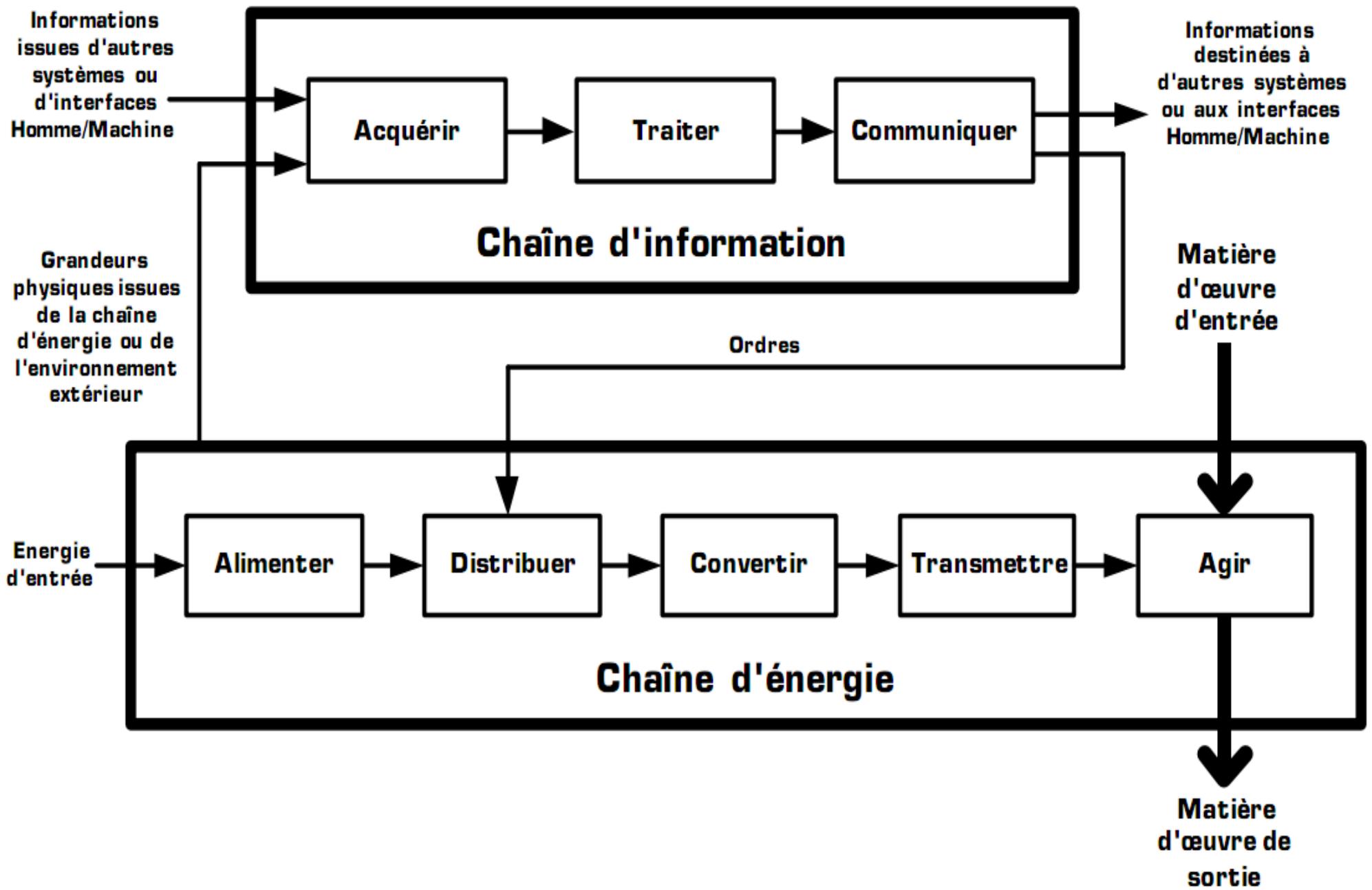


Section : <b>S</b>	Option : <b>Sciences de l'ingénieur</b>		
<b>Le moteur à courant continu</b>			
	Type de document : <b>Cours</b>	Classe : <b>Terminale</b>	Date :

## **I - Place des moteurs électriques dans les systèmes automatisés**

Dans un système automatisé, la chaîne d'énergie a pour but d'agir sur la matière d'œuvre du système, sur ordre de la chaîne d'information. Pour cela, elle doit souvent effectuer une action mécanique dont la source est réalisée par la fonction **convertir** de la chaîne d'énergie, contenant des actionneurs. Parmi les différents actionneurs utilisés dans les systèmes, le moteur à courant continu réalise la conversion de **l'énergie électrique** [caractérisée par une tension et un courant] en une **énergie mécanique** [caractérisée par une vitesse et un couple].



