

# L'allocation de l'attention visuelle lors d'une situation multitâche et dynamique : l'approche de carrefour en conduite.

Sophie Lemonnier<sup>1,2</sup>

sous la direction de Roland Brémond<sup>2</sup> et de Thierry Baccino<sup>1</sup>

1/ Université Paris 8 – LUTIN, CHArt

Cognitions Humaine & ARTificielle



Lutin Userlab  
Cité des sciences et de l'industrie



2/ Université Paris Est – IFSTTAR, LEPSiS

Institut français des sciences et  
technologies des transports, de  
l'aménagement et des réseaux

LEPSiS



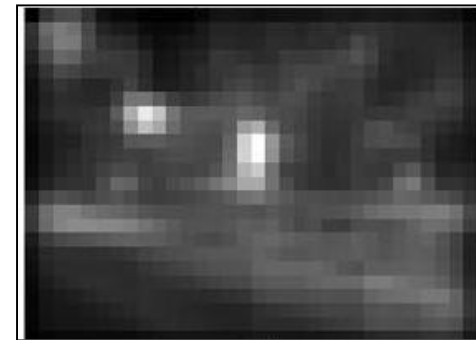
# L'attention visuelle

Point de départ : Étudier le lien entre l'attention visuelle et une tâche en cours dans une situation écologique : dynamique et multitâche.

→ **Attention visuelle explicite (*overt*)**

- Traitement **Bottom-up**  
= caractéristiques visuelles

Exemple : les travaux de Itti *et al.* 1998  
(Carte de saillance)



# L'attention visuelle

Point de départ : Étudier le lien entre l'attention visuelle et une tâche en cours dans une situation écologique : dynamique et multitâche.

→ **Attention visuelle explicite (overt)**

- Traitement **Bottom-up**  
= caractéristiques visuelles

Exemple : les travaux de Itti *et al.* 1998  
(Carte de saillance)



- Traitement **Top-down**  
= connaissances, objectifs, attentes

Exemple : les travaux de Yarbus (1967)



## Tâche écologique

Top-down ↔ Mvt des yeux > Bottom-up ↔ Mvt des yeux

→ **Attention visuelle top-down**

# Problématique

*Problématique générale :*

**Dans une situation écologique multitâche, est-il possible de discriminer sur la base du comportement oculomoteur :**

- 1. des sous-tâches ?**
- 2. les phases d'une même sous-tâche ?**

Quelle tâche ?

Une **tâche de conduite** automobile

Quelle situation ?

**L'approche de carrefour**

Quelles sous-tâches ?

<i>Niveau</i>	<i>Définition</i>	<i>Sous-tâches choisies</i>
<b>Stratégique</b>	Gestion du trajet	X
<b>Tactique</b>	Gestion des interactions	<b>Prise de décision</b> (est-ce que je m'arrête au carrefour ?)
<b>Opérationnel</b>	Gestion du véhicule	<b>Contrôle latéral du véhicule</b> (est-ce que je dévie de ma trajectoire ?)

Allen, T. M., Lunenfeld, H., Alexander, G. J., 1971. Driver information needs. *Highway Research Board* 36, 102-115.

Michon, J., 1985. A critical view of driver behavior models. What do we know, what should we do? In: Evans, L., Schwing, R. (Eds.), *Human behavior and trac safety*. Plenum Press, NY, pp. 485-521.

# Problématique

*Problématique générale :*

**Dans une situation écologique multitâche, est-il possible de discriminer sur la base du comportement oculomoteur :**

- 1. des sous-tâches ?**
- 2. les phases d'une même sous-tâche ?**

Quelle tâche ?

Une **tâche de conduite** automobile

Quelle situation ?

**L'approche de carrefour**

Quelles sous-tâches ?

**Prise de décision et Contrôle latéral du véhicule**

*Problématique opérationnalisée :*

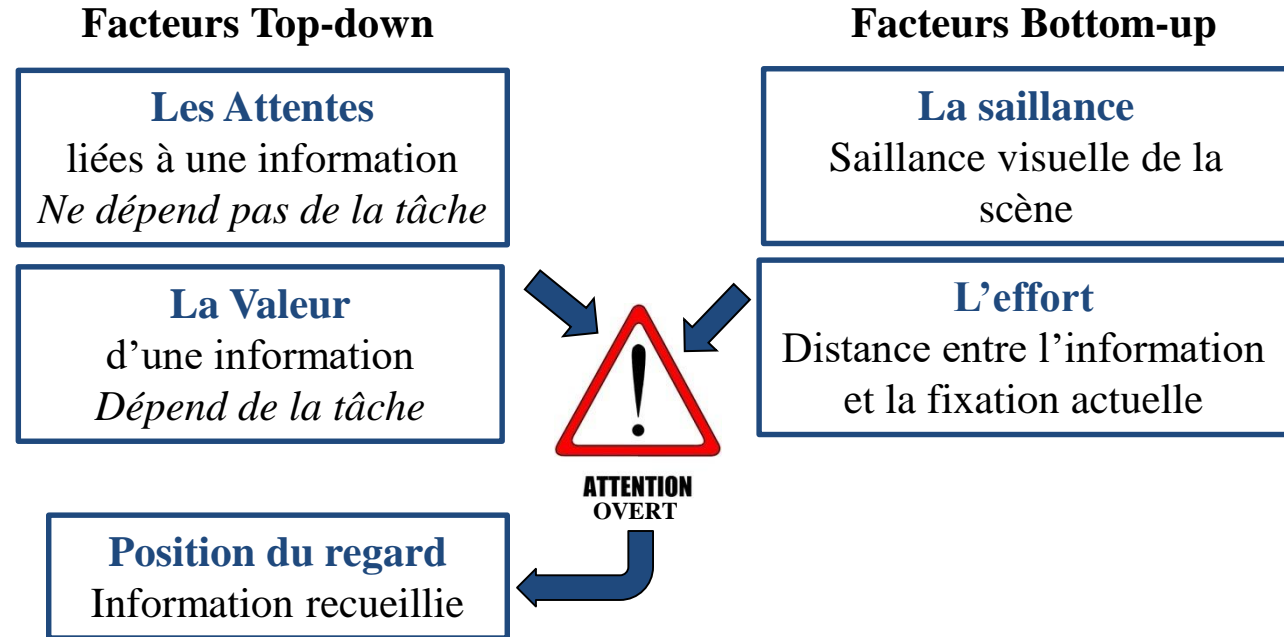
**Dans une situation écologique multitâche, est-il possible de discriminer sur la base du comportement oculomoteur :**

- 1. des sous-tâches de contrôle du véhicule et de prise de décision ?**
- 2. les processus de la prise de décision ?**

# Un modèle de l'allocation de l'attention visuelle : SEEV

Modèle en ergonomie (Wickens *et al*, 2001 & 2003)

**Avantage : entièrement construit autour de l'aspect multi tâche de l'attention visuelle**



Wickens, C. D., Goh, J., Helleberg, J., Horrey, W. J., Talleur, D. A., 2003. Attentional models of multitask pilot performance using advanced display technology. *Human Factors* 45 (3), 360-380.

Wickens, C. D., Helleberg, J., Goh, J., Xu, X., Horrey, W. J., 2001. Pilot task management: Testing an attentional expected value model of visual scanning. Tech. rep., Aviation Research Lab.

# Un modèle de l'allocation de l'attention visuelle : SEEV

Modèle en ergonomie (Wickens *et al*, 2001 & 2003)

**Avantage : entièrement réfléchi autour de l'aspect multi tâche de l'attention visuelle**

## Entrées (VI)

**La densité du trafic**  
Nulle – Intermédiaire –  
Élevée

**La règle de priorité**  
Cédez le passage – Stop  
- Prioritaire

## Sortie (VD)

**Temps de regard**  
Aide d'intérêt (AOI)

## Facteurs Top-down

**Les Attentes**  
liées à une information  
*Ne dépend pas de la tâche*

**La Valeur**  
d'une information  
*Dépend de la tâche*

**Position du regard**  
Information recueillie

## Facteurs Bottom-up

**La saillance**  
Saillance visuelle de la  
scène

**L'effort**  
Distance entre l'information  
et la fixation actuelle



**ATTENTION  
OVERT**



*Prédictions en termes de temps de regard :*

- AOI liée à la prise de décision + AOI liée au contrôle du véhicule = 100%
- AOI liée à la prise de décision :
  - Cédez le passage > Prioritaire > Stop
  - Élevée > Intermédiaire > Nulle

## Un modèle de la prise de décision : Diff/Cons

Modèle en psychologie sociale (Svenson, 1992)

**Avantage : permet d'étudier l'aspect dynamique de la tâche**

**Différentiation** → *Décision préliminaire* → **Consolidation** → *Décision finale*

### Différentiation

#### Phase d'exploration visuelle

Objectif : recueillir des informations permettant de prendre une décision préliminaire

### Consolidation

#### Phase de vérification

Objectif : recueillir des informations congruentes avec la décision préliminaire pour valider celle-ci (ou pas) et prendre la décision finale

Chapman, P. R., Underwood, G. (1998). Visual search of driving situations: danger and experience. *Perception* 27 (8), 95164.

