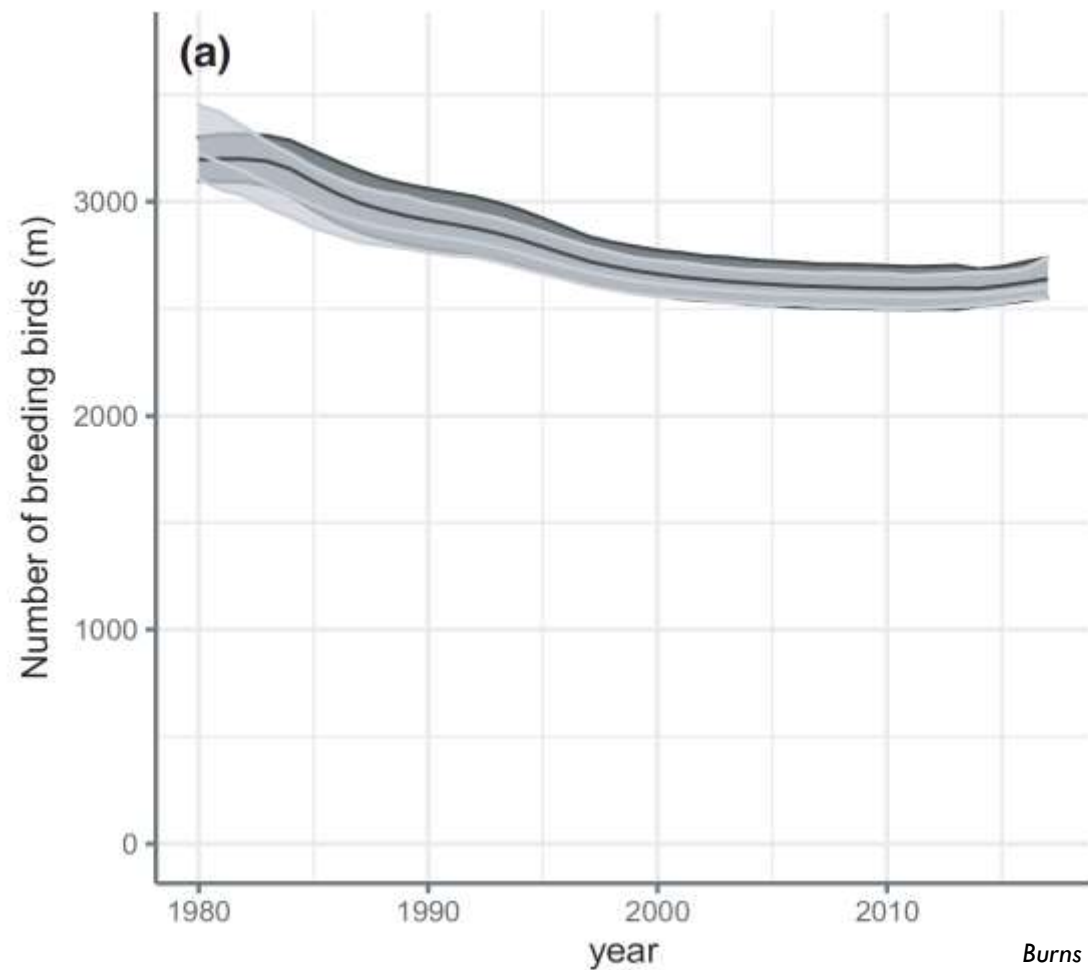
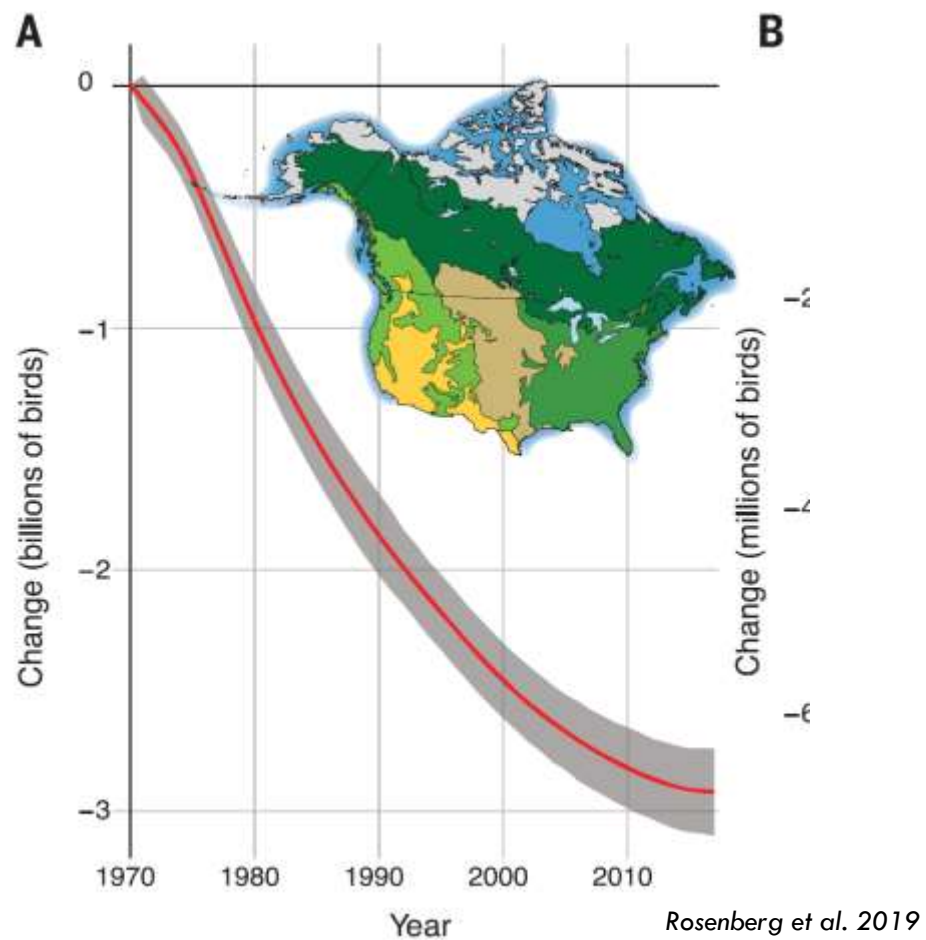




# ETUDE DES CAPACITÉS VISUELLES DU TÉTRAS-LYRE *LYRURUS TETRIX*

Compréhension des percussions avec les infrastructures situées au sein des domaines skiables et réflexion sur des solutions éventuelles

# INTRODUCTION



# LES DISPOSITIFS ANTHROPIQUES : UNE CAUSE IMPORTANTE

Perte et fragmentation de l'habitat



Déplacements liés aux perturbations



Modification des trajectoires de vol



**Percussions**



*Drewitt et Langston 2008*

# IMPORTANCE DES PERCUSSIONS



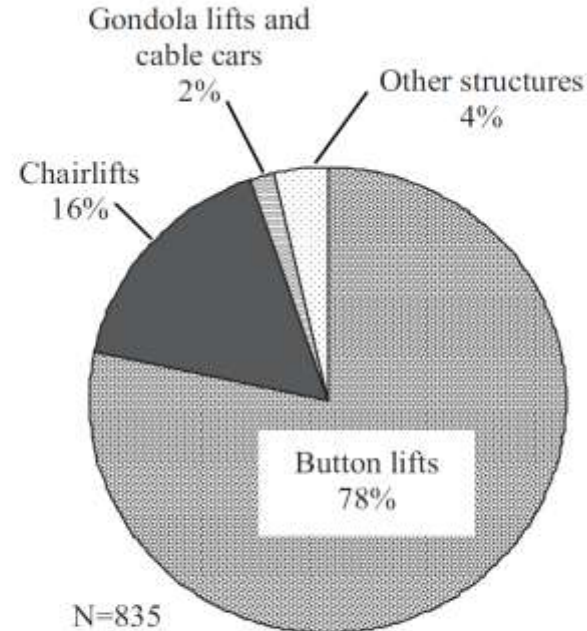
365 – 988 millions d'oiseaux tués par an aux USA



7 oiseaux par an par éolienne en France



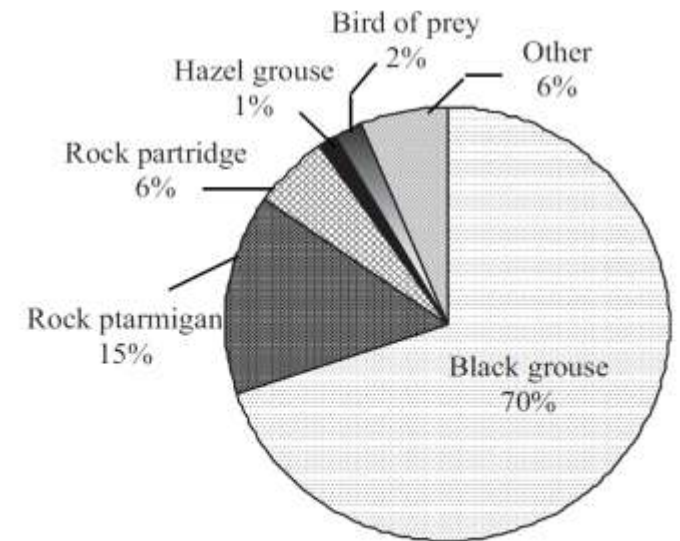
# IMPORTANCE DES PERCUSSIONS DANS LES STATIONS DE SKI



**Figure 3:** Causes of bird mortality by type of structure.

**French Alps**

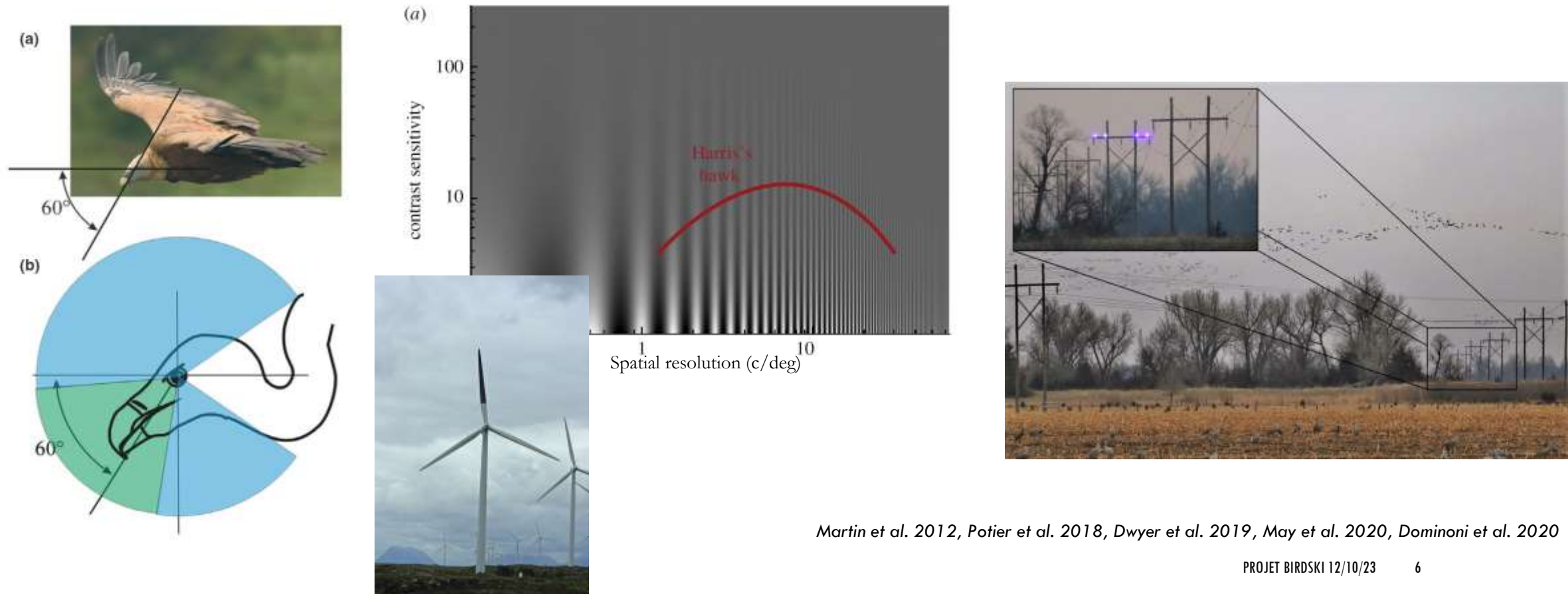
Species	Number of mortalities
Black grouse	476
Rock ptarmigan	103
Rock partridge	38
Hazel grouse	10
Bird of prey	14
Other	43
<b>TOTAL</b>	<b>684</b>



**Figure 5:** Mortality of bird species.

# L'ÉCOLOGIE SENSORIELLE COMME SOLUTION ?

Augmenter la prise en compte des capacités sensorielles améliore considérablement les programmes de conservation



*Martin et al. 2012, Potier et al. 2018, Dwyer et al. 2019, May et al. 2020, Dominoni et al. 2020*

# L'ÉCOLOGIE SENSORIELLE COMME SOLUTION ?

Augmenter la visibilité des câbles



Dès lors qu'il y a une balise, peu importe laquelle, la visibilité du câble est augmentée !

Il faut donc continuer à disposer des balises !



**QUESTION : PEUT-ON RÉDUIRE LES  
PERCUSSIONS DES TÉTRAS-LYRE EN ÉTUDIANT  
LEURS CAPACITÉS VISUELLES ?**

- 1) Champs de vision
- 2) Acuité visuelle
- 3) Sensibilité aux contrastes
- 4) Sensibilité spectrale



# 1) CHAMPS DE VISION

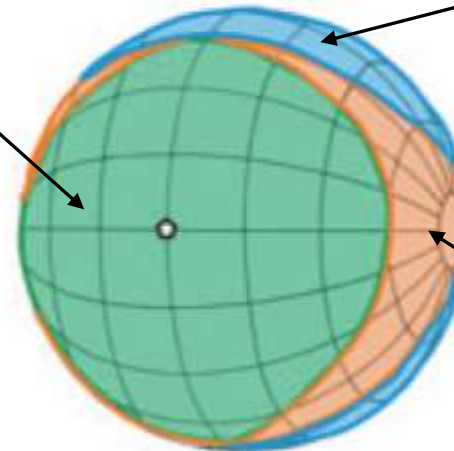
Comment se définissent les champs de vision ?



