

Le phénomène d'avalanche

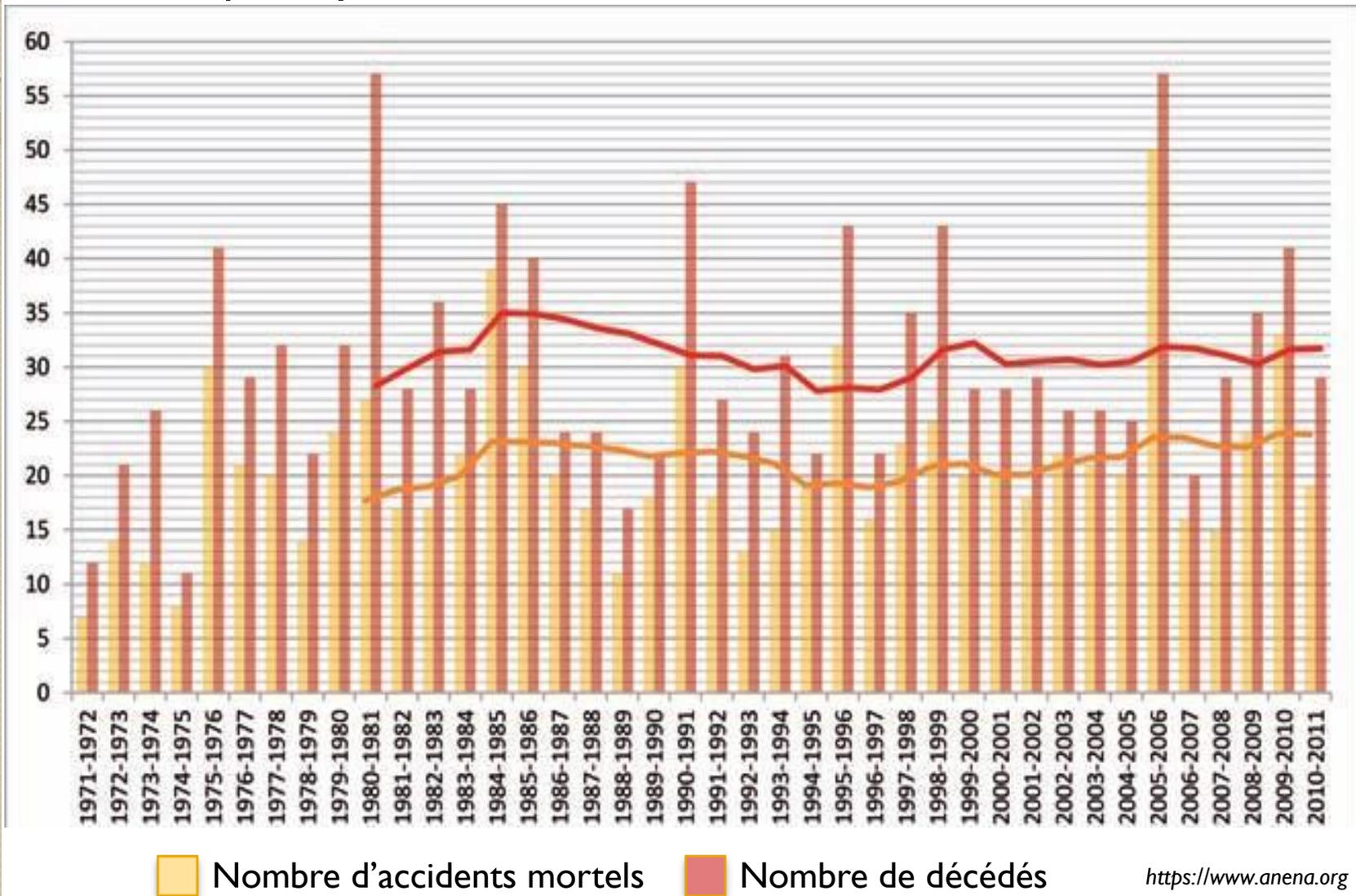


Justine Banderier – Année scolaire 2017/2018



Introduction

- Pourquoi s'y intéresser ?



■ Nombre d'accidents mortels

■ Nombre de décédés

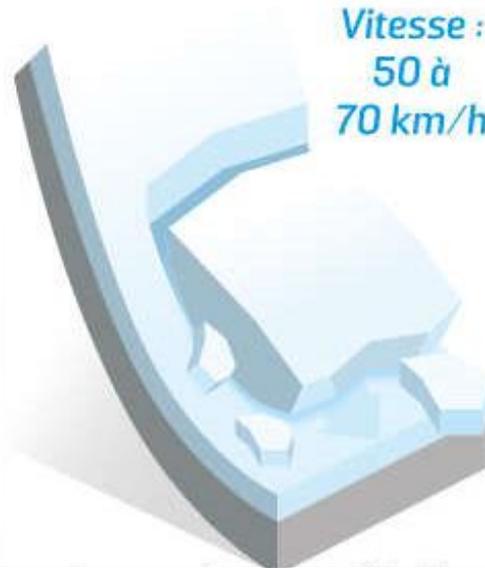
Différents types d'avalanches

De poudreuse



- Onde de choc + nuage
- Les plus dévastatrices

De plaque



- 80% des cas
- Couche superficielle plus dense
- Les plus dangereuses pour les skieurs

