

01/01/2013



LYCEE
VAUVENARGUES

HIPPOMOBILE HYBRIDE



TPE | Mathieu MIMRAN & Hugo BARUGOLA

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	2
Préambule	3
I/ Étude de la partie technologique du projet	4
a) Principe de fonctionnement du dispositif.....	4
b) Un projet qui s'inscrit dans le développement durable.....	5
II/ Étude approfondie de l'impact du projet sur l'équidé	6
a) Les moyens du dispositif aidant l'équidé.....	6
b) Augmentation de l'endurance du cheval.....	7
III/ Étude des avantages d'une hippomobile hybride	21
Conclusion	22
Remerciements et sources	23



Préambule

Le terme hippomobile hybride désigne un véhicule assisté par un moteur auxiliaire et tiré par un ou plusieurs chevaux. Cette assistance électrique devrait permettre au cheval de s'épuiser moins vite. Donc de travailler plus longtemps. Alors, nous nous sommes demandés si ce dispositif électrique est réellement efficace. Mais surtout, que nous apporte l'utilisation d'un cheval assisté par un dispositif électronique ?

Au cours de notre présentation, nous allons répondre à cette problématique et émettre une hypothèse : On suppose que l'utilisation d'une assistance électrique sophistiquée sur un cheval permet d'accroître ses performances.

Dans un premier temps nous allons étudier la partie technologique du projet. Dans un second temps, nous démontrerons si l'hippomobile hybride peut contribuer à réduire la fatigue du cheval. Enfin, nous étudierons les avantages d'une hippomobile hybride.



I/ Étude de la partie technologique du projet

a) Principe de fonctionnement du dispositif

Le dispositif d'hippomobile hybride se compose d'un attelage, d'un capteur de force, et de plusieurs moteurs fixés sur les roues de l'attelage ainsi que d'un système électronique permettant la traduction des informations données par le capteur de force en langage mathématique, ainsi que la diffusion de ces informations.

Pour cette étude nous nous baserons :

_ Sur un cheval de race Percheron, d'un poids d'environ 900kg à 1000kg, entraîné au Haras National d'Uzès, haras spécialisé dans l'attelage des chevaux de traits. Qui peut travailler habituellement pendant 12h, et qui ne présente aucun problème physiologique, et psychique (un cheval peut être stressé ou présenter des problèmes de santé).

_ Sur un terrain stable, terreux, sans cailloux, dur, et sans obstacles.

Ces facteurs, permettent des conditions idéales de tractions. De plus, un cheval dans ces conditions peut tirer une charge de 200kg sans ressentir les effets de ce poids sur son organisme (fatigue, essoufflement, travail intense des muscles).

Alors, l'équidé une fois attelé à son outillage, doit délivrer une force lui permettant d'avancer. Là, le capteur de force situé entre la calèche et le cheval mesurera instantanément la tension soumise à la calèche par le cheval, la transmettra au boîtier de commande traduisant les données afin de permettre au moteur de s'enclencher ou pas si la tension est inférieure à 200kg et de faire en sorte que le cheval ait un travail moindre.

Le boîtier permet le déclenchement des moteurs ou non afin que le cheval possède quelque soient les circonstances l'impression d'avoir une charge de 200kg à tracter. Si la charge est de plusieurs tonnes, alors les moteurs aideront le cheval de façon à ce qu'il ait l'impression de tracter une charge de 200kg.

En descente, les batteries se rechargent grâce à des alternateurs sur les roues, et le capteur de force permet par sa compression de transmettre un

message permettant le freinage de la calèche afin que celle-ci ne pousse pas le cheval.

b) Un projet qui s'inscrit dans le développement durable

Ce projet a pour but de réhabiliter l'attelage pour le travail de l'agriculture ou transport automobile. L'attelage est un moyen écologique et économique. De plus, l'assistance électrique permet de diminuer la fatigue du cheval, les batteries se rechargeant à la descente permettent d'augmenter leurs capacités. Donc, le cheval est capable de se déplacer aussi vite qu'une « diablino » en ville, de transporter plus de personnes, et ne nécessite pas de rechargement au cours de la journée. Alors, on peut considérer que l'hippomobile hybride est un projet s'inscrivant dans le développement durable, et étant sérieusement capable de concurrencer des véhicules électriques quelque soit le type de travail à exécuter. En effet, l'hippomobile hybride peut aussi servir à des travaux d'agriculture, de ramassage de déchets, etc.



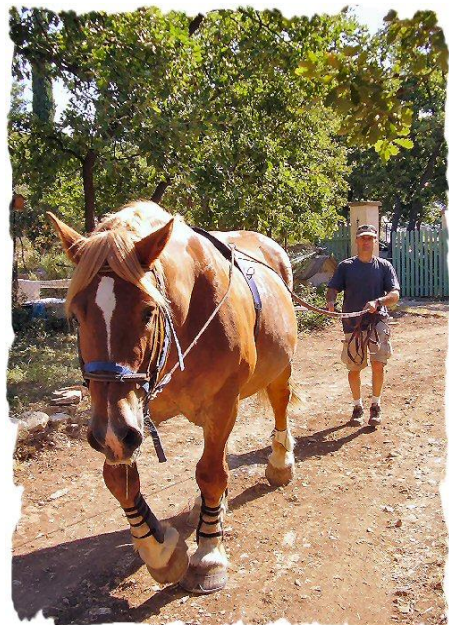
II/ Étude approfondie de l'impact du projet sur l'équidé

a) Les moyens du dispositif aidant l'équidé

Grâce à son capteur de force, ses batteries, et ses moteurs, le dispositif permet d'assister le cheval dans toutes les circonstances. En revanche, il semble logique qu'un tel système permet de rendre un cheval plus endurant en diminuant sa fatigue. Mais, il est moins facile de le démontrer. En effet, si l'on voulait comparer des expériences sur un cheval tirant un attelage avec assistance électrique et sans assistance électrique, cela deviendrait trop onéreux. Mais, dans l'hypothèse où nous aurions la possibilité financière de pratiquer des mesures sur l'équidé nous pourrions relever son rythme cardiaque, contrôler l'échauffement de ses muscles, mesurer la quantité d'eau qu'il transpire, etc. Ainsi, nous aurions une mesure précise de l'économie de ses efforts.




En revanche, grâce à la première loi d'Isaac Newton, nous sommes en mesure d'affirmer ou d'infirmer notre hypothèse : on suppose que l'utilisation d'une assistance électrique sophistiquée sur un cheval permet d'accroître ses performances. Le premier énoncé de la loi de Newton est : « Tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui, et ne le contraigne à changer d'état. ». Cet énoncé se traduit par la somme des vecteurs, force, poids, réactions, et frottements qui est un vecteur nul.

