

VELO Electrique



**Pas de permis
Pas d'assurance**

**une batterie (2kg) pour
500 cycles de charge
pour faire 20 000km**

**consommation 1€
pour 1000km**

**Accélération :
4s pour atteindre 36km/h**

**Kit d'un vélo électrique
de 300€ à 1000€**

Comprend :

- Chargeur **temps charge à 100% en 2 heures avec courant de 8A**
- Un moteur brushless roue de 250 Watt à 1500W (4Kg à 11kg)
- **Vitesse max : 25km/h à 60km/h :**
 - Un variateur (250W à 1500W) pour 36V à 72V de batteries de 5 A.H à 15 A.H
 - Un accélérateur à main ou un capteur de pédalier

Motricité humaine

Puissance humaine :

150W à 300W pour une vitesse pedaliere de 10 tr/min à 100 tr/min

La puissance en Watt : $P(W) = F_{\text{Roue}}(N) \cdot \frac{V(\text{km/h})}{3,6}$

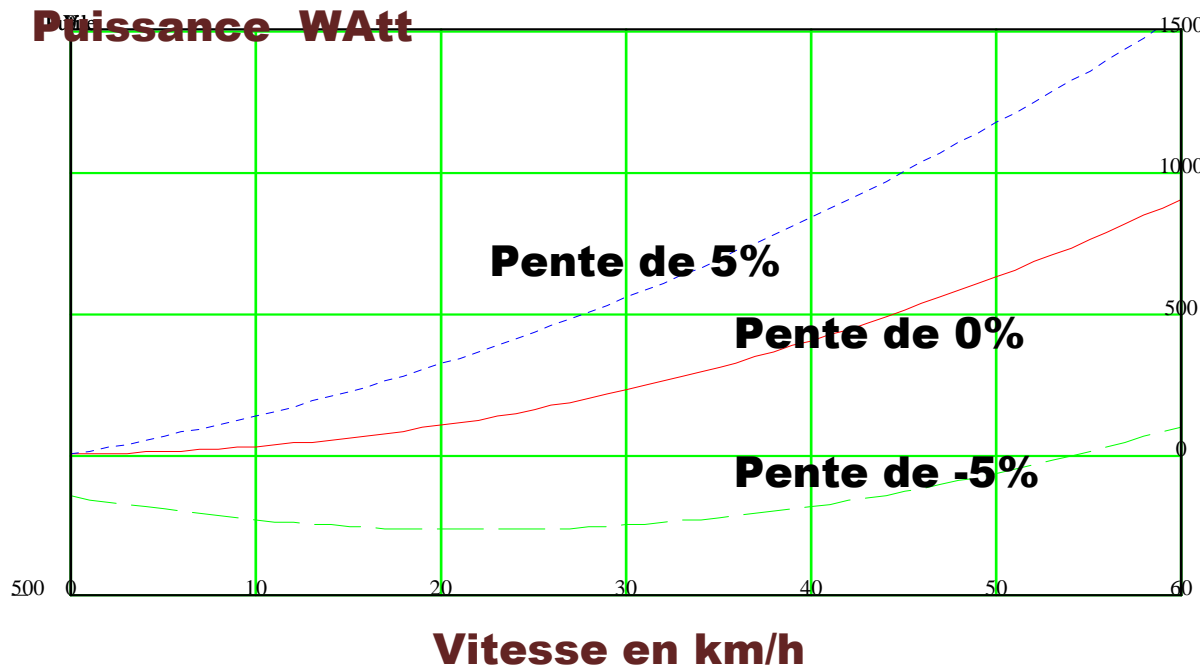
1 cheval moteur fait 736W

A vitesse constante: Force motrice de la roue = Force resistente (Newton)

Force resistente depend : type de pneu, type de chaussée, du vent...