## **II – Fonction d'un moteur à courant continu**

### **II – 1 – Fonction réalisée par un moteur à courant continu**

Le rôle d'un moteur électrique est de fournir une énergie mécanique à partir d'une énergie électrique :



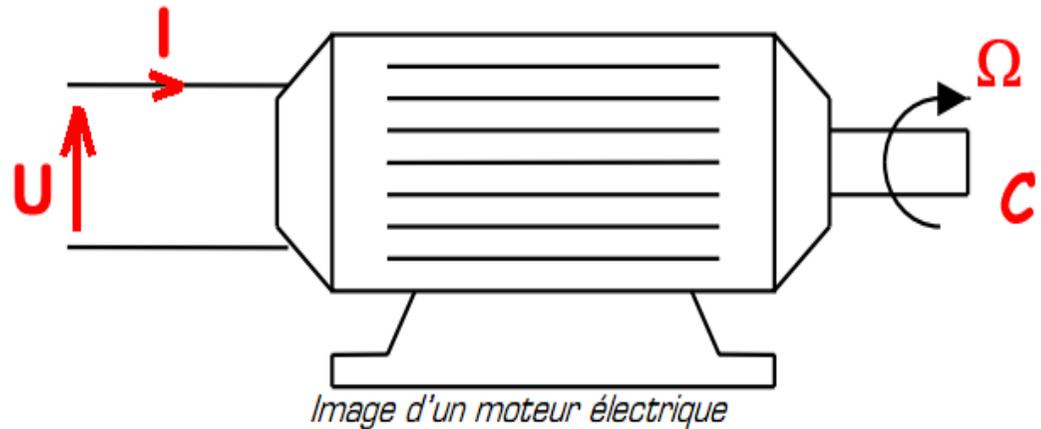
## II - 2 - Grandeurs physiques autour du moteur à courant continu

**L'énergie électrique** à l'entrée du moteur est caractérisée par **2 grandeurs physiques** distinctes :

- ✱ La tension  $U$
- ✱ Le courant  $I$

**L'énergie mécanique** à la sortie du moteur est caractérisée par **2 autres grandeurs** distinctes :

- ✱ La vitesse  $\Omega$
- ✱ Le couple  $C$



Description et unité de mesure de chacune des 4 grandeurs physiques présentes autour du moteur à courant continu :

	Symbole de la grandeur physique	Description de la grandeur physique	Unité de mesure de la grandeur physique	Symbole de l'unité de mesure
Grandeurs d'entrée	<b>U</b>	<i>Tension continue aux bornes du moteur</i>	<b>Volt</b>	<b>V</b>
	<b>I</b>	<i>Courant continue traversant le moteur</i>	<b>Ampère</b>	<b>A</b>
Grandeurs de sortie	<b><math>\Omega</math></b>	<i>Vitesse angulaire de rotation de l'arbre du moteur</i>	<b>Radians par seconde</b>	<b>rad/s</b>
	<b>C</b>	<i>Couple délivré par l'arbre du moteur</i>	<b>Newton mètre</b>	<b>Nm</b>

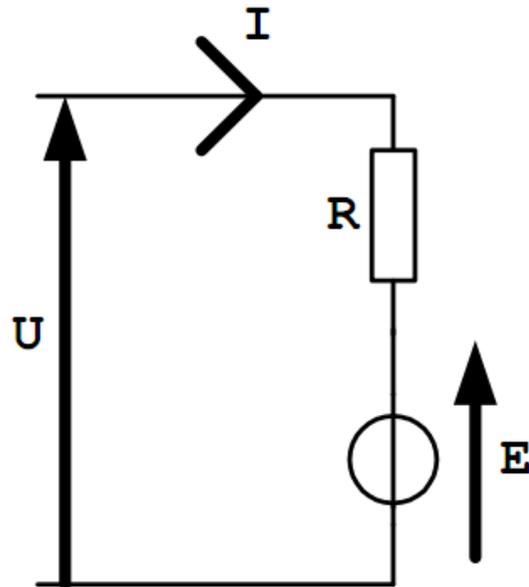


La vitesse de rotation du moteur, notée  $\Omega$ , est ici exprimée **en radians par seconde**. Pour obtenir ou utiliser d'autres unités de vitesse angulaire [tours par minute, degrés par heure, etc.] il conviendra d'effectuer au bon moment les conversions adéquates [par exemple  $1 \text{ rd.s}^{-1} = 60/2\pi \text{ tr.min}^{-1}$ ].