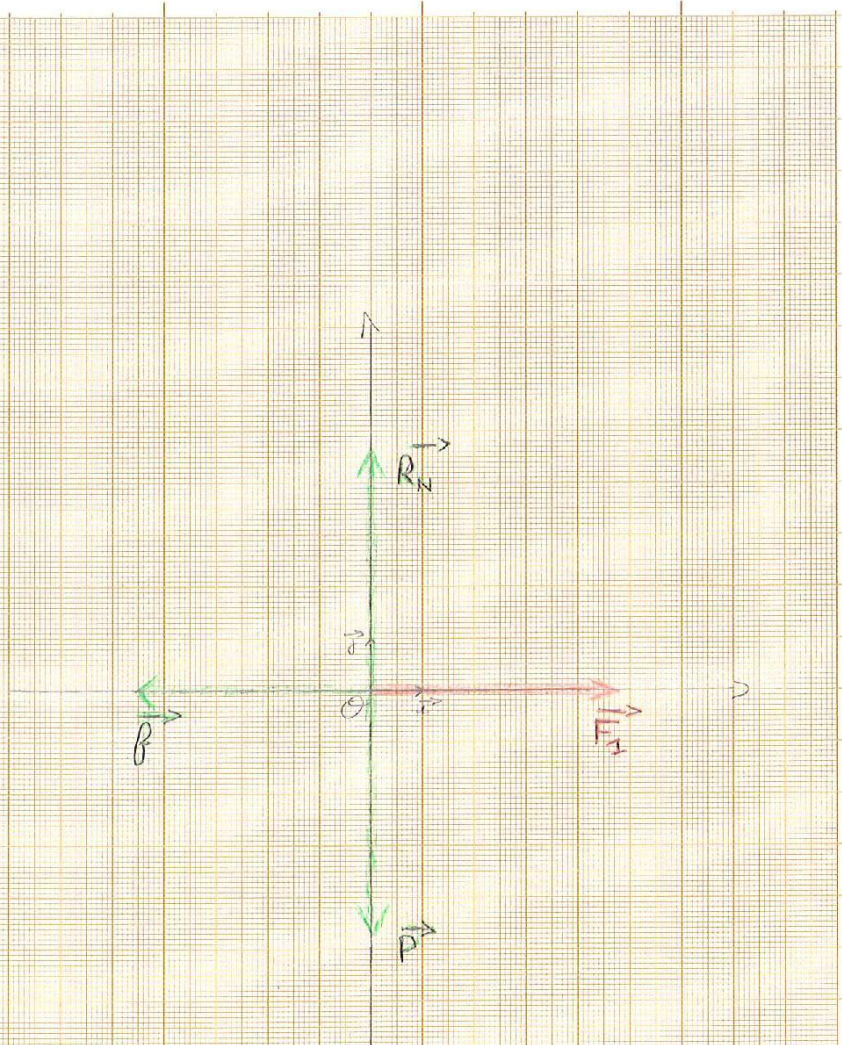


b) Augmentation de l'endurance du cheval

On étudie le système calèche à plat :

Si absence de moteur : dans le cas d'un mouvement rectiligne uniforme, et d'après la première loi de Newton,

MOUVEMENT RECTILIGNE UNIFORME PLAT
Système Calèche seul




avec \vec{F}_T : la force motrice du cheval.
 \vec{P} : le poids de la calèche
 \vec{R}_N : les réactions « normales »
 \vec{f} : les frottements

On a : $\vec{F}_1 \begin{pmatrix} F_1 \\ 0 \end{pmatrix}$: la force motrice du cheval

$\vec{R}_N \begin{pmatrix} 0 \\ R_N \end{pmatrix}$: les réactions « normales »

$\vec{f} \begin{pmatrix} -f \\ 0 \end{pmatrix}$: les frottements

$\vec{P} \begin{pmatrix} 0 \\ -P \end{pmatrix}$: le poids de la calèche

$$\vec{F} + \vec{R}_N + \vec{f} + \vec{P} = \vec{0}$$

On sait que : La première loi de Newton est :

$$\vec{F}_1 + \vec{R}_N + \vec{f} + \vec{P} = \vec{0}$$

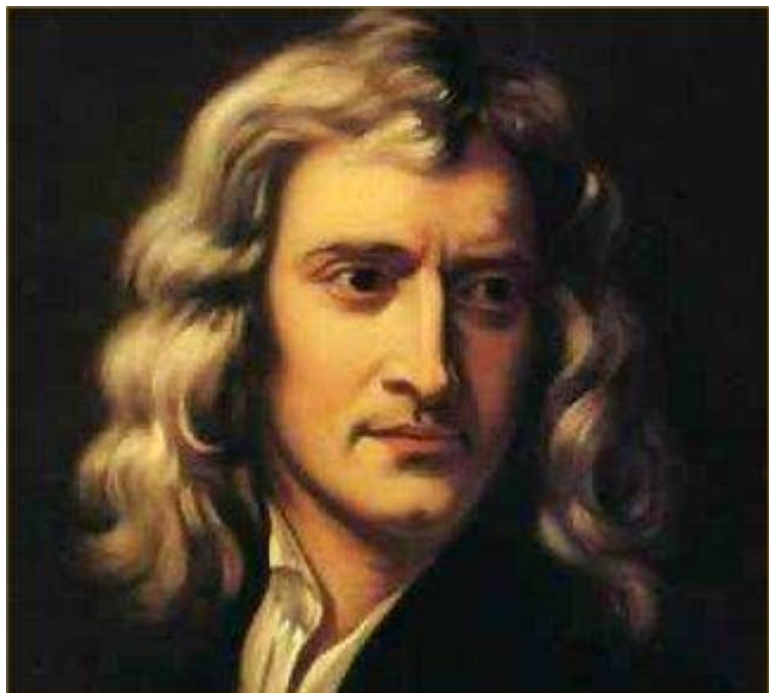
D'où,

On calcule la somme des abscisses des vecteurs ainsi que celle des ordonnées de ces même vecteurs.

$$\text{Alors, } \begin{cases} F_1 - f = 0 \\ R_N - P = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F_1 = f \\ R_N = P \end{cases}$$

