

Je navigue depuis les années 70 entre Anglet et Santander et j'ai toujours décrit le paysage aux équipiers en parlant de la barre, de la villa sur le blockhaus, du blockhaus du phare etc.... Ceci a duré 20 ans jusqu'au jour où ayant embarqué le mari de ma nièce, ma description classique a fait flop !

Ce dernier m'a corrigé en me racontant que tout gosse, il jouait à cet endroit et que cette construction maçonnée était d'après lui une ancienne " usine à vagues " ! rien à voir donc avec un blockhaus, la ressemblance d'après les photos peut induire en erreur. Professeur de physique en math sup au lycée René Cassin j'ai donc proposé en 97-98 l'étude de cette "usine " dans le cadre des T.I.P.E. (Travaux d'Initiative Personnelle Encadrés). Un groupe de 3 élèves enquêtant sur un sujet donné et le présentant devant ses camarades pendant 10 min suivi de 10 min questions posées par les autres élèves et les professeurs présents. Les élèves ont rassemblé une belle documentation, auprès du musée du vieux Biarritz en particulier, mais leur exposé n'a pas été à la hauteur du sujet, j'étais tombé sur un trinôme de niveau et de motivation très moyen...

Cf. : Photo1 ; Photo2 ; Photo3 ; Photo4 ; Photo5 ; Photo6 ; Photo7

Je vais donc essayer ce soir de vous présenter l'usine.

Je commencerai par vous montrer comment son génial inventeur a eu cette idée, je vous expliquerai ensuite son fonctionnement et ensuite j'essayerai de vous convaincre de l'utilité ou de l'inutilité d'un tel dispositif. Des descriptions plus ou moins détaillées ont déjà été faites notamment dans un article du journal Sud Ouest du 26 juillet 2010 et surtout dans la revue Jakintza n°35 du 3^{ème} trimestre 2006, on retrouve aussi sur Internet (cf. les liens en annexe). Elles sont toutes basées sur les publications de l'inventeur et dépositaire du brevet Paul Grasset. Moi je veux insister sur la partie technique et répondre si possible avec l'auditoire à la question que je pose : " idée géniale ou chimère ? ".

Pour la partie historique et la description, j'utiliserai très largement, souvent en utilisant des citations les trois documents de Paul Grasset : **Cf. : Notice_1, Notice_2 et Notice_3 en pdf**

- le 1^{er} traite de la captation et utilisation de la force vive des mouvements de la mer, c'est une notice technique qui date de 1932 et s'intitule : " Le laboratoire hydro-dynamique marin de Biarritz et son bélier-siphon maritime à chambre barométrique (breveté en France et à l'étranger) "
- Le 2^{ème} date de 1935 et s'intitule : " Puissance et utilisation pratique des forces produites par les mouvements de la mer pour en faire de la force motrice à bon marché "
- Le 3^{ème} date aussi de 1935 et s'intitule " Une révolution économique en matière d'énergie électrique par l'Utilisation industrielle et pratique des forces immenses et sans arrêt des mouvements de la mer.

Paul Grasset était ingénieur civil, il travaillait en 1935 à la société d'études située 8 rue Marengo à Bayonne, ce groupement constitué en 1928 était formé d'ingénieurs, d'architectes et d'entrepreneurs, tous de la région de Biarritz.

L'intitulé du brevet est assez compliqué, j'essaierai d'expliquer pourquoi bélier, pourquoi siphon et pourquoi barométrique ! **cf. : Affichette de la conférence en pdf**

ORIGINE DE L'IDEE DU BELIER SIPHON

Paul Grasset a eu une idée géniale ou pas nous verrons et il a fait de nombreuses démarches pour la défendre, lever des capitaux et obtenir les autorisations pour réaliser un prototype de son " usine ".

L'autorisation de la construction a été donnée en septembre 1929, les travaux ont pu commencer et les gros travaux ont été terminés en 1932, entre temps la crise de 29 est passée par là (ressentie en 30 en France) et les fonds ont manqué pour installer l'appareillage et ouvrir les tranchées permettant la liaison usine-mer. Les publications de 35 sont des plaidoiries appuyées pour défendre le projet et lever des fonds mais en vain. Une subvention a été accordée par décret en octobre 36 par le front populaire mais n'a jamais été versée... et la guerre est arrivée.

Paul Grasset a utilisé beaucoup d'arguments pour convaincre de l'utilité de son projet :

"...notre pays est très pauvre en combustibles. Il y a donc pour nous un intérêt National considérable à ce que nous trouvions, chez nous-mêmes, des sources nouvelles d'Énergie naturelle, qui seraient inépuisables. ..."

