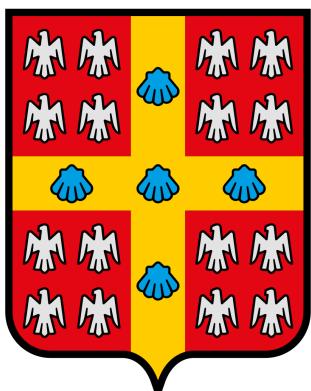


Place Holder page titre

Va être remplacée par celle sur Teams

Charles Bouthillier Paul Charvet William Hamilton Samuel Roy

2025-12-12



UNIVERSITÉ  
**LAVAL**

Université Laval

Faculté de science génie

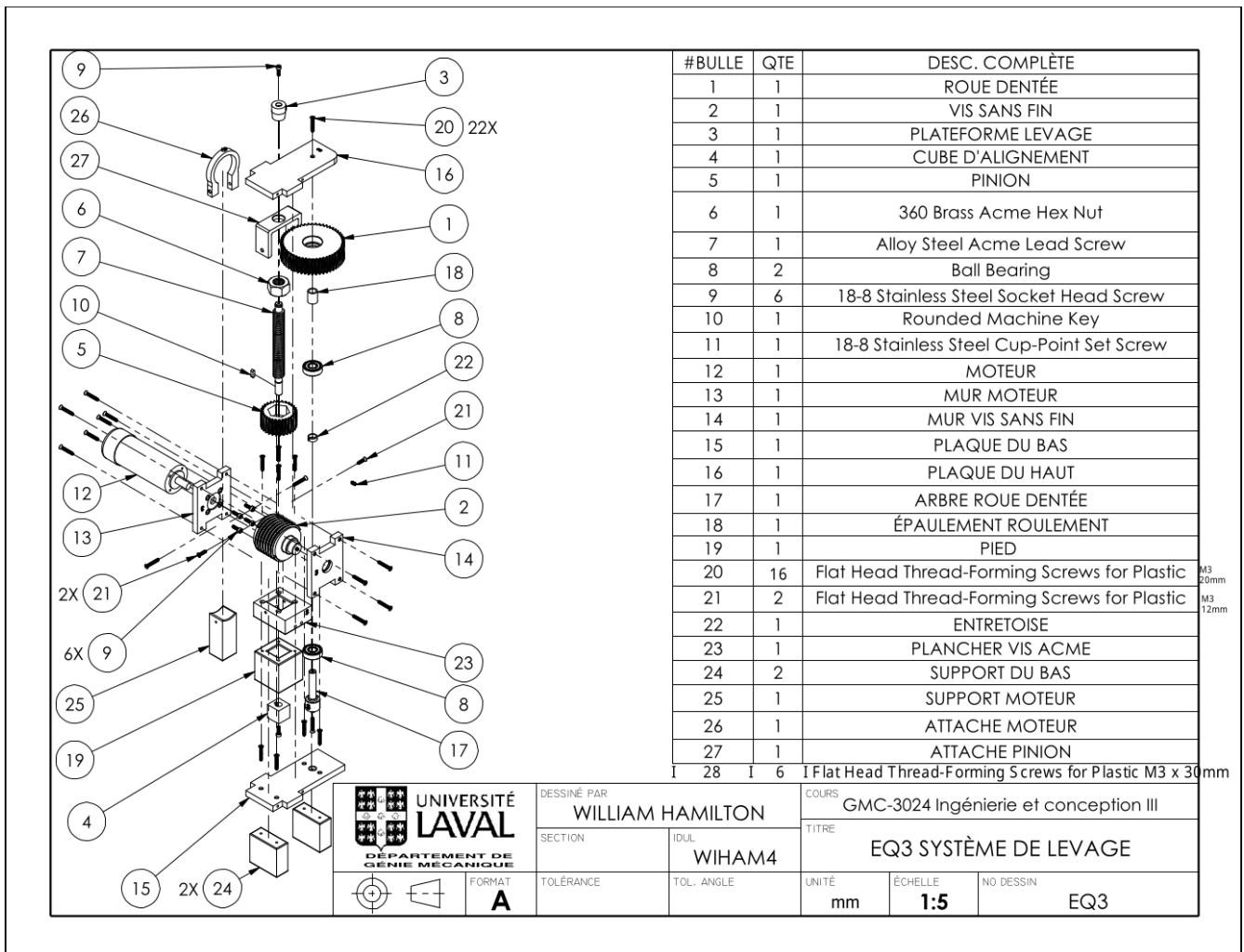
Québec

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Vue CAD 3D explosée</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>captures d'écran des enveloppes d'impression</b>	<b>2</b>
2.1	Volumes Préférentiels X-Y . . . . .	2
2.1.1	Lot #1 . . . . .	2
2.1.2	Lot #2 . . . . .	3
2.2	Volumes Préférentiels Z . . . . .	4
2.2.1	Lot #3 . . . . .	4
2.2.2	Lot #4 . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Croquis à main levé</b>	<b>6</b>
3.1	Concept #1: Charles Bouthillier . . . . .	6
3.2	Concept #2: Samuel Roy . . . . .	7
3.3	Concept #3: Paul Charvet . . . . .	8
3.4	Concept #4: William Hamilton . . . . .	9
3.5	Grille de sélection . . . . .	10
3.6	Justification des cotes . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Calculs</b>	<b>12</b>
4.1	Calcul de faisabilité (#1) . . . . .	12
4.1.1	DCL des composantes dans le chemin de force . . . . .	12
4.1.2	couple pour soulever 295,5kg . . . . .	18
4.1.3	couple pour soulever une charge optimale (34/75 kg/lbs . . . . .	19
4.1.4	masse pour un couple moteur unitaire . . . . .	20
4.1.5	temps de montée . . . . .	21
4.1.6	Évaluer la surcharge . . . . .	21
4.2	Calcul #2: flexion des dents de la roue dentée (pièce #1) . . . . .	24
4.3	Calcul #3: flexion de l'arbre de la roue dentée (pièce #17) . . . . .	24
4.4	Calcul #4: torsion de la vis sans vis sans fin (pièce #2) . . . . .	24
4.5	Calcul #5: force nécessaire pour maintenir la vis de pressin (pièce #11) . . . . .	24
4.6	Calcul #6: flambage de la vis ACME (pièce #7) . . . . .	24

<b>5 Conclusion</b>	<b>24</b>
5.1 Fiche de spécifications techniques . . . . .	24

