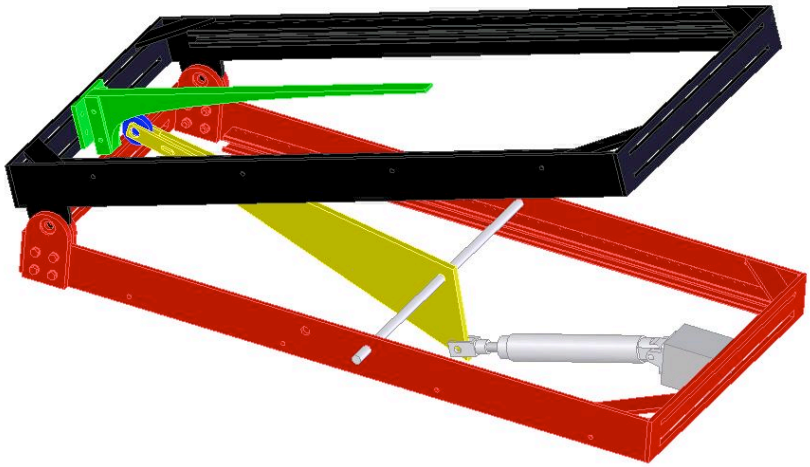
# Etude de modélisations.

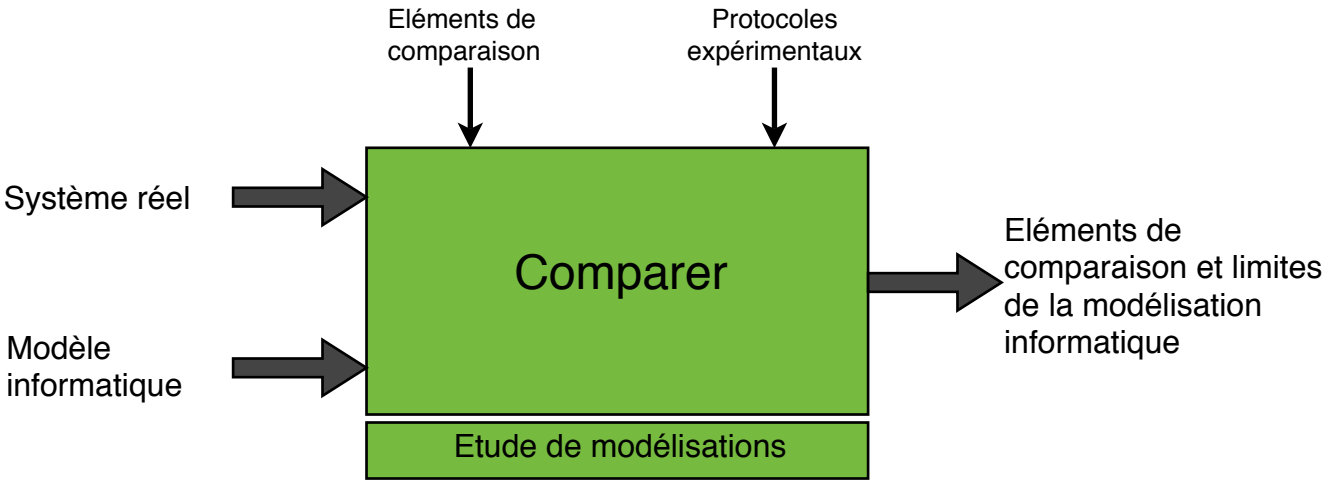


La modélisation informatique est elle proche de la réalité ?

# La modélisation informatique est elle proche de la réalité ?

Les modèles informatiques sont de plus en plus utilisés dans l'industrie. Ils permettent une plus grande variabilité qu'une maquette ou un prototype et sont aussi moins coûteux. L'industrie automobile, par exemple, utilise de plus en plus l'informatique, notamment pour l'étude de l'aérodynamique : les essais en soufflerie devenus trop coûteux ont laissés leurs place à des étude informatiques.

On confronte ici une modélisation informatique à son pendant réel. On étudie un système de levage de benne agricole. Compte tenu des dimensions d'une benne agricole nous avons réalisé une maquette et l'avons modélisé numériquement afin de comparer les comportements du modèle à ceux de la réalité.

