

# Optimisation du freinage en vélo

Noah BERNARD

N° d'inscription : 15293

# Problématique

Comment assurer un freinage efficace en vélo

# Plan

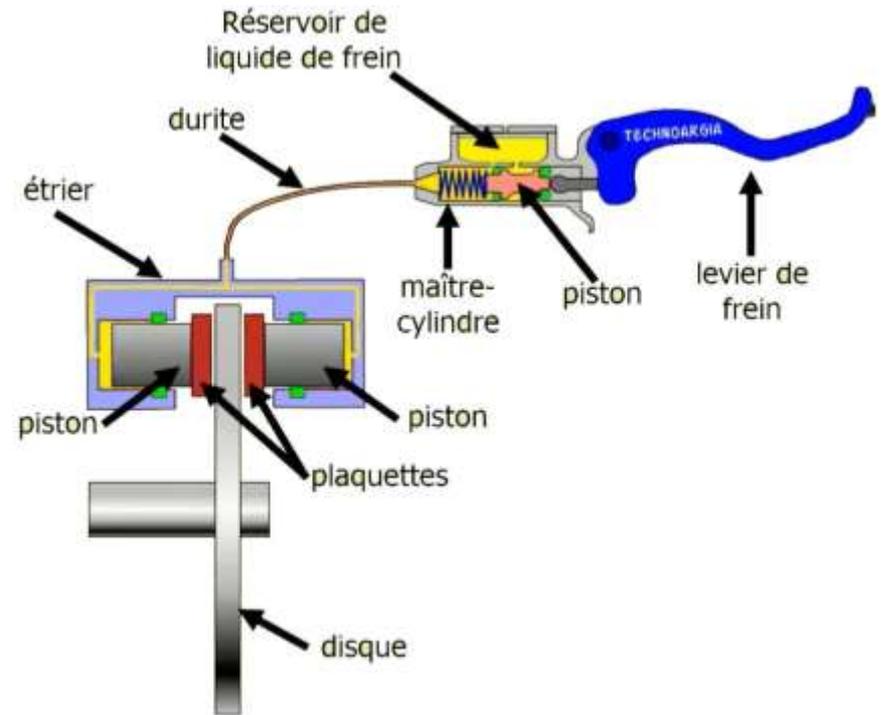
1. Systèmes étudiés
2. Etude dynamique
3. Modélisation python
4. Mesures réelles
5. Comparaison
6. Pistes d'améliorations

# Systemes étudiés

## Technologie

Freinage à disque :