## II - 3 - Relation entre les grandeurs d'entrée et les grandeurs de sortie du moteur à courant continu

### II - 3 - 1 - Modèle équivalent du moteur à courant continu

Le comportement électrique d'un moteur à courant continu peut être modélisé par une résistance **R** en série avec une force électromotrice [f.e.m. en abrégé] **E** :



*Equations liant la tension U et la f.e.m E :*

$$U = R.I + E$$

Symbole de la grandeur physique	Description de la grandeur physique	Unité de mesure de la grandeur physique	Symbole de l'unité de mesure
<b>R</b>	<i>Résistance interne de l'induit du moteur</i>	<b>Ohm</b>	<b>Ω</b>
<b>E</b>	<i>Force électromotrice de l'induit du moteur</i>	<b>Volt</b>	<b>V</b>

## II - 3 - 2 - Relations fondamentales dans un moteur à courant continu

Il existe 2 relations fondamentales traduisant le fonctionnement du moteur à courant continu :

- ✱ La première donne l'expression du couple **C** en fonction du courant **I**
- ✱ La seconde donne l'expression de la f.e.m **E** en fonction de la vitesse de rotation **Ω**

$$C = k.I$$

*Expression du couple en fonction du courant*

$$E = k.\Omega$$

*Expression de la f.e.m en fonction de la vitesse de rotation*

La constante **K**, appelé **constante de couple**, dépend de la constitution du moteur (flux magnétique interne, nombre de conducteurs constituant le bobinage, etc.). Cette constante est donnée par le constructeur du moteur, et elle est exprimée généralement en  $\text{m.N.A}^{-1}$  [*mètre newton par ampère*].



D'après la première relation, l'unité de la constante de couple **K** est le **N.m.A<sup>-1</sup>**.

Mais d'après la seconde relation, l'unité de mesure de la constante de couple **K** serait le **V.s**.

Or ces deux unités sont équivalentes et correspondent au **Weber**, l'unité du flux magnétique :

$$1 \text{ N.m.A}^{-1} = 1 \text{ J.A}^{-1} = 1 \text{ W.s.A}^{-1} = 1 \text{ V.s} = 1 \text{ Wb}$$

## II - 4 - Notion de puissance et de rendement

### II - 4 - 1 - Puissance absorbée et puissance utile

Le moteur absorbe une certaine puissance électrique en entrée, et fournit une puissance mécanique en sortie. On note  $P_A$  la puissance électrique absorbée et  $P_U$  la puissance utile fournit.

$$P_{abs} = U.I$$

*Expression de la puissance absorbée*

$$P_U = C.\Omega$$

*Expression de la puissance utile*

Symbole de la grandeur physique	Description de la grandeur physique	Unité de mesure de la grandeur physique	Symbole de l'unité de mesure
$P_A$	<i>Puissance électrique absorbée par le moteur</i>	<b>Watt</b>	<b>W</b>
$P_U$	<i>Puissance mécanique utile fournit par le moteur</i>	<b>Watt</b>	<b>W</b>



Nous pouvons remarquer à travers les expressions des deux puissances  $P_a$  et  $P_u$  les différentes décompositions d'un **Watt**, en fonction des autres unités de mesure :