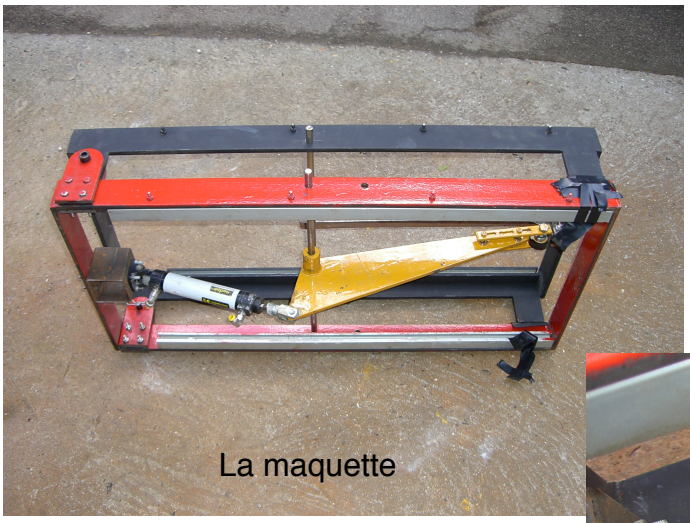



## I. Explication de la démarche et mise en place des modèles.

### a. Mise en place des modèles.

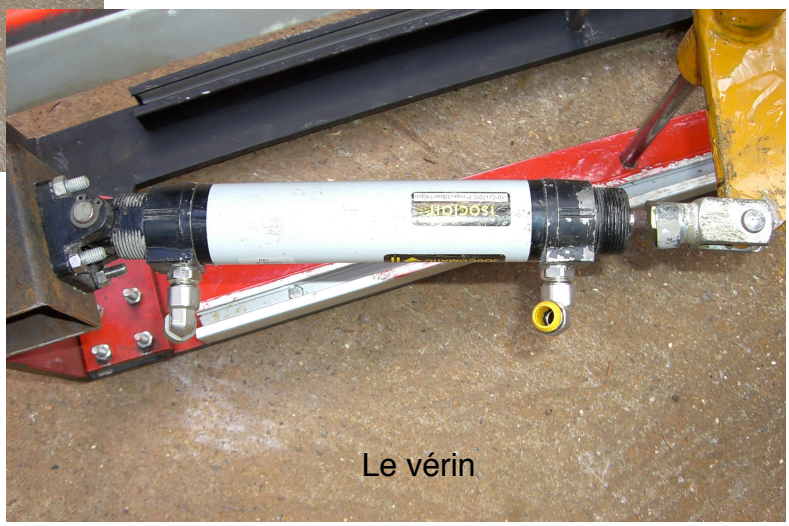
La maquette et nous

On étudie un système de levage de benne agricole. Compte tenu des dimensions d'une benne agricole nous avons réalisé une maquette. Cette maquette est en acier et mise en mouvements par un vérin pneumatique double effets possédant une course de 100mm. Le contrôle du vérin se fait à partir d'un distributeur 3/2. Un détendeur permet de contrôler la pression d'air dans la chambre et un manomètre nous permet de lire cette pression.



La maquette

La maquette fait 450x900mm et pèse environ 25kg, le circuit d'air est alimenté par un compresseur délivrant une pression de l'ordre de la dizaine de bar.

