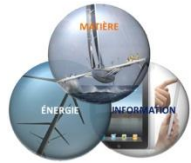


# Les moteurs à courant continu

Agir et contrôler le mouvement



## 1 Présentation

Ces moteurs sont omniprésents dans beaucoup de systèmes industriels, ils sont caractérisés par leur simplicité de commande. L'alimentation de ces moteurs étant réalisée à partir d'une énergie continue cela les destine à être utilisés dans les objets autoalimentés comme les véhicules, marine de plaisance, robotique, ou bien des objets alimentés par une énergie solaire photovoltaïque c'est le cas de notre exemple ci-dessous :

Comme illustration nous prenons le moteur du rideau de fenêtre de toit étudié dans un sujet d'épreuve transversale ETT session 2013.



L'objectif du questionnement dans le sujet consiste à vérifier le comportement du système dans la situation de dysfonctionnement la plus probable et la plus dégradante : un blocage du volet en pleine course.

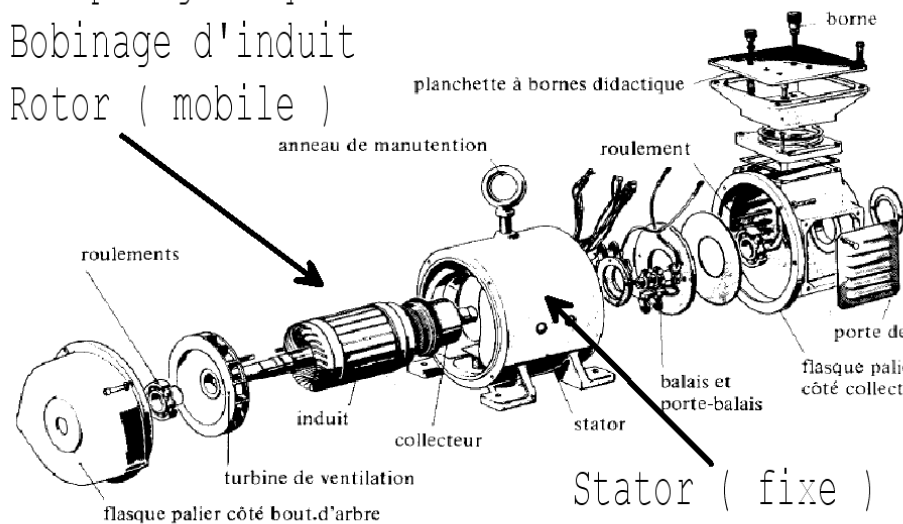
Et répondre à la question suivante : pourquoi faut-il couper l'alimentation électrique du moteur en cas de détection de blocage du volet ?

Pour répondre à cette question, et aux autres questions posées dans le sujet il nous est nécessaire de connaître la constitution interne et le mode de commande de ce type de moteur ....

## 2 Constitution générale d'un moteur à courant continu

Une vue éclatée d'un moteur industriel de moyenne puissance :

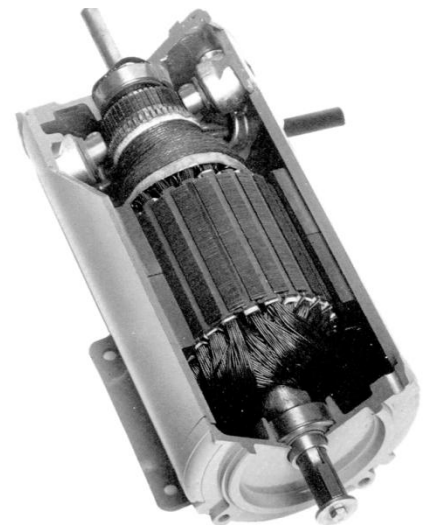
Champ magnétique induit  
Bobinage d'induit  
Rotor ( mobile )

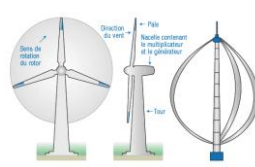


Stator ( fixe )  
Champ magnétique inducteur aimant, ou bobinage



Identifie sur la photo ci-dessous les principaux éléments du moteur





Quel est le principe fondamental qui agit dans tout type de moteur électrique ?



Comment sont appelés les deux champs électromagnétique dans le moteur à courant continu ?



Comment sont appelés les deux parties mécaniques principales d'un moteur électrique ?