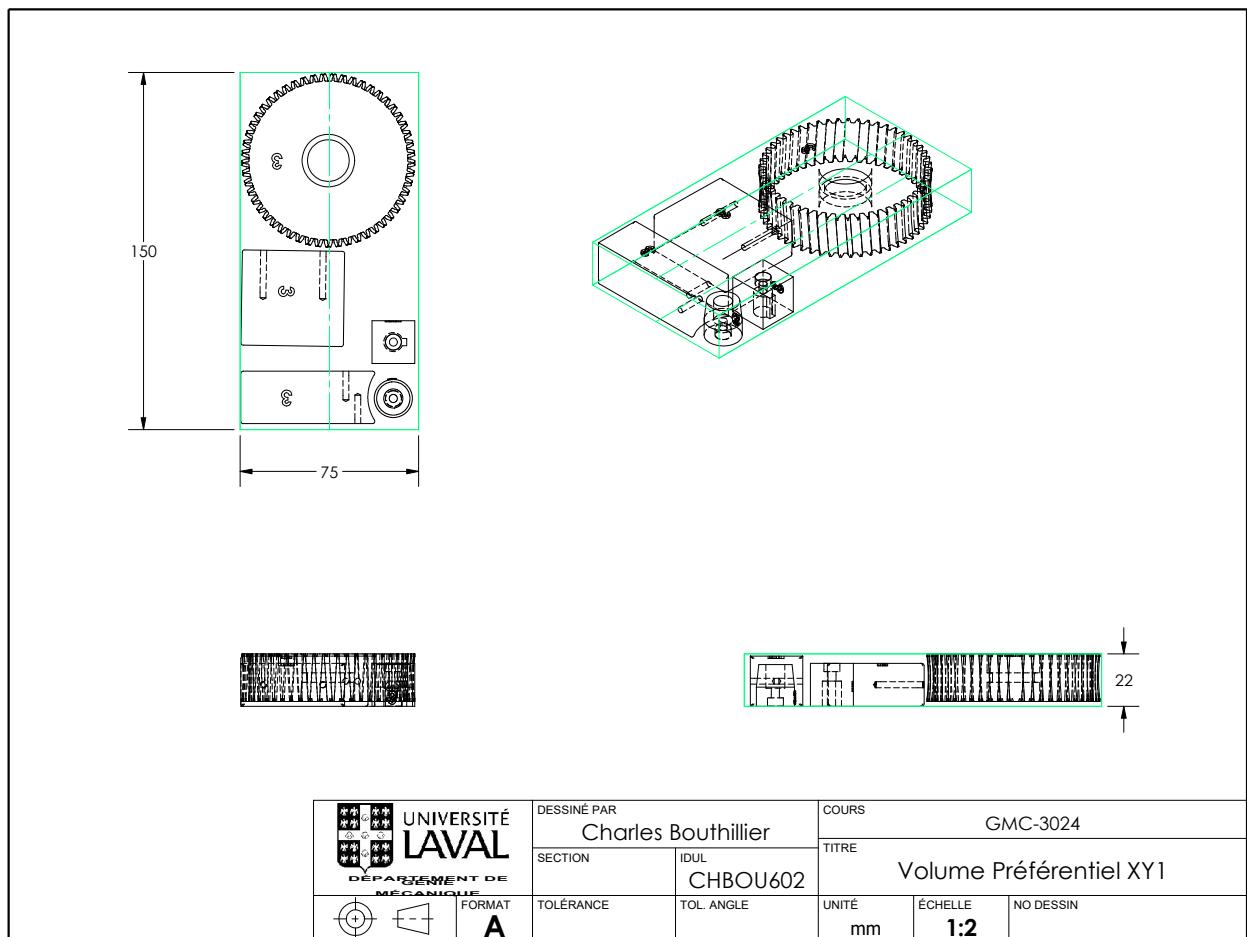
# 1 Vue CAD 3D explosée



## 2 captures d'écran des enveloppes d'impression

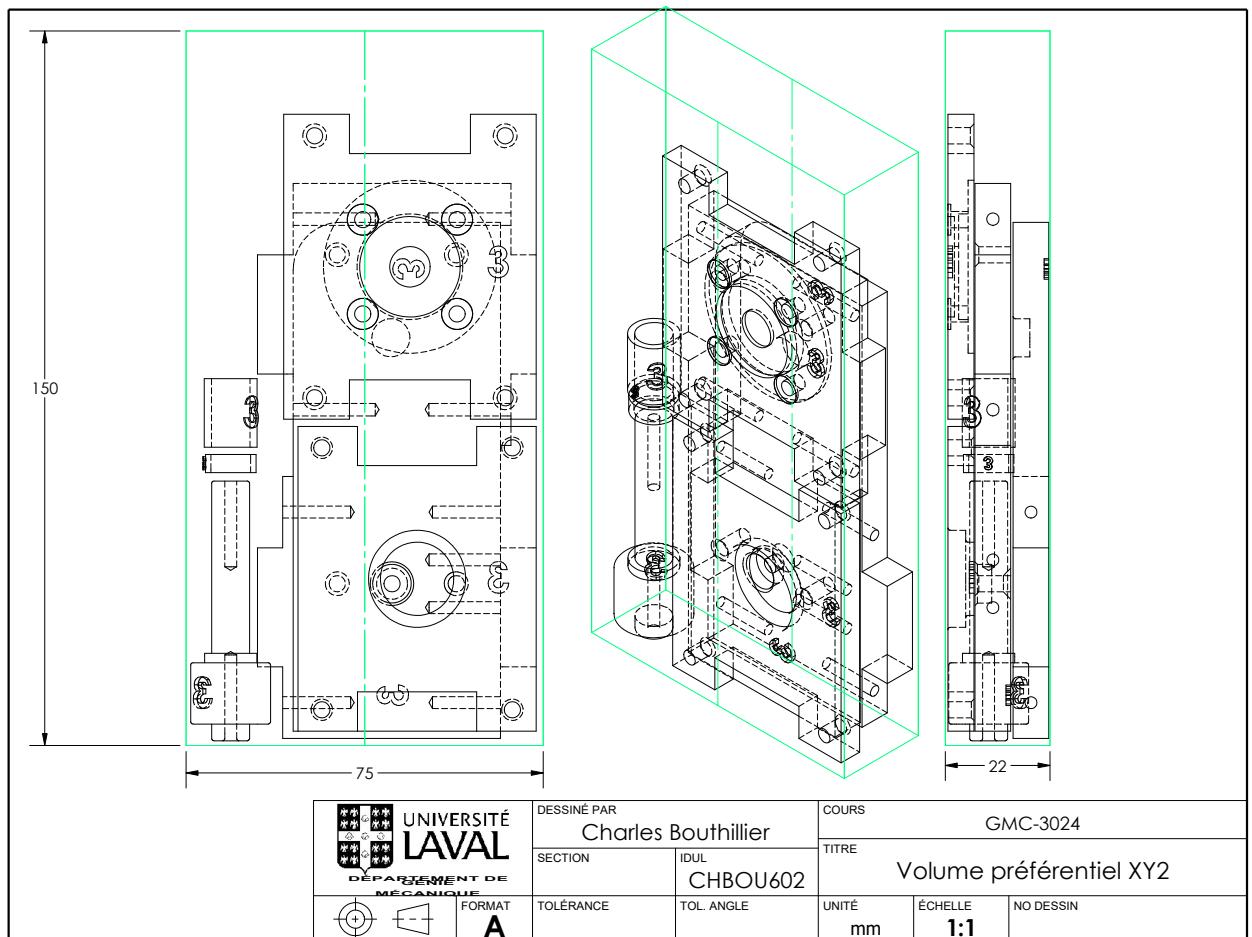
### 2.1 Volumes Préférentiels X-Y

#### 2.1.1 Lot #1



Produit d'éducation SOLIDWORKS. A titre éducatif uniquement.

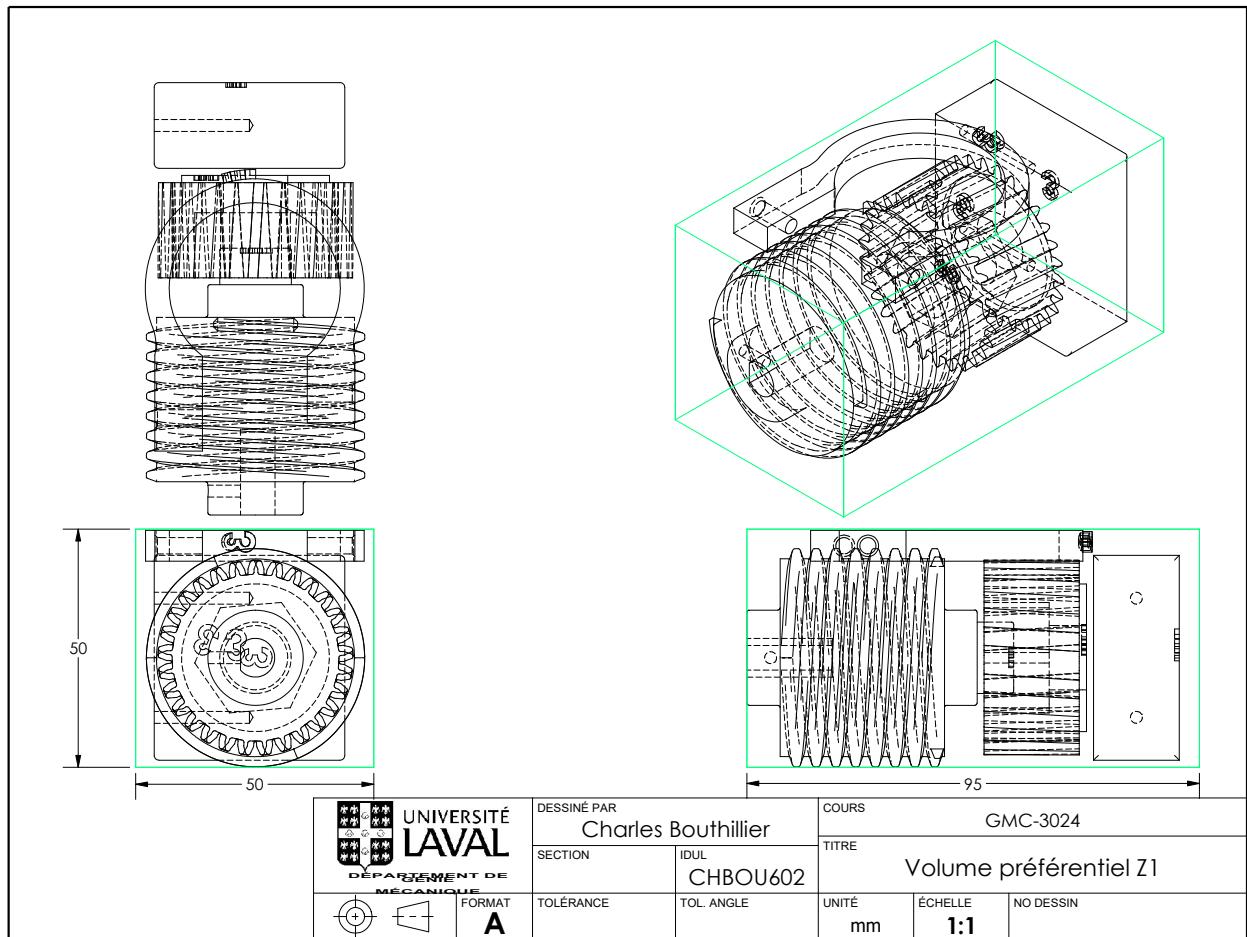
## 2.1.2 Lot #2



Produit d'éducation SOLIDWORKS. A titre éducatif uniquement.

