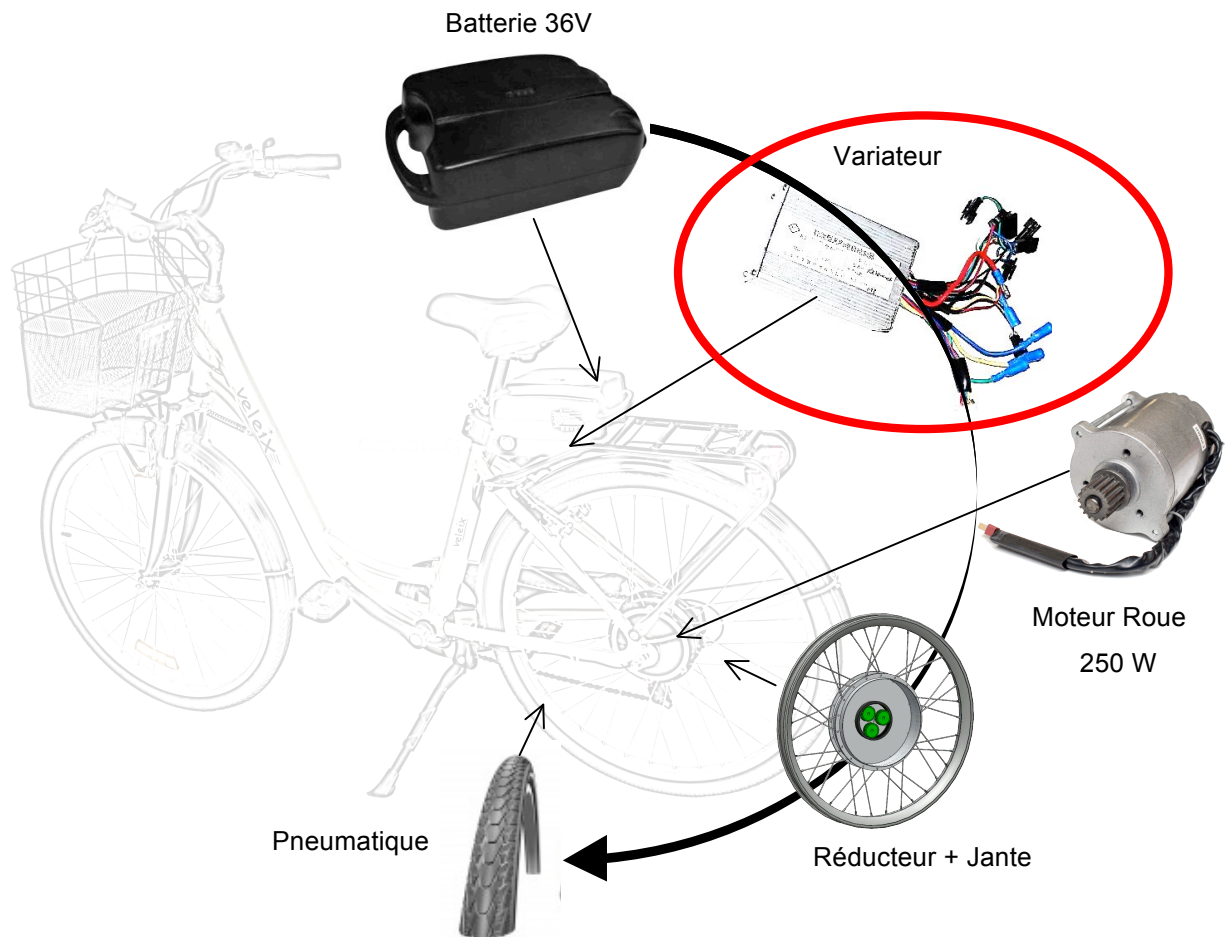


## LA VARIATION DE VITESSE DU MOTEUR A COURANT CONTINU DU VELO ELECTRIQUE

---



**Objectifs :**

- Mettre en évidence le principe général de la variation de vitesse d'un vélo à assistance électrique.
- Faire varier un seul paramètre (tension) et identifier par des mesures électriques et mécaniques son influence sur la vitesse d'un moteur à courant continu.
- Quantifier l'efficacité de la variation de vitesse grâce à un réglage simple ou un réglage précis de la tension d'alimentation.
- Visualiser les signaux électriques issus d'un variateur de vitesse pour moteur à courant continu et identifier les valeurs caractéristiques.



