

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication : 2 999 247

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : 12 03388

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : F 03 G 7/05 (2013.01), F 03 B 17/06

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 12.12.12.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 13.06.14 Bulletin 14/24.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : IFP ENERGIES NOUVELLES Etablis-  
sment public — FR.

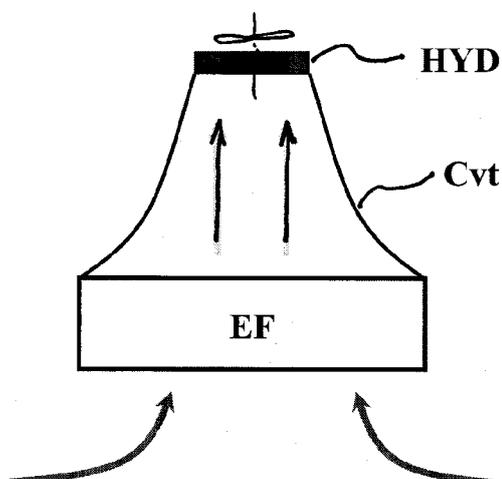
⑦2 Inventeur(s) : TEIXEIRA DAVID.

⑦3 Titulaire(s) : IFP ENERGIES NOUVELLES Etablis-  
sment public.

⑦4 Mandataire(s) : IFP ENERGIES NOUVELLES.

⑤4 SYSTEME OFFSHORE COMPORTANT UNE CENTRALE ETM ET UNE HYDROLIENNE.

⑤7 - La présente invention concerne un système de récupération d'énergie comprenant une centrale ETM comprenant une source chaude (EC) plongée en surface de la mer et une source froide (EF) plongée en profondeur dans la mer de façon à exploiter dans la centrale ETM la différence de température entre les deux sources. Le système comporte au moins une hydrolienne (HYD) placée dans le voisinage d'au moins un échangeur d'une desdites source de manière à récupérer l'énergie hydraulique des courants générés par l'échangeur plongés dans la mer.



FR 2 999 247 - A1



Le domaine de la présente invention concerne les installations de production d'énergie  
5 à partir de l'énergie thermique des mers (ETM). L'objet principal de l'invention est  
d'augmenter le rendement global d'une centrale ETM. On sait que le rendement de ce type  
de centrale est très faible, ce qui signifie que, dans ces conditions marines, une grande  
partie de l'énergie thermique est perdue. On souhaite exploiter un système qui permet de  
convertir au moins une partie de cette énergie thermique perdue en énergie utile,  
10 notamment électrique.

En général, une centrale ETM est constitué d'au moins un "échangeur chaud" (échange  
eau de mer chaude avec la source chaude du cycle moteur) et un "échangeur froid"  
(échange eau de mer froide avec la source froide du cycle moteur). Ces échangeurs  
peuvent, dans certains cas, être placés tous les deux en surface sur la plateforme flottante.

15 L'échangeur chaud peut facilement être placé dans l'eau chaude car celle-ci est l'eau de  
mer de surface qui entoure la plateforme flottante.

Dans certains cas, il est proposé de placer l'échangeur froid directement en fond de  
mer. Dans d'autres cas, on réalise une boucle fermée entre un échangeur froid sur la  
plateforme et un autre échangeur en fond de mer. Ces deux configurations sont admissibles  
20 pour la mise en œuvre de la présente invention.

Ainsi, la présente invention concerne un système de récupération d'énergie  
comprenant une centrale ETM comprenant une source chaude (EC) plongée en surface de  
la mer et une source froide (EF) plongée en profondeur dans la mer de façon à exploiter  
dans la centrale ETM la différence de température entre les deux sources. Le système

comporte au moins une hydrolienne (HYD) placée dans le voisinage d'au moins un échangeur d'une desdites source de manière à récupérer l'énergie hydraulique des courants générés par l'échangeur plongés dans la mer.

L'hydrolienne peut être disposée au dessus de l'échangeur de la source froide située en  
5 profondeur.

Au moins un convergent peut être disposé entre l'échangeur et l'hydrolienne.

Ledit échangeur peut comporter des conduits orientés dans le sens des courants convectifs.

