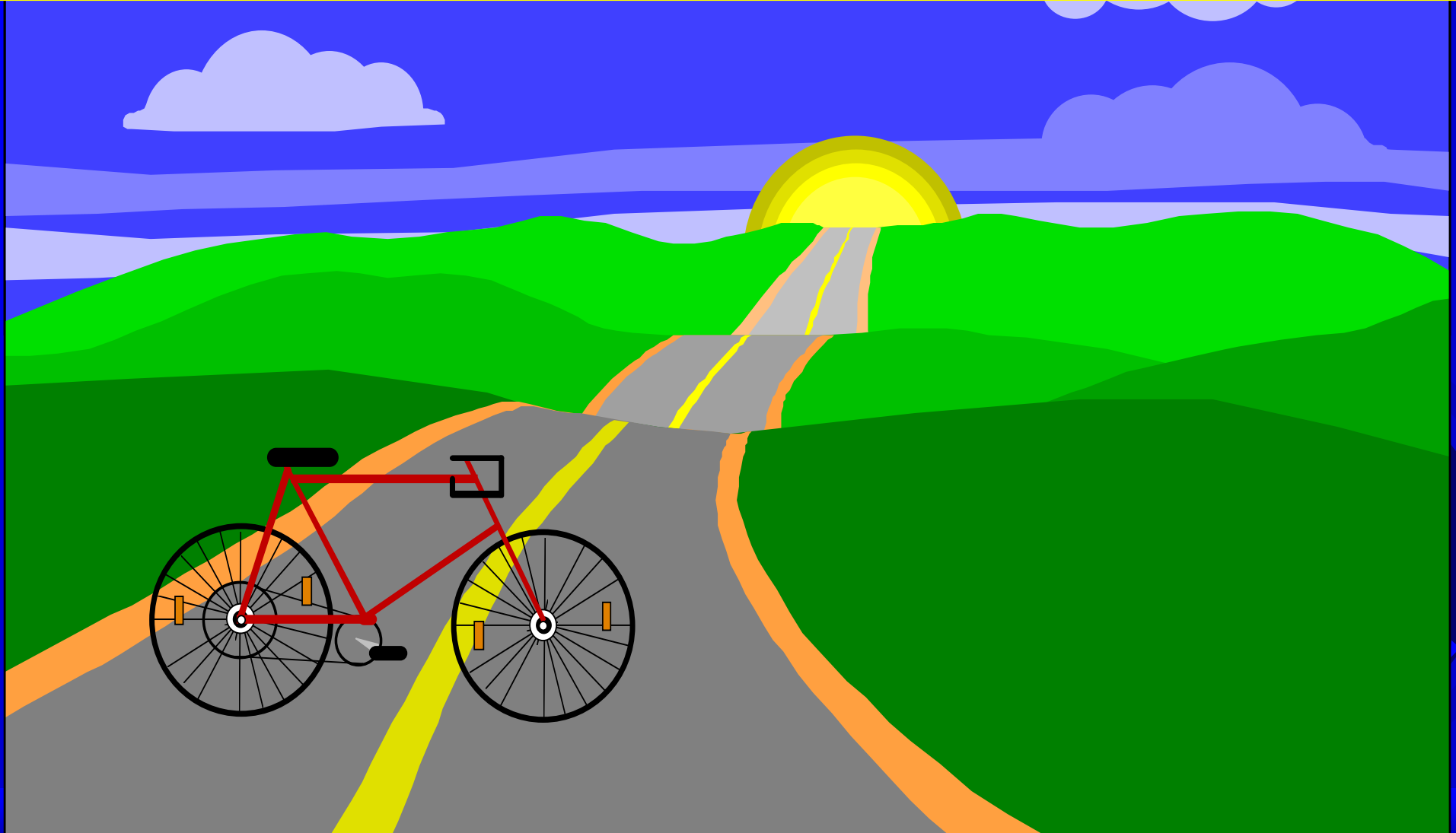


# INFLUENCE DE LA PRESSION DE GONFLAGE SUR LA RESISTANCE DE ROULEMENT EN CYCLISME



**F. Grappe, R. Candau, B. Barbier, J.D.  
Rouillon**

**Laboratoire des Sciences du Sport de  
Besançon, France**



# INTRODUCTION



# Résistance totale à l'avancement ( $R_T$ ) en cyclisme

(90%)

(10%)

$$R_T = R_A + R_R$$

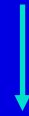
↓  
Traînée aérodynamique

↓  
Résistance de roulement

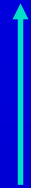


# Traînée aérodynamique

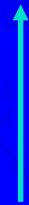
Surface frontale effective (m<sup>2</sup>)



$$R_A = \frac{1}{2} \rho A C_d V_a^2$$



Masse volumique de l'air (kg.m<sup>-3</sup>)



Vitesse de l'air (m.s<sup>-1</sup>)



