Analyse des Systèmes Mécaniques
TP2 – Transmission de Puissance – Couple et Rendement

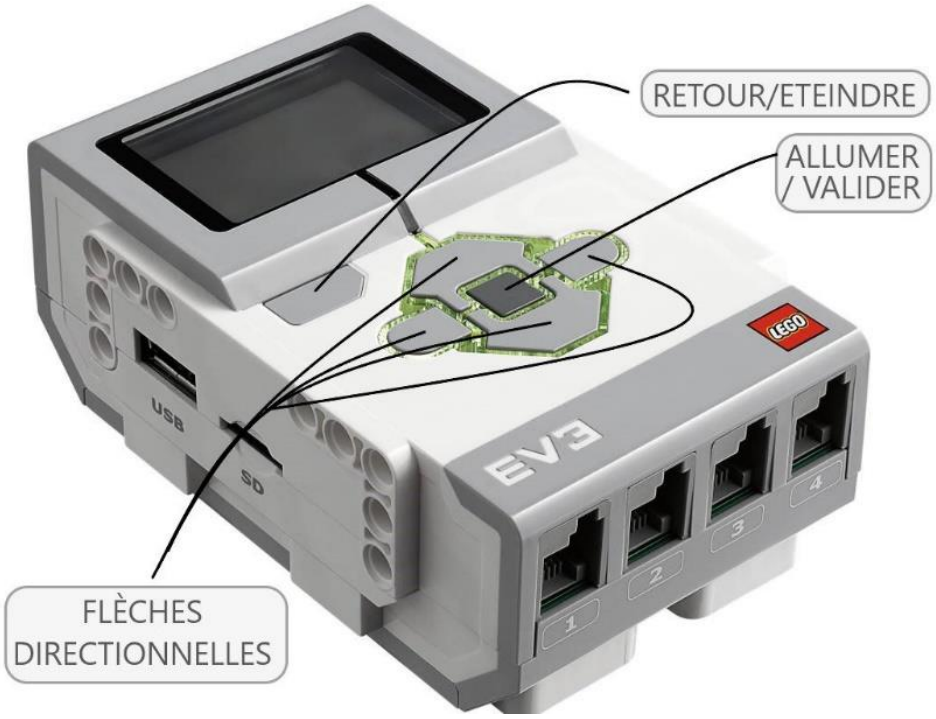
Répondre sur la feuille de TP Durée : 1H20

TP réalisé en 2022 par Sautejeau Martin, Loyaud Titouan, Leray Mathieu et Laurent Damien

Introduction :

Dans le TP précédent, vous avez pu expérimenter des mécanismes simples afin de démontrer des formules et de comprendre la transmission de puissance par engrenages. Pour ce TP, étant donné que la transmission par engrenages n'a plus de secrets pour vous, nous allons aborder des notions un peu plus complexes tels que le couple et le rendement.

Rappel sur l'utilisation de la brique d'alimentation LEGO :

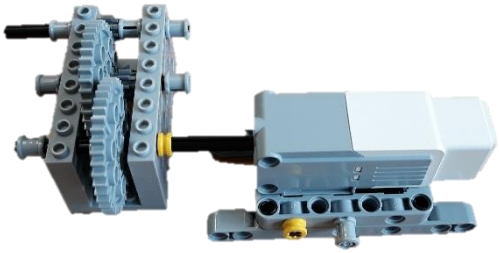


- Brancher le moteur sur le port C du boîtier de commande
- Pour faire fonctionner le moteur, lancer le programme « Vitesse de rotation »

Atelier 1 : Distance et bras de levier (15 min)

Partie 1 :

1) Faire le montage comme sur la photo suivante (moteur sur le coussinet jaune de l'accélérateur (montage 1)).



2) Lancez le moteur via la BRICK LEGO (bien tenir l'assemblage).
3) Essayez d'arrêter l'axe de sortie. Est-ce que c'est possible ?

_____

4) Arrêtez le moteur.
5) Branchez et lancez le moteur sur le coussinet jaune du réducteur (montage 2).
6) Essayez d'arrêter l'axe de sortie. Est-ce que c'est possible ?

_____

7) Arrêtez le moteur.
8) Qu'en pensez-vous ?