Le convergent peut aussi être partie de l'échangeur de la source froide.

10 La présente invention sera mieux comprise et ses avantages apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit, nullement limitative, illustrée par les figures ci-après annexées, parmi lesquelles:

- la figure 1 montre schématiquement un exemple de centrale à partir de l'Energie Thermique des Mers (ETM),
- 15 - la figure 2 illustre un mode de réalisation de la présente invention.

Sur la figure 1, on a représenté très schématiquement une centrale ETM (C-ETM) flottante sur la mer et en communication avec un échangeur EC par un circuit fermé CF1 utilisant un fluide de travail. Ce fluide de travail capte l'énergie thermique de l'eau de mer chaude de surface pour l'utiliser dans la centrale, soit directement dans le circuit de la  
20 centrale, soit après échange entre le circuit CF1 et le circuit de la centrale.

La source froide EF est disposée en profondeur et est en communication généralement indirecte avec la centrale par un circuit fermé CF2. Le cas de communication indirecte

correspond à celui où le fluide du circuit fermé CF2 échange, dans un échangeur de surface, avec le fluide de la centrale.

La figure 2 illustre le cas d'un échangeur EF de la source froide en fond de mer. Son rôle est de refroidir le fluide de travail qui circule à l'intérieur de l'échangeur. Ainsi, l'eau de mer circulant sur, à travers, l'échangeur va être réchauffée par rapport à la masse d'eau environnante. Ce chauffage va induire un déplacement de l'eau de mer dû à la convection naturelle.

La présente invention exploite le principe développé ici en récupérant l'énergie de ce courant induit par les échanges de chaleur à l'aide d'une hydrolienne HYD.

10 Cette récupération peut être réalisée sur l'échangeur froid et/ou chaud, selon les dispositions.

De préférence, l'échangeur doit avoir une conception technologique afin de maximiser la vitesse du courant induit par la convection naturelle.

15 L'échangeur peut-être constitué d'une série de conduits orientés dans le sens du courant.

L'hydrolienne HYD peut être placée indifféremment en amont ou en aval de ce courant par rapport à l'échangeur.

20 Un convergent Cvt peut être disposé au dessus de l'échangeur afin d'augmenter la vitesse du courant en concentrant les courants. On peut ainsi augmenter le rendement de l'hydrolienne, ou pour une même récupération diminuer les dimensions de l'hydrolienne.

Le convergent peut-être réalisé avec un matériau souple (toile...)

Le convergent peut également être un échangeur de chaleur (ou vis versa), c'est-à-dire que le même système peut accélérer l'écoulement et réaliser les échanges thermiques.

L'accélération du courant peut être réalisée par un ou plusieurs convergents. Les parois de ces convergents peuvent être construites de façon à refroidir l'écoulement dans ces convergents.

Evaluation:

- 5 Le rendement d'une centrale ETM est de l'ordre de 1 à 3 %. En considérant par exemple, une centrale produisant 10 MW électrique avec un rendement globale de 2%, cette centrale va échanger une puissance thermique  $P$  de 500 MW thermique au niveau de ses échangeurs.

10 La capacité thermique  $C_p$  de l'eau est de 4180 J/kg.K. En supposant une différence de température  $\Delta T$  de 4°C entre l'entrée et la sortie de l'échangeur froid (c'est-à-dire 4°C et 8°C), on obtient une estimation du débit volumique  $Q$  d'eau nécessaire d'environ 30 m<sup>3</sup>/s en utilisant la relation :

$$Q = \frac{P \times C_p \times \Delta T}{\rho}$$

avec  $\rho$ , la masse volumique de l'eau.

- 15 On fait l'hypothèse, à présent, que la masse d'eau mise en mouvement par la convection naturelle est la même que celle forcée dans un échangeur classique, soit 30 m<sup>3</sup>/s.