# Résistance de roulement des véhicules de transport

du type

$$R_R = a_0 + a_1 V_d^x$$

$$(\alpha < V_d < \beta \text{ km.h}^{-1})$$

$V_d$  = vitesse de déplacement ( $\text{m.s}^{-1}$ )



# Equations relevées dans la littérature

Kamm (1939) :  $R_R = a_0 + a_1 V_d^2 (V_d < 150 \text{ km.h}^{-1})$

Andreau (1948) :  $R_R = a_0 + a_1 V_d^{3.7} (V_d < 160 \text{ km.h}^{-1})$

Nagler et Razak (1950) :  $R_R = a_0 (V_d < 50 \text{ km.h}^{-1})$

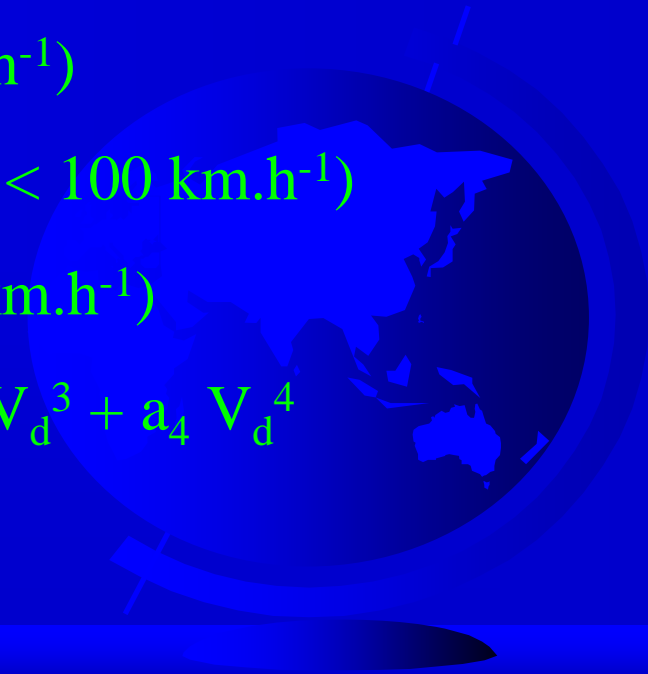
$$R_R = a_0 + a_1 V_d (V_d > 50 \text{ km.h}^{-1})$$

Stiehler et al. (1960) :  $R_R = a_0 + a_1 V_d (V_d < 80 \text{ km.h}^{-1})$

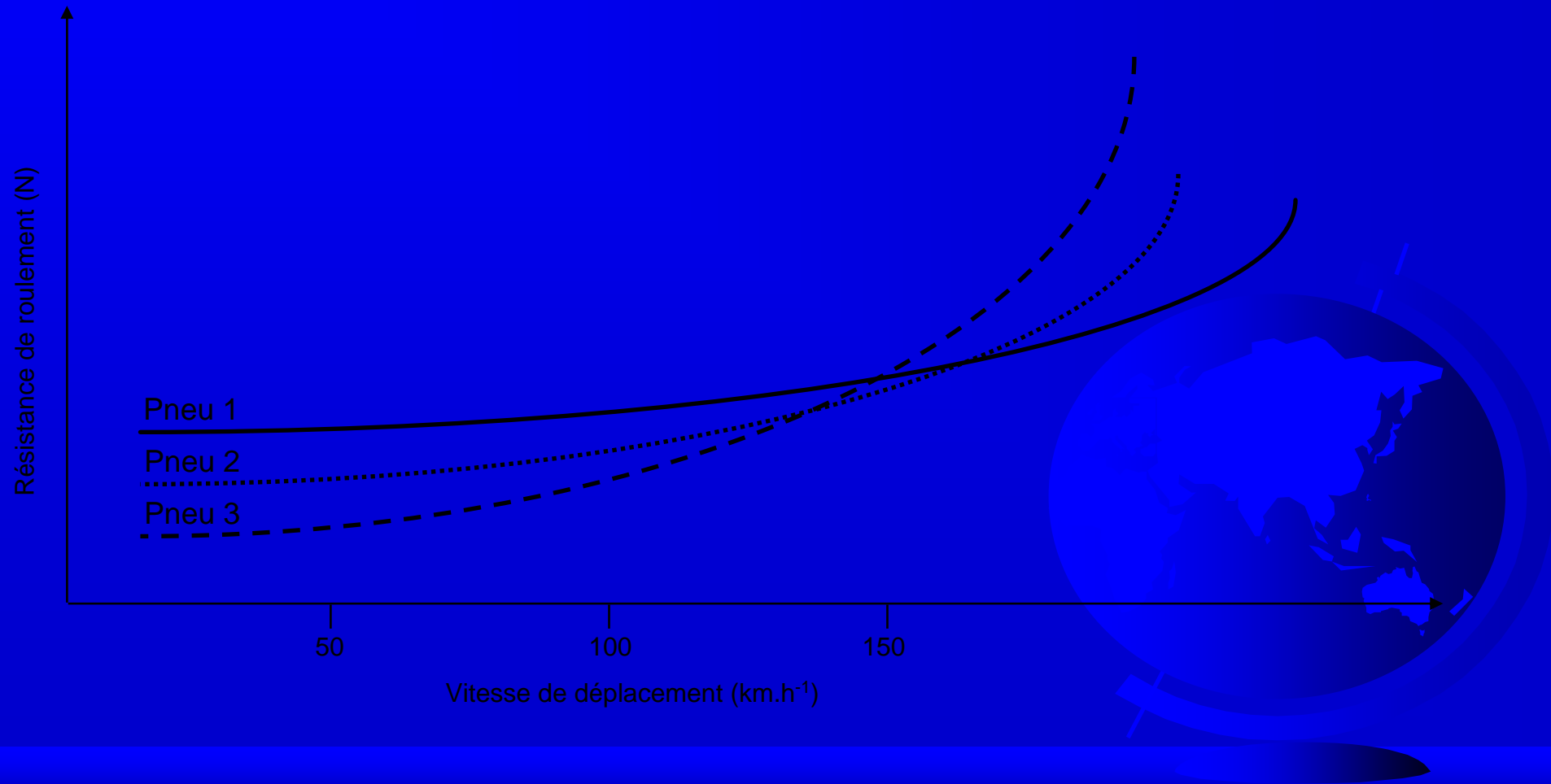
Curtiss (1969) :  $R_R = a_0 + a_1 \exp(a_2 V_d) (20 < V_d < 100 \text{ km.h}^{-1})$

