



Contrôle du tangage d'un véhicule en phase balistique

Ph. Vaslin^a, V. Pouzols^a, Ch. Gouinaud^a, J.-Ch. Fauroux^b, S. Deleplanque^a,
M. Davis^{a,b}

a. LIMOS (UMR 6158 CNRS) – Blaise Pascal University (UBP) – Clermont
University – B.P. 10448 – 63000 Clermont-Ferrand, France.

b. LaMI – French Institute for Advanced Mechanics (IFMA) – Clermont
University – B.P. 10448 – 63000 Clermont-Ferrand, France.

Contrôle du tangage d'un véhicule en phase balistique

- Introduction

 - Identification du phénomène : sauts à moto-cross

- Analyse cinématique de trois sauts réels :

 - Saut « normal » : aucune action sur les commandes ;

 - Saut « accéléré » : accélération de la roue arrière ;

 - Saut « freiné » : freinage de la roue arrière.

- Modèle mécanique 2D


- Programme de simulation (Java)

- Conclusions & Perspectives

Introduction

- Lors des sauts à moto-cross, les pilotes affirment qu'ils peuvent :
 - « Allonger » leur trajectoire en *accélérant* ;
 - « Raccourcir » leur trajectoire en *freinant* ;
au cours de la phase aérienne du saut.
- Objectifs de cette étude :
 - Identifier les causes de ces *impressions subjectives* (analyse cinématique de sauts réels) ;
 - Modéliser le phénomène (modèle mécanique 2D) ;
 - Simuler le phénomène (programme Java).

Analyse cinématique de trois sauts à moto-cross

- 
- Saut « normal » : aucune action sur les commandes ;
 - Saut « accéléré » : accélération de la roue arrière ;
 - Saut « freiné » : freinage de la roue arrière.