_____

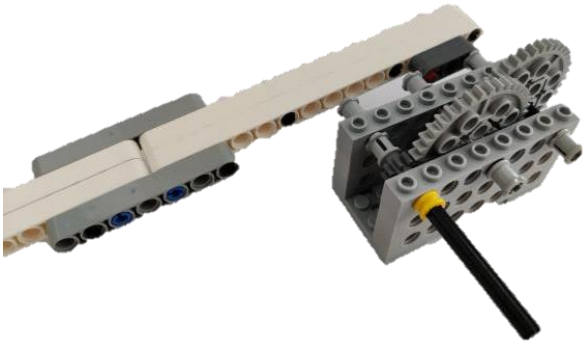
_____

_____

DEFAIRE LE MONTAGE, DEBRANCHER LE MOTEUR ET ETEINDRE LE BLOC

Partie 2 :

1) Faire le montage comme sur la photo suivante (Moteur + Réducteur + Bras de levier)



2) Accrochez le poids de 500g sur l'extrémité du bras de levier.
3) Lancez le moteur via la BRICK LEGO (bien tenir l'assemblage).
4) Est-ce que le bras de levier parvient à lever le poids ?

_____

5) Arrêtez le moteur.
6) Accrochez le poids de 500g sur le milieu du bras de levier.
7) Lancez le moteur via la BRICK LEGO (bien tenir l'assemblage).
8) Est-ce que le bras de levier parvient à lever le poids ?

_____

9) Arrêtez le moteur.
10) Accrocher le poids de 500g sur le premier trou du bras de levier.
11) Lancez le moteur via la BRICK LEGO (bien tenir l'assemblage).
12) Est-ce que le bras de levier parvient à lever le poids ?

_____

13) Arrêtez le moteur.
14) Qu'en déduisez-vous ?

_____

_____

DEFAIRE LE MONTAGE, DEBRANCHER LE MOTEUR ET ETEINDRE LE BLOC

Atelier 2 : Soulèvement de masses avec différents tambours (15 min)

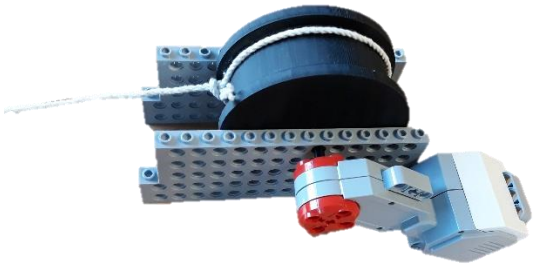
Objectif : Essayer de soulever différentes masses avec des tambours de différentes tailles

Matériel nécessaire :

- 1 brique d'alimentation LEGO
- 2 tambours imprimés en 3D (Ø 40 et 70mm)
- 1 tambour LEGO (Ø 56mm)
- Ficelle
- Pièces LEGO pour le support du tambour et du moteur (pièces grises, axes…)
- Masses : $\simeq$ 1,282kg, $\simeq 641\text{g}$, $\simeq 450\text{g}$

Tâches à effectuer :

1) Prendre un des tambours et accrocher une ficelle dessus puis fixer le au moteur et sur son support :



2) Branchez le moteur à la brique LEGO
3) Accrochez une des masses à la ficelle et lancez le programme « vitesse de rotation » afin d'essayer de voir si le moteur arrive à soulever celle-ci.
4) Faire ceci pour chaque masse et chaque tambour

Pour chaque configuration, dîtes si le moteur arrive à soulever la masse ou non :

Tambour	Masse 1 ($\simeq 450\text{g}$)	Masse 2 ($\simeq 641\text{g}$)	Masse 3 ($\simeq$ 1,282kg)
40mm	OUI / NON	OUI / NON	OUI / NON
56mm	OUI / NON	OUI / NON	OUI / NON
70mm	OUI / NON	OUI / NON	OUI / NON

En fonction des résultats précédents, que pouvez-vous en déduire ?

