

## Programme MAPE

Réduction de la Mortalité Aviaire dans les Parcs Éoliens en exploitation

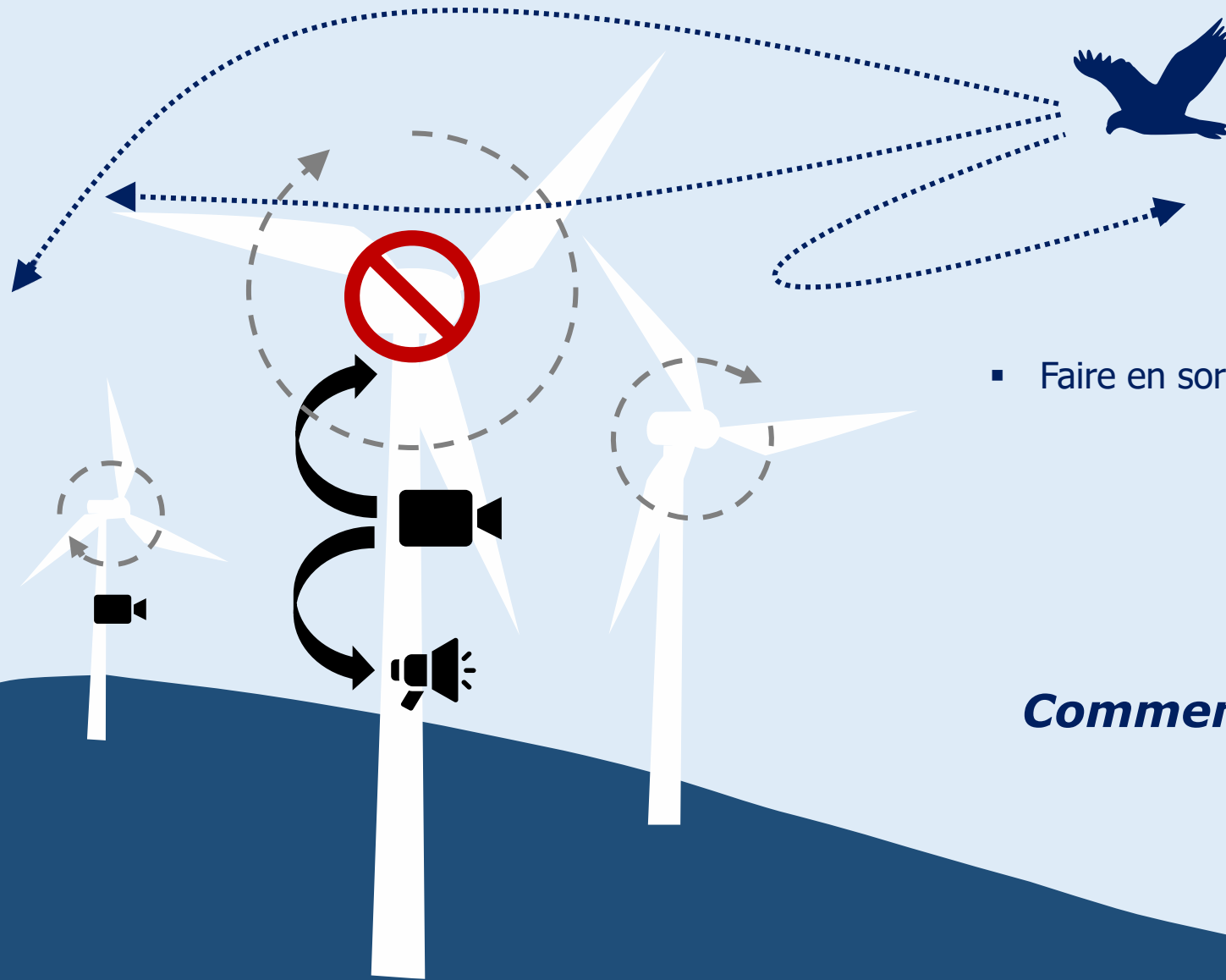
---

# PERCEPTION VISUELLE DES ÉOLIENNES PAR LES OISEAUX

---

Constance BLARY

18 Janvier 2024



- Détecter les oiseaux et les effrayer
- Détecter les oiseaux et « arrêter » les éoliennes
- Faire en sorte que les oiseaux évitent d'eux-mêmes les éoliennes

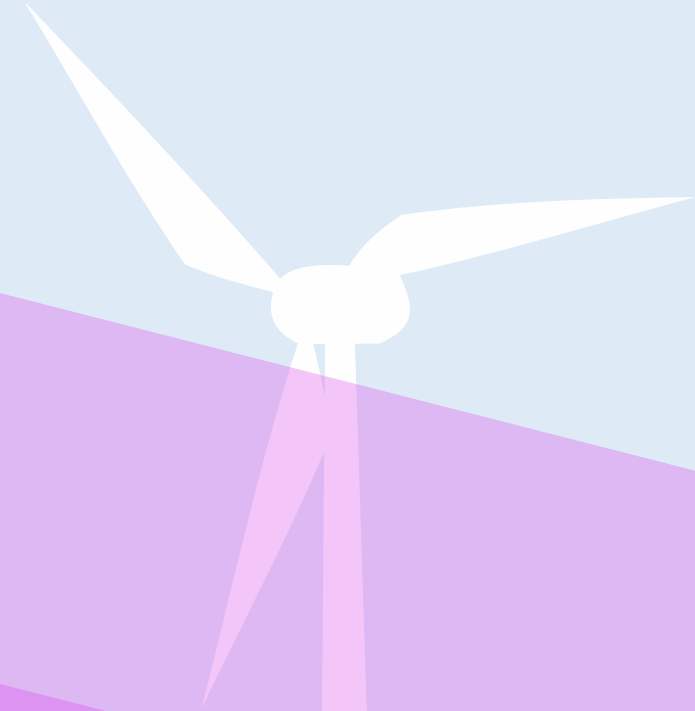


***Comment les oiseaux perçoivent-ils les éoliennes ?***



(1) Détecter les éoliennes

→ Regarder : champ visuel & comportement  
*e.g. Martin et al. (2012)*



(1) Détecter les éoliennes

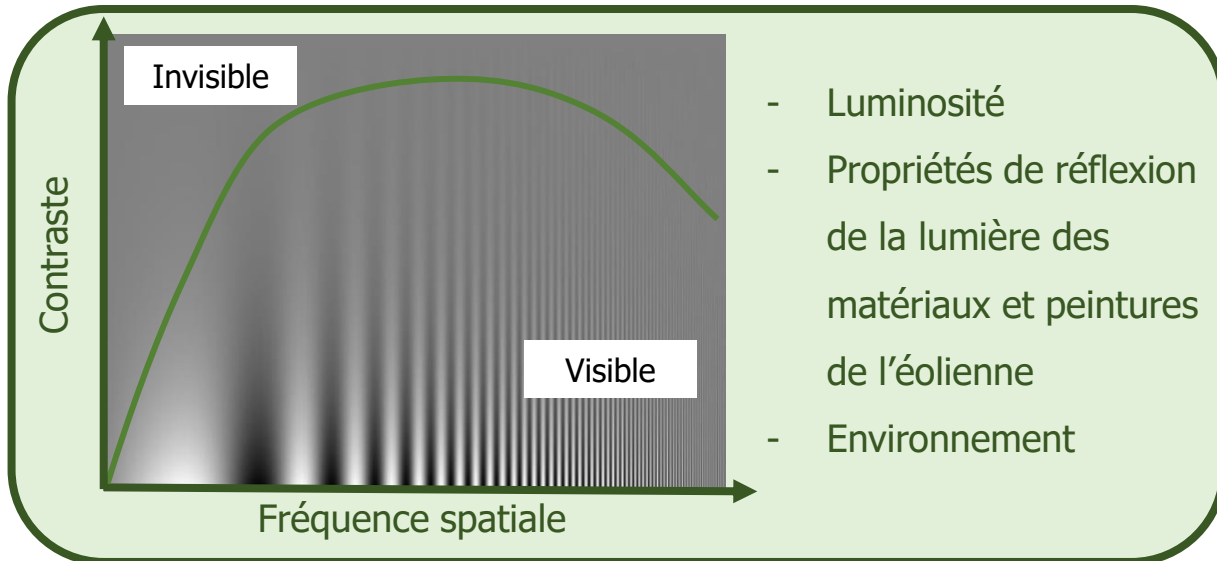
→ Regarder : champ visuel & comportement

→ Voir :

- A** Résolution spatiale ~ Acuité  
*e.g. Gaffney et Hodos (2003), Donner (1951)*
- B** Sensibilité aux contrastes chromatiques  
*e.g. Hart et Vorobyev (2005), Lind et al. (2014)*
- C** Sensibilité aux contrastes achromatiques  
*e.g. Reymond et Wolfe (1981), Haller et al. (2014)*

The diagram illustrates two scenarios of a bird detecting a wind turbine. In the top scenario, a bird is 10 meters away from a turbine, indicated by a green checkmark and a green arrow. In the bottom scenario, the bird is 30 meters away, indicated by a red 'X' and a blue arrow. To the right, a list of factors is provided:

- Luminosité
- Dimensions de l'éolienne
- Distance oiseau – éolienne



Couleurs perçues

The diagram shows two scenarios, Par A and Par B, illustrating color perception. Par A shows a purple block on a darker purple base. Par B shows a purple block on a lighter purple base. To the right, a list of factors is provided:

- Luminosité
- Propriétés de réflexion de la lumière des matériaux et peintures de l'éolienne
- Environnement

## (1) Détecter les éoliennes

→ Regarder : champ visuel &amp; comportement

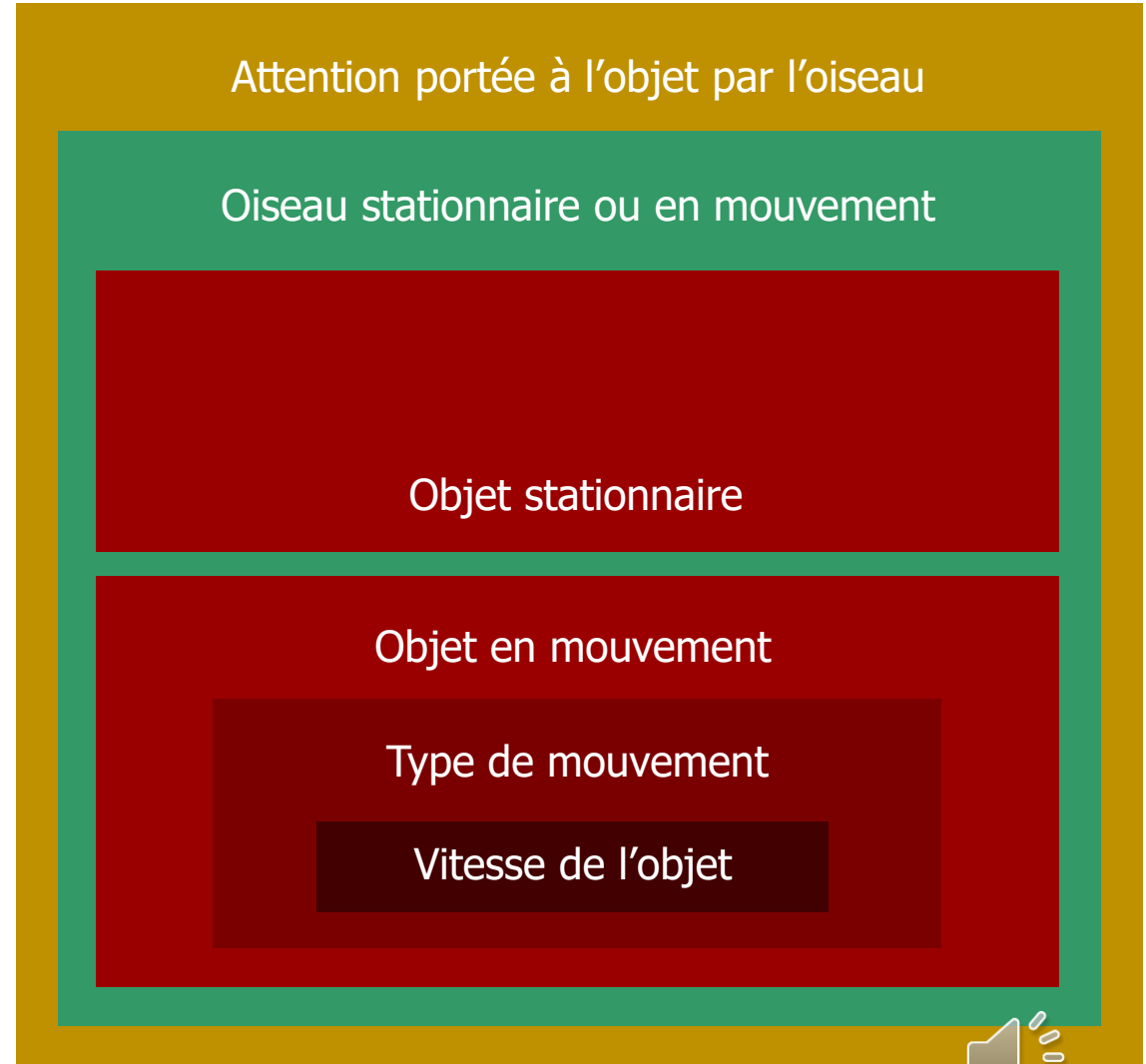
→ Voir :

Résolution spatiale

Sensibilité aux contrastes chromatiques

Sensibilité aux contrastes achromatiques

Résolution temporelle



e.g. Washburn (1993), Haller et al. (2014)  
 Campbell et Maffei (1981)  
 McIsaac (2001)

### 1 Détecter les éoliennes

→ Regarder : champ visuel & comportement

→ Voir : résolution spatiale, sensibilité aux contrastes chromatiques et **achromatiques**, résolution temporelle

### 2 Détecter la rotation des pales

→ résolution spatiale, sensibilité aux contrastes chromatiques et achromatiques, résolution temporelle

### 3 Décider d'éviter le rotor

→ perception de la vitesse et du mouvement rotatif



---

# CHAPITRE I

---

## Détection des éoliennes : sensibilité aux contrastes achromatiques



*La sensibilité aux contrastes achromatiques des oiseaux leur permet-elle de toujours détecter les éoliennes ?*