" ...Ainsi, on a songé à utiliser la chaleur solaire, la force des vents, celle du courant d'eau des rivières et des fleuves, celles des chutes d'eau des montagnes, et, enfin, on cherche le moyen de recueillir celle que l'on peut demander aux forces immenses de la mer.... "

Après la houille noire pour le charbon la houille blanche pour l'hydroélectricité, la houille verte pour l'énergie produite par le courant des rivières, il propose le terme de "**houille bleue pour l'énergie produite par les forces de la Mer...**"

Les techniques contemporaines (énergie thermique des mers tropicales, usine marée motrice de l'Aber-Wrac'h par exemple) n'ont pas convaincu à l'époque sur le plan économique et "**...le bélier siphon maritime à chambre barométrique apporte une solution complète, tout à la fois pratique, nouvelle et économique à ce problème...**"

Ensuite des arguments techniques sont avancés pour comparer usine marée motrice et bélier-siphon :

- la période de l'onde marée est de 12 h 25 min, la hauteur de chute de 5 à 6 m ; les constructions très coûteuses pour l'usine marée motrice
- une période de 10 s donc un très grand nombre d'impulsions, une hauteur de chute de 8 à 10 m, une continuité du débit et un moindre coût en investissements pour le bélier-siphon.

" ...Il est applicable en plus à toutes les mers sans exceptions... "

Son argumentaire est ensuite basé sur les mouvements de la mer, la force des vagues avec pour preuve les dégâts causés par la mer sur le littoral. Très peu de chiffres sont donnés mis à part ceux d'un ingénieur anglais Stevenson qui aurait mesuré en 1844 des impulsions de 1600 à 33000 kilogrammes par mètre carré de surface. (on dirait maintenant de 16 kN à 330 kN....).

Pour étayer encore plus ses arguments il cite de nombreuses destructions sur la côte et particulièrement celle d'une voûte de 28 tonnes. Celle-ci a été détruite par le ressac au fond du port de La Rochelle en 48 h. La destruction de la voûte en cul de sac et placée au bout d'un canal ouvert et orienté de façon à recevoir normalement l'impulsion a donné l'idée à Paul Grasset du bélier-siphon.

Il veut transformer “ *l'énergie cinétique due au ressac en énergie potentielle de gravité.* ”

DESCRIPTION & FONCTIONNEMENT

Avant d'expliquer le fonctionnement du bélier siphon je vais rappeler le cahier des charges défini par Paul Grasset. Je cite : **Cf. : cahier des charges en pdf**

“ *Le problème consiste à réaliser les desiderata suivants :*

1° *Capter et recueillir l'énergie de **toutes** les impulsions produites par la mer.*

2° **Régulariser** l'effet produit par le système proposé, par les variations de puissance résultant des différents degrés d'agitation de la mer.

3° *Obtenir la **continuité** du travail sur le récepteur, malgré l'intermittence des impulsions.*

4° *Pour éviter qu'il soit brisé dans les tempêtes, mettre le mécanisme récepteur **à l'abri** des chocs de la Mer.*

5° *Disposer des appareils utilisateurs, le tuyau de trop plein et la conduite de dérivation directe à la Mer, d'une façon telle qu'ils puissent **toujours absorber** toute l'eau apportée par l'impulsion, **quelle qu'en soit l'importance.***

6° **Éliminer l'influence** de la **dénivellation** de la Marée sur le fonctionnement du système qui doit **travailler sans arrêt quel que soit le niveau** momentané de cette marée.

7° *Le procédé utilisé devra être aussi **simple** que possible, **économique** quant au prix de revient de l'Énergie produite, **facile** à installer sur **tous** les points, ou à peu près, des côtes de la Mer et aussi dans **toutes** les mers.*

*L'appareil qui peut répondre à tous les desiderata énumérés ci-dessus est le Bélier hydraulique de Montgolfier, mais **transformé**, pour répondre aux conditions spéciales imposées par la nature même des mouvements de la mer... ”*

Paul Grasset explique alors pourquoi d'autres solutions comme le réservoir ouvert ou le compresseur d'air ne conviennent pas au cahier des charges imposé. Le réservoir serait forcément à hauteur fixe ce qui est rédhibitoire et le rendement des turbines à air est de 10 % contre 75 à 80 % pour les turbines hydrauliques.