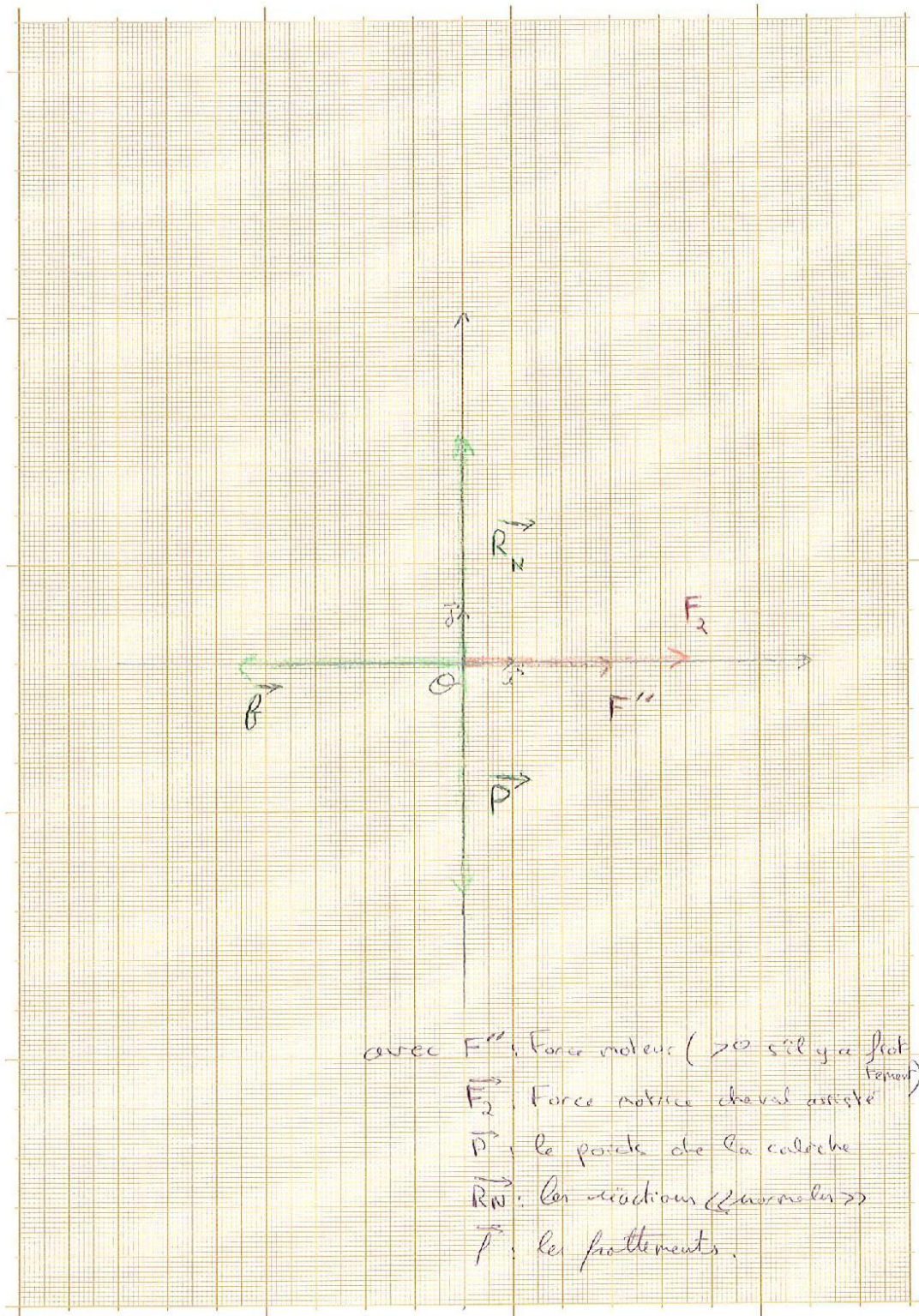
$$\text{Donc, } F_1 = f$$

Conclusion : La force du cheval compense les frottements dans le cas d'un mouvement rectiligne uniforme.



Si assistance électrique : dans le cas d'un mouvement rectiligne uniforme, et d'après la première loi de Newton,

MOUVEMENT RECTILIGNE UNIFORME PLAT
Système calèche + assistance électrique.



On a : $\vec{F}'' \begin{pmatrix} F'' \\ 0 \end{pmatrix}$: la force de l'assistance (> 0 s'il y a frottement)

$\vec{F}_2 \begin{pmatrix} F_2 \\ 0 \end{pmatrix}$: la force motrice du cheval

$\vec{R}_N \begin{pmatrix} 0 \\ R_N \end{pmatrix}$: les réactions « normales »

$\vec{f} \begin{pmatrix} -f \\ 0 \end{pmatrix}$: les frottements

$\vec{P} \begin{pmatrix} 0 \\ -P \end{pmatrix}$: le poids de la calèche

$$\vec{F} + \vec{R}_N + \vec{f} + \vec{P} = \vec{0}$$

On sait que : La première loi de Newton est :

$$\text{D'où : } \vec{F}_2 + \vec{F}'' + \vec{R}_N + \vec{f} + \vec{P} = \vec{0}$$

On calcule la somme des abscisses des vecteurs ainsi que celle des ordonnées de ces même vecteurs.

$$\text{Alors, } \begin{cases} F_2 + F'' - f = 0 \\ R_N - P = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F_2 + F'' = f \\ R_N = P \end{cases}$$