De la pente $F(N) = M(\text{kg}) \cdot g \cdot \text{pente}(\%)$

Du frottement de l'air $F(N) = f \cdot [V(\text{Km/h}) + V_{\text{vent}}]$



Puissance pour un cycliste de 80 kg en VTT 26 pouce

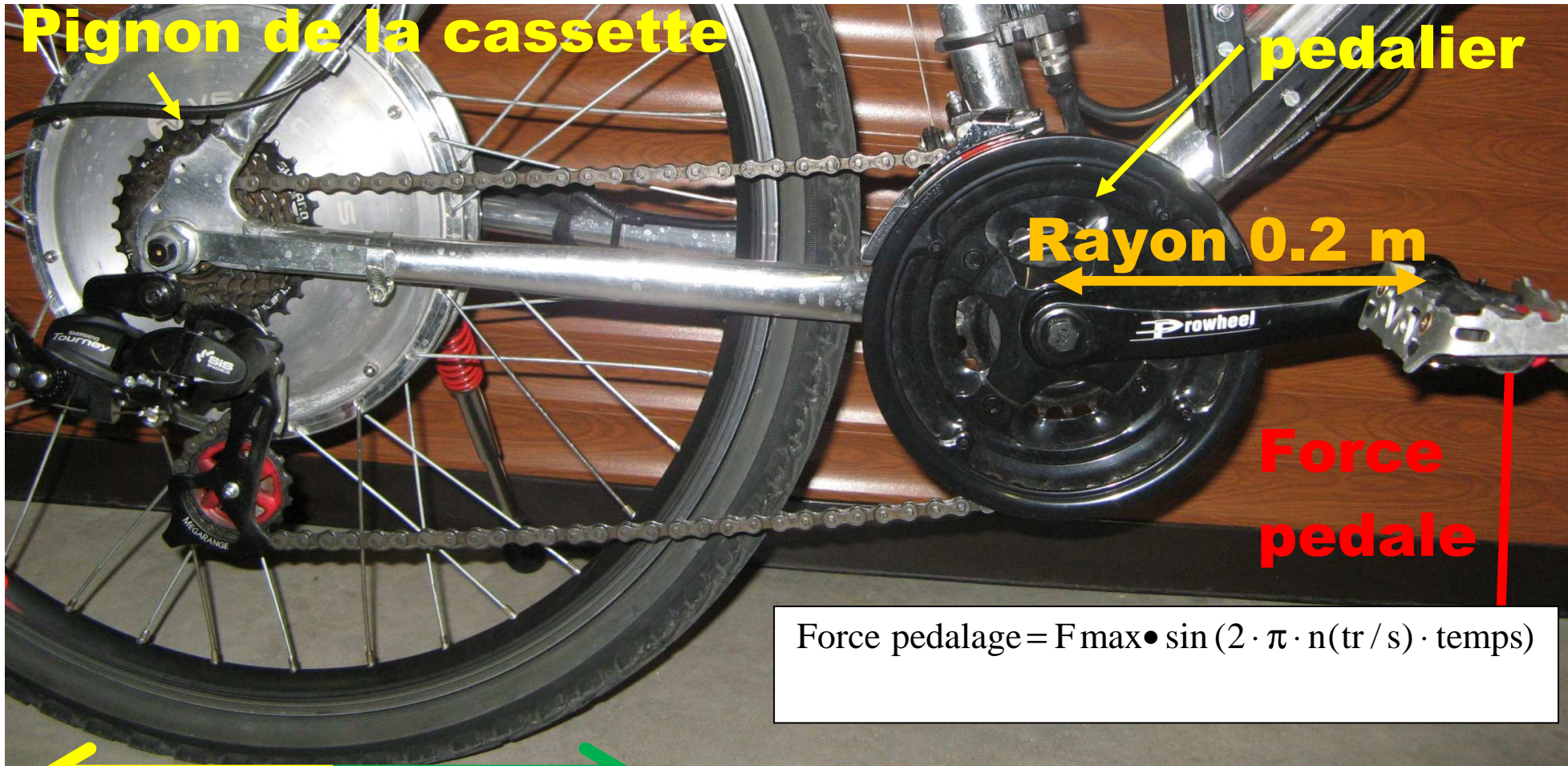


Transmission mécanique

Pour un velo avec une roue de 26 pouces,

La vitesse du velo (km/h) en fonction de vitesse du pedaler (tr/mn)

$$\text{Vitesse(km/h)} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{(26'' \cdot 0.0254)}{2} \cdot \frac{\text{Dent}_{\text{pedalier}}}{\text{Dent}_{\text{cassette}}} \cdot \frac{N_{\text{pedalier}} \text{ (tr / mn)}}{60} \cdot 3,6$$



Force motrice **Force resistente (roues sur le sol)**

Pedaler vite ou Pedaler fort

$$\text{Force}_{\text{pedalage}} = \frac{\text{Dent}_{\text{pedalier}}}{\text{Dent}_{\text{cassette}}} \cdot \frac{\text{Puissance}}{\frac{V(\text{km/h})}{3.6} \cdot \text{Rayon}_{\text{pedalier}}} \cdot \frac{26}{2} \cdot 0.0254 = \frac{\text{Dent}_{\text{pedalier}}}{\text{Dent}_{\text{cassette}}} \cdot \frac{\text{Force}_{\text{roue}}}{\text{Rayon}_{\text{pedalier}}} \cdot \frac{26}{2} \cdot 0.0254$$

La cadence de pédalage choisie par les cyclistes se situe entre 10 et 100 tr/mn.

Le cycliste adapte son braquet au relief afin de pouvoir pédaler à sa cadence.

Exemple pour 60 tr/min :

Sur un terrain plat, l'utilisation d'un braquet **52×11** (grand braquet) permet de rouler à **36 km/h**, Force roue = 33 N, **force de pedalage = 260 N**, **la puissance est de 325 W**

Si la pente est de 5%, à 36 km/h la puissance demandée est de 716 Watt, donc la force de pedalage serait de 570 N

Si le cycliste ne peut pas maintenir cette force donc la vitesse de 36 km/h, un petit braquet de type **32×12** permet de rouler à **19 km/h**, avec une force de pedalage = 251N, **la puissance est de 316 W**

Grace au changement de braquet :

***La puissance motrice humaine est constante,
ainsi que la vitesse et la force de pedalage***

mais pas la vitesse du velo

(Boite de vitesse pour les moteurs thermiques (voiture))

Moteur électrique à aimants (Roue)

**Le moteur électrique est dans la roue pas besoin de boîte de vitesse
Car la force du moteur électrique au démarrage est très importante**

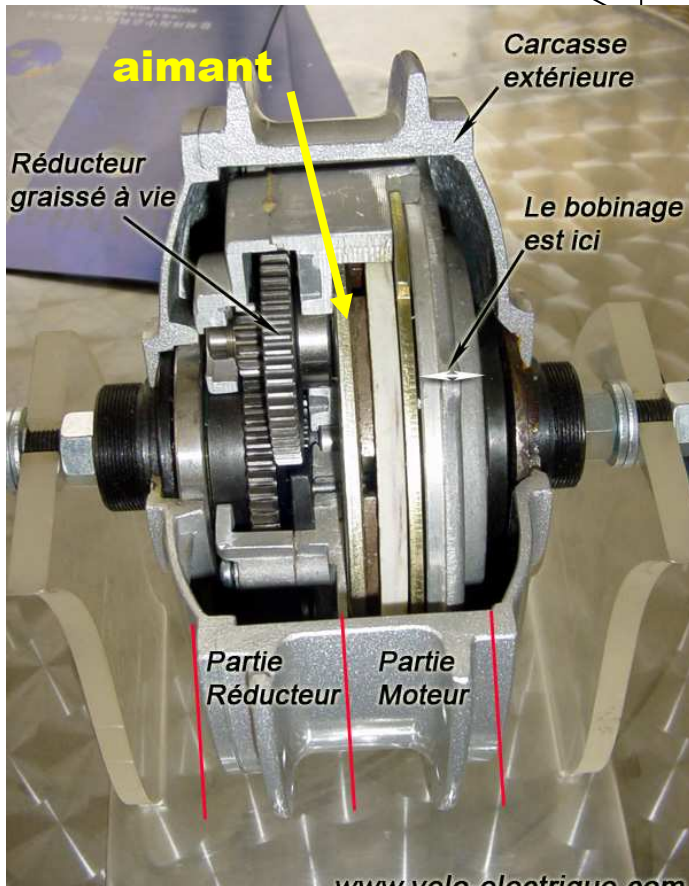
Les courants électriques créent des champs magnétiques donc des forces mécaniques.

