



LEPL1501 – PROJET P1 – Q1

Décembre 2020

Groupe 11 .27 :

Thibault Lootvoet, Romain Loncour, Hugolin Louis,
Nicolas Luyckx, Safiya Nouidei et Clara Nys

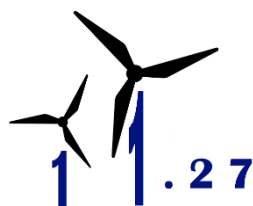


Table des matières:

Introduction	3
Cahier des charges	4
Commentaires sur le CDC	5
Schéma cinématique de la grue réelle	6
Conception du prototype	7
Modèle physique.....	15
Description du fonctionnement du programme informatique.....	17
Simulations du mouvement d'oscillation	18
Graphiques.....	23
Discussion des résultats.....	25
Construction de la maquette	26
Construction du prototype	27
Organisation de l'équipe.....	29
Slides et commentaires	37
Comptabilité.....	55
Conclusion.....	56

Introduction

Il y a maintenant près de deux mois, la famille de Bremaecker, persuadée que l'énergie éolienne est encore trop peu utilisée, a demandé aux étudiants de l'EPL en Bac 1, de conceptualiser une grue ainsi qu'une barge permettant d'assembler des éoliennes en pleine mer. Après avoir établi notre cahier des charges, (repris à la page suivante), nous, le groupe 11.27, composé de Romain, Clara, Hugolin, Nicolas, Thibault et Safiya, avons donc commencé à réfléchir à différents modèles.

En équipe, nous avons dû établir dans un premier temps toutes sortes de documents (To Do, cahier des charges, organisation de l'équipe, ...) afin que la progression du groupe se fasse dans les meilleures conditions.

Après de nombreuses réflexions individuelles suivies d'échanges, nous en sommes arrivés à un modèle de grue fonctionnel que nous avons pu réaliser ensemble dans les délais et qui a parfaitement répondu aux exigences attendues par la famille, comme vous le verrez dans la conclusion.

Vous trouverez dans ce recueil toutes les parties du travail qui ont permis d'arriver au résultat escompté. Du cahier des charges à la construction du prototype, en passant par les schémas et le code informatique, chaque étape du processus est retranscrite dans ce document.

Cahier des charges

Equipe 11.27		Cahier des charges d’une grue flottante permettant de construire une éolienne	Date : 17-11-2020
Mise à jour			Remplace : 2
Date	Origine		Version du :
Contexte : La famille De Bremaecker, très sensible aux questions environnementales et en particulier liées à la production d’énergie, pense que l’énergie éolienne est trop peu utilisée. Ils décident donc de sponsoriser un concours visant à promouvoir la recherche dans le domaine de la conception de grues			
17-11-2020	Equipe	<u>Fonctions principales</u> FP1. Pouvoir assembler toutes les parties d’une éolienne. FP2. La grue doit pouvoir être légère, facilement transportable, montable et	
17-11-2020	Equipe	<u>Critères et niveaux des FP</u> 1. L’éolienne a une hauteur totale de 210m, et 122m sans les pales. La grue doit pouvoir atteindre 122m. ¹ 2. La grue doit pouvoir soulever jusqu’à 90 tonnes. ² 3. Le grappin doit pouvoir saisir toutes les parties de l’éolienne y compris les	
17-11-2020	Equipe	<u>Fonctions de Contraintes</u> FC1. La grue doit être capable de flotter dans l’eau sans être submergée et tout en restant stable. FC2. La grue doit pouvoir résister aux intempéries en mer (températures, vent,	
17-11-2020	Equipe	<u>Critères et niveaux des FC</u> 1. La grue doit pouvoir résister à des températures allant de -19 degrés Celsius à 34°C ⁴ 2. La pluviométrie s’élève jusqu’à 110.9mm. ⁵ 3. La grue doit pouvoir résister à des rafales de vent allant jusqu’à 150km/h. ⁶ 4. La hauteur des vagues maximales peut atteindre jusqu’à 20m. ⁷	

1 <https://cpdp.debatpublic.fr/cdpd-eolienmer-pdlit/quelles-sont-caracteristiques-techniques-eoliennes-envisagees.html#:~:text=Le%20poids%20total%20d%27isolants,%20environ%203%20600%20kg.>

2 Idem 1

3 Idem 1

4 https://planificateur.a-contresens.net/europe/belgique/wallonie/la_cote/2793689.html

5 http://portail2.reseau-concept.net/Upload/sicco/fichiers/guide_enr_eolien.pdf

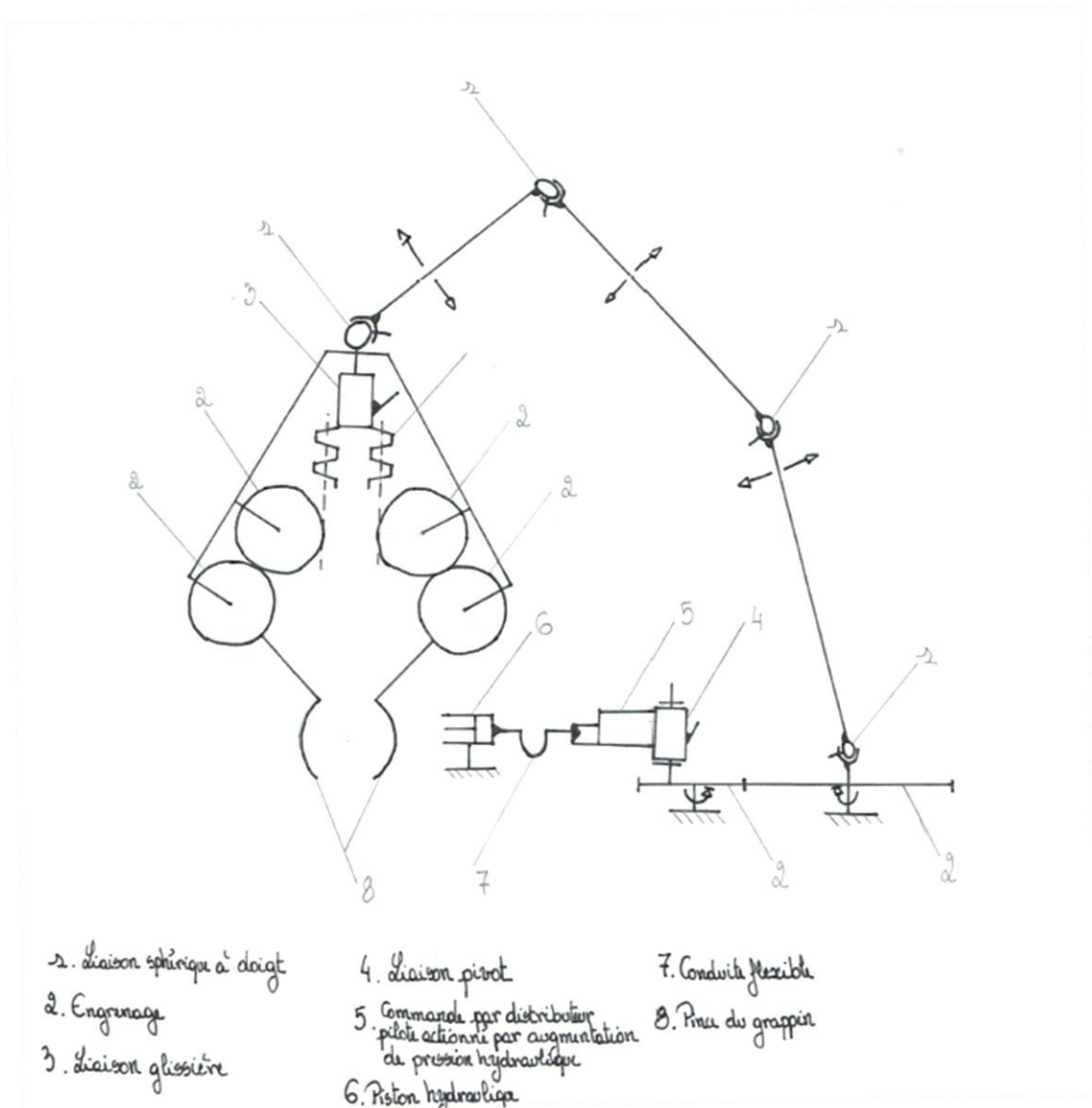
6 https://www.ifremer.fr/sextant_doc/dcsmm/documents/Evaluation_initiale/MMN/EE/MMN_EE_01_Climatologie_marine.pdf

7 <http://www.geoclimat.org/2016/12/record-hauteur-vague-atlantique-nord.html>

Commentaires sur le CDC

Concernant son évolution, notre cahier des charges du début du projet était assez complet sans pour autant nous restreindre donc nous avons décidé de le garder tel qu'il était. Cependant, nous avons ajouté des sources et nous avons précisé les critères et niveaux des fonctions de contraintes.

Schéma cinématique de la grue réelle



Explication du schéma : Le schéma cinématique est composé de trois parties différentes à savoir le système de rotation, le bras mécanique et le grappin. Ce dernier a été représenté de face par souci de compréhension. Tous les mouvements que la grue effectue sont déclenchés par des seringues représentées sur ce schéma comme des vérins hydrauliques. Le système de rotation transforme le mouvement rectiligne de la seringue en mouvement de rotation à l'aide d'une liaison pivot entre la seringue et un cylindre qui sort de l'engrenage. Il s'agit d'un système bielle-manivelle présent notamment dans les moteurs à explosion. Cet engrenage en mouvement enclenche le mouvement d'un autre engrenage sur lequel est disposé la grue. La grue en elle-même est constituée de 3 bras mobiles reliés entre eux par des liaisons sphériques à doigt. Le grappin est composé d'une crémaillère reliée à des engrenages encore une fois reliés à des engrenages sur lesquels sont fixées les pinces du grappin.

Conception du prototype

Premières idées

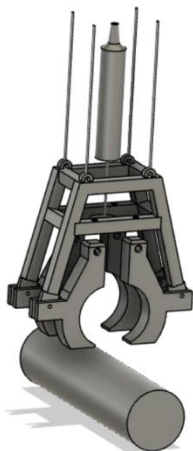
Plusieurs idées ont été émises et nous avons tous contribué à la conception de notre grue finale. Au fil du projet, nous avons su rassembler nos idées pour créer un prototype que nous avons pu peaufiner.

Trois étudiants avaient conceptualisé un grappin lors de la S4 et les trois autres une grue. Nous nous sommes basés sur ces schémas pour élaborer notre premier grappin et la première version de la grue.

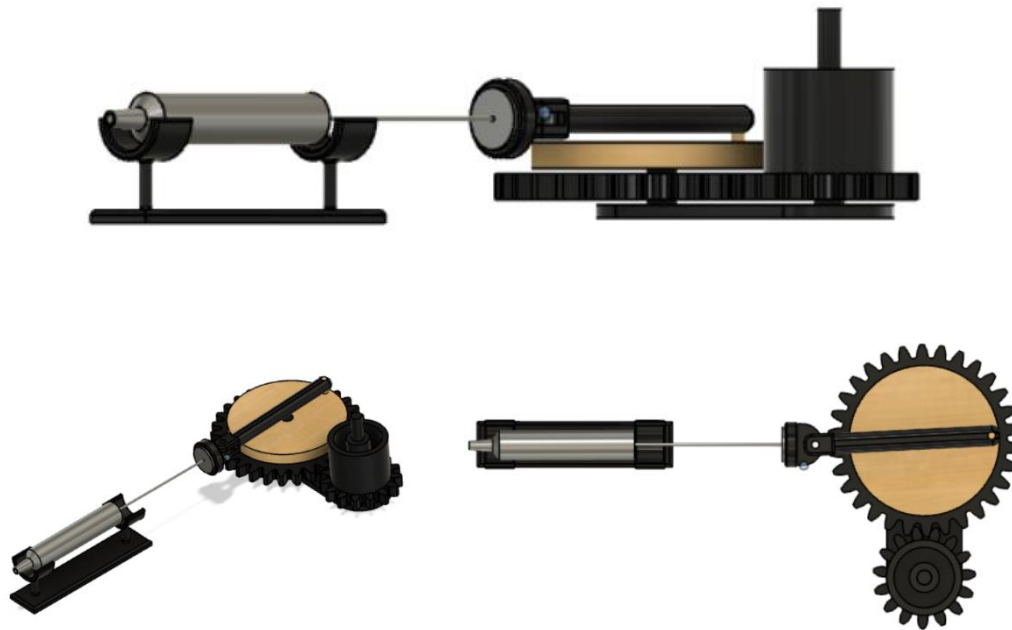
La modélisation du grappin se fit en parallèle de la modélisation de la grue ce qui engendra une incompatibilité des deux parties. Le règlement du concours stipulait que les morceaux d'éoliennes étaient à prendre couchés et à redresser verticalement. Notre grappin était censé être suspendu par des câbles à la grue mais malheureusement cela ne permettait pas de faire pivoter le grappin.

Cheminement

La grue du pré-jury n'avait aucun lien avec notre grue finale. Ce sera explicité plus loin dans le rapport. Comme expliqué précédemment, le grappin, bien que déjà modélisé et imprimé, s'est révélé ne pas être la solution optimale pour le jury final. Voici tout de même quelques images de celui-ci :



Après le pré-jury, nous avons repensé toute la modélisation pour remédier aux soucis rencontrés. Notre prototype se compose de quatre parties principales : le grappin⁹, le bras articulé, le système de rotation de la grue et la barge. Nous avons décidé qu'il serait le plus optimum de construire un bras articulé. Constitué de trois parties et actionnable grâce au système de vérins, il est posé sur le système de rotation. Le système de rotation fonctionne grâce à un engrenage qui est enclenché par un autre engrenage qui est lui-même entraîné par le mouvement de la seringue. Ce système est comparable aux roues d'une locomotive à vapeur.

