

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

Conception d'un simulateur de vélo pour l'étude du comportement des cyclistes

Stéphane Caro	IFSTTAR - LEPSiS
Nadine Chaurand	IFSTTAR - LPC
Nguyen-Thong Dang	IFSTTAR - LEPSiS
Fabrice Vienne	IFSTTAR - LEPSiS



IFSTTAR

Typologie des accidents de vélo

- **Risque d'être blessé 23 fois plus élevé qu'en voiture par km parcouru (Amoros, 2012). Notamment :**
 - Risque plus élevé hors ville dense
 - Sur différents types de routes : intersection (25%), infrastructure cyclable (16%), hors route (19%) (Grasset, 2013).
 - Liés à un antagoniste (50%) (Grasset, 2013), mais pas nécessairement motorisé (1/3 du total) (Amoros, 2012).
- **Gravité des accidents vélo/PL (tourne à droite) : 1/3 des accidents mortels impliquant un cycliste (Normand, 2012)**
- **Problème de la visibilité des deux-roues (projet VISIBLE)**
 - **Diversité des scénarii d'accident**



Le rôle du facteur humain

- **Triptyque : conducteur - véhicule - infrastructure**
 - Le conducteur / cycliste n'est pas seul en cause. Mais...
 - **Etudier le « comportement » des usagers de la route pour mieux comprendre...**
 - Le risque subjectif (mauvaise perception du risque → comportement inadapté)
 - La lecture de l'environnement (infrastructure) et la prise de décision
 - Perception des autres usagers et anticipation de leurs comportements
 - Réaction face aux situations rencontrées
 - Evaluer les aménagements routiers (évaluation a priori)
 - **Dans le but de...**
 - Faire des recommandations pour améliorer la sécurité (infrastructure, véhicules, équipements de sécurité, formation – sensibilisation)
- Outil pour étudier le comportement : simulateurs de conduite



La simulation de conduite au LEPSiS

- **Intérêt des simulateurs de conduite**
 - Sécurité (comparativement aux études sur site réel)
 - Contrôle des conditions expérimentales : base et objets 3D, scénarii, contrôle des facteurs extérieurs. Répétabilité.
- **Développement et exploitation des simulateurs de conduite de l'IFSTTAR (et dans le RST)**
 - 8 simulateurs de conduite voiture dont 3 cabines complètes et 2 à base mobile
 - 3 simulateurs de traversée de rue pour piétons
 - Simulateur de conduite moto
- **Etude du comportement des usagers de la route (LEPSiS, LPC, LESCOT, LMA, CETE Ouest)**
- **Conception d'un simulateur de conduite de vélo (Recherche Incitative Ifsttar)**



Etat de l'art sur les simulateurs de vélo

- **Entraînement sportif et loisirs**

Tacx / Elite

- **Formation / sens**

Honda / Sanmak

- **Simulateurs pou**

Universités de l'O

- **Simulateurs dyn**

FIVIS (Allemagne)
(départements de



Etat de l'art sur les simulateurs de vélo

- **Entraînement sportif et loisirs**

Tacx / Elite

- **Formation / sensibilisation**

Honda / Sanmak

- **Simulateurs pour l'**

Universités de l'Oregon

- **Simulateurs dynam**

FIVIS (Allemagne) / K
(départements de rec



our)



Etat de l'art sur les simulateurs de vélo

- **Entraînement sportif et loisirs**

Tacx / Elite

- **Formation / sensibilisation**

Honda / Sanmak

- **Simulateurs pour l'étude du comportement**

Universités de l'Oregon et de l'Iowa

- **Simulateurs dynamiques**

FIVIS (Allemagne) / KAIST (Corée)
(départements de recherche en m



pour)



Etat de l'art sur les simulateurs de vélo

- **Entraînement sportif et loisirs**

Tacx / Elite

- **Formation / sensibilisation**

Honda / Sanmak

- **Simulateurs pour l'étude du comportement**

Universités de l'Oregon et de l'Iowa

- **Simulateurs dynamiques**

FIVIS (Allemagne) / KAIST (Corée) / Université de Nanyang (Singapour)
(départements de recherche en mécanique)



→ Nous choisissons un niveau de réalisme et une complexité intermédiaires



Usages pressentis du futur simulateur

- **Etude de « l'activité de conduite » des cyclistes**

- Perception de leur environnement : infrastructure, usagers...
- Gestion des situations à risque : anticipation des dangers, réaction...
- Evaluation de situations : acceptabilité des aménagements, risque subjectif...
- Stratégies d'ajustement à l'environnement : positionnement sur la voie et par rapport aux autres usagers...