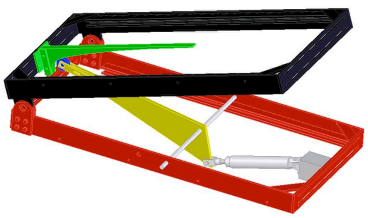


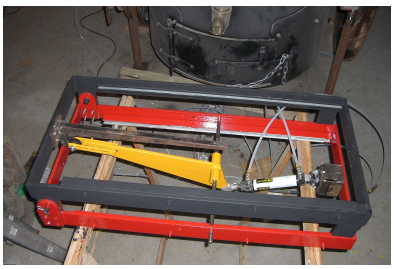
Le vérin

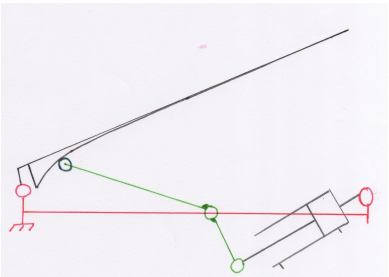
Les plans de la maquette ayant été réalisés grâce au logiciel de conception assistée par ordinateur SolidWorks ils constituent la base géométrique de notre modèle informatique. Nous leurs avons ensuite ajouté des propriétés de masse en définissant les masses volumiques des matériaux. Il a aussi fallut définir les liaisons entre les pièces à partir des propriétés d'assemblage. Le module de calculs dynamiques MotionWorks nous permet de piloter notre modèle en effort ou en vitesse.

La maquette et le modèle sont modulables et trois configurations peuvent être étudiées pour mieux mettre en évidence les limites des modèles.

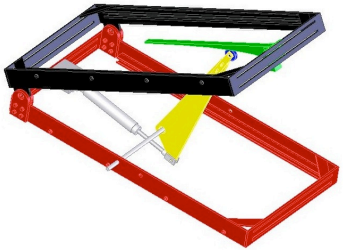
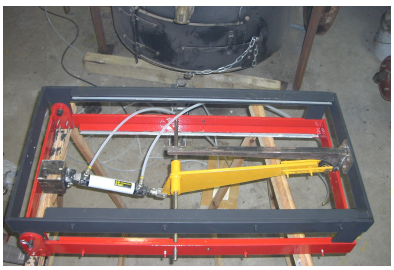
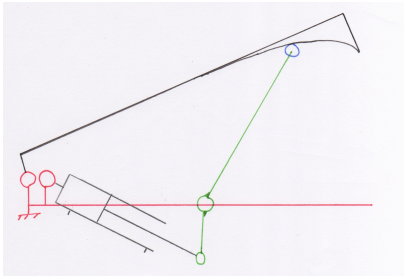
Configuration 1



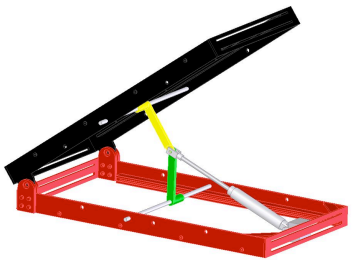
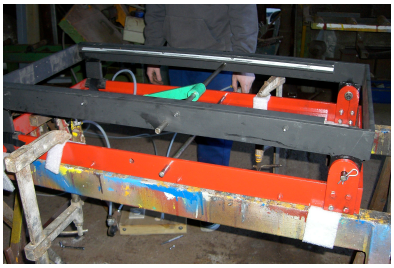
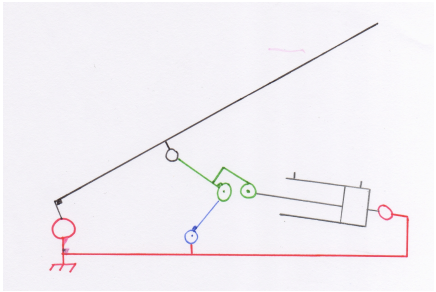




Configuration 2

Configuration 3

**b. Explication de la démarche.**

Le but de cette comparaison est de mettre en évidence les différences entre le modèle et le système réel. En observant les comportements de la maquette et du modèle numérique on peut déjà esquisser ce que seront les différences. Nous avons remarqué que sur la maquette les pièces se déformaient. Il est aussi notable que si les liaisons ne sont pas suffisamment huilées et graissées les mouvements des pièces semblent bien plus difficiles. Il est aussi évident que les pièces ne sont pas parfaites contrairement à celles du modèle numérique et que des jeux et frottements dans les liaisons interviennent dans le comportement de la maquette. Les frottements ne sont pas modélisés numériquement.

On compare des données obtenues à partir de relevés et mesures sur la maquette et sous SolidWorks. Les données que l'on compare sont les propriétés de masse et les efforts moteurs dans le vérin.