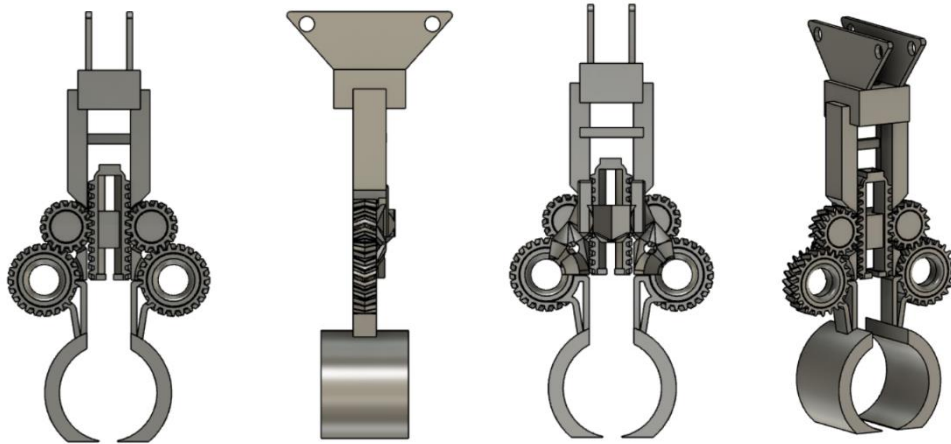


Le grappin, quant à lui, est également basé sur un dispositif d'engrenages et de crémaillère.

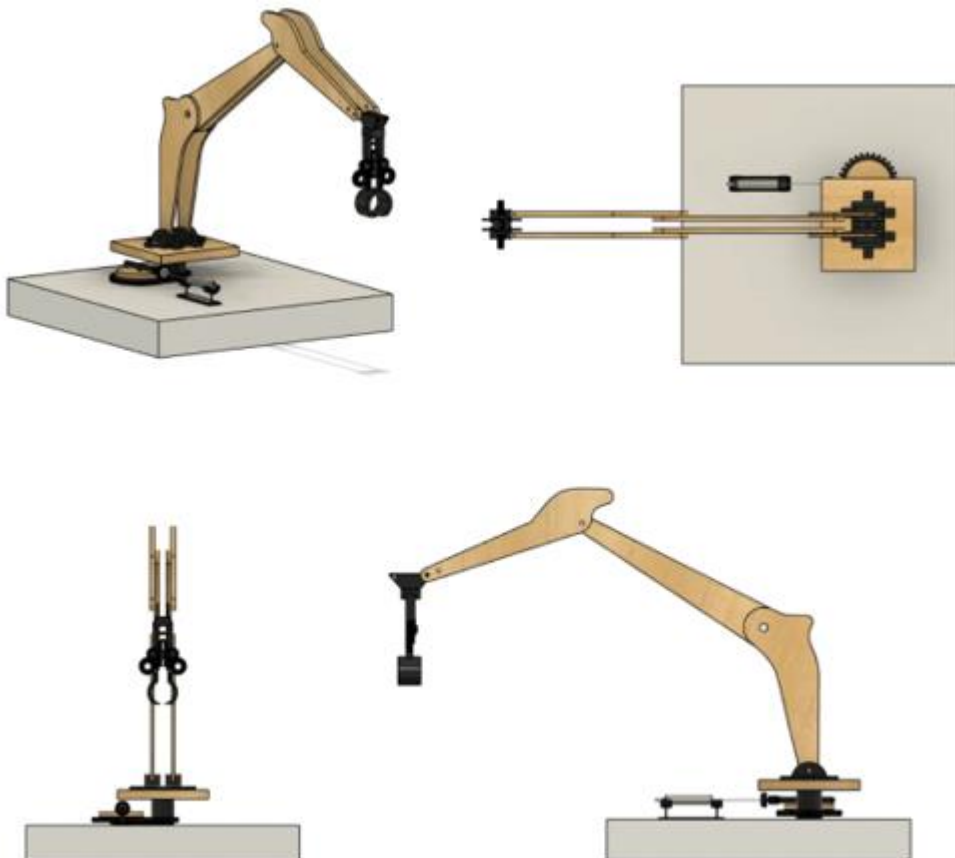
Voici le lien permettant d'accéder aux plans d'impression du grappin (6 fichiers stl) :

<https://github.com/Thibaultofc/LEPL1501-Projet-1-Q1-2020>

⁹ <https://www.thingiverse.com/thing:2917515> Nous avons modifié cette pince afin de créer notre grappin.



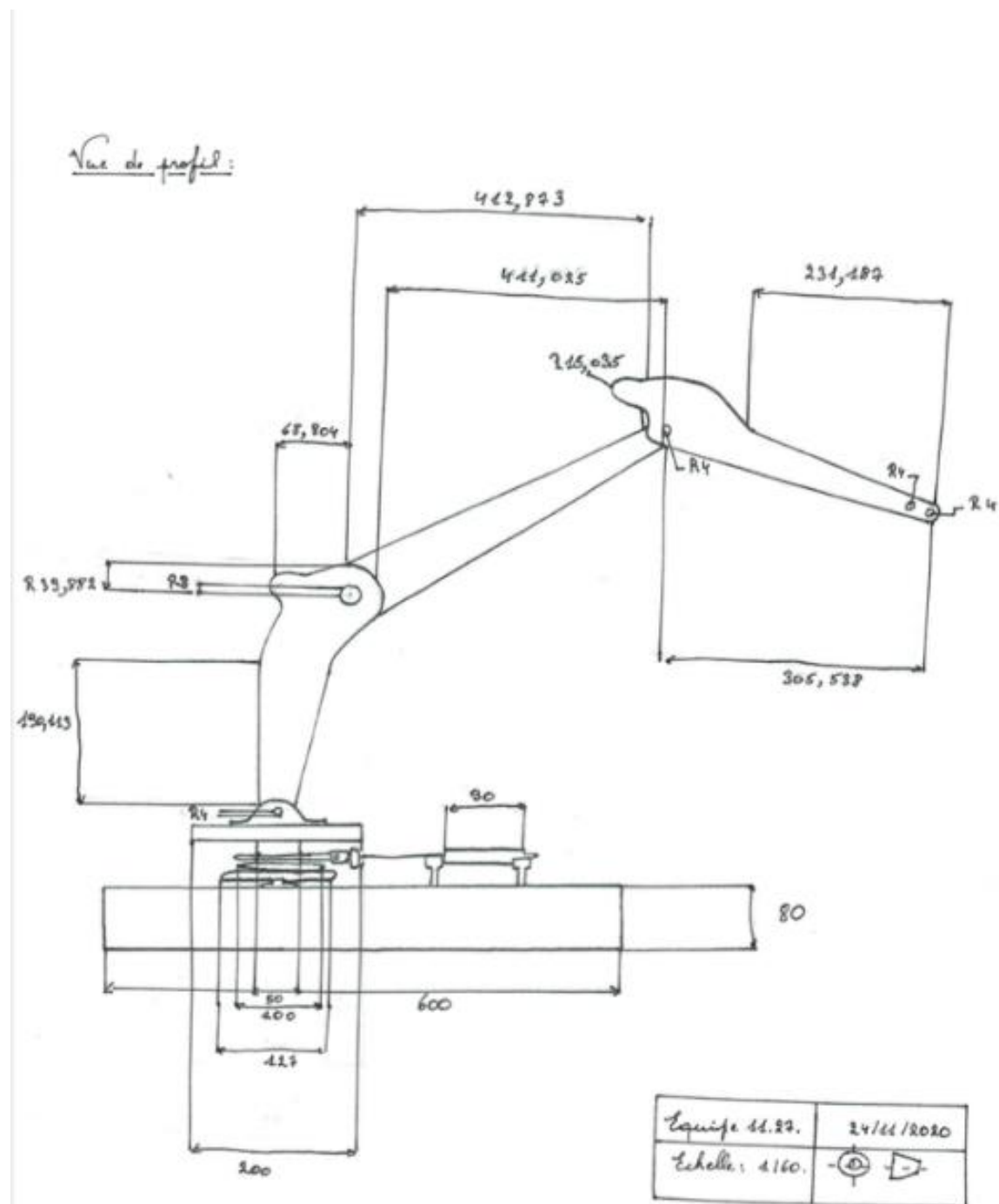
Aboutissement :



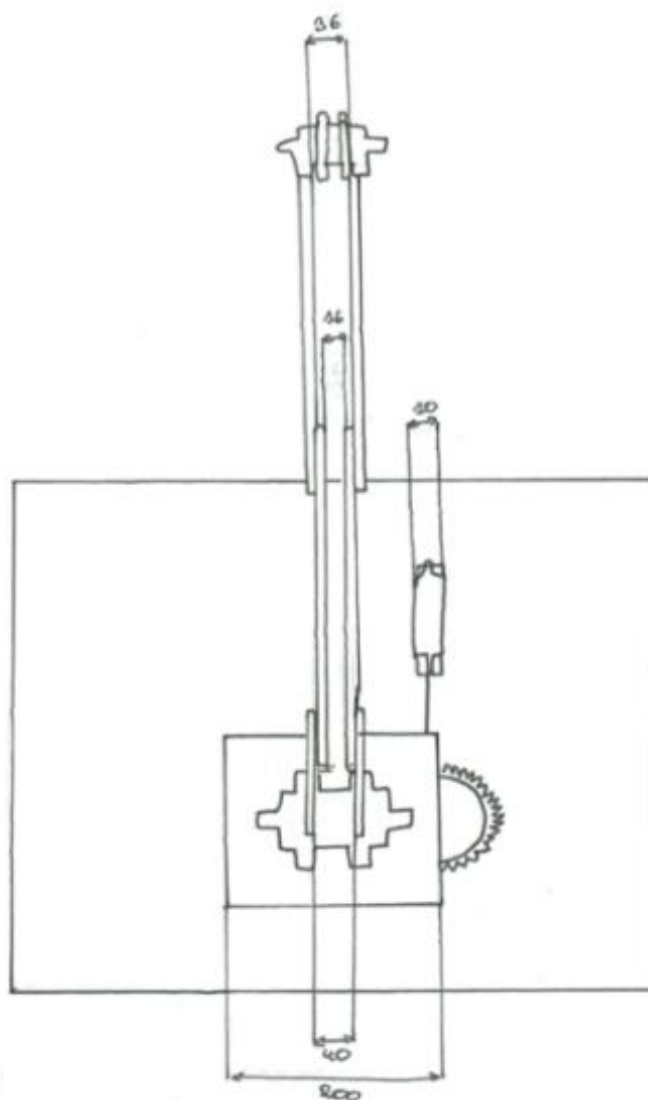
Nous avons décidé de séparer nos dessins techniques en deux parties pour une meilleure lisibilité :

- Grue
- Grappin

Le grappin a dû être simplifié vu sa complexité. Les cotes des engrenages sont les cotes utilisées pour caractériser plusieurs cercles et les cotes de certaines parties beaucoup trop complexes n'ont pas été notées.



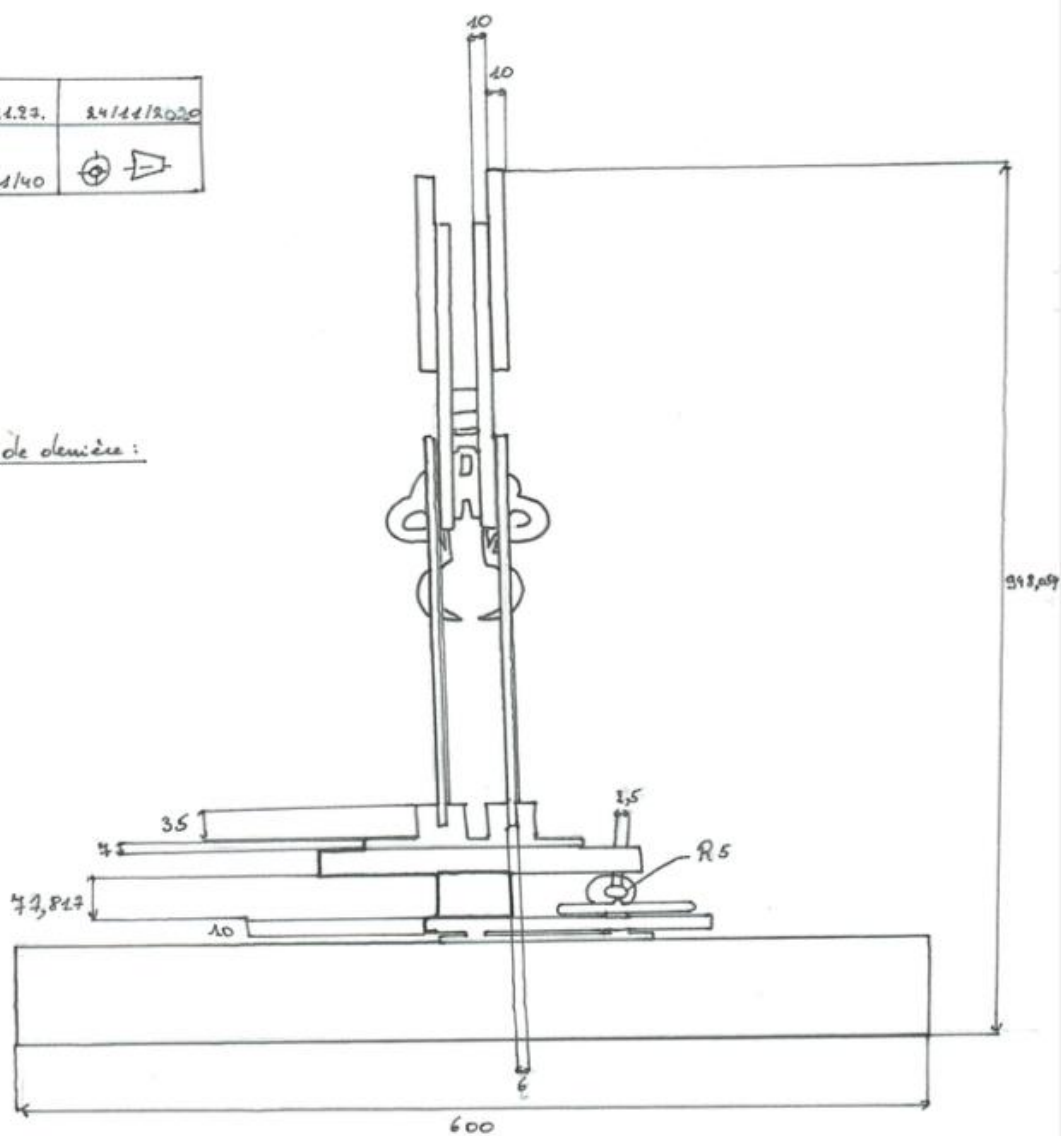
Vue du dessus :