Région binoculaire

Human

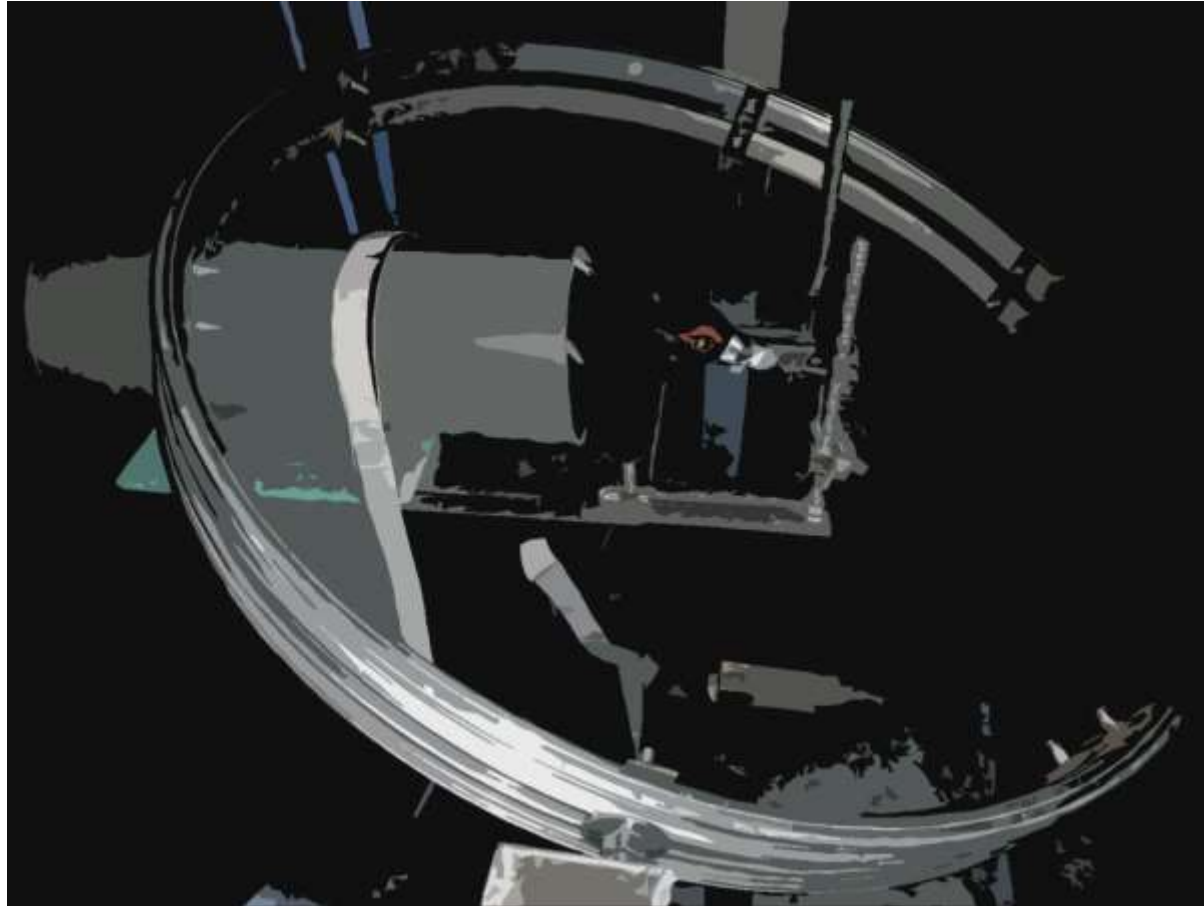
Zone aveugle



Région monoculaire

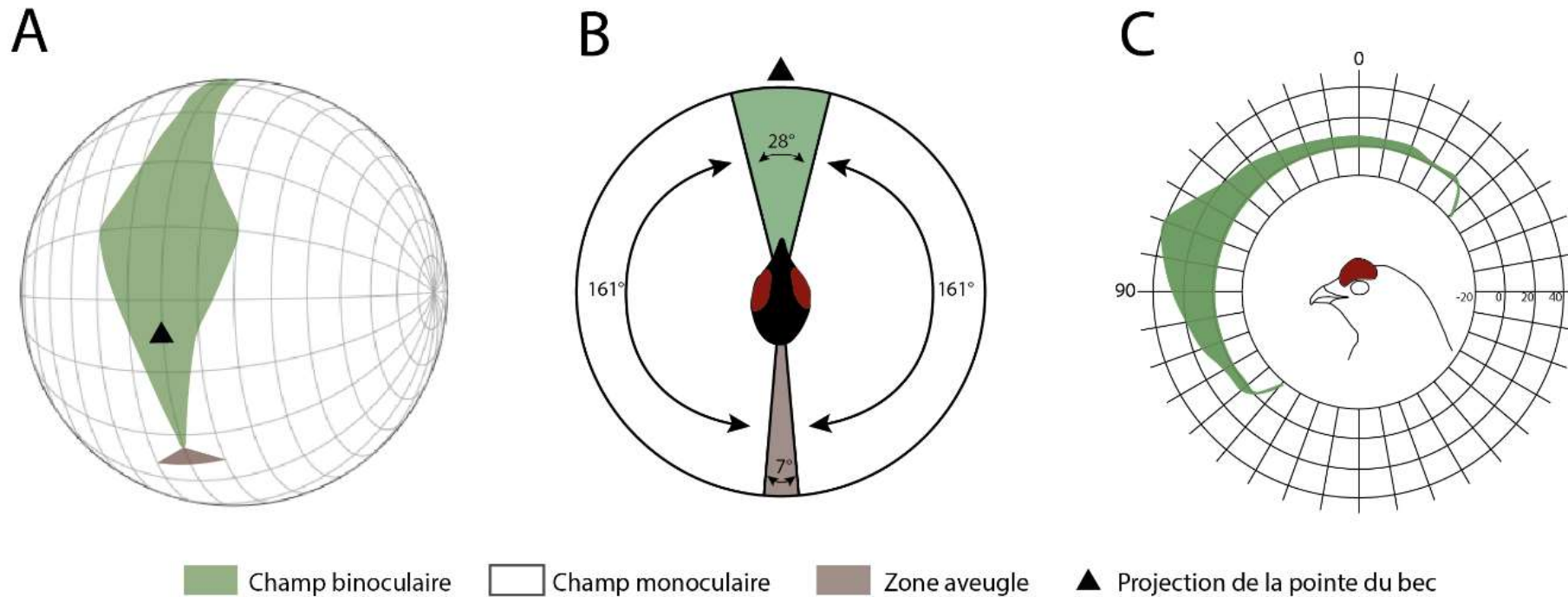
# 1) CHAMPS DE VISION

Méthode



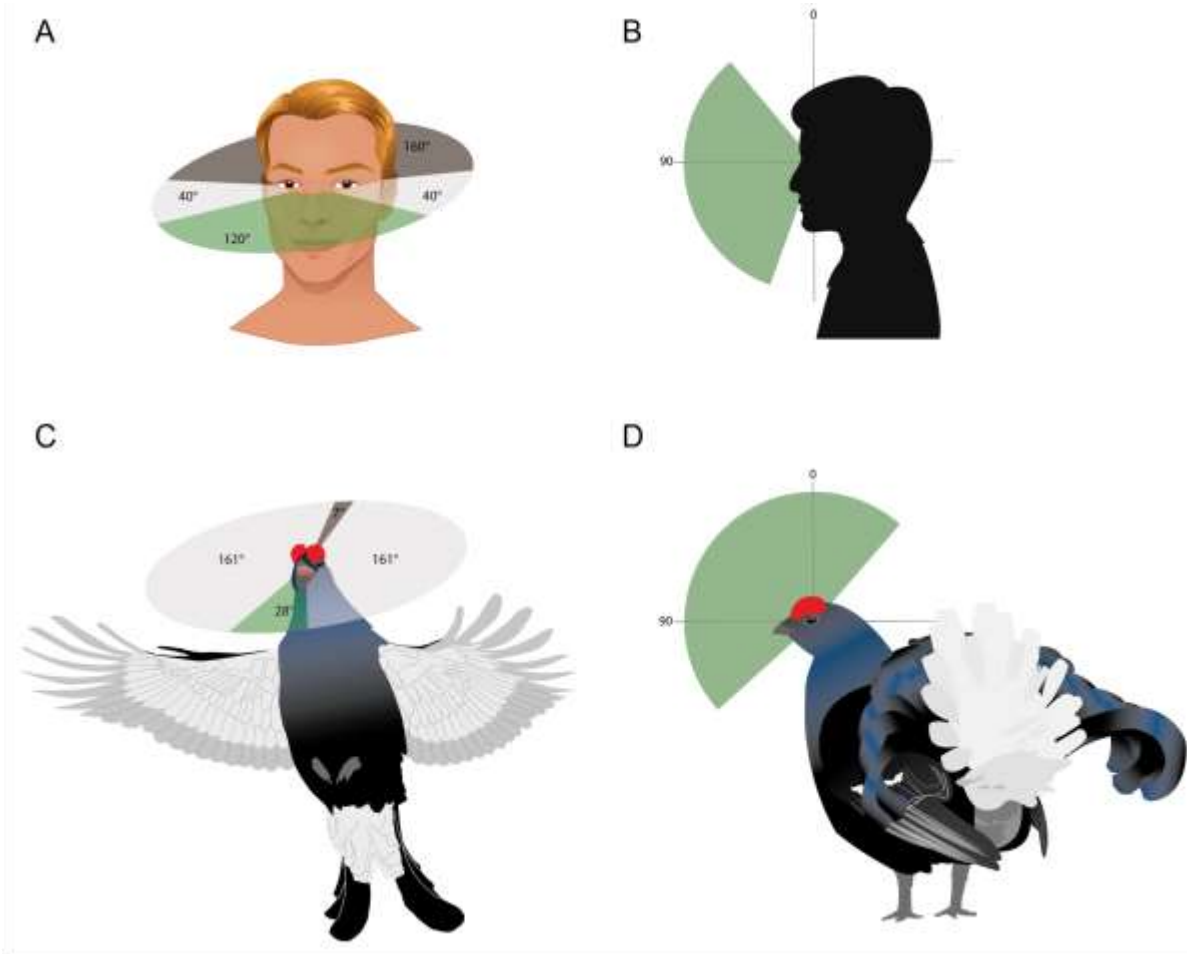
# 1) CHAMPS DE VISION

## Résultats



# 1) CHAMPS DE VISION

Résultats





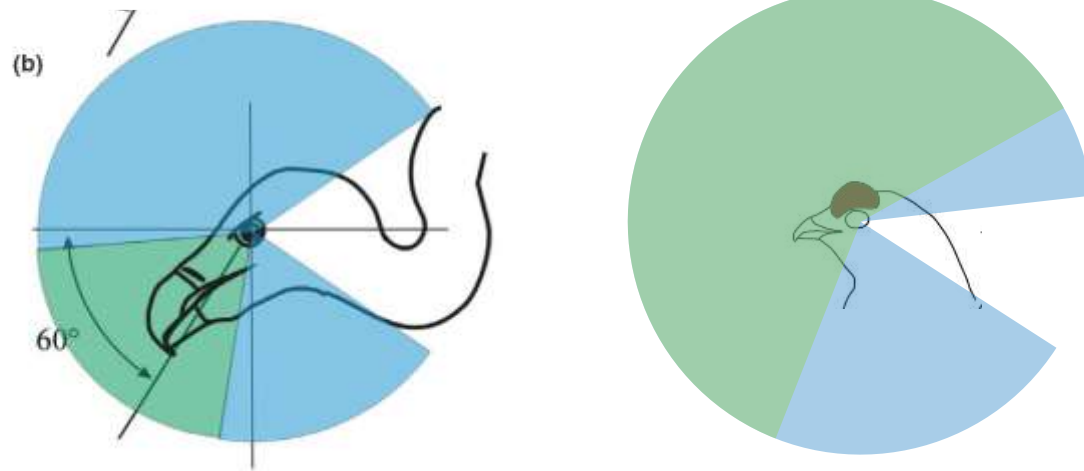
# 1) CHAMPS DE VISION

Résultats



# 1) CHAMPS DE VISION

Interprétation dans le contexte des percussions



# 1) CHAMPS DE VISION

## Conclusion

Les câbles entrent dans le champ de vision des tétras-lyre, peu importe la trajectoire de vol.

Il est donc possible d'envisager des solutions visuelles afin d'éviter les percussions.



Pour cela, il faut connaître les autres composantes visuelles !



