

ANALYSE ET MODÉLISATION DES MÉCANISMES DE MAINTIEN DE L'ÉQUILIBRE DE L'ENSEMBLE {CYCLISTE+VÉLO}

François MAY

Encadré par Thomas Robert, Laura Dubuis, Antoine Muller

Séminaire MOSaR – Recherche Doctorale

18/06/2025



CONTEXTE DE LA THÈSE



Laboratoire de
Biomécanique et de
Mécanique des Chocs



Formation ingénieur mécanicien



=



Cornell University

Comment faire des vélos faciles à piloter ?

CONTEXTE SOCIO ÉCONOMIQUE

- Développement de l'usage du vélo [1]
 - Diversification des pratiques, des véhicules et des pratiquants [2]
- Enjeu de santé publique [3]
 - Lutter contre la sédentarité
 - Autonomisation des usagers
 - Faciliter l'accès à la pratique

Problématique :

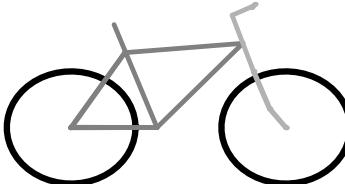
Comment faire un vélo facile à piloter ?



COMMENT FAIRE UN VÉLO FACILE À PILOTER ?

Définition d'un critère objectif de faciliter de pilotage ?

→ **Maniabilité**



Stabilité

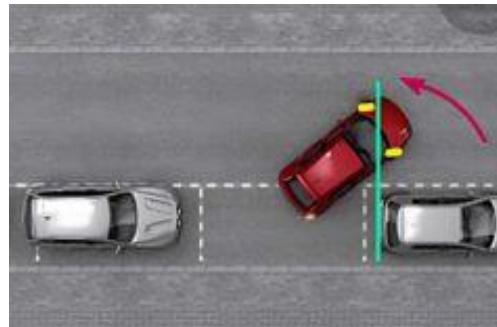


Cornell University

La capacité du véhicule à rester en équilibre sous l'action d'une perturbation



Manœuvrabilité



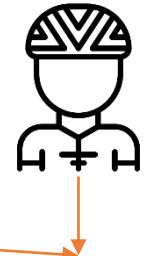
La capacité du véhicule à pouvoir réaliser une manœuvre donnée



Contrôlabilité



Le lien entre l'action de contrôle de la personne et la réactivité du véhicule



Maniabilité



La performance que peut réaliser une personne lors d'une tâche donnée



COMMENT FAIRE UN VÉLO FACILE À PILOTER ?

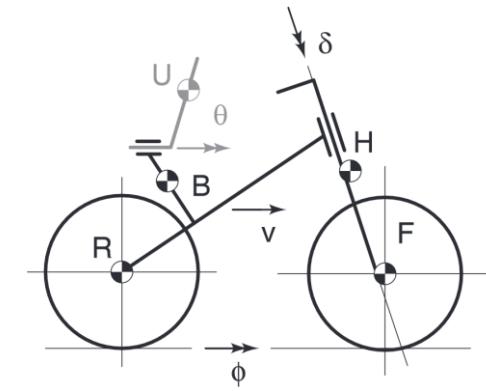


Stabilité [1], manœuvrabilité [2], contrôlabilité [3]

Pas de prise en compte du pilote



Cornell University



Schwab et Kooijman 2010

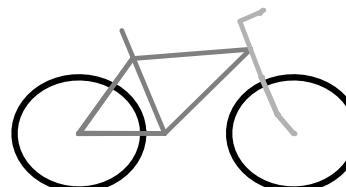


Maniabilité [4]