De fonte



- Neige mouillée qui glisse en masse
- Caractérisée par leur écoulement
- Blocs de neige denses et informes

LP/INFOGRAPHIE

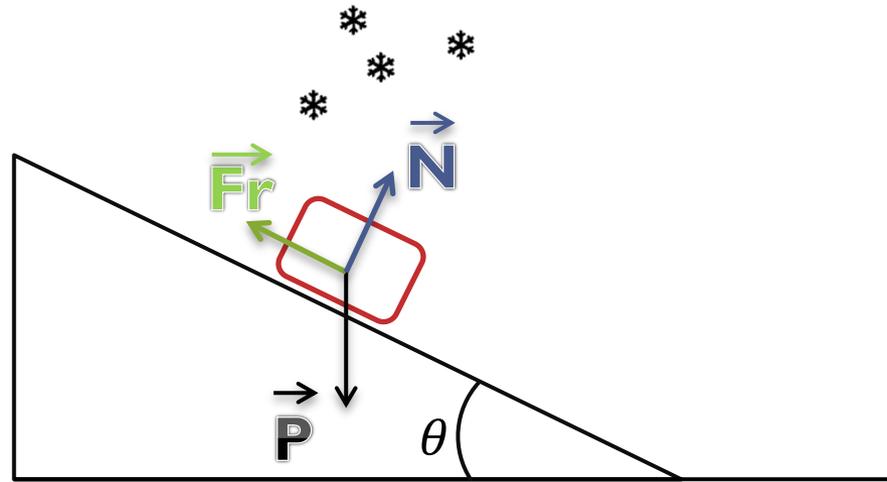
<https://www.leparisien.fr>

Table des matières

- I. Etude théorique
- II. Etude expérimentale
- III. Fourmilion

Origine des avalanches

- 2 types de paramètres :
 - Variables : skieur, phénomènes météorologiques
 - Fixes : pente, végétation, exposition du versant



- 2 types de force
 - Traction \rightarrow entraîne la neige
 - Résistance
- Traction \gg Résistance \Rightarrow avalanche

