

TIPE :

EFFET DE LA POSITION DU CENTRE DE
GRAVITÉ SUR LE COMPORTEMENT EN VOL
D'UN JAVELOT

LEMAHIEU Alexis (n° 31023)

SESSION 2026

Binôme : LE ROY Etienne (n°55471)

Introduction

Chasse

Arme



https://www.centrepompidou.fr/media/picture/5c/4c/5c4cb21d82617077cbf9e576dbef5e28/thumb_large.jpg

JO Antiques

1908/1932



https://editorial01.shutterstock.com/preview-440/13036221cy/ad7057b1/Shutterstock_13036221cy.jpg

Uwe Hohn

20 Juillet 1984 :
104,8 m



<https://th.bing.com/th/id/R.e503e30a14eeefea7266b9c5475fd4f5?rik=Fi6pEgBotY%2fkiQ&riu=http%3a%2f%2fmedia.aws.iaaf.org%2fmedia%2fLargeP%2f67d97903-88e4-4db1-9798-e3bd12ff98bc.jpg%3fv%3d1385234404&ehk=ISZs8iya9tNLhTBFP0reSDGmrluCqdpkQQD9QFgSbY%3d&risl=&pid=ImgRaw&r=0>

Présentation du sujet :

Lancers trop dangereux et peu valides

Avancement de G de 4 cm

International Association of Athletics Federations

Changement de l'IAAF :

Réduction de la masse à l'arrière

Augmentation de la masse à l'avant

Masse = 800 g

Problématique :

Comment la variation de la position du centre de gravité influe-t-elle sur le lancer de javelot ?

Sommaire :

I-Modification de la position de G

II-Lancers et analyse des résultats

III-Etude du moment aérodynamique et du moment d'inertie

IV-Etude aérodynamique

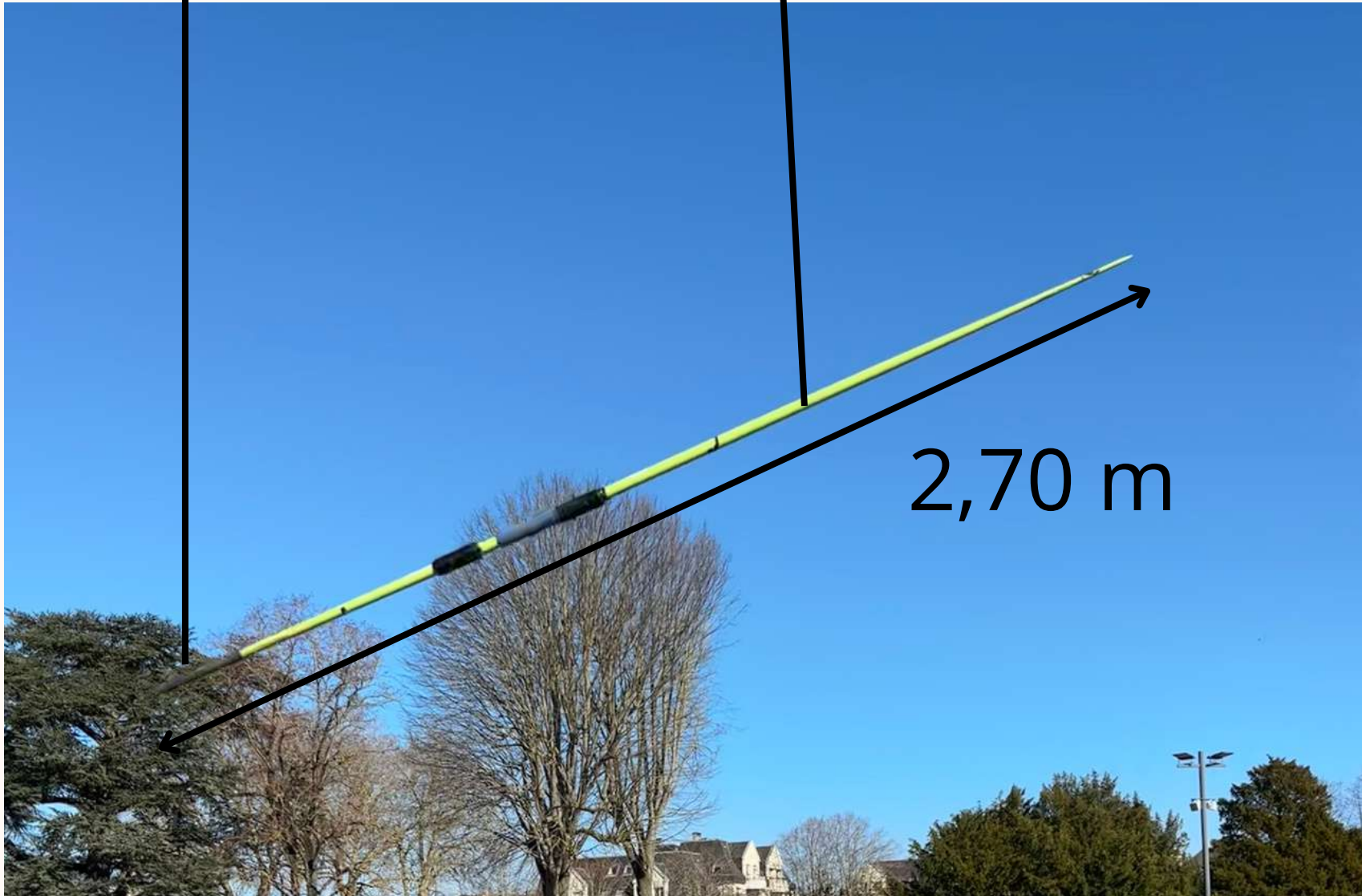
Objectifs du TIPE :

- Détermination de la position de G
- Modification de la position de G
- Validation de l'impact sur la portée
- Validation de l'impact sur la validité des lancers
- Etude du moment aérodynamique et du moment d'inertie
- Etude aérodynamique

Acier

Aluminium

$m = 800 \text{ g}$



I- Modification de la position du centre de gravité (G)