_____

_____

_____

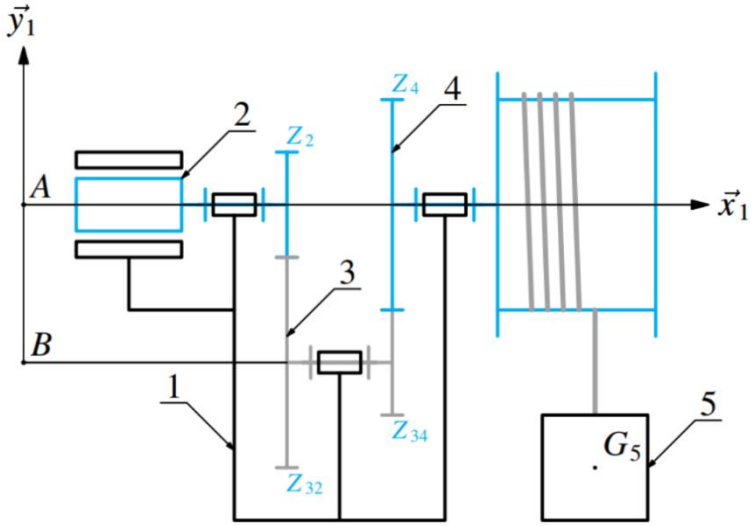
Atelier 3 : Mesure du rendement des roues dentées LEGO (30min)

1) Exercice théorique et mise en application :

Objectif : Calculer le poids maximal que le treuil ne peut pas soulever puis tester sur un treuil

- **Calculs théoriques :**

Voici un schéma cinématique d'un système réel avec un moteur (2), 2 transmissions par engrenages (3 et 4) et un tambour avec une masse (5) accrochée à celle-ci :



Dans le cadre de cet exercice, étant donné que nous travaillons sur des pièces LEGO, nous n'avons pas de roulements sur notre montage.

Données :

- N_{mot} = 126,5 tr/min
- C_{mot} = 0,173 N.m
- Z_2 = Z_{34} = 26 dents
- Z_{32} = Z_4 = 40 dents
- R_{poulie} = 28mm

1) Calculez la vitesse de sortie ω_{sortie} :

_____

_____

2) Calculez la puissance de sortie P_{sortie} (μ = 1) ainsi que le couple de sortie C_{sortie} :

_____

_____

_____

3) Sachant que $P_{sortie} = m * g * V_{linéaire\ de\ montée}$ calculez la masse limite que le moteur ne soulève pas :

_____

_____

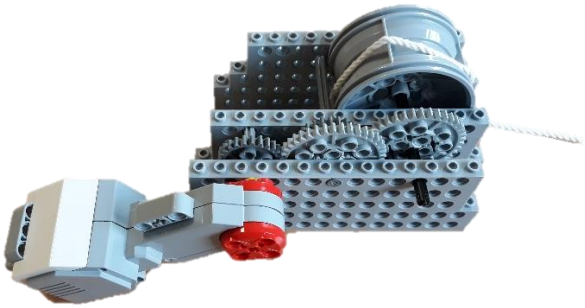
_____

- **<u>Test sur le treuil :</u>**

<u>Matériel nécessaire :</u>

- Brique d'alimentation LEGO
- 1 tambour LEGO
- Ficelle
- Pièces LEGO pour le support du tambour et du moteur (pièces grises, axes, coussinet jaune)
- 2 roues dentées de 40 dents
- 2 roues dentées de 24 dents
- Une masse variable (type bouteille d'eau)

4) Une fois ces calculs faits, prenez le réducteur avec le tambour et la ficelle dans le sachet et connecter l'arbre d'entrée (coussinet jaune) au moteur :



5) Remplir la bouteille d'eau jusqu'à avoir environ 50g de moins que la masse calculée précédemment afin de pouvoir soulever celle-ci. Enfin lancez le moteur.

6) Le moteur arrive-t-il à soulever la masse ? Comment pouvez-vous expliquer cela ? :

_____

_____

_____

_____

2) Calcul du rendement du contact entre 2 roues dentées de 24 et 40 dents

Dans la partie précédente, vous avez pu remarquer l'existence de pertes dû aux contacts entre les 2 engrenages. Ceci est dû au fait que les liaisons ne sont pas parfaites et que des frottements ont lieu lors de la transmission de puissance entre les 2 roues dentées.

Afin d'estimer le rendement d'un contact entre une roue dentée de 24 dents et une de 40 dents, vous allez procéder à une expérimentation qui consiste à mesurer le courant que consomme le moteur pour soulever une certaine masse sur différents trains d'engrenages 24/40 dents qui auront un nombre de contacts entre 2 roues différents.