$$1 \text{ N.m.s}^{-1} = 1 \text{ J.s}^{-1} = 1 \text{ W} = 1 \text{ V.A}$$

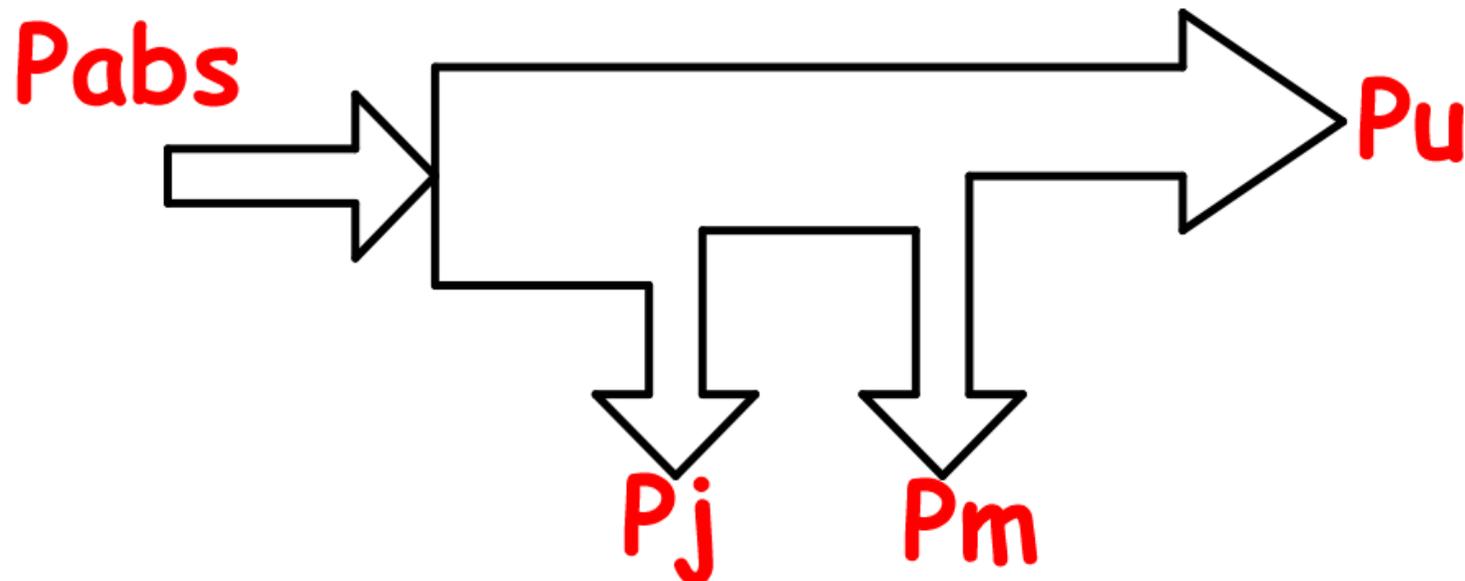
## II - 4 - 2 - Puissance perdu et bilan des puissances

La puissance électrique absorbée  $P_a$  est répartie en deux puissances distinctes :

- \* La puissance électrique utile  $P_E$  [puissance électromagnétique] alimentant la f.e.m  $E$
- \* La puissance électrique perdu par effet joule dans la résistance  $R$ , notée  $P_J$

$P_{abs} = P_e + P_j$ <p><i>Répartition de la puissance absorbée</i></p>	$P_e = E.I$ <p><i>Expression de la puissance électromagnétique</i></p>	$P_j = r.I^2$ <p><i>Expression de la puissance électrique perdue</i></p>
--	--	--

En plus des pertes par effets joule, il se produit également une perte de puissance au niveau mécanique dû au frottement des différents éléments du moteur. La puissance ainsi perdue est notée  $P_M$ . Au final, on obtient le bilan des puissances suivant :



*Remarque :* les grandeurs  $P_A$ ,  $P_J$ ,  $P_M$  et  $P_U$  sont toutes des puissances exprimées en Watts.

### II - 4 - 3 - Rendement du moteur à courant continu

Le rendement, noté  $\eta$  [lettre grecque *êta*], est défini comme étant le rapport de la puissance de sortie  $P_U$  sur la puissance absorbée d'entrée  $P_A$ . Comme le rendement est égal au rapport de deux mêmes grandeurs, il n'a pas d'unité.

$$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{abs}}} \text{ en \%}$$

### II - 4 - 4 - Couple électromagnétique du moteur à courant continu

Le couple électromagnétique, noté  $C_E$ , est défini comme étant le rapport entre la puissance électromagnétique  $P_E$  et la vitesse angulaire de rotation  $\Omega$ . L'unité de  $C_E$  est le Newton mètre [N.m].

