

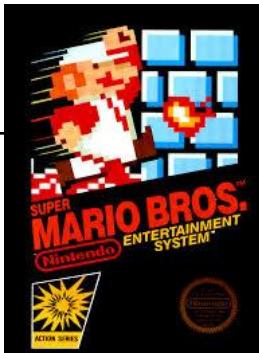
# La physique du jeu vidéo Super Mario Bros.<sup>TM</sup>

S.Ayrinhac (2015)

[simon/ayrinhac@upmc.fr](mailto:simon/ayrinhac@upmc.fr)



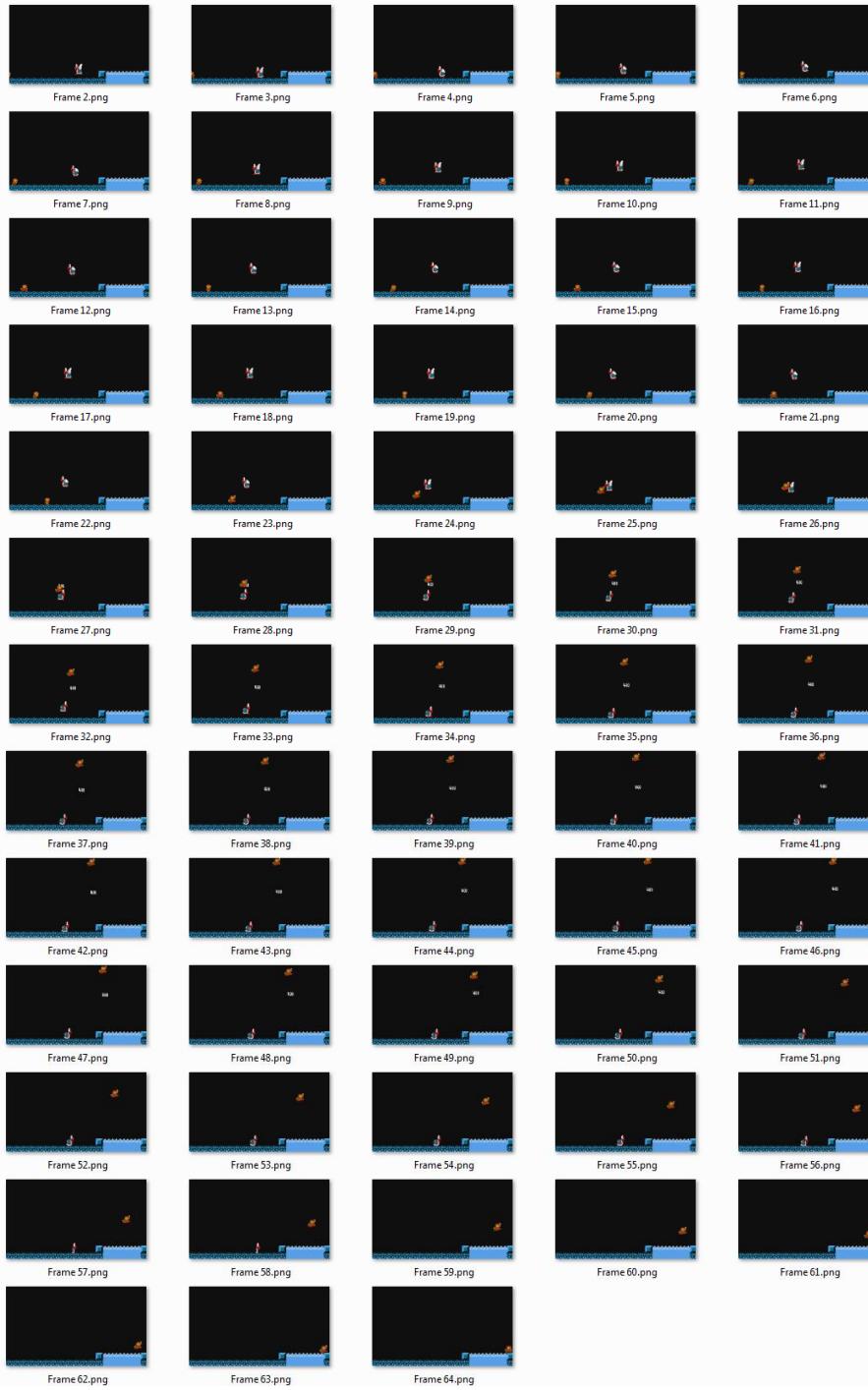
©Nintendo