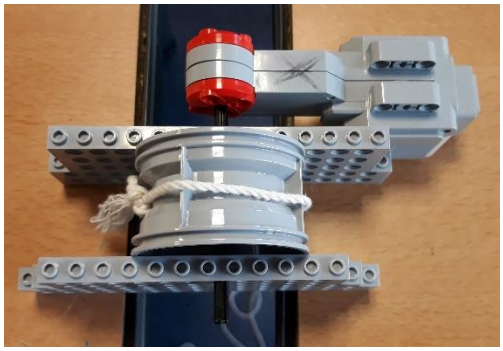
Matériel nécessaire :

- Alimentation stabilisée
- 8 roues dentées de 40 dents
- 8 roues dentées de 24 dents
- 2 axes noirs
- Un tambour gris avec une ficelle
- Breadboard blanc (déjà branché avec 4 résistances de 10Ω en parallèle, un câble de connexion moteur, un fil rouge et un fil noir pour connecter le moteur à l'alimentation)
- Multimètre (facultatif pour vérifier les résultats)
- Pièces grises LEGO
- Pièces rondes lego pour attacher les roues dentées
- Une masse quelconque (de préférence plus de 500g)

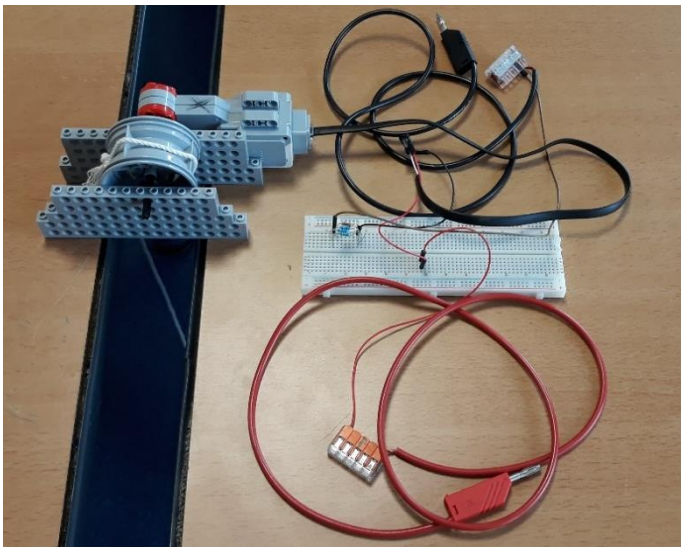
A) Calcul du courant consommé sans engrenages

Avant de calculer le courant consommé par le moteur avec engrenages, vous devez tout d'abord prendre une référence, c'est-à-dire de calculer le courant que consomme le moteur sans engrenages pour soulever la masse. Voici la démarche à suivre :

1) Essayez de placer le matériel en hauteur afin que par la suite, vous ayez assez de temps, lors du soulèvement de la masse, pour mesurer le courant absorbé.
2) Attachez la ficelle au tambour puis mettez en entrée un axe noir et connectez celui-ci au tambour et au moteur (vous mettrez le tambour entre 2 tables afin que la ficelle puisse remonter la masse et que le tambour ait un support de chaque côté) :



3) Attachez la masse au bout de la ficelle :



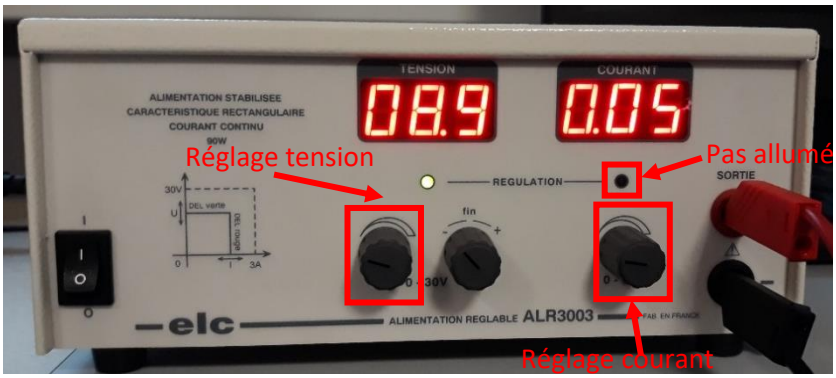
4) Connecter le fil d'alimentation du moteur à celui-ci :

5) Branchez les câbles rouges et noirs sur les ports rouges et noirs de l'alimentation :

6) Branchez le bloc d'alimentation à une prise puis mettez là sous tension :