Masses en
linoleum

Balance





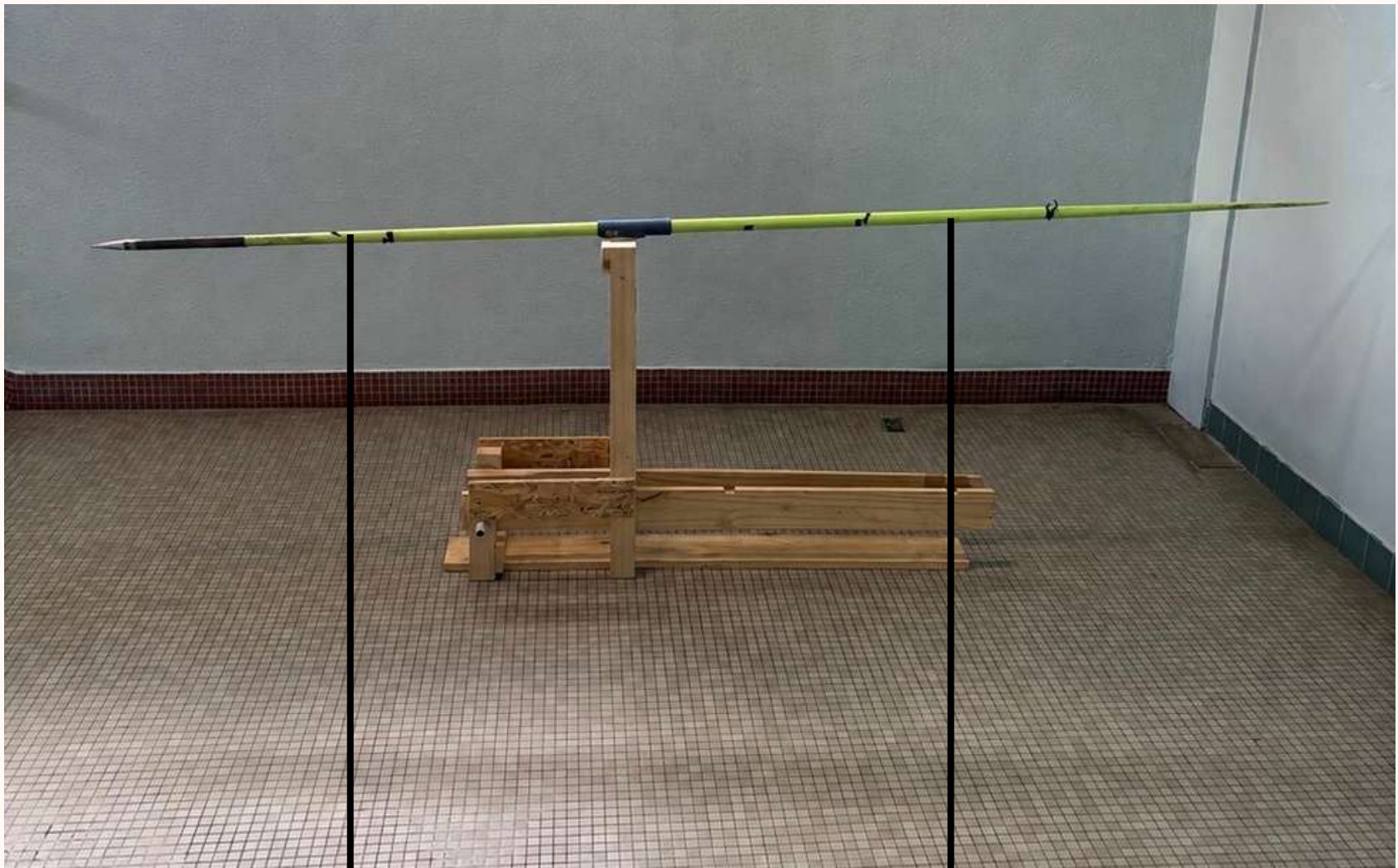
G au milieu



G 5 cm vers l'avant



G 5 cm vers l'arrière



$\vec{P_1}$

$\vec{P_2}$

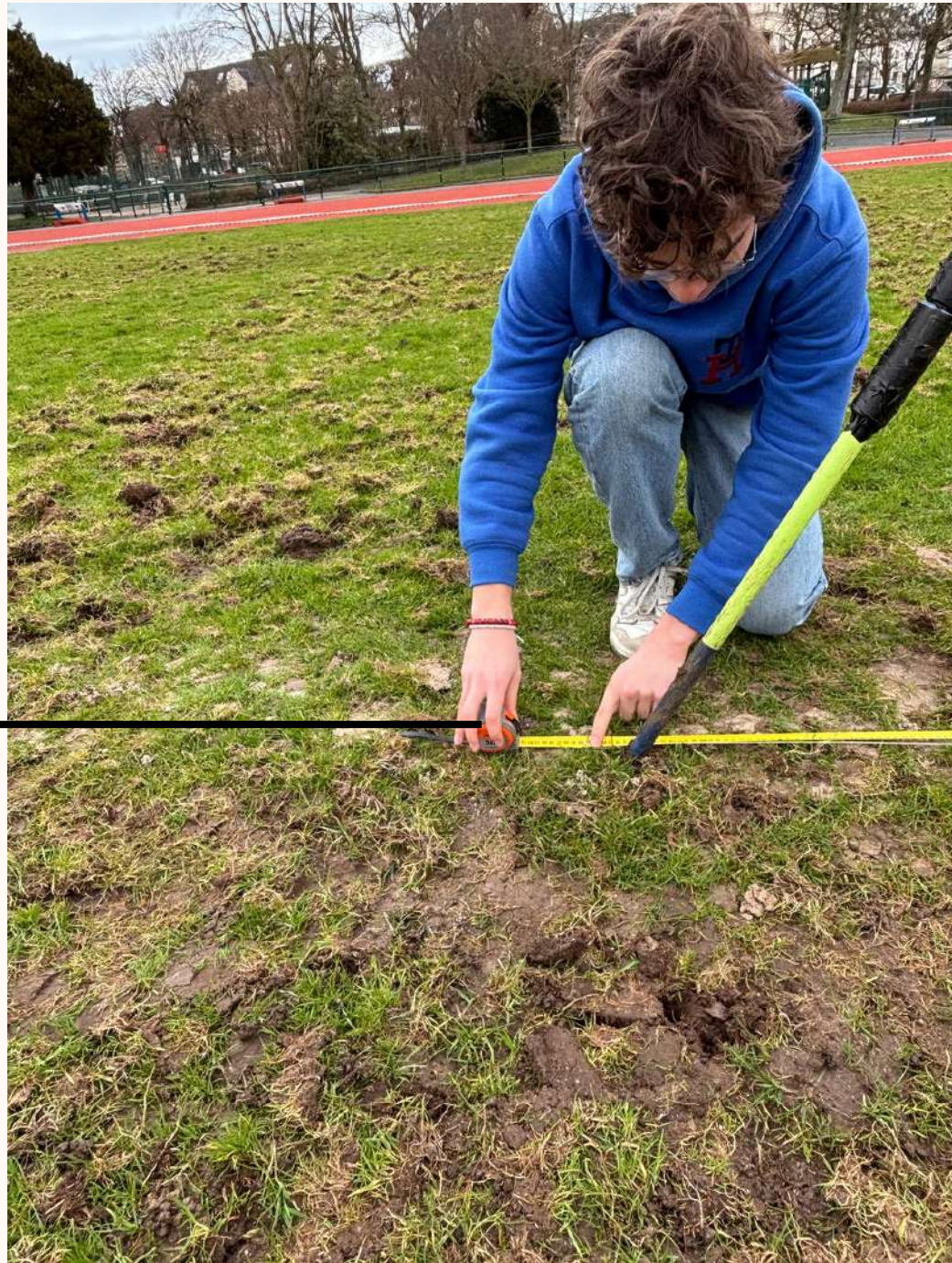
$$\vec{P_1} = \vec{P_2}$$

Système pour
déterminer les
centres de gravité

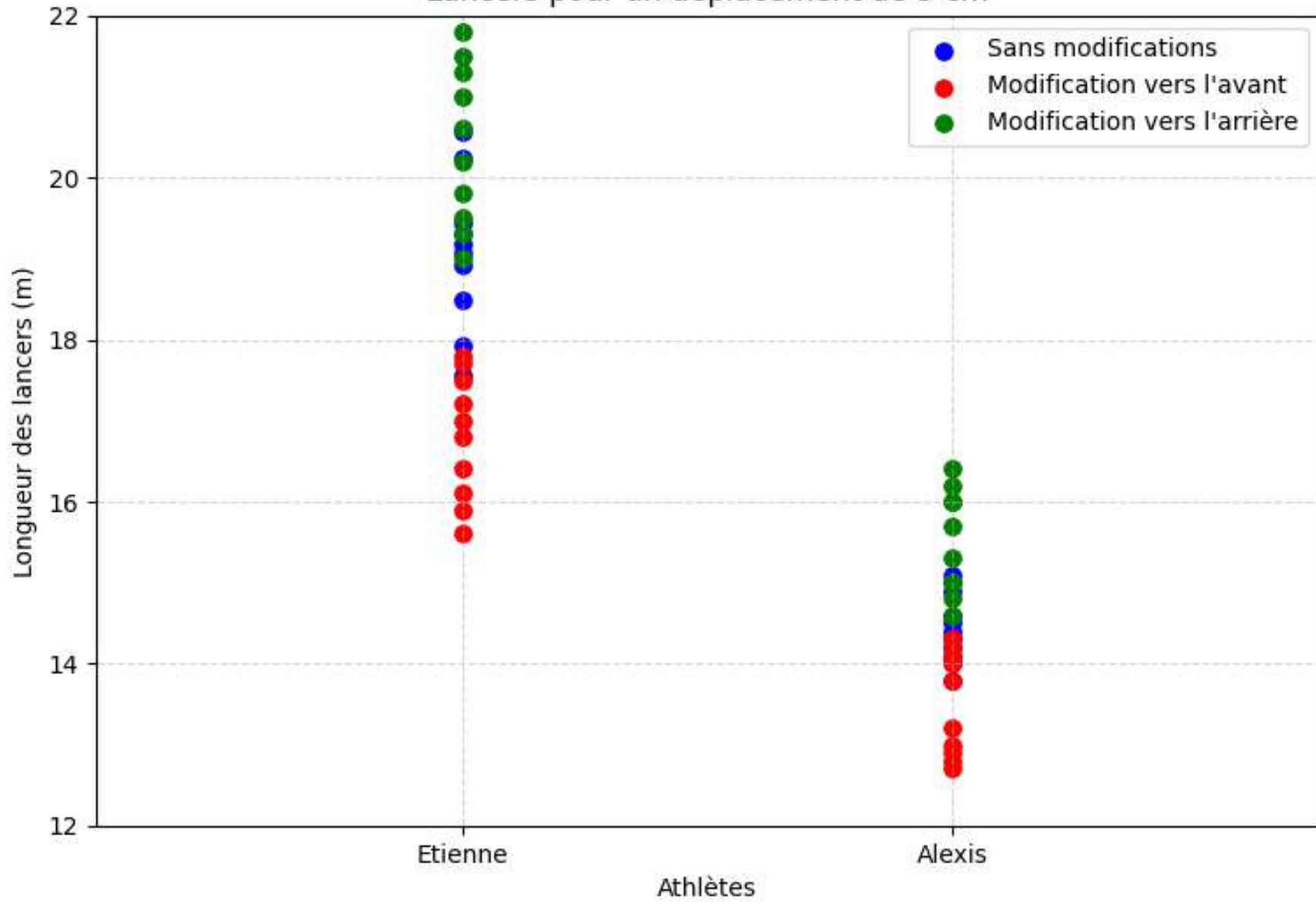


II- Lancers et analyse des **résultats**

Mètre à ruban



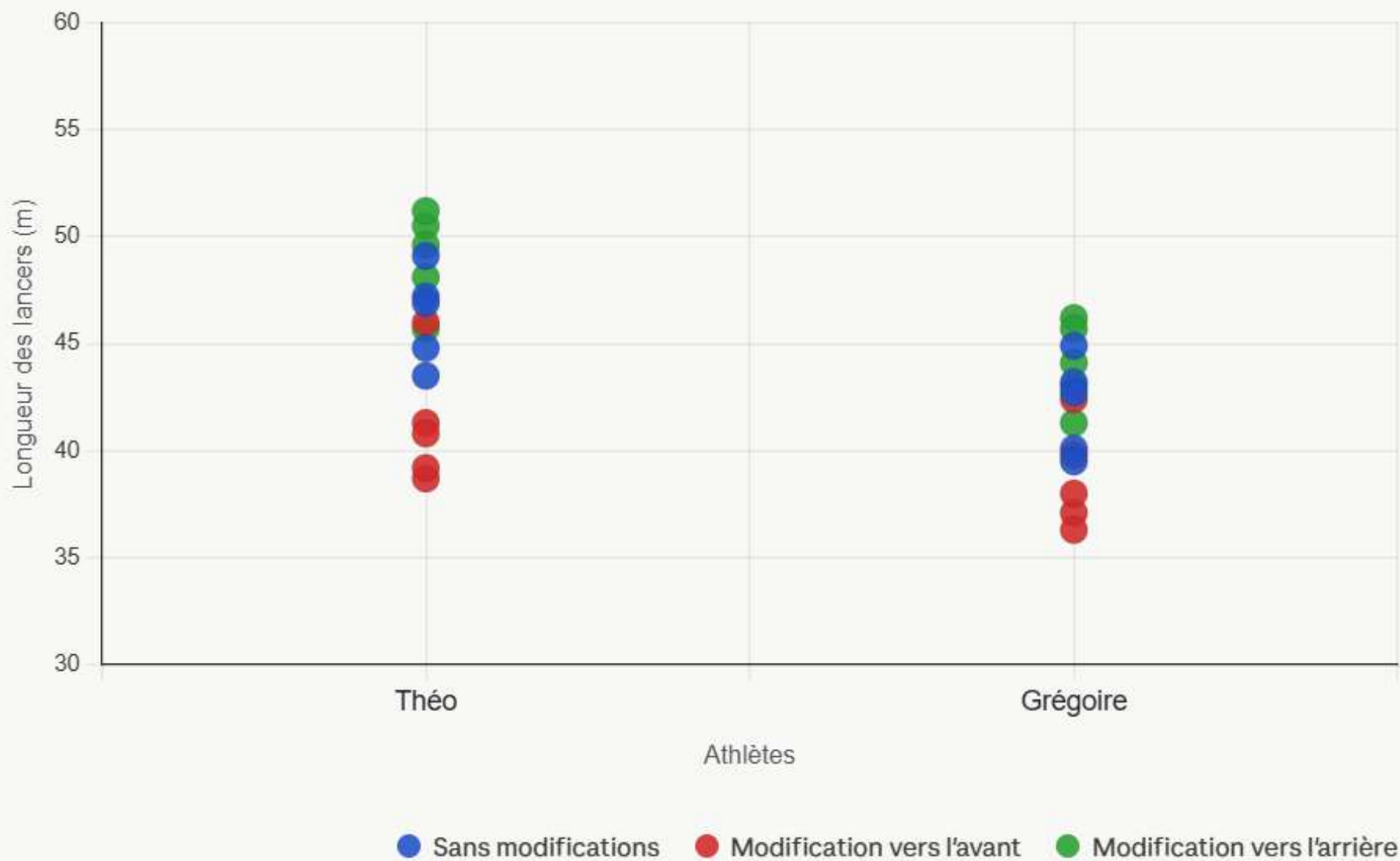
Lancers pour un déplacement de 5 cm