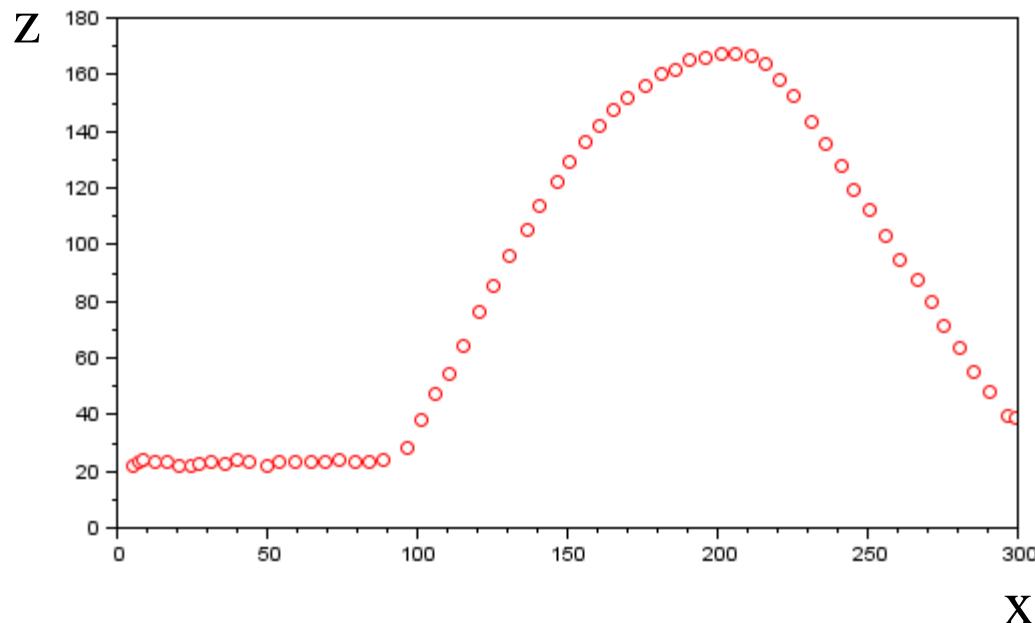
# Super Mario Bros. (1985, NES)



# Décomposition de la séquence en 64 frames



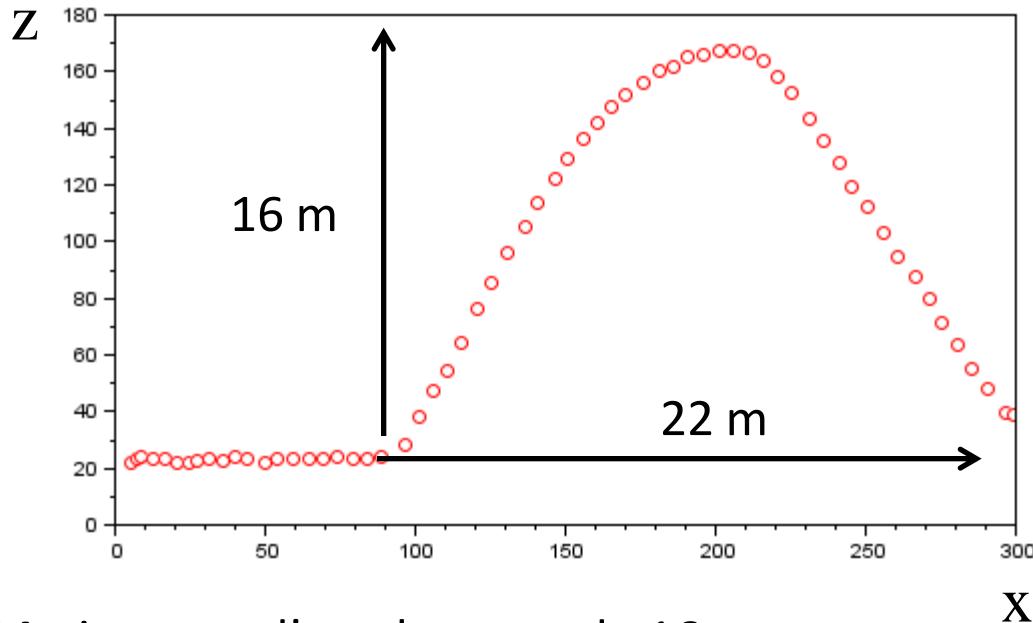
Position (x,z) de mario relevée pour chaque frame ( $\Delta t=60$  ms)