Pas de validation expérimentale
Actions du pilote peu connues

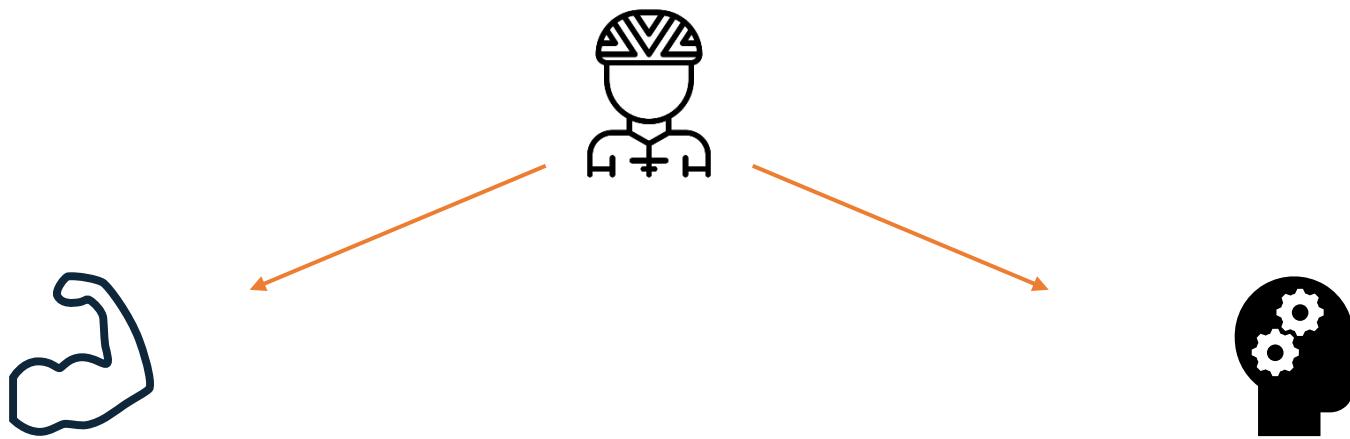


Comment l'**humain** piloter un vélo ?



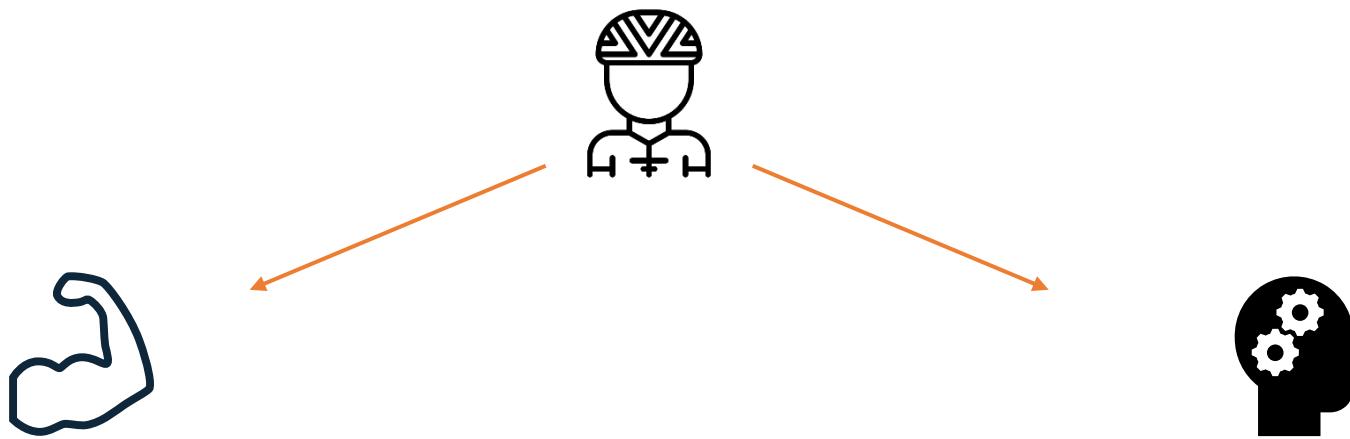
- [1] Papadopoulos 1987
- [2] Schwab et Kooijman 2013
- [3] Schwab et Kooijman 2010
- [4] Ronné. 2024

COMMENT L'HUMAIN PILOTE UN VÉLO ?



- 1 Observation des stratégies de contrôle du pilote
- 2 Observation de la demande cognitive mobilisée pendant le pilotage
- 3 Proposition d'indicateurs de maniabilité basés sur les stratégies de contrôle et la demande cognitive associée au pilotage

COMMENT L'HUMAIN PILOTE UN VÉLO ?



- 1** Observation des stratégies de contrôle du pilote
- 2** Observation de la demande cognitive mobilisée pendant le pilotage
- 3** Proposition d'indicateurs de maniabilité basés sur les stratégies de contrôle et la demande cognitive associée au pilotage

OBJECTIF 1 : RESSOURCES PHYSIQUES

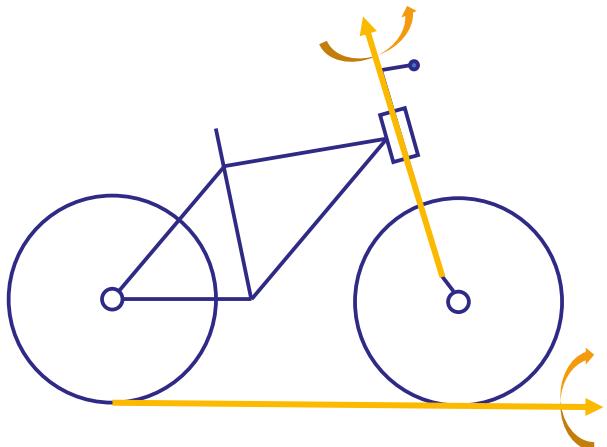


Observation directe des forces que l'humain applique sur le vélo

Observation des **mouvements** [1] et des **forces** [2]

