Classes préparatoires aux
grandes écoles d'ingénieurs

Session 2020/2021

Améliorer les performance d'une éolienne à axe horizontal

Faycal Rhasri

Thème:

les enjeux sociétaux

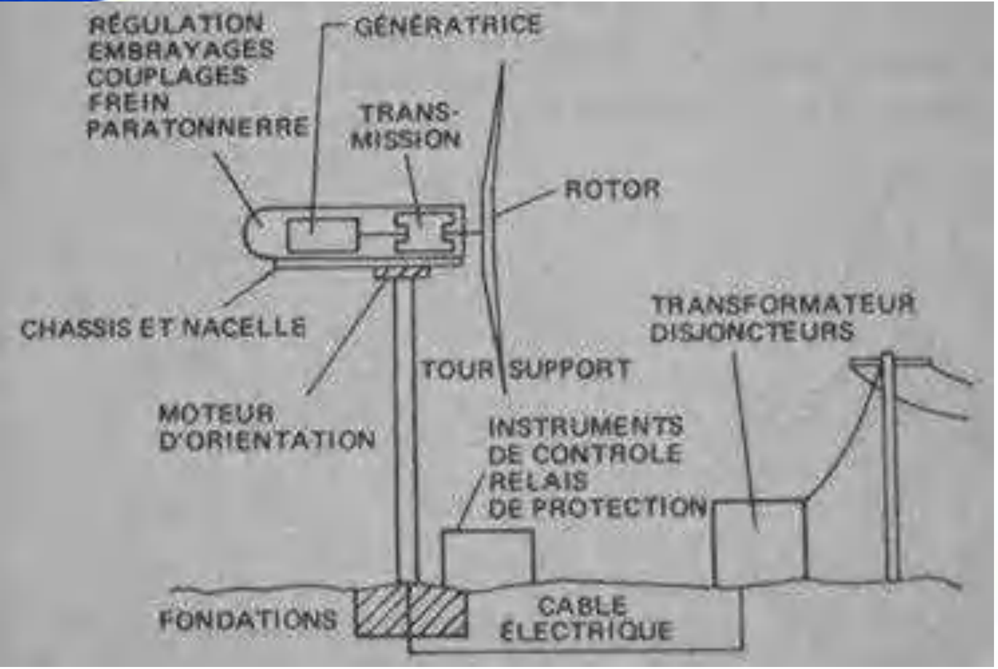
Problématique:

- ✓ *comment améliorer les performances d’une éolienne à axe horizontal pour produire plus d’Energie au Maroc ?*

Plan :

- *Introduction au système : l'éolienne*
- *Diagramme des exigences de l'aérogénérateur*
- *Etude Théorique*
- *EXPERIENCE :*
- *Modification du nombre de pales*
- *Modification du* diamètre des pales
- Modification de la hauteur de l'éolienne
- **Maximisation de la puissance avec asservissement de la vitesse**
- Conclusion

