Éléments d'électromécanique



Lycée du Hainaut
Mathématiques spéciales TSI
2005/2006

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Plan

I. Introduction

II. Éléments mécaniques
- II.1. Définitions et mise en place (P.F.D.)
- II.2. Écriture dans le cas général
- II.3. Couple utile

III. Les charges entraînées
- III.1. Représentation vitesse-couple
- III.2. Les différents types de charges industrielles

IV. Du démarrage au régime permanent de vitesse
- IV.1. Phase de démarrage
- IV.2. Installation du régime permanent

V. Aspects énergétiques
- V.1. Puissance mécanique fournie à l'arbre de transmission par la machine
- V.2. Puissance totale reçue par l'arbre
- V.3. Étude énergétique et théorème de l'énergie cinétique (pour un solide)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Introduction

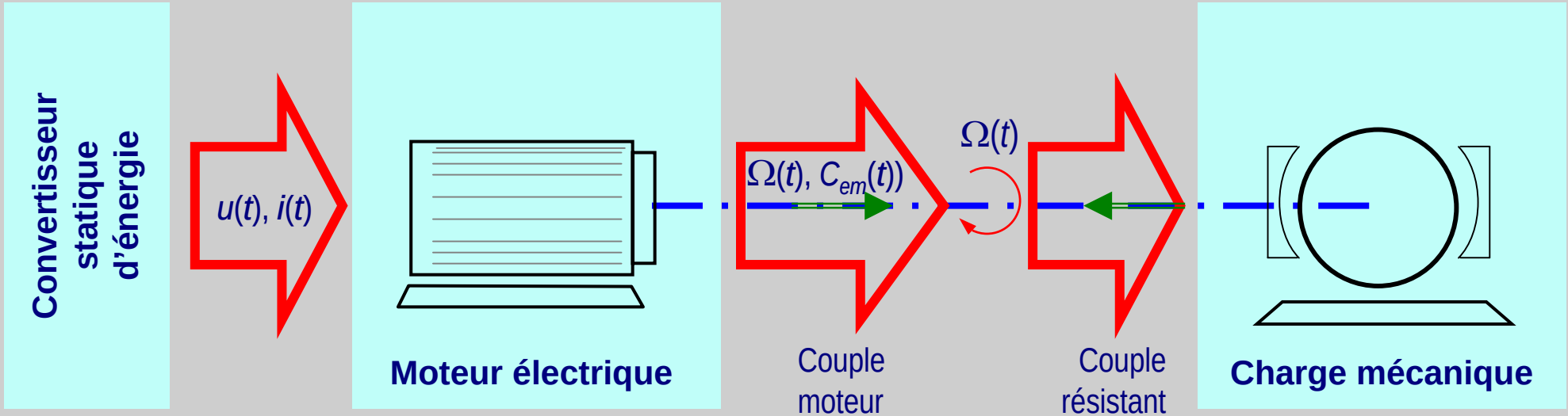
I. Introduction
II. Éléments mécaniques
III. Les charges entraînées
IV. Du démarrage au régime permanent de vitesse
V. Aspects énergétiques

Entraînement à vitesse variable

Puissance reçue sous forme électrique

Puissance fournie sous forme mécanique...

