

Centrales marémotrices : Rôle de l'asservissement de la vitesse et du dessalement



Réalisé par: BOUTAHAR Mohammed

Encadré par: Mr BENCHEKROUN Mohammed

Énergie
électrique

Enjeux
sociétaux

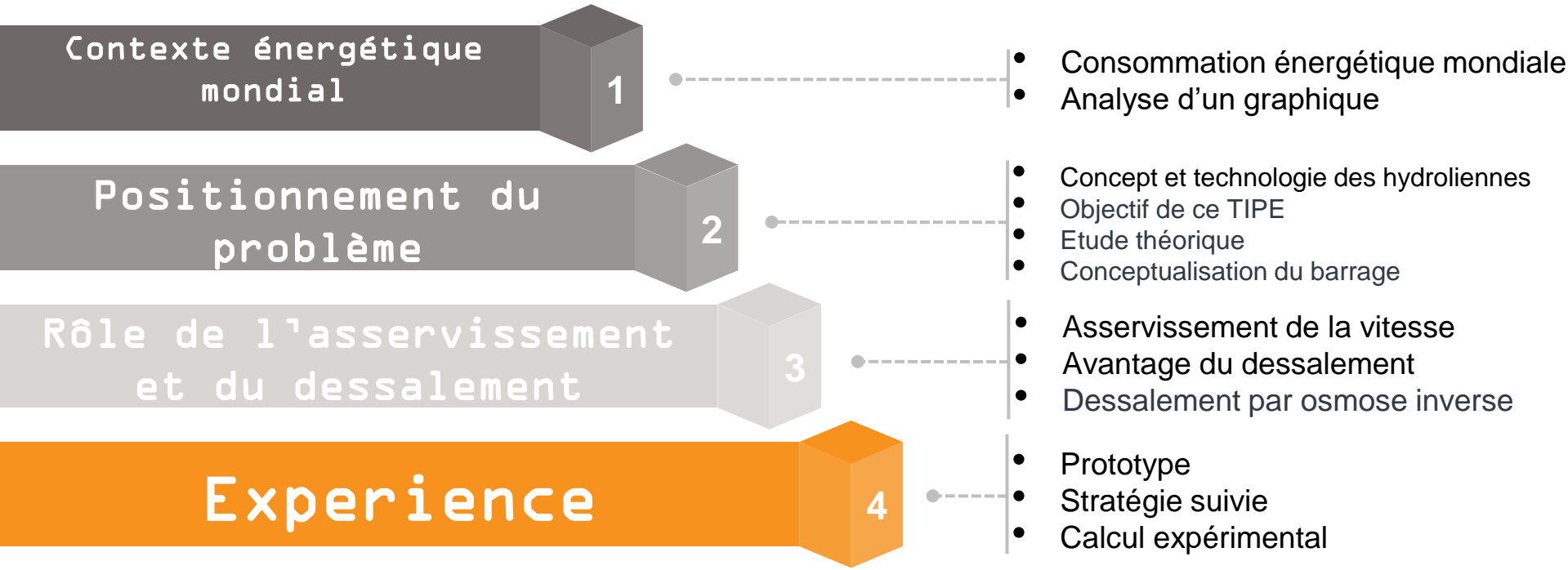
Eau
potable



INTRODUCTION

Les centrales marémotrices ont permis de couvrir un grand besoin en termes d'énergies vertes, cependant la propagation de ces dernières n'est toujours pas si importante due au niveau du marnage qui varie d'un lieu à l'autre. Il est donc primordial d'améliorer le fonctionnement de ce système tout en essayant d'extraire non seulement de l'électricité mais aussi de l'eau potable quotidiennement.

Présentation DU PLAN



Contexte énergétique mondial

1

- Consommation énergétique mondiale
- Analyse d'un graphique

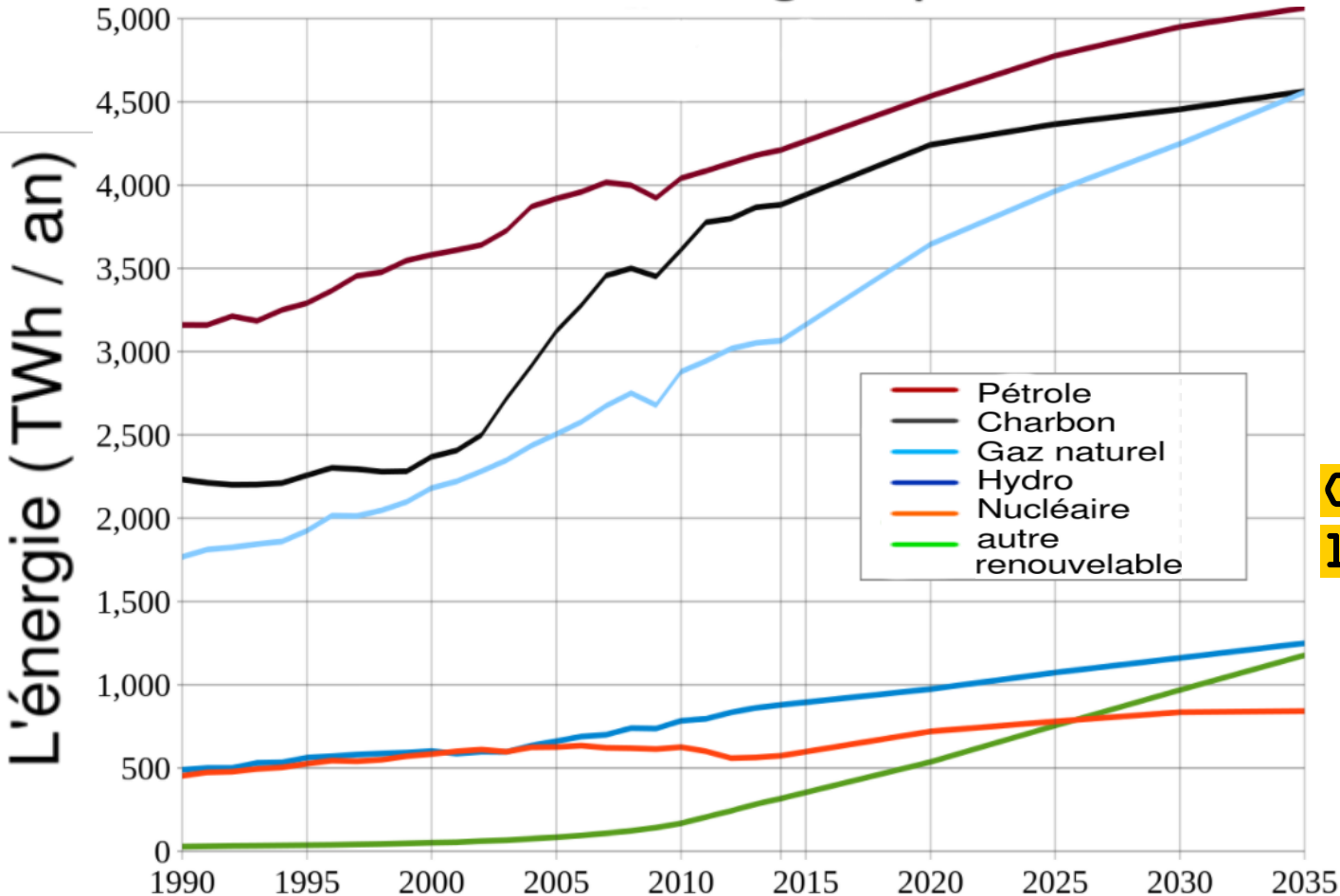


Consommation énergétique mondiale

L'énergie finale consommée dans le monde s'élevait à 9 938 Mtep en 2018 contre 4 660 Mtep en 1973, en progression de 113 % en 45 ans. Cette tendance est motivée par différents facteurs, à la fois économiques et sociologiques.



