

# *Les drones thermiques*

*étudié par : Wissal Amghar*

*N° d'inscription: 22343*

*Encadrée par : salhi abdelaziz*

# Sommaire :

## Introduction

### 1. Thermographie infrarouge

1. Principe de la mesure de température avec le drone thermique .

2. Flux mesuré par la camera infrarouge

3. bolomètre

3.1. définition et fonctionnent

3.2. bruits du bolomètre

3.3. optimisation de bolomètre

3.4. comparaison avec la détection quantique

4. expérience

### 2. Mécanique du drone:

2.1 mouvements possibles

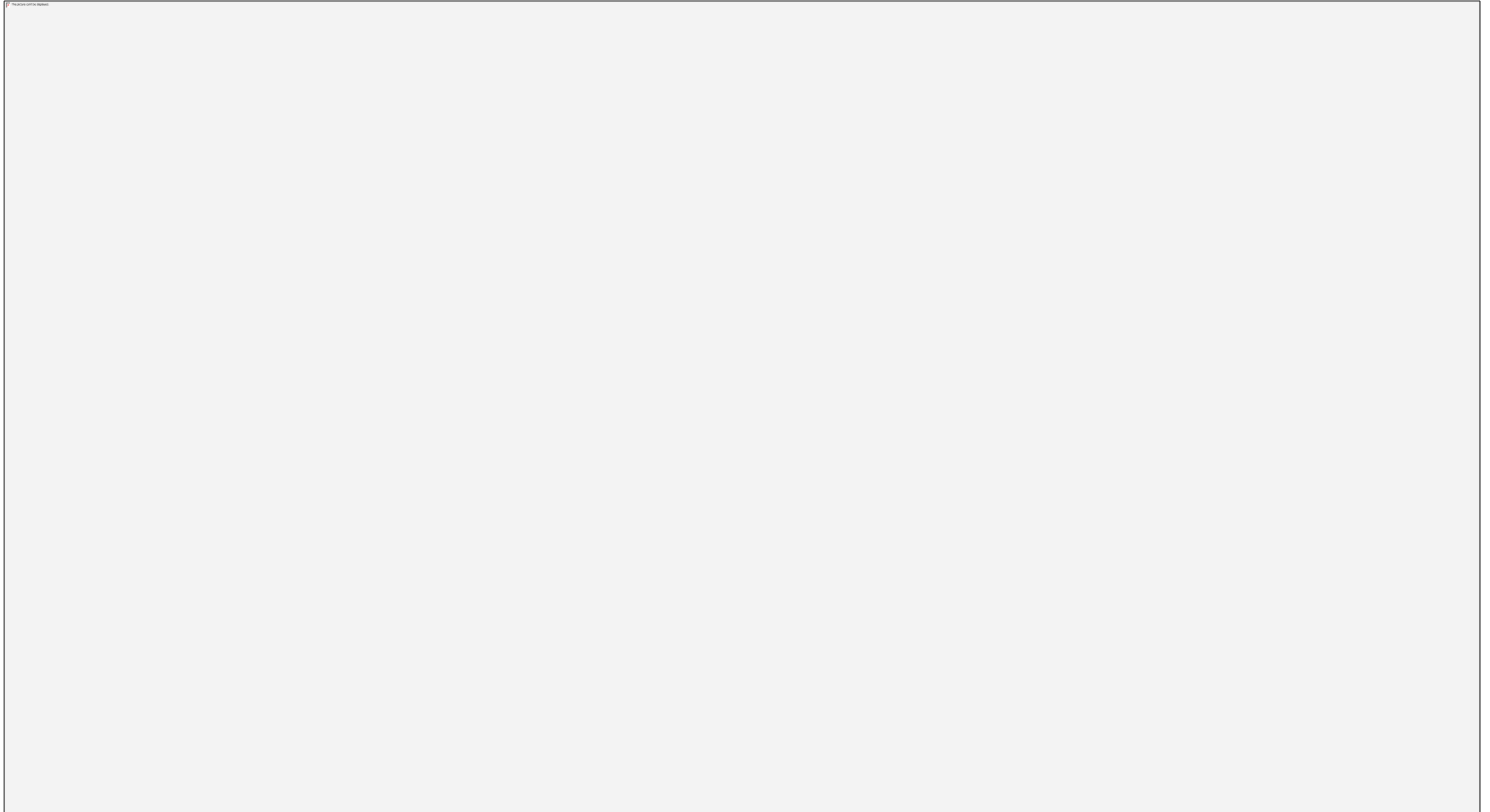
2.2. forces appliquées sur le drone

2.3. Modes de vol

# *1. Thermographie infrarouge*

## 1.1. principe de mesure de température :

La lumière infrarouge (I.R) est invisible a l'œil humain.