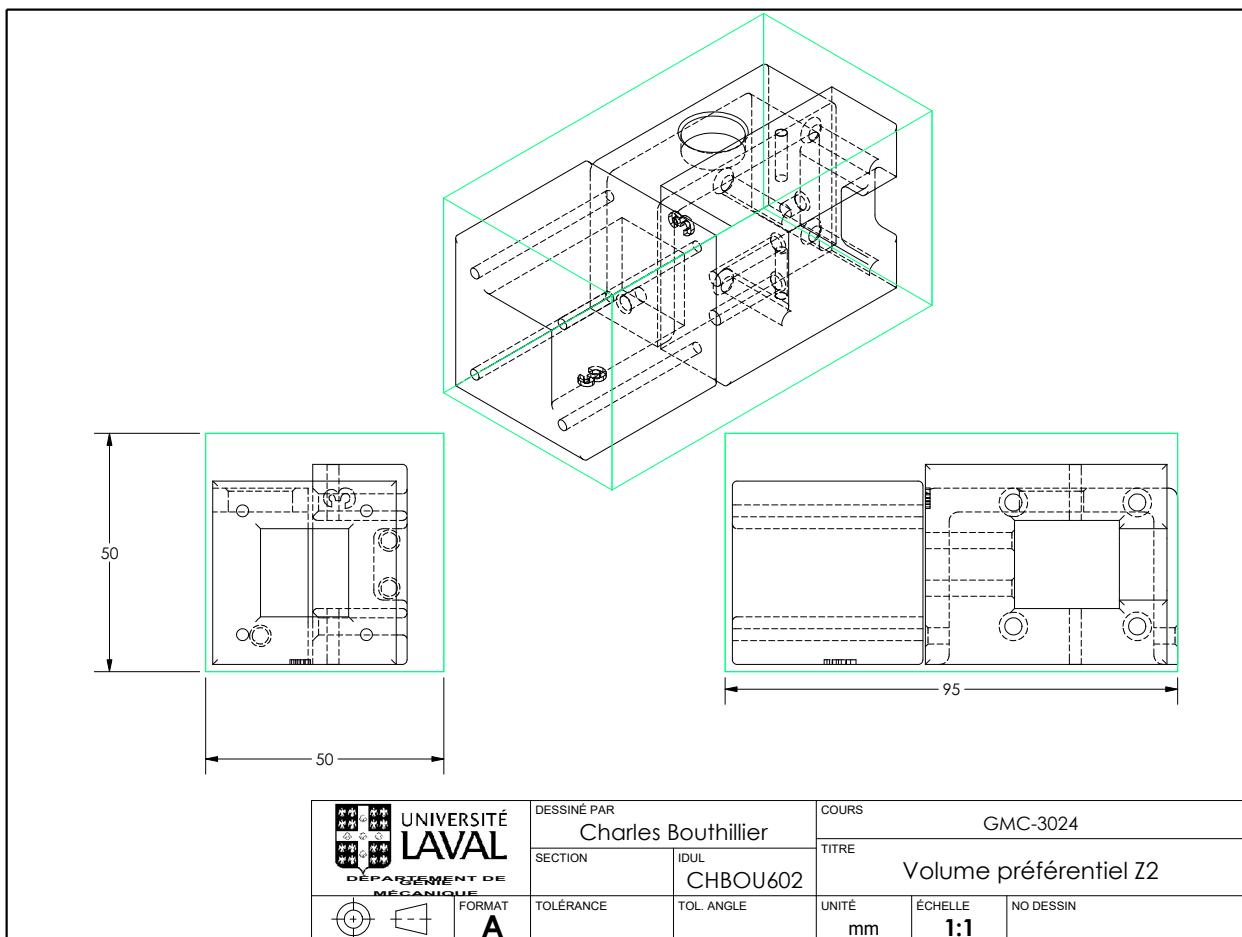
## 2.2 Volumes Préférentiels Z

### 2.2.1 Lot #3



Produit d'éducation SOLIDWORKS. A titre éducatif uniquement.

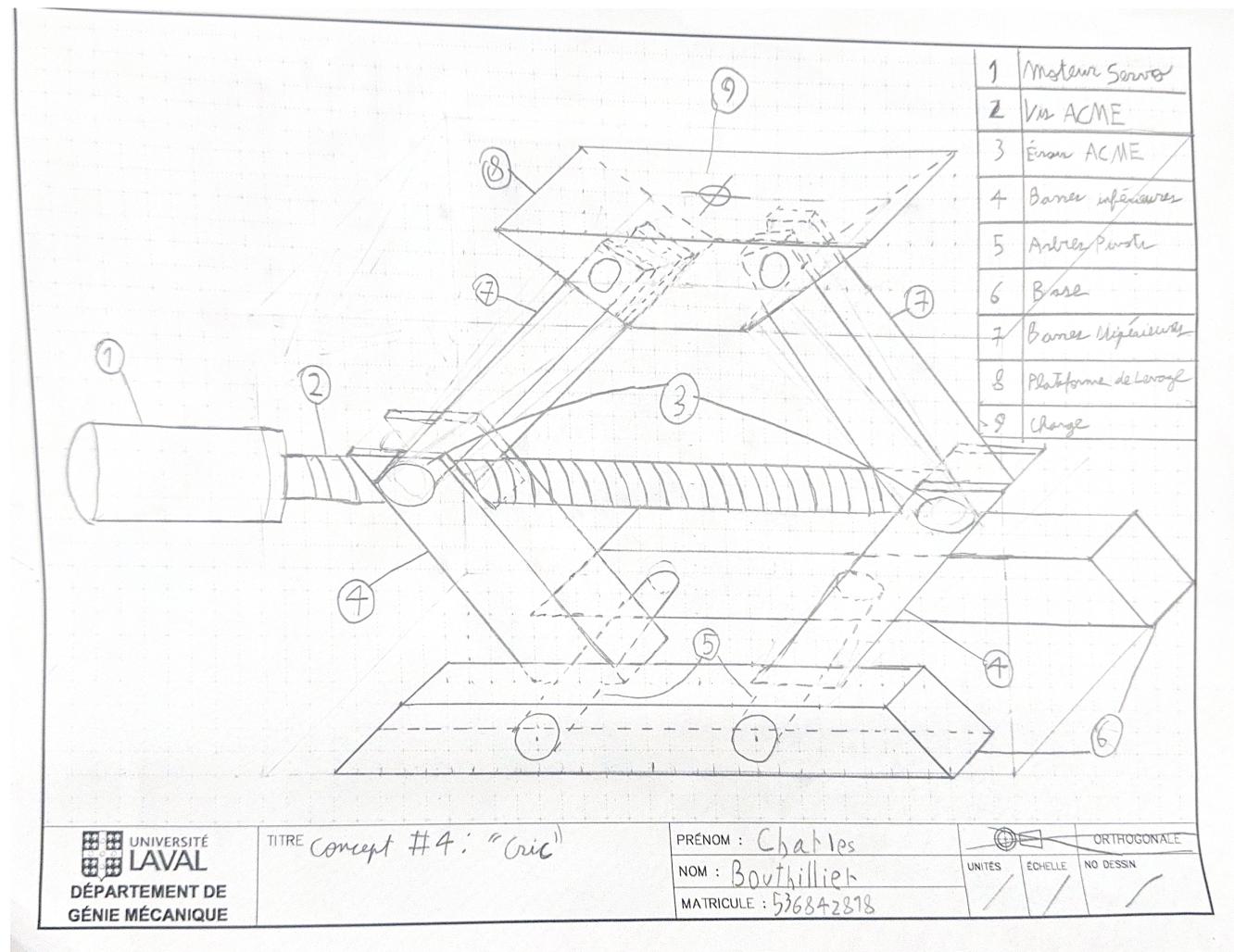
## 2.2.2 Lot #4



Produit d'éducation SOLIDWORKS. A titre éducatif uniquement.