*Prédictions possibles avec ce modèle :*

En terme d'activité visuelle : **Différentiation > Consolidation > Baseline**

*Prédictions complémentaires :*

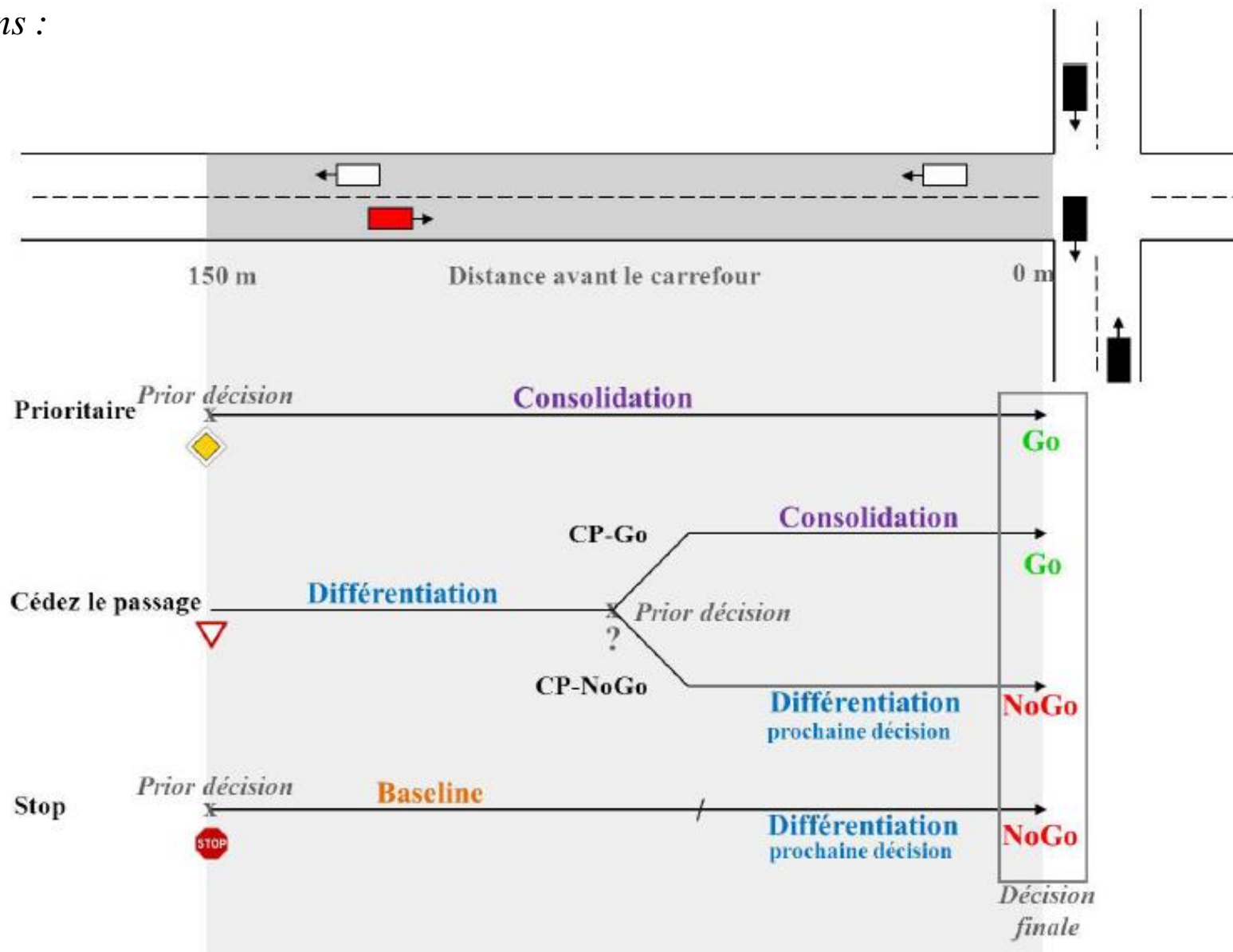
Pattern oculomoteur : **Activité visuelle ↑ = Amplitudes saccade ↑ + Durées fixation ↓**

Svenson, O. (1992). Differentiation and consolidation theory of human decision making: A frame of reference for the study of pre-and post-decision processes. *Acta Psychologica* 80 (1), 143168.



# Un modèle de la prise de décision : Diff/Cons

Prédictions :



# Les expériences

*Problématique opérationnalisée :*

**Dans une situation écologique multitâche, est-il possible de discriminer sur la base du comportement oculomoteur :**

- 1. des sous-tâches de contrôle du véhicule et de prise de décision ?**
- 2. les processus de la prise de décision ?**

## **Étude 1 : En simulateur de conduite**

→ Permet de tester les prédictions plus directement, dans une situation contrôlée.

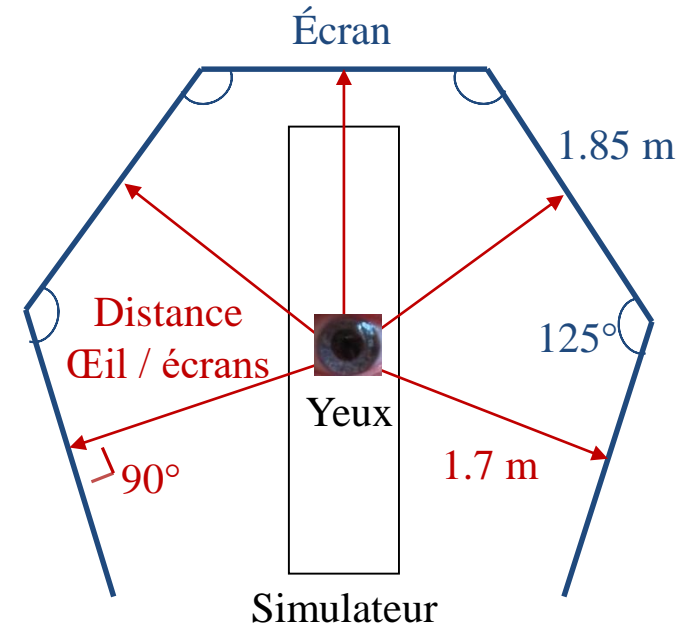
**→ Validité interne**

## **Étude 2 : En situation réelle de conduite**

→ Permet de généraliser

**→ Validité externe**

## Matériel et Méthode



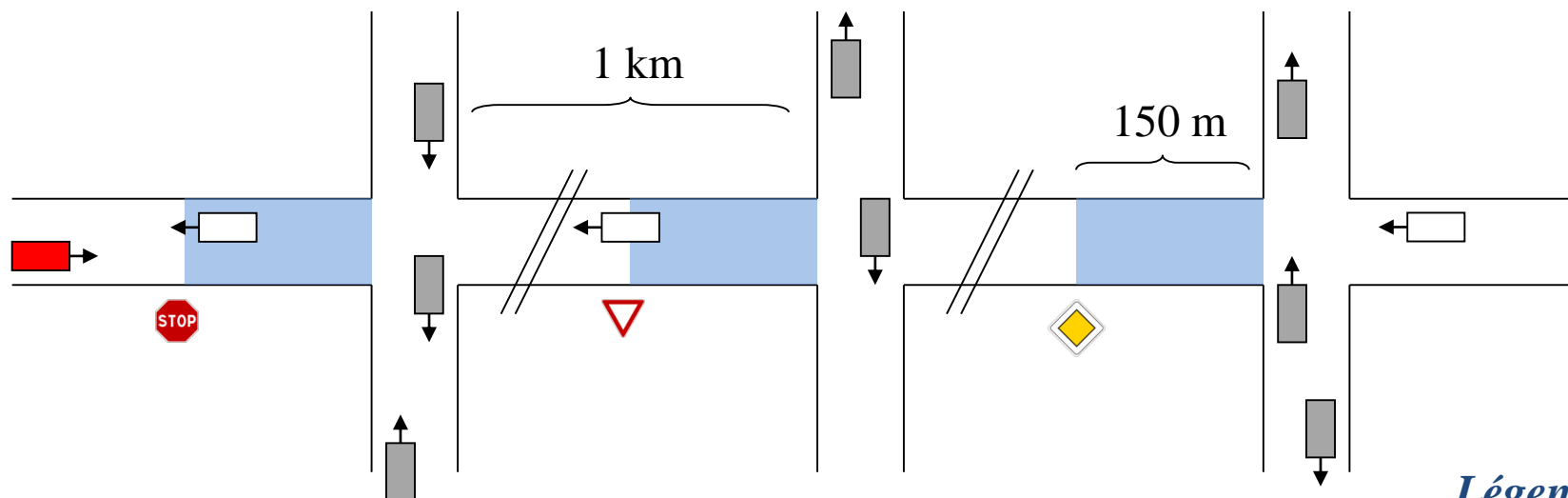
Angle total = 275°

34 participants





45 essais = 3 Règle de priorité x 3 Densité  
de trafic x 5 Répétitions

Eye tracker : lunettes SMI  
horizontal : 80°, vertical : 60°  
taux d'échantillonnage : 30 Hz  
précision : 0.5°

# Procédure



*Légende :*

-  Voiture du participant
-  Densité de trafic
-  Véhicules contrôles: ↑ immersion
-  Portion de route analysée



**Facteurs expérimentaux :**

- La **règle de priorité** (CP, Prioritaire, Stop)
- La **densité de trafic** (Elevée, Inter., Nulle)

# Q1 : discriminer deux sous-tâches avec les mouvements des yeux

*Problématique opérationnalisée :*

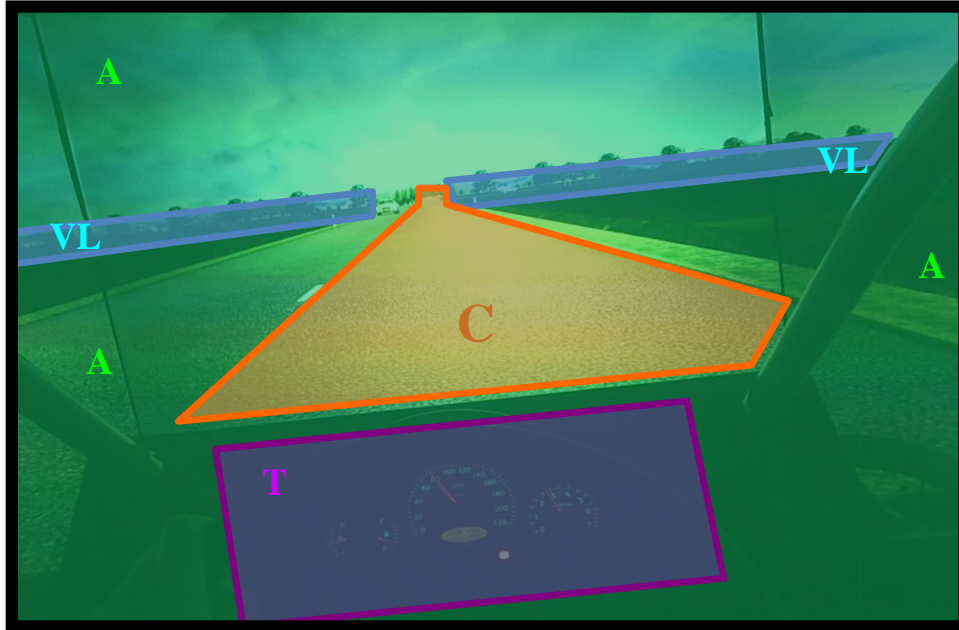
**Dans une situation écologique multitâche, est-il possible de discriminer sur la base du comportement oculomoteur :**

- 1. des sous-tâches de contrôle du véhicule et de prise de décision ?**
- 2. les processus de la prise de décision ?**

# Construction des AOIs

20 participants

27 essais (3 répétitions)