Introduction au système : l'éolienne



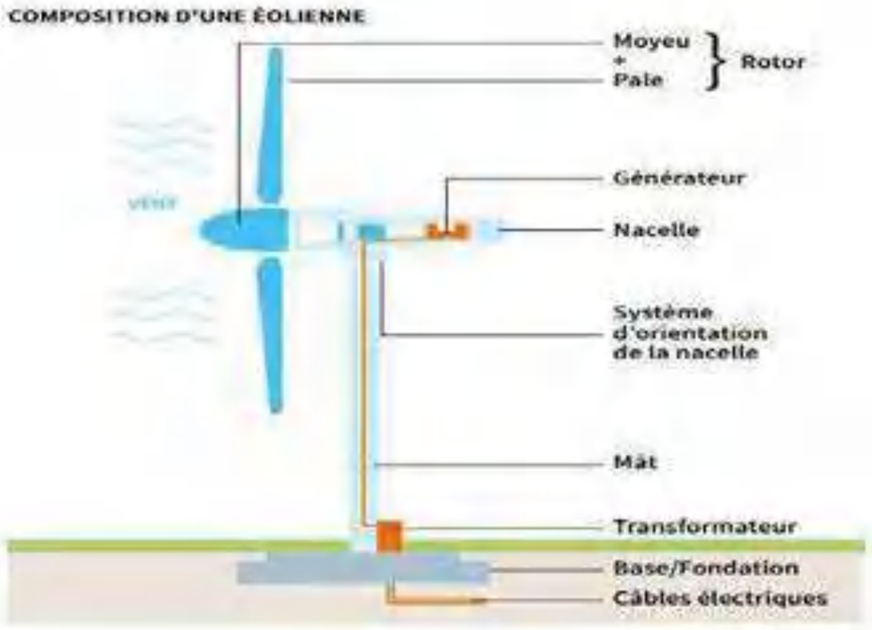
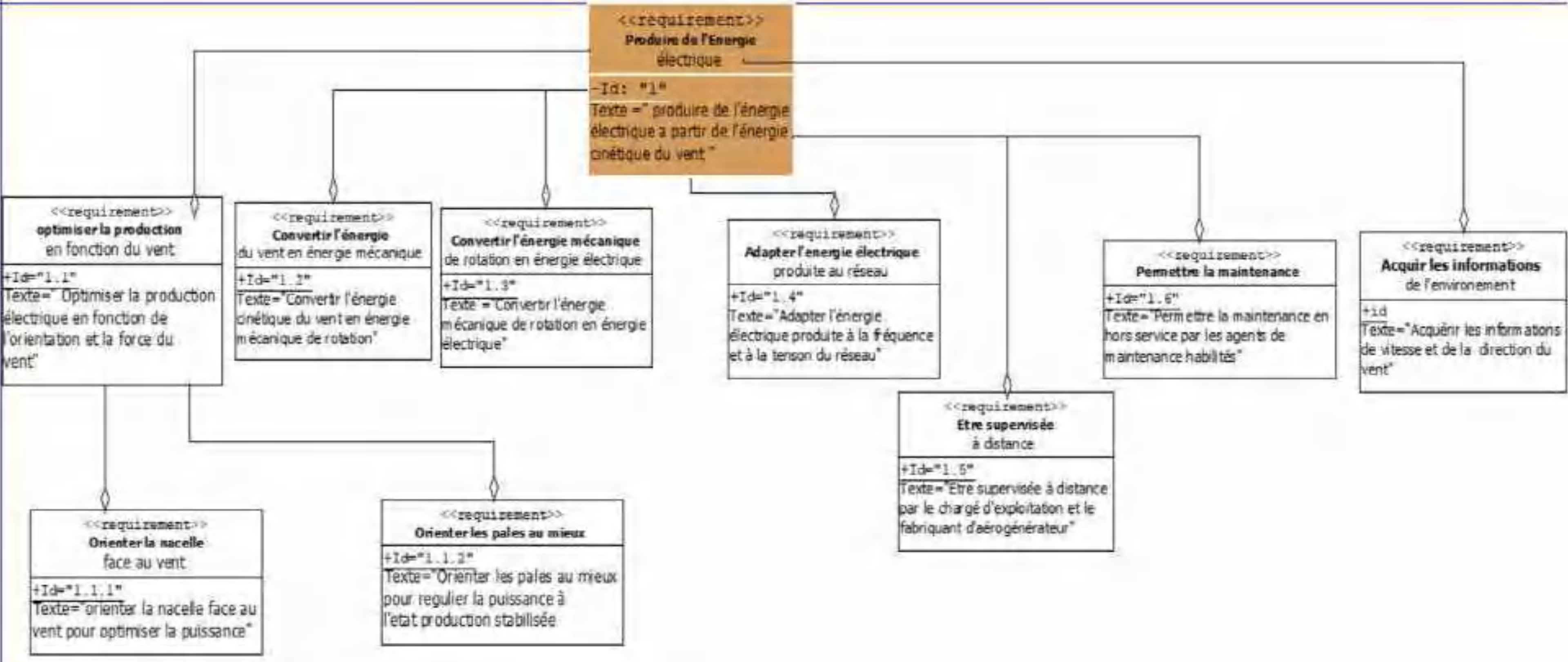


Diagramme des exigences



Etude théorique

Énergie cinétique: $E_c = \frac{1}{2}.m.v^2$ puisque la masse de l’air est: $m = \rho \cdot V$ Alors

Alors la Puissance théoriquement récupérable s'écrit : $P = E_{c/s} = \frac{1}{2}.m.v^2 = \frac{1}{2}.\rho_0.v.S.v^2$

Et la variation d’énergie cinétique s'écrit : $\Delta E_c = \frac{1}{2}.\rho.S.v_{avg}.(v_2^2 - v_1^2)$ alors $\frac{d\vec{P}}{dt} = \rho.S.v_{avg}.(\vec{v_1} - \vec{v_2})$