Afin d'estimer la vitesse  $U$  induite par la convection naturelle, on considère le cas de la convection naturelle le long d'une plaque plane verticale (couche limite laminaire) :

20 
$$U = \sqrt{4g\beta(T_p - T_{eau})x} = \sqrt{4 \times 9.81 \times 0.0001 \times (8 - 4) \times 20} = 0.5 \text{ m/s}$$

où  $g$  est l'accélération gravitationnelle,  $\beta$  est le coefficient de dilatation à pression constante,  $T_P$  et  $T_{\text{eau}}$  sont respectivement la température de la plaque et la température de l'eau. Enfin,  $x$  est l'abscisse le long de la plaque verticale. Dans le cas présent, on fait l'hypothèse d'une plaque de 20 m de haut.

- 5 L'estimation du débit  $Q$  et de la vitesse  $U$  de l'eau mise en mouvement par la convection naturelle permet d'estimer le "rayon" d'un tube de courant dans lequel circulerait cette eau. Connaissant la vitesse et le débit, on peut estimer le rayon  $R$  du tube de courant mis en mouvement par :

$$Q = US = U\pi R^2 \Rightarrow R = \sqrt{\frac{Q}{U\pi}} \approx 4.7 \text{ m}$$

- 10 Dans un mode de réalisation, on ajoute un convergent afin d'accélérer l'écoulement du courant. On prend l'exemple d'une réduction du rayon d'un facteur 4. Dans ces conditions, on peut estimer la nouvelle vitesse  $U_1$  :

$$U\pi R^2 = U_1\pi\left(\frac{R}{4}\right)^2 \Rightarrow U_1 = 4^2 U$$

On peut ainsi calculer la puissance mécanique disponible  $P_m$  :

15 
$$P_m = \frac{1}{2} \rho \pi \left(\frac{R}{4}\right)^2 U_1^3 = 1.2 \text{ MW}$$

Bien entendu, il faut tenir compte du rendement de l'hydrolienne ( $\sim 60\%$ ), des pertes de charges, des pertes électriques,... De plus, il faut tenter d'évaluer cette solution de façon globale, c'est-à-dire en prenant en compte la centrale complète.

Toutefois, on constate que l'énergie de récupération mise en jeux est d'un ordre de grandeur significatif ( $\sim 10\%$ ) comparée à la production électrique totale de la centrale. Enfin, en disposant d'hydrolienne sur chaque échangeur, cette puissance peut être doublée.

## REVENDEICATIONS

- 5 1) Système de récupération d'énergie comprenant une centrale ETM comprenant une source chaude (EC) plongée en surface de la mer et une source froide (EF) plongée en profondeur dans la mer de façon à exploiter dans la centrale ETM la différence de température entre les deux sources, caractérisé en ce qu'il comporte au moins une hydrolienne (HYD) placée dans le voisinage d'au moins un échangeur d'une desdites source de manière à récupérer l'énergie hydraulique des courants générés par l'échangeur plongés dans la mer.
- 10 2) Système selon la revendication 1, dans lequel l'hydrolienne est disposé au dessus de l'échangeur de la source froide située en profondeur.
- 3) Système selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel au moins un convergent est disposé entre l'échangeur et l'hydrolienne.
- 15 4) Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit échangeur comporte des conduits orientés dans le sens des courants convectifs.
- 5) Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le convergent est aussi partie de l'échangeur de la source froide.