**c. Premier problème.**

Une des cinématiques, qui est pourtant mobile dans le modèle informatique reste immobile sur la maquette. En effet, même en essayant de lever "à vide" rien ne se passe. Nous avons déterminé graphiquement que pour lever une charge de 10N il fallait approximativement un effort moteur dans le vérin de 5000N, c'est donc beaucoup trop car notre vérin ne peut développer qu'un effort de quelques centaines de newton au maximum.

## II. Comparaison des propriétés de masse.

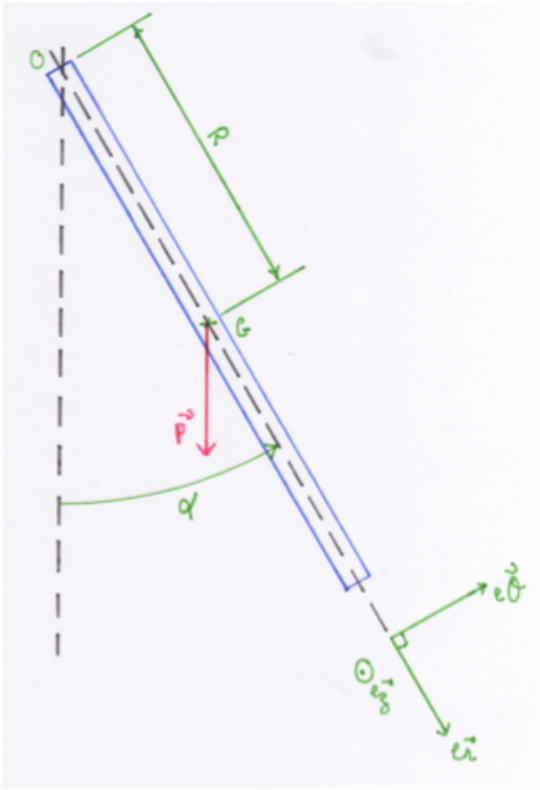
### a. Protocole expérimental.

On cherche à comparer le moment d'inertie de la caisse autours de son axe de rotation.

Le logiciel SolidWorks nous donne accès directement à la valeur de ce moment d'inertie. Toutefois il faut paramètrer correctement le modèle. C'est à dire qu'il faut définir la géométrie de la caisse et aussi les caractéristiques des matériaux : leurs masses volumiques.

Pour la maquette nous avons mis en place une expérience. Elle consiste à faire osciller la caisse autours de son axe de rotation. En écrivant le théorème du moment dynamique à la caisse en un point de l'axe on détermine l'équation du mouvement de la caisse. Cette équation est celle d'un oscillateur harmonique : elle fait donc apparaître une pulsation propre dans laquelle apparaît le moment d'inertie recherché. On peut mesurer cette pulsation propre en mesurant la période d'oscillation.

### b. Calcul de la pulsation d'oscillation.




Système isolé : Benne de masse M

Bilan des actions Mécaniques : {axe->benne} et {poids->benne}.

Expression du moment dynamique en 0 dans le mouvement de la benne par rapport au bâti sur z:

$$\delta_O(benne, bati) = J.\left(\frac{d^2\omega}{dt^2}\right)$$

Expression des moments des forces sur z:

$$M_O(poids \rightarrow benne) = -MgRsin(\alpha) \qquad M_O(axe \rightarrow benne) = 0$$

Equation du mouvement : $$J.\left(\frac{d^2\alpha}{dt^2}\right) = -MgRsin(\alpha)$$

En linéarisant pour des petits angles : $$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \frac{MgR\,\alpha}{J} = 0$$

On pose : $$\omega_0^2 = \frac{MgR}{J}$$

Cette grandeur correspond à la pulsation d'oscillation de la benne autours de son axe ainsi en mesurant la fréquence f d'oscillation de la benne autours de son axe on a directement accès à J le moment d'inertie de la caisse rapportée à z.

**c. Expérience et résultat.**

On met en place l'expérience. On répète une dizaine de fois l'expérience pour s'assurer des résultats.

