

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 02.11.11.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 03.05.13 Bulletin 13/18.

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

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : REDAVIA Société par actions simpli-
fiée — FR.

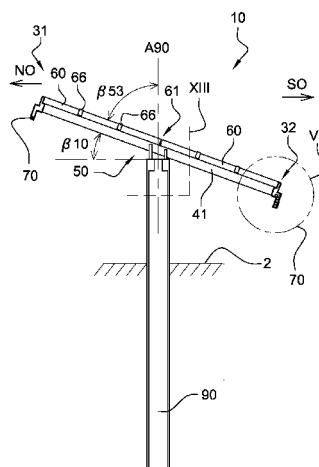
⑦② Inventeur(s) : SPOLDERS ERWIN et HEINZLER
DANIEL.

⑦③ Titulaire(s) : REDAVIA Société par actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET LAVOIX LYON Société à
responsabilité limitée.

⑤④ FERME SOLAIRE, TABLE SOLAIRE EQUIPANT UNE TELLE FERME SOLAIRE, SYSTEME ET PROCEDE DE
CONSTRUCTION D'UNE TELLE FERME SOLAIRE.

⑤⑦ La présente invention concerne une ferme solaire, comprenant au moins un onduleur et au moins une table solaire (10) reliée par des câbles électriques (70) à l'onduleur ou à l'un des onduleurs. La table solaire (10) est adaptée pour reposer sur au moins deux jambes (90) d'appui au sol (2). La table solaire (10) inclut un cadre parallélépipédique comportant quatre poutres allongées (31, 32, 41) deux à deux opposées, au moins un module photovoltaïque (60) fixé au cadre, et des câbles (70) de transport d'énergie électrique générée par le ou les modules photovoltaïques (60) à destination de l'onduleur. Les câbles (70) sont attachés sur l'essentiel de leur longueur à au moins l'une des poutres du premier type (31, 32) et/ou logés sur l'essentiel de leur longueur dans un volume libre délimité à l'intérieur d'au moins l'une des poutres du premier type (31, 32). Le nombre, la longueur, le diamètre et/ou le matériau des câbles (70) intégrés à la table solaire (10) sont fonction de sa position prédéterminée dans la ferme solaire. L'invention concerne également une table solaire (10) destinée à équiper une telle ferme solaire, ainsi qu'un système et un procédé de construction d'une telle ferme solaire.



**FERME SOLAIRE, TABLE SOLAIRE EQUIPANT UNE TELLE FERME SOLAIRE,
SYSTEME ET PROCEDE DE CONSTRUCTION D'UNE TELLE FERME SOLAIRE**

La présente invention concerne une ferme solaire. L'invention concerne également
5 une table solaire équipant une telle ferme solaire, ainsi qu'un système et un procédé de
construction d'une telle ferme solaire.

Le domaine de l'invention est celui des centrales de production d'énergie
renouvelable, solaire photovoltaïque ou solaire hybride.

L'invention se rapporte en particulier aux fermes solaires de grande capacité,
10 c'est-à-dire ayant une capacité de production d'énergie supérieure à 1 « Mégawatt crête »
(MWc), de préférence supérieure à 10 MWc. En alternative, l'invention peut être mise en
œuvre pour une ferme solaire de petite capacité, comprise entre 3 à 300kWc environ.

De manière connue, une ferme solaire de grande capacité peut être installée sur
un terrain nu, puis connectée à un réseau national ou régional de transport et de
15 distribution d'énergie. Actuellement, une telle ferme solaire est conçue pour être installée
et maintenue sur le même site pour un minimum de 20 à 30 ans. Les exploitants doivent
donc s'assurer que le coût de la construction soit rentabilisé, une fois la ferme installée,
par un contrat de vente d'énergie couvrant cette même durée. L'investissement est
important et potentiellement risqué, ce qui freine le déploiement de fermes solaires dans
20 les pays les moins développés et les moins solvables.

Généralement, les éléments constitutifs d'une ferme solaire photovoltaïque arrivent
entièrement désassemblés sur le site de construction. Des milliers de poutres de
structure, modules photovoltaïque et câbles électrique doivent être assemblés
directement sur le site. Les poutres sont vissées ensemble et ancrées dans le sol pour
25 former la structure. Les modules sont levés avec soin en raison de leur fragilité, puis fixés
à la structure. Les câbles électriques sont déployés sur l'ensemble de la structure et
connectés aux modules, afin de les relier à une station onduleur/transformateur
centralisée, elle-même raccordée au réseau de distribution d'énergie. Avec une telle
méthode de construction traditionnelle, il peut s'écouler de 3 à 12 mois avant que la ferme
30 solaire soit opérationnelle et que le premier kilo Watt heure (kWh) d'énergie soit délivré au
réseau électrique et/ou à l'utilisateur final. A titre d'exemple, une ferme solaire
traditionnelle d'une capacité de 10 MWc peut être opérationnelle après environ 3 à 6 mois
de travaux.

En outre, les modules photovoltaïques existants ne sont pas adaptés pour
35 produire une importante tension (V). En pratique, plusieurs modules sont connectés en
série pour former des chaînes de modules (« module strings » en anglais) constitutives de

la ferme solaire. Le but de telles chaînes est d'augmenter la tension dans les câbles de courant continu, pour améliorer l'efficacité du transport d'énergie électrique générée par les modules jusqu'à l'onduleur. Habituellement, les modules de 60 cellules standards présentent une capacité individuelle d'environ 230 Wc, avec une tension en sortie de 30 Volts. Afin d'obtenir la tension DC de sortie désirée, correspondant typiquement aux onduleurs 2X500 kilovoltampères (kVA), une chaîne typique comprend environ 20 modules connectés en série, et la ferme solaire comprend elle-même plusieurs dizaines ou même centaines de chaînes connectées en réseau. Un tel agencement implique une multiplication importante du nombre de câbles et de boîtes de jonction des modules photovoltaïques, ce qui demande un grand nombre d'opérations de montage et rallonge la durée d'installation.

De plus, la plupart des modules photovoltaïques existants sont encadrés pour améliorer leur rigidité. De tels modules comprennent un panneau de verre stratifié qui contient les cellules photovoltaïques et est monté dans un cadre métallique, notamment en aluminium. Le cadre vise à rigidifier le module et empêcher la casse du panneau de verre stratifié, en particulier durant le transport ou l'installation. Lorsque le module est monté sur la structure de support, la rigidité combinée de la structure et des cadres de modules est trop élevée en comparaison avec les contraintes mécaniques subies par la ferme solaire et les modules (cellules/panneau de verre). Il en résulte un gaspillage de matériau, en volume et en masse, devant être transporté puis installé, ce qui accroît inutilement le coût global de la ferme solaire.

Par ailleurs, la plupart des modules photovoltaïques existants comprennent soixante cellules standards, typiquement des cellules en silicone poly-cristallin mesurant chacune 156 millimètres par 156 millimètres, et présentent donc une taille de 1,60 mètre par 1 mètre, pour une épaisseur de cadre de 50 millimètres environ. Pour chaque module, les soixante cellules sont connectées avec 6x10 cellules en série reliées à une boîte de connexion. Chaque module comporte une telle boîte, de laquelle sortent deux câbles de module (pôles positif et négatif). Cette taille est pratique si les modules doivent être manipulés manuellement par des installateurs, mais la tension de sortie individuelle de chaque module (tension à puissance maximale P_{max} = environ 30V) est trop faible pour un transport d'énergie efficace sur une distance de centaine de mètres, comme souvent nécessaire dans les fermes solaires de grand taille. Aussi, la tension d'entrée d'onduleurs centraux utilisés pour des fermes solaires de grande taille est souvent au moins 350V. Pour cette raison, souvent environ 20 modules sont connectés en série pour augmenter la tension globale de la chaîne. Ce mauvais ajustement entre la taille des modules et la

tension de chaîne optimale crée un gaspillage de matériel (environ 20 boîtes de connexion intermédiaires, et environ 40 câbles de modules intermédiaires).

Il existe également des générateurs solaires ou hybrides de faible capacité (de l'ordre de quelques kWc ou dizaines de kWc, dans tous les cas inférieure à 1 MWc), transportables notamment par conteneur, où le conteneur en lui-même devient un composant de la ferme solaire. Typiquement, un tel générateur comprend des panneaux solaires montés sur le toit du conteneur. Ces générateurs sont sous-dimensionnés pour une connexion en réseau efficace et ne permettent pas de réaliser des fermes solaires performantes pour un coût raisonnable, en particulier du fait du grand nombre de conteneurs requis pour obtenir 1 MWc.

US-A-2010 212 715 décrit une table solaire, une ferme solaire comprenant plusieurs tables solaires et un procédé de construction d'une telle ferme solaire. Chaque table comprend un cadre supportant des panneaux photovoltaïques, ainsi qu'une structure de poutres triangulées (« truss structure » en Anglais) pliables et déployables. De telles tables sont complexes et coûteuses à fabriquer. La structure de poutres triangulées représente une masse additionnelle importante et rallonge la durée d'installation des tables. En outre, les cadres des tables solaires peuvent être empilés les uns sur les autres durant leur transport, mais un risque de coincement existe en raison du profil en partie incliné des cadres.

Le but de la présente invention est de proposer une ferme solaire améliorée.

A cet effet, l'invention a pour objet une ferme solaire, comprenant au moins un onduleur et au moins une table solaire reliée par des câbles électriques à l'onduleur ou à l'un des onduleurs, la ou chaque table solaire étant adaptée pour reposer sur au moins deux jambes d'appui au sol, la ou chaque table solaire incluant :

- un cadre parallélépipédique comportant quatre poutres allongées, deux à deux opposées, parmi lesquelles :
 - deux poutres opposées d'un premier type sont conformées avec des profils de section transversale polygonale, et
 - deux poutres opposées d'un deuxième type sont munies chacune de moyens mécaniques de fixation du cadre à l'une des jambes d'appui ;
- au moins un module photovoltaïque fixé au cadre ; et
- des câbles de transport d'énergie électrique générée par le ou les modules photovoltaïques à destination de l'onduleur, les câbles étant attachés sur l'essentiel de leur longueur à au moins l'une des poutres du premier type et/ou logés sur l'essentiel de leur longueur dans un volume libre délimité à l'intérieur d'au moins l'une des poutres du premier type, le nombre, la longueur, le diamètre

et/ou le matériau des câbles intégrés à la ou chaque table solaire étant fonction de sa position prédéterminée dans la ferme solaire.