Analyse cinématique de trois sauts à moto-cross

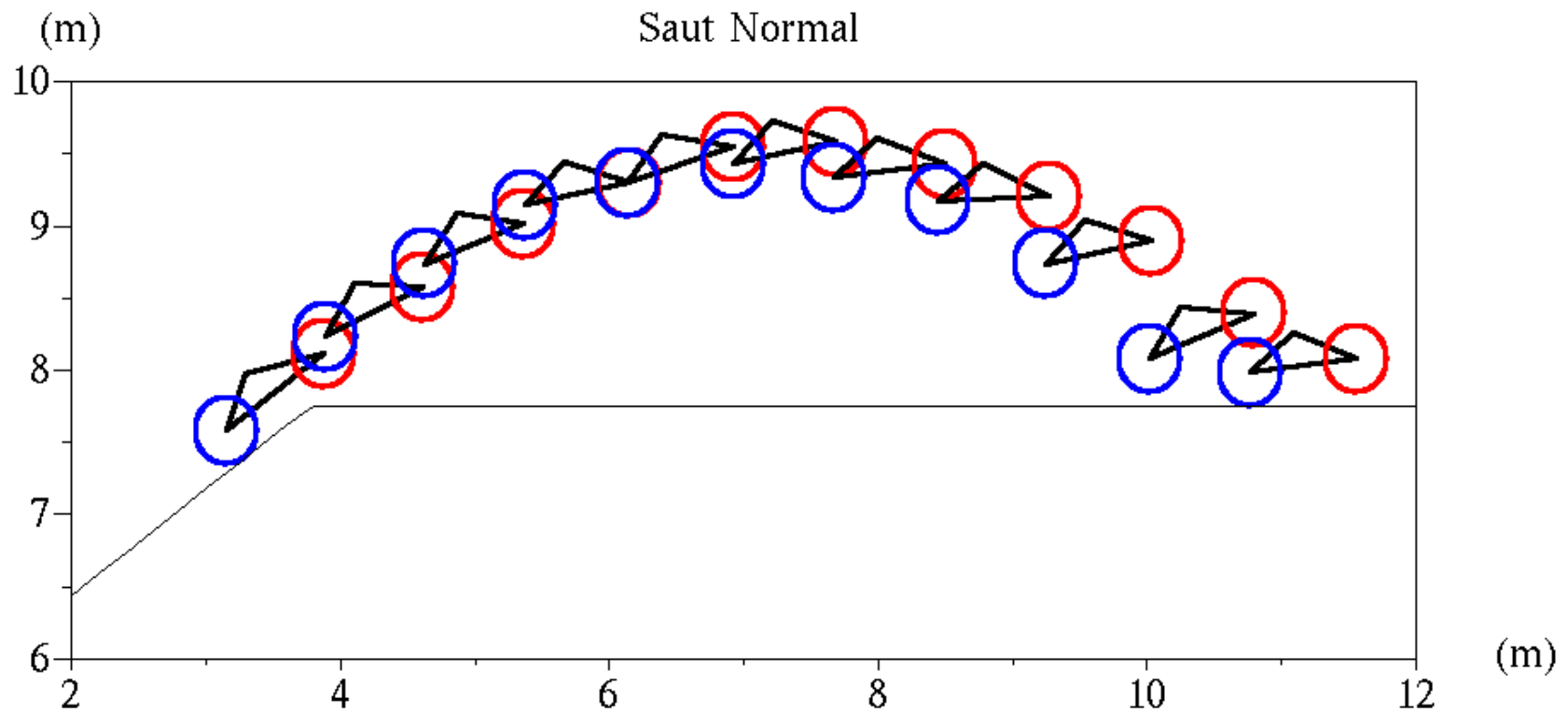


Figure 1 : Saut « normal » (aucune action sur les commandes).

Analyse cinématique de trois sauts à moto-cross

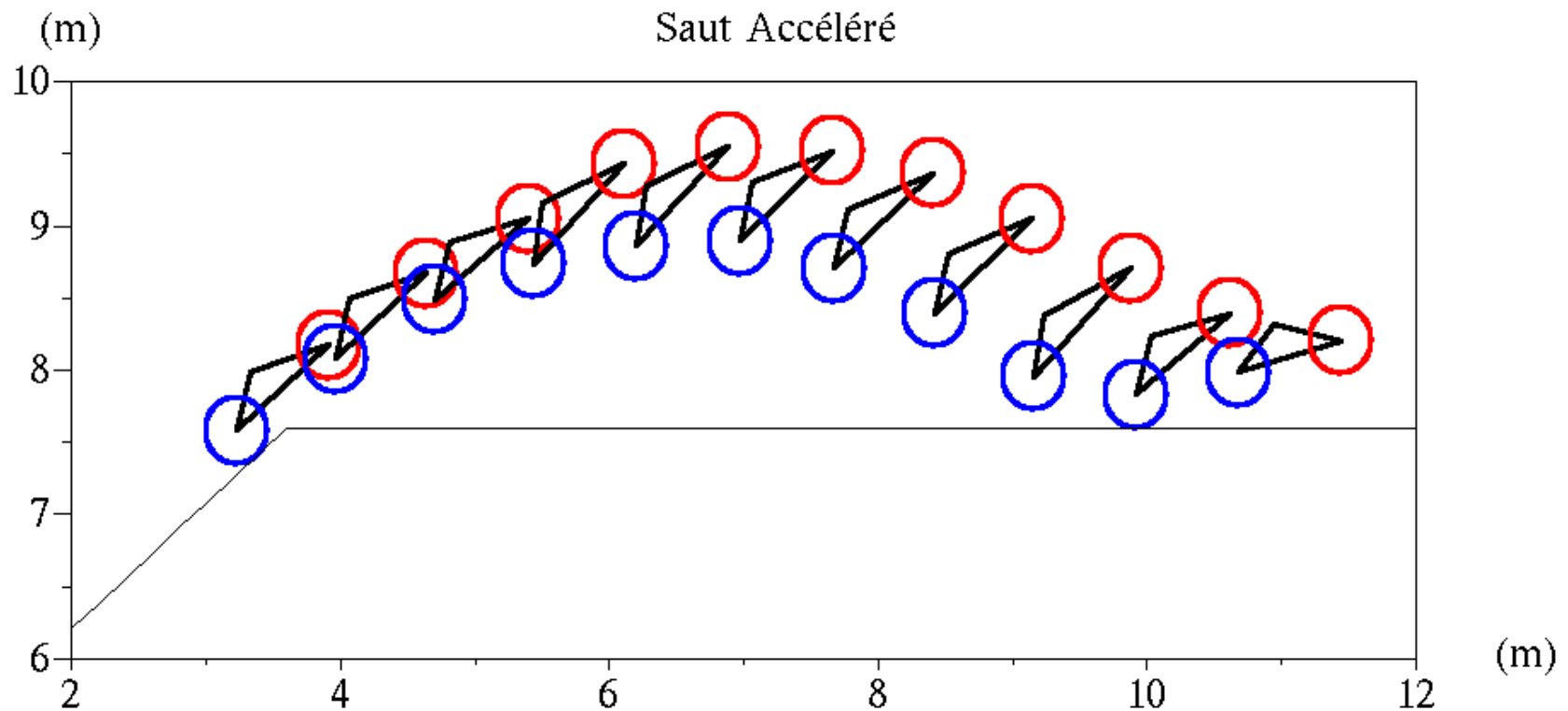


Figure 2 : Saut « accéléré » (accélération de la roue arrière).