### 3 Croquis à main levé

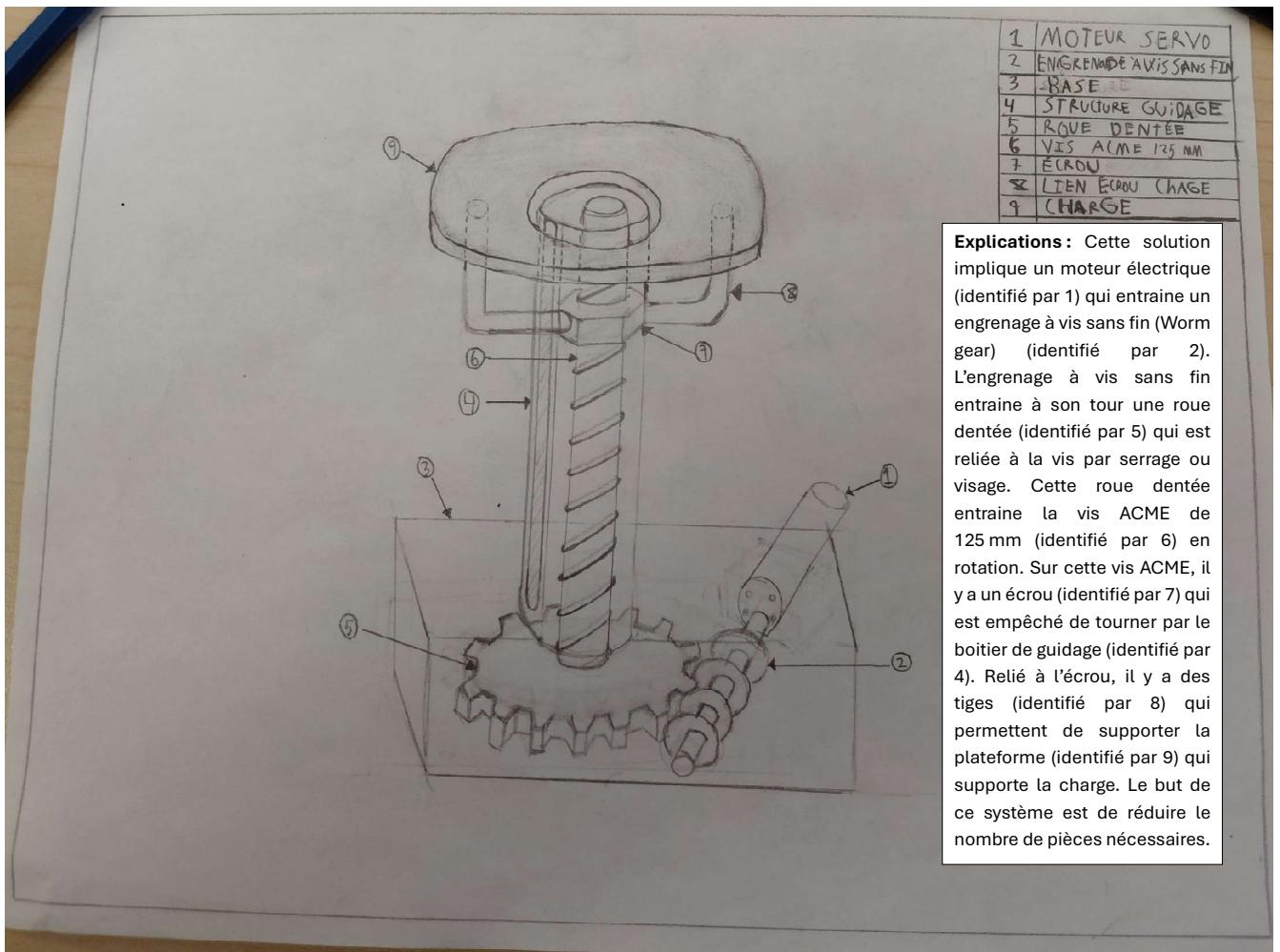
#### 3.1 Concept #1: Charles Bouthillier



Explication du concept: Cette solution est inspiré d'un "cric" permettant de soulever des voitures. Le moteur (#1) fait tourner une vis ACME (#2). Deux écrous (#3) sont bloqués en rotation sur la vis, lorsque le moteur tourne, ils seront naturellement pousser vers le centre de la vis, entraînant avec eux les pivots centraux des barres (#4 et #7). Lorsque les pivots centraux se rapprochent, les systèmes de barres se dressent, ce qui a pour effet d'élèver la plateforme (#8), et par extension, la charge (#9) qui y est posée.

*Charles Bouthillier*

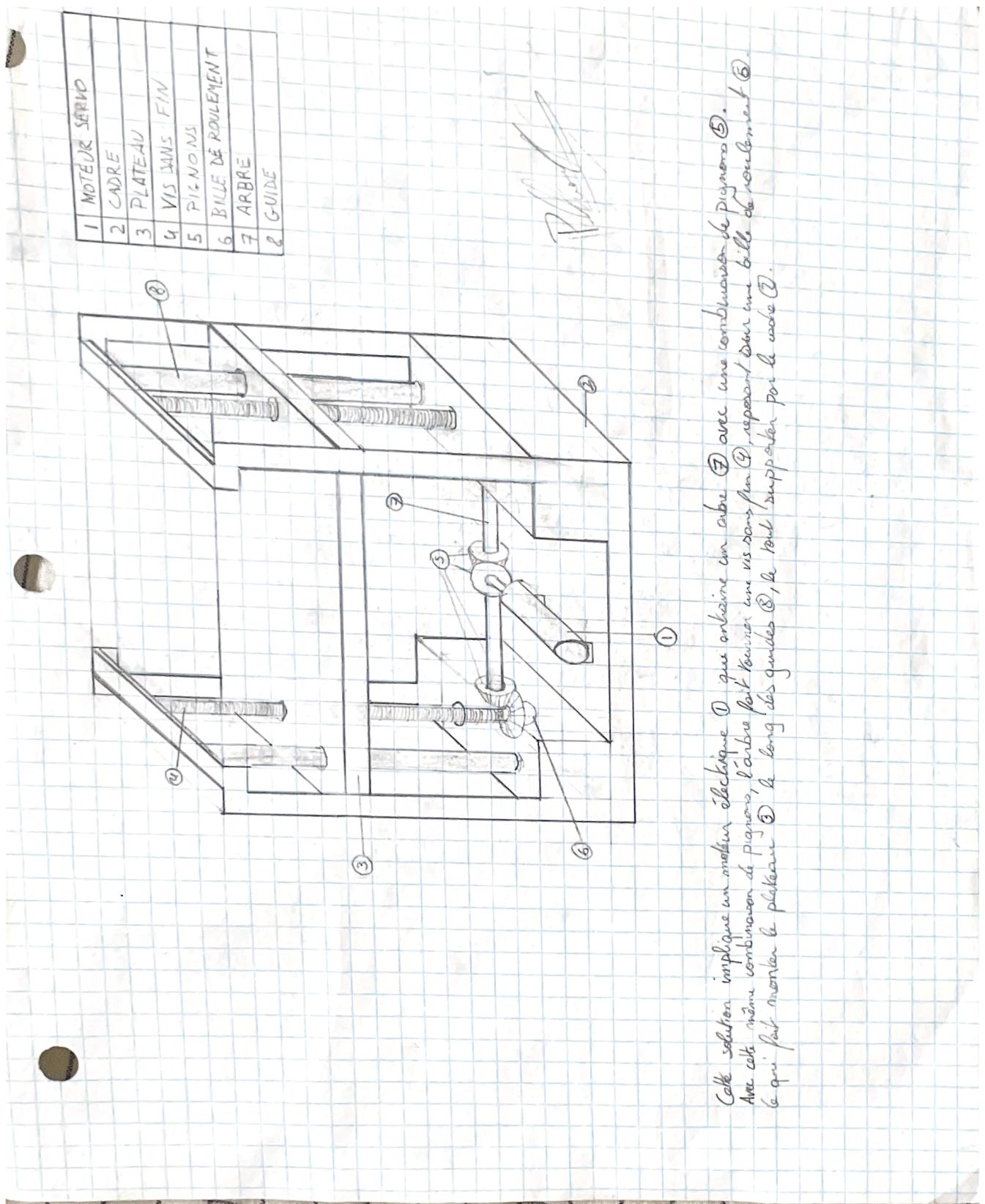
### 3.2 Concept #2: Samuel Roy



Explication du concept: Voir image ci-dessus

Samuel Roy

### 3.3 Concept #3: Paul Charvet



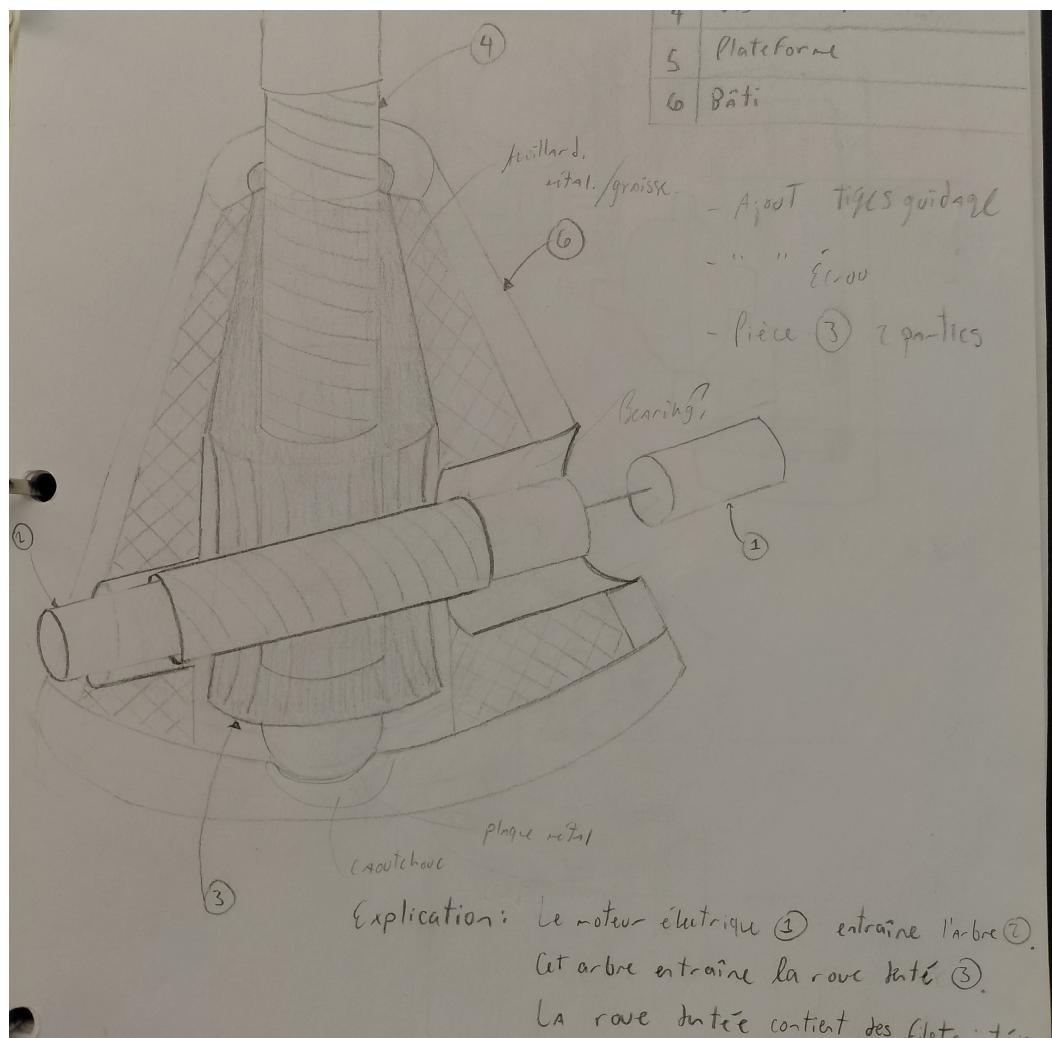
Cette solution implique un moteur électrique (#1) qui entraîne une combinaison de pignons (#3) avec une combinaison de pignons (#5). Avec cette même combinaison de pignons, l'arbre fait tourner une vis dans fin (#4) reposant sur une bille de roulement (#6). Ce qui fait monter le plateau (#2) le long des guides (#8), le tout supporté par la voie (#7).