# Échelle du saut

On suppose que Mario mesure 1.75 m de haut

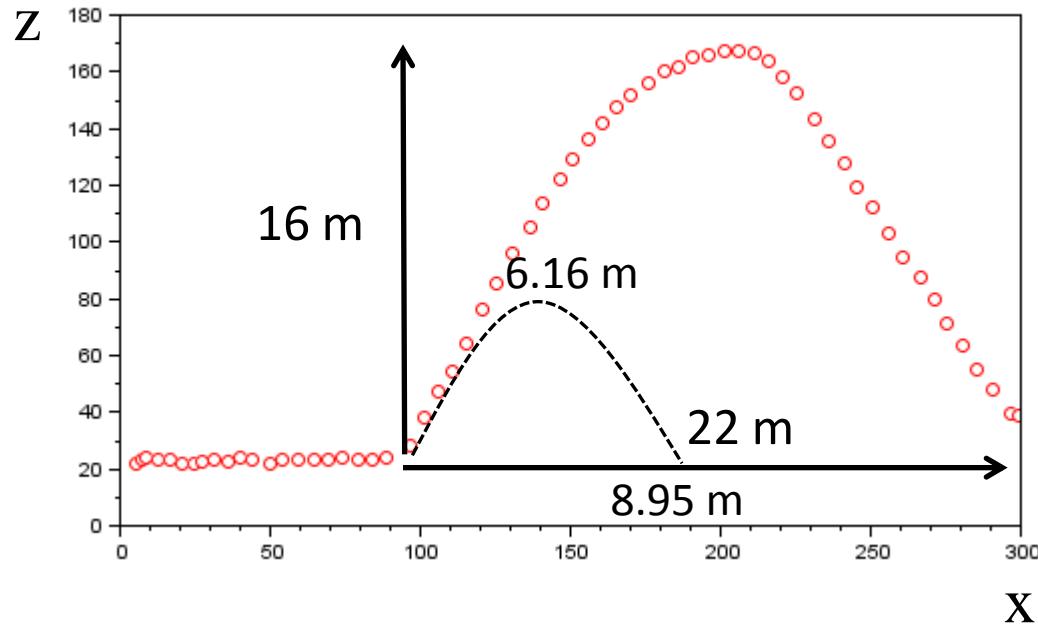
$$1.75\text{m} = 16 \text{ pixels} \rightarrow 1 \text{ pixel} = 0.11 \text{ m}$$