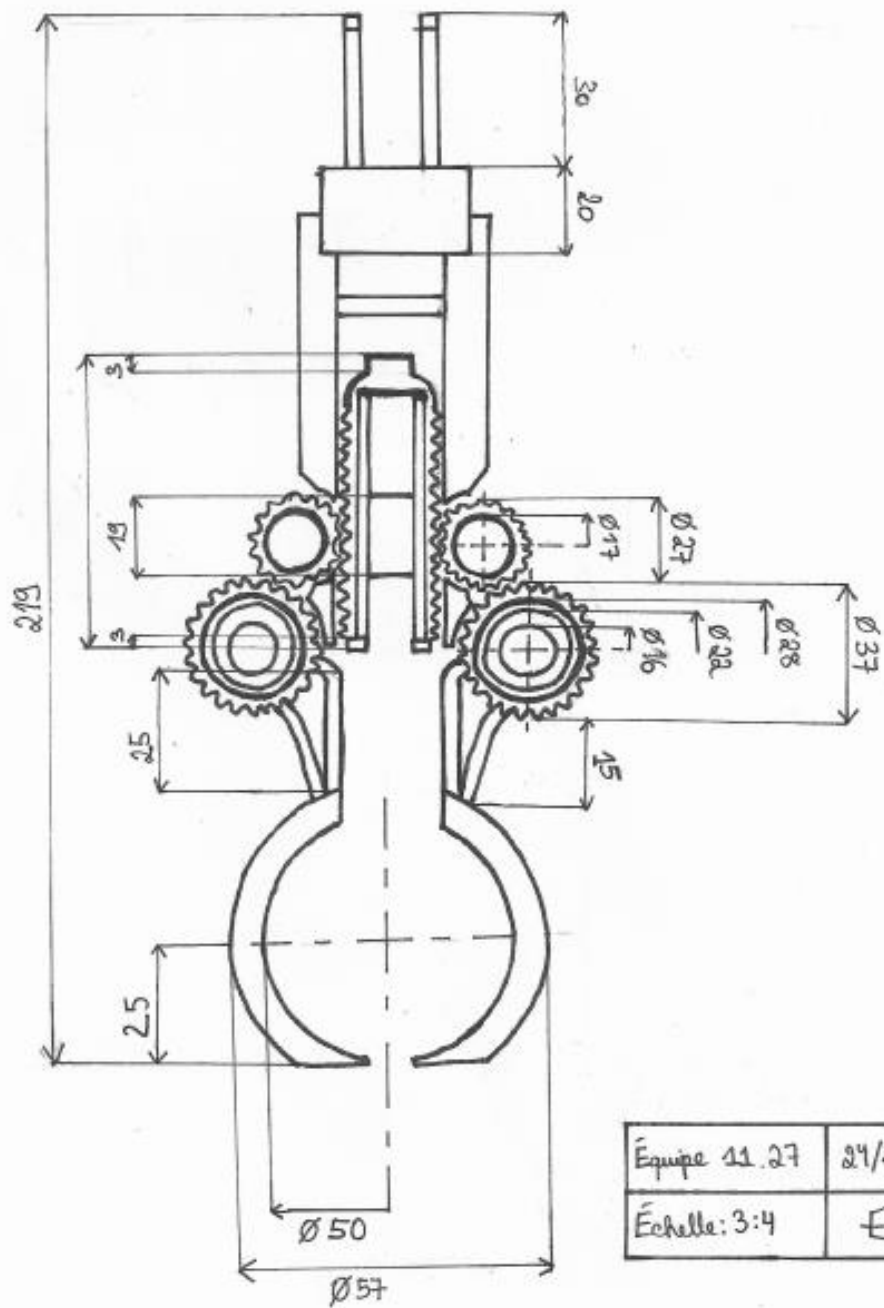
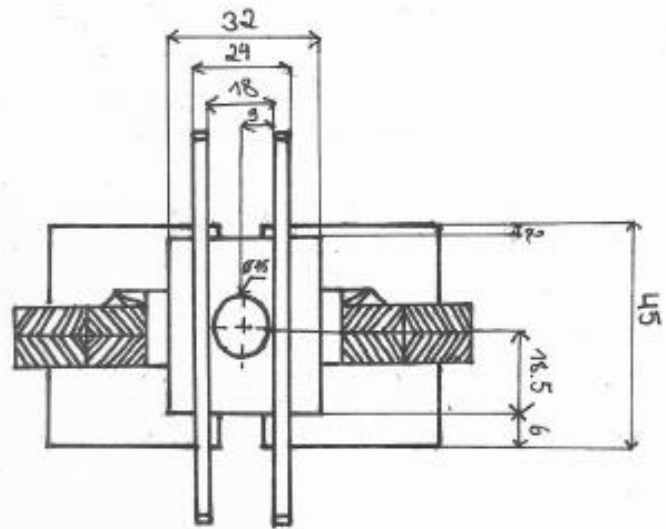


Equipe 41.24.	24/11/2020
Echelle: 1/60.	⊕ - ▹

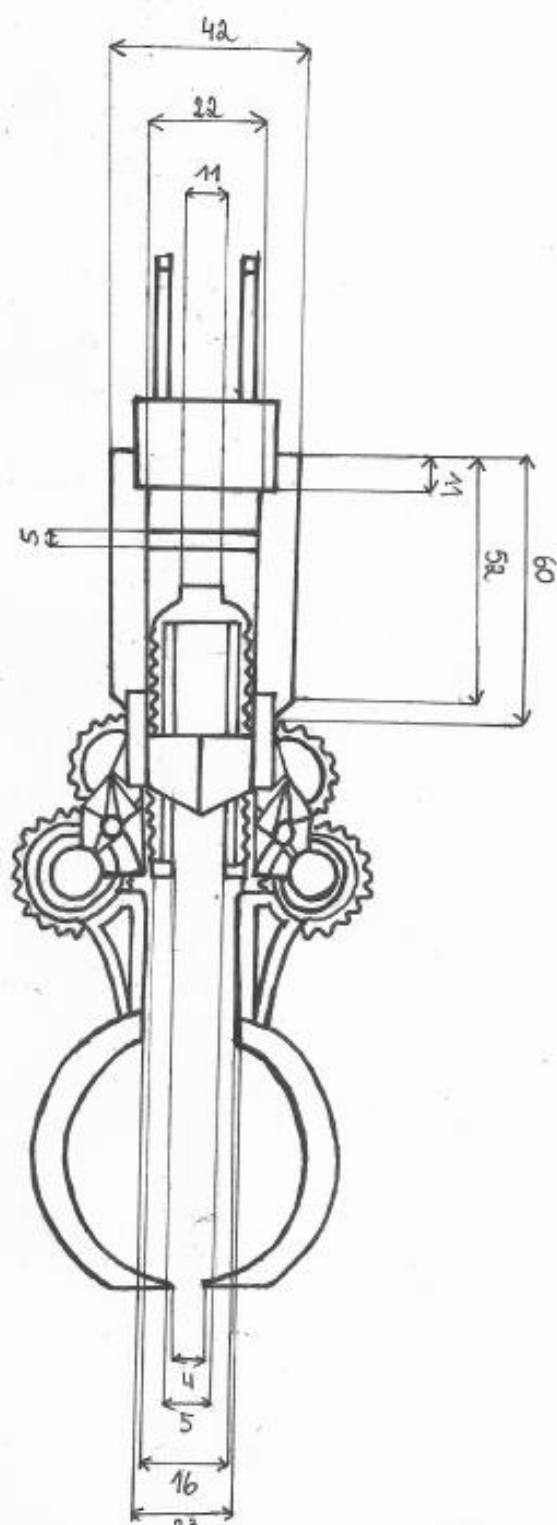
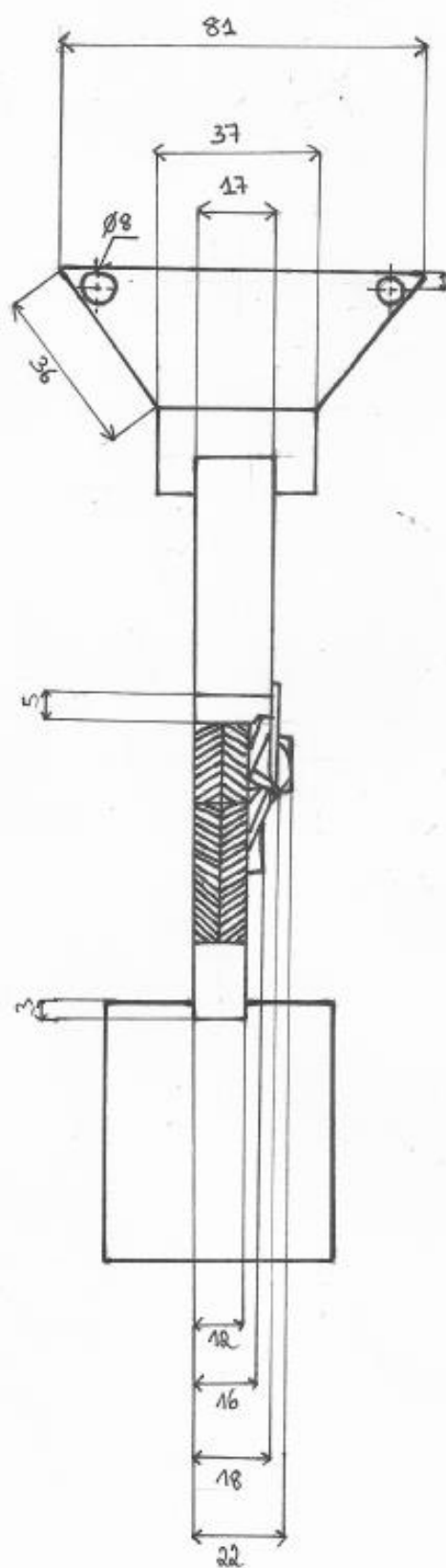
Equipe 11.22.	24/11/2020
Echelle: 1/40	

Vue de dessus :





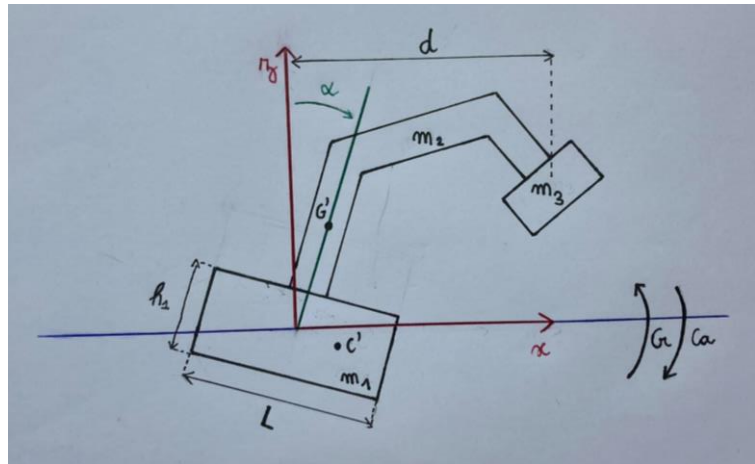
Équipe 11.27	24/11/2020
Échelle: 3:4	



Équipe 11.27	27/11/2020
Échelle: 3:4	

Modèle physique

Afin de modéliser le comportement de l'inclinaison de notre grue lorsqu'elle déplace une certaine charge à une certaine distance, nous avons procédé en deux étapes. De plus, nous avons simplifié la représentation de la grue afin de simplifier les calculs tout en gardant une précision acceptable. Le modèle se compose d'une plateforme flottante (m_1), d'une charge placée sur la plateforme (m_2) et d'une charge mobile (m_3) à une certaine distance du centre de la plateforme (d).



Nous avons considéré que m_2 était la masse du bras. Malgré le fait que nous avons placé la base du bras à une extrémité, nous considérons quand même que m_2 est placé au centre car le bras, contrairement au modèle n'est pas un point et qu'après une analyse de notre prototype sur Fusion 360, le centre de masse se situait approximativement au centre de la barge. Par contre, lorsque nous déplaçons une masse nous considérons que cette charge est la somme de sa masse et de la moitié du bras. De plus, nous considérons que l'angle au temps $t = 0$ est de 0 degrés.

Dans un premier temps, nous avons cherché à connaître l'enfoncement de la plateforme dans l'eau (1) et l'angle maximal que pouvait subir la plateforme avant d'être submergée en fonction de la masse totale du système, de la charge déplacée et de la distance à laquelle celle-ci se situe du milieu de la barge (2). L'équation (3) représente l'angle auquel la plateforme est en situation de soulèvement. Le symbole φ représente la masse volumique du liquide dans lequel est plongé la plateforme (de l'eau dans ce cas-ci $\varphi = 997 \text{ kg/m}^3$).

$$h_c = \frac{m_1 + m_2}{L^2 \cdot \varphi} \quad (1)$$

$$\theta_{max} = \arctan\left(\frac{2(h_1 - h_c)}{L}\right) \quad (2)$$

$$\theta_s = \arctan\left(\frac{2h_c}{L}\right) \quad (3)$$

Dans un second temps, nous avons cherché à représenter le mouvement oscillatoire de la plateforme lors du déplacement de la charge mobile (m_3). Cette oscillation nous est donnée par l'équation linéaire de second ordre suivante (4). I représente le moment d'inertie de la plateforme

avec la grue, D représente le coefficient d'amortissement et C représente la somme des couples de chavirement (5) et de redressement (6).

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} + D \frac{d\theta}{dt} = C \quad (4)$$

$$C_a = m_3 g d' \quad (5)$$

$$C_r = (m_1 + m_2) g |x_c - x_g| \quad (6)$$

Afin de calculer la distance d' (représentant la distance entre la masse et le centre en fonction de l'angle) nous utilisons l'équation (7) qui est simplement un problème trigonométrique. Afin de calculer les positions selon l'axe X du centre de gravité et du centre de poussée (x_c et x_g), nous utilisons les équations (8) et (9).

$$d' = d \cos(\theta) - h_3 \sin(\theta) \quad (7)$$

$$x_g = \frac{m_1 \left(\frac{h_1}{2} - h_c \right) + m_2 (h_1 + h_2 - h_c)}{m_1 + m_2} \sin(\theta) \quad (8)$$

$$x_c = \frac{(12)h_c^2 - L^2}{(24)h_c} \sin(\theta) - \frac{L^2}{(24)h_c \cos(\theta)} \tan(\theta) \quad (9)$$

Pour les valeurs des différents paramètres, m_1 , m_2 , L , h_1 , h_2 sont des paramètres inhérents à notre grue tandis que m_3 , h_3 , d , φ sont des paramètres dépendant du concours. Finalement, nous avons considéré que g valait 9.81 m/s^2 .