Analyse cinématique de trois sauts à moto-cross

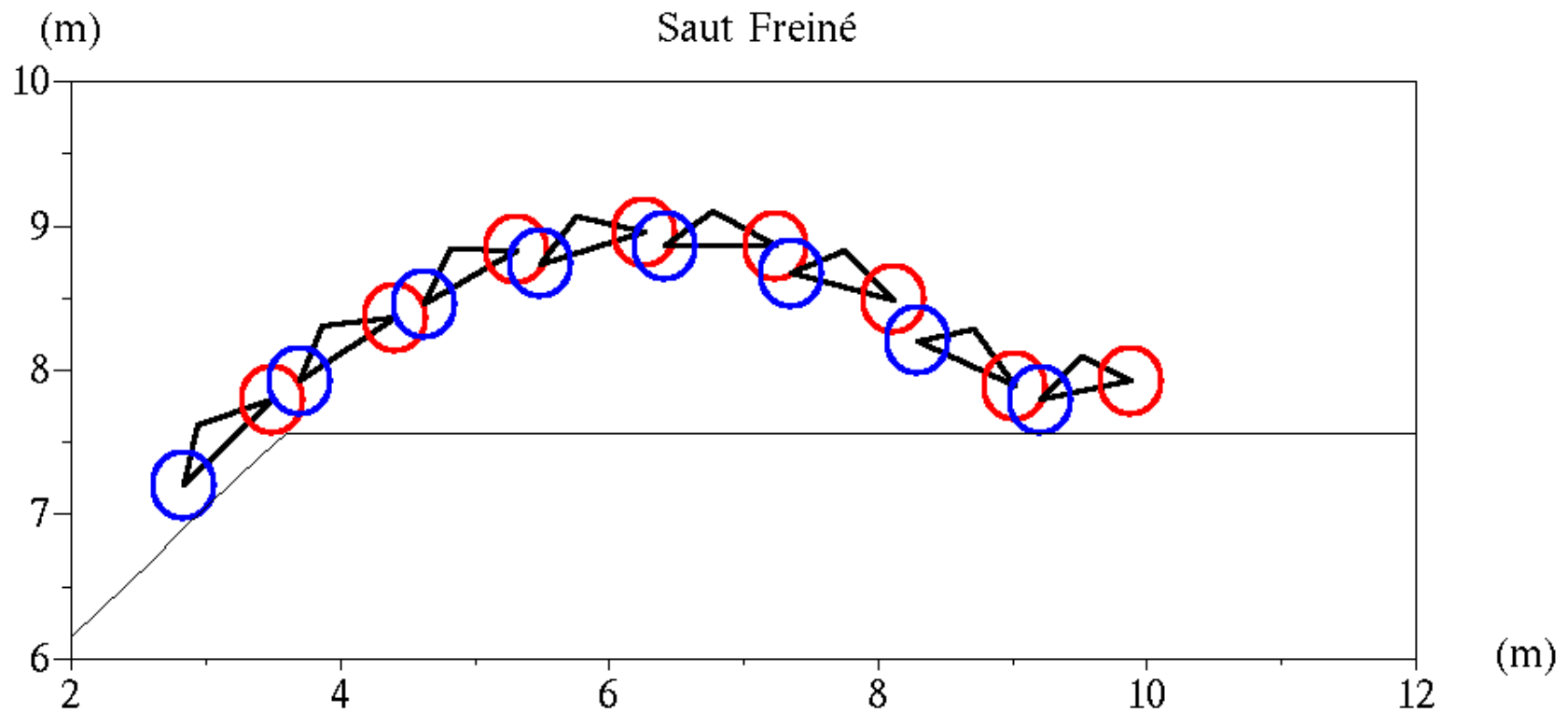


Figure 3 : Saut « freiné » (freinage de la roue arrière).