**C : Chaussée (route devant )**

**VL : Voies Latérales gauche et droite**

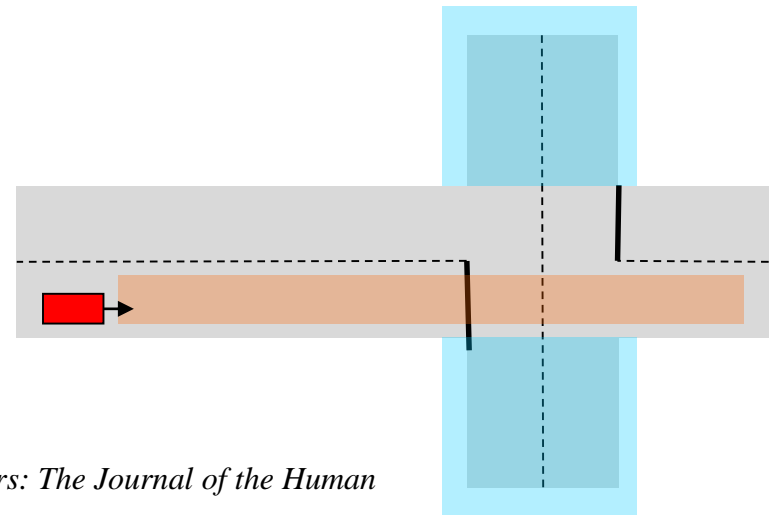
**T : Tableau de bord**

**A : Autre**

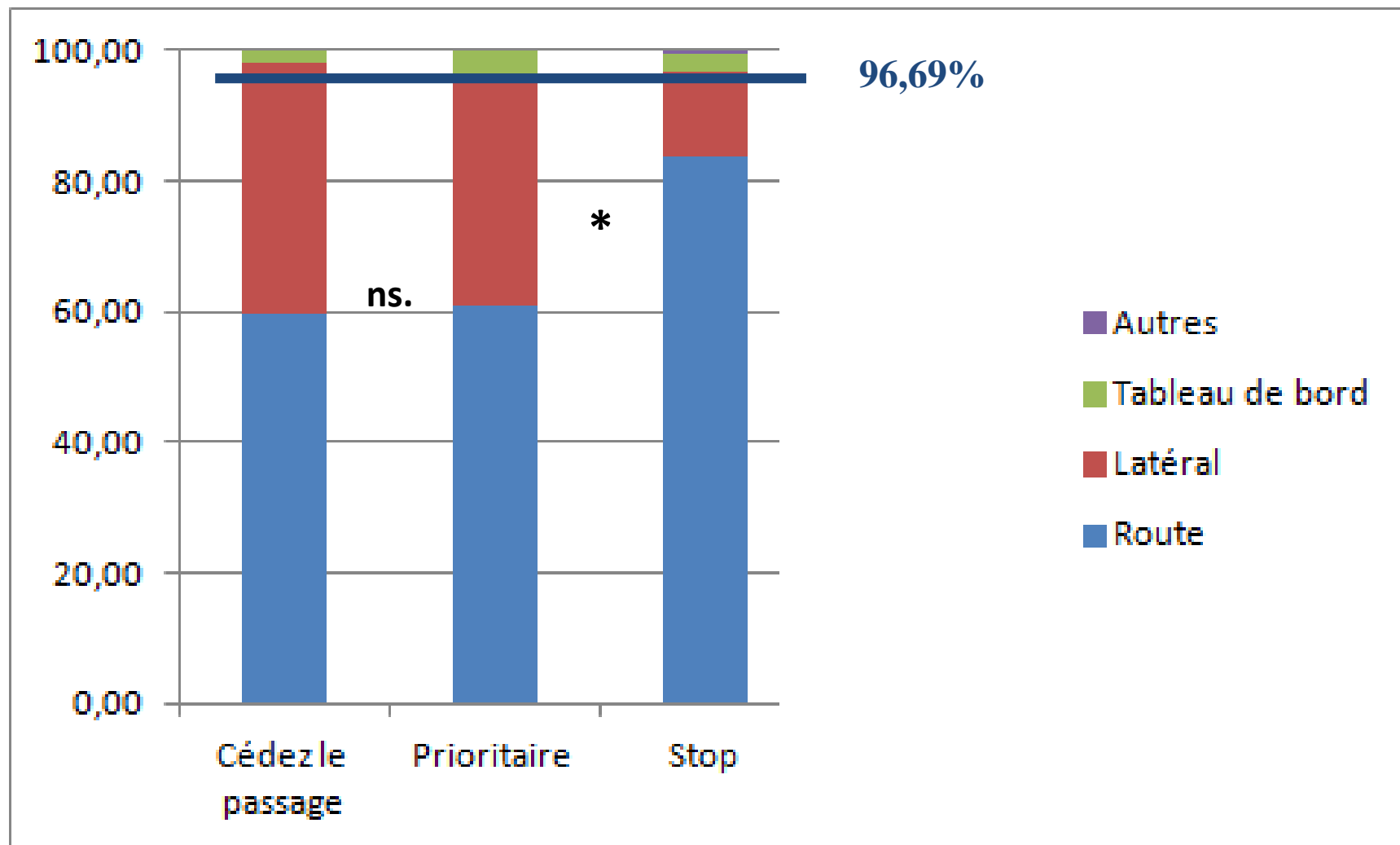
Choix des AOIs :

- **Sous-tâche de contrôle du véhicule :**  
information = point « proche » et point « loin »  
→ **AOI Chaussée**

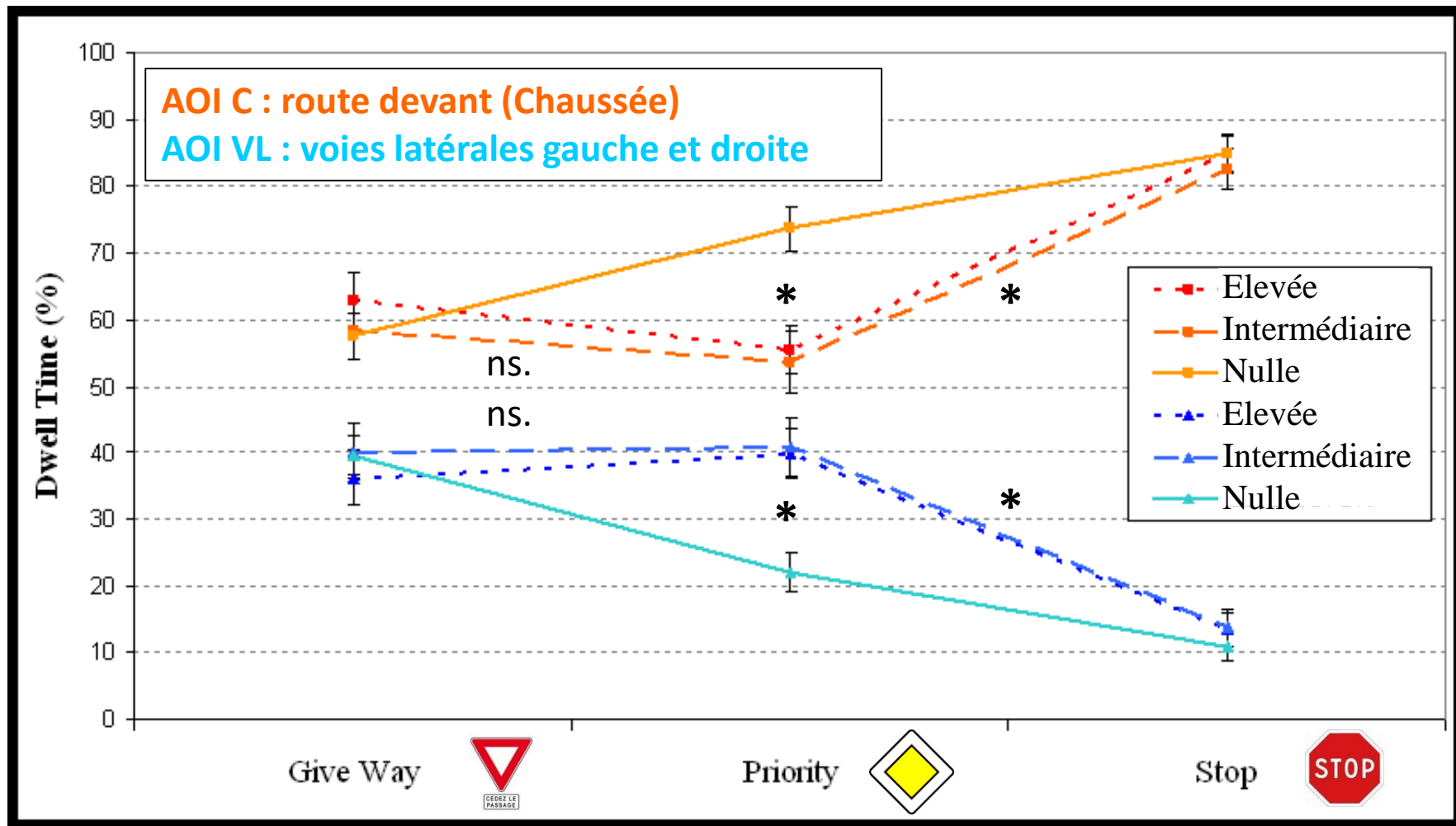
- **Sous-tâche de prise de décision :**  
information = les autres usagers  
→ **AOI Voies Latérales**



## Résultats



# Résultats





## Seconde partie de la problématique

*Problématique opérationnalisée :*

**Dans une situation écologique multitâche, est-il possible de discriminer sur la base du comportement oculomoteur :**

- 1. des sous-tâches de contrôle du véhicule et de prise de décision ?**
- 2. les processus de la prise de décision ?**

# Les variables

**Variables dépendantes :** Amplitudes des saccades + Durées des fixations

**Facteurs expérimentaux :**

Règle de priorité



Stop



Cédez le passage



Prioritaire

Densité de trafic

Élevée / Inter. / Nulle

Élevée / Inter. / Nulle

Élevée / Inter. / Nulle

S'arrête : **NoGo**

Ne s'arrête pas : **Go**

**Variables d'intérêts :** • **Situation** (Stop, Prioritaire, CP Go et CP NoGo)

Densité de trafic	Décision: NoGo			Décision: Go		
	CP	Prioritaire	Stop	CP	Prioritaire	Stop
Nulle	7	0	153	155	163	<del>10</del>
Inter.	73	0	157	93	162	<del>2</del>
Élevée	136	0	160	26	163	<del>1</del>