## Fonctionnement

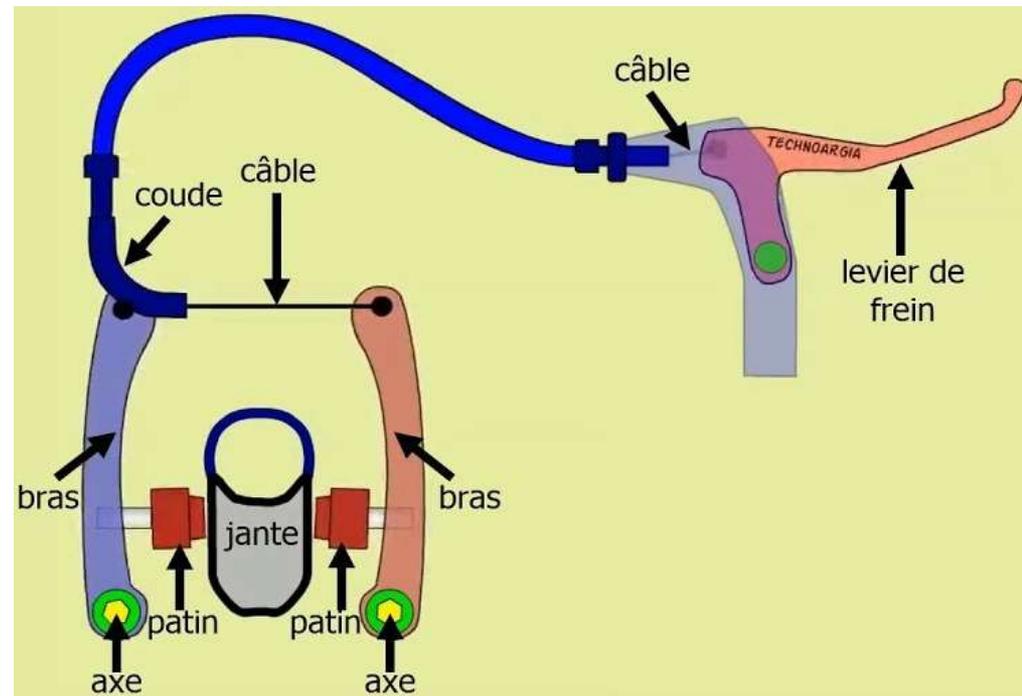


# Systemes étudiés

Technologie

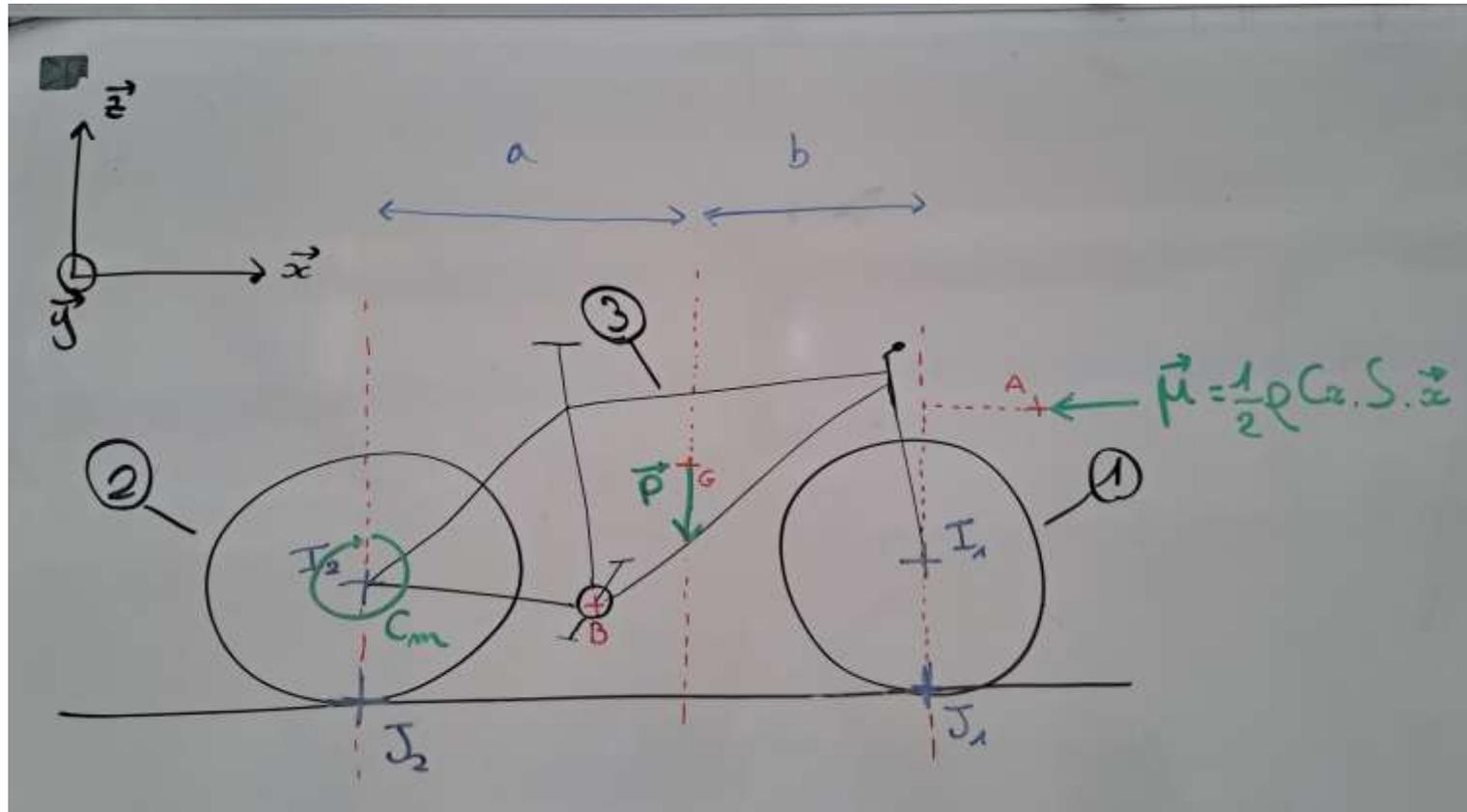
Fonctionnement

Frein à patins :



# Etude dynamique

BAME :



# Etude dynamique

Hypothèses : plan d'étude horizontale

conditions de roulement sans glissement