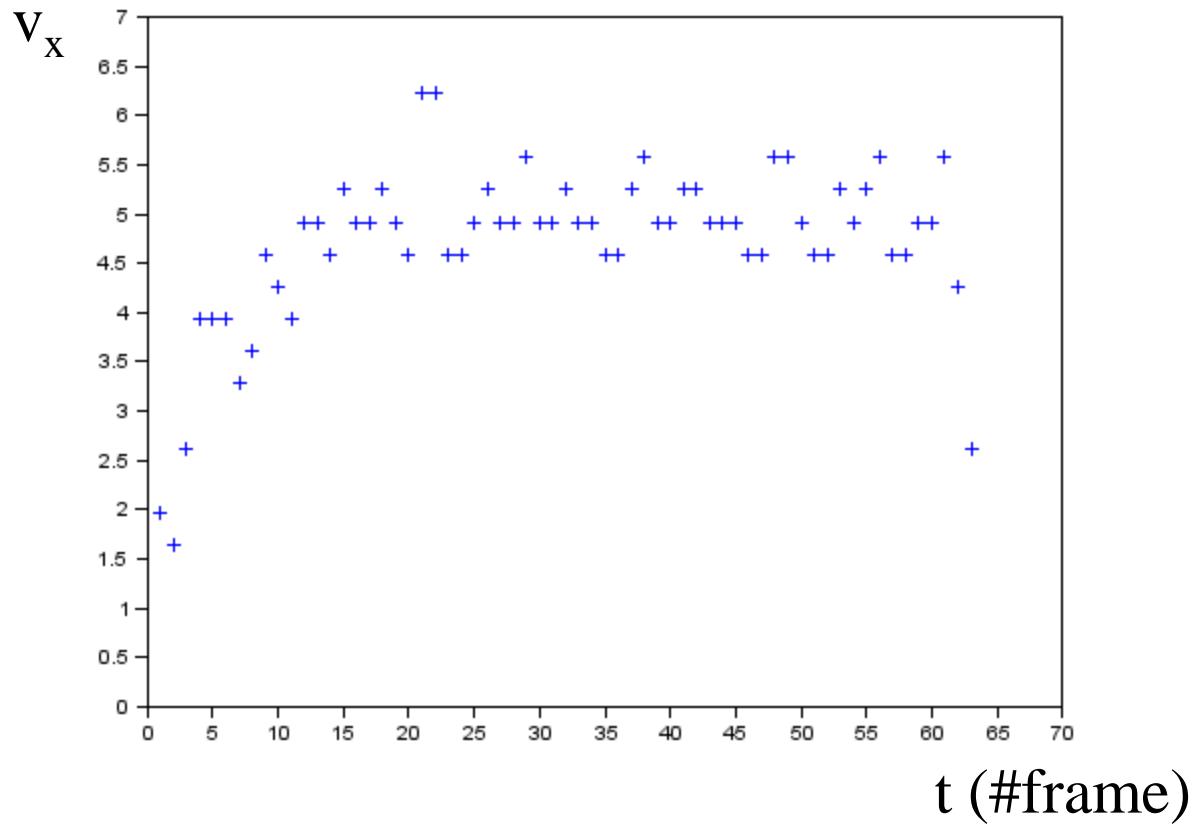
Mario saute d'une hauteur de 16 m et  
atterrit 22 m plus loin (aidé par une tortue !)

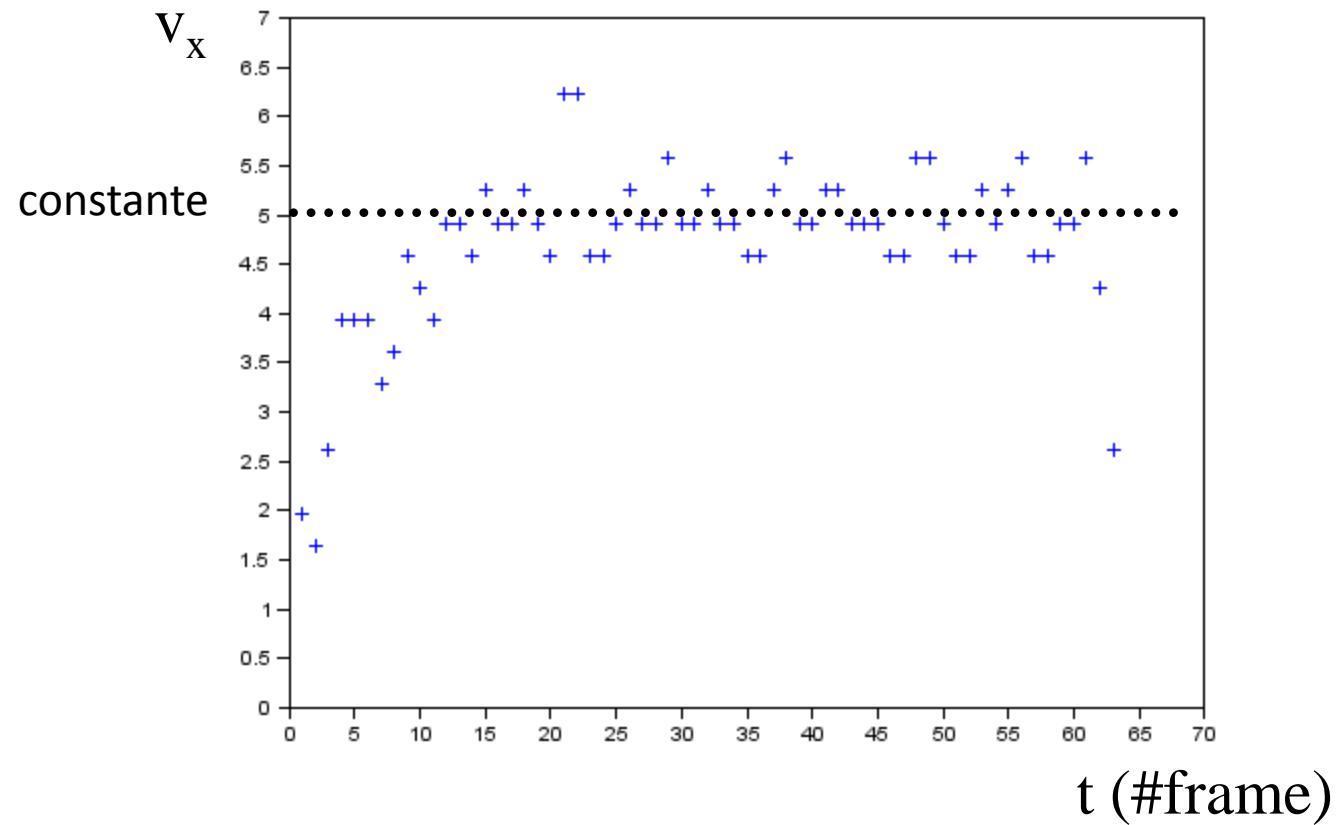
Comparons avec les records mondiaux actuels :