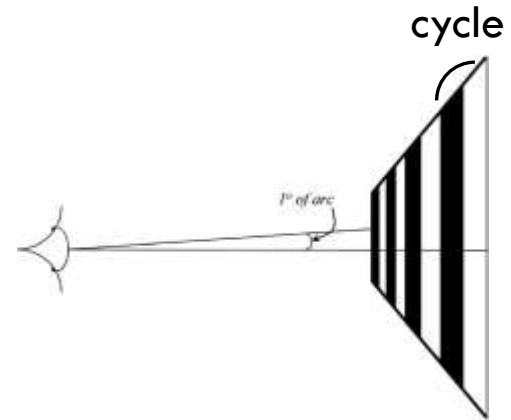
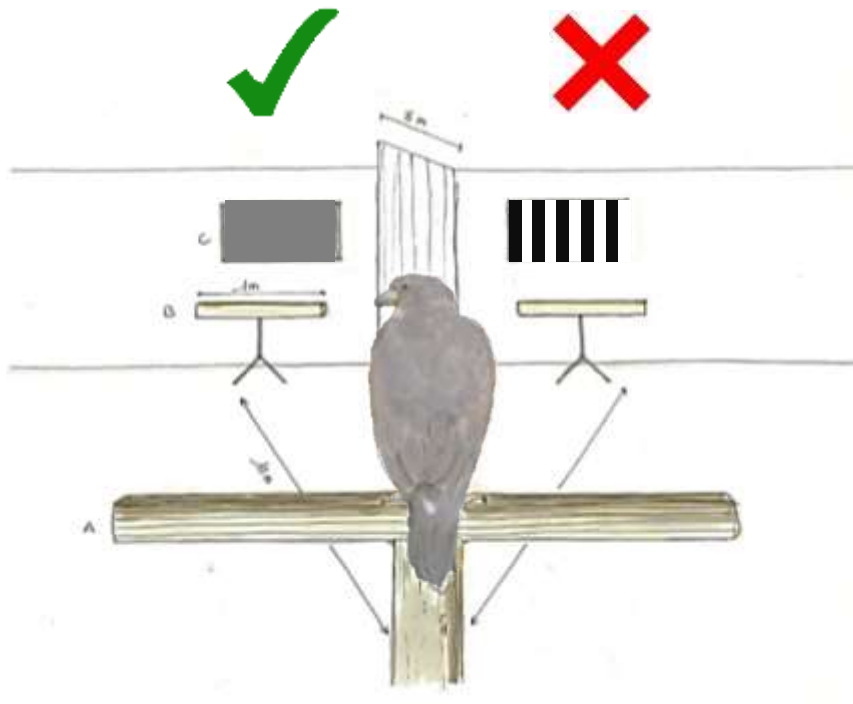
**QUESTION : PEUT-ON RÉDUIRE LES  
PERCUSSIONS DES TÉTRAS-LYRE EN ÉTUDIANT  
LEURS CAPACITÉS VISUELLES ?**

- 1) Champs de vision
- 2) Acuité visuelle
- 3) Sensibilité aux contrastes
- 4) Sensibilité spectrale



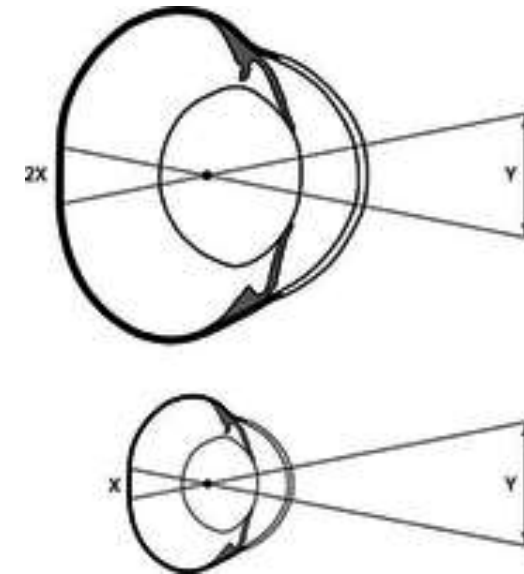
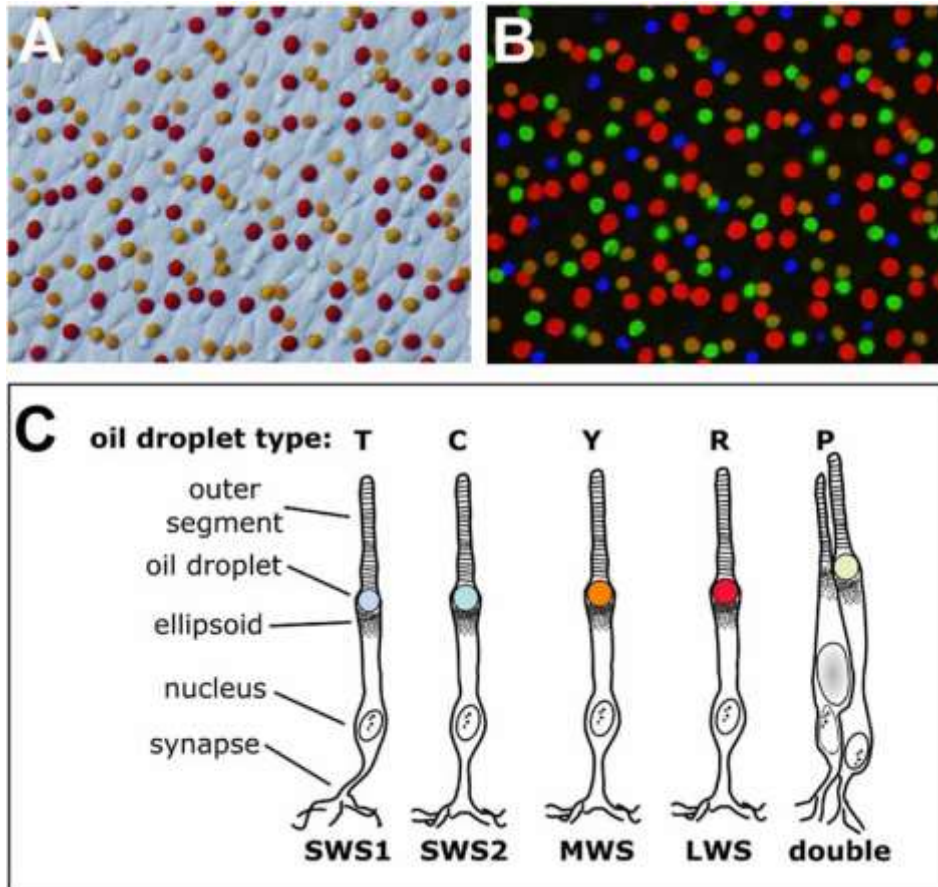
# 2) ACUITÉ VISUELLE

Comment se mesure-t-elle ?



# 2) ACUITÉ VISUELLE

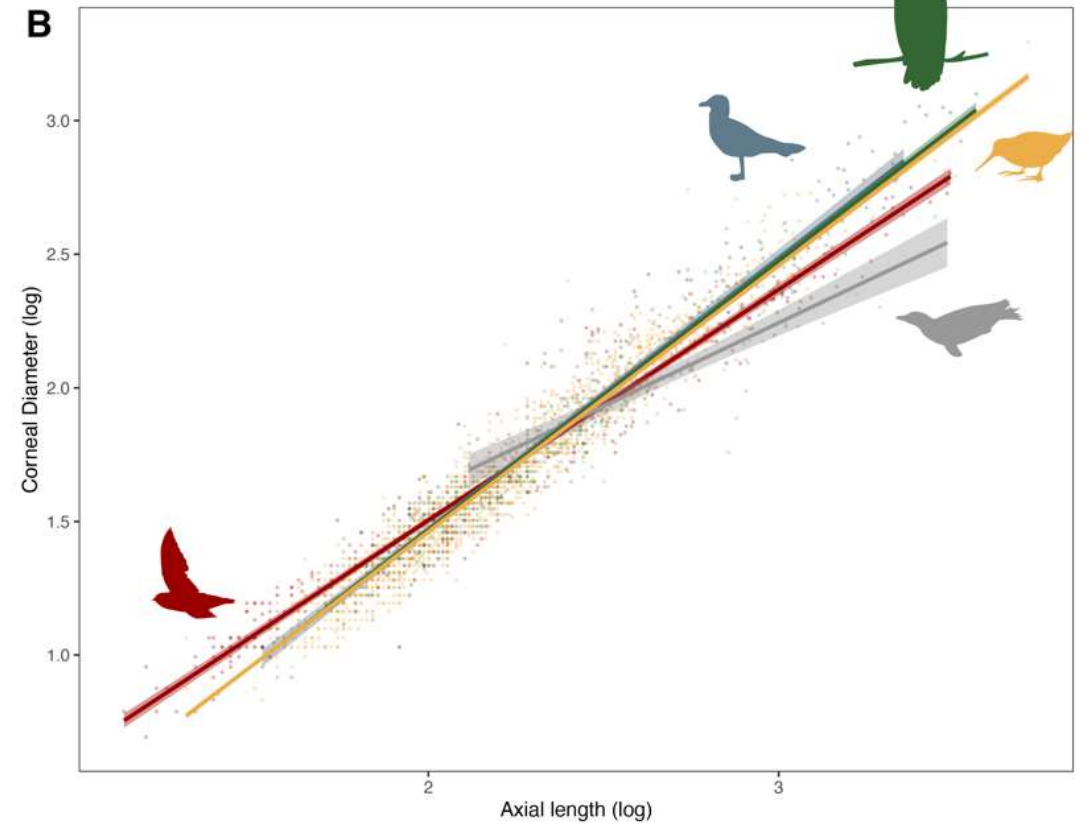
Comment se mesure-t-elle ?



Potier et al. 2016, Toomey et Corbo 2017

## 2) ACUITÉ VISUELLE

Lien taille de l'œil et acuité visuelle chez les oiseaux

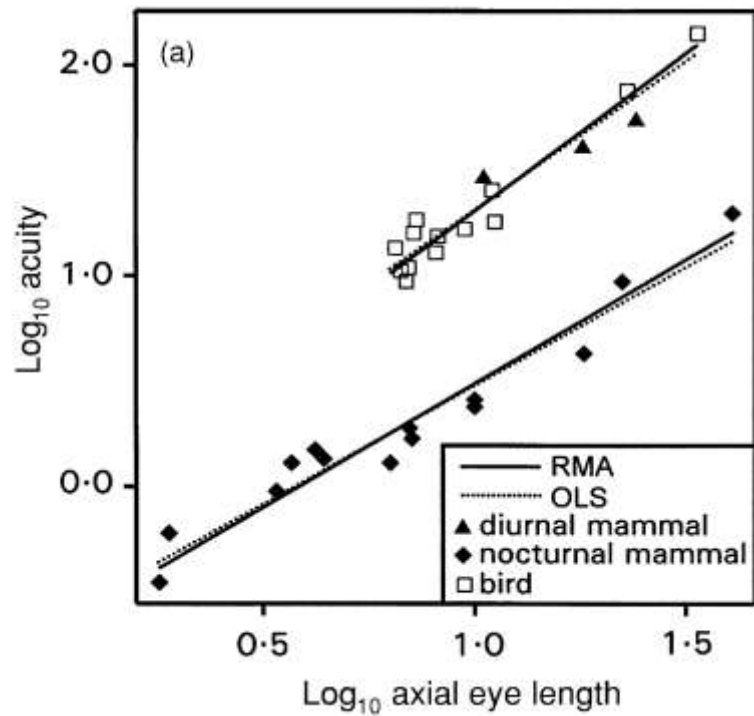


$$AL = \frac{CD}{10^{-0,22}}$$

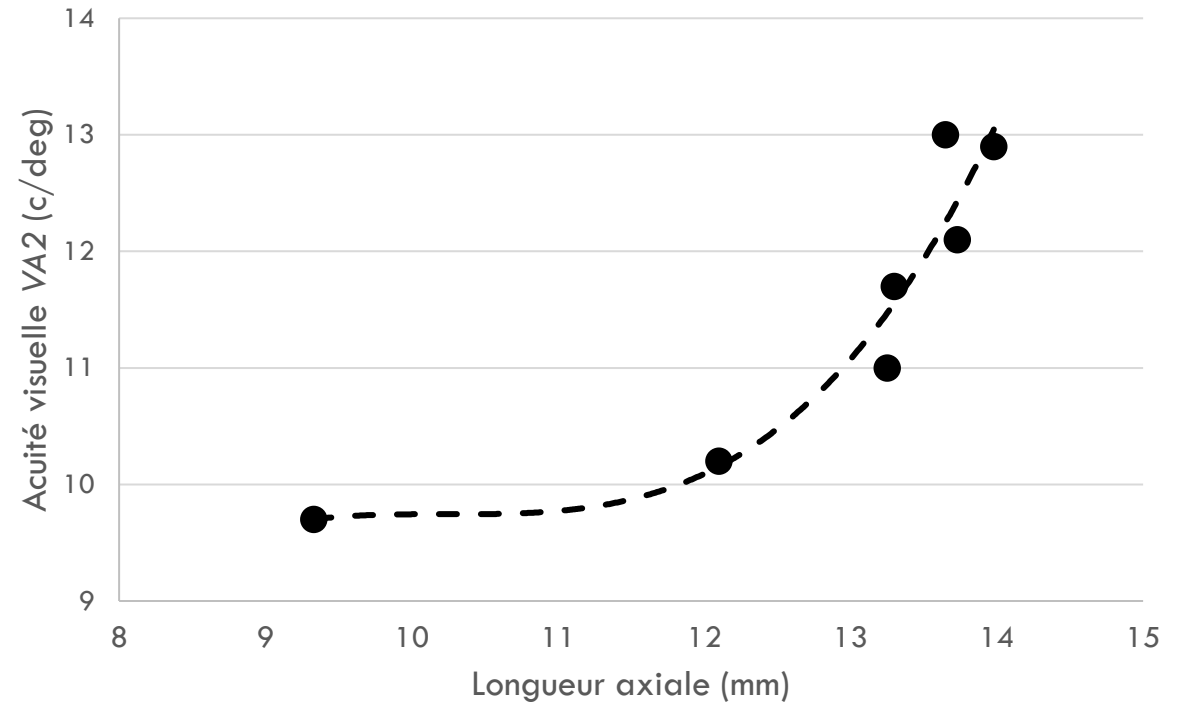
Potier et al. 2016, Toomey et Corbo 2017, Potier et al. In prep

# 2) ACUITÉ VISUELLE

Chez le tétras-lyre ?