L'invention a également pour objet une table solaire, destinée notamment à équiper une telle ferme solaire. La table solaire est préfabriquée à des fins de transport et/ou d'installation et comprend :

- un cadre parallélépipédique comportant quatre poutres allongées, deux à deux opposées, parmi lesquelles :
 - deux poutres opposées d'un premier type sont conformées avec des profils de section transversale polygonale adaptés pour l'empilement l'une sur l'autre et le calage transversal d'au moins deux tables solaires, notamment à des fins de transport dans un conteneur de transport selon les standards ISO, et
 - deux poutres opposées d'un deuxième type sont munies chacune de moyens mécaniques (50) de fixation du cadre à une jambe d'appui ;
 - au moins un module photovoltaïque fixé au cadre ; et
- des câbles de transport d'énergie électrique générée par le ou les modules photovoltaïques à destination de l'onduleur, les câbles étant attachés sur l'essentiel de leur longueur à au moins l'une des poutres du premier type et/ou logés sur l'essentiel de leur longueur dans un volume libre délimité à l'intérieur d'au moins l'une des poutres du premier type.

Ainsi, l'invention permet d'obtenir une ferme solaire de grande capacité, en un laps de temps et pour un coût réduits par rapport aux fermes solaires existantes. La préfabrication des tables solaires évite de devoir emballer et transporter un grand nombre de composants. En outre, la réduction du nombre de composants à assembler et emballer permet un gain de temps lors de la fabrication et de l'installation, et donc une diminution globale du coût de main d'œuvre. En effet, la légère augmentation du coût d'assemblage dans l'usine de fabrication est largement compensée par la réduction du coût d'emballage et du coût d'assemblage sur site. Une fois débarquées du conteneur de transport, les tables solaires sont prêtes à être installées. De plus, le coût correspondant aux cadres support des modules est réduit. La construction des tables solaires qui équipent la ferme solaire est donc particulièrement avantageuse, facilitant à la fois le transport depuis le site de fabrication vers le site d'installation, l'installation de la ferme sur un terrain nu, mais également le démontage et le redéploiement de la ferme en cas de besoin.

Selon d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention, prises isolément ou en combinaison :

- La ou chaque table solaire est adaptée pour partager une même jambe d'appui avec une table solaire adjacente, lorsqu'au moins deux tables solaires sont installées au

sol l'une à côté de l'autre avec des poutres du deuxième type adjacentes, la jambe d'appui étant fixée aux moyens de fixation équipant les poutres du deuxième type adjacentes des deux tables solaires.

- La ou chaque table solaire, les poutres du premier type s'étendent suivant une première longueur, les poutres du deuxième type s'étendent suivant une deuxième longueur, la première longueur étant supérieure à la deuxième longueur, notamment la première longueur est supérieure à 8 mètres, de préférence supérieure à 10 mètres, et la deuxième longueur est supérieure à 1,50 mètre, de préférence supérieure à 2 mètres, la table solaire ou au moins certaines des tables solaires comportant de préférence une poutre centrale de rigidification du cadre, cette poutre centrale s'étendant parallèlement aux deux poutres du premier type et reliant les deux poutres du deuxième type.

- La ou chaque table solaire comprend également des câbles d'équipotentialité entre tables solaires, ces câbles d'équipotentialité appartenant à un système de protection anti-foudre et étant fixés au cadre de la table solaire, de préférence lors de la fabrication de la table solaire.

- La ou au moins certaines des tables solaires comprennent au moins un module photovoltaïque incluant des cellules photovoltaïques individuelles connectées à une même boîte de jonction, notamment pour obtenir une tension de chaîne optimale directement en sortie de ce module photovoltaïque.

- Chacun des moyens mécaniques de fixation du cadre à l'une des jambes d'appui autorisent une liberté de mouvement de la table solaire par rapport à la jambe d'appui suivant une direction sensiblement parallèle aux poutres du premier type et verrouillent le positionnement relatif de la table solaire par rapport à la jambe d'appui dans toutes les autres directions de l'espace.

L'invention a également pour objet un système de construction d'une ferme solaire, la ferme solaire étant au moins en partie préfabriquée sur un premier site et destinée à être installée et mise en service sur un deuxième site distant du premier site, le système de construction comprenant la ferme solaire et au moins un conteneur, de préférence à ouverture par le haut, le ou les conteneurs recevant, sur le premier site :

- au moins un onduleur et des transformateurs,
- des jambes d'appui, et
- au moins une table solaire formant un ensemble pré-assemblé monobloc, sans partie de structure pliable/dépliable, durant le transport dans le conteneur depuis le premier site vers le deuxième site et/ou durant l'installation de la table solaire sur le deuxième site, la position de la table solaire dans le ou les conteneurs étant fonction de sa position prédéterminée dans la ferme solaire.

Avantageusement, la ferme solaire comprend au moins deux tables solaires, chaque table solaire comprenant des poutres du premier type conformées avec des profils de section transversale polygonale adaptés pour l'empilement l'une sur l'autre et le calage transversal d'au moins deux tables solaires dans le ou l'un des conteneurs, deux tables empilées présentant une hauteur inférieure à la somme de leurs hauteurs individuelles, la position relative des tables solaires empilées dans le ou les conteneurs étant fonction de leur position respective prédéterminée dans la ferme solaire.

L'invention a également pour objet un procédé de construction d'une ferme solaire, le procédé comprenant au moins des étapes successives suivantes :

- 10 - une étape a) de planification, d'une part, de la fabrication sur un premier site et, d'autre part, du déploiement sur un deuxième site distant du premier site, d'une ferme solaire comprenant au moins une table solaire ;
 - une sous-étape a1) de référencement de chaque table solaire en fonction de sa position d'installation dans la ferme solaire sur le deuxième site ;
- 15 - une sous-étape a2) de détermination du nombre et/ou de la longueur de câbles de transport d'énergie électrique intégrés à chaque table solaire en fonction de son référencement dans la sous-étape de référencement a1) ;
- une étape b) de fabrication, sur le premier site, de chaque table solaire comprenant :
 - 20 - un cadre parallélépipédique comportant quatre poutres allongées, deux à deux opposées, parmi lesquelles :
 - deux poutres opposées d'un premier type sont conformées avec des profils de section transversale polygonale adaptés pour l'empilement l'une sur l'autre et le calage transversal d'au moins deux tables solaires, notamment
 - 25 à des fins de transport dans un conteneur de transport selon les standards ISO, et
 - deux poutres opposées d'un deuxième type sont munies chacune de moyens mécaniques de fixation au cadre d'une jambe d'appui ;
 - au moins un module photovoltaïque fixé au cadre, et
 - 30 - les câbles attachés sur l'essentiel de leur longueur à au moins l'une des poutres du premier type et/ou logés sur l'essentiel de leur longueur dans un volume libre délimité à l'intérieur d'au moins l'une des poutres du premier type ;
 - une étape c) de chargement de la ferme solaire dans au moins un conteneur de transport, de préférence à ouverture par le haut, chaque table solaire étant
 - 35 positionnée dans le ou l'un des conteneurs en fonction de son référencement dans

la sous-étape de référencement a1), le cadre d'une table solaire étant notamment empilé sur le cadre de la table solaire précédemment chargée dans le conteneur ;

- une étape d) de transport des conteneurs depuis le premier site vers le deuxième site ;

- 5 - une étape e) d'installation de la ferme solaire sur le deuxième site, chaque table solaire formant un ensemble pré-assemblé monobloc durant son déchargement et son installation, réalisés notamment par le biais d'une machine de manutention de tables solaires, la position d'installation de chaque table solaire étant fonction de son référencement dans la sous-étape de référencement a1).

10 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma de principe d'une ferme solaire conforme à l'invention, la ferme solaire étant disposée dans l'hémisphère nord et comprenant plusieurs tables solaires également conformes à l'invention, les tables solaires étant fixées au sol et reliées électriquement à un onduleur ;

- la figure 2 est une vue de dessus d'une table solaire équipant la ferme solaire de la figure 1, la table comprenant un cadre, des modules photovoltaïques, des câbles de transport d'électricité, ainsi que des câbles d'équipotentialité entre tables faisant partie d'un système de protection anti-foudre, le cadre étant fixé sur des jambes d'appui au sol ;

- la figure 3 est une vue selon la flèche III à la figure 2 ;

- la figure 4 est une vue analogue à la figure 2, montrant uniquement le cadre et les moyens de fixation des jambes au cadre ;

- la figure 5 est une vue selon la flèche V à la figure 3 ;

- 25 - la figure 6 est une vue à plus grande échelle du détail VI à la figure 3 ;

- la figure 7 est une vue à plus grande échelle du détail VII à la figure 5 ;

- la figure 8 est une vue selon la flèche VIII à la figure 4, montrant uniquement le cadre et les moyens de fixation d'une jambe au cadre ;

- 30 - la figure 9 est une vue partielle analogue à la figure 8, montrant l'empilement à des fins de transport de trois poutres longitudinales appartenant à trois tables solaires ;

- la figure 10 est une vue à plus grande échelle du détail X à la figure 8 ;

- la figure 11 est une vue à plus grande échelle du détail XI à la figure 2 ;

- la figure 12 est une vue à plus grande échelle du détail XII à la figure 3 ; et

- la figure 13 est une vue à plus grande échelle du détail XIII à la figure 5.

35 Sur la figure 1 est représentée une ferme solaire 1 conforme à l'invention.

Pour faciliter le repérage de la ferme 1 dans l'espace, les points cardinaux sont montrés à la figure 1 : nord NO, sud SO, est EA, ouest WE.

La ferme solaire 1 est installée sur un terrain 2, de part et d'autre d'une route 3 et d'une tranchée 4. Le terrain 2 est initialement nu et traversé suivant la direction est EA – ouest WE par la route 3, tandis que la tranchée 4 est creusée suivant la direction nord NO – sud SU lors de l'installation de la ferme 1 sur le site.

En alternative, la ferme solaire 1 peut être installée sur une structure existante ou un bâtiment, notamment le toit du bâtiment.

La ferme solaire 1 comprend une station onduleur / transformateur centralisée 6 et plusieurs tables solaires 10, également conformes à l'invention, équipées de cellules solaires photovoltaïques. Les tables 10 sont fixées au sol du terrain 2 par des jambes non visibles à la figure 1, qui sont par exemple des profilés métalliques. Sur l'exemple de la figure 1, les tables 10 formant la ferme solaire 1 sont agencées selon dix-huit colonnes C1 à C18 orientées suivant la direction est EA – ouest WE, ainsi que selon seize lignes L1 à L16 orientées suivant la direction nord NO – sud SO. Les lignes L1 à L8 sont situées au nord NO de la route 3, tandis que les lignes L9 à L16 sont situées au sud SO de la route 3. Les colonnes C1 à C9 sont situées à l'ouest WE de la tranchée 4, tandis que les colonnes C10 à C18 sont situées à l'est EA de la route 3. Les tables 10 sont raccordées électriquement en chaînes comprenant chacune plusieurs tables 10, afin d'améliorer l'efficacité énergétique de l'ensemble. Les tables 10 formant une chaîne sont disposées en série suivant l'une des lignes L1 à L16, par exemple trois tables 10. Les chaînes de tables 10 sont reliées électriquement à l'onduleur 6 par des câbles 7 de transport d'énergie électrique qui sont disposés dans la tranchée 4.

