



STAC

Journée technique 2011

Impact sur l'éblouissement des
pilotes des champs
photovoltaïques sur et aux
abords des aérodomes



Bronislaw KAPITANIAK - Expert ergonomiste
Pierre THERY - STAC

Ressources, territoires et habitats
Énergie et climat
Prévention des risques
Développement durable
Infrastructures, transports et mer

Présent
pour
l'avenir

Service technique de l'aviation civile

Problématique

- ♣ Forte demande de l'industrie :
 - _ politique public favorable ;
 - _ espaces disponibles à proximité et sur les aéroports ;
 - ◇ une augmentation importante des dossiers de demande et des projets importants
- ♣ Des contraintes aéronautiques :
 - _ des panneaux susceptibles de réfléchir la lumière solaire ;
 - _ des pratiques peu nombreuses et peu harmonisées ;
 - ◇ Un besoin d'évaluation rapide de la gêne et de méthodologie d'étude des dossiers
- ♣ Etude confiée au STAC



Etude réalisée par le STAC

♣ Evaluation de la gêne visuelle, basée sur la réponse physiologique à l'éblouissement :

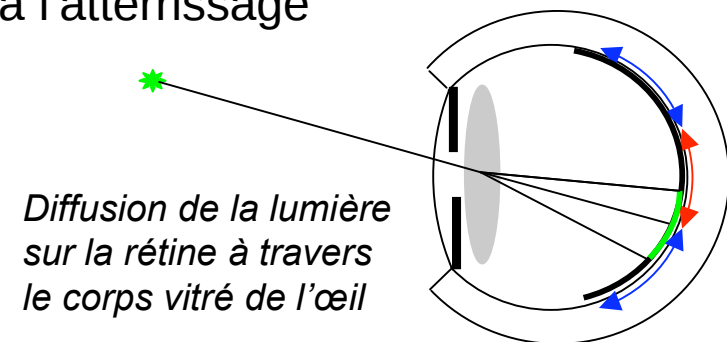
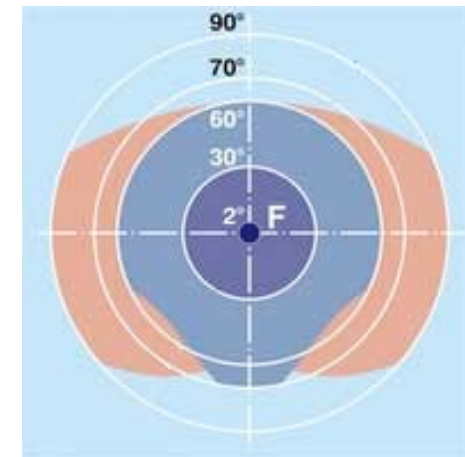
- _ Éblouissement par effet de voile ;
 - ◇ réduction de la perception du contraste
- _ Éblouissement par effet de surprise ;
 - ◇ perception d'un changement d'état

♣ Des phases sensibles :

- _ Phase d'approche et d'atterrissage ;
- _ Phase de roulage au décollage ou à l'atterrissage

Eblouissement :

