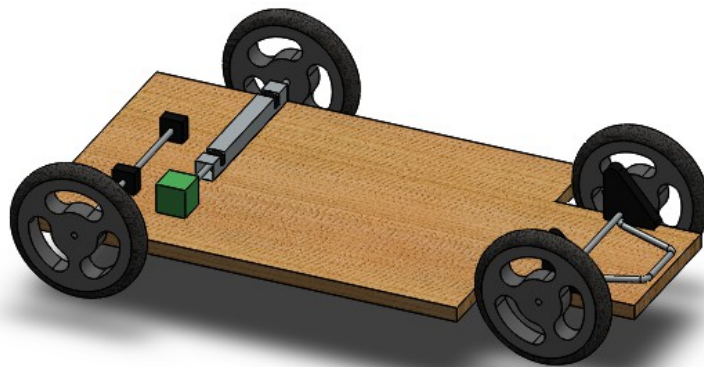


*Projet de Physique P6*  
*STPI/P6/2015 – 13*

## Étude de conception d'une poussette électrique



**Étudiants :**

**Kenan AUGER**

**Axel LECANU**

**Houzéfa PICHORI**

**Assvin THARMARAJAH**

**Hugo JACQUET**

**Léonore MAHE**

**Raphaël PIERRE**

**Enseignant-responsable du projet :**

**Didier VUILLAMY**



Date de remise du rapport : **15/06/2015**

Référence du projet : **STPI/P6/2015 – 13**

Intitulé du projet : ***Étude de conception d'une poussette électrique***

Type de projet : ***Modélisation et Bibliographie***

Objectifs du projet :

***L'objectif est de créer le concept d'une assistance électrique adaptée aux poussettes. Étudier les différents principes de motorisation à notre disposition actuellement qui pourraient correspondre à la taille, au poids et au maniement d'une poussette. L'objectif étant de trouver un moyen peu coûteux et facilement réalisable si par la suite, l'année prochaine, notre projet est repris afin de réaliser la poussette électrique.***

Mots-clefs du projet : ***Conception – Électrique – Poussette***

## TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction.....	6
2. Méthodologie / Organisation du travail.....	7
3. Recherches et documentation.....	8
3.1. Objectifs.....	8
3.2. Recherches.....	8
3.2.1. Les poussettes électriques existantes.....	8
3.2.2. L'utilisation des roues-moteur.....	9
3.2.3. Analogie avec la trottinette électrique.....	14
3.2.4. Moteur et batterie des perceuses électriques.....	16
3.3. Expérimentation.....	17
3.4. Les problèmes rencontrés.....	19
3.4.1. Lors de l'étude.....	19
3.4.2. Lors de la conception.....	20
3.4.3. Lors des tests.....	20
4. Conclusions et perspectives.....	21
5. Bibliographie.....	23
6. Annexes.....	24

## REMERCIEMENTS

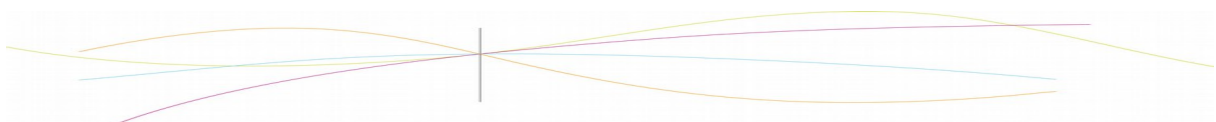
Nous tenons avant tout à remercier toutes les personnes qui nous ont permis de mener à bien ce projet.

Nous remercions particulièrement M. Vuillamy pour avoir encadré ce projet, pour ses nombreux conseils tant pour l'aspect théorique que pratique, ainsi que pour son aide à trouver les différentes pièces pour la conception de la poussette.

Un grand merci également au département Méca pour nous avoir prêté les pièces dont nous avons besoin.

Nos pensées vont également à l'INSA de Rouen pour nous avoir fourni le matériel nécessaire pour réaliser ce projet.

Merci à tous !



## 1. INTRODUCTION

Dans le cadre de nos études et de notre 4ème semestre à l'INSA de Rouen, nous avons dû réaliser un projet de physique. Quant au choix du thème, nous avons opté pour l'étude de conception d'une poussette électrique. Notre projet aura pour principal but de rendre l'effort de pousser la poussette moins pénible grâce à l'assistance électrique.

En effet, ce projet répond à une réelle demande, notamment pour les poussettes doubles qui sont assez volumineuses et qui par leur poids rendent leur maniement difficile pour les parents. Mais les parents propriétaires d'une poussette simple seraient également clients. Notre étude porte donc sur les poussettes simples pour faciliter l'approche.

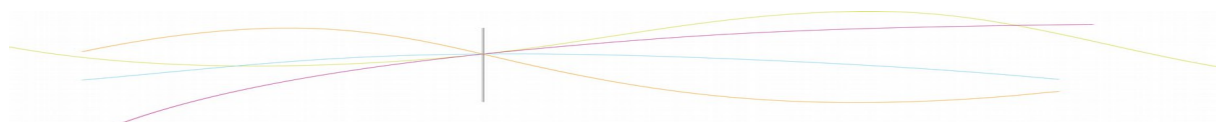
Initialement, notre principal objectif était de vérifier s'il était possible de motoriser une poussette tout en garantissant la sécurité de l'enfant et de l'accompagnateur. Puis, une fois la faisabilité du projet vérifiée, nous avons étudié toutes les motorisations potentielles ainsi que leurs contraintes.

Finalement, le résultat de notre étude a montré que la meilleure solution afin de rendre notre poussette « électrique » était de mettre en place le moteur d'une perceuse. Ce moteur fera donc office de moteur.

Ainsi, une fois l'étude terminée, nous nous sommes attelés à la conception de l'engin. A ce stade, nous voulions montrer que notre idée était bel et bien réalisable. La conception fut la partie la plus longue à réaliser. En effet, nous avons décidé de construire nous même les essieux de la poussette pour pouvoir faire quelques ajustements en cas de nécessité. En raison du temps imposé pour ce projet, nous n'avons pas pu rendre notre poussette directionnelle. Nous nous sommes davantage concentrés sur la possibilité de la faire avancer seule – ce que nous avons réussi – de sorte à être sûr que la motorisation aidera bien la personne qui poussera.

Enfin, la dernière étape de notre projet consistait en différents tests de notre poussette (sols variables, ajout ou non de poids, etc). Là encore pressés par le temps, nous nous sommes limités aux principaux tests, mais de nombreux essais étaient encore possibles.

Nous avons donc étudié les différentes possibilités pour installer un moteur sur un engin qui n'est à priori pas fait pour être motorisé. Puis nous avons conçu et testé notre poussette qui, une fois terminée, pourra grandement aider lors d'une balade avec un jeune enfant. Voyons dès à présent comment s'est déroulé notre projet ainsi que les différentes recherches effectuées.



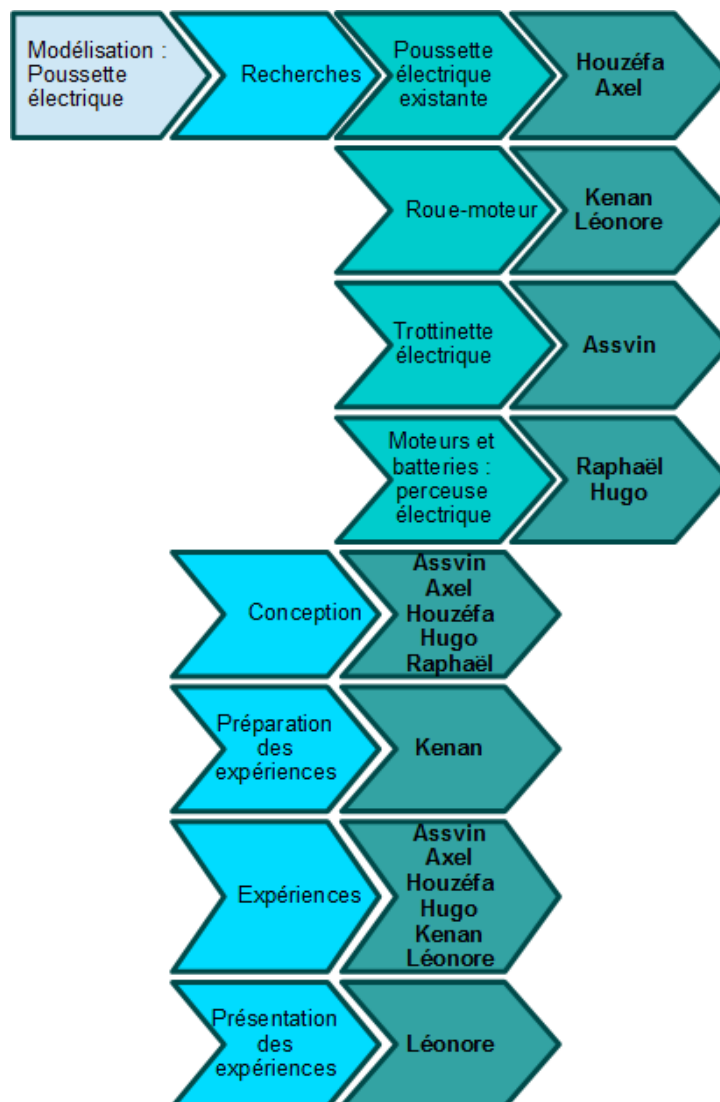
## 2. MÉTHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