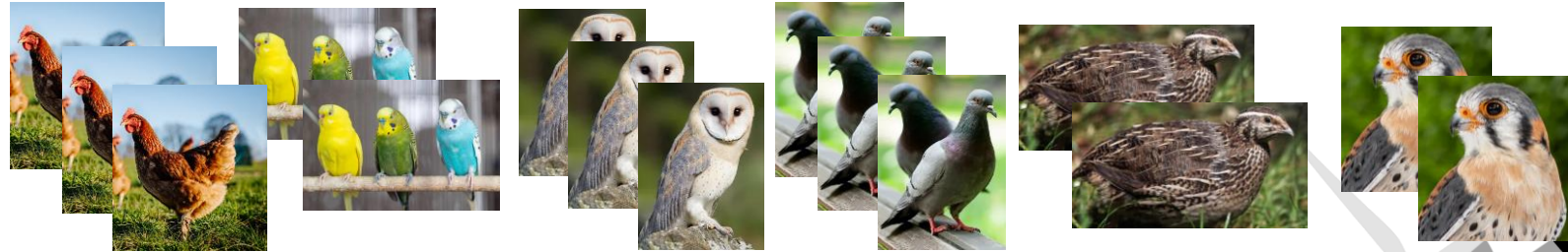
Éoliennes : grandes structures *mais* monochromatiques  
(conçues pour être le moins visible possible par l'Homme)



**Contrastes éoliennes –  
environnement faibles ?**

Sensibilité aux contrastes achromatiques des oiseaux :

- Peu d'articles (15)
- Peu d'espèces étudiées (12)
- Méthodes d'études variables

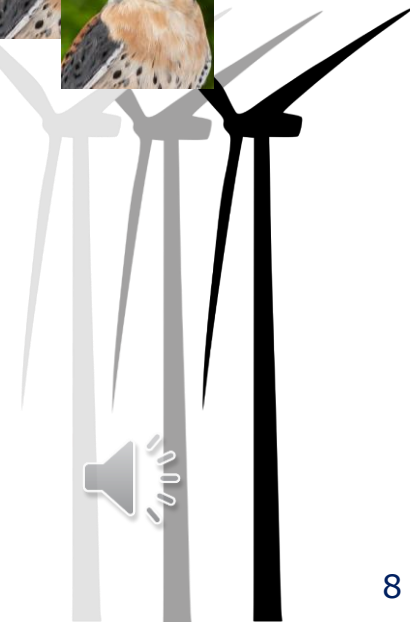


*Reymond et Wolfe (1981), Porciatti et al. (1989), Türke et al. (1996), Lee et al. (1997), Schmid et Wildsoet (1998), Hodos et al. (2002), Ghim et Hodos (2006), Harmening et al. (2009), Jarvis et al. (2009), Lind et Kelber (2011), Lind et al. (2012), Shi et Stell (2013), Haller et al. (2014), Potier et al. (2018)*

→ **Sensibilité aux contrastes** << **Homme**

Tendance généralisable ?

Variabilité inter-espèces ?

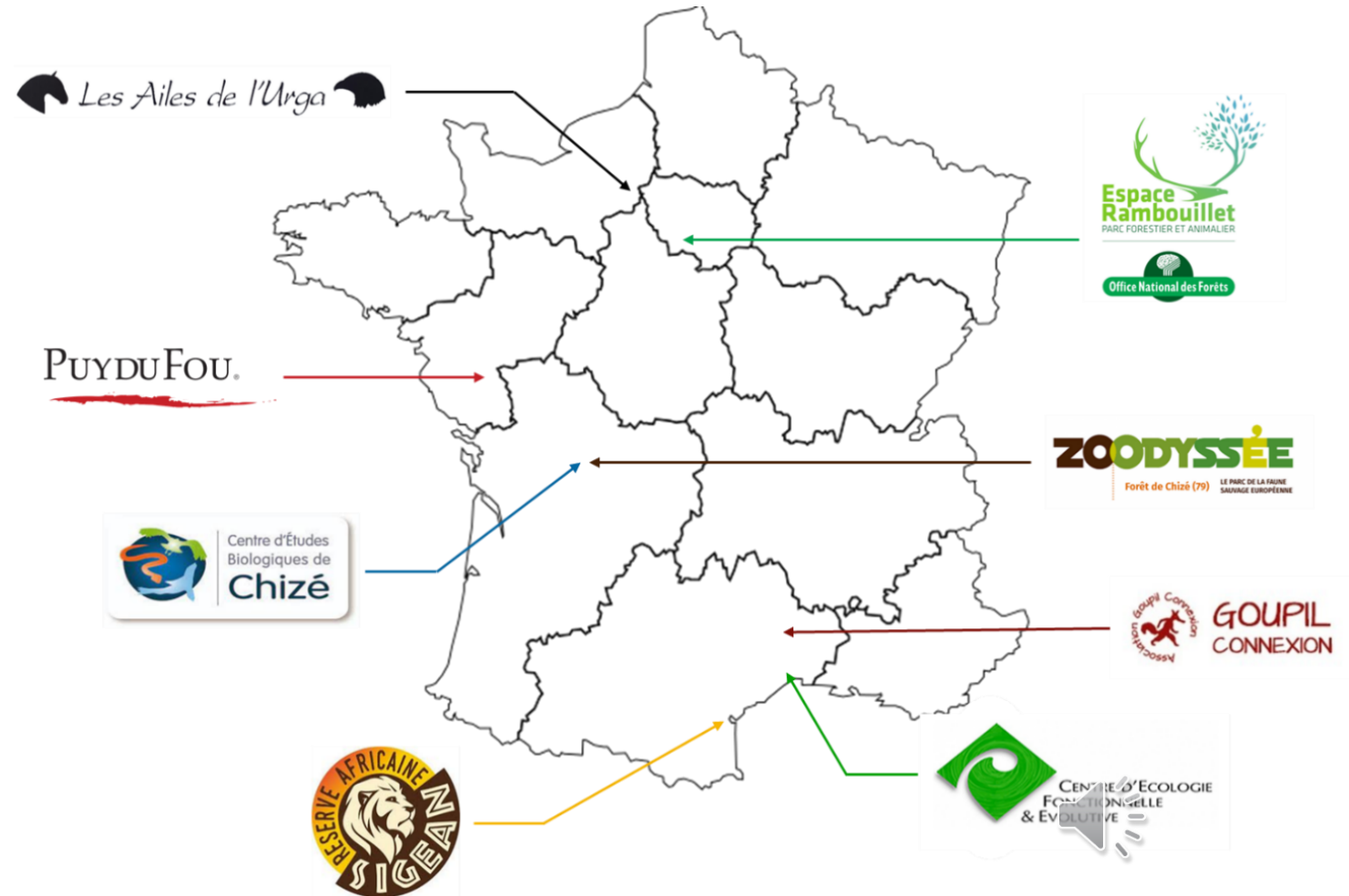




## 1. Évaluation de la sensibilité aux contrastes achromatiques d'une large gamme d'espèces aviaires

## MÉTHODE

- Utilisation du réflexe optocolique
- Collaboration avec 8 sites (parcs zoologiques, laboratoires et centre de soins de la faune sauvage)
- 12 ordres phylogénétiques
- 35 espèces d'oiseaux
- 137 individus

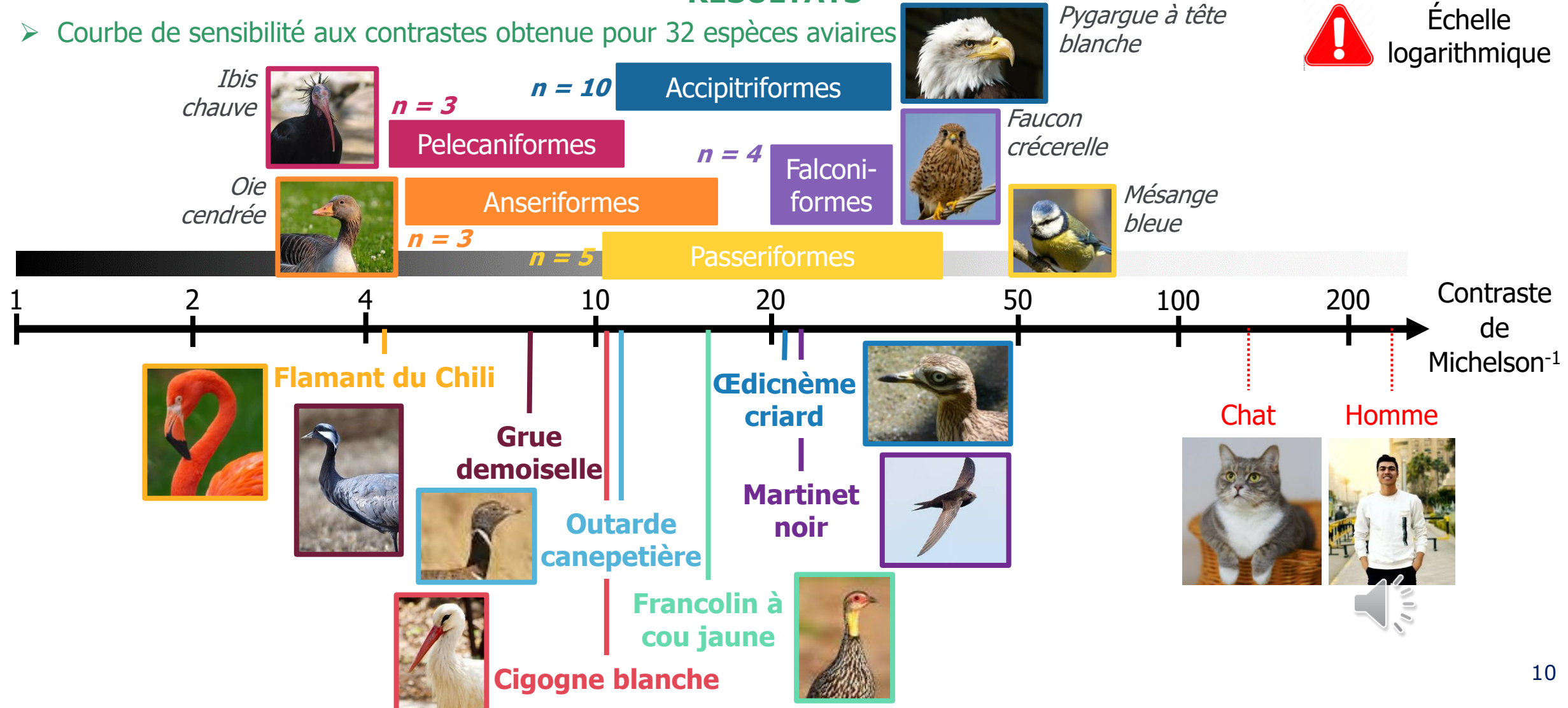


1. Évaluation de la sensibilité aux contrastes achromatiques d'une large gamme d'espèces aviaires

RÉSULTATS

➤ Courbe de sensibilité aux contrastes obtenue pour 32 espèces aviaires

Échelle logarithmique

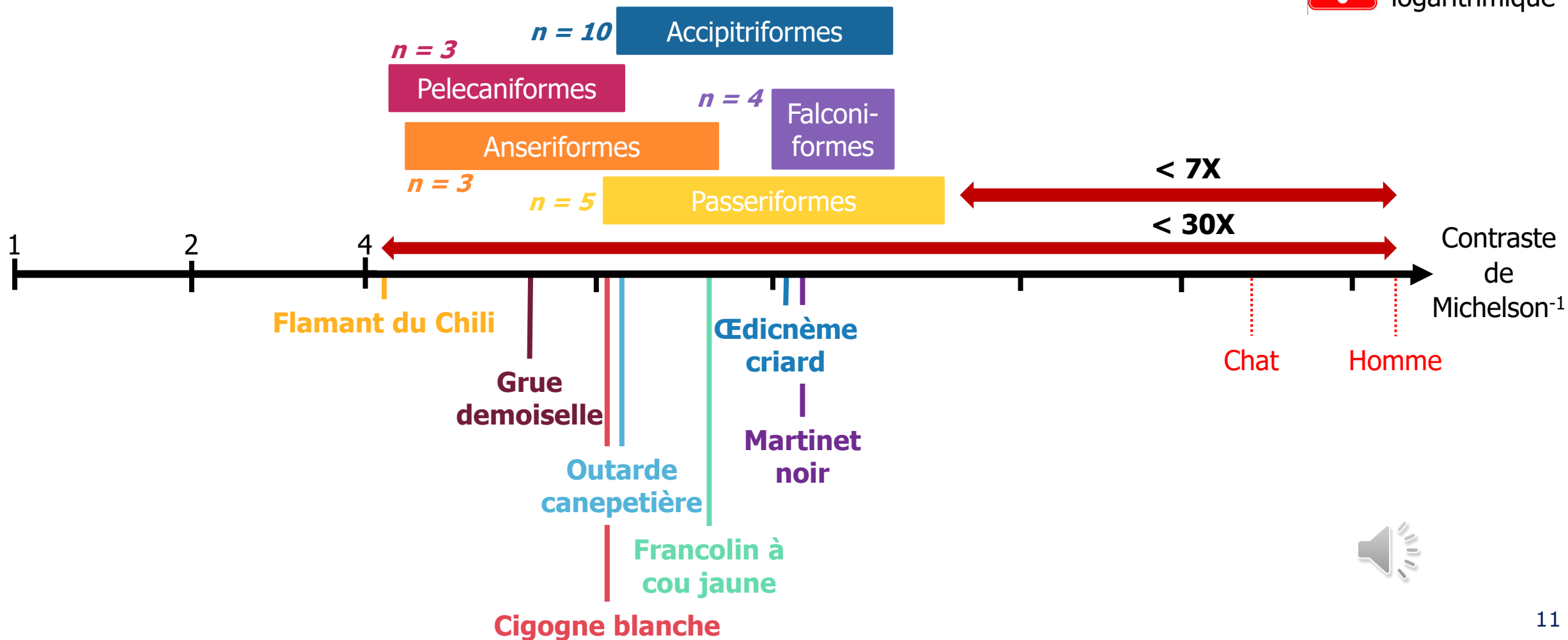


1. Évaluation de la sensibilité aux contrastes achromatiques d'une large gamme d'espèces aviaires