**30.53 c/deg**

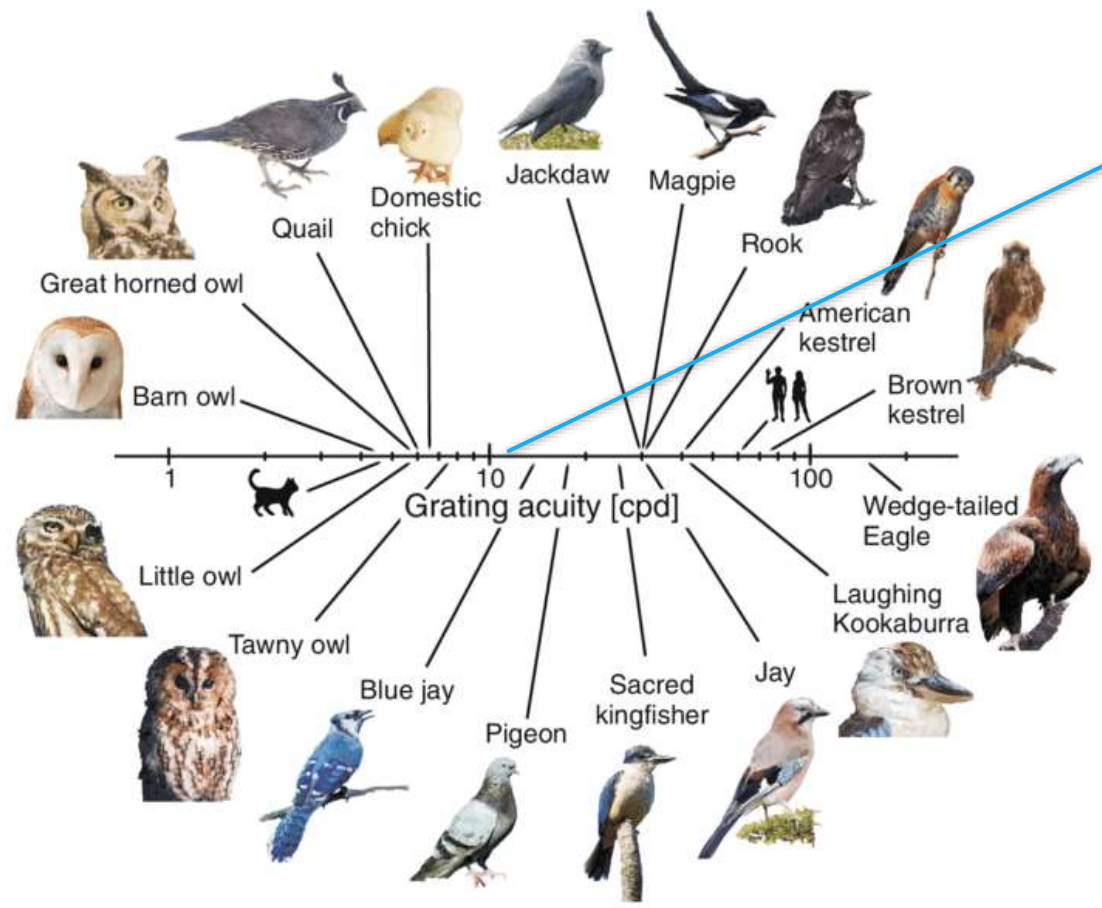


**11.54 c/deg**

*Kiltie 2000, Lisney et al. 2012*

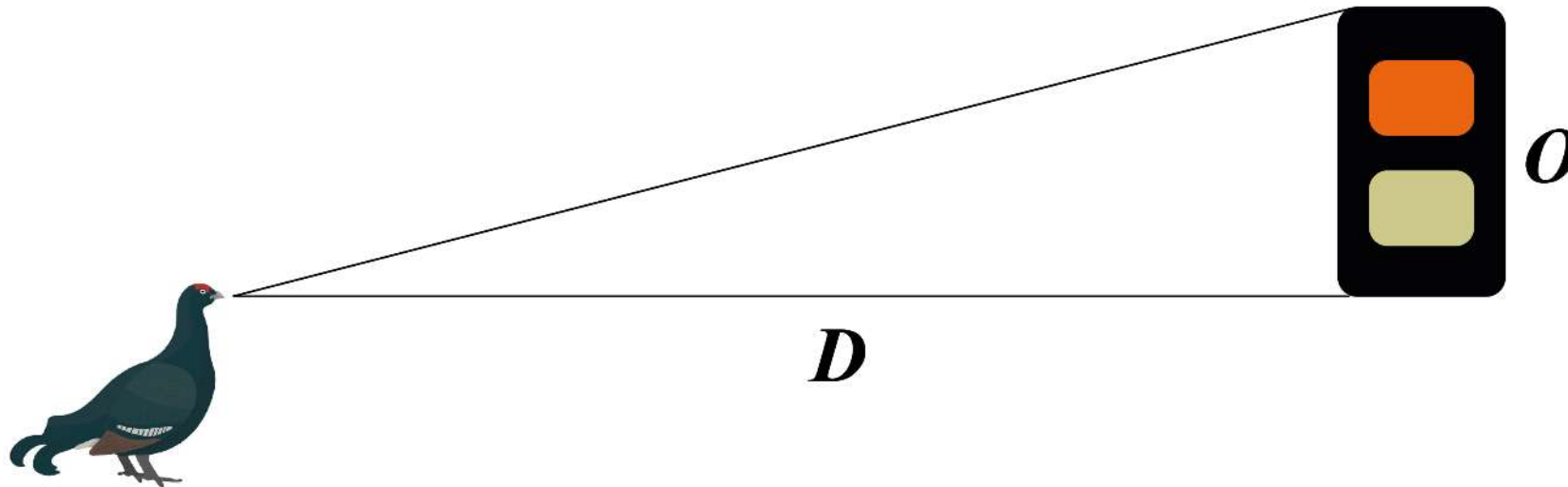


# 2) ACUITÉ VISUELLE



## 2) ACUITÉ VISUELLE

Chez le tétras-lyre ?





**QUESTION : PEUT-ON RÉDUIRE LES  
PERCUSSIONS DES TÉTRAS-LYRE EN ÉTUDIANT  
LEURS CAPACITÉS VISUELLES ?**

- 1) Champs de vision
- 2) Acuité visuelle
- 3) Sensibilité aux contrastes
- 4) Sensibilité spectrale

# 3) SENSIBILITÉ AUX CONTRASTES

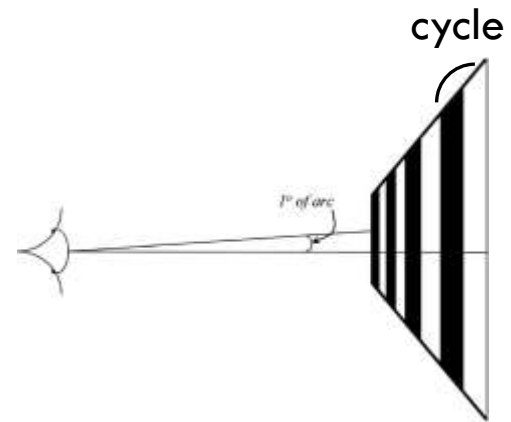
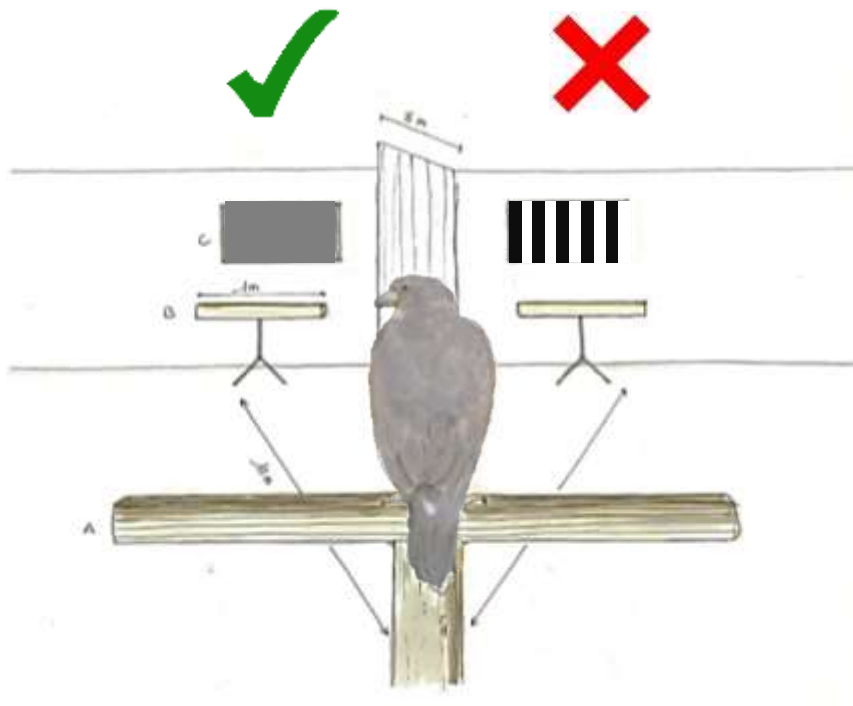
## Principes