Sur l'exemple de la figure 1, la station onduleur/transformateur 6 occupe une surface équivalente à une table 10, ce qui nécessite en fait d'occuper la place de deux chaînes de trois tables 10, sur l'emplacement correspondant aux colonnes C7 à C9 et aux lignes L9 et L10. La station 6 est adjacente à la route 3 et à la tranchée 4. Cette tranchée 4 est creusée sous la route 3, de manière à recevoir les câbles 7 en provenance de chaque chaîne de tables 10, de chaque ligne L1 à L16, pour les relier à l'onduleur de la station 6. A titre d'exemple, la station 6 peut livrer l'énergie en courant alternatif de 11 ou 20 kilovolts (kV). La station 6 peut être entièrement pré-assemblée, chargée en conteneur ISO standard et livrée sur site en étant prête pour connexion et mise en service immédiate.

En pratique, la ferme solaire 1 est préfabriquée sur un site de production qui est généralement distant du site d'exploitation, à savoir le terrain 2. Autrement dit, la station onduleur/transformateur 6, les câbles 7, les tables 10 et les jambes d'appui au sol sont

fabriquées dans un premier temps, puis répartis dans des conteneurs de transport maritime, ferroviaire et/ou routier pour être acheminés vers le terrain 2 dans un deuxième temps. Dans un troisième temps, les éléments constitutifs de la ferme solaire 1 sont déchargés sur le terrain 2 puis assemblés entre eux, avec un gain de temps conséquent par rapport aux installations traditionnelles. Le creusement de la tranchée 4, située à environ 50 centimètres vers l'est EA de la colonne de jambes centrale, est commencé après la pose des tables 10 du quadrant nord-est (L1-L8, C1-C9) de la ferme 1, et terminé après la pose des tables 10 du quadrant sud-est (L9-L16, C1-C9), mais avant la pose des tables 10 du quadrant nord-ouest (L1-L8, C10-C18) et du quadrant sud-ouest (L9-L16, C10-C18).

En particulier, les tables solaires 10 sont spécifiquement adaptées pour faciliter leur transport et leur installation, avec un encombrement réduit et une rigidité optimale, comme détaillé ci-après en référence aux figures 2 à 13. Chaque table solaire 10 forme un ensemble pré-assemblé monobloc durant son transport et son installation. Les tables solaires 10 ne comprennent aucune partie pliable/dépliable, qui pourrait fragiliser sa structure lors d'une opération de manutention et rallongerait sa durée d'installation sur le terrain 2. Selon un exemple préféré, chaque table 10 mesure environ 12 mètres de longueur pour 2 mètres de largeur et 0,2 mètres d'épaisseur, de sorte qu'un conteneur maritime standard ISO (par exemple, un conteneur cubique de 40 pieds de haut à ouverture par le haut, ISO 6346:1995) peut contenir dix-huit tables 10.

Lors de leur installation sur le terrain 2, les tables solaires 10 sont inclinées en direction du sud SO, comme montré ci-après aux figures 3 et 5, afin de capter au mieux le rayonnement solaire. Ceci est valable dans l'hémisphère nord du globe et doit être compris comme tel dans la description ci-après, étant entendu que dans l'hémisphère sud, les tables solaires 10 sont inclinées en direction du nord NO.

Du fait du grand nombre de tables 10 constituant la ferme solaire 1, à savoir deux cent quatre-vingt deux tables 10 sur l'exemple de la figure 1, la ferme 1 présente une capacité de production d'énergie importante, de l'ordre de 1 MWc. Le « Mégawatt crête » est une unité de puissance utilisée comme mesure de puissance en sortie des modules photovoltaïques, afin de décrire l'effet produit par les cellules solaires photovoltaïques équipant les tables 10 dans des conditions standardisées de haute isolation (« Standard Testing Conditions » ou STC en Anglais). La capacité exacte de la ferme 1 dépend de nombreux paramètres tels que l'ensoleillement du terrain 2, le nombre de tables 10, le type et l'agencement des cellules photovoltaïques équipant les tables 10, le rendement de la station onduleur/transformateur 6, l'efficacité électrique globale de la ferme 1, notamment les pertes dans les câbles 7 de transport d'énergie, etc.

En alternative, la ferme 1 peut être conformée différemment sans sortir du cadre de l'invention. Par exemple, le terrain 2 peut être démunie de route 3 et/ou de tranchée 4. Selon un autre exemple, la ferme 1 peut comprendre un nombre différent de tables 10, dans tous les cas au moins une table 10, de préférence au moins une centaine de tables 10. Selon un autre exemple, les chaînes peuvent comprendre un nombre différent de tables 10, de préférence au moins trois tables 10. Selon un autre exemple, la ferme 1 peut être hybride, c'est-à-dire inclure également un ou des générateurs hydrauliques, éoliens, diesel, biodiesel ou autres sources d'électricité. Selon un autre exemple, la ferme 1 peut comprendre un système d'onduleur décentralisé, dans lequel chaque ligne L1-L16 ou plusieurs (deux, trois) lignes L1-L16 de tables 10 sont munies d'un onduleur décentralisé. Dans ce cas, la station centrale 6 de la ferme 1 ne comprend pas un onduleur centralisé mais seulement un transformateur et des équipements périphériques, comme des boîtes de protection, climatisation, etc.

Sur les figures 2 à 13 est représentée une table solaire 10 équipant la ferme solaire 1 selon l'invention.

La table solaire 10 inclut un cadre 20 globalement parallélépipédique, des modules photovoltaïques 60 fixés au cadre 20, des câbles 70 de transport d'énergie électrique générée par les modules 60, ainsi que des câbles 80 d'équipotentialité entre tables 10 adjacentes. Ces câbles 80 font partie du système de protection anti-foudre de la ferme 1, conformément aux normes en vigueur. La table 10 est adaptée pour reposer sur deux jambes 90 d'appui au sol 2. De préférence, les jambes 90 sont au moins en partie enterrées sous la surface du sol 2, comme montré aux figures 3 et 5. A titre d'exemple non limitatif, les jambes 90 s'étendent suivant leurs axes A90 respectifs sur environ 2,5 mètres de hauteur, tandis que la distance entre le sol 2 et le point le plus bas de la table 10 est d'environ 60 centimètres.

Comme montré aux figures 2 à 4, les modules photovoltaïques 60 équipant la table 10 sont au nombre de quatorze, disposées en deux rangées de sept modules 60. Chaque module 60 est un panneau de verre stratifié intégrant des cellules photovoltaïques, par exemple soixante cellules adjacentes. Dans ce cas, chaque table 10 intègre huit cent quarante cellules. Chaque module 60 peut être encadré par son propre cadre d'aluminium ou, de préférence, être dénué de cadre en aluminium. A titre d'exemple non limitatif, chaque module mesure environ 1,60 mètre par 1 mètre, pour une épaisseur de 50 millimètres (avec cadre). Ceci correspond aux dimensions approximatives de la majorité des modules fabriqués actuellement.

Lors de la fabrication de la table 10, les modules 60 sont fixés directement et rigidement au cadre 20. Un espace intermédiaire 61 sépare les deux rangées de modules

60. Des crochets de maintien 66 des modules 61 sont positionnés entre les modules 60 d'une même rangée et sur le cadre 20, en bordure de cette rangée. Pour chaque table 10, chaque rangée de sept modules 60 est déjà connectée en série dans l'usine, créant deux « mini-chaînes » de sept modules 60 chacune sur la table 10. Cela permet de connecter les mini-chaînes de sept modules 60 de trois tables 10 adjacentes pour arriver à une chaîne de vingt et un modules 60, ce qui est augmenté la tension dans la chaîne au niveau d'entrée souhaité pour un fonctionnement optimal de l'onduleur dans la station onduleur/transformateur 6.

En alternative, la table 10 peut comprendre un nombre différent de modules 60, même en gardant le nombre de huit cent quarante cellules individuelles par table 10. Par exemple, au lieu de connecter sept modules 60 (de soixante cellules chacun, donc quatre cent vingt cellules), pour arriver à une mini-chaîne de sept modules 60, la table 10 peut être fournie avec le même nombre de cellules, celles-ci étant connectées dans seulement deux modules 60. Chacun de ces « méga-modules » de 420 cellules a seulement une boîte de connexion et deux câbles (pôles plus et moins). Cela permet de réduire le nombre de boîtes de connexion et le nombre et/ou les dimensions des câbles 70 de modules par rapport aux sept boîtes de connexion et 14 câbles de la « mini-chaîne » de sept modules 60 traditionnels de soixante cellules chacun. Selon un autre exemple, la table 10 peut comporter un ou plusieurs modules incluant au moins cent vingt cellules photovoltaïques individuelles connectées à une même boîte de jonction. Un tel « méga-module » est un objet qui peut être considéré indépendamment des autres objets de l'invention, à savoir la ferme solaire 1 et la table solaire 10.

Quel que soit le nombre de modules 60 équipant la table 10, la connexion entre modules 60 peut être avantageusement optimisée : une réduction du nombre de modules 60 équipant la table 10 implique une réduction du nombre de boîtes de connexion et de câbles 70 reliant les modules 60, ce qui constitue une économie de matériel.

Le cadre 20 comporte quatre poutres 31, 32, 41 et 42, deux à deux opposées. Plus précisément, le cadre 20 comporte deux poutres opposées 31 et 32 d'un premier type, à savoir des poutres longitudinales s'étendant respectivement suivant des axes parallèles A31 et A32, ainsi que deux poutres opposées d'un deuxième type 41 et 42, à savoir des poutres latérales s'étendant respectivement suivant des axes parallèles A41 et A42. Les poutres longitudinales 31 et 32 présentent une longueur L30, tandis que les poutres latérales 41 et 42 présentent une longueur L40. La longueur L30 est supérieure à la longueur L40, notamment la longueur L30 est supérieure à 8 mètres, de préférence supérieure à 10 mètres, tandis que la deuxième longueur L40 est supérieure à 1,5 mètre, de préférence supérieure à 2 mètres. Sur l'exemple des figures 1 à 13, la longueur L30

mesure environ 12 mètres, tandis que la longueur L40 mesure environ 2,10 mètres. Les poutres 31, 32, 41 et 42 sont de préférence en acier galvanisé, qui présente un bon compromis entre résistance mécanique et compacité. En alternative, le cadre 20 peut être en tout type de matériau métallique ou composite adapté à la présente application. Lors de la fabrication du cadre 20, les poutres 31, 32, 41 et 42 sont de préférence soudées entre elles. Le cadre 20 est rigide et ne comprend aucune partie pliable/dépliable. Le cadre 20 suffit à rigidifier la table 10, qui ne comprend donc aucune partie de structure pliable/dépliable.