	Paramètres	Valeur / plage de valeurs
Paramètres de la grue	m_1 Masse de la barge	3 kg
	m_2 Masse de la grue	1.5 kg
	L Largeur de la barge	0.6 m
	h_1 Hauteur de la barge	0.15 m
	h_2 Hauteur de la grue	0.5 m
Paramètres du concours	m_3 Masse déplacée	0 – 0.4 kg
	h_3 Hauteur de la masse déplacée	0 – 0.6 m
	d Distance entre la grue et la masse déplacée	0.6 – 1 m
	φ Masse volumique du liquide	997 kg/m ³ pour l'eau

Description du fonctionnement du programme informatique

Le programme fonctionne de manière « pas-à-pas », c'est-à-dire qu'à chaque itération, le paramètre dont toutes les équations dépendent (i dans ce cas-ci) est augmenté de 0.01 secondes. Lorsque nous graphons la matrice dans laquelle nous stockons les données des angles en fonction du temps, nous obtenons une sinusoïdale amortie. Afin d'être plus précis, nous pourrions diminuer la valeur par laquelle le paramètre est augmenté, cependant dans nos tests, la précision donnée grâce à 0.01 secondes était suffisante (delta de l'angle de l'ordre de 10^{-4} degrés) et le temps de calcul passe d'environ 1 seconde à plus de 10 secondes.

Le moment d'inertie a été déterminé grâce à Fusion360 et le coefficient d'amortissement a été choisi en fonction de nos mesures en laboratoire (nous avons remarqué que la barge se stabilisait après 10 secondes environ et par essai erreur nous avons trouvé le coefficient). Les autres paramètres modifiables sont la masse déplacée, de la barge et de la grue, la distance à laquelle la masse est déplacée, la largeur et hauteur de la base ainsi que la hauteur de la grue et de la masse. Le pas, la durée et la masse volumique du liquide sur lequel la barge flotte peuvent aussi être modifiés.

Simulations du mouvement d'oscillation

<https://github.com/Thibaultofc/LEPL1501-Projet-1-Q1-2020>

```
# Programme de simulation informatique produisant différents graphiques
# Groupe 11.27
# Thibault, Clara, Nicolas, Romain, Hugolin et Safiya

import math
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

### Constantes

g = 9.81          # Constante de gravitation [m/s^2]

### Paramètres du système

D = 10            # coef d'amortissement
I = 6.596         # Moment d'inertie [kg.m^2]
m = .4            # Masse déplacée [kg]
m1 = 3            # Masse de la barge [kg]
m2 = 1.5          # Masse de la grue [kg]
mtot = m+m1+m2    # Masse totale [kg]
d = 0.85          # Distance [m]
L = 0.6           # Largeur de la base carrée [m]
h1 = 0.15         # Hauteur de la base [m]
h2 = 0.5          # Hauteur du chargement [m]
h3 = 0.1          # Hauteur de la masse portée [m]
hc = mtot/(L**2*997) # 997 étant la masse volumique de l'eau [m]

### Paramètres de la simulation

step = 0.01       # Pas (dt) [s]
end = 20          # Durée [s]
x_0 = 0           # Angle initial [rad]
x1_0 = 0          # Vitesse angulaire initiale [rad/s]
x2_0 = 0          # Accélération angulaire initiale [rad/s**2]
sum_c_0 = 0       # Somme des couples initiaux [N.m]
Ca_0 = -m*g*d     # Couple initiale de chavirement [N.m]
Cr_0 = 0          # Couple de redressement initial [N.m]
dist_0 = 0        # Distance entre le centre de gravité et le centre de poussée selon X initiale [m]

### Matrices de stockage des données

t = np.arange(0, end, step) # Durée [s]
x = np.empty_like(t)        # Angle [rad]
x1 = np.empty_like(t)       # Vitesse angulaire [rad/s]
x2 = np.empty_like(t)       # Accélération angulaire [rad/s**2]
sum_c = np.empty_like(t)    # Somme des couples [N.m]
Ca = np.empty_like(t)       # Couple de chavirement [N.m]
Cr = np.empty_like(t)       # Couple de redressement [N.m]
dist = np.empty_like(t)     # Distance entre la barge et la charge [m]
```

```

xc = np.empty_like(t)      # Centre de poussée, coordonnée du x [m]
xg = np.empty_like(t)      # Centre de gravité, coordonnée du x [m]
distance = np.empty_like(t) # Distance en xc et xg [m]

def simulation(m):

    # Equation:  $I \cdot \text{ang}'' + D \cdot \text{ang}' = C$ 

    ### Paramètres initiaux de l'équation

    x[0] = x_0
    x1[0] = x1_0
    x2[0] = x2_0
    sum_c[0] = sum_c_0
    Ca[0] = Ca_0
    Cr[0] = Cr_0
    dist[0] = dist_0

    dt = step
    P = mtot*g
    Pa = m*g

    # calcul pas-à-
    pas de l'EDO de second ordre. On stocke toutes les données dans chaque matrice res
    pective.

    for i in range(len(t)-1):

        dist[i+1] = d*math.cos(x[i])-h3*math.sin(x[i])    # Distance
        Ca[i+1] = -m*g*dist[i]                            # Couple de chavirement

        xc[i+1] = ((12*hc**2-
L**2)/(24*hc))*math.sin(x[i]) - (L**2/(24*hc*math.cos(x[i]))) * math.tan(x[i])    # C
entre de poussée, coordonnée en x
        xg[i+1] = ((m1*(h1/2-hc)+m2*(h2+h1-
hc))/(mtot))*math.sin(x[i])                            # Centre de gravi
té, coordonnée en x

        distance[i+1] = xc[i] - xg[i]                    # Distance entre xc et xg

        Cr[i+1] = mtot*g*abs(distance[i])                # Couple de redressement
        sum_c[i+1] = Ca[i] + Cr[i]                      # Somme des couples

        x2[i] = (sum_c[i]-D*x1[i])/I                    # Accélération angulaire
        x1[i+1] = x1[i] + x2[i] * dt                   # Vitesse angulaire
        x[i+1] = x[i] - x1[i] * dt                     # Angle
        x2[i+1] = x2[i]

    ### Paramètres du graphique

    angle_max = math.atan(2*(h1-hc)/L)    # Angle max
    angle_s = math.atan(2*hc/L)          # Angle de soulèvement

    ### Variable permettant de passer de radians en degrés

    rad_to_deg = 57.29578

```

```
r = rad_to_deg
```

```
### Graphique des différentes masses [kg] en fonction de la distance [m] à laquelle elles sont déplacées
```

```
def graphiques_distances_masses():
```

```
    simulation(m)
```

```
    # Traçage de chaque fonction pour chaque masse
```

```
    simulation(1)
    x_values = [0, d]
    y_values = [x[0]*r, x[20]*r]
    plt.plot(x_values, y_values, label='m = 1kg')
    plt.legend()
```

```
    simulation(2)
    y_values2 = [x[0]*r, x[20]*r]
    plt.plot(x_values, y_values2, label='m = 2kg')
    plt.legend()
```

```
    simulation(3)
    y_values3 = [x[0]*r, x[20]*r]
    plt.plot(x_values, y_values3, label='m = 3kg')
    plt.legend()
    simulation(4)
    y_values4 = [x[0]*r, x[20]*r]
    plt.plot(x_values, y_values4, label='m = 4kg')
    plt.legend()
```

```
    simulation(5)
    y_values5 = [x[0]*r, x[20]*r]
    plt.plot(x_values, y_values5, label='m = 5kg')
    plt.legend()
```

```
    # Paramètres généraux du graphique
```

```
    plt.plot([0, end], [angle_max*r, angle_max*r], '--
r', label='submersion') # Ligne en pointillé qui marque le submersion (positif)
    plt.plot([0, end], [-angle_max*r, -angle_max*r], '--
r') # Ligne en pointillé qui marque le submersion (négatif)
    plt.plot([0, end], [angle_s*r, angle_s*r], '--
b', label='soulèvement') # Ligne en pointillé qui marque le soulèvement (positif)
    plt.plot([0, end], [-angle_s*r, -angle_s*r], '--
b') # Ligne en pointillé qui marque le soulèvement (négatif)

    plt.xlabel('Distance (m)')
    plt.ylabel('Angle (°)')
    plt.xlim(0, d)
    plt.ylim(0, angle_max*r+1)
    plt.show()
```

```
### Graphique de l'angle [degrés] en fonction du temps [s]
```

```
def graphique_angle_deg():
```

```

# Paramètres généraux du graphique

simulation(m)
plt.plot(t,x*r)
plt.xlim(0,end)
plt.xlabel('Temps (s)')
plt.ylim(0,angle_max*r+1)
plt.ylabel('Angle (°)')

plt.plot([0,end], [angle_max*r,angle_max*r], '--
r', label='submersion') # Ligne en pointillé qui marque le submersion (positif)
plt.plot([0,end], [-angle_max*r,-angle_max*r], '--
r') # Ligne en pointillé qui marque le submersion (négatif)
plt.plot([0,end], [angle_s*r,angle_s*r], '--
b', label='soulèvement') # Ligne en pointillé qui marque le soulèvement (positi
f)
plt.plot([0,end], [-angle_s*r,-angle_s*r], '--
b') # Ligne en pointillé qui marque le soulèvement (négatif)

plt.show()

### 3 graphiques :
# 1. Angle [rad] en fonction du temps [s]
# 2. Vitesse angulaire [rad/s] en fonction du temps [s]
# 3. Accélération angulaire[rad/s**2] en fonction du temps [s]

def graphiques():
    simulation(m)

    # Sous-graphique : 1. Angle [rad] en fonction du temps [s]

    plt.figure(1)

    plt.subplot(3,1,1)
    plt.plot(t,x, label="Angle")
    plt.legend()
    plt.xlim(0,end)

    plt.plot([0,end], [angle_max,angle_max], '--
r', label='submersion') # Ligne en pointillé qui marque le submersion (positif)
plt.plot([0,end], [-angle_max,-angle_max], '--
r') # Ligne en pointillé qui marque le submersion (négatif)
plt.plot([0,end], [angle_s,angle_s], '--
b', label='soulèvement') # Ligne en pointillé qui marque le soulèvement (positi
f)
plt.plot([0,end], [-angle_s,-angle_s], '--
b') # Ligne en pointillé qui marque le soulèvement (négatif)
plt.ylabel('Angle \n (rad)',fontsize = 5)

    # Sous-graphique : 2. Vitesse angulaire [rad/s] en fonction du temps [s]

    plt.subplot(3,1,2)
    plt.plot(t,x1,'g', label="Vitesse angulaire")
    plt.legend()
    plt.xlim(0,end)

```

```

plt.ylabel('Vitesse angulaire \n (rad/s)',fontsize = 5)

# Sous-
graphique : 3. Accélération angulaire[rad/s**2] en fonction du temps [s]

plt.subplot(3,1,3)
plt.plot(t,x2,'#e3902b', label="Accélération angulaire")
plt.legend()
plt.xlim(0,end)
plt.ylabel('Accélération angulaire \n (rad/s^2)',fontsize = 5)

# Paramètres généraux

plt.xlabel('Temps (s)')
plt.show()

### Diagramme de phase : graphique représentant la vitesse angulaire [rad/s] en fo
nction de l'angle [rad]

def diagramme_de_phase():

    # Paramètres généraux du graphique

    simulation(m)
    plt.title("Diagramme de phase")
    plt.plot(x, x1,linewidth=0.75)
    plt.xlabel("Angle (rad)")
    plt.ylabel("Vitesse angulaire (rad/s)")
    plt.show()

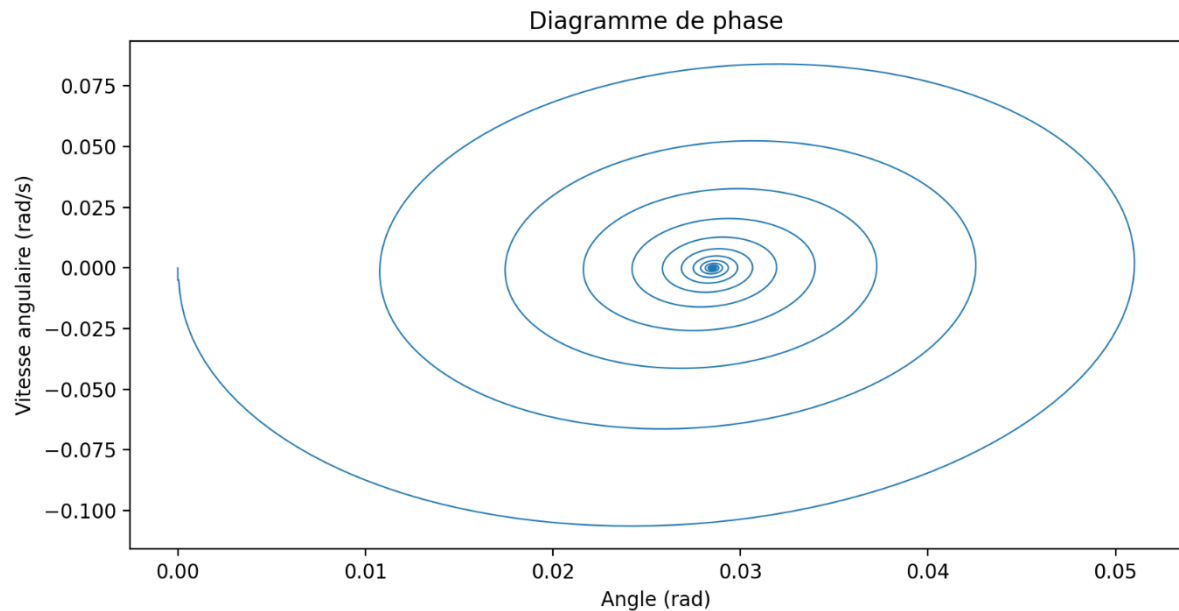
### Programme principal

graphiques_distances_masses()
graphique_angle_deg()
graphiques()
diagramme_de_phase()

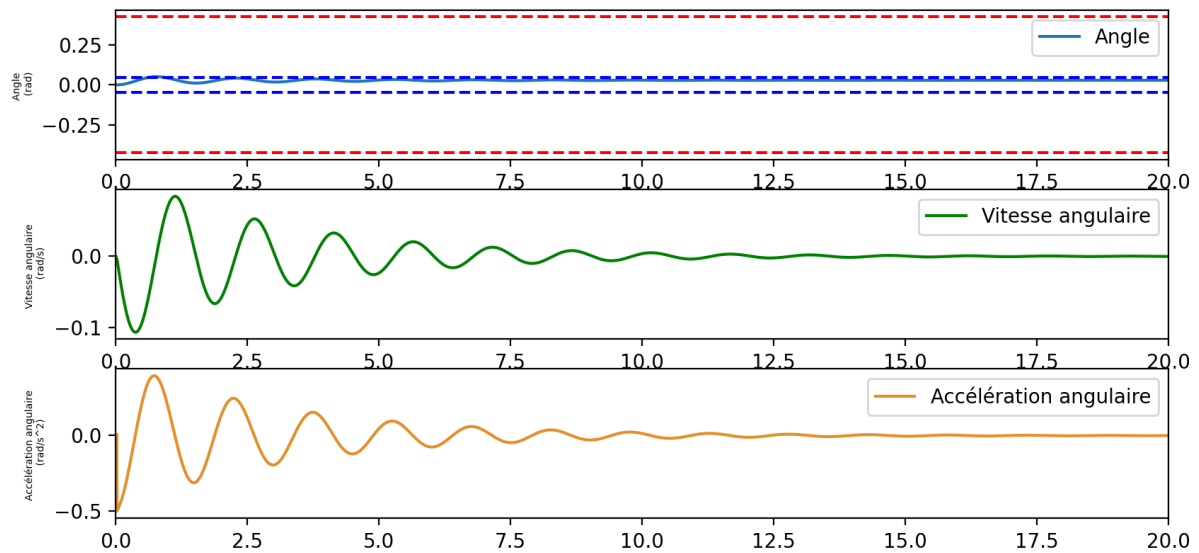
```

