



Maintenance des Systèmes Solaires Photovoltaïques pour le Pompage d'Eau

Volume 1

sous la direction de :
Osman Benchikh et Mohamed Moubdi

**Maintenance des Systèmes
Solaires Photovoltaïques pour
le Pompage d'Eau**

Volume 1

Sous la Direction de :

Osman BENCHIKH et Mohamed MOUBDI

La Division des Sciences de l'Ingénieur et de la Technologie de l'UNESCO remercie le **Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER)** du Maroc pour la préparation de ce manuscrit.

Les auteurs sont responsables du choix et de la présentation des textes contenus dans ce livre. Les opinions exprimées ne sont pas nécessairement celles de l'UNESCO ou de la rédaction.

Publié par : UNESCO et CDER

DEPOT LEGAL N° : 1251 / 1995

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from the Publisher.

La loi du 11 Mars 1957 n'autorise que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective". Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'éditeur, est illicite.

© Copyright 1995

Copyright © 1995 UNESCO

Maintenance des Systèmes Solaires Photovoltaïques pour le Pompage d'Eau

Volume 1

Sous la Direction de :

Osman BENCHIKH et Mohamed MOUBDI

AUTEURS

Mohamed BAKRI

Mohamed ELIBRAMI

Abdelouahed ACHARAI

PREFACE

Le faible taux d'approvisionnement énergétique des populations rurales dans les pays en voie de développement constitue un handicap majeur pour le développement socio-économique de ces zones.

Sur la base de ce constat et afin de réduire les disparités entre les milieux urbain et rural, plusieurs pays ont entamé la mise en oeuvre de politiques énergétiques visant, d'une part, l'amélioration de l'efficacité des modes de consommation en énergie et d'autre part, l'exploitation des sources d'énergies renouvelables.

Consciente du rôle que peuvent jouer les énergies renouvelables dans certaines régions du monde, la Division des Sciences de l'Ingénieur et de la Technologie de l'UNESCO, grâce à sa prévoyance et sous l'impulsion de son Directeur, Monsieur Boris Berkovski, a initié un ambitieux programme solaire mondial "**Le Processus du Sommet Solaire Mondial**". Ce programme qui définit un cadre pour la coordination des diverses initiatives menées ici ou là a le mérite et ce pour, la première fois, d'associer tous les acteurs (Décideurs au plus haut niveau des Etats, Responsables de Programmes, Institutions Gouvernementales et Intergouvernementales, Associations, Industriels, Acteurs Nationaux, usagers ...) des diverses régions du Monde autour d'un même programme afin de permettre aux Energies Renouvelables d'occuper toute la place qu'elles méritent dans le système énergétique global.

C'est dans ce cadre que l'Education a été identifiée comme secteur stratégique (représentant un grand intérêt à l'échelle mondiale) lors des diverses consultations régionales qui ont déjà eu lieu. Ceci traduit l'intérêt, justifié par ailleurs, que portent les différentes nations à la qualification des ressources humaines, primordiales à tout processus de développement, domaine où les carences dans les pays en développement sont criantes.

Il importe que pour le succès du tout programme d'Energies Renouvelables, des spécialistes de tous niveaux puissent concevoir, dimensionner, utiliser et maintenir en bon état de fonctionnement les équipements adoptés.

La formation dans le domaine des Energies Renouvelables doit être assurée à tous les niveaux notamment auprès des décideurs et planificateurs (ingénieurs, économistes, cadres d'administration), des chercheurs, des usagers et plus spécifiquement auprès des techniciens locaux chargés de la maintenance et de l'information des utilisateurs.

C'est dans cette perspective qu'a été envisagée la préparation d'une **Mallette Educative** multimédia sur la maintenance des systèmes d'énergies renouvelables (document écrit, diapositives, film vidéo et logiciels). Destiné aux techniciens locaux, ce précieux outil est susceptible d'améliorer leurs compétences et leur offre les éléments didactiques nécessaires pour assurer un meilleur service maintenance.

NOMENCLATURE

A :	Ampère (Unité de courant électrique)
CA :	Courant Alternatif
CC :	Courant Continu
°C :	Degré Celsius
HGT :	Hauteur Géométrique Totale en mètre
HMT :	Hauteur Manométrique Totale en mètre
HZ :	Hertz (unité de fréquence)
I :	Courant électrique
Icc :	courant de court circuit en ampère
Isc :	Courant sous charge en ampère
l/s :	Litre /Seconde (unité de débit instantané)
mA :	Milli-Ampère (Unité de courant)
mV :	Milli-Volt (Unité de tension)
Q :	Débit en l/s ou m ³ /jour
SP :	Submersible pump (Pompe Immergée)
V :	Volt (Unité de tension électrique)
Vco :	Tension Circuit ouvert
Vcc :	Tension court-circuit
Vsc :	Tension sous charge
W :	Watt (Unité de puissance)
Wc :	Watt crête (Unité de puissance de modules solaires photovoltaïques sous un rayonnement de 1000 w/m ² et une température de jonction de 25°C)

INTRODUCTION

Actuellement, des milliers de stations de pompage solaire photovoltaïque fonctionnent dans le monde. Ces stations assurent la première adduction d'eau pour la population et le bétail des villages non électrifiés avec un surplus éventuel pour un petit maraîchage.

Toutefois, le développement du pompage solaire photovoltaïque comme toute technique nouvelle s'est heurté à un certain nombre de problèmes dont plusieurs persistent de nos jours : **Problèmes d'Entretien et de Maintenance.**

En effet, quelques expériences ont été réalisées trop vite sur le terrain alors qu'elles n'auraient jamais dû sortir des laboratoires.

D'autres, malgré les évolutions positives enregistrées, se sont vues dépourvues de tout encadrement, structure d'accompagnement, suivi etc...

L'expérience de certains pays tels que le Maroc, le Mali et d'autres pays dans ce domaine est extrêmement valorisable et pourra servir de modèle pour la diffusion de cette technologie.

Les premières pompes solaires furent installées dans ces pays vers les années 80.

Ces pompes fonctionnaient correctement, mais présentaient deux défauts majeurs :

- Usure des paliers de la colonne de transmission,
- Intervention nécessitant beaucoup de temps et du matériel lourd de levage.

Progressivement, ce genre de système a disparu au profit des groupes électropompes immergés en C.A.

A l'heure actuelle, de vastes programmes de diffusion de ce type de pompes sont en cours d'exécution surtout dans les pays du Sahel et les pays de l'Afrique du Nord.

Le présent manuel n'a pas pour objectif de décrire les dites expériences, mais plutôt de valoriser certains de leurs acquis plus particulièrement ceux concernant la manière d'installer, d'entretenir et de maintenir les systèmes

de pompage solaire afin d'assurer leur pérennité et leur fonctionnement.

Aussi, faut-il ajouter que ce manuel est destiné aux équipes techniques de maintenance des points d'eau équipés par des pompes solaires photovoltaïques.

Le présent manuel répond aux questions suivantes :

- ☛ Comment installer un système solaire de pompage d'eau ?
- ☛ Comment le faire fonctionner ?
- ☛ Comment tester ses performances ?
- ☛ Comment l'entretenir ?
- ☛ Comment détecter et éventuellement réparer une anomalie en cas de dysfonctionnement du système ?

En plus des aspects techniques qui constituent la majeure partie de ce document, certaines structures ont été spécifiées pour la conduite de ces aspects telle que la constitution essentiellement d'une équipe chargée de :

- ☛ La conduite des travaux de réalisation des systèmes de pompage d'eau
- ☛ La conduite des opérations d'entretien et de maintenance
- ☛ Le suivi des installations.

Dans ce document, l'accent a été mis aussi, sur certains moyens qui semblent nécessaires pour la conduite des opérations précitées telles que :

- ☛ Les outils et instrumentation nécessaires,
- ☛ L'élaboration de fiches et documents techniques pouvant aider à l'enregistrement de toutes les informations relatives au comportement du système de pompage.

Enfin, le système pris comme modèle dans ce document est un système de pompage solaire avec un groupe motopompe immergé étant donné sa large diffusion à travers la majorité des programmes d'équipement.

CHAPITRE 1

PRINCIPE ET FONCTIONNEMENT D'UN SYSTEME DE POMPAGE D'EAU PAR ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

FICHE 1

PRESENTATION D'UN SYSTEME DE POMPAGE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

1- Présentation générale

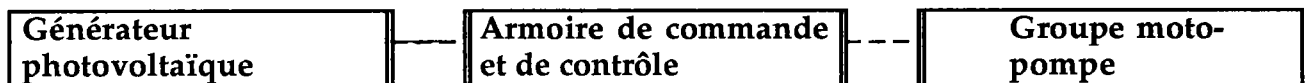


Fig n° 1: Présentation générale d'un système de pompage PV

Un système de pompage PV se compose généralement:

- ☛ D'un générateur photovoltaïque, composé de modules photovoltaïques .
- ☛ D'un coffret de commande qui peut contenir selon les cas:
 - * Un simple interrupteur,
 - * Un adaptateur d'impédance,
 - * Un onduleur,
 - * Une carte électronique de commande.
- ☛ D'un groupe moto-pompe.

2- Groupe moto-pompe

Composé de deux parties:

❖ Le moteur

Il peut être immergé ou hors eau, à courant continu avec ou sans balais, ou à courant alternatif mono ou triphasé.

Lorsque le moteur est à courant continu, le couplage générateur PV électro-pompe est direct. Cependant, il est possible d'insérer à la sortie du générateur PV un adaptateur d'impédance convertisseur (CC/CC) pour optimiser le rendement du système. Il est placé en tampon entre le générateur et la charge.

❖ Les pompes

Les pompes à eau sont habituellement classées selon leur principe de fonctionnement, soit de type volumétrique ou centrifuge. On distingue en outre deux manières de faire fonctionner les pompes, soit par aspiration soit par refoulement. Les pompes par aspiration doivent être installées à une hauteur inférieure à 10 mètres par rapport au niveau de l'eau pompée et il faut prévoir un dispositif d'amorçage. Les pompes à refoulement sont, soit immergées avec le moteur (forme mono-bloc), soit avec le moteur en surface (avec arbre de transmission).

La pompe de type volumétrique transmet l'énergie cinétique permettant au fluide de vaincre la gravité par variations successives d'un volume raccordé alternativement à l'orifice d'aspiration et à l'orifice de refoulement.

Les pompes volumétriques incluent: les pompes à vis, les pompes à palettes, les pompes à piston et les pompes à diaphragme. Les deux derniers types sont utilisés dans les puits ou forages profonds (plus de 100 m). L'entraînement est habituellement assuré par un arbre de transmission très long, à partir d'un moteur électrique monté en surface.

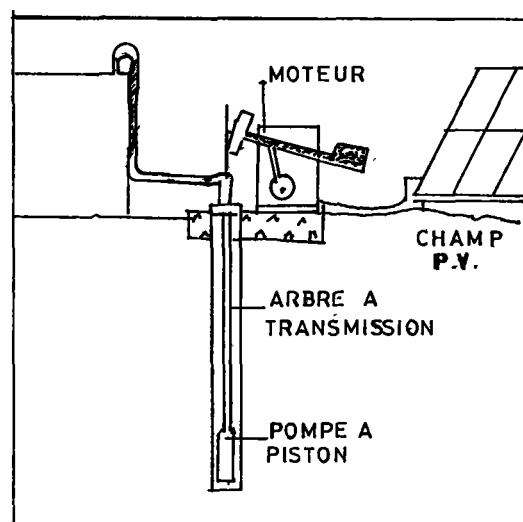


Fig n°2: pompe à piston (jack-pump)

Le débit d'eau d'une pompe volumétrique est proportionnel à la vitesse du moteur. Mais, son couple varie essentiellement en fonction de la hauteur manométrique totale (HMT) et est pratiquement constant en fonction de la vitesse du moteur. C'est pourquoi, ces pompes sont habituellement utilisées pour les puits et forages à grandes profondeurs et à petits débits d'eau. On les utilise parfois comme pompes de surface lorsque le couple de la force est lent et irrégulier et que le débit demandé est faible, par exemple pour les pompes à main et les pompes éoliennes multipales.

La pompe de type centrifuge fournit l'énergie cinétique au fluide par un mouvement de rotation de roues à aubes ou d'ailettes. Les pompes centrifuges incluent les pompes submersibles avec moteur de surface ou submergées, les pompes flottantes et les pompes rotatives à aspiration.

Le débit d'une pompe centrifuge varie proportionnellement à la vitesse de rotation du moteur. Son couple augmente très rapidement en fonction de cette vitesse et la hauteur manométrique totale est fonction du carré de la vitesse du moteur. La vitesse de rotation du moteur devra donc être très rapide pour assurer un bon débit. On utilise habituellement les pompes centrifuges pour les gros débits et les profondeurs moyennes (< 100m). Ces pompes sont plus dépendantes de la hauteur du niveau d'eau. Il faut d'ailleurs une vitesse minimum à une HMT donnée pour obtenir un débit de départ.

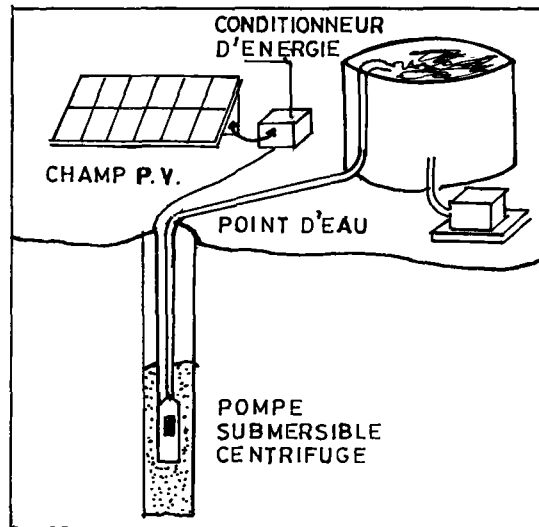


Fig n°3 : Pompe submersible centrifuge

Les pompes centrifuges sont très utilisées pour les applications avec énergie photovoltaïque parce que le moteur peut fournir une vitesse de rotation rapide à peu près constante. De plus, l'exhaure de l'eau domestique se fait traditionnellement à partir de puits, à des profondeurs de 10 à 50 mètres, qui conviennent bien aux pompes centrifuges à étages multiples. Ces pompes peuvent également s'adapter à de petits forages, ce qui permet de capter les nappes phréatiques profondes qui ont souvent un niveau d'eau dynamique entre 30 et 100 mètres.

Les pompes solaires sont aussi utilisées pour l'irrigation de petits maraîchages lorsque la HMT n'est pas trop haute, c'est à dire, à partir d'un plan d'eau de surface, telle une rivière. A noter que la puissance du générateur solaire est fonction du débit et de la HMT et que le maraîchage requiert habituellement de grandes quantités d'eau. Si la HMT est trop importante, la pompe solaire ne sera pas compétitive avec les systèmes conventionnels d'irrigation (pompes diesel).

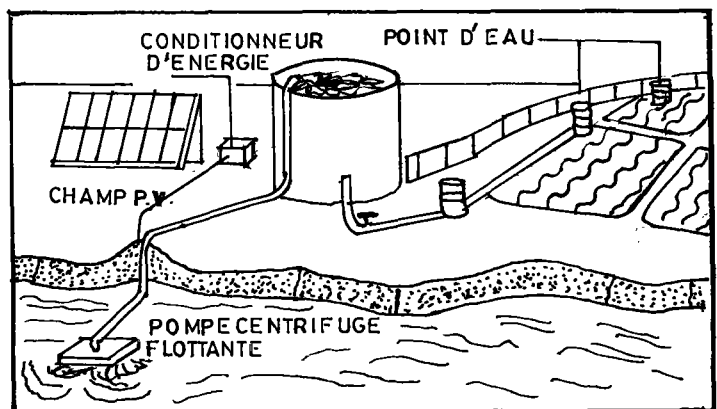


Fig n°4 : Pompe centrifuge flottante

❖ Points importants à considérer lors du choix d'une pompe solaire

* Les pompes solaires tirent habituellement l'eau d'un puits ou d'un forage avec un faible débit. Néanmoins, ce débit peut être plus important que la capacité de la charge de la nappe à se régénérer et le niveau d'eau dynamique de la nappe baissera. L'orifice de la pompe doit être suffisamment immergé afin d'être toujours sous l'eau. En vue de protéger la pompe, il faut mettre un interrupteur de niveau d'eau qui stoppera la pompe si elle est au-dessus du niveau d'eau.