RÉSULTATS

➤ Courbe de sensibilité aux contrastes obtenue pour 32 espèces aviaires

Échelle logarithmique

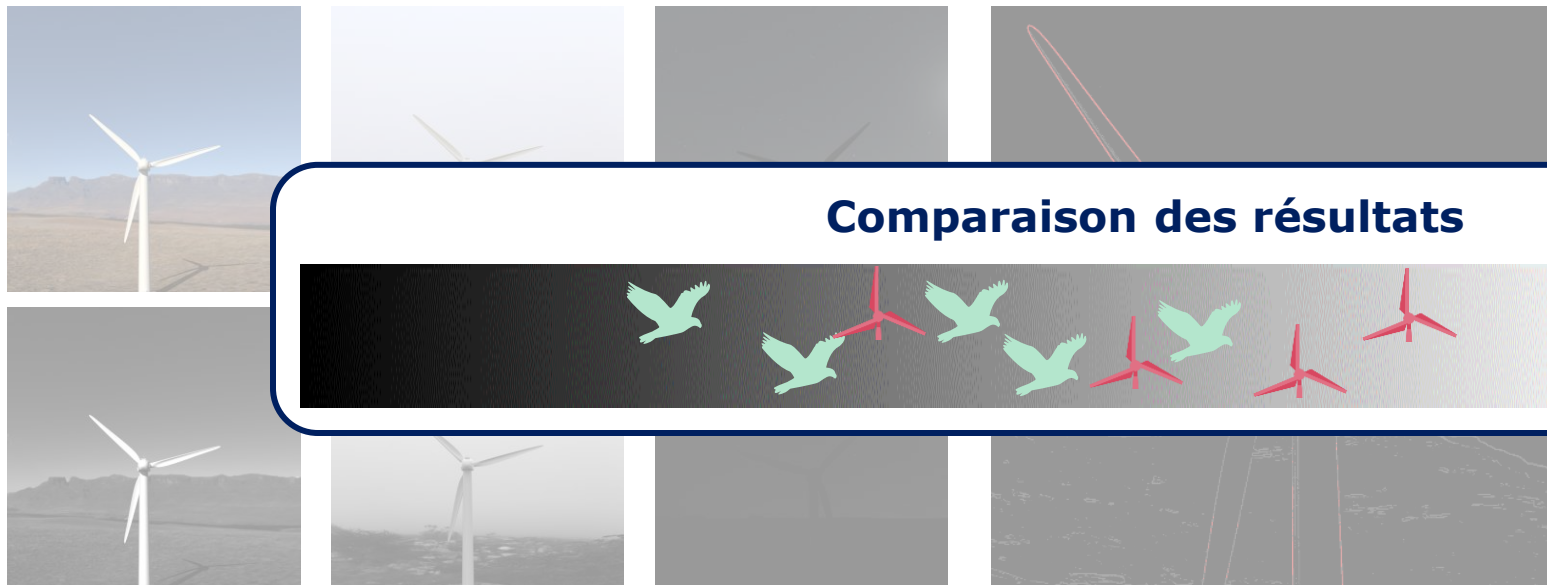


## 1. Évaluation de la sensibilité aux contrastes achromatiques d'une large gamme d'espèces aviaires

Article accepté pour publication (06/12/2023) dans *Journal of Experimental Biology*

## 2. Évaluation de gamme des contrastes possibles entre les éoliennes et leur environnement

- Modélisation : utilisation des propriétés de réflexion de la lumière des pales d'éoliennes & d'environnements HDRI 
- Collaboration avec Christine ANDRAUD et Pascal BARLA  
- Étude en cours



---

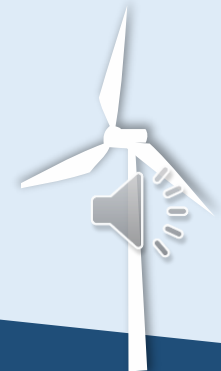
# CHAPITRE II

---

## Détection de la rotation des pales des éoliennes



*Des pales d'éoliennes, théoriquement détectables par les oiseaux, sont-elles perçues par ces derniers comme étant en rotation ?*



Perception des pales : statiques  $\neq$  en mouvement

→ Résolution spatiale + sensibilité aux contrastes ?

*McIsaac (2001)*      *Campbell et Maffei (1981), Haller et al. (2014)*

Perception du mouvement : résolution temporelle

→ Effet de la vitesse de rotation ? *Lafitte et al., 2022*

*Grande vitesses → flou de mouvement → perception des pales comme étant stationnaires ?*



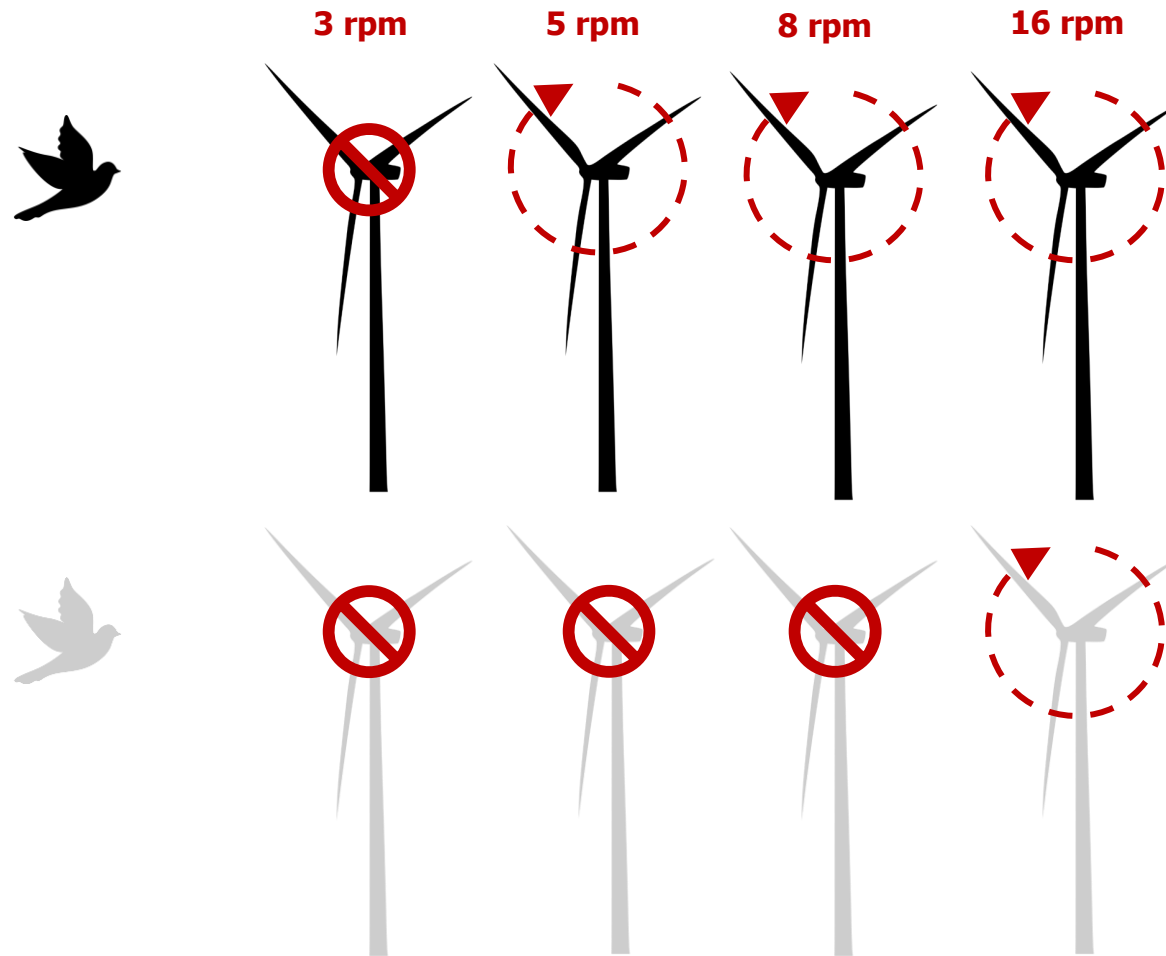
*#freddupuisjung*  
<https://www.youtube.com/watch?v=LAc6JwuzIQ>



*Faibles vitesses → évanouissement de mouvement*  
 → *perception des pales comme étant stationnaires ?*  
*Kohler et al. (2010)*

→ Conditionnement opérant pour évaluer la capacité des oiseaux à détecter la rotation





3 rpm

5 rpm

8 rpm

16 rpm

Received: 9 February 2023

Revised: 12 June 2023






Accepted: 30 August 2023

DOI: 10.1111/csp2.13022

**CONTRIBUTED PAPER**Conservation Science and Practice  
A Journal of the Society for Conservation Biology

WILEY

# Detection of wind turbines rotary motion by birds: A matter of speed and contrast

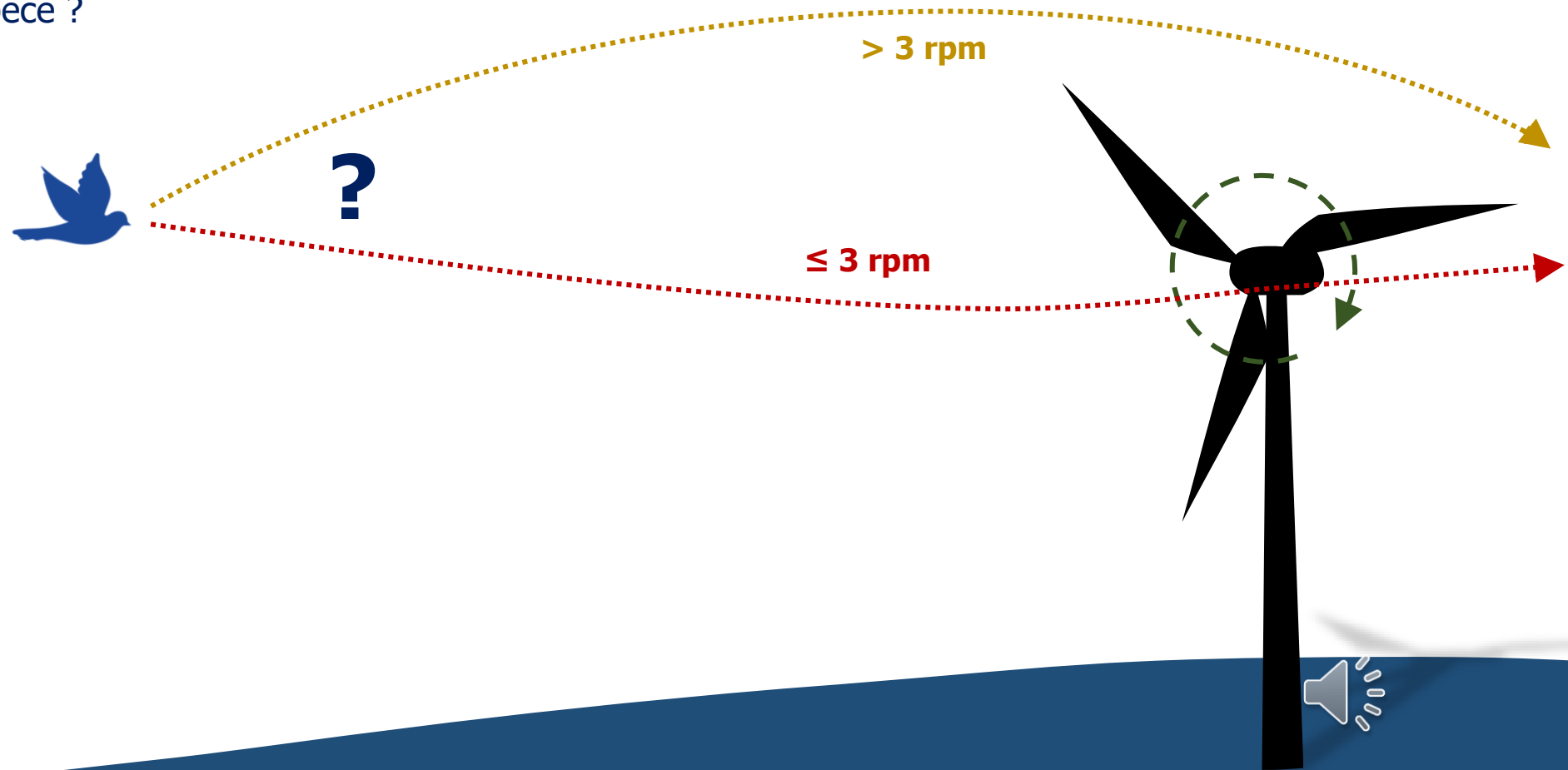
Constance Blary<sup>1,2</sup>  | Francesco Bonadonna<sup>1</sup>  | Elise Dussauze<sup>1</sup> |  
Simon Potier<sup>3,4</sup>  | Aurélien Besnard<sup>5</sup>  | Olivier Duriez<sup>1</sup> 