Graphiques

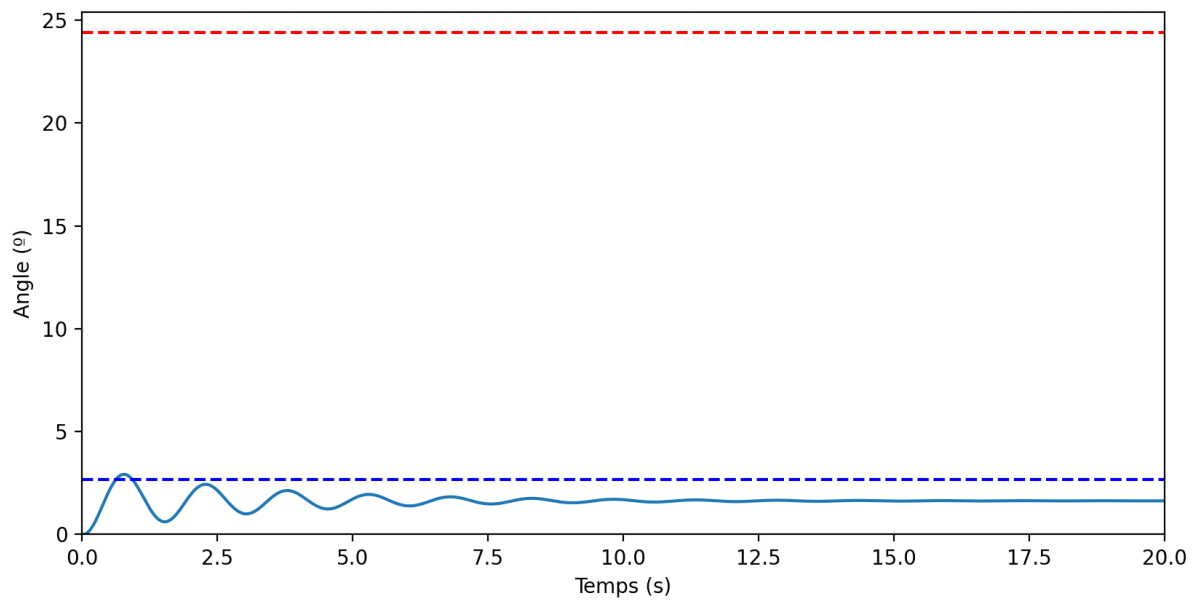
Note : Les traits pointillés rouges des graphiques 2,3,4 représentent l'angle de submersion tandis que les traits pointillés bleus des graphiques susmentionnés représentent l'angle de soulèvement.



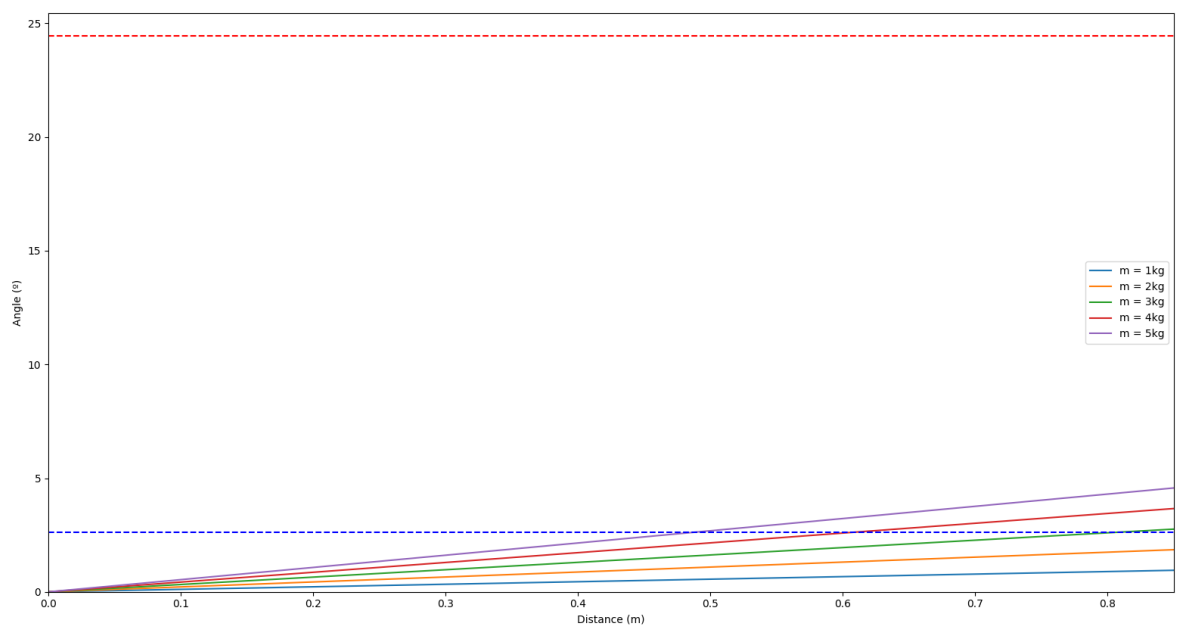
Graphique 1 Diagramme de phase



Graphique 2 Angle, Vitesse angulaire et Accélération angulaire en fonction du temps



Graphique 3 Angle en degrés en fonction du temps



Graphique 4 Angle en fonction de la distance pour différentes masses

Discussion des résultats

Dans un premier temps, nous n'avions pas compris qu'au concours, l'inclinomètre serait remis à zéro donc nous obtenions un angle bien trop élevé (entre 2 et 3 degrés alors que l'inclinomètre indiquait 1.7 degrés). Après une modification, nous obtenons un angle de 1.66 degrés au temps $t = 20$, résultat remarquablement proche de la réalité, malgré une simplification du modèle.

Le graphique 4, représentant l'angle en degrés en fonction de la distance, nous renseigne sur le fait que notre barge ne risquait pas d'être submergée et qu'en soulevant les futs ou la tête de l'éolienne, la barge n'allait pas être en soulèvement au temps $t = 20$ et c'est ce qu'il s'est passé en réalité. En revanche, les graphiques 2 et 3 prévoyaient que la barge allait être en soulèvement lors de la première oscillation et en pratique, un tel comportement n'a pas été observé.

En conclusion, notre modèle physique semble permettre de prédire l'angle final lors du déplacement d'une masse, en revanche, il est imprécis quant aux oscillations. Afin d'améliorer les résultats, il pourrait être intéressant de calculer le coefficient d'amortissement de manière analytique.

Construction de la maquette

Pour le pré-jury, nous devions avoir une grue permettant de soulever une pièce de la grue à une hauteur de 10 cm et avoir au moins 2 degrés de liberté. Pour répondre à ces exigences, nous avons décidé de nous pencher sur un modèle de grue utilisé par les constructeurs à travers le monde. C'est un modèle de bras télescopique se soulevant à l'aide d'un vérin hydraulique situé à la base du bras. Un ancien jouet, redécouvert par un membre du groupe, nous a servi à faire le bras de notre maquette. En effet, ce vieux jouet n'était qu'autre qu'une grue miniature. Il était en plastique et reprenait exactement la même structure que les grues réelles. Il nous a donc paru judicieux de l'utiliser car ce composant reprenait les caractéristiques souhaitées, la légèreté, la rigidité et la facilité d'utilisation. La figure 1 permet mieux de visualiser notre maquette.



Figure 2 : modèle de grappin pour le pré-jury

d'une imprimante 3D.

Avec ceci, nous n'avions qu'un degré de liberté, le vérin à la base servant à monter et descendre le bras (celui du grappin est exclu). Pour pallier à ce manque, nous avons décidé d'incruster un système de rotation. Celui-ci est situé à la base du bras et est en réalité une grosse bobine de fil. En tirant à la main sur le fil enroulé, il se déroule et entraîne avec lui la bobine. Afin de pouvoir faire tourner la grue à 360° et dans les deux sens (horloger et anti-horloger), nous avons enroulé le deuxième fil dans le sens opposé au premier.

Enfin, voici un lien permettant de visionner une vidéo de notre maquette en action lors du pré-jury : Test maquette : <https://youtu.be/BV1qX7-c0VU>

Ensuite, nous avons dû réfléchir à un modèle de grappin. Nous n'allons pas réexpliquer tout le cheminement que nous avons dû faire pour aboutir à ce grappin mais en quelques lignes, le voici. Le grappin devait donc pouvoir agripper un fût de 5 cm de diamètre et pouvoir maintenir une pression suffisante pour que celui-ci ne glisse pas. Notre premier modèle fut donc un modèle à « traction », autrement dit, la force appliquée venait de la rétraction de la seringue. Il s'est avéré par la suite que ce n'était pas le modèle le plus optimal. Ainsi, nous avons décidé de changer de modèle mais ceci vous a déjà expliqué plus haut. Comme le modèle définitif, le premier a été imprimé en PLA à l'aide

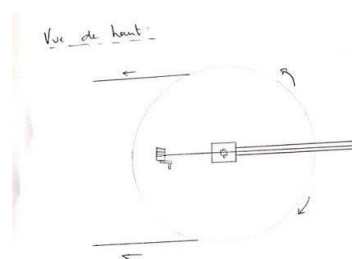


Figure 3 : vue de haut de la maquette de pré-jury

Construction du prototype

Dans un premier temps, nous nous sommes concentrés sur la construction de la barge. Le matériau utilisé en guise de flotteur est un panneau d'isolation. Comme le reste des éléments constituant cette plateforme, il a été récupéré.

Nous avons choisi d'utiliser ce panneau isolant car tout d'abord, il est de récupération. Il va de soit de, dans un premier temps, privilégier l'utilisation de matière se trouvant en notre possession. Ensuite, ce matériau a pour avantage d'être inaltérable à l'eau, ce qui n'est pas négligeable dans notre cas. Enfin, il est relativement léger. En effet, il a une masse volumique d'environ 30 kg/m^3 . Grâce à cela et sans poids supplémentaire, la barge s'enfonce d'à peine 3 millimètres.

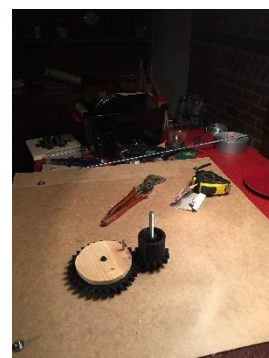
Dans un second temps, nous avons décidé d'imprimer la plupart des pièces techniques en PLA, à l'aide d'une imprimante 3D. Ainsi, les engrenages, axes, pieds de la grue, etc. ont été imprimés en 3D. Ce procédé nous a permis de gagner du temps, de la précision et de l'énergie. Ensuite, le matériau composant en grande partie la grue en tant que telle est le MDF.

Le MDF est un panneau composite de fibre de bois. Pour notre utilisation, cela nous convenait parfaitement car le prix était tout à fait abordable, la solidité suffisante et le poids adéquat. De plus c'est un matériau simple d'utilisation car il nous suffit d'une scie pour en faire ce que l'on veut.

Dans une première idée, nous voulions découper au laser les pièces dans des panneaux de bois. Malheureusement, le COVID 19 ne nous a pas facilité la tâche et a rendu impossible cette idée. Nous avons alors dû découper les pièces manuellement. Finalement, en comparant le prototype actuel avec la maquette réalisé en S6, nous pouvons affirmer que notre modèle final est plus efficace, plus esthétique et répond aux contraintes imposées par notre cahier des charges.



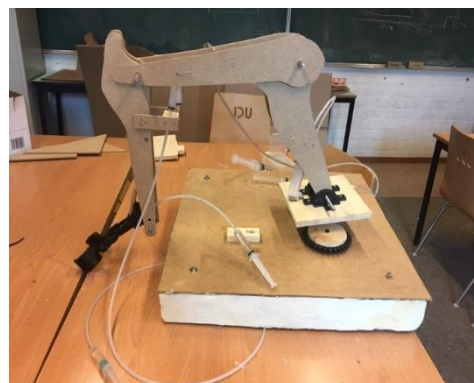
Etape 1: la barge



Etape 2: mise en place des éléments constitutifs de la grue



Etape 3: la grue construite après la première réunion.