Seki et al. (1969) :  $R_R = a_0 + a_1 V_d^{4.4} (V_d < 140 \text{ km.h}^{-1})$

Elliot et al. (1977) :  $R_R = a_0 + a_1 V_d + a_2 V_d^2 + a_3 V_d^3 + a_4 V_d^4$   
( $V_d < 160 \text{ km.h}^{-1}$ )



# Evolution de $R_R$ en fonction de $V_d$ pour des véhicules de transport



# Résistance de roulement des bicyclettes

du type

Kyle *et al.* (1973)

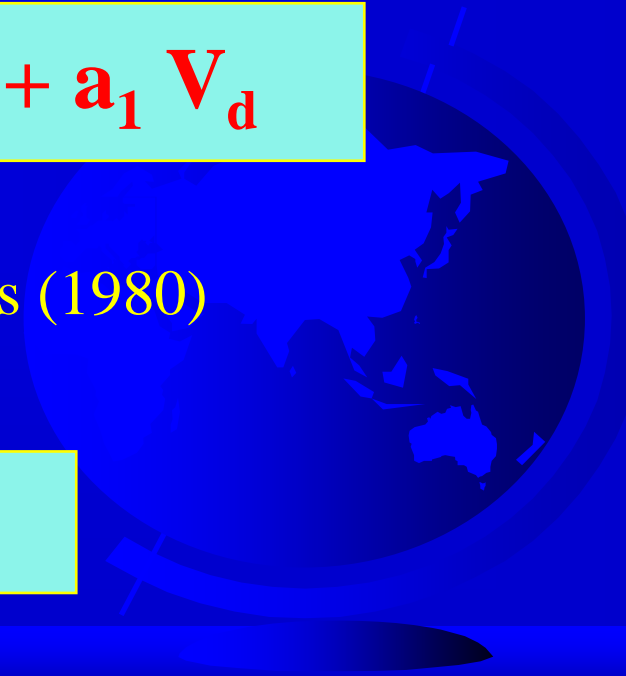
Kyle and Burke (1984 )

$$R_R = a_0 + a_1 V_d$$

Pugh (1974), Whitt (1971), Capelli *et al.* (1993), Davies (1980)

Di Prampero *et al.* (1979), Ménard *et al.* (1990)

$$R_R = a_0$$



Accélération de la pesanteur ( $9.81 \text{ m.s}^{-1}$ )

$$a_0 = C_r m g$$

Coefficient de roulement

Masse du cycliste et de la bicyclette (kg)