* Le niveau d'eau peut aussi varier selon les saisons et les années. Le degré de variation est difficile à prévoir et dépend de certaines caractéristiques aquifères et du rythme de pompage. Chaque puits ou forage doit être testé avant d'installer la pompe afin de déterminer son niveau de tirage.

* Il est possible d'incorporer des batteries pour régulariser le débit sur une période de temps plus longue. Il est alors possible de mettre une pompe plus petite qui puisera l'eau en plus petite quantité, d'une manière plus adaptée en tirant l'eau.

* Afin d'augmenter le rendement de la pompe solaire fonctionnant au fil du soleil (c'est à dire sans batterie), il est possible d'ajouter un adaptateur d'impédance (Maximum power point tracker). Cet adaptateur permettra l'opération de la pompe à son point de charge maximale en diminuant la tension et en augmentant l'intensité de sortie provenant du champ PV lorsque l'ensoleillement est faible.

* Le moteur d'une pompe solaire peut être un moteur à courant continu ou à courant alternatif. Les moteurs à courant continu se branchent directement sur le champ photovoltaïque et sont, en général, plus simples à faire fonctionner que les moteurs à courant alternatif. Mais, les pompes CC ont habituellement des balais de commutation qui doivent être changés périodiquement, ce qui n'est pas facile pour les pompes immergées. Certains types de moteurs CC sont à commutation électronique et n'ont pas de balais. Les moteurs à courant alternatif requièrent l'emploi d'un onduleur pour leur opération photovoltaïque. Mais, les moteurs CA ne requièrent pratiquement pas de maintenance et s'avèrent souvent plus efficaces que les moteurs CC.

* Les données les plus importantes à estimer pour tout système de pompage, sont la quantité d'eau requise quotidiennement et la hauteur totale à laquelle cette eau doit être élevée pour pouvoir être utilisée.

Le tableau suivant permet d'évaluer les besoins quotidiens en eau. Ces besoins sont estimés pour les régions du Sahel, les régions plus humides requièrent moins d'eau.

1 personne :	20 litres par jour
1 vache :	40 litres par jour
1 mouton :	5 litres par jour
1 cheval :	40 litres par jour
1 âne :	20 litres par jour
1 chameau :	20 litres par jour
1 hectare de maraîchage :	70 m ³ par jour

La hauteur manométrique totale (HMT) est calculée à partir du niveau statique du puits ou du forage, additionné de la hauteur du réservoir et des pertes de charges dues à la tuyauterie. En général, on rajoute 10% à la hauteur physique pour ces pertes de charge.

HMT : profondeur de la nappe d'eau + hauteur du réservoir + pertes de charge.

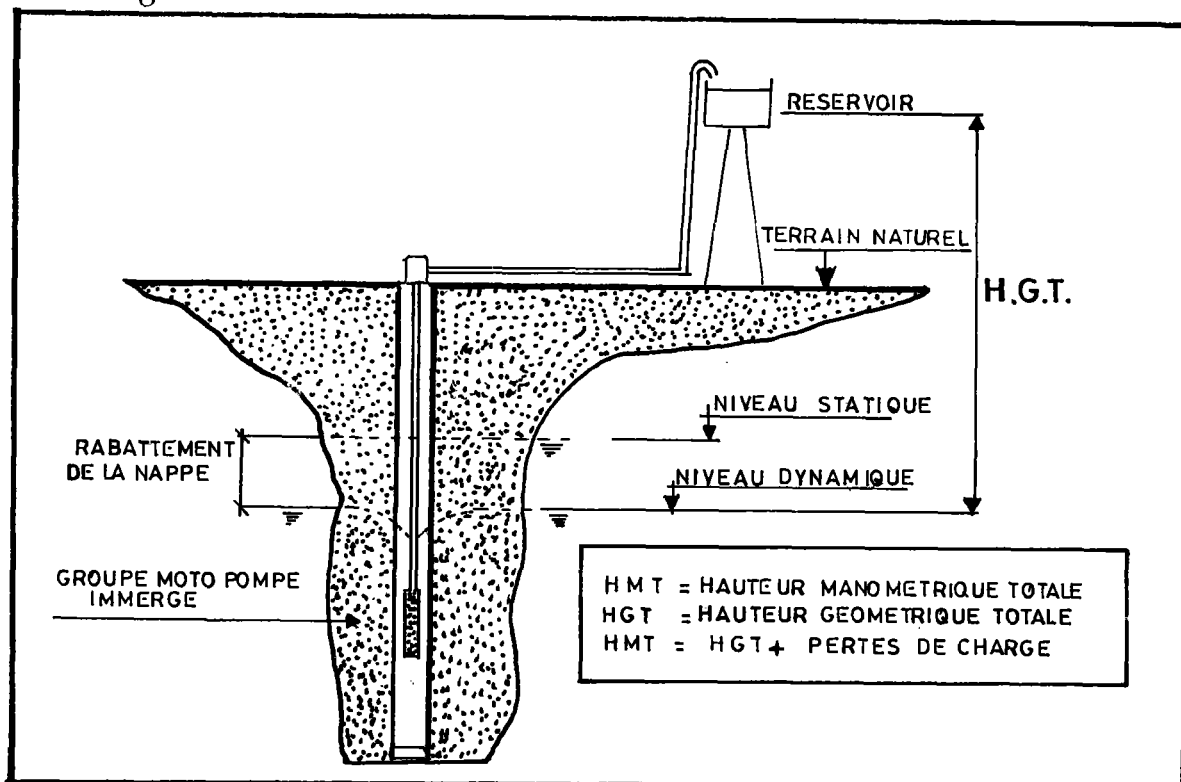


Fig n°5

Détermination de la HMT

FICHE 2

FONCTIONNEMENT D'UN SYSTEME PV DE POMPAGE

En tenant compte de la forme de la caractéristique du générateur (Figure ci-dessous), la charge sera bien adaptée si sa caractéristique $I = f(V)$ est située dans la zone optimale (zone hachurée).

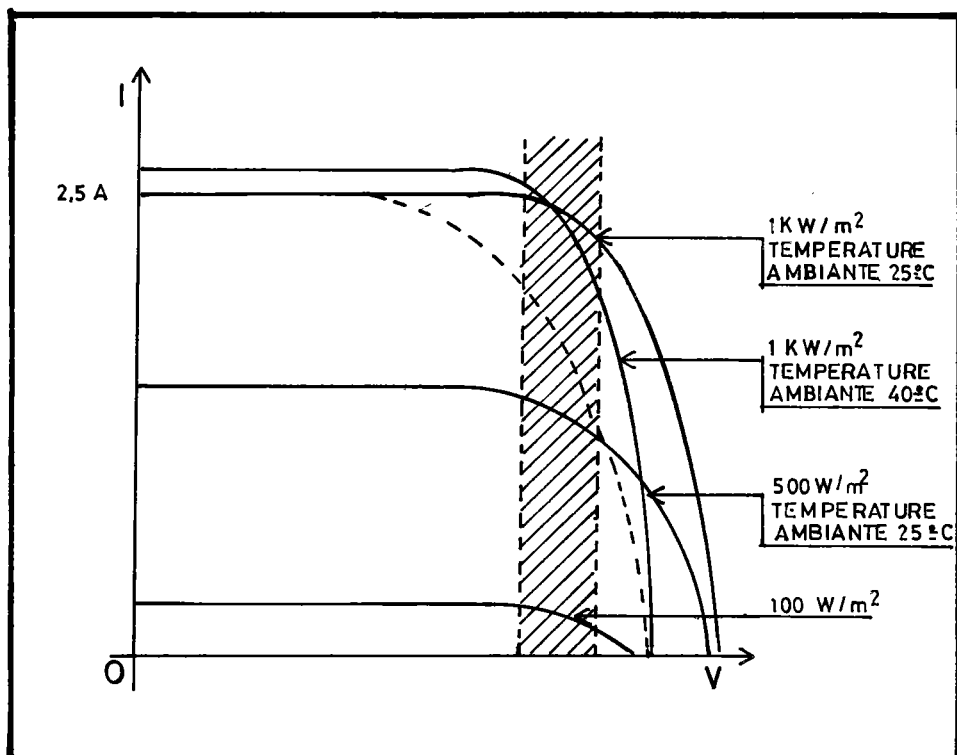


Fig n° 6 Couplage direct électro-pompe /Générateur PV

CONFIGURATION	HMT	MOTEUR	POMPE	TRANSMISSION	AVANTAGES	INCONVENIENTS	RENDEMENT MOY SUR 6 ANS	
Pompe de surface	< 7m	CC	Unicellulaire	Direct	Matériel grande série	Amorçage	25%	30%
Electro-pompe immergée avec moteur en surface	< 20m	CC	Multicellulaire	Mécanique	Matériel Industriel	Installation maintenance arbre	28%	40%
Electro- pompe immergée	< 100m	CC avec balais	Multicellulaire	Electrique	Simplicité	Maintenance Changement balais	32%	42%
		CC sans balais			Installation	Technologie en développement		
		C.A			Système adapté au générateur PV	Convertisseur et moteur spéciaux		

Tableau n°1: Comparaison des différents modes de pompage

1 Couplage direct Electro-Pompe/ Générateur PV

Le moteur est continu à aimant permanent, le flux inducteur est constant. Les équations de base de ce moteur sont

$$C_m = A \cdot I \quad (1)$$

$$B \cdot N = V - RI \quad (2)$$

C_m = couple mécanique
 I = courant du moteur
 V = tension du moteur
 R = résistance de l'induit
 A = constante
 B = constante
 N = vitesse de rotation

La charge utile (pompe) impose le couple résistant en fonction de la vitesse. Ce couple augmente très rapidement en fonction de la vitesse dans le cas d'une pompe centrifuge. (figure n° 7)

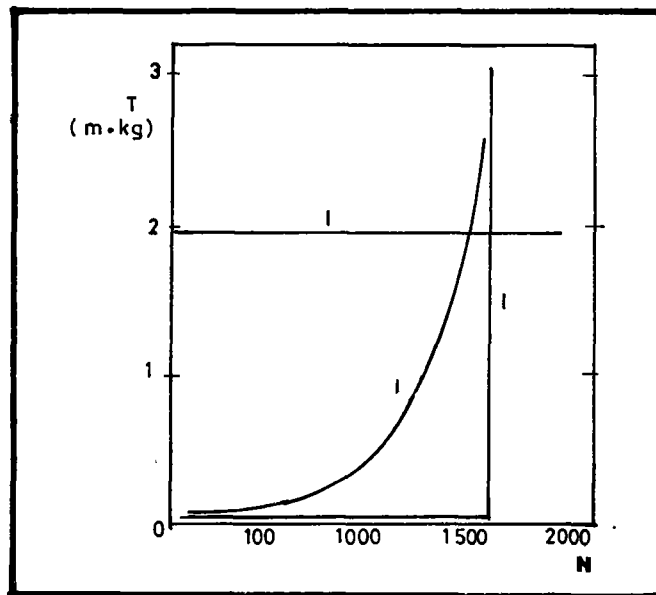


Fig n° 7 : Le couple résistant en fonction de la vitesse du moteur

A chaque valeur de la vitesse N , il est possible donc d'associer une valeur du couple résistant C et par conséquent une valeur de I et V d'après les équations du moteur (équations 1 et 2).

La figure ci-dessous permet de comprendre comment construire la courbe $I = f(V)$.

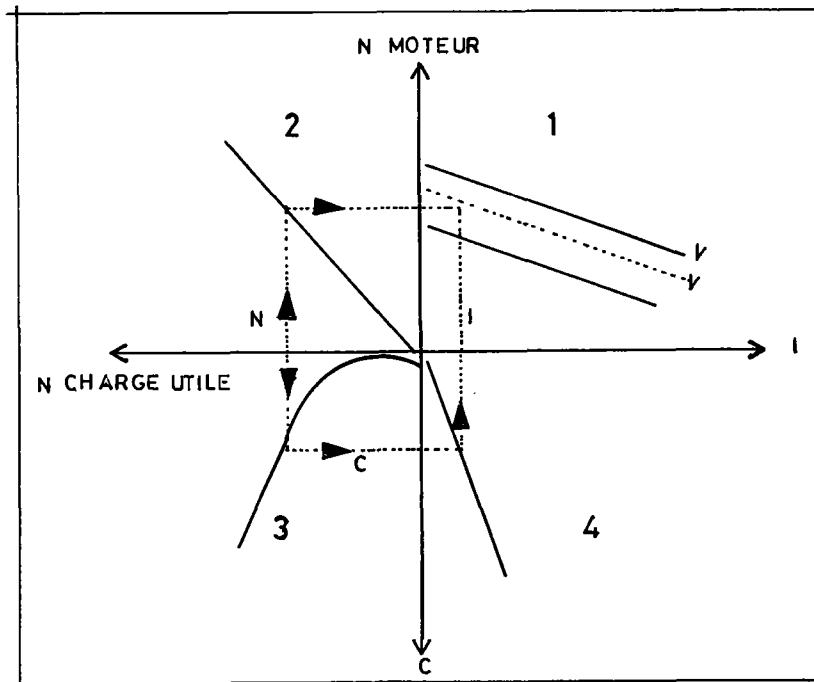


Fig n°8 : Construction de la courbe $I=f(V)$

Dans le cadran 1, sont représentées les caractéristiques $N(I)$ à V constante du moteur continu. Dans le cadran 4, est représentée la courbe $C(I)$ du moteur : C 'est une droite (équation 1). Dans le cadran 3 la caractéristique $C(N)$ de la charge utile. Le cadran 2 permet de prendre en compte un réducteur de vitesse éventuel entre le moteur et la charge ($N = \text{moteur} = K * N \text{ charge utile}$).

Ainsi, en branchant directement au générateur PV un moteur à courant continu (à aimant permanent) couplé à une pompe centrifuge on détermine les points de fonctionnement du système (Fig n°9) à partir des courbes $I(V)$ du générateur et la courbe $I(V)$ de l'électropompe dont la construction est expliquée par la figure n°8

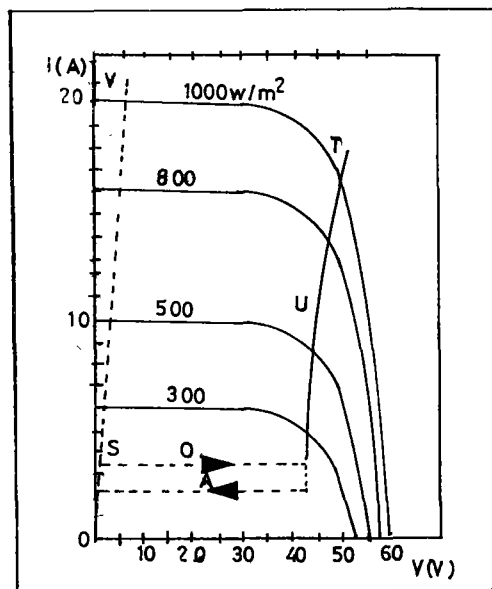


Fig n°9: Fonctionnement d'un système PV de pompage en couplage direct

Au lever du jour, le panneau solaire se trouve en court-circuit à travers le moteur encore à l'arrêt. Lorsqu'un seuil d'ensoleillement D est atteint, le courant et donc le couple sera suffisant pour permettre le démarrage de la pompe. La vitesse de rotation (T) va très rapidement augmenter et un débit d'eau va s'en suivre. La vitesse T augmentera en même temps que l'ensoleillement. Le débit également augmentera en même temps jusqu'au midi solaire pour décroître ensuite. L'arrêt se produira pour un ensoleillement A inférieur à D .

La production du système PV de pompage sur une journée est illustrée par la figure n°10.

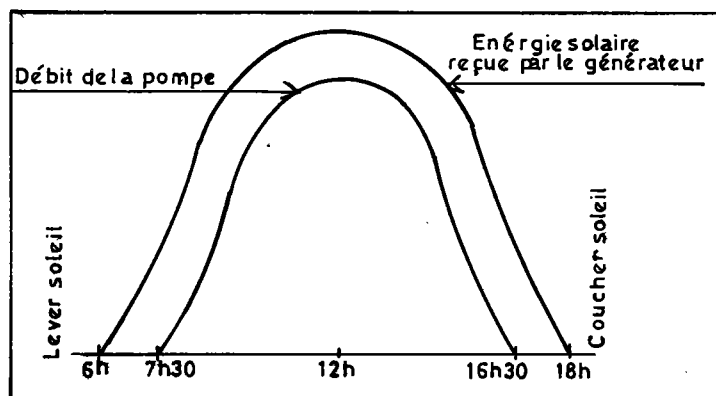


Fig n°10: production d'un système de pompage PV sur une journée

2 Couplage indirect du groupe moto-pompe / générateur PV

Ce couplage se réalise lorsque le moteur est à courant alternatif.