- Observer les efforts nécessite une instrumentation lourde

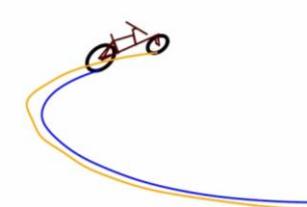
Action sur la direction



8

Action sur le cadre

→ Estimation des forces de contrôle à partir d'une instrumentation légère



[1] Moore et al. 2011
[2] Schwab et al. 2013

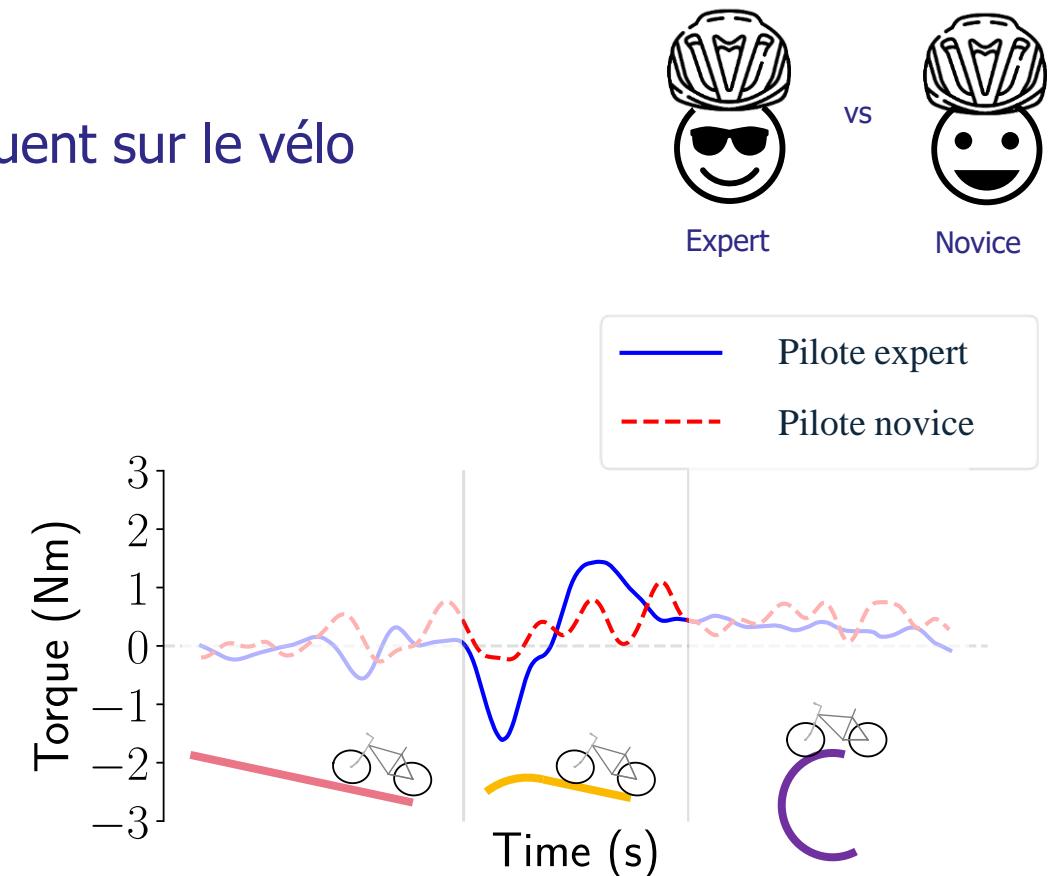
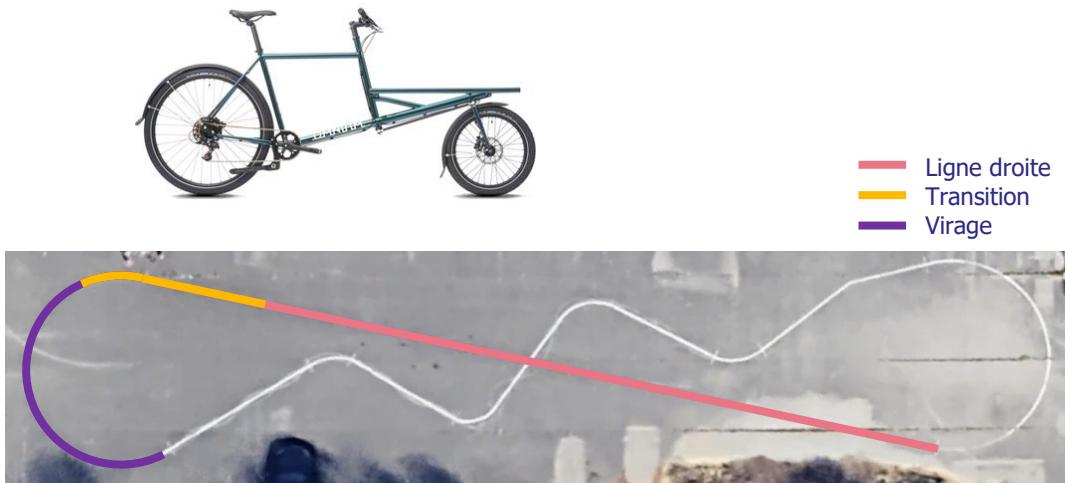