Lors de notre projet, nous avons beaucoup travaillé en commun, notamment lors de la réalisation de notre modélisation de poussette. Nous avons cependant essayé de répartir les différentes recherches entre nous. Il a donc fallu mettre toutes les données en commun sur un site pour une meilleure communication, puisqu'il était difficile de se retrouver tous ensemble en dehors des heures de P6 à cause de nos emplois du temps différents. Nous avons commencé la réalisation de notre poussettes électriques après avoir réalisé nos recherches et avoir choisi le système le plus adaptable.

Lors de la réalisation de la modélisation de la poussette électrique, nous avons le plus souvent travaillé et fait l'usinage ensemble. Néanmoins, certaines personnes se sont plus occupées de la construction du modèle quand d'autres ont réfléchi et préparé les expériences.

Quant à la rédaction du dossier, chacun a rédigé la partie sur les recherches qu'il avait faites. Avec en plus, Axel qui a fait l'introduction et les perspectives d'avenir, Hugo la partie sur les problèmes rencontrés, Kenan la conclusion et Léonore la mise en page.

Sur le schéma suivant, on retrouve la répartition du travail faite entre les différents membres du groupe.



### 3. RECHERCHES ET DOCUMENTATION

#### 3.1. Objectifs

Avant tout nous allons vous présenter les problèmes auxquels nous avons pensé faire face lors de l'élaboration de cette poussette électrique. Le premier, qui semble évident, est la motorisation de la poussette, c'est sur quoi porte la suite de notre dossier. Cependant nous avons également pensé plus loin dans la conception, en effet il faut également prendre en compte les normes de sécurité existantes, le poids de la poussette, sa facilité à se plier et enfin les normes de commercialisation (si on veut aller jusque-là).

En ce qui concerne les règles et normes de sécurité qui régissent la construction des poussettes, la norme NF S 54-001, datant de mars 1987, constitue l'une des plus anciennes normes sur les articles de puériculture. Elle établit des exigences de sécurité ainsi que des méthodes d'essais pour les poussettes, les landaus et les voitures d'enfant transformables. Mais aujourd'hui, c'est la norme européenne EN 1888 (amendée en décembre 2005) qui prévaut sur la norme française. Ces normes imposent certaines exigences quant à la construction de poussettes électriques que nous allons citer :

- La stabilité : la poussette ne doit pas se renverser. Pour cela un test est réalisé, où l'on simule la présence de l'enfant à l'aide d'une coque ou une nacelle.
- Le dispositif de frein du parking : il doit y avoir un dispositif de blocage à l'arrêt qui empêche l'enfant dans la poussette de l'actionner lui-même.
- Présence d'un harnais ou d'une ceinture de sécurité obligatoire pour éviter que l'enfant glisse.
- Un dispositif pour verrouiller le système de pliage, et qui encore une fois ne peut être activé par l'enfant.
- Il ne doit pas y avoir d'éléments fixes ou mobiles pouvant provoquer des blessures chez l'enfant (tels que des lésions, coupures, pincement, étranglement) ou bien une inhalation.
- La poussette doit résister aux contraintes mécaniques et physiques pour empêcher l'enfant d'être brusqué ou mis en danger, mais aussi aux risques d'intoxication, à l'inflammabilité des tissus.

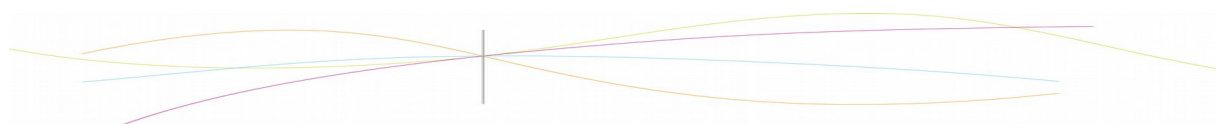
Pour vérifier si les poussettes satisfont bien les normes et exigences de sécurité, il existe des laboratoires indépendants agréés pour effectuer et valider ces tests, comme le laboratoire National d'Essais (Paris), les laboratoires Pourquery (Lyon), le TÜV Rheinland Group (Paris et Lyon), les laboratoires SGS Multilab CTS (Clichy). Avant d'acheter une poussette, il est primordial de vérifier si celle-ci présente la mention « Conforme aux exigences de sécurité », ainsi que la marque commerciale, l'adresse du fabricant ou l'importateur, le nom du modèle et une notice d'utilisation, ce sont les normes de commercialisation. Comme notre dispositif sera rajouté sur une poussette déjà existante et que nous pensons le faire fonctionner grâce à un système simple d'interrupteur, la sécurité de l'enfant ne sera pas mise en danger.

Quant au poids, au pliage et à sa façon d'être motorisée (sur une roue ou plus, à l'avant ou à l'arrière...) cela dépend de notre choix de moteur et batterie développé ci-dessous.

#### 3.2. Recherches

##### 3.2.1. *Les poussettes électriques existantes*

Avant de nous lancer dans une quelconque conception de poussette électrique, nous avons effectué des recherches sur internet pour voir s'il existait déjà des poussettes électriques en ventes en France.





Au début de notre projet, nous avons cherché si des entreprises avaient déjà conçu et commercialisé des modèles de poussette électrique. Nous avons trouvé qu'une société américaine, nommée « 4MOMS » avait conçu et commercialisé des poussettes électriques. Cette société fut créée en 2005 par Rob Daley et Henry Thorne dans le but de développer les équipements pour bébés, faciliter la vie des mamans. Le siège social de l'entreprise est à Pittsburgh aux Etats-Unis, et les produits de l'entreprise sont commercialisés dans plus de 50 pays à travers le monde. Notons également que la poussette Origami a remporté en septembre 2011 à Cologne (Allemagne) le prestigieux prix de l'innovation « Innovation Award », ce qui traduit une certaine excellence et un savoir-faire innovant dans le domaine de construction de poussettes motorisées.

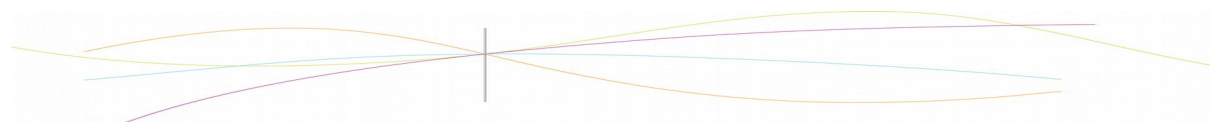


Cette poussette électrique Origami de 4MOMS présente des caractéristiques révolutionnaires : elle est dotée d'un moteur électronique intégré qui permet de plier et déplier la poussette à l'aide d'un bouton. Un système d'auto-rechargement intelligent est également présent : les roues arrière de la poussette sont équipées de générateurs qui chargent la batterie quand la personne qui dirige la poussette marche. Ce même système permet aussi de recharger notre téléphone portable en même temps. La poussette présente des fonctionnalités similaires à celles des voitures comme par exemple les feux de position qui s'allument automatiquement en cas de baisse de la luminosité mais aussi un éclairage du chemin et des capteurs de sécurité de présence de l'enfant à bord. Un tableau de bord est aussi présent, incluant un thermomètre, un tachymètre pour mesurer la vitesse à laquelle la poussette se déplace et un podomètre journalier et principal. La poussette Origami inclue de grands espaces de rangement : un sac de rangement amovible, des poches de rangement facile d'accès et des porte-gobelets. Le poids de la poussette est de 14 kg avec le hamac et son prix se situe aux alentours de 1000 euros. Mais malgré ses nombreux avantages, la poussette Origami ne présente pas d'aide motorisée pour entraîner les roues.