Cf. ; Planche1 ; Planche1coupée ; Planche2 et Planche3 en pdf

“ Cet appareil tient à la fois du Béliet hydraulique de Montgolfier, du Siphon et du baromètre à colonne liquide, équilibrée par la pression atmosphérique.

Le réservoir barométrique sert à la fois d'accumulateur de l'énergie, de régulateur de la hauteur de chute et de distributeur permanent d'eau dans les turbines.

Les deux colonnes, la 1ère munie d'un clapet, la seconde comportant des turbines sont en équilibre entre elles. Réunies par l'eau du réservoir, elles constituent un siphon à branches égales.

Toutes les 10 s environ, l'impulsion venant de la mer soulèvera la colonne d'eau de la branche ascendante, l'équilibre sera rompu et l'écoulement se produira à travers les turbines de la branche descendante.

Toutes les impulsions fortes ou faibles vont déséquilibrer le siphon et seront donc efficaces !... ”

Cf. : Photo8 ; Photo9 ; Photo10 ; Photo11 ; Photo12 ; Photo13 ; Photo14 ; Photo15 ; Photo16 ; Photo17 ; Photo18 ; Photo19 ; Photo20 ; Photo21 ; Photo22 ; Photo23 ; Photo24 ; Photo25 ; Photo26 ;

Après sa description précise et en reprenant chaque point du cahier des charges, l'auteur montre que ce dernier est parfaitement respecté.

- Il ajoute que ce type d'unité pourra être construit sur les ouvrages d'art, digues etc.... pour capter la houle qui vient du large, ces ouvrages étant solides, cela économisera du génie civil.
- La taille de la centrale ne peut être augmentée, donc on standardisera et on multipliera le nombre d'unités pour augmenter la puissance. Ceci induira des économies grâce à la construction en série...

L'auteur conclut ensuite en substance :

*“ L'installation prévue à l'origine était beaucoup moins importante que celle qui a été exécutée, mais devant les nombreuses constatations que nous avons faites de la puissance réelle des Forces considérables dégagées par les impulsions de la mer, il a été décidé par la Société d'Etudes que l'importance de la Station serait augmentée de manière à donner aux Essais qui seront faits, le **caractère industriel et pratique** nécessaire à fournir la preuve que le problème a été **complètement résolu** tant au point de vue de cette puissance que du fonctionnement sans arrêt de l'installation.*

La station d'Essais est entièrement construite, à l'heure actuelle, et il ne reste plus à exécuter que les galeries déjà amorcées, de prise et d'échappement de l'eau de mer, ainsi que l'installation des organes de manœuvre et des appareils enregistreurs automatiques qui doivent mesurer à chaque instant la puissance fournie par l'appareil ...

...Les dépenses déjà effectuées dans les Constructions actuelles s'élèvent à environ 400 000 francs. La somme nécessaire pour l'achèvement des travaux et la mise en marche de la Station est de l'ordre de 500 000 francs actuellement en souscription. ... ”

Enfin en conclusion il parle de l'utilité de telles stations pour l'indépendance énergétique de la France, pour ses colonies...et aussi vis à vis de la Défense Nationale :

“ La concentration dans quelques points vitaux du Territoire des grandes sources de production de l'énergie, les expose en cas de guerre à être détruites par l'ennemi afin de paralyser la Défense Nationale. La répartition sur tout le littoral d'Usines Marines, moins puissantes mais plus nombreuses, évitera en grande partie ce risque... ”

IDÉE GÉNIALE OU CHIMÈRE ?

Bélier :

Paul Grasset dit que son bélier hydraulique est un bélier de Montgolfier transformé...ceci est faux.

L'allusion au bélier de Montgolfier est trompeuse, ce système à l'époque était assez utilisé pour emmener l'eau dans les étages des immeubles sans pompe, en utilisant uniquement l'énergie cinétique de l'eau. Mais ce fonctionnement parfaitement expliqué par la physique (théorème de Bernoulli) ne peut absolument pas être utilisé ici car nous n'avons pas d'eau qui circule rapidement dans une conduite. Je pourrais vous expliquer ensuite le fonctionnement de ce bélier (cf. liens en annexe).

Il reste l'idée du bélier classique mais étayée uniquement par des mesures “ vagues ” de Stevenson.

La force mesurée sur un mètre carré est comprise entre 16 kN et 330 kN mais cela fait une surpression que de 0,16 à 3,2 bar ! ($p = F/S$, F en Newton, S en m^2 et p en Pascals sachant qu'un bar vaut pratiquement une atmosphère soit 100 000 Pascals).

