

Marek Sedlacek  
Numéro:21485

# Etude de l'aquaplanage : les facteurs et les conséquences



# Introduction:

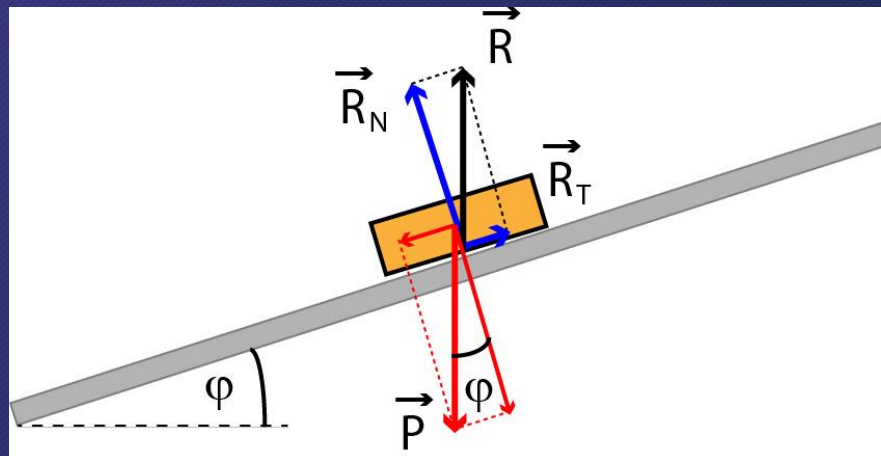
2

- ▶ En ville, 18% des accidents dus à l'état de la chaussée
- ▶ Accentué par le blocage des roues lorsqu'un véhicule freine sur une surface mouillée, l'aquaplanage entraîne un glissement du véhicule.
- ▶ Problématique : Comment l'état de la chaussée influence-t-elles les coefficients de frottements ?

## Détermination expérimentale du coefficient de frottement statique

3

$$\mu_s = \tan \varphi_{lim}$$



## Détermination expérimentale du coefficient de frottement statique – Résultats expérimentaux

4



Revetement	Angle en degré	$\mu_s$ expérimental
Pneu/sable	34	0.67
Pneu / bois	28	0.53
Pneu/glycérol	24	0.44

Pneu / route sèche: 0.5 à 0.9

Pneu / route mouillée: 0.35 à 0.5



## Détermination expérimentale du coefficient de frottement dynamique – Montage expérimental

5



## Détermination expérimentale du coefficient de frottement dynamique - principe

➤ Hypothèses de calcul:

- fil inextensible
- poulie parfaite
- $m_1 = 105g$
- $m_2 = 100g$
- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

➤ Coefficient de frottement dynamique:

$$\mu_d = \frac{(m_2 \cdot g - (m_1 + m_2) \cdot a)}{m_1 \cdot g}$$

➤ Régression linéaire des courbes de vitesse :