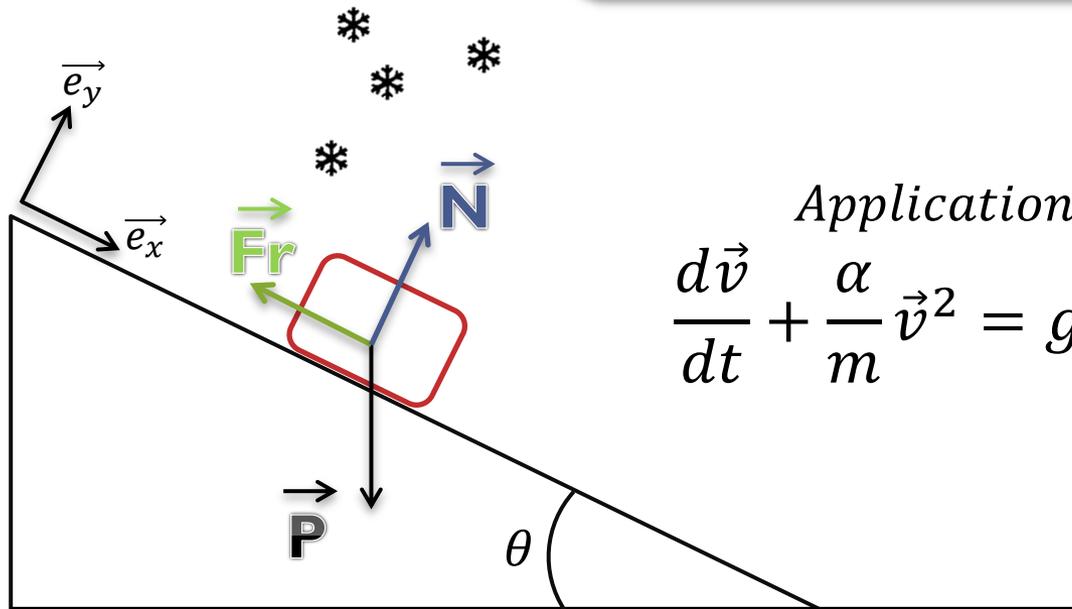
Etude théorique

Système {bloc de neige}
Référentiel galiléen

→ *Poids*

→ *Frottement de type Coulombien, f*

→ *Frottement turbulent, $\alpha = \frac{\rho g B L}{\xi}$*

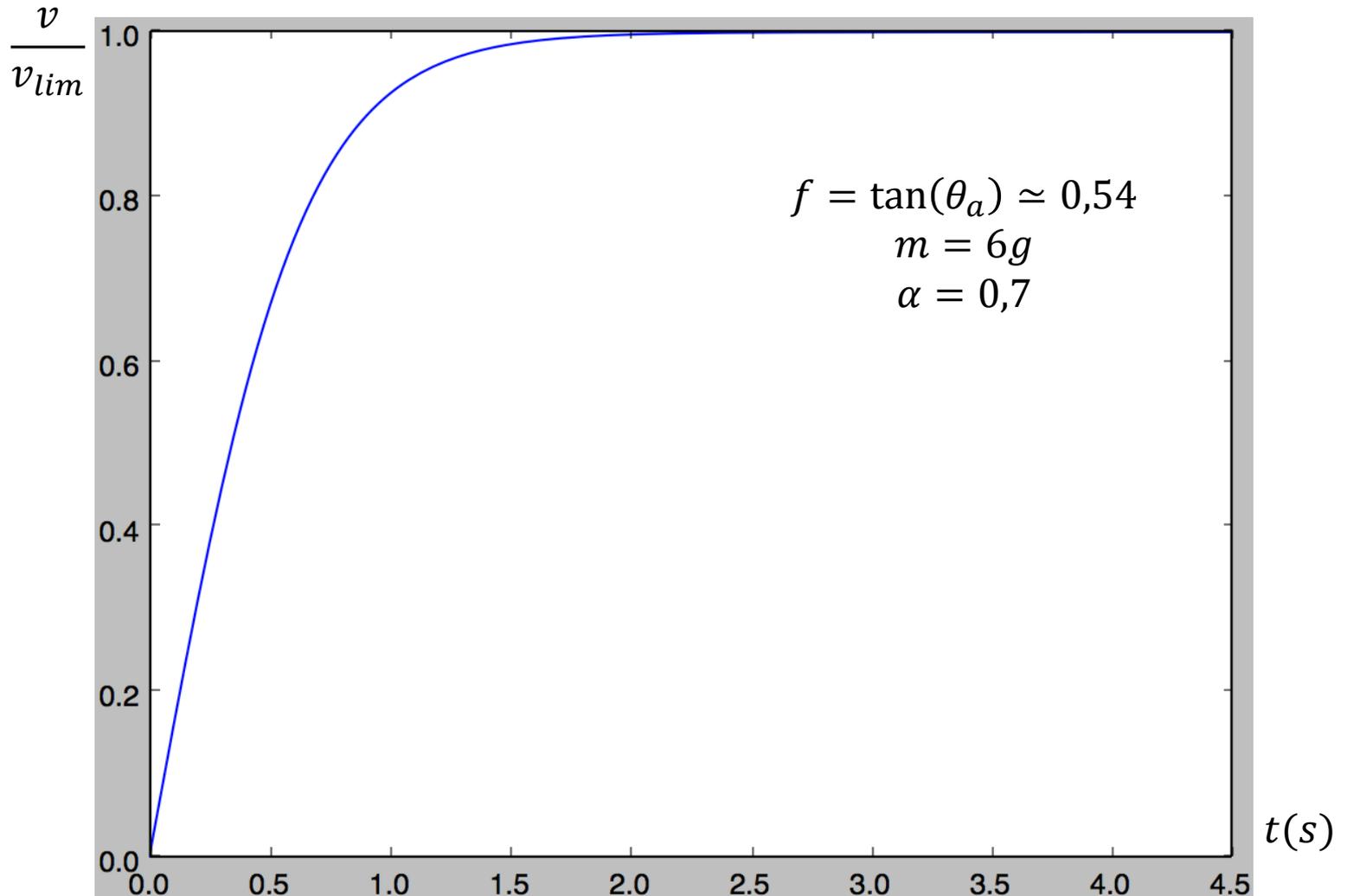


Application du PFD selon Ox :

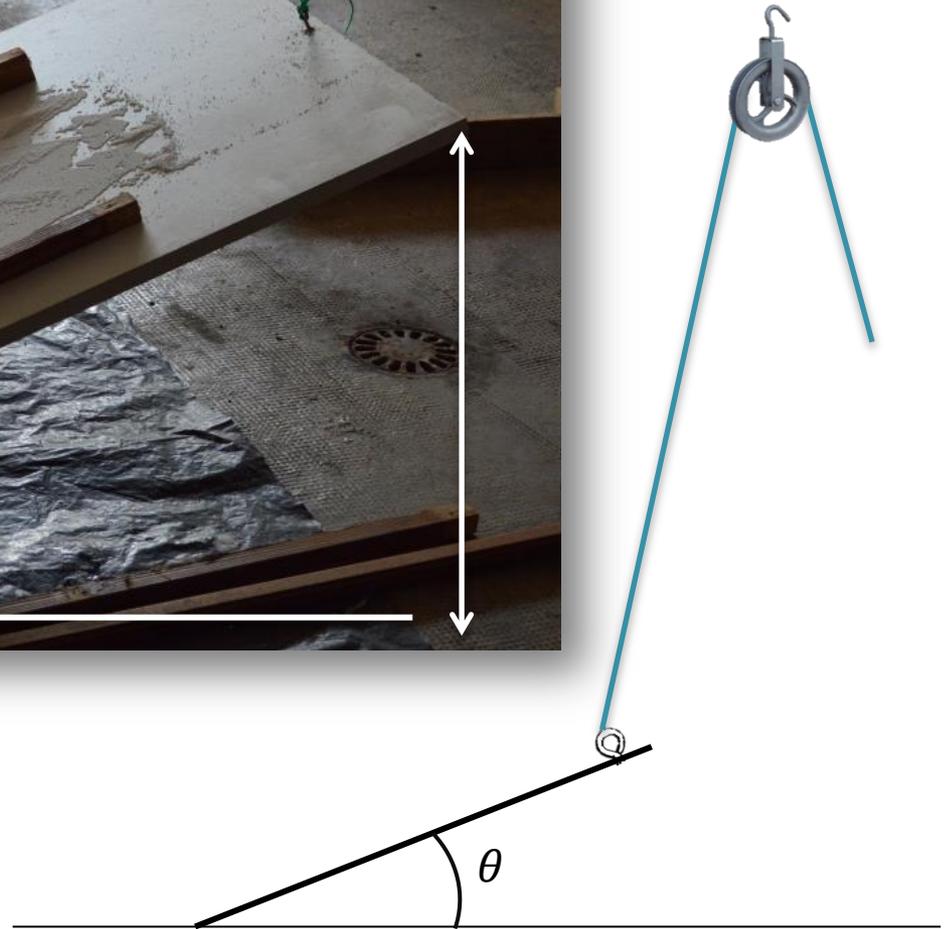
$$\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{\alpha}{m} \vec{v}^2 = g \cos(\theta) (\tan(\theta) - f)$$