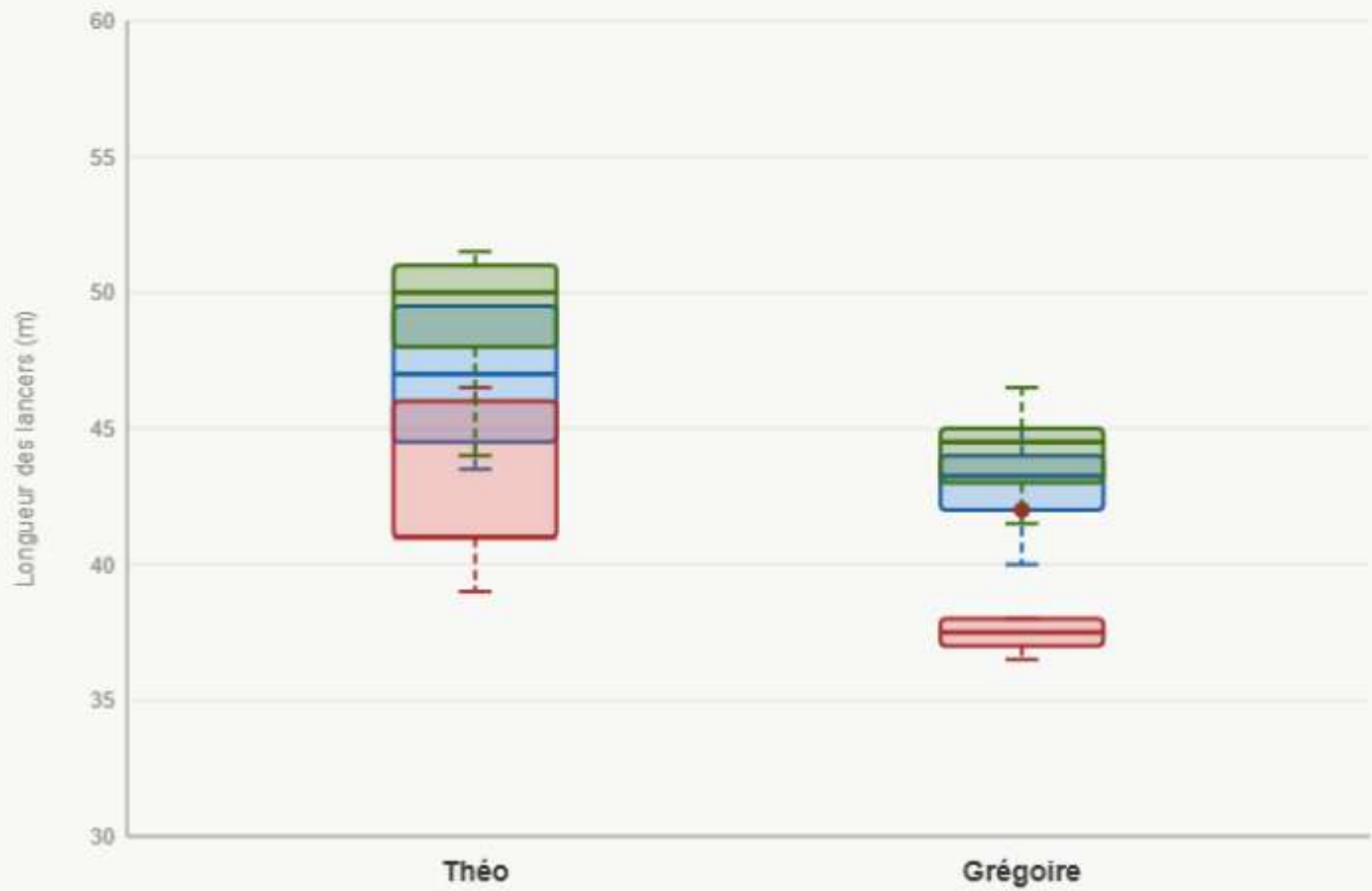






Lancers pour un déplacement de 5 cm

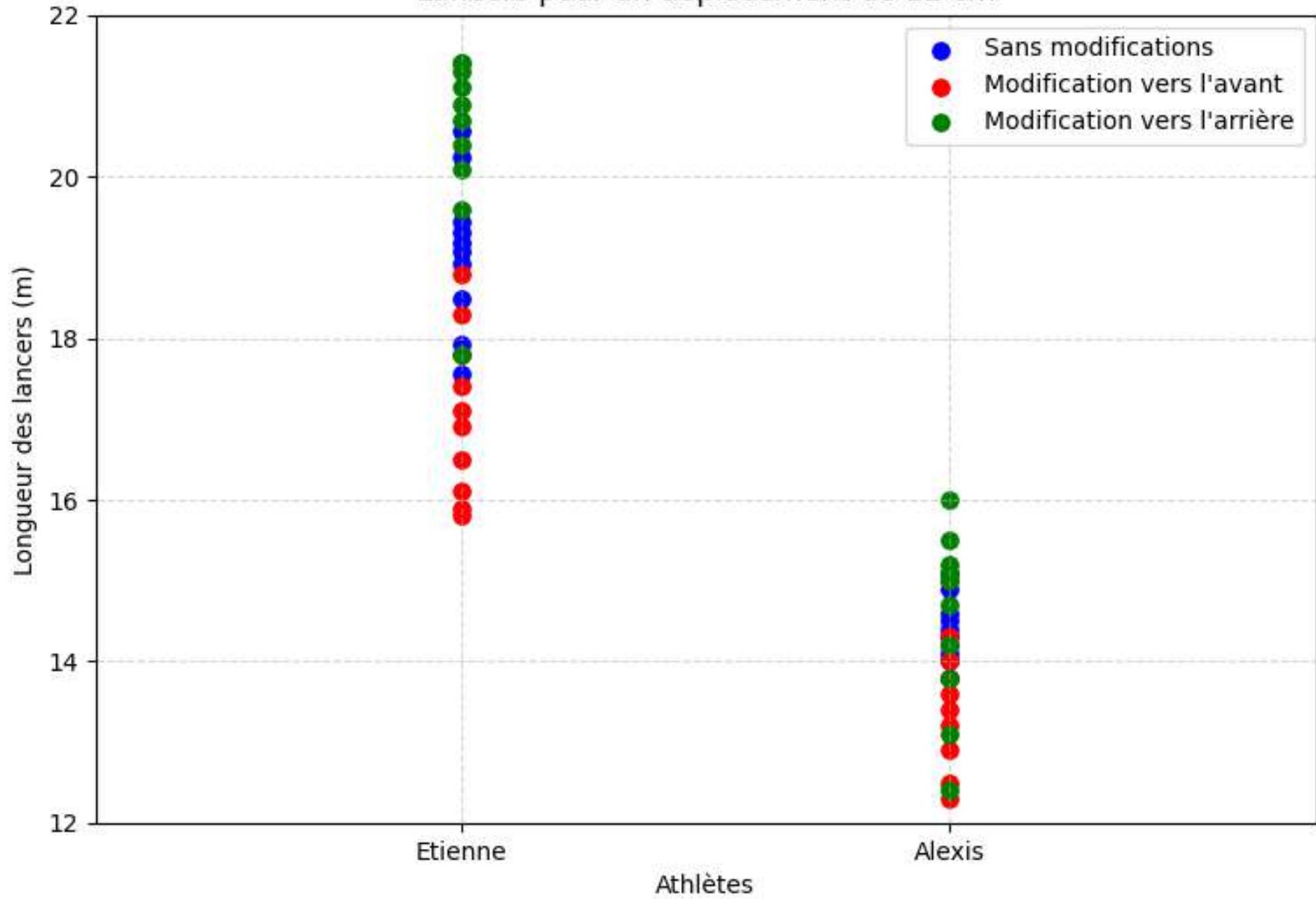


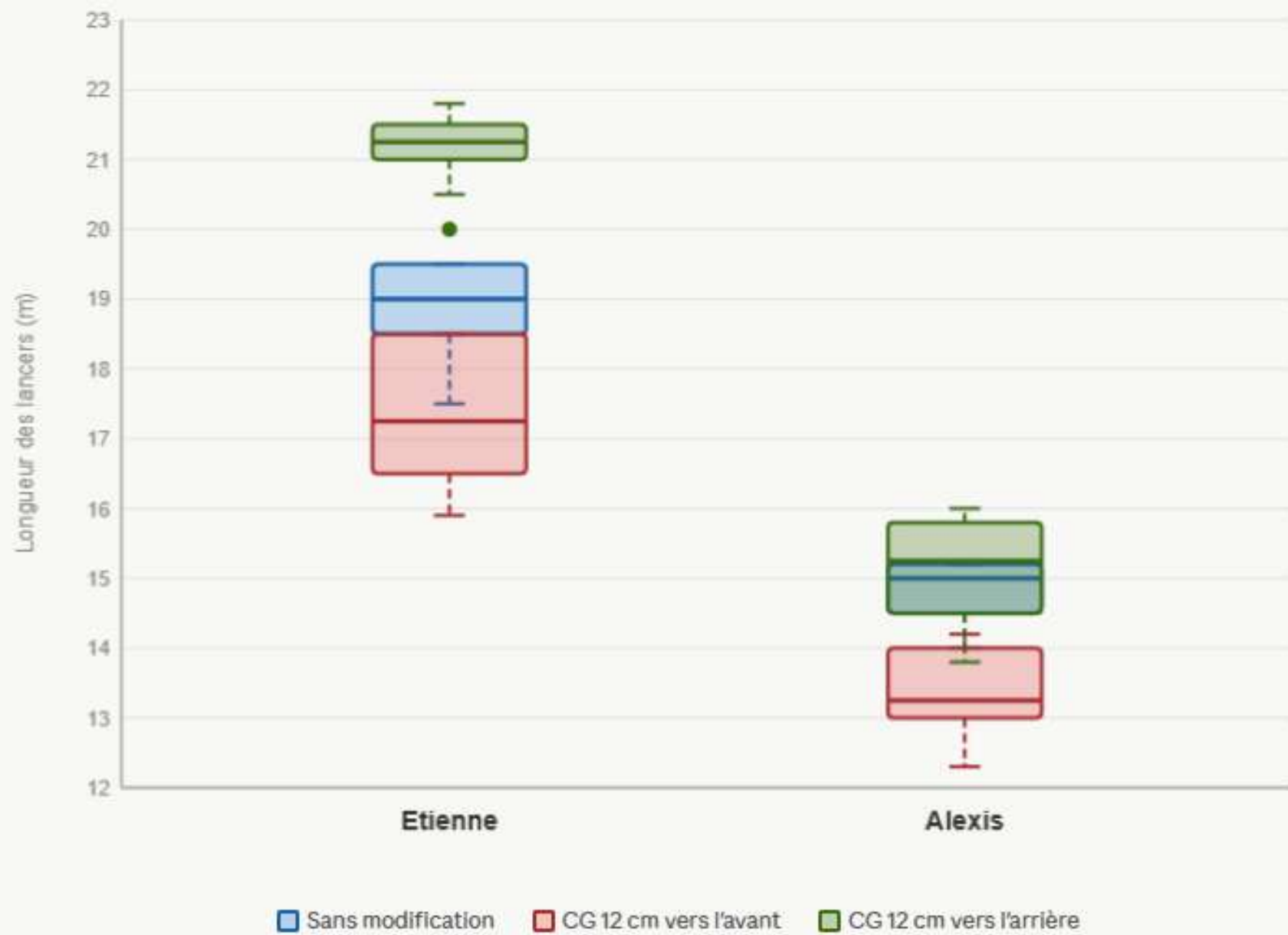


Grégoire

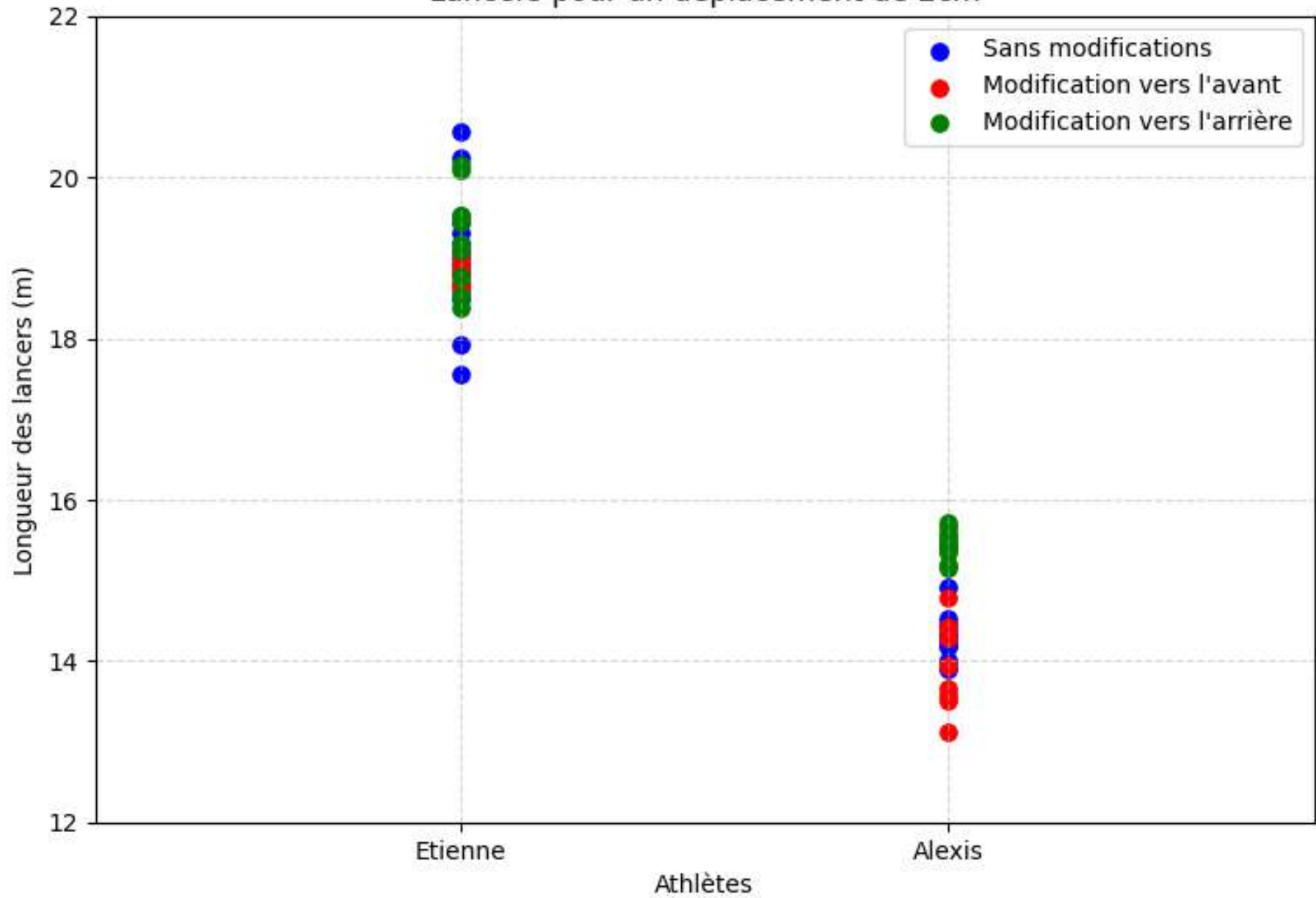
Condition :		distances	Evolution	
Sans modification		41,3±0,5 m		
G 5 cm vers l'avant		38,0±0,6 m	-8,00 %	
G 5 cm vers l'arrière		45,3±0,7 m	9,00 %	
Théo				
Sans modification		45,6±0,7 m		
G 5 cm vers l'avant		40,6±0,3 m	-11,00 %	
G 5 cm vers l'arrière		49,7±0,3 m	9,00 %	