Etape 4: la grue avant le premier test au LEMSC

Les liens ci-dessous permettent de visionner les vidéos de notre prototype en action :

Test à sec : <https://youtu.be/CDDwnzrw4-g>

Test au LEMSC : <https://youtu.be/yUPi21tc59Q>

Vidéo du concours : <https://youtu.be/ZDqFZTVV2L4>

Organisation de l'équipe

- **Contrat d'équipe :**

1. Arriver à l'heure
2. Ne pas être absent de manière injustifiée
3. Respecter les échéances
4. Travailler de la manière la plus optimale
5. Respecter le groupe
6. Ecouter du groupe
7. Eviter les pertes de temps
8. Participer aux décisions
9. Participer activement au travail collaboratif

- **Commentaire :**

Le contrat d'équipe a été globalement bien respecté par tous les membres du groupe tout au long de ce projet. Nous avons eu, durant les premières semaines quelques soucis au niveau de l'organisation et de la communication ce qui nuisait à l'optimisation du travail et du temps. Il nous est arrivé de quelques fois rendre des travaux légèrement après l'heure d'échéance à cause de ce problème d'organisation. Cependant, au fil des semaines et en apprenant à connaître les membres du groupe et leurs points forts, on a pu mieux se répartir les tâches afin d'optimiser le rendement et la qualité de nos productions finies.

Pour reprendre chaque point du contrat d'équipe, chacun des membres est arrivé à l'heure à chaque cours de projet et si l'un de nous était absent, il prévenait à l'avance et avec une bonne excuse. Ensuite, les échéances ont été bien respectées en ce fin de quadrimestre grâce à ce à quoi je fais référence dans le paragraphe précédent. L'optimisation du travail s'est aussi améliorée au fil du temps. Par ailleurs, le groupe a toujours su être respectueux de chacun, l'écoute et l'entraide était au rendez-vous. Malgré le fait que certaines voix portent plus d'un, nous avons tous pu nous exprimer, exprimer nos idées et prendre part aux décisions.

Pour conclure, nous nous sommes améliorés au fil du temps et nous avons largement respecté ce contrat d'équipe.

Coordonnées

Thibault.lootvoet@student.uclouvain.be

Romain.loncour@student.uclouvain.be

Clara.nys@student.uclouvain.be

Safiya.nouidei@student.uclouvain.be

Hugolin.louis@student.uclouvain.be

Nicolas.luyckx@student.uclouvain.be

Canal de communication : Teams et Messenger

- Tableau de répartition des fonctions au fil du quadrimestre :

Fonction	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Gardien du temps	Clara	Thibault	Safiya	Romain	Hugolin	Nicolas
Animateur	Nicolas	Clara	Thibault	Safiya	Romain	Hugolin
Scribe	Hugolin	Nicolas	Clara	Thibault	Safiya	Romain
Porte-parole	Romain	Hugolin	Nicolas	Clara	Thibault	Safiya
Participant actif	Safiya	Romain	Hugolin	Nicolas	Clara	Thibault
Secrétaire	Thibault	Safiya	Romain	Hugolin	Nicolas	Clara

Fonction	S8	S9	S10	S11	S12	S13
Gardien du temps	Clara	Thibault	Safiya	Romain	Hugolin	Nicolas
Animateur	Nicolas	Clara	Thibault	Safiya	Romain	Hugolin
Scribe	Hugolin	Nicolas	Clara	Thibault	Safiya	Romain
Porte-parole	Romain	Hugolin	Nicolas	Clara	Thibault	Safiya
Participant actif	Safiya	Romain	Hugolin	Nicolas	Clara	Thibault
Secrétaire	Thibault	Safiya	Romain	Hugolin	Nicolas	Clara

- Evaluation de l'équipe :

Question 1 : Quel bilan faites-vous des résultats atteints par votre équipe ?

En termes de réalisation concrète (production de l'équipe) ?

Par exemple : la maquette ne permet pas tout à fait de comprendre la structure de l'engin, les points suivants ont été bâclés, l'organisation de ... est à conserver, etc.

- - Le grappin est fonctionnel malgré une grue qui ne ressemble pas à notre modèle final.
- - Le grappin n'était pas compatible avec notre modèle initial de grue donc nous avons dû nous adapter

-En termes d'apprentissages réalisés ?

Par exemple : nouvelles habiletés que vous avez acquises suite aux notions abordées (travailler sur les équilibres de forces, ...)

- - Nouvelles notions acquises en physique
- - Apprentissages au niveau de l'organisation :
 - Déléguer les tâches
 - Se subdiviser en plus petits groupes

-En termes de participation et d'implication de chacun des membres de l'équipe ?

*Par exemple : chacun des membres participe, certain·e·s se sont davantage impliqué·e·s dans le travail, l'équipe est au complet etc. Illustrez vos propos par des faits **concrets**.*

- - Tout le monde participait malgré le fait que l'équipe était rarement au complet
- Alors que Clara s'occupait de fusion, Thibault s'occupait des exercices physiques, Romain et Nicolas s'occupaient de la maquette et Safiya et Hugolin s'occupaient à tour de rôle de la maquette ou des exercices physiques
- De plus tout le monde a préparé les pitches du lundi matin
- - On essayait de se diviser en groupes de 2 même si pour certaines tâches, on est plus efficace en étant seul
- -

Question 2 : Comment analysez-vous la démarche de travail et la coopération de votre équipe entre la semaine 2 et la semaine 7 ?

-Quelle évaluation faites-vous de l'organisation de votre équipe ? Détaillez en illustrant par des situations concrètes vécues au sein de l'équipe

Par exemple : le timing n'a pas été respecté, les tâches n'ont pas été réparties, etc. Pourquoi ? Quand ? Quels sont les faits ? Quelle résolution ?

- - Au début, gros problèmes avec les échéances (fait la veille) cependant à partir de la semaine 6, on s'est beaucoup organisé (cf. le point au-dessus) et chaque tâche était réalisée à temps.
- Nous avons commencé à plus communiquer sur Messenger au lieu d'utiliser Teams™ et nous avons été plus efficace

-Comment a fonctionné la répartition des fonctions ? Détaillez en illustrant par des situations concrètes vécues au sein de l'équipe.

Par exemple : les rôles ont été attribués, mais n'ont pas été tenus, etc. Pourquoi ? Quand ? Faits ? Résolution ?

- Nous n'utilisons pas les rôles du tableau car chacun est polyvalent et le rôle de chacun se fait en fonction des affinités des protagonistes

- Par exemple, Safiya faisait plus souvent la prise de notes et comme tout le monde se respecte, nul besoin de porte-parole. Ensuite la gestion du temps était souvent assurée par Thibault et les autres rôles étaient assurés par chacun.

-Chacun a-t-il pu s'exprimer ? Détaillez en illustrant par des situations concrètes vécues au sein de l'équipe.

Par exemple : Les membres de l'équipe ne s'écoutent pas, certain·e·s restent en retrait, etc. Pourquoi ? Quand ? Faits ? Résolution ?

- Oui : pour les idées de la grue, chacun apporte son point de vue et au final on a une solution qui reprend un peu des idées de chacun, de même pour le grappin.

-Comment ont évolué l'esprit de coopération et le climat de travail ? Détaillez en illustrant par des situations concrètes vécues au sein de l'équipe.

Par exemple : L'équipe n'a pas réussi à se mettre d'accord, certain·e·s ne se sentent pas soutenu par les autres membres de l'équipe, etc. Pourquoi ? Quand ? Faits ? Résolution ?

- Nous sommes devenus une équipe soudée
- Lors des APE et des APP, chacun s'entraide ... si quelqu'un a un problème dans un cours nous pouvons tous aider

Question 3 : Faites un bilan de la gestion des conflits au sein de votre équipe et tentez de dégager les fonctions de leadership au sein de l'équipe. Par conflit, il ne faut pas entendre une confrontation conflictuelle mais bien une confrontation constructive, un désaccord, une discussion sur une question technique ou scientifique entre membres de l'équipe.

3.1 Quels sont les confrontations les plus utiles rencontrées par l'équipe ? Pourquoi les qualifiez-vous d'utiles ?

Quoi ?

Modélisation de la grue

A quel(s) moment(s) ?

Tout au long des semaines

Description des faits :

Pendant 2h nous avons débattu du modèle de la grue à utiliser et au final nous sommes ressortis avec une idée claire et précise de ce qu'il fallait faire

Qu'a apporté à l'équipe le fait d'avoir pu vous (re)mettre en accord ?

Nous avons une idée de ce qu'il faut faire et tout le monde est content

3.2. Certaines confrontations n'ont pu être résolues au sein de votre équipe, il reste des points de désaccord dans l'équipe.

Quoi ?

Néant

A quel(s) moment(s) ?

Néant

Description des faits :

Néant

Que faudra-t-il mettre en place ?

Néant

Question 4 : Quelles sont les satisfactions et fiertés que vous avez rencontrées au niveau des apprentissages réalisés, des réalisations atteintes, du travail en équipe (vos perceptions ont-elles changé ou évolué) ?

Répondez en vous aidant des bilans individuels.

De quoi êtes-vous satisfaits ? De quoi êtes-vous fiers ? Commentez et expliquez par des faits concrets.

a. Au niveau des apprentissages réalisés

Nous avons compris la modélisation physique et pouvions l'adapter à de nombreux cas malgré des problèmes de compréhension au début

Nous avons appris à utiliser Fusion pour certaines et pour d'autres (Nicolas et Clara) c'était l'occasion de mettre en application ce que nous avons appris auparavant

b. Au niveau des réalisations atteintes

Nous avons réussi à produire une grue qui fonctionnait alors que nous pensions que nous allions avoir quelque chose qui n'allait pas fonctionner

c. Au niveau du travail en équipe

L'ambiance de travail que nous avons créée est très plaisante et cela nous permet de nous sentir en confiance et de ne pas avoir peur de partager nos impressions.

Question 5 : Quelles sont les déceptions et difficultés rencontrées au niveau des apprentissages réalisés, des réalisations atteintes, du travail en équipe (vos perceptions ont-elles changé ou évolué) ?

Répondez en vous aidant des bilans individuels.

De quoi êtes-vous insatisfaits ? Qu'améliorer ? Commentez et expliquez par des faits concrets.

a. Au niveau des apprentissages réalisés

Néant

b. Au niveau des réalisations atteintes

Le modèle de la grue que nous avons présenté au pré jury n'est pas du tout représentatif du modèle que nous allons faire pour le jury

c. Au niveau du travail en équipe

Tout le monde doit un peu plus se sentir concerné afin que nous puissions avancer de manière plus efficace et avoir plus de temps pour réfléchir et assembler. En effet, nous avons parfois une priorité sur un autre cours et ça nous a pénalisé

Question 6 : Quelles modifications pourriez-vous mettre en œuvre, quelles suggestions feriez-vous si c'était à refaire ? Comment aimeriez-vous procéder et/ou qu'est-ce qui pourrait vous aider à le faire ?

a. Au niveau de la définition des objectifs

Diviser chaque sous-problèmes en sous-sous-problèmes afin de pouvoir avancer de manière plus structurée

b. Au niveau des recherches d'informations et de l'apprentissage

Il faudrait être plus efficace (mieux se renseigner sur le sujet avant de travailler) par exemple pour physique, nous ne comprenions pas et puis à un moment on a commencé à faire des recherches et tout est devenu clair




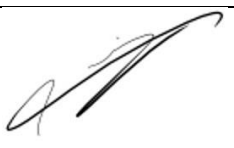

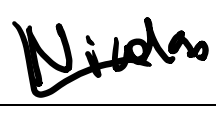
c. Au niveau du travail d'équipe (organisation, implication, communication, etc.)

Mettre un agenda en place par exemple sur un Google docs.

Il faut que nous assignions les tâches à l'écrit pour ne pas oublier ce qui doit être fait par qui et pour quand.

d. Au niveau de la gestion des conflits et du leadership

Pas de problèmes à ce niveau-là.

Prénom, nom	Signature de l'étudiant
Thibault Lootvoet	
Safiya Nouidei	
Romain Loncour	
Hugolin Louis	
Clara Nys	
Nicolas Luyckx	


Slides et commentaires

JURY FINAL

Equipe 11.27
Clara Nys, Nicolas Luyckx, Romain
Loncour,
Thibault Lootvoet, Hugolin Louis, Safiya
Nouidei
Tuteur: Thomas Bader

2020
LEPL1501 - Projet 1 - S2-S13



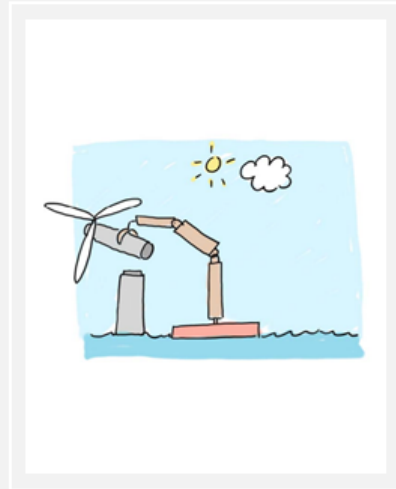


Slide 1 :

Ce premier slide contient les informations nécessaires à l'identification de notre groupe. En effet, le numéro du groupe, nos noms, le code du cours et le nom de notre tuteur figurent sur cette page d'accueil. De plus, nous avons décidé d'y placer une photo de notre groupe, prise à la fin de notre concours, permettant de placer une image, et donc une meilleure identification de notre équipe.

TABLE DES MATIÈRES

- Vidéo du concours
- Evolution du prototype
- Construction
- Modélisation physique
- Programme de simulation
- Conclusion du labo
- Démarche de l'équipe
- Apprentissages



Source de l'image: Projet P1- enoncé_V3, p1, X. Bollen, C. Jacqmot, Ch. Pecheur, B. Raucourt et S. Soares-Frazão

2

Slide 2 :

Table des matières



Slide 3 :

Voici une petite capsule résumant notre montage de l'éolienne lors du concours. Cette dernière a été assemblée en 103 secondes et sans pénalité mais cela va être rappelé par la suite. La vidéo originale est trop longue que pour être incrustée, nous l'avons donc découpé et dans la petite capsule présente dans le PowerPoint, on y retrouve que les moments intéressants.