Lorsque la table 10 est installée sur ses jambes 90 fixées au sol 2, les poutres 31 et 32 s'étendent suivant la direction est EA – ouest WE, avec la poutre 32 qui est plus rapprochée du sol 2 que la poutre 31, tandis que les poutres 41 et 42 s'étendent suivant la direction nord NO – sud SO, en étant inclinées vers le sol 2 du côté sud SO. Autrement dit, le cadre 20 est globalement incliné en direction du sud SO, de manière à optimiser l'exposition des modules photovoltaïques 60 au rayonnement solaire. Sur l'exemple de la figure 5, la table 10 est inclinée d'un angle β_{10} égal à 20 degrés par rapport à un plan horizontal sensiblement parallèle au sol 2. En alternative, la table 10 peut être inclinée vers le sud SO d'un angle β_{10} compris entre 0 et 35 degrés

Les poutres longitudinales 31 et 32 sont creuses et délimitent chacune un volume intérieur libre, respectivement 33 et 34, dans lesquels sont disposés les câbles 70 lors de la fabrication de la table 10. En alternative, les câbles 70 peuvent être attachés sur l'une des poutres ou sur les poutres 31 et 32, à l'extérieur des volumes 33 et 34, lors de la fabrication de la table 10. Le nombre, la longueur, le diamètre et/ou le matériau particulier des câbles 70 intégrés à la table solaire 10 sont fonction de la position prédéterminée de cette table 10 dans la ferme solaire 1. Ces paramètres associés aux câbles 10 sont déterminés lorsque la construction de la ferme solaire 1 est planifiée, autrement dit prédéterminés avant la fabrication de la table 10. La résistance et la conductivité d'un câble 70 dépendent en particulier de son matériau (aluminium ou cuivre par exemple) et de son diamètre. L'ensemble des câblages de la ferme solaire 1 comprend des segments différents prédéterminés et pré-assemblés pour chaque table 10, et non pas un unique câble pour chaque colonne C1-C18.

Les poutres 31 et 32 sont symétriques par rapport à un plan médian parallèle aux axes A31 et A32. Les poutres 31 et 32 sont conformées avec des profils de section polygonale, transversalement à leurs axes respectifs A31 et A32. Ainsi, les profils des poutres 31 et 32 sont adaptés pour l'empilement l'une sur l'autre et le calage transversal d'au moins deux tables solaires 10, notamment à des fins de transport dans un conteneur.

Pour faciliter la fabrication des poutres 31 et 32, ainsi que leur empilement, il est possible d'arrondir les coins du profil des poutres.

La figure 9 montre trois poutres longitudinales 32a, 32b et 32c empilées l'une sur l'autre à des fins de transport. A titre d'exemple, un conteneur maritime standard peut comprendre environ dix-huit tables 10 empilées l'une sur l'autre. La table 10 à laquelle appartient la poutre 32a est chargée la première, puis celle de la poutre 32b, puis de la poutre 32c. La poutre 42 solidaire de la poutre 32a et l'un des modules 60 reposant sur ces poutres 32a et 42 sont montrées en pointillés. La poutre 32c, de même que toutes les poutres 31, 32, 32a, 32b, comprend deux faces 36a et 36b orientées vers l'extérieur du cadre 20, trois faces 37a, 37b et 37c orientées vers le côté supérieur du cadre 20, trois faces 38a, 38b et 38c orientées vers l'intérieur du cadre 20, ainsi que deux faces 39a et 39b orientées vers le côté inférieur du cadre 20. Les côtés supérieur et inférieur du cadre 20 sont définis respectivement à l'opposé et en direction du sol 2 lorsque le cadre 20 est monté sur les jambes 90. Les faces 36a, 36b, 38a, 38b et 38c sont perpendiculaires aux faces 37a, 37b, 37c, 39a et 39b. La perpendicularité des faces voisines du profil est préférée, dans la mesure où elle permet d'éviter un risque de coincement des cadres superposés lors de l'empilement ou le désempliment des tables 10. Les coins entre faces voisines peuvent être arrondis pour faciliter la fabrication et l'empilement des poutres 31 et 32. Lorsque la poutre 32c est empilée sur la poutre 32b, les faces 39a, 38c et 39b de la poutre 32c viennent en appui respectivement sur les faces 37b, 36b et 37a de la poutre 32b. La poutre 42 s'étend depuis la face 38b, tandis que le module 60 est fixé aux faces 38a et 37c. En alternative, le profil polygonal des poutres 31 et 32 peut comprendre un nombre différent de faces, de préférence au moins deux faces tournées de chaque côté.

Ainsi, les cadres 20 peuvent être facilement empilés, avec les poutres 31 et 32 qui remplissent une fonction de calage transversal aux axes A31 et A32 durant le transport des tables 10. Lors du chargement ou déchargement des tables 10, les cadres 20 peuvent glisser les uns sur les autres parallèlement aux axes A31 et A32. Durant toutes ces opérations, les modules 60 sont avantageusement protégés des chocs et autres dommages. En outre, deux tables 10 empilées présentant une hauteur inférieure à la somme de leurs hauteurs individuelles. La hauteur est mesurée perpendiculairement au plan de la table 10, autrement dit perpendiculairement aux axes A31 et A32.

Comme montré à la figure 7, les câbles 70 relient chaque table 10 de la ferme 1 à une table 10 adjacente ou à un câble 7 à destination de l'onduleur dans la station onduleur/transformateur 6. Les câbles 70 sont logés sur l'essentiel de leur longueur dans les volumes libres 33 et 34 délimités à l'intérieur des poutres longitudinales 31 et 32, ou

dans le volume 31 ou 34 délimité dans au moins l'une des poutres 31 et 32, ce qui permet avantageusement d'assembler les câbles dans l'usine de fabrication et non pas sur le site. Au niveau des poutres latérales 41 et 42, comme montré en particulier à la figure 6, les câbles 70 se terminent par des fiches 71 de connexion à une table 10 adjacente. Ces

5 fiches 71 facilitent le raccordement entre tables 10 pour la formation des mini-chaînes de vingt-et-un modules 60 disposés en série, ainsi que la connexion de chaque de ces séries à l'onduleur dans la station onduleur/transformateur 6. Pour cette connexion des chaînes de modules 60, chaque table 10 contient exactement le bon nombre de câbles 70 dans les poutres longitudinales 31 et 32. Ce nombre correct de câbles 70, ainsi que leur

10 longueur, diamètre et matériau dépendent du positionnement (défini par la ligne et la colonne) de la table 10 dans la ferme 1. Ainsi, l'ensemble du câblage des chaînes peut être pré-assemblé dans l'usine de fabrication, en laissant le minimum d'opérations d'assemblage sur le terrain nu 2, ce qui réduit le coût et les délais d'installation de la ferme 1 sur site.

15 Comme montré à la figure 6, la table solaire 10 comprend également des câbles 80 d'équipotentialité entre les tables, qui font partie du système de protection anti-foudre fixé au cadre 20. Plus précisément, les câbles 80 incluent un élément conducteur 81 fixé à la poutre 32, un élément conducteur 82 destiné à être fixé au cadre 20 d'une table 10 adjacente, ainsi qu'un fil électrique conducteur 83 reliant les éléments 81 et 82. Au sein

20 d'une ligne de plusieurs tables 10, l'une de ces tables 10 comprend des moyens 80 spécifiquement reliés à la masse du sol 2 et/ou au système de parafoudre en sous-sol. Ces moyens 80 sont de préférence fixées sur la table 10 lors de sa fabrication. Les moyens 80 sont obligatoires d'après les normes internationales relatives aux équipements de production d'énergie solaire.

25 Par ailleurs, les poutres latérales 41 et 42 sont munies chacune de moyens mécaniques 50 de fixation au cadre 20 d'une jambe d'appui 90. Des premiers moyens mécaniques 50 sont solidaires de la poutre 41, tandis que des deuxièmes moyens mécaniques 50 sont solidaires de la poutre 42.

30 Plus précisément, deux organes allongés 51 et 52 sont soudés à chacune des poutres 41 et 42, du côté extérieur du cadre 20. De préférence, les organes 51 et 52 sont réalisés en acier galvanisé ou inoxydable. Les organes 51 et 52 sont inclinés du côté de la poutre 32 en formant un angle β_{53} par rapport à la poutre 42. En pratique, la valeur de l'angle β_{53} détermine la valeur de l'angle β_{10} d'inclinaison des tables 10. La somme de ces angles complémentaires β_{10} et β_{53} est égale à 90 degrés. La longueur de l'organe 51

35 est environ 20 centimètres, tandis que la longueur de l'organe 52 est environ 15 centimètres. L'organe 51 est plus long que l'organe 52, de sorte que leurs extrémités

inférieures respectives 53 et 54 opposées à la poutre 42 se trouvent sensiblement dans un même plan horizontal. Un orifice traversant 57 est ménagé dans l'extrémité 53 de l'organe 51, tandis qu'un orifice traversant 58 est ménagé dans l'extrémité 54 de l'organe 52. Les orifices 57 et 58 sont alignés suivant un axe parallèle à l'axe A41 ou A42. Les organes 51 et 52 sont séparés par un écart L50 de l'ordre de 10 centimètres, défini dans le plan horizontal et suivant une direction sécante aux axes A41 et A42. En alternative, les organes 51 et 52 peuvent être soudés sur une plaque intermédiaire, qui est vissée directement sur la poutre 41 ou 42, soit de préférence lors de la fabrication des tables 10, soit lors de l'installation de la ferme 1 sur le terrain 2.

Les jambes 90 se présentent comme des poteaux en acier, de préférence en acier galvanisé ou inoxydable, destinés être ancrées rigidement dans le sol 2 pour supporter la table 10. Comme montré en particulier à la figure 11, chaque jambe 90 présente un profil en H, avec deux branches 91 et 92 reliées par une partie intermédiaire 93. L'extrémité inférieure de la jambe 90 est adaptée pour être ancrée dans le sol 2. Les branches 91 et 92 sont creuses au niveau de l'extrémité supérieure de la jambe 90 destinée à être raccordée au cadre 20. Les branches 91 et 92 délimitent chacune deux évidements, respectivement 95 pour la branche 91 et 96 pour la branche 92, qui s'étendent dans la jambe 90 parallèlement à son axe longitudinal A90 et débouchent à son extrémité supérieure. Quatre trous oblongs 97 sont ménagés dans la branche 91, avec deux trous 97 débouchant de part et d'autre de chaque évidement 95 suivant une direction perpendiculaire à l'axe A90. De même, quatre trous oblongs 98 sont ménagés dans la branche 92, avec deux trous 98 débouchant de part et d'autre de chaque évidement 96 suivant une direction perpendiculaire à l'axe A90.