$$v = at + b$$



# Détermination expérimentale du coefficient de frottement dynamique - 1<sup>er</sup> essai

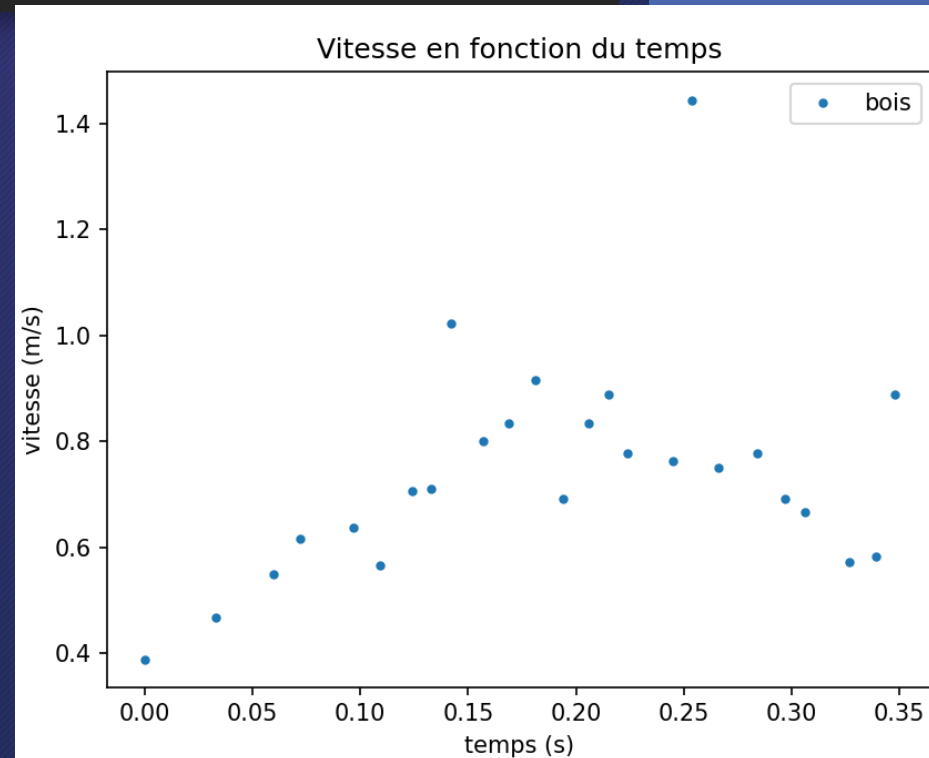
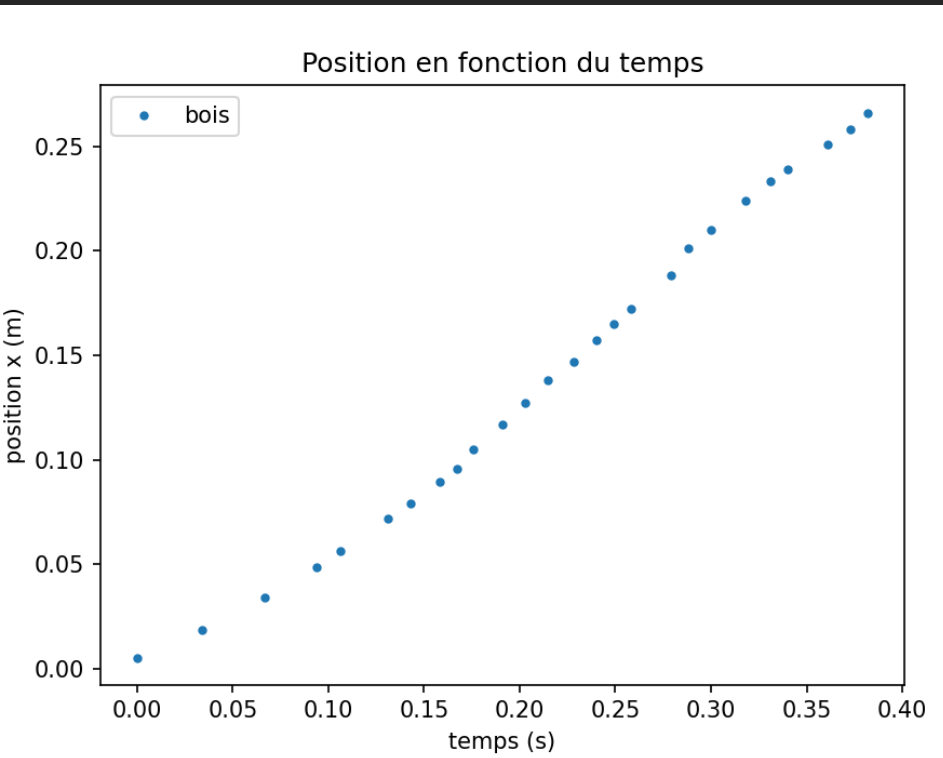
7

- Premier prototype de voiture
- Caméra Nova 120 ref COC 470
- Prise en main du logiciel VirtualDub
- Traitement des vidéos avec Avimeca





# Détermination expérimentale du coefficient de frottement dynamique - 1<sup>er</sup> essai





# Détermination expérimentale du coefficient de frottement dynamique – caméra courbure

9



# Détermination expérimentale du coefficient de frottement dynamique -2<sup>ème</sup> essai

10

- Caméra téléphone
- Montage d'une voiture en briques de construction
- Réalisation de la bande de sable
- Recherche d'un moyen d'étalonner les vidéos




# Détermination expérimentale du coefficient de frottement dynamique – piste de sable

11





File Edit View Go Video Audio Options Tools Help




0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460 480 500 520 540 560 580 600 630

Frame 516 (0:00:01.564) [K]

AviMeca v.2.7  
Fichiers Clip Pointages ?