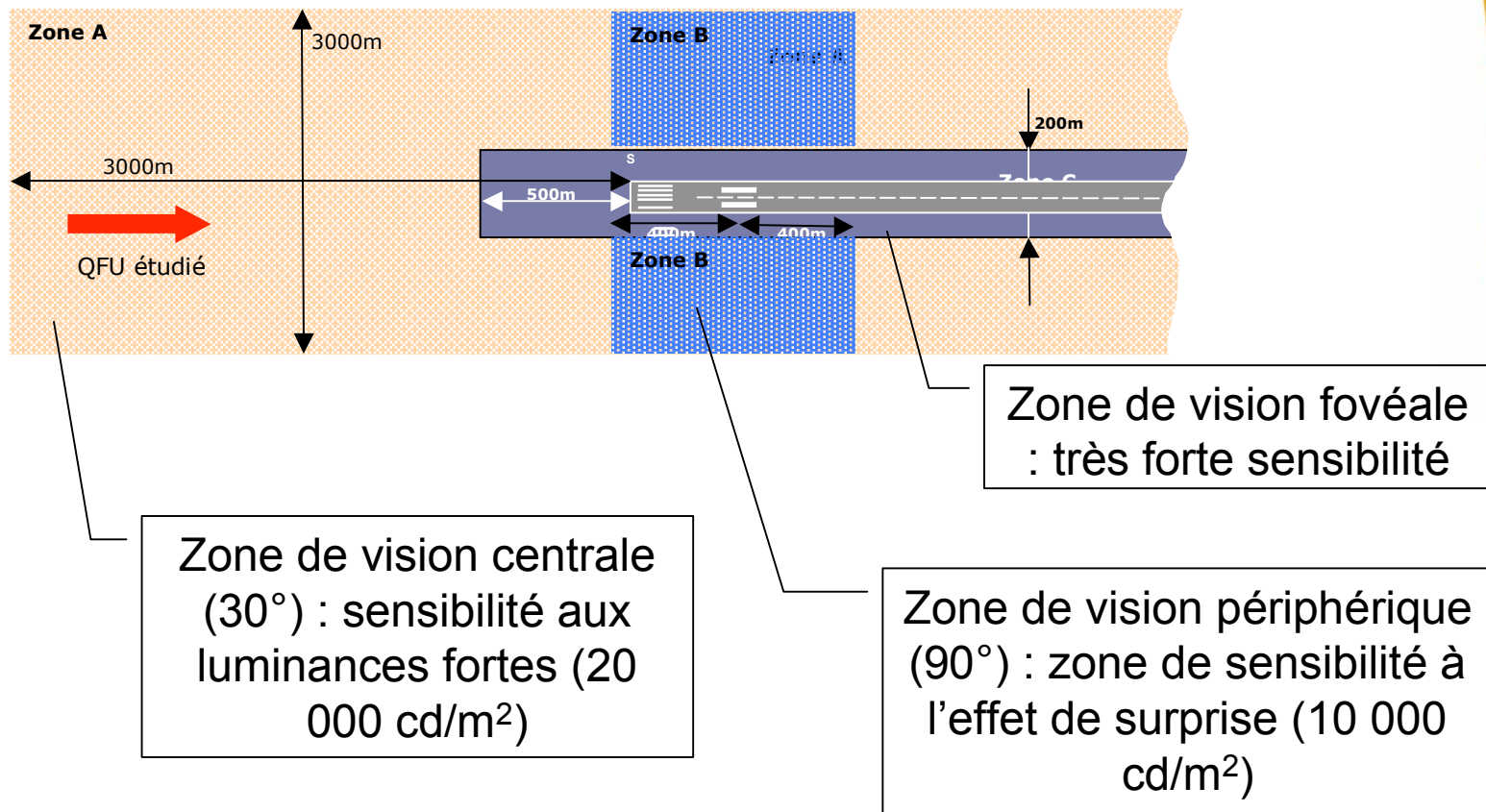
Conditions de vision dans laquelle l'observateur éprouve soit une gêne, soit une réduction de l'aptitude à distinguer des détails ou des objets, en raison de la présence d'une source trop intense dans le champ visuel ou de contrastes trop importants (CIE 845-02-52)



