



Monaco Développement Durable
Gare de Monaco
Pont Ste Dévote
MC 98000 Monaco

Contacts : www.mc2d.org
Tel : +377 97 77 54 21
Fax : +377 97 77 54 22

PROJET DE CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE **DIGUE DE MONACO**

1/Généralités

Certains d'expert en énergie estiment que le pic de production mondiale d'énergie fossile sera atteint en 2005. Les hydrocarbures fossiles deviendront rares et chers. Ils ne seront pas remplacés par une énergie unique mais par de multiples sources qui devront désormais protéger l'environnement. L'énergie solaire photovoltaïque a fait ses preuves depuis 40 ans et se présente comme une des solutions viables de production d'électricité. La filière photovoltaïque avec une progression mondiale de plus de 40 % par an, fait partie des filières industrielles qui présentent les plus forts taux de croissance dans le monde. Beaucoup d'experts jugent que cette filière sera mature et concurrentielle dans les décennies à venir.

Il est donc indispensable d'accompagner son développement. Les collectivités locales, les particuliers, les entreprises peuvent concourir, avec les aides institutionnelles, à cet objectif de structuration d'une filière prometteuse pour notre avenir énergétique et le développement durable de notre planète.

2/ Etat de la technique

Les modules photovoltaïques sont constitués d'un assemblage de cellules unitaire de silicium entre deux couches de verre. Ils produisent l'électricité directement par conversion du rayonnement solaire. La puissance unitaire des modules atteint 220W pour des dimensions de 1.6m x 1,1m soit près de 130Wc par m². Ces modules peuvent être regroupés par centaines pour constituer des ensembles de plusieurs mégawatt. Des onduleurs transforment l'énergie des modules en courant alternatif qui est directement injecté dans le réseau d'électricité. Cette production d'électricité est complètement exempte de dégagement de CO², elle est inépuisable à l'échelle humaine, elle soutient le réseau électrique local et évite l'adjonction ou le renforcement de lignes moyenne tension.

Des centrales photovoltaïques d'une puissance de 3 à 15 MW sont déjà en service en Allemagne. Elles bénéficient dans ce pays d'un tarif avantageux de rachat de l'électricité de l'ordre de 0,45€ le kW. En France, la plus grosse centrale photovoltaïque se situe vers Chambéry, elle possède une surface de modules de 1000m² environ pour une puissance 110 kW. Le coût de la partie photovoltaïque est

de 450 000 €HT soit moins de 4.5 €/Wc. Les aménagement complémentaires se sont montés à 80 000 €. Elle a été financée à 80 % par l'Europe, la Région, l'Ademe et le Conseil Général. Sa production annuelle d'électricité est estimée à 120 000kWh.

D'autres projets de même importance sont à l'étude dans d'autres régions.

3/ Présentation du projet

A Monaco la production nationale d'électricité est réduite et l'importation d'électricité va s'accroître dans les années à venir. La situation géographique prédispose la Principauté à l'utilisation de l'énergie photovoltaïque mais l'installation de modules solaires ne doit pas dégrader la beauté du site.

La nouvelle digue a ouvert des possibilités d'aménagement et permet de disposer d'un espace coté mer privilégiée pour l'usage photovoltaïque :

- La surface disponible est suffisante pour une installation de grande puissance,
- L'orientation sud-est garantit un bon ensoleillement et une production importante,
- Le visuel de la principauté ne sera pas affecté car les modules ne seront visibles que de la mer et leur couleur dominante correspond à celle de l'eau,
- Des variantes de couleurs des modules peuvent être utilisées pour créer un visuel ou une signature qui permettra d'identifier la principauté depuis les bateaux au large ou les avions en altitude.

Sur la plate forme d'accrochage de la digue, la partie supérieure du solarium peut recevoir trois rangées de modules montés sur supports en acier inoxydable, sur une longueur de 120m. L'inclinaison des modules doit être de l'ordre de 45° afin de profiter d'un bon rendement toute l'année. Le solarium pourra accueillir 300 modules, soit 510 m².