Taille 2 C:\Users\marek\Desktop\Avimeca\test 100g.avi

px=-82 py=334 pixels : x=-8.20E+1 y= 3.34E+2 mètres



Mesures Etalonnage Propriétés du clip

τ (s)	x (m)	y (m)
0,067		
0,100	1,00E+0	4,00E+0
0,133	2,10E+1	0,00E+0
0,167	4,50E+1	2,00E+0
0,200	8,40E+1	3,00E+0
0,233	1,18E+2	2,00E+0
0,267	1,59E+2	2,00E+0
0,300	2,11E+2	-1,00E+0
0,334	2,55E+2	0,00E+0
0,367	2,90E+2	-2,00E+0
0,400	3,44E+2	-2,00E+0
0,434	4,01E+2	0,00E+0
0,467	4,76E+2	1,00E+0
0,500	5,45E+2	1,10E+1
0,534	6,15E+2	1,90E+1
0,567	6,85E+2	1,70E+1
0,600	7,73E+2	2,00E+1
0,634	8,50E+2	1,80E+1

Origine des dates [t = 0] : image n° 1

Point suivant auto. ☒ ☒ ☒ ☒

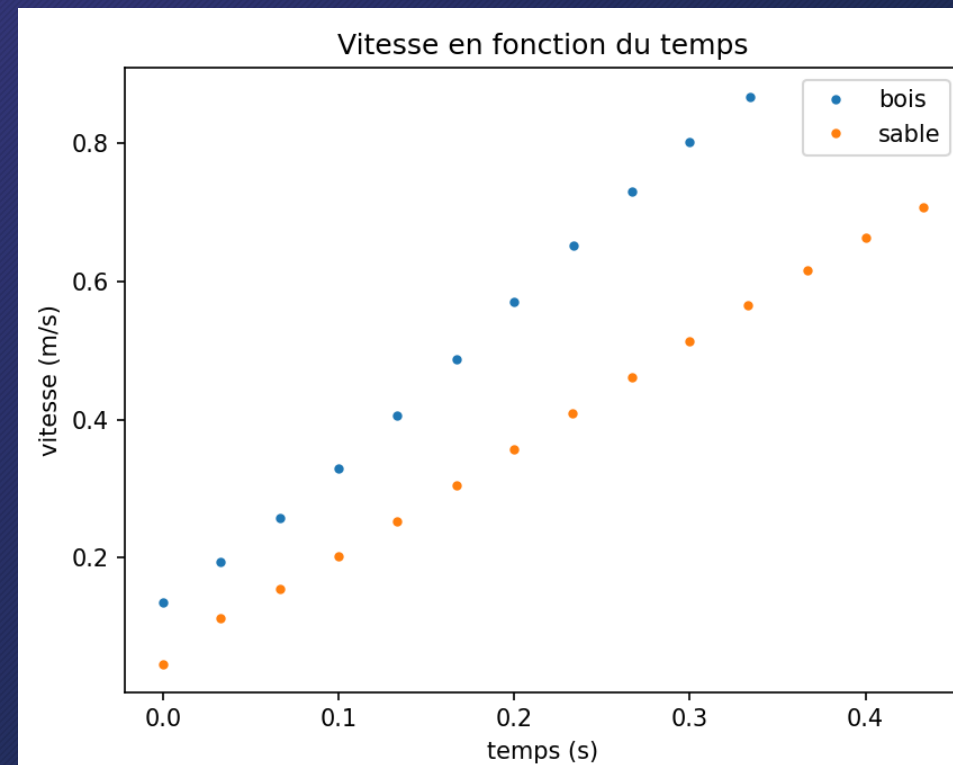
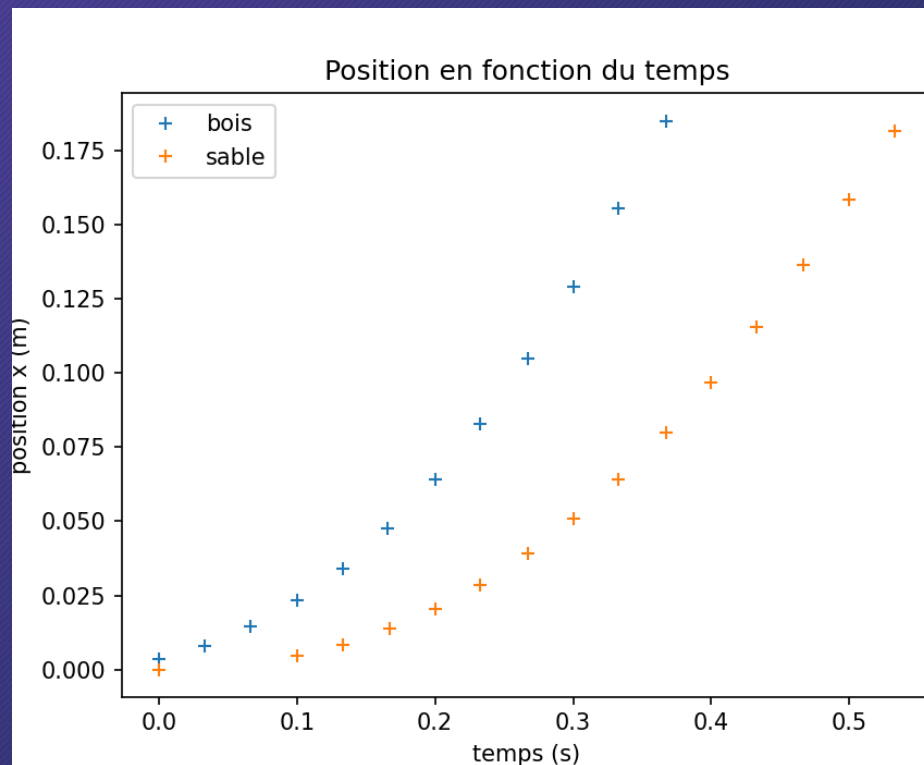
Point n° 1 dessiné ☒ axes ☒