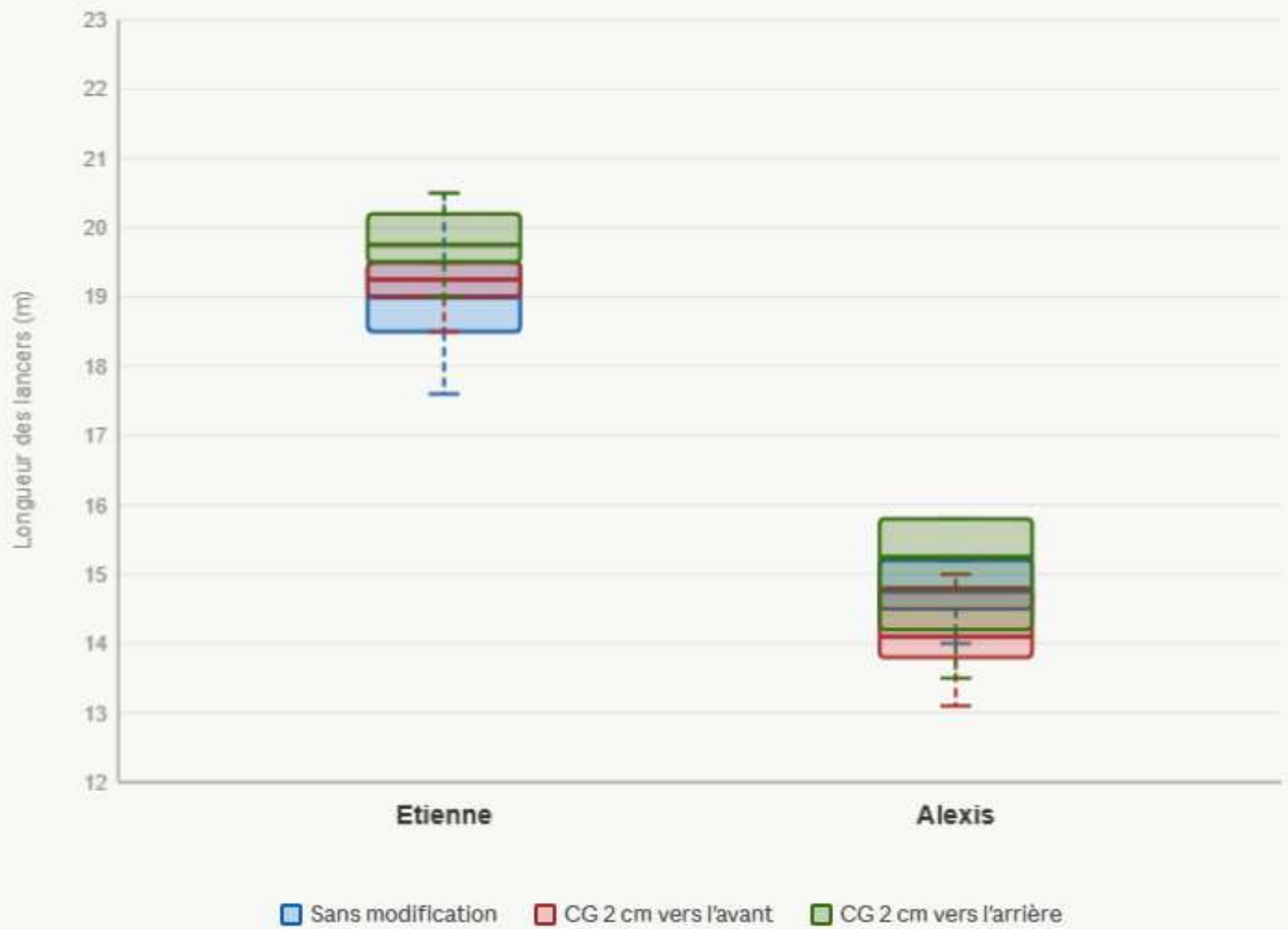
Lancers pour un déplacement de 12 cm





Lancers pour un déplacement de 2cm





Etienne

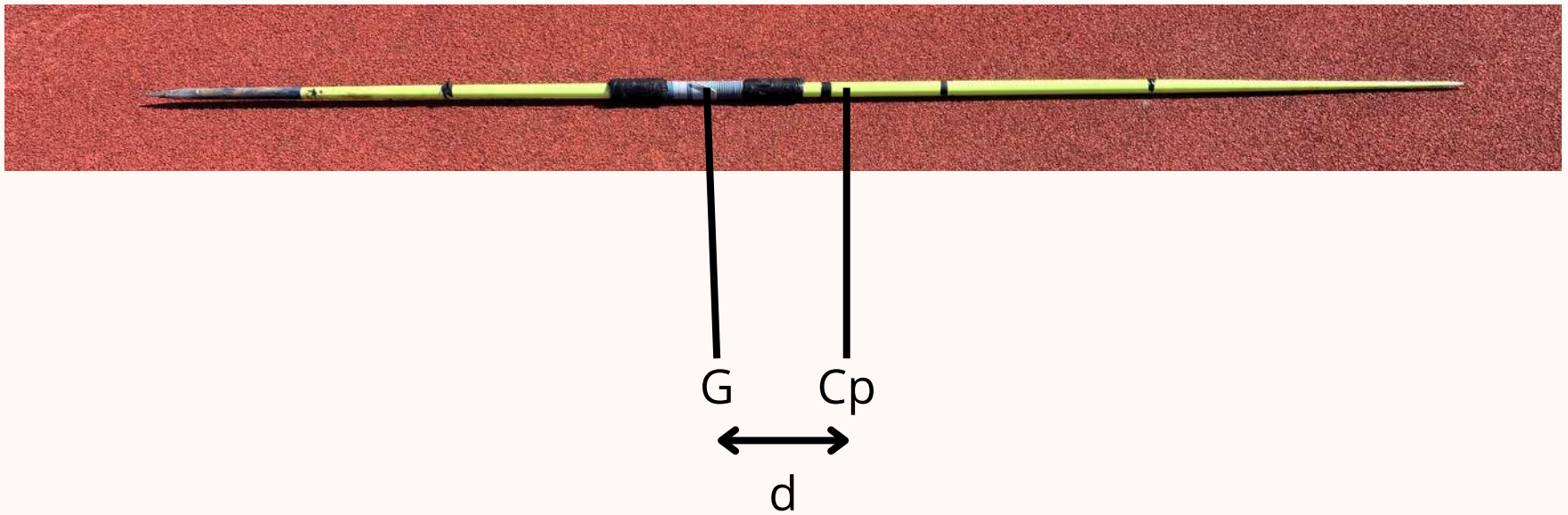
Condition :		distances	Evolution
Sans modification		19,1±0,3 m	
G 5 cm vers l'avant		16,8±0,4 m	-12,00 %
G 5 cm vers l'arrière		20,4±0,2 m	7,00 %
G 12 cm vers l'avant		17,3±0,1 m	-9,00 %
G 12 cm vers l'arrière		20,5±0,2 m	7,00 %
G 2 cm vers l'avant		18,7±0,3 m	-2,00 %
G 2 cm vers l'arrière		19,9±0,8 m	4,00 %

Alexis

Condition :		distances	Evolution
Sans modification		14,4±0,1 m	
G 5 cm vers l'avant		13,5±0,2 m	-8,00 %
G 5 cm vers l'arrière		15,5±0,1 m	7,00 %
G 12 cm vers l'avant		13,6±0,5 m	-6,00 %
G 12 cm vers l'arrière		14,9±0,7 m	6,00 %
G 2 cm vers l'avant		14,3±0,6m	-1,00 %
G 2 cm vers l'arrière		15,1±0,2m	5,00 %

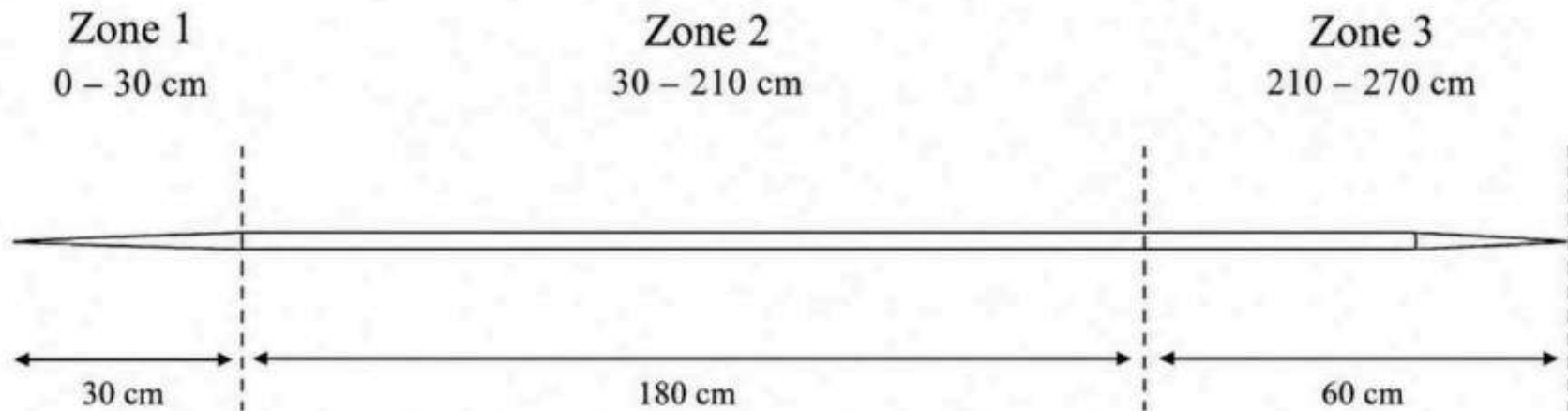
III- Moment **aérodynamique et** **moment d'inertie**

$$M = F \cdot d$$



Moment d'inertie:

$$J_{\Delta}(x_G) = \int_0^L (x - x_G)^2 \lambda(x) dx$$



Zone 1 : pointe en acier
Zone 2 : cylindre creux en aluminium
Zone 3 : cône creux en aluminium