## 1.2. Flux mesuré par la camera thermique



$$\Phi_{\text{mesure}} = \Phi_{\text{emis}} + \Phi_{\text{reflechi}}$$

$$\Phi_{\text{mesure}} = \tau_a (\varepsilon_0 \Phi(T_0) + (1 - \varepsilon_0) \Phi(T_0)) + (1 - \varepsilon_0) \Phi(T_0)$$



## 1.3.1. DÉTECTION BOLOMÉTRIQUE :

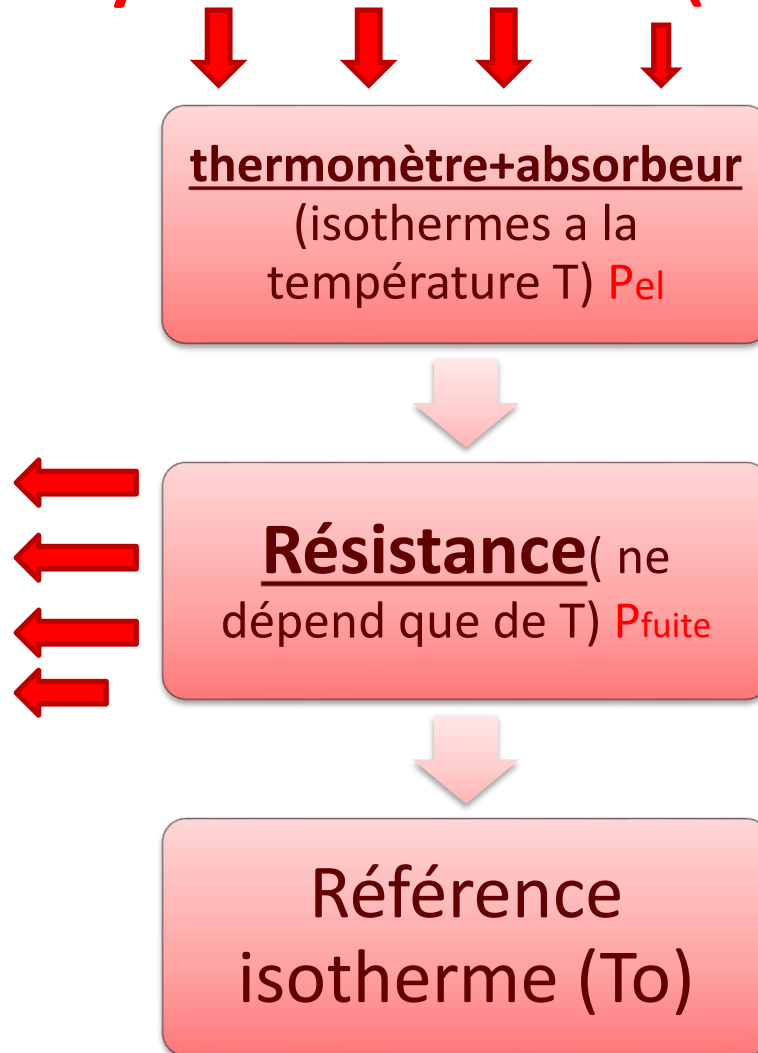
### *Définition d'un détecteur bolométrique:*

**Thermomètre à résistance électrique : mesure les faibles dégagements de chaleur .**

### **• Fonctionnement:**

**Les bolomètres fonctionnent dans la bande infrarouge à ondes longues (7-14  $\mu\text{m}$  ).**

# Rayonnement (Pray)



# Fonctionnement (bilan thermique)

*Cas d'un bolomètre idéal:*

$$\frac{dE}{dt} = C \cdot \frac{dT}{dt} = P_{ray} + P_{el} - P_{fuite}$$

Etude de la réponse bolométrique a une perturbation quelconque de température autour d'une point de fonctionnement stationnaire:

$$C \frac{d\tilde{T}}{dt} = \tilde{P}_{ray} + \tilde{P}_{el} - G_d \tilde{T}$$

avec



1<sup>er</sup> cas : thermomètre a coefficient de température négatif:





Pour une polarisation a tension constante, on a:



*La constante de temps apparente:*

Avec 
$$L = \frac{|\alpha| \cdot P_{el}}{G_d}$$



*Loi d'ohm:* ➡



*Finalement :*



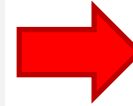
On pose :  $|Sv(w)| = \alpha \frac{V}{Gd} \cdot \frac{1}{1+L} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega\tau)^2}}$

$$B = \tau$$

$$A = \frac{\alpha \cdot V}{Gd} \cdot \frac{1}{1+L}$$

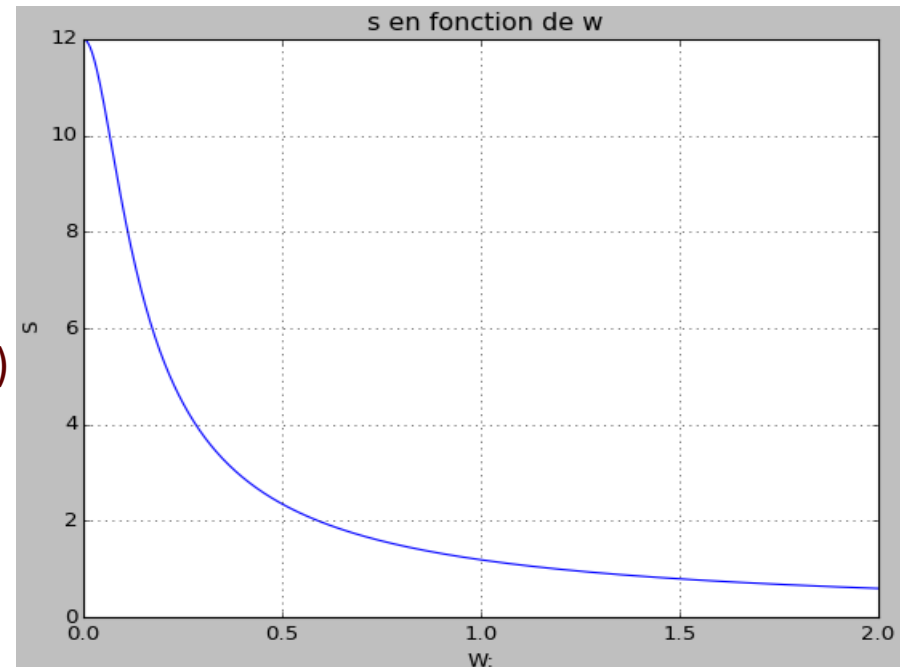
## 2eme cas : thermomètre a coefficient de température positif:

- La puissance électrique varie avec la température suivant:



### Allure du module de $S_1(w)$

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
A=12
B=10
w=np.linspace(0,2,1000)
s=A/np.sqrt(1+np.power(B,2)*np.power(w,2))
plt.plot(w,s)
plt.xlabel('W:')
plt.ylabel('S')
plt.title(" s en fonction de w")
plt.grid()
```



# 1.3.2.bruit dans le détecteur

## sources de bruit:

### 1.Bruits fondamentaux:

#### 1.1. fluctuations thermodynamique:

La densité spectrale des fluctuations de température :



#### 1.2.fluctuations de tension

(bruits Johnson): de même:

#### 1.3.contre réaction thermique:



# Bruits dans un bolomètre: (suite)

## 2.Bruits environnementaux

### **1.Microphonie**

### **2.Perturbations électromagnétiques:**

# 1.3.3.Optimisation du bolomètre

**Optimiser un bolomètre = augmenter sa sensibilité (NEP) .**

**on va procéder par minimisation des bruits du bolomètre**

expression liée aux bruits de photons et de Johnson  
(fluctuation de tension):



on pose:  $NET = \frac{1}{\alpha} \sqrt{\frac{4kBT}{P_{el}}}$

il vient:



**➔ paramètres a optimiser :**

$P_{el}$  ;  $G_d$  ;  $T$  (température du fonctionnement de cryostat)

Le NPE optimise est :

$$NEP \approx \sqrt{(15...25) \times 4 \times kB \times T_o \times Pray}$$

Après avoir trouvé :



conclusion: il est nécessaire de travailler dans des températures inférieures à 300mK