Consommation énergétique mondiale



**Commentaire sur
le graphique :**



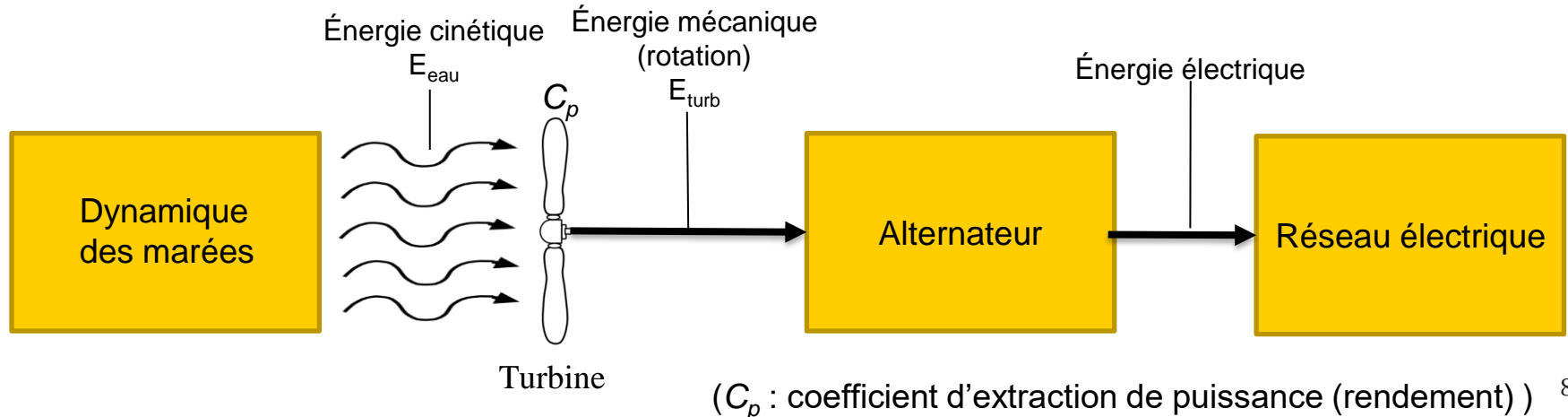
Positionnement du problème

2

- Concept et technologie des hydroliennes
- Objectif de ce TIPE
- Etude théorique
- Conceptualisation du barrage

Concept et technologie des hydroliennes

- Une hydrolienne est un capteur d'énergie cinétique des courants de marée qui permet de convertir cette dernière en l'énergie électrique via un alternateur.



Objectif de ce TIPE

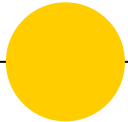
- Réaliser un modèle théorique pour décrire le barrage dont le but est d'exploiter le marnage.
- Décrire les deux méthodes proposées pour avoir un rendement maximal constant.

Avantage de :

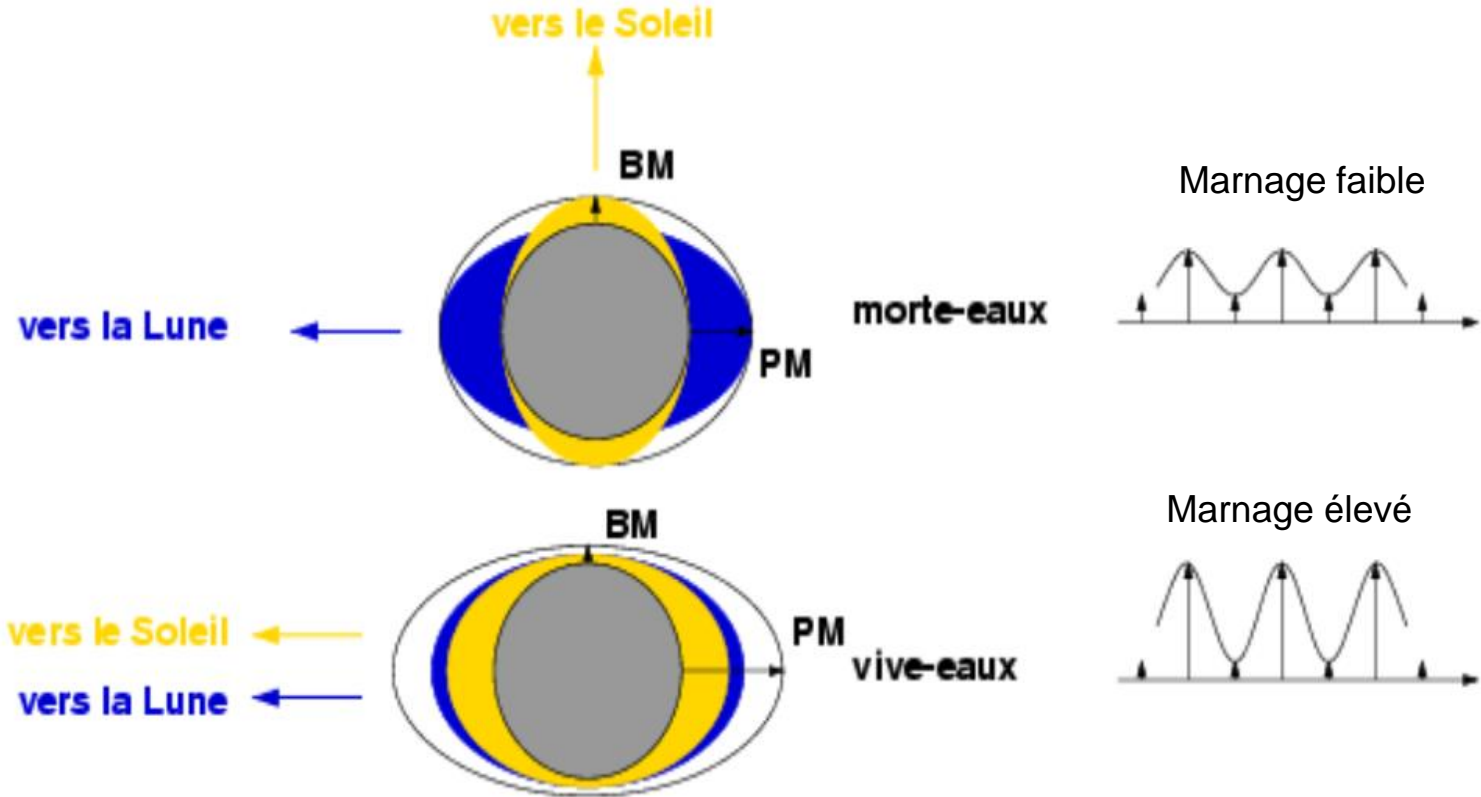
1. Asservissement de la vitesse
2. Dessalement sur le rendement du système

- Effectuer une étude expérimentale dévoilant l'impact du système de dessalement.

Étude théorique



Influence de la lune et du soleil sur le phénomène de marée



Potentiel de la marée et puissance extraite

- La puissance cinétique totale de la marée P :

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V_m^3$$

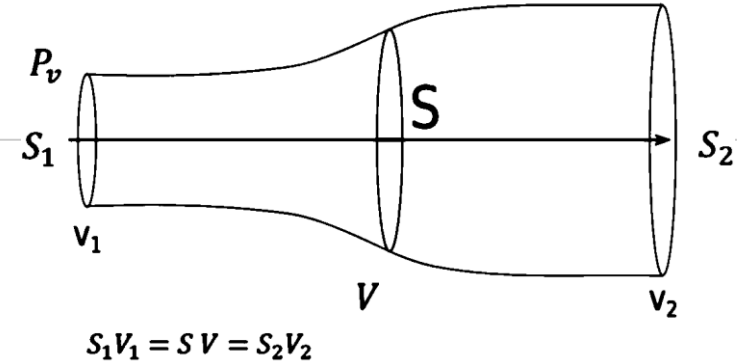
$S = \pi \cdot R^2$: surface balayée par les pales de l'hydrolienne
 ρ : masse volumique de l'eau
 V_m : vitesse du fluide.