*Nombre d'essai en fonction du comportement d'arrêt*

# Les variables

**Variables dépendantes :** Amplitudes des saccades + Durées des fixations

**Facteurs expérimentaux :**

Règle de priorité

Densité de trafic



Stop



Cédez le passage



Prioritaire

Élevée / Inter. / Nulle

Élevée / Inter. / Nulle

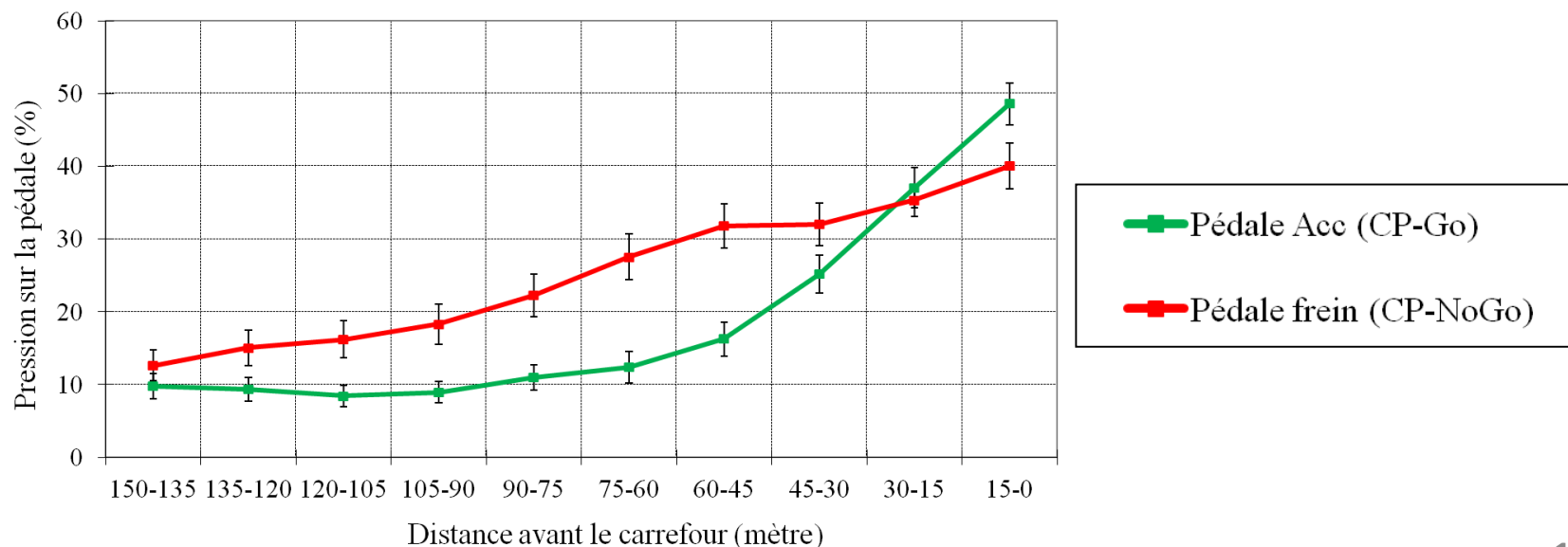
Élevée / Inter. / Nulle

S'arrête : **NoGo**

Ne s'arrête pas : **Go**

**Variables d'intérêts :**

- **Situation** (Stop, Prioritaire, CP Go et CP NoGo)
- **Position** au carrefour (Avant / Après la pré-décision en CP)



# Les variables

**Variables dépendantes :** Amplitudes des saccades + Durées des fixations

**Facteurs expérimentaux :**



Stop



Cédez le passage



Prioritaire

Règle de priorité

Densité de trafic

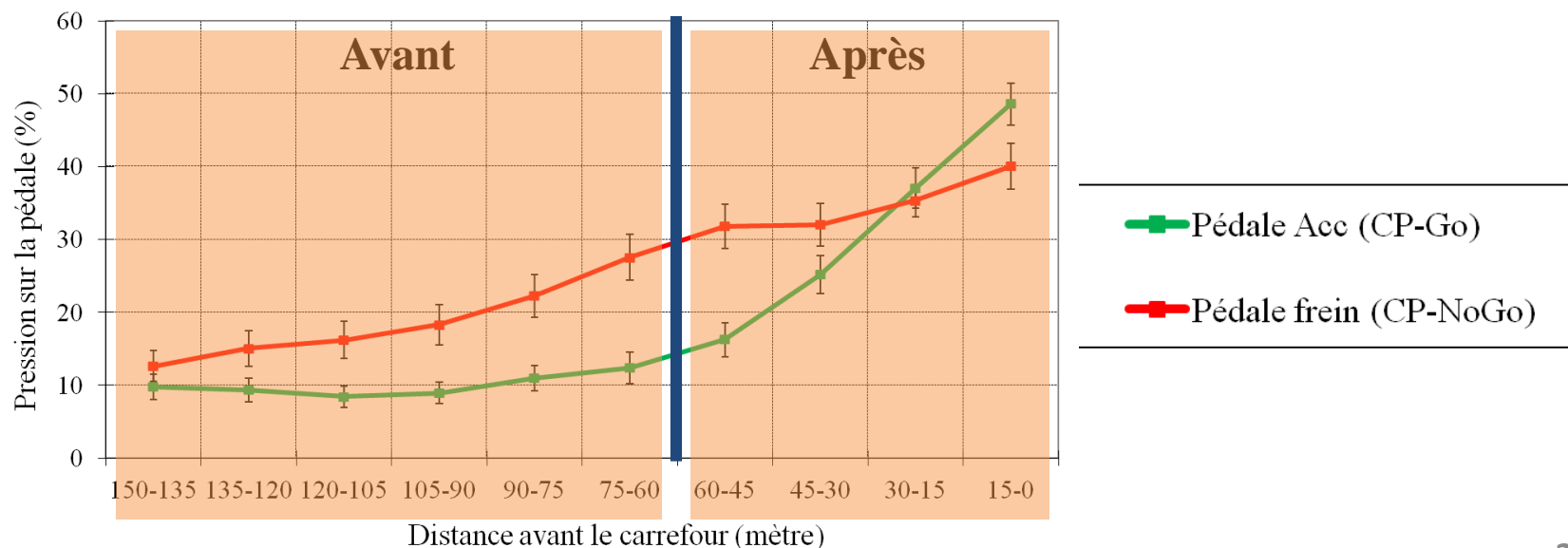
Élevée / Inter. / Nulle

Élevée / Inter. / Nulle

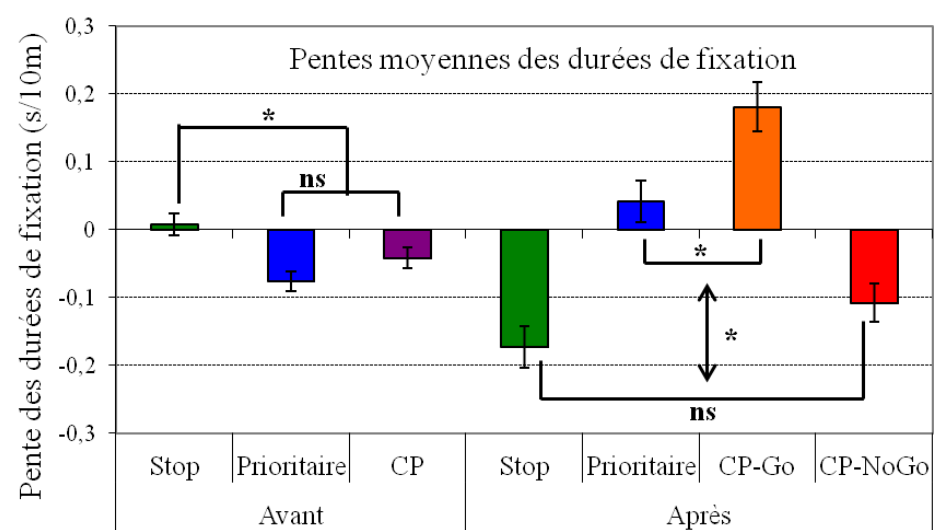
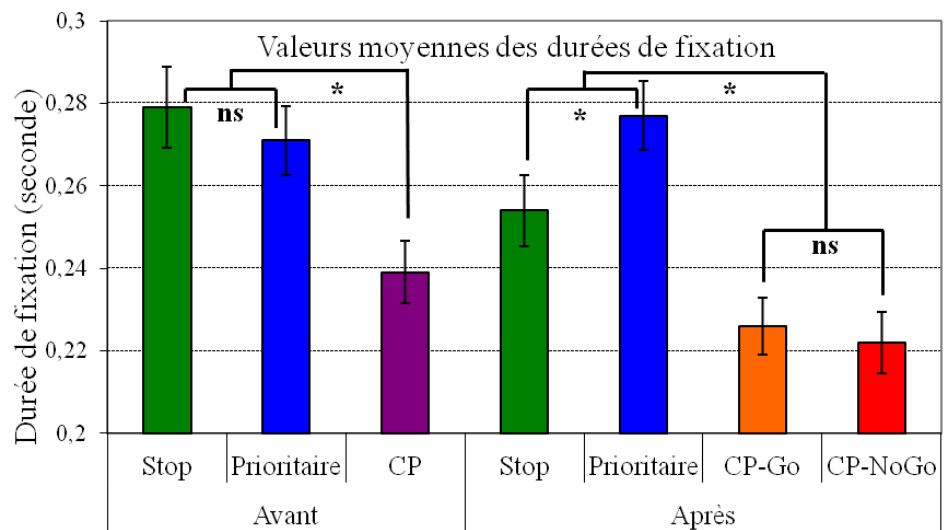
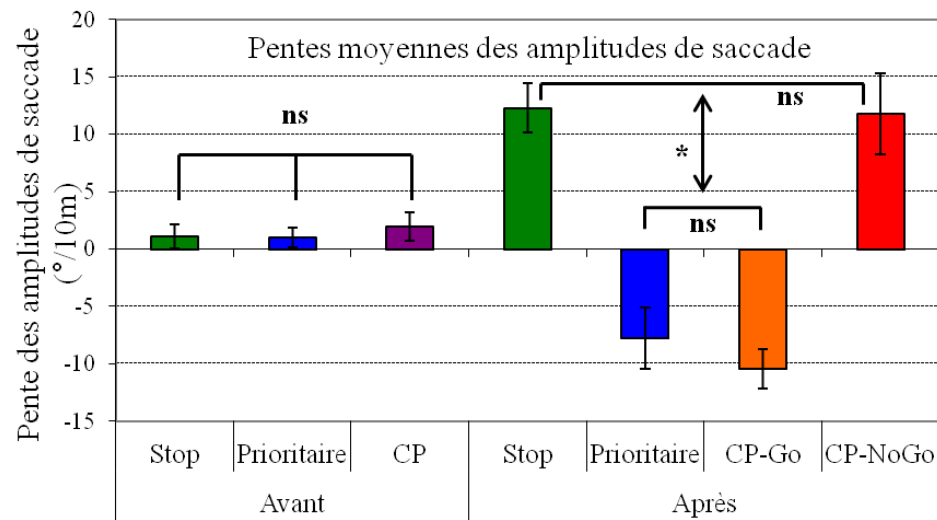
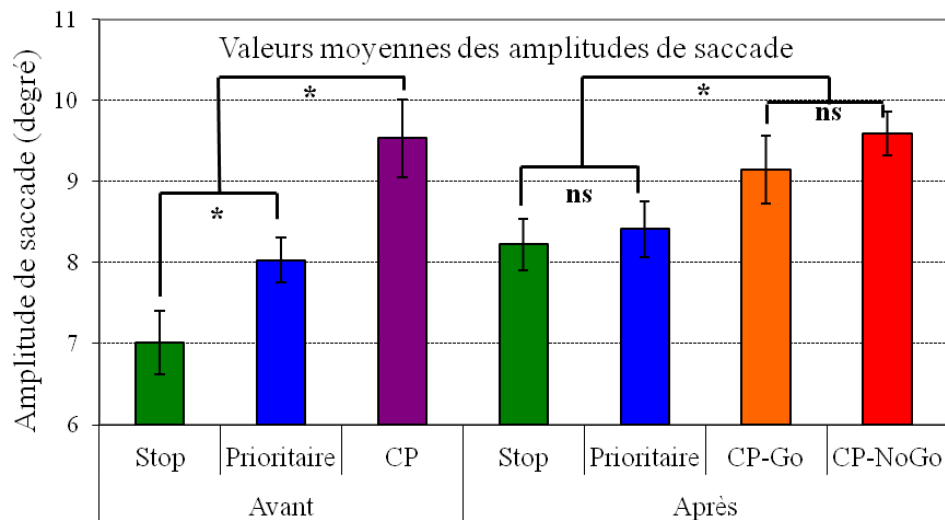
Élevée / Inter. / Nulle