- Saut en longueur : 8.95 m (Mike Powell, 1991)
- Saut à la perche : 6.16 m (Renaud Lavillenie, 2014)

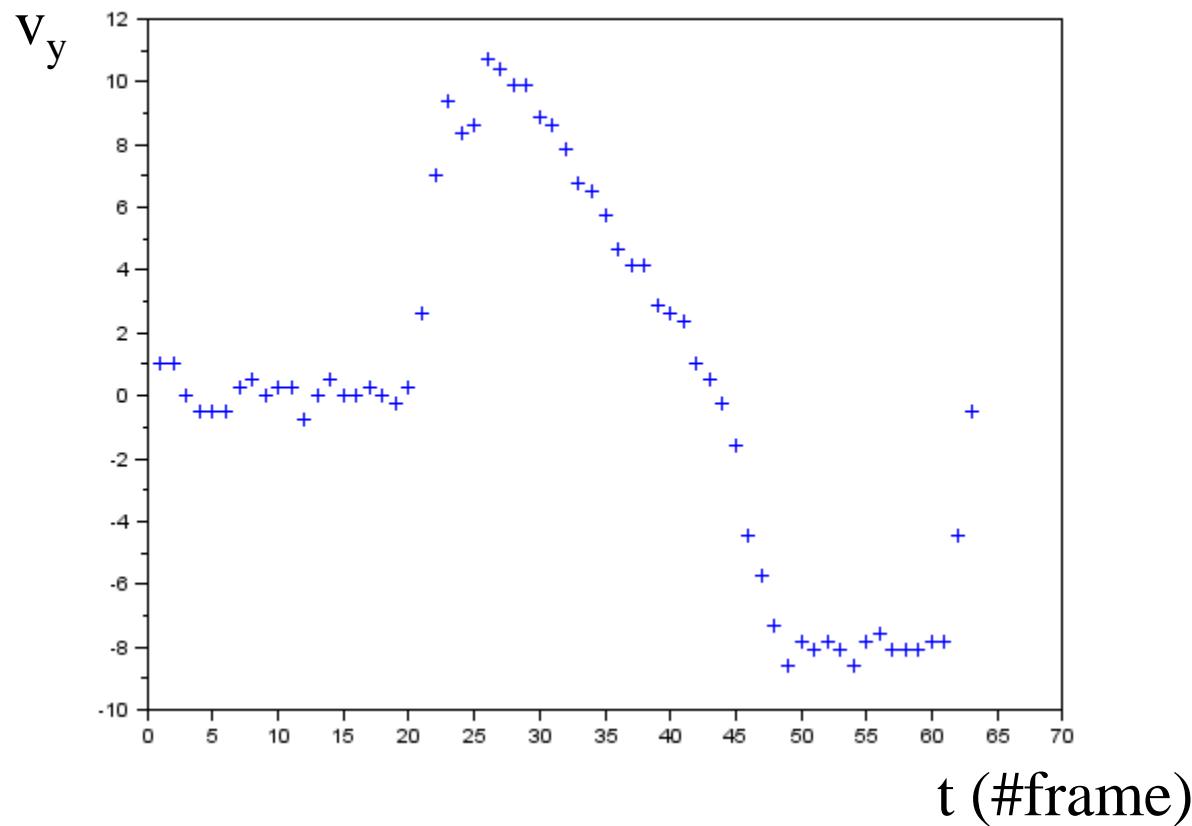


## Composante horizontale de la vitesse $v_x$



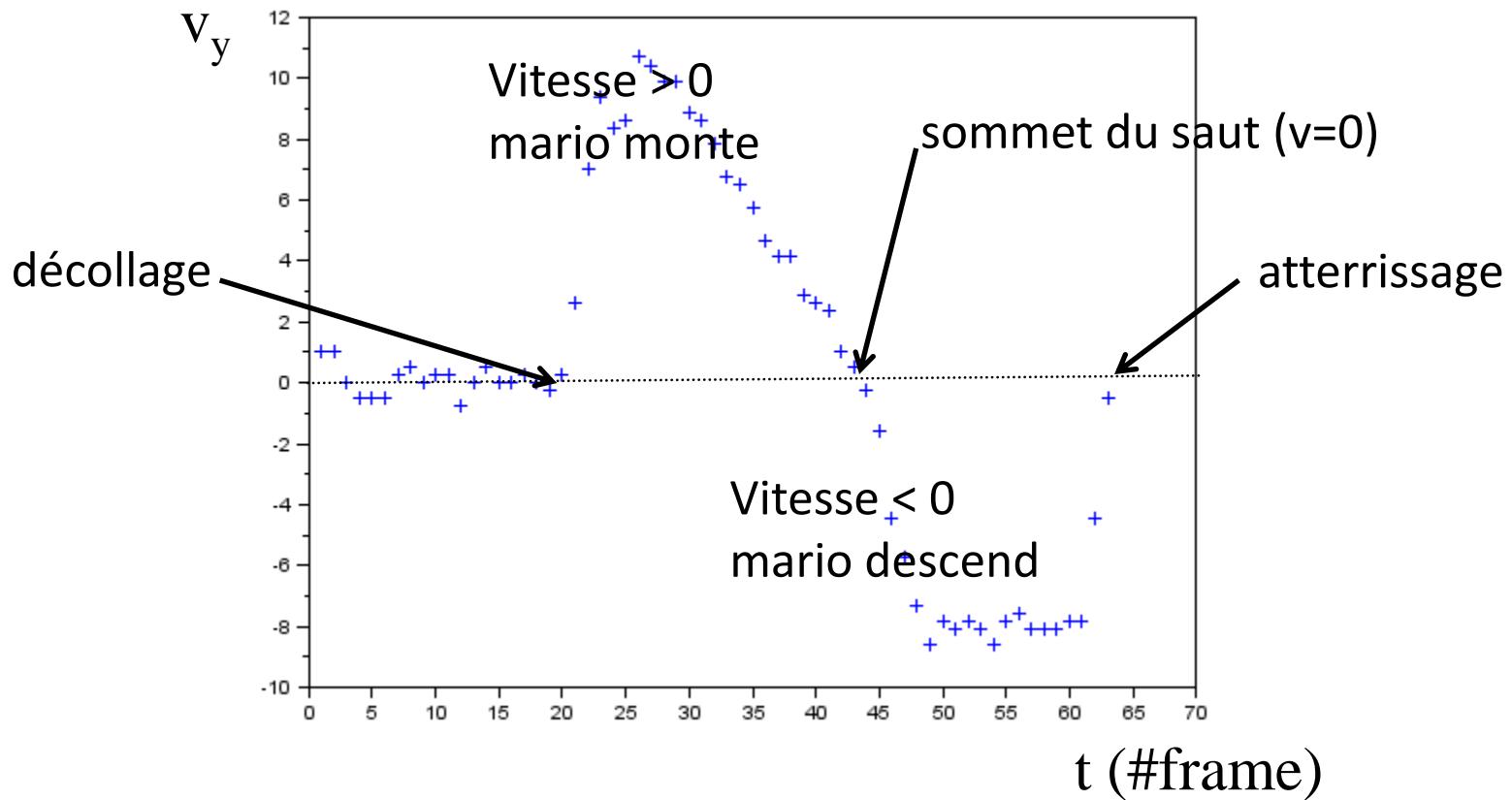