L'auteur dit aussi que le siphon étant en équilibre, la moindre impulsion de la mer va induire une entrée d'eau dans la cuve...D'après moi ceci n'est pas rigoureux non plus car pour que l'impulsion soit efficace il faut qu'elle ouvre le clapet de retenue, clapet qui a un certain poids et qui crée un frein supplémentaire en plus des divers frottements de toutes sortes...

Siphon et vide : **Cf. : Cuve pleine à l'équilibre en pdf**

Pour moi c'est là que réside le problème principal si ce n'est la faille. D'abord en règle générale en Physique le vide coûte cher, c'est ce que l'on enseigne aux élèves ingénieurs au tout début de leur apprentissage. On maîtrise depuis longtemps le vide clos si je puis dire : dans les ampoules, les tubes néons et cathodiques. Lorsqu'il s'agit de maintenir une enceinte sous une basse pression c'est plus difficile. Ceci explique la complexité et le coût de machines telles que les microscopes électroniques, les accélérateurs de particules, cyclotrons, synchrotrons et les spectromètres de masse.

On doit s'assurer d'abord de l'étanchéité et ensuite utiliser des pompes à vide suffisamment puissantes pour assurer la dépression voulue. Quelle sera leur consommation ? D'après Paul Grasset, le coût du maintien du vide ne sera que de 8 à 9 %...comment se satisfaire d'un tel chiffre sans aucun test ?

La pompe devra en outre pomper en permanence de la vapeur d'eau essentiellement. Les pompes classiques n'apprécient pas cela !

La pression de vapeur saturante de l'eau est de 2340 Pa à 20 °C, la pression minimale dans le réservoir pour une hauteur d'eau de 9 m sera de 10 000 Pa donc nous n'aurons pas ébullition, heureusement !...

10 000 Pa correspond à la pression de vapeur saturante de l'eau à 45 °C donc dans nos colonies, il pourrait y avoir des problèmes les jours de fortes chaleurs sous les basses latitudes...

Quid de l'étanchéité du béton (problèmes de porosité) du couvercle et surtout du dégazage incessant d'une eau qui est brassée avant d'entrer dans le réservoir dont qui contient beaucoup d'air dissout.

Cf. : dimensions de la cuve pleine en pdf

Le volume estimé après nos mesures est de 38 m^3 environ pour la colonne complète (33 m^3 pour la partie supérieure...).

Paul Grasset assimile le siphon équilibré à une balance en équilibre...l'équilibre me semble très précaire...
Que se passe-t-il en cas de fuite ? D'arrêt de la pompe ? Je rappelle que 22 tonnes d'eau sont contenues dans le réservoir à marée haute et moins de 5 à marée basse...

Hauteur constante : Cf. : cuve pleine à marée basse et cuve pleine à marée haute en pdf

La hauteur de chute n'est pas constante (cf. fig.) elle varie d'après mes estimations entre 5,30 m et 8,30 m de qui induit évidemment une variation de puissance équivalente (22% de variation autour de la valeur moyenne : $6,8 \pm 1,5$ m). Mais ce point n'est pas du tout crucial et toutes les énergies renouvelables sont fluctuantes et souvent beaucoup plus !

Trop plein :

Là encore l'auteur parle de trop plein en cas d'apport d'eau trop important mais le schéma proposé laisse penser que le trop plein est directement en communication avec l'enceinte sous vide ce qui est évidemment à proscrire ! (doit on dire trop vide...). Il faudrait que le trop plein soit connecté dans la partie liquide via une vanne commandée mécaniquement ou électroniquement en cas de débordement !

Débit : Cf. : notions de physique en pdf

Ce point est le point crucial, en fait le laboratoire est construit pour le mesurer...Aucune estimation n'est proposée ni envisagée !

La puissance maximale brute d'une turbine (PMB) est donnée par la formule :

$$\text{PMB} = \text{débit}(Q) \times \text{Hauteur de chute}(H) \times 9,81 = Q \times H \times 9,81 \text{ en Watts si } Q \text{ est en kg/s et } H \text{ en mètres.}$$

Un débit de 400 L/s pour une chute de 7 mètres donne $400 \times 7 \times 10 = 28\,000 \text{ W} = 28 \text{ kW}$ en arrondissant. Si le rendement de la turbine est de 75 % (classique) cela donne une puissance de 21 kW ! Peut-on espérer 400 litres par seconde en permanence ? Tout cela pour produire 21 kW (pour alimenter le phare et les 3 maisons mitoyennes ?).