Diffusion de la lumière sur la rétine à travers le corps vitré de l'œil

Principaux résultats

♣ Les contraintes définies



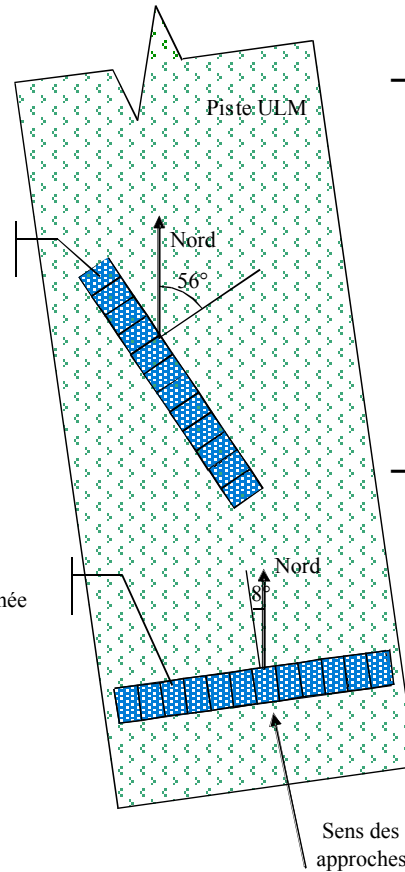
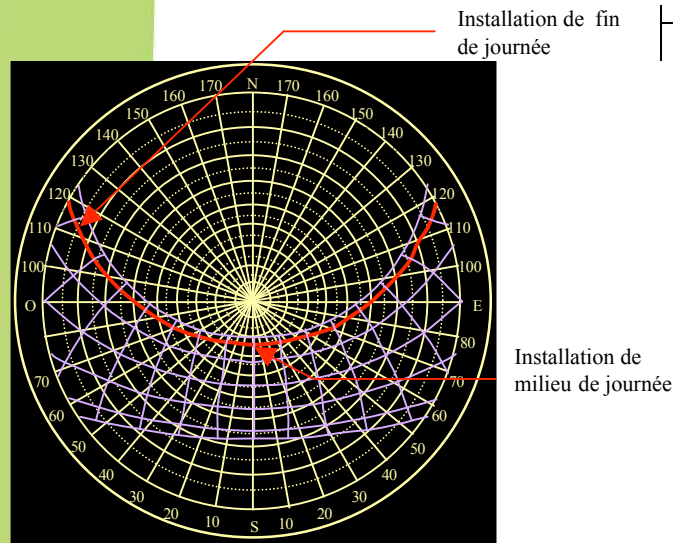
Confirmation des résultats

- ♣ Confirmation des travaux par des expérimentations :
 - _ réalisation avec l'aéroport d'Avignon, l'Armée de l'Air et le groupement SOLERO ;
 - _ Simulation d'approche d'un hélicoptère sur une installation de panneaux solaires :
 - ◇ La réflexion du Soleil sur les panneaux se fait en direction de l'approche de l'hélicoptère



L'expérimentation

♣ L'installation



_ Panneaux testés

- λ Panneaux classiquement utilisés dans des installations solaires (2 fabricants)
- λ Panneaux à faible réflexion et forte diffusion de la lumière réfléchie (2 fabricants)

_ Deux conditions de tests

- λ Milieu de journée pour avoir une référence en puissance solaire forte
- λ Fin de journée pour avoir une référence de puissance solaire réduite



L'évaluation de la gêne

Entretiens

entretiens semi-directifs
questionnaire comportant une échelle analogique permettant de quantifier une sensation subjective d'éblouissement

Mesures photométriques

éclairage avec luxmètre Konica-Minolta T10.
luminance avec luminancemètre LS110 Konica-Minolta 110 réglé avec la réponse « fast » et mode « cont ».
facteurs de contrastes de luminances (CR)
Les mesures de luminances ont été faites à distances des panneaux allant de 100 à 1000 m.

Vidéo

vidéo numérique en continu, avec une caméra fixe (Sony SuperSteady Shot DSC-T10) visant le champ devant le pilote et l'autre (Sony Handycam HDR-SR1) concernant le champ d'observation de pilotes pendant le survol du site éblouissant