Or puisque $P = -\frac{d\Delta E_c}{dt}$ Alors on déduit que : $v_{avg} = \frac{v_1 + v_2}{2}$

En fin la puissance récupérable selon la théorie de Betz s’énonce :

$$\boxed{Pr = 1/4\,\rho S_1 (V_0 + V_2)^2 (V_0 - V_2)}$$

Etude théorique

Or puisque La puissance est maximale pour une vitesse telle que sa dérivée première s'annule et que sa dérivée seconde est négative ,donc : $\frac{d(\rho.S.(-v_2^3 - v_1.v_2^2 + v_1^2.v_2 + v_1^3))}{dv_2} = 0$ C'est-à-dire

$-3v_2^2 - 2v_1.v_2 + v_1^2 = 0$ On résout donc l'équation et trouve que P est donc maximale pour v_2 égal à $\frac{1}{3}v_1$

Donc la puissance maximale est : $P_{max} = \rho.S.v_1^3.\frac{8}{27}$

ce qui signifie que la puissance maximale récupérable ne pourra jamais représenter plus de 16 /27 × 100 = 59,26 % de la puissance disponible due au vent, **c'est la limite de Betz**.

Expérience

Fabrication du prototype de l'éolienne :

Expérience

Nous avons réalisé le montage suivant afin de relever la tension aux bornes de l'éolienne et l'intensité fournie par celle-ci pour alimenter une DEL et ceci pour différentes forces du vent.

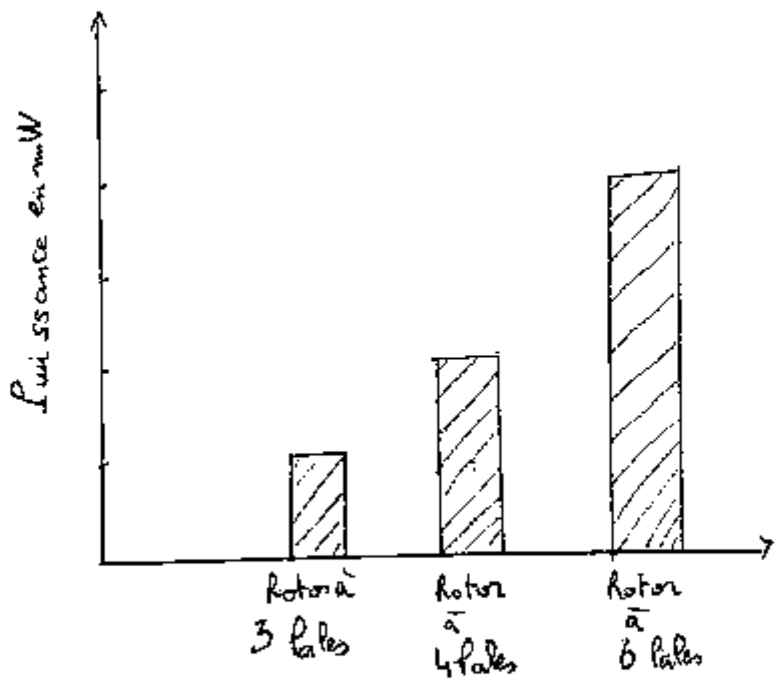
Modification du nombre de pales

<u>*Expérience*</u>



Modification du nombre de pales

Résultats et Conclusion :