Dans le moteur à courant continu de faible puissance le champ magnétique inducteur est situé au stator et est constitué par des aimants permanents, c'est ce type de moteur qui nous intéresse ici. Le flux magnétique inducteur est donc constant. Le champ magnétique d'induit est situé au stator il est constitué du bobinage d'induit, c'est ce bobinage qui est alimenté et qui constitue le circuit électrique du moteur.

Comment sont appelés les deux parties mécaniques principales d'un moteur électrique ?



Quelles sont les caractéristiques électriques du bobinage d'induit ?



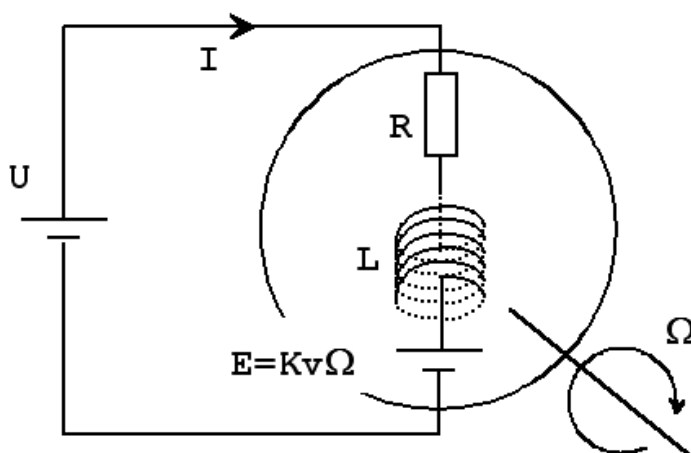
Comment envoyer de l'énergie électrique, un courant électrique, dans un rotor en rotation ?



Nous pouvons présenter maintenant le modèle électrique équivalent du moteur électrique à courant continu.

### 3 Le modèle électrique du moteur à courant continu

3.1 Il s'agit du modèle de l'induit du moteur :



$E$  tension interne du moteur créée par la rotation ou force contre-électro motrice :

$$E = K_v \cdot \Omega \text{ [V]}$$

$\Gamma_e$  le couple électromagnétique du moteur :

$$\Gamma_e = K_c \cdot I \text{ [N}\cdot\text{m]}$$

$\Omega$  la vitesse de rotation angulaire :

$$\Omega \text{ [rad}\cdot\text{s}^{-1}\text{]}$$

$P_e$  la puissance électromagnétique du moteur

$$P_e = \Gamma_e \cdot \Omega \text{ [W]}$$

$K_v$  est la constante de vitesse du moteur [ $\text{V} \cdot \text{s} \cdot \text{rad}^{-1}$ ]

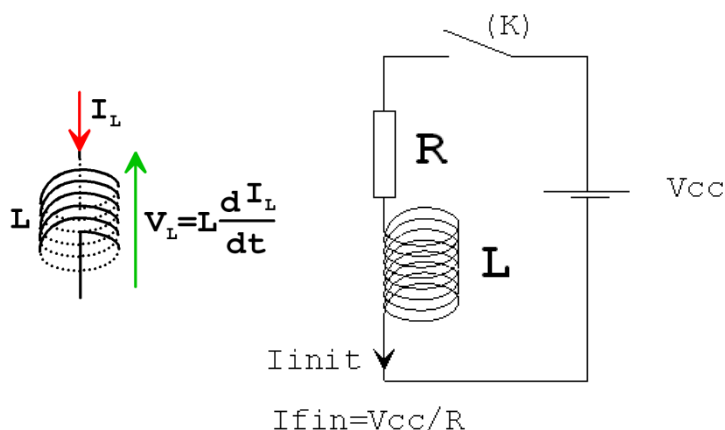
$K_c$  est la constante de couple [ $\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$ ]

Dans notre cas avec un flux inducteur constant nous avons numériquement dans le système d'unité MKSA  
 $K_v = K_c$



### 3.2 Un petit détour par le rappel du comportement d'une self inductance

Une self inductance est un composant électromagnétique qui accumule une énergie magnétique lorsqu'elle est traversée par un courant. De ce fait une self s'oppose aux variations instantanées de courant électrique, aussi lorsqu'elle est soumise à une alimentation électrique le courant la traversant suit une montée exponentielle de constante de temps  $\tau = L R^{-1}$  en [s]. D'autre part la tension aux bornes de la self idéale L (avec  $R=0$ ) est proportionnelle à la dérivée (la variation) du courant électrique la traversant.