Machine électrique = Conversion de l'énergie électrique en mécanique (réversible)

**Puissance
électrique**



**Puissance
mécanique**



Force de la machine électriques

$$F_{\text{moteur}} \text{ (N)} = \text{Puissance (W)} \cdot \frac{3.6}{V \text{ (km/h)}} = F_{\text{resis tan te}}$$

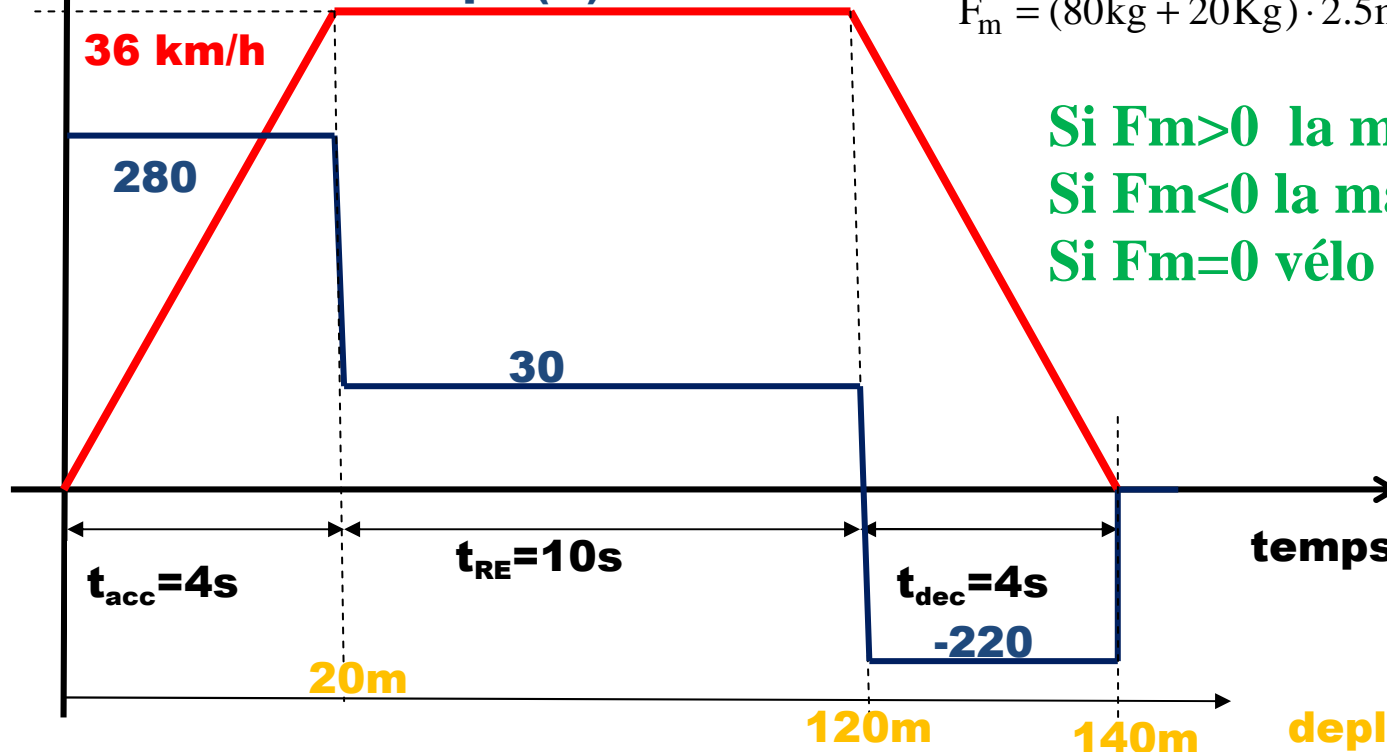
En régime établi de vitesse ; si $F_{\text{pedalage}}=0\text{N}$

Au démarrage ;

La force de la machine électrique dépend de **l'accélération** et de la **masse** du véhicule+ la masse du cycliste

L'accélération est l'écart de la vitesse par rapport au temps $a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{(36\text{km} \cdot \text{h}^{-1} - 0)}{(4\text{s} - 0)} \cdot \frac{1}{3,6} = 2.5\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Vitesse (km/h)
Force machine électrique(N)



$$F_m = M \frac{dV}{dt} + F_{\text{Re sis tan t}} \quad \mathbf{M : masse (kg)}$$

$$F_m = (80\text{kg} + 20\text{Kg}) \cdot 2.5\text{m} \cdot \text{s}^{-2} + F_{\text{Re sis tan t}} = 250\text{N} + 30\text{N}$$

Si $F_m > 0$ la machine est en moteur
Si $F_m < 0$ la machine est génératrice
Si $F_m = 0$ vélo en roue libre

Accélérer une
MASSE
correspond à

L'INERTIE

Puissance mécanique et électrique

$$P(W) = \underbrace{F_m(N) \cdot \frac{V(\text{km/h})}{3,6}}_{\text{Mécanique}} = \underbrace{U_{\text{batt}}(V) \cdot I_{\text{Batt}}(A)}_{\text{Électrique}}$$

U_{batt} **tension de la batterie**

I_{batt} **courant de la batterie**



**-En fonctionnement moteur,
Fmoteur >0, Puissance >0, Courant >0.**

**En freinage,
Fmoteur <0, Puissance <0, Courant <0.
récupération énergie :
freinage elec ou en descente**

Lorsqu'il ya freinage électrique, l'énergie électrique est restituée aux batteries.



Attention, le moteur ne pourra freiner que sa puissance.

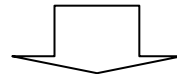
Donc lors d'un arrêt brutal,

il faut freiner mécaniquement et l'énergie est perdue dans ce cas en chaleur dans les freins.

Velo électriques => véhicule hybride (puissance elec+musculaire)

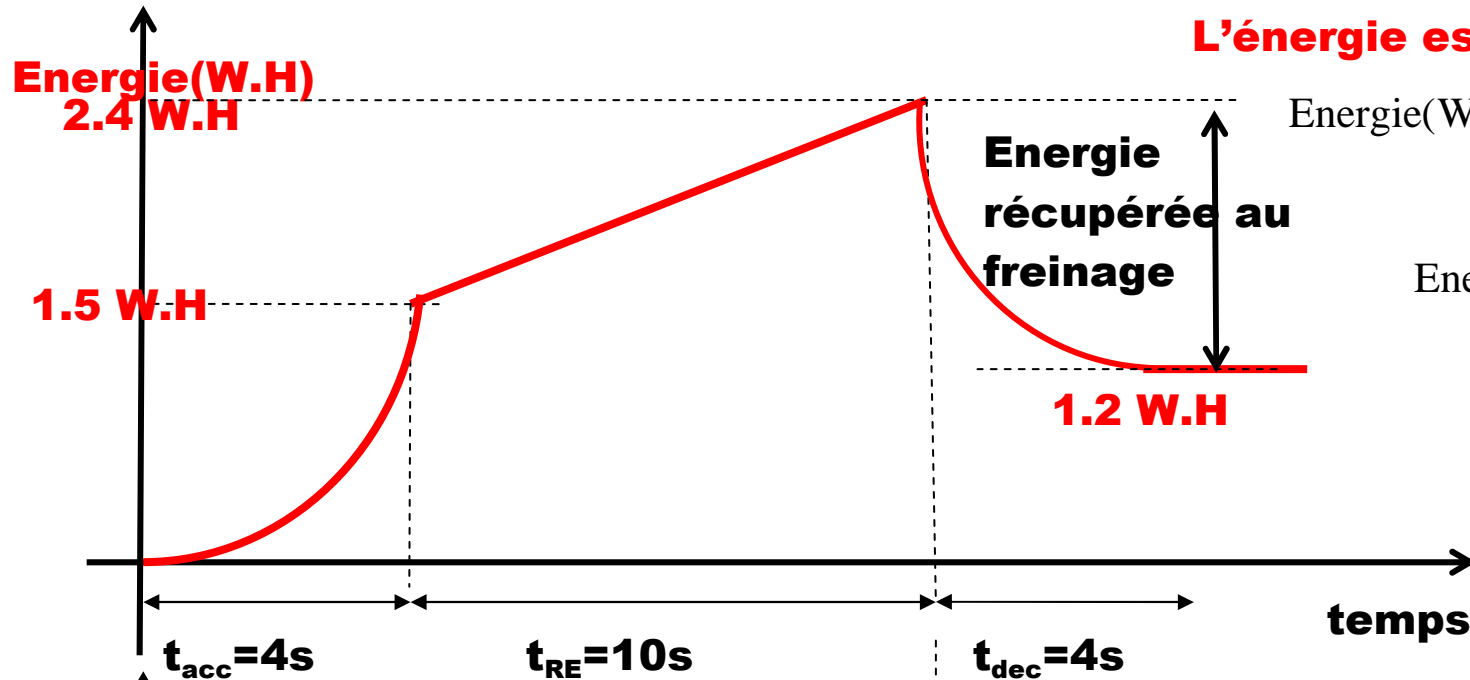
A vitesse constante :