Exclu :

- Etude des pertes de contrôle et situations de choc (pb. fortes sollicitations dynamiques)
- Analyse fine du déplacement: équilibre, direction, freinage (pb. retour sensoriel)

→ Nous devons affiner la « cartographie » des futurs usages



Fonctionnalités nécessaires :

Vue globale

Repose
principalement
sur la
plateforme

- Permettre aux participants de se déplacer comme si c'était leur propre vélo
- Fournir les mêmes informations sensorielles que pour la conduite d'un vrai vélo
- Mesurer et enregistrer les données de conduite

Plateforme au
second plan

- Contexte favorisant l'adoption du comportement naturel
- Contrôler les situations de conduite et les variables
- Peupler l'environnement virtuel (interactions)

→ Nous allons détailler les fonctions principales en sous-fonctions



Fonctionnalités nécessaires :

Contrôle du déplacement

- **Permettre aux participants de se déplacer comme si c'était leur propre vélo...**
 - Prendre en compte les actions sur les pédales, les freins, le dérailleur
 - Freiner comme sur un vrai vélo (deux freins, adhérence des pneus)
 - Rendre compte de l'inertie du vélo, de l'entraînement dans les descentes, du frein de roulement sur le plat et dans les côtes
 - Vélo facilement conduisible (modèle de véhicule implanté)
 - **Gestion de l'équilibre / manœuvres en contrebraquage**



Fonctionnalités nécessaires : Informations sensorielles

- Fournir les mêmes informations sensorielles que pour la conduite d'un vrai vélo...

- Informations sonores (sons du vélo)
- Informations visuelles (vision du vélo)
- Efforts sur pédales / dans poignées de freins

} Intégration
d'un vrai vélo

- Efforts dans le guidon

- Force centrifuge / inclinaison du vélo
- Accélérations longitudinales

} Nécessite une
plateforme
dynamique



Fonctionnalités nécessaires : Mesures / enregistrements

- **Mesurer et enregistrer les données de conduite...**

- Indispensable {
- Vitesse longitudinale / position
 - Angle guidon
- Utile {
- Freins
 - Dérailleur / plateaux
 - Sonnette / Dispositif d'éclairage
- Optionnel {
- Efforts du participants sur le guidon, les pédales, inclinaison vélo
 - Posture du participant



Solutions techniques retenues

- Pas de pertes de contrôle, de situations de choc, ni d'analyse fine du contrôle. Budget et temps limités.
 - Plateforme statique (pas de mouvements)
- Ressenti de la légèreté du vélo, notamment lorsque le cycliste est en « danseuse »
 - Légère inclinaison du vélo liée aux mouvements du conducteur
- Retrouver le fonctionnement d'un vrai vélo (sons, vitesses) et favoriser l'immersion
 - Intégration d'un vélo sur une plateforme
- Distance de freinage et inertie du vélo réalistes
 - Contrôle amélioré du freinage et de l'entraînement de la roue arrière
 - Plateforme maison (opacité des systèmes du commerce)
- Pouvoir analyser les actions du cycliste
 - Instrumenter les freins et dérailleurs



Solutions techniques retenues

- Pas de pertes de contrôle, de situations de choc, ni d'analyse fine du contrôle. Budget et temps limités.
 - Plateforme statique (pas de mouvements)
- Ressenti de la légèreté du vélo, notamment lorsque le cycliste est en « danseuse »
 - Légère inclinaison du vélo liée aux mouvements du conducteur
- Retrouver le fonctionnement d'un vrai vélo (sons, vitesses) et favoriser l'immersion
 - Intégration d'un vélo sur une plateforme
- Distance de freinage et inertie du vélo réalistes
 - Contrôle amélioré du freinage et de l'entraînement de la roue arrière
 - Plateforme maison (opacité des systèmes du commerce)
- Pouvoir analyser les actions du cycliste
 - Instrumenter les freins et dérailleurs



Solutions techniques retenues

- Pas de pertes de contrôle, de situations de choc, ni d'analyse fine du contrôle. Budget et temps limités.
 - Plateforme statique (pas de mouvements)
- Ressenti de la légèreté du vélo, notamment lorsque le cycliste est en « danseuse »
 - Légère inclinaison du vélo liée aux mouvements du conducteur
- Retrouver le fonctionnement d'un vrai vélo (sons, vitesses) et favoriser l'immersion
 - Intégration d'un vélo sur une plateforme
- Distance de freinage et inertie du vélo réalistes
 - Contrôle amélioré du freinage et de l'entraînement de la roue arrière
 - Plateforme maison (opacité des systèmes du commerce)
- Pouvoir analyser les actions du cycliste
 - Instrumenter les freins et dérailleurs