Résolution

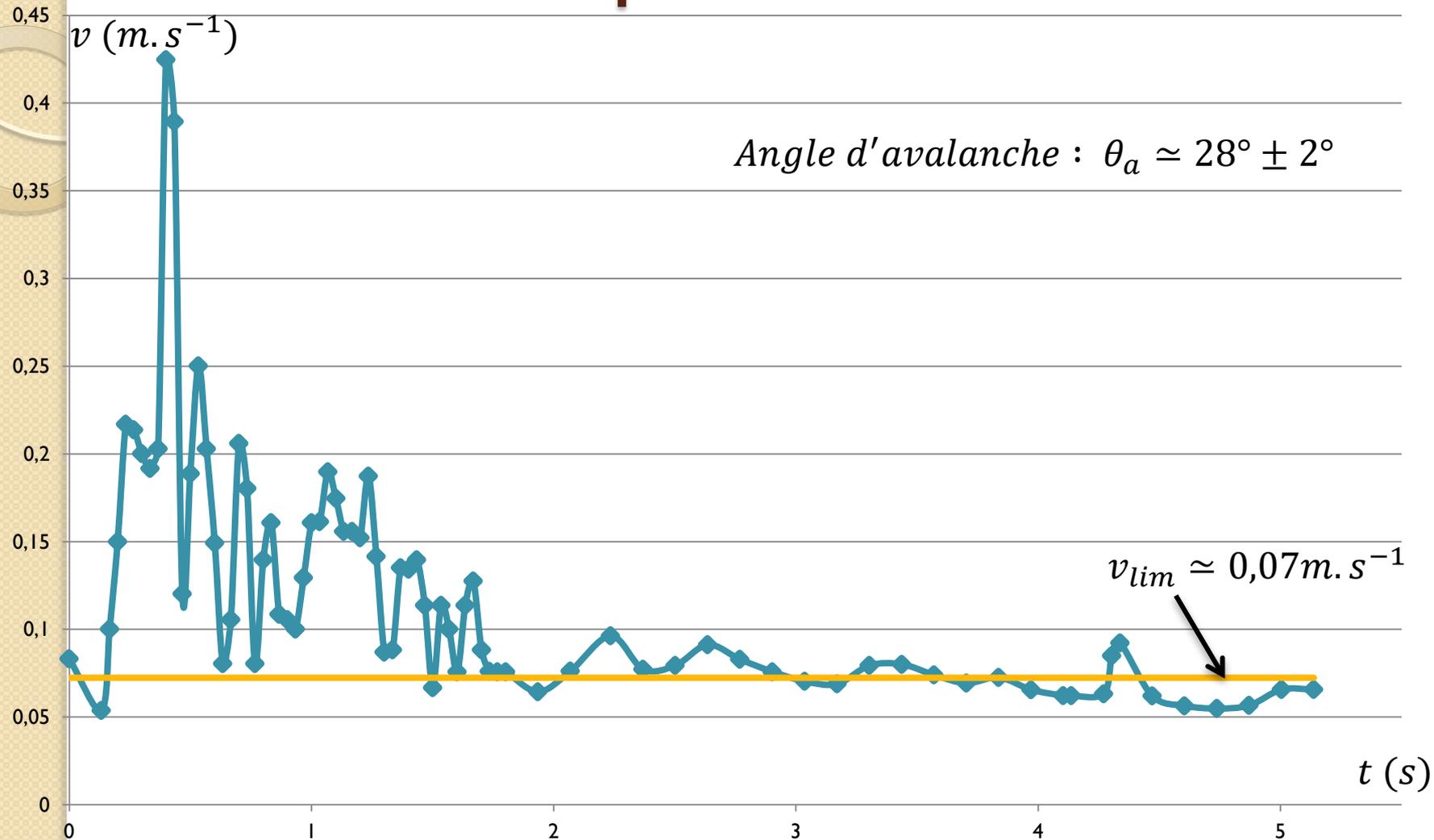
$$v(t) = \sqrt{\frac{mg \cos(\theta) (\tan(\theta) - f)}{\alpha}} \times th\left(t \times \sqrt{\frac{\alpha}{m} \times g \cos(\theta) (\tan(\theta) - f)}\right)$$