Ressources	Critères d'évaluation
Document ressource « La variation de vitesse des moteurs à courant continu » (6 pages) Moteur à courant continu + Alimentation continue réglable Moteur à courant continu + Variateur de vitesse Matériels de mesure : Voltmètre, Tachymètre, Pince ampèremétrique, Oscilloscope PC avec suite Microsoft office	Pertinence des réponses apportées Soin apporté à la rédaction Comportement durant la séance et participation au travail demandé Autonomie et respect des consignes Temps : 1,5 h

Les machines électriques sont de plus en plus souvent utilisées en vitesse variable. C'est le cas sur les vélos à assistance électrique.



Au niveau du moteur, cela permet de régler la vitesse. Mais aussi de faire des économies d'énergie (diminution des pertes, élimination du système de refroidissement), de limiter les surintensités au démarrage, d'obtenir un couple de démarrage supérieur, d'allonger la durée de vie du moteur, de diminuer le bruit, ...



Au niveau de la charge entraînée, l'intérêt est tout aussi important. Meilleure adaptation de la vitesse au travail à effectuer, modification rapide de la vitesse en fonction du besoin, suppression des à-coups au démarrage, ...

Dans le cas du vélo à assistance électrique, on souhaite comprendre **comment le vélo peut s'adapter au pédalage du cycliste**.

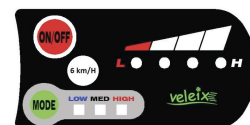
## 1. Variation « discontinue » de la vitesse

Dans un premier temps, on souhaite mettre en évidence que dans certaines applications, une possibilité de réglage simple de la vitesse de rotation du moteur est nécessaire. Par exemple :



### Comment sélectionner une vitesse d'assistance électrique ?

On va réaliser une expérience pour découvrir la facilité d'obtention de vitesses prédéfinies d'un moteur à courant continu.



La variation de vitesse « discontinue » permet simplement d'obtenir un nombre fini de vitesses de rotation.

La source d'alimentation est configurable sous différentes tensions :

3V – 4,5V – 6V – 7,5V – 9V – 12V



### HORS TENSION

- 1 - Effectuer le branchement du moteur à courant continu à la source d'alimentation, en respectant les polarités indiquées à proximité des bornes.



### APRES ACCORD DU PROFESSEUR, METTRE SOUS TENSION

- 2 - Pour les différentes tensions d'alimentation disponibles sur la source, mesurer la fréquence de rotation avec un tachymètre et compléter le tableau de mesures suivant.

Tableau de mesure « Variation discontinue » de la vitesse

Tension d'alimentation	U (V)	3	4,5	6	7,5	9	12
Fréquence de rotation	N (tr/min)	_____	_____	_____	_____	_____	_____

### METTRE HORS TENSION

- 3 - A l'aide d'un logiciel de type Tableur, effectuer le tracé de la caractéristique  $N = f(U)$  du moteur à courant continu étudié.

4 - Conclure sur la linéarité de la fréquence de rotation en fonction de la tension d'alimentation d'un moteur à courant continu.

.....

.....

.....

La tension nominale du moteur du vélo électrique est de 36V. Le nombre de vitesses réglables est de 3. De LOW (Petite vitesse) jusqu'à HIGH (Grande vitesse).

5 - En considérant une évolution linéaire entre ces trois vitesses de rotation, déterminer les valeurs des trois tensions d'alimentation du moteur du vélo à assistance électrique respectives.

$U_{\text{LOW}} =$  .....

$U_{\text{MED}} =$  .....