freinage maximal sans bloquer les roues

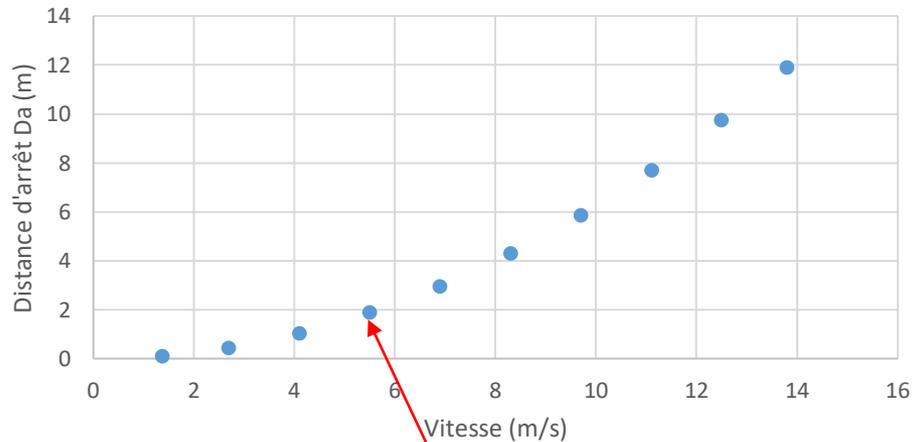
Mise en équation :

$$m \cdot \frac{dv}{dt} + \mu \cdot v^2 = (f \cdot m \cdot g) / (1 + a/b)$$

# Etude dynamique

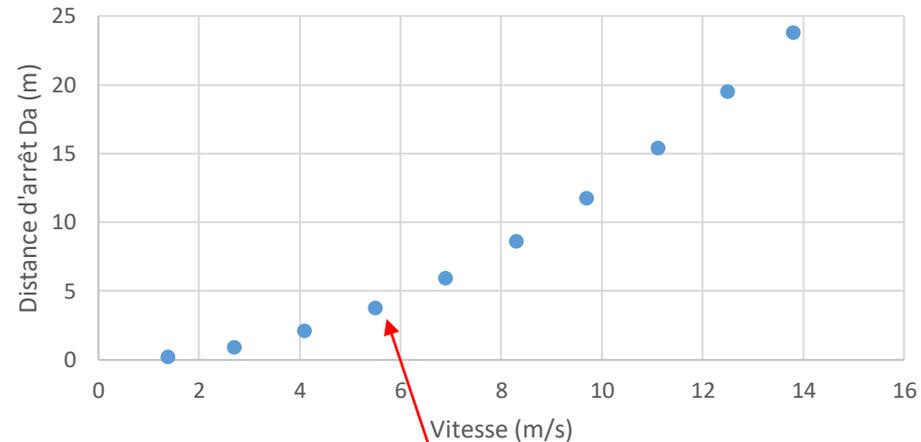
Prévision de la distance de freinage:

Distance d'arrêt sur bitume sec



À 5,5 m/s  $Da=2m$

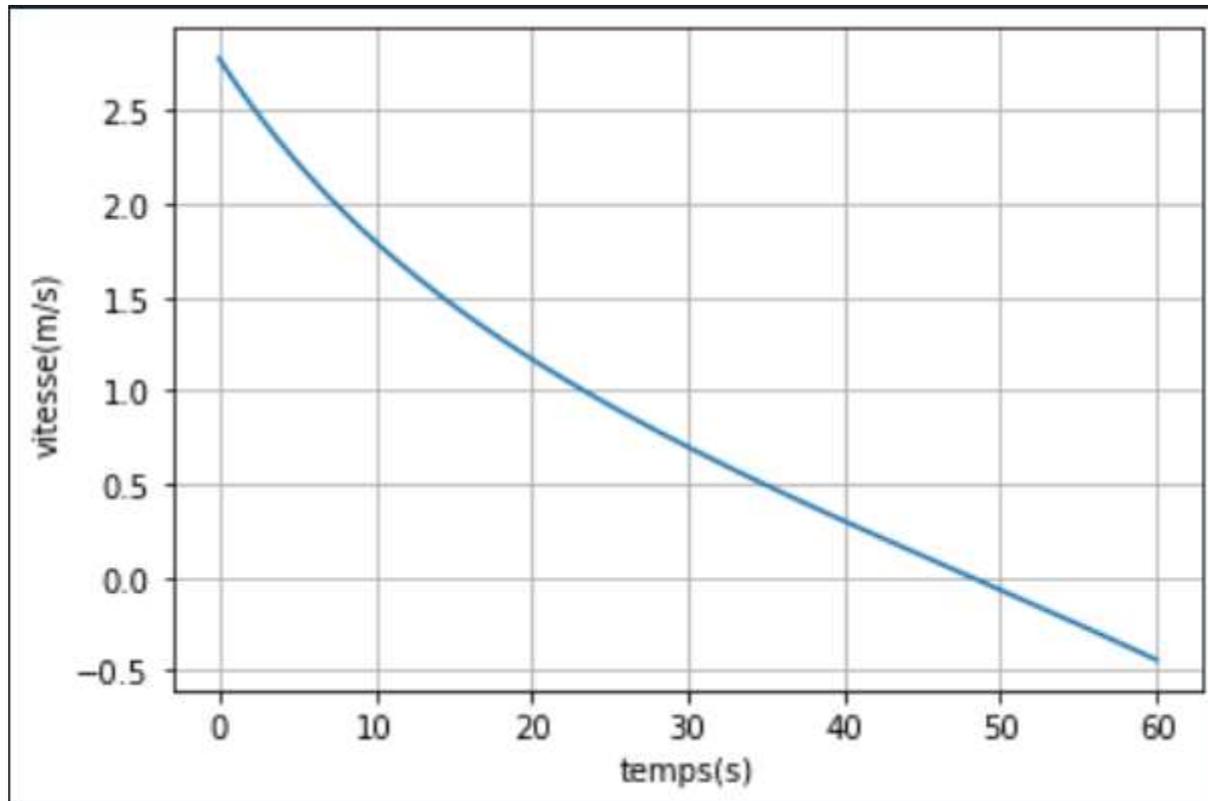
Distance d'arrêt sur bitume mouillé



À 5,5 m/s  $Da=4m$

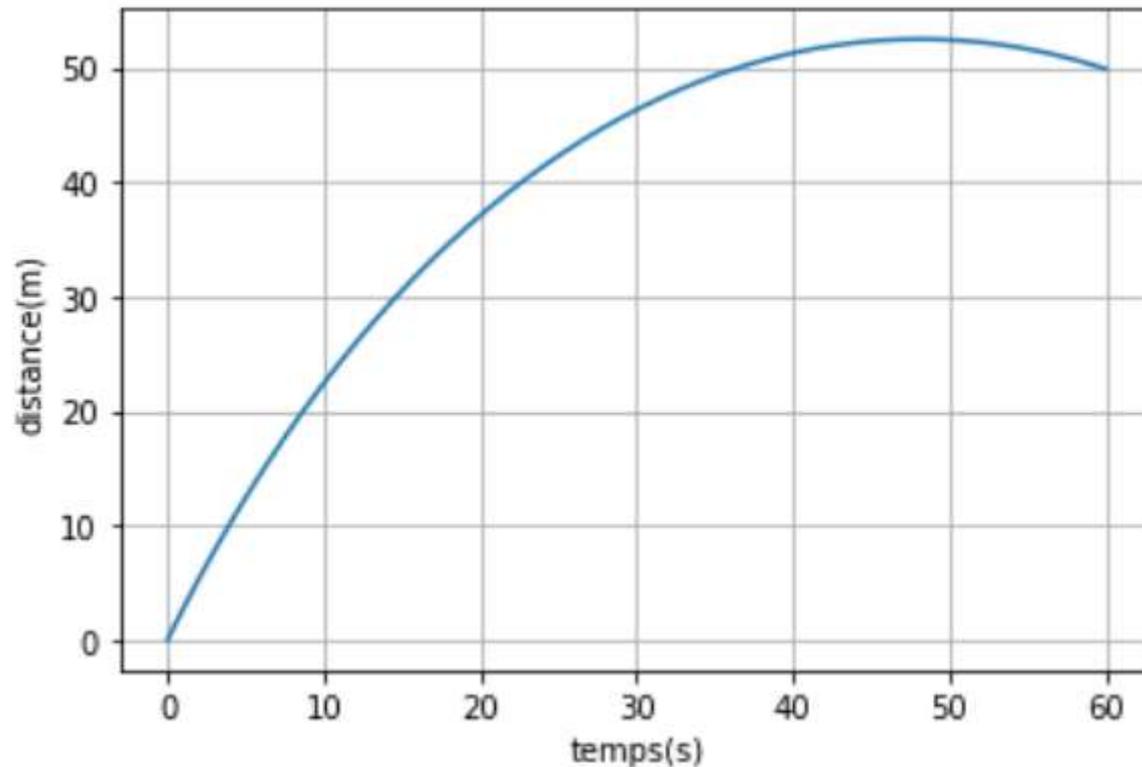
# Modélisation python

Temps d'arrêt:

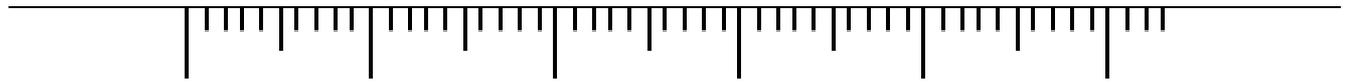