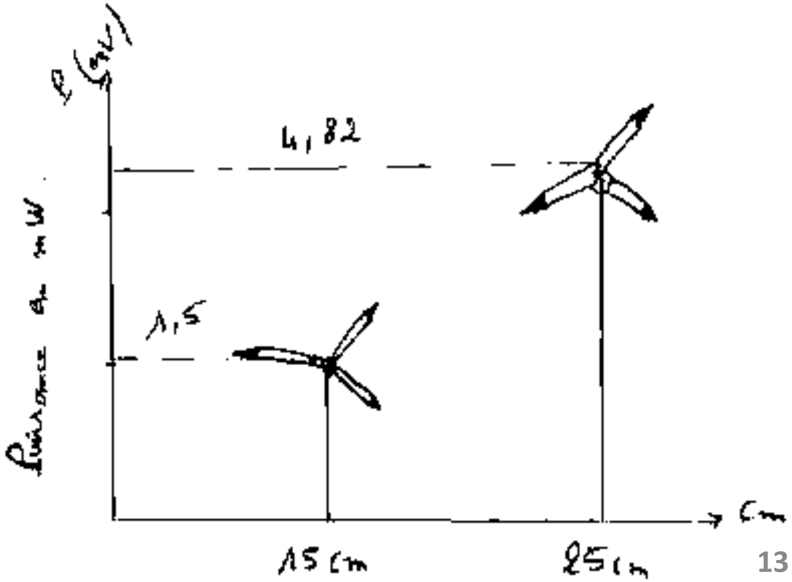
	Tension relevée (U)en Volte	Intensité relevée (I)en mA	Puissance (P=U*I)en mW
ROTOR à 3 pales	1.5	0.1	0.15
ROTOR à 4 pales	2.5	1.7	4.25
ROTOR à 6 pales	3	4.3	12.9

Modification de la hauteur de l'éolienne

Modification de la hauteur de l’éolienne

Résultats et Conclusion :

	Puissance relevée (P=U*I)en mA
Hauteur de 15 cm	1.5
Hauteur de 25 cm	4.82

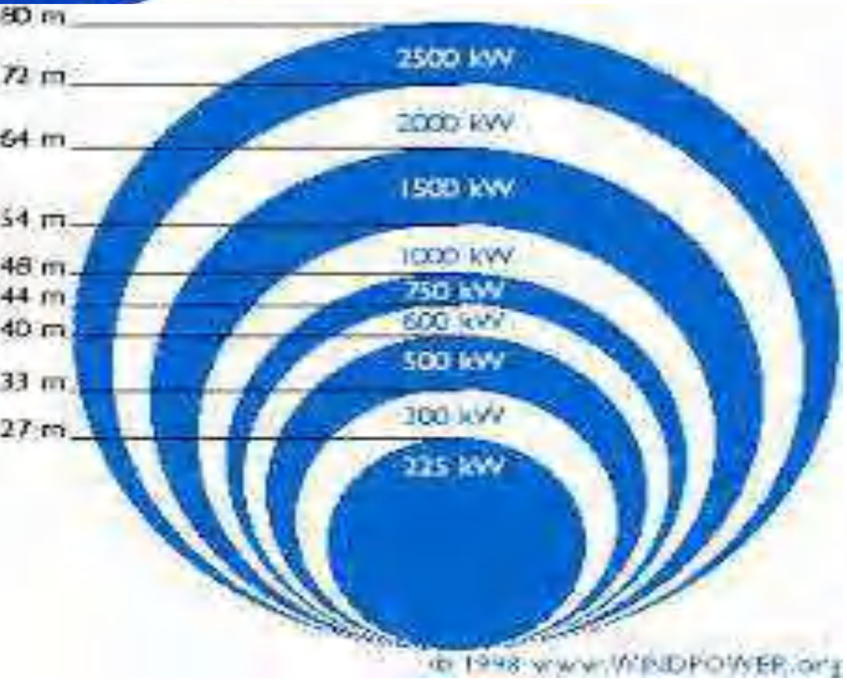


Expérience

Modification du diamètre des pales:

Modification du diamètre des pales

Résultats et Conclusion :



	Tension relevée (U)en volte	Intensité relevée (I) en mA	Puissance (P=U*I) en mW
Diamétre 4cm	1.5	0.08	0.12
Diamétre 6cm	1.9	1.3	2.47