- La puissance de la turbine :

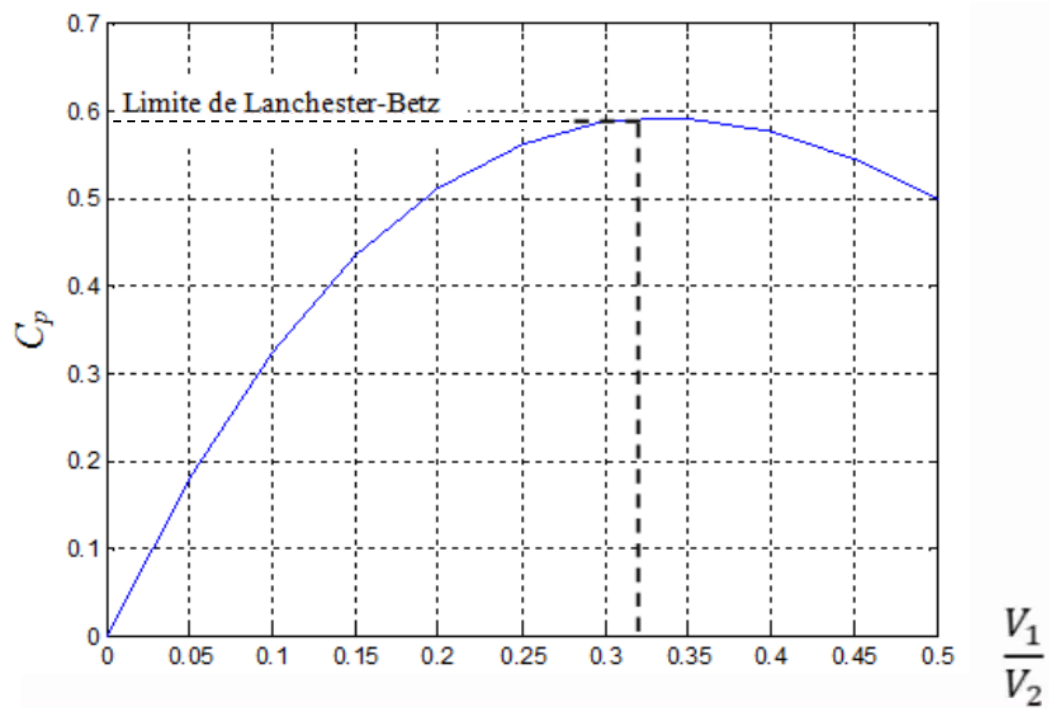
$$P_t = P \cdot C_p = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_p \cdot S \cdot V_m^3$$



Limite théorique de rendement : théorie de Betz

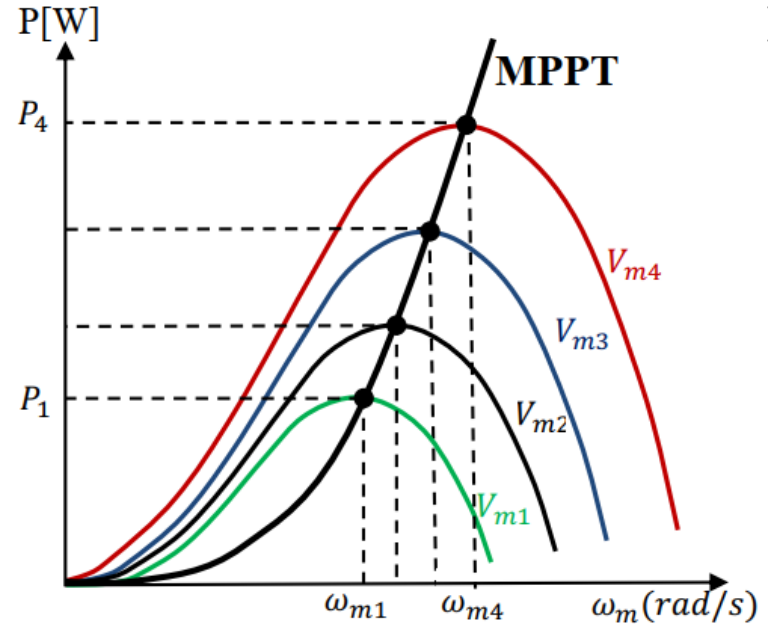


- La **limite de Betz** est une loi physique qui indique que la puissance théorique maximale développée par un capteur éolien est égale à **16/27** de la puissance incidente du vent qui traverse l'éolienne.



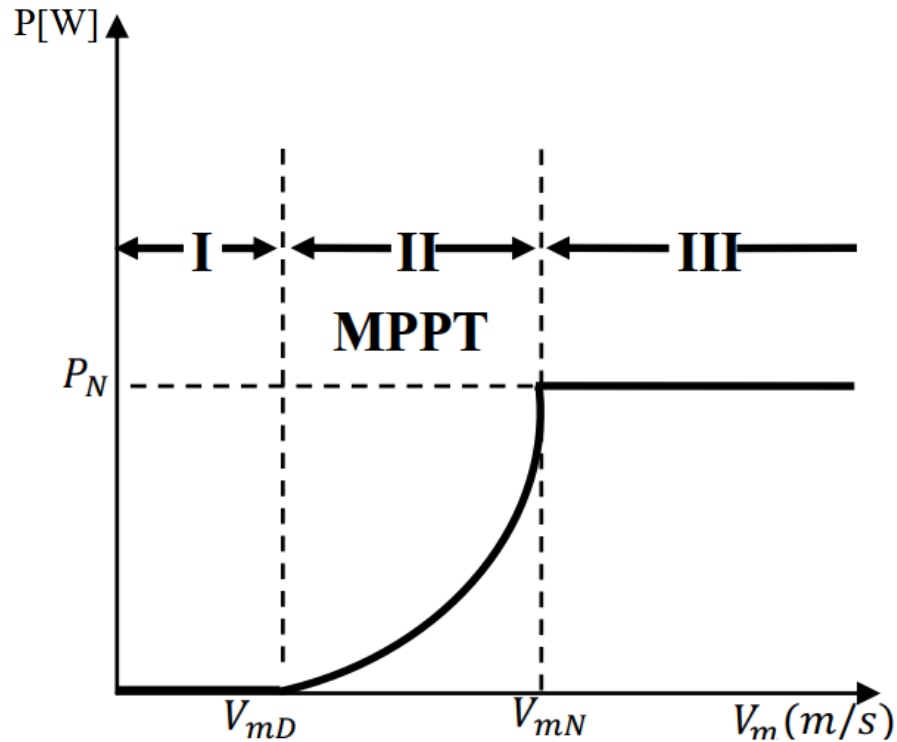
Stratégie de maximisation et de limitation de la puissance

- La stratégie MPPT (Maximum Power Point Tracking) consiste à estimer le couple électromagnétique (C_{em_opti}) de manière à fixer une référence de la vitesse mécanique (ω_{t_opti}) afin d'extraire la puissance maximale.
- Cette méthode permet la recherche des maxima sur la courbe de puissance pour tirer la vitesse mécanique optimale V_m

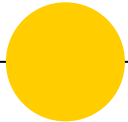


Courbe de puissance en fonction de la vitesse mécanique (stratégie MPPT)