Dialynas 2023

OBJECTIF 1 : RESSOURCES PHYSIQUES



Observation directe des forces que l'humain applique sur le vélo



May et al. 2025

OBJECTIF 1 : RESSOURCES PHYSIQUES



Observation des conséquences des forces appliquées par le pilote

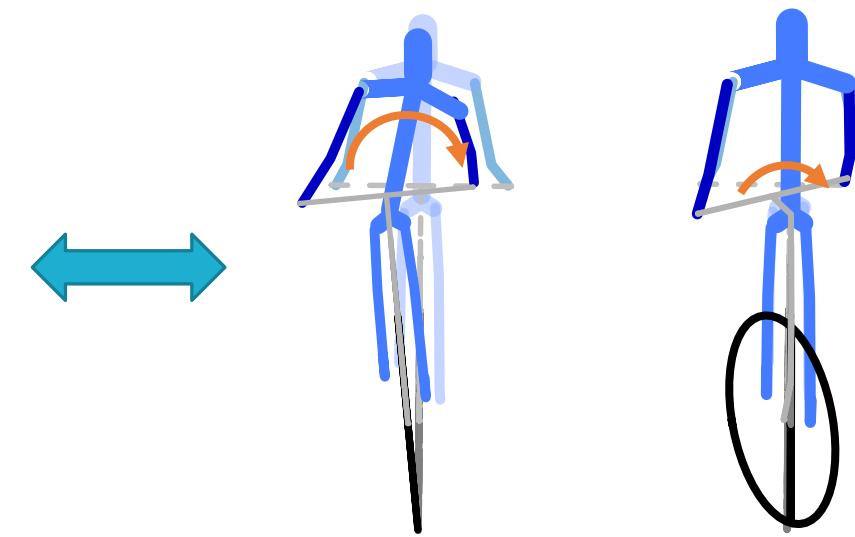
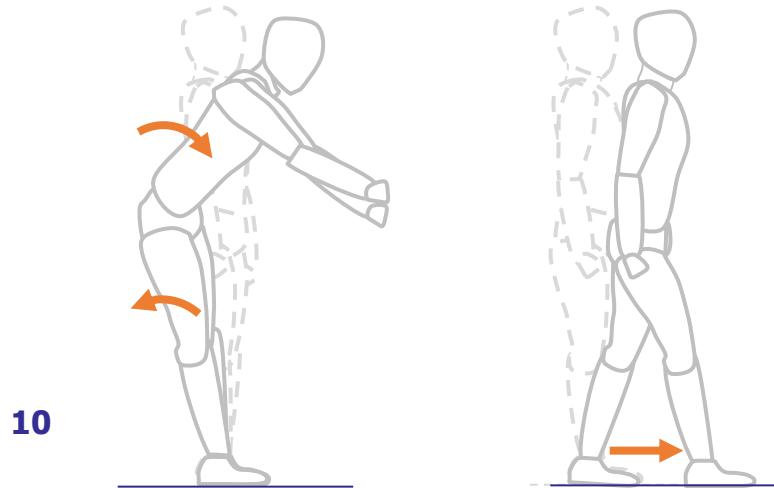
L'action sur la direction est l'action de contrôle principale [1]

- Analyse purement cinématique



Moore, 2011

→ Proposition d'une nouvelle méthode d'analyse
pour observer les stratégies de pilotage