$$J (G \text{ actuel }) = 0,505 \text{ kg.m}^2$$

$$J (G \text{ 5 cm devant }) = 0,445 \text{ kg.m}^2$$

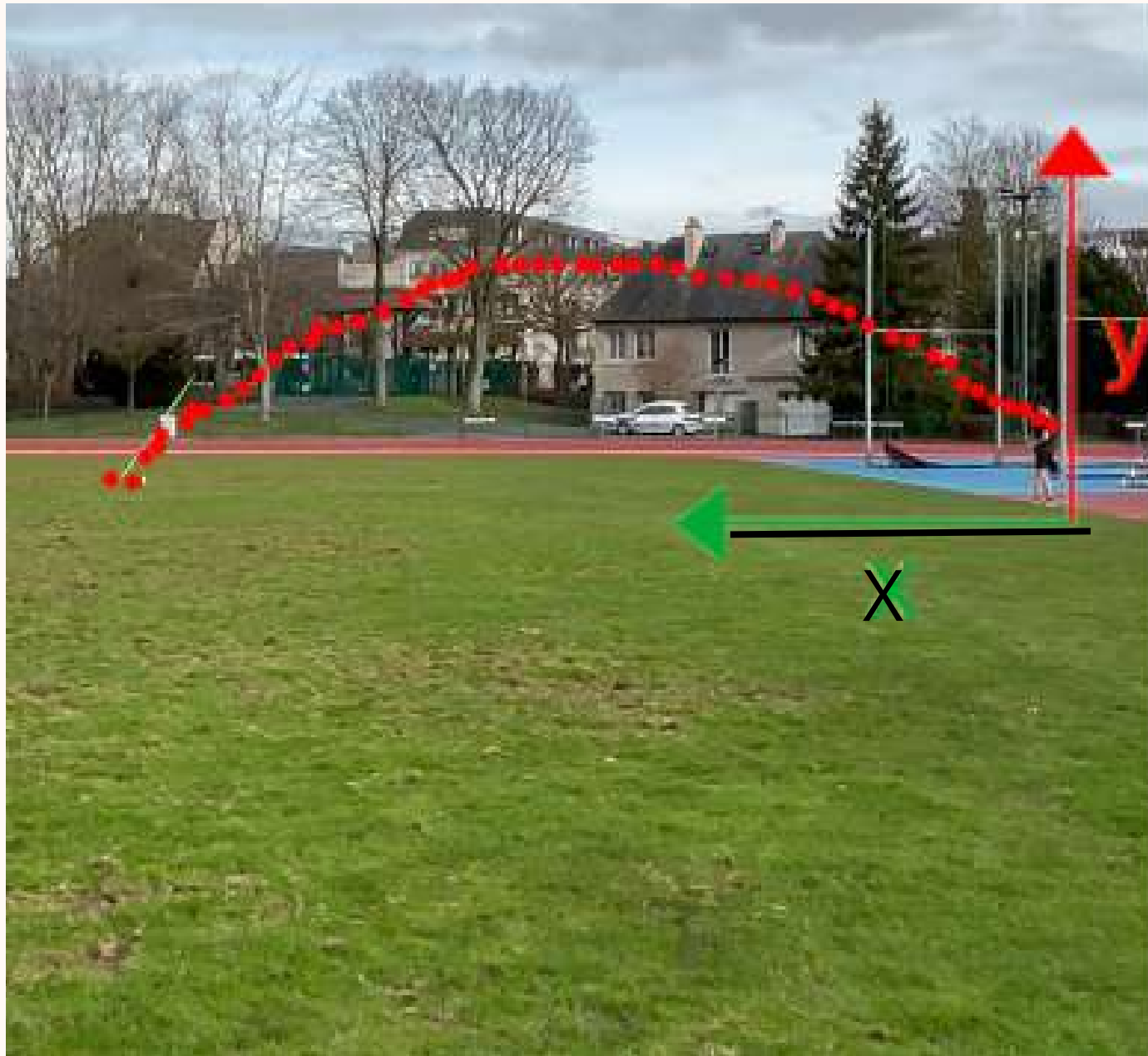
$$J (G \text{ 5 cm derrière }) = 0,524 \text{ kg.m}^2$$

Plus le moment d'inertie J du javelot est élevé, plus il s'oppose aux variations de son mouvement de rotation

IV-

Etude aérodynamique

IV.1-Trajectoire et mouvement



Position 2: G 5 cm vers l'avant



Position 3 : G 5 cm vers l'arrière



Trajectoire javelots



G 5 cm vers l'avant :



G 5 cm vers l'arrière :



G 12 cm vers l'avant :



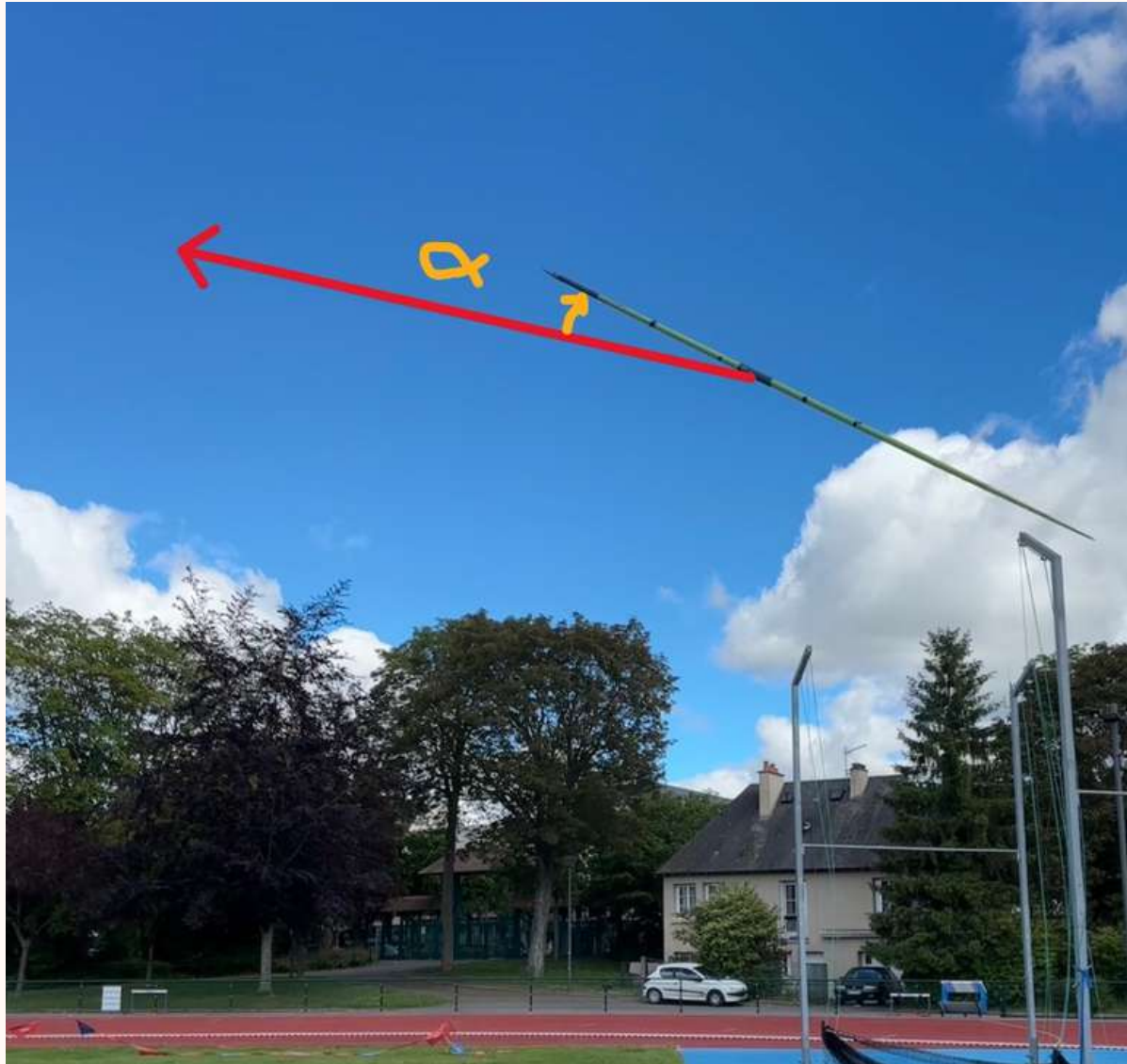
G 12 cm vers l'arrière :



IV.2- Angle d'attaque

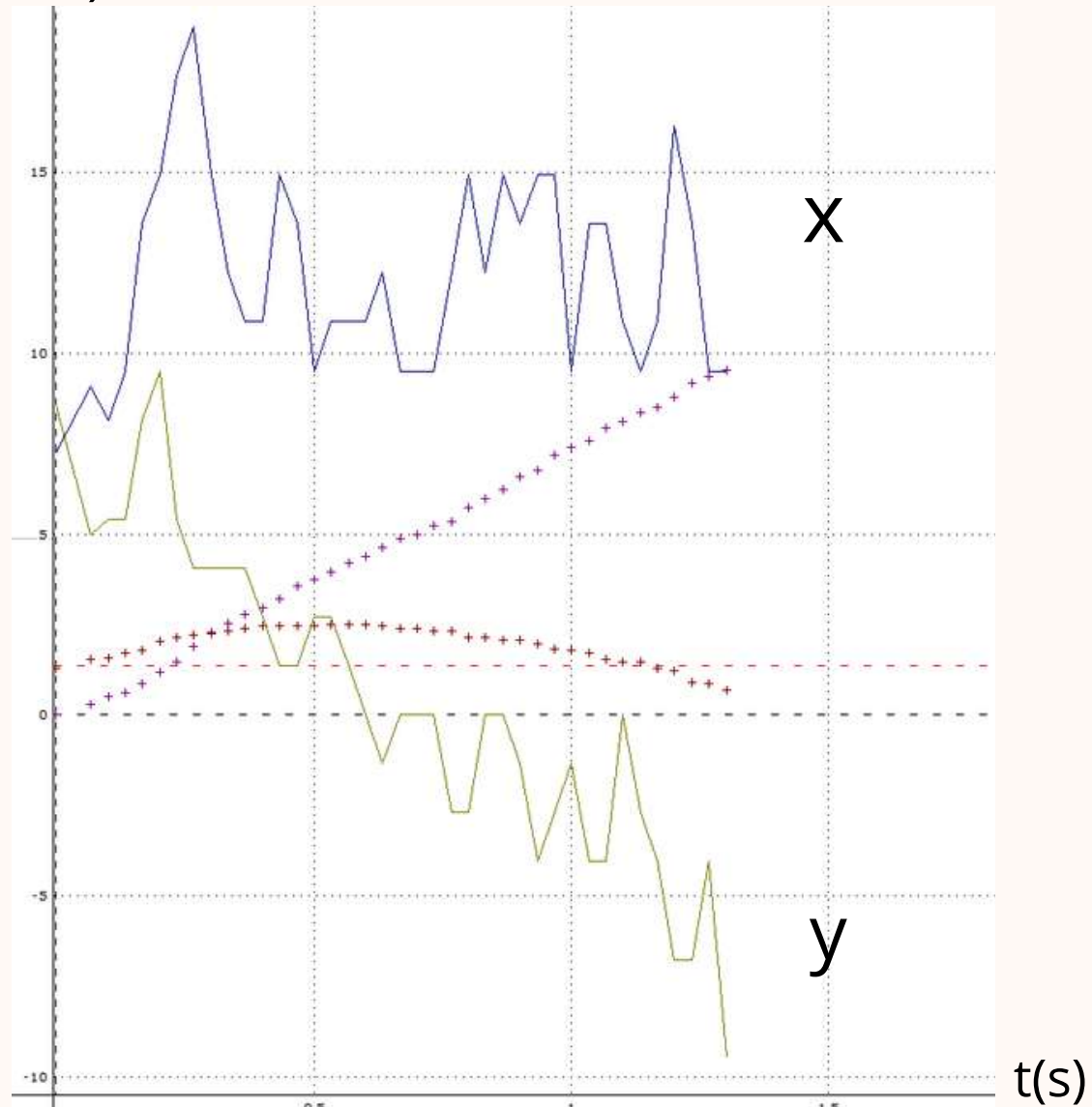
Angle d'attaque :

Définition : Angle entre l'axe longitudinal du javelot et la direction du flux d'air relatif