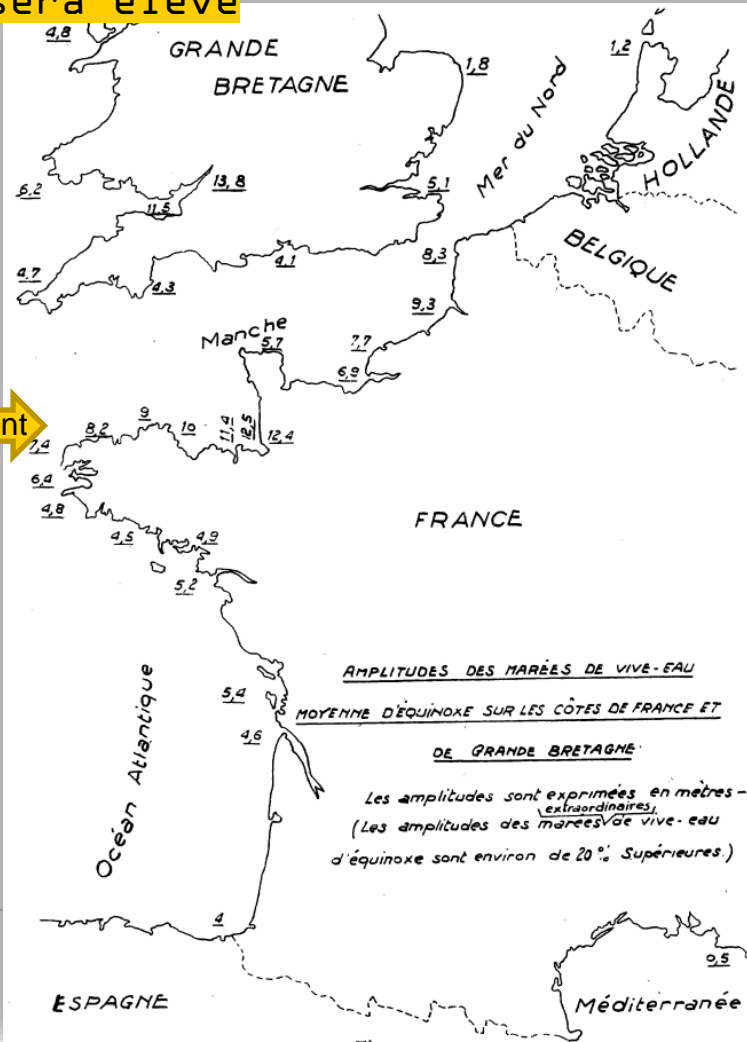
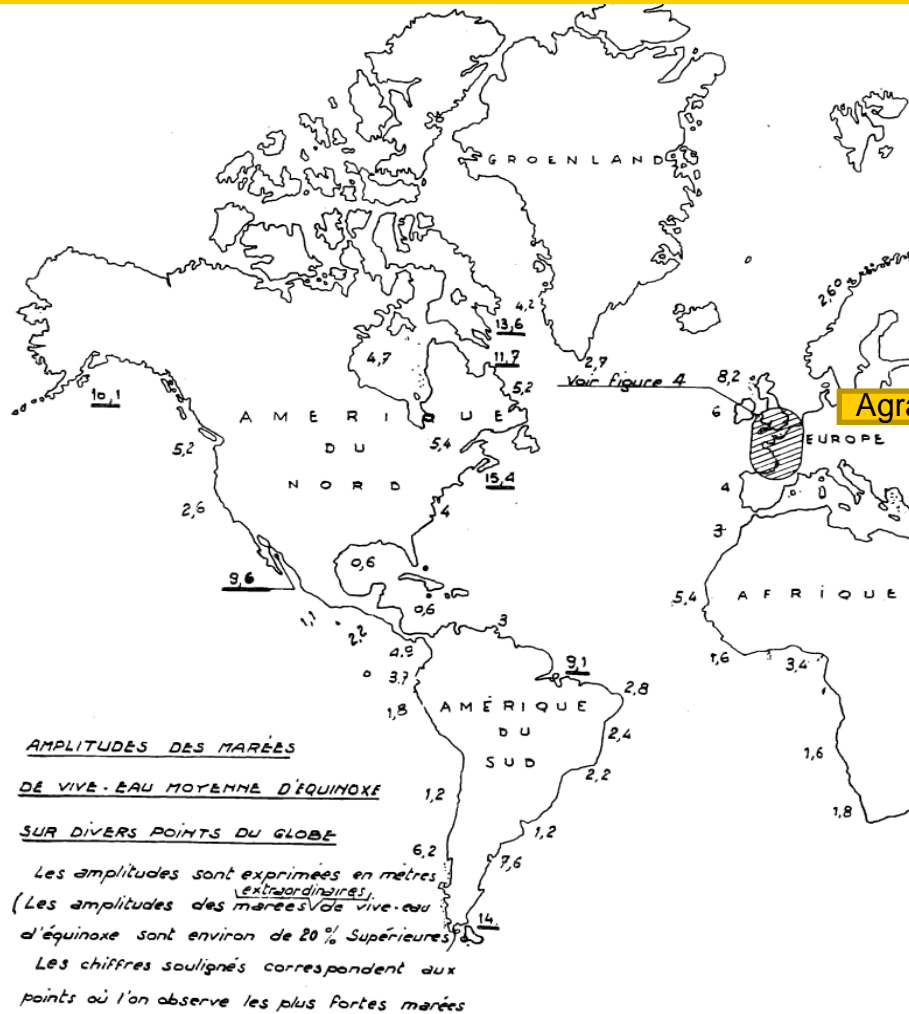
La stratégie MPPT en action :



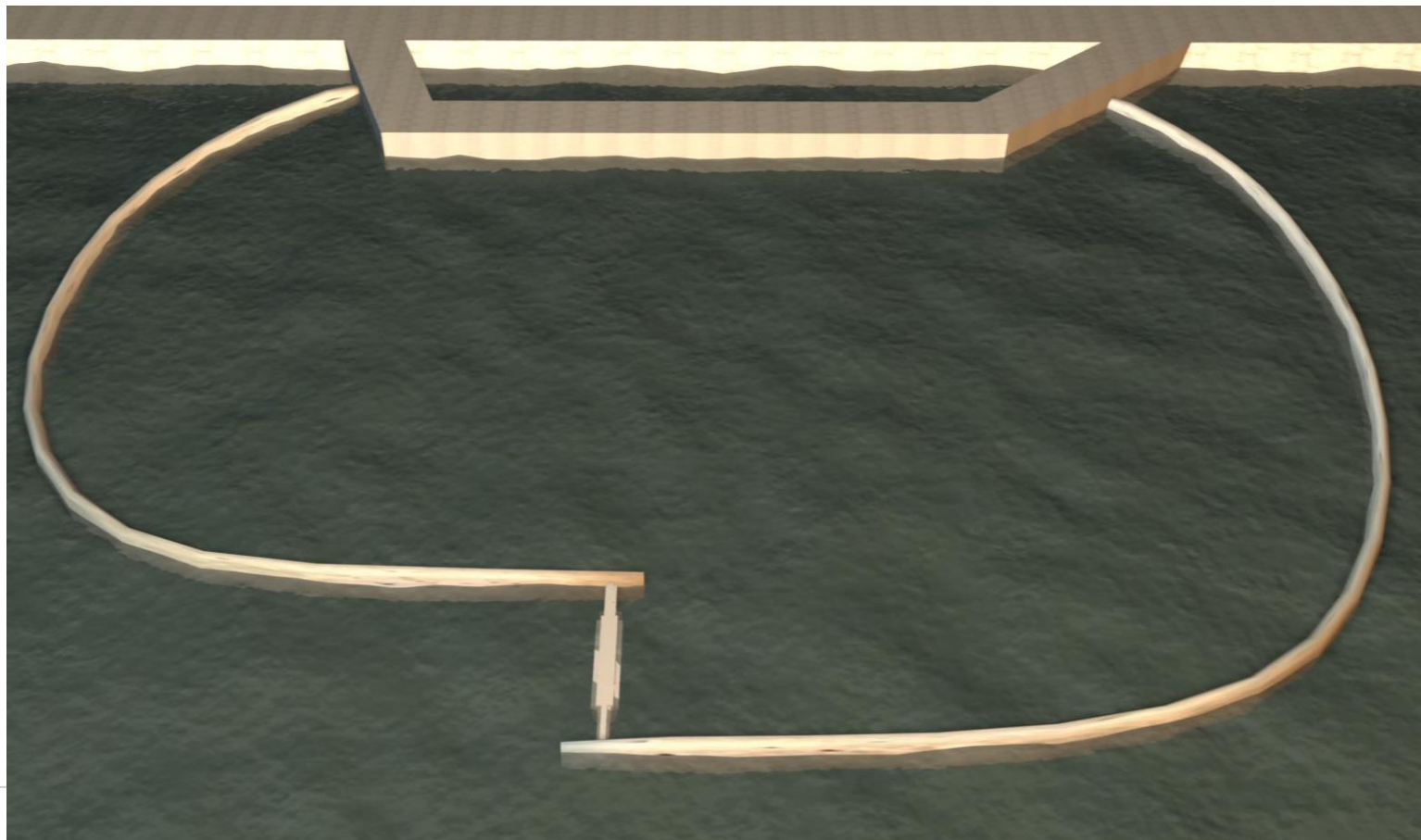
Conceptualisation du barrage



1) (Choisir le milieu idéal où la marnage sera élevé)