Un convertisseur est alors inséré. Lorsque le moteur est à courant continu, un adaptateur d'impédance est utilisé pour optimiser la production du générateur solaire.

3 Fonctionnement de la pompe

Les pompes centrifuges sont les plus utilisées en pompage solaire, leurs caractéristiques sont analogues à celles de la figure suivante :

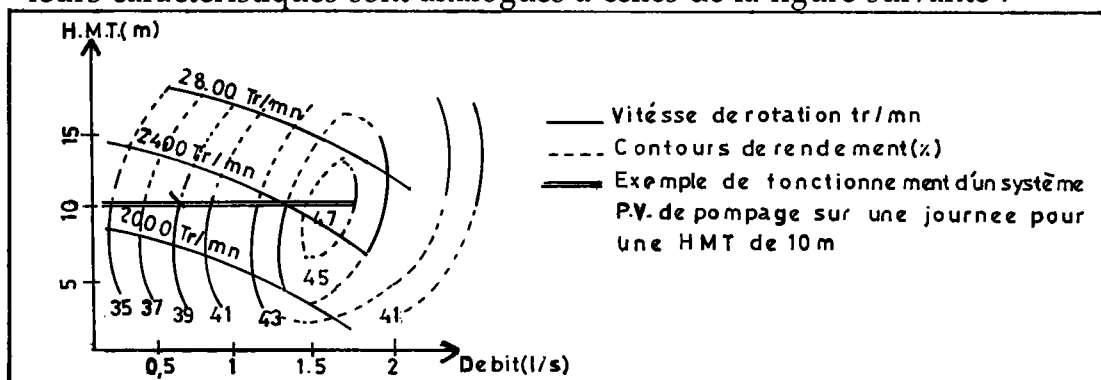


Fig n° 11: Caractéristiques des pompes centrifuges

La caractéristique de la pompe ci-dessus a été réalisée pour un fonctionnement optimal (rendement 47%) sous les conditions suivantes :

☛	HMT	: 10m
☛	Débit	: 1,25 l/s
☛	Vitesse de rotation constante	: 2800 tr/mn

De la figure ci-dessus, on conclut que:

- ☛ pour une HMT donnée, la pompe ne commence à débiter de l'eau qu'au delà d'une vitesse de rotation donnée. Donc au delà d'un seuil de puissance électrique qui dépend de la puissance du rayonnement solaire incident,
- ☛ pour une HMT donnée, le fonctionnement sur une journée d'un système PV de pompage se traduit par un segment de droite horizontale superposé aux caractéristiques de la figure ci-dessus.
- ☛ Pour une puissance électrique donnée (vitesse de rotation constante), le fonctionnement de la pompe avec une HMT différente de la HMT nominale se traduit par une chute sensible du rendement de la pompe. Ce qui démontre l'importance de la détermination de la hauteur manométrique totale HMT pendant l'identification du site à équiper en pompe PV. Une mauvaise détermination de la HMT se traduit par un mauvais dimensionnement de la pompe, ce qui se répercute sur le coût et le rendement de l'installation.

L'unique particularité dans l'installation d'un système de pompage d'eau par énergie solaire photovoltaïque réside dans sa source d'énergie (Générateur Solaire). Les groupes Moto-pompes sont généralement similaires à ceux utilisés dans plusieurs systèmes conventionnels (Ex. Pompes Electriques) moyennant certaines spécificités à prendre en considération.

Par ailleurs, l'installation de tels systèmes soulève un certain nombre de problèmes : les connaître permet de les aborder de manière positive.

A cet effet, il est nécessaire de suivre étape par étape la procédure d'installation décrite ci-après.

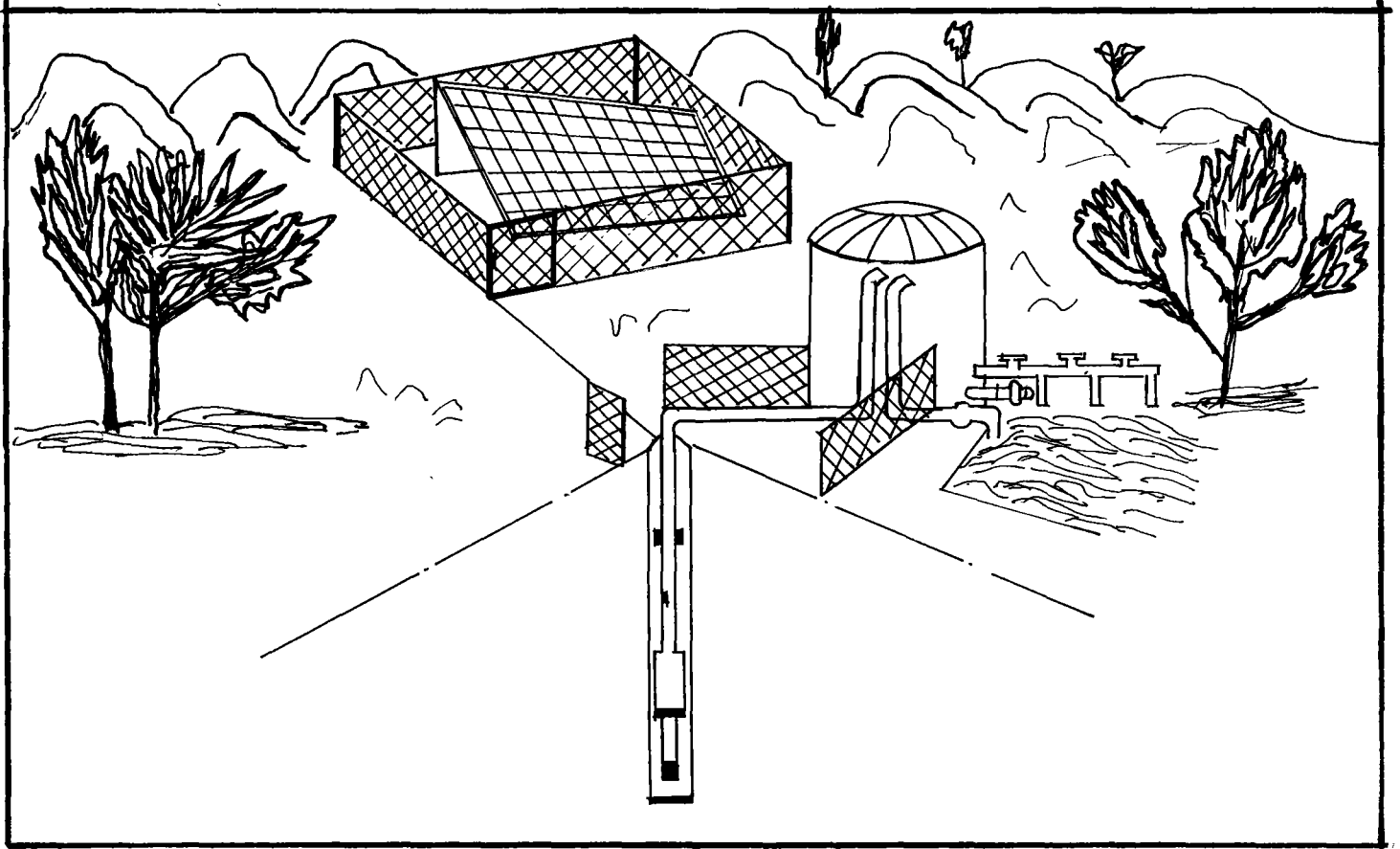


Fig n° 12: Système de pompage solaire

CHAPITRE 2

PREPARATION DE L'INSTALLATION D'UN SYSTEME DE POMPAGE D'EAU PAR ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

FICHE 1

PREPARATION DU SITE

L'une des étapes préliminaires les plus importantes pour l'installation d'un système de pompage d'eau par Energie Solaire est la prospection du site destiné à recevoir les équipements. Cette étape consiste à relever tous les paramètres techniques et socio-économiques du site afin d'étudier sa conformité avec les équipements sélectionnés et de procéder entre autres à la préparation des étapes futures notamment:

- * La préparation des équipements à installer
- * la préparation de l'outillage nécessaire
- * L'organisation de l'équipe d'installation

Une visite est alors nécessaire sur les lieux pour le relevé et la mise à jour des informations suivantes: (voir fiche préparation du site en annexe)

- * Accès au site,
- * Population exacte et répartition,
- * Besoins en eau (humains, animaux, irrigation, existence de sources concurrentes: pompe manuelle, Eolienne), variations saisonnières,
- * Utilisation souhaitée de l'eau afin d'apprécier les possibilités de valorisation,
- * Localisation du point d'eau (coordonnées, état forme, profondeur totale, niveau statique, essai de débit, variation)
- * Localisation du réservoir (Forme géométrique, capacité, hauteur par rapport à la margelle du puits, distance par rapport au puits),
- * Repérage du lieu d'emplacement du générateur solaire (distance /puits, Réservoir),
- * Repérage de tout obstacle pouvant entraver le fonctionnement du système (distances trop importantes, effet de cache, manque d'eau dans le puits),

- * Repérage de matériaux locaux pouvant aider à la réalisation des travaux d'installation (sable, gravier, ciment),
- * Revenus des populations
- * Niveau d'organisation interne (association, coopérative, comité villageois,...).

Il est à noter que les points de repère décrits ci-dessus contribuent aussi à comprendre la motivation des populations et généralement servent d'indicateurs pour analyser les chances de survie du système à installer.

FICHE 2

PREPARATION DES EQUIPEMENTS

A l'issue de cette première étape de prospection de site et après analyse de tous les paramètres relevés, l'étape suivante consiste en la préparation des équipements de l'installation (Modules solaires, Groupe Moto-Pompe, structure,).

Bien que généralement les systèmes livrés sont dimensionnés et conçus en fonction des caractéristiques des points d'eau sélectionnés, il est préférable de procéder à la vérification de l'ensemble des équipements (état et quantités) avant livraison sur site.

Cette opération ne consiste pas uniquement à effectuer un inventaire des composants d'un système mais également à juger de leur conformité avec les caractéristiques du site et les spécifications du fournisseur.

De ce fait, il est nécessaire de procéder au recensement et au contrôle de l'état de chaque composant entrant dans la composition d'un système de pompage solaire à installer (voir fiche Préparation des Equipements en annexe).

- * Modules solaires photovoltaïques (état, quantité, caractéristiques techniques, boulons, diodes),
- * Groupe moto-pompe (caractéristiques, connecteur, accessoires de montage ...),
- * Câble d'alimentation du groupe moto-pompe (section, longueur, nombre conducteurs, connecteur, kit résine...),
- * Structure pour le générateur solaire (nombre d'éléments, pattes de fixation, boulons, accessoires)
- * Onduleur (caractéristiques, accessoires de fixation ...)
- * Câble de connexion inter-modules (quantité, section, type ...)
- * Conduits de refoulement (type, quantité, diamètre, coudes, vannes, manchons)

- * Système flotteur (caractéristiques, longueur câble, accessoires)
- * Débitmètre (caractéristiques, diamètre orifices, accessoires de montage)
- * Câble d'attache du groupe moto-pompe à la tête du puits (quantité, section, accessoires ...)
- * Câble et tige pour mise à la terre (quantité, section, accessoires ...)
- * Autres (tube orange, colliers de serrage, attaches câbles,)
- * Pièces de rechange (type, quantité ...)
- * Fiches de contrôle, manuels ...

FICHE 3

PREPARATION DU MATERIEL D'INSTALLATION (OUTILLAGE, INSTRUMENTATION)

Après la préparation des équipements nécessaires à l'installation (étape 2), l'étape suivante consiste en la préparation du matériel et de l'outillage pour l'exécution des travaux de réalisation. A cet effet, l'équipe technique chargée de l'installation des pompes solaires devra être dotée de l'outillage et l'instrumentation décrits dans la liste ci-après (Voir fiche de préparation outillage en annexe).

☞ Matériel électrique:

- * 2 Pincés coupantes
- * 2 Pincés à dénuder
- * 2 Pincés pour circlips extérieurs et intérieurs
- * 2 Jeux complets de Tourne-vis électriciens plats et américains à lame ronde gainée
- * 1 Cutter à lames sécables de 9mm avec rechange
- * 1 Marteau électricien
- * 1 Fer à souder électrique ou à gaz (plus étain)

☞ Matériel mécanique:

- * 2 Pincés universelles
- * 1 Arrache clous plat
- * 1 Coupe Câble
- * 1 Coupe boulons réglable
- * 1 Jeu de clés à fourche extra-plates
- * 1 Jeu de clés à pipe
- * 1 Jeu de clés à molette
- * 1 Jeu de limes d'atelier (ronde, demi-ronde, carrée, plate)
- * 1 Mètre ruban
- * 1 Niveau horizontal
- * 1 Jeu de pointeaux
- * 1 Jeu de forets bâtiment et mécanicien
- * 1 Perceuse électrique
- * 1 Meuleuse d'angles avec disques
- * 1 Groupe Electrogène (1000 VA)
- * 1 Echelle pliable en Aluminium (2 * 2,5 m)

* 1 Pinceau

Matériel de plomberie

- * 1 Palan de 3m de hauteur avec poulie d'une tonne(cas de conduits en acier galvanisé)
- * 1 Etau de 3 pouces
- * 1 Filière de 3 pouces
- * 1 Coupe tube de 3 pouces
- * 2 Clés à griffes de 3 pouces
- * 1 Clé à chaîne de 3 pouces
- * 1 Scie à métal avec jeu de lames
- * 4 Madriers en bois

Matériel de Maçonnerie:

- * 2 Marteaux piqueurs
- * 2 Pelles
- * 1 Truelle
- * 1 Jeu de Burins
- * 1 Masette de Maçon
- * 1 Brouette

Instrumentation

- * 2 Multimètres digitaux pour la mesure de tensions (mV,C.C,C.A), courant (C.C,C.A, calibre 10 A avec protection par fusible), résistances, diode
- * 2 pinces Ampèremétriques pour la mesure des courants supérieurs à 10A
- * 1 Pyranomètre avec Intégrateur pour la mesure du rayonnement solaire global (type chantier)
- * 1 Boussole à bain d'huile
- * 2 Chronomètres
- * 1 Sonde pour la mesure des niveaux du puits
- * 1 Thermomètre digital

Autres Matériels:

- * Gants de travail
- * Blousons ou Bleus de travail
- * Casques de protection
- * Bottes

FICHE 4

ORGANISATION D'UNE EQUIPE TECHNIQUE D'INSTALLATION

Afin de permettre à l'équipe chargée d'exécuter les travaux d'installation dans de meilleures conditions et de permettre aux membres de cette équipe d'acquérir un savoir faire et une bonne organisation de travail, nous proposons la structure suivante:

1 Constitution de l'équipe:

- * Un Ingénieur pour la supervision de toutes les étapes de réalisation et l'encadrement des membres de l'équipe et des usagers (prospection de site, préparation matériel, préparation de l'outillage, installation, contrôle des performances ...)
- * Deux Techniciens pour l'exécution des travaux d'installation en particulier tous les travaux techniques (traçage des plots, branchement électriques, tests, entretien et maintenance)
- * Deux ouvriers spécialisés (maçonnerie, creusement, préparation ...)
- * Un plombier (tous travaux de plomberie)

Cette équipe devra au préalable avoir bénéficié d'une formation dans le domaine solaire photovoltaïque en général et sur les techniques d'installation des pompes solaires en particulier.