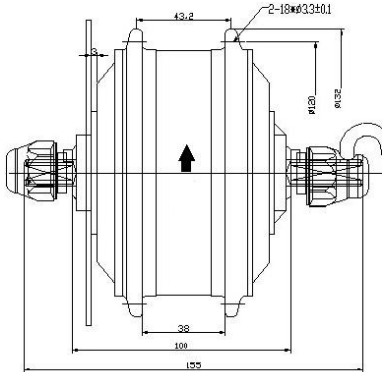
### **3.2.2. L'utilisation des roues-moteur**

Une solution à la propulsion de la poussette serait d'utiliser un moteur intégré dans la roue, comme on peut le trouver sur les vélos électriques. Cela aurait un grand avantage au niveau ergonomique car l'utilisation d'un moteur-roue supprime complètement le problème du pliage de la poussette avec un encombrement réduit, et le problème de transmission.

Ce type de moteur est réglementé par la loi française qui limite sa puissance à 250W et sa vitesse à 25 km/h. Cependant, on trouve facilement des moteurs plus puissants. Prenons l'exemple du moteur



BOBBER<sup>1</sup> pour roue avant. On choisit ce moteur car il est assez léger, facile à monter et à démonter, et adapté aux utilisations en ville pour des balades. Voici les caractéristiques de ce moteur :

	
Masse	2,68 kg
Vitesse max en 36V sur route plate	30 km/h sur roue de 26" (66 cm)
	32 km/h sur roue de 28" (71 cm)
Rendement max	82,00%
Couple max en 36V-15A sur roue de 26" (66 cm)	45 N.m
Puissance	250 W à 500 W
Prix	199€ TTC

L'objectif est de savoir si ce moteur est adapté à notre projet de poussette électrique. Commençons par déterminer les conditions sur la force de traction sur notre roue pour que la poussette puisse avancer.

**Nomenclature :**

- m** : Masse en kg de l'objet ( $m > 0$ )
- R** : Rayon de la roue
- C** : Couple en Nm au niveau de la roue
- $\theta$**  : Angle en degré de la pente ( $\theta > 0$ )
- $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$**
- N** : Réaction normale du sol sur l'objet
- T** : Force de traction générée au niveau de la roue par le moteur
- F** : Effort de résistances à l'avancement due à la déformation du sol

$$\omega = \frac{P}{C} : \text{Vitesse angulaire}$$

$$V = \omega \times R \times 3,6 : \text{Vitesse en km.h}^{-1}$$

**$\mu$**  : Coefficient de frottement entre le sol et la roue

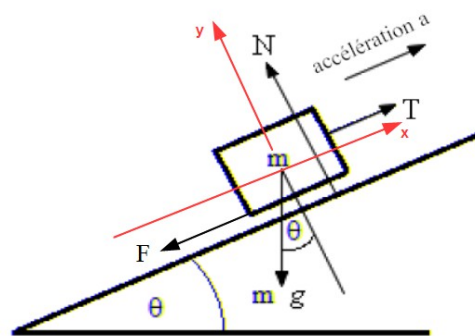
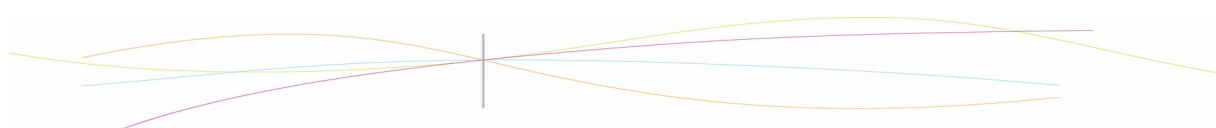


Figure 1

1 <http://www.ozo-vehiculeselectriques.com/Kits-electriques/Moteurs/Moteur-OZO-BOBBER-avant>



D'après la figure 1 :  $N = m.g.\cos \theta$  et  $T = m.a + m.g.\sin \theta + F$ .

Si on suppose que la poussette est déjà propulsée et a une vitesse constante, on a alors  $a = 0$ . On a alors deux cas généraux :

- Dans le cas où le sol est indéformable, tel que le bitume,  $F$  est nul (Ce cas est le plus courant) ;
- Dans le cas d'un sol meuble comme le sable,  $F$  ne s'exprime pas aisément car sa valeur dépend de la déformation du sol, qui est liée à la surface de contact, et au poids appliqué ;

Dans l'étude qui est faite on considérera que  $F$  est nul.

Examen de la condition de glissement de la roue :

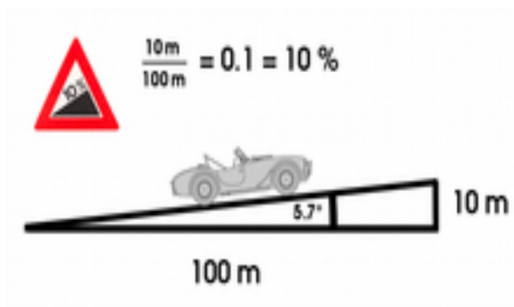
La poussette ne glissera pas tant que  $T$  est inférieur  $\mu.N$ , avec  $\mu$  le coefficient de friction entre la roue et le sol.

On détermine ainsi facilement la pente maximale que l'on peut avoir avant que la poussette ne glisse (que l'on soit à l'arrêt ou à vitesse constante) :

$$T \leq \mu N \Rightarrow m g \sin (\theta) \leq \mu m g \cos (\theta) \Rightarrow \tan (\theta) \leq \mu \Rightarrow \theta = \arctan (\mu)$$

Si on prend par exemple, le coefficient de friction entre le caoutchouc (pour la roue) et le béton (pour le sol indéformable) qui est de 0,5, la pente maximale sera de  $26,57^\circ$ , soit une pente de 50%.

On rappelle la définition de la pente :



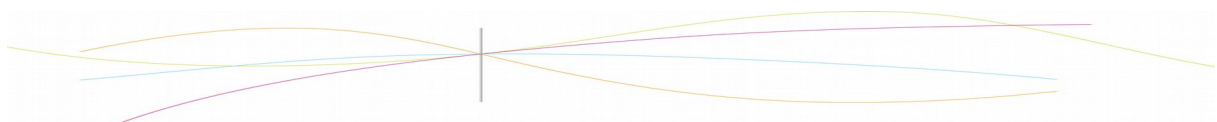
$$pente = \frac{100 \times \text{dénivelé}}{\text{distance horizontale}} \%$$

On détermine ensuite l'angle de la pente avec la relation suivante :

$$\theta = \arctan \left( \frac{pente}{100} \right)$$

Maintenant, si on accélère, c'est-à-dire si  $a > 0$ , il ne faut pas que la force de traction de la roue sur le sol ne soit trop forte, sinon il y aura une perte d'adhérence et la roue patinera. Plus précisément, il faut que cette force de traction soit inférieure à  $\mu.N$ .

$$T = m.a + m.g.\sin \theta < \mu . N \text{ d'où } a < \frac{\mu . N}{m} - g.\sin \theta$$



Dans le tableau suivant, on retrouve différentes valeurs pour T avec un coefficient de friction de 0,5.

m (en kg)	Pente (en %)	Angle (en °)	Angle (en rad)	N (en N)	a (en m.s <sup>-2</sup> )	T (en N)	T/N	T limite d'adhérence
42,68	0,00	0,00	0,00	418,69	0,00	0,00	0,00	209
					0,50	21,34	0,05	
					1,00	42,68	0,10	
					1,50	64,02	0,15	
					2,00	85,36	0,20	
	10,00	5,71	0,10	416,60	0,00	41,80	0,10	208
					0,50	63,14	0,15	
					1,00	84,48	0,20	
					1,50	105,82	0,25	
	20,00	11,31	0,20	410,34	0,00	83,18	0,20	205
					0,50	104,52	0,25	
					1,00	125,86	0,31	
					1,50	147,20	0,36	
	30,00	16,70	0,29	401,21	0,00	119,73	0,30	201
					0,50	141,07	0,35	
					1,00	162,41	0,40	
					1,50	183,75	0,46	
	40,00	21,80	0,38	388,82	0,00	155,30	0,39	194
					0,50	176,64	0,44	
					1,00	197,98	0,49	
1,50					219,32	0,55		
50,00	26,57	0,46	375,17	0,00	185,88	0,50	188	
				0,50	207,22	0,55		
				1,00	228,56	0,61		
				1,50	249,90	0,67		
					2,00	271,24	0,72	

Tableau 1

On observe que plus la pente est forte, moins l'accélération doit être élevée si on ne veut pas que la roue patine.