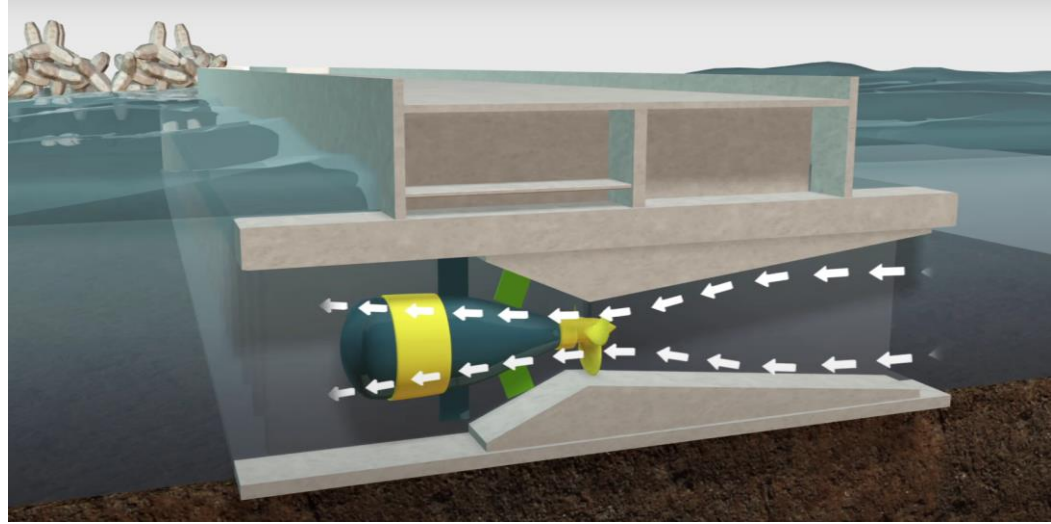


Modélisation du barrage (varie selon les caractéristiques du milieu)



Marée haute - remplissage
du bassin.

1^{ère} phase de génération
d'énergie électrique.



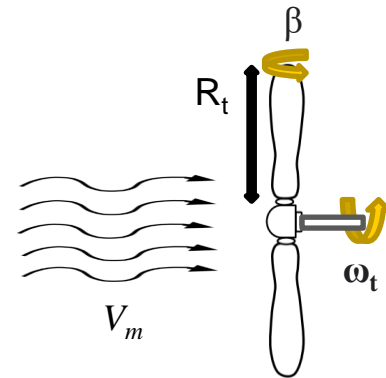
Marée basse - vidange du
bassin.

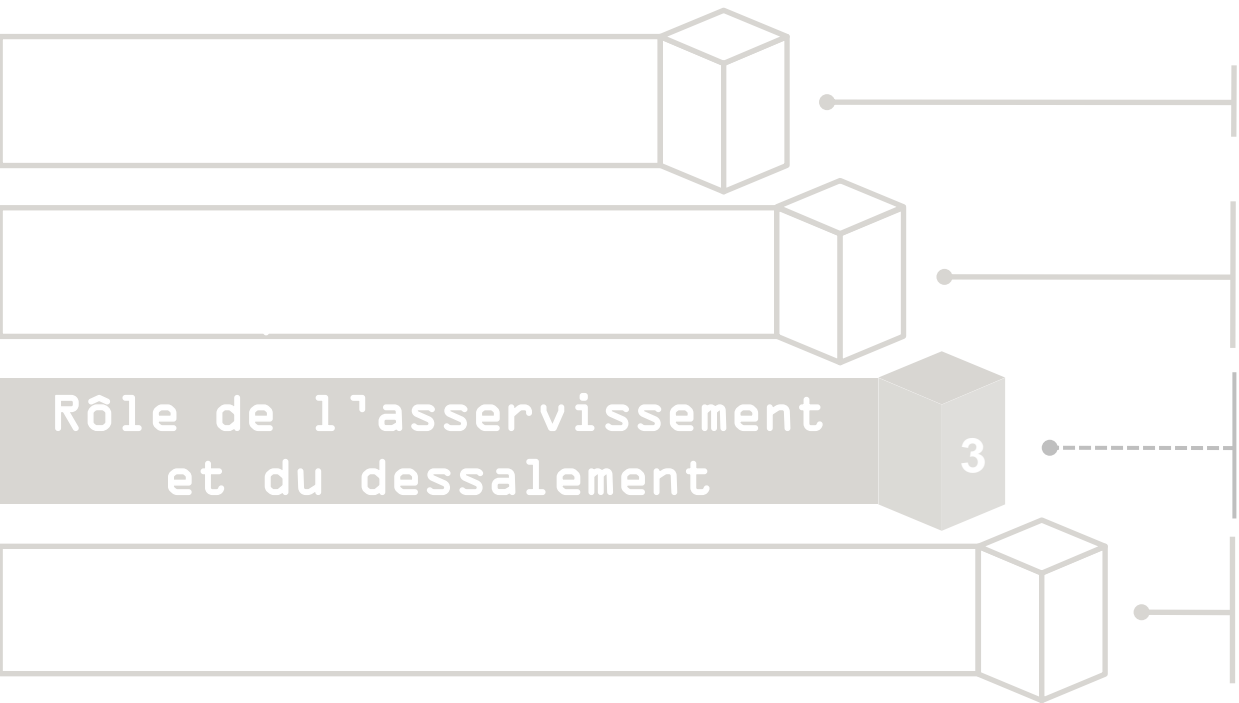
2^{ème} phase de génération
d'énergie électrique.



Choix de l'hydrolienne

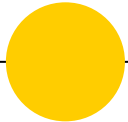
- En tenant compte des contraintes hydrodynamiques sur ces hydroliennes à axe horizontal, la turbine tripale est plus efficace que la bipale, par conséquent, nous utiliserons dans cette étude une **hydrolienne tripale à axe horizontal**. Caractérisée par un ratio $\lambda = \frac{R_t \cdot \omega_t}{V_m}$, et par un angle de calage β (fixe pour notre hydrolienne)





- Asservissement de la vitesse
- Avantage du dessalement
- Dessalement par osmose inverse

Impact du régulateur de vitesse pour la turbine




Asservissement de la vitesse mécanique

- La relation clé de cette stratégie :

$$C_{em} = C_{em_opti} = R_v(\omega_{m_opti} - \omega_m)$$

- C_{p_max} , qui est la maximal de C_p , est obtenu pour une valeur optimale du ratio de vitesse λ ($\lambda_{opti} = \lambda(C_{p_max})$) d'après l'équation suivante :