... et transmise jusqu'à la charge mécanique



*Constitue **le moyen** dans l'entraînement*

*Constitue **le besoin** dans l'entraînement*

Démarche de dimensionnement

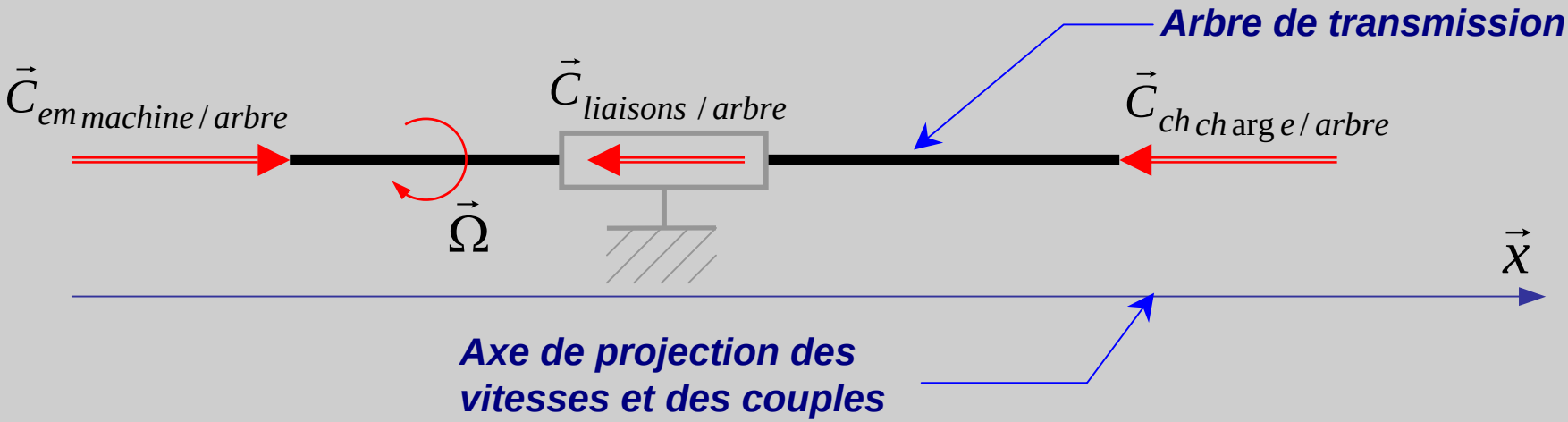
Dans un premier temps : Hypothèse de transferts énergétiques sans pertes

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Éléments mécaniques : Définitions

I. Introduction
II. Éléments mécaniques
II.1. Définitions et mise en place
III. Les charges entraînées
IV. Du démarrage au régime permanent de vitesse
V. Aspects énergétiques

Arbre de transmission



Principe fondamental de la dynamique (projeté sur l'axe x)

$$J_T \frac{d\Omega(t)}{dt} = \sum_{algébrique} C_{ext/arbre}$$

J_T : Moment d'inertie équivalent total ramené sur l'arbre de transmission

Remarque :
La vitesse apparaît sous la forme d'une dérivée, elle **ne peut** donc **subir de discontinuité**

WWW.DZPEN.COM قلم الجزائر

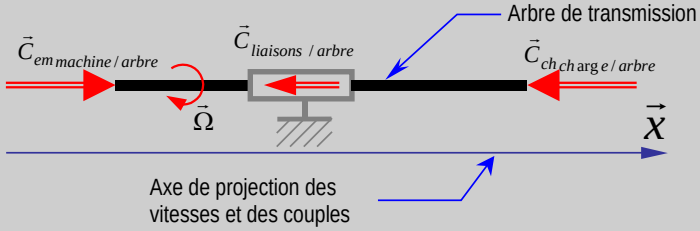
Éléments mécaniques : Écriture dans le cas général

I. Introduction
II. Éléments mécaniques
II.2. Écriture dans le cas général
III. Les charges entraînées
IV. Du démarrage au régime permanent de vitesse
V. Aspects énergétiques

Projection des relations vectorielles

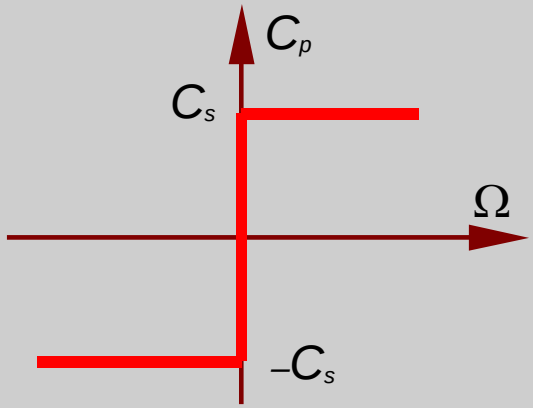
$$\left.\begin{aligned} \vec{\Omega} &= \Omega \cdot \vec{x} \\ \vec{C}_{em} &= C_{em} \cdot \vec{x} \\ \vec{C}_{ch} &= -C_r \cdot \vec{x} \\ \vec{C}_p &= -C_p \cdot \vec{x} \end{aligned}\right\}$$

où C_{em}, Ω, C_r et C_p sont généralement positifs.