Explication du concept: Cette solution implique un moteur électrique (#1) qui entraîne

un arbre (#7) avec une combinaison de pignons (#5). À l'aide de cette dernière, l'arbre fait tourner une vis sans fin (#4) reposant sur une bille de roulement (#6), ce qui fait monter le plateau (#3) le long des guides (#8), le tout supporter par le cadre (#2).



### 3.4 Concept #4: William Hamilton



Explanation du concept

William Hamilton

### 3.5 Grille de sélection

Critères	importance	CB		SR		PC		WH		A	B	C	D
		A 0-100%	B 0-100%	C 0-100%	D 0-100%	A	B	C	D				
Propension à soulever une lourde charge	35	60	65	80	70	21	22.75	28	24.5				
Variabilité du niveau de charge pouvant être soulevée en fonction de la hauteur ou géométrie	15	80	100	100	90	12	15	15	13.5				
Complexité/Nombre de pièces	25	80	95	30	90	20	23.75	7.5	22.5				
Niveau d'incertitudes ou de risque	25	80	70	90	95	20	17.5	22.5	23.75				
<b>TOTAL</b>							73	79	73				84.25

### 3.6 Justification des cotes

Pour le concept #1, nous avons décidé d'attribuer la note de 60/100 au critère de propension à soulever une charge importante, en raison des contraintes susceptibles d'être appliquées aux pièces 5, dites « arbres pivots », lesquelles pourraient avoir des difficultés à les supporter. Concernant la variabilité du niveau de charge pouvant être soulevée en fonction de la géométrie, nous estimons que, lorsque le système se rapproche de sa hauteur maximale, la répartition des contraintes est amenée à évoluer. Bien que nous n'ayons pas réalisé d'analyse approfondie, nous avons choisi d'attribuer une note de 80/100. La complexité du mécanisme ainsi que le nombre de pièces ont été jugés raisonnables ; c'est pourquoi une note de 80/100 a été retenue pour ce critère. Enfin, le niveau d'incertitude a également obtenu cette note, dans la mesure où il s'agit d'un concept déjà connu et couramment utilisé.

Pour le concept #2, nous avons estimé que la capacité à soulever une charge importante serait limitée et que le couple requis atteindrait rapidement une valeur susceptible de bloquer le moteur. De plus, l'engrenage 5 risquerait de frotter contre le fond du boîtier. Pour ces raisons, nous avons attribué une note de 65/100. Ensuite, bien que nous n'ayons réalisé ni calculs ni analyses détaillées, nous avons supposé que la hauteur du système n'influencerait pas sa capacité à soulever différentes charges. Ainsi, une note de 100/100 a été attribuée pour ce critère. En ce qui concerne la complexité et le nombre de pièces, ce concept est de loin le plus simple ; la note de 95/100 lui a donc été accordée. Les

cinq points retirés s'expliquent par la conception des pièces 2 et 5, respectivement la « worm gear » et la « wheel gear », jugée plus exigeante. Enfin, une note de 70/100 a été attribuée en raison des incertitudes liées au système de transmission de puissance ainsi que du risque de flambage de la pièce 4, la « structure de guidage ».

Le concept #3 a été jugé capable de soulever une charge importante, avec une note de 80/100, en raison de la présence de deux pièces 4, des « vis sans fin ». Toutefois, un travail d'optimisation des rapports de transmission aurait été nécessaire afin de garantir une meilleure capacité de reprise de charge. Nous estimons que ce concept est parfaitement capable de supporter la charge indépendamment de la hauteur de la pièce 3, le « plateau », grâce aux pièces 8, les « guides ». C'est pourquoi la note de 100/100 a été attribuée pour ce critère. En revanche, ce concept présente une complexité élevée, avec un grand nombre de pièces en mouvement, ce qui justifie la note de 30/100. Enfin, concernant le niveau d'incertitude et de risque associé à ce concept, celui-ci a été jugé relativement faible. En effet, le système est très stable grâce aux guides et à la pièce 2, le « cadre », et une part importante des efforts est reprise par des pièces métalliques (4 et 6).

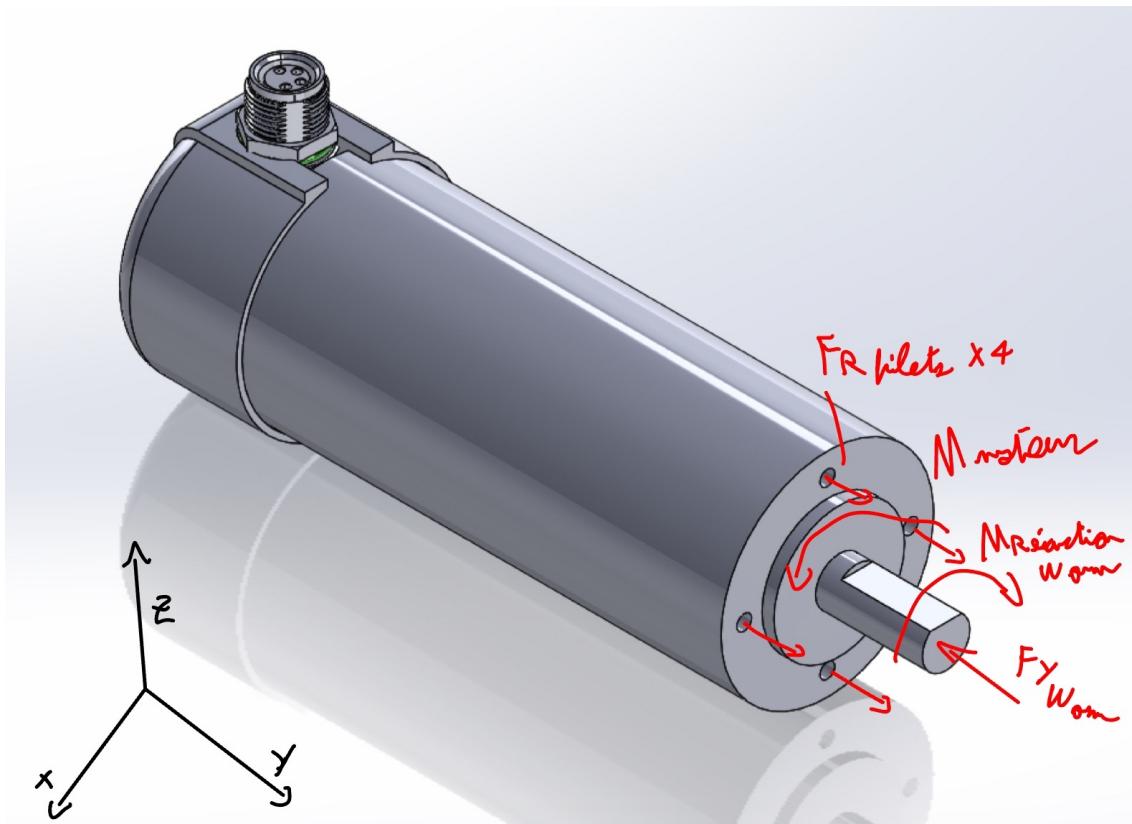
Pour le concept #4, nous estimons que, bien qu'il soit très résistant, il présente un problème similaire à celui du concept 2, à savoir une variation de rapport de transmission insuffisante, susceptible d'entraîner le blocage du moteur. Une note de 70/100 a donc été attribuée. En ce qui concerne la capacité de levage en fonction de la hauteur, nous avons jugé que l'impact serait limité ; c'est pourquoi une note de 90/100 a été accordée. Nous avons également estimé que ce concept était peu complexe, car il comporte un nombre relativement réduit de pièces. Enfin, nous avons considéré que la géométrie conique conférait une robustesse accrue au système, réduisant ainsi le risque de rupture.