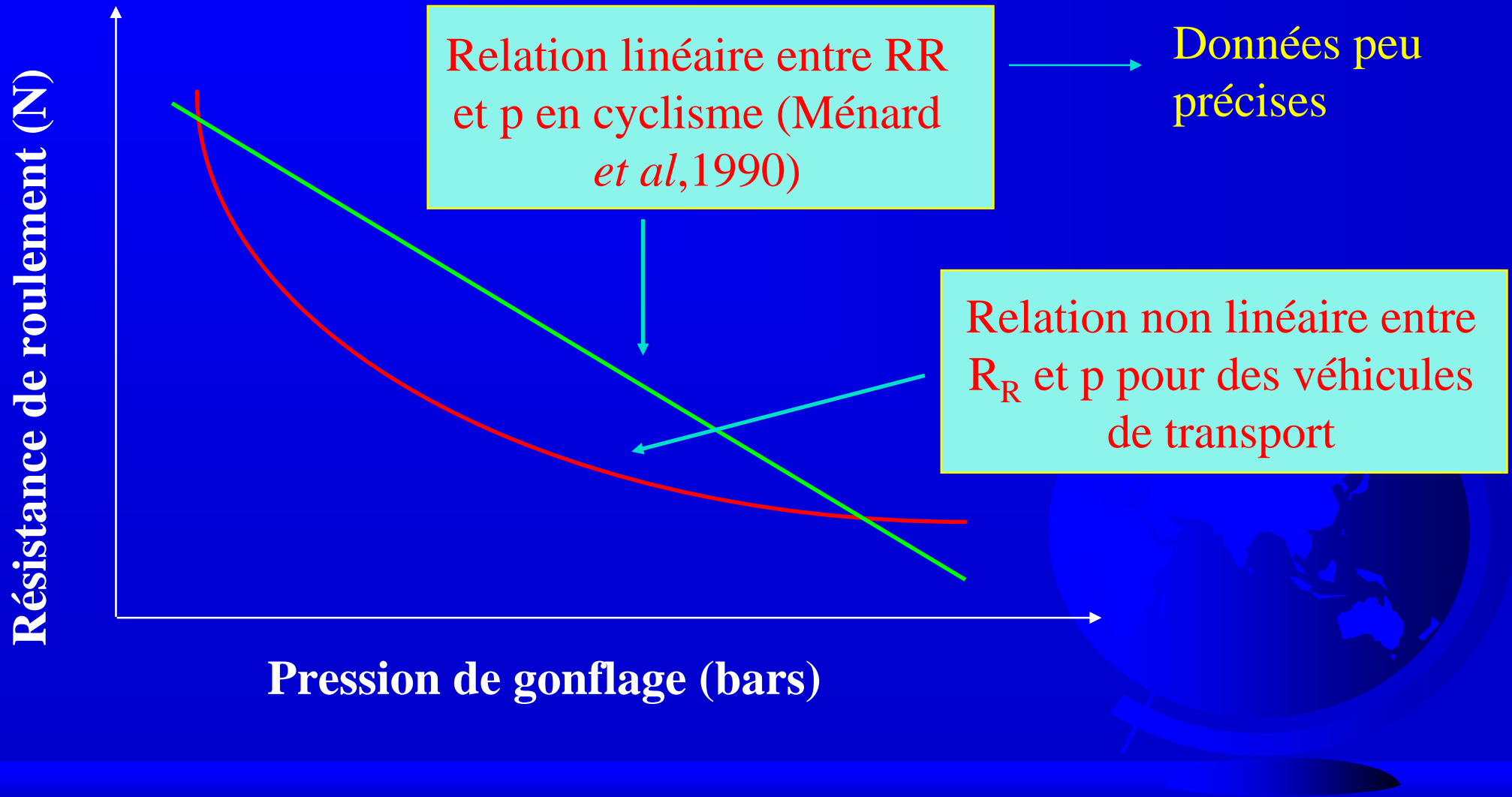


# Facteurs affectant la résistance de roulement

- Pression de gonflage ( $p$ , bars),
- Structure des pneumatiques (masse, épaisseur et dessin de la bande de roulement, diamètre, rigidité),
- Revêtement,
- Masse du sujet + bicyclette.



# Evolution de $R_R$ en fonction de $p$



# Objectif de l'étude

Caractérisation du type de relation existant entre  $R_R$  et  $p$  en cyclisme



**MATERIEL**  
**ET**  
**METHODES**



- **Bicyclette** classique de route + guidon de triathlète

- **Sujet** de 67 kg

- **Boyaux** de compétition Victoria Corsa CX (section de 22 mm, 220 g)

- **Pression** contrôlée avec une pompe classique (Silca, Italie, précision à 0.2 bars)