$$\text{Donc, } F_2 = f - F''$$

Or, on sait que l'intensité d'une force est toujours positive. Alors, $F'' > 0$

$$\text{D'où, } F'' > 0 \Leftrightarrow$$

$$-F'' < 0 \Leftrightarrow$$

$$f - F'' < f$$

$$F_2 < F_1$$

Donc,

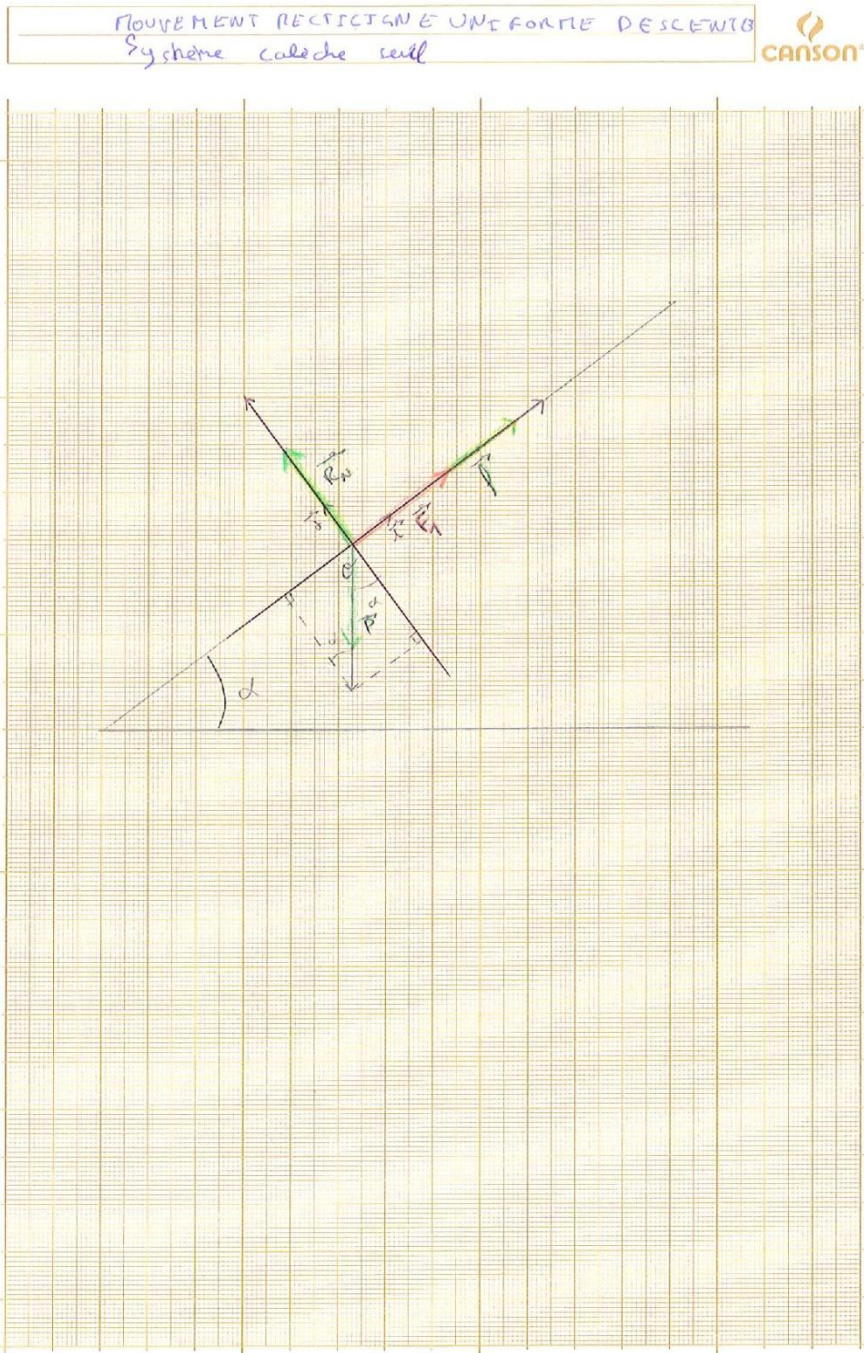
Conclusion : Le cheval, dans les mêmes circonstances fait moins d'efforts avec une assistance électrique.

Conclusion : Si le cheval fait moins d'efforts, alors il se fatigue moins, alors il est plus endurant. Donc, il peut travailler plus longtemps.

On étudie le système calèche en descente :

Si absence de moteur : dans le cas d'un mouvement rectiligne uniforme, et d'après la première loi de Newton,

Un cheval attelé ou non, lors de la descente d'une côte, freine. C'est-à-dire qu'il exerce une force dans le même sens que les frottements afin de ralentir l'attelage.



On a : $\vec{F}_1 \begin{pmatrix} F_1 \\ 0 \end{pmatrix}$: la force motrice du cheval

$\vec{R}_N \begin{pmatrix} 0 \\ R_N \end{pmatrix}$: les réactions « normales »

$\vec{f} \begin{pmatrix} f \\ 0 \end{pmatrix}$: les frottements

$\vec{P} \begin{pmatrix} -P \sin(\alpha) \\ -P \cos(\alpha) \end{pmatrix}$: le poids de la calèche

$$\vec{F} + \vec{R}_N + \vec{f} + \vec{P} = \vec{0}$$

On sait que : La première loi de Newton est :

$$\vec{F}_1 + \vec{R}_N + \vec{f} + \vec{P} = \vec{0}$$

D'où,

On calcule la somme des abscisses des vecteurs ainsi que celle des ordonnées de ces même vecteurs.

$$\text{Alors, } \begin{cases} -P \sin(\alpha) + F_1 + f = 0 \\ R_N - P \cos(\alpha) = 0 \end{cases} \iff \begin{cases} F_1 = P \sin(\alpha) - f \\ R_N = P \cos(\alpha) \end{cases}$$