Analyse cinématique de trois sauts à moto-cross

- **Nombreuses différences entre les sauts :**
 - Vitesses de décollage impossibles à contrôler précisément ;
 - Vitesses de rotation des roues inconnues ;
 - Trajectoires différentes (flèche, portée) ;
 - Instant d'action sur les commandes ?
- **Modification visible de la *vitesse de tangage* ;**
- **Nécessité de construire un modèle mécanique :**
 - Simuler le phénomène ;
 - Vérifier l'hypothèse.

Modèle mécanique 2D du saut à moto-cross

- Moment cinétique total du système **constant** en phase aérienne (résistance de l'air négligée) :

➤ $\vec{\sigma}^* = \vec{\sigma}_P^* + \vec{\sigma}_M^* + \vec{\sigma}_1^* + \vec{\sigma}_2^*$ soit : $\vec{\sigma}^* = \vec{\sigma}_\Sigma^* + \vec{\sigma}_1 + \vec{\sigma}_2$

➤ Ce qui donne : $\vec{\sigma}^* = J_{G\Sigma z} \vec{\omega}_\Sigma + J_{G1z} \vec{\omega}_1 + J_{G2z} \vec{\omega}_2$

➤ Par conséquent : $\vec{\omega}_\Sigma = (\vec{\sigma}^* - J_{G1z} \vec{\omega}_1 - J_{G2z} \vec{\omega}_2) / J_{G\Sigma z}$

- La **vitesse de tangage** ($\vec{\omega}_\Sigma$) du système dépend :

➤ Du moment d'inertie du système {Pilote + Moto} : $J_{G\Sigma z}$

➤ Du moment cinétique de la roue avant : $\vec{\sigma}_1 = J_{G1z} \vec{\omega}_1$

➤ Du moment cinétique de la roue arrière : $\vec{\sigma}_2 = J_{G2z} \vec{\omega}_2$

Simulation du tangage d'une moto en phase balistique

- **Modèle implémenté dans un programme en Java**
- **Simulation de différents types de sauts :**
 - **Saut « normal » : Aucune action sur les commandes ;**
 - **Saut « accéléré » : Accélération de la roue arrière ;**
 - **Sauts « freinés » : Freinage d'une ou des deux roues.**
- **Conditions initiales identiques :**
 - **Vitesses de décollage : 50 km/h ;**
 - **Angle de décollage : 30° ;**
 - **Vitesse de tangage initiale : - 26°/s.**

Simulation du tangage d'une moto en phase balistique

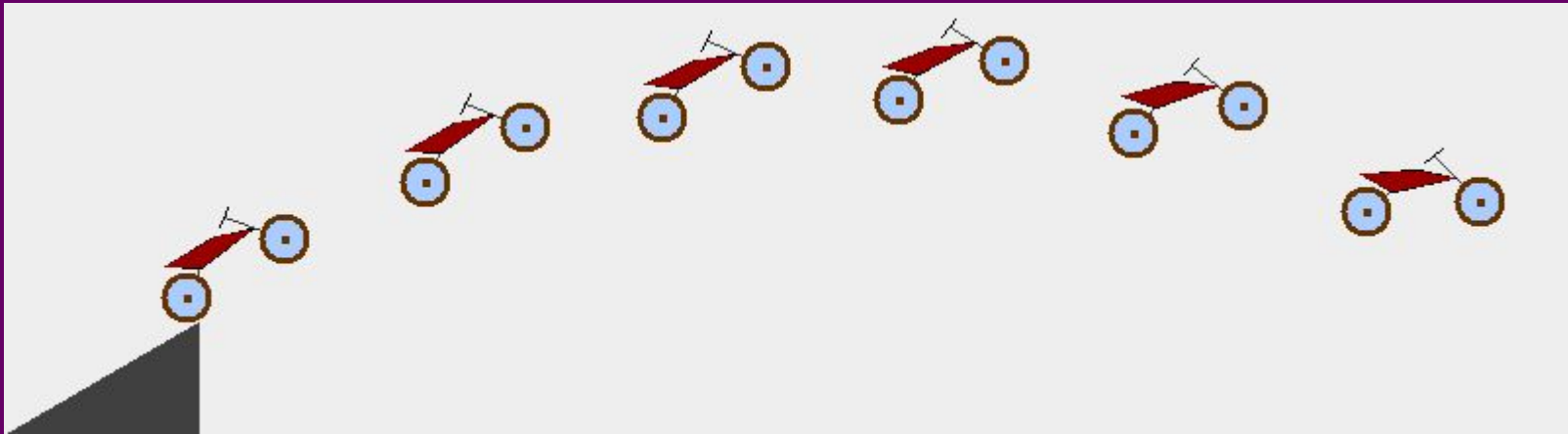


Figure 4 : Saut simulé « normal » (sans action sur les commandes).