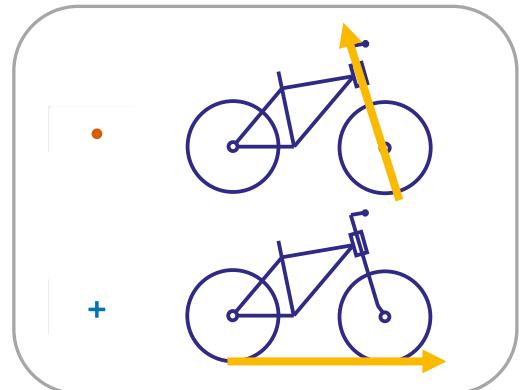
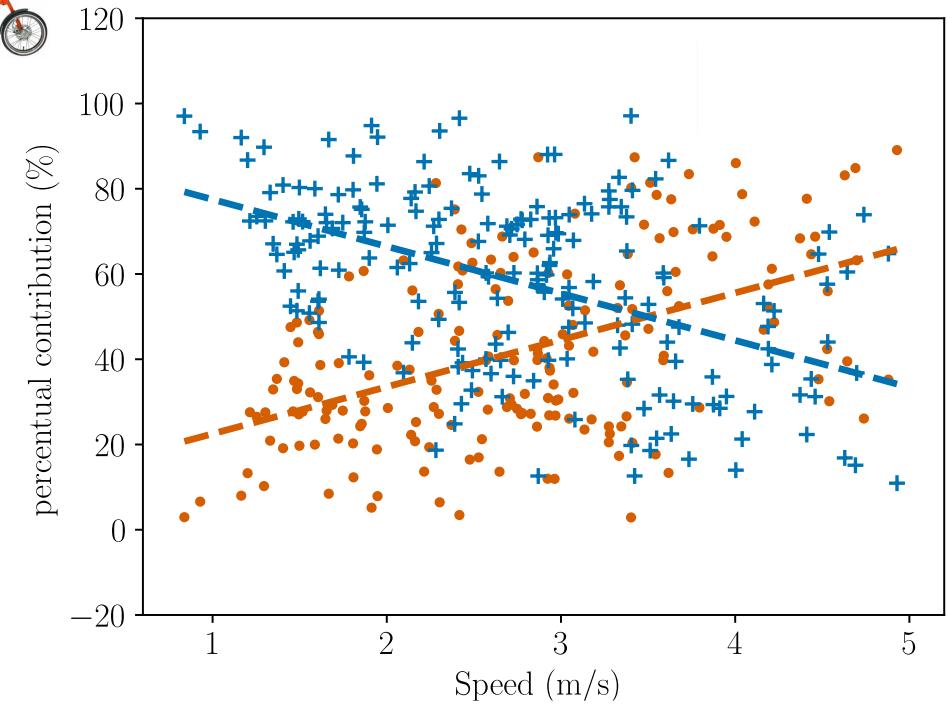
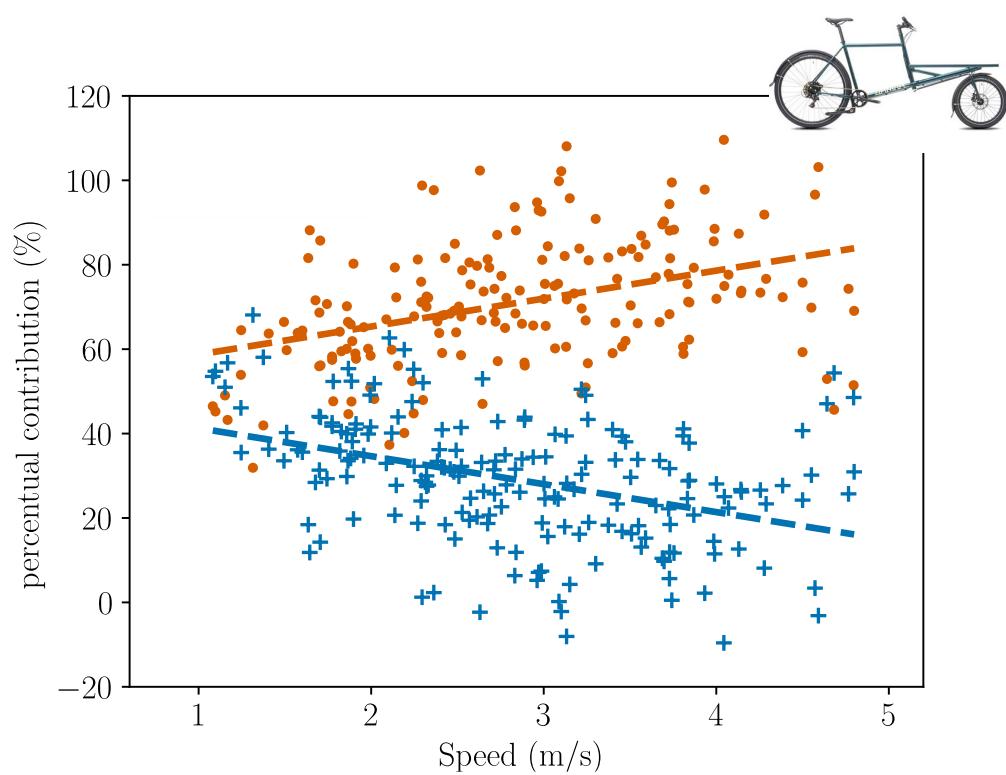