Sur la partie supérieure de la digue semi-flottante, des modules peuvent être placés en pergola. Une promenade ombragée pourrait être aménagée sous les modules afin de valoriser cet espace qui possède une magnifique vue sur la principauté mais n'est pas fréquenté à cause de l'absence totale d'ombrage. Quatre rangées de modules sur une longueur de 140m pourraient être installés en pergola, soit 350 modules constituant une surface de 600 m².

La centrale photovoltaïque pourra ainsi comporter au total 650 modules de 220Wc soit une puissance crête de plus de 140 kWc. Sa production annuelle est estimée à 190 000 kWh. Le coût estimatif de l'équipement photovoltaïque est de l'ordre de 600 000€, les supports des modules sont à ajouter à ce prix.

4/ Description du projet

FIGURE 1

Cette figure est une vue aérienne de la digue flottante 1.

La digue flottante 1 est amarrée à une plate forme 2 en remblai qui possède coté mer un solarium 3. Un premier ensemble 4 comportant 300 modules est installé en partie supérieure du solarium 3. L'orientation sud-est de la digue permet un bon ensoleillement. Les modules ne sont visibles que de la mer. Un second ensemble 5 comportant 350 modules est installé en pergola sur la partie supérieure de la digue 1 en zone ouverte au public.

FIGURE 2

Sur la vue en coupe de la zone de remblai 2, le solarium 3 est constitué de plates-formes successives 6. Les modules du premier ensemble 4 sont situés en partie supérieure du solarium 3. Ils neutralisent deux plates-formes 6. Une structure 7 en acier inoxydable supporte les panneaux. Cette disposition protège les panneaux des paquets de mer. L'espace solarium ouvert au public reste suffisant.

FIGURE 3

Sur la vue en coupe de la digue flottante 1, le second ensemble 5 de modules est installé sur une pergola 8 de hauteur 2.8 m à réaliser. La présence des modules 5 crée une zone d'ombre 9 qui invite à la promenade. Les modules 5 sont inclinés pour profiter du meilleur rendement toute l'année.

FIGURES 4

Un effet visuel peut permettre de donner une fonction supplémentaire à l'installation vue de la mer. Cet effet peut être obtenu par l'utilisation de modules de contrastes différents : les modules peuvent être de couleur naturelle bleutée ou anodisés de couleur noire, rouge ou or. Ils conservent leurs propriétés photovoltaïques avec l'anodisation. Cet effet visuel peut être prolongé la nuit par l'allumage de diodes lumineuses disposées entre les modules et reproduisant le logo ou le texte choisi.

FIGURE 5

Les modules photovoltaïques sont conçus pour résister aux agressions marines. La plupart des voiliers en sont désormais équipés. Leur durée de vie garantie est de 20 ans avec un rendement de 80% minimum à la fin de cette période. Le tableau de la figure 4 donne un exemple des caractéristiques d'un module de 220Wc standard.