L'éolienne qui a servie lors su concours a été imprimé à l'aide d'une imprimante 3D. Le matériau utilisé est le PLA, il est le plus souvent utilisé pour des impressions de ce type. Le concours s'est déroulé dans un des laboratoires de l'UCL, le LEMSC (Laboratoire Essais mécaniques, Structures et Génie civil). Il est dédié, comme le dis son nom, a toute sorte d'expériences dans le domaine de l'ingénierie



MAQUETTE PRÉ-JURY

- 1 bras de récupération
- Grappin attaché de manière fixe
- Axe de rotation au niveau de la base
- Maquette efficace pour le pré-jury mais pas optimale pour le jury final



4

Slide 4 :

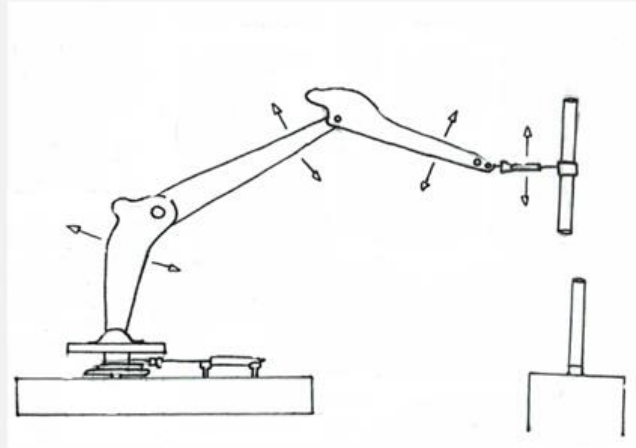
Ce modèle de grue permettait de fixer le grappin au bras sans intermédiaire de fil ce qui résolvait les contraintes du prototype précédent.

Ce premier modèle de grappin était efficace pour le pré-jury mais ça n'était pas le bon choix pour le concours.

Ce nouveau modèle ne répondait aux attentes du concours car le grappin ne pouvait attendre le sol et ne redressait les futs étant donné qu'il soit fixé.

Lors de la présentation au pré-jury, nous avons émis l'idée d'installer un rail semi-circulaire au bout du bras pour pouvoir remédier au problème de redressement, mais lors de la conception nous nous sommes rendu compte que la tâche s'avérait plus compliquée que prévu et de multiples alternatives s'offraient à nous.

DESSIN DE LA GRUE EN SITUATION



Slide 5 :

Le schéma ci-dessus représente notre grue en action. On y peut voir, grâce aux flèches, les mouvements possiblement faisables. Ce schéma a été fait à la main et est à une échelle de 1 :60.



Slide 6 :

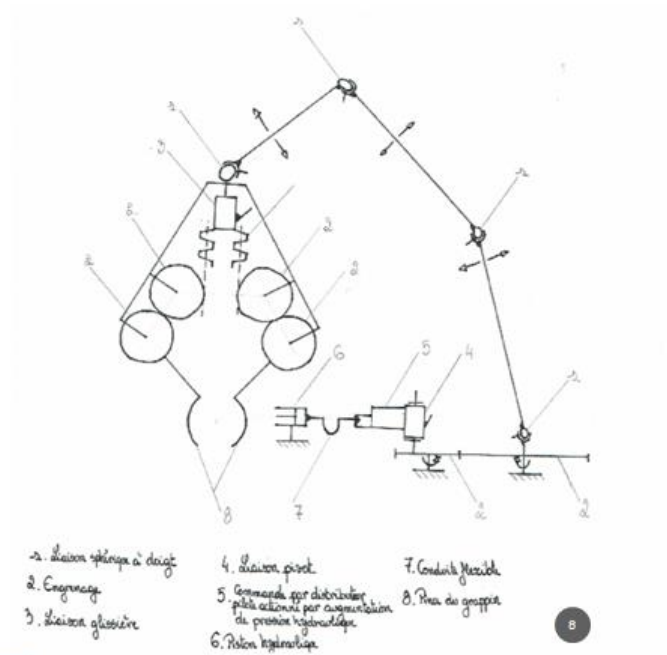
Ce prototype a été entièrement modélisé sur fusion 360 avant même sa construction, pour pouvoir extraire les informations nécessaires à la simulation informatique. Les seringues et les jonctions ne sont pas modélisées car nous n'étions pas sûr de leur position exacte. A nouveau, nous nous sommes inspirés de modèle existant de pelleuse car celle-ci répondait parfaitement aux attentes du concours. Il permettait une prise plus simple des futs à sa base tout en conservant une extension suffisamment grande pour atteindre le haut de l'éolienne. Le prototype est constitué en grande partie de MDF. Ce matériau est résistant aux charges à porter tout en étant facile à découper/utiliser. Le seul inconvénient de ce matériau est sa vulnérabilité face à l'eau. En effet, au contact de l'eau, il l'absorbe et se gonfle et perd donc en résistance et gagne en poids. Grâce à la stabilité de notre barge nous savions qu'il n'y avait aucun risque que la grue prenne l'eau.



Slide 7 :

Les pièces constituant le système de rotation de la grue et du grappin étant à fabriquer soi-même nous les avons donc imprimées en 3D. La matière d'impression est le PLA, elle est la plus commune à notre niveau car elle est abordable et suffisamment résistante. Ainsi, notre grappin a été entièrement réalisé en PLA. Contrairement au système de rotation de la grue, dont le fonctionnement est inspiré des moteurs Stirling, qui lui a été en partie imprimé en 3D sauf le plateau tournant, auquel est accroché le grand engrenage, réalisé en bois. Le fonctionnement de ce système est relativement simple. La seringue fixe, en se déployant et se rétractant, entraînant avec elle, par le biais d'un bras de repliement, le plateau tournant entraînant lui le grand engrenage. Ce dernier possède deux fois le nombre de dents du plus petit. Cela signifie que en faisant un aller-retour avec la seringue, théoriquement, le grand engrenage fait 360° tandis que le petit en fait 720°. Le pied de la grue étant relié au petit engrenage, la grue est sensée faire 720 degrés lorsque la seringue fait un aller-retour complet.

SCHÉMA CINÉMATIQUE DE LA GRUE



Slide 8 :

Grâce à ce dessin cinématique, on peut mieux comprendre le fonctionnement global de la grue. Le grappin est disproportionné par rapport au reste par souci de clarté.

PIÈCES IMPRIMÉES EN 3D

- Impression faite chez l'un des membres de l'équipe possédant une imprimante 3D
- Plusieurs pièces imprimées :
 - Système de fixation de la grue à la barge
 - Système de rotation
 - Grappin
 - Socle pour la seringue du système de rotation
 - Outil complémentaire pour le système de rotation
 - Outils complémentaires de rotation du grappin



Slide 9 :

Par chance, un membre de notre groupe disposait d'une imprimante 3D capable de pouvoir imprimer nos pièces. Par soucis de facilité nous avons donc jugés qu'il était plus simple d'imprimer nous-mêmes nos pièces. Ainsi, nous pouvions éviter les déplacements à la BST au moindre problème d'impression. Evidemment, nos impression maison sont reprises dans la comptabilité.

Les pièces imprimées sont d'une complexité telle qu'il est trop difficile de les réaliser soi-même tout en conservant une bonne qualité.

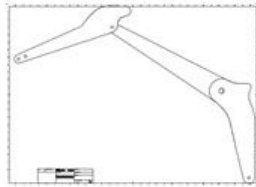
Le système de fixation de la grue nous permettait de la fixer via 6 trous dans notre barge ce qui augmentait la stabilité de celle-ci.

Le grappin est tout simplement impossible à construire à la main car les pièces sont, comme vous le voyez, beaucoup trop détaillées que pour le fabriquer nous-même.

Barge
en polyuréthane et
plaque en bois fixée
par-dessus et par-
dessous



Patron pour la
découpe des bras de la
grue (format A1)



Grue avec le système de
rotation



Grue sans le système
de rotation (supprimé
car inutile et manque de
stabilité)



CONSTRUCTION

10

Slide 10 :

La construction s'est déroulée en 3 étapes principales : le rassemblement des éléments principaux et la construction de la barge, une première réunion pour faire le gros du travail (3^{ème} photo) et enfin les finitions. La barge est issue d'un panneau d'isolation en polyuréthane. Ce matériau a une masse volumique d'environ 30 kg/m^3 . Si l'on calcule l'enfoncement de la barge nue, nous obtenons un enfoncement de 5 millimètres. Sachant que la barge mesure 9 centimètres de haut, nous étions très confiants quant à la flottaison de notre grue. De plus, lors du concours, nous avons calculé l'enfoncement aux valeurs extrêmes et le résultat est d'autant plus rassurant car la barge s'enfonçait de 25 millimètres dans le pire des cas.

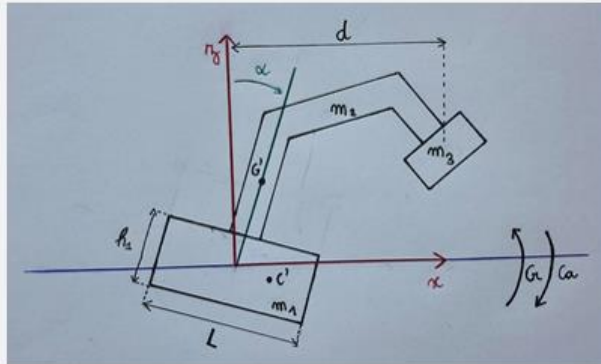
Ensuite, notre organisation au niveau de la répartition des tâches liée à la construction était assez efficace car à chaque réunion de construction, nous étions trois au minimum avec, à chaque fois, tout le matériel nécessaire (visseuse, foreuse, scie sauteuse, visses, tiges filetées, bois, ...). Cela nous a permis de bien nous répartir les tâches. Certains s'occupaient des documents à remettre (exercices de physique, programme informatique, ...) d'autres, plus habitués au travail manuel, s'occupaient de la grue. Au total, il nous aura fallu 4 réunions pour rendre le prototype entièrement fonctionnel.

MODÉLISATION PHYSIQUE

- Calcul de l'enfoncement

Itérations :

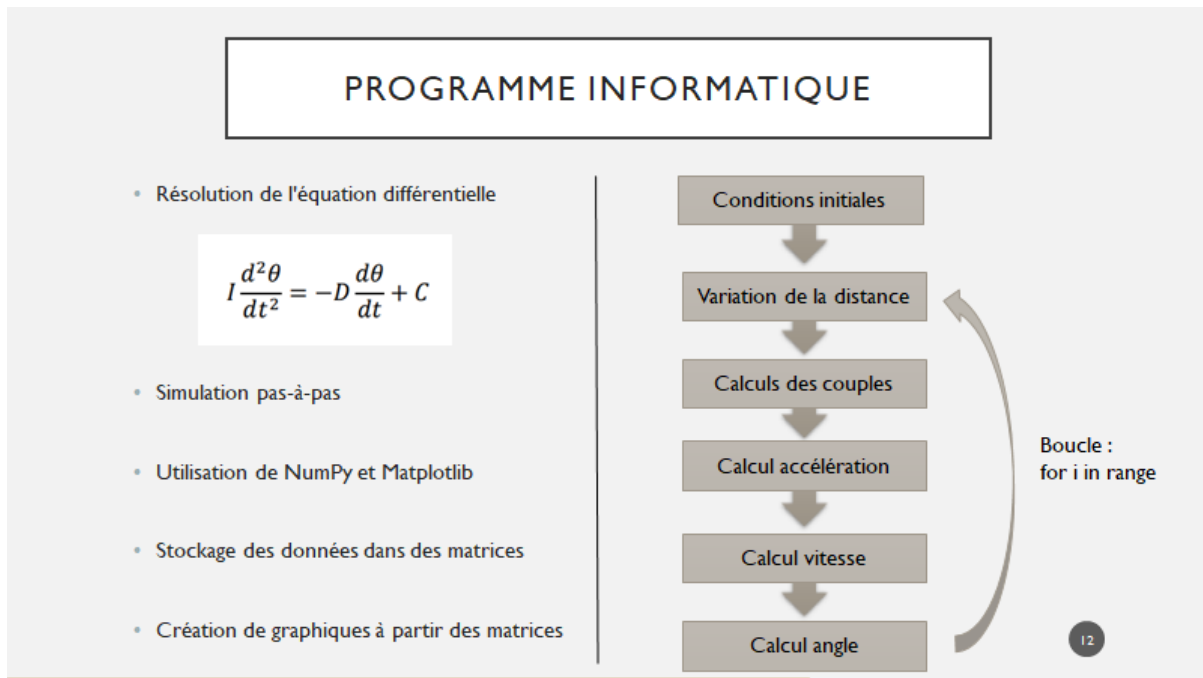
- Choisir un angle (α)
- Calcul du nouveau centre de Gravité (G') selon l'axe x
- Calcul du nouveau centre de Poussée (C') selon l'axe x
- Egaler la position de C' et de G'
 - Quand $XG' = XC'$: α est l'angle final
 - Sinon recommencer un cycle



11

Slide 11 :

Concernant la modélisation physique, on a décidé de choisir le modèle où on néglige la masse m_3 dans le calcul du centre de gravité de la grue car nous avons jugé que cette masse est beaucoup plus faible, et ainsi négligeable, comparée au poids total de notre grue, cela n'aurait donc que très peu d'impact sur notre résultat.



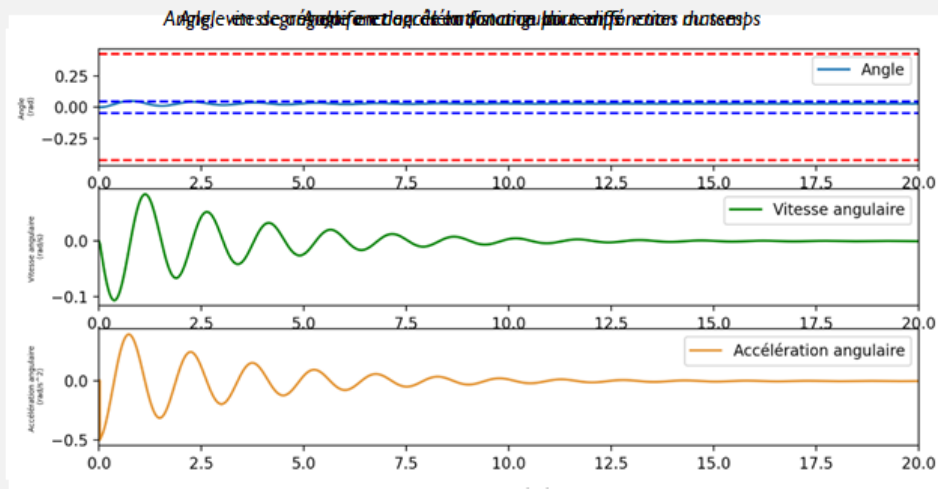
Slide 12 :

Le slide est divisé en deux ; à gauche, nous présentons les aspects plus techniques de la modélisation tandis qu'à droite, nous expliquons les itérations que le programme effectue afin d'arriver à notre résultat.