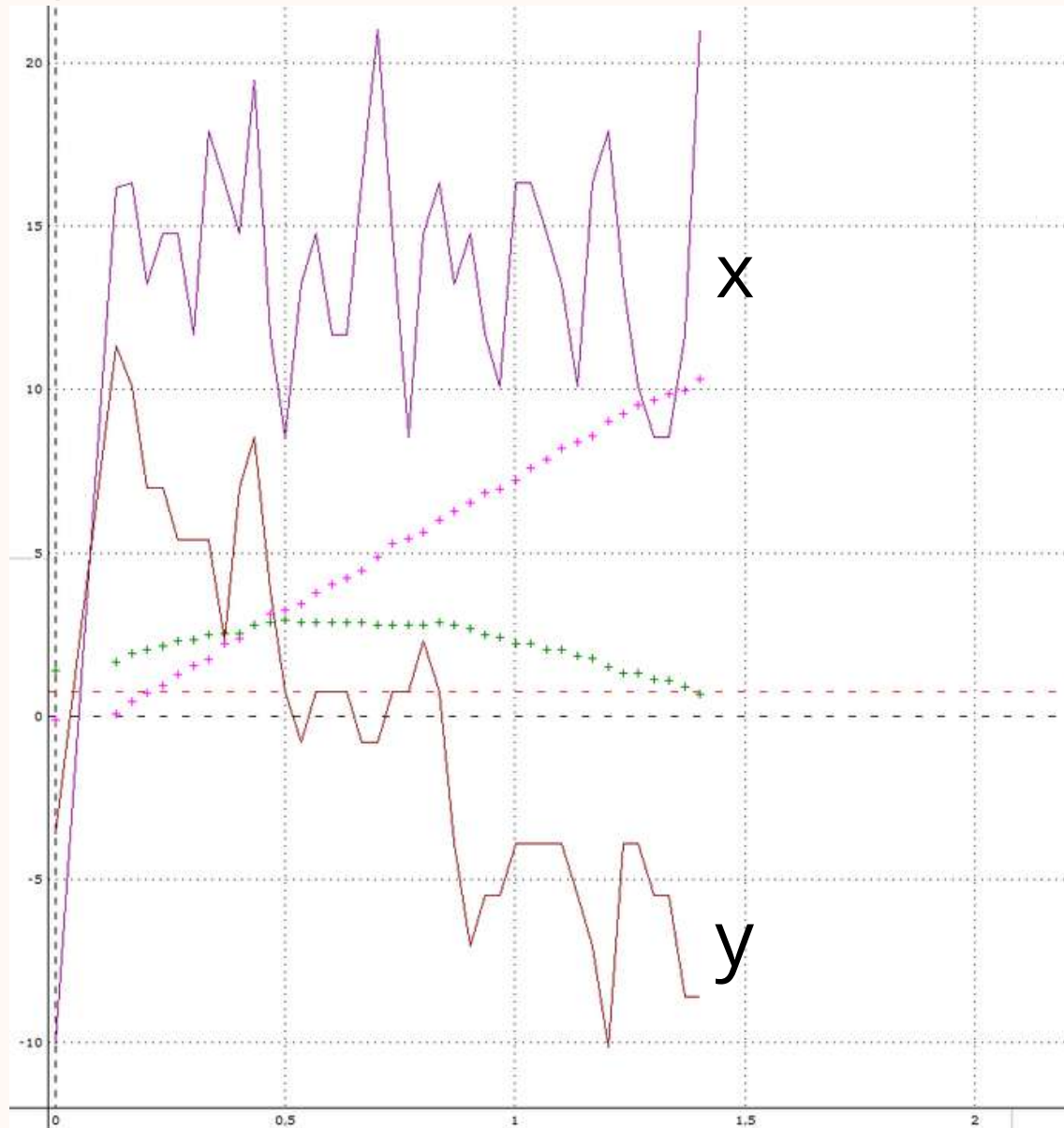
Vitesse selon x et y en fonction du temps du javelot actuel

(m/s)



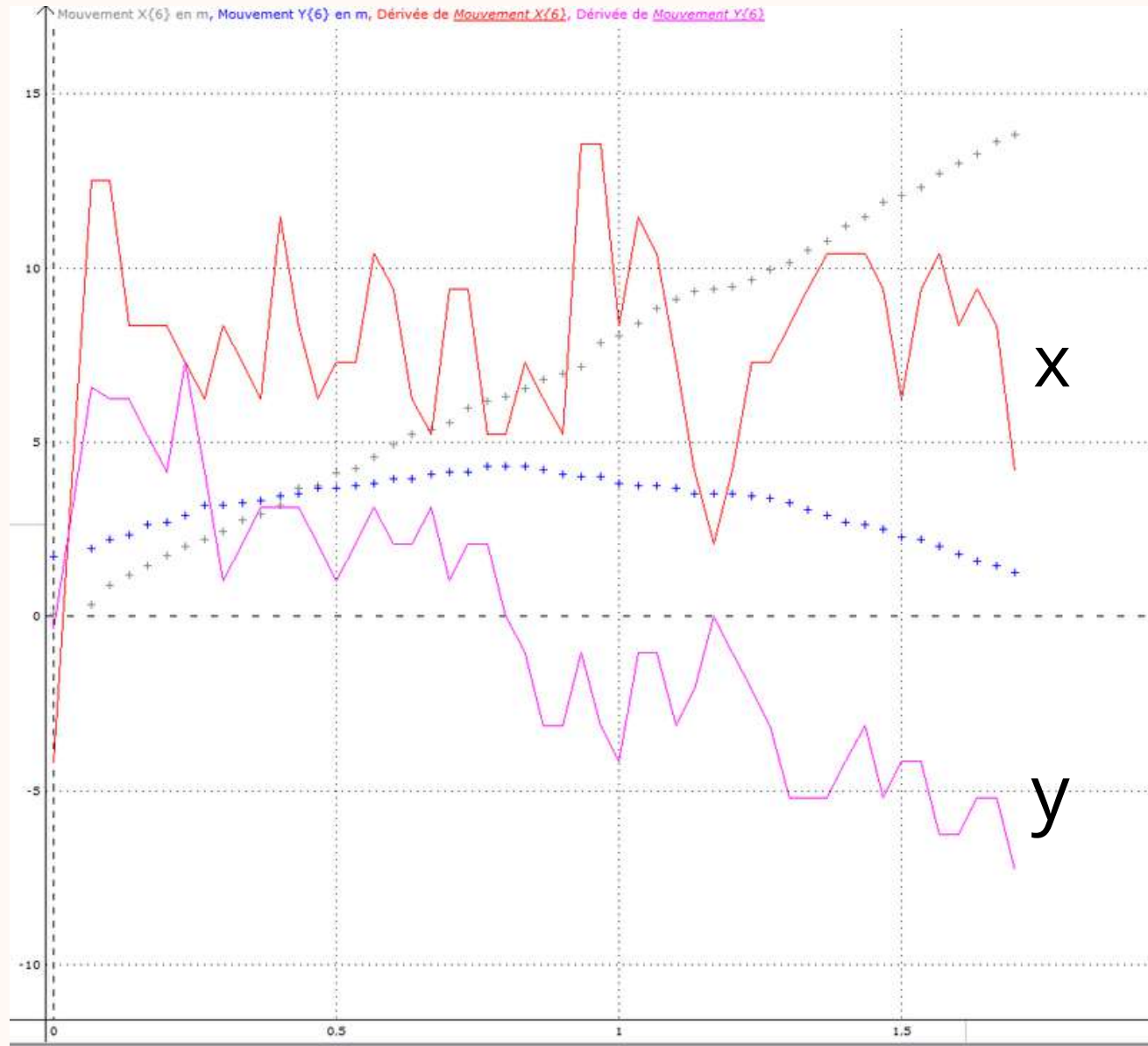
Vitesse selon x et y en fonction du temps du javelot avec G 5 cm vers l'avant

(m/s)



Vitesse selon x et y en fonction du temps du javelot avec G 5 cm vers l'arrière

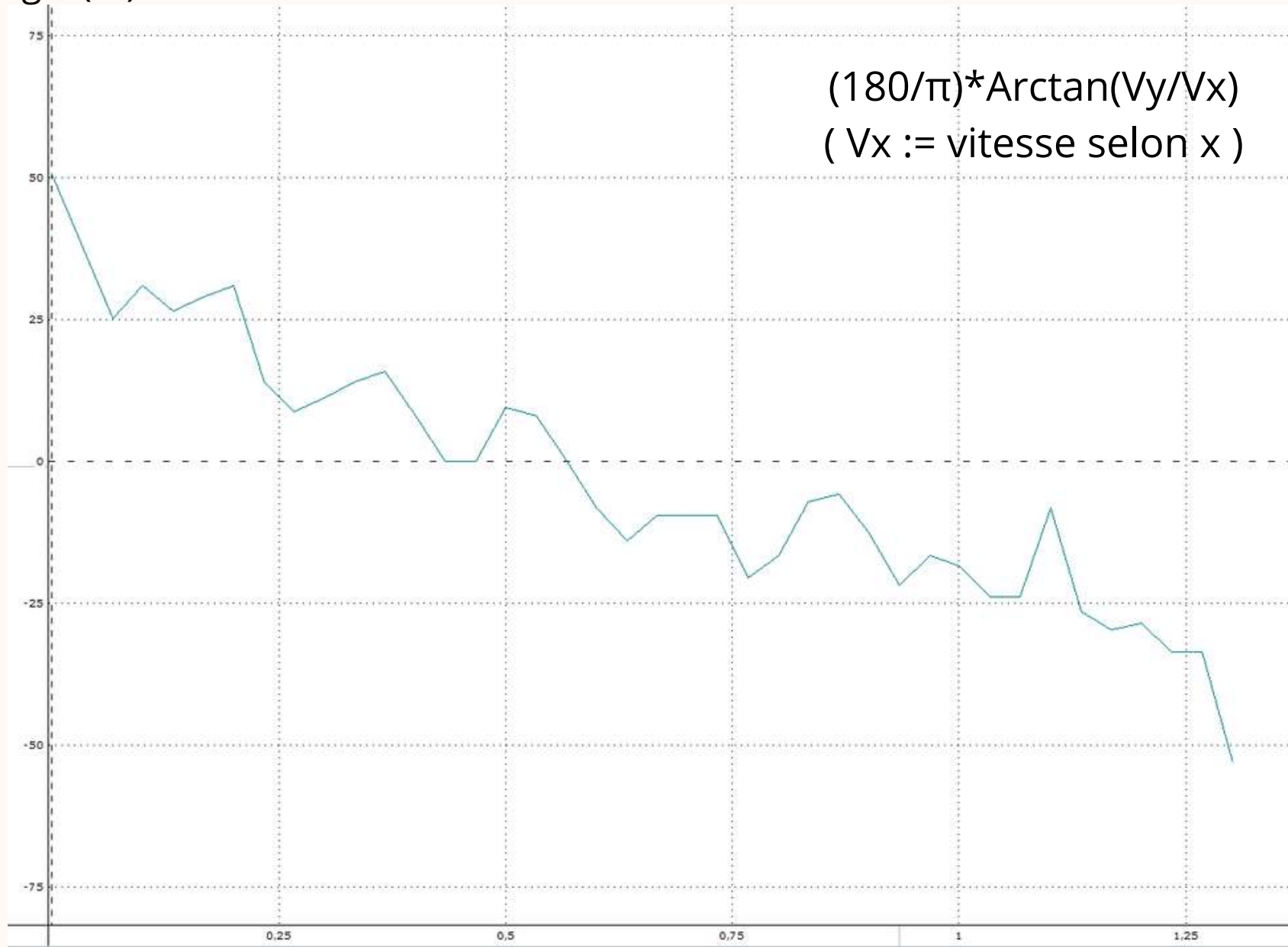
(m/s)