## 4 Calculs

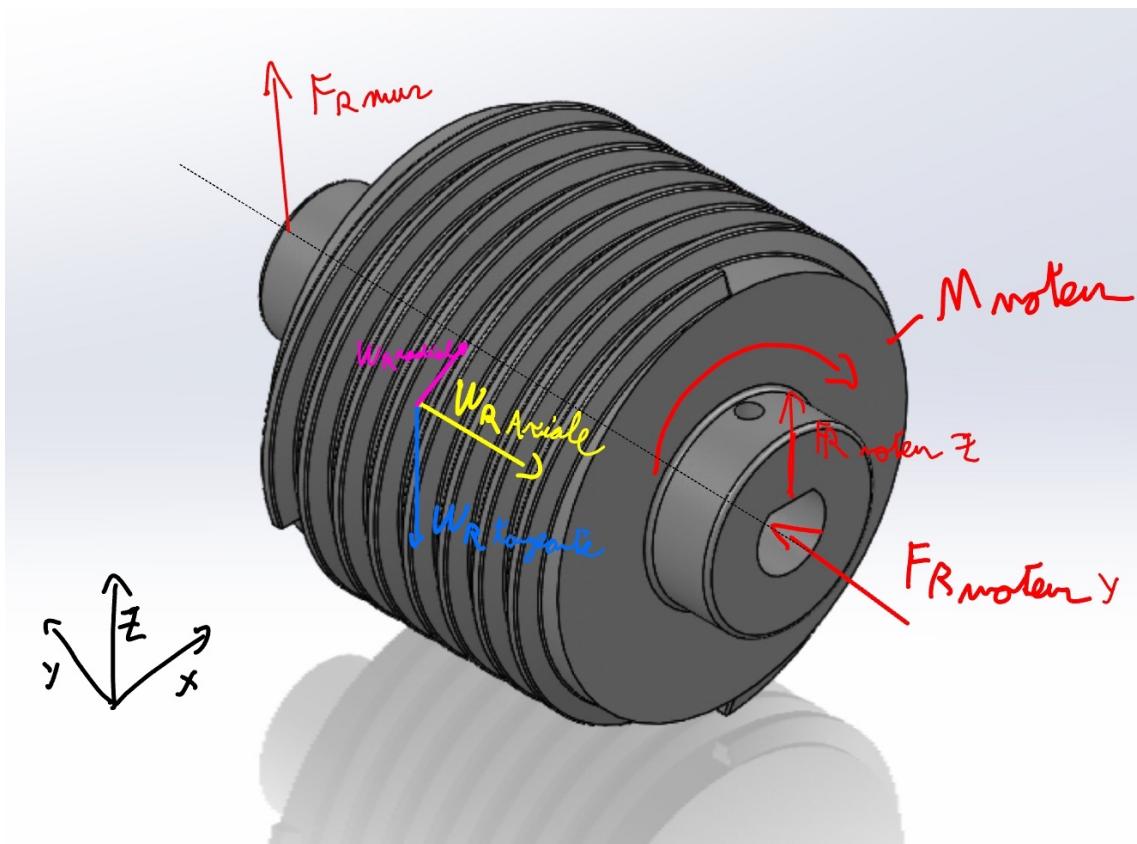
### 4.1 Calcul de faisabilité (#1)