# 3) SENSIBILITÉ AUX CONTRASTES

Méthode



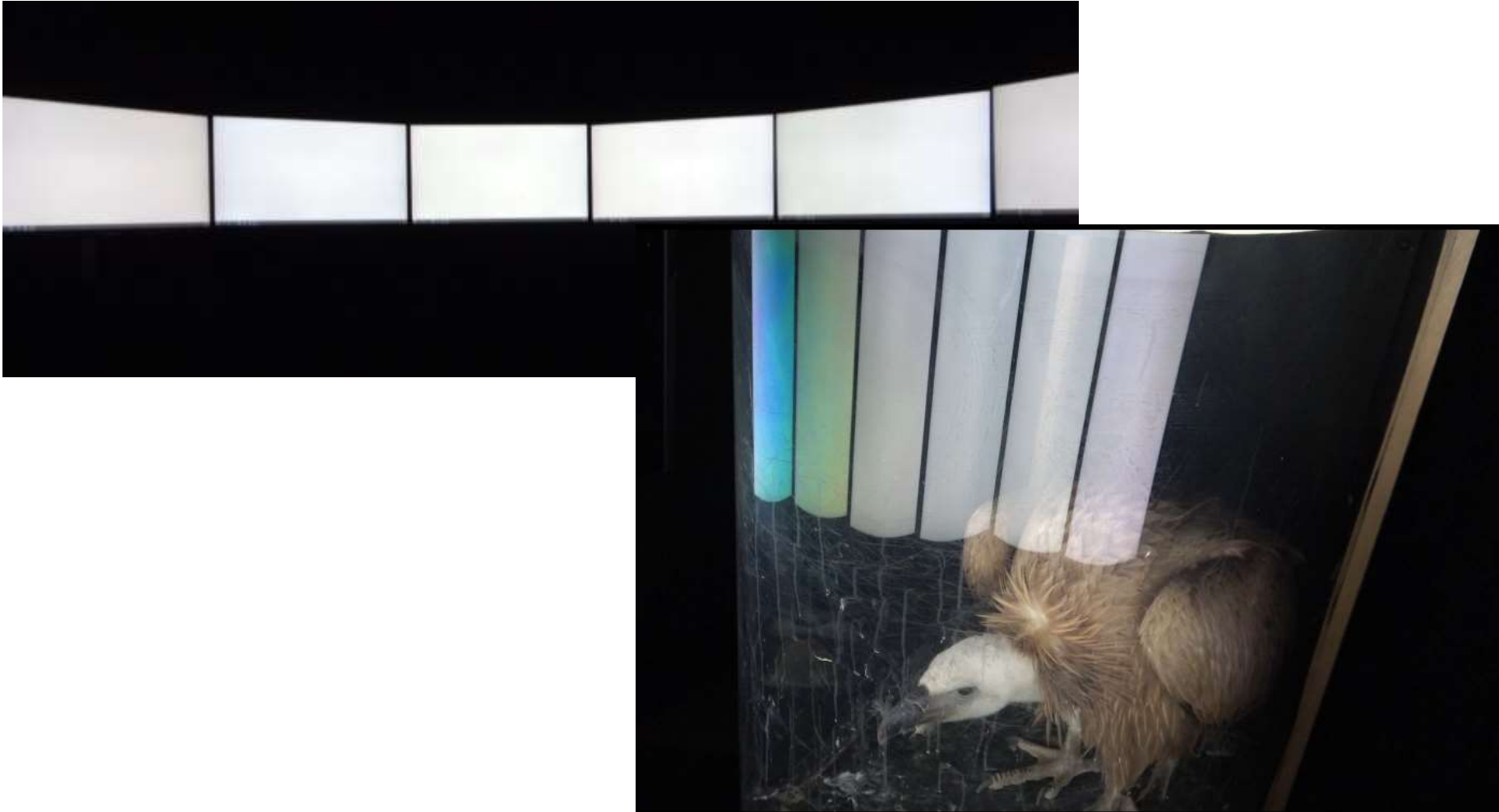
# 3) SENSIBILITÉ AUX CONTRASTES

Méthode



# 3) SENSIBILITÉ AUX CONTRASTES

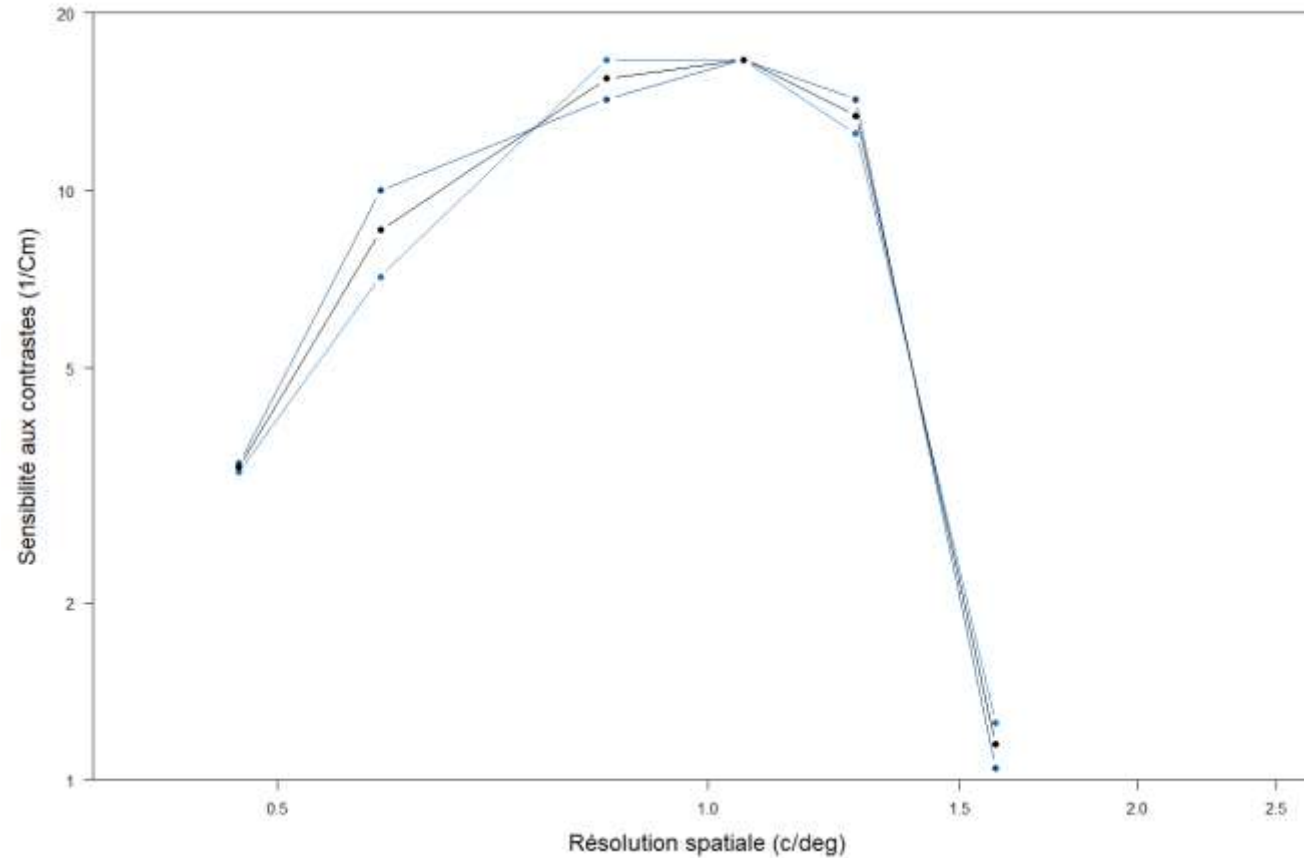
Méthode



*Blary et al. In prep*

# 3) SENSIBILITÉ AUX CONTRASTES

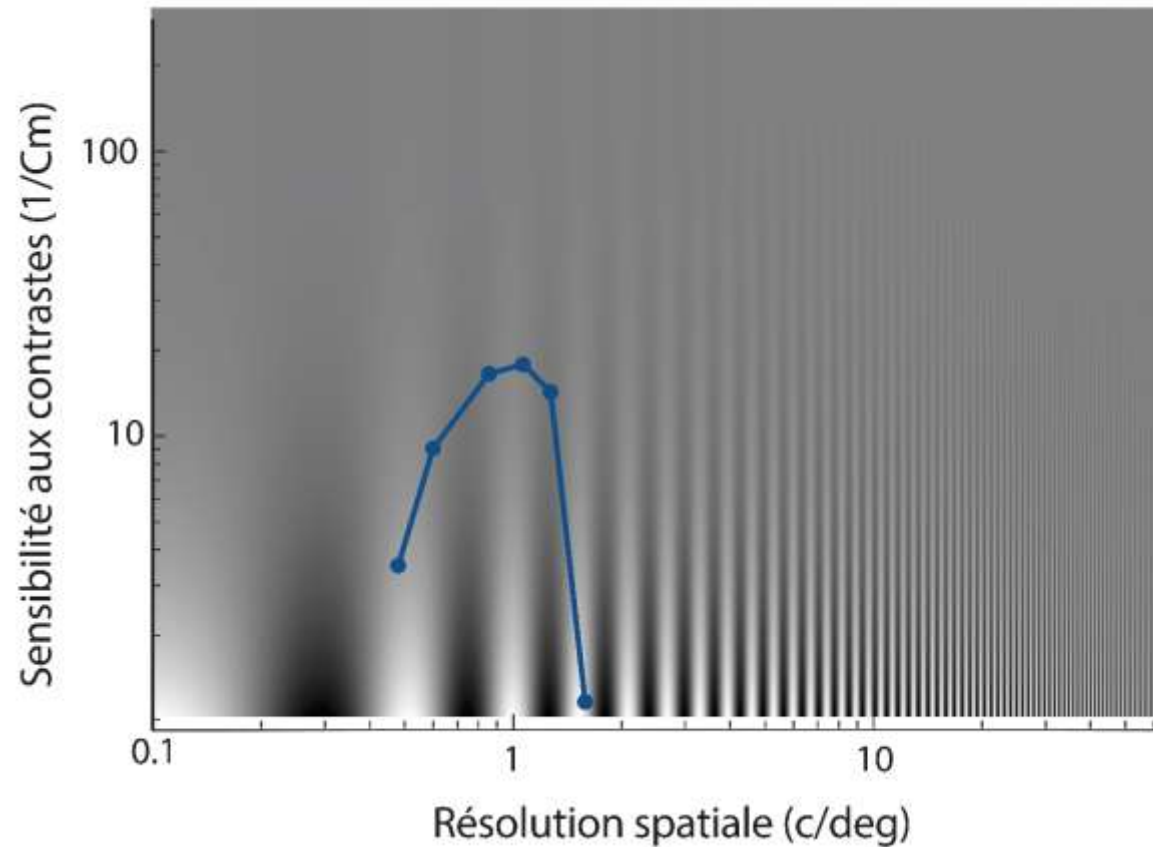
## Résultats



$$Cm = \frac{Lmax - Lmin}{Lmax + Lmin}$$

# 3) SENSIBILITÉ AUX CONTRASTES

Résultats



$$C_m = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}}$$



**QUESTION : PEUT-ON RÉDUIRE LES  
PERCUSSIONS DES TÉTRAS-LYRE EN ÉTUDIANT  
LEURS CAPACITÉS VISUELLES ?**

- 1) Champs de vision
- 2) Acuité visuelle
- 3) Sensibilité aux contrastes
- 4) Sensibilité spectrale



# 4) SENSIBILITÉ SPECTRALE



ADN non dégradé -> 4H



# 4) SENSIBILITÉ SPECTRALE

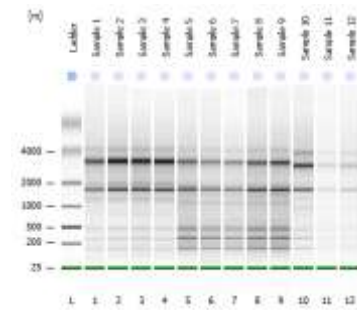
Vérification de la qualité des ADN



2100 expert\_Eukaryote Total RNA Nano\_DE04103820\_2022-11-17\_14-06-01.xad Page 1 of 17

Assay Class: Eukaryote Total RNA Nano Created: 17/11/2022 2:06:01 pm  
Data Path: C:\...Eukaryote Total RNA Nano\_DE04103820\_2022-11-17\_14-06-01.xad Modified: 17/11/2022 2:29:05 pm

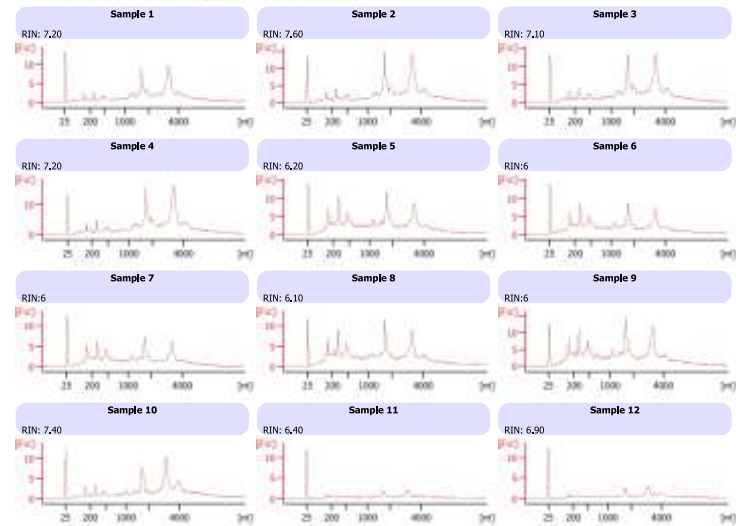
### Electrophoresis File Run Summary



**Instrument Information:**  
Instrument Name: DE04103820 Firmware: C.01.069  
Serial#: DE04103820 Type: G2939A

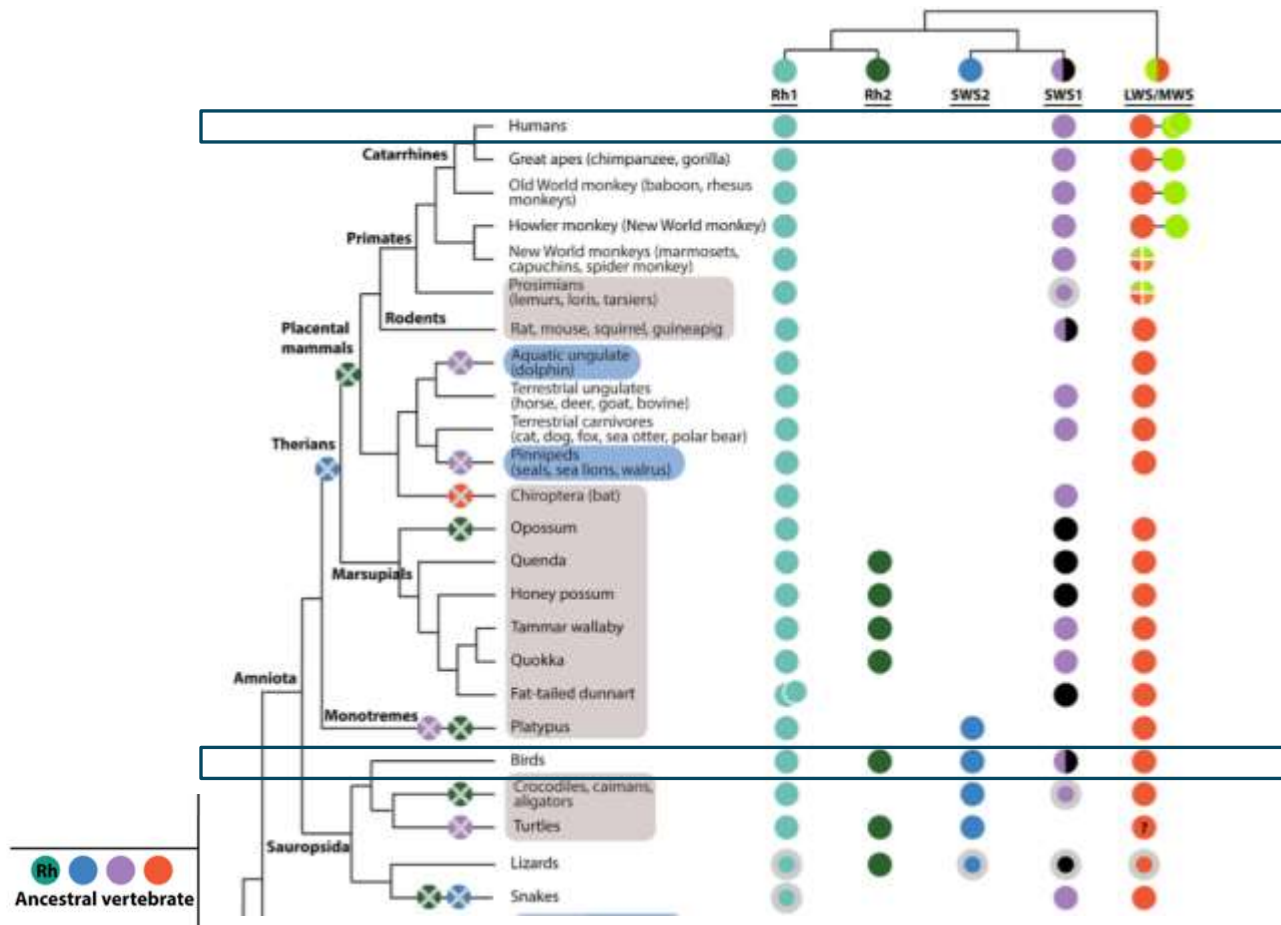
**Assay Information:**  
Assay Origin Path: C:\Program Files (x86)\Agilent\2100 bioanalyzer\2100 expert\assays\RNA\Eukaryote Total RNA Nano Series ILxxy  
Assay Class: Eukaryote Total RNA Nano  
Version: 2.6  
Assay Comments: Total RNA Analysis ng sensitivity (Eukaryote)  
© Copyright 2003 - 2009 Agilent Technologies, Inc.

**Chip Information:**  
Chip Lot #: AN10BK20  
Reagent Kit Lot #: 2129  
Chip Comments: 2022-B014\_1: Marjorie Lienard, bird tRNA (denaturated 2min 70C)  
Order of samples according to list



# 4) SENSIBILITÉ SPECTRALE

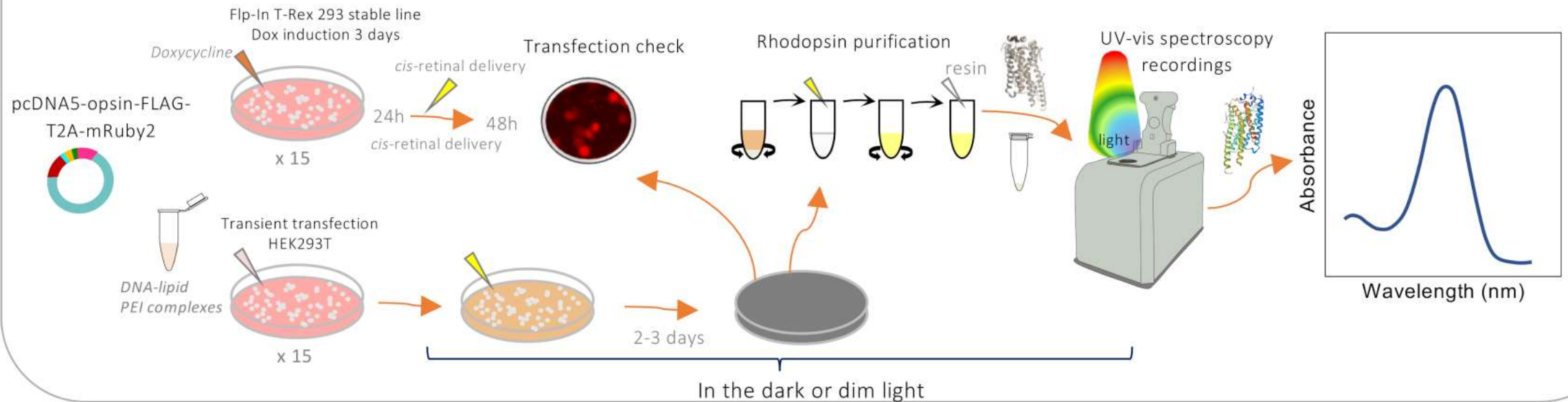
Evolution des opsines cônes chez les vertébrés



# 4) SENSIBILITÉ SPECTRALE

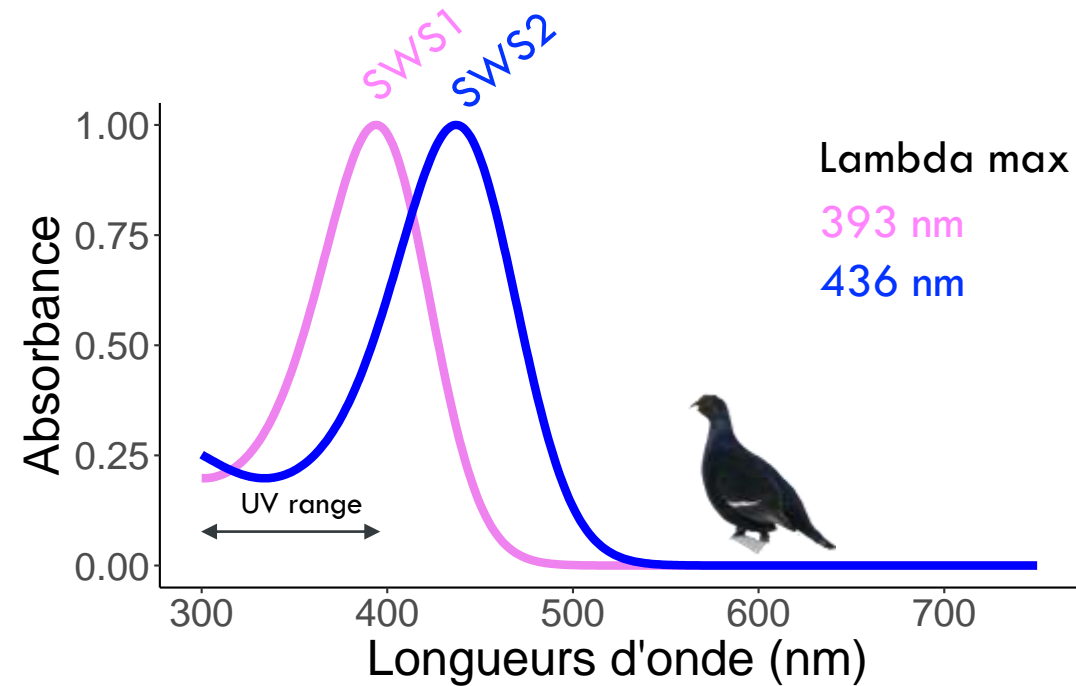
## Amplification et expression fonctionnelle