$$I_L(t) = I_{fin} + (I_{ini} - I_{fin}) \cdot e^{-t/\tau} \quad (1)$$

avec pour  $t = 0$  (au départ)  $e^0 = 1$  donc (1) donne

$$I_L(t) = I_{fin} + (I_{ini} - I_{fin}) = I_{ini}$$

et à la fin  $t \rightarrow \infty$  (en pratique  $t \gg 3 \cdot \tau$  on obtient

$$e^{-t/\tau} = 0 \text{ donc (1) donne } I_L(t) = I_{fin}$$

#### Conséquences pratiques très importantes :

Quelle est la tension aux bornes d'une self traversée par un courant constant (attention constant ne veut pas dire nul) ?

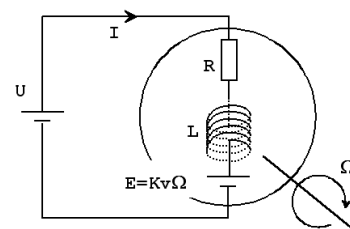


Dans le cas de ce courant constant où est dissipée l'énergie électrique, l'interrupteur K est toujours fermé ?



### 3.3 Conclusions très importantes pour le comportement du moteur à courant continu

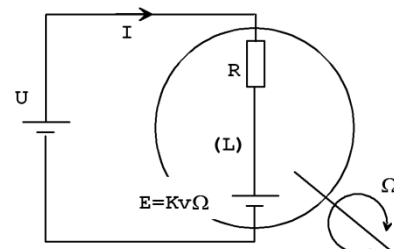
↪ Quand le moteur tourne il développe une force contre électromotrice  $E$  qui est proportionnelle à la vitesse de rotation. Cet effet est utilisé pour l'effet dynamo : faire tourner mécaniquement un moteur à courant continu produit de l'énergie électrique.



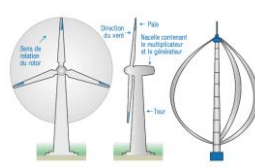
↪ Quand le moteur a atteint sa vitesse de rotation finale (qui dépend de la charge mécanique) alors le courant  $I$  consommé est constant donc la tension aux bornes de la bobine est nulle.

Le circuit équivalent électrique peut être dessiné ci-contre :

Le moteur dissipe par effet joule de l'énergie dans la résistance du bobinage d'induit et produit un couple moteur donc une rotation  $\Omega$ .

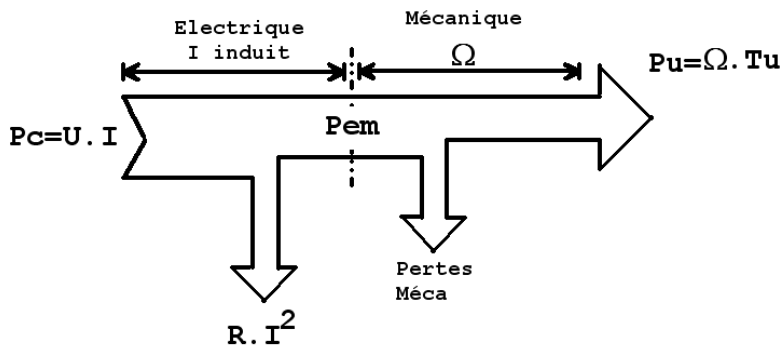


↪ Quand le rotor est bloqué  $\Omega = 0$  alors il ne reste plus que  $R_{induit}$  le moteur dissipe toute l'énergie reçue par effet joule il s'échauffe et est d'autant moins refroidi qu'il ne tourne plus, (plus d'effet de ventilation).



### 4 Le bilan de puissance du moteur à courant continu

Le bilan de puissance peut être résumé par le schéma ci-dessous :



**Pem** Puissance électro magnétique  
 = **Tem . Ω** expression mécanique  
 = **E . I** expression électrique  
**Tem** Couple électro magnétique  
 = **Kc . I**

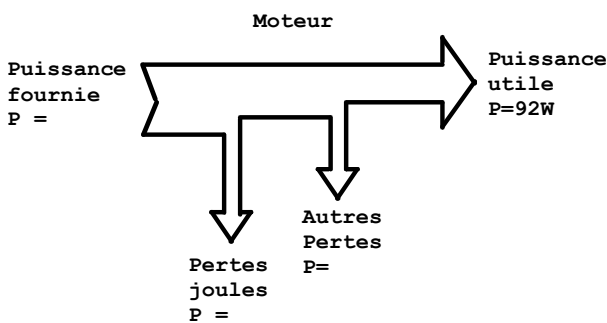
#### Application :