Maximisation de la puissance avec asservissement de la vitesse

La puissance du vent ou la puissance éolienne

$$P_v = \frac{1}{2}\rho.S.V^3$$

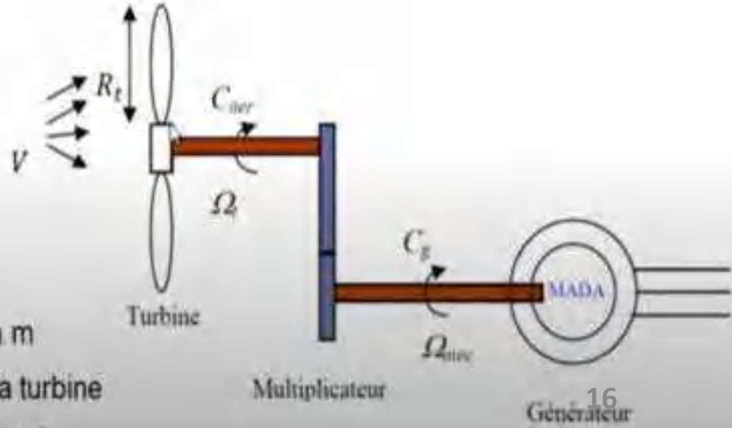
La puissance de l'aérogénérateur

$$C_p = \frac{P_{aero}}{P_v} \rightarrow P_{aero} = C_p\,.P_v$$

$$P_{aero} = \frac{1}{2}C_p.\rho.S.V^3$$

Le ratio de la vitesse λ est défini comme le rapport entre la vitesse linéaire des pales et la vitesse du vent

$$\lambda = \frac{\Omega_t.R_t}{V}$$



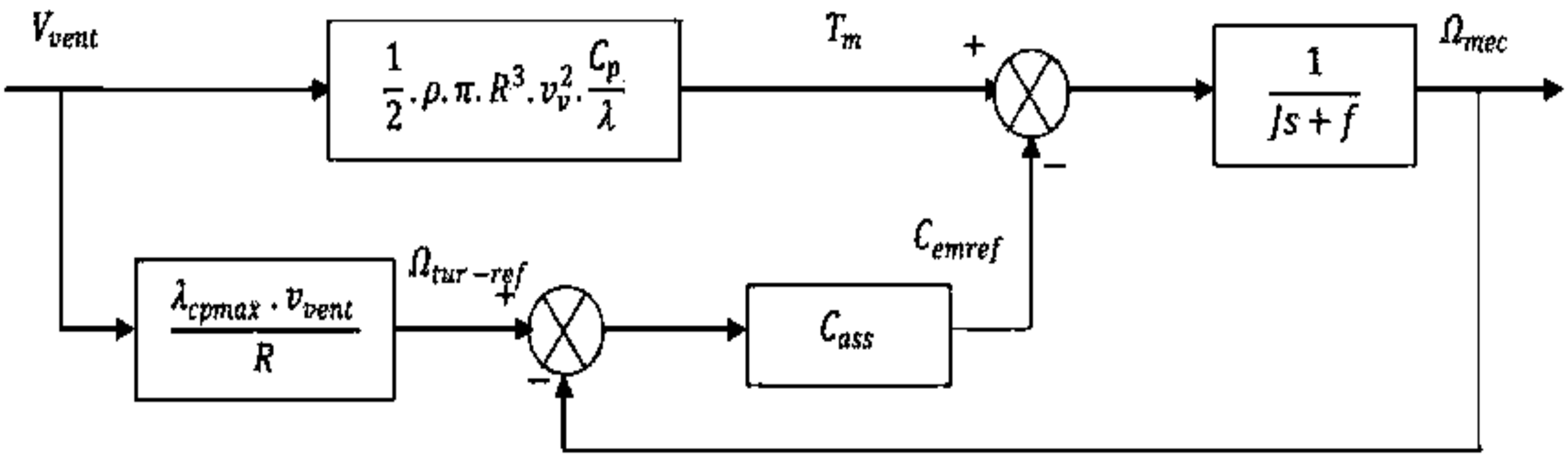
R_t : Rayon des pales en m

Ω_t: Vitesse de rotation la turbine

v: Vitesse moyenne du vent

Maximisation de la puissance avec asservissement de la vitesse

Schéma bloc de la turbine avec maximisation de la puissance extraite à l'aide d'un asservissement de la vitesse



Calcul des paramètres du régulateur de vitesse PI:

La fonction de transfert qui décrit cette action est donnée par :