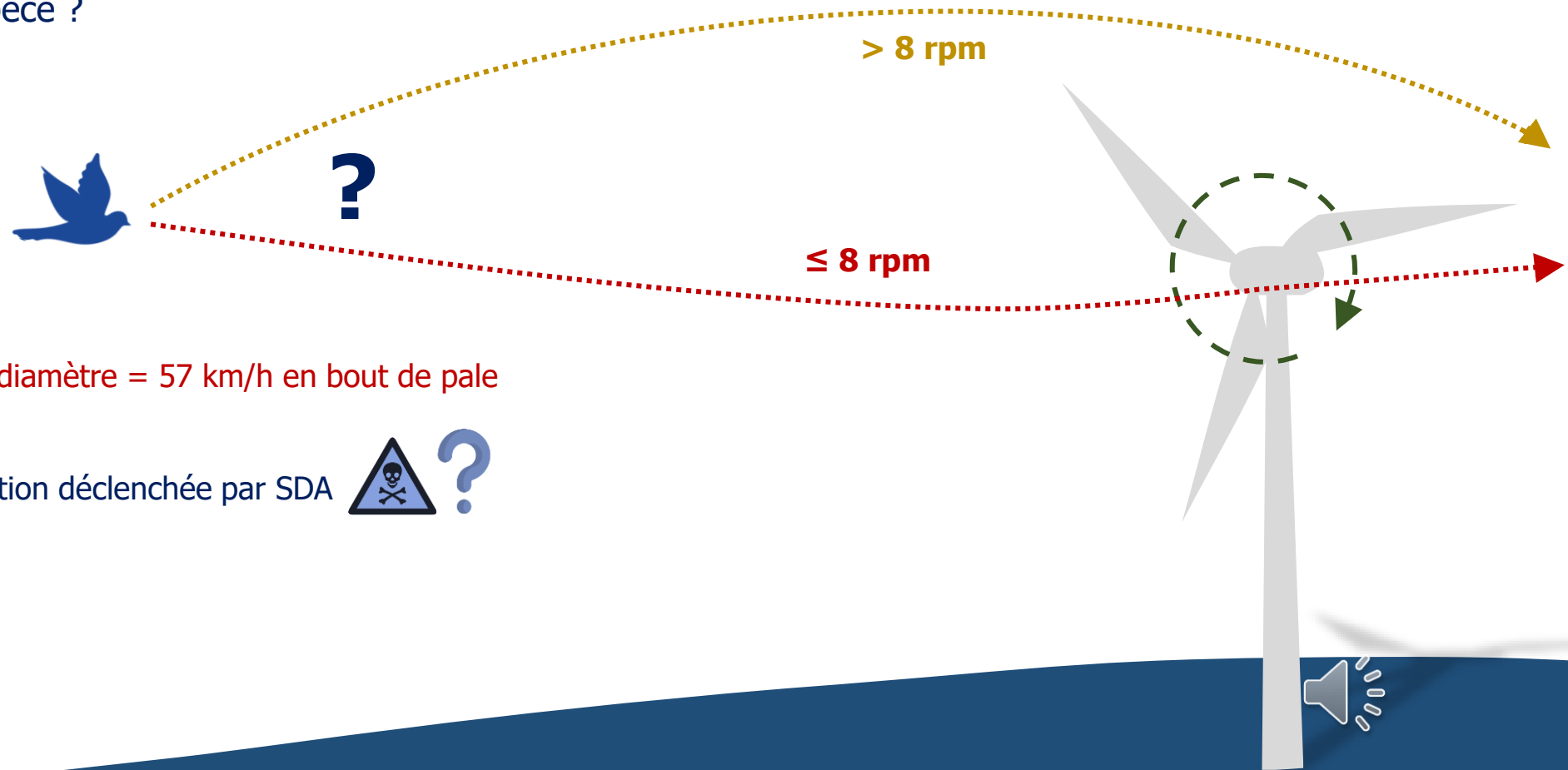
Perception de la rotation des pales :

- Dépend de l'éolienne et de l'environnement (vitesse + contraste)
- Variation inter et intra-espèce ?



Perception de la rotation des pales :

- Dépend de l'éolienne et de l'environnement (vitesse + contraste)
- Variation inter et intra-espèce ?



3 rpm pour un rotor de 100 m de diamètre = 57 km/h en bout de pale

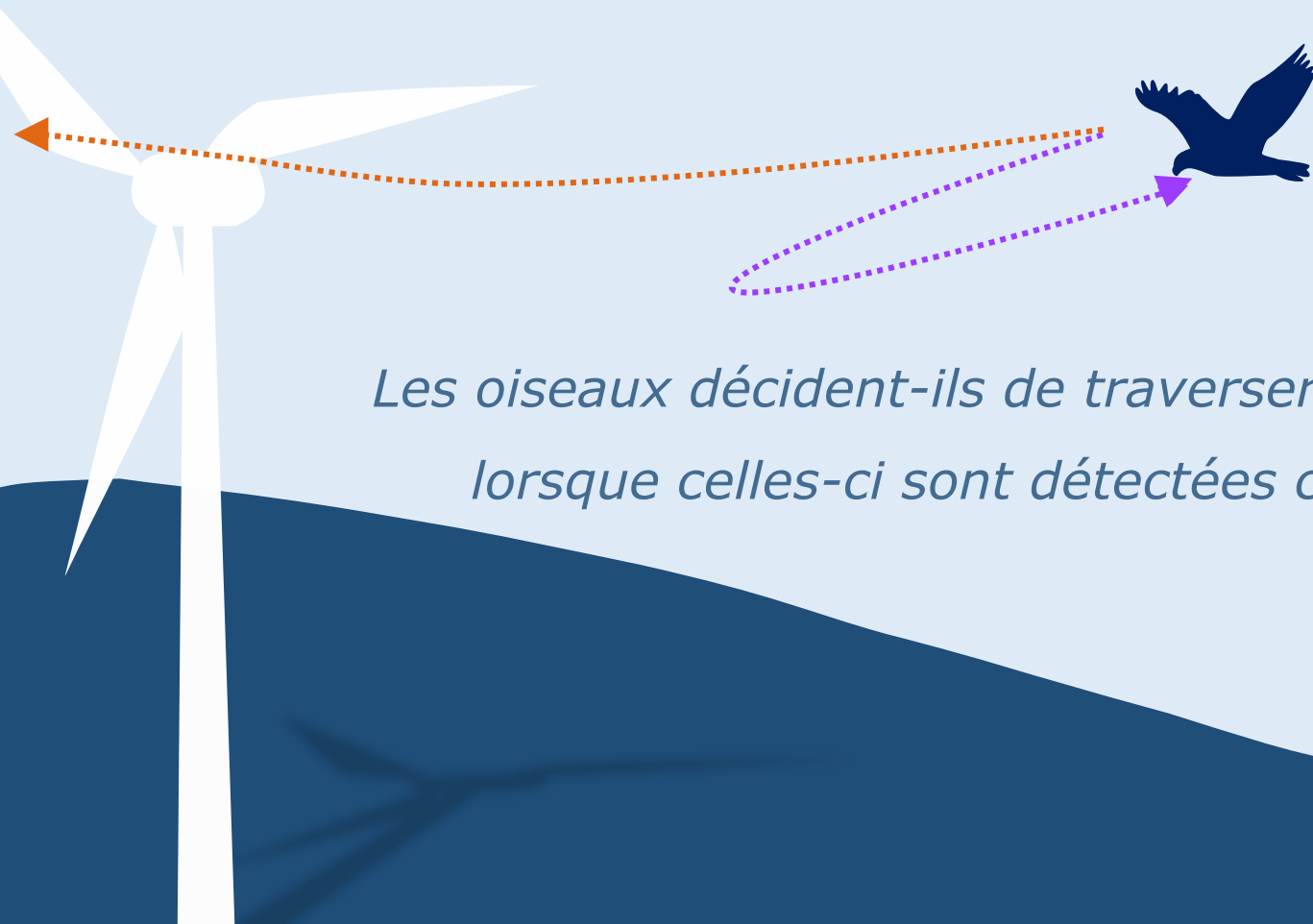
→ Réduction de la vitesse de rotation déclenchée par SDA  ?

---

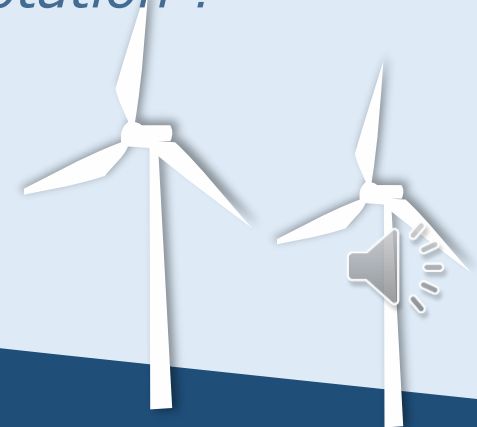
# CHAPITRE III

---

## Décision de traverser la zone balayée par les pales des éoliennes



*Les oiseaux décident-ils de traverser la zone balayée par les pales lorsque celles-ci sont détectées comme étant en rotation ?*



Perception des pales en mouvements :

- Vitesse : perçue  $\neq$  absolue
  - Perception d'un objet comme étant stationnaire  
*Chapitre II*
  - Taille/distance à l'objet, forme, mouvement, contraste, vitesse, luminosité, temps d'observation...  
*Chapitre II, Farell (1999), Blakemore et Snowden (1999), Vaziri-Pashkam et Cavanagh (2008), Kohler et al. (2010), Blair et al. (2014), Owens et al. (2018)*
- Variation du comportement selon la vitesse perçue ?
  - Prise de risque : objet perçu comme étant stationnaire ou à faible vitesse ?



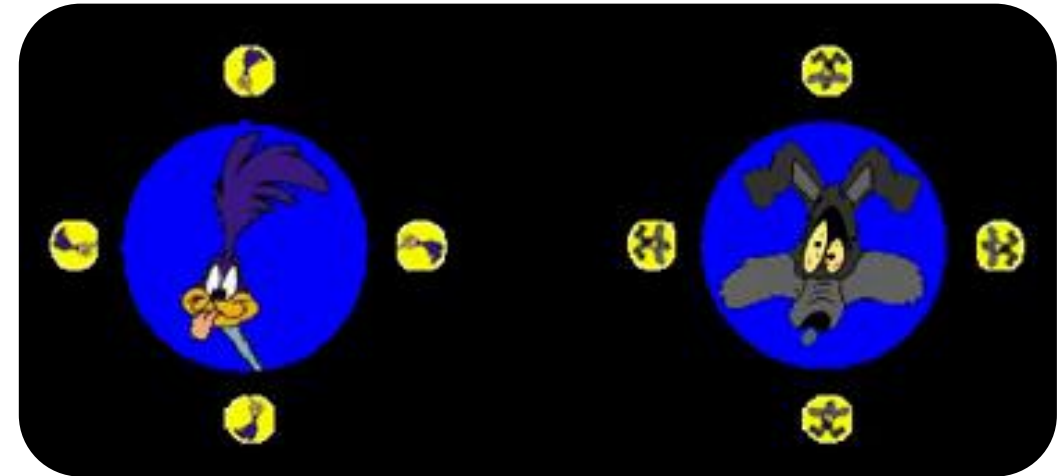
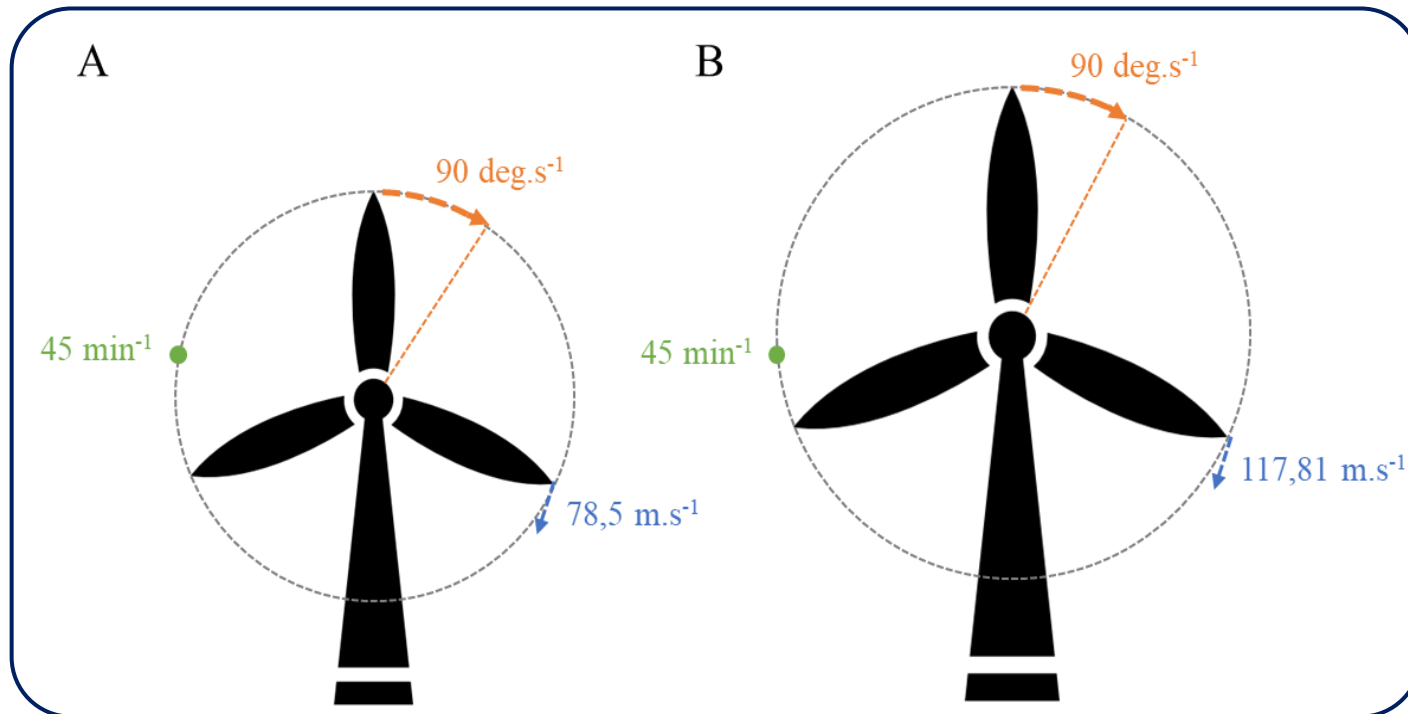
*Quahntasy*  
*Animating Universe*  
[https://youtu.be/54Oy75Bnu\\_Q](https://youtu.be/54Oy75Bnu_Q)



Perception des pales en mouvements :

- Rotation : vitesse linéaire, vitesse angulaire, fréquence ?