2: Planning d'exécution des travaux:

PLANNING	TACHES
Avant installation (préparation du site, des équipements)	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle de toutes les étapes de préparation (Ingénieur) - Mise à jour des données et vérification - Préparation des équipements et outillage (Techniciens)
JOUR 1	<ul style="list-style-type: none"> - Lancement des travaux d'installation et choix emplacement générateur solaire (Equipe) - Traçage plan génie - civil pour fondations (Techniciens + ouvriers) - Creusement fondations (Ouvriers) - Creusement tranchées pour câbles souterrains (Ouvriers) - Mesurage grandeurs puits (Techniciens + Plombier) - Montage de la moto-pompe et préparation conduits d'adduction (plombier) - Test, assemblage et câblage des modules (Techniciens) - coulage béton et mise en place de la structure (Equipe)
JOUR 2	<ul style="list-style-type: none"> - pose des rangées sur la structure (Equipe) - Branchements rangées, onduleur, groupe moto-pompe, flotteur (Techniciens) - Finition travaux de maçonnerie et remplissage tranchées (Ouvriers)
JOUR 3	<ul style="list-style-type: none"> - Achèvement adduction puits/réservoir, montage Débitmètre ... (Plombier) - Vérification des travaux - clôture éventuelle - (Equipe + Ingénieur) - Mise en marche et révision (Equipe + Ingénieur)
JOUR 4	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle de performances et réception (Ingénieur + Techniciens) - Formation du gardien sur les aspects de gestion, entretien et maintenance du système (Ingénieur + Techniciens) - Aménagement du site, inventaire outillage ... (Ouvriers + Plombier)

CHAPITRE 3

INSTALLATION ET MISE EN SERVICE D'UN SYSTEME DE POMPAGE D'EAU PAR ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

FICHE 1

MONTAGE DE LA MOTO-POMPE

TACHE 1 MP

Vérifications

Avant le montage, les points suivants sont à contrôler:

A Liquide moteur

Le moteur immergé, rempli d'un liquide spécial, prêt à fonctionner. voir "paragraphe 1-2 " avant le montage de la pompe immergée.

B Tension d'alimentation

Vérifier si la tension et la fréquence indiquées sur la plaque moteur correspondent au type de convertisseur.

C Câble

Contrôler la gaine et l'isolement du câble moteur ainsi que du câble submersible voir " jonction du câble moteur et du câble submersible".

D Pompe et Puits (ou forage)

Contrôler que le diamètre intérieur du puits ne soit pas inférieur à la mesure minimum indiquée dans le tableau du fournisseur de pompe (voir exemple ci-dessous pour la pompe GRUNDFOS).

Type de pompe	Diamètre Intérieur minimum du forage	Connexion à la colonne montante	
		Diamètre intérieur	Longueur du taraudage
SP 1 - 28	104 mm (4 pouces)	2 pouces	24 mm
SP 2 - 18	104 mm (4 pouces)	2 pouces	24 mm
SP 4 - 8	104 mm (4 pouces)	2 pouces manchon à 3 pouces	24 (30) mm
SP 8 - 4	104 mm (4 pouces)	2 pouces manchon à 3 pouces	24 (30) mm
SP 5A -7	104 mm (4 pouces)	2 pouces	-

Tableau n°2: Caractéristiques des pompes GRUNDFOS

E Profondeur de montage

Vérifier, sur la base des résultats des essais de pompage que la profondeur de montage projetée assure un niveau d'eau minimum de 1m au-dessus du corps d'aspiration lors du fonctionnement.

La pompe ne doit jamais être montée à une profondeur inférieure à celle du filtre.

Si la pompe est posée près du fond du puits, il faut éviter que le moteur touche le fond du puits; il faut également éviter que le moteur soit enlisé dans du sable ou dans la boue, ce qui empêcherait son refroidissement et risquerait de détériorer la pompe et le moteur.

TACHE 2 MP

Contrôle du liquide moteur

En usine, le moteur immergé est rempli d'un liquide spécial. Néanmoins, si dans l'emballage, certaines traces peuvent faire craindre un écoulement du liquide moteur, il est nécessaire de contrôler le niveau de liquide dans le moteur, et le cas échéant, le remplir.

Si le niveau du liquide moteur est insuffisant, il peut être difficile de démarrer la pompe lorsqu'elle est installée à plus de "30 mètres" sous l'eau.

Remplir le moteur comme indiqué ci-dessous

Placer la pompe immergée de manière à ce que le goujon de fixation équipé de la vis de remplissage "1" soit situé au point haut du moteur "2", fig "13". Démonter la vis . Injecter le liquide à l'aide d'une seringue jusqu'à ce que le liquide s'écoule entre l'arbre et le moteur

Laisser alors refouler dans la seringue, par action sur la membrane de compensation.

Si le liquide de retour est exempté d'air, le moteur est correctement rempli. Sinon, refaire l'opération jusqu'à ce que le liquide en retour soit exempté de bulles d'air. Monter la vis avant que la position de la pompe immergée ne soit changée. Maintenant, la pompe est prête à être montée.

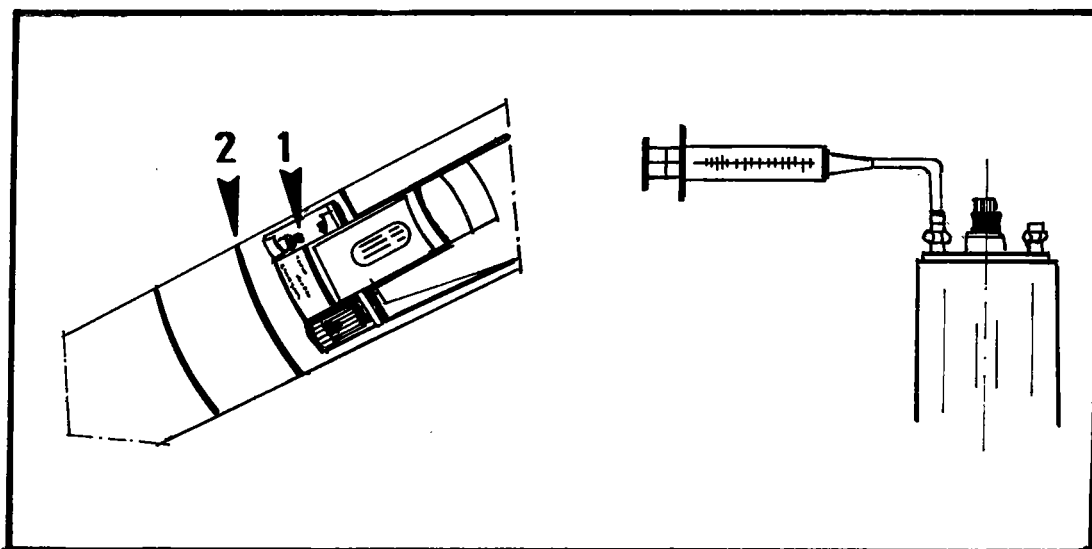


Fig n° 13: Contrôle du liquide moteur

TACHE 3MP

**Jonction du câble moteur et du câble
submersible**

Joindre la prise mâle du câble moteur à la boîte de jonction. Ne pas endommager bague "O". Joindre le câble submersible et le câble moteur de sorte que le tenant de serrage "K" et le support "H" soient alignés.

Mettre le tenant de serrage "K" sur le support "H" et serrer la vis "T". Veiller à ce que la vis soit bien serrée pour éviter que l'eau pénètre dans la jonction.

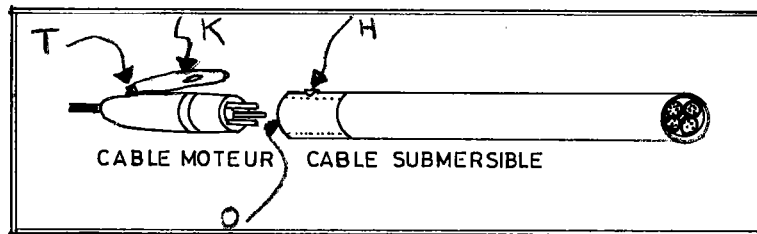


Fig n° 14: Jonction câble moto-pompe

TACHE 4MP

Montage de la moto-pompe

La moto-pompe préparée et contrôlée est prête au montage.

Le raccord de la conduite sur le corps de pompe doit être dans un alliage autant que possible identique à celui du corps de pompe ou de l'accouplement de compression / tube acier, afin d'éviter les phénomènes d'électrolyse.

La fixation provisoire doit se faire uniquement par les quatres orifices de fixation sur la tête de la moto-pompe. En aucun cas, on ne doit se servir du corps de pompe ou du moteur pour maintenir cette dernière. Lors du montage, les colliers de fer doivent être utilisés sur le tube de colonne et non pas sur le corps de la pompe. On doit également éviter de trop grandes flexions sur la pompe au moment de la redresser avant de l'introduire dans le puits.

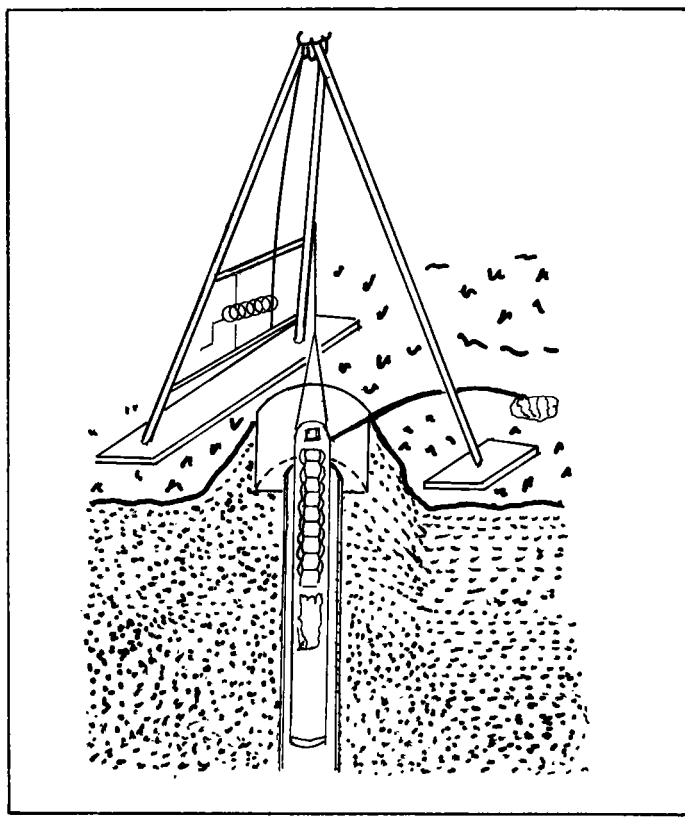


Fig n° 15: Montage de la pompe

TACHE 5MP

Réalisation de la colonne montante

La colonne montante peut être réalisée avec des tubes en polyéthylène. L'élingage doit se faire par un câble en acier inoxydable.

On peut aussi utiliser des tubes en acier à manchons ou à brides. Si la colonne montante est assemblée par brides, il est indispensable que ces dernières soient entaillées de manière à permettre le passage des câbles. Tous les fils doivent être très fins et bien serrés afin de résister au couple de torsion à l'arrêt et au démarrage du moteur.

N.B: Le filetage du premier tube de colonne ne doit en aucun cas dépasser la profondeur du taraudage de la tête de pompe . Voir tableau 1

Il faut toujours connecter des tubes à manchons aux tubes polyéthylène à l'aide d'un accouplement de compression avec cône.

Pour permettre de descendre et de remonter la pompe dans le puits, un câble en acier inoxydable peut être fixé sur la tête de pompe par l'intermédiaire des deux trous de fixation prévus à cet effet, comme le montre la "fig n°16"

La fixation de tous les autres types de pompe doit se faire entre la pompe et l'accouplement de compression.

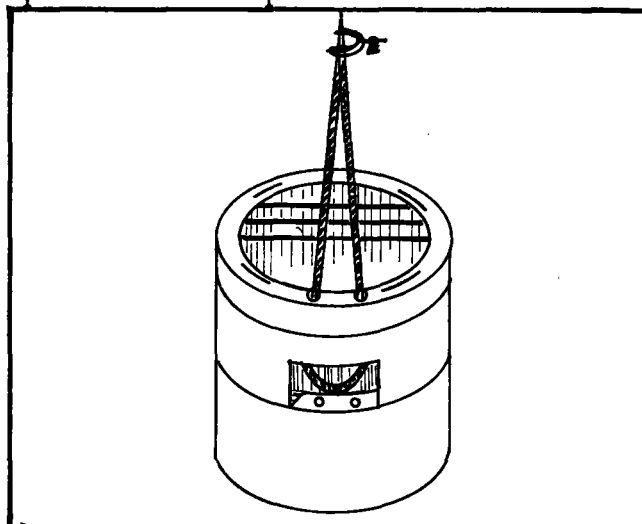


Fig n°16: Câble de fixation de la pompe

Après le montage du dernier tube de colonne, le câble doit être relâché, de façon à ce qu'aucune traction ne soit plus exercée sur ce dernier, ce qui permettra à la pompe de prendre sa position verticale.

Veiller à ce que la pompe reste dans sa position verticale si une traction est exercée sur l'élingue.

A la tête du puits, le câble en acier inoxydable est fixé au socle en béton de manière à ce que la pompe puisse être retirée du puits plus tard. Le câble submersible doit être fixé à la colonne montante à l'aide de colliers de fixation ou attache - câbles en caoutchouc.

Monter les premiers colliers de fixation ou attache- câbles juste au-dessus et en dessous de la jonction des câbles. Ensuite le câble doit au minimum être attaché tous les trois mètres (Voir "**Fixation des câbles**").

Lorsqu'on utilise des tubes à brides, la fixation doit se faire au-dessus de chaque bride.

Pour des tubes en polyéthylène, il est indispensable de tenir compte d'un allongement après ou pendant l'utilisation de "2%" qui sera égale à "6 cm" pour chaque fixation sur une hauteur ou écart de "3 mètres".

Utiliser des colliers de fixation ou attache - câbles élastiques. Des colliers sans élasticité peuvent endommager le câble.

NB: Il faut éviter de détériorer le câble submersible à la descente de la pompe.

Lorsque la pompe est installée à la profondeur désirée, finir l'installation par un joint ou des colliers de fer reposants sur le socle en béton.

Le câble inoxydable est fixé au socle en béton ou au joint du tuyau de forage à l'aide d'attache - câbles.

NB Dans le cas de pompes équipées de tubes en polyéthylène sans câble, il faut tenir compte de l'allongement de ces tubes à la détermination de la profondeur d'installation de la pompe.

Connecter le tube de la colonne de la pompe à la tubulure de distribution. Le câble submersible est relié au convertisseur. (Voir tâche 2C Branchement électrique")

TACHE 6MP

Fixation des câbles

Pour la fixation des câbles, il est recommandé de se servir de colliers de fixation ou attache-câble fournis par le fournisseur.

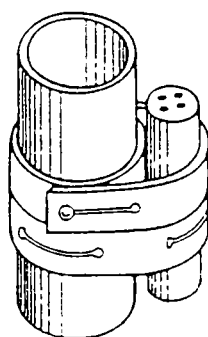


Fig n° 17: Fixation câble

FICHE 2

MONTAGE DU GENERATEUR SOLAIRE

TACHE 1 GS

Détermination de la direction du Générateur solaire

Le Générateur solaire doit être positionné de telle sorte que le rayonnement solaire soit utilisé au maximum, c'est à dire que les modules doivent être orientés vers l'équateur (Sud pour les pays situés dans l'hémisphère Nord du globe terrestre).

Cette orientation pourra être déterminée moyennant l'utilisation d'une boussole.

Elle pourra être lue directement sur le cadran de la boussole.

Ex: Orientation vers le Sud

Tirer une ligne sur la terre , planter un poteau rectiligne dans le sol en position verticale ou utiliser un fil à plomb pour indiquer la direction Nord- Sud, voir "Fig. n°18".

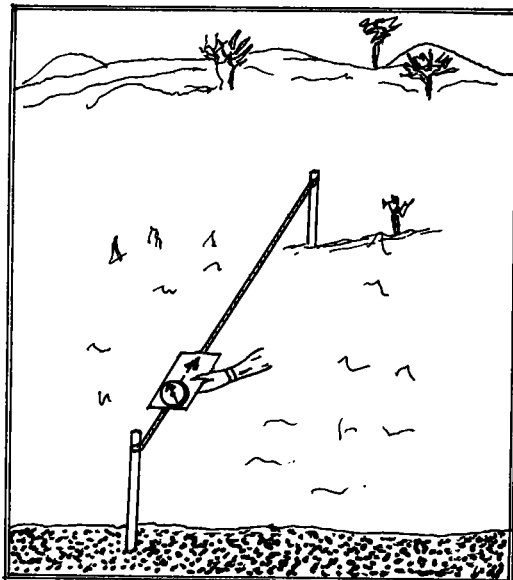


Fig n° 18: Détermination de l'orientation du générateur solaire

Attention : Ne pas enlever l'indication de ligne Nord - Sud avant que le bétonnage soit terminé.