On retient de ce tableau que la limite d'adhérence situe la valeur maximale de T entre 190 et 200 N.

Voyons maintenant si notre moteur peut propulser la poussette tout en permettant l'adhérence de la roue et surtout en assurant la sécurité des bébés. Mais il ne faut pas oublier que la poussette sera aussi propulsée par une personne, le moteur n'est qu'une assistance.

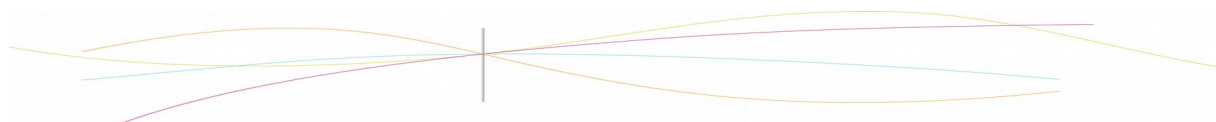
A partir des données sur le moteur, on calcule la vitesse V que la roue-moteur de rayon R peut atteindre et sa force de traction T.

Ainsi, en faisant varier le couple C de **0 Nm** à **45 Nm** et la puissance P de **250W** à **500W**, on détermine :

– la vitesse en radians :  $\omega = P/C$ , puis la vitesse en km.h<sup>-1</sup> :  $V = \omega \times R \times 3,6$  ;

– la traction :  $T = C/R$ .

Remarque : la puissance de 250W est déjà une forte puissance quand on sait qu'une puissance de 150W correspond à la puissance qu'un homme adulte en bonne forme physique ne peut produire que durant un temps ne dépassant pas une heure.



On obtient ainsi le tableau suivant :

Cas	C (en Nm)	P (en W)	R (en m)	$\omega$ (en rad.s <sup>-1</sup> )	V (en m.s <sup>-1</sup> )	V (en km.h <sup>-1</sup> )	T (en N)
1	10,00	250,00	0,06	25,00	1,50	5,40	166,67
		300,00		30,00	1,80	6,48	
		350,00		35,00	2,10	7,56	
		400,00		40,00	2,40	8,64	
		450,00		45,00	2,70	9,72	
		500,00		50,00	3,00	10,80	
2	20,00	250,00	0,06	12,50	0,75	2,70	333,33
		300,00		15,00	0,90	3,24	
		350,00		17,50	1,05	3,78	
		400,00		20,00	1,20	4,32	
		450,00		22,50	1,35	4,86	
		500,00		25,00	1,50	5,40	
3	30,00	250,00	0,06	8,33	0,50	1,80	500,00
		300,00		10,00	0,60	2,16	
		350,00		11,67	0,70	2,52	
		400,00		13,33	0,80	2,88	
		450,00		15,00	0,90	3,24	
		500,00		16,67	1,00	3,60	
4	40,00	250,00	0,06	6,25	0,38	1,37	666,67
		300,00		7,50	0,45	1,62	
		350,00		8,75	0,53	1,91	
		400,00		10,00	0,60	2,16	
		450,00		11,25	0,68	2,45	
		500,00		12,50	0,75	2,70	
5	45,00	250,00	0,06	5,56	0,33	1,19	750,00
		300,00		6,67	0,40	1,44	
		350,00		7,78	0,47	1,69	
		400,00		8,89	0,53	1,91	
		450,00		10,00	0,60	2,16	
		500,00		11,11	0,67	2,41	

Tableau 2

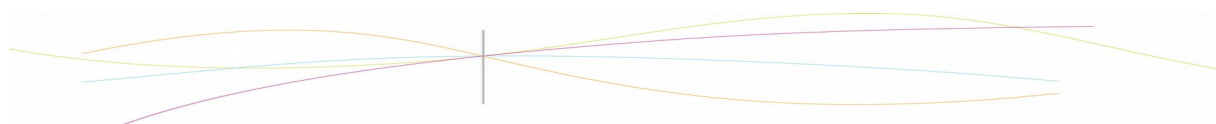
En comparant le tableau 2 avec le tableau 1, on observe tout d'abord que la force de traction T est beaucoup trop forte dans les cas 2, 3, 4 et 5 correspondant à des couples de plus en plus élevés. En effet, pour ces cas, T est supérieure à toutes les T limites calculées dans le tableau 1. Le glissement apparaît nécessairement.

Ensuite, si on garde un couple de 10 Nm, on observe que l'on peut atteindre de grandes vitesses à partir d'une puissance supérieure à 350 W. A partir d'une vitesse de 8 km.h<sup>-1</sup>, la sécurité des bébés est alors menacée.

Le moteur BOBBER peut donc largement propulser et déplacer la poussette, mais il faut réguler son couple et sa puissance pour empêcher que ces deux variables ne soient trop élevées.

De plus, ce moteur ajoute une masse de près 3 kg à la poussette, ce qui n'est pas négligeable quand on sait que cette poussette doit être portée, pour être mise dans un coffre de voiture, par exemple. Il serait donc préférable d'utiliser un système de propulsion plus léger. Finalement, le prix du moteur (199€) est aussi un frein à l'utilisation de cette solution.

En conclusion, même si le système de propulsion de ce moteur a l'air bien adapté à notre poussette électrique, notamment au niveau ergonomique, le moteur en lui-même est trop puissant, trop gros, trop lourd et trop cher pour notre poussette.