Nous présentons d'abord l'équation différentielle que nous avons résolu ; cependant, au lieu de la résoudre de manière analytique, nous avons utilisé Python avec les modules math (pour pouvoir utiliser des expressions mathématiques), numpy (pour pouvoir utiliser des matrices) ainsi que matplotlib afin de pouvoir représenter de manière graphique nos résultats.

A droite, nous représentons de manière schématique notre programme à l'aide de flèches et d'une boucle récursive. C'est une version simplifiée de ce qui se passe réellement dans notre programme ; cependant, vous trouverez à la fin du PowerPoint des extraits de code.

GRAPHIQUES



Slide 13 :

Ce slide affiche les différents graphiques produit par notre simulation informatique expliqué au slide précédent. A cause des animations, il est impossible de voir toutes les écritures et graphiques.

CONCLUSION DU LABO



Prototype

- Fonctionnel
- Montage en 1min 42
- 8ème dans le classement final → tous les fûts montés

Programme informatique

- Prédiction : angle de 2.4°
- Résultat obtenu : angle de 1.7°
- Explications:
 - Incompréhension des consignes du concours (remise à zero de l'inclinomètre)
 - Coefficient d'amortissement
 - Précision

14

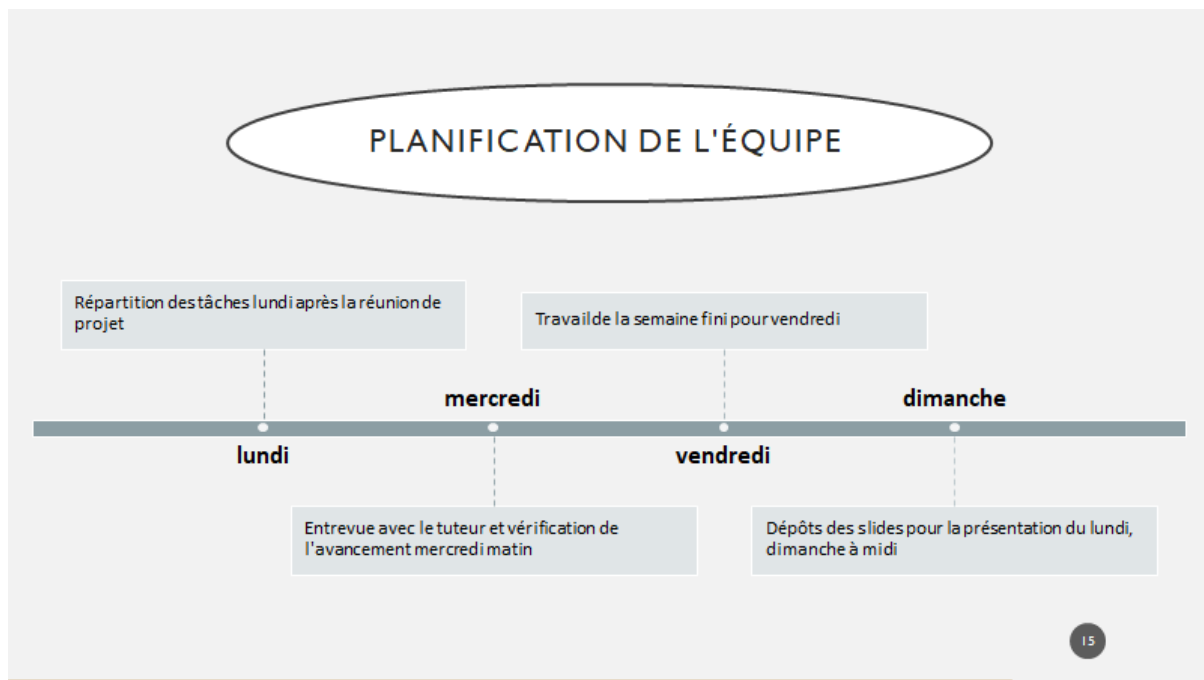
Slide 14 :

Globalement, on est assez content de notre résultat au concours, on est juste déçu car on a laissé une erreur dans le programme informatique concernant l'angle d'inclinaison qui a donc faussé notre estimation, mais celle-ci a été corrigé après le concours.

On a juste rencontré quelques problèmes car lors du test notre grue était placée sur un des côtés de la barge et ne pouvait donc pas attraper les objets posés sur la barge. On a donc placé la grue sur un des coins et retiré le système de rotation pour gagner en stabilité.

Lors du concours, on a éprouvé aucunes difficultés au niveau du placement de la barge, cependant, le placement des pales était un peu plus difficile car notre grue était assez proche du lieu de construction et donc le soulèvement de celle-ci devait être précis afin de ne pas percuter les 2 autres fûts.

Concernant les seringues, celle-ci ont très bien fonctionné sans fuites car nous avons créé un joint artificiel à l'aide d'un pistolet à colle et nous avons aussi acheté des seringues plus grosses pour pouvoir exercer une force plus grande



Slide 15 :

Concernant l'organisation de l'équipe, nous avons pris du temps à savoir respecter ce schéma mais nous y sommes arrivés. C'était difficile de se coordonner et de travailler ensemble sur une partie du projet étant donné que l'on ne se voyait jamais.

Pour la réalisation du PowerPoint, nous étions par groupe 2 et chaque semaine le binôme changeait. Ainsi tout le monde travaillait sur la réalisation de celui-ci et pouvait s'entraîner à présenter si l'occasion se présentait.

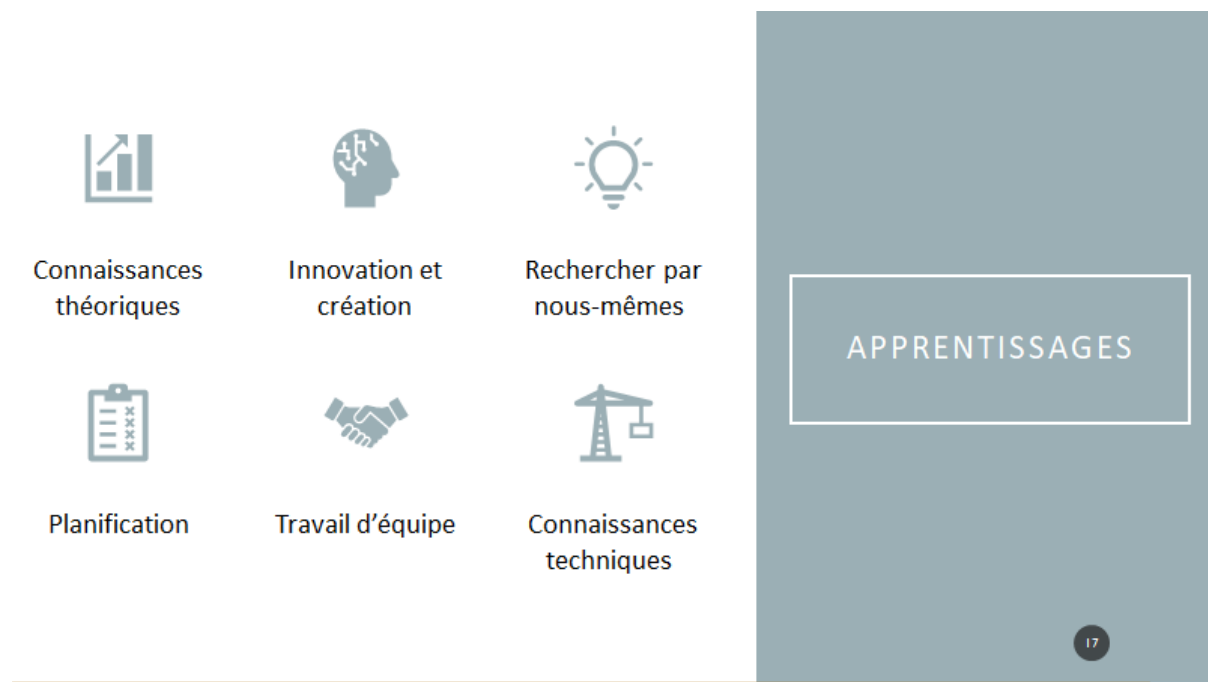
DÉMARCHE DE TRAVAIL

- Prise de connaissance du travail à effectuer
- Partage des idées, "brainstorming"
- Décision de l'idée la plus appropriée
- Répartition des tâches
- Vérification régulière de l'avancement de chacun
- Mise en commun et amélioration
- Remise du travail final

16

Slide 16 :

Concernant notre démarche de travail, nous avons au fil du temps établi une certaine routine. Celle-ci est reprise clairement dans le transparent ci-dessus. Grâce à cela, il nous était plus simple de travailler ensemble car tout était clair pour tout le monde et nous savions à quoi nous en tenir. Ainsi, nous étions plus efficaces car les tâches étaient définies et les deadlines établies.



Slide 17 :

En finissant ce projet, nous avons réalisé que nos capacités dans de nombreux domaines se sont beaucoup améliorées.

Tout d'abord, nos compétences en gestion de groupe et en travail de groupe ont énormément évolué. Que ce soit dans la communication, l'organisation d'équipe ou encore dans la prise de responsabilités. Nous avons tous évolué dans le bon sens.

Ensuite, nos connaissances théoriques ont-elles aussi décuplé. Nous avons exploré une multitude de nouveaux aspects tel que la représentation de graphiques en python, les calculs de physique (flottaison, équilibre, ...). Ces connaissances sont, pour la plupart, issues de nos recherches personnelles et ce mode de travail nous permet d'enregistrer ces notions beaucoup plus profondément que lors d'un cours magistral.

Enfin, sur le plan plus pratique, nous avons aussi beaucoup appris. Le maniement de machines, telles que des visseuses, des foreuses ou encore des scies sauteuses, était, pour certain, nouveau. C'était donc une sorte d'initiation très fructueuse.

MERCI DE VOTRE ÉCOUTE!

Equipe 11.27

Clara Nys, Nicolas Luyckx, Romain Loncour, Thibault Lootvoet,
Hugolin Louis, Safiya Nouidei



18

Slide 18 :

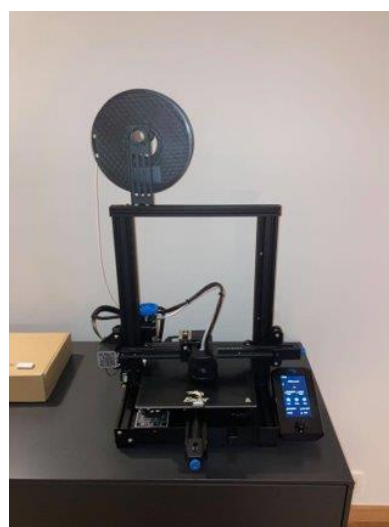
Merci de nous avoir écouté, c'était le groupe 11.27.

Comptabilité

ACHATS	ACHETEURS	PRIX
Seringues (1)	Romain	3.50€
Seringues (2)	Thibault	2€
Seringues (3)	Nicolas	1,80€
Tuyaux (1)	Nicolas	1.50€
Plaques de bois	Nicolas	6€
Bâtons de colle	Hugolin	2,10€
Impressions 3D	Clara	4 X 5€ = 20€
TOTAL		36,9€

Inventaires des pièces imprimées à domicile :

- Système de fixation de la grue à la barge
- Système de rotation
- Grappin
- Socle pour la seringue du système de rotation
- Outil complémentaire pour le système de rotation
- Outils complémentaires de rotation du grappin



Nous avons été plutôt économes malgré le fait que les impressions augmentent fortement notre budget. Pour des raisons techniques, nous n'avons pas fait d'impressions à la BST lorsque nous sommes passés en distanciel. Si nous calculons réellement le prix que cela nous a coûté sachant qu'une bobine de 1 kilo de PLA coûte 20 euros ayant utilisé au grand max 500 grammes de fils nos approximations se rapprochent plus de 10 euros. Mais nous avons quand même mis 20 euros pour correspondre à 4 impressions qui doivent être comptées pour 5 euros chacune. De plus, nous n'avons pas pu récupérer des seringues et tuyaux vu la rupture de stock, c'est pour cela que nous avons dû en acheter à plusieurs reprises.

Conclusion

Pour rappel, le défi initial était de construire une grue flottante capable d'assembler une éolienne en mer. Après de deux mois de dur labeur, nous avons réussi à en créer un prototype à petite échelle entièrement fonctionnelle. Evidemment, le modèle final n'a pas été conçu du premier coup, il nous a fallu plusieurs essais, qui à chaque fois présentaient encore des défauts et ce n'est qu'en apprenant de nos erreurs que nous avons débouché sur le modèle de grue que nous avons utilisé lors du concours. En effet, lors du pré-jury, nous avions à peine un bras, actionné grâce à un piston, un grappin fonctionnel mais loin d'être optimal et une plateforme en carton.

Heureusement, notre équipe était performante, efficace et soudée et cela nous a permis de pouvoir avancer à pas sûr et à une allure relativement constante et élevée. La communication dans le groupe s'est améliorée au fil des semaines, l'atmosphère n'a, elle aussi, cessé de se rendre plus agréable et chaleureuse mais à la fois productive.

Le bilan final de ce premier projet est très positif, nous avons tous acquis beaucoup de compétences au niveau des travaux de grande envergure en groupe, la gestion d'équipe, la communication mais aussi au niveau des sujets traités, tels que les modélisation 3D, l'approche technique et manuelle.

Enfin, la petite cerise sur le gâteau qui vient clôturer ce projet de manière encore plus positive est le fait que l'on ait réussi à empiler les 3 futs de l'éolienne lors du concours en un temps relativement faible (1min43). Ceci conclut donc ce rapport sur notre projet du premier quadrimestre.