*Barraza et Grzywacz (2002), Blair et al. (2014)*



*Alan Ho et Stuart Anstis  
Ambrose University College, Canada,  
and UC San Diego, USA  
<http://illusionoftheyear.com>*



**Espèces/Individus**

31 Pigeons voyageurs

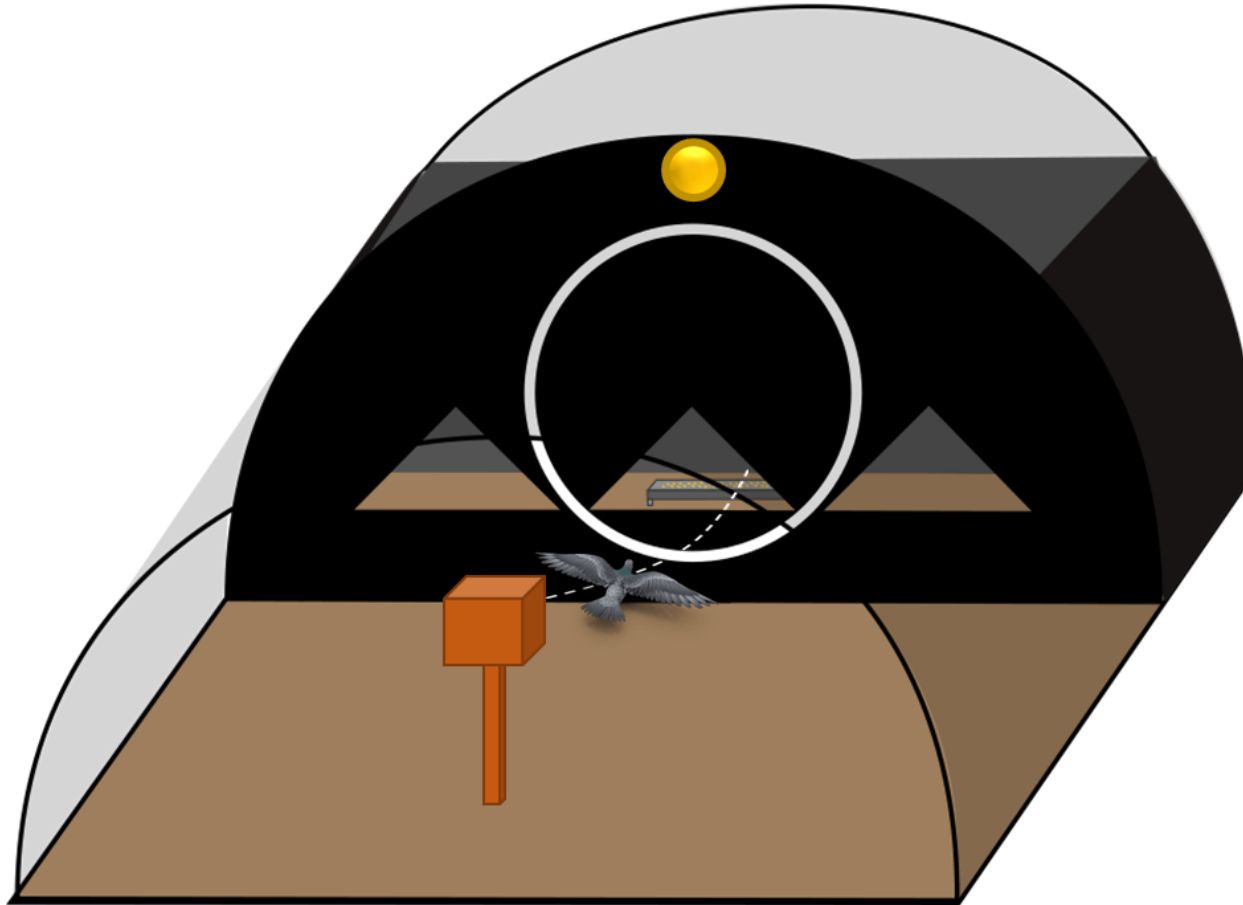


**Lieu**

PUYDUFOU®

Mars - Avril 2023

**MÉTHODE  
CONDITIONNEMENT**

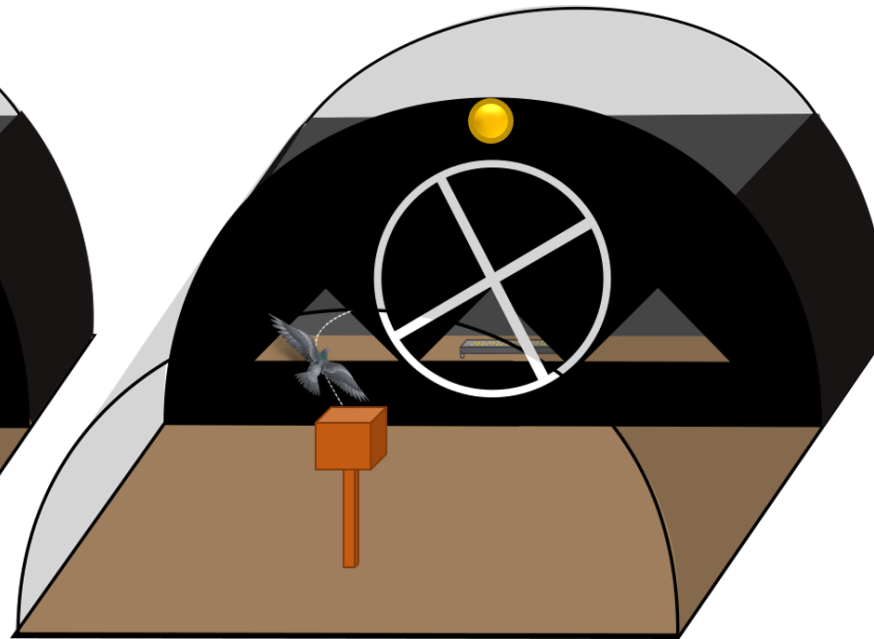
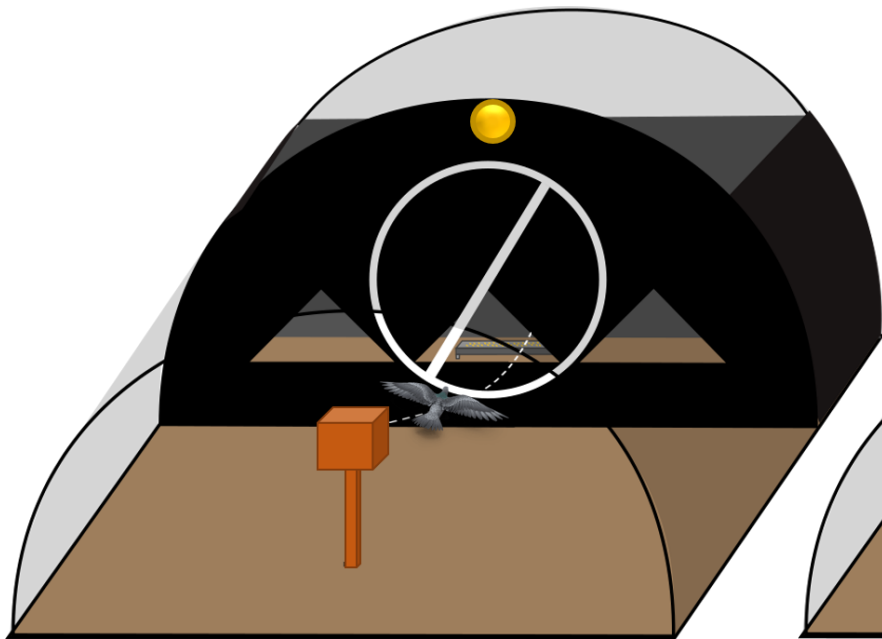