Etude expérimentale

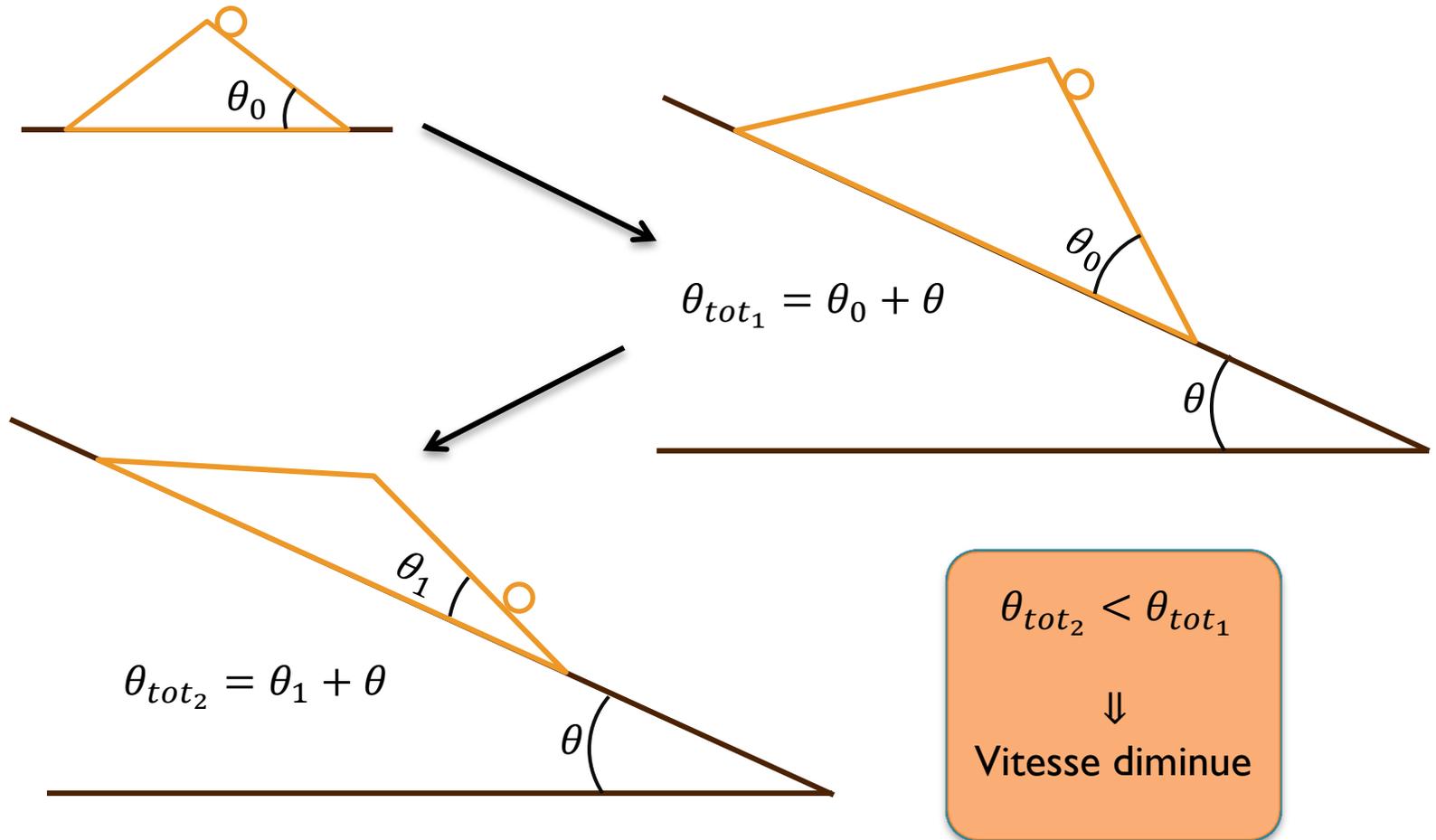


Résultats expérimentaux



Vitesse de l'écoulement de polystyrène en fonction du temps

Interprétation physique



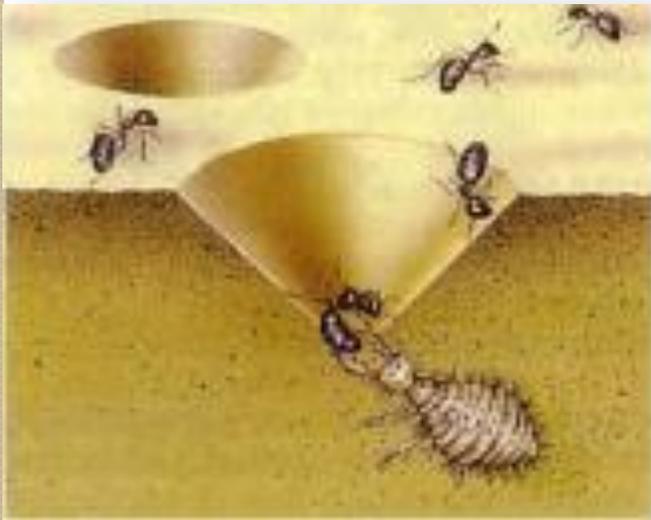
Bilan de l'étude expérimentale

- Régime transitoire trop court donc inexploitable
- But atteint : trouver la valeur de α expérimentalement
 - $v_{lim}^2 = \frac{m}{\alpha} g \cos(\theta) (\tan(\theta) - f)$

$$\left\{ \begin{array}{l} f = \tan(\theta_a) \simeq 0,54 \\ m = 6g \\ v_{lim} = 0,07 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \end{array} \right. \longrightarrow \alpha = 0,6$$

Fourmilion

- Pourquoi les fourmis sont-elles les seules à être piégées ?