$$\omega_{t_opti} = \frac{\lambda_{opti} \cdot V_m}{R_t}$$



- On a : $C_{\text{total}} = C_t - C_{\text{em}} - C_f$

- Or : $C_{\text{total}} = J \cdot \frac{d\omega_m}{dt}$ d'après le PFD

- De plus $C_f = f \cdot \omega_m$

- D'où : $C_t - C_{\text{em}} - f \cdot \omega_m = J \cdot \frac{d\omega_m}{dt}$

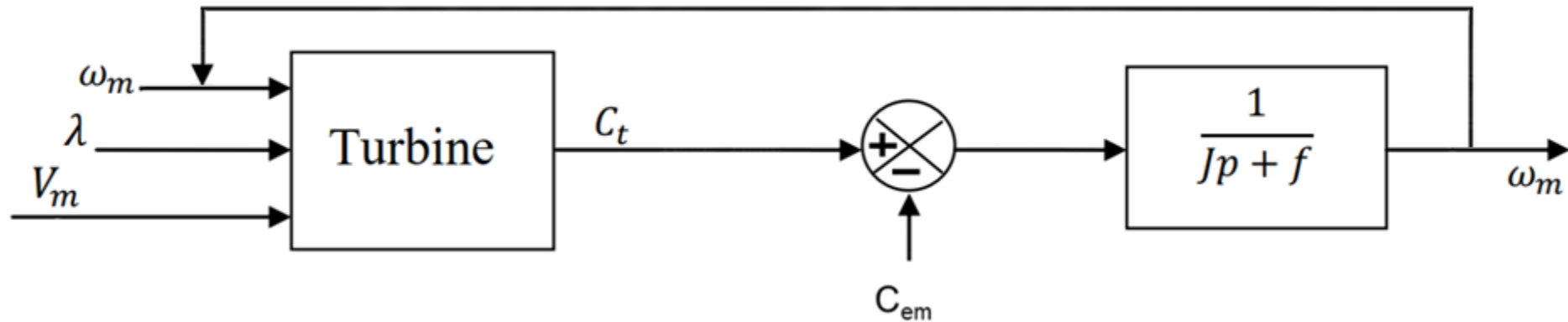
- En effectuant la transformée de Laplace :

$$C_t - C_{\text{em}} - f \cdot \omega_m = J \cdot p \cdot \omega_m$$

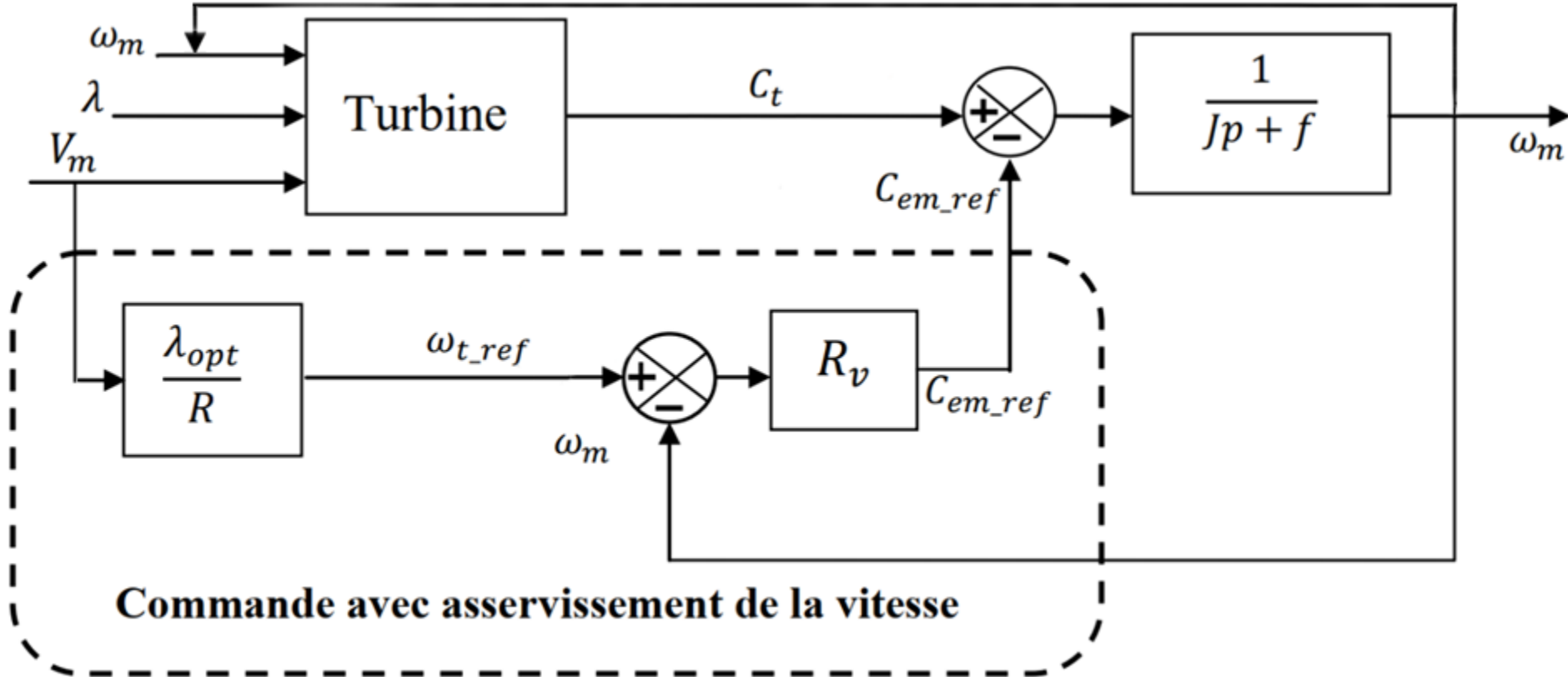
- Par suite: $\omega_m = \frac{1}{Jp + f} (C_t - C_{\text{em}})$



On obtient le schéma bloc suivant:



En présence du système de control de vitesse on obtient :

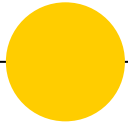




Rôle (impact) de l'asservissement de la vitesse

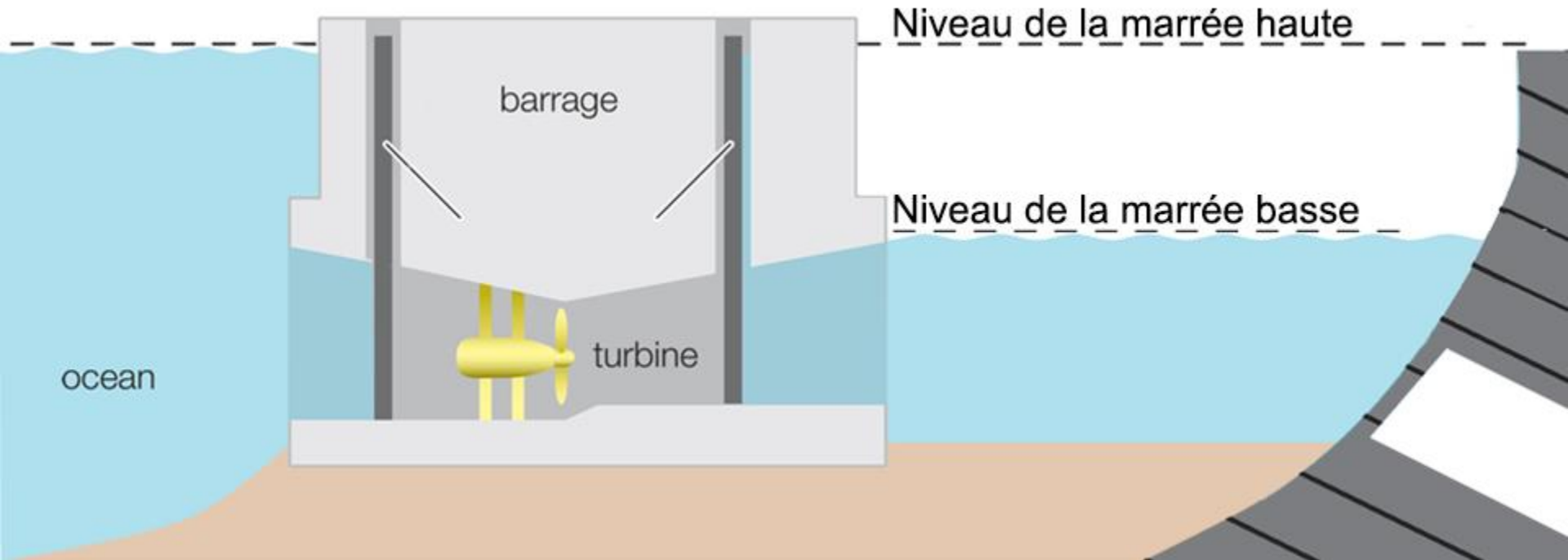
- Maintenir C_p à sa valeur maximale
- Eliminer la turbulence causée par les limiteurs de vitesse mécaniques, chose qui affecte positivement la durabilité du système