**Étapes**

- 1 – Entraînement
- Individuel
- Cercle sans pales – 8 rpm



## MÉTHODE CONDITIONNEMENT



### Étapes

#### 1 – Entraînement

Individuel

Cercle sans pales – 8 rpm

#### 2 – Test

Individuel – 16/31 pigeons

10 essais par individus : 2 ou 4

pales et 3, 5, 8, 16 ou 21 rpm

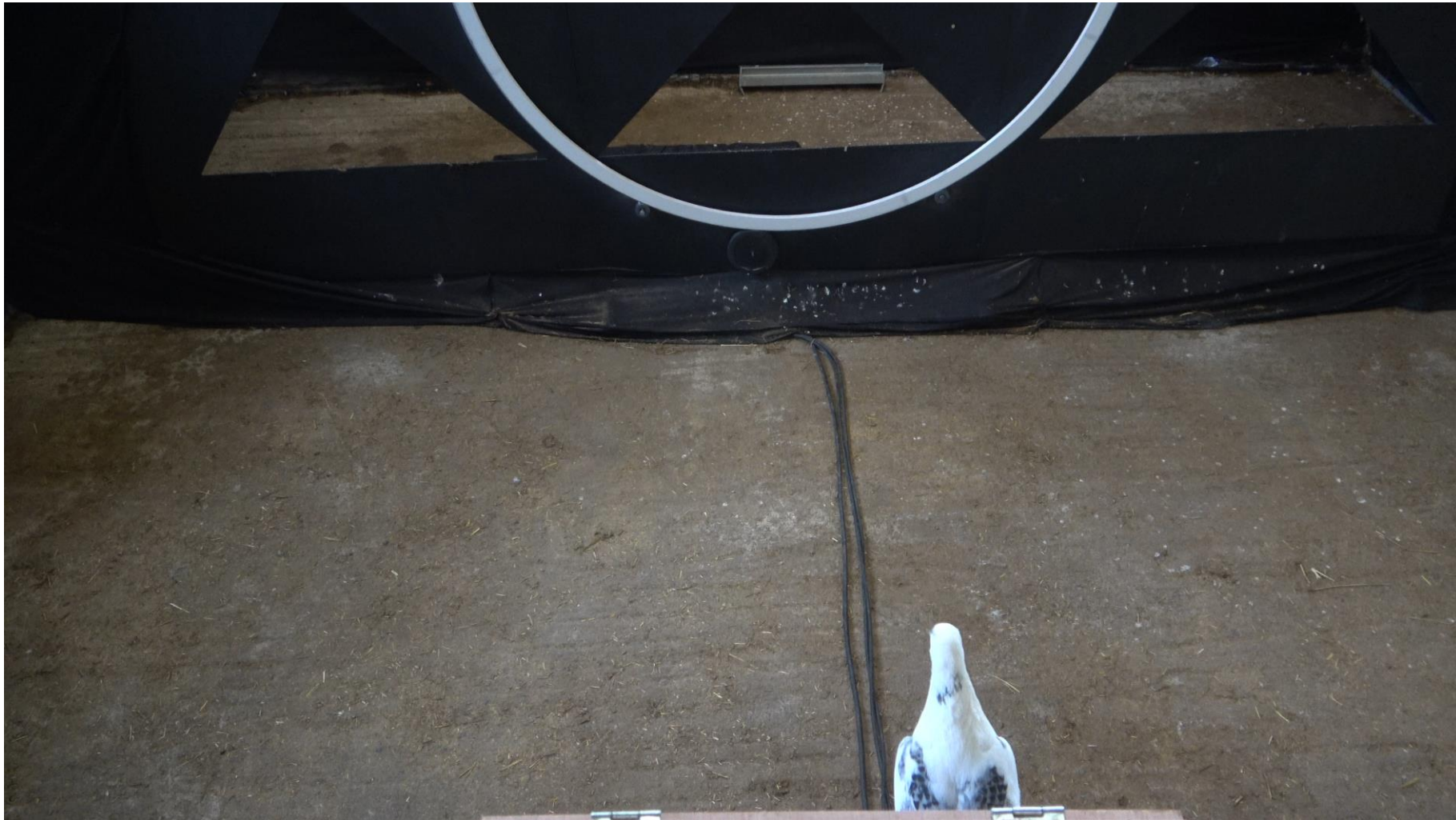
Trajectoires enregistrées par vidéos

*Srinivasan et al. (2022)*





1<sup>er</sup> essai – 0 pales – 8 rpm

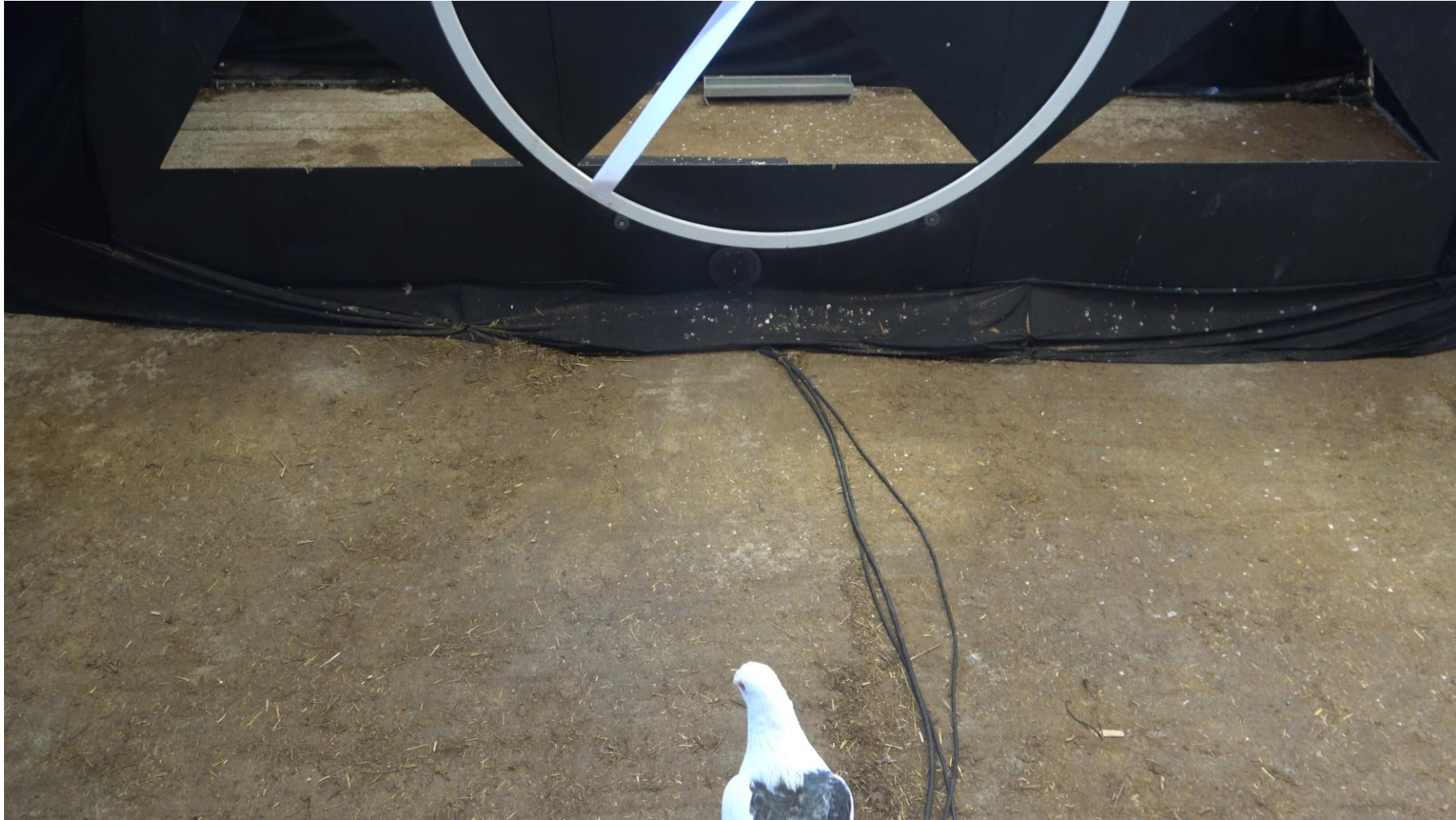




2 pales – 3 rpm

**Refus de  
passer par le  
rotor**

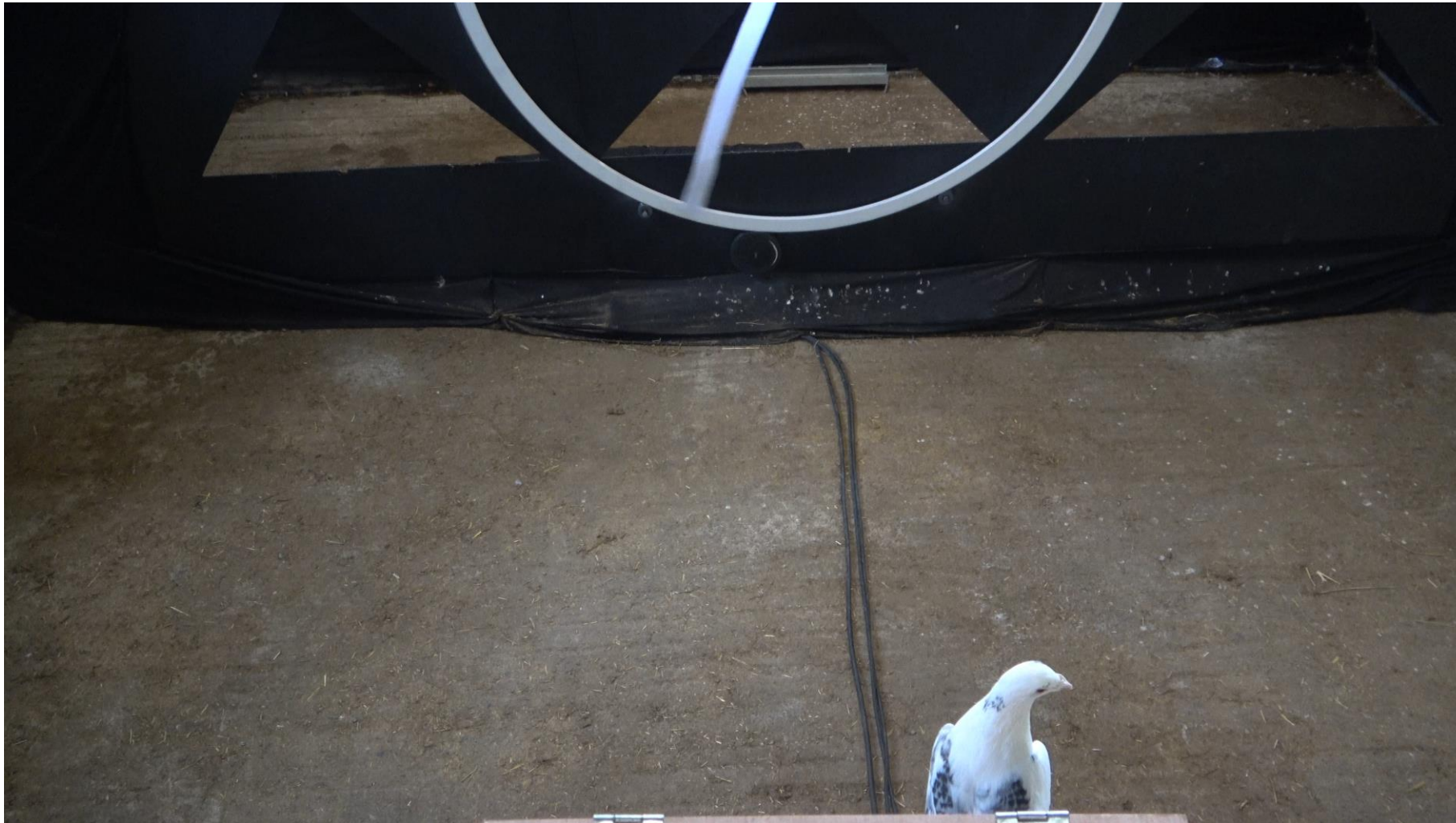
- Se pose au sol  
devant la roue



2 pales – 8 rpm

**Refus de  
passer par le  
rotor**

- Se pose au sol devant la roue
- Passe par les ouvertures latérales

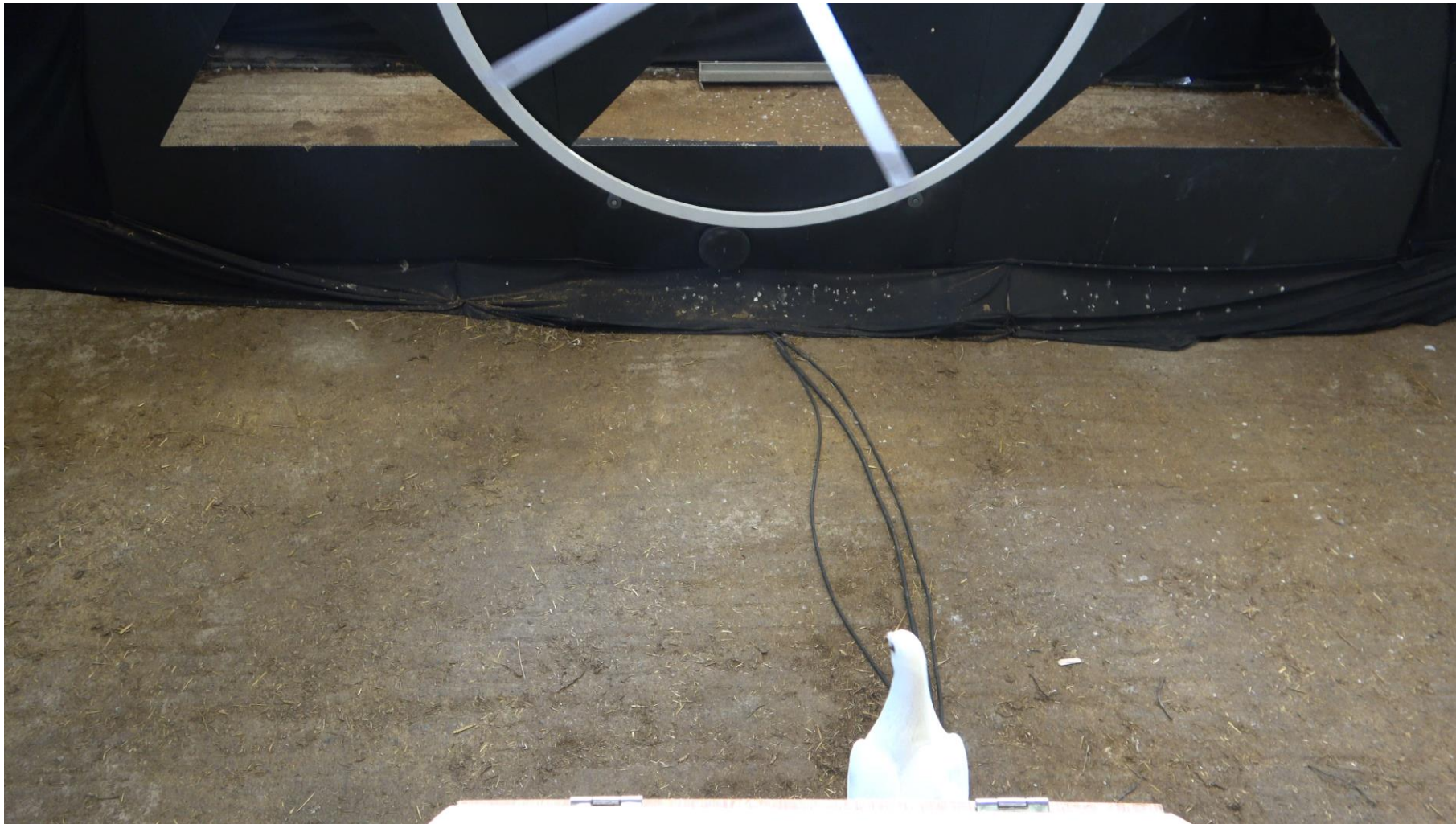




6 pales – 16 rpm

**Refus de  
passer par le  
rotor**

- Se pose au sol devant la roue
- Passe par les ouvertures latérales
- Évite de passer par l'ouverture centrale au dernier moment





2 pales – 3 rpm

**Refus de  
passer par le  
rotor**

- Se pose au sol devant la roue
- Passe par les ouvertures latérales
- Évite de passer par l'ouverture centrale au dernier moment

**Passage par  
le rotor**

- En évitant les pales
- Sans éviter les pales



RÉSULTATS

Individus	3 rpm		5 rpm		8 rpm		16 rpm		21 rpm	
168160		*	*	*	*	*				
396190	*	*		*	*	*	*			
168154			*						*	
297651				*						
297654				*	*					
297660	*						*	*		
NA (lost ring)		*	*		*					
119541			*							
258986										
297662	*									
396198				*						
047499					*					
258984					*					
081550										
258989										
196696										

Tous les oiseaux ont évité au moins une fois la zone balayée par les pales

Passage par l'ouverture centrale

Évitement de l'ouverture centrale

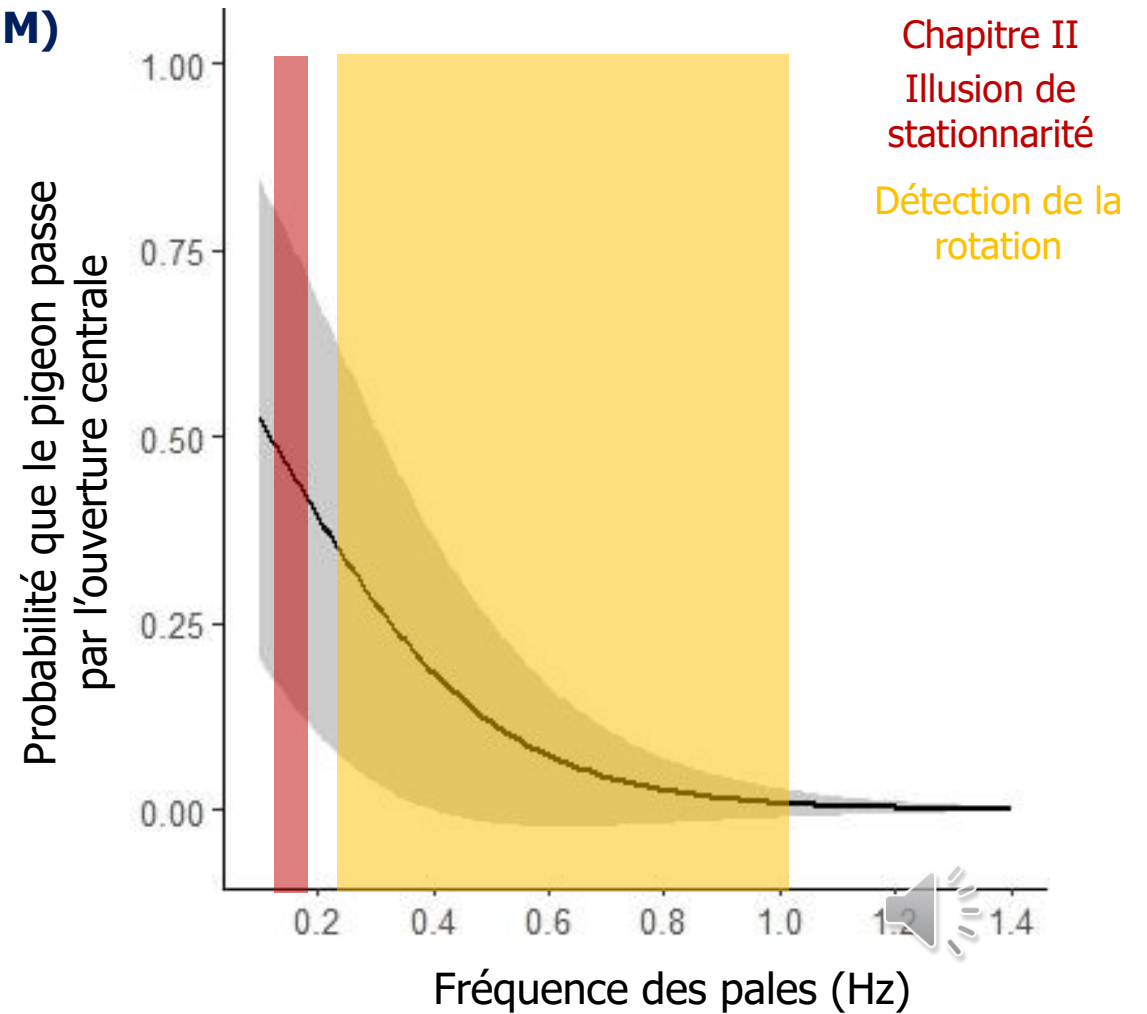
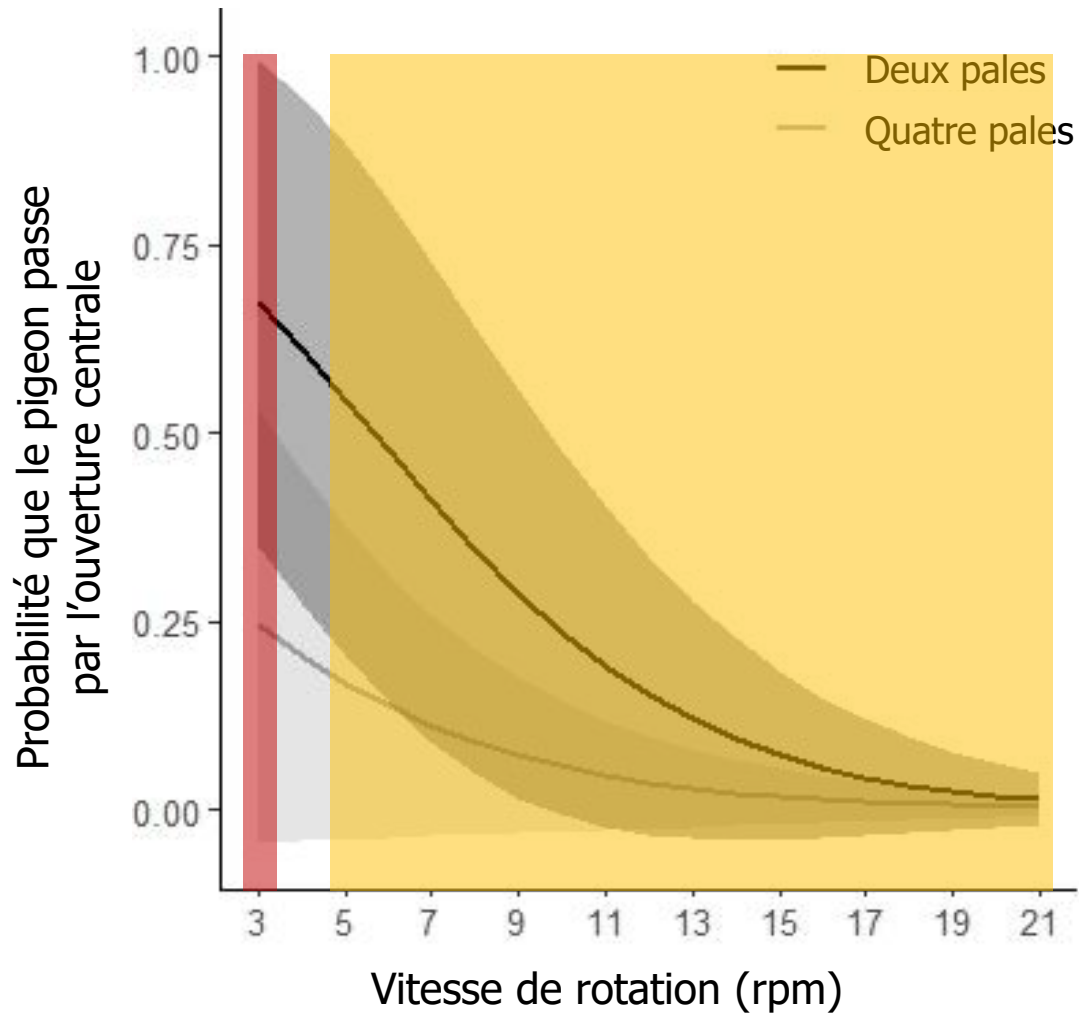
\* Collision avec les pales