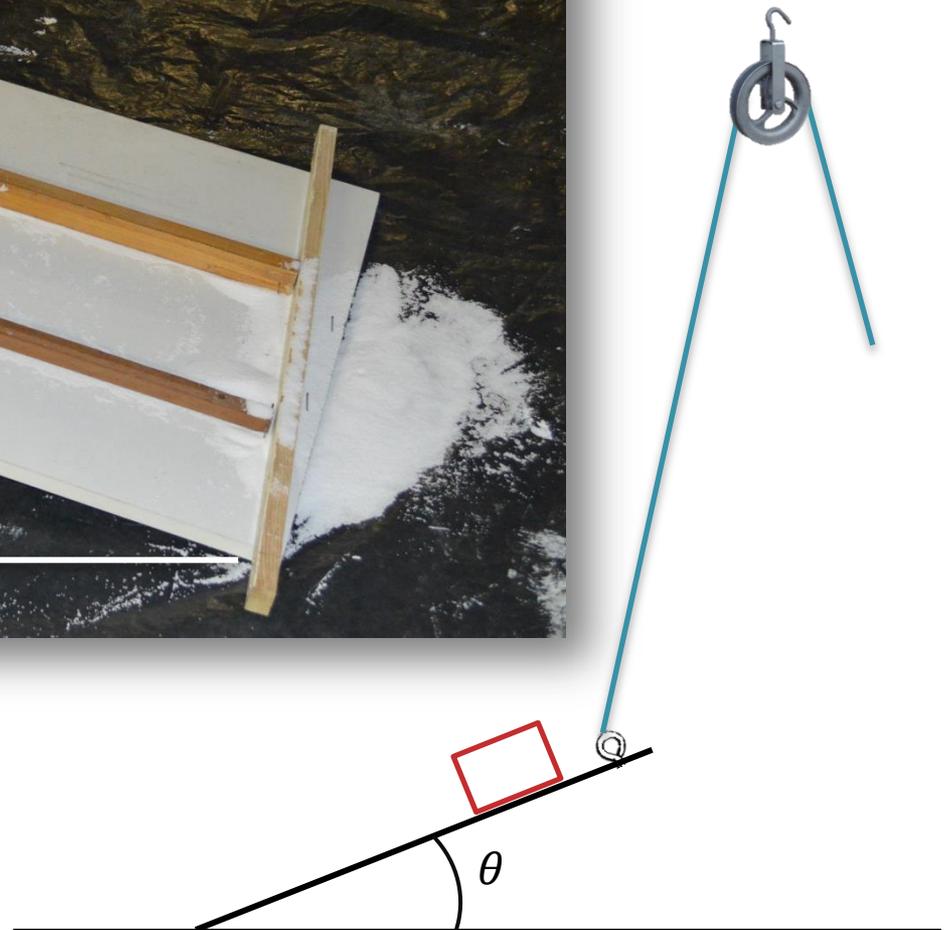
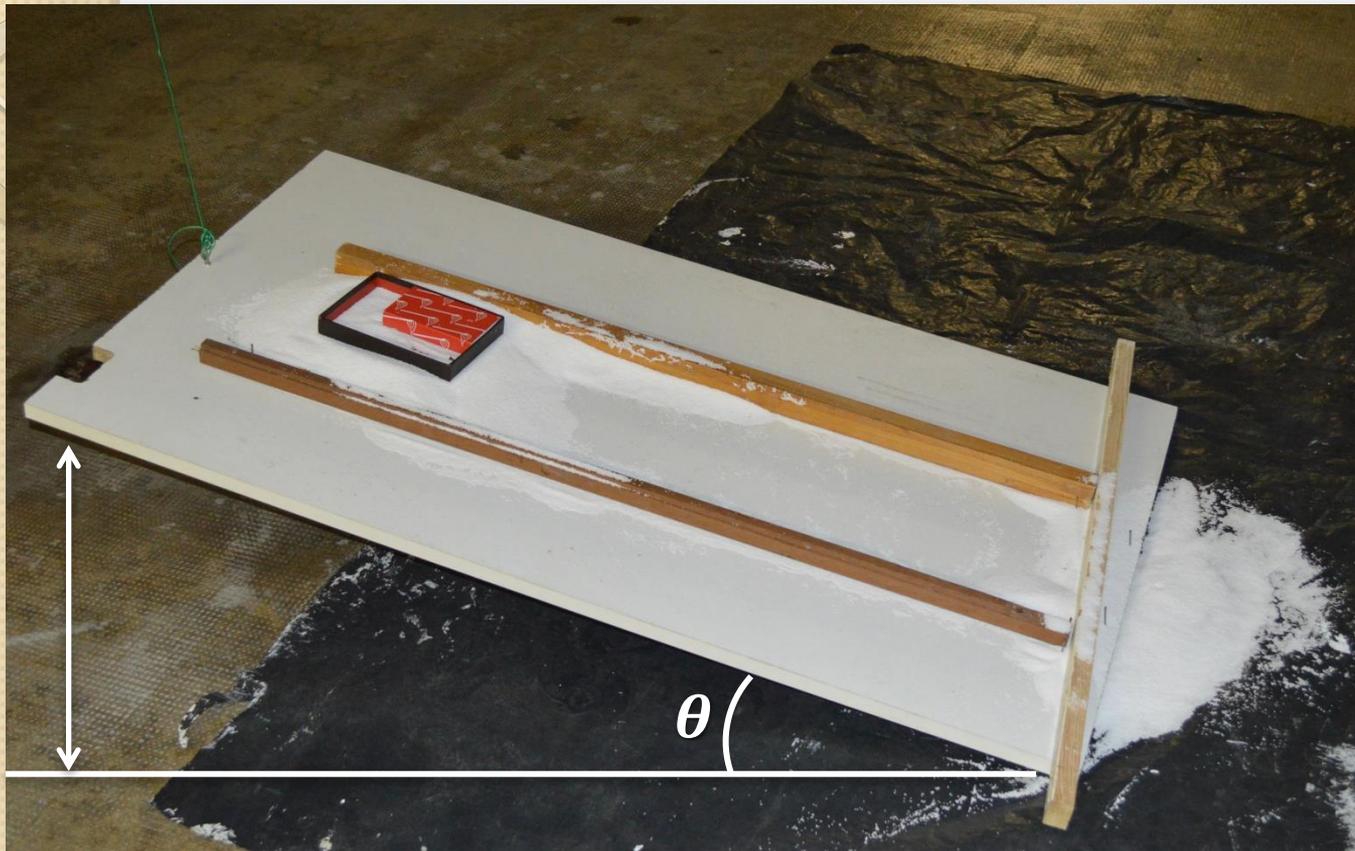