# $R_R$ déterminée par la méthode de décélération

Sensibilité

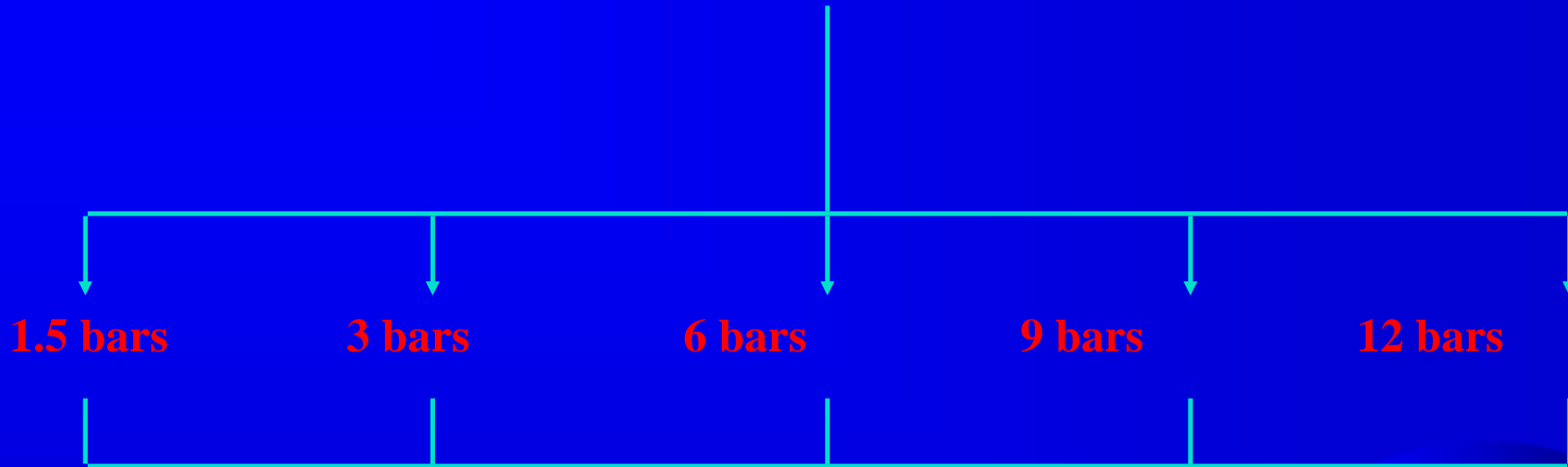
Reproductibilité

Préalablement testées

Erreur moyenne = 0,52%



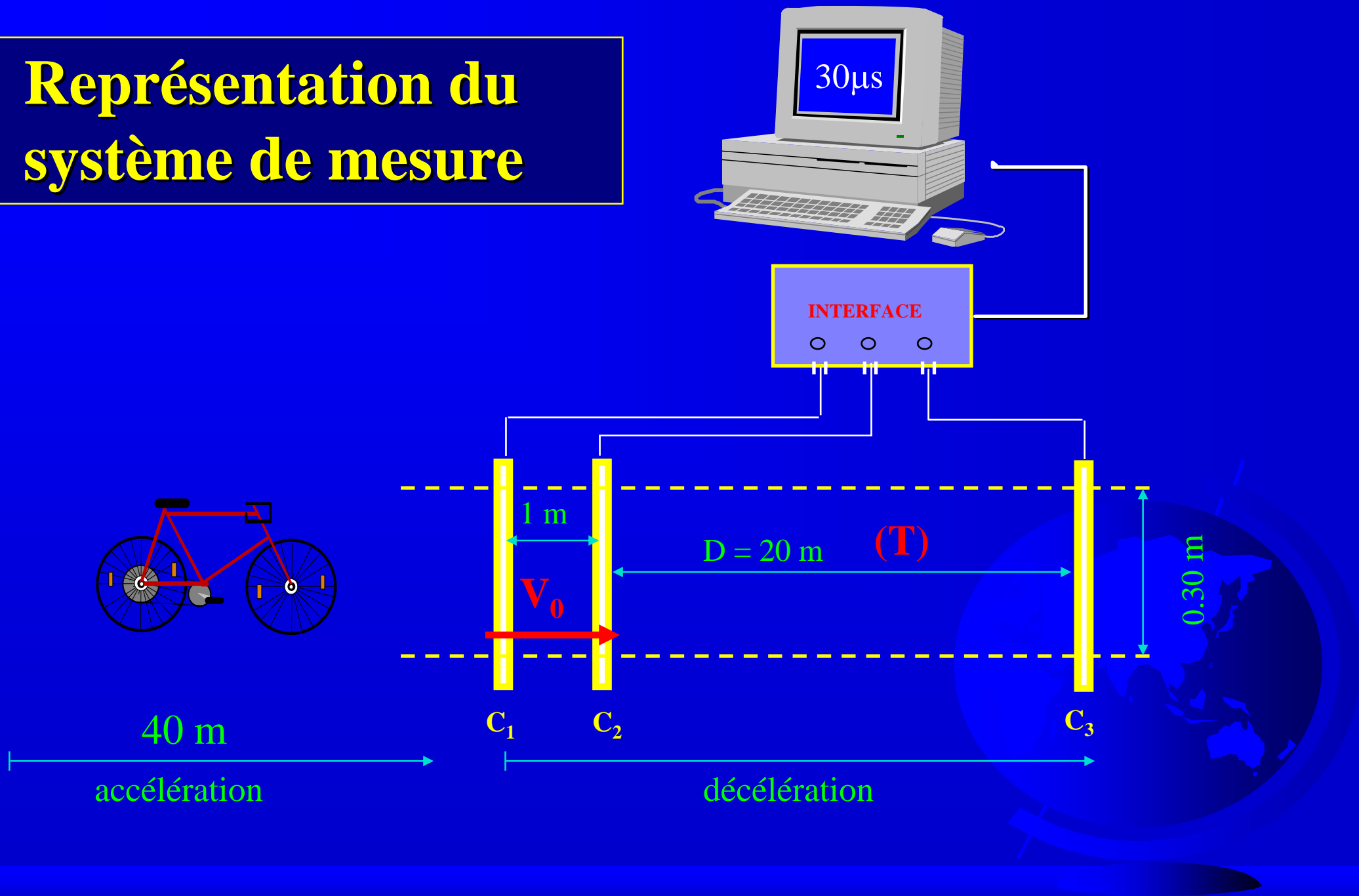
# Pressions de gonflage



20 essais ( $V_0$  de 3 à 10 m.s<sup>-1</sup>)



# Représentation du système de mesure



# Détermination de $R_R$

En minimisant par itérations :

