase d'approche, mais leur angle d'incidence avec la trajectoire d'approche reste strictement supérieur à 30°. La centrale étant située en zone A, il y a par conséquent absence de gêne visuelle conformément à la NIT de la DGAC.

## VI. Conclusion de l'étude

Aucun cas de gêne n'a été détecté :

- Soit la centrale se situe hors des zones B et C ;
- Soit aucun rayon n'est réverbéré vers les pilotes ;
- Soit l'angle d'incidence entre le rayon réverbéré et les pilotes est supérieur au seuil de 30° de la zone A (centrale située en zone A).

**Conformément à la note technique de la DGAC du 27 juillet 2011, aucune gêne visuelle n'a été détectée.**