## Composante verticale de la vitesse $v_y$



## Composante verticale de la vitesse $v_y$

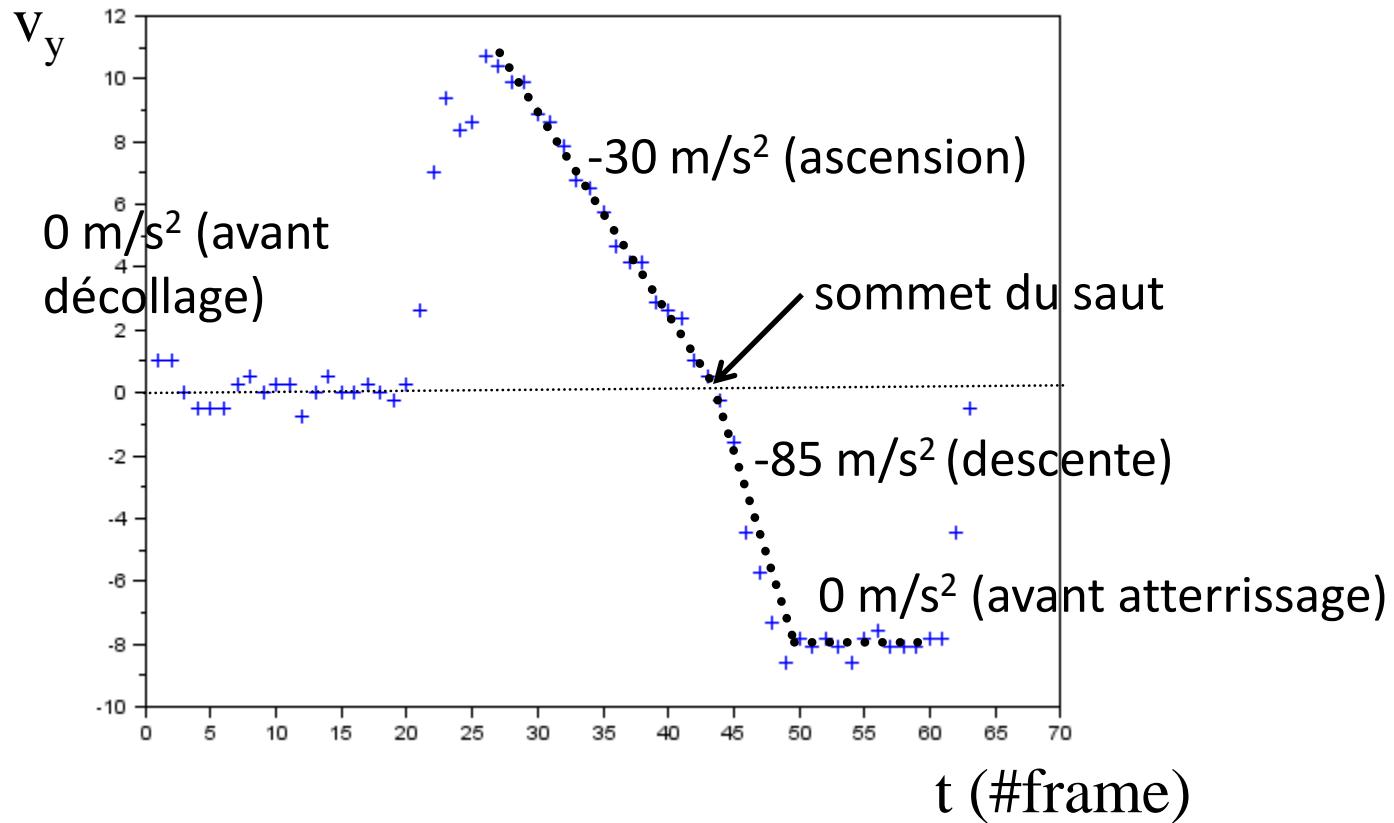
### Interprétation



→ évolution complexe

# Mise en évidence de l'accélération verticale $a_y$

pente de  $v(t)$  = accélération



- La gravité évolue pendant le saut
- Conclusion : les lois physiques de MarioWorld ne sont pas les mêmes que les nôtres !