$U_{\text{HIGH}} =$  .....



6 - Dédurre des questions précédentes le paramètre électrique qui est modifié par l'utilisateur du vélo lorsqu'il sélectionne une vitesse d'assistance électrique.

☐ Courant

☐ Tension

7 - La variation « discontinue » de la vitesse est-elle une solution adaptée pour un vélo à assistance électrique, pour aider le cycliste quelle que soit sa vitesse de pédalage ?

.....

.....

.....

## 2. Variation « continue » de la vitesse par hacheur de tension

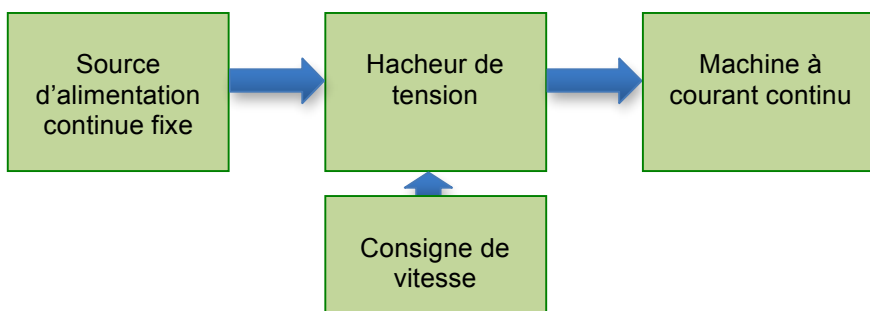
Dans un second temps, on souhaite mettre en évidence que dans certaines applications, une possibilité de réglage infinie de la vitesse de rotation du moteur est nécessaire. Par exemple :

**Sur les vélos à assistance électrique sans commande au guidon, comment se règlent les multiples vitesses de rotation ?**

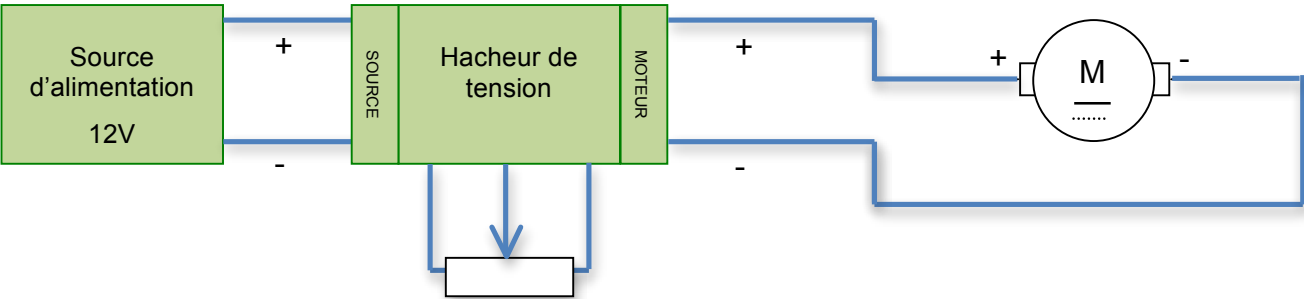
La variation de vitesse « continue » permet d'obtenir un nombre infini de vitesses de rotation :

On va réaliser une expérience pour découvrir la facilité d'obtention d'un nombre infini de vitesses d'un moteur à courant continu.

On intercale un hacheur dans la chaîne d'énergie, entre la source d'alimentation et la machine à courant continu.