Force résistante= (force humaine + force électrique)



Puissance résistance= (puissance électrique + puissance humaine)

Puissance et Energie consommée et régénérée

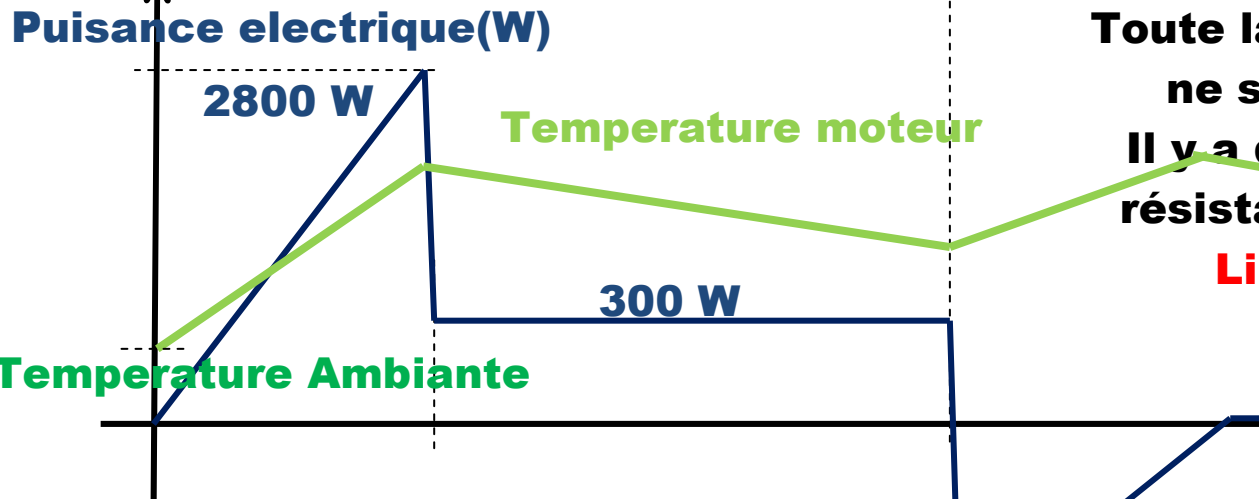


L'énergie est la puissance fois le temps

$$Energie(W.H) = \int \frac{Puissance(t)}{3600} \cdot dt = \frac{Puissance}{3600} \cdot t$$

$$Energie(W.H) = \frac{Force_m \cdot deplacement(m)}{3600}$$

On récupère à la décélération presque l'énergie de l'accélération (Inertie)



Toute la puissance absorbée par le moteur ne se transforme pas en mécanique. Il y a des pertes en échauffement par la résistance (ohm) des fils des bobinages.

Limite de destruction du moteur à partir de 110°C

Si le courant absorbé par le moteur est trop important alors le vernis recouvrant les bobines sera détruit par la température excessive.

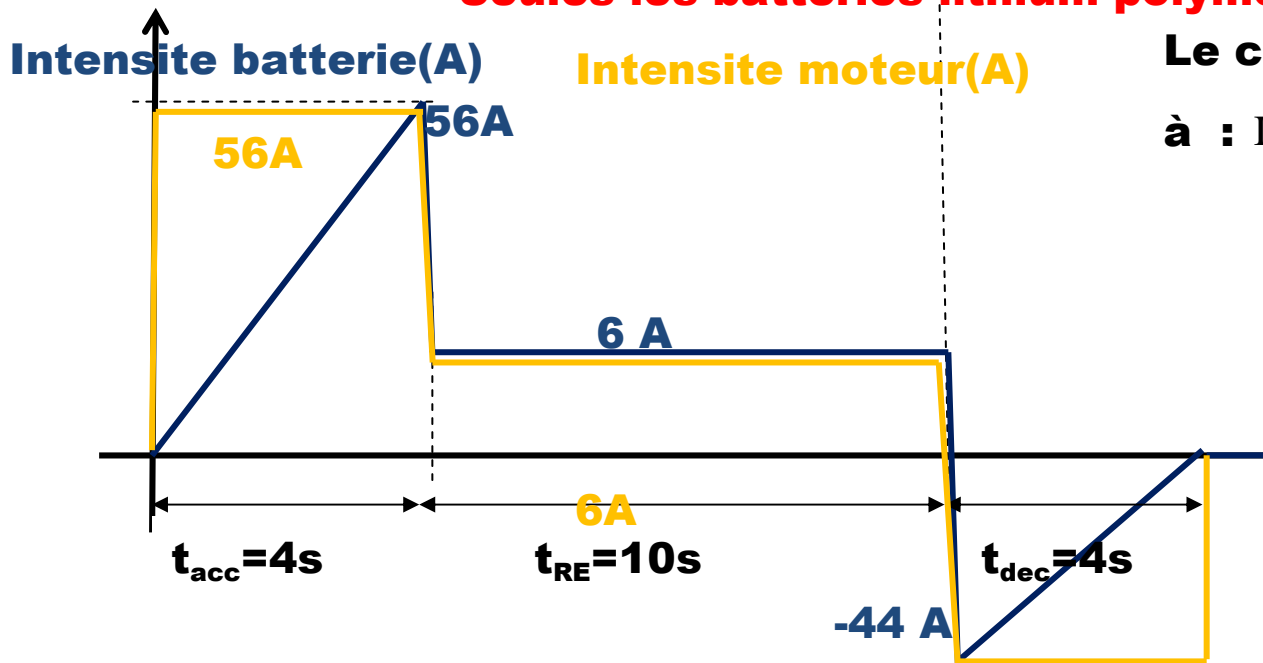


Les batteries (elements electro<->chimiques)