Stratégie visuelle

dispositif Mobile Eye avec les logiciels Eyevision et Gazetracker



L'évaluation de la gêne

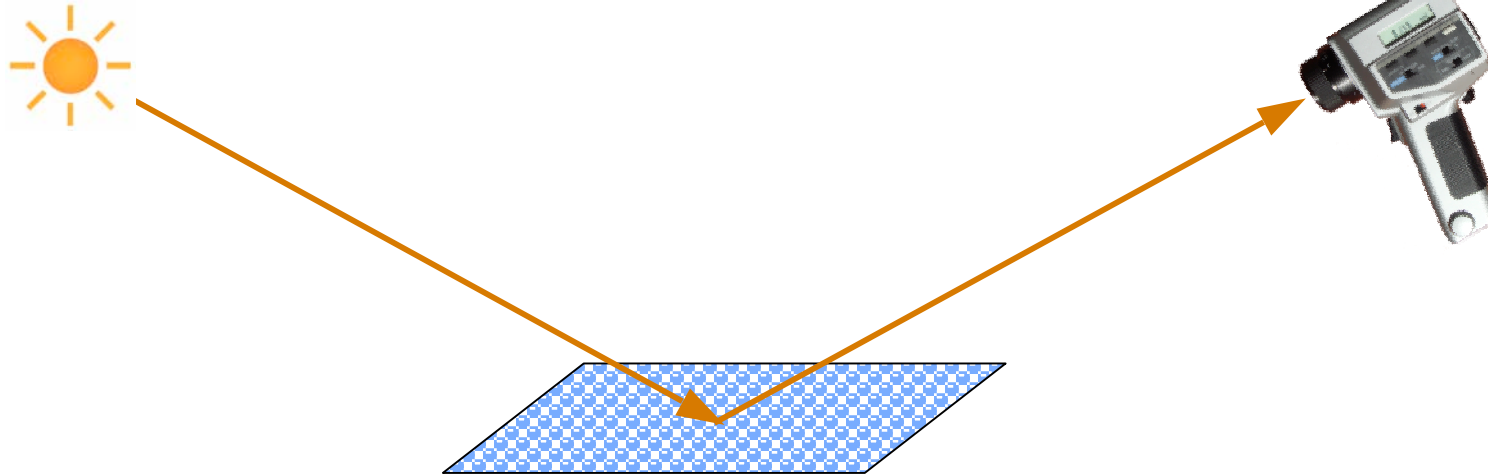
Résultats du questionnaire sur la sensation subjective d'éblouissement



	vol1		vol2			vol3		vol4		vol5		vol6	
	p1	p2	p1	p2	p3	p1	p2	p1	p2	p1	p2	p1	p2
Panneaux non traités	9,5-9,7	9,4-9,8	8,3-9,4	10,0	7,7-9,7							9,7	7,4
Panneaux traités						0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Mesures de luminances

sur les panneaux posés horizontalement



	Lmin	Lmax	Lréfléchie
Panneaux non traités			
CNT	2500	4000	>1000000
SNT	6000	8000	>1000000
Panneaux traités			
CT	2000	4000	4000
STB	6000	10000	10000
STV	6000	9000	9000
STM	7000	10000	10000