FIGURE 1

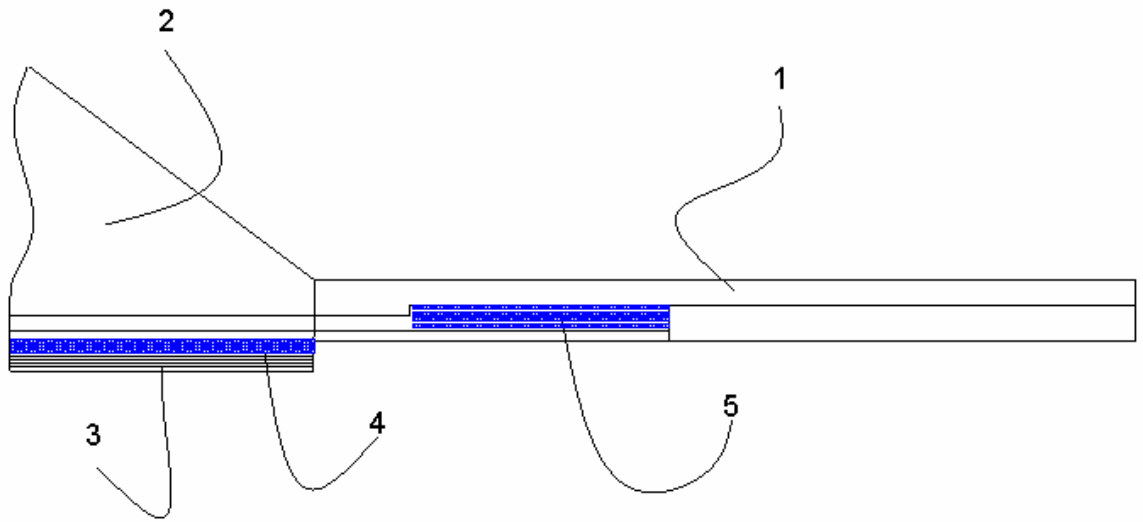


FIGURE 2

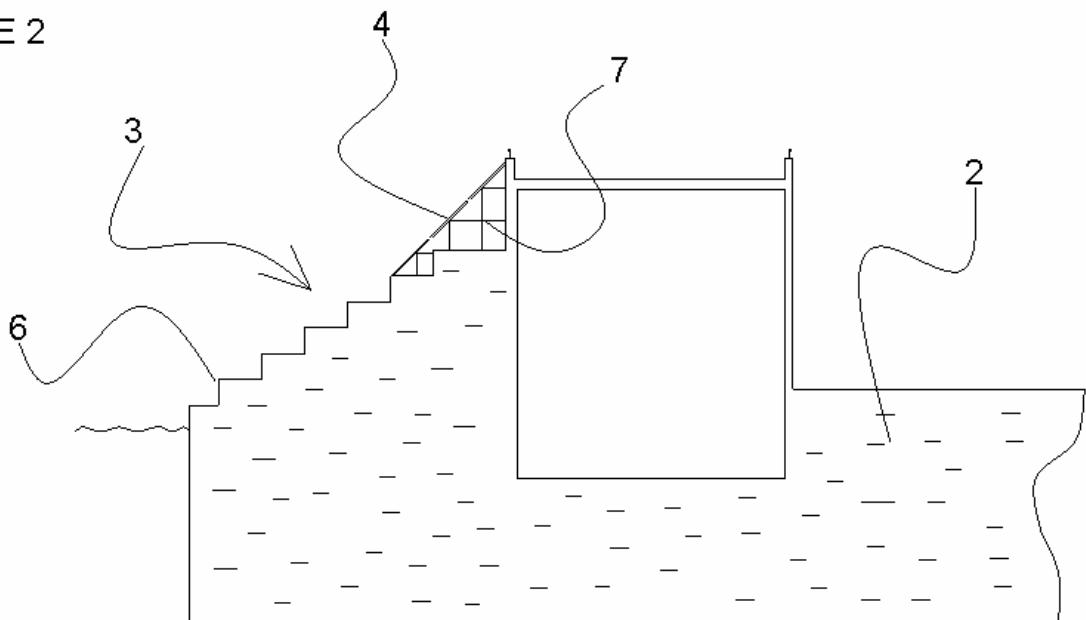


FIGURE 3

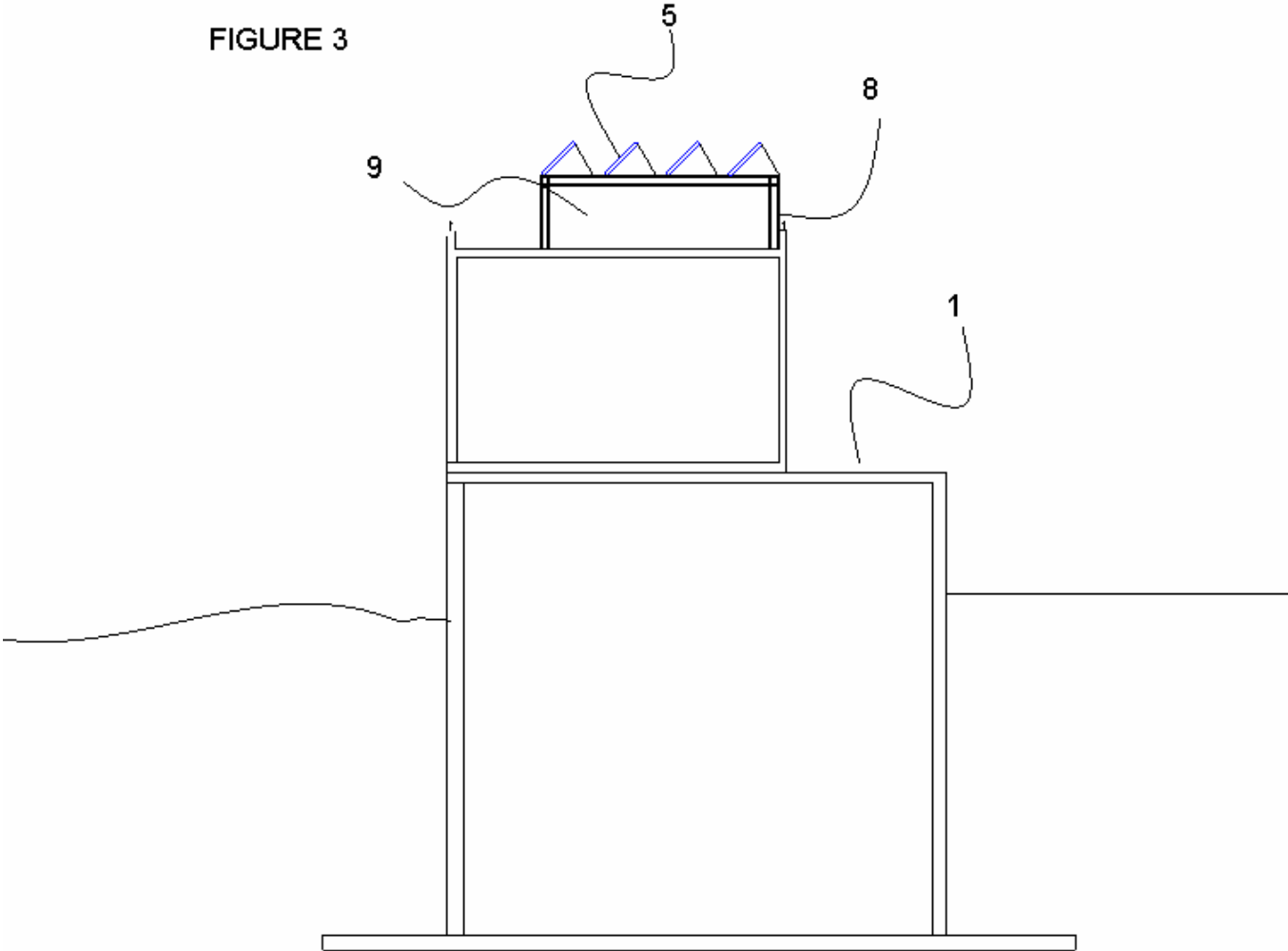


FIGURE 4



FIGURE 5

Désignation	Cractéristiques
Puissance nominale Pn	220 Wc
Tension nominale Un	22.8 V
Courant nominal In	9.65 A
Tension circuit ouvert Uco	29.1 V
Courant circuit court Icc	10.40
Tolérance max. de Pn	+/- 3 %
Umax. du système	750V
Coefficient de température Pn	0.50 %K
Coefficient de température de Uco	-0.33 %K
Coefficient de température de Icc	+0.03 %K
Technologie du module	feuille verre-laminé avec cadre en alu anodisé
Construction du module	verre solaire de haute transparence (ESG) les cellules de silicium sont encapsulées : EVA-cellule-EVA face arrière : tedlar -synthétique -tedlar-feuille reliée
Nombre et type de cellule	96 cellules polycristallin dimension 125x125mm
Câble et bouton électrique	borne de raccordement pour boîtier de jonction et MC connecteur, 1x4mm², de longueur de 1m
Bypass-diode	4 diodes coulées dans le bouton électrique
Dimension	1610 x 1060 x 50 mm
Poids	24kg
Température admissible	-40...+90C°
Résistant aux intempéries	vitesse du vent 130km/h classement de sécurité 3 correspond à 2400Pa
Certificat	ICE 61215, ISPR, Protection II