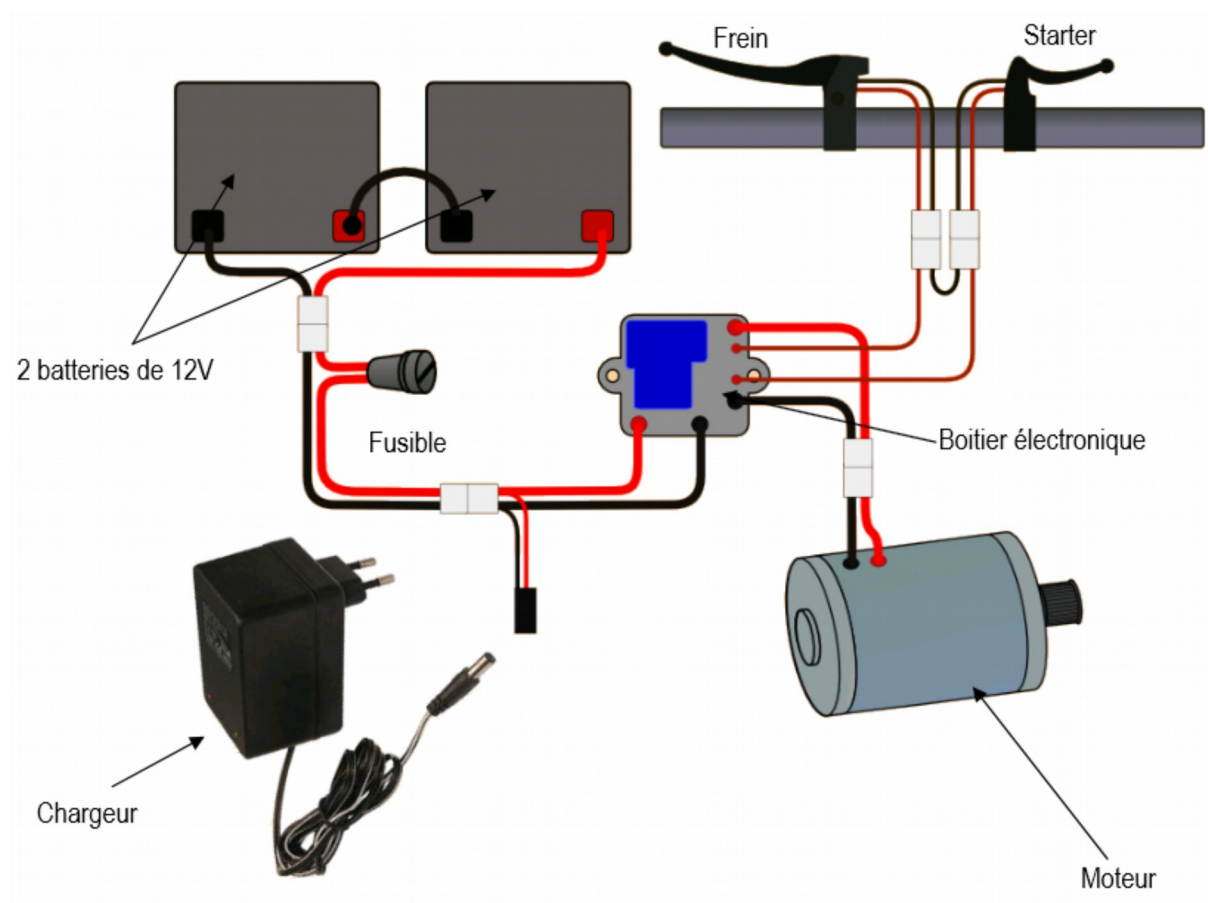


### 3.2.3. Analogie avec la trottinette électrique

Pendant notre projet, nous avons pu comparer l'étude de notre cas de la poussette électrique avec celles des trottinettes électriques et des vélos électriques, notamment le projet de deux étudiants de l'université Paul Sabatier (Toulouse) sur l'étude d'une trottinette électrique.<sup>2</sup>

#### Décomposition de la trottinette :

Dans ce schéma, nous pouvons remarquer la présence d'un système de freinage, un chargeur utilisé pour les deux batteries 12 Volts, un fusible qui permet la sécurité du circuit d'alimentation, un moteur et notamment un boîtier électronique composé de deux résistances, un condensateur, un transistor et un relais. Le boîtier reçoit diverses informations et permet la connexion de toutes ces composantes.

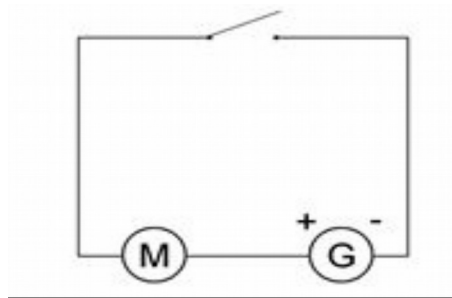


Pour notre poussette un autre système de sécurité sera mis en place, il n'y aura pas de frein. La poussette sera tout simplement équipée d'un système à ressort. Lorsque le ressort est relâché, l'interrupteur lié directement au moteur est ouvert et permet à la poussette de s'arrêter tandis que lorsque le ressort est comprimé, l'interrupteur est fermé et la poussette peut donc avancer.

2 [http://vincent.boitier.free.fr/LPCCSEE/BE/trotinette/compte%20rendus/projet\\_trotinette.pdf](http://vincent.boitier.free.fr/LPCCSEE/BE/trotinette/compte%20rendus/projet_trotinette.pdf)



**Schéma lorsque le ressort est relâché (moteur à l'arrêt) :**

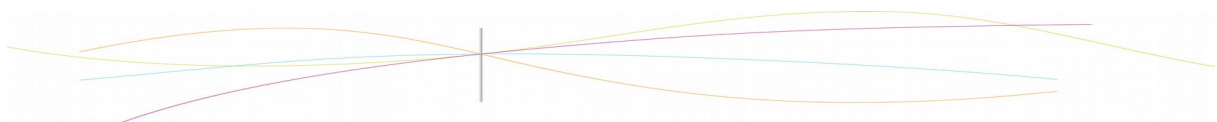


**Comparaison des caractéristiques principales :**

	Trottinette électrique	Poussette électrique
Poids	7,5 kg	~ 14 kg
Vitesse	entre 8 et 12 km/h	~ 5 km/h
Autonomie	de 6 à 10 km	/
Dimensions	750 x 160 x 900 mm	/
Poids maximum conseillé	60 kg	~ 30 kg
Batteries	12V	/
Puissance du moteur	100W	/

Cependant certaines caractéristiques ne peuvent pas être comparées telles que les différentes pertes dues au moteur et aux frottements liés à l'entraînement ou à la nature du sol.

Cette analogie nous permet donc de penser qu'un moteur similaire à celui de la trottinette serait idéal pour entraîner les roues et donc propulser la poussette. Le moteur d'une perceuse pourrait par exemple entraîner les roues de la poussette à une vitesse similaire à la vitesse théorique présente dans le tableau ci-dessus. Les roues motorisées semblaient être une bonne alternative puisqu'elles évitent un système motorisé encombrant, mais nous avons vu plus haut que leur moteur était trop puissant.



### 3.2.4. Moteur et batterie des perceuses électriques

Dans cette partie nous allons nous intéresser au moteur et à la batterie d'une perceuse électrique utilisée pour motoriser notre poussette.

Rappelons les caractéristiques de notre poussette et les objectifs que nous souhaiterions atteindre:

- Son poids est d'environ 40kg
- Le diamètre des roues est de 0,20m
- Pour un couple de 10Nm, grâce à la relation  $F = Cp/R$  nous trouvons que le moteur de notre perceuse doit pouvoir fournir une force de 100N et une puissance de 250W avec la formule  $P = C \cdot \omega$  si nous voulons atteindre une vitesse de 5.4km/h (vitesse moyenne de marche).

Sur internet nous avons retrouvé les caractéristiques de la perceuse que nous utilisons dans nos expériences (dans un modèle plus récent).



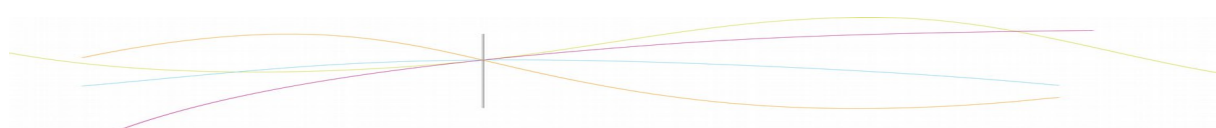
Image 1 Perceuse BOSCH

Elle possède un couple allant de 10Nm à 26Nm et une vitesse modulable de 0 à 700 tours/min. De plus la puissance de la perceuse est de 150W. Au vu de ces caractéristiques nous remarquons que la puissance de la perceuse est suffisante pour propulser la poussette sur sol plat et à vitesse réduite.

Nous avons aussi cherché une perceuse sur internet pouvant répondre parfaitement aux contraintes que nous nous sommes fixés et qui permettrait, si notre sujet est repris, au groupe suivant une meilleure performance. La BLACK & DECKER Perceuse à percussion 2x18V Li a retenu notre attention. C'est une perceuse d'une puissance de 250 W, elle possède un couple allant de 28 à 43,7 Nm pour une vitesse de rotation allant de 0 à 1500 tours/min et on peut choisir entre 24 vitesses possibles. Ce couple bien plus important que celui de notre perceuse actuelle pourra permettre à la poussette de supporter un poids plus important et de mieux fonctionner dans les montées. De plus cette perceuse est livrée avec 2 batteries qui se rechargent en seulement 40 minutes. Ceci permettra de garantir une meilleure autonomie à la poussette. Son seul défaut reste son prix qui est d'environ 150€ sur internet.



Image 2 BLACK & DECKER Perceuse





### 3.3. Expérimentation

Nous avons donc choisi d'utiliser le moteur et la batterie d'une perceuse électrique qui semblent bien adaptés au projet. En effet, les couples du moteur et les vitesses de rotation sont de même ordre de grandeur que les résultats de nos calculs.