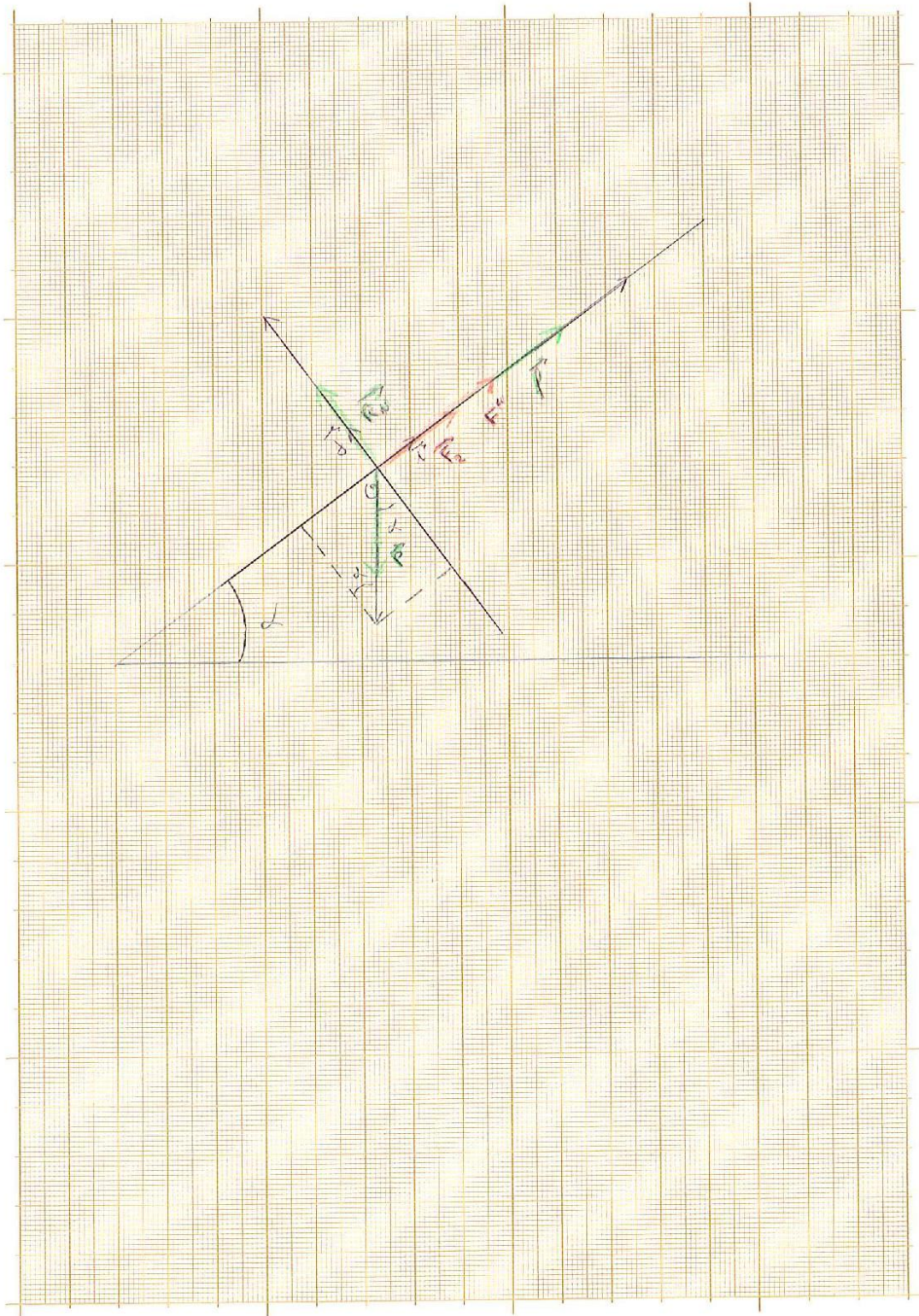
$$\text{Donc, } F_1 = P \sin(\alpha) - f$$

Conclusion : La force du cheval compense avec l'aide des frottements la contrainte « poids » qui lui est impliquée.

Si assistance électrique : dans le cas d'un mouvement rectiligne uniforme, et d'après la première loi de Newton.

MOUVEMENT RECTILIGNE UNIFORME DESCENTE
Système cabiche + résistance électrique.

CANSON®



On a : $\vec{F}'' \begin{pmatrix} F'' \\ 0 \end{pmatrix}$: la force de l'assistance (> 0 s'il y a frottement)

$\vec{F}_2 \begin{pmatrix} F_2 \\ 0 \end{pmatrix}$: la force motrice du cheval

$\vec{R}_N \begin{pmatrix} 0 \\ R_N \end{pmatrix}$: les réactions « normales »

$\vec{f} \begin{pmatrix} f \\ 0 \end{pmatrix}$: les frottements

$\vec{P} \begin{pmatrix} -P \sin(\alpha) \\ -P \cos(\alpha) \end{pmatrix}$: le poids de la calèche

$$\vec{F} + \vec{R}_N + \vec{f} + \vec{P} = \vec{0}$$

On sait que : La première loi de Newton est :

$$\text{D'où : } \vec{F}_2 + \vec{F}'' + \vec{R}_N + \vec{f} + \vec{P} = \vec{0}$$

On calcule la somme des abscisses des vecteurs ainsi que celle des ordonnées de ces mêmes vecteurs.

$$\text{Alors, } \begin{cases} -P \sin(\alpha) + f + F_2 + F'' = 0 \\ -P \cos(\alpha) + R_N = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F_2 = P \sin(\alpha) - f - F'' \\ R_N = P \cos(\alpha) \end{cases}$$

$$\text{Donc, } F_2 = P \sin(\alpha) - f - F''$$

Or, on sait que l'intensité d'une force est toujours positive. Alors, $F'' > 0$

$$\text{D'où, } F'' > 0 \Leftrightarrow$$

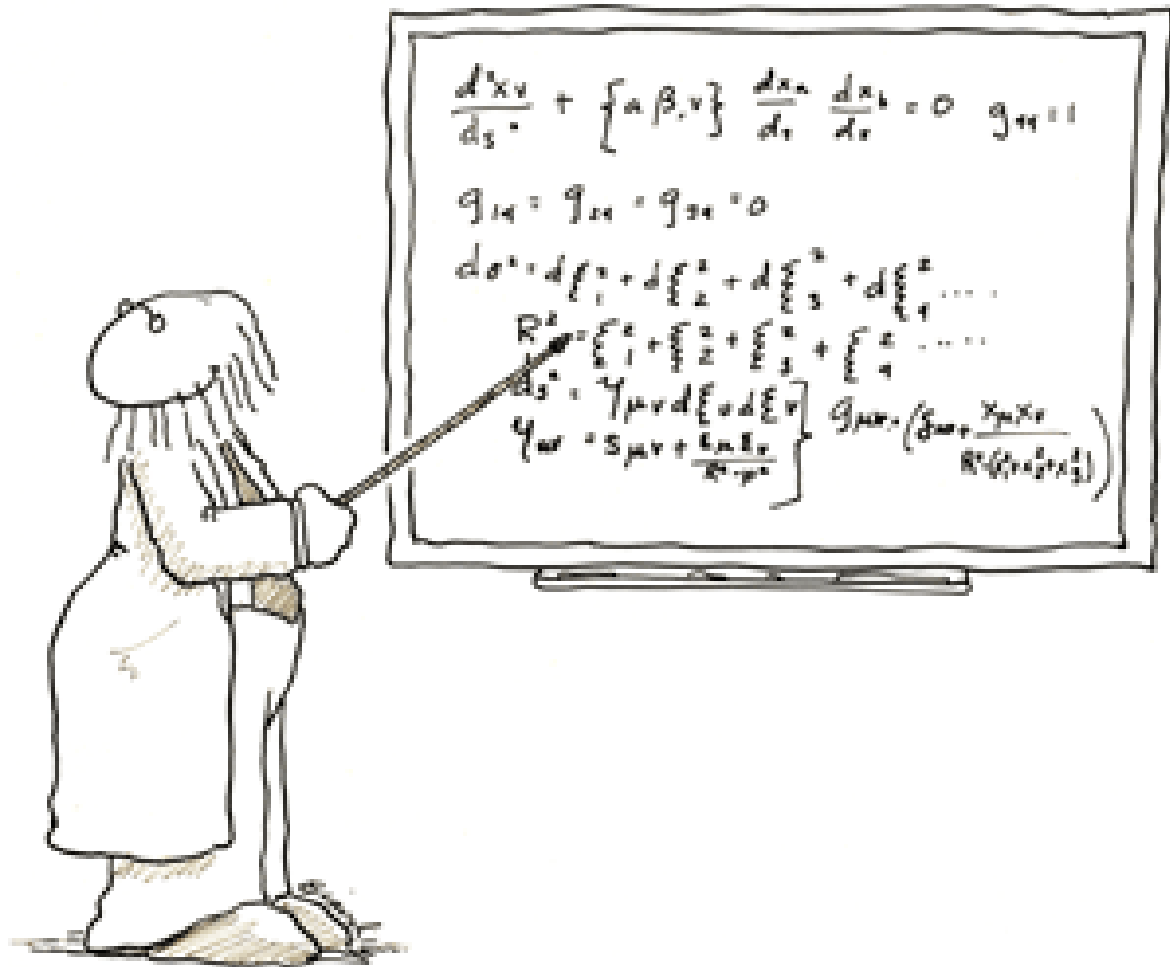
$$\text{Donc, } -F'' < 0 \Leftrightarrow$$