[1] Moore et al. 2011

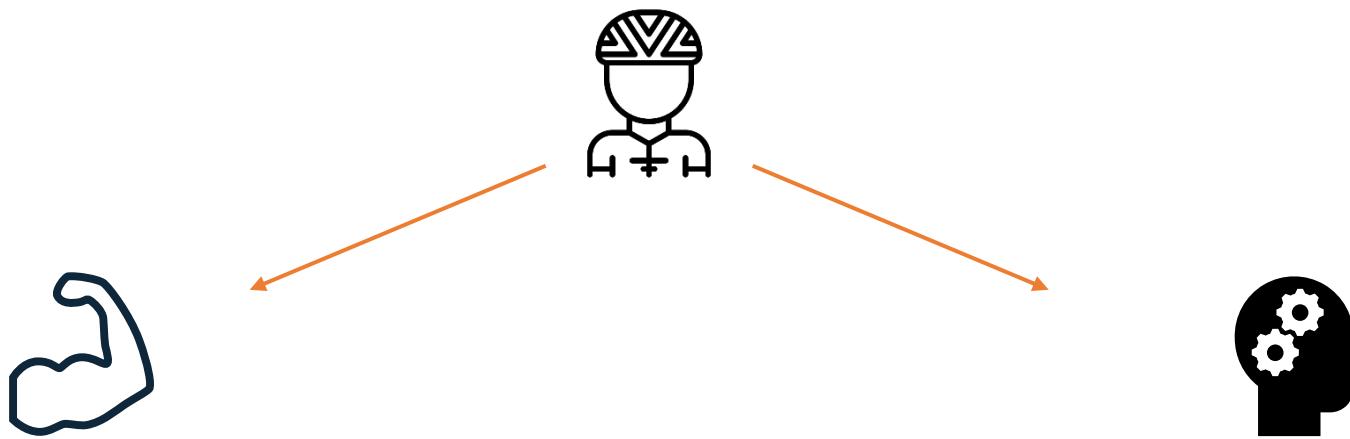
OBJECTIF 1 : RESSOURCES PHYSIQUES



Observation et analyse des stratégies de contrôle



COMMENT L'HUMAIN PILOTE UN VÉLO ?



- 1** Observation des stratégies de contrôle du pilote
- 2** Observation de la demande cognitive mobilisée pendant le pilotage
- 3** Proposition d'indicateurs de maniabilité basés sur les stratégies de contrôle et la demande cognitive associée au pilotage

OBJECTIF 2 : RESSOURCES COGNITIVES



L'activité cérébrale a été peu étudiée dans le cadre du vélo

→ Études de l'impact de l'environnement sur la charge cognitive [1]

fNIRS



Image from nirx.net



Maud Ranchet (LESCOT)

