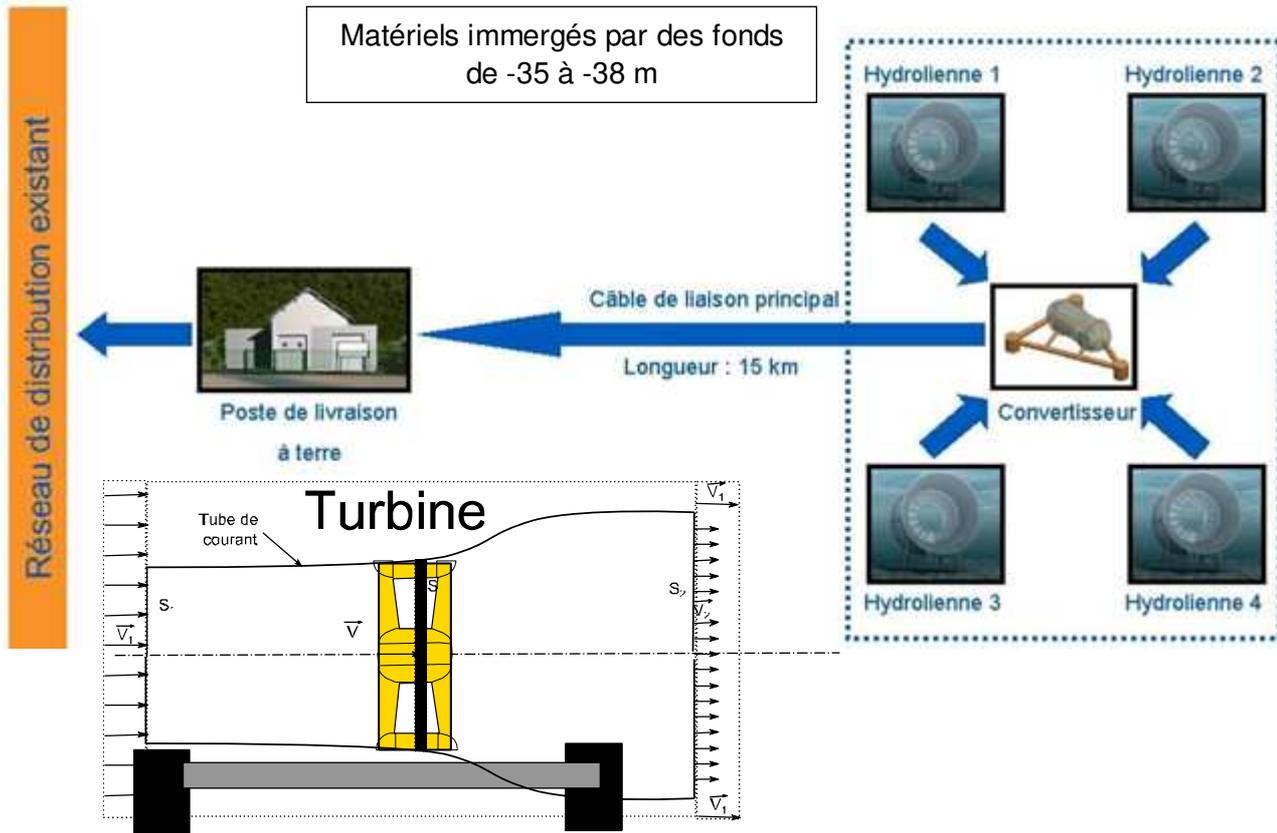


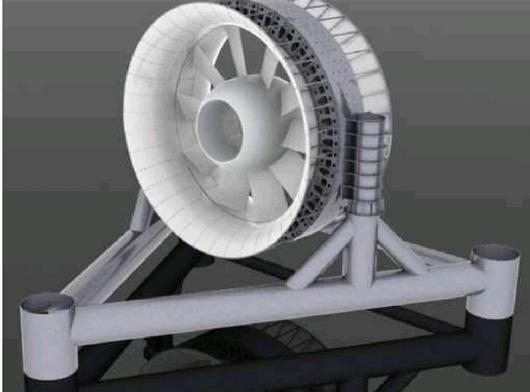
AP	AP 24	TSI1		TSI2			
	Statique : Equilibre d'un solide		X				
	Hydrolienne		Période				
		1	2	3	4	5	
Cycle 9 : Statique		Durée : 5 semaines					X

1 Présentation de l'hydrolienne (sujet CG SI 2014)



L'objet principal du projet est la production d'énergie électrique renouvelable qui entre dans les objectifs de la politique de la France, il permet de réduire la dépendance énergétique. Le parc éolien de Paimpol-Bréhat comprend 4 hydroliennes d'une puissance unitaire de 500 kW, soit une puissance totale de 2 MW.