Installation – Rôle – Technique du dessalement



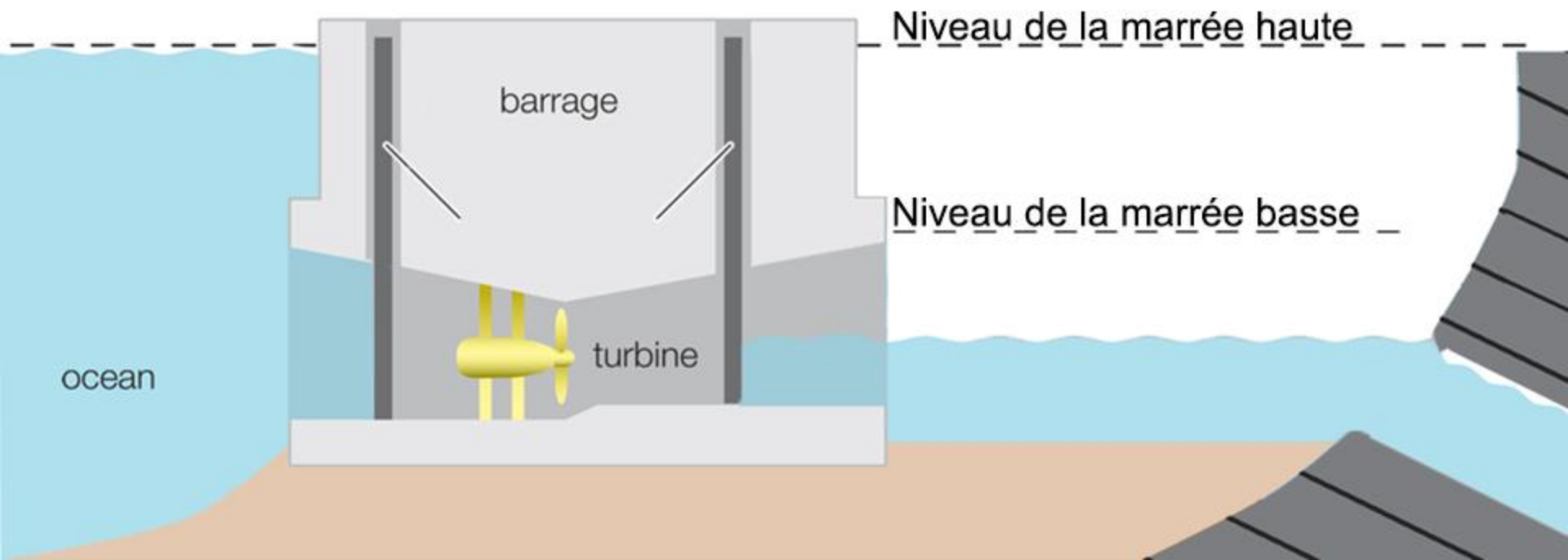
Installation du système de dessalement

● Barrage disposant d'une ouverture contrôlable, cette dernière va être positionner dans un niveau inferieur a celui de la marée basse





Le niveau d'eau dans le bassin diminue

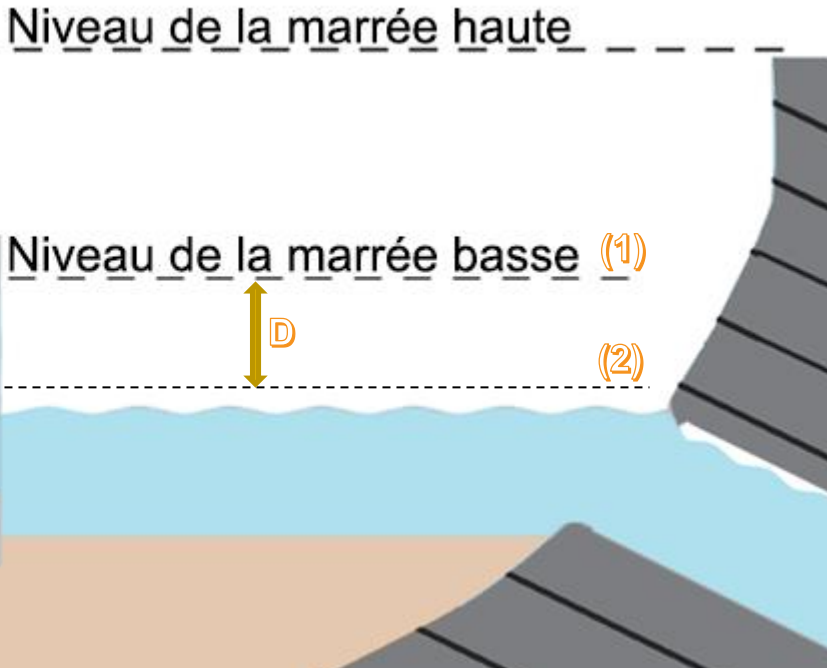


Rôle (impact) du dessalement sur le rendement

(1) : niveau d'eau morte dans le bassin **avant** l'installation du système

(2) : niveau d'eau morte dans le bassin **après** l'installation du système

D : différence entre l'ancien niveau d'eau mort et le nouveau

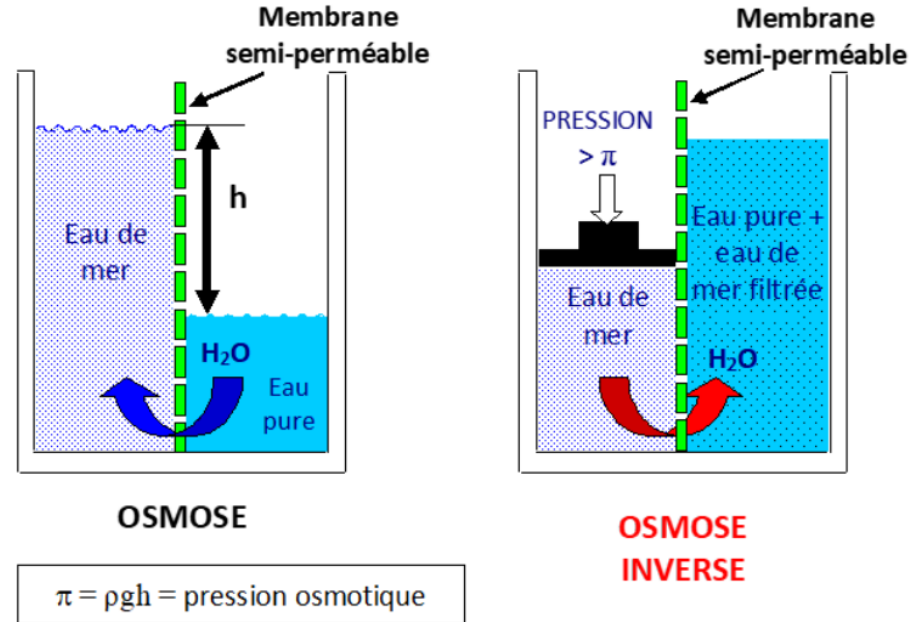


Impact de cette différence :

Marnage plus important → Vitesse d'écoulement supérieur → puissance cinétique de marée plus important → Élongation de la durée d'extraction de l'énergie électrique et amélioration du rendement.