Angle vent/ javelot

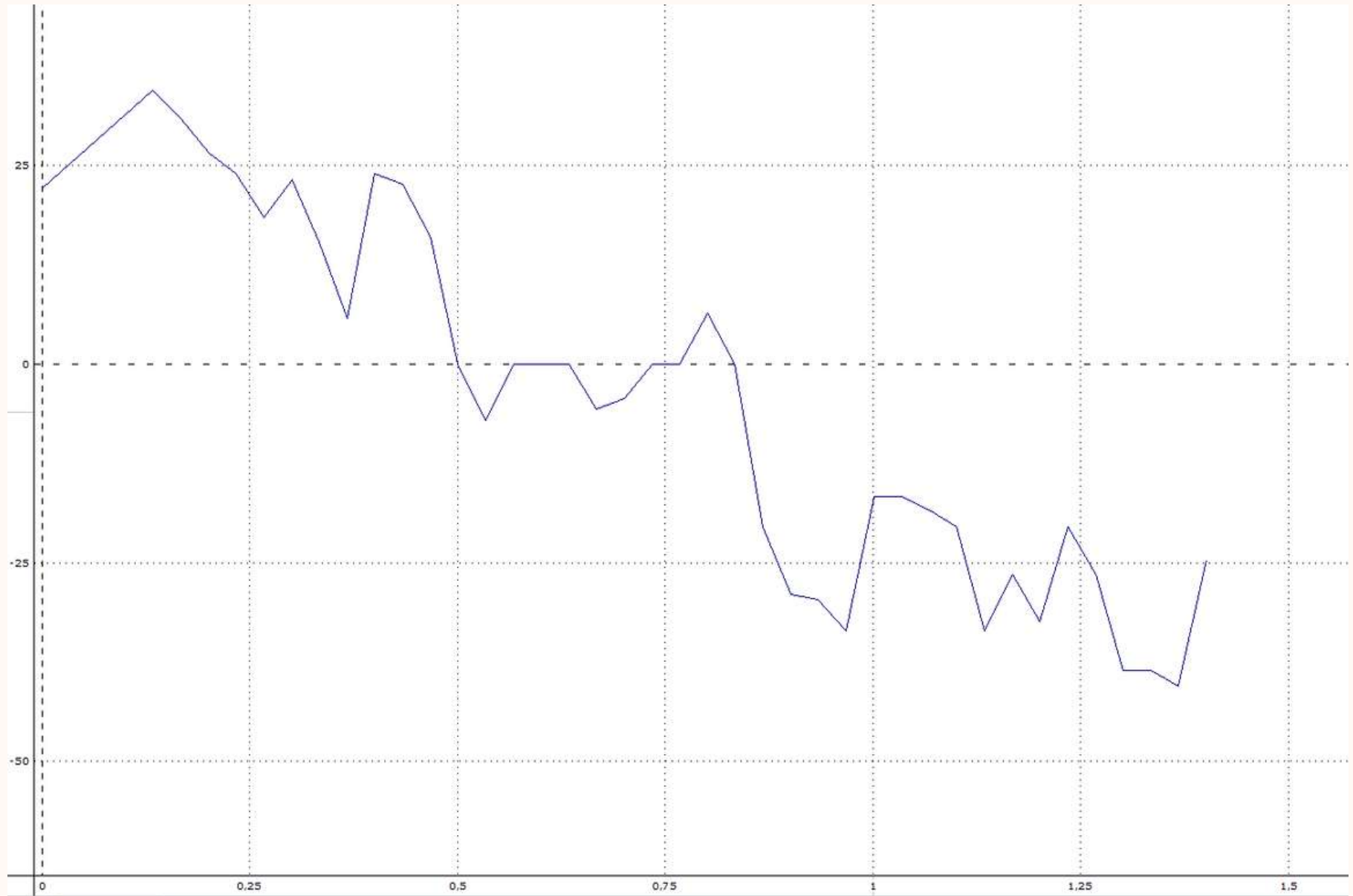
G actuel

angle (°)



G 5 cm vers l'avant

angle (°)

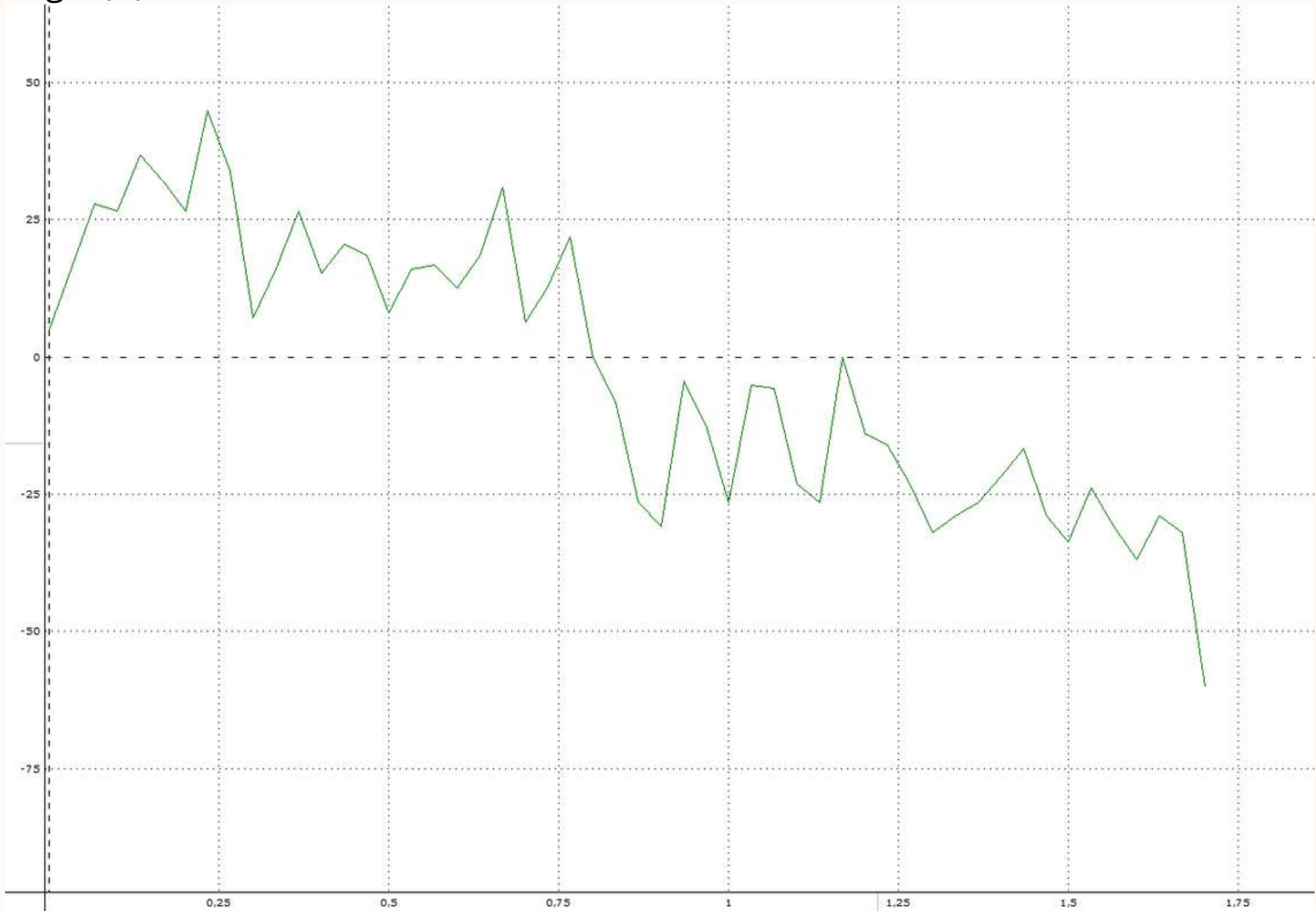


50

t(s)

angle (°)

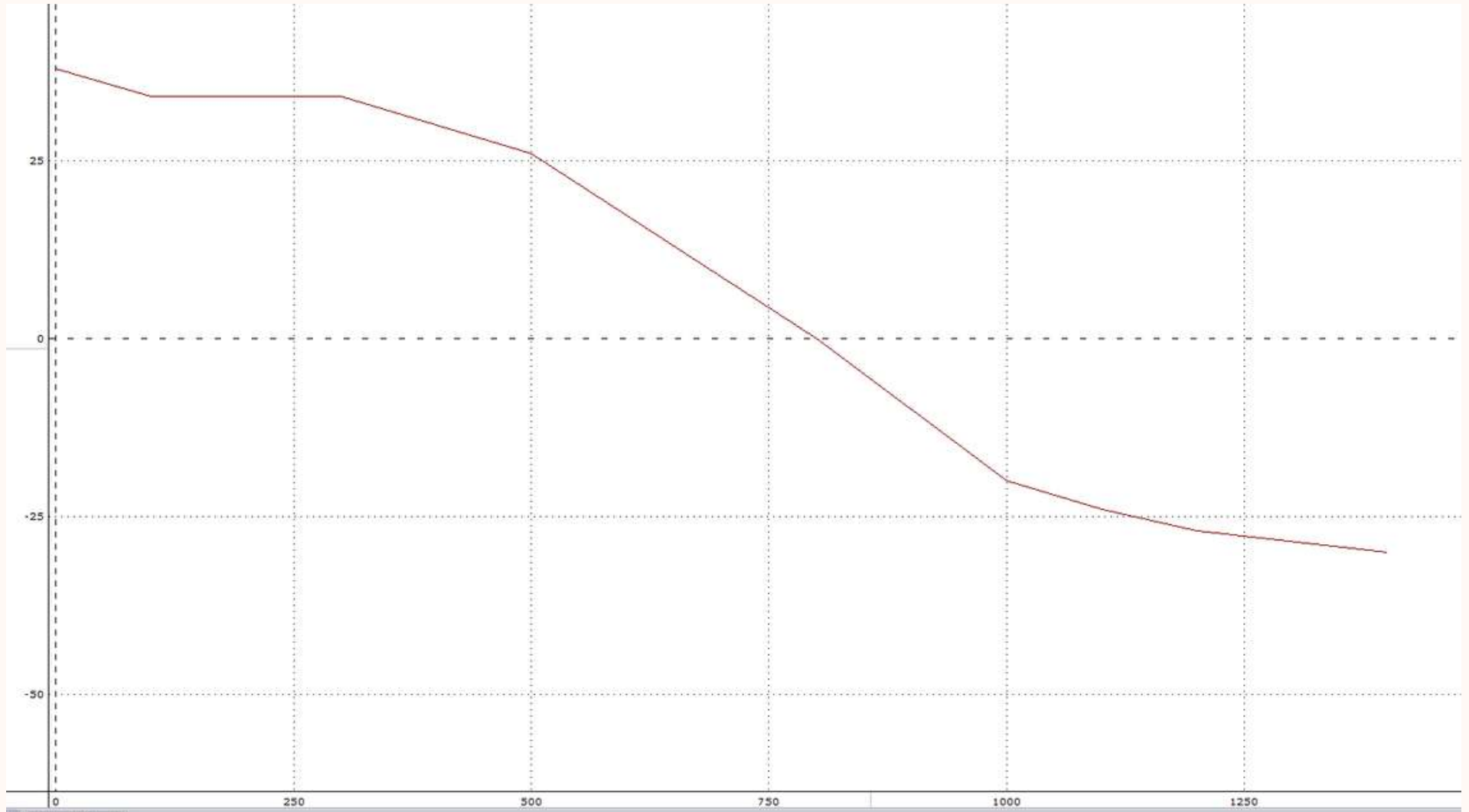
G 5 cm vers l'arrière



Angle javelot/ horizontale

G actuel

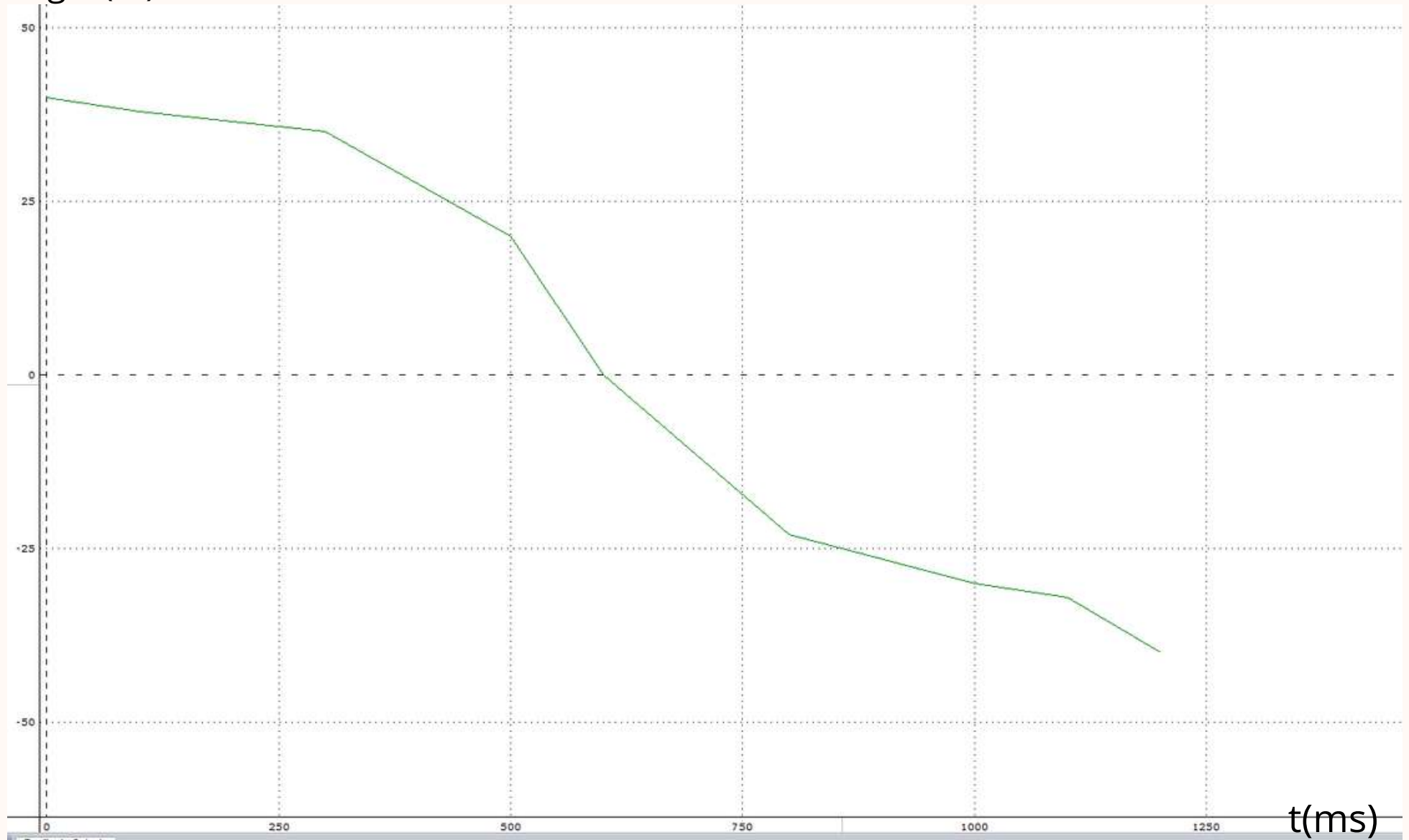
angle (°)



t(ms)
52

G 5 cm vers l'avant

angle (°)