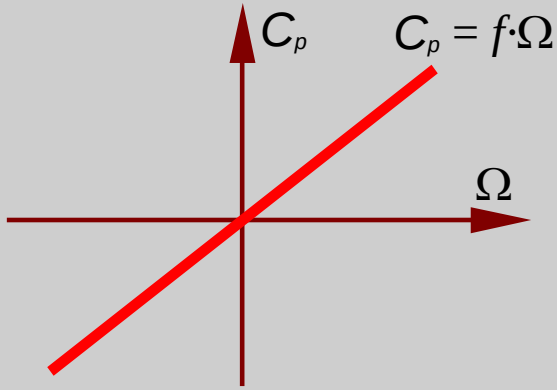
Comportement des liaisons couramment rencontrés

Couple de frottement sec



Évolution non linéaire

Couple de frottement fluide



Évolution linéaire

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Éléments mécaniques : Couple utile

I. Introduction
II. Éléments mécaniques
II.3. Couple utile
III. Les charges entraînées
IV. Du démarrage au régime permanent de vitesse
V. Aspects énergétiques

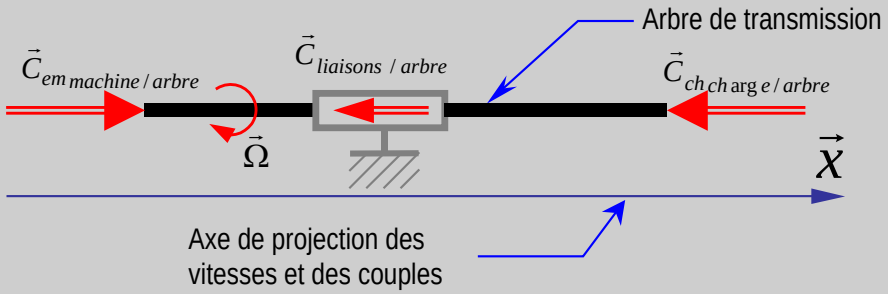
Projection du PFD (avec les nouvelles notations)

$$J_T \frac{d\Omega(t)}{dt} = C_{em}(t) - C_p(t) - C_r(t)$$

On extrait le couple utile

$$C_u = C_{em} - C_p$$

C_u



Le PFD s'exprime alors

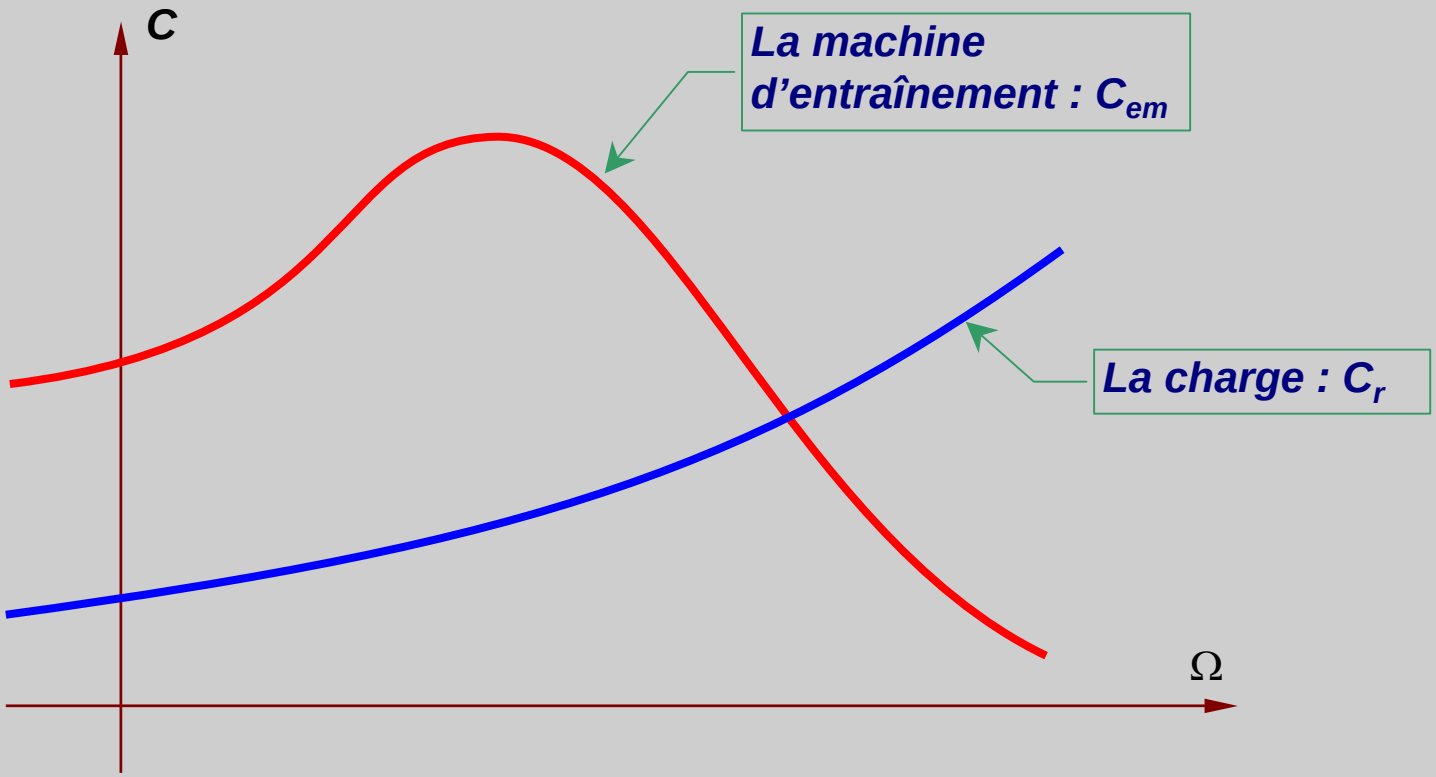
$$J_T \frac{d\Omega(t)}{dt} = C_u - C_r$$