Point d'insertion ☒ ☒ ☒ ☒



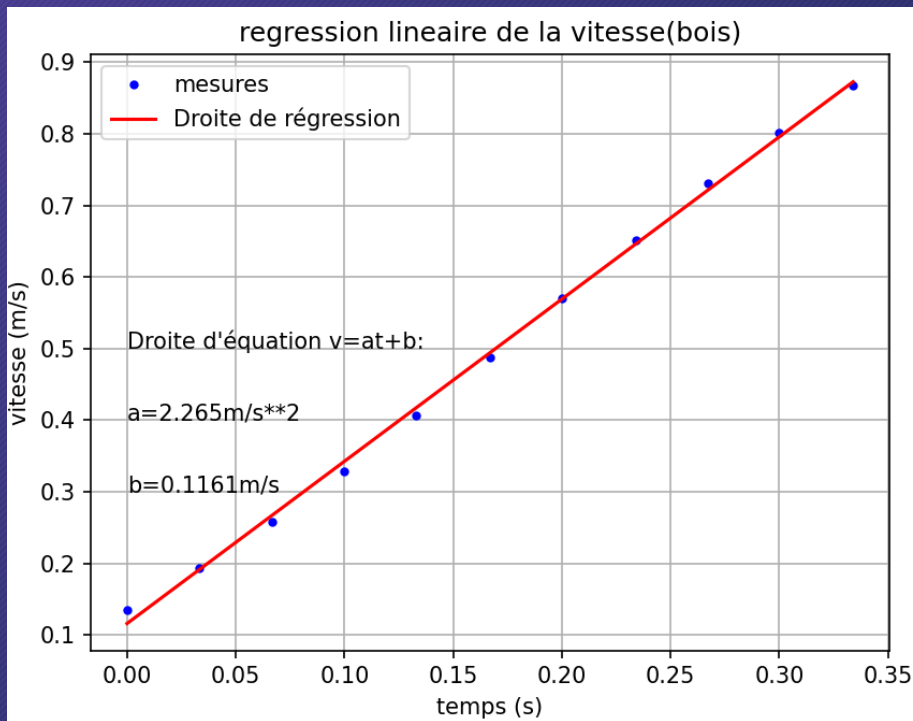
# Détermination expérimentale du coefficient de frottement dynamique – 2<sup>ème</sup> essai