<https://www.trictrac.net>

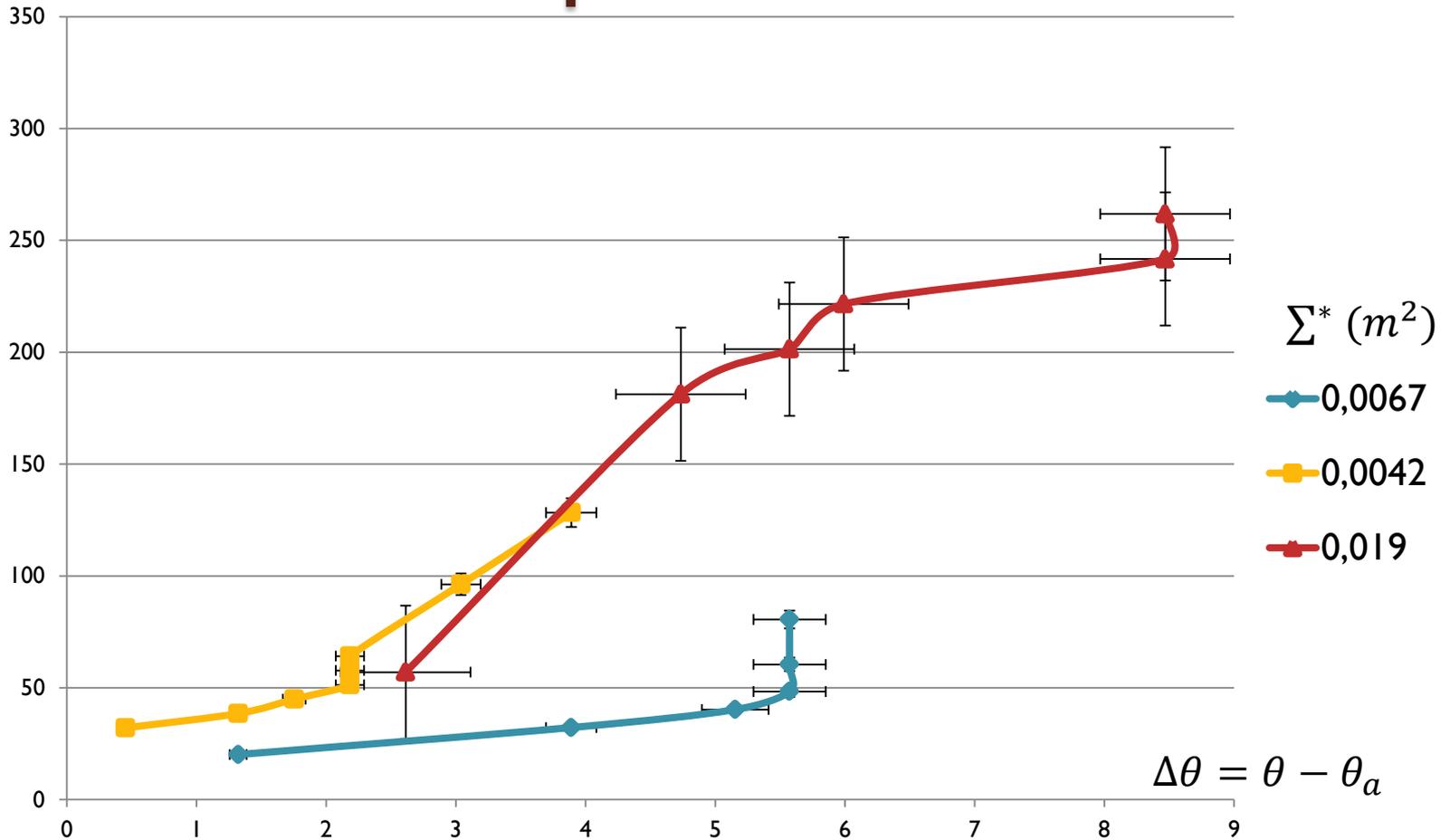


<https://www.pourlascience.fr>

Expérience



P^* Résultats expérimentaux



→ Pression relative : $P^* = \frac{P}{\rho g d}$

→ Surface réduite : $\Sigma^* = \frac{\Sigma}{d^2}$

Interprétation physique

Masse limite

- Plus la masse est légère, plus l'angle d'avalanche est élevé
- Fourmis piégées

- Angle invariant
- Phénomène d'entassement
- Fuite des gendarmes



Conclusion

- Choix du matériau de modélisation : polystyrène → contrôle du diamètre
- Analogie skieur / fourmilion