WWW.DZPEN.COM قلم الجزائر

Les charges entraînées : Représentation vitesse-couple

I. Introduction
II. Éléments mécaniques
III. Les charges entraînées
III.1 Représentations vitesse-couple
IV. Du démarrage au régime permanent de vitesse
V. Aspects énergétiques

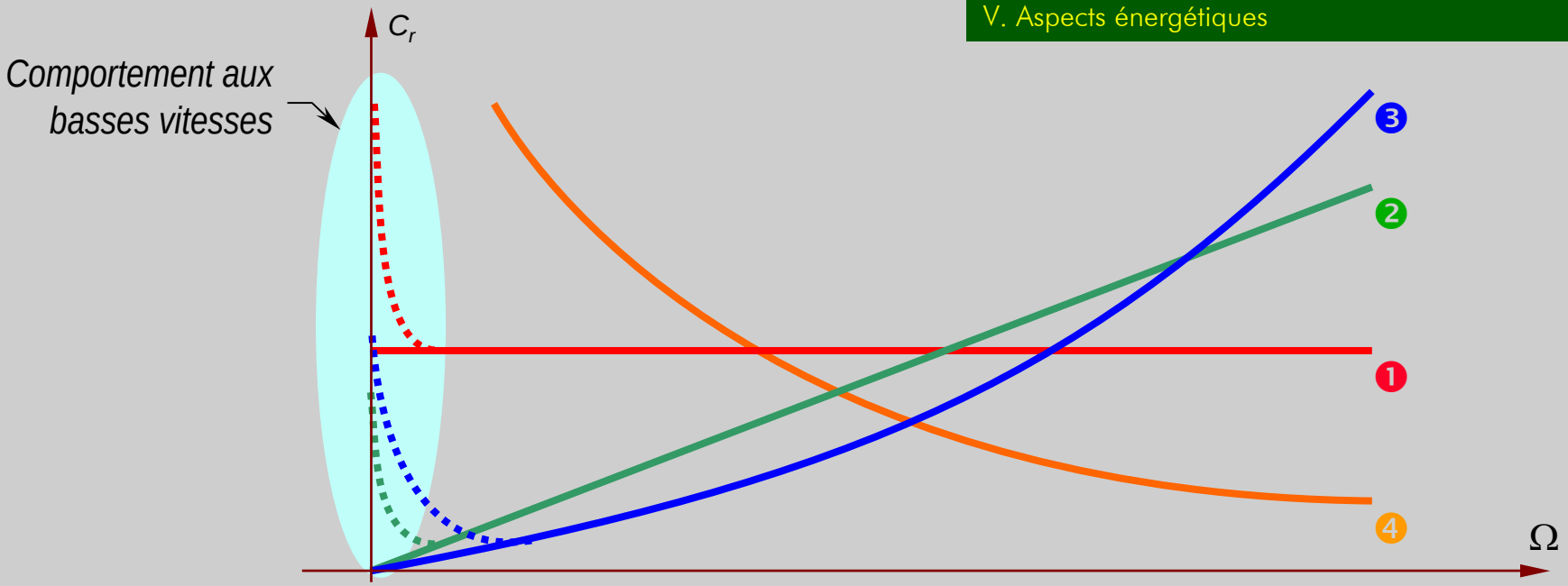
Caractéristiques vitesse-couple



WWW.DZPEN.COM قلم الجزائر

Les charges entraînées : Différents types de charges industrielles

I. Introduction
II. Éléments mécaniques
III. Les charges entraînées
III.2 Différents types de charges industrielles
IV. Du démarrage au régime permanent de vitesse
V. Aspects énergétiques



Couple résistant constant ❶

- Compresseurs et pompes à pistons, engins de levage/manutention, bandes transporteuses, broyeurs et concasseurs (…) ;