$$C_e = \frac{P_e}{\Omega}$$

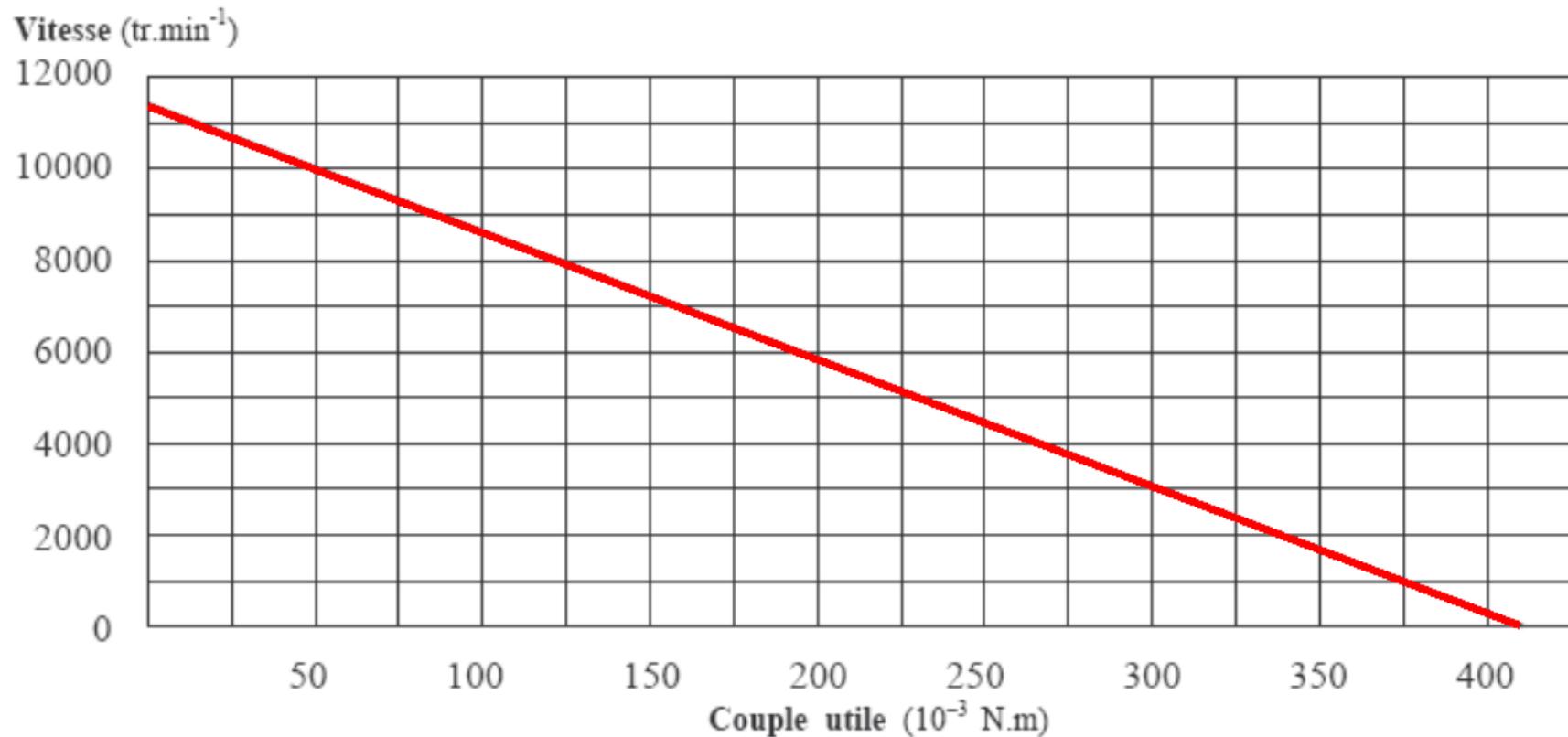


Comme  $P_E$  est en Watts et  $\Omega$  en radians par seconde, l'unité de mesure de  $C_E$  apparaît comme étant des Watts seconde [W.s]. Or, un Watt étant un joule par seconde, et un Joule correspondant à un Newton mètre, on obtient :

$$1 \text{ W.s} = 1 \text{ J.s}^{-1} \cdot \text{s} = 1 \text{ J} = 1 \text{ N.m}$$

### III - Exemples de courbes caractéristiques d'un moteur à courant continu

Les courbes ci-dessous, fournies par le constructeur, montrent les caractéristiques  $\Omega = f[C]$ ,  $P_U = f[C]$  et  $\eta = f[C]$  pour un moteur à courant continu alimenté à tension constante :



Puissance utile (W) - - - -

— Rendement (%)