$$\sum_{i=1}^{20} (D - D^*)^2$$

Distance mesurée ( $D$ )

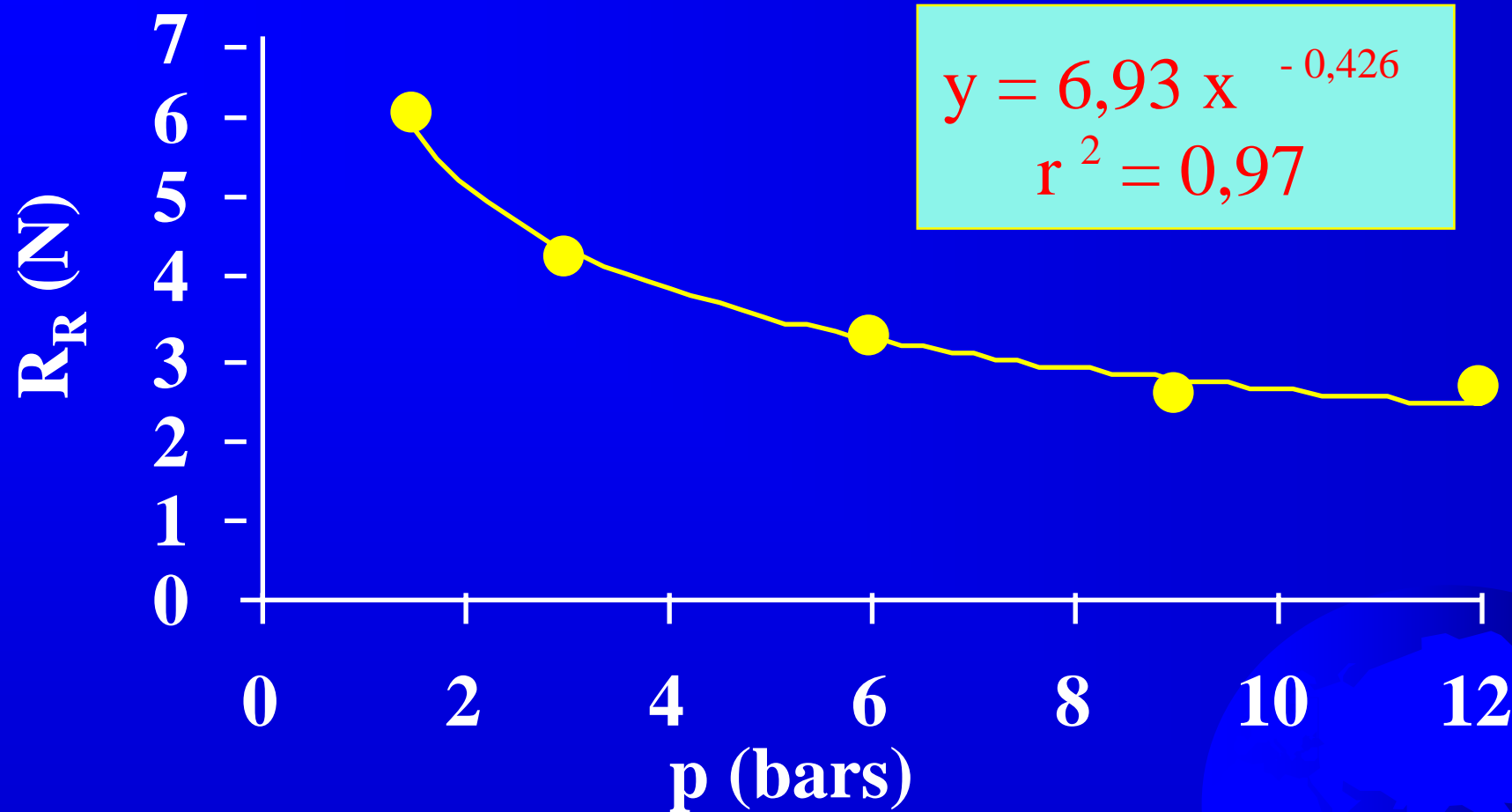
et

Distance prédite ( $D^*$ )

$$D^* (V_0, T) = -2b^{-1} \ln \left\{ 1 + \tan \left( T (ab)^{1/2} + \arctan \left( V_0 ab^{-1} \right)^{1/2} \right)^2 \right\} - 2b^{-1} \ln \left( 1 + V_0^2 ab^{-1} \right)$$