Mesures de luminances

Mesures en vol dans l'axe de réflexion solaire



$$\sin \alpha = a / c$$

$$\alpha = \frac{1}{3}^\circ$$

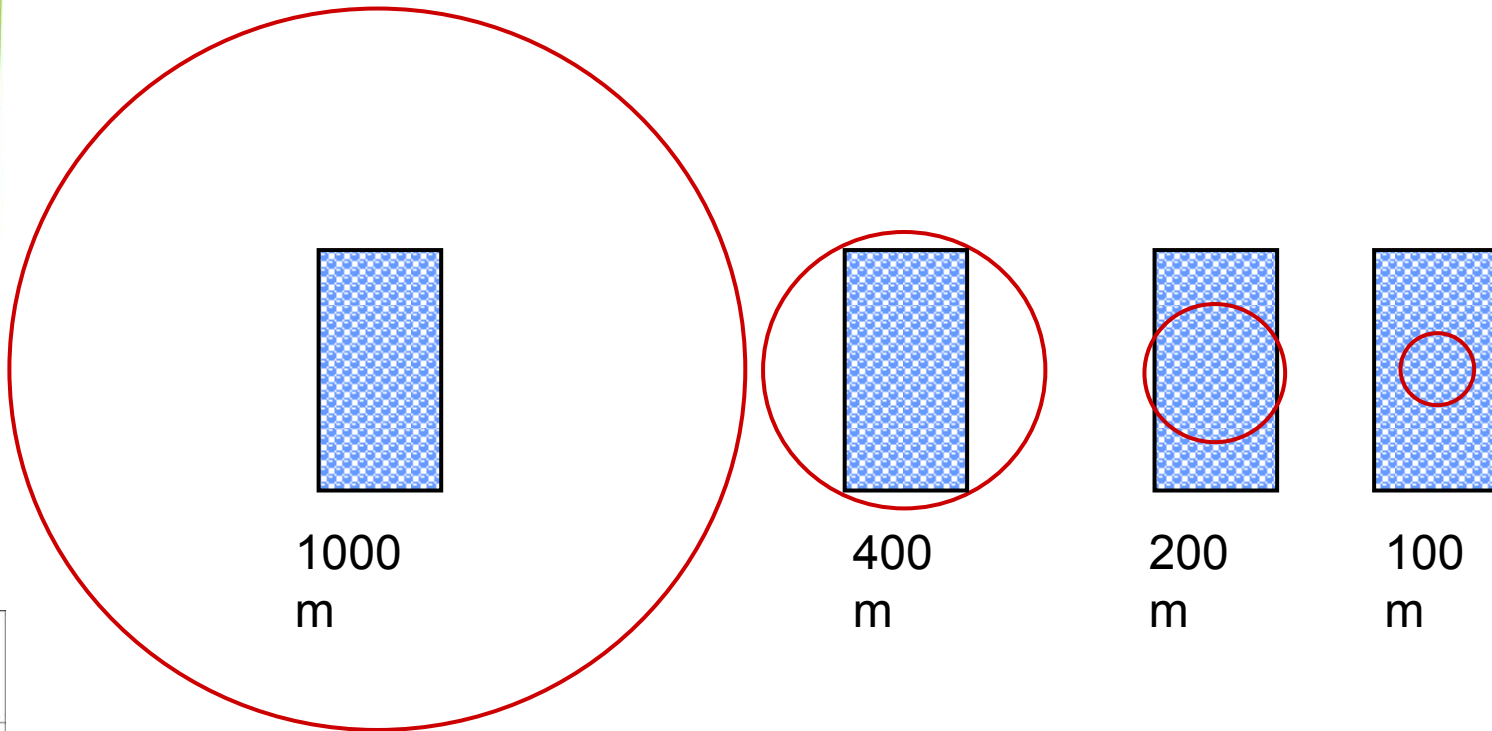
$$a = 1\text{m}$$

$$c = 172\text{m}$$

$$\sin \frac{1}{3}^\circ = 0,005818$$

$$a = 0,4\text{m}$$

$$c = 68\text{m}$$



1000
m

400
m

200
m

100
m

Mesures de luminances

Mesures en vol dans l'axe de réflexion solaire

Luminances en cd/m ₂	Lmin	Lmax	CR
Ciel direct	5000	6000	7,5
Ciel à travers le pare brise	3000	4500	5,6
Sol à travers le pare brise	800	1500	1,9
Tableau de bord d'hélicoptère	30	300	150,0
Panneaux non traités à 100 m			
CNT		>1 000 000	>1250
SNT		>1 000 000	>1250
Panneaux traités à 100 m			
CT	4400	5700	1,9
STV	5700	6300	2,1
STB	5800	6500	2,2
STM	5400	7300	2,4



0:03:03.23 (00058442) C:\Program Files\Applied Sciences Laboratories\Fye-Vision software for M



2000m

0:03:03.00 (00049387) C:\Program Files\Applied Sciences Laboratories\Fye-Vision software for M



1500m

0:00:00.33 (00052061) C:\Program Files\Applied Sciences Laboratories\Fye-Vision software for M