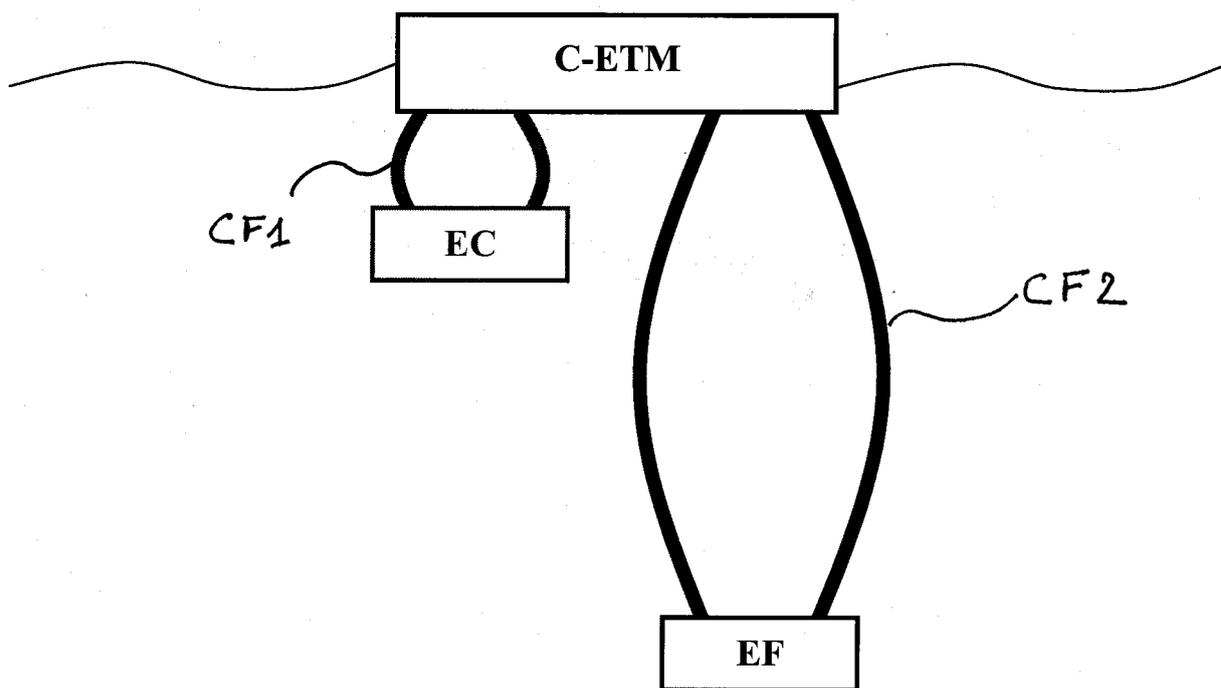


Figure 1

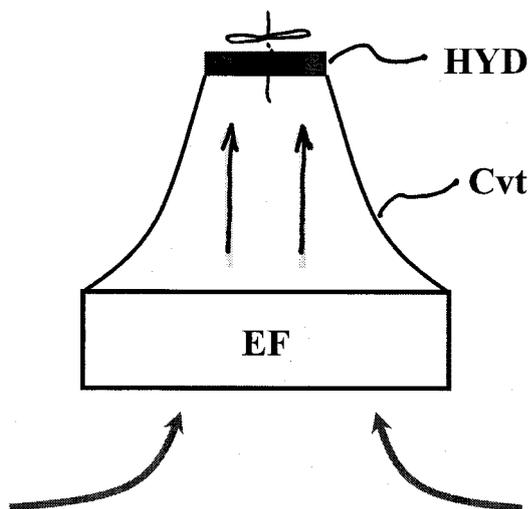


Figure 2



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 774243  
FR 1203388

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2007/147035 A2 (PRUEITT MELVIN L [US]) 21 décembre 2007 (2007-12-21) * abrégé; figure 3 *	1,4	F03G7/05 F03B17/06
A	US 1 952 520 A (URQUHART KENNETH M) 27 mars 1934 (1934-03-27) * le document en entier *	1-5	
A	US 2011/127022 A1 (ELLER MICHAEL R [US] ET AL) 2 juin 2011 (2011-06-02) * le document en entier *	1-5	
A	US 2010/205961 A1 (NAGURNY NICHOLAS J [US]) 19 août 2010 (2010-08-19) * le document en entier *	1-5	
A	US 2006/006657 A1 (ALSTOT GARY [US] ET AL) 12 janvier 2006 (2006-01-12) * le document en entier *	1-5	
A	DE 36 36 248 A1 (BUELK EGGERT [DE]) 5 mai 1988 (1988-05-05) * le document en entier *	1-5	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F03G
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 août 2013		Alquezar Getan, M	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1203388 FA 774243**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **22-08-2013**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2007147035 A2	21-12-2007	US 2007289303 A1 WO 2007147035 A2	20-12-2007 21-12-2007
-----			
US 1952520 A	27-03-1934	AUCUN	
-----			
US 2011127022 A1	02-06-2011	AUCUN	
-----			
US 2010205961 A1	19-08-2010	AUCUN	
-----			
US 2006006657 A1	12-01-2006	AUCUN	
-----			
DE 3636248 A1	05-05-1988	AUCUN	
-----			