Lorsque la direction nord-sud a été trouvée, marquer deux lignes "a et b" perpendiculairement "90°" à la ligne Nord-Sud pour indiquer la position du générateur solaire.

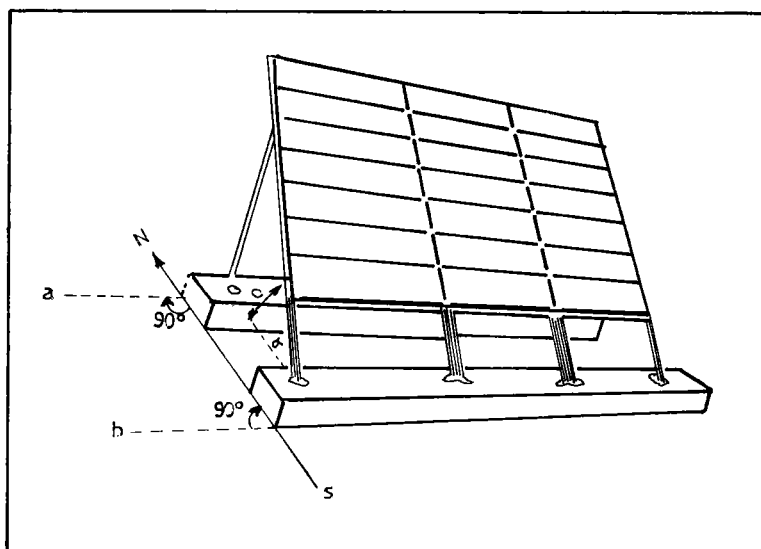


Fig n° 19: Orientation du générateur solaire

TACHE 2 GS

Sélection de l'angle d'inclinaison

L'angle d'inclinaison "X" (formé avec l'horizontale du plan) est d'une importance capitale pour l'optimisation de la puissance solaire incidente au niveau du générateur solaire, et par conséquent, pour la puissance générée obtenue, voir "Fig n°19".

Il faut sélectionner l'angle d'inclinaison "X" selon la latitude sur laquelle le système de pompage solaire est installé.

Ne jamais sélectionner un angle inférieur à "15°".

Exemple: Un système de pompage solaire est à installer près de Marrakech. -Maroc- à "31°" de latitude nord, c'est à dire que l'angle d'inclinaison "X" doit être d'environ "31°".
Dans ce cas, l'angle d'inclinaison standard de "35°" doit être sélectionné

TACHE 3 GS

Réalisation des fondations

Les fondations doivent être assez solides pour maintenir le panneau à des vents forts (> 120 km/h). Le plan des fondations doit être bien horizontal et bien orienté suivant la ligne Est-Ouest.

En général, la méthode la plus courante est celle utilisant des buses avec des ancrages et des chaînages à béton (voir fig n°20).

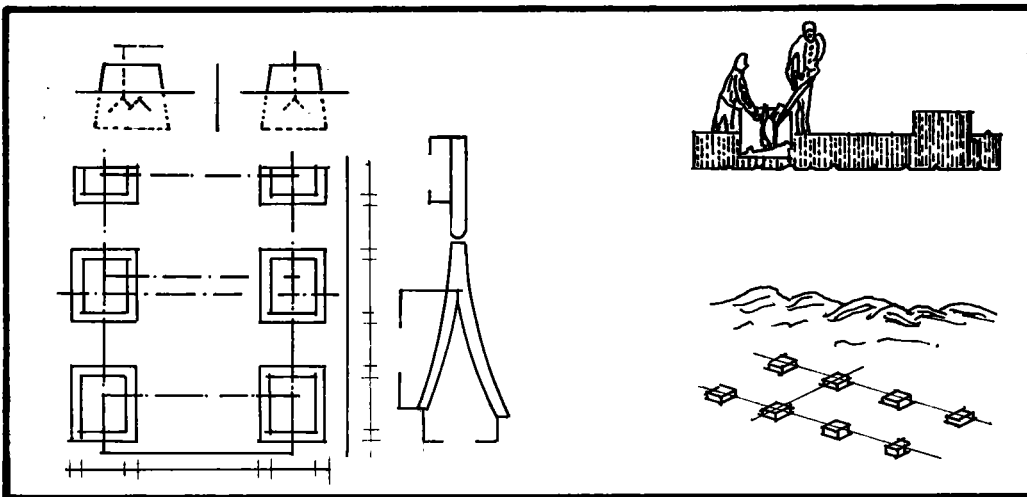


Fig n° 20: Réalisation des fondations

TACHE 4 GS

Montage des modules

Poser à plat la face avant des modules solaires contre une surface plate et propre, les modules collés les uns aux autres comme sur la figure n°21.

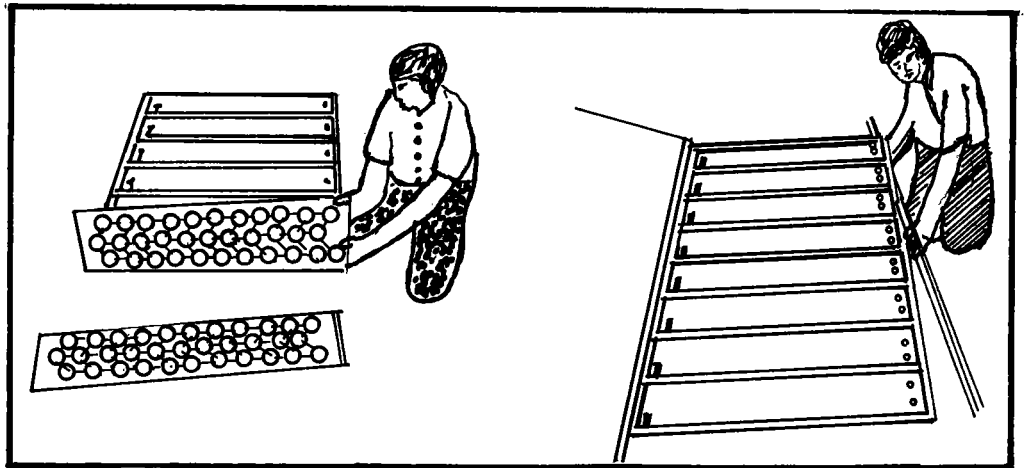


Fig n° 21: Montage des modules

"Faire attention à ne pas marcher sur la face arrière des modules".

- Poser par dessus les deux montants latéraux des modules en regard des trous de fixation, comme sur la figure n°22.
- En commençant par le sommet du support, enfiler les boulons avec rondelles plates dans les trous et visser à la main d'abord avec bague de serrage chaque boulon puis serrer avec clef.
- Boulonner à la main les deux ancrages inférieurs aux montants latéraux.

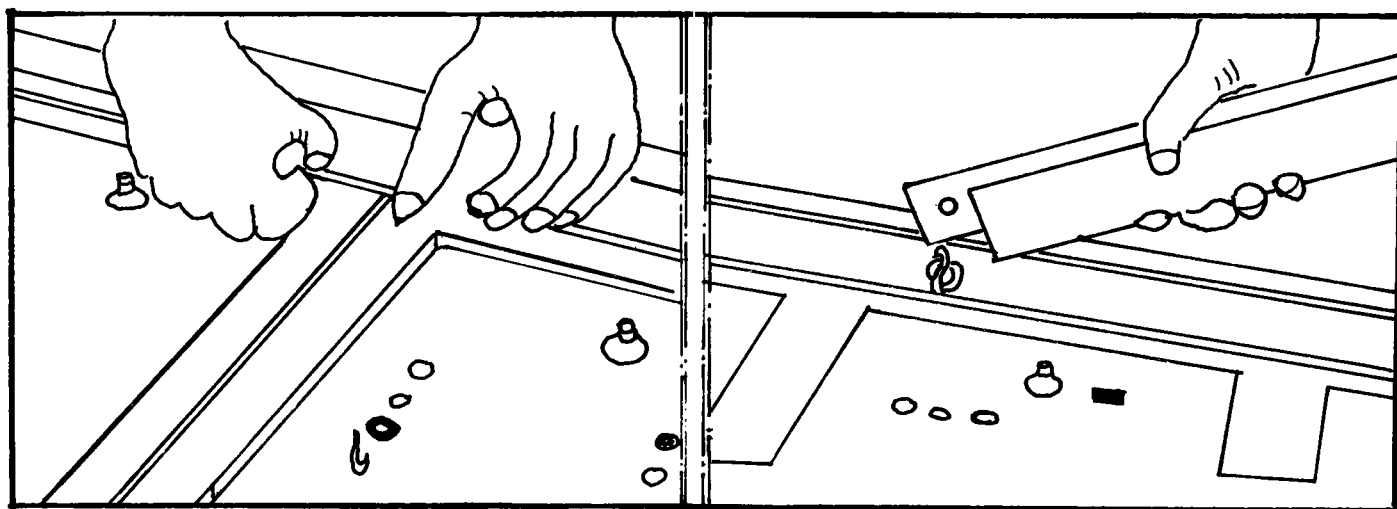


Fig n°22: Assemblage des modules (rangées)

TACHE 5 GS

Câblage des modules

- Cette opération peut se faire après le montage des modules
- Dévisser les couvercles des boîtes de jonctions se trouvant sur les modules (voir fig n° 23).

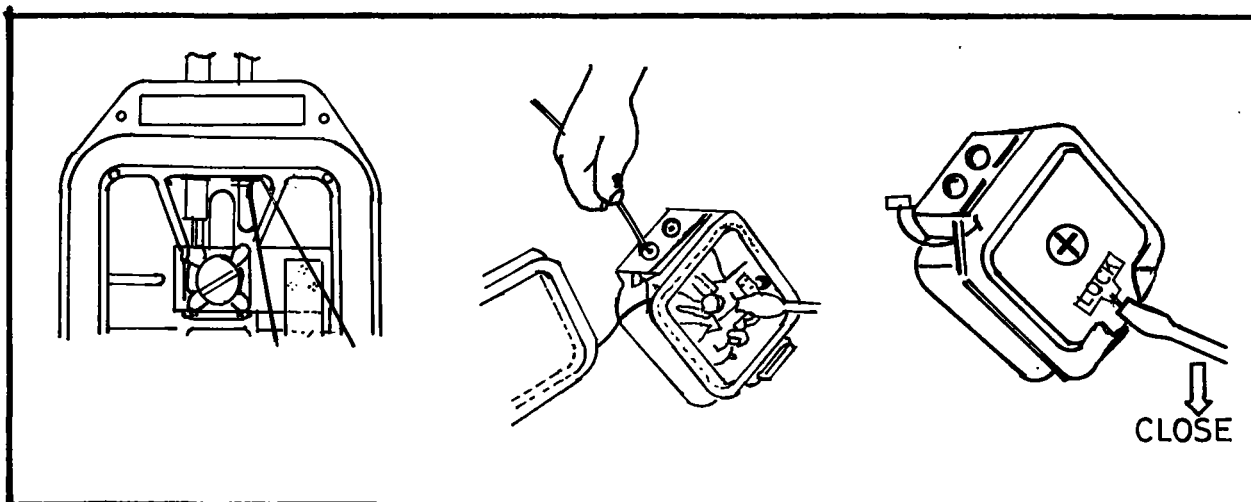


Fig n° 23: Boîtes de jonction

- Procéder au câblage comme indiqué sur la figure n° 23
- Contrôler que toutes les connexions tiennent bien.

TACHE 6 GS

Câblage des rangées

Cette opération peut se faire après achèvement du câblage des modules des rangées et fixation de ces derniers sur les fondations et en couvrant les modules par une couverture opaque pour éviter les chocs électriques.

- La polarité du câblage doit être respectée, relier les bornes (-) des rangées ensemble et les bornes (+) ensemble (branchement en parallèle) (voir figure n° 24).
- Relier les câbles de mise à la terre module par module puis à la boîte de commutation (voir figure n° 25).

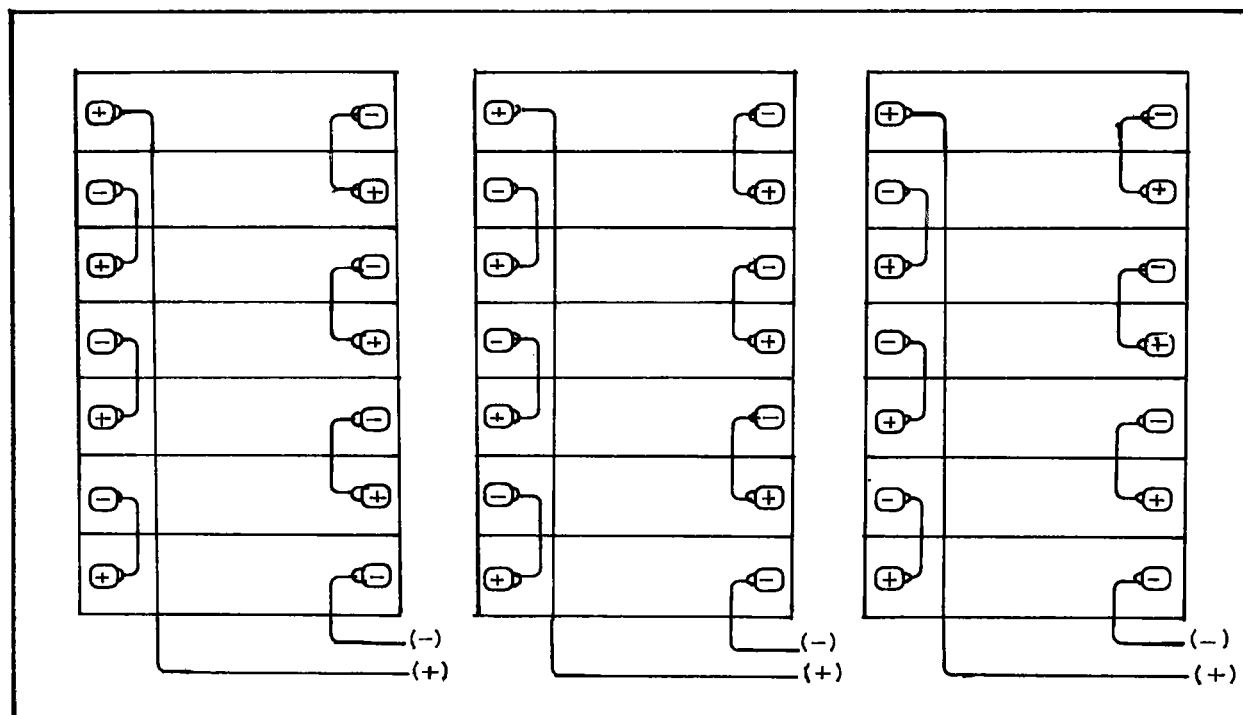


Fig n° 24: câblage des modules et des rangées

TACHE 7 GS

Branchement électrique

Pour éviter des dommages causés par des commotions électriques, couvrir les modules d'un matériau opaque avant d'ouvrir les boîtes à bornes ou d'exécuter le branchement électrique.

Le montage du générateur solaire et le câblage des modules doivent être exécutés conformément aux notices d'installation du fournisseur, soit par exemple pour la pompe GRUNDFOS.

ATTENTION: La configuration des modules doit se faire de manière à ce que les points suivants soient observés:

- * Puissance maximale installée "1700 à 1900 watts crêtes".
Voir Chapitre VI, Parag 1: Fonctionnement solaire normal".
- * Tension maximale à circuit ouvert : "160/170V".
- * Courant maximum de court circuit : "14A"

Mise à la terre

Il est indispensable d'installer une mise à la terre pour le système de pompage solaire afin de le protéger contre toute surtension causée par la foudre.

Le piquet de mise à la terre doit être mis aussi près que possible du support pour minimiser les coûts des câbles.

Enfoncer le piquet de masse dans la terre profondément, afin que le dispositif soit efficace.