**Variables d'intérêts :**

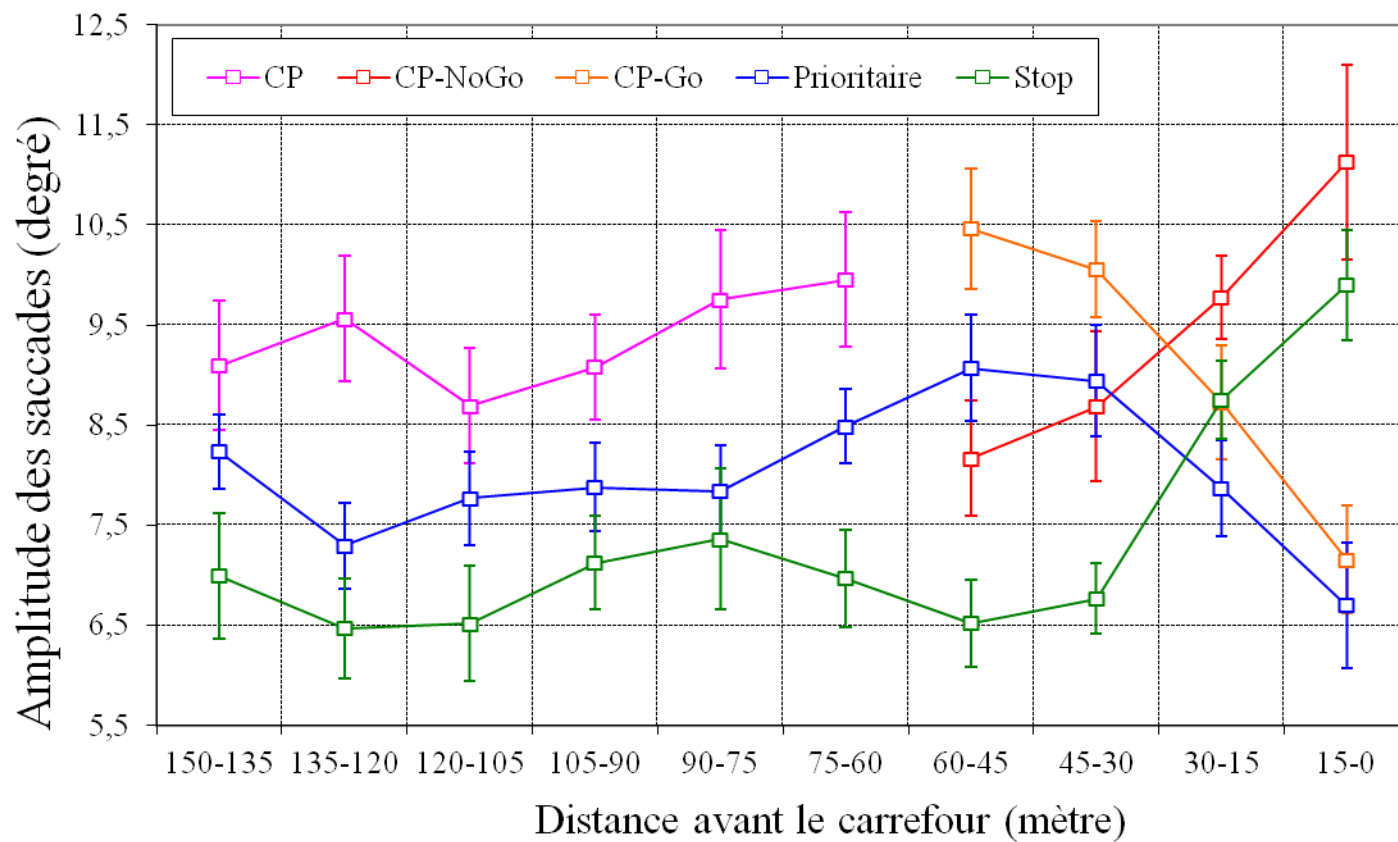
- **Situation** (Stop, Prioritaire, CP Go et CP NoGo)
- **Position** au carrefour (Avant / Après la pré-décision en CP)