13

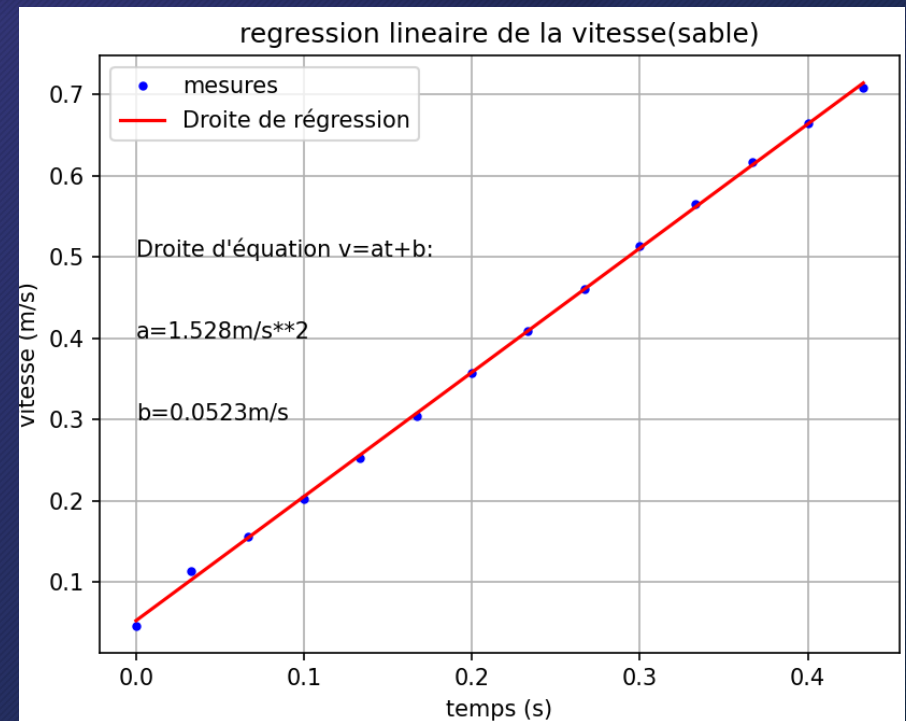


# Détermination expérimentale du coefficient de frottement dynamique – régression linéaire

14



$$\mu_d = 0.50$$



$$\mu_d = 0.64$$

# Détermination expérimentale du coefficient de frottement dynamique – 3<sup>ème</sup> essai

15

- Voiture en briques de construction
- Glycérol (corps gras)
- Eau