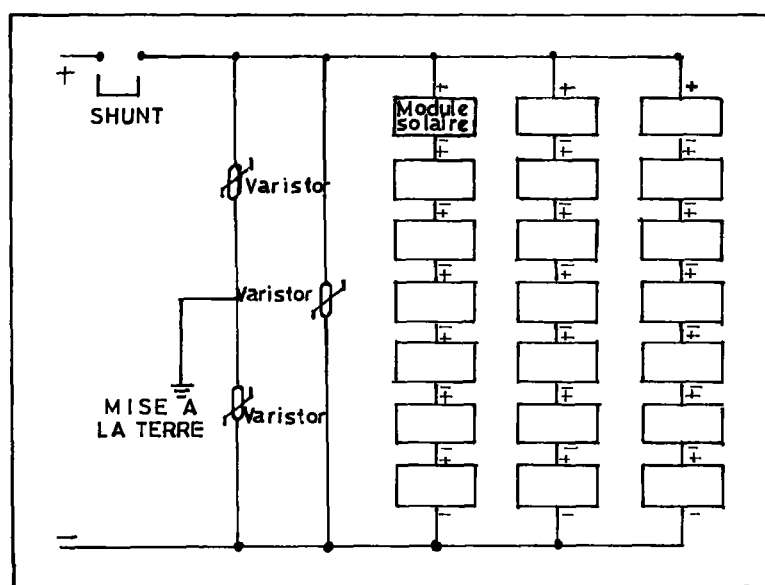


Fig n° 25 : Schéma de principe d'un système à 21 modules

FICHE 3

MONTAGE DU CONVERTISSEUR

TACHE 1 CV

Montage

Le convertisseur doit être monté en position verticale puisqu'il est refroidi par convection. Il est recommandé de prévoir un espace de "10 cm" au minimum au-dessus et en dessous du convertisseur. Le convertisseur peut être monté sur un support, ou simplement sur le support arrière du générateur solaire, voir "Fig 26".

Le convertisseur ne doit jamais être monté en plein soleil, ce qui pourrait causer une surchauffe du coffret, et par conséquent une interruption de fonctionnement du système.

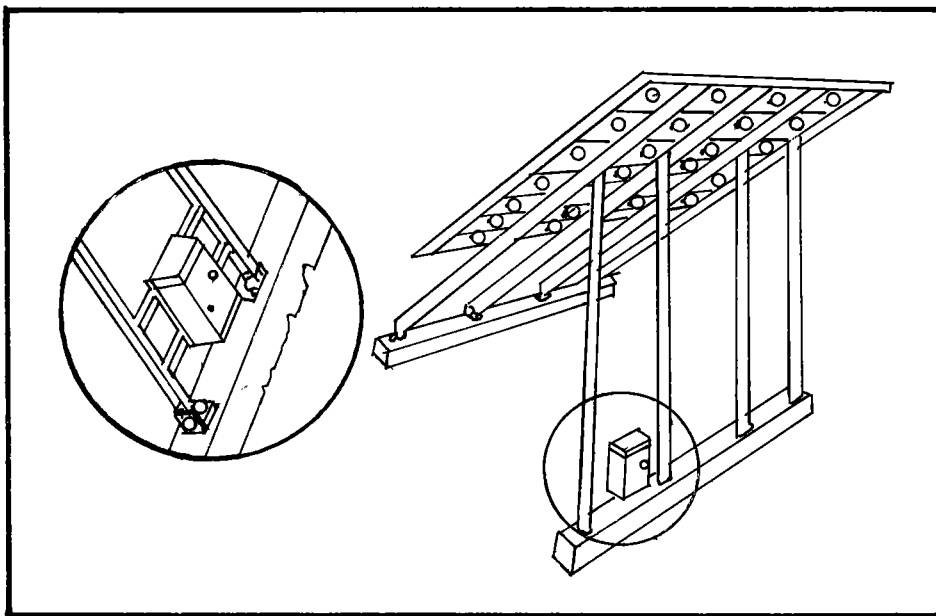


Fig n° 26 : Montage du convertisseur

Avant de procéder au branchement électrique, il faut couvrir le générateur solaire d'un matériau opaque. De cette manière, il est assuré que toute l'installation est hors tension lors de la procédure de branchement.

Quand les câbles sont raccordés au convertisseur, il suffit d'enlever le câble à courant continu du générateur solaire pour s'assurer que le convertisseur est hors tension pendant que le branchement électrique est exécuté. Si l'installation est équipée d'une boîte de jonction GRUNDFOS, la connexion entre le convertisseur et le générateur solaire peut être coupée à l'aide du shunt incorporé.

Le raccordement au convertisseur se fait par les quatre presse étoupes en caoutchouc au fond du coffret; il est nécessaire d'enlever la plaque avant pour pouvoir brancher les câbles sur les bornes internes. Avant de faire, tourner l'interrupteur en position "O" (horizontale).

Pour les trous de passage - câble, faire sauter les ronds en caoutchouc prédécoupés à l'aide d'un tournevis. Maintenant un câble peut être poussé dans le convertisseur.

Le montage de la pompe et du générateur solaire est décrit ci-dessus. Le branchement électrique sur le convertisseur est décrit ci-après, voir "Fig n°27".

*** Câble à trois conducteurs à courant alternatif pour la Moto - Pompe (3 * 10 mm²):**

Passer le câble par la presse étoupe le plus grand et relier les trois conducteurs aux bornes marquées "U.V.W" (mise à la terre en option). L'ordre des phases détermine le sens de rotation et sera contrôlé plus tard.

Comme le câble doit transmettre toute la puissance, il doit être aussi court que possible pour réduire les pertes de charge dans le câble au minimum.

*** Câble à deux conducteurs à courant continu pour le panneau (2 * 6 mm²):**

passer le câble par le presse étoupe près du câble moteur. Le conducteur positif (rouge) du générateur est relié à la borne marquée "+/-". Le conducteur négatif (noir) du générateur est relié à la borne marquée "-". Le câble doit être aussi court que possible.

* Câble de terre monoconducteur (2,5 mm²)

Passer le câble par le presse étoupe le plus petit dans le convertisseur, il est relié à la borne de terre vert-jaune à gauche.

* Câble à deux conducteurs pour l'interrupteur externe (2 * 1,5 mm²):

Ce raccordement peut être utilisé pour un interrupteur de niveau d'eau (flotteur). Utiliser le presse-étoupe à gauche. Relier les deux conducteurs aux bornes "3 et 8" sur le connecteur du bord de la plaquette à circuits imprimés en face du presse - étoupe.

Lorsque l'interrupteur du niveau d'eau provoque un court - circuit des conducteurs, le convertisseur est déclenché.

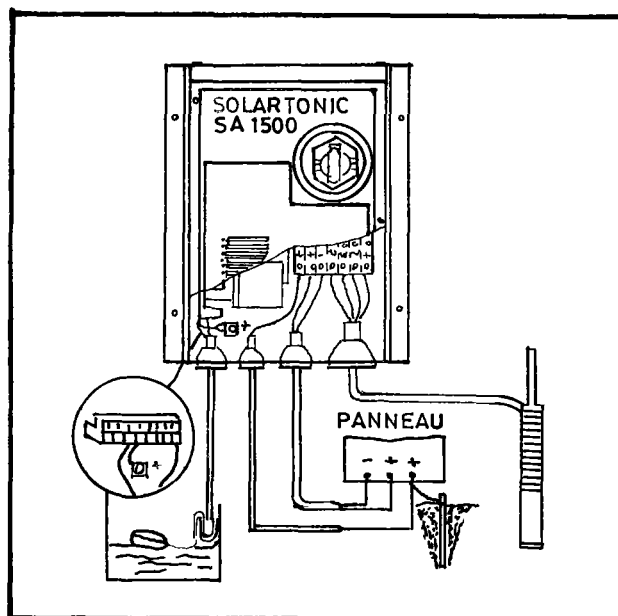


Fig n° 27 : Branchement électrique

FICHE 4

MISE EN MARCHE ET CONTROLE DE PERFORMANCES

Le système doit être mis en marche au milieu du jour, de préférence à un rayonnement solaire constant. L'interrupteur principal doit être en position "O". Le raccordement courant continu éventuellement déconnecté du générateur solaire doit être reconnecté (shunt dans la boîte de jonction GRUNDFOS, s'il y en a une). Si le générateur solaire est couvert, enlever la couverture.

TACHE 1 CP

Contrôle de la tension circuit ouvert "Vco" du générateur solaire

* Contrôler que " $125/140 \text{ V} < V_{co} < 160/175 \text{ V}$ " à l'aide d'un voltmètre.

TACHE 2 CP

Démarrage du convertisseur

* Démarrer maintenant le convertisseur en tenant l'interrupteur principal en position "1". Après environ "10 secondes", la pompe débitera de l'eau.

TACHE 3 CP

Contrôle du sens de rotation de la pompe

* Contrôler le sens de rotation de la pompe en mesurant la quantité d'eau débitée. Arrêter la pompe en tournant l'interrupteur principal du convertisseur en position "O". Inverser deux phases du moteur et démarrer la pompe. Mesurer de nouveau la quantité d'eau débitée. Comparer les résultats obtenus. Le débit le plus important indique le sens de rotation correct.

Si le convertisseur tombe en panne lors du contrôle cela peut être indiqué par les diodes électro-luminescentes (voir "recherche des pannes")

Le convertisseur peut toujours être démarré après une indication de panne en tournant l'interrupteur principal en position "O". Attendre pendant "15 secondes" et tourner l'interrupteur principal en position "1". Cela entraînera un "power up reset". Si la plaque avant a été enlevée, un "power up reset" peut être obtenu à l'aide du bouton-poussoir sur le tableau de commande.

TACHE 4 CP

Tests de mise en marche

Une fois tous les branchements achevés (panneau, moteur, boîte de communication) les tests suivants sont à faire en même temps:

* **Mesure du rayonnement solaire:**

Un pyranomètre doit être placé sur le plan du panneau pour mesurer le rayonnement solaire incident sur celui-ci (W/m^2).

* **Tension sous charge: "Vsc"**

C'est la tension produite entre le (+) et le (-) du panneau quand le moteur de la pompe est en marche.

Vsc doit être de l'ordre de la tension d'alimentation du convertisseur (environ 105 V).

* **Courant sous charge: "Isc"**

C'est le courant de consommation du moteur quand il est en marche. Ce courant est proportionnel au rayonnement solaire, mais ne peut dépasser "X fois" le courant de charge d'un module.

* **Débit instantané de la pompe: "Q (l/s)"**

A l'aide d'un chronomètre, il faut relever le temps mis par la pompe pour remplir un fût de volume connu afin d'en déduire le débit instantané de la pompe (Q en l/s). Au cas où le système est doté d'un débitmètre, sa lecture fait foi.

* **Hauteur Manométrique totale: "H. M. T"**

A l'aide d'une sonde, il faut relever la différence de niveau entre la surface de l'eau dans le puits et le point de refoulement de la pompe.

La hauteur manométrique totale est cette différence de niveau plus les pertes de charge (coudes, friction, frottement ...).

Effectuer ces tests au moins 3 fois entre 12h et 14h

TACHE 5 CP

Exploitation des données des tests

Il est souhaitable cependant pour une pompe d'effectuer ces mesures tout au long de la journée depuis le début jusqu'à l'arrêt du pompage (voir fiche Contrôle des performances en Annexe).

Ces mesures de la connaissance des spécifications et du nombre des modules, de la hauteur du Réservoir par rapport au niveau du puits "(Hr)", la longueur de la conduite du refoulement "(L)" et le nombre de coudes utilisés dans cette conduite permettent les calculs suivants:

- Puissance solaire incidente: $P_s = E_n * S * N$
(N= nombre modules S= surface modules en m²)
(E_n= Rayonnement solaire incident sur le générateur solaire en W/m²)
- Puissance Electrique: $P_{el} = I * V$
(I = courant sous charge du générateur solaire en Ampères)
(V = Tension sous charge du générateur solaire en Volts)
- Puissance Hydraulique: $P_h = 9,81 * HMT * Q$
(Q = Débit en l/s) (HMT en mètres)

Les données des tests mentionnés ci-dessus peuvent être exploitées pour déterminer les paramètres suivants:

- Rendement Générateur solaire : $R_{dgs} = P_{el} / P_s$
 $= I_{sc} * V_{sc} / E_n * S$
- Rendement Electro-Pompe: $R_{dep} = P_h / P_{el}$
 $= 9,81 * HMT * Q / I_{sc} * V_{sc}$
- Rendement système : $R_{d_{sys}} = P_h / P_s$

("R_{dgs}" doit être compris entre 8 et 10% selon la technologie des modules solaires)

("R_{dep}" doit être compris entre 35 et 45% et doit correspondre aux données du fabricant).

("R_{d_{sys}}" doit être compris entre 3 et 4%)

Un autre rapport intéressant à calculer enfin, concerne la comparaison de la puissance électrique produite avec la puissance crête du générateur solaire.

Une fiche de relevé est élaborée à cet effet (voir fiche modèle en annexe), elle permet à l'équipe technique d'analyser les systèmes dont elle dispose. En cas de sous performances, l'identification de l'origine est possible grâce au descriptif de causes de pannes présenté dans le paragraphe ci-après.

TACHE 6 CP

Réception du système

Tous les tests précités doivent être relevés sur un procès - verbal type de réception (voir annexe).

Ce PV doit contenir aussi toutes les observations et les remarques sur le système.

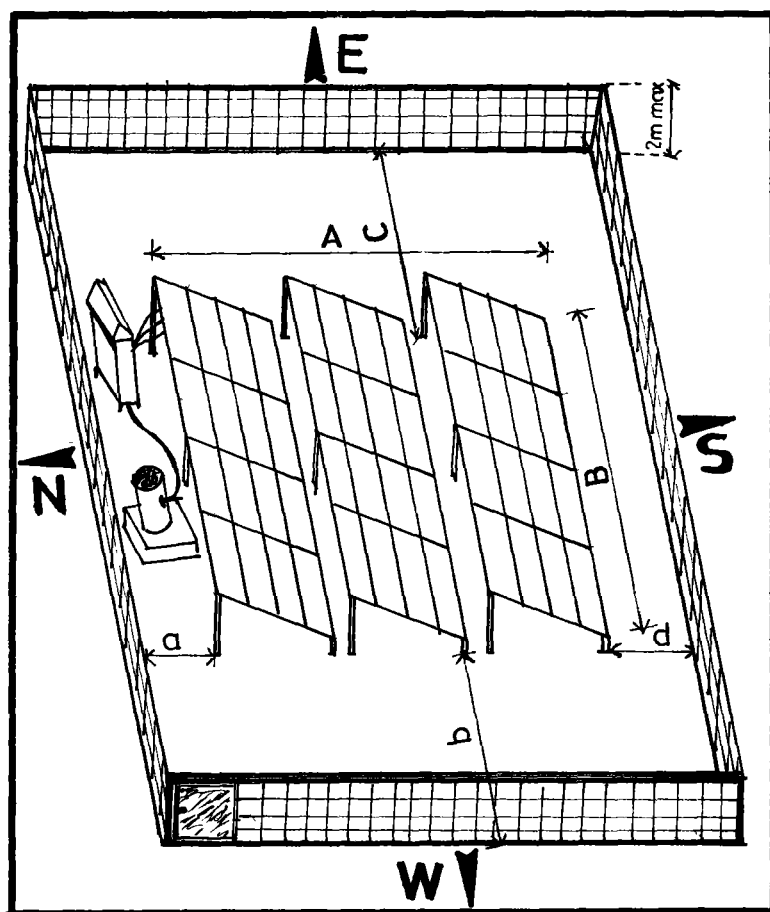
FICHE 5

CLOTURE

Il est recommandé de protéger le générateur solaire et le réseau de tuyaux du puits (actes de vandalisme, animaux ...).

Le système peut être clôturé comme le montre la "Fig n° 28"

ATTENTION : Placer la clôture de manière à ce qu'elle ne risque pas de créer une ombre sur le générateur pendant la journée et au cours de l'année.



Distances des clôtures hauteur max 2m		
a = 1m	b = 2,5m	c = 2,5 m
Latitude		d
Equateur $\alpha \pm 10^\circ$		0,9 m
$\pm 10^\circ \tilde{\alpha} \pm 20^\circ$		1,3m
$\pm 20^\circ \tilde{\alpha} \pm 30$		1,9 m

Fig n° 28 : Clôture autour du système

CHAPITRE 4

FONCTIONNEMENT ET ENTRETIEN D'UN SYSTEME DE POMPAGE D'EAU PAR ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

FICHE 1

FONCTIONNEMENT DU CONVERTISSEUR

1 Fonctionnement solaire normal

En usine, le convertisseur est réglé au fonctionnement solaire à une tension nominale de "105V" (1700 W max) ce qui est indiqué sur la plaque signalétique du convertisseur. Normalement, il ne sera pas nécessaire de changer les positions des commutateurs internes et des shunts. Les possibilités de changement dans trois cas spéciaux sont détaillées dans les paragraphes "2 à 4".

Il est supposé que le convertisseur est monté correctement et que l'installation entière du système de pompage solaire est exécutée selon les instructions données par le fournisseur.