RÉSULTATS

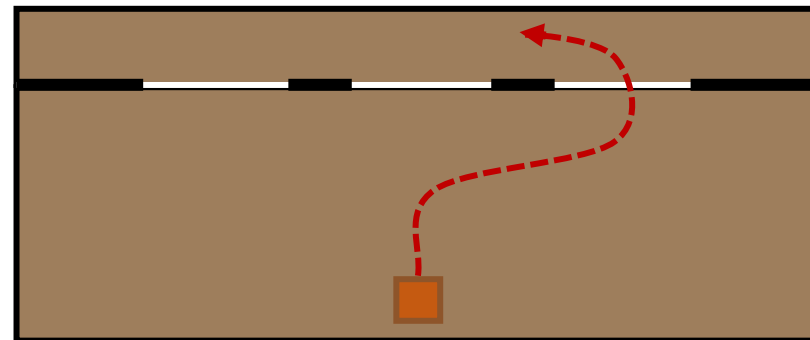
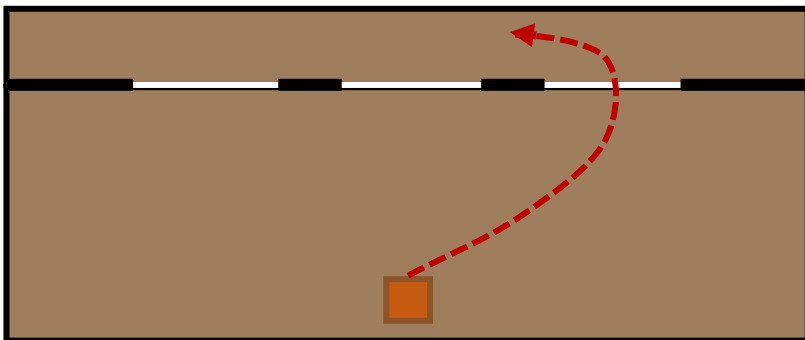
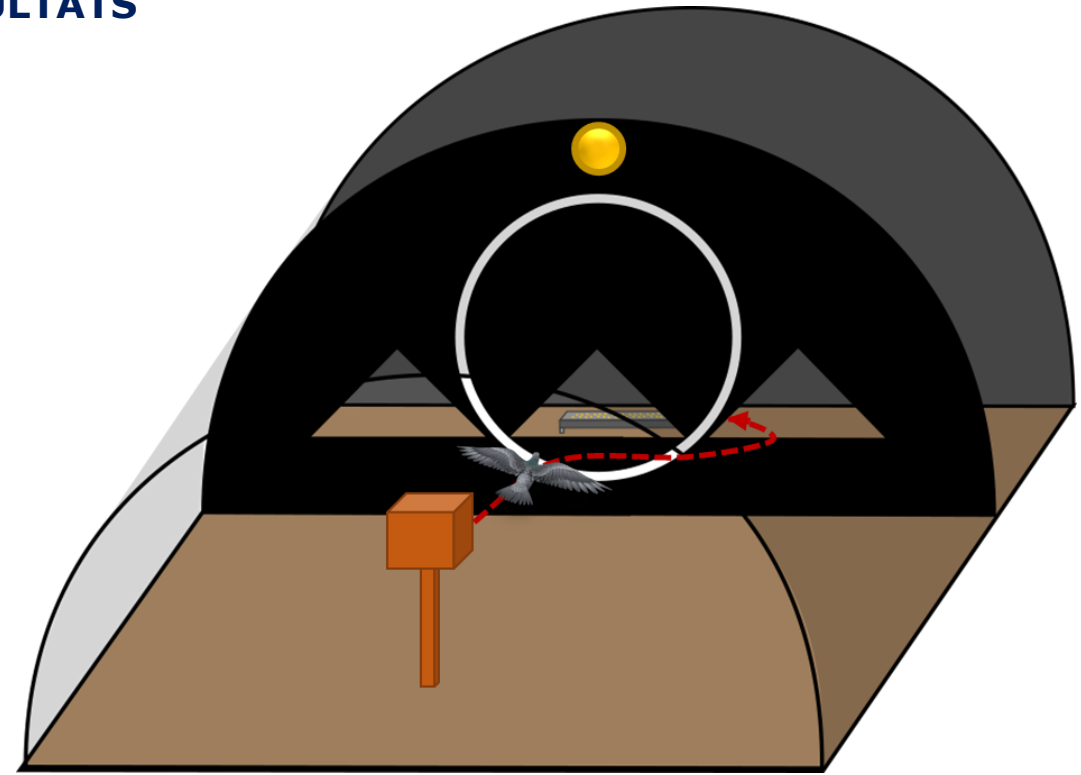
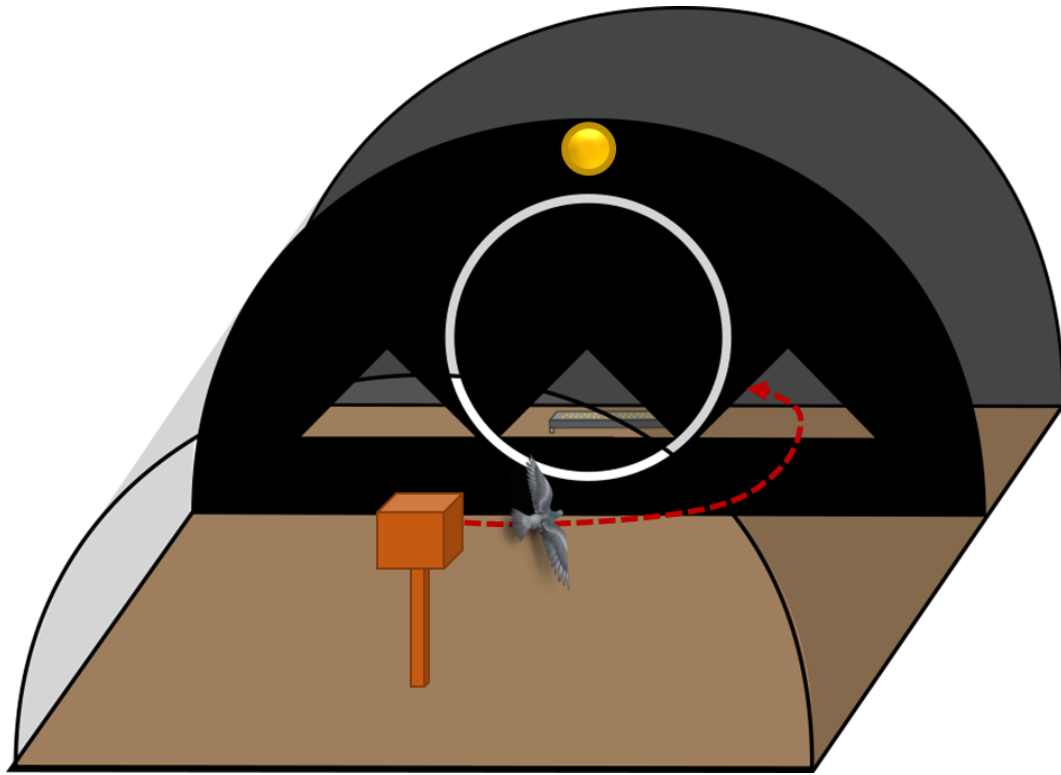
Prédictions

(GLMM)



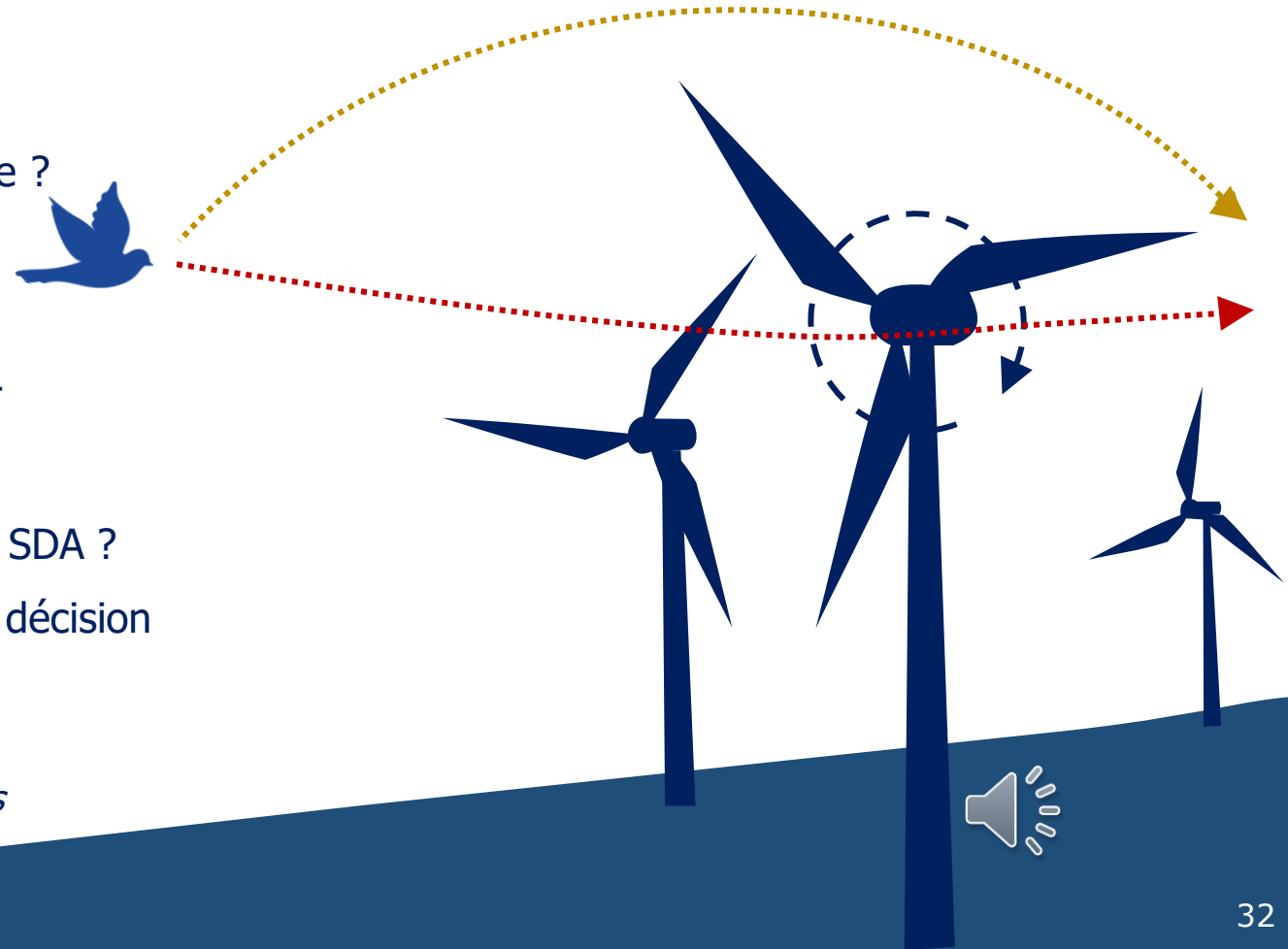
Chapitre II  
Illusion de stationnarité  
Détection de la rotation

RÉSULTATS



**Décision de traverser le rotor :**

- Variation individuelle
    - Variation inter-espèce ?
  
  - Capacité à prédire la trajectoire des pales ?
  - Compréhension de la périodicité du mouvement rotatoire ?
  - Assimilation des pales en mouvement à un danger ?
- 
- Importance de la vitesse de rotation des pales et de leur fréquence
    - Effet du ralentissement des pales déclenché par les SDA ?
    - Effet de l'augmentation du diamètre du rotor sur la décision des oiseaux ?