G 5 cm vers l'arrière

angle (°)



t(ms)

54

Angle d'attaque

alpha (°)



t(ms)

IV.3- Force **aérodynamique**



Portance

Composante perpendiculaire à V

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot \mathbf{C}_Z \cdot S \cdot V^2$$

$\mathbf{C}_Z$ coefficient de portance

Traînée

Composante colinéaire à V

$$T = \frac{1}{2} \rho \cdot \mathbf{C}_X \cdot S \cdot V^2$$

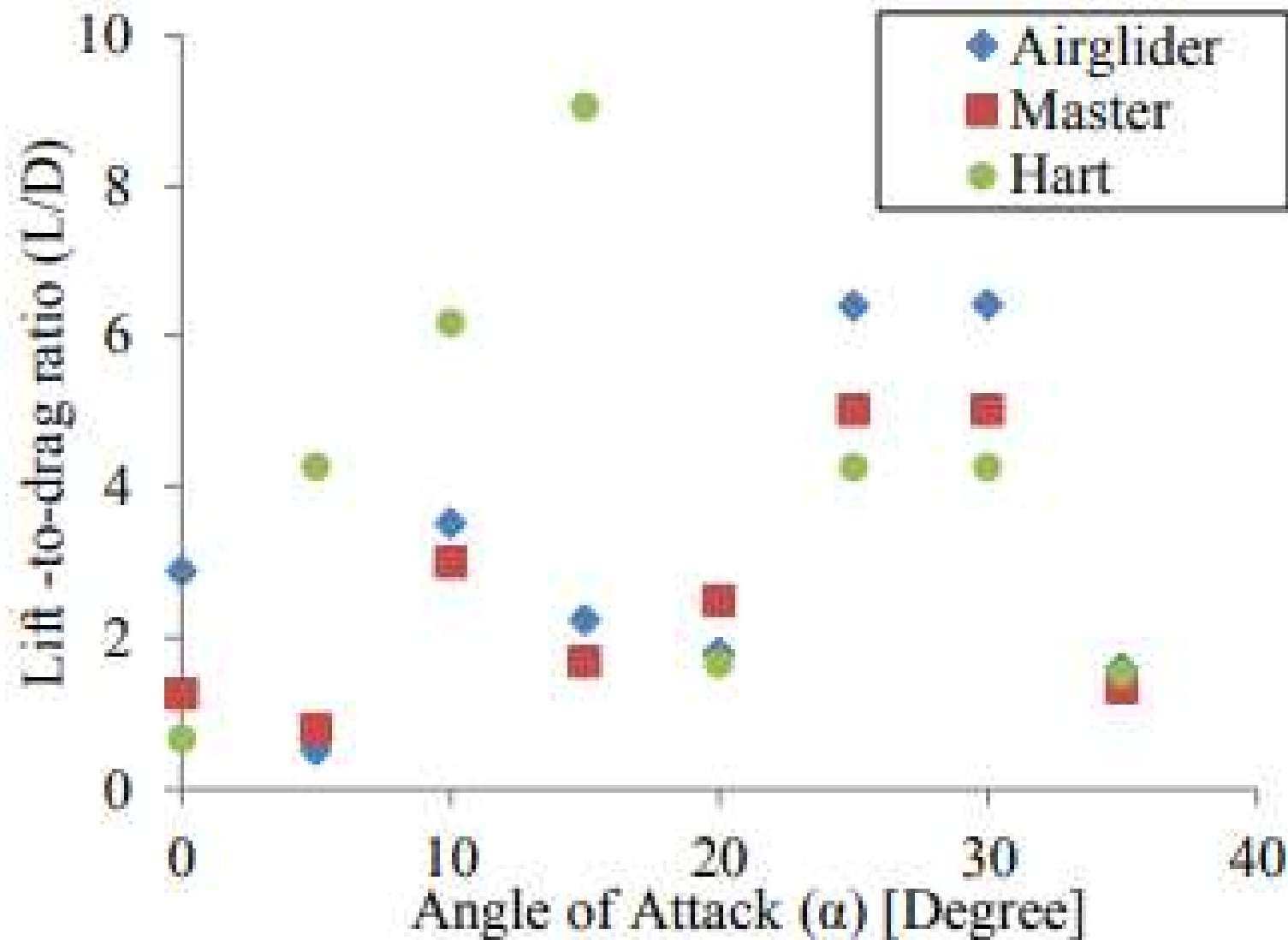
$\mathbf{C}_X$ coefficient de traînée

V = vitesse

Mesure de la force aérodynamique et du moment agissant sur un javelot
à l'aide d'un système de suspension magnétique et d'équilibrage

: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-275342>

Finesse aérodynamique par rapport à l'angle d'attaque



Conclusion

Annexes

```

import matplotlib.pyplot as plt

etienne_sans=[18.93,19.30,19.45,20.23,17.56,17.93,18.48,20.56,19.07,19.18]
etienne_avant=[15.6,16.1,16.4,17.0,17.5,15.9,16.8,17.2,17.8,17.7]
etienne_arriere=[21.8,19.0,21.5,19.3,21.3,19.5,21.0,19.8,20.6,20.2]

alexis_sans=[13.8,14.0,14.1,14.2,14.3,14.4,14.5,14.6,14.9,15.1]
alexis_avant=[12.7,14.3,12.8,14.2,12.9,14.1,13.0,14.0,13.2,13.8]
alexis_arriere=[14.6,16.4,14.8,16.2,15.0,16.0,15.3,15.7,16.0,15.0]

plt.figure(figsize=(8,6))

plt.scatter([0]*10,etienne_sans,color='blue',label='Sans modifications')
plt.scatter([1]*10,alexis_sans,color='blue')

plt.scatter([0]*10,etienne_avant,color='red',label="Modification vers l'avant")
plt.scatter([1]*10,alexis_avant,color='red')

plt.scatter([0]*10,etienne_arriere,color='green',label="Modification vers l'arrière")
plt.scatter([1]*10,alexis_arriere,color='green')

plt.xticks([0,1],['Etienne','Alexis'])
plt.xlabel('Athlètes')
plt.ylabel('Longueur des lancers (m)')
plt.title('Lancers pour un déplacement de 5 cm')
plt.grid(True,linestyle='--',alpha=0.5)
plt.legend()
plt.ylim(12,22)

plt.tight_layout()
plt.show()

```

```

# — Dessin des boîtes à moustaches —————
for g_idx, athlete in enumerate(athletes):
    x_pos = 1 + g_idx * group_gap
    for serie in series_names:
        w1, Q1, med, Q3, wh = data[athlete][serie]
        fc = styles[serie]["facecolor"]
        ec = styles[serie]["edgecolor"]
        cap = box_width * 0.35
        ax.add_patch(mpatches.FancyBboxPatch(
            (x_pos - box_width / 2, Q1), box_width, Q3 - Q1,
            boxstyle="square,pad=0", linewidth=1.2, edgecolor=ec, facecolor=fc))
        ax.plot([x_pos - box_width/2, x_pos + box_width/2], [med, med], color=ec, linewidth=1.5, linestyle="--")
        ax.plot([x_pos, x_pos], [Q3, wh], color=ec, linewidth=1.2)
        ax.plot([x_pos, x_pos], [Q1, w1], color=ec, linewidth=1.2)
        ax.plot([x_pos - cap, x_pos + cap], [wh, wh], color=ec, linewidth=1.2)
        ax.plot([x_pos - cap, x_pos + cap], [w1, w1], color=ec, linewidth=1.2)

# — Mise en forme des axes —————
x_centers = [1 + g * group_gap for g in range(len(athletes))]
ax.set_xticks(x_centers)
ax.set_xticklabels(athletes, fontsize=12)
ax.set_xlim(0.3, max(x_centers) + 0.7)
ax.set_ylim(12, 23)
ax.set_yticks(range(12, 24))
ax.set_ylabel("Longueur des lancers (m)", fontsize=11)
ax.yaxis.grid(True, color="lightgrey", linewidth=0.7, zorder=0)
ax.set_axisbelow(True)
for spine in ["top", "right", "left"]:
    ax.spines[spine].set_visible(False)
ax.spines["bottom"].set_linewidth(0.8)
ax.tick_params(left=False)

# — Légende —————
legend_handles = [
    mpatches.Patch(facecolor=styles[s]["facecolor"], edgecolor=styles[s]["edgecolor"], label=s, linewidth=1.2)
    for s in series_names
]
ax.legend(handles=legend_handles, loc="lower center", bbox_to_anchor=(0.5, -0.14), ncol=3, frameon=False, fontsize=10)

plt.tight_layout()
plt.savefig("boites_moustaches_5cm.png", dpi=150, bbox_inches="tight")
plt.show()

```

```

import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.patches as mpatches
import numpy as np

# — Données brutes —
etienne_sans = [18.93, 19.30, 19.45, 20.23, 17.56, 17.93, 18.48, 20.56, 19.07, 19.18]
etienne_avant = [15.6, 16.1, 16.4, 17.0, 17.5, 15.9, 16.8, 17.2, 17.8, 17.7]
etienne_arriere = [21.8, 19.0, 21.5, 19.3, 21.3, 19.5, 21.0, 19.8, 20.6, 20.2]
alexis_sans = [13.8, 14.0, 14.1, 14.2, 14.3, 14.4, 14.5, 14.6, 14.9, 15.1]
alexis_avant = [12.7, 14.3, 12.8, 14.2, 12.9, 14.1, 13.0, 14.0, 13.2, 13.8]
alexis_arriere = [14.6, 16.4, 14.8, 16.2, 15.0, 16.0, 15.3, 15.7, 16.0, 15.0]

# — Calcul des statistiques Tukey [wl, Q1, médiane, Q3, wh] —
def stats(v):
    q1, med, q3 = np.percentile(v, [25, 50, 75])
    iqr = q3 - q1
    return [max(min(v), q1 - 1.5*iqr), q1, med, q3, min(max(v), q3 + 1.5*iqr)]

data = {
    "Etienne": {"Sans modification": stats(etienne_sans), "CG 5 cm vers l'avant": stats(etienne_avant), "CG 5 cm vers l'arrière": stats(etienne_arriere)},
    "Alexis": {"Sans modification": stats(alexis_sans), "CG 5 cm vers l'avant": stats(alexis_avant), "CG 5 cm vers l'arrière": stats(alexis_arriere)},
}

# — Couleurs (fond pastel + bordure vive) —
styles = {
    "Sans modification": {"facecolor": "#AEC6E8", "edgecolor": "#4472C4"},
    "CG 5 cm vers l'avant": {"facecolor": "#F4AAAA", "edgecolor": "#C0392B"},
    "CG 5 cm vers l'arrière": {"facecolor": "#B5D8A0", "edgecolor": "#27AE60"},
}
series_names = list(styles.keys())
athletes = list(data.keys())

# — Initialisation du graphique —
fig, ax = plt.subplots(figsize=(9, 6))
ax.set_facecolor("white")
fig.patch.set_facecolor("white")
box_width = 0.5
group_gap = 2.0

```