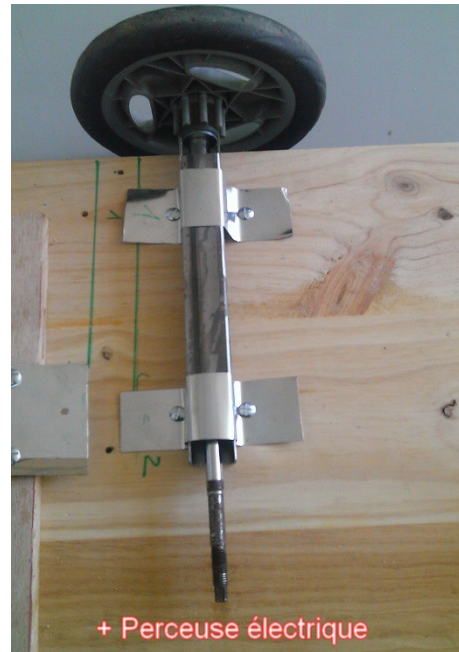
Ainsi nous allons tester l'efficacité de la perceuse comme moteur de notre poussette électrique et examiner si ce choix peut nous permettre de faire face aux différents éléments que nous rencontrons lors d'une balade basique en poussette. C'est-à-dire que nous allons tester différentes masses, pentes, différents types de sol (gravier, goudron...).

Pour réaliser notre poussette nous avons utilisé :

- Une planche en bois de 49x74 cm
- 2 roues avant fixées de 22 cm de diamètre
- 1 roue arrière fixée et 1 roue arrière motrice (entraînée par la perceuse) de 19 cm de diamètre
- Une perceuse BOSCH 9,4 V – 1,4 AN



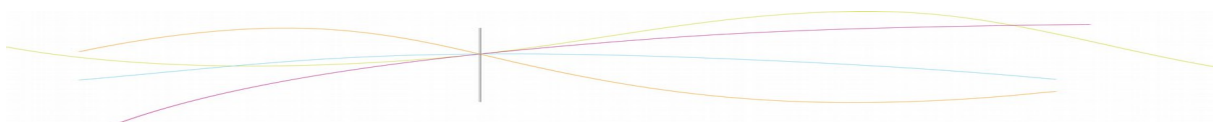
Modélisation de notre poussette



Axe de la roue motorisée par la perceuse

Fabriquer ce modèle nous a pris quelques semaines, c'est M. Vuillamy qui nous a fourni les pièces (roues prises sur une poussette existante, planche achetée) et qui a fixé les roues avant. Nous avons ensuite positionné la roue fixe arrière, nous l'avons mise au plus proche de l'extrémité arrière de la planche pour que nous ayons assez de place ensuite pour placer l'autre roue arrière, la perceuse et la liaison entre ces éléments. C'est la partie liaison perceuse et roue qui a été en réalité la plus longue. Nous avons utilisé une tige de métal dont le diamètre rentrait dans la perceuse mais c'est au niveau de son autre extrémité sur laquelle devait être fixée la roue que nous avons le problème suivant : comment faire pour que la roue soit solidaire de la tige et aussi éviter qu'elle ne translate sur tige, compte tenu du diamètre interne de la roue, très supérieur à celui de notre axe. Un manchon a été réalisé au département mécanique, pour ajuster les diamètres. Pour éviter la translation de la roue sur l'axe, on a utilisé un système de serrage, par écrou du côté extérieure de la roue et un empilement de rondelles entre la roue et la planche bloquant ainsi la translation de la roue.

Ensuite, afin de réduire les frottements liés à la rotation de la tige, nous l'avons monté sur deux roulements à billes, que nous avons placé dans un tube carré après l'avoir découpé en deux endroits.



Enfin nous avons fait un petit trou dans la tige au niveau d'une des ouvertures du tube pour y placer une goupille afin de bloquer la translation de la tige, à partir de ce moment nous ne pouvions plus l'enlever du modèle.

Voici les expériences que nous avons réalisées, nous avons chronométré le temps que prenait notre « poussette » pour parcourir 12 m selon les conditions dans lesquelles on la testait, ensuite par la simple relation  $v=d/t$  on a trouvé la vitesse :

Vitesses perceuse (combinaison)	1-4			1-5			2-3			2-5		
	Masse (kg)	0	5	10	0	5	10	0	5	10	0	5
Types de sols												
Linoléum	3,32 km/h	2,88 km/h	1,66 km/h	3,08 km/h	2,54 km/h	1,7 km/h	4,8 km/h	3,32 km/h	<i>I</i> <sub>1</sub>	5,01 km/h	3,08 km/h	<i>I</i> <sub>1</sub>
Bitume pente de 3,7°	1,87 km/h	1,44 km/h	1,03 km/h	2,03 km/h	1,54 km/h	1,05 km/h	2,4 km/h	<i>I</i> <sub>3</sub>	<i>I</i> <sub>3</sub>	2,54 km/h	<i>I</i> <sub>3</sub>	<i>I</i> <sub>3</sub>
Gravier	2,4 km/h	1,83 km/h	1,6 km/h	2,16 km/h	1,6 km/h	1,61 km/h	3,08k m/h	<i>I</i> <sub>2</sub>	<i>I</i> <sub>3</sub>	3,6 km/h	1,89 km/h	<i>I</i> <sub>3</sub>
Gravier pente de 2,5°	1,66 km/h	1,44 km/h	1,03 km/h	1,66k m/h	1,44 km/h	1,05 km/h	1,66k m/h	<i>I</i> <sub>3</sub>	<i>I</i> <sub>3</sub>	1,54 km/h	<i>I</i> <sub>3</sub>	<i>I</i> <sub>3</sub>

Tableau 3

On peut voir qu'avec cette perceuse les tests ont toujours fonctionné, sauf pour les masses plus importantes sur des sols pentus ou de type gravier. En bleu sont les valeurs de vitesses qui semblent intéressantes, on remarque qu'il n'y en a pas beaucoup et que c'est toujours pour des masses nulles, on peut donc déjà conclure que notre perceuse ne sera pas assez performante pour faire avancer une poussette avec un bébé dedans, soit une trentaine de kilos.

*I*<sub>1</sub> : signifie que l'expérience n'était pas concluante puisque la batterie de la perceuse était moins chargée, par conséquent la poussette s'arrêtait en chemin mais si nous la poussions elle recommençait à avancer.

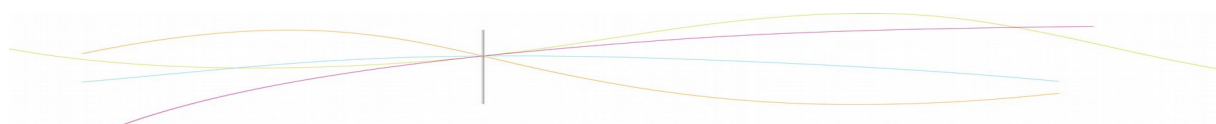
*I*<sub>2</sub> : signifie que l'expérience n'a pas fonctionné, en effet la machine s'est arrêtée à 6 m et n'est pas repartie.

*I*<sub>3</sub> : signifie que la perceuse n'a pas réussi à entraîner la poussette. Bien que dans le vide la perceuse entraînait bien la roue, une fois posée au sol la poussette n'avancait pas. Nous pensons que c'est un problème de couple, effectivement c'est toujours pour les fois où nous avons sélectionné la vitesse 2 que cela arrivait. Or la vitesse 2 de la perceuse délivre un couple moins important que celui de la vitesse 1, le couple transmis à la roue n'était donc pas assez puissant pour faire avancer le modèle.

*4* : signifie que la roue patinait et que c'est pour cela que sa vitesse est moins grande que pour 2-3 pour la même masse.

De ces résultats nous pouvons conclure qu'avec la vitesse 2 de la perceuse la poussette va plus vite pour des masses légères et pour des sols plats. Mais que la vitesse 1 fournit plus de couple et permet dans toutes les situations de faire avancer la poussette à des vitesses cependant dérisoires. Pour de meilleurs résultats il nous faudrait donc une perceuse plus puissante réglée sur la vitesse 1 pour que la poussette démarre et avec une batterie qui tienne plus longtemps puisque celle que nous avons n'avait une autonomie que de 45 minutes au maximum avec arrêt.

Malgré tout, le système de propulsion choisi semble être bien adapté pour notre poussette électrique. En effet, avec un moteur plus puissant, ou en utilisant un deuxième moteur, les résultats seront plus concluants, en particulier pour des charges plus élevées.