Couple résistant proportionnel à la vitesse ❷

- Presses, freins à courants de Foucault et la plupart des machines-outils (…) ;

Couple résistant prop. au carré de la vitesse ❸

- Pompes et compresseurs centrifuges, ventilateurs et soufflantes, pompes à vis et à hélice ou les centrifugeuses (…)

Couple résistant inversement proportionnel à la vitesse ❹ (i.e. puissance constante)

- Bobineuses, tours ou dérouleuses à bois (…).

WWW.DZPEN.COM قلم الجزائر

Du démarrage au régime permanent de vitesse : Phase de démarrage

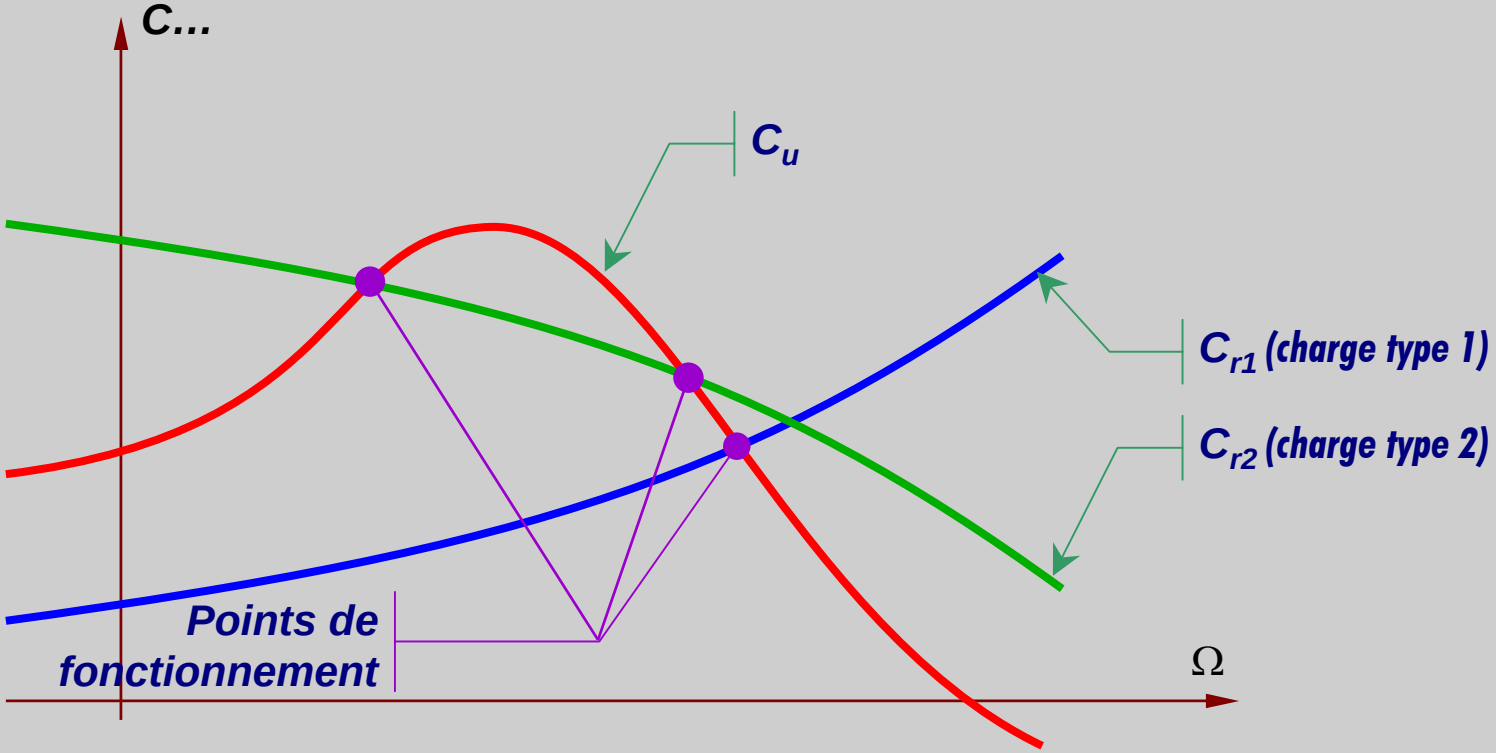
I. Introduction
II. Éléments mécaniques
III. Les charges entraînées
IV. Du démarrage au régime permanent de vitesse
IV.1. Phase de démarrage
V. Aspects énergétiques