- Cahier des charges :
- Se maintenir en place et résister aux forces hydrodynamiques liées au courant marin
 - Transformer l'énergie mécanique en énergie électrique
 - Exporter la production vers le réseau à terre
 - Gêner au minimum la navigation

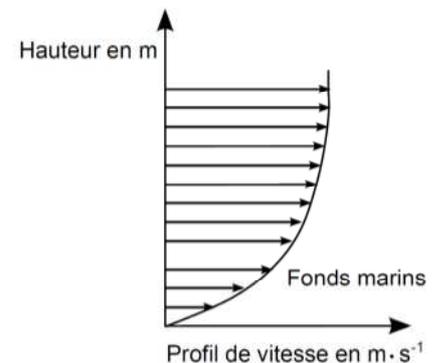


2 Etude de la stabilité de la structure

L'objectif de cette partie est de vérifier que la structure reste en position stable sous les actions des courants marins. Cette étude valide les choix de dimensions de la structure et les densités de matériaux retenus pour obtenir des fondations gravitaires¹. L'optimisation du productible dépend de leur hauteur par rapport au fond marin. L'optimisation de cette hauteur sera déterminée en fonction de la condition de non basculement de la structure porteuse.

Détermination de l'action du courant sur l'hydrolienne

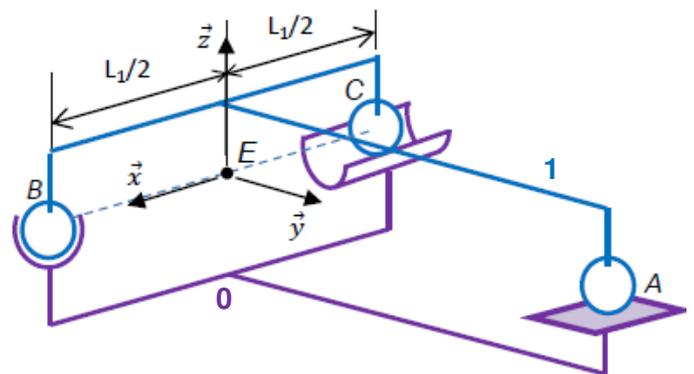
Le courant de fond marin est moins important car ce dernier freine l'écoulement de l'eau. Le profil de la vitesse est présenté ci-contre. De la même façon, le courant est perturbé en surface par les effets de houle et de vague. Pour optimiser l'énergie produite par la machine, il est donc important de placer le disque de captage de la turbine dans la veine de courant la plus forte.



- La valeur maximale des courants marins, relevée par capteur est de $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. L'action mécanique exercée axialement sur la turbine est calculée à partir de l'énergie prélevée par la machine.
- L'extrémité des pieds de la structure est une pointe appelée pénétrateur. L'action des pointes sur le sol entraîne l'écrasement des microreliefs granitiques situés sous chaque pied. La structure ne doit pas glisser sur le fond.

Pour déterminer la condition de non basculement de la structure, les appuis au sol sont modélisés par :

- une liaison sphérique de centre B ;
- une liaison sphère/cylindre de centre C et de direction (C, \vec{x}) ;
- une liaison sphère/plan de contact A et de normale (A, \vec{z}) .



Hypothèses de l'étude

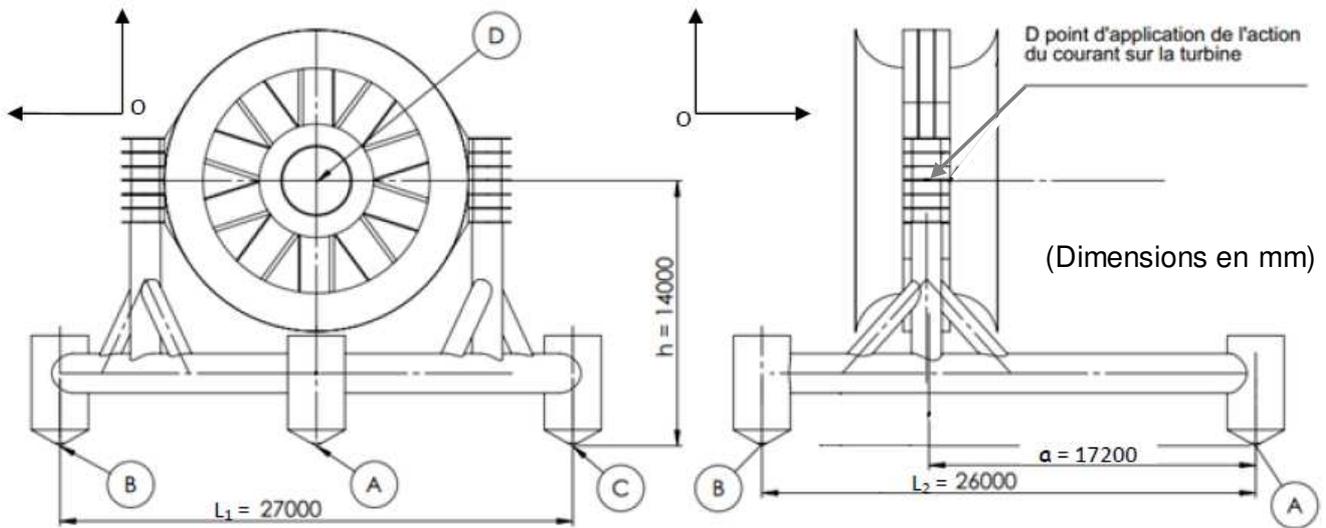
- les dimensions du tripode sont fournies sur les deux vues suivantes ;
- l'accélération de la pesanteur vaut $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$;
- la masse de l'ensemble composé du tripode et de l'hydrolienne est de 820 tonnes ;
- l'action de l'eau sur la turbine est modélisée par un glisseur appliqué au centre du rotor D