La partie 93 de la jambe 90 définit un plan vertical comprenant l'axe A90, avec un évidement 95, un évidement 96, deux trous 97 et deux trous 98 disposés de chaque côté de ce plan vertical. Les éléments 95-98 situés d'un premier côté du plan vertical sont adaptés pour recevoir les moyens 50 appartenant à une première table 10, tandis que les éléments 95-98 situés d'un deuxième côté du plan vertical sont adaptés pour recevoir les moyens 50 appartenant à une deuxième table 10 adjacente à la première table 10. Ainsi, deux tables 10 installées au sol 2 l'une à côté de l'autre, avec des poutres 41 et 42 adjacentes, sont adaptées pour partager une même jambe d'appui 90 fixée aux moyens de fixation 50 équipant les poutres 31 et 32 adjacentes des deux tables solaires 10.

Lorsque la table 10 est montée sur ses deux jambes 90, chaque organe 51 est enfoncé dans un évidement 95 et chaque organe 52 est enfoncé dans un évidement 96. Les orifices 57 et 58 sont alors alignés avec les trous oblongs 97 et 98. Des boulons non représentés peuvent ensuite être utilisés pour fixer rigidement les moyens 50 solidaires

du cadre 20 aux jambes 90. Un premier boulon est disposé à travers l'orifice 57 et les trous 97, tandis qu'un deuxième boulon est disposé à travers l'orifice 58 et les trous 98. La forme oblongue des trous 97 et 98 autorise un jeu de montage des moyens 50 par rapport à la jambe 90 suivant une direction perpendiculaire aux axes A41, A42 et A90, mais aucun jeu suivant une direction parallèle à l'axe A90.

Grâce à la construction particulière des moyens 50 et de la jambe 90, les tables solaires 10 peuvent être, d'une part, facilement montées lors de l'installation de la ferme 1, avec une connexion statique rigide par rapport aux jambes 90 et, d'autre part, facilement démontées lors du redéploiement éventuel de la ferme 1. En particulier, les moyens mécaniques 50 de fixation du cadre 20 à l'une des jambes d'appui 90 autorisent une liberté de mouvement de la table solaire 10 par rapport à la jambe d'appui 90 suivant une direction sensiblement parallèle aux poutres du premier type 31 et 32 et verrouillent le positionnement relatif de la table solaire 10 par rapport à la jambe d'appui 90 dans toutes les autres directions de l'espace.

En pratique, les principales contraintes mécaniques subies par les éléments constitutifs de la ferme 1 ne sont pas dues au poids des tables 10 exercées sur les jambes 90, mais à la force du vent susceptible de souffler sur la ferme 1. Les risques associés au vent sont l'arrachement des tables 10 par rapport aux jambes 90, l'arrachement des jambes 90 par rapport au sol 2, l'arrachement des modules 60 par rapport au cadre 20 et la déformation du cadre 20. Dans ces conditions, la construction des moyens 50 et de la jambe 90 assure une résistance optimale à l'arrachement des tables 10 par rapport aux jambes 90 sous l'effet du vent. Les poutres 31, 32, 41 et 42 procurent une résistance mécanique satisfaisante au cadre 20, adaptée à ses dimensions importantes. Les modules 60 sont solidarisés au cadre 20, notamment par vissage, de sorte que leur arrachement est empêché.

Comme montré à la figure 4, le cadre 20 comporte également six poutres 22 qui s'étendent entre les poutres 31 et 32, parallèlement aux poutres 41 et 42. Ces poutres 22 sont également prévues pour supporter les modules 60, ainsi qu'une partie des crochets 66 de maintien des modules 60 les uns par rapport aux autres et par rapport au cadre 20. Le nombre de poutres 22 dépend du nombre de modules 60 équipant la table 10. Autrement dit ces poutres 22 sont optionnelles, par exemple dans le cas où la table 10 est équipée d'un unique module 60 où de deux modules 60 s'étendant sur toute la longueur L30 du cadre 20. De préférence, les différentes poutres 22, 31, 32, 41 et 42 constituant le cadre 20 sont en acier galvanisé ou inoxydable. Encore de préférence, les modules 60 ne comprennent pas de cadres propres et sont supportés uniquement par le cadre 20, de sorte que les tables solaires 10 sont démunies d'aluminium.

En outre, les tables solaires 10 peuvent être conformées différemment des figures 1 à 13 sans sortir du cadre de l'invention.

En variante non représentée, le cadre 20 peut également être rigidifié à l'aide d'une poutre centrale. Dans ce cas, cette poutre centrale s'étend parallèlement aux poutres 31 et 32 en reliant les deux poutres 41 et 42. Cette alternative est préférée dans le cas d'utilisation de modules 60 non-cadrés.

Selon une autre variante non représentée, les profils de section polygonale transversale des poutres 31 et 32 peuvent être conformés différemment de l'exemple des figures. Dans le cadre de l'invention, ces profils permettent l'empilement et le calage transversal des tables 10 dans les conteneurs de transport.

Selon une autre variante non représentée, les moyens de fixation 50 peuvent être adaptés pour faire varier et ajuster l'angle β_{10} d'inclinaison de la table 10 et des modules 60. Par exemple, les organes 51 et 52 peuvent être montés en liaison pivot par rapport aux poutres 41 et 42, de manière à présenter un angle β_{53} variable. Des moyens 50 ajustables permettent à la table 10 d'être préfabriquée puis déployée sous différentes latitudes, avec une inclinaison optimale des modules 60 par rapport au soleil à chaque endroit / latitude de déploiement.

Selon une autre variante non représentée, le profil, la longueur et la largeur des jambes 90 peuvent être différents sans sortir du cadre de l'invention. En pratique, différents sites d'installation correspondent à différentes contraintes opérationnelles (sol, vent, ...), ce qui implique l'utilisation de jambes 90 particulières.

Par ailleurs, en considérant la ferme 1 de la figure 1 dans sa globalité, il est remarquable que les tables 10 peuvent ne pas être toutes identiques. En pratique, certaines tables 10 sont plus exposées au vent et peuvent donc nécessiter un ancrage plus solide dans le sol du terrain 2. C'est le cas notamment des tables 10 situées sur les lignes L1, L8, L9 et L16, ainsi que sur les colonnes C1, C9, C10 et C18.

Ainsi, de préférence, au moins certaines des tables 10 composant la ferme 1 peuvent être adaptées pour reposer sur trois jambes 90. Autrement dit, lorsque la ferme 1 comprend au moins neuf tables 10 accolées sur au moins trois lignes et au moins trois colonnes, alors au moins certaines de ces tables 10, notamment celles bordées par moins de huit tables 10 voisines, comprennent des troisièmes moyens mécaniques 50 de fixation au cadre 20 d'une troisième jambe d'appui 90. En complément ou en alternative, au moins certaines des tables 10 peuvent être munies d'une poutre centrale de rigidification du cadre 20, comme décrit plus haut. Dans tous les cas, les tables 10 destinées à former la ferme 1 présentent un minimum de différences structurelles, de

manière à pouvoir être fabriquées et assemblées en utilisant le même procédé de base à l'usine de fabrication.

De préférence, une majorité des tables 10 sont adaptées pour reposer chacune uniquement sur deux jambes 90, en partageant ces jambes 90 avec des tables 10 adjacentes. Cela minimise le nombre total de jambes 90 et réduit le coût de montage et de démontage de la ferme solaire 1. Comme chaque table 10 est installée sur un emplacement spécifique du terrain nu 2, qui peut être plus ou moins accidenté, surélevé et/ou incliné par rapport aux emplacements voisins, la longueur des différentes jambes 90 équipant la ferme 1 peut varier. Par conséquent, les jambes 90 prévues pour une ferme solaire 1 installée sur un terrain 2 donné ne sont pas toutes réutilisables sur un autre site. Dans ces conditions, un nombre plus réduit de jambes 90 signifie une réduction du nombre de pièces potentiellement non réutilisables.

Quel que soit le mode de réalisation de la ferme 1 ou de la table 10, le cadre 20 est préassemblé avec les modules photovoltaïques 60 et les câbles 70 directement dans l'usine de production, sur un premier site, de manière à réduire les étapes d'assemblage des tables solaires 10 sur le terrain 2, c'est-à-dire sur un deuxième site distant du premier site. Chaque table solaire 10 destinée à former la ferme solaire 1 peut être emballée, transportée et déployée en n'importe quel n'importe point du globe où pour un coût réduit. De cette manière, l'installation de la ferme 1 d'un MWc prend environ une semaine maximum et il en est de même pour le démontage. Les contrats d'exploitation peuvent être de courte durée, par exemple de 1 à 3 ans. Egalement, la ferme solaire 1 peut être financée plus facilement, indépendamment de la situation particulière du terrain 2 sur la planète.

Dans le cas où la ferme solaire 1 comprend uniquement une table solaire 10, l'onduleur de la station 6 peut optionnellement être fixé directement sur le cadre 20.

En outre, les caractéristiques techniques des différents modes de réalisation peuvent être, en totalité ou pour certaines d'entre elles, combinées entre elles. Ainsi, les tables solaires 10 et la ferme solaire 1 peuvent être adaptées en termes de coût et de contraintes opérationnelles.

REVENDICATIONS

1. Ferme solaire (1), comprenant au moins un onduleur et au moins une table solaire (10) reliée par des câbles électriques (7, 70) à l'onduleur ou à l'un des onduleurs, la ou chaque
5 table solaire (10) étant adaptée pour reposer sur au moins deux jambes (90) d'appui au sol (2), la ou chaque table solaire (10) incluant :

- un cadre parallélépipédique (20) comportant quatre poutres allongées (31, 32, 41, 42), deux à deux opposées, parmi lesquelles :
 - deux poutres opposées d'un premier type (31, 32) sont conformées avec des
10 profils de section transversale polygonale, et
 - deux poutres opposées d'un deuxième type (41, 42) sont munies chacune de moyens mécaniques (50) de fixation du cadre (20) à une des jambes d'appui (90) ;
- au moins un module photovoltaïque (60) fixé au cadre (20) ; et
- des câbles (70) de transport d'énergie électrique générée par le ou les modules
15 photovoltaïques (60) à destination de l'onduleur, les câbles (70) étant attachés sur l'essentiel de leur longueur à au moins l'une des poutres du premier type (31, 32) et/ou logés sur l'essentiel de leur longueur dans un volume libre (33, 34) délimité à l'intérieur d'au moins l'une des poutres du premier type (31, 32), le nombre, la
20 longueur, le diamètre et/ou le matériau des câbles (70) intégrés à la ou chaque table solaire (10) étant fonction de sa position prédéterminée dans la ferme solaire (1).