Relevé des périodes d'oscillation et inerties correspondantes :

| 10 oscillations (s) | 1 oscillation (s) | Inertie (kg.m2) |
|---|---|---|
| 16,67 | 1,667 | 4,346 |
| 16,45 | 1,645 | 4,232 |
| 16,46 | 1,646 | 4,237 |
| 16,81 | 1,681 | 4,419 |
| 16,94 | 1,694 | 4,488 |
| 16,41 | 1,641 | 4,211 |
| 16,45 | 1,645 | 4,232 |
| 16,75 | 1,675 | 4,388 |
| 16,53 | 1,653 | 4,273 |
| 16,57 | 1,657 | 4,294 |
| | Moyenne (s) | Moyenne (kg.m2) |
| | 1,666 | 4,312 |
| | Ecart type | Ecart type |
| | 0,007 | 0,037 |

Avec l'expérience on trouve donc un moment d'inertie de la caisse autours de son axe de rotation de $J_{exp}$=4,31kg.m$^2$.

Avec le logiciel SolidWorks, nous relevons, non sans mal, un moment d'inertie $J_{th}$=4,15kg.m$^2$.

On trouve une erreur relative d'environ 5% ce qui est plutôt positif.

Il est important de rester critique, en effet les incertitudes de mesures faussent les résultats, c'est à dire qu'elles peuvent tout à fait avoir rapproché la valeur expérimentale de la valeur théorique.

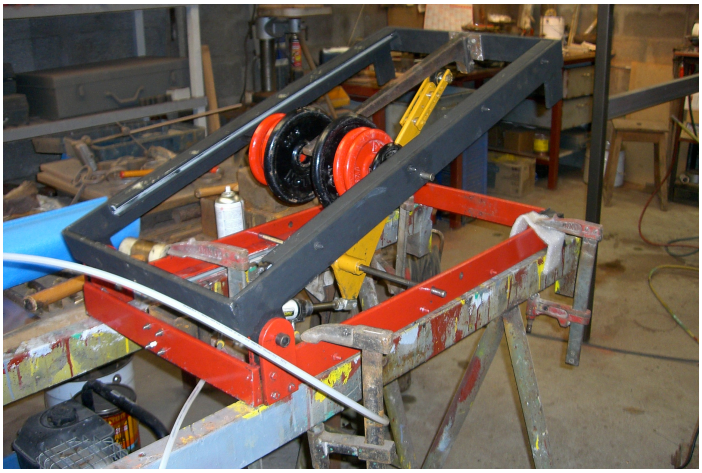
On ne s'intéresse ici qu'aux efforts de levage dans le vérin au moment du décollage de la caisse par rapport au bâti.

Le module de dynamique MotionWorks permet d'avoir accès directement, pour une vitesse de sortie de tige donnée, aux efforts moteurs. On fixe la vitesse de sortie de tige du vérin, ici nous avons pris 0,001m/s, et on observe la courbe des efforts moteurs lors du levage de la caisse.

Sur la maquette c'est la pression dans le vérin qui nous donne une image des efforts moteurs dans le vérin. On fait varier la pression lentement grâce à un détendeur, le manomètre nous permet de lire la pression dans la chambre du vérin. En faisant varier lentement la pression on cherche la pression minimale qui va permettre de lever la caisse.

Nous avons fait plusieurs mesures de pression correspondant chacune aux charges sur la caisse. Pour faire varier la charge sur la caisse nous avons utilisé des poids de musculation.

### b. Première expérience.



Lors de la première expérience nous nous sommes rendu compte que les valeurs des efforts moteurs sur la maquette et sur l'ordinateur ne correspondaient pas du tout. Aucun des résultats obtenus n'étaient comparable. La force développée par le vérin n'est donc pas proportionnelle à la section du vérin. Nous avons décidé d'arrêter l'expérience ici pour mieux étudier le vérin.

## IV. Etude du vérin.

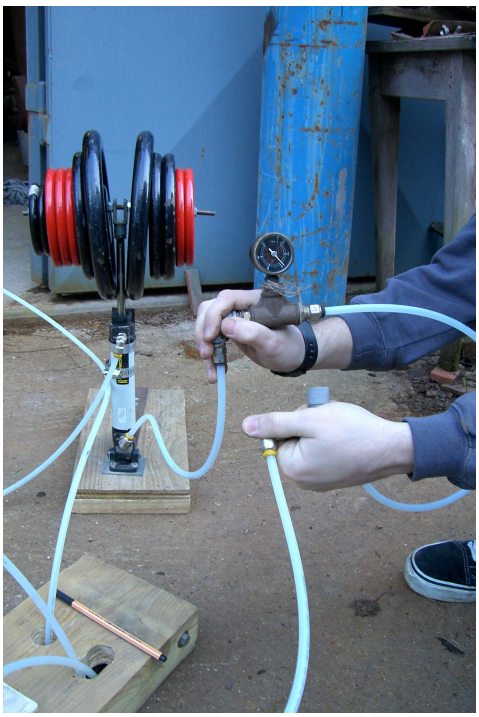
### a. Protocole expérimental.