### 3.4. Les problèmes rencontrés

#### 3.4.1. Lors de l'étude

Pendant l'étude, le problème majeur qui s'est imposé à nous fut celui de choisir notre type de motorisation. En effet, nous avons pensé à reproduire la motorisation de plusieurs objets sur notre poussette : un vélo électrique, un chariot de golf motorisé ou encore celle d'une trottinette électrique. Certaines étaient adaptables à notre projet, d'autres non. Une autre alternative aurait été de choisir des roues qui soient elles-mêmes motorisées, elles semblaient adaptées à notre projet. Cependant, leur coût ainsi que leur disponibilité ont fait que nous n'avons pas opté pour cette idée. Après réflexion, notre choix s'est porté sur une perceuse que nous avons reliée à l'axe de la roue motrice.

Ce choix nous permet d'avoir le moteur et la batterie, le tout en un volume assez compact. Effectivement, nous devons placer la batterie sur notre châssis, ce qui occupe une certaine surface. De plus, cela a permis d'obtenir une batterie ainsi qu'un moteur pour un coût moindre.

A ce stade de l'étude, il nous fallait définir le nombre de roues motrices que nous souhaitions. Il était possible de choisir de n'utiliser qu'un seul moteur qui entraînerait deux roues ou bien un seul moteur qui n'entraînerait qu'une seule roue, ou enfin deux moteurs qui entraîneraient deux roues différentes. L'option gardée fut celle d'un seul moteur pour une roue. Cela est dû au fait que cette configuration ne nécessite qu'un seul moteur, ce qui est plus économique et permet un gain de place. De plus, le choix que celui-ci n'entraîne qu'une seule roue permet une phase de conception plus aisée.

Par la suite, le choix du type d'entraînement s'est posé. Nous avons deux choix :

- Avec un entraînement direct

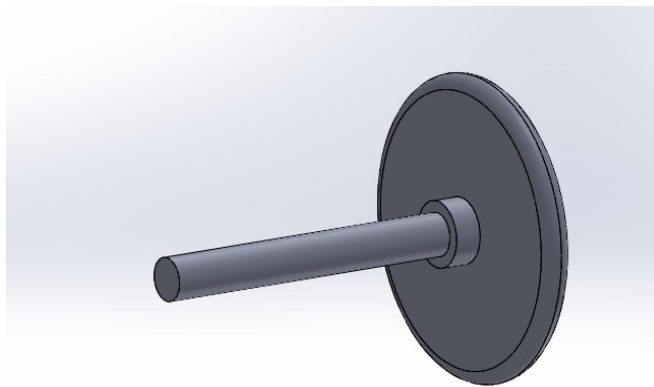


Image 3 Modélisation SolidWorks de la liaison fixe axe/roue

- Avec un engrenage réducteur

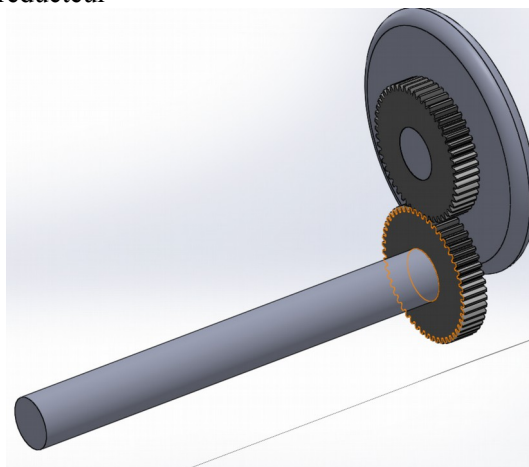
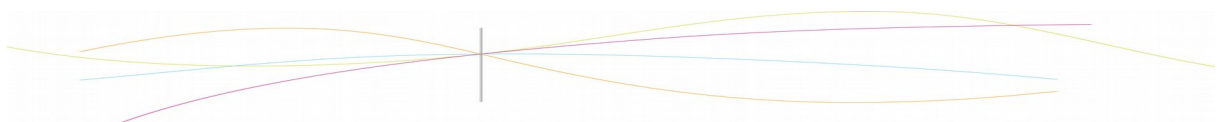


Image 4 Modélisation SolidWorks de la liaison engrenage axe/roue



Nous avons opté pour l'entraînement direct car plus simple à réaliser. Ensuite, nous avons dû choisir la taille des roues. Leur diamètre influe sur le couple, nous avons donc choisi des roues d'un diamètre de 19 cm. Elles permettent un couple suffisant.

Le type de châssis que nous avons choisi est une planche en bois de 70 cm sur 50 centimètres. Le problème de celui-ci était d'en choisir un qui est capable de se replier car une poussette doit pouvoir le faire. Cependant, notre type de châssis ne le permet pas et c'est un de ses inconvénients. Nous avons donc abandonné l'idée du pliage.

Le dernier inconvénient de notre projet est qu'il ne possède pas de système d'arrêt automatique qui est obligatoire selon les normes de sécurité.

### **3.4.2. Lors de la conception**

La phase de conception s'est déroulée sans trop de difficultés. Toutefois, nous avons dû faire quelques changements. Au départ, une roue n'était pas à la même hauteur que les autres. Nous avons donc démonté cette roue et nous avons ensuite rajouté une petite planche de bois pour que les 4 roues soient à la même hauteur. Nous avons aussi calculé la place que prendrait la perceuse une fois installée, en effet celle-ci rentrait dans la roue fixe, nous avons donc dû décaler le dispositif d'axe, roulements à billes et roue afin que la perceuse soit posée sur la planche.

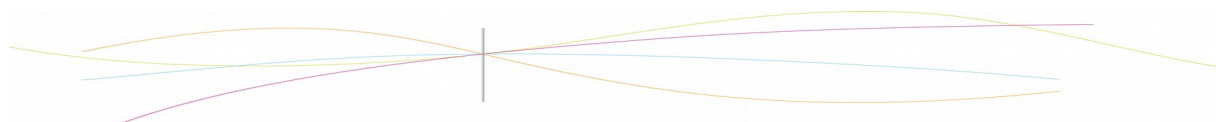
D'autre part, la poussette devait être capable de supporter une trentaine de kilos. Nous n'avons pu tester qu'avec 10 kilos mais cela fonctionnait.

### **3.4.3. Lors des tests**

Lors de la phase de tests et d'essais, nous avons dû faire face à certains désagréments. En effet, pour que le moteur fonctionne et entraîne la poussette, il faut que le bouton de la perceuse soit enfoncé. Cependant, nous ne pouvions pas tenir ce même bouton lorsque la poussette était en mouvement. C'est pourquoi nous avons installé une ficelle afin de serrer le bouton et de le garder enfoncé. De plus, nous avons dû fixer la perceuse sur le châssis avec une cordelette afin qu'elle ne bouge pas, sinon entraînée par le mouvement elle allait taper dans la roue.

D'autre part, nous avons rencontré quelques difficultés avec les roues. En effet, lorsque nous avons fait nos essais sur un sol qui n'était pas plat, la roue motrice ne touchait parfois pas le sol et la poussette n'avancait plus, cependant, cette situation ne s'est présentée que peu de fois. De plus, les roues n'étant pas parfaitement parallèles, la poussette a tendance à se déporter légèrement vers la droite.

Enfin, lors des essais en pente, le calcul de l'angle de la pente fut difficile. Nous avons donc eu recours à une application qui l'a calculé pour nous.



#### 4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Lors de ce sujet, nous nous sommes principalement concentrés sur les recherches. Puisque aucune poussette électrique n'existe, ou du moins n'a été commercialisée, il a fallu trouver et imaginer les systèmes de propulsion possibles et adaptables sur une poussette. Le meilleur moyen de propulsion serait d'utiliser une ou deux roues-moteur, mais les seuls modèles existants que nous avons trouvés n'étaient adaptables que sur les vélos. On peut donc dire qu'un marché existe : celui de créer des roues-moteur pour les poussettes. Nous avons donc conclu que l'utilisation d'un petit moteur, pas forcément puissant (couple d'environ 10 Nm et puissance inférieure à 250W), était suffisant pour notre poussette car la propulsion doit seulement être une assistance. Nous avons donc essayé ce système sur notre modélisation en utilisant un planche en bois en guise de poussette et une perceuse électrique comme moteur. Les expérimentations ont été concluantes pour des petits poids placés sur le châssis. Il semble donc que le système de propulsion choisi est adaptable et permet de réaliser une poussette électrique avec, bien sûr, des améliorations présentées dans les perspectives d'évolution.