Technique du dessalement (osmose-inverse)

- La **pression osmotique** se définit comme la pression minimale qu'il faut exercer pour empêcher le passage d'un solvant d'une solution moins concentrée à une solution plus concentrée au travers d'une membrane semi-perméable



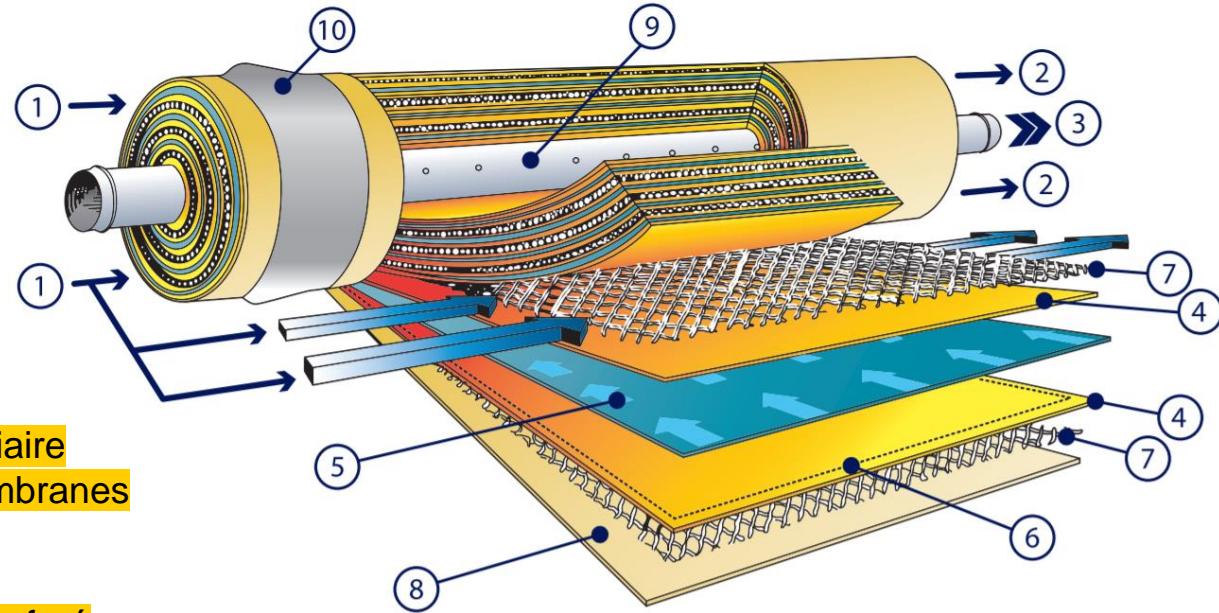


Usage a grand échelle:

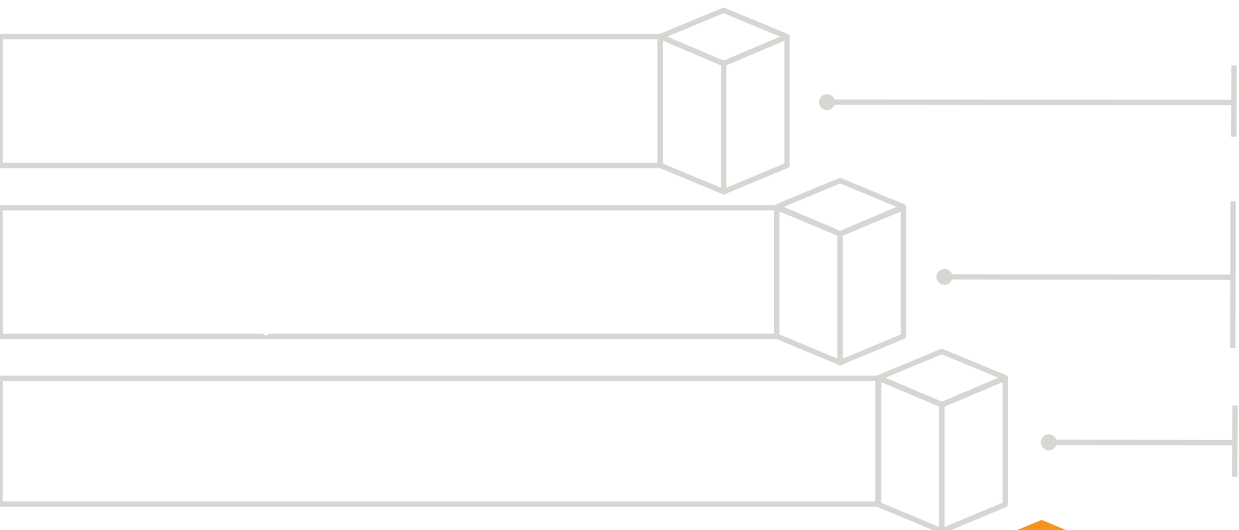
Description :

- La décarbonatation par filtration membranaire met en œuvre des membranes ultra fine permettant de retenir différentes matières sans ajout de réactif.
- Ces membranes sont adaptées aux eaux dites « difficiles » présentant plusieurs paramètres spécifiques à corriger.





1. Entrée de l'eau brute
2. Sortie du concentrat
3. Sortie du perméat
4. Membrane
5. Collecteur du perméat intermédiaire
6. Ligne de soudures de deux membranes
7. Espaceur
8. Matériau de protection
9. Collecteur de perméat central perforé
10. Joint d'étanchéité entre module et carter



Experience

4

- Prototype
- Stratégie suivie
- Calcul expérimental

Prototype :





Débit de l'eau
source (océan)
(constant)



Débit de
sortie d'eau
(dépend de si
le système est
installé ou
pas)



La stratégie suivie :

- Le débit volumique est lié à la puissance de la turbine par la relation suivante :

$$P_t = P.C_p = \frac{1}{2} \cdot \rho.C_p.S.V_m^3 = \frac{1}{2} \cdot \rho.C_p.V_m^2.Q_v \quad \text{Avec } Q_v = S.V_m$$

- Cela nous permet de calculer les débits suivants:
 - Débit de l'eau source (océan) = $1/3,29 = 0,108 \text{ dm}^3/\text{s}$
 - Débit de sortie d'eau avant installation du système = $3/10,3 = 0,299 \text{ dm}^3/\text{s}$
 - Débit de sortie d'eau après installation du système = $4/11,05 = 0,362 \text{ dm}^3/\text{s}$
- Donc, au niveau de l'ouverture de la turbine :
 - avant installation du système : $Q_{v1} = 0,299 - 0,108 = 0,191 \text{ dm}^3/\text{s}$
 - après installation du système : $Q_{v2} = 0,362 - 0,108 = 0,254 \text{ dm}^3/\text{s}$

Avant installation du système (Q_{v1}) :

Vitesse de rotation de la turbine :

→ Début du cycle : $(1/1,19) \times 60 = 50,42$ tr/min

→ Fin du cycle : $(1/1,415) \times 60 = 42,4$ tr/min

Vitesse moyenne de rotation de la turbine :

$$\omega_{m1} = 46,41 \text{ tr/min}$$

Après installation du système (Q_{v2}) :

Vitesse de rotation de la turbine :

→ Début du cycle : $(1/0,895) \times 60 = 67,04$ tr/min

→ Fin du cycle : $(1/1,275) \times 60 = 47,06$ tr/min

Vitesse moyenne de rotation de la turbine :

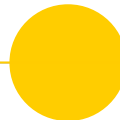
$$\omega_{m2} = 57,05 \text{ tr/min}$$

Conclusion:

Amélioration de la vitesse de rotation avec augmentation de la durée du cycle d'extraction:

Gain en vitesse de **22,92%**

Gain en puissance de la turbine de **85,72%**



● Bilan:

- ◉ Générer de l'électricité sans émettre du CO₂
- ◉ Créer une source d'eau potable en cas de besoin
- ◉ Simuler un marnage plus élevé permettant l'installation des centrales marémotrices dans plus de sites (notamment en Afrique dont le besoin d'électricité et d'eau potable persiste)

Conclusion

Comblen les besoins sociétaux est une responsabilité à nous tous, et le plus congru demeure d'assurer une source durable et écologique d'énergie électrique ainsi que d'eau potable. Cela nous laisse réfléchir aux énergies hydrauliques dont l'usage reste toujours limité de nos jours malgré les prérogatives innombrables qu'elles proposent.

Dans un monde qui change, il n'y a pas de plus grand risque que de rester immobile...Réagissons.