Caractéristique d'une batterie 48V 10A.H (S : nombre d'élément)

Type de batterie	volume	Masse	Prix en 2010	Taux de charge max	Taux de decharge max
Plomb 4 S		16 kg	200 Euros	2A	10 A
Ni MH 40S		8kg	450 Euros	5 A= 0.5C	10 A =1C
li-po 12S		2.5kg	450 Euros	10 A= 1C	100 A =10C

Seules les batteries lithium polymère sont utilisables



Le courant de la batterie correspond

$$I_{batt}(A) = \frac{P_{moteur}(W)}{U_{BAtt}(V)}$$

En lipo, le courant de décharge ne pose pas de problème par contre le courant de freinage est >> à celui que peut supporter la batterie

Lors des courants de charge et de décharge importants la batterie chauffe et ce qui peut détruire les éléments ou diminuer la durée de vie des éléments :

En li-po 500 à 1000 cycles de charge et décharge



Autonomie de fonctionnement sans pedalage

l'autonomie électrique $t_{\text{fonctionnement}} \text{ (H)} = \frac{\text{Energie batterie (W.H)}}{\text{Puissance absorbée moteur (W)}}$

Rendement du moteur électrique $80\% = \frac{\text{puissance utile mecanique (W)}}{\text{Puissance absorbée moteur (W)}}$

**20 % de perte en chaleur,
(résistance (ohm) fil des
bobines du moteur)**

Avec une batterie li-po de 50V, 10 A.H **Energie 500W.H**

A 40 Km/H, la puissance utile mecanique est de 400W, mais il ya 100W de perte

Donc une puissance absorbée par le moteur de 500W **$t_{\text{Fonctionnement}}=1 \text{ H}$** **Déplacement= 40KM**

A 25 Km/H, la puissance utile mecanique est de 200W, mais il ya 50W de perte

Donc une puissance absorbée par le moteur de 250W **$t_{\text{Fonctionnement}}=2 \text{ H}$** **Déplacement= 50KM**

Avec un pedalage, on peut doubler l'autonomie

Dans un parcours classique plat, le freinage avec la regeneration augmente l'autonomie de 2,5% à 10%.

Par contre dans un circuit montagneux, la regeneration peut atteindre 40% en pedalant fort en descente.

Avec une pente de -5%, en pedalant la puissance récupérée est de 250W

Le vélo c'est bon pour la santé : Peu de contraintes sur les articulations

Une batterie de 50V 10A.H=500W.H=18000KWatt.seconde=0.04 €

433 Kcalorie== 40Km à 40 km/h=

250 g de pain=150g de fromage=3 bananes=1 €

0.18 litre petrol avec un moteur de rendement de 30%=0.2 €

222 km/litre essence = 80 km/kW.h = 9 km/100kcal

L'humain, Aurait-il un très mauvais rendement ? ? ?

Notre énergie alimentaire serait-elle pas bon marché ? ? ?

L'énergie quotidienne pour un homme :

- actif = 2600 K cal

3 repas entre 15 et 30 € pour 2600 Kcal

- non actif= 1000 K cal

0.006 €/kcal  2,5 € pour 433 Kcalorie =40Km à 40 km/h

Mais le plaisir n'a pas de prix :

Plaisir de manger, de se dépenser, plaisir de la vitesse

Remarque : Si les muscles ne travaillent pas, ils s'atrophient

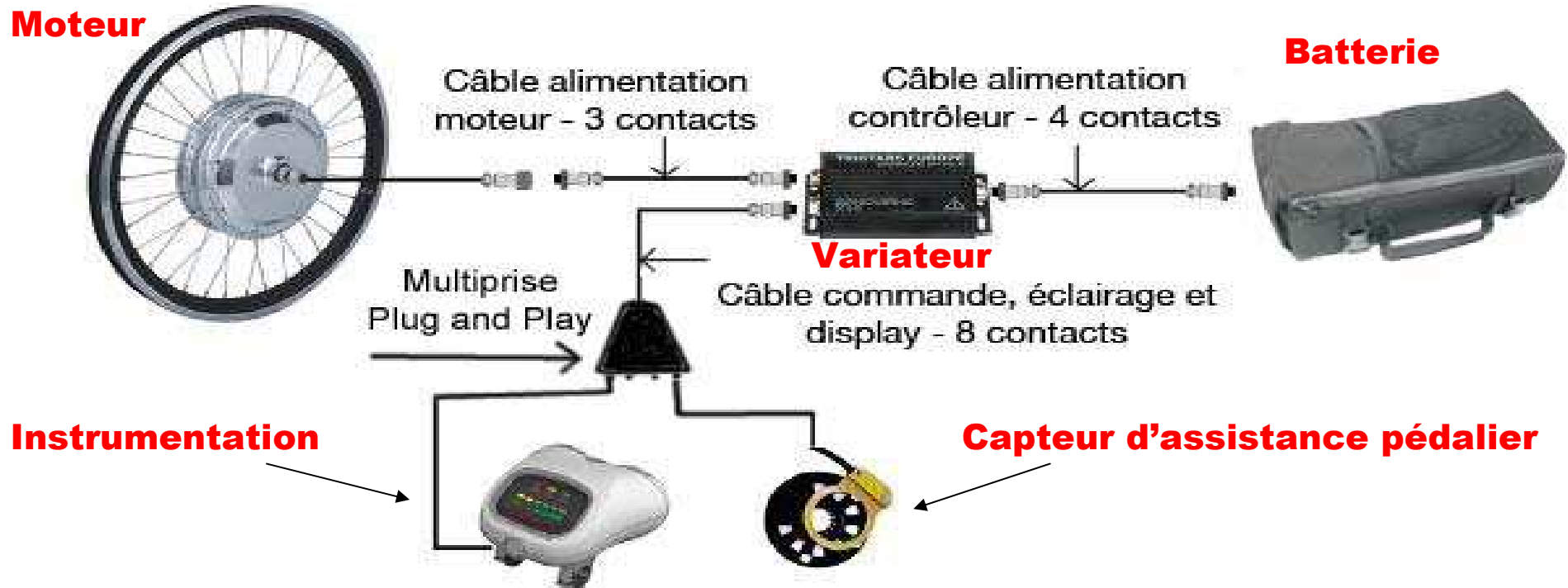
**Création adrénaline,
endomorphine,
sérotonine...**