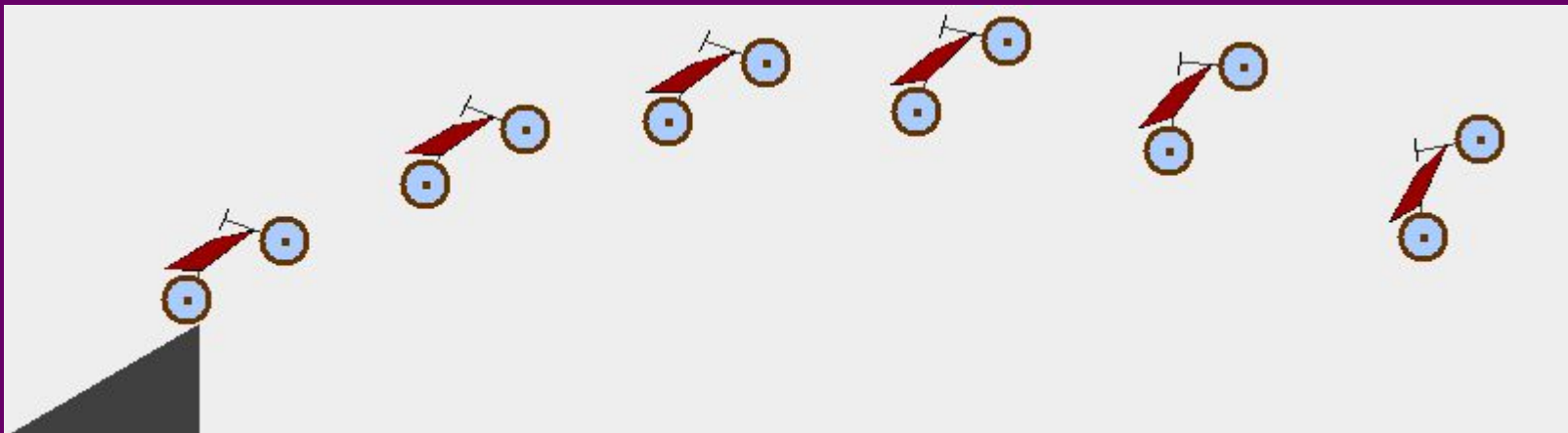


Figure 5 : Saut simulé « accéléré » (accélération de la roue arrière).