Un moteur est utilisé dans les conditions suivantes :

U=52V	Tension d'induit
I=2.2A	Courant d'induit
Pu=92W	Puissance utile sur l'arbre
R <sub>induit</sub> =3Ω	Résistance d'induit.
K <sub>v</sub> =0.19 SI	Constante de vitesse

Donner les expressions littérales des puissances : fournie, perte par effet joule dans l'induit :

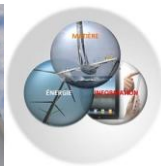
Compléter le diagramme de puissance ci-dessous :



Calculer le rendement :

Calculer la vitesse de rotation angulaire Ω :

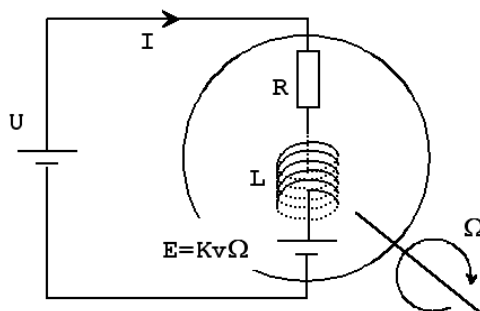
Calculer la vitesse de rotation angulaire N en tr·mn<sup>-1</sup> :



## Détermination de la valeur de l'inductance de l'induit

### 1 L'essai rotor bloqué

↪ Dans le modèle du moteur à courant continu rappelé ci-contre déterminer l'élément qui a une valeur nulle quand le rotor est bloqué :



↪ Déterminer la valeur du temps de montée du courant à partir du graphe de la page suivante.

Rappel de la définition du temps de montée

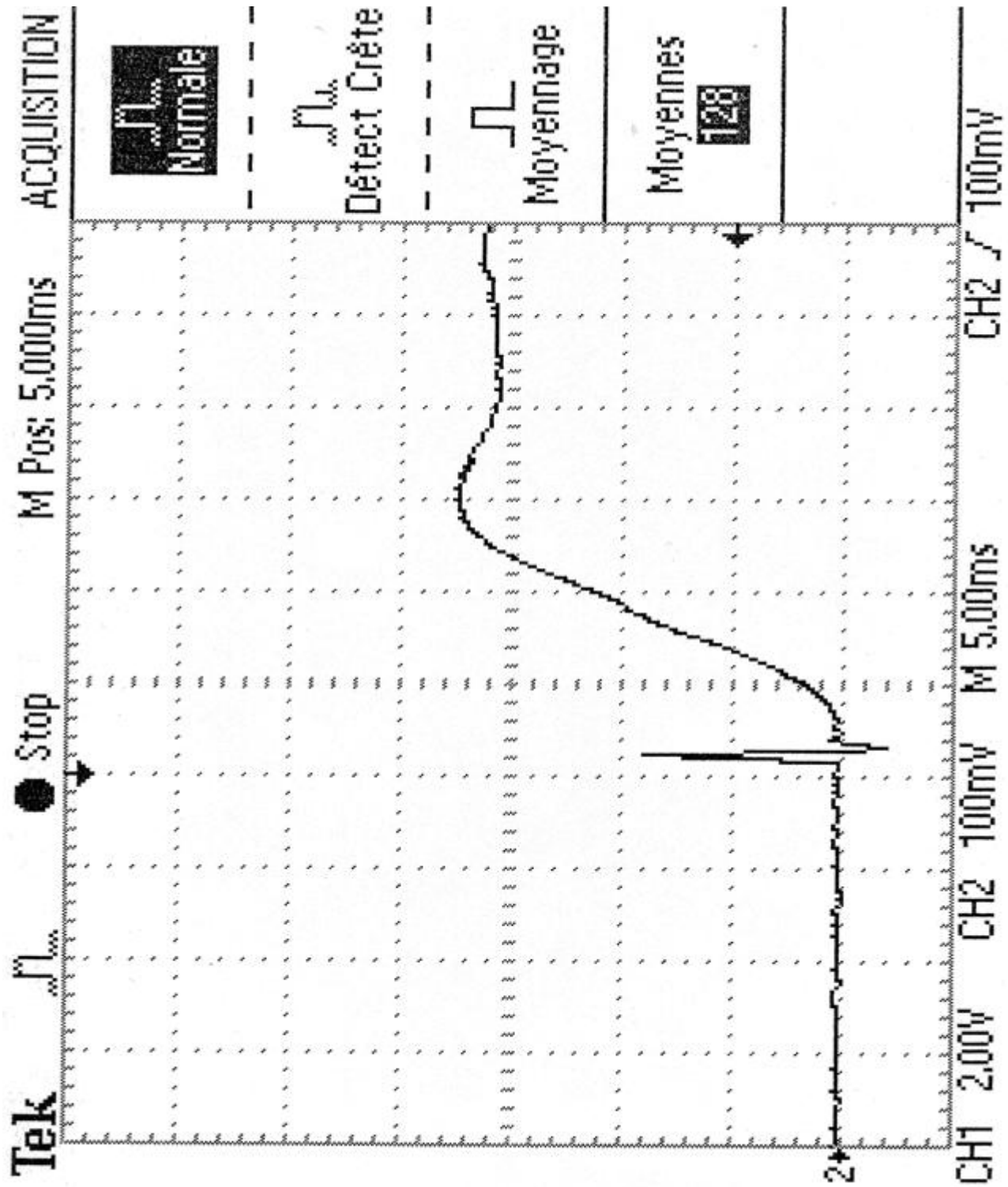
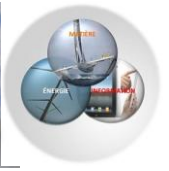
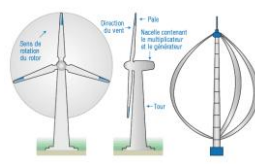
#### TEMPS DE MONTEE D'UN SIGNAL