→ Observer la charge cognitive dédiée
au maintien de l'équilibre

[1] Qu et al. 2022

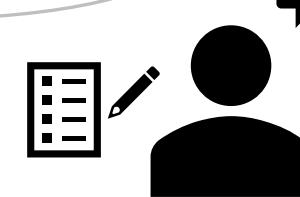
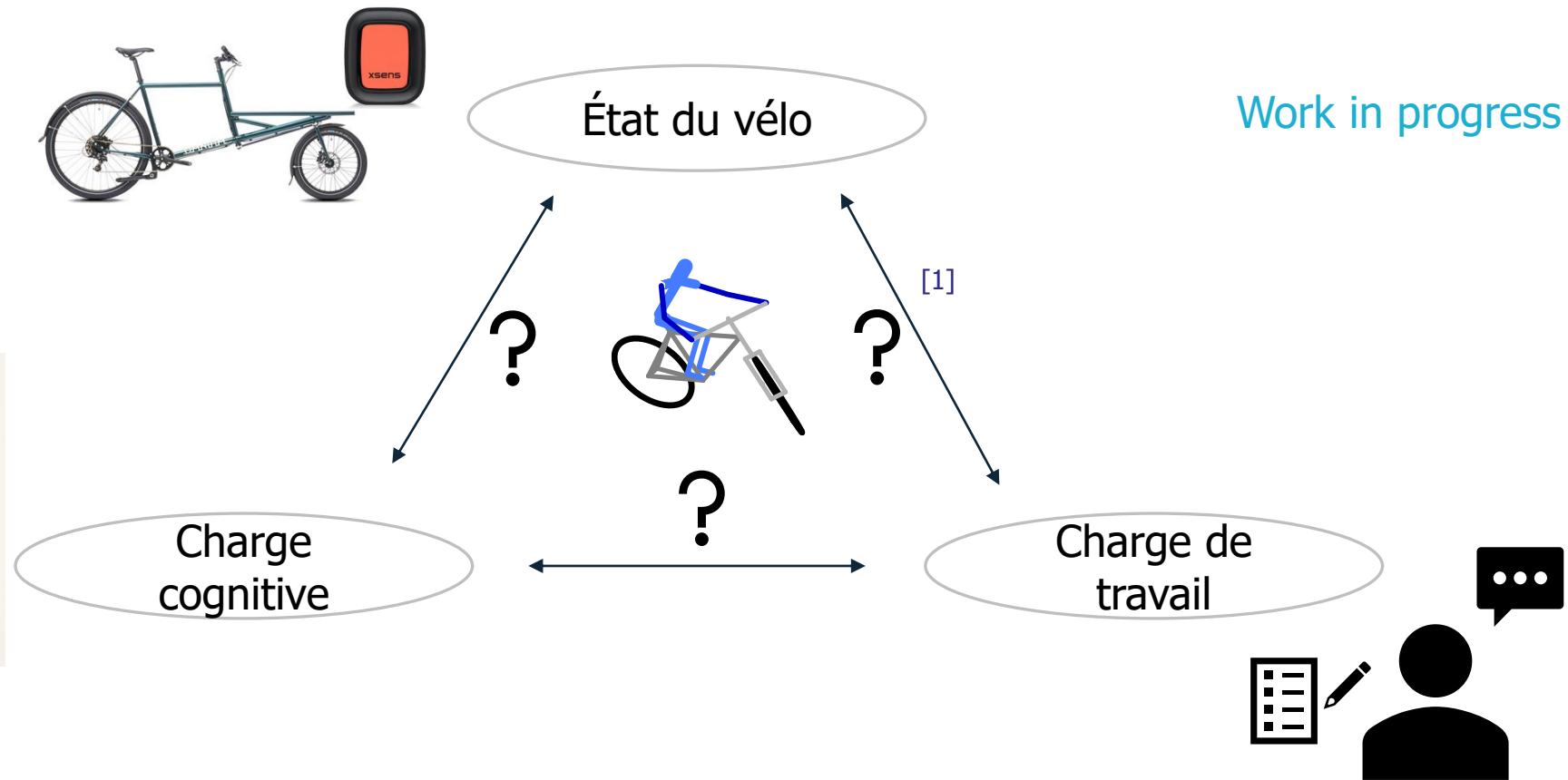
OBJECTIF 2 : RESSOURCES COGNITIVES



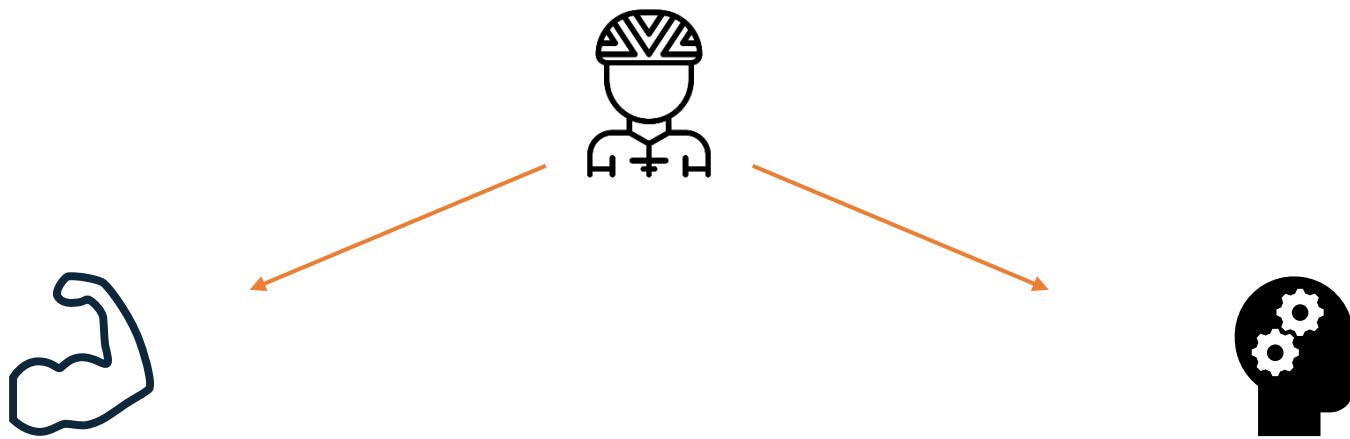
Quelles sont les ressources **cognitives** mobilisées pour le maintien de l'équilibre ?