30% de l'énergie consommée par un muscle se transforme en force,

le reste en chaleur humaine 70% de perte

L'énergie d'un animal à sang froid est de 10% d'un animal à sang chaud

Schéma électrique du velo



Le potentiomètre accélérateur « manette » régule la vitesse :

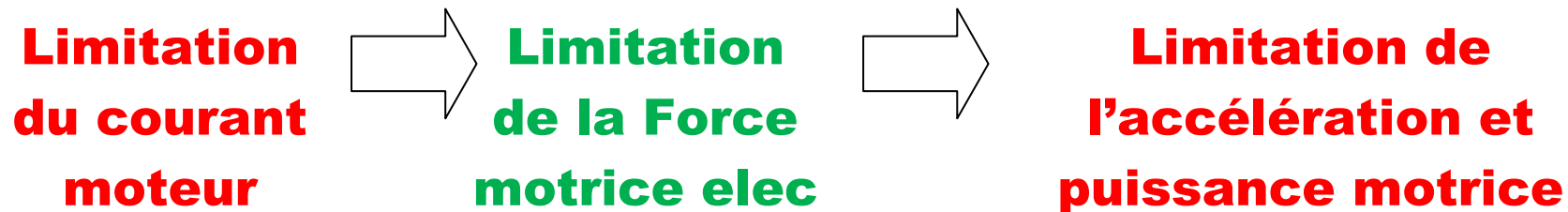
Manette Accélérateur	Au delà des vitesses indiquées il y aura freinage sinon la machine électrique est en moteur et aide le cycliste
0%	>15 km/h
30 %	>20 km/h
50%	>25 km/h
100%	>36 km/h sous 48 V

VARIATEUR DE VITESSE

Le variateur permet de contrôler la vitesse et de limiter le courant fournit au moteur.

Le variateur protège :

- le moteur contre un échauffement trop important
- la batterie contre un courant délivré ou régénéré trop important



Un variateur à **3** caractéristiques essentielles :

- Le **courant max** qu'il peut délivrer quelques minutes (Exemple 30A)
- Le courant en régime permanent qu'il peut fournir (Exemple 10A)
- La **tension max** qu'il peut supporter (Exemple 50V)

} **PRIX**

La vitesse max est proportionnelle à la tension max

Mais plus la vitesse est importante et plus la puissance augmente

donc il faut **limiter le courant**

Pour ne pas détruire le moteur.



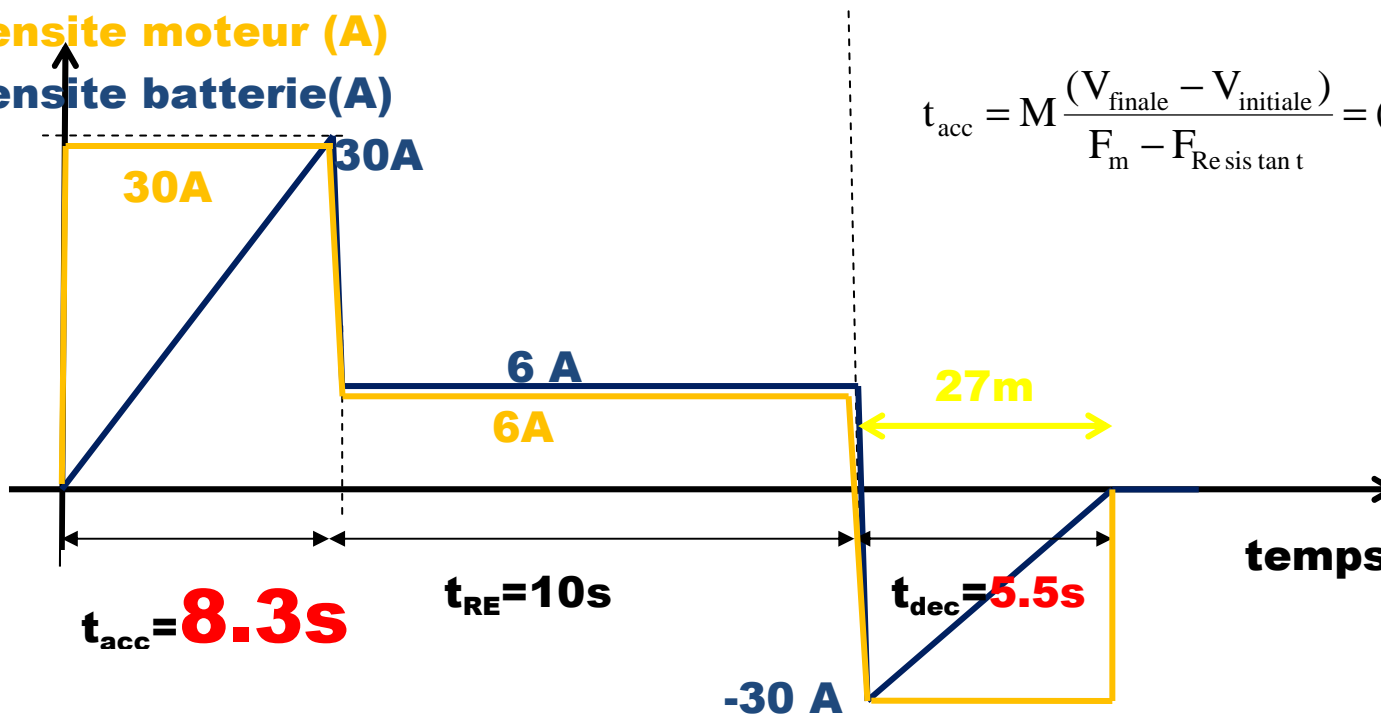
Limitation à 30A du courant moteur donc du courant batterie

$$F_{\text{motrice}} = K \cdot I_{\text{moteur}} = \frac{50V \cdot 3.6}{V(\text{Km/h})} \cdot I_{\text{moteur}} = 5 \cdot I_{\text{moteur}}$$

si $I_{\text{moteur}} \rightarrow F_{\text{motrice}} \rightarrow t_{\text{acc}} = M \frac{dV}{F_{\text{m}_{\text{limite}}} - F_{\text{Re sis tan t}}} \rightarrow t_{\text{acc}}$

Intensite moteur (A)

Intensite batterie(A)



$$t_{\text{acc}} = M \frac{(V_{\text{finale}} - V_{\text{initiale}})}{F_m - F_{\text{Re sis tan t}}} = (80 + 20) \frac{(36\text{km/h} - 0)}{5 \cdot 30\text{A} - 30} \cdot \frac{1}{3.6} = 8.3\text{s}$$

ARRET avec freinage elec à -30A.