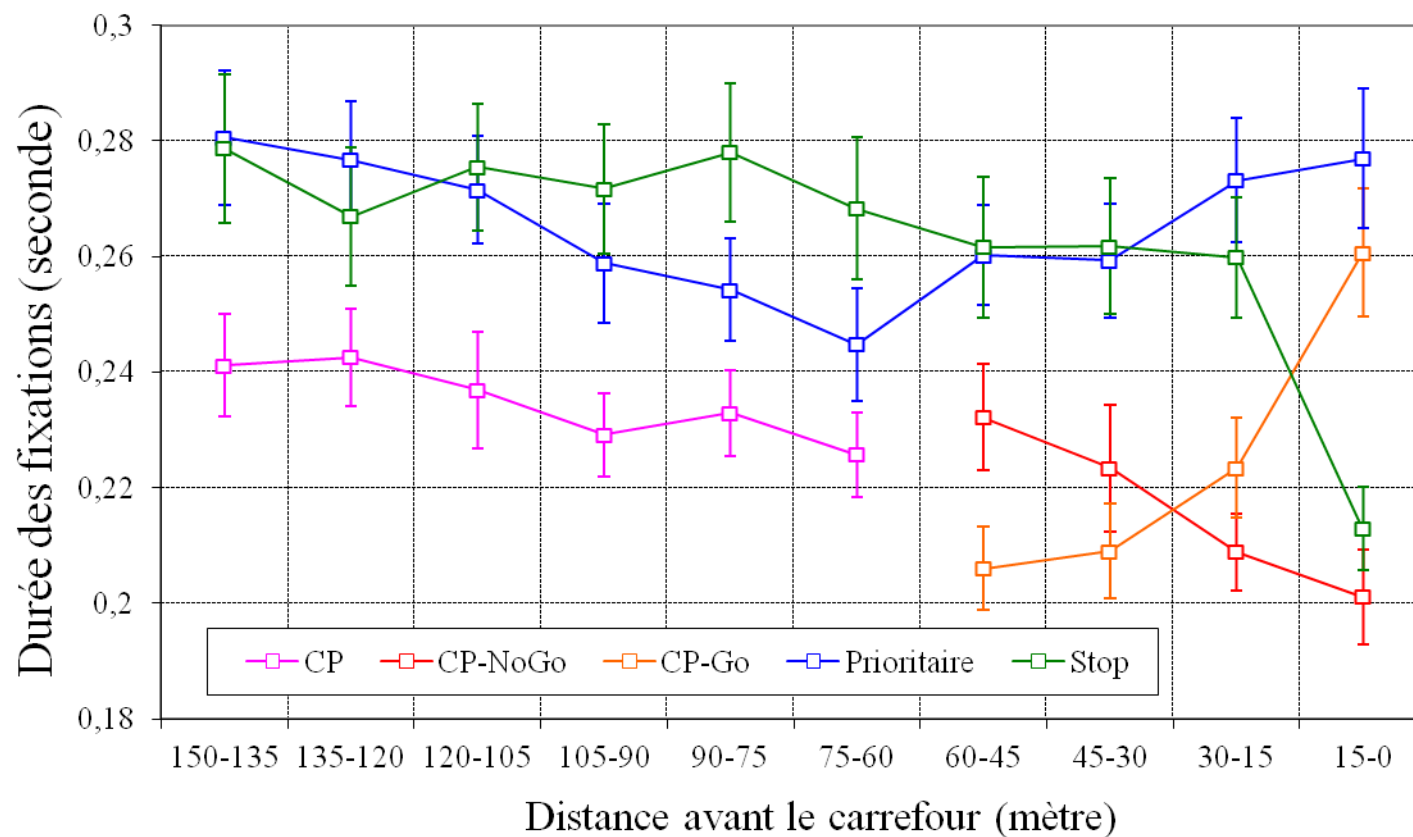
# Résultats



## Résultats



## Résultats

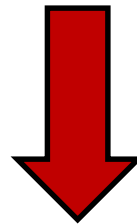


# Généralisation ?

*Problématique opérationnalisée :*

**Dans une situation écologique multitâche, est-il possible de discriminer sur la base du comportement oculomoteur :**

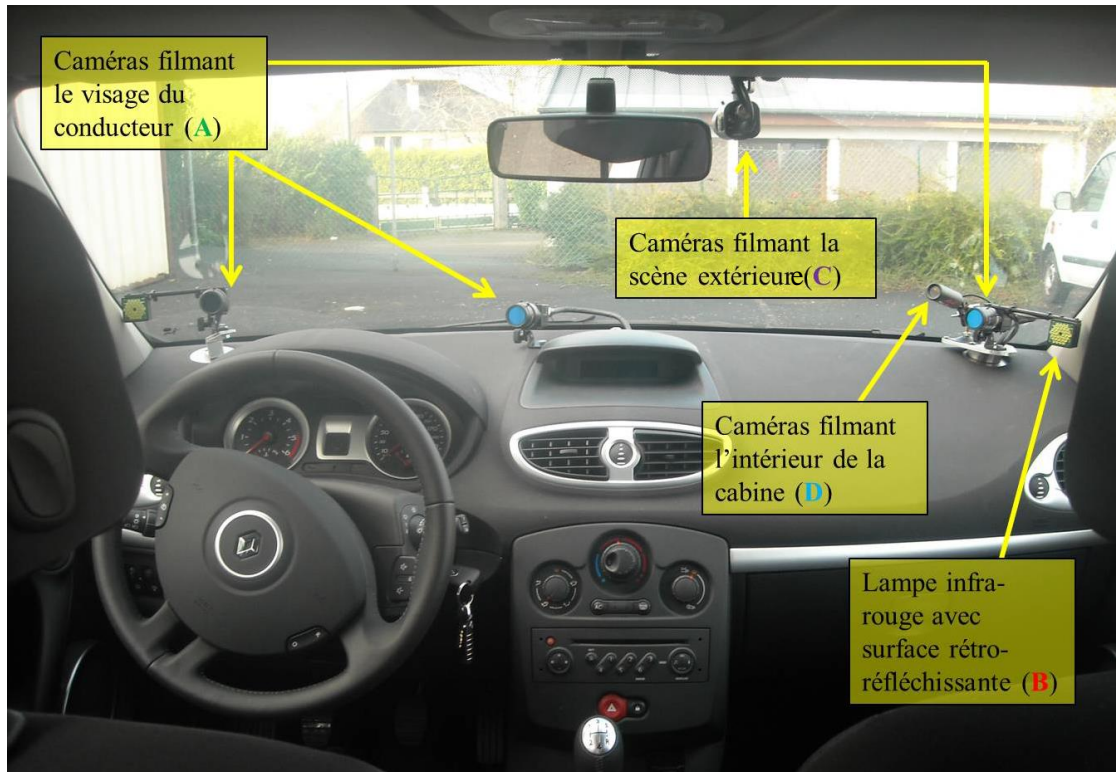
- 1. des sous-tâches de contrôle du véhicule et de prise de décision ?**
- 2. les processus de la prise de décision ?**



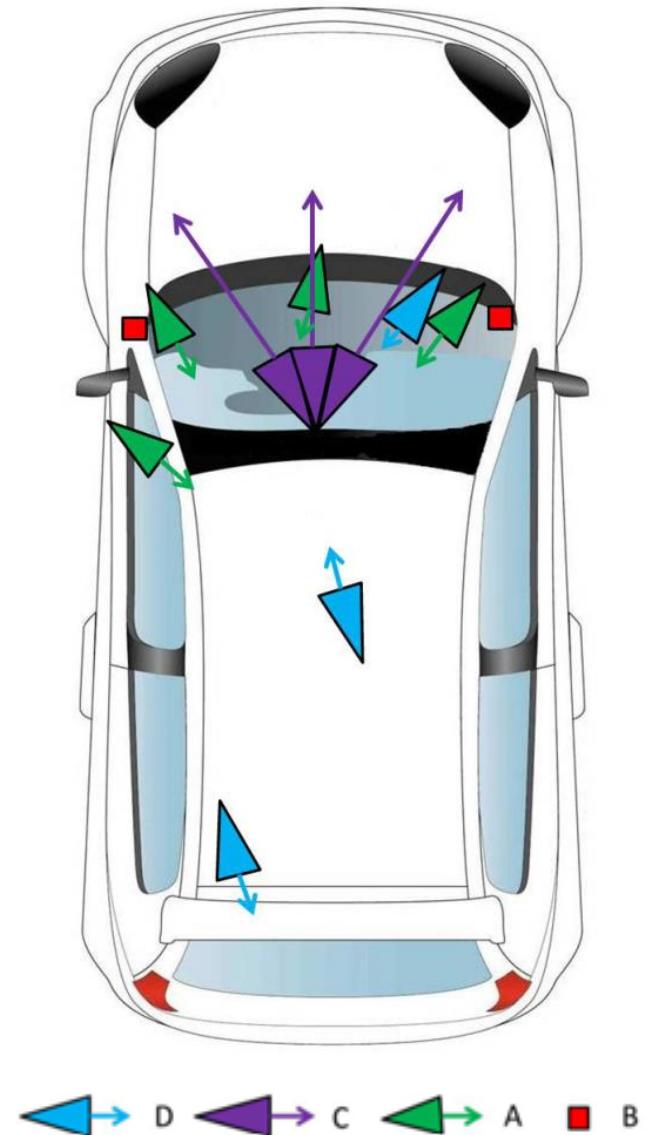
**Quand est-il en situation réelle ?**



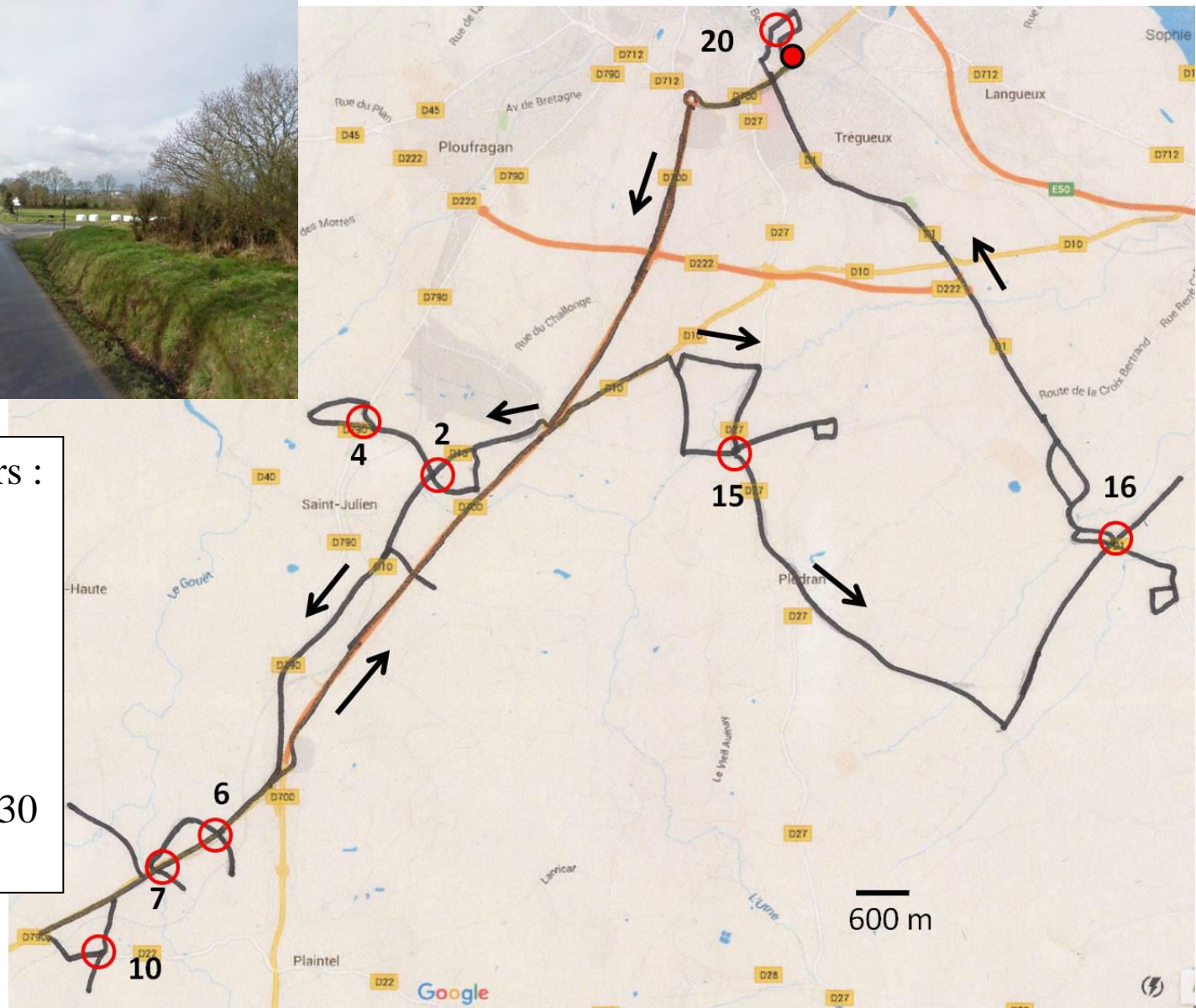
## Matériel et Méthode



Eye tracker SmartEye  
 Panorama, horizontal :  $216^\circ$ , vertical :  $60^\circ$   
 Taux d'échantillonnage : 60 Hz (ramené à 25 Hz)



# Procédure



Nombre de carrefours :

7 Prioritaire

7 Cédez le passage

5 Stop

14 participants

Circuit d'environ 1h30  
(80km)

# Les mesures

**Dans une situation écologique multitâche, est-il possible de discriminer sur la base du comportement oculomoteur :**

## **1. des sous-tâches de contrôle du véhicule et de prise de décision ?**

Simulateur : Temps de regard dans AOI → **Réel : Excentricité du regard**

- AOI liée à la prise de décision + AOI liée au contrôle du véhicule = 100%
- AOI liée à la prise de décision : - Cédez le passage > Prioritaire > Stop  
- Elevée > Intermédiaire > Nulle



- ~~AOI liée à la prise de décision + AOI liée au contrôle du véhicule = 100%~~
- Excentricité du regard : - Cédez le passage > Prioritaire > Stop  
- Elevée > Faible