Avant de réaliser les mesures, il convient de bien régler l'alimentation pour la suite. Pour cela :

7) Montez petit à petit le bouton de gauche qui correspond à la tension afin d'ajuster celle-ci à 9V et simultanément faites de même avec le bouton de droite (celui du courant) afin qu'on ne soit pas en limite de courant (bouton allumé en rouge) et que le moteur tourne :



8) Une fois-cela effectué, NE TOUCHEZ PLUS AU BOUTON DE GAUCHE et baissez au minimum celui de droite. Celui-ci fera office de potentiomètre par la suite et permettra d'ajuster le courant nécessaire au soulèvement de la masse par le moteur.

Vous pouvez maintenant procéder à la mesure du courant. Pour cela :

9) Mettez la masse tout en bas (par terre).
10) Choisissez une personne qui met le multimètre en Voltmètre et qui mesurera la tension aux bornes d'une résistance (2,5 Ω) de la breadboard. Cette mesure sert uniquement à vérifier le courant que vous allez voir afficher sur l'alimentation
11) Choisissez une personne qui tient le moteur ainsi que le montage LEGO (les pièces pourraient se défaire lors du soulèvement de la masse)
12) Enfin choisissez une personne qui tourner le bouton de DROITE et qui relève le courant consommé par le moteur (sur l'écran de droite) lorsque la mesure de 9V sera atteinte sur l'écran de gauche.

Une fois la mesure du courant effectuée, vérifiez avec le camarade qui a mesuré la tension aux bornes des 2 résistances cette mesure. Pour cela utilisez la formule : $U = R * I$. Ce courant sera la référence pour nos prochains calculs de rendement.

➔ **<u>Courant mesuré et vérification grâce à la loi d'Ohm :</u>**

_____

_____

_____

B) *Calcul du courant consommé avec engrenages*

Cette fois-ci, vous allez réitérer cette expérience mais en ajoutant tous les engrenages à votre disposition. L'idée est de rajouter une suite d'engrenages 24/40 dents à votre montage précédent :

Ici vous aurez au début 15 contacts de roues dentées. Refaire comme auparavant : tourner le bouton de DROITE jusqu'à atteindre 9V à gauche… et refaites la mesure du courant.

Vous pouvez à présent calculer le rendement d'un contact entre une roue de 24 dents et une roue de 40 dents. En effet, vous avez remarqué que les engrenages sont les uns à la suite des autres (il n'y a pas d'étages), ce qui veut dire le rapport de réduction est de 1. On se retrouve alors avec la même configuration qu'auparavant mais cette fois-ci avec 15 contacts d'engrenages. Vous savez de plus que le rendement d'un ensemble d'engrenages est le suivant :

$$\mu_{ensemble\ engrenages} = (\mu_{1\ contact\ entre\ 2\ roues\ dentées})^{nombre\ de\ contacts}$$

Vous avez le courant consommé de référence ainsi que le courant consommé avec 15 contacts, vous avez donc le rapport suivant :

$$\mu_{15\ contacts\ d'engrenages} = \frac{Courant_{référence}}{Courant_{mesuré}}$$

Etant donné qu'il y a 15 contacts d'engrenages, vous mettez ce rapport à la racine 15ème :

$$\mu_{1\ contact\ entre\ une\ roue\ de\ 40\ dents\ et\ une\ de\ 24\ dents} = \sqrt[15]{\frac{Courant_{référence}}{Courant_{mesuré}}}$$

Réponse :

_____

Vous obtenez ainsi le rendement désiré. Maintenant, s'il vous reste du temps vous pouvez essayer de réitérer cette opération en enlevant quelques roues dentées afin de réduire le nombre de contacts. Vous ferez ces opérations jusqu'à ce qu'il reste plus que 5 min au temps alloué à cette exercice. Ce délai atteint, vous ferez une moyenne de tous les rendements mesurés afin d'en choisir un approprié.

Autres rendements :

_____

_____

_____

Vous avez donc calculé le rendement d'un contact entre une roue de 40 dents et une roue de 24 dents. Vous avez pu remarquer dans l'expérimentation précédente que même si celui-ci est bon, si vous ne le prenez pas en compte, le moteur ne réussit pas à soulever la masse avec le treuil. Il s'agit donc d'un paramètre important à prendre en compte lors des calculs.