# Détermination expérimentale du coefficient de frottement dynamique – eau

16





## Détermination expérimentale du coefficient de frottement dynamique – glycérol

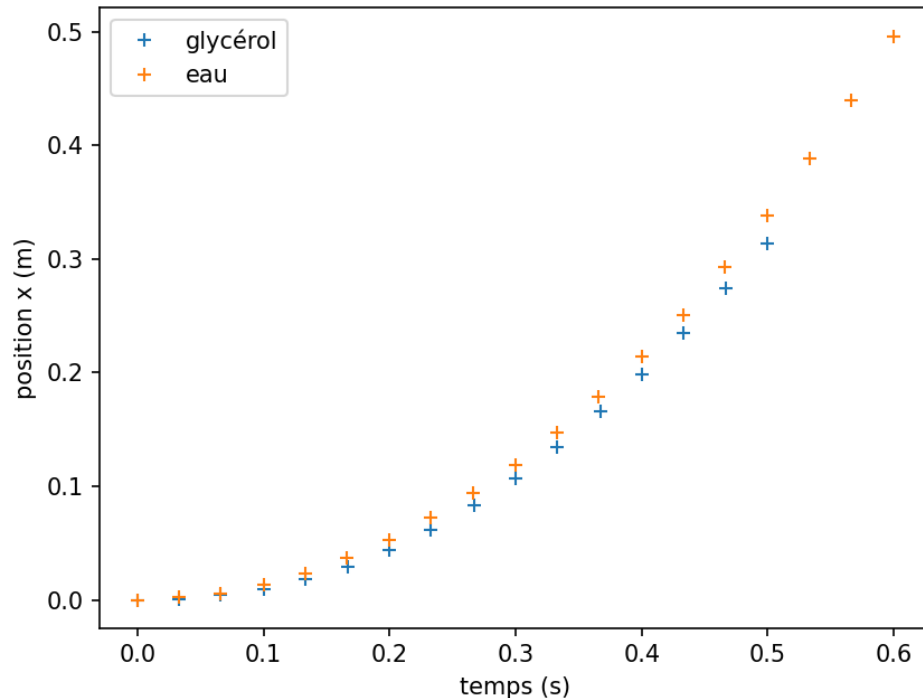
17



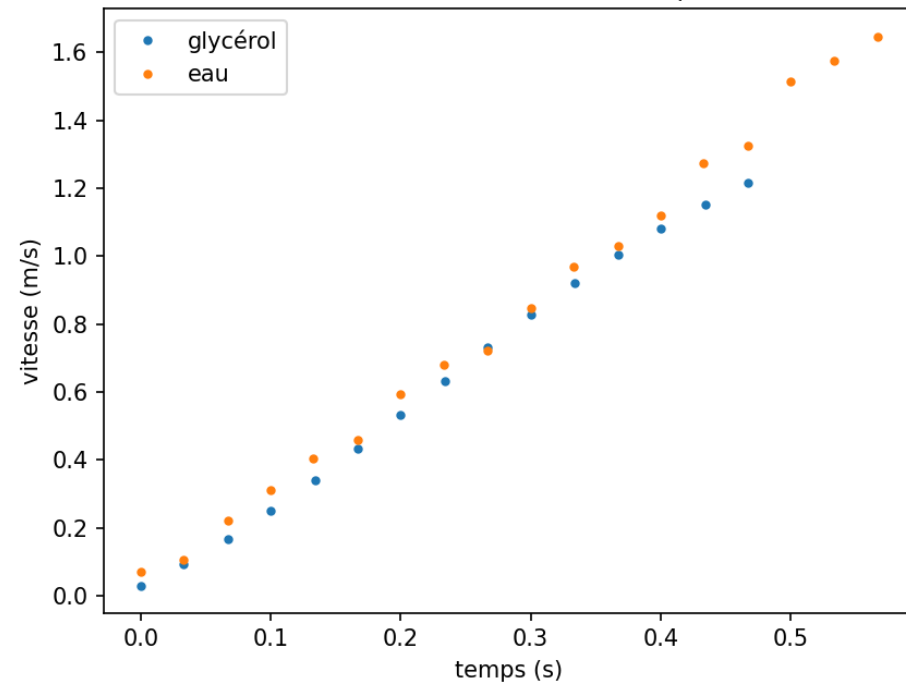
# Détermination expérimentale du coefficient de frottement dynamique – 3<sup>ème</sup> essai