# Modélisation python

Distance d'arrêt:



# Mesures réelles



Vitesse initiale



Freinage et mesure de distance d'arrêt

# Mesures réelles

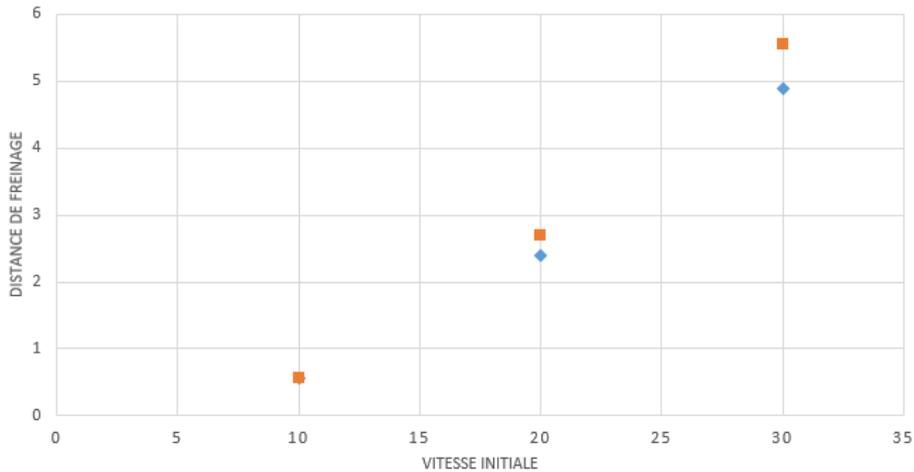
Technologie	Vitesse	Répartition	Distance
Disque	10	Avant	0,56
		Arrière	1,125
	20	Avant	5,6
		Arrière	2,4
	30	Avant	4,88
		Arrière	9