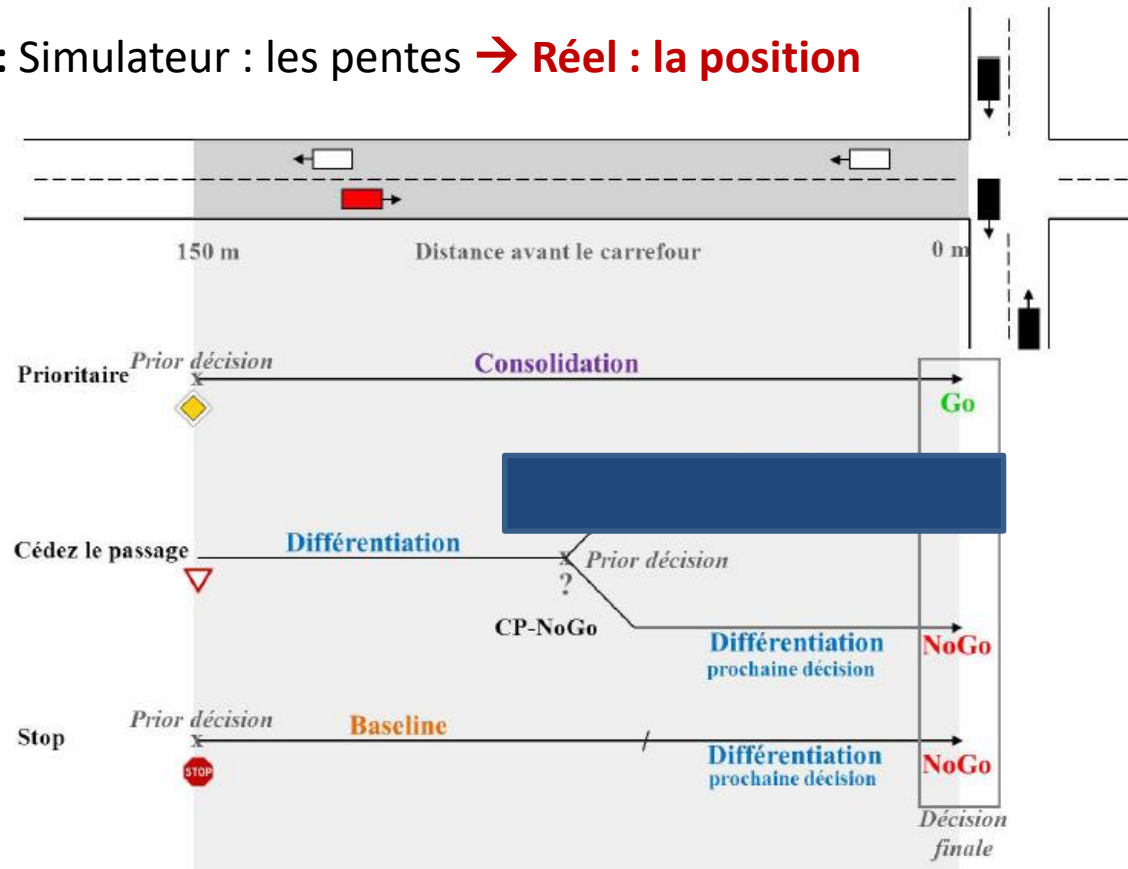
# Les mesures

Dans une situation écologique multitâche, est-il possible de discriminer sur la base du comportement oculomoteur :

## 2. les processus de la prise de décision ?

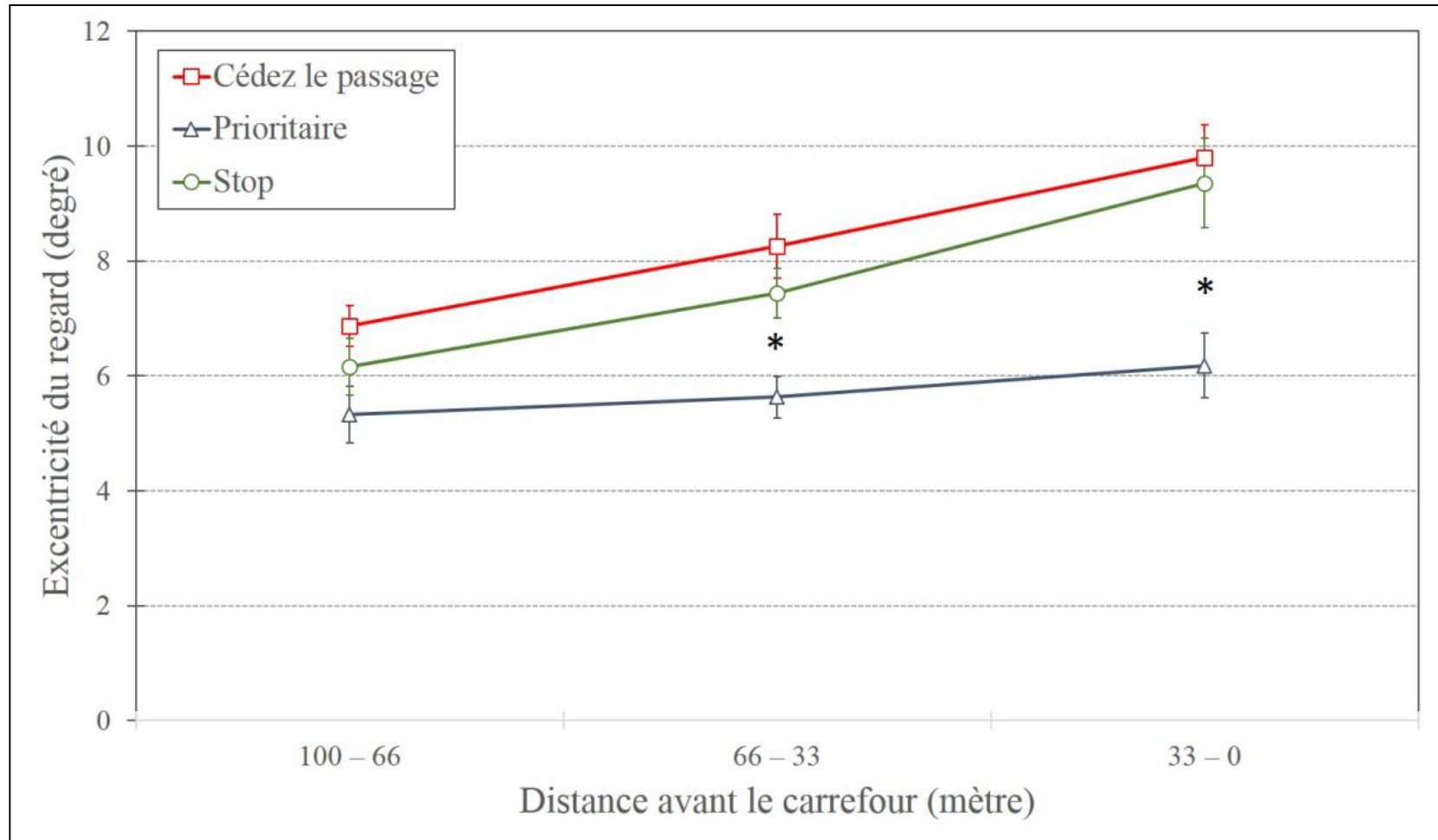
Simulateur : Amplitude des saccades et durée des fixations → **Réel : Amplitude horizontale**