18

Position en fonction du temps

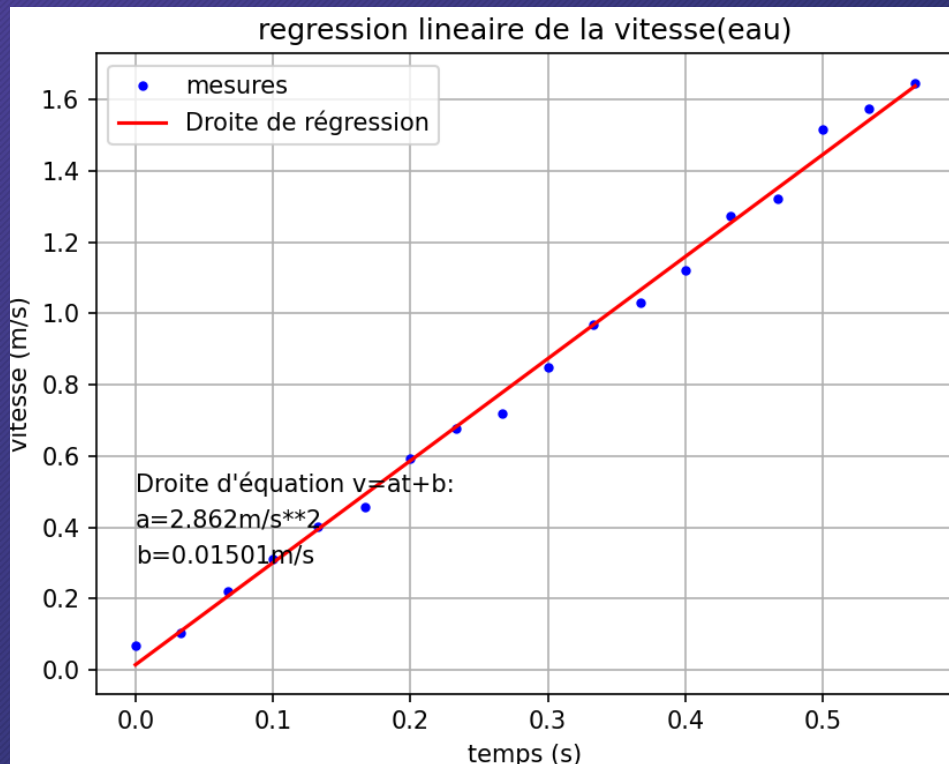


Vitesse en fonction du temps

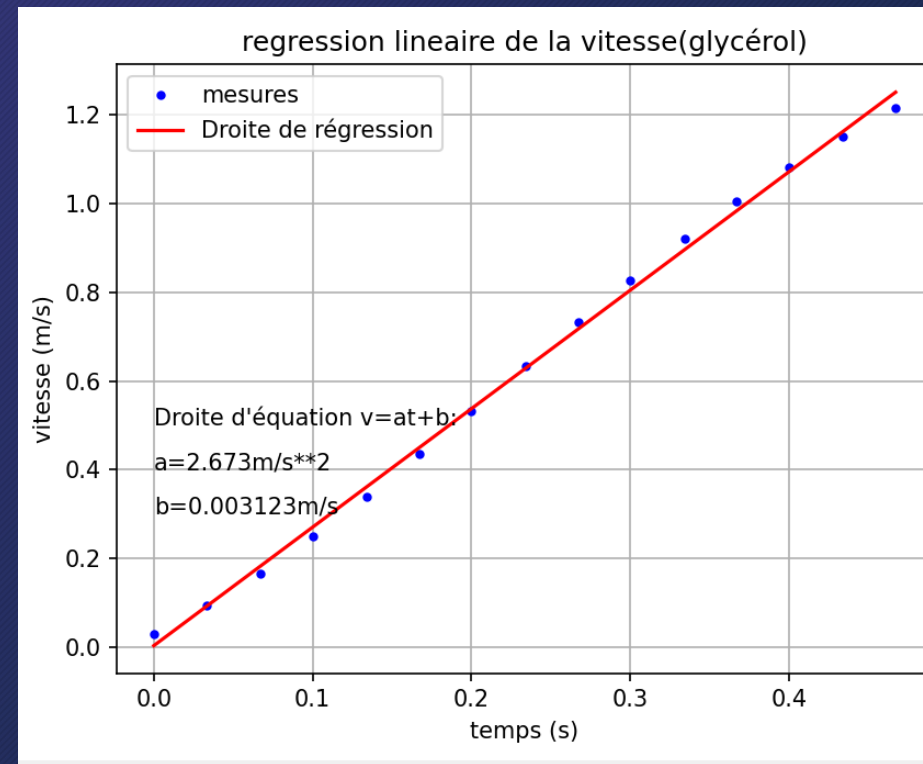


# Détermination expérimentale du coefficient de frottement dynamique – régression linéaire de la vitesse (glycérol)

19



$$\mu_d = 0.38$$



$$\mu_d = 0.42$$

# Accélération en fonction du revêtement

20

Revêtement	a	$\mu_d$
Eau	2.9	0.38
Glycérol	2.7	0.42
Bois	2.3	0.50
Sable	1.5	0.64

Pneu / route sèche : 0.4 à 0.8

Pneu / route mouillée : 0.1 à 0.4

$$\mu_d < \mu_s$$



# Conclusion

21

- Difficultés rencontrées lors des manipulations.
- La sélection du revêtement approprié est essentielle.
- $\mu_d < \mu_s$
- D'autres pistes d'étude :
  - les coefficients ne dépendent pas de la surface de contact.
  - variation de la quantité d'eau sur le revêtement.