Lorsque l'interrupteur principal sur la plaque avant est activé (position verticale), composants électroniques internes du convertisseur sont sous tension cela est indiqué par un défilement lumineux des diodes électroluminescentes sur la plaque avant.

Immédiatement après, le convertisseur essaiera de démarrer la pompe.

Le moteur est branché sur une fréquence modéré de "7Hz" et il commencera à tourner. Si l'ensoleillement sur le générateur est suffisant, une accélération commandée de la pompe jusqu'à "25 Hz" est effectuée. L'accélération ne nécessite qu'une puissance très basse (100-200 W) et s'appelle l'état de démarrage.

Ensuite le convertisseur permute à l'état de marche, la pompe commence à débiter de l'eau et un régulateur interne ajustera la fréquence de pompage à la puissance du générateur: la quantité d'eau débitée varie proportionnellement à l'ensoleillement sur le générateur solaire.

En état de marche, le convertisseur règle la tension du générateur de manière à ce que la puissance du courant continu soit toujours optimale (optimisation de la puissance).

Le convertisseur surveille constamment le système de pompage en mesurant le courant continu, la tension du courant continu et la

température intérieure. Si un défaut d'un des paramètres surveillés ou du rapport entre eux est constaté, le convertisseur s'arrête. Un signal lumineux indique la nature de la panne (les diodes électroluminescentes sur la plaque avant). Si un défaut est détecté, le convertisseur permute à l'état "en attente". Le composant électronique de puissance est inactif, mais reste sous tension. Les pannes sont décrites dans la **fiche 3** de ce chapitre "**Recherche des pannes**".

Tous les types de pannes ne peuvent pas être détectés à l'aide du convertisseur. Quelques exemples sont "**pas de connexion courant continu**" ou "**sens de rotation incorrect**", dans tous les cas où le système de pompage solaire s'arrête ou ne fonctionne pas de manière optimale, utiliser "**la fiche 3: Recherche des pannes**" pour une localisation exacte de la panne.

Il est toujours possible de déclencher le convertisseur à l'aide de l'interrupteur principal sur la plaque avant. Quand il est déclenché pendant "**15 secondes**", les composants électroniques internes sont hors tension. Si l'interrupteur est tourné en position "**1**", cela entraînera un "**power up reset**" et le convertisseur est enclenché. Un petit bouton poussoir à l'intérieur du convertisseur permet d'obtenir un "**power up reset**" lorsqu'on procède au dépannage.

2 Changement de la fréquence maximale et de la fréquence verrouillée

Le convertisseur a une fréquence de service maximale de "**63Hz**". Si la puissance du générateur est tellement élevée que cette fréquence est dépassée, la fréquence est automatiquement verrouillée à la valeur de "**57 Hz**", et la diode électroluminescente "**3: Fréquence maximale**" est allumée jusqu'à ce que la puissance du générateur soit réduite (rayonnement solaire moins intense). Ces limites de fréquence peuvent être changées en "**56 Hz**" comme fréquence maximale et en "**50 Hz**" comme fréquence verrouillée en posant le microrupteur "**3**" en position "**Off**" voir "**fig n° 29**"

3 Changement de la tension nominale du courant continu

Le convertisseur peut être réglé à une tension du courant continu de "**105 V +/- 15 V**" ou "**120 V +/- 15 V**" ce qui représente l'intervalle d'optimisation de la puissance. Le réglage est exécuté à l'aide du microrupteur "**2**" et du "**shunt J5**" sur le tableau de commande. La "**fig n° 29**" montre sa position sur le tableau.

Tension nominale de "**105 V**". Microrupteur "**2**" sur "**ON**", "**J5**" connecté.

Tension nominale de "**120 V**". Microrupteur "**2**" sur "**Off**", "**J5**" enlevé

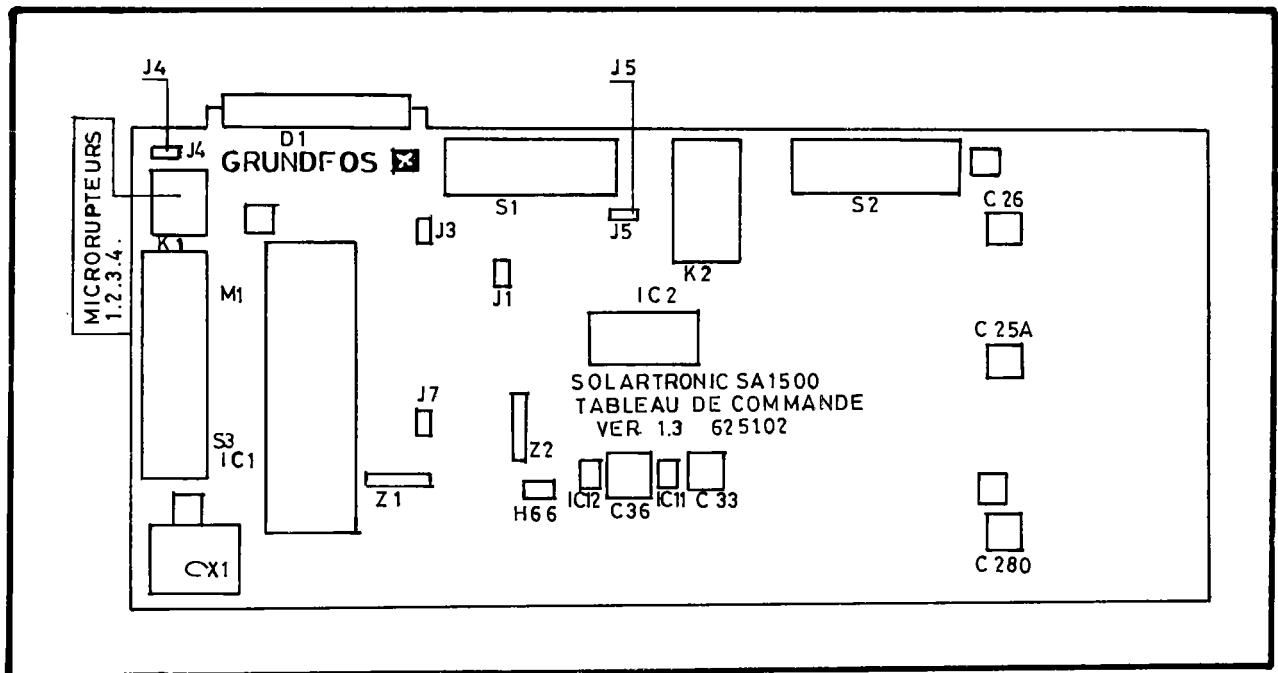


Fig n° 29: Positions des microprocesseurs 1,2,3,4 et des shunts J4 et J5 sur le tableau de commande

4 Contrôle

Le tableau ci-dessous montre les limites de contrôle qui, si elles sont dépassées, entraînent une panne indiquée par les diodes électroluminescentes. Toutes les indications de panne permutent le convertisseur dans l'état en attente. Normalement, cet état persiste pendant "10 secondes". En cas d'une panne grave, il persiste pendant "143 minutes".

Le convertisseur est livrable avec deux réglages différents:

* Tension nominale de fonctionnement de "105 V" avec des données maximales correspondantes de "107 V à 1700W"

* Tension nominale de fonctionnement de "120V" avec des données maximales correspondantes de "175 V- 1900W"

Les données maximales sont toujours indiquées sur la plaque signalétique du convertisseur.

	Marche 105 Volts	Marche 120 Volts	J4
1. Surcharge	Le courant continu est trop élevé par rapport à la fréquence appliquée		Off *
2. Sous - charge	Le courant continu est trop bas par rapport à la fréquence appliquée		Off *
3. Fréq. . Max (sur tension)	127 Volts (Vco + 22V)	142 Volts (Vco + 22V)	*
4. Puissance du C.C basse	La puissance du courant continu est trop basse pour fonctionnement normal F<26 Hz		
5 Sur-température	En attente à T> 85°C Redémarrage à T<65°C		
6. Interrupteur à distance			
7. Tension du C.C basse	125 Volts	140 Volts	105/120
8. Tension du C.C élevée	160 Volts	175 Volts	

Tableau n° 3: Réglage du convertisseur

* Panne grave

La connexion du shunt "J4" limite le contrôle des pannes "1 et 2" et réduit la limite de la "tension basse du courant continu". Uniquement à des fins de dépannage.

5 Commande externe

Dans une certaine mesure, il est possible d'effectuer une commande/contrôle du système de pompage solaire à l'aide des signaux externes du convertisseur. Ceux-ci se trouvent sur le connecteur de bord sur le tableau de commande (voir "Fig 27").

Broche 1. MAXFREQ: Sortie, "1 mA" au maximum, haute à la fréquence maximale

Broche 2. MAXTEMP: Sortie, "1mA" au maximum, haute à la température maximale

Broche 3. SW +: Entrée pour interrupteur externe

Broche 4. EARTH: Mise à la terre

Broche 5. REG: Entrée, verouillée à la fréquence à valeur maximale quand l'entrée est basse

Broche 6 STSIG: Entrée/Sortie haute, quand le convertisseur est dans l'état "en attente".

Broche 7. STARTUP: Sortie, "10mA" au maximum, haute quand le convertisseur est dans l'état "en attente"

Broche 8. GND: Signal masse.

FICHE 2

FONCTIONNEMENT ET ENTRETIEN

Dans les conditions de fonctionnement normal, le système ne demande aucun entretien ni inspection. Les points suivants doivent cependant être contrôlés:

*** Capacité insuffisante du puits:**

Si la capacité en eau du puits est insuffisante, constamment ou temporairement, la protection "manque d'eau" incorporée dans le convertisseur protégera la pompe contre la surcharge en l'arrêtant et en même temps indiquant la panne "2" et/ou la panne "3" sur les diodes électroluminescentes. Le convertisseur réenclenche après "**143 minutes**". Alternativement, l'interrupteur du convertisseur peut être tourné en position "O" pendant "**15 minutes**" et tourné en position "1". D'après ce qui précède, cela résulte en un "power up reset". La pompe essaiera maintenant de pomper de l'eau, mais le convertisseur l'arrêtera si le niveau d'eau dans le puits demeure trop bas.

Si la capacité du puits est constamment insuffisante, le problème peut être en étranglant la pompe, mais réduira la quantité d'eau pompée par jour.

*** Fermeture de l'écoulement dans le tuyau:**

La vanne de refoulement étant fermée, la pompe ne doit pas fonctionner puisque le moteur ne serait pas refroidi suffisamment. Tourner l'interrupteur principal en position "O" pour arrêter le système.

1 Plan d'entretien recommandé

Les besoins d'entretien des modules solaires et de leurs supports ont été réduits. Si l'équipement de détection de pannes à distance indique une avarie dans le système, ou si les conditions environnantes sont extrêmes, il faut instituer des procédures d'entretien ou de réparation, voire les deux.

Il est recommandé de procéder à des entretiens tous les "6 mois".

Avertissement: Les modules produiront de l'énergie électrique durant les heures de la journée. S'entourer de précautions

lorsque les procédés suivants sont effectués pour éviter des courts-circuits ou des dommages de commotion. Couvrir les modules d'un matériau opaque (plastique noire, toile, etc ..) lors des procédés d'entretien.

Procédure :

TACHE 1 E	Exécuter soigneusement une inspection visuelle du générateur.
TACHE 2 E	S'assurer que l'alignement des sections en "U" et des équerres de montage est toujours correct de manière à ce que les modules ne subissent aucune contrainte ou effort mécanique. Ajuster selon l'exigence.
TACHE 3 E	Contrôler le serrage de toutes les fixations du montage.
TACHE 4 E	Contrôler le serrage des vis de borne et de mode de branchement du câblage.
TACHE 5	Les plaques des modules en verre trempé doivent être nettoyées comme exigé à cause d'accumulation de poussière, de boue ou d'autre débris par rinçage ou à l'aide d'un chiffon ou d'une peau de chamois. Il peut être nécessaire d'utiliser un produit détergent doux pour les matériaux plus rétifs. Des substances particulièrement rétives peuvent être enlevées à l'aide d'une solution isopropylique de 45% ou d'un article de nettoyage de cuisine en plastique (pas en métal) voire les deux.

Précaution: Ne jamais utiliser des détergents grenus, matériaux contenant des grains de sable ou des particules abrasives, ou des produits de décapage pour le nettoyage des surfaces.

Selon toute prévision, la surface arrière du module n'exige aucun nettoyage. S'il est nécessaire de la nettoyer, le laminé peut être dépoussiéré et lavé à l'eau savonneuse, appliquée avec un chiffon ou une peau de chamois. Sécher les surfaces après lavage et rinçage à l'aide d'un autre chiffon ou d'une autre peau de chamois.

TACHE 6 E

Un contrôle électrique du ou des modules doit être effectué selon le plan d'entretien normalisé. Ces procédures doivent seulement être réalisées pour contrôler la puissance du ou des modules et ne proposent pas de vérifier les autres composants du système de pompage solaire.

Attention:

Ces contrôles doivent être réalisés durant les heures d'intensité lumineuse maximum. Il est présumé qu'un enregistrement des lectures est disponible pour comparaison. Les lectures peuvent varier à cause de la différence d'intensité lumineuse ou de la température.

FICHE 3

RECHERCHE DES PANNES

Si le système de pompage solaire ne débite pas la quantité d'eau ou il s'est arrêté pour une raison indéfinie, il est recommandé d'utiliser ces instructions pour une vérification méthodique du système en vue de localiser la panne.

Le convertisseur type "SA 1500", est équipé d'un système de vérification interne qui surveille le système de pompage solaire et détecte les pannes les plus fréquentes. De cette manière, le convertisseur se protège lui-même et avec lui tout le système puisqu'une panne résultera en un état "en attente" du convertisseur et ce dernier indiquera une panne. Les pannes sont décrites dans le paragraphe "3-6: Indications de pannes" qui peut être utilisé pour une localisation de la panne.

Une vérification générale du système doit comprendre tous les contrôles de "1 à 5".les contrôles doivent être exécutés dans l'ordre mentionné et portés sur la fiche de maintenance (en annexe). Si le convertisseur s'arrête et indique une panne, passer au paragraphe "6" afin de trouver son explication et le remède à apporter. Cependant, cela n'exclut pas la possibilité d'un convertisseur défectueux.

1 Contrôle du générateur solaire

TACHE 1 P

Vérifier si les modules sont propres

TACHE 2 P

Contrôler l'état des modules (casse ...)

TACHE 3 P

Réaliser des tests de contrôle de performances du système (de préférence en milieu de journée)

TACHE 4 P

Mesurer la tension à circuit ouvert du panneau (V_{co}), "Fig .30"

Les bornes se trouvent dans le convertisseur et sont facilement accessibles. Ne pas oublier de tourner l'interrupteur principal en position "O" avant d'enlever la plaque avant.

La tension du courant continu des bornes "+/-" est d'environ "140 V" à 155 V

Attention: Ne pas toucher ces dernières

Le contrôle est acceptable si la tension "Vco" mesurée se trouve entre "125-160 V (140-174V)"

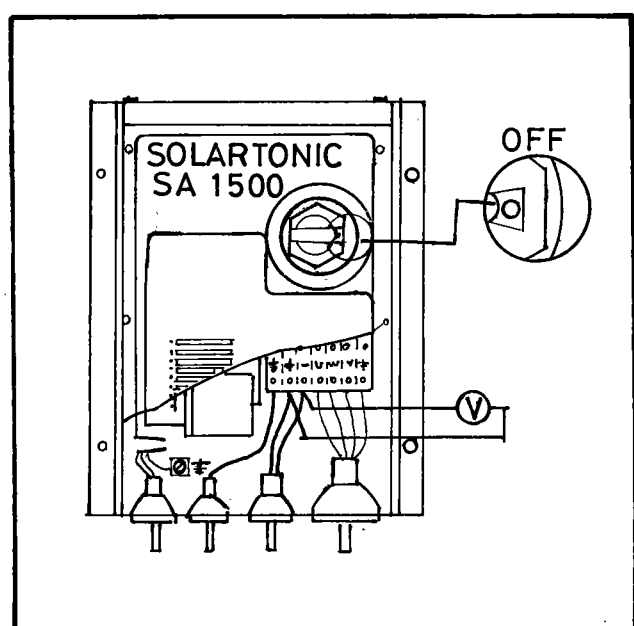


Fig n°30: Mesure de la Vco Gamme : 0-175 V

TACHE 5 P

Mesurer le courant de court circuit "Icc" du générateur sur les bornes "+/-" dans le convertisseur, "Fig. 31".