2. Ferme solaire (1) selon la revendication 1, caractérisée en ce que la ou chaque table
25 solaire (10) est adaptée pour partager une même jambe d'appui (90) avec une table solaire adjacente, lorsqu'au moins deux tables solaires (10) sont installées au sol (2) l'une à côté de l'autre avec des poutres du deuxième type (41, 42) adjacentes, la jambe d'appui (90) étant fixée aux moyens de fixation (50) équipant les poutres du deuxième type (41, 42) adjacentes des deux tables solaires (10).

3. Ferme solaire (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la ou chaque table solaire (10) comprend également des
30 câbles (80) d'équipotentialité entre tables solaires, ces câbles d'équipotentialité appartenant à un système de protection anti-foudre et étant fixés au cadre (20) de la table solaire (10), de préférence lors de la fabrication de la table solaire (10).

4. Ferme solaire (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la ou au moins certaines des tables solaires (10) comprennent au moins un module photovoltaïque incluant des cellules photovoltaïques individuelles connectées à une même boîte de jonction, notamment pour obtenir une tension de chaîne optimale directement en sortie de ce module photovoltaïque.
5. Table solaire (10), notamment destinée à équiper une ferme solaire (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, la table solaire (10) étant préfabriquée à des fins de transport et/ou d'installation et comprenant :
- un cadre parallélépipédique (20) comportant quatre poutres allongées (31, 32, 41, 42), deux à deux opposées, parmi lesquelles :
 - deux poutres opposées d'un premier type (31, 32) sont conformées avec des profils de section transversale polygonale adaptés pour l'empilement l'une sur l'autre et le calage transversal d'au moins deux tables solaires (10), notamment à des fins de transport dans un conteneur de transport selon les standards ISO, et
 - deux poutres opposées d'un deuxième type (41, 42) sont munies chacune de moyens mécaniques (50) de fixation du cadre (20) à une jambe d'appui (90) ;
 - au moins un module photovoltaïque (60) fixé au cadre (20) ; et
 - des câbles (70) de transport d'énergie électrique générée par le ou les modules photovoltaïques (60) à destination de l'onduleur, les câbles (70) étant attachés sur l'essentiel de leur longueur à au moins l'une des poutres du premier type (31, 32) et/ou logés sur l'essentiel de leur longueur dans un volume libre (33, 34) délimité à l'intérieur d'au moins l'une des poutres du premier type (31, 32).
6. Table solaire (10) selon la revendication 5, caractérisée en ce que les poutres du premier type (31, 32) s'étendent suivant une première longueur (L30), les poutres du deuxième type (41, 42) s'étendent suivant une deuxième longueur (L40), la première longueur (L30) étant supérieure à la deuxième longueur (L40), notamment :
- la première longueur (L30) est supérieure à 8 mètres, de préférence supérieure à 10 mètres, et
 - la deuxième longueur (L40) est supérieure à 1,50 mètre, de préférence supérieure à 2 mètres,
- la table solaire (10) comportant de préférence une poutre centrale de rigidification du cadre (20), cette poutre centrale s'étendant parallèlement aux deux poutres du premier type (31, 32) et reliant les deux poutres du deuxième type (41, 42).

7. Table solaire (10) selon l'une quelconque des revendications 5 ou 6, caractérisée en ce que chacun des moyens mécaniques (50) de fixation du cadre (20) à l'une des jambes d'appui (90) autorisent une liberté de mouvement de la table solaire (10) par rapport à la jambe d'appui (90) suivant une direction sensiblement parallèle aux poutres du premier type (31, 32) et verrouillent le positionnement relatif de la table solaire (10) par rapport à la jambe d'appui (90) dans toutes les autres directions de l'espace.
8. Système de construction d'une ferme solaire (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, la ferme solaire (1) étant au moins en partie préfabriquée sur un premier site et destinée à être installée et mise en service sur un deuxième site (2) distant du premier site, le système de construction comprenant la ferme solaire (1) et au moins un conteneur, de préférence à ouverture par le haut, le ou les conteneurs recevant, sur le premier site :
- au moins un onduleur et des transformateurs (6),
 - des jambes d'appui (90), et
 - au moins une table solaire (10) formant un ensemble pré-assemblé monobloc, sans partie de structure pliable/dépliable, durant le transport dans le conteneur depuis le premier site vers le deuxième site et/ou durant l'installation de la table solaire sur le deuxième site, la position de la table solaire (10) dans le ou les conteneurs étant fonction de sa position prédéterminée dans la ferme solaire (1).
9. Système de construction selon la revendication 8, la ferme solaire (1) comprenant au moins deux tables solaires (10), chaque table solaire (10) comprenant des poutres du premier type (31, 32) conformées avec des profils de section transversale polygonale adaptés pour l'empilement l'une sur l'autre et le calage transversal d'au moins deux tables solaires (10) dans le ou l'un des conteneurs, deux tables empilées présentant une hauteur inférieure à la somme de leurs hauteurs individuelles, la position relative des tables solaires (10) empilées dans le ou les conteneurs étant fonction de leur position respective prédéterminée dans la ferme solaire (1).
10. Procédé de construction d'une ferme solaire (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, le procédé comprenant au moins des étapes successives suivantes :

- une étape a) de planification, d'une part, de la fabrication sur un premier site et, d'autre part, du déploiement sur un deuxième site (2) distant du premier site, d'une ferme solaire (1) comprenant au moins une table solaire (10) ;
- une sous-étape a1) de référencement de chaque table solaire (10) en fonction de sa position d'installation dans la ferme solaire (1) sur le deuxième site (2) ;
- une sous-étape a2) de détermination du nombre et/ou de la longueur de câbles (70) de transport d'énergie électrique intégrés à chaque table solaire (10) en fonction de son référencement dans la sous-étape de référencement a1) ;
- une étape b) de fabrication, sur le premier site, de chaque table solaire (10) comprenant :
 - un cadre parallélépipédique (20) comportant quatre poutres allongées (31, 32, 41, 42), deux à deux opposées, parmi lesquelles :
 - deux poutres opposées d'un premier type (31, 32) sont conformées avec des profils de section transversale polygonale adaptés pour l'empilement l'une sur l'autre et le calage transversal d'au moins deux tables solaires (10), notamment à des fins de transport dans un conteneur de transport selon les standards ISO, et
 - deux poutres opposées d'un deuxième type (41, 42) sont munies chacune de moyens mécaniques (50) de fixation au cadre (20) d'une jambe d'appui (90) ;
 - au moins un module photovoltaïque (60) fixé au cadre (20), et
 - les câbles (70) attachés sur l'essentiel de leur longueur à au moins l'une des poutres du premier type (31, 32) et/ou logés sur l'essentiel de leur longueur dans un volume libre (33, 34) délimité à l'intérieur d'au moins l'une des poutres du premier type (31, 32) ;
- une étape c) de chargement de la ferme solaire (1) dans au moins un conteneur de transport, de préférence à ouverture par le haut, chaque table solaire (10) étant positionnée dans le ou l'un des conteneurs en fonction de son référencement dans la sous-étape de référencement a1), le cadre (20) d'une table solaire (10) étant notamment empilé sur le cadre (20) de la table solaire (10) précédemment chargée dans le conteneur ;
- une étape d) de transport des conteneurs depuis le premier site vers le deuxième site ;
- une étape e) d'installation de la ferme solaire (1) sur le deuxième site (2), chaque table solaire (10) formant un ensemble pré-assemblé monobloc durant son

déchargement et son installation, réalisés notamment par le biais d'une machine de manutention de tables solaires (10), la position d'installation de chaque table solaire (10) étant fonction de son référencement dans la sous-étape de référencement a1).