### Parallel sensitive heterologous expression



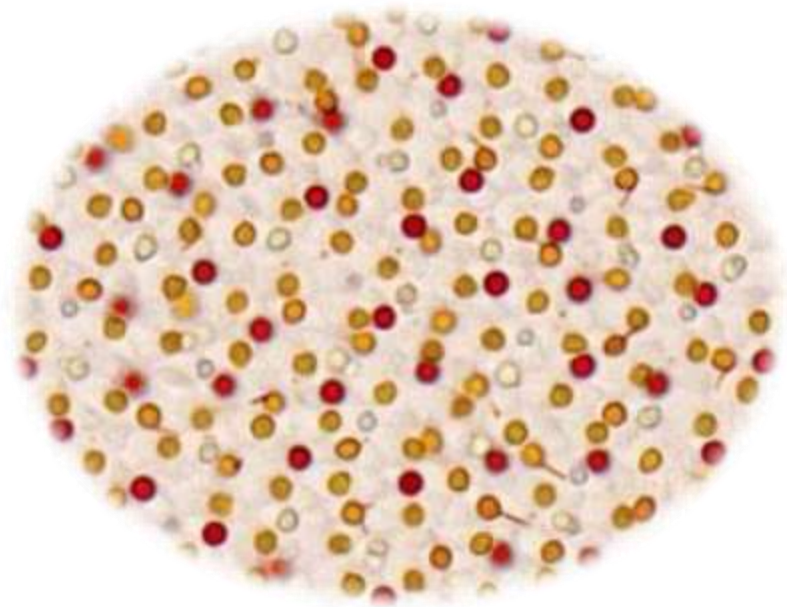
# 4) SENSIBILITÉ SPECTRALE

Résultats : Perception des UV

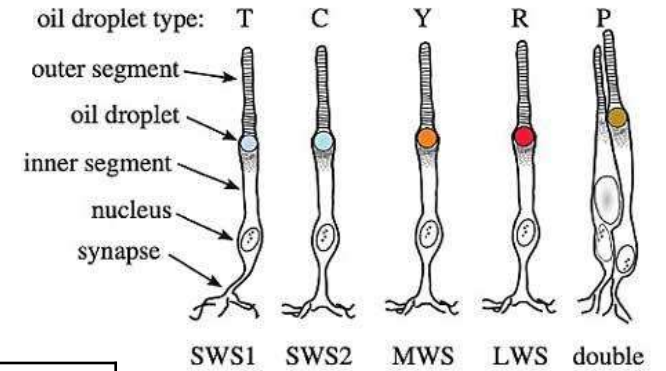


# 4) SENSIBILITÉ SPECTRALE

Résultats : Perception des UV



EFFET DES GOUTTELETTES  
HUILEUSES ET DE LA CORNÉE



Toomey et al 2015

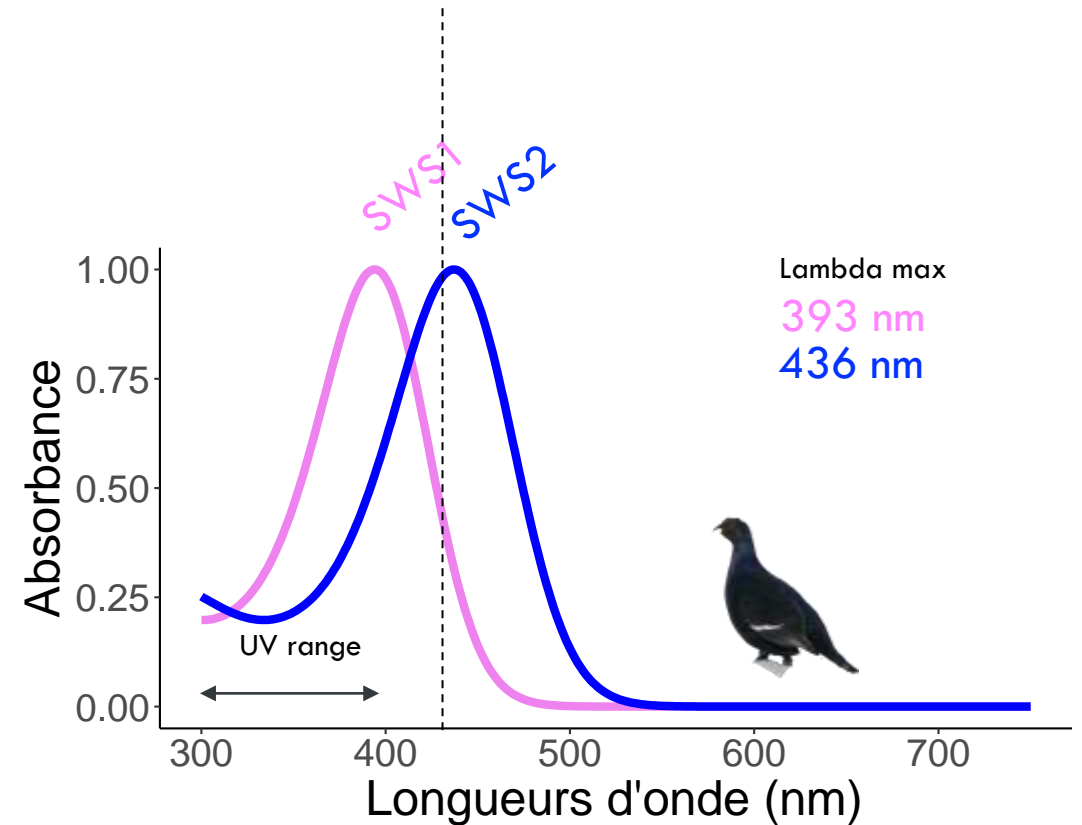
Species	Visual pigment lambda max (nm)		C-type droplet lambda cut (nm) in SWS2 cone	Lambda difference
	SWS1	SWS2		
Blackbird ( <i>Turdus merula</i> )	373	454	414	40
Blue tit ( <i>Parus caeruleus</i> )	372	449	413	36
Budgeriar ( <i>Melopsittacus undulatus</i> )	371	440	411	29
Canary ( <i>Serinus canaria</i> )	363	440	414	26
Chicken ( <i>Gallus gallus domesticus</i> )	418	453	443	10
Cut-throat finch ( <i>Amadina fasciata</i> )	370	447	423	24
Feral pigeon ( <i>Columba livia</i> )	404	452	448	4
Gouldian finch ( <i>Erythrura gouldiae</i> )	370	440	422	18
Japanese quail ( <i>Coturnix coturnix japonica</i> )	418	450	446	4
Mallard duck ( <i>Anas platyrhynchos</i> )	415	452	445	7
Peafowl ( <i>Pavo cristatus</i> )	424	458	449	9
Plum-headed finch ( <i>Neochmia modesta</i> )	373	442	415	27
Red-billed leothrix ( <i>Leothrix lutea</i> )	355	454	392	62
Rhea ( <i>Rhea americana</i> )		447	417	30
Starling ( <i>Sturnus vulgaris</i> )	362	449	399	50
Wedge-tailed shearwater ( <i>Puffinus pacificus</i> )	406	450	445	5
White-headed munia ( <i>Lonchura maja</i> )	373	446	422	24
Zebra finch ( <i>Taeniopvgia guttata</i> )	359	427	414	13
Black grouse ( <i>Lyrurus tetrix</i> )*	393	436	<b>430,84</b>	<b>5,1571</b>

\* Valeurs extraites de Hart and Vorobyev 2005; \* This study



# 4) SENSIBILITÉ SPECTRALE

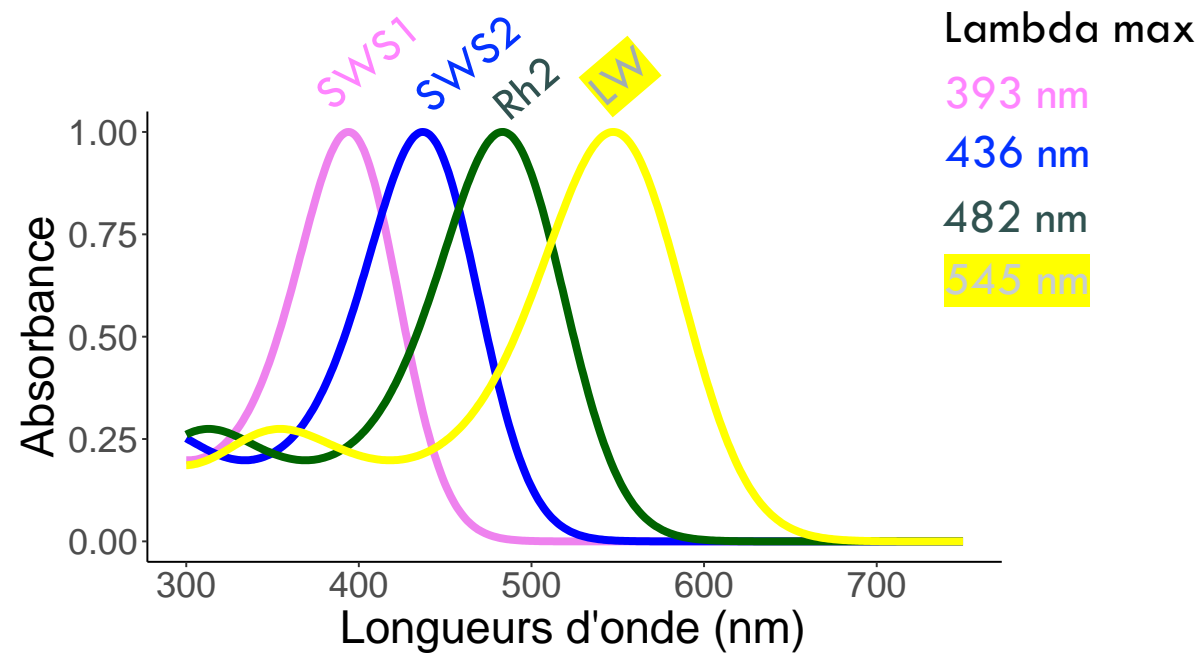
Résultats : Perception des UV



Cut-off estimé à 430 nm

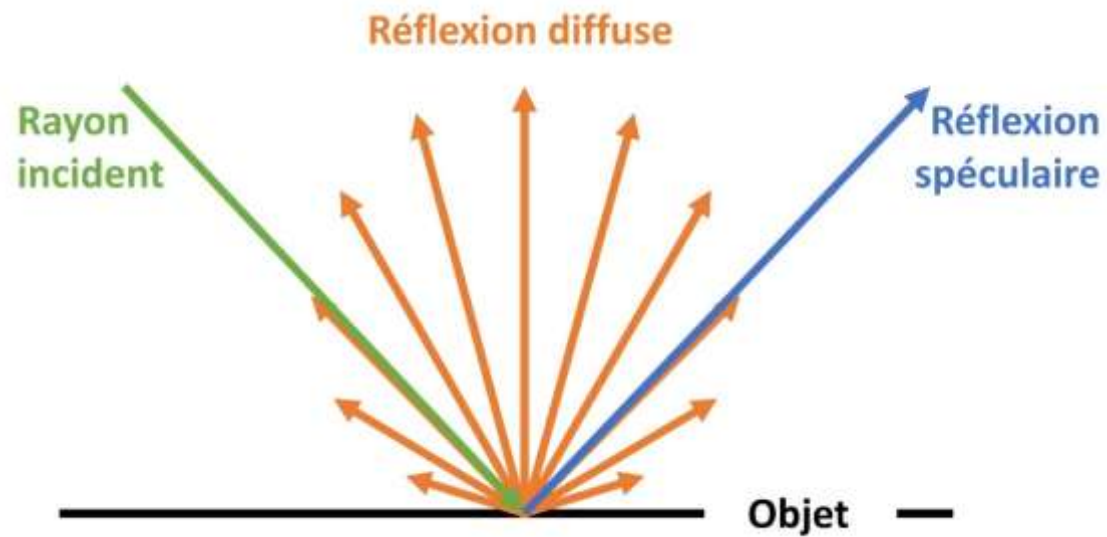
# 4) SENSIBILITÉ SPECTRALE

Résultats : Sensibilité spectrale totale



# 4) SENSIBILITÉ SPECTRALE

Résultats : Emission spectrale des balises



# 4) SENSIBILITÉ SPECTRALE

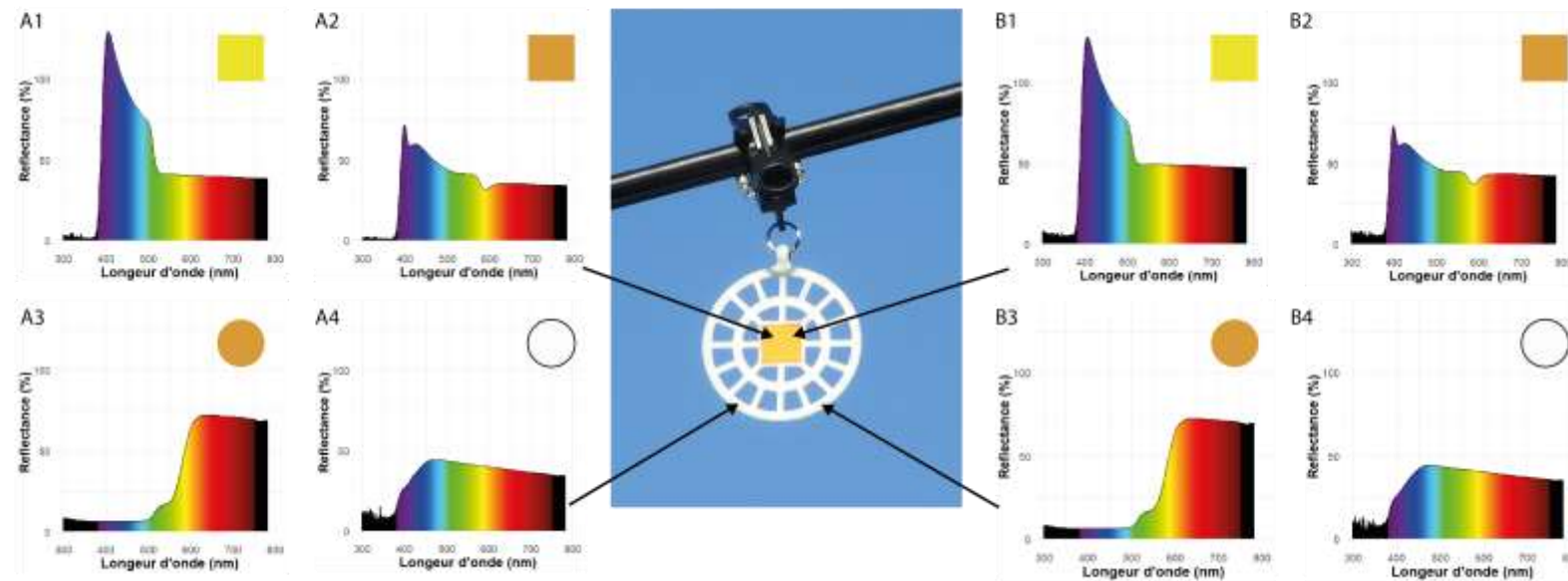
Résultats : Emission spectrale des balises