$$\text{Donc, } -F'' + P \sin(\alpha) - f < P \sin(\alpha) - f$$

$$F_2 < F_1$$

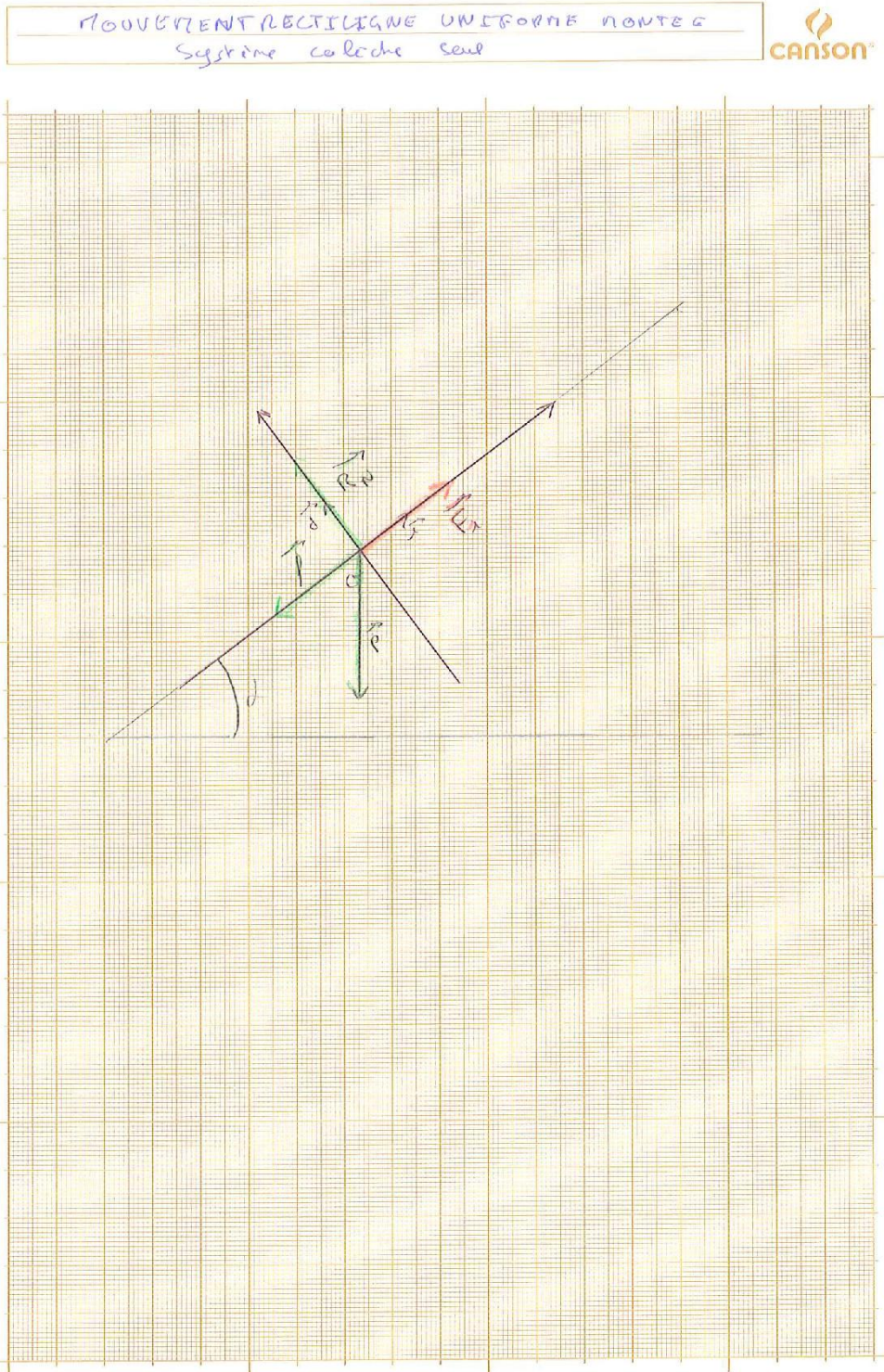
Conclusion : Le cheval, dans les mêmes circonstances fait moins d'efforts avec une assistance électrique.

Conclusion : Si le cheval fait moins d'efforts, il se fatigue moins, alors il est plus endurant. Donc, il peut travailler plus longtemps.



On étudie le système calèche en montée de côte :

Si absence de moteur : dans le cas d'un mouvement rectiligne uniforme, et d'après la première loi de Newton,



On a : $\vec{F}_1 \begin{pmatrix} F_1 \\ 0 \end{pmatrix}$: la force motrice du cheval

$\vec{R}_N \begin{pmatrix} 0 \\ R_N \end{pmatrix}$: les réactions « normales »

$\vec{f} \begin{pmatrix} -f \\ 0 \end{pmatrix}$: les frottements

$\vec{P} \begin{pmatrix} -P \sin(\alpha) \\ -P \cos(\alpha) \end{pmatrix}$: le poids de la calèche

$$\vec{F} + \vec{R}_N + \vec{f} + \vec{P} = \vec{0}$$

On sait que : La première loi de Newton est :

$$\vec{F}_1 + \vec{R}_N + \vec{f} + \vec{P} = \vec{0}$$

D'où,

On calcule la somme des abscisses des vecteurs ainsi que celle des ordonnées de ces même vecteurs.