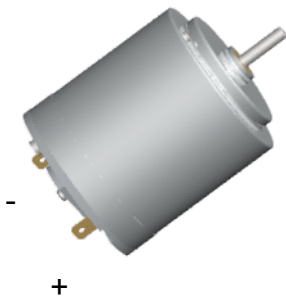
Le schéma électrique de branchement est le suivant :



Le hacheur de tension permettra d’obtenir différents niveaux de tension, de zéro volts jusqu’à la tension nominale. Il se règle à l’aide d’un potentiomètre et se connecte à l’aide d’un bornier à 4 bornes :

SOURCE		MOTEUR	
-	+	+	-

**HORS TENSION**



- 1 - Effectuer le branchement du hacheur à la source d’alimentation, configurée sous une tension de 12V.
- 2 - Effectuer le branchement du moteur à courant continu au hacheur en respectant les polarités indiquées à proximité des bornes.
- 3 - Effectuer le branchement d’un voltmètre afin de mesurer la tension moyenne (Position DC) en sortie du hacheur de tension.

**APRES ACCORD DU PROFESSEUR, METTRE SOUS TENSION**

4 - Pour différentes positions du potentiomètre de consigne de vitesse, mesurer la tension moyenne aux bornes du moteur avec le voltmètre, la fréquence de rotation avec un tachymètre et compléter le tableau de mesures suivant.

Tableau de mesure « Variation continue » de la vitesse

Tension d'alimentation U (V)								
Fréquence de rotation N (tr/min)								

**METTRE HORS TENSION**

5 - A l’aide d’un logiciel de type Tableur, effectuer le tracé de la caractéristique  $N = f(U)$  du moteur à courant continu étudié.

6 - Conclure sur l’intérêt de l’ajout dans la chaine d’énergie d’un système, d’un hacheur, à la place d’une variation « discontinue » de la fréquence de rotation d’un moteur à courant continu.

.....

.....

.....



**7** - La variation « continue » de la vitesse est-elle une solution adaptée pour un vélo à assistance électrique, pour aider le cycliste quelle que soit sa vitesse de pédalage ?

.....

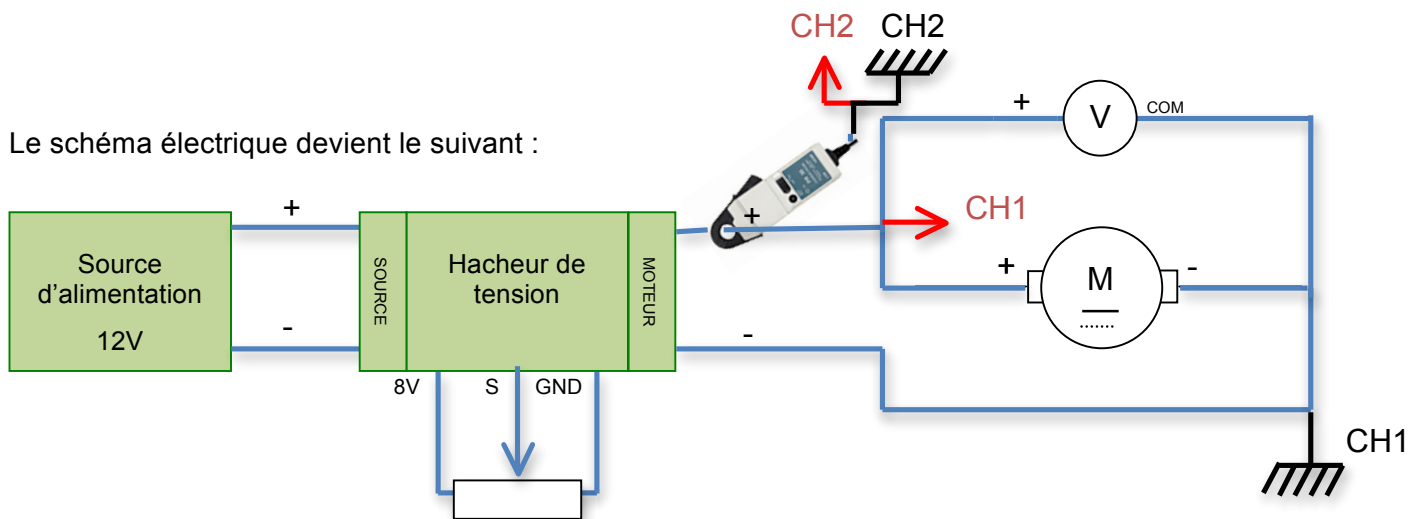
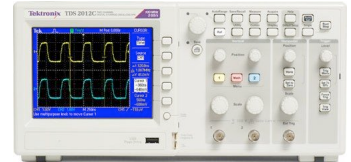
.....