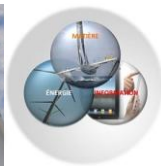
C'est le temps mis par le signal pour atteindre 90% de la valeur finale à partir de 10% de cette valeur. Cela correspond à une durée de  $2,2 \cdot \tau$  ( $\tau$  est la constante de temps du circuit étudié)



↪ Dédire la valeur de  $L_{\text{induit}}$  les caractéristiques du moteur sont les suivantes :

$N=3000$ tr/mn	Vitesse de rotation
$U=52V$	Tension d'induit
$I=2.2A$	Courant d'induit
$P_u=92W$	Puissance utile sur l'arbre
$K_v=0.182$ SI	Constante de vitesse
$R_{\text{induit}}=4\Omega$	Résistance d'induit
$L_{\text{induit}}=?$	Inductance de l'induit <u>à déterminer</u>





## Fiche d'exercice

NOM :

### 1 Tracé de l'évolution de la montée du courant

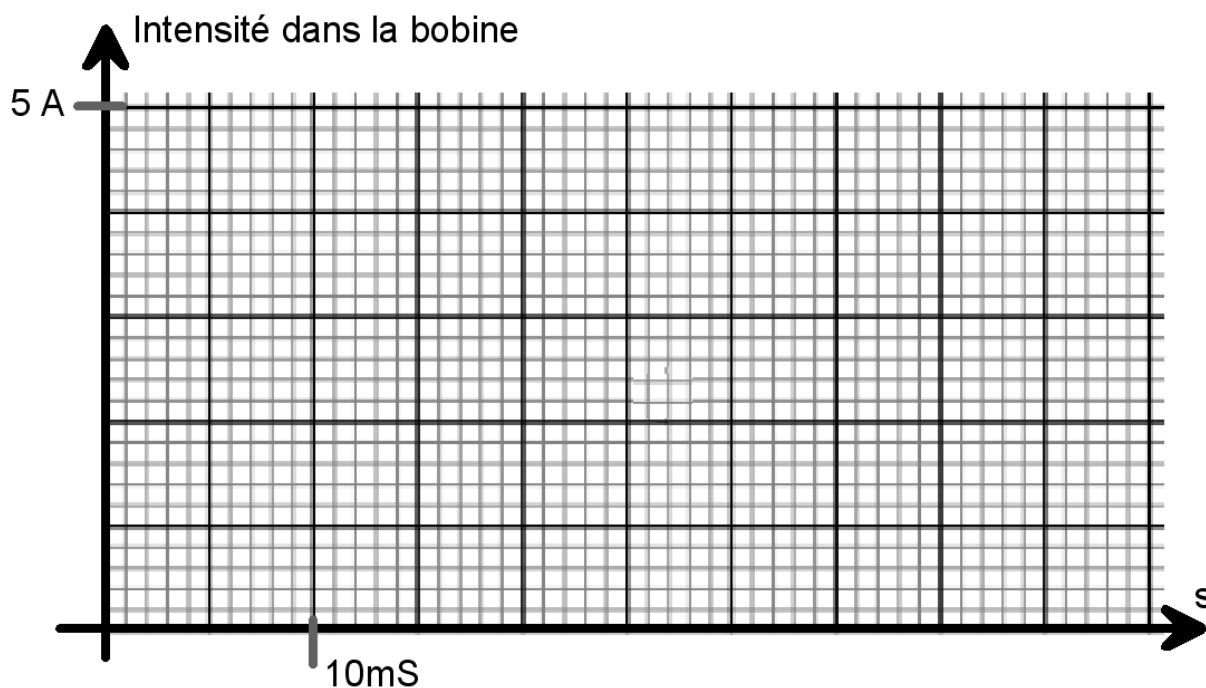
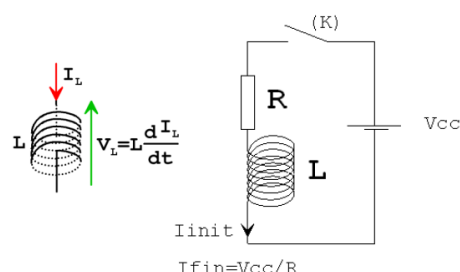
#### dans une bobine