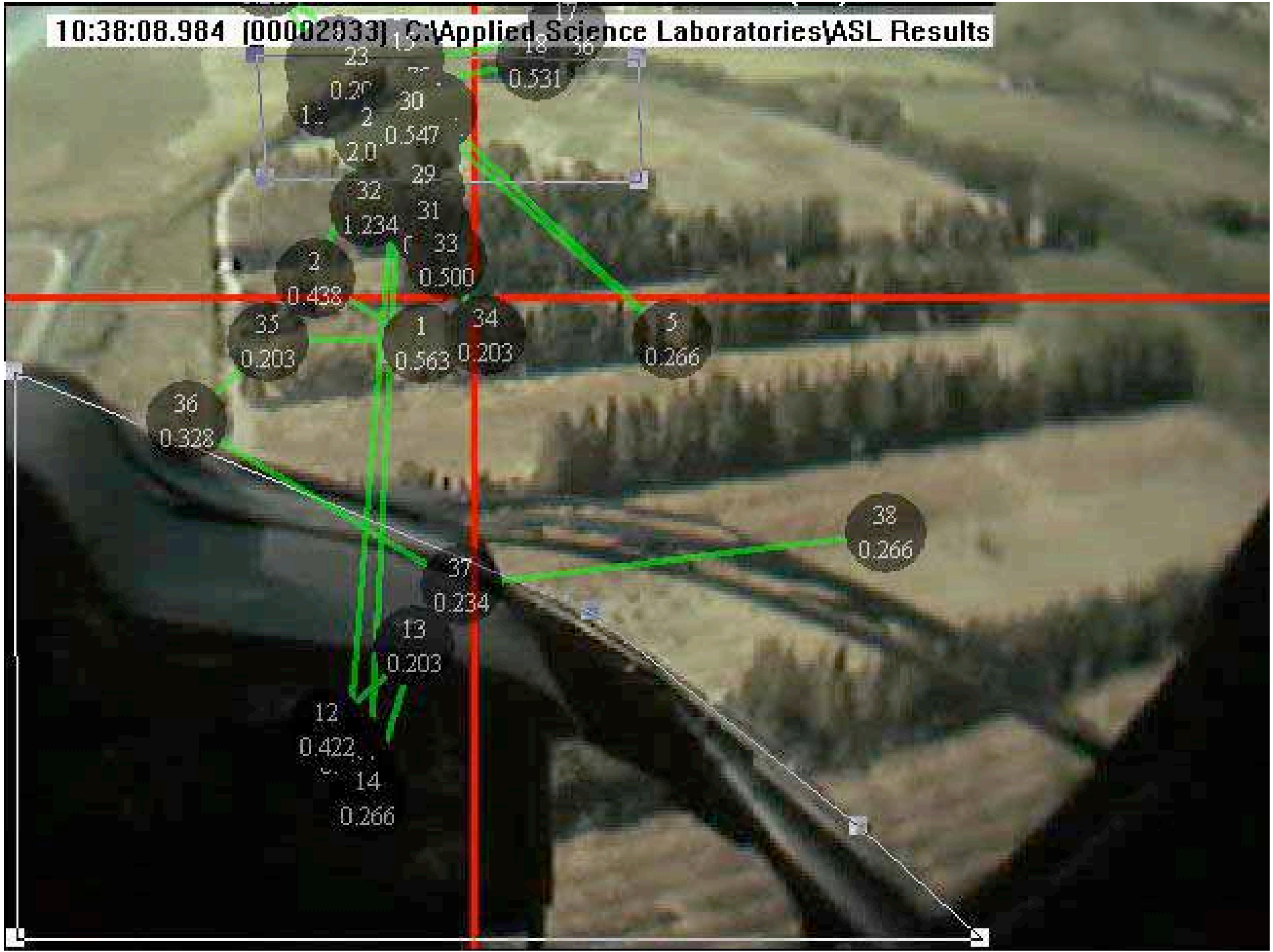


600m

0:00:11.82 (00053305) C:\Program Files\Applied Sciences Laboratories\Fye-Vision software for M



400m





Conclusions

L'ensemble des résultats de l'étude permet de conclure que les panneaux photovoltaïques non traités **peuvent provoquer l'éblouissement incapacitant** si le pilote se trouve dans le faisceau de réflexion solaire

On peut admettre que les conditions de rapport des luminances entre l'intérieur et l'extérieur du cockpit d'aéronef constatées au cours de notre étude sont relativement représentatives pour l'ensemble des aéronefs

La stratégie visuelle observée du pilote montre que le contrôle de cibles potentiellement éblouissantes est inévitable et qu'il y a une forte chance que le temps de ce contrôle ne soit pas négligeable

En revanche, les résultats des mesures des luminances ainsi que du questionnaire subjectif permettent de conclure que les **panneaux traités anti-éblouissement qui ont fait l'objet de l'étude ne provoquent pas d'éblouissement**



STAC

Merci de votre attention