#### 4.1.1 DCL des composantes dans le chemin de force

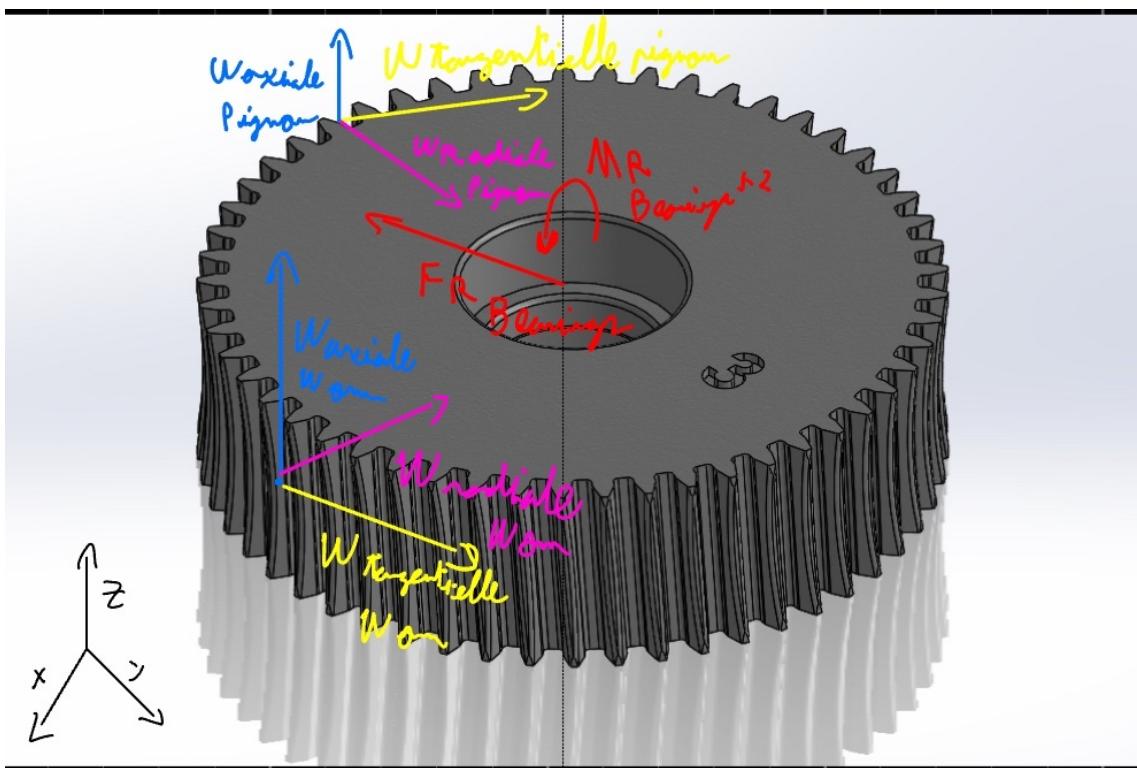
a) Moteur



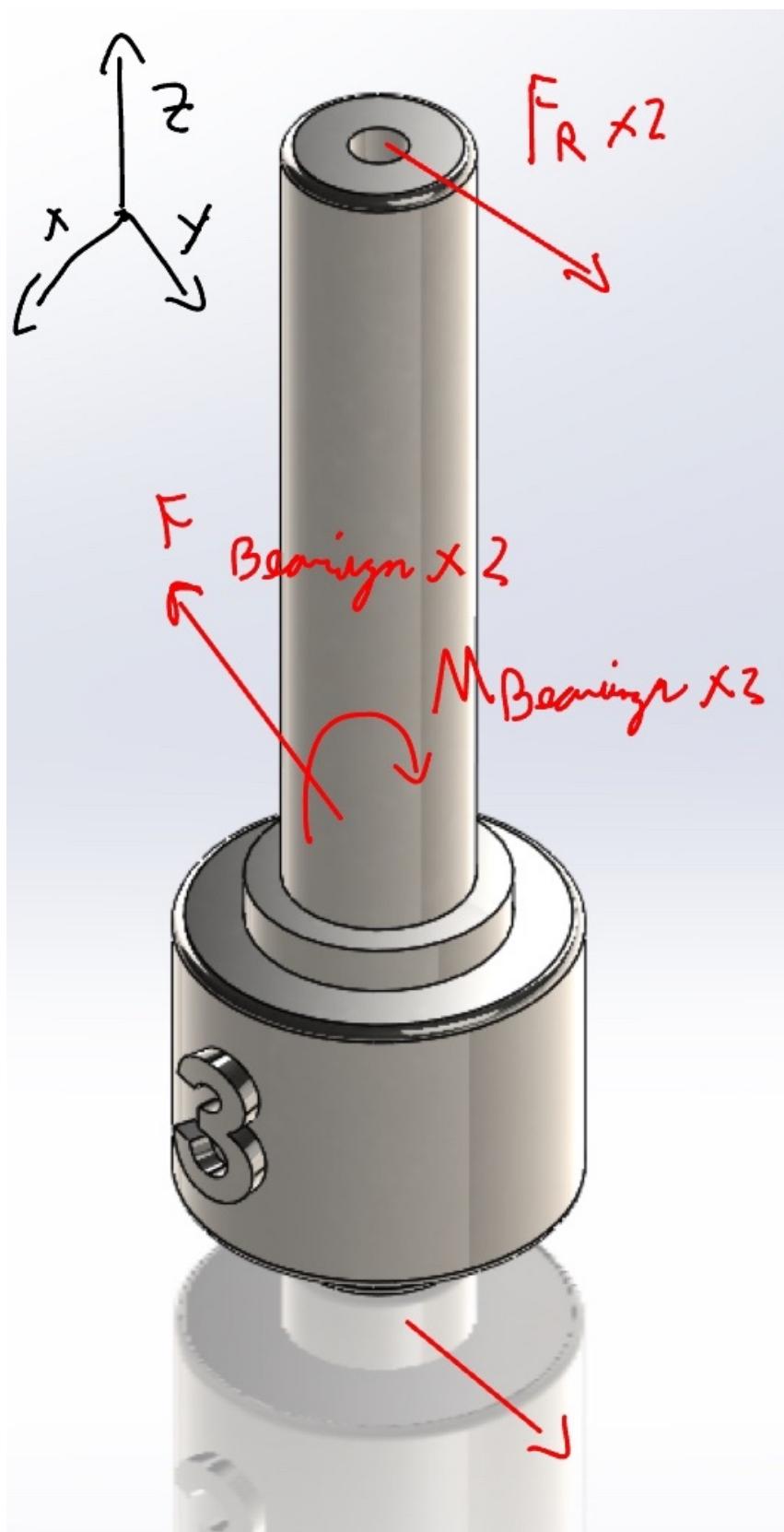
b) Vis sans fin



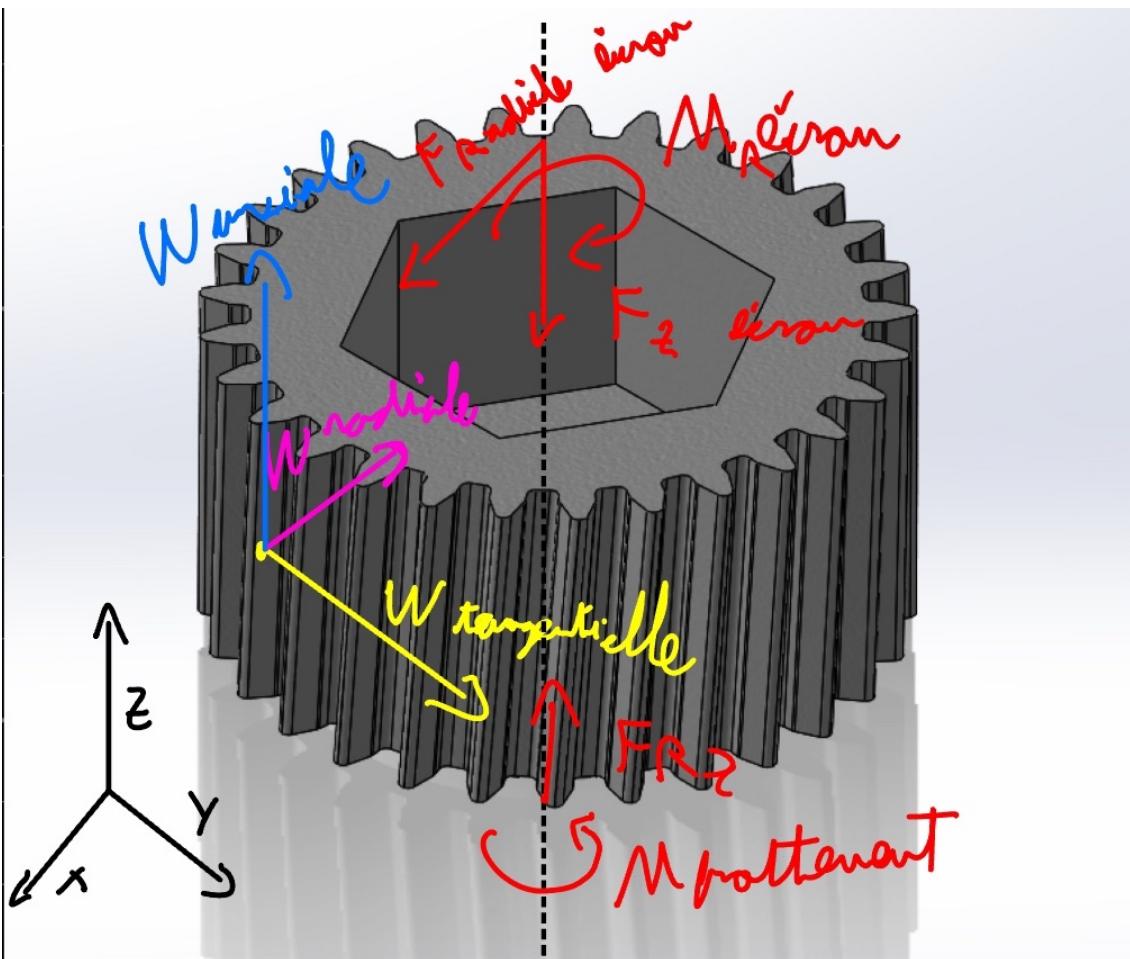
c) Roue dentée



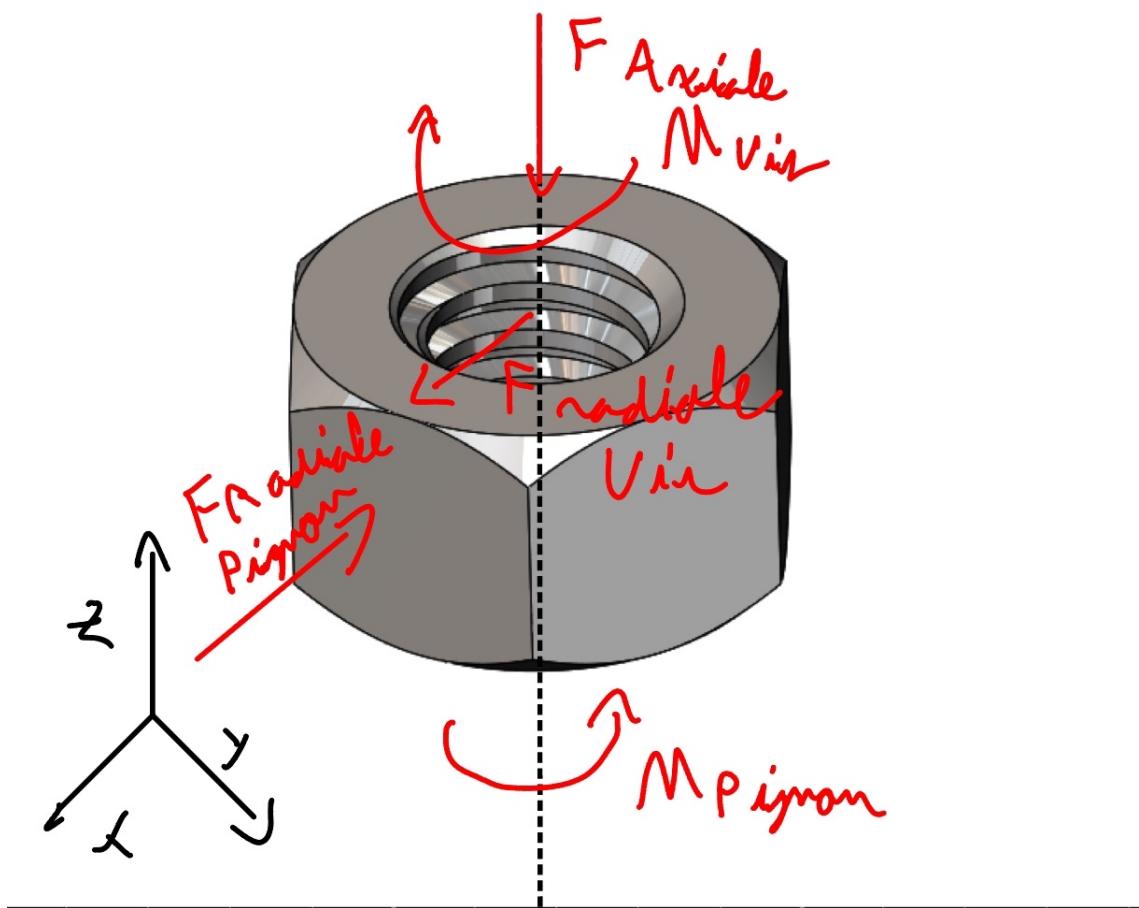
d) arbre au centre de la roue dentée



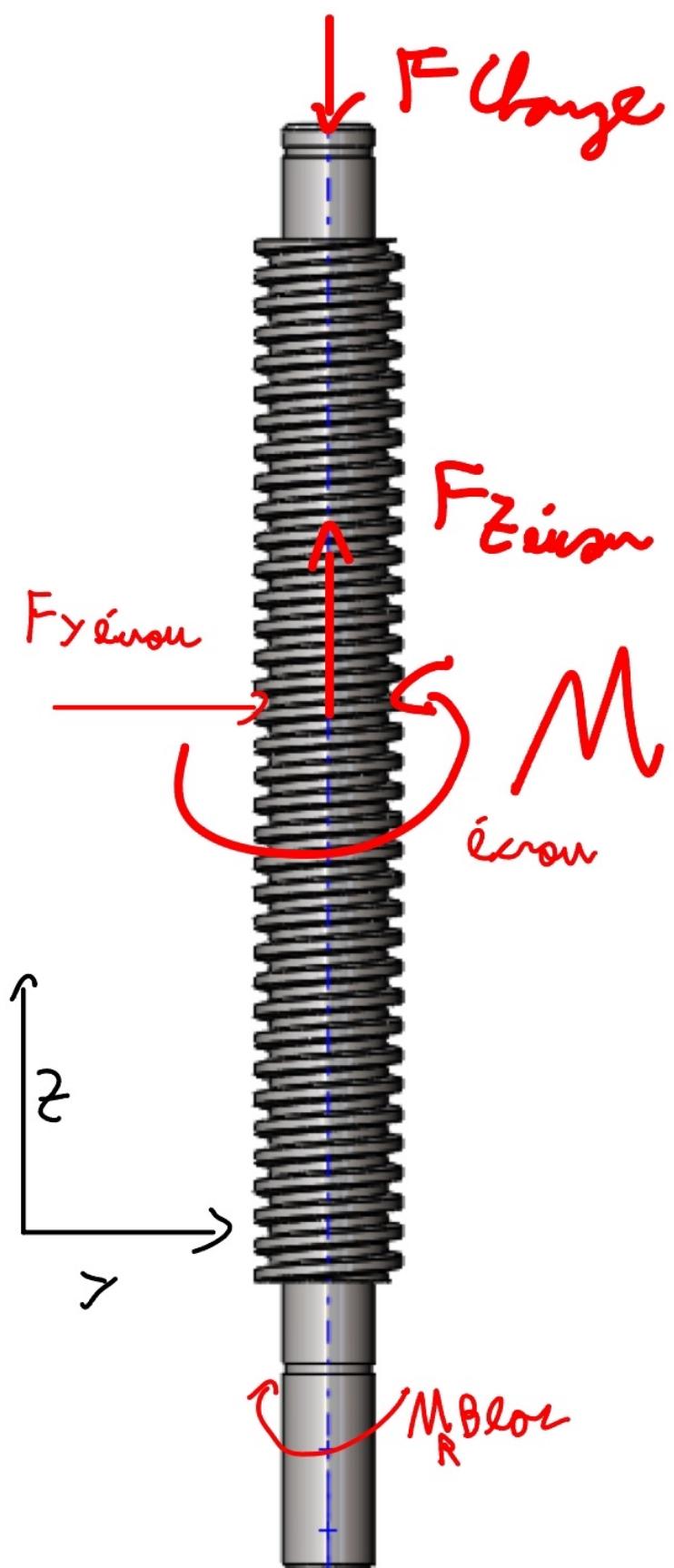
e) Pignon



f) Écrou ACME



g) Vis ACME



#### 4.1.2 couple pour soulever 295,5kg

Paramètre	symbole	valeur de base
masse à soulever	$M_{charge}$	295,5 [kg]
constante de gravité	$g$	9,81 [ m s <sup>-2</sup> ]
pas de la vis ACME	$P$	0,00254 [m]
Diamètre primitif vis ACME	$\phi_s$	0,011285 [m]
lead angle	$\lambda$	N/A [°]
angle d'hélice	$\psi$	4,098 [°]
coeff. friction vis-écrou	$\mu$	0,5 [-]
coeff. friction nylon-nylon	$f$	0,25 [-]
efficacité	$\varepsilon$	N/A [-]
Torque pour soulever la charge	$T_c$	N/A [Nm]
rayon primitif du pinion	$R_g$	0,01915 [m]
Perte de torque en friction au pinion	$T_f$	N/A [Nm]
Torque au pinion	$T_a$	N/A [Nm]
nombre de dents du pinion	$Z_a$	29 [-]
nombre de dents de la roue dentée	$Z_b$	53 [-]
efficacité engrenage hélicoïdal	$\eta$	0,98 [-]
angle de pression	$\phi_n$	20 [°]
efficacité engrenage vis sans fin	$e_w$	N/A [-]
nombre de filets vis sans fin	$Z_w$	2 [-]
Couple du moteur	$C_{mot}$	N/A [Nm]

a) Torque pour soulever la charge

$$\lambda = \tan\left(\frac{P}{\pi * \phi_s}\right) = 4,098$$

$$\varepsilon = \frac{\tan(\psi)}{\tan(\psi + \tan(\mu))} = 0,1208$$

$$T_c = \frac{M_{charge} * g * P}{2\pi * \varepsilon} = 9,7$$

b) Transmission de torque entre la roue dentée et le pinion

$$T_f = \frac{1}{2} f * M_{charge} * g * R_g = 6,94$$

$$T_a = T_f + T_c = 16,64$$

$$T_b = \eta * \frac{Z_b}{Z_a} * T_a = 29,21$$

c) Transmission de torque entre la roue dentée et la vis sans fin

$$e_w = \frac{\cos(\phi_n) - f * \tan(\psi)}{\cos(\phi_n) + f * \cot(\psi)} = 0,18388$$

$$C_{mot} = T_{worm} = \frac{T_b * Z_w}{e_w * Z_b} = 6 > 1,2 Nm$$

Couple trop grand, il faut diminuer la charge sur le système

#### 4.1.3 couple pour soulever une charge optimale (34/75 kg/lbs)

Paramètre	symbole	valeur de base
masse à soulever	$M_{charge}$	34 [kg]

a) Torque pour soulever la charge

$$T_c = \frac{M_{charge} * g * P}{2\pi * \varepsilon} = 1,114$$

b) Transmission de torque entre la roue dentée et le pinion

$$T_f = \frac{1}{2} f * M_{charge} * g * R_g = 0,797$$

$$T_a = T_f + T_c = 1,911$$

$$T_b = \eta * \frac{Z_b}{Z_a} * T_a = 3,354$$

c) Transmission de torque entre la roue dentée et la vis sans fin

$$C_{mot} = T_{worm} = \frac{T_b * Z_w}{e_w * Z_b} = 0,689 < 1,2 Nm$$

#### 4.1.4 masse pour un couple moteur unitaire

Paramètre	symbole	valeur de base
couple moteur	$C_{mot}$	1 [Nm]
masse à soulever	$M_{charge}$	N[kg]