Le vérin est mis à la verticale, tige vers le haut. On place des masses au bout de la tige du vérin. Et comme précédemment on fait varier lentement la pression dans le vérin et on cherche la pression pour laquelle la tige du vérin sort.

On avons ainsi pu déterminer une loi d'évolution entre la pression dans la chambre du vérin et la force développée par celui-ci. Cette loi est relativement comparable à celles que l'on trouve dans la littérature spécialisée.

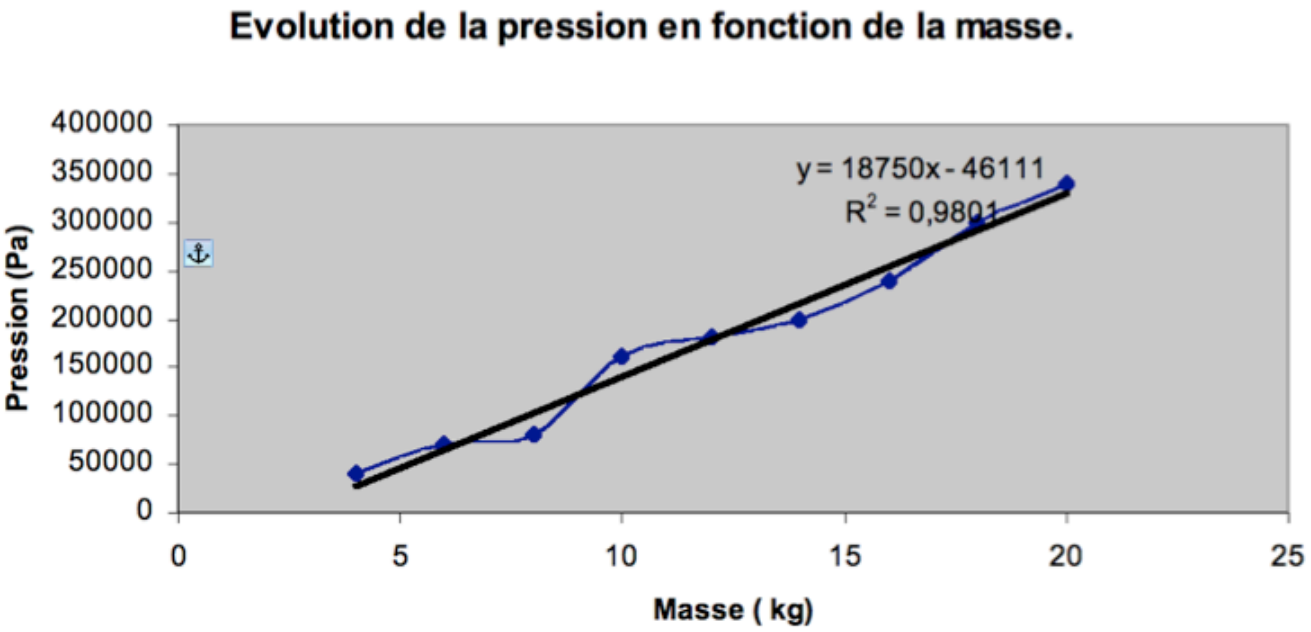
### b. Expérience.

Les résultats obtenus dans l'expérience sont rassemblés dans le tableau suivant :



| Masse (kg) | Poids (N) | Pression (bar) |
|---|---|---|
| 4 | 39,24 | 0,4 |
| 6 | 58,86 | 0,7 |
| 8 | 78,48 | 0,8 |
| 10 | 98,1 | 1,6 |
| 12 | 117,72 | 1,8 |
| 14 | 137,34 | 2 |
| 16 | 156,96 | 2,4 |
| 18 | 176,58 | 3 |
| 20 | 196,2 | 3,4 |

Interprétation :




On se place dans le référentiel du laboratoire.