$$\{T_{e \rightarrow t}\} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_{e \rightarrow t} \\ \vec{M}_{D, e \rightarrow t} = \vec{0} \end{array} \right\} \quad \text{avec } \vec{R}_{e \rightarrow t} = Y_D \cdot \vec{y} \text{ et } Y_D < 0.$$

- coordonnées du centre de masse D de la structure $s = \{1, t\}$: $\overline{AD} = -a \cdot \vec{y} + h \cdot \vec{z}$
- l'action du courant marin sur le tripode 1 ne sera pas prise en compte dans cette étude d'avant-projet (action mécanique supposée négligeable devant l'action de l'eau sur la turbine).

Le problème sera traité dans le plan de symétrie de l'hydrolienne (chargement et géométrie symétriques).

¹ Fondation gravitaire : large base conçue pour rester stable dans des conditions de mer extrêmement violentes



Notation

Pour distinguer les actions, en différents points entre 2 solides, on utilisera : le nom du point pour la résultante et en indice le nom du point pour désigner l'action mécanique.

Exemple : pour une liaison encastrement d'un solide 3 sur un solide 4 en P :

$$\{T_{3p \rightarrow 4}\} = \begin{Bmatrix} \vec{P}_{3p \rightarrow 4} \\ \vec{M}_{P,3p \rightarrow 4} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} X_P & L_P \\ Y_P & M_P \\ Z_P & N_P \end{Bmatrix}_{\mathcal{R}} \text{ avec } \mathcal{R} = (O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$$

Q1 Compléter sur les deux vues ci-dessus de l'hydrolienne, le repère d'axes correspondant.

Q2 Ecrire les torseurs des actions mécaniques extérieures à l'ensemble $s = \{t ; 1\}$. Simplifier dans un deuxième temps, ces torseurs du fait de la symétrie plane et justifier notamment que l'on puisse remplacer

les actions en B et C par une seule action en E : $\{T_{0E \rightarrow 1}\} = \begin{Bmatrix} \vec{E}_{0E \rightarrow 1} \\ \vec{M}_{E,0E \rightarrow 1} = \vec{0} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_E & 0 \\ Z_E & 0 \end{Bmatrix}_{\mathcal{R}}$.

Q3 Exprimer littéralement les moments du poids de la structure $s = \{t ; 1\}$, de l'action l'eau e sur la turbine t et la réaction du fond gravitaire 0_A sur la structure 1 par rapport au point E. Justifier l'intérêt de prendre le point E comme point de réduction des torseurs.

Q4 Déterminer l'expression des inconnues de liaison à l'équilibre de $s = \{t ; 1\}$.

Q5 Expliciter la condition de non basculement de l'hydrolienne, puis calculer l'effort $-Y_D$ de l'eau sur la turbine que peut supporter l'hydrolienne avant que la structure gravitaire ne remplisse plus son rôle de stabilisateur.

Q6 Sans calcul supplémentaire, tracer graphiquement les différentes résultantes à la limite de l'équilibre sur la figure dans le plan (E, y, z) (Echelle $1\text{cm} \leftrightarrow 2 \cdot 10^5\text{N}$).

Q7 Vérifier que cette valeur n'est pas dépassée quand la vitesse du courant est de $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, condition maximale de fonctionnement attendu. L'action du courant sur l'hydrolienne est alors de 1500 kN .

Q8 Calculer le coefficient de sécurité S retenu pour les fondations gravitaires dans ce cas.

Q9 Revenir sur certaines hypothèses faites et conclure sur la stabilité « définitive » de l'hydrolienne.