REMAEQUE : La capacité C n'influe que sur le temps de réponse de détecteur.

# Comparaison entre la détection thermique et quantique

## Détecteurs quantiques

- Coûts élevés
- S'usent avec le temps (les refroidisseurs cryogéniques ont une moyenne de vie de 20000 heures)
- Très sensibles ( détecte la moindre variation de la température )
- Des temps d'arrêts plus importants pour le service
- Fonctionnent généralement dans l'infrarouge moyenne (3-5 $\mu$ m)

## Détecteurs thermiques

- Peu coûteux
- Consommation faible d'énergie
- Peu de pièces mobiles
- Durée de vie plus longue
- Peu sensibles
- Fonctionnement dans la bande infrarouge à ondes longues (7-14  $\mu$ m)

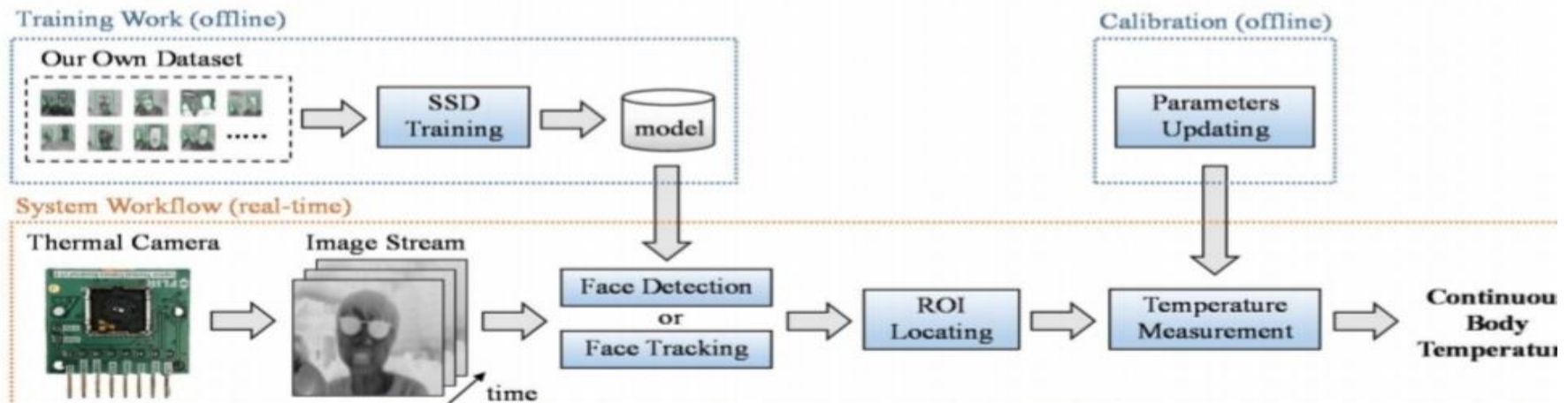


## 1.4. Détection du visage (expérience):

➔ La mesure exacte et précise avec camera thermique est généralement limitée par le temps de réaction et perturbée par le bruit de mouvement .

**BUT :** proposition d'un nouveau système qui mesure avec une très haute précision en présence de ces limitations .

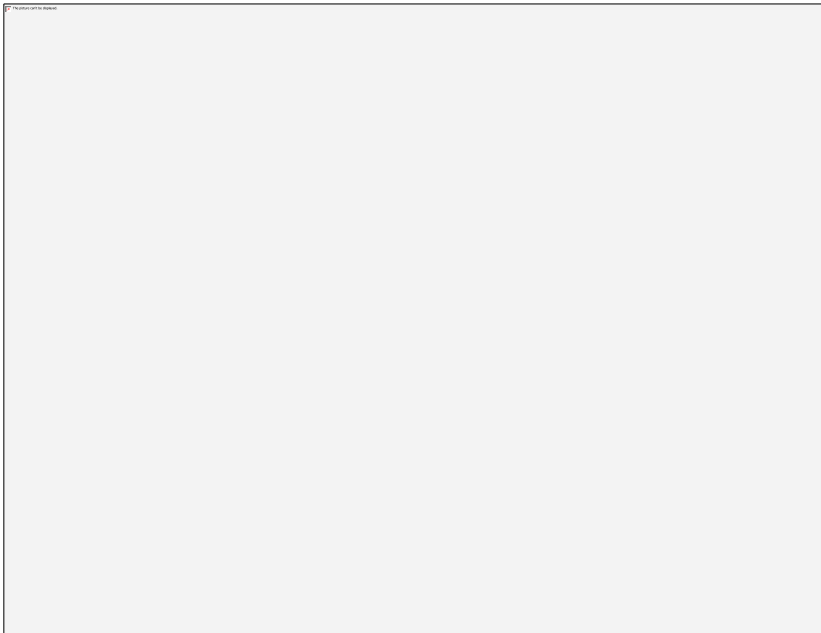
➔ Nous utiliserons la méthode de détection du visage basée sur l'algorithme de suivi d'objet afin de mesurer la température de la région d'intérêt (zone de front) . notée ROI.



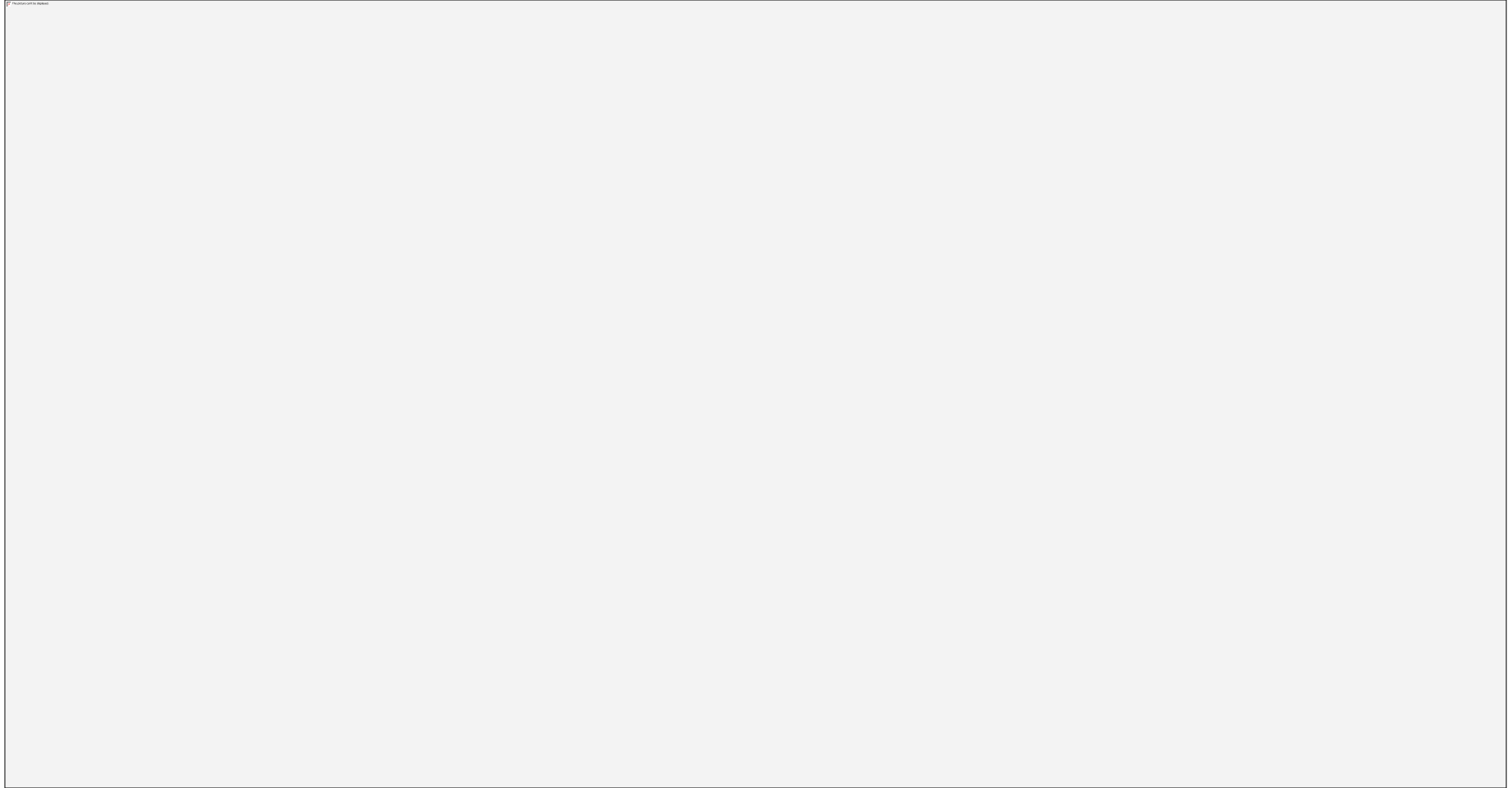
1. Détection de visage:

2. Détection de ROI:

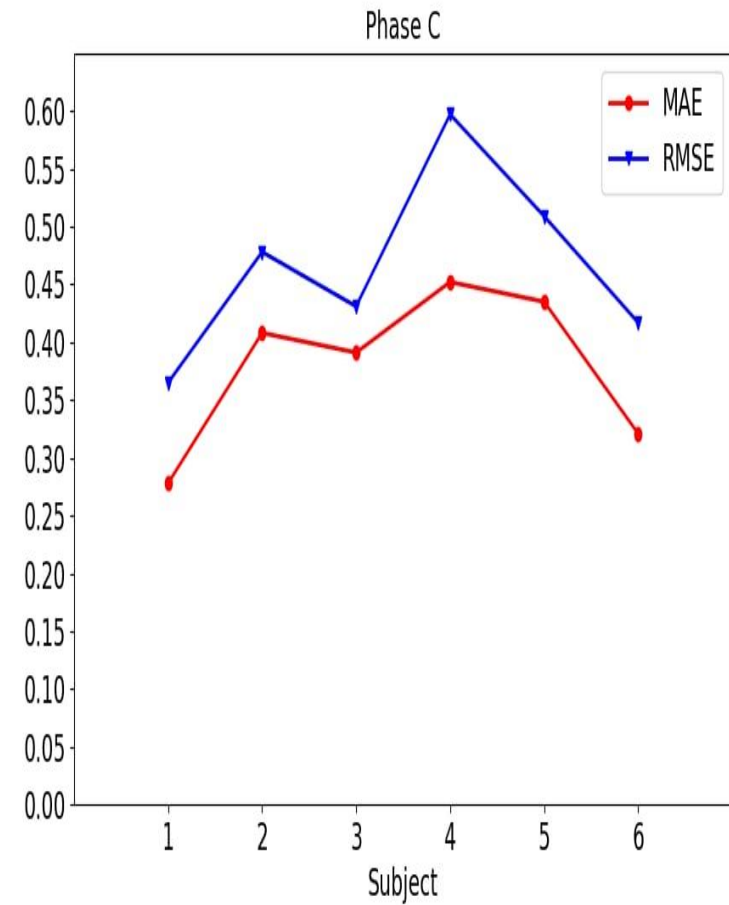
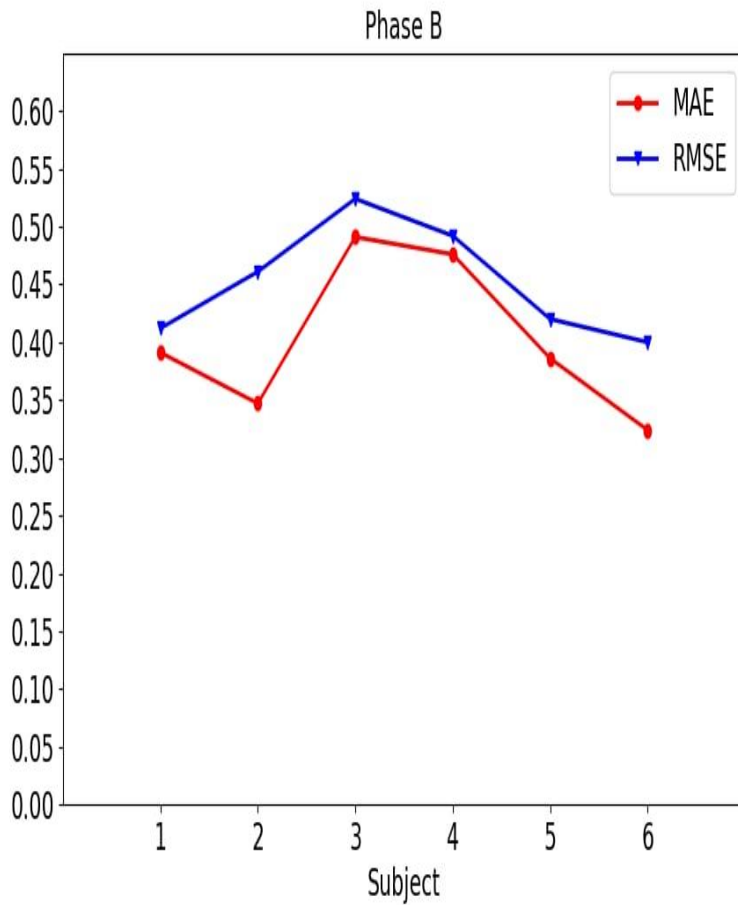
**Par la formule  
(caractérisation des visages):**



# Résultats de la simulation : phase A



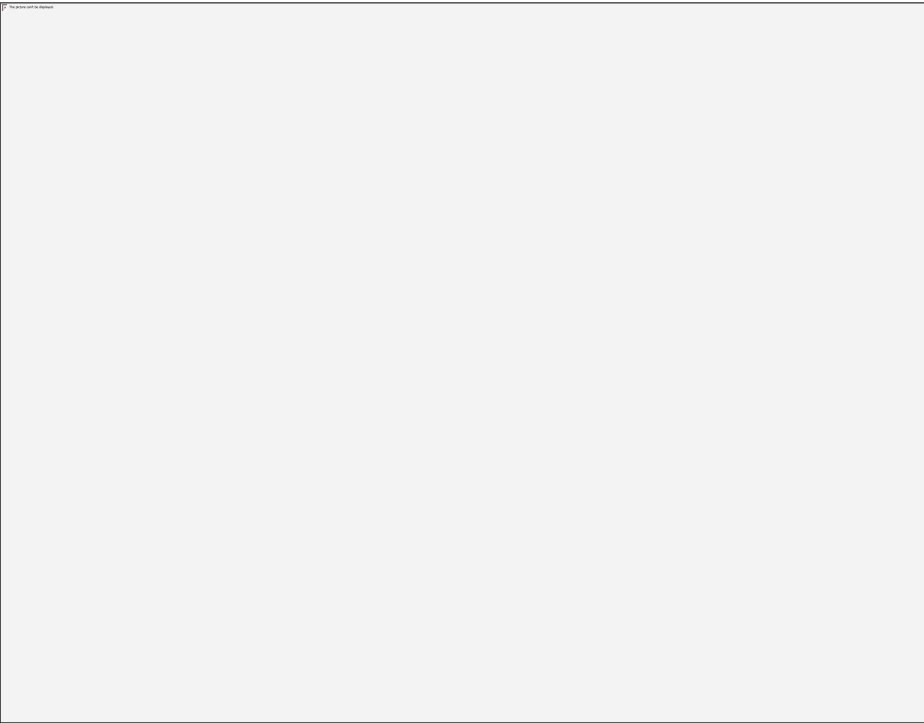
# Résultats de la simulation : phase B , phase C



# 2.Mécanique du drone

# 1. Mouvement possibles

## 1.1. Le lacet

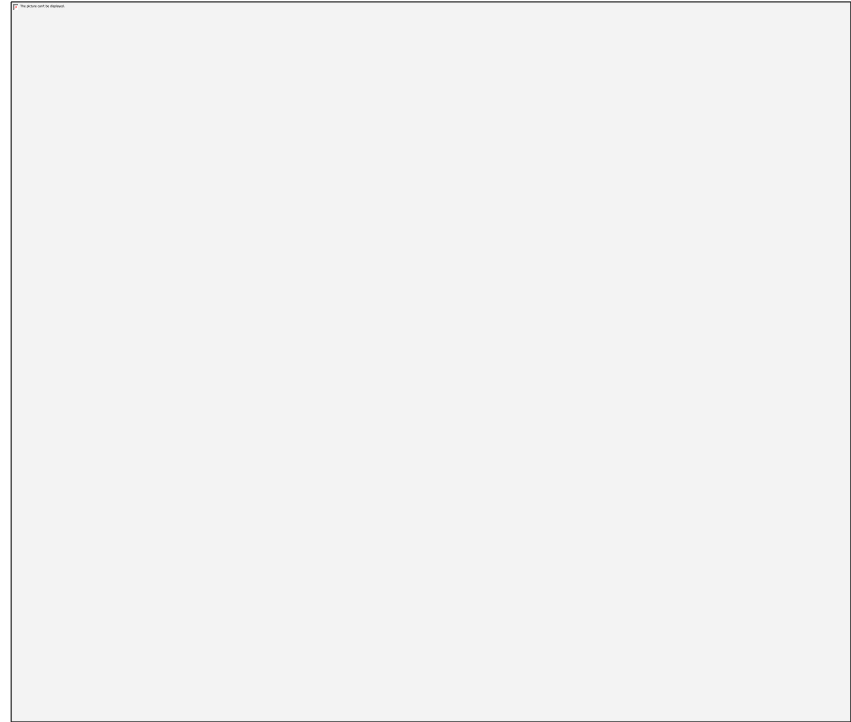
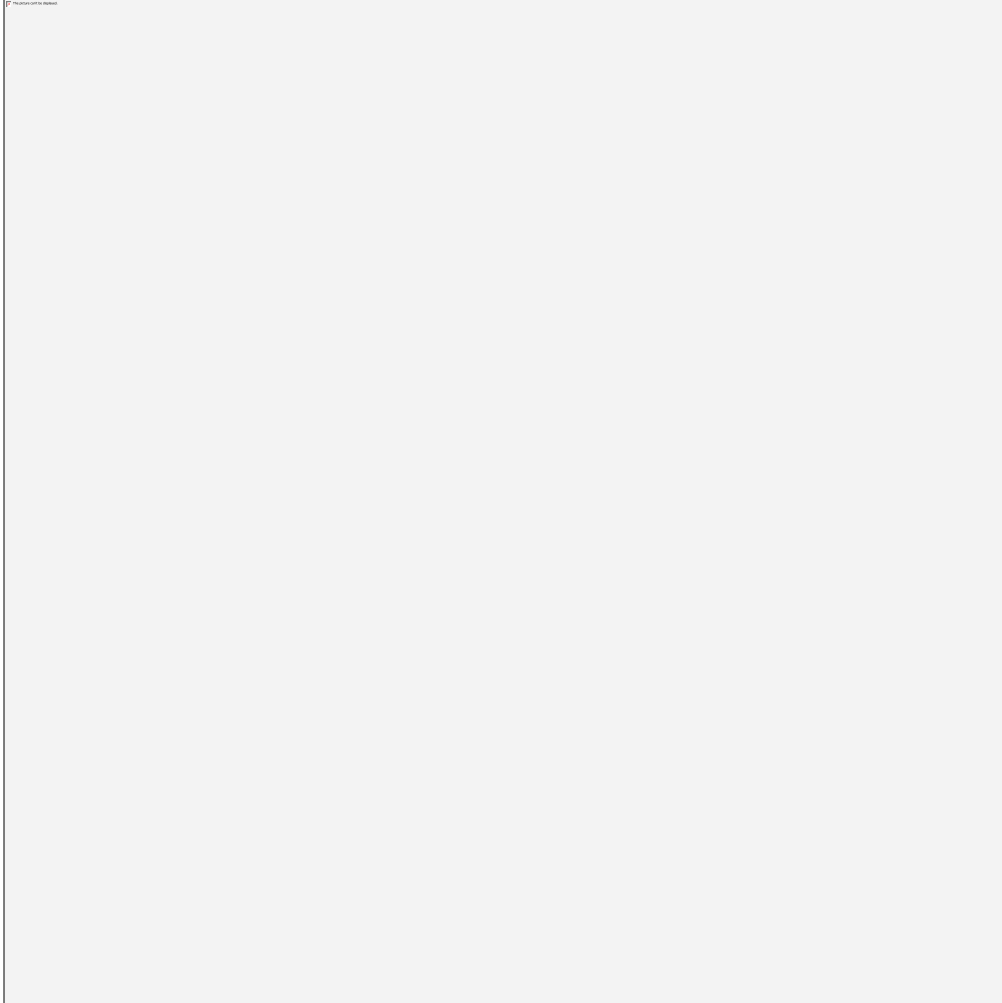


## 1.2. tangage et le roulis

Inclinaison selon les axes  
horizontaux:



## 2. Forces appliquées sur les drones



### 3. Modes de vols :

3.1. Vol vertical ;

3.2. Vol stationnaire ;

3.3. Vol de translation ;



FIN

***Merci pour votre attention***