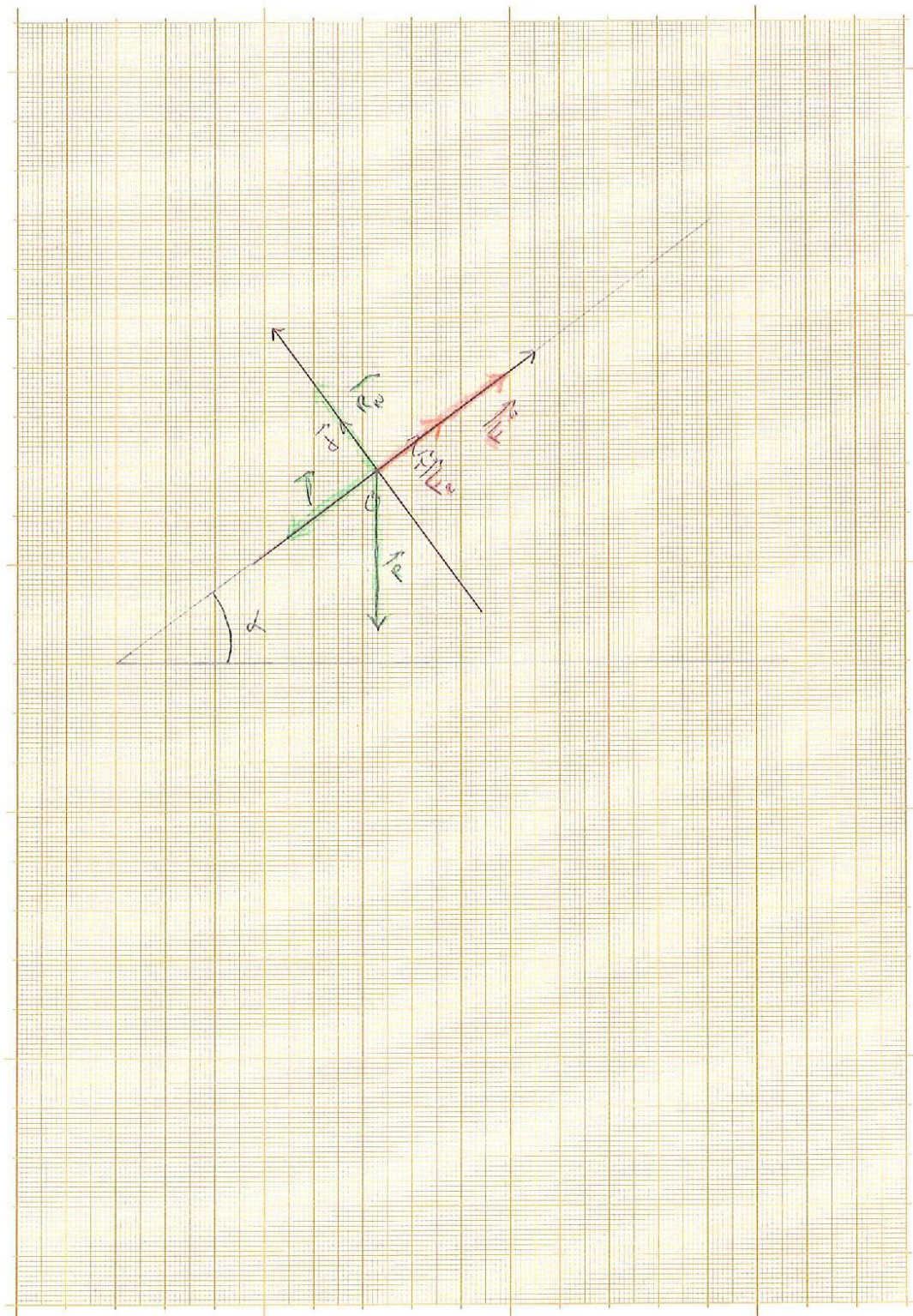
$$\text{Alors, } \begin{cases} -f + F_1 - P \sin(\alpha) = 0 \\ R_N - P \cos(\alpha) = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F_1 = P \sin(\alpha) + f \\ R_N = P \cos(\alpha) \end{cases}$$

$$\text{Donc, } F_1 = P \sin(\alpha) + f$$

Conclusion : La force du cheval compense les frottements et la contrainte « poids » qui lui est impliquée.

Si assistance électrique : dans le cas d'un mouvement rectiligne uniforme, et d'après la première loi de Newton.

Mouvement rectiligne uniforme monté
système câble + assistance électrique



On a : $\vec{F}'' \begin{pmatrix} F'' \\ 0 \end{pmatrix}$: la force de l'assistance (> 0 s'il y a frottement)

$\vec{F}_2 \begin{pmatrix} F_2 \\ 0 \end{pmatrix}$: la force motrice du cheval

$\vec{R}_N \begin{pmatrix} 0 \\ R_N \end{pmatrix}$: les réactions « normales »

$\vec{f} \begin{pmatrix} -f \\ 0 \end{pmatrix}$: les frottements

$\vec{P} \begin{pmatrix} -P \sin(\alpha) \\ -P \cos(\alpha) \end{pmatrix}$: le poids de la calèche

$$\vec{F} + \vec{R}_N + \vec{f} + \vec{P} = \vec{0}$$

On sait que : La première loi de Newton est :

$$\text{D'où : } \vec{F}_2 + \vec{F}'' + \vec{R}_N + \vec{f} + \vec{P} = \vec{0}$$

On calcule la somme des abscisses des vecteurs ainsi que celle des ordonnées de ces même vecteurs.

$$\text{Alors, } \begin{cases} -f + F_2 + F'' - P \sin(\alpha) = 0 \\ -P \cos(\alpha) + R_N = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F_2 = f + P \sin(\alpha) - F'' \\ R_N = P \cos(\alpha) \end{cases}$$

$$\text{Donc, } F_2 = f + P \sin(\alpha) - F''$$

Or, on sait que l'intensité d'une force est toujours positive. Alors, $F'' > 0$

$$\text{D'où, } F'' > 0 \Leftrightarrow$$

$$\text{Donc, } -F'' < 0 \Leftrightarrow$$

$$f + P \sin(\alpha) - F'' < f + P \sin(\alpha)$$

Donc,

$$F_2 < F_1$$

Conclusion : Le cheval, dans les mêmes circonstances fait moins d'efforts avec une assistance électrique.