Technologie	Vitesse	Répartition	Distance
Patin	10	Avant	0,56
		Arrière	1,38
	20	Avant	2,7
		Arrière	5,2
	30	Avant	5,55
		Arrière	11

# Mesures réelles

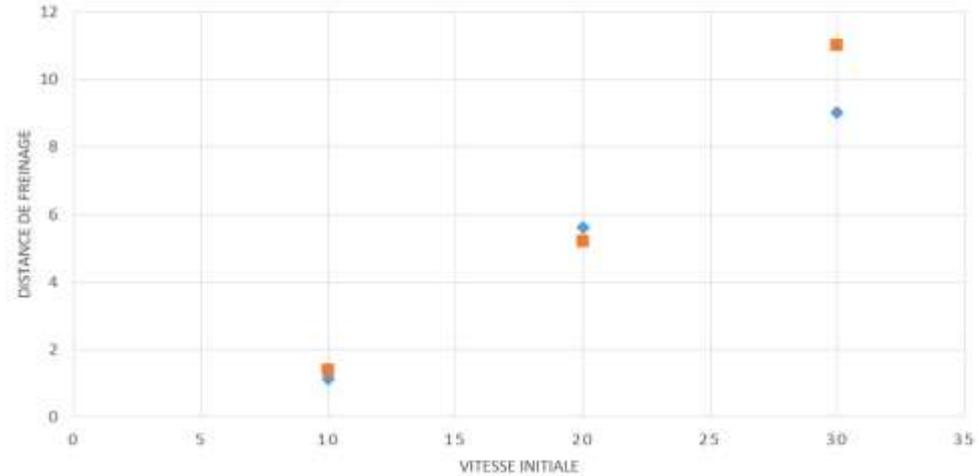
DISTANCE DE FREINAGE SELON LA TECHNOLOGIE UTILISÉE (FREIN AVANT)

◆ Frein à disque ■ Frein à patins



DISTANCE DE FREINAGE SELON LA TECHNOLOGIE UTILISÉE (FREIN ARRIÈRE)

◆ Frein à disque ■ Frein à patins



# Comparaison

Entre 11 et 17% d'erreur entre le model réel et simulé pour la distance d'arrêt.

Plus la vitesse est grande moins les freins à patins sont efficaces.

# Pistes d'améliorations

- Mesures réelles sur route humide.
- Adaptation d'un frein à disque et à patins sur le même vélo.
- Etude du freinage combiné (frein avant+frein arrière )
- Intégration d'un capteur d'effort dans le maître cylindre.

# Annexe 1

```
1 import scipy.integrate as sp
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 import numpy as np
4
5 f=1.1
6 g=9.81 #m/s2
7 a=0.54 #m
8 b=0.555 #m
9 mhu=1
10 m=83 #kg
11 v= [10/3.6,20/3.6,30/3.6,40/3.6,50/3.6]
12 t0=0
13 tf=5 #s
14 n=100
15
16
17 x_ini=(0,v[0])
18
19 def F(X,t):
20     return (X[1] ,1/m*(-mhu*(X[1])**2-f*b*g/(1+a/b)))
21
22 t = np.linspace(0 ,60 ,1000)
23
24 x_sol =sp.odeint (F, x_ini , t )
25 position= x_sol [: ,0]
26 vitesse= x_sol [: ,1]
27
28 # print(len(position))
29 # print(len(vitesse))
30
31 plt.figure('Position en fonction du temps')
32 plt.plot(t,position)
33 plt.ylabel('distance(m)')
34 plt.xlabel('temps(s)')
35 plt.grid()
36 plt.figure('Vitesse en fonction du temps')
37 plt.plot(t,vitesse)
38 plt.ylabel('vitesse(m/s)')
39 plt.xlabel('temps(s)')
40 plt.grid()
41 plt.show()
42
```