# Programme python

22

```
algocourbe.py x 100g.txt x sable 100g.txt x
1  import matplotlib.pyplot as plt
2
3  liste_t=[]
4  position_x=[]
5  vitesse=[]
6  acceleration=[]
7  nom_fichier = ["sable 100g.txt","100g.txt"]
8  for fichier_text in range(len(nom_fichier)):
9      t,x,lines=[],[],[]
10     for line in open(nom_fichier[fichier_text], 'r'):
11         lines = [i for i in line.split()]
12         lines[0]=lines[0].replace(",",".")
13         lines[1] = lines[1].replace(",",".")
14         t.append(float(lines[0]))
15         x.append(float(lines[1]))
16     liste_t.append(t)
17     position_x.append(x)
```

# Méthode de calcul des vitesses

23

```
#calcul de la vitesse
v = []
for j in range(len(liste_t)):
    v.append([(position_x[j][i+1] - position_x[j][i]) / (liste_t[j][i+1] - liste_t[j][i]) for i in range(0, len(liste_t[j])-1)])

a = []
for j in range(len(liste_t)):
    a.append([(v[j][i+1] - v[j][i]) / (liste_t[j][i+1] - liste_t[j][i]) for i in range(0, len(liste_t[j])-2)])
```

```
#avec ce calcul, on perd un point donc on définit une nouvelle liste des temps dans laquelle on a enlevé la dernière valeur de ta liste t
liste_t2=[]
l=[]
for i in range(0, len(liste_t)):
    liste_t2.append(liste_t[i][1:len(liste_t[i])])
liste_t3=[]
l=[]
for i in range(0, len(liste_t2)):
    liste_t3.append(liste_t[i][1:len(liste_t2[i])])
```

# Affichage:

24

```
#decalage de l'axis des temps
for j in range(len(liste_t2)):
    marche1 = liste_t[j][0]
    marche2 = liste_t2[j][0]
    marche3 = liste_t3[j][0]
    for i in range(len(liste_t[j])):
        liste_t[j][i] = liste_t[j][i] - marche1
        if i < len(liste_t2[j]):
            liste_t2[j][i] = liste_t2[j][i] - marche2
        if i < len(liste_t3[j]):
            liste_t3[j][i] = liste_t3[j][i] - marche3
```

```
nom_courbe = ["100g sable", "100g"]

plt.title("position en fonction du temps")
plt.xlabel('temps en s')
plt.ylabel('position x en m')
for j in range(len(liste_t)):
    plt.plot(liste_t[j], position_x[j], ".", label=nom_courbe[j])
plt.legend()
plt.show()

plt.title("vitesse en fonction du temps")
plt.xlabel('temps en s')
plt.ylabel('vitesse en m/s')
for k in range(len(liste_t2)):
    plt.plot(liste_t2[k], v[k], ".", label=nom_courbe[k])
plt.legend()
plt.show()

plt.title("accélération en fonction du temps")
plt.xlabel('temps en s')
plt.ylabel('accélération en m/s**2')
for k in range(len(liste_t3)):
    plt.plot(liste_t3[k], a[k], ".", label=nom_courbe[k])
plt.legend()
plt.show()
```



# Régression linéaire:

25

```
for i in range(len(v)):
    # regression lineaire
    t = np.array(liste_t2[i])
    P = np.polyfit(t, v[i], 1)
    # tracé de la droite de la vitesse avec regression lineaire:
    plt.plot(t, v[i], '.', label="mesures", color="blue")
    plt.plot(t, P[0]*t+P[1], "--", label="Droite de régression", color="red")
    plt.xlabel("temps (s)")
    plt.ylabel("vitesse (m/s)")
    plt.title("regression lineaire de la vitesse"+"("+nom_courbe[i]+")")
    plt.grid()
    plt.legend()
    l.append(format(P[0]))
    plt.text(1*10**(-5), 0.5, "Droite d'équation  $v=at+b$ :")
    plt.text(1 * 10 ** (-5), 0.4, 'a='+ '{:.4}'.format(P[0])+"m/s**2")
    plt.text(1 * 10 ** (-5), 0.3, 'b='+ '{:.4}'.format(P[1])+"m/s")
    plt.show()
```