Danger pour les batteries.

t_{dec} de 5.5s c'est long pour un freinage d'Urgence

Est-ce vraiment **utile** d'avoir un variateur à 56A pour avoir des accélérations de $2.5\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$?

Dans la vie, il faut faire des choix, sans passer par le maître des clés dans le tourbillon de la Matrice. Il n'y a pas besoin d'être « élu » pour comprendre son environnement



Que la force électrique soit avec TOI



Protection du variateur



Le variateur mesure en permanence le courant au moteur, détermine l'échauffement équivalent du moteur et coupe l'alimentation en cas de dépassement

PROTECTION THERMIQUE

Instrumentation du véhicule électrique

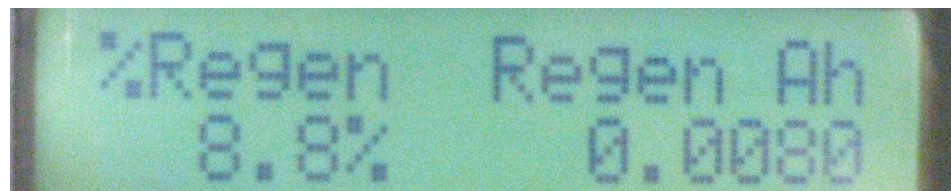


Volt : tension des batteries.

Watt : puissance consommée ou restituée.

A : ampères consommés.

A.H : consommation en Ampère-heure.



%Regen : Le pourcentage de régénération indique de combien votre autonomie a été étendue par la régénération.



V : tension des batteries.

KpH : vitesse en km/H .

Watt: puissance consommée ou restituée.

Km : distance parcourue.

**10s pour atteindre
144 km/h
avec des roues de
26*2 (φ*L) pouces.**

Truc de OUF !

**ça manque de
grippe HAN1
ma roue arrière
a fait 3 tours
sur place avant le
décollage**

**Les freins à
disques ne sont
pas correctement
dimensionnés à
cette vitesse.**



**Je n'ai pas eu le
temps de pédaler !**

Le
de TOUR
FRANCE



**Pour le
TOUR de France
On est prêt
avec
DOPAGE
ELECTRIQUE**

**Si on mettait des moteurs à
la place des muscles
(des prothèses nucléaires)**

**Pour l'instant, on va
prendre un châssis de
moto
avec des gros pneus,**

**De plus, on pourra
mettre encore plus de
batterie et un plus gros
moteur.**

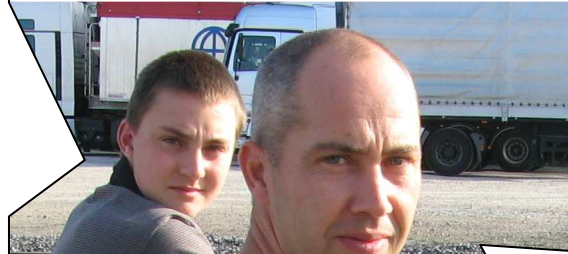
INFO ou INTOX

1 Euro pour 1000Km

PAS de problème de bougies, PAS de vidange, PAS de mains qui sentent l'essence.

Recharge à la maison, c'est le DARON qui paye l'énergie

**Vitesse max 60km/h.
Difficile à débrider**



**ça décoiffe sans le casque !
144 km/h avec juste le sifflement de l'air dans les oreilles.**

PAS de risques de brûlure avec le pot d'échappement.

120 kg le tout, pour un moteur de 20 kW. Un vrai dragster. Une autonomie de 60 KM.

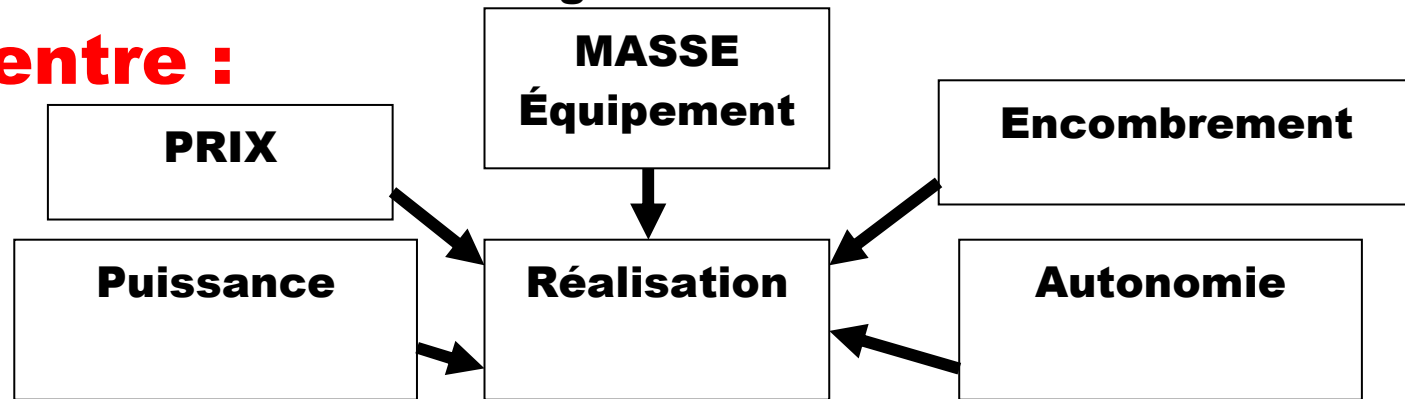
Un freinage électrique maîtrisé.



Conclusion

**Plus un véhicule est léger avec des roues à faible largeur ;
moins il consomme à l'accélération et en régime établi de vitesse.**

Compromis entre :



**Choix d'un véhicule en fonction de son utilité et de la météo
(comme les chaussures)**

**Ordre de grandeur de puissance à
moteur thermique:**

2 Roues 50cm³=4KW=5,6 CV

Moto 125cm³=11KW=15CV

Voiture moyenne=65KW=90CV

GRACE aux nouvelles technologies :

**La masse, l'encombrement des batteries ont fortement diminué,
la puissance massique des moteurs a fortement augmenté,
dans un prix raisonnable et pour un cout à la consommation d'énergie faible.**

**rentabilité et retour à l'investissement par rapport à d'autres moyens de transports :
étude du marché. Changement d'habitude, d'habillement...**

A vous de jouer, soyer ACTIF
Il n'y a pas de MIRACLE,
Pour que les REVES deviennent REALITES



**Bricolage maison,
mais le rêve a été concrétisé**



**2 moteurs, 30kg, 80km/h, autonomie 60 km.
Demain se construit aujourd'hui**

Commander deux moteurs à la fois ?