# Annexe 2

Frein à disque	Vitesse (km/h)	Répartition (%)	Distance (m)	Moyenne (m)	Frein à patin	Vitesse (km/h)	Répartition (%)	Distance (m)	Moyenne (m)
	20	100% Av	5,4			20	100% Av	2,4	
			6,3					3	
			6,2					2,5	
			5,2					3,1	
			5,4					2,9	
			5,2	5,6				2,4	2,7
		100% Ar	2,3			100% Ar		6,2	
			2,25					5,3	
			2,9					4,6	
			2,5					5,5	
			2,23					5,4	
			2,75	2,4				4,7	5,2
		25% Av 75% Ar	4,1			25%Av 75%Ar	impossible		
			3						
			2,8						
			3,1						
			4,3						
			3,5	3,4					
	10	100% Av	0,5			10	100% Av	idem	
			0,6						
			0,55						
			0,5						
			0,65						
			0,57	0,56					
		100% Ar	1,1			100% Ar		1,5	
			1,2					1,2	
			1,15					1,3	
			1					1,8	
			1,2					1,3	
			1,1	1,125				1,2	1,38
	30	100% Av	4,7			30	100% Av	4,7	
			4,6					4,9	
			5,6					6,3	
			4,6					5,6	
			5					6	
			4,8	4,88				5,8	5,55
		100% Ar	8++	9		100% Ar	10++	11	

# Annexe 3 (BAME complet)

BAPE:

$$\left\{ T_{\mu/\Sigma} \right\}_A = \begin{pmatrix} -\mu \dot{\alpha}^2 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\left\{ T_{\bar{p}/\Sigma} \right\}_G = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ -mg & 0 \end{pmatrix} ; \left\{ T_{\text{cyclo}} \right\}_B = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & C_m \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\left\{ T_{3/1} \right\}_{I_1} = \begin{pmatrix} X_{31} & L_{31} \\ Y_{31} & 0 \\ Z_{31} & N_{31} \end{pmatrix} ; \left\{ T_{3/2} \right\}_{I_2} = \begin{pmatrix} X_{32} & L_{32} \\ Y_{32} & 0 \\ Z_{32} & N_{32} \end{pmatrix}$$

$$\left\{ T_{\text{sol}/1} \right\}_{J_1} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ Z_{31} & 0 \end{pmatrix} ; \left\{ T_{\text{sol}/2} \right\}_{J_2} = \begin{pmatrix} X_{52} & 0 \\ 0 & 0 \\ Z_{52} & 0 \end{pmatrix}$$

# Annexe 3 (mise en équation)

TRD sur  $\vec{x}$ :

$$X_{s2} = m\ddot{x} + \mu \dot{x}^2$$

TRD sur  $\vec{z}$ :

$$Z_{s2} = mg - Z_{s1}$$
$$Z_{s2} = mg \cdot \frac{1}{1 + \frac{a}{b}}$$

$$\frac{X_{s2}}{Z_{s2}} = \int \frac{dx}{v} / \text{masse}$$
$$\Leftrightarrow m\ddot{x} + \mu \dot{x}^2 = \frac{\rho \cdot m \cdot g}{1 + \frac{a}{b}}$$
$$\Leftrightarrow m \frac{dv}{dt} + \mu \cdot v^2 = \frac{\rho \cdot m \cdot g}{1 + \frac{a}{b}}$$

---

# Annexe 3 (paramètres)

$m$  : masse du vélo + cycliste (kg)

$v$  : vitesse (m/s)

$\mu$  : Coefficient de frottement fluide

$f$  : Effort du sol sur la roue (N)

$g$  : accélération de la pesanteur ( $m/s^2$ )

$a$  : distance centre de gravité/ roue avant (m)

$b$  : distance centre de gravité/ roue arrière (m)

# Annexe 4 (Sources)

Image 1 : [un-monde-à-vélo.com](http://un-monde-à-vélo.com)

Image 2 : [sciencesettechnologiesgab.jimdofree.com](http://sciencesettechnologiesgab.jimdofree.com)