Objectif du démarrage

- Atteindre le point de fonctionnement

Compenser de terme « dynamique » $J_T \dfrac{\mathrm{d}\Omega(t)}{\mathrm{d}t}$

- Appelé aussi couple accélérateur



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Du démarrage au régime permanent : Installation du régime permanent

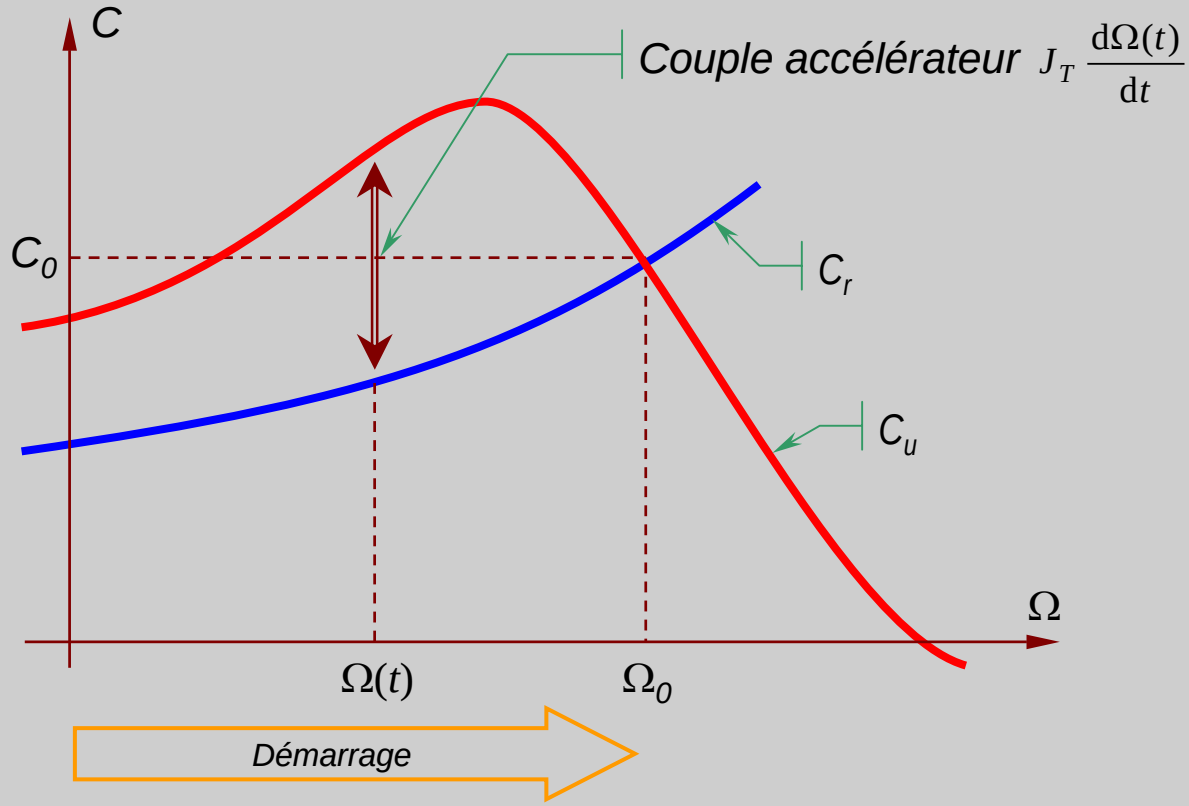
I. Introduction
II. Éléments mécaniques
III. Les charges entraînées
IV. Du démarrage au régime permanent de vitesse
IV.2. Installation du régime permanent
V. Aspects énergétiques