Article soumis (10/11/2023) au journal *Ornithological applications*



---

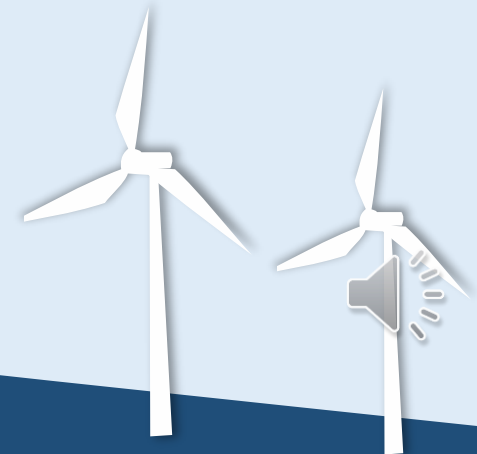
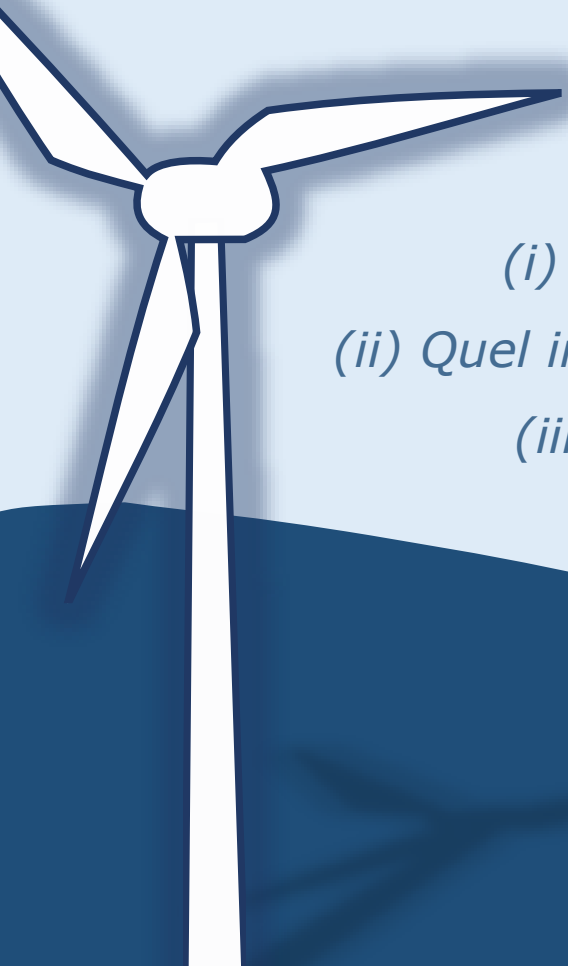
# DISCUSSION

---

## Perception visuelle des éoliennes par les oiseaux



- (i) Comment les oiseaux perçoivent-ils visuellement les éoliennes ?*
- (ii) Quel impact a cette perception sur leur décision de traverser la zone du rotor ?*
- (iii) Proposition de leviers qui permettraient de réduire les collisions*

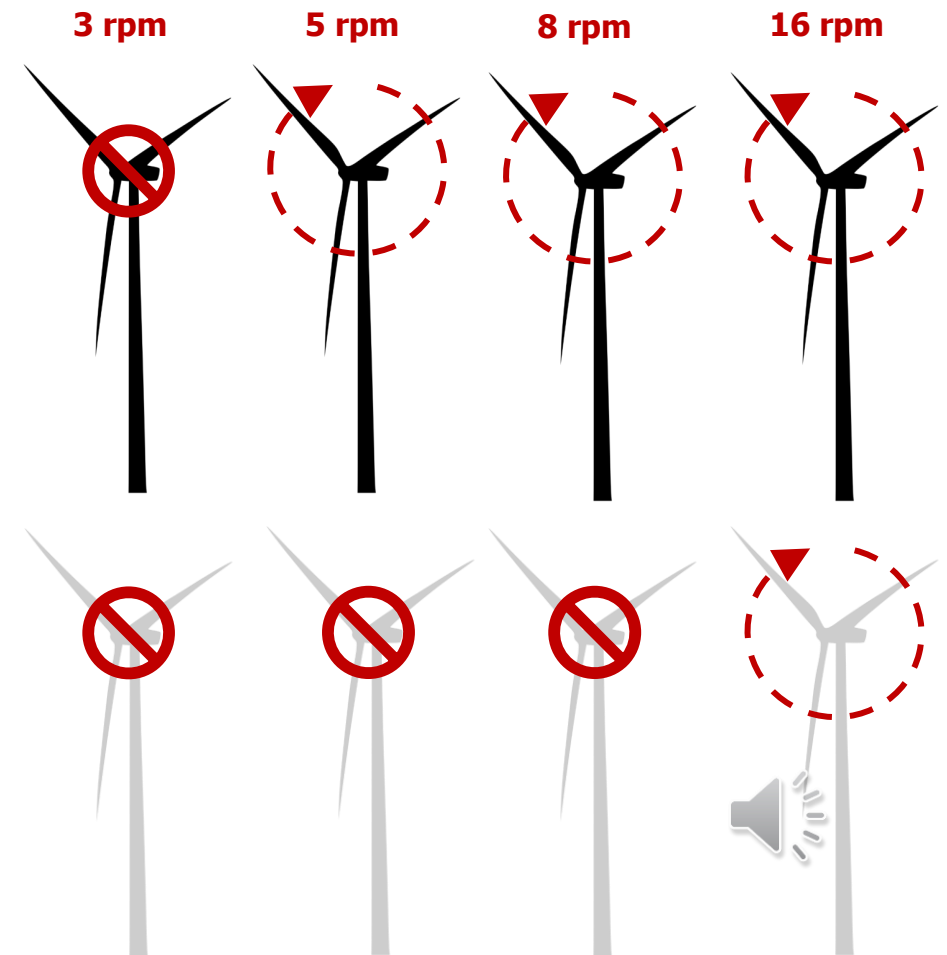


## Détecter les éoliennes

- Regarder : champ visuel
- Voir : résolution spatiale, résolution temporelle, sensibilité aux contrastes chromatiques et **achromatiques**

## Détecter la rotation des pales :

- **Vitesse de rotation**
- Résolution spatiale, résolution temporelle, sensibilité aux contrastes chromatiques et **achromatiques**



## Détecter les éoliennes

- Regarder : champ visuel
- Voir : résolution spatiale, résolution temporelle, sensibilité aux contrastes chromatiques et **achromatiques**

## Détecter la rotation des pales :

- **Vitesse de rotation**
- Résolution spatiale, résolution temporelle, sensibilité aux contrastes chromatiques et **achromatiques**

Augmenter le contraste achromatique entre les éoliennes  
et leur environnement





*May et al. (2020)*





Détecter les éoliennes

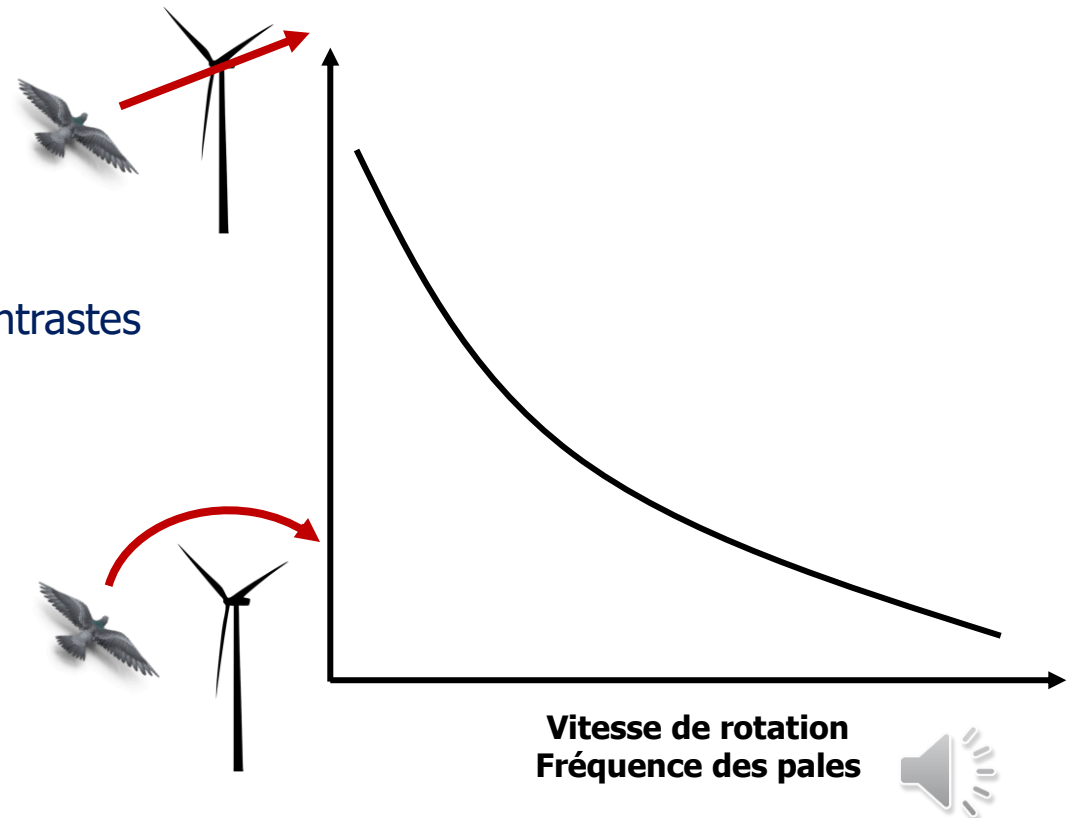
- Regarder : champ visuel
- Voir : résolution spatiale, résolution temporelle, sensibilité aux contrastes chromatiques et **achromatiques**

Détecter la rotation des pales :

- **Vitesse de rotation**
- Résolution spatiale, résolution temporelle, sensibilité aux contrastes chromatiques et **achromatiques**

Décider d'éviter le rotor :

- **Vitesse de rotation**
- **Fréquence de passage des pales**



Détecter les éoliennes

- Regarder : champ visuel
- Voir : résolution spatiale, résolution temporelle, sensibilité aux contrastes chromatiques et **achromatiques**

Détecter la rotation des pales :

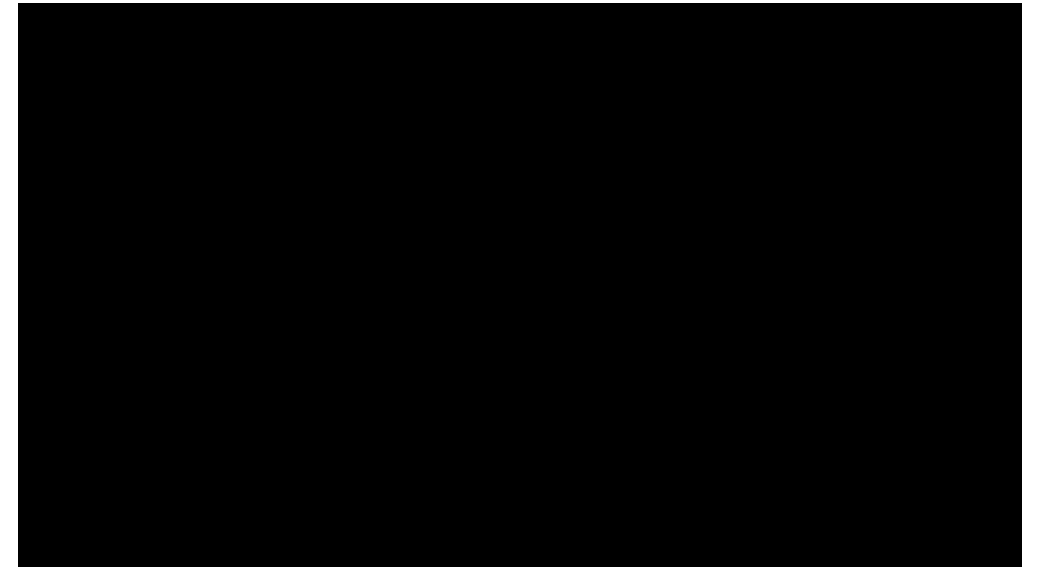
- **Vitesse de rotation**
- Résolution spatiale, résolution temporelle, sensibilité aux contrastes chromatiques et **achromatiques**

Décider d'éviter le rotor :

- **Vitesse de rotation**
- **Fréquence de passage des pales**

Augmenter le contraste pour augmenter la vitesse perçue ?

Cas chez l'Homme  
*Blakemore et Snowden (1999)*



Augmenter au maximum la vitesse perçue







Augmenter le contraste pour augmenter la vitesse perçue

Paradoxe des SDA

↘ Vitesse de rotation : ↗ Prise de risque possible **MAIS** pales plus facile à éviter (selon l'espèce)

**Arrêt complet et rapide de la rotation des pales en cas de danger**

*Réalisable ?*



Riverains



Ingénierie



Usure des machines



Rentabilité



Réglementation



2023

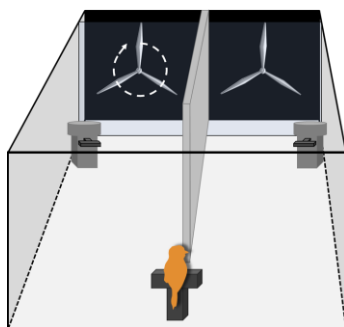
2024

Temps

**Définition des motifs susceptibles d'améliorer la détection des éoliennes par les oiseaux**



**Évaluation expérimentale de l'effet des motifs sur la perception de la rotation des pales par les oiseaux**



UMR 5175  
CENTRE D'ÉCOLOGIE  
FONCTIONNELLE  
& ÉVOLUTIVE



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE  
Liberté  
Égalité  
Fraternité

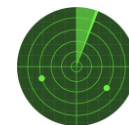


ADEME  
AGENCE DE LA  
TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE

**Détermination du motif le plus prometteur**

**Évaluation in situ de l'effet du motif sélectionné sur la mortalité aviaire**

- Suivi du comportement d'évitement par les oiseaux aux abords des éoliennes (radar, télémétrie...)
- Suivi de la mortalité protocolé, plusieurs années avant et après la mise en place des motifs + témoins
- Sur différentes centrales éoliennes (type de machine), environnement et espèces aviaires
- Evaluation d'une possible accentuation de l'évitement des centrales éoliennes par certaines espèces aviaires
- Étude sociologique afin de déterminer l'acceptabilité de tels motifs auprès des riverains



**Selon résultats, application des motifs à d'autres centrales éoliennes et sensibilisation auprès des riverains**