Bilan des forces :

- Force développée par le vérin F= p.S
- Poids P = M.g
- Frottements statiques Fr

On obtient donc l'équation d'équilibre en utilisant des valeurs algébriques :

$$F = P + Fr$$
$$p.S = M.g + Fr$$

$$p = M.g/S + Fr/S$$

A l'aide du graphique et d'une régression linéaire, on obtient :

Pente = g/S = $18750 m^{-1}.s^{-2}$ expérimentalement on a : S = 5,23 $cm^2$

La valeur réelle est de S=8,04 $cm^2$ soit une erreur relative de 35% par rapport à la valeur déterminée grâce à l'expérience.

De même à l'aide de l'ordonnée à l'origine on en déduit la norme du vecteur frottement selon l'axe oz : Fr = 24,11 N

Ainsi à l'aide de cette expérience, nous pouvons savoir la force développée par le vérin. Nous pouvons ainsi comparer nos mesures avec SolidWorks.

## V. Deuxième et troisième comparaison d'efforts.

### a. Deuxième expérience.

Après avoir étudié le vérin nous avons recommencé l'expérience de comparaison des efforts moteurs dans le vérin. Les données recueillis sont rassemblées dans le tableau suivant :

| | | Sur la maquette | | Sur SolidWorks Vitesse de sortie de tige 0,001m/s | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Masse ( kg) | | Pression (Bar) | Efforts moteurs (N) | Charge (N) | Efforts Moteurs (N) | Erreur (%) |
| 3 | | 5,5 | 308,018 | 29,4 | 250 | 19 |
| 4 | | 6 | 333,657 | 39,2 | 258 | 22,5 |
| 5 | | 6,4 | 354,1682 | 49 | 267 | 24,6 |
| 6 | | 7 | 384,935 | 58,8 | 276 | 28,1 |
| 7 | | 7,2 | 395,1906 | 68,6 | 286 | 27,6 |
| 8 | | 7,8 | 425,9574 | 78,4 | 294 | 30,8 |
| 10 | | 8,2 | 446,4686 | 98 | 312 | 30 |

Les valeurs obtenues à partir des mesures sur la maquette ne sont donc ni cohérentes ni homogènes. En effet l'erreur relative par rapport aux valeurs relevées sur SolidWorks n'est pas du tout constante et ne permet pas de conclure. Il nous a fallut refaire l'expérience.

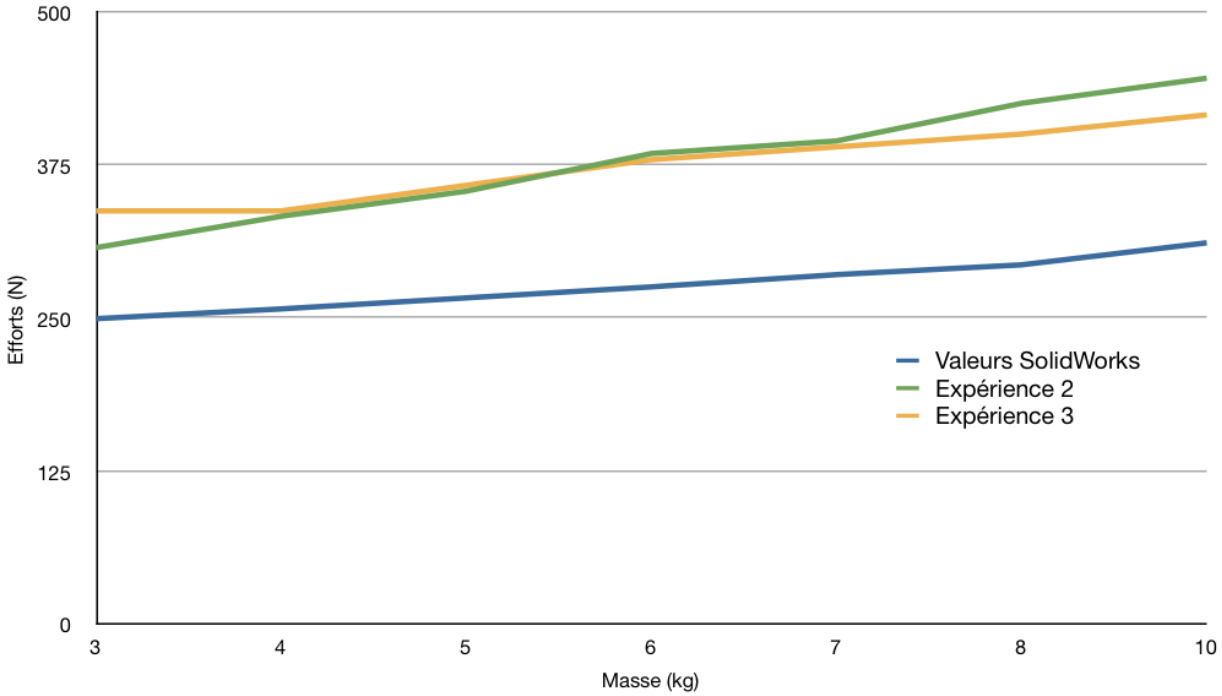
### b. Troisième expérience.