Régime permanent :

- Les grandeurs mécaniques sont stabilisées
- Le couple accélérateur s'annule

Le P.F.D. devient :

- $C_u = C_r$



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Aspects énergétiques : Puissance mécanique fournie à l'arbre

I. Introduction
II. Éléments mécaniques
III. Les charges entraînées
V. Aspects énergétiques
V.1. Puissance mécanique fournie à l'arbre de transm.

Convention de signe pour les puissances

- Puissance positive, l'énergie est reçue
- Puissance négative, l'énergie est cédée

Puissance mécanique fournie à l'arbre

$$P_{em} = \vec{C}_{em} . \vec{\Omega}$$

Si on prend en compte les pertes mécaniques : Remplacer C_{em} par C_u

Conclusion

- $P_{em} > 0$: Si vitesse et couple moteur sont de même sens
  - Fonctionnement en **moteur électrique**
  - Il joue le rôle de « **générateur mécanique** »

- $P_{em} < 0$: Si vitesse et moteur sont de sens différents
  - Fonctionnement en **génératrice électrique**
  - Elle joue le rôle de « **frein (récepteur) mécanique** »

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Aspects énergétiques : Puissance totale reçue par l'arbre

I. Introduction
II. Éléments mécaniques
III. Les charges entraînées
V. Aspects énergétiques
V.2. Puissance totale reçue par l'arbre

Bilan de toute les puissances mécaniques

(reçues par l'arbre)

$$P_T = \left[\sum \vec{C}_{ext/arbre} \right] \cdot \vec{\Omega}$$

Qui s'exprime aussi

$$P_T = J_T \cdot \Omega \cdot \frac{d\Omega(t)}{dt}$$

Conclusion

- $P_T > 0$: Si vitesse et accélération sont de même sens
  - Il s'agit d'une **accélération du mouvement** (ici de rotation)

- $P_T < 0$: Si vitesse et accélération sont de sens différents
  - Il s'agit d'une **décélération du mouvement** (ici de rotation)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Aspects énergétiques : Théorème de l'énergie cinétique

I. Introduction
II. Éléments mécaniques
III. Les charges entraînées
V. Aspects énergétiques
V.3. Théorème de l'énergie cinétique

Écriture de la puissance à partir du P.F.D. :

$$P_T = J_T \cdot \Omega \cdot \frac{\mathrm{d}\Omega(t)}{\mathrm{d}t}$$ Qui s'exprime aussi $$P_T = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{1}{2} J_T \Omega^2(t)\right)$$

Mais la puissance est la dérivée de l'énergie, on l'identifie donc comme telle

Dans le cas d'une rotation : Lien énergie-vitesse

$$E_c(t) = \frac{1}{2} J_T \Omega^2(t)$$

Dans le cas d'une translation : Lien énergie-vitesse

$$E_c(t) = \frac{1}{2} m v^2(t)$$

Conclusion : Théorème de l'énergie cinétique

$$P_T = \frac{\mathrm{d}E_c(t)}{\mathrm{d}t}$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



Fin de
« Éléments d'électromécanique »

Des questions ?