Une bobine est alimentée par un générateur  $V_{cc}$  de 12 V, sa valeur est de 20 mH et sa résistance est de  $3,5 \Omega$ .  $I_{ini} = 0A$ .

↪ Calculer la valeur de la constante de temps  $\tau$

↪ Ecrire l'équation de l'évolution du courant à partir du cours page 3 :

↪ Tracer la courbe de montée du courant dans le graphe ci-dessous :



### 2 Etude d'une plaque signalétique.

Un moteur à courant continu à flux inducteur constant a les éléments suivants donnés sur sa plaque signalétique :

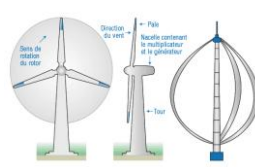
$N=3000$  tr/mn Vitesse de rotation

$U=52V$  Tension d'induit (Tension d'alimentation du moteur)

$I=2.2A$  Courant d'induit

$P_u=92W$  Puissance utile sur l'arbre

$R_{induit}=3 \Omega$  Résistance d'induit.



$K_v=0.19 \text{ SI}$  Constante de vitesse

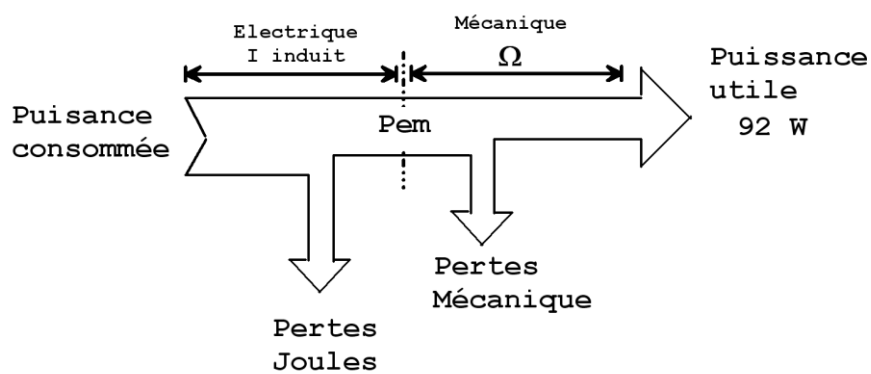
↳ Donner les expressions littérales de la puissance consommée, des pertes par effet joules et la relation permettant de calculer les pertes mécaniques sachant que le moteur développe une puissance utile de 92W.

- Puissance consommée :
- Pertes Joules :
- Pertes mécaniques :

↳ Compléter le diagramme de bilan des puissances ci-dessous en indiquant les valeurs numériques manquantes :

Valeurs numériques

- Puissance consommée :
- Pertes Joules :
- Pertes mécaniques :



↳ Calculer le rendement de ce moteur.

↳ Avec les éléments numériques précédents calculer la vitesse du moteur pour  $I_{\text{induit}}=1\text{A}$  en régime permanent. Donner la valeur en  $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$  et en  $\text{tr} \cdot \text{mn}$