# RESULTATS





**Evolution de la résistance de roulement ( $R_R$ ) en fonction de la pression de gonflage ( $p$ ) (écarts types trop petits pour apparaître sur la figure).**

# DISCUSSION



# Présente étude

Valeurs de  $R_R$  en cyclisme similaires aux valeurs relevées dans la littérature

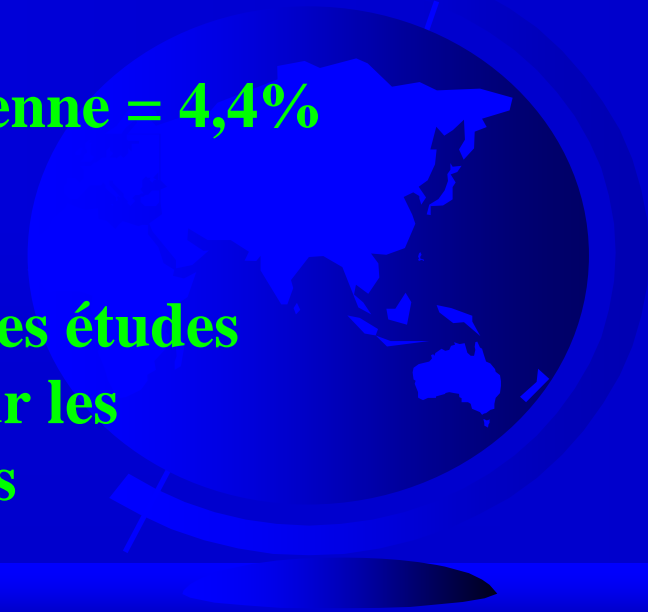
97% des variations de  $R_R$  expliquées par la fonction :

$$R_R = 6,93 p^{-0,426}$$

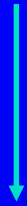
Erreur moyenne = 4,4%

Exponentielle

En accord avec les études conduites sur les véhicules



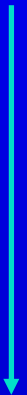
# Pression différente



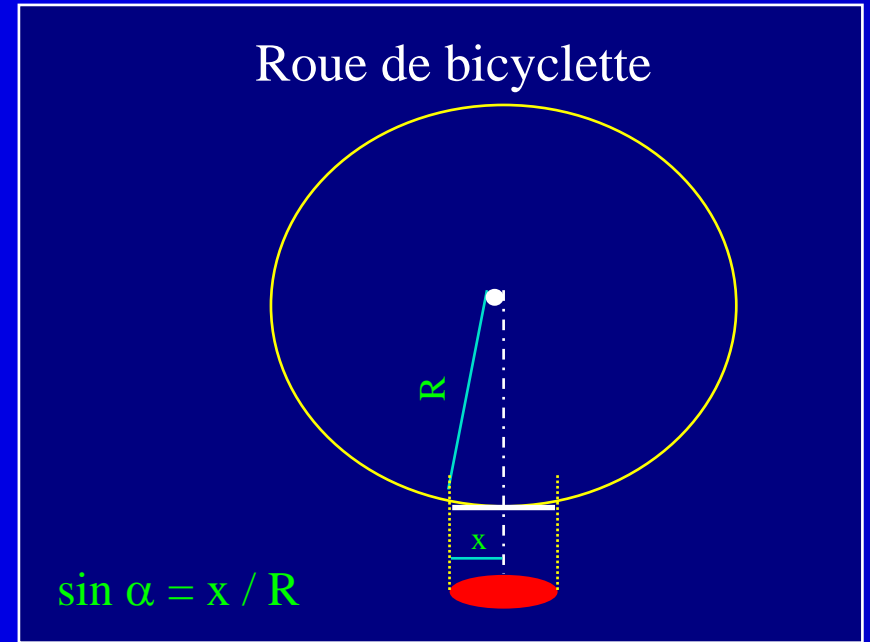
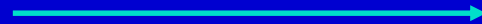
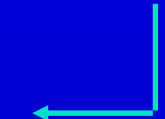
Déformation du  
boyau différente