→ **Aspect dynamique** : Simulateur : les pentes → **Réel : la position**

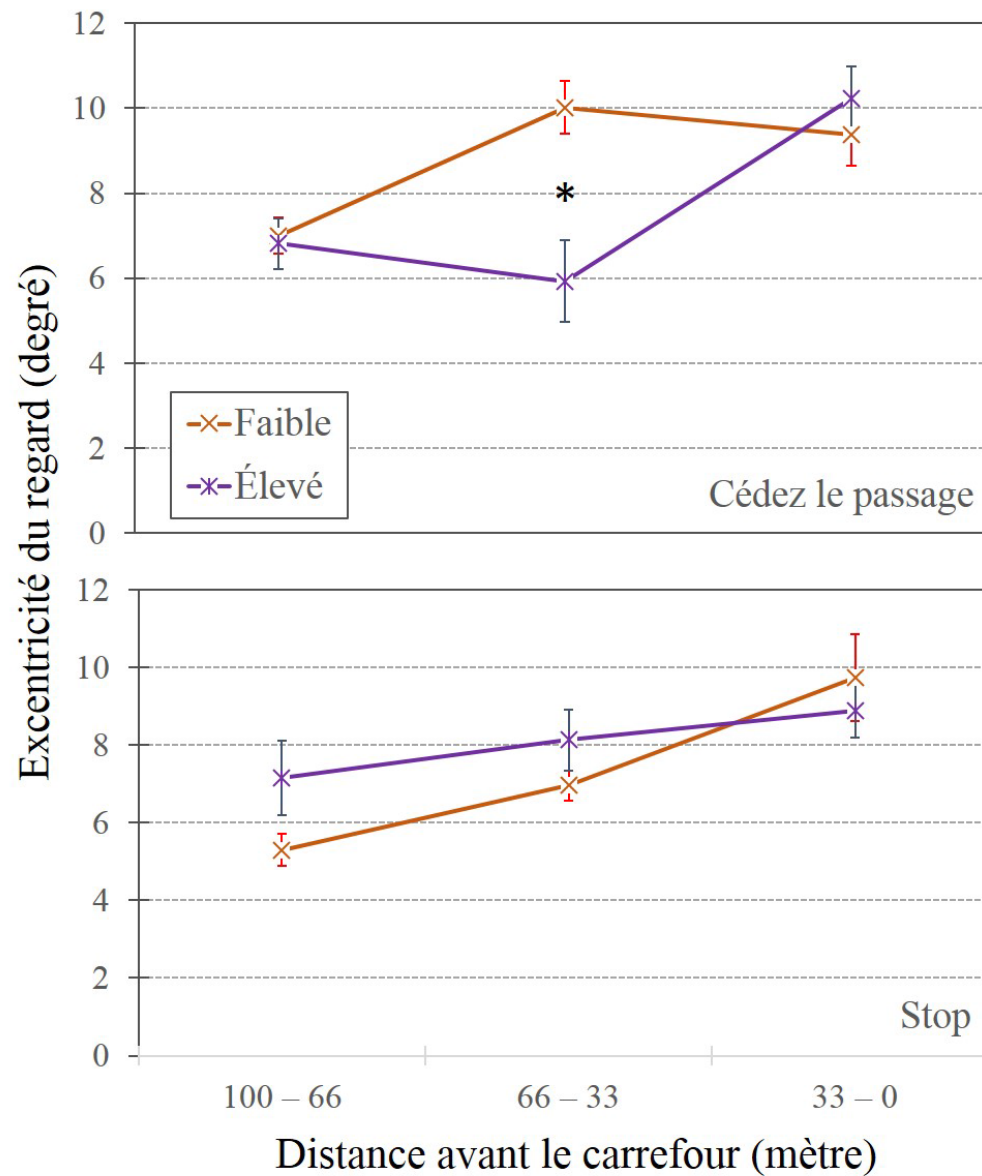




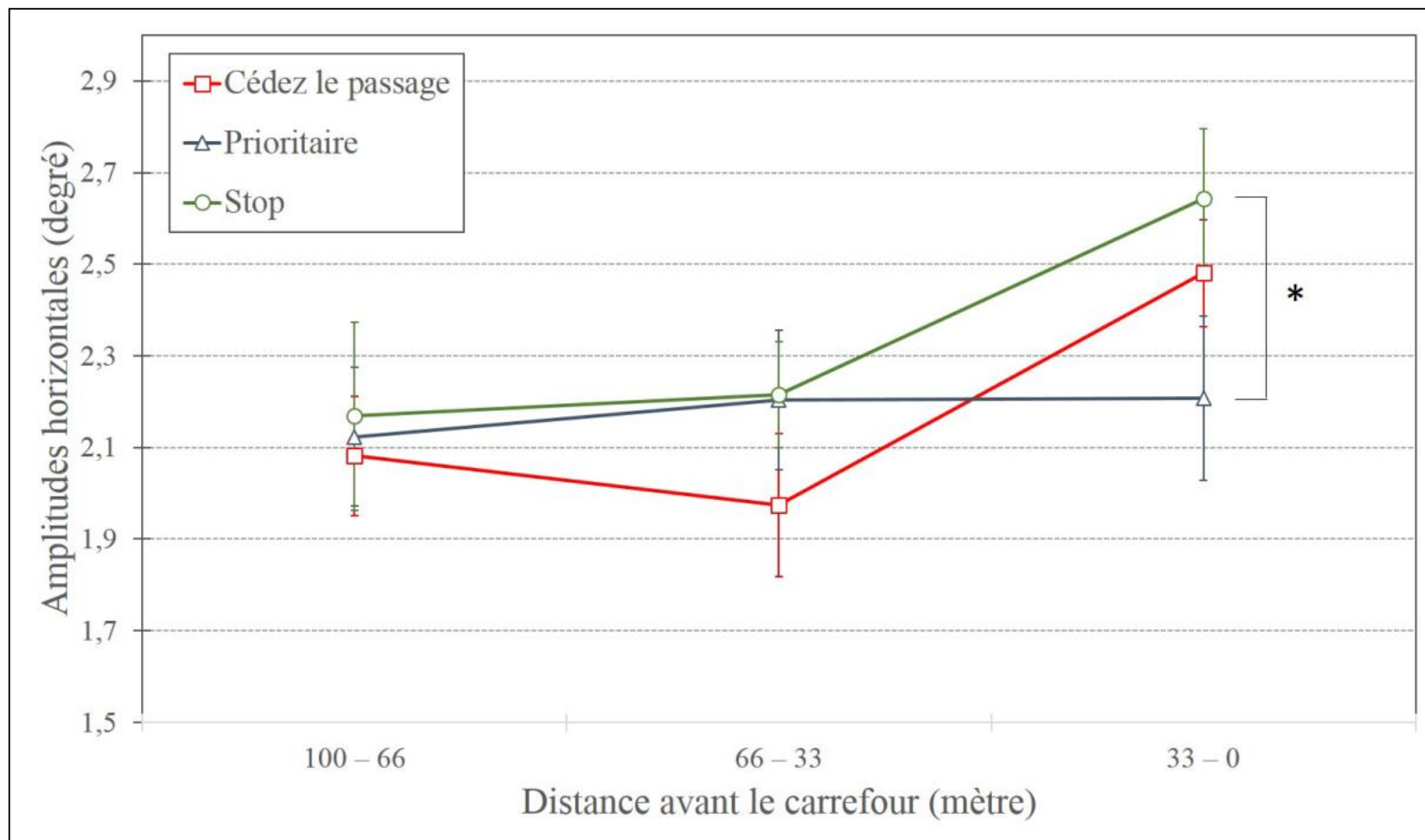
## Résultats



# Résultats



## Résultats



# Q1 : discriminer deux sous-tâches avec les mouvements des yeux

*Prédictions :*

- **AOI liée à la prise de décision + AOI liée au contrôle du véhicule = 100%**
- AOI liée à la prise de décision :
  - Cédez le passage > Prioritaire > Stop
  - Élevée > Intermédiaire > Nulle

*En simulateur*

- AOI VL (prise de décision) + AOI C (contrôle du véhicule) = 96,69%

→ **Stratégie optimale + Immersion dans la tâche**



# Q1 : discriminer deux sous-tâches avec les mouvements des yeux

*Prédictions :*

- AOI liée à la prise de décision + AOI liée au contrôle du véhicule = 100%
- **AOI liée à la prise de décision :**
  - **Cédez le passage > Prioritaire > Stop**
  - Élevée > Intermédiaire > Nulle

## *En simulateur*

- AOI VL (prise de décision) : CP = Prioritaire > Stop
- Transitions : Prioritaire > Cédez le passage
  - **Nature de l'information recueillie : Stop  $\neq$  Cédez le passage / Prioritaire**
  - **Manière de récupérer l'information : Cédez le passage  $\neq$  Prioritaire**

## *En situation réelle*

- Excentricité du regard : CP = Stop > Prioritaire
  - **Que ce passe-t-il en Stop ?**

# Q1 : discriminer deux sous-tâches avec les mouvements des yeux

*Prédictions :*

- AOI liée à la prise de décision + AOI liée au contrôle du véhicule = 100%
- **AOI liée à la prise de décision :**
  - Cédez le passage > Prioritaire > Stop
  - **Élevée > Intermédiaire > Nulle**

## *En simulateur*

- Pas d'effet du trafic, sauf en Prioritaire

**→ Information pertinente dans l'AOI VL :**

**Pas la densité, mais la densité attendue ?**

## *En situation réelle*

- Seul effet du trafic en CP : Faible > Élevé

**→ La situation la plus difficile = CP Faible, en CP Élevé décision de s'arrêter déjà prise ?**

## Q2 : discriminer deux processus avec les mouvements des yeux

Activité visuelle :

- Avant la décision préliminaire en CP :

- Après la décision préliminaire en CP :

Cédez le passage (D) > Prio. (C) > Stop (B)

CP NoGo (D) = Stop (D) > CP Go(C) = Prio. (C)

### En simulateur

- **Avant** : Cédez le passage (D) > Prioritaire (C) > Stop (B)

- **Après** : CP NoGo (D) = Stop (D) > CP Go(C) = Prioritaire (C)

→ **Discrimine bien ces processus** : - Amplitudes de saccades

- Avant : moyenne, Après : pente

- 60m en Stop et en Prioritaire

→ **Notion de zone de confort pour le freinage ?**

### En situation réelle

- **Avant** : Cédez le passage (D) = Prioritaire (C) = Stop (B)

- **Après** : Stop (D) > Prioritaire (C)

↑ = CP NoGo (D) = ↑

→ **Début de la sous-tâche de prise de décision plus tardive en situation réelle ?**

## Quel apport au fait d'avoir mené deux études ?

L'étude en situation réelle de conduite :

- Bruit expérimental (grande variabilité)
- Contrôles et choix des variables limités

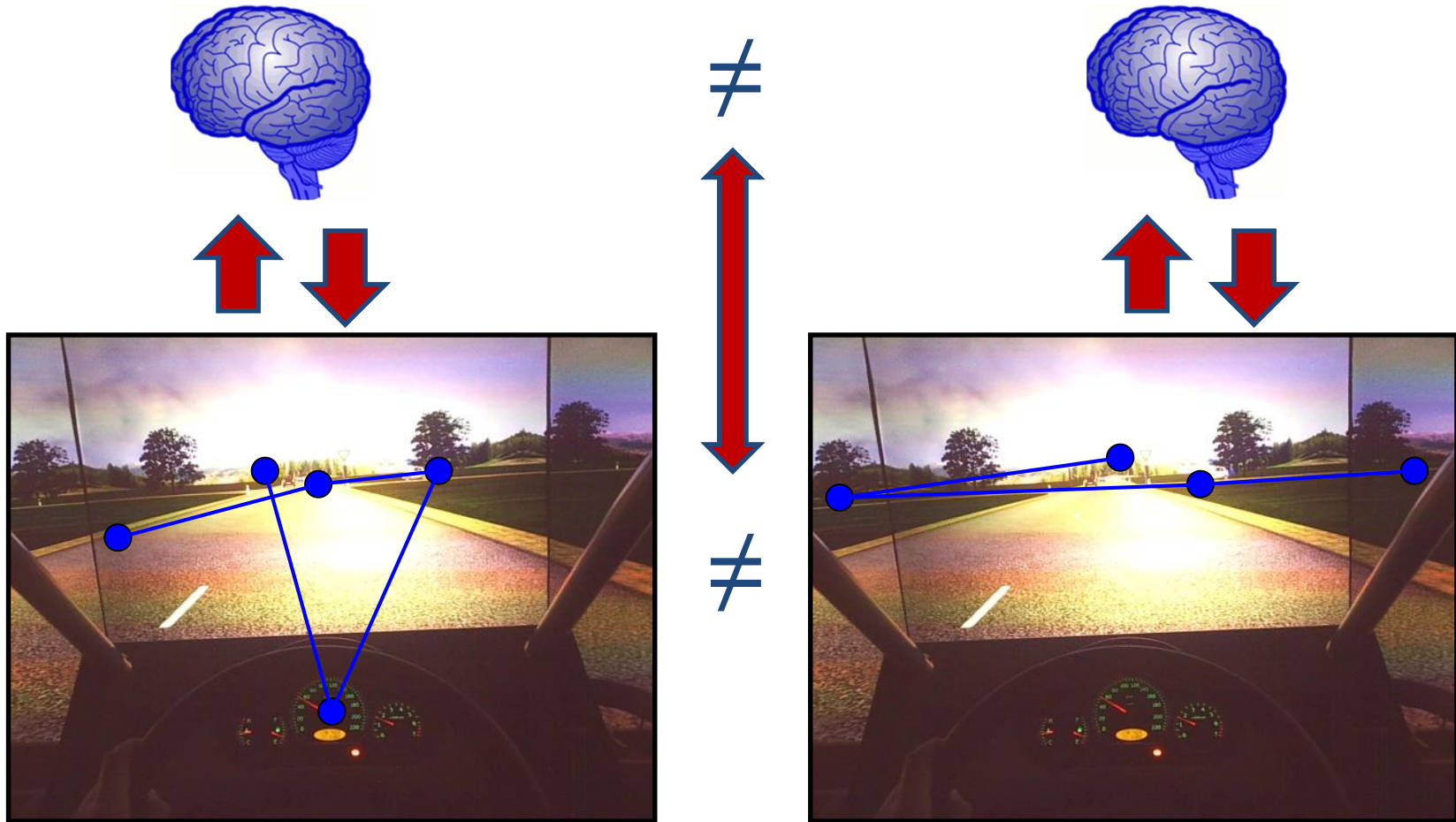
→ **Mais des comportements oculomoteurs cohérents malgré les limites expérimentales**

→ **Ouvre de nouvelles questions** (*e.g.* Pré-décision plus tardive : Ratio des sous-tâches ?)

**Confiance dans les résultats : Simulateur > Réelle**

**Généralisation : Simulateur < Réelle**

# Contribution et Perspective



**Dans une situation écologique (dynamique et multitâche)  
→ Prédire le mouvement des yeux**

MERCI DE VOTRE ATTENTION !