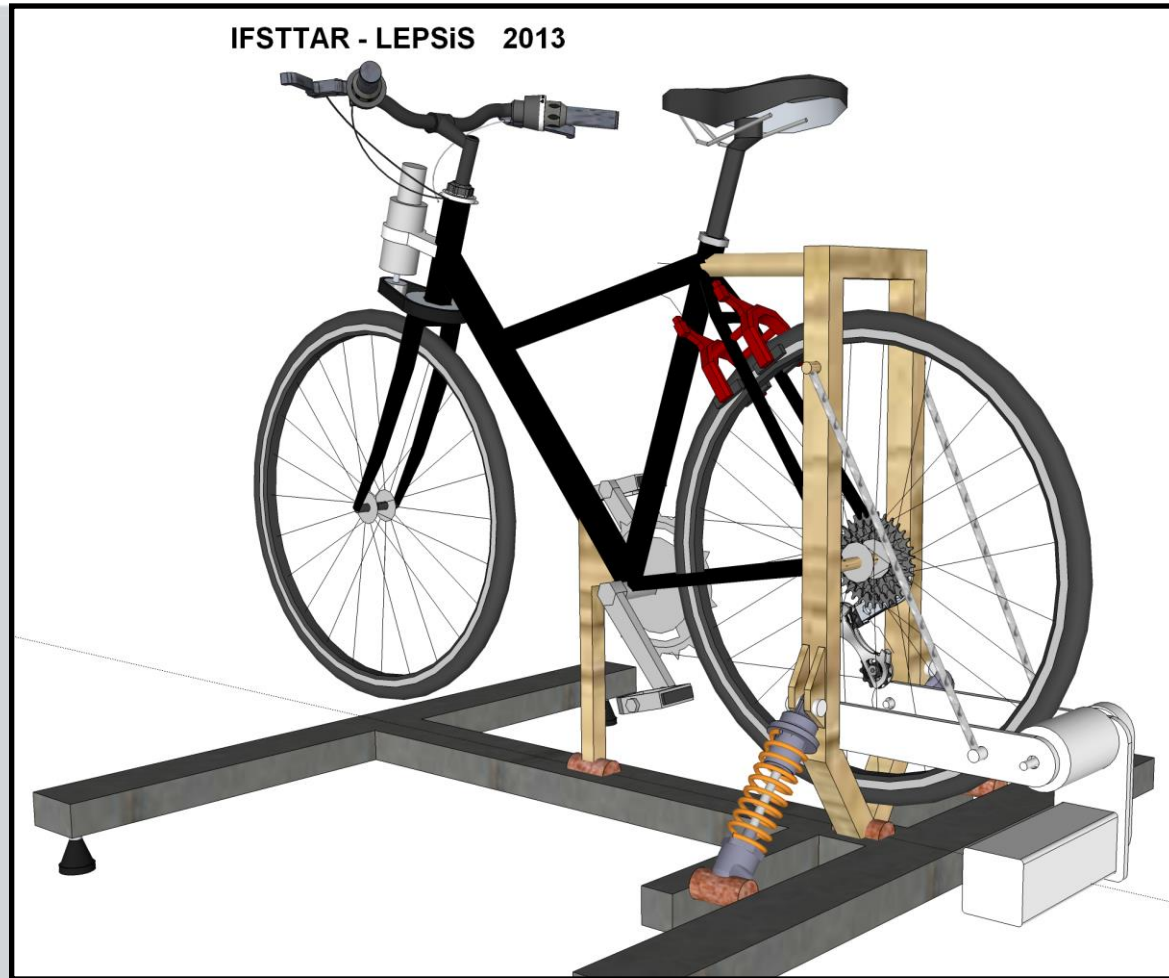


Solutions techniques retenues

- Pas de pertes de contrôle, de situations de choc, ni d'analyse fine du contrôle. Budget et temps limités.
 - Plateforme statique (pas de mouvements)
- Ressenti de la légèreté du vélo, notamment lorsque le cycliste est en « danseuse »
 - Légère inclinaison du vélo liée aux mouvements du conducteur
- Retrouver le fonctionnement d'un vrai vélo (sons, vitesses) et favoriser l'immersion
 - Intégration d'un vélo sur une plateforme
- Distance de freinage et inertie du vélo réalistes
 - Contrôle amélioré du freinage et de l'entraînement de la roue arrière
 - Plateforme maison (opacité des systèmes du commerce)
- Pouvoir analyser les actions du cycliste
 - Instrumenter les freins et dérailleurs



Conception possible



Réalisation

- **Réalisation de la plateforme prévue pour fin 2013**
- **Mise au point par l'équipe de développement**
 - Identification de paramètres mécaniques
 - Réglage et paramétrage de la plateforme
- **Réalisations ultérieures**
 - Retour d'effort guidon contrôlé dynamiquement
 - Légers mouvements de la plateforme (vibrations)



Phase de tests par le LPC

- **Tests auprès d'une population de cyclistes (prévu en 2014)**
 - Comparaison avec des données recueillies en situation réelle
 - Jugement subjectif (sensations, contrôle du déplacement, manques)
- **Expérimentation concernant les « stratégies de gestion du risque »**
 - Comparaison avec les données existantes
- **Utilisation du simulateur...**



Conception et usage des simulateurs

- **Lien étroit entre les usages futurs du simulateur (étude du comportement) et sa conception (choix techniques)**
- **Travaux sur la « qualification » des simulateurs (opération de recherche I2V)**
 - Identifier les avantages et limites de chaque simulateur
 - Cerner leur domaine d'usage (domaine de validité)
- **Comme tout outil, il doit être correctement utilisé**
 - La méthode expérimentale permet de placer les participants dans de bonnes conditions (contexte, familiarisation, diversité des situations réelles)
 - Généraliser avec précautions (ne pas se tromper sur les mécanismes sous-jacents)



Merci pour votre attention

**Autres projets d'étude
autour du simulateur de conduite vélo ?**