**Houzéfa :** Ce projet physique a évidemment été un enrichissement en termes de connaissances techniques acquises pour construire le modèle électrique de la poussette. Il nous a en même temps, et comme les projets précédents, appris à travailler en groupe, ce qui est important pour tout ingénieur. J'ai apprécié la partie technique présente dans le projet (conception du modèle, expérience) ce qui fait que mes attentes en ce qui concerne le choix de ce sujet ont été satisfaites.

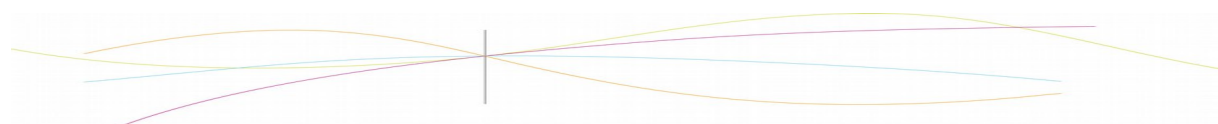
**Axel :** Pour ma part, ce projet m'a permis d'apprendre à travailler avec des personnes que je ne connaissais pas jusqu'alors. De plus, en ce qui concerne la partie technique en elle-même, j'ai découvert qu'une étude de conception était bien plus complexe que ce que je ne pensais. En effet, il faut bien définir les différentes parties (recherches, conception, tests) afin de ne pas s'éparpiller et donc de ne pas perdre du temps inutilement. Pour toutes ces raisons je peux dire que ce projet a été une expérience enrichissante.

**Kenan :** Le projet a été intéressant sur deux aspects : l'aspect scientifique et l'aspect social. Pour l'aspect scientifique, nous avons dû utiliser des connaissances acquises lors de nos études pour les adapter à un exemple concret. On apprend ainsi que la théorie ne suffit pas et n'est pas toujours exacte. Nous avons aussi rencontré beaucoup de problème lors de la réalisation de la maquette et il a fallu trouver les meilleures solutions. Cela nous entraîne donc pour notre vie professionnelle future, en tant qu'ingénieur. Du point de vue de l'aspect social, il a fallu travailler avec des personnes qu'on ne connaissait pas, ce qui est une expérience enrichissante, aussi bien positivement que négativement, car on sera sûrement amené plus tard à travailler de plus en plus avec des personnes inconnues. Finalement, ce projet nous permet avant tout d'appréhender ce qu'est le métier d'ingénieur.

**Hugo :** En ce qui me concerne, ce projet de physique m'a permis de mieux apprendre à travailler en groupe. De plus, j'ai découvert ce qu'étaient réellement une phase d'étude et une phase de conception. En effet, tous les choix que nous avons dû effectuer lors de ces étapes ont conditionné notre résultat final. Heureusement, les conseils de notre encadrant pour ce projet nous ont guidés. Tous ces motifs montrent donc en quoi ce projet fut instructif pour moi.

**Léonore :** Ce projet a été très enrichissant tant au point de vue humain que professionnel. En effet, c'est le premier projet scientifique que je faisais avec un si grand groupe (nous étions 7), la communication a donc été très importante. Enfin ce projet m'a permis de connaître les différentes phases de conception d'un produit : la recherche, la conception, la modélisation avec les tests, mais aussi d'apprendre à réagir vite face aux problèmes que nous avons rencontrés.

**Raphaël :** Ce projet fut très intéressant, il m'a permis de mettre en pratique les connaissances que j'avais acquises durant ces 2 années. J'ai aussi apprécié le côté manuel du projet, de devoir concrétiser



une idée par nos propres moyens. Le fait de travailler en groupe a été un vrai plus. Cela nous a permis d'apprendre à partager le travail et respecter les limites de temps. Je tiens à remercier les personnes de ce groupe pour leur investissement.

**Assvin :** Notre projet sur l'étude de conception de la poussette électrique m'a permis de développer mes connaissances et mes compétences dans différents domaines notamment dans le domaine mécanique. Le travail d'équipe était essentiel puisque les compétences de chacun nous ont permis de terminer notre projet correctement et à temps.

**Perspectives d'évolution :** Comme vous avez pu le comprendre, nous avons eu le temps de réaliser notre projet mais pas de créer une poussette commercialisable. Nous allons donc voir quels sont les points qui peuvent être améliorés et ce que nous pourrions ajouter.

Tout d'abord, dans l'optique d'en faire une poussette au sens propre, il faudrait ajouter un berceau ainsi que ses supports pour que l'enfant puisse y être installé. Mais pour notre projet ceci aurait été une perte de temps puisqu'un berceau n'aurait altéré en rien les tests effectués. De même, nous pourrions cacher les essieux pour le côté esthétique - et donc commercial - de la poussette. Il faudrait aussi faire en sorte que la poussette reste pliable malgré le système de propulsion.

Concernant les aspects plus techniques, la mise en place d'un système régulant la perceuse (marche/arrêt, puissance etc) aurait pu être effectuée. En effet, actuellement nous sommes obligés de tout régler à même la perceuse ce qui n'est vraiment pas pratique. De même, nous devrions mettre en place des roues directionnelles, sans cela la poussette n'est pas fonctionnelle. Le système de propulsion serait aussi meilleur en mettant en place un deuxième moteur et en utilisant une meilleure batterie.

Comme vous pouvez le constater, ces perspectives d'évolutions ne sont utiles que dans le but de rendre la poussette électrique un peu plus fonctionnelle, voire commercialisable. Mais par manque de temps, et puisque le but de notre projet était de montrer que la mise en place d'une motorisation était réalisable, tous les points que nous venons d'évoquer n'auraient pas eu d'incidence sur les tests que nous avons effectués.



## 5. BIBLIOGRAPHIE

### I. A. Problèmes

Les normes de sécurité, [consulté le 04/06/15] :

<http://www.poussette-magazine.com/les-normes-de-securite-des-poussettes-en-france-et-en-europe/>

### I. B. Recherches

Les poussettes électriques, [consultés le 04/06/15] :

<http://www.4moms.fr/media/origami/>

<http://www.autourdumyline.com/high-tech-la-poussette-electrique-origami-4moms-du-futur/>

Les roues motorisées, [consulté le 07/05/15] :

<http://www.ozo-vehiculeselectriques.com/Kits-electriques/Moteurs/Moteur-OZO-BOBBER-avant>

[http://www.avem.fr/velo\\_electrique\\_comment\\_ca\\_marche.html](http://www.avem.fr/velo_electrique_comment_ca_marche.html)

La trottinette électrique, [consulté le 03/06/15]:

Sophie RICHET et Sébastien Péré, *Etude d'une trottinette électrique, Rapport de projet*, ([http://vincent.boitier.free.fr/LPCCSEE/BE/trottinette/compte%20rendus/projet\\_trottinette.pdf](http://vincent.boitier.free.fr/LPCCSEE/BE/trottinette/compte%20rendus/projet_trottinette.pdf))

Les perceuses électriques, [consultés le 04/06/15 ] :

<http://www.monechelle.fr/perceuse-sans-fil-1146-p42277>

[http://www.conrad.fr/ce/fr/product/578975/?utm\\_source=google-search-product&utm\\_medium=comparateur&utm\\_campaign=578975&WT.mc\\_id=comparateur-gsp-578975&LGWCODE=578975;43857;390&gclid=CjwKEAjw4-SrBRDP483GvreDr2ASJAD5sClucQZuxPCUzvaA1r7MwgXBXw3nkhuvv5jtMbyOOtQBwBoCDDTw\\_wcB](http://www.conrad.fr/ce/fr/product/578975/?utm_source=google-search-product&utm_medium=comparateur&utm_campaign=578975&WT.mc_id=comparateur-gsp-578975&LGWCODE=578975;43857;390&gclid=CjwKEAjw4-SrBRDP483GvreDr2ASJAD5sClucQZuxPCUzvaA1r7MwgXBXw3nkhuvv5jtMbyOOtQBwBoCDDTw_wcB)



**6. ANNEXES**

Modélisation de notre prototype sur SolidWorks, sur fond blanc puis dans son environnement.