Evidemment 4 m^3 par seconde donneront 210 kW mais 40 L par seconde 2,1 kW...

Impulsion en surface ou en profondeur ?

L'idée du bélier est venue à Paul Grasset suite aux dégâts constatés sur toute la côte atlantique. Mes ces dégâts sont essentiellement causés par les vagues, par la houle. C'est un phénomène de surface, due à la

tension superficielle de l'eau. L'eau se comporte comme une membrane élastique (cf. l'aiguille que l'on fait flotter dans un verre d'eau...) qui transmet les oscillations dues à une dépression située au large. Ce phénomène est très atténué si on verse sur l'eau de l'huile, c'est ce que faisaient les clippers caps Horniers au XVIII^{ème} siècle dans les cas difficiles...

L'énergie de la vague est due à la gravitation, le fond remonte donc sous l'action de la houle, la vague prend de la hauteur et casse, les surfeurs connaissent... La violence de la vague est liée à sa hauteur (cf. la cité de l'océan à Biarritz).

Le mouvement en profondeur est très atténué, les plongeurs sous marins le savent...

Là encore il faut faire la manip...

Remplissage : Cf. : dimensions de la cuve pleine en pdf

D'après les dimensions avant d'atteindre l'équilibre, il faut " aspirer " 17 m^3 d'eau à une hauteur de 8 mètres environ et 5 m^3 à une hauteur de 6 m environ. L'énergie nécessaire est donc égale à : $(17\ 000 \times 8 + 5\ 000 \times 6) \times 9,81 = 1,63 \text{ MJ} = 0,45 \text{ kWh}$!

Ceci est très faible même si on a négligé les frottements...

Autres problèmes... :

La mise en sécurité de la station par la dérivation de la conduite d'arrivée, c'est une bonne idée mais il va falloir automatiser la vanne correspondante...

Le coût aussi de l'investissement interpelle également : 400 000 F de 1930 représentent environ 240 000 € en 2012 qui peut croire que nous pouvons faire un tel travail de génie civil pour une telle somme actuellement ?

Points positifs remarquables :

- On peut multiplier (par 2, 3 ou 4 ?) les conduites d'arrivée de façon à multiplier d'autant le débit donc le rendement de la station.
- L'usine sera standard, on ne peut pas augmenter sa taille, donc on peut la multiplier et la construire en série en abaissant les coûts comme le souligne Paul Grasset.
- L'usine est construite au-dessus du niveau des hautes eaux donc les organes essentiels sont protégés mais les problèmes de corrosion au niveau des turbines en particuliers demeureront.
- L'utilisation des nouveaux matériaux au niveau de la cuve pourrait rendre les problèmes d'étanchéité moins cruciaux.
- L'utilisation de l'électronique pourrait rendre la station quasi automatique...

CONCLUSION

Vous avez compris je pense que je suis plus que sceptique quand à la viabilité industrielle d'un tel dispositif. J'ai fait les réserves nécessaires à propos de l'utilisation du vide surtout dans une cuve en béton et en 1930 et à propos du débit nécessaire pour avoir une puissance suffisante en bout de ligne...

Ce qui me laisse penser aussi que mon pessimisme est justifié c'est que le procédé n'a jamais été utilisé bien que connu (cf. liens en annexe).

J'aurais quand même aimé faire la manip à l'échelle $\frac{1}{4}$ peut être.

Ceci dit je suis en admiration devant une telle réalisation. Que l'on ait pu faire une telle construction à cet endroit avec tous ces investissements (privés !) sans aucune assurance mais avec uniquement la foi dans la science et la quête du progrès m'impressionne. Cela n'a rien avoir évidemment avec la frilosité ambiante de beaucoup de gens actuellement devant le moindre projet industriel.

Nos grands pères croyaient au monde meilleur grâce au progrès des sciences, ils étaient moins gâtés que nous évidemment, peut être sommes nous trop blasés ?

Ce projet me rappelle tous les projets fous ayant existé autour de l'aviation, combien ont laissé leur vie à cause de cela.

Si vous passez un jour à Arbouet Sussaute, arrêtez vous au niveau du centre du village et à 100 m sur la route allez voir la tranchée que nos grands pères ont faite, de près de 30 mètres de profondeur, pour que train puisse aller de Puyoo à St Palais, tranchée bâtie en pierres de taille évidemment. Le pont sur cette tranchée a été grillagé suite à un certain nombre de suicides...

Je suis sûr que vous ferez alors le rapprochement avec le bélier siphon de Biarritz...