Image from nirx.net



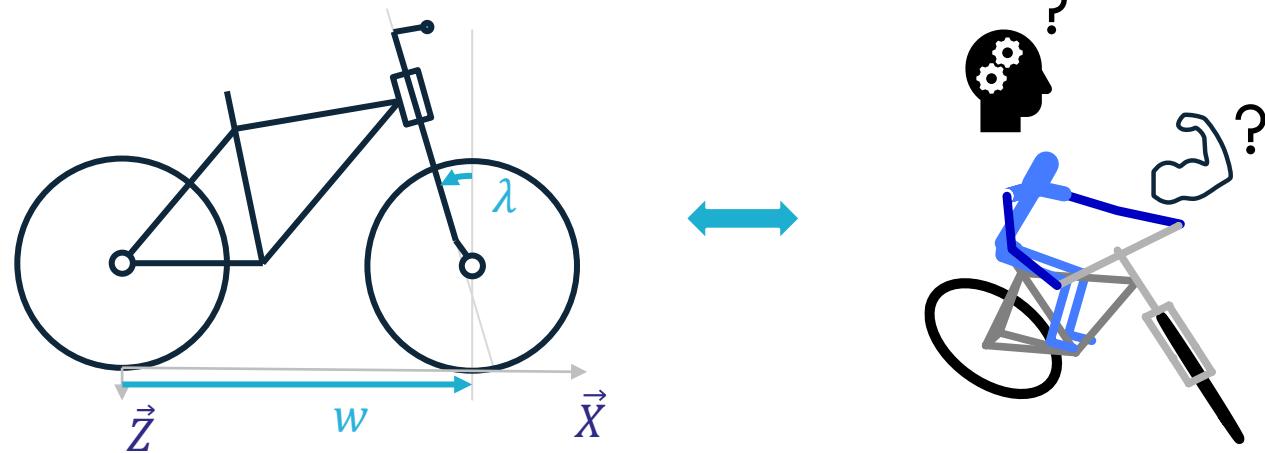
COMMENT L'HUMAIN PILOTE UN VÉLO ?



- 1 Observation des stratégies de contrôle du pilote
- 2 Observation de la demande cognitive mobilisée pendant le pilotage
- 3 Proposition d'indicateurs de maniabilité basés sur les stratégies de contrôle et la demande cognitive associée au pilotage

OBJECTIF 3 : LIEN DESIGN – RESSOURCES

3. Proposition d'indicateurs de maniabilité basés sur les stratégies de contrôle et la demande cognitive associée au pilotage

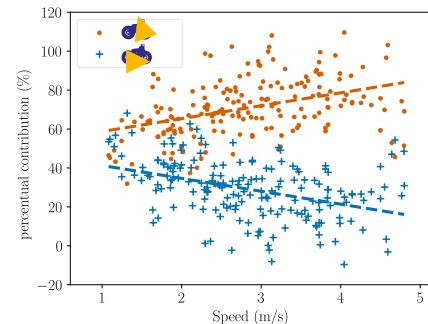


→ Définir un indicateur de **maniabilité** prenant en compte les stratégies de contrôle ainsi que les ressources physiques et cognitives nécessaires au pilote



TAKE HOME MESSAGE

Comment l'humain pilote un vélo ?



Identification des stratégies de contrôle (1)

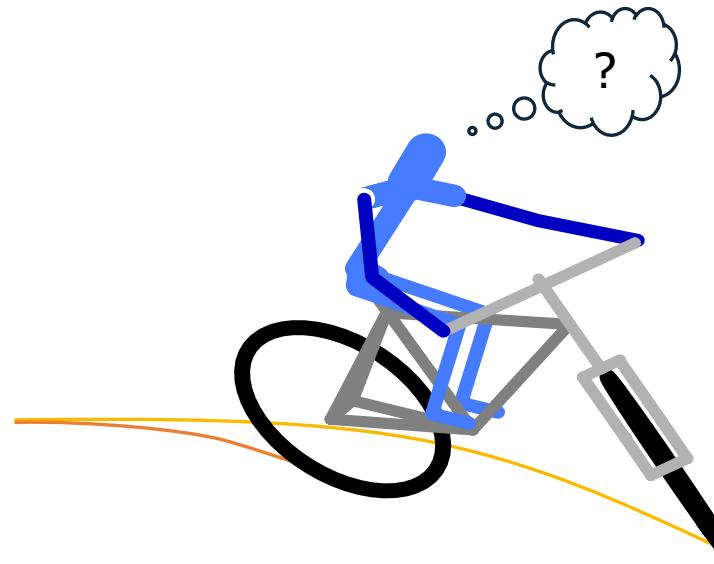


Image from nirx.net

Mesure de charge cognitive (2)

↳ Proposition d'un indicateur de maniabilité (3)

MERCI POUR VOTRE ATTENTION !



francois.may@univ-eiffel.fr