.....

On peut se demander comment le hacheur peut transformer une tension continue fixe en une infinité de tensions dont la valeur moyenne est inférieure ou égale à la tension d'alimentation. Comme son nom l'indique, il « hache » la tension.

On souhaite mettre en évidence ce principe à l'aide de mesures effectuées avec un oscilloscope.

Il faut compléter le câblage précédent afin d'intégrer un oscilloscope et une sonde de courant, afin de visualiser en fonction du temps les signaux électriques « tension moteur » et « courant moteur ».



### HORS TENSION

**8** - Ajouter au branchement précédent l'oscilloscope afin de visualiser sur la voie 1 (CH1) l'allure en fonction du temps de la tension aux bornes du moteur.

**9** - Ajouter au branchement précédent une sonde de courant afin de visualiser sur la voie 2 (CH2) de l'oscilloscope l'allure en fonction du temps du courant dans le moteur.

### APRES ACCORD DU PROFESSEUR, METTRE SOUS TENSION

**10** - Pour différentes positions du potentiomètre de consigne de vitesse, compléter les 4 premières lignes du tableau suivant en mesurant à l'aide des outils MESURE de l'oscilloscope :



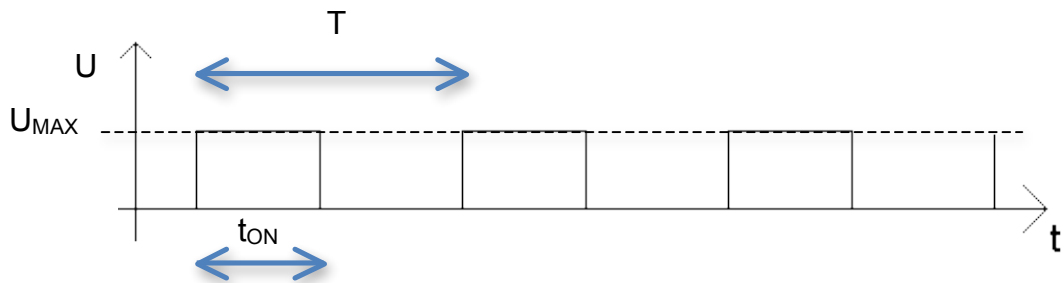
- ✓ la valeur moyenne de la tension aux bornes du moteur
- ✓ la fréquence de la tension aux bornes du moteur
- ✓ la période de la tension aux bornes du moteur
- ✓ la largeur positive (durée pendant laquelle la tension n'est pas nulle) de la tension aux bornes du moteur

Tableau de mesure « Variation continue – Allure des signaux électriques » de la vitesse

Tension d'alimentation moyenne $U_{MOY}$ (V)	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Fréquence de la tension d'alimentation $f$ (Hz)	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Période de la tension d'alimentation $T$ (μs)	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Largeur positive de la tension d'alimentation $t_{ON}$ (μs)	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Rapport cyclique $\alpha$	_____	_____	_____	_____	_____	_____

METTRE HORS TENSION

11 - Déterminer pour chaque mesure le rapport cyclique de la tension d'alimentation avec la formule suivante :  $\alpha = \frac{t_{ON}}{T}$ . Compléter la dernière ligne du tableau de mesure précédent.



12 - La valeur mathématique moyenne d'un signal carré est donnée par la formule suivante :  $U_{MOY} = \alpha \times U_{MAX}$ . Vérifier pour quelques relevés leur concordance avec cette formule. Conclure sur les différences éventuelles.

.....

.....

.....

13 - L'allure du courant est différente de celle de la tension. Expliquer cette différence en sachant qu'une inductance est placée en série avec le moteur à courant continu.

.....

.....

.....