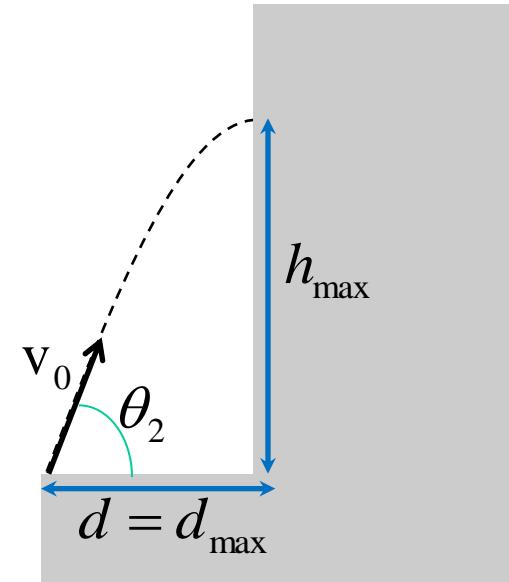
# Problème du drapeau

---

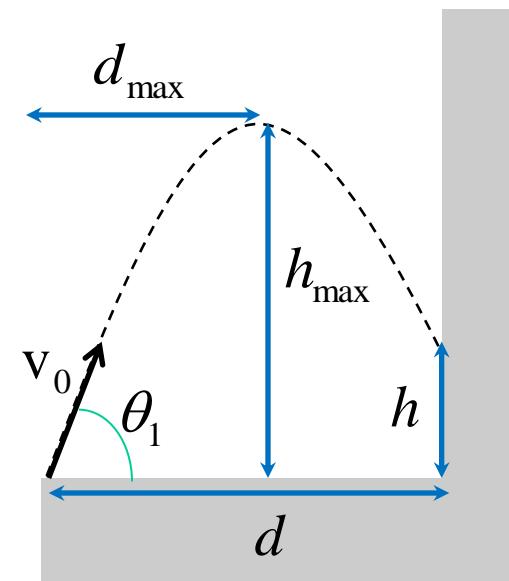
→ Quel est l'angle de saut qui maximise la hauteur du saut de Mario quand il touche le mât du drapeau ?



→ Intuitivement, on s'attend à ce que le sommet de la parabole se trouve au niveau du mur



→ En fait, on peut montrer que la hauteur maximale est atteinte lorsque la trajectoire atteint son sommet un peu avant le mur



→ Equations qui régissent la trajectoire :

$$\ddot{\rho} = \begin{pmatrix} 0 \\ -g \end{pmatrix}$$

$$\dot{\rho} = \begin{pmatrix} v_{0x} \\ -gt + v_{0y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_0 \cos(\theta) \\ -gt + v_0 \sin(\theta) \end{pmatrix}$$

$$OM^{\rho} = \begin{pmatrix} v_0 \cos(\theta)t + x_0 \\ -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin(\theta) + y_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_0 \cos(\theta)t \\ -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin(\theta) \end{pmatrix}$$

→ Position du sommet de la trajectoire (pour  $\theta$  donné)

$$d_{\max} = \frac{v_0^2}{2g} \sin(2\theta)$$

$$h_{\max} = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2(\theta)$$

→ L'angle qui maximise la hauteur atteinte au niveau du mur

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left( \frac{v_0^2}{gd} \right)$$

→ L'angle pour lequel le sommet de la trajectoire se trouve au niveau du mur

$$\theta_2 = \frac{1}{2} \sin^{-1} \left( \frac{2gd}{v_0^2} \right)$$

→ On peut montrer que pour :  $\frac{gd}{v_0^2} < 0.5$  ;  $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$

$$\theta_1 > \theta_2$$

# Bibliographie et webographie

---

- *Motivating Calculus-Based Kinematics Instruction with Super Mario Bros*

Jeffrey C. Nordine, The Physics Teacher **49**, 380 (2011)

<http://dx.doi.org/10.1119/1.3628271>

- extraction de variables physiques, exemple avec le jeu Super Mario World

*Super Mario World - Comment fait-on un tool-assisted speedrun ?*

NESblog / Speed Game (3 mars 2014)

<https://www.youtube.com/watch?v=GLfV4KJZxhQ>