Simulation du tangage d'une moto en phase balistique

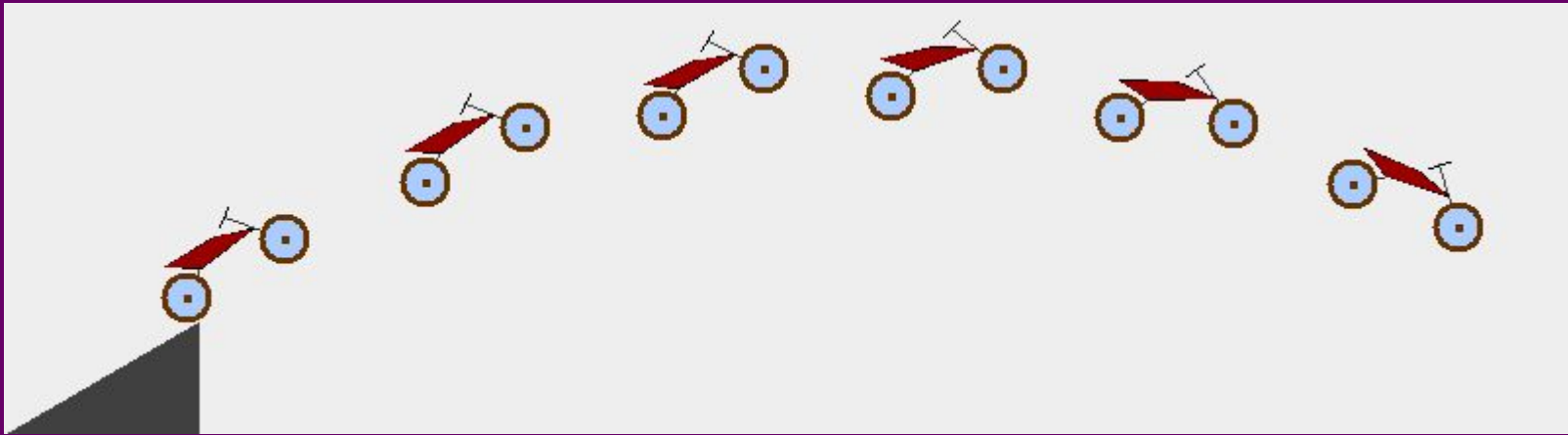


Figure 6 : Saut simulé « freiné » (freinage de la roue arrière).

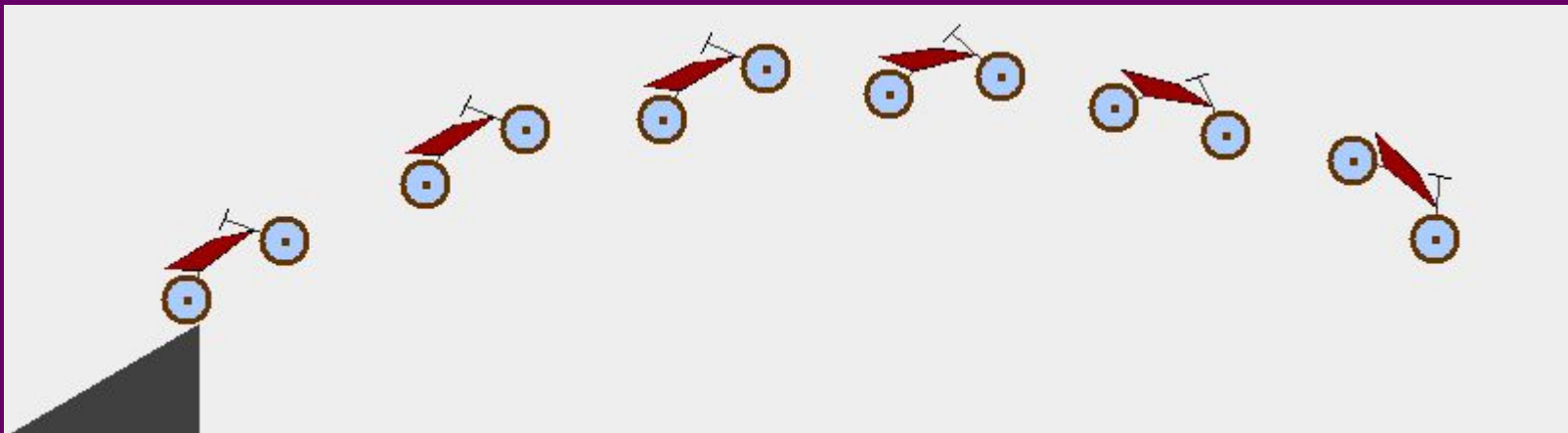


Figure 7 : Saut simulé « freiné » (freinage des deux roues).

Conclusions

- **Analyse cinématique de sauts réels :**
 - Identification du phénomène ;
 - Analyse fine impossible (limites expérimentales).
- **Modèle mécanique + Simulations :**
 - Les lois de la mécanique classique ne sont pas remises en cause ;
 - « Allongement » du saut : bascule du système *vers l'avant* après l'atterrissage ;
 - « Raccourcissement » du saut : bascule du système *vers l'arrière* après l'atterrissage.

Perspectives

- **Contrôle du mouvement de tangage :**
 - Intéressant pour les pilotes de véhicules réels ;
 - **Crucial pour un véhicule robotisé :**
 - ✓ Se déplaçant à grande vitesse (ex : 10 m/s) ;
 - ✓ Sur un terrain accidenté (ex : milieu naturel) ;
 - ✓ Susceptible de décoller de manière intempestive.
- **Poursuite des travaux :**
 - **Modélisation du mouvement de roulis (CFM 2011) ;**
 - **Contrôle des rotations 3D en phase balistique.**
- **Applications : véhicules d'exploration, de surveillance ou de secours d'urgence.**



Merci de votre attention.