- Peu d'UV
- Contrastes mitigés

Birdmark type «raquette»

A. RAYONS DIFFUS

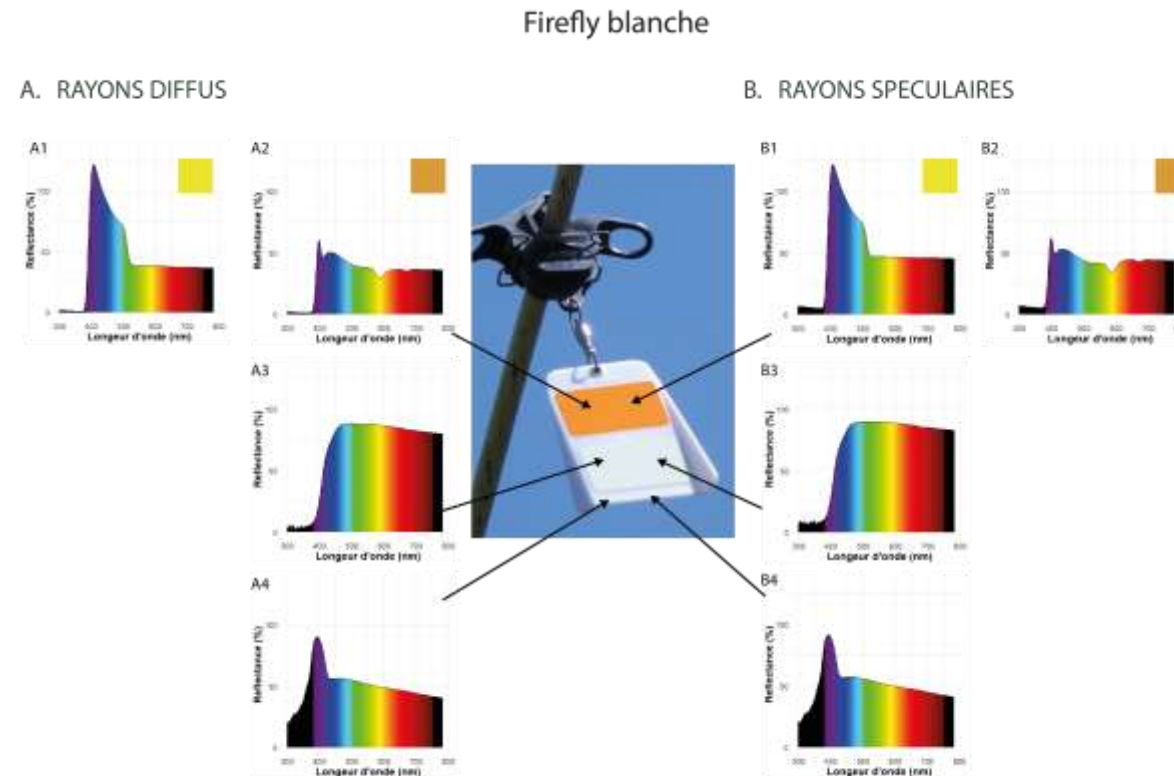
B. RAYONS SPECULAIRES



# 4) SENSIBILITÉ SPECTRALE

Résultats : Emission spectrale des balises

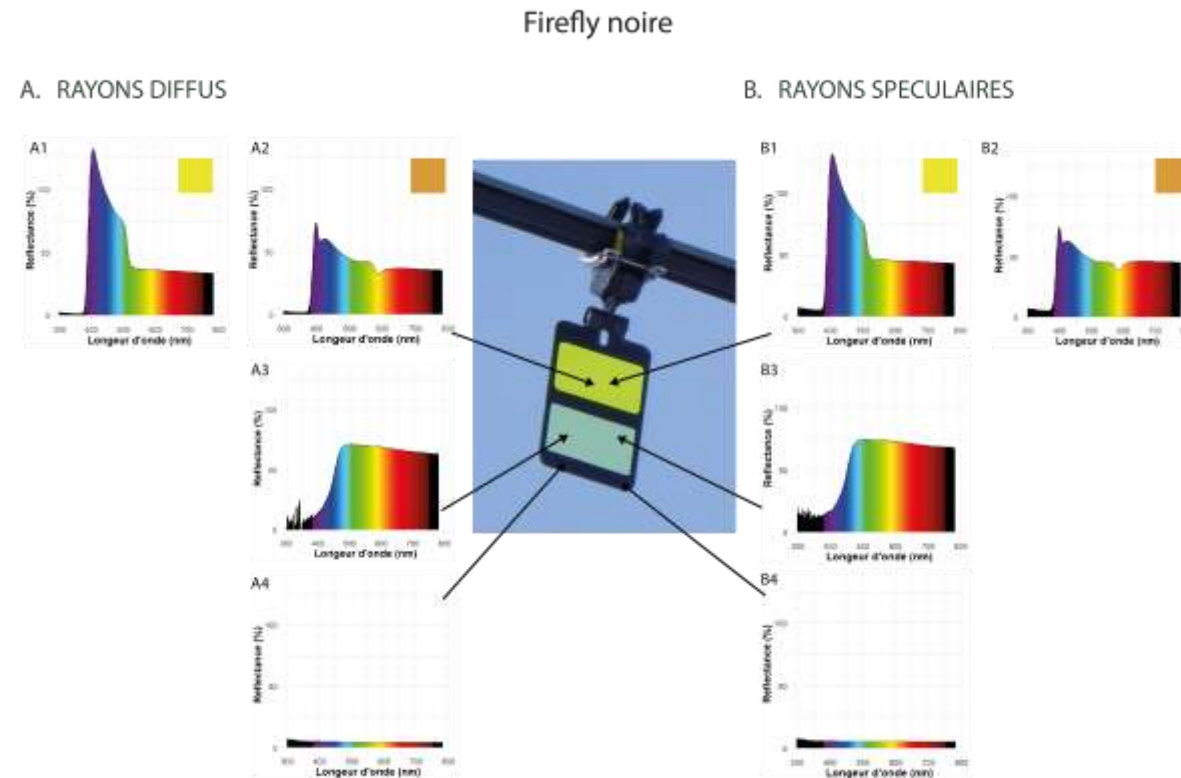
- UV dans la plaque
- Contrastes mitigés



# 4) SENSIBILITÉ SPECTRALE

Résultats : Emission spectrale des balises

- Peu d'UV
- Contrastes forts

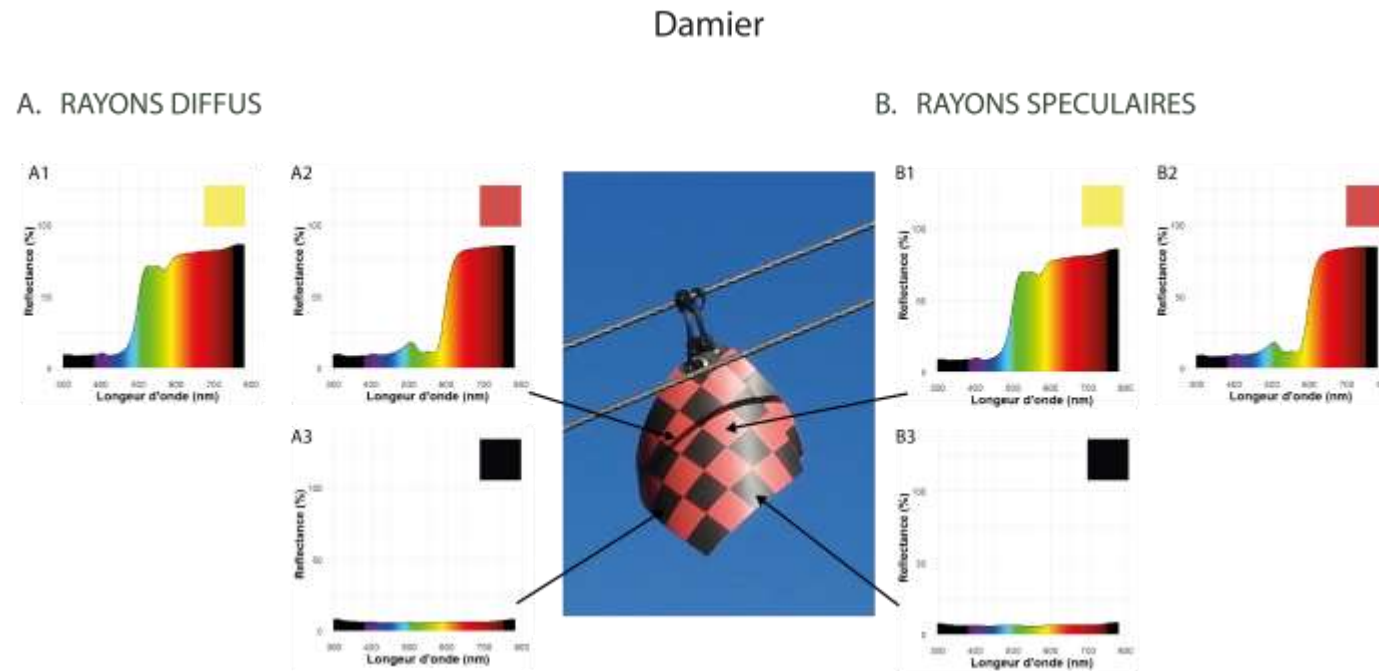




# 4) SENSIBILITÉ SPECTRALE

Résultats : Emission spectrale des balises

- Peu d'UV
- Contrastes forts



# 4) SENSIBILITÉ SPECTRALE

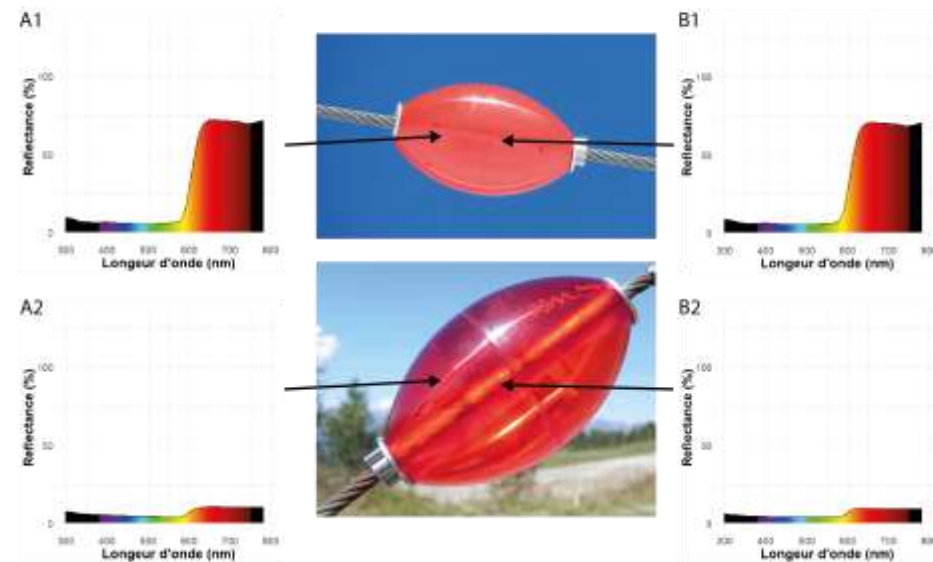
## Résultats : Emission spectrale des balises

- Peu d'UV
- Pas de contrastes
- Quid du spectre dans les longueurs d'ondes élevées ?