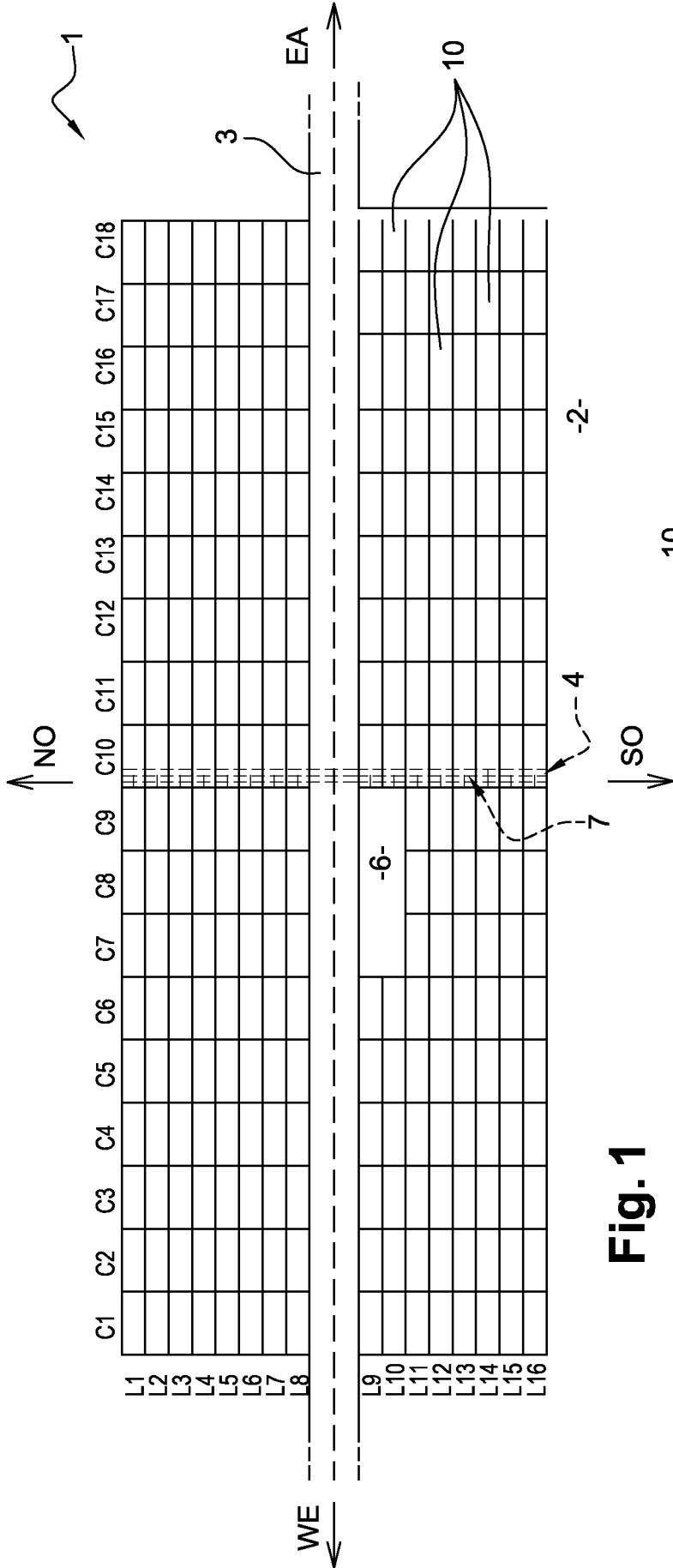


Fig. 1

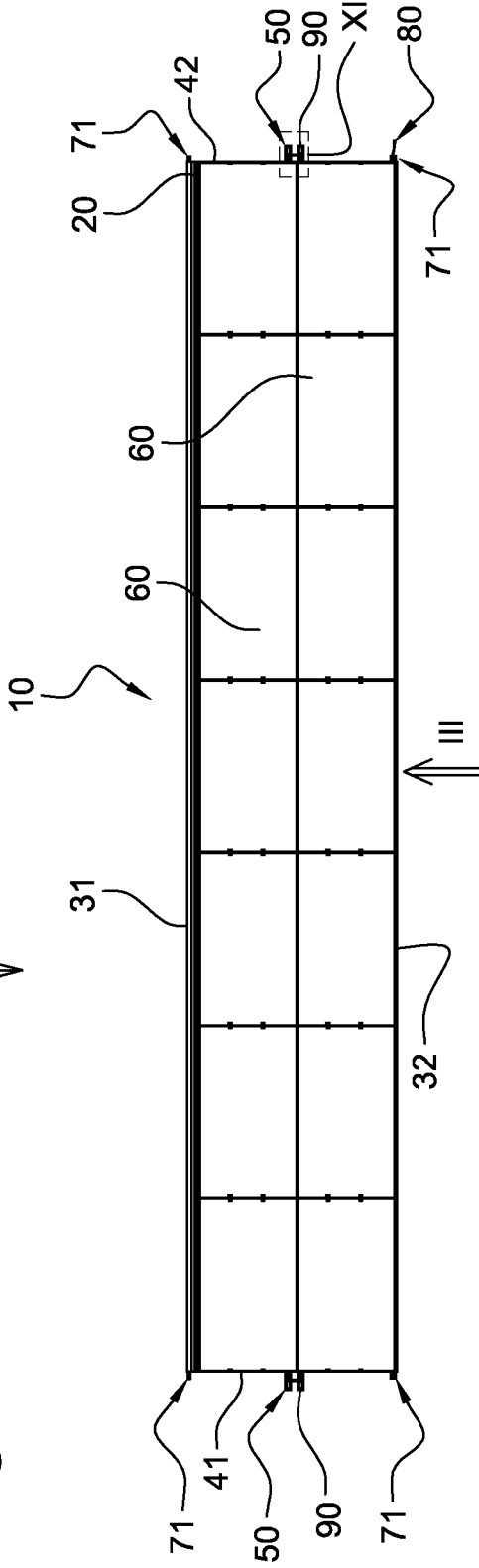


Fig. 2

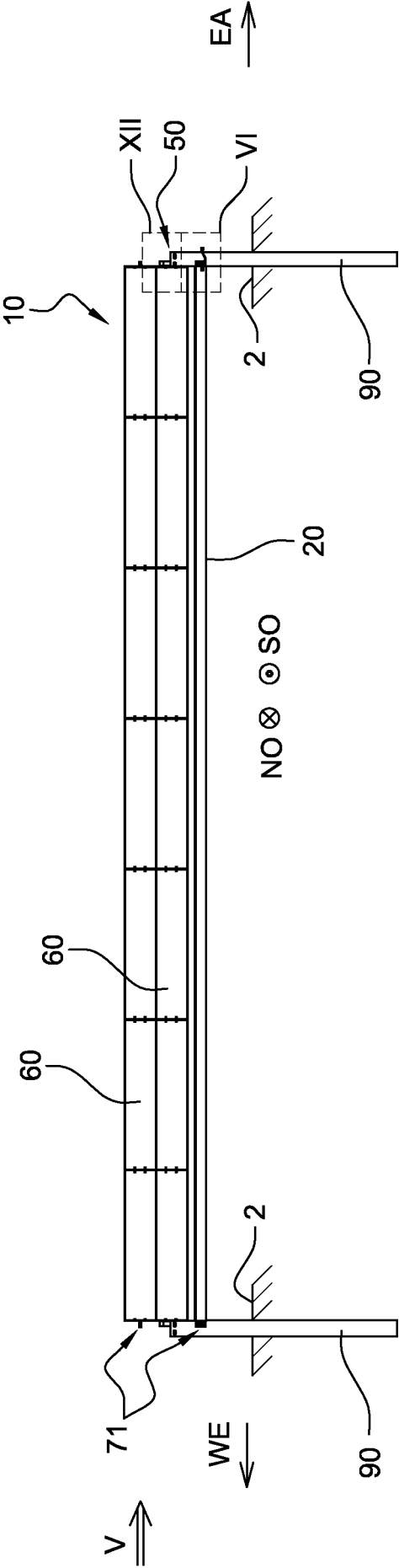


Fig. 3

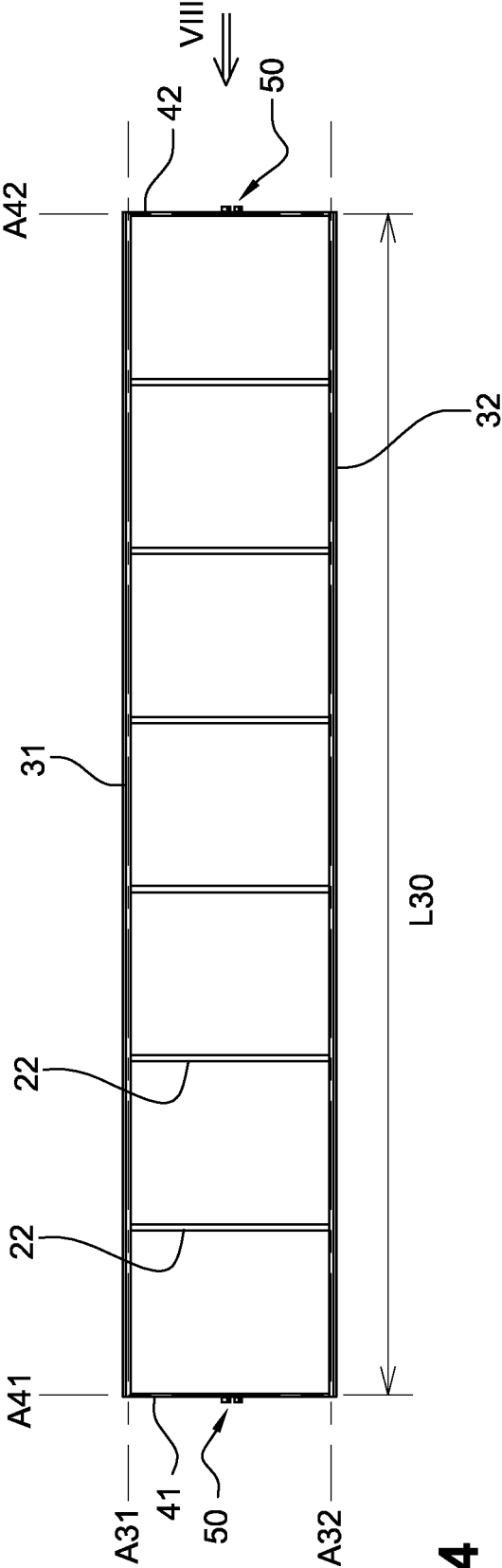


Fig. 4

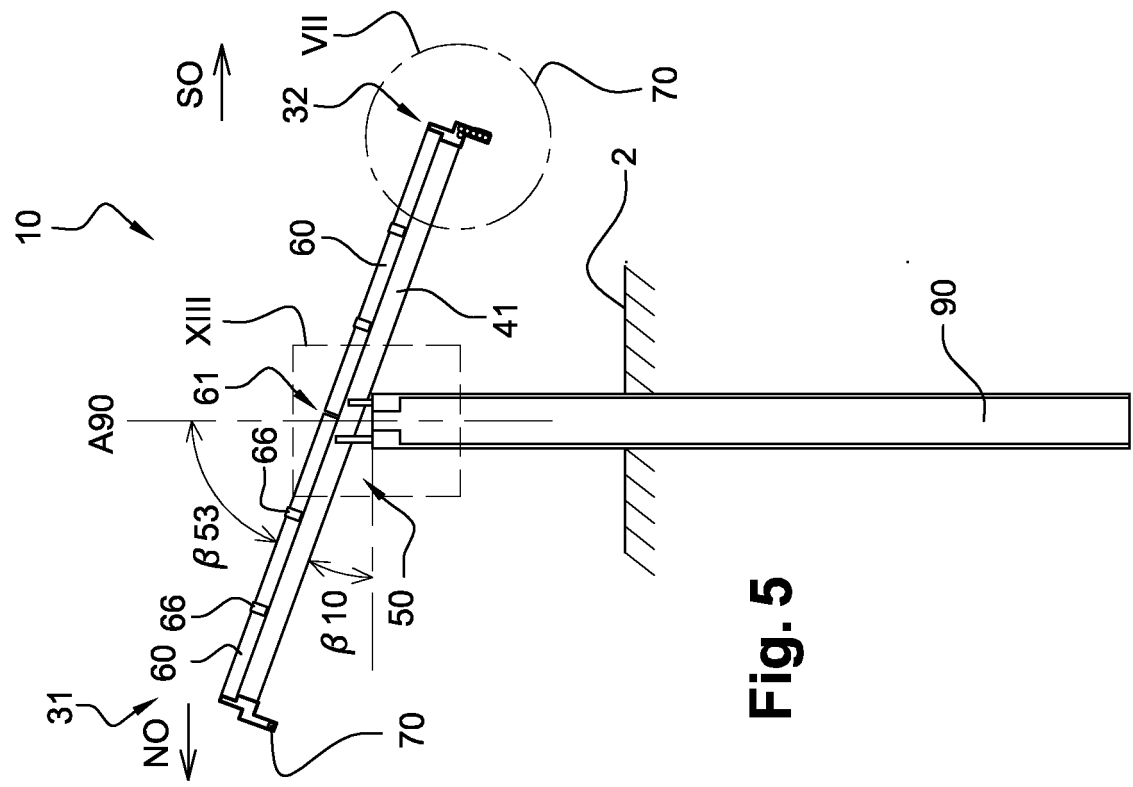


Fig. 5

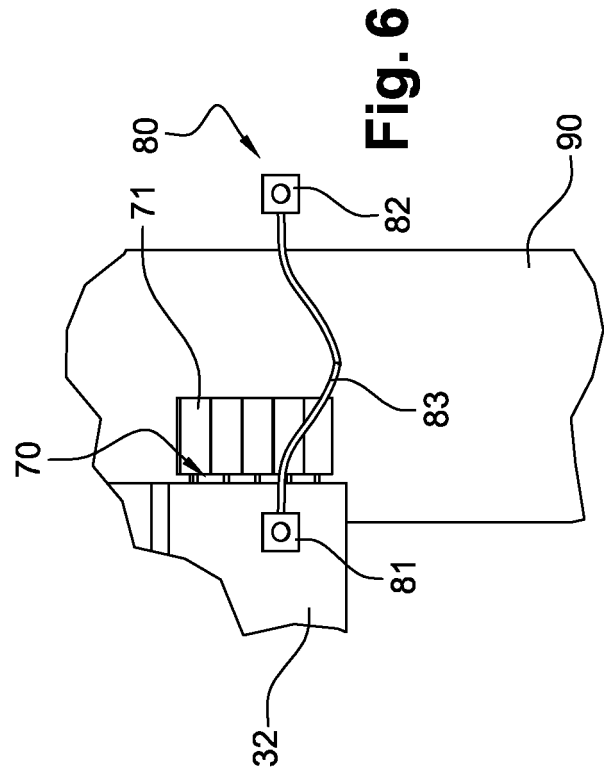


Fig. 6

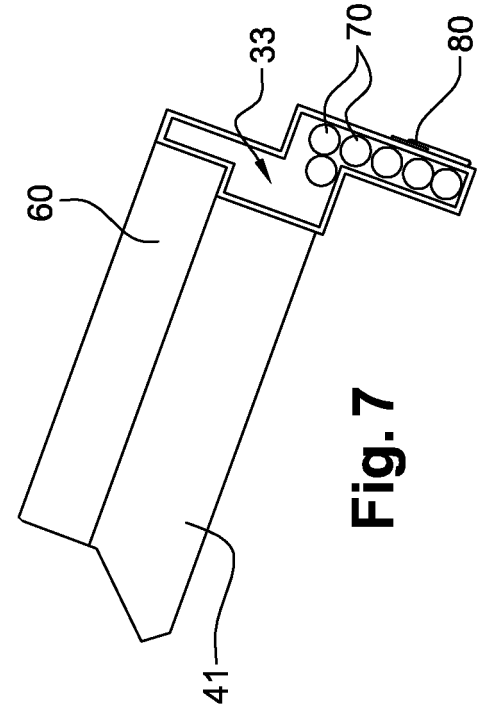


Fig. 7

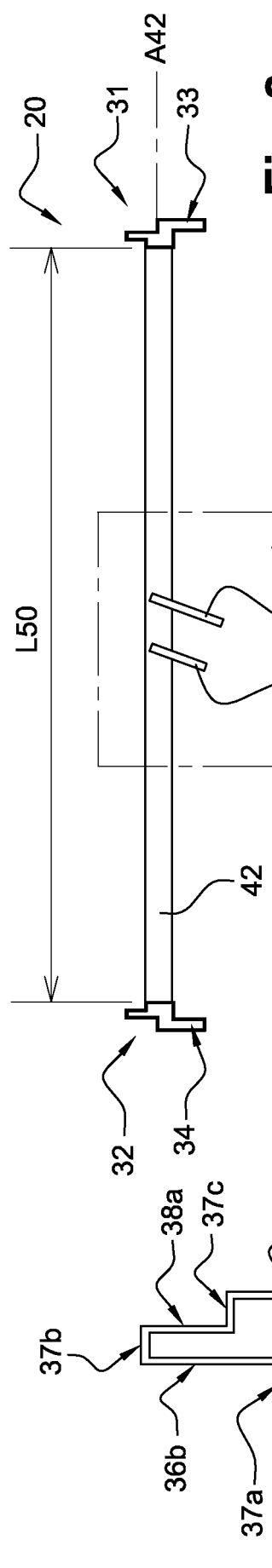


Fig. 8

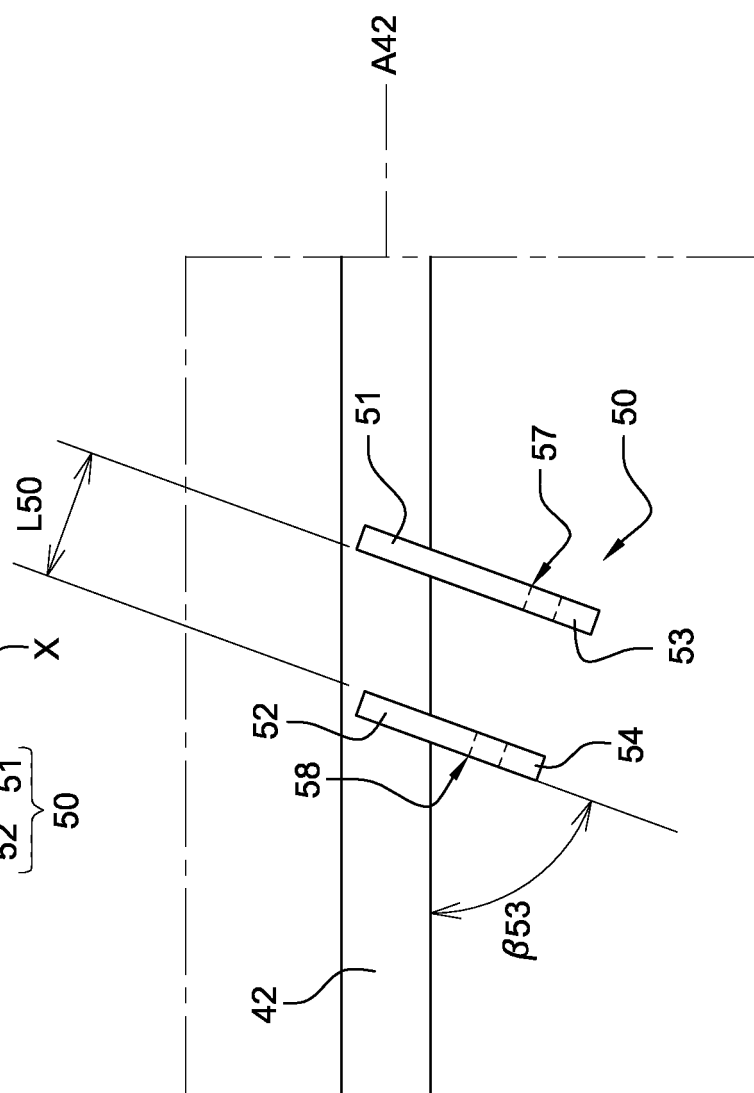


Fig. 9

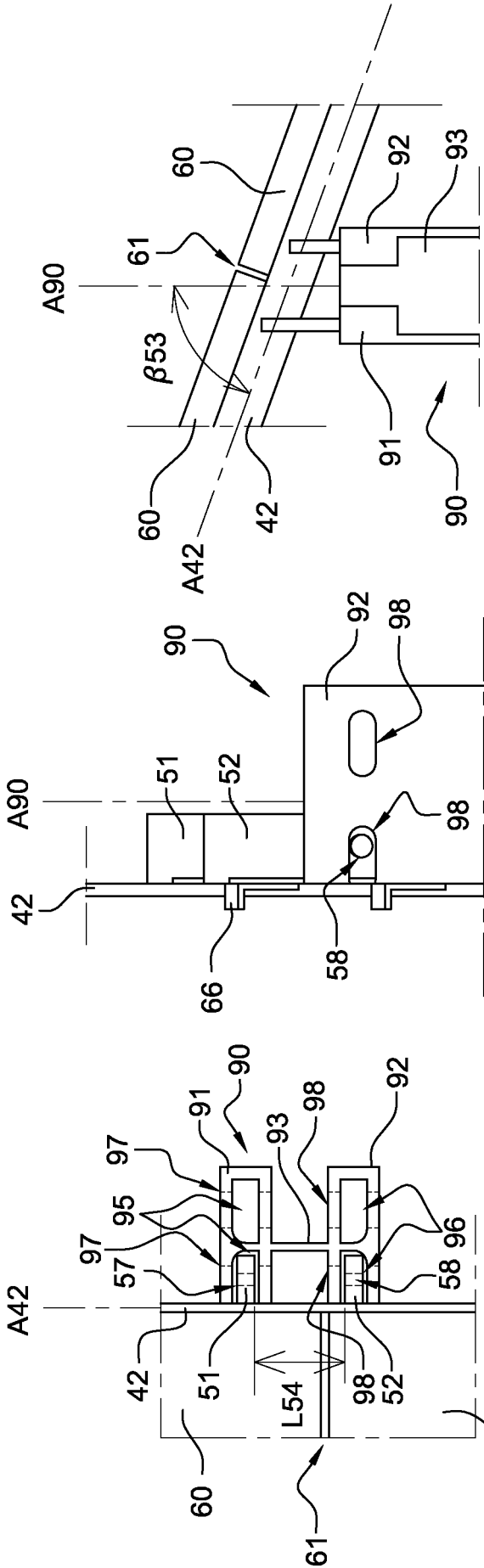


Fig. 11

Fig. 12

Fig. 13



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 760163
FR 1159917

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,D	US 2010/212715 A1 (ALMY CHARLES [US] ET AL) 26 août 2010 (2010-08-26) * le document en entier *	1-10	F24J2/52
X	WO 2010/129087 A2 (SUNPOWER CORP [US]; ALMY CHARLES [US]; BARSUN STEPHAN [US]; SANDLER RE) 11 novembre 2010 (2010-11-11) * le document en entier *	1-10	
A	AU 2011 211 412 A1 (SUNPOWER CORP) 1 septembre 2011 (2011-09-01) * le document en entier *	1-10	
A	WO 2010/118236 A1 (AP ALTERNATIVES LLC [US]; VON DEYLEN JOSHUA D [US]; VON DEYLEN DAVID L) 14 octobre 2010 (2010-10-14) * le document en entier *	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F24J H01L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 juillet 2012		Rosello Garcia, M	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1159917 FA 760163

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 **10-07-2012**

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
US 2010212715 A1	26-08-2010	AU 2009341109 A1	28-07-2011
		EP 2401769 A1	04-01-2012
		KR 20110118775 A	01-11-2011
		US 2010212715 A1	26-08-2010
		WO 2010098806 A1	02-09-2010

WO 2010129087 A2	11-11-2010	US 2011114153 A1	19-05-2011
		WO 2010129087 A2	11-11-2010

AU 2011211412 A1	01-09-2011	AUCUN	

WO 2010118236 A1	14-10-2010	AUCUN	