Conclusion : Si le cheval fait moins d'efforts, il se fatigue moins, alors il est plus endurant. Donc, il peut travailler plus longtemps.



III/ Étude des avantages d'une hippomobile hybride

L'hippomobile hybride est avant tout un moyen de substitution aux moyens traditionnels de locomotion ; qui peut s'élargir au domaine professionnel comme dans l'agriculture ou le ramassage des déchets. En effet, on peut se servir de ce dispositif afin d'aider un cheval à tirer une remorque pleine de bois ou pour l'aider à tirer une charrue, par exemple.



Cette innovation permet au cheval de l'aider dans les montées, dans les descentes et sur le plat. Le cheval a alors l'impression de tirer une charge de 200kg en toutes circonstances. Sachant que cette charge n'inflige aucune contrainte au cheval. Dans les descentes, le système électronique de l'hippomobile se recharge et lui permet donc d'avoir une autonomie plus grande.

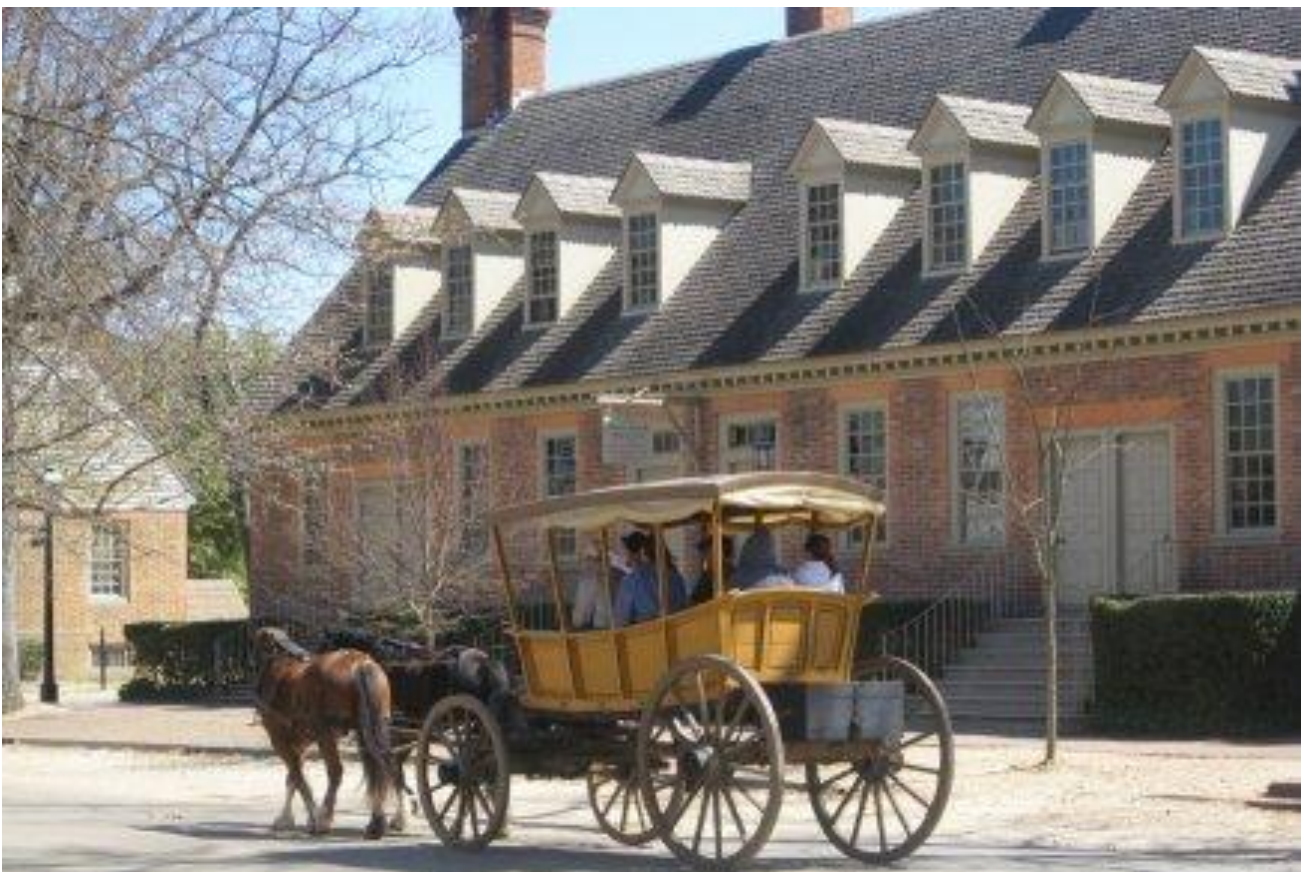
L'expérimentation effectuée lors du projet nous a permis de démontrer qu'en toutes circonstances et quelque soit le terrain (montée, descente, plat,) le dispositif permet de réduire la force utile du cheval. Ceci entraîne la diminution de fatigue de l'équidé entraînant une augmentation de son endurance. Ses performances sont accrues.



Conclusion

Même si l'hippomobile hybride présente des avantages. Il y a aussi des inconvénients, qui ne sont pas dus au système d'assistance électrique mais au cheval. En effet, celui-ci est soumis aux aléas naturels qui sont les maladies et les faiblesses psychologiques, tel que la peur d'éléments de l'environnement. De ceci découle des réactions imprévisibles de la part de l'équidé pouvant être dangereuses. Cependant nous pouvons entraîner les chevaux à ne plus avoir peur. Mais, il restera toujours un danger car le cheval est un animal vivant et imprévisible.

Alors peut-il vraiment concurrencer les tracteurs dans le domaine agricole et les mini autobus tel que les diablins dans le domaine urbain ?



Remerciements et sources

Nous tenons à remercier tout particulièrement Monsieur Stéphane CHANOUX l'initiateur de ce projet, le docteur BRACKMANN vétérinaire, l'Institut Scientifique de Recherche Agronomique (l'INRA) qui a sut apporter des éléments de réponse à nos questionnements, Monsieur Michaud ingénieur de l'école des mines qui nous à permis d'élaborer notre expérimentation, et les professeurs Madame MIAGKOFF et Monsieur MAZERAT qui nous ont épaulé tout le long de notre projet.

Sources :

INRA

École Supérieure Des Arts Et Métiers Paris Tech D'Aix En Provence

École Supérieure De Polytechnique

Centres de Recherche en physiologie du cheval

Haras Nationaux d'Uzès et de Tour

Documents fournis par Stéphane CHANOUX