Flotteurs

A. RAYONS DIFFUS

B. RAYONS SPECULAIRES



# 4) SENSIBILITÉ SPECTRALE

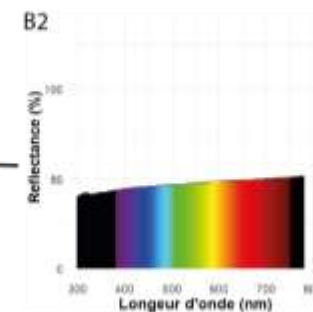
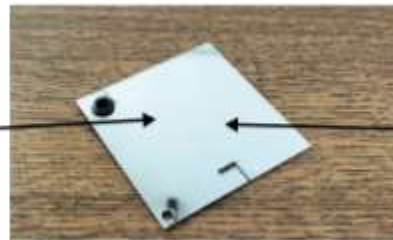
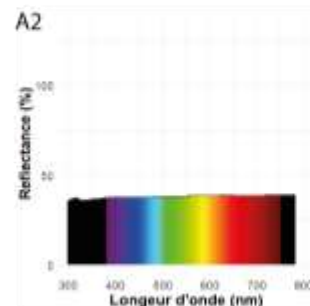
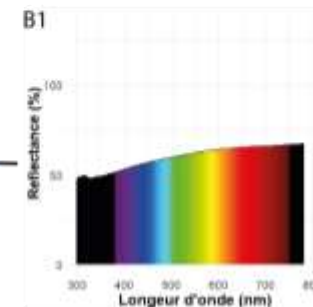
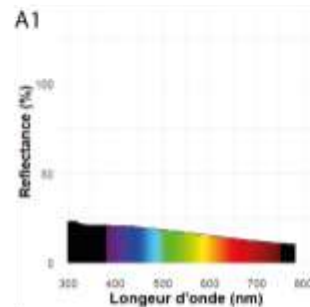
Résultats : Emission spectrale des balises

- Présence d'UV
- Pas de contrastes
- Rayons spéculaires importants

Plaques inox

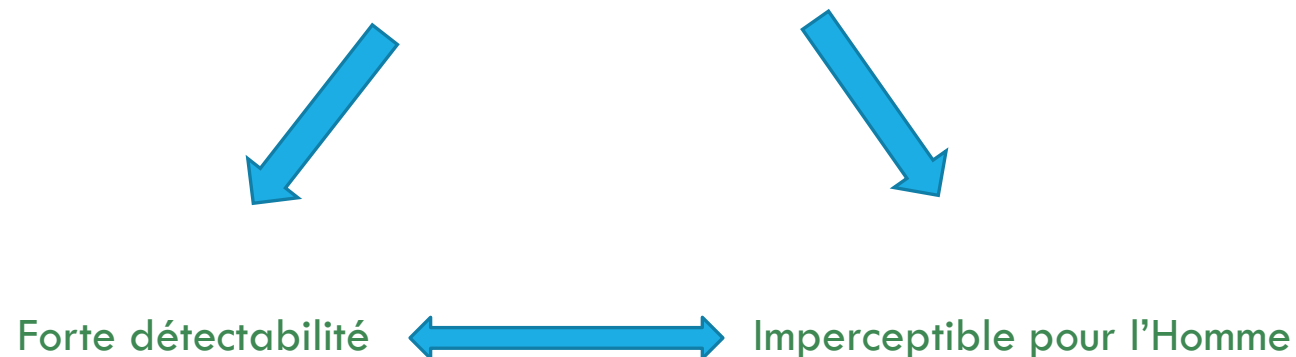
A. RAYONS DIFFUS

B. RAYONS SPECULAIRES



# DISCUSSION ET SOLUTIONS

- La vision est un sens complexe et multifacette.
- Hormis les champs visuels, les autres paramètres dépendent de la luminosité (x3000 au cours de la journée).
- Les nuances achromatiques se voient à plus longue distance que les nuances chromatiques (x3 chez la buse de Harris).
- Les nuances chromatiques sont plus sensibles aux changements de luminosité.



# DISCUSSION ET SOLUTIONS

Forte détectabilité

Il faut prendre en compte :

- Les capacités visuelles
- La vitesse de vol
- Le temps de prise de décision

**D'après Alerstam et al. 2007, la vitesse de vol serait de 16.04 m/s**

**D'après Martin 2022, le temps de prise de décision serait de 2 sec**



# DISCUSSION ET SOLUTIONS

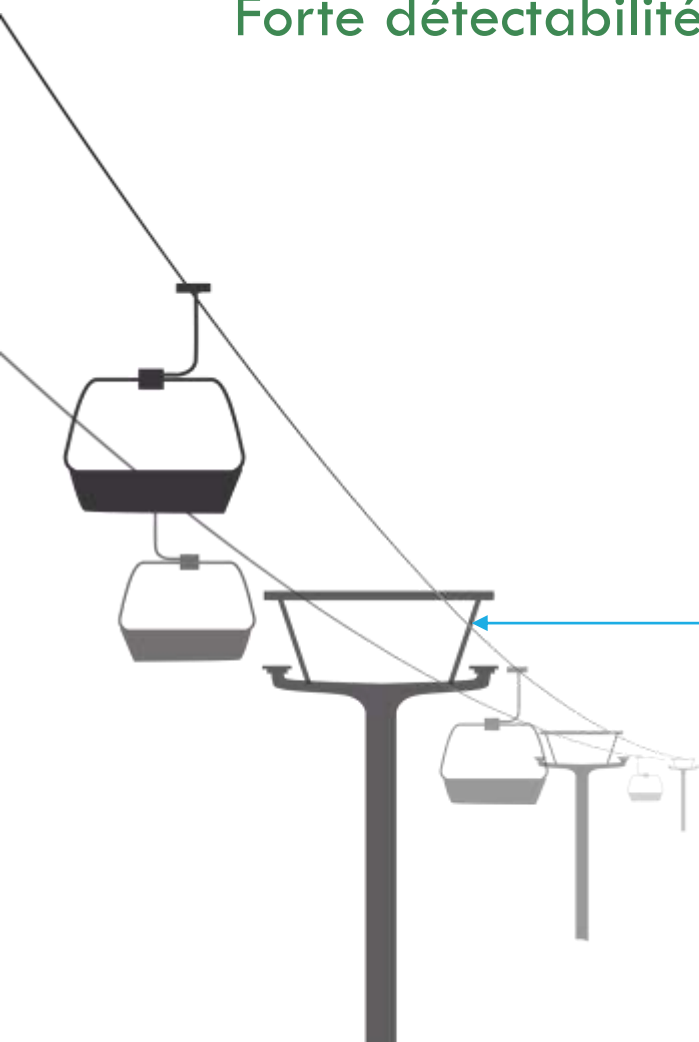
Forte détectabilité



Considérant une acuité visuelle de 11.5 c/deg, ces balises se verraient à 99m

**MAIS !!!!**

Martin (2022) considère que l'acuité visuelle maximale doit être divisée par 5 pour être représentative de l'ensemble des conditions !



32m



Le risque 0 n'existe pas



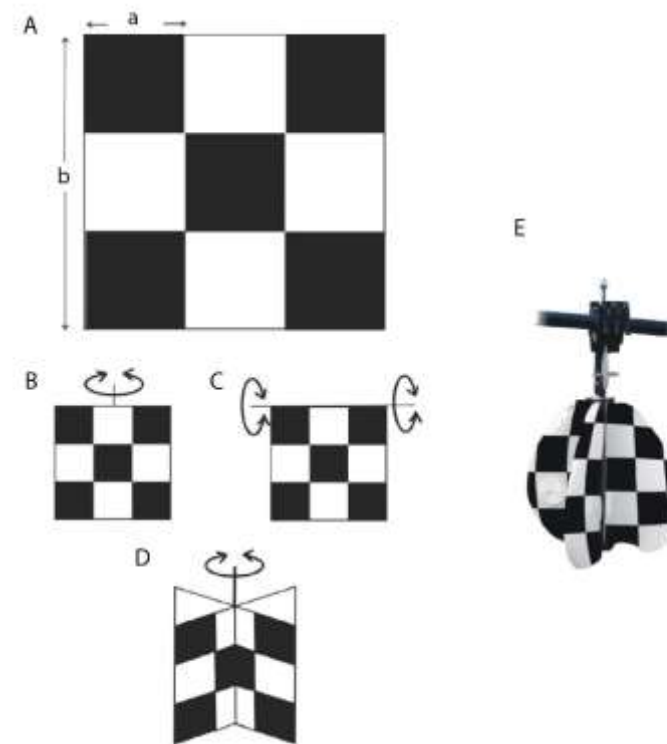
# DISCUSSION ET SOLUTIONS

## Forte détectabilité

Distance nécessaire pour éviter percussion (m)	Taille minimale de la balise (mm)			
	Conditions optimales		Conditions variables (/5)	
	Résolution spatiale statique	Résolution spatiale en mouvement	Résolution spatiale statique	Résolution spatiale en mouvement
16m (temps de réaction = 1s)	36 (12)	261 (87)*	180 (60)*	1311 (437)
32m (temps de réaction = 2s)	72 (24)	525 (175)*	363 (121)*	2619 (873)

Rouge : données les plus probables

32m



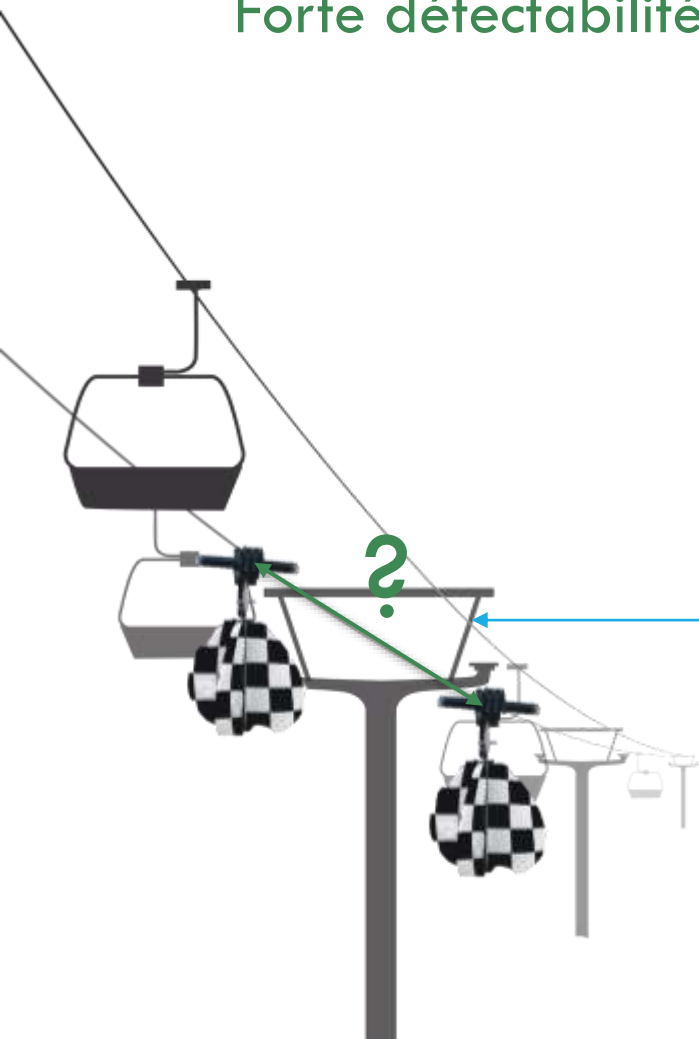
On peut ajouter un signal U.V. pour augmenter la détection !

# DISCUSSION ET SOLUTIONS

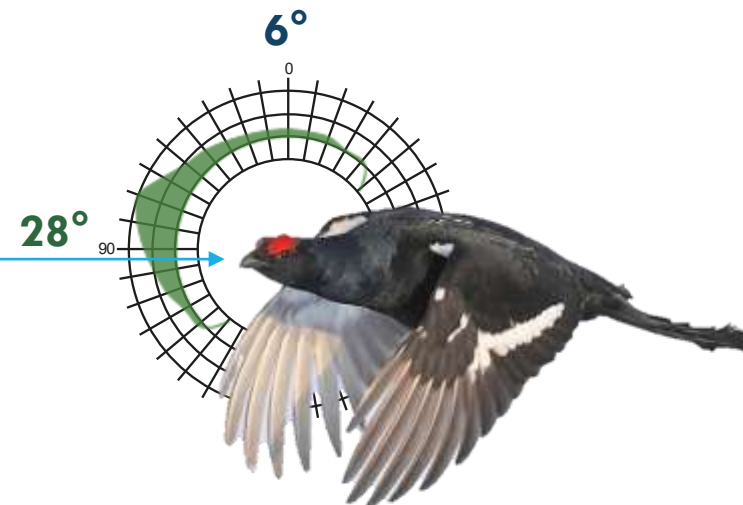
Forte détectabilité

Si vol horizontal à la même altitude que le câble : 17m

Si vol vertical partant du dessous du câble : 3.3m

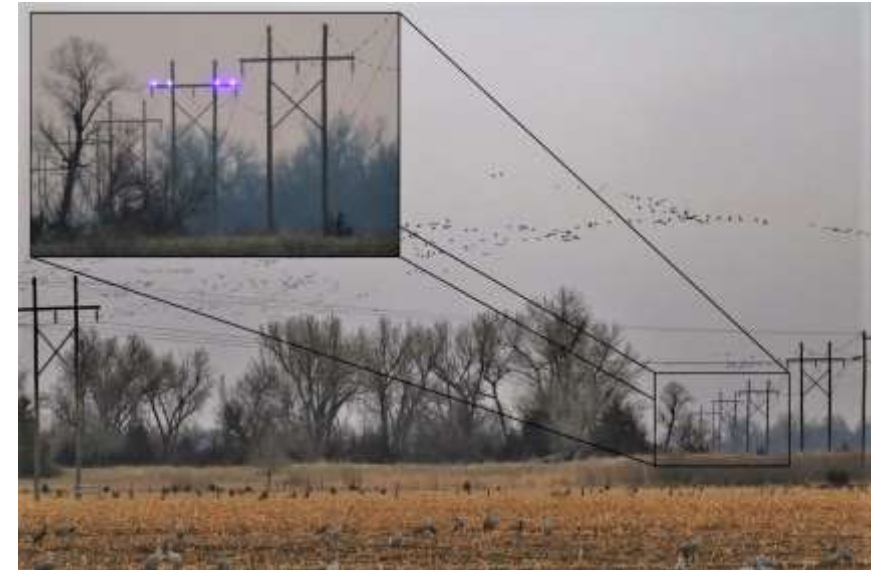


32m



# DISCUSSION ET SOLUTIONS

Imperceptible pour l'Homme



# DISCUSSION ET SOLUTIONS

## Limites

1. Ce sont des données théoriques qui méritent des tests expérimentaux.
2. Détection ou effarouchement ?
3. Solutions adaptées pour le tétras-lyre seulement ?
4. Attente des données radar et GPS.
5. Impacts potentiels sur d'autres espèces ?

# CONCLUSION

Les systèmes mis en places offrent déjà des solutions prometteuses.

Cette étude vise à proposer des solutions pour améliorer les systèmes futurs.

**IL FAUT POURSUIVRE LES EFFORTS DANS L'IMPLEMENTATION DES  
SYSTEMES DE DETECTION !**

# MERCI

Avec le soutien de



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

FONDS NATIONAL  
D'AMENAGEMENT  
ET DE DEVELOPPEMENT  
DU TERRITOIRE  
Massif des Alpes



UNION EUROPÉENNE

Fonds Européen de  
Développement Régional



RÉGION  
SUD

PROVENCE  
ALPES  
CÔTE D'AZUR



l'Europe

s'engage

sur  
le Massif Alpin

EN PARTENARIAT AVEC LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

Contacts :

[www.simonpotier.fr](http://www.simonpotier.fr)

[sim.potier@gmail.com](mailto:sim.potier@gmail.com)