Les 2 moteurs doivent être à la même vitesse sinon

un moteur travaille et l'autre régénère donc freine



Pour asservir la vitesse, il faut un capteur dans chaque moteur. Exemple :

- codeur qui donne 64 impulsions par tour, le temps d'échantillon se fait à 0.1 s

La vitesse en est déduite
$$V(\text{km/h}) = \frac{\text{nb impulsion}}{\text{Temps echantillon}} \cdot \frac{0.1}{64} \cdot (2 \cdot \pi \cdot \frac{26}{2}) \cdot 3.6$$

2^{ème} solution : Retirer la régénération et les 2 moteurs additionnent leurs forces.



Un beau vélo elec
pour cycliste fainéant.

Attention aux piétons



There aren't problems, only solutions

Piloter un Deux roues

Grace à l'effet gyroscopique sur les **roues**,

Il y a une bonne stabilité si le diamètre et la masse de roue est grande

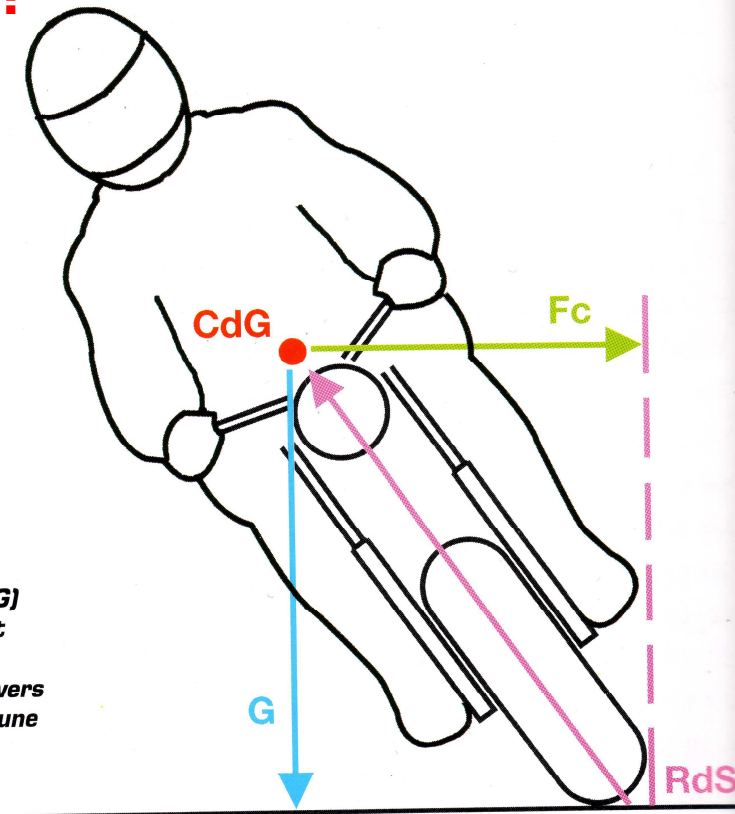
Tant qu'il ya adhérence, l'angle en virage dépend de 3 forces :

- **F_c** : force centrifuge
- **FG** : force de la gravité
- **RdS** : force de la réaction sur le sol qui équilibre F_c et FG


C'est la position du centre de gravité qui définit l'angle à prendre pour négocier le virage

Plus le centre de gravité est haut, moins il est utile d'incliner le deux roues. Mais le deux roues est moins agile.




En virage, la force centrifuge (F_c) tire le centre de gravité (CdG) vers l'extérieur. Il faut pencher pour que la gravité (G), déplacée vers l'intérieur, détermine une réaction du sol (RdS) qui maintient la moto en équilibre.



Historique de l'évolution technique du vélo

1842	Le vélocipède 30kg, 20 km/h		
1870	Le grand bi et innovation des rayons tangents et non droit pour les roues pleines		
1876	1 ^{er} frein à compas	 <p>Eagle 1900</p>	
1885	1 ^{er} Cadre en diamant ou triangle		
1888	Dunlop : 1 ^{er} pneu à air non démontable		
1891	Michelin : 1 ^{er} pneu démontable		
1893	Record de l'heure vélo Henri Desgrange  France 35,325 km (Paris)		
1898	1 ^{er} roue libre		
1913	Un vélo fait 14 kg, pneus 1 kg, tube en acier, jante en fer, 1 pignon de 18, plateau 46 (Développement 5,45m). 1 ^{er} changement de vitesse dans le moyeu de la roue (3 vitesses)		
1914	Record de l'heure vélo Oscar Egg  Suisse 44,247 km (Paris)		
1933	1 ^{er} vélo couché Record de l'heure Francis Faure  France 49 km (Paris)		
1935	1 ^{er} vélo électrique, EMI/Philips puissance ?		
1938	1 ^{er} dérailleur à galet et ressort		
1950	1 ^{er} double plateau avec 5 pignons		
1962	1 ^{er} selle à coque en plastique		
1963	1 ^{er} Guidon en aluminium		
1970	1 ^{er} pédale à accrochage		
1970	1 ^{er} vélo-couché commercial au monde (complètement caréné), le "Vélérique"		



1971	Les VTT (vélo tous terrains apparaissent) et BMX (bicycle moto cross)
1972	Record de l'heure vélo Eddy Merckx  Belgique 49,431 km (Mexico)
1975	1 ^{er} cadre en aluminium et 1 ^{er} cadre en titane
1976	1 ^{er} cadre en Carbone
1973 à 78	La fabrication des vélos était française et italiens, Shimano passe de 25% à 90%. En réalisant, du matériel grand public et en innovant.
1984	Record de l'heure vélo couché Fred Markham  États-Unis 60,3 Km Indianapolis
1984	1 ^{er} dérailleurs indexés
1987	1 ^{er} Fourche avec amortisseur et cadre compact (sloping) sur VTT
1991	1 ^{er} Amortisseur arrière sur VTT
1994	1 ^{er} Frein à disque mécanique sur VTT
2000	1 ^{er} Frein à disque hydraulique sur VTT
2000	Record de l'heure vélo Chris Boardman  Royaume-Uni 49,441 km (Manchester)
2006	Record de l'heure vélo couché à 50 Ans Fred Markham  États-Unis 85,99 Km
2006	Plateau «ovale» permet de minimiser le point mort du pédalier, 10% de puissance +
2007	1 ^{er} Vélo électrique avec Les batteries li-ion et li-po



Le vélo couché qui a des avantages indéniables contre les frottements de l'air par rapports aux vélos debout n'est pas autorisé par la fédération de cyclisme. Pourtant, Ces vélos couchés sont très confortable, par rapports aux vélos traditionnels car la position est moins contraignante pour le squelette. Le grand perdant est l'utilisateur du vélo utilitaire car il ne peut pas profiter d'une démocratisation des progrès techniques

A vous de jouer