Ellipse de contact  
(fonction de l'angle  $\alpha$ )  
différente



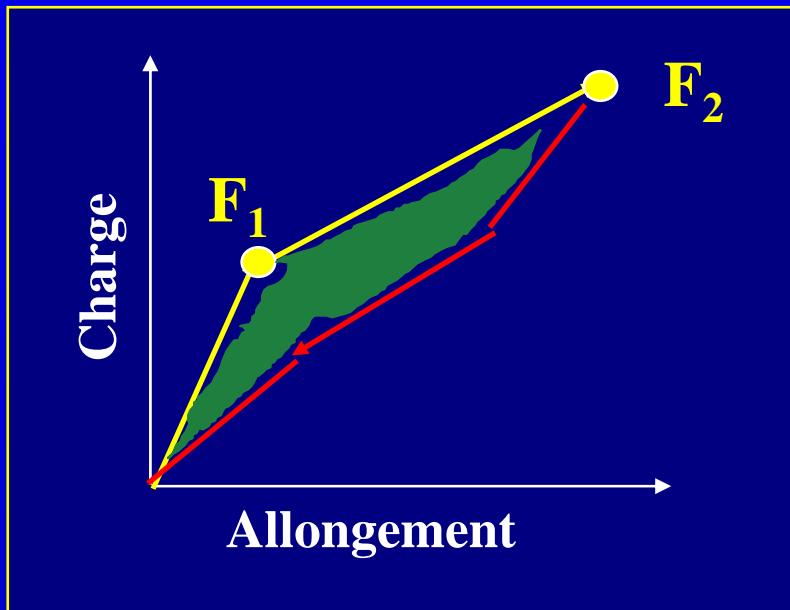
Pertes hystérétiques  
différentes



**Relation non linéaire entre  
 $R_R$  et  $p$**

# Pertes hystérétiques

Matériau non élastique



Dégagement de chaleur  
inversement proportionnel à  
l'élasticité du boyau

# Pertes hystérétiques

/// pour  $p < 3$  bars

$R_R$  ///

Elasticité du boyau

Ellipse de contact



# Résistance de roulement

1,5 bars

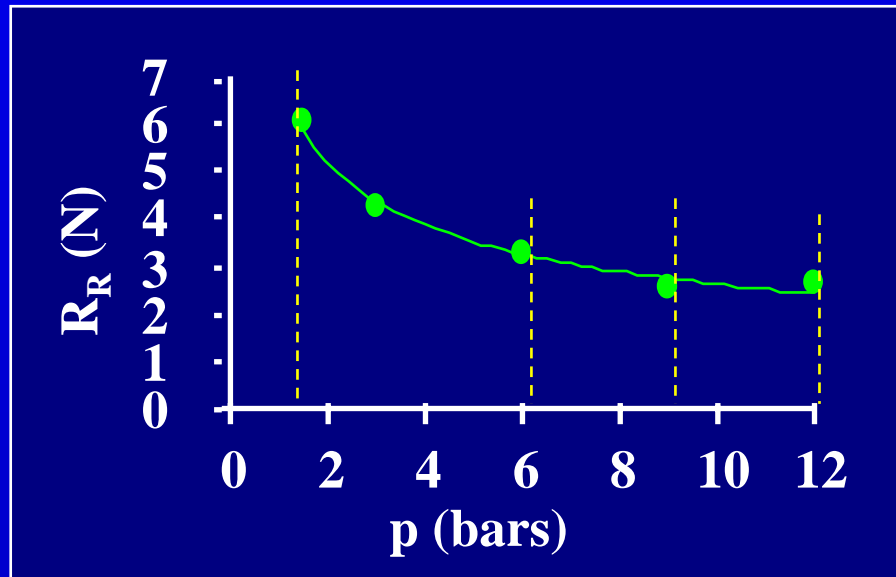
12 bars

6 bars

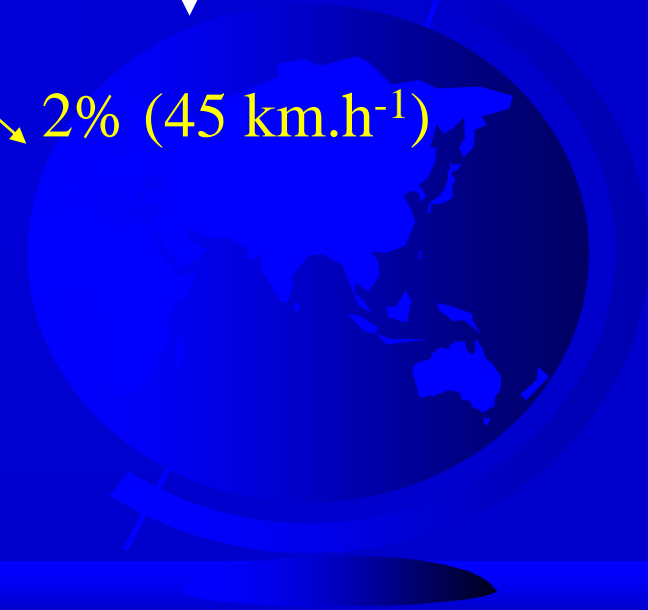
9 bars

$R_R$  ↘ 57%

$R_R$  ↘ 21,8%



$R_t$  ↘ 2% (45 km.h<sup>-1</sup>)



# CONCLUSION