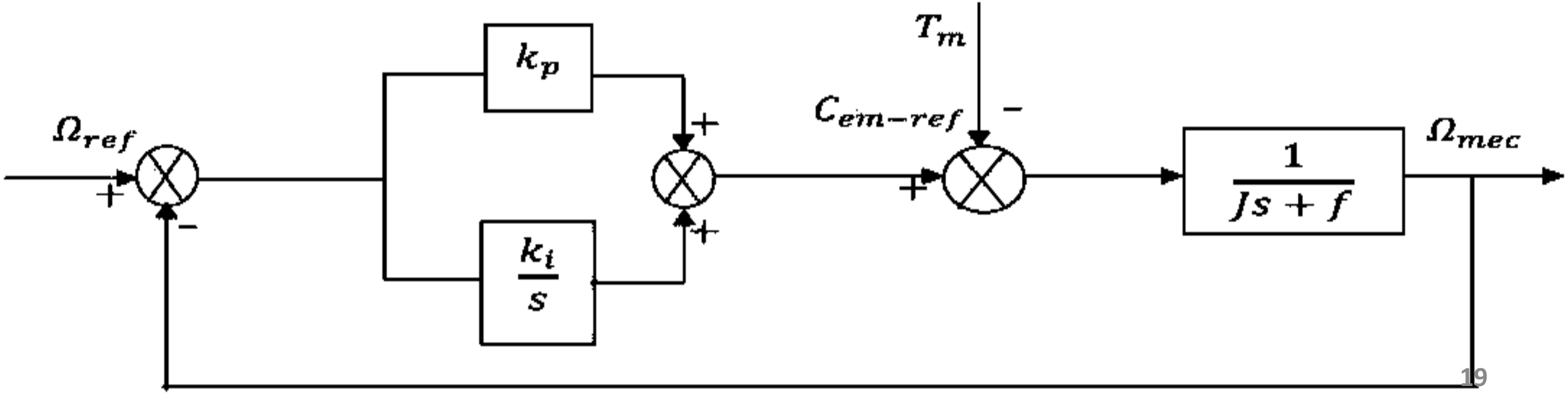
$$C_{em-ref}(s) = \left(k_i + \frac{k_p}{s}\right).\left(\Omega_{tur-ref}(s) - \Omega_{mec}(s)\right)$$

k_i : le gain intégral

k_p : le gain proportionnel

Calcul des paramètres du régulateur de vitesse PI:

Si on isole la partie du schéma de commande qui concerne la boucle de régulation de vitesse on obtient:



Calcul des paramètres du régulateur de vitesse PI:

$$\Omega_{mec}(s) = F(s).\Omega_{ref}(s) - P(s).T_m(s)$$

$$F(s) = \frac{k_p s + k_i}{Js^2 + (f + k_p)s + k_i}$$

$$P(s) = \frac{s}{Js^2 + (f + k_p)s + k_i}$$

Au régime permanent :

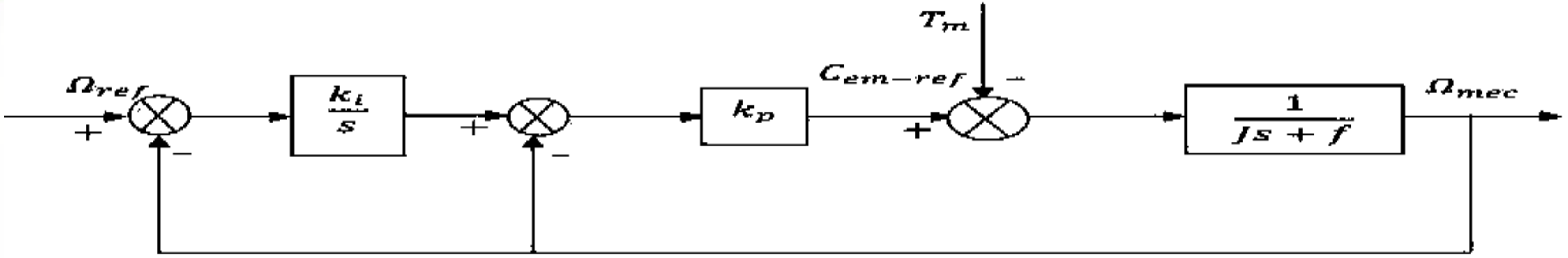
$$\Omega_{mec} = F(s).\Omega_{ref}$$

les coefficients du régulateur PI :

$$k_i = \omega_n^2.J$$

$$k_p = 2.\xi_n.\omega_n.J - f$$

Calcul des paramètres du régulateur de vitesse IP :



La fonction de transfert :

$$\Omega_{mec} = F(s).\Omega_{ref} - P(s).T_m$$

$$F(s) = \frac{k_p k_i}{Js^2 + (f + k_p)s + k_i k_p}$$

$$P(s) = \frac{s}{Js^2 + (f + k_p)s + (k_i k_p)}$$

les coefficients du régulateur PI :

$$k_p = (2.\xi_n.\omega_n.J) - f$$

$$k_i = \frac{J\omega_n^2}{k_p}$$

Conclusion