Etant donné que la seconde expérience ne permettait toujours pas conclure quant aux différences entre le modèle informatique et la maquette à cause des incertitudes de mesures qui étaient trop importantes, nous avons refait l'expérience en nous assurant que le circuit d'air était bien étanche, et que les liaisons étaient bien lubrifiées. Les valeurs sont cette fois ci plus cohérentes et permettent de conclure. Elles sont rassemblées dans le tableau suivant :

| | | Sur la maquette | | Sur SolidWorks Vitesse de sortie de tige 0,001m/s | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Masse ( kg) | | Pression (Bar) | Efforts moteurs (N) | Charge (N) | Efforts Moteurs (N) | Erreur (%) |
| 3 | | 6 | 338,045 | 29,4 | 250 | 26,045348992 |
| 4 | | 6 | 338,045 | 39,2 | 258 | 23,67880016 |
| 5 | | 6,4 | 358,973 | 49 | 267 | 25,621146994 |
| 6 | | 6,8 | 379,901 | 58,8 | 276 | 27,349493684 |
| 7 | | 7 | 390,365 | 68,6 | 286 | 26,735234972 |
| 8 | | 7,2 | 400,825 | 78,4 | 294 | 26,651281731 |
| 10 | | 7,5 | 416,525 | 98 | 312 | 25,094532141 |

L'erreur relative entre les valeurs relevées sur la maquette et le valeurs données par MotionWorks est donc quasiment constante. Les valeurs mesurées sont donc plus homogènes et ont un sens : elle permettent de conclure. La valeur moyenne des efforts moteur est environ 25% plus grande que celle fournis par le logiciel.

Courbe comparative des efforts en fonction de la masse.




**Conclusion**.

On peut tout d'abord dire que la modélisation d'un système n'est pas quelque chose de simple. Notre système, pourtant simple et ne possédant pas une cinématique trop compliquée, a nécessité beaucoup de temps pour le modéliser correctement. La base géométrique étant constituée des plans en 3D de la maquette. Ceci assure donc une parfaite corrélation géométrique entre la maquette et le modèle. Mais la mise en place des liaisons et des paramètres de masse fut plus compliquée.

Pour avoir accès au valeur désirée il a fallut être ingénieux et inventifs surtout en ce qui concerne les valeurs expérimentales. En effet si le logiciel donne accès rapidement aux valeurs, pour exploiter la maquette il a fallut définir des protocoles expérimentaux. Et même avec des protocoles bien définit nous avons du faire face à des problèmes inattendus, tel la loi pression/force développée du vérin.

Quoi qu'il en soit, les résultats trouvés prouvent clairement que la modélisation informatique est pertinente à tout point de vu. En effet, elle est plus facile à mettre en oeuvre, elle est aussi moins coûteuse. Néanmoins pour qu'elle soit efficace il faut que l'erreur par rapport à la réalité reste maîtrisée, comme pour toute modélisation.