- Effet du fond rugueux



Annexe I

$$\frac{d\vec{v}}{dt} + \underbrace{\frac{\alpha}{m}}_B \vec{v}^2 = \underbrace{g \cos(\theta) (\tan(\theta) - f)}_A \Leftrightarrow dt = \frac{d\vec{v}}{(A - B \vec{v}^2)}$$

En intégrant entre 0 et t et en considérant une vitesse initiale nulle, on obtient :

$$t = \frac{1}{A} \times \sqrt{\frac{A}{B}} \times \operatorname{argth} \left(\sqrt{\frac{B}{A}} \times v \right) \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{A}{B}} \times \operatorname{th}(\sqrt{AB} \times t)$$

D'où :

$$v(t) = \sqrt{\frac{mg \cos(\theta) (\tan(\theta) - f)}{\alpha}} \times \operatorname{th} \left(t \times \sqrt{\frac{\alpha}{m} \times g \cos(\theta) (\tan(\theta) - f)} \right)$$

Annexe 2

```
1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 alpha = 0.7
5 m = 6e-3
6 theta = 0.5
7 f = 0.54
8 g = 9.8
9 V_0 = 0
10
11 A = g*np.cos(theta)*(np.tan(theta) - f)
12 B = alpha/m
13
14 def Euler():
15     xmin , xmax = 0 , 5
16     N = 180
17     T = np.linspace (xmin , xmax , N)
18     h = T[1] - T[0]
19     Y = N * [0]
20     Y[0] = V_0
21     for k in range (0 , N - 1):
22         Y [k + 1] = Y[k] + h*(A - B*(Y[k])**2)
23     Vlim = Y[N-1]
24     for k in range(N) :
25         Y[k] = Y[k]/Vlim
26     plt.plot(T,Y)
27     plt.show()
```

Annexe 3

- [1] Toraval Suisse : Modélisation des avalanches :
<http://www.toraval.ch/modelisation-desavalanches/>
- [2] Marie Rastello : Etude de la dynamique des avalanches de neige en aerosol :
Dynamique des Fluides : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00002797/document> 2
- [3] Jerome Faillettaz : Le déclenchement des avalanches de plaque de neige: De l'approche mécanique à l'approche statistique : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00192355/document> 2003
- [4] G. Brugnot : Modélisation des avalanches :
http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/21592/RFF_1982_5_131.pdf?sequence=1
- [5] Maurice Meunier, Christophe Ancey, Didier Richard : L'approche conceptuelle pour l'étude des avalanches : Cemagref editions 2004
- [6] Jérôme Crassous, Antoine Humeau, Samuel Boury, Jérôme Casas : Pressure-Dependent Friction on Granular Slopes Close to Avalanche : Physical Review Journals 3/08/2017

Annexe 4

Σ (en m) : 0,0067 (surface 1) / 0,0042 (surface 2) / 0,019 (surface 3)

Masse volumique : 37 kg.m^{-3}

Angle sable : 30°

Angle avalanche : 28°

	Pression relative	P	theta	hauteur planche (cm)	masse (g)	masse kg	$\Delta\theta$
surface 1	20,14157973	7,31E+00	27,1929991	34	5,00E+00	5,00E-03	1,32092013
	32,22652757	1,17E+01	24,6243184	31	8	8,00E-03	3,8896009
	40,28315946	1,46E+01	23,3598937	29,5	10	1,00E-02	5,1540256
	48,33979136	1,75E+01	22,9411188	29	12	1,20E-02	5,57280046
	60,4247392	2,19E+01	22,9411188	29	15	1,50E-02	5,57280046
	80,56631893	2,92E+01	22,9411188	29	20	2,00E-02	5,57280046
surface 2	32,08689459	1,16E+01	28,0622194	35	5	5,00E-03	0,45169989
	38,5042735	1,40E+01	27,1929991	34	6	6,00E-03	1,32092013
	44,92165242	1,63E+01	26,7609323	33,5	7	7,00E-03	1,75298697
	51,33903134	1,86E+01	26,3305023	33	8	8,00E-03	2,18341692
	57,75641026	2,10E+01	26,3305023	33	9	9,00E-03	2,18341692
	64,17378917	2,33E+01	26,3305023	33	10	1,00E-02	2,18341692
	96,26068376	3,49E+01	25,4743843	32	15	1,50E-02	3,039535
	128,3475783	4,66E+01	24,6243184	31	20	2,00E-02	3,8896009
surface 3	56,98023715	2,07E+01	25,9016668	32,5	40	4,00E-02	2,61225248
	181,2742176	6,58E+01	23,7799947	30	45	4,50E-02	4,73392453
	201,4157973	7,31E+01	22,9411188	29	50	5,00E-02	5,57280046
	221,557377	8,04E+01	22,5236355	28,5	55	5,50E-02	5,99028375
	241,6989568	8,77E+01	20,0440159	25,5	60	6,00E-02	8,46990334
	261,8405365	9,50E+01	20,0440159	25,5	65	6,50E-02	8,46990334