a) Transmission de torque entre le moteur et la roue dentée

$$T_w = C_{mot} = 1$$

$$T_b = \frac{T_w * e_w * Z_b}{Z_w} = 4,8728$$

b) Transmission de torque entre la roue dentée et le pinion

$$T_a = \frac{1}{\eta} * \frac{Z_a}{Z_b} * T_b = 2,72$$

$$T_c = T_a - T_f$$

c) Torque pour soulever la charge

$$M_{charge} = \frac{(T_a - T_f) * 2\pi * \varepsilon}{g * P}$$

$$M_{charge} = \frac{(T_a - \frac{1}{2}f * M_{charge} * g * R_g) * 2\pi * \varepsilon}{g * P}$$

$$M_{charge} = \frac{2 * T_a * \pi * \varepsilon}{g * (P + f * R_g * \pi * \varepsilon)} = 48,30kg$$

#### 4.1.5 temps de montée

Paramètre	symbole	valeur de base
vitesse du moteur	$N_{mot}$	233 [rpm]
nombre de filets de la vis sans fin	$Z_w$	2 [-]
nombre de dents de la roue dentée	$Z_b$	53 [-]
vitesse de la roue dentée	$\omega_b$	N/A [rpm]
nombre de dents du pinion	$Z_a$	29 [-]
vitesse dy pinion	$\omega_a$	N/A [-]
distance de levage	d	0,04 [m]
Pas de la vis ACME	P	0,00254 [m]
temps de levage	$t_{montée}$	N/A [s]

$$\omega_b = \frac{N_{mot} * Z_w}{Z_b} = 8,79$$

$$\omega_a = \frac{\omega_b * Z_b}{Z_a} = 16,069[RPM] = 0,268[Hz]$$

$$t_{montée} = \frac{d}{\omega_a * P} = 58,8 < 60$$

Paramètre	symbole	valeur de base
couple moteur	$C_{mot\_boost}$	2,2 [Nm]
masse à soulever	$M_{surcharge}$	N/A [kg]

#### 4.1.6 Évaluer la surcharge

Paramètre	symbole	valeur de base
couple moteur	$C_{mot\_boost}$	2,2 [Nm]
masse à soulever	$M_{surcharge}$	N/A [kg]

- a) Transmission de torque entre le moteur et la roue dentée

$$T_w = C_{mot\_boost} = 2,2$$

$$T_b = \frac{T_w * e_w * Z_b}{Z_w} = 10,72$$

b) Transmission de torque entre la roue dentée et le pignon

$$T_a = \frac{1}{\eta} * \frac{Z_a}{Z_b} * T_b = 5,984$$

$$T_c = T_a - T_f$$

c) Torque pour soulever la charge

$$M_{surcharge} = \frac{(T_a - T_f) * 2\pi * \varepsilon}{g * P}$$

$$M_{surcharge} = \frac{(T_a - \frac{1}{2}f * M_{surcharge} * g * R_g) * 2\pi * \varepsilon}{g * P}$$

$$M_{surcharge} = \frac{2 * T_a * \pi * \varepsilon}{g * (P + f * R_g * \pi * \varepsilon)} = 106,26 \text{ kg}$$

Table 1: Spécifications du système

Paramètre	symbole	valeur de base
couple moteur d'opération	$C_{mot}$	0,689 [Nm]
masse admissible	$M_{charge}$	34 [kg]
vitesse du moteur	$N_{mot}$	233 [rpm]
temps de levage	$t_{montée}$	58,8 [s]
limite de surcharge	$M_{surcharge}$	106,26 [kg]



- 4.2 Calcul #2: flexion des dents de la roue dentée (pièce #1)
- 4.3 Calcul #3: flexion de l'arbre de la roue dentée (pièce #17)
- 4.4 Calcul #4: torsion de la vis sans vis sans fin (pièce #2)
- 4.5 Calcul #5: force nécessaire pour maintenir la vis de pression (pièce #11)
- 4.6 Calcul #6: flambage de la vis ACME (pièce #7)

## 5 Conclusion

### 5.1 Fiche de spécifications techniques

[./assets/Specs.pdf](#)