"Icc" varie en fonction de l'ensoleillement sur le générateur solaire , mais il doit être de "0,5 à 1A" par "100W" crête de puissance du générateur.

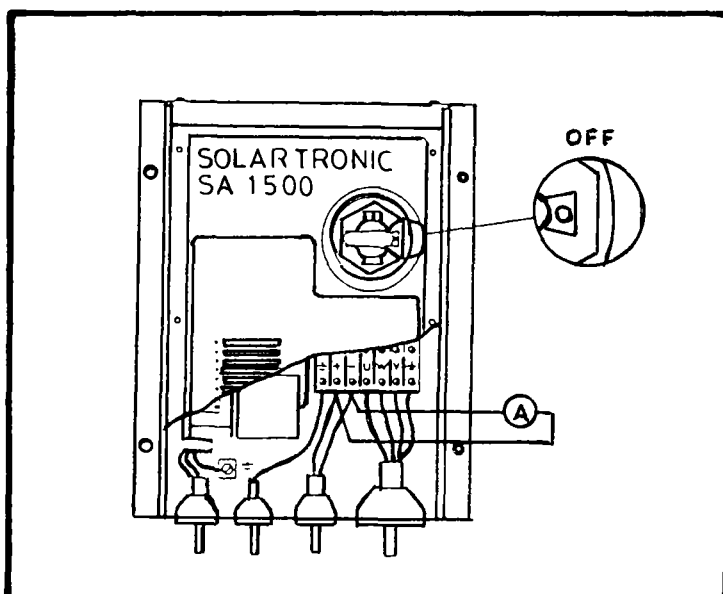


Fig n° 31: Mesure de Icc Gamme : 0 - 14 A

Exemple: Pour un système de "1000Wc" mesuré à midi d'une journée de bon ensoleillement "Isc" doit être de l'ordre de "5 à 10A"

Si les résultats ne sont pas acceptables, la panne a été localisée au niveau du générateur. La localisation de la panne peut être exécutée en mesurant chaque module et en comparant les résultats à ceux spécifiés dans les données techniques.

2 Contrôle des connexions de câbles

TACHE 6 P

Tourner l'interrupteur principal en position "O" et enlever la plaque avant du convertisseur. Inspecter visuellement que les câbles sont correctement reliés aux bornes respectives.

TACHE 7 P

Contrôler les connexions des câbles à courant alternatif (câble moto-pompe) en mesurant la résistance entre les bornes suivantes U-V, V-W, W-U "Fig 32". Le câble est acceptable si ces lectures sont inférieures à "2 Ohms"
Si ces lectures sont supérieures à "2 Ohms", la panne est localisée au niveau du moteur, au câble submersible ou aux connexions des câbles à courant alternatif.

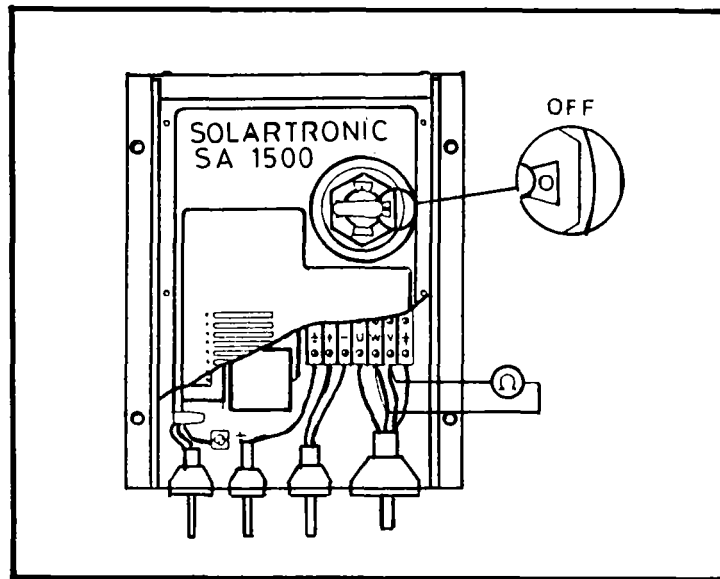


Fig n° 33: Mesure de la résistance entre phases

3 Contrôle du convertisseur

TACHE 8 P

Tourner l'interrupteur principal en position "O" et enlever la plaque avant

TACHE 9 P

Enlever les conducteurs au moteur immergé des bornes "U, V et W"

TACHE 10 P

Court-circuiter le shunt "J3" montré sur la "Fig 33" à l'aide d'une sonde; introduire la sonde entre les deux plaquettes à circuits imprimés.

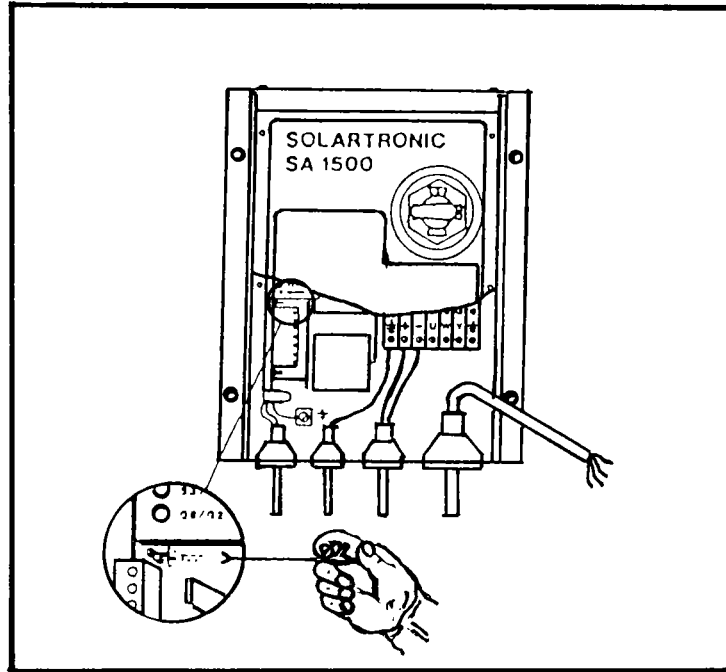


Fig n° 33 : Court circuit du shunt J3

TACHE 11 P

Tourner l'interrupteur en position "1" et mesurer la tension à vide du convertisseur

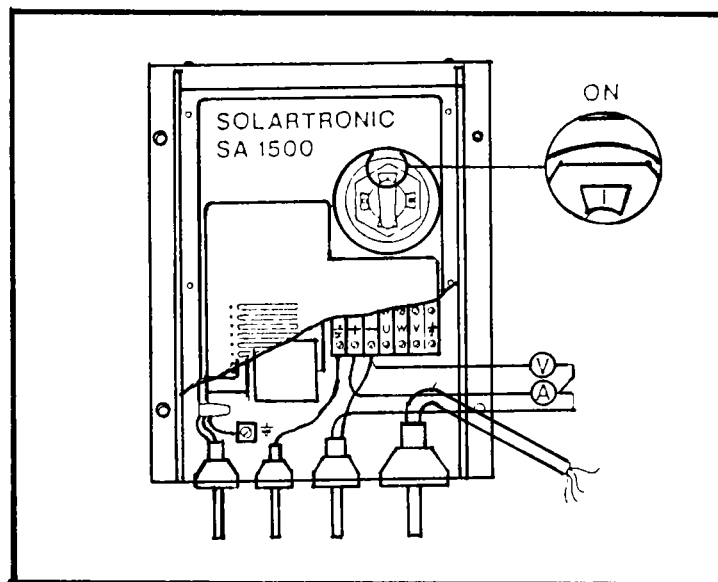
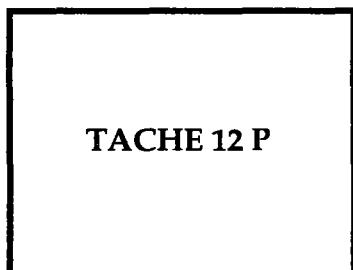


Fig n° 34 : Mesure de I_{sc}. Gamme : 0 - 1A
Mesure de V_{sc}. Gamme : 0 - 175 V

Attention:

Ne pas oublier de tourner l'interrupteur en position "O" quand les conducteurs sont connectés ou déconnectés lors de la procédure de mesure du courant

Le contrôle est acceptable si la "Vsc" est "125-160 V" (140 - 175) et le "Isc" est de "10-100 mA".



Mesurer la tension entre les phases suivantes (avec l'étendue de mesure de l'ampèremètre sur courant alternatif):

"U - V"

"V - W"

"W - U"

Noter les lectures et les comparer

Le contrôle est acceptable s'il présente un écart inférieur à "3 V" et si les valeurs se trouvent dans la gamme de "30 à 50V"

Attention : Comme la fréquence de la tension mesurée est très basse (5 à 10 Hz), l'aiguille d'un instrument analogique peut vibrer un peu.

Si les points "3" et "4" ne sont pas acceptables, la panne est localisée au niveau du convertisseur. Ne pas oublier d'enlever la sonde.

4 **Contrôle de la Moto-pompe**

Une panne de la moto-pompe sera presque toujours une des suivantes:

A Fonctionnement à sec

Si la pompe a fonctionné à sec dans le puits, la protection manque d'eau du convertisseur déclenche la pompe.

La pompe se met en marche après "143 minutes" ou après un "power up reset" (tourner l'interrupteur en position "O" et le retourner en position "1" "après" 15 secondes).

La pompe essaiera de débiter de l'eau, mais s'arrêtera de nouveau rapidement si le niveau d'eau du puits n'est pas encore suffisant.

B. Blocage de la pompe

La pompe est bouchée, par exemple par des grains de sable ou autres.

C. Rupture de phase

C'est à dire une rupture d'une des phases moteur, par exemple: Enroulements court-circuités, câbles défectueux ou connexions mal faites.

Ce contrôle aura pour objet d'identifier la panne **A, B ou C**.

TACHE 13 P	Enlever la plaque avant du convertisseur. Tous les branchements électriques doivent être faits pour le fonctionnement normal. Mesurer le "Isc" à l'aide d'un ampèremètre (voir "Fig n° 34", faire attention à l'étendue de mesure en courant continu).
TACHE 14 P	Court-circuiter à l'aide de la sonde le shunt montré sur la "Fig n° 35".
TACHE 15 P	Tourner l'interrupteur principal en position "1", et le convertisseur appliquera "7Hz" au moteur d'une manière continue. Lire "Isc" et noter la valeur. Retourner l'interrupteur en position "O".
TACHE 16 P	Relier l'ampèremètre à la phase "U" afin de mesurer le courant de phase "Iu" (voir "Fig n° 35", faire attention au calibre de mesure en courant alternatif). Tourner l'interrupteur en position "1" et noter la valeur mesurée. Retourner l'interrupteur en position "O". Répéter cette procédure pour les phases "W et V".
TACHE 17 P	Enlever la sonde. Tourner l'interrupteur en position "1" et attendre pendant "30 secondes" Si une ou plusieurs des diodes électroluminescentes sur le convertisseur s'allument, noter leurs numéros. Tourner l'interrupteur en position "O".

Si:

A. Les diodes électroluminescentes "2 et 3" sont allumées la pompe fonctionne à sec.

B. La diode lumineuse "1 ou 4" est allumée (4 peut clignoter), La moto-pompe est bloquée si les trois courants de phase mesurés sont identiques (+/- 20%) cela est confirmé si le courant alternatif mesuré est supérieur à environ "2A"

C. Il y a une grande différence entre trois courants de phase (+/- 20%), la rupture de phase est localisée au câble , aux connexions de câbles ou au moteur.

D. Tout semble normal, la panne peut être causée par le système de distribution d'eau, par exemple vannes défectueuses, fuites dans la tuyauterie,etc

Une panne fréquente est le sens de rotation incorrect qui entraînera souvent une réduction du débit de "25 à 50%".

Si la moto-pompe est sortie du puits, mesurer la résistance des enroulements à l'aide d'un mégohmmètre.

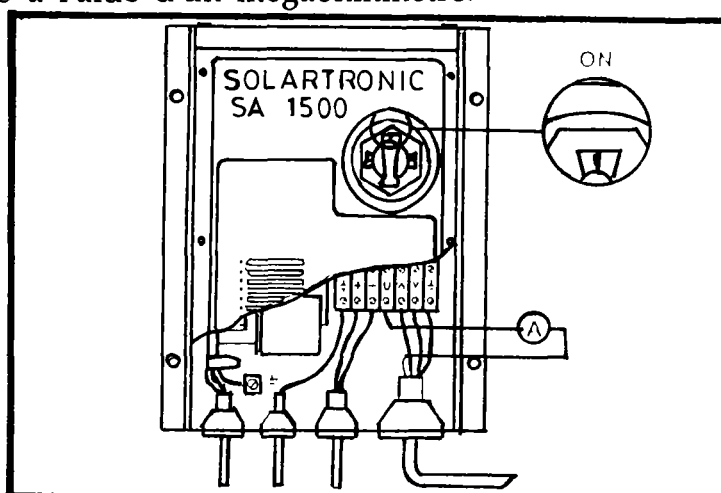


Fig n° 35: Mesure de courant alternatif

5 Contrôle de l'interrupteur de niveau d'eau

Normalement, la pompe fonctionne quand le circuit électrique de l'interrupteur du niveau d'eau est ouvert et la pompe s'arrête quand le circuit est fermé

TACHE 18 P

Tourner l'interrupteur principal du convertisseur en position "O".

TACHE 19 P	Enlever la connexion de l'interrupteur du niveau d'eau du composant électronique du convertisseur.
TACHE 20 P	Tourner l'interrupteur principal du convertisseur en position "1". Maintenant le convertisseur se met en marche et la pompe débitera de l'eau après "15 secondes".
TACHE 21 P	Tourner l'interrupteur en position "O".
TACHE 22 P	Court-circuiter les deux bornes du connecteur auquel l'interrupteur du niveau d'eau a été relié (les broches 3 et 8).
TACHE 23 P	Tourner l'interrupteur principal en position "1". Maintenant le convertisseur doit indiquer "Interrupteur à distance"

Si les points susmentionnés ne révèlent pas de pannes et l'interrupteur du niveau d'eau ne fonctionne pas, ce dernier est défectueux.

6 Indications de pannes

Le convertisseur est livrable avec deux réglages différents faits en usine.

Marche 105V: Tension de courant continu sous-charge: "105V +/- 15V". Données maximales indiquées sur la plaque signalétique "160V, 1700W".

Marche 120V: Tension du courant continu sous-charge: "120V +/- 15V". Données maximales indiquées sur la plaque signalétique "175V, 1900W".

Les caractéristiques des deux réglages sont indiquées dans "le paragraphe n° 4 fiche 1, Chapitre 4"

Surcharge

Le microprocesseur a détecté un courant continu trop fort par rapport à la fréquence appliquée.

Pannes possibles:

- Blocage complet ou partiel de la pompe.
- Rupture de phase du côté courant alternatif.
- La moto-pompe raccordée n'est pas de la même gamme.

L'état "en attente" persiste pendant 143 minutes.

Sous - charge

Le microprocesseur a détecté un courant continu trop faible par rapport à la fréquence appliquée.

Pannes possibles:

- Fonctionnement à sec
- La protection court-circuit du convertisseur a été activée.
- Rupture de phase du côté courant alternatif.
- La Moto-Pompe raccordée n'est pas de la de la même gamme

L'état "en attente" persiste pendant 143 minutes.

Fréquence maximale

La pompe a atteint sa fréquence maximale de "63 Hz/56Hz" et tant que la puissance d'entrée est assez haute, la pompe fonctionnera avec une fréquence verrouillée constante de "57Hz /50Hz". Cette fonction est normale en cas de fonctionnement sur batterie.

Si le convertisseur s'arrête, la tension du courant est plus élevée que celle admise lors du fonctionnement. C'est le cas lorsque la puissance du panneau est plus élevée que celle consommée par la charge.

Pannes possibles:

- Fonctionnement à sec
- La protection court-circuit a été activée.
- Rupture de phases du côté courant alternatif.
- le système de pompage solaire n'est pas dimensionné correctement. La surface du panneau est trop grande.

- lors du fonctionnement sur batterie: la tension des batteries est trop élevée.

Les indications "2 et 3" se présentent souvent ensembles. L'état "en attente" persiste pendant 143 minutes.

Puissance basse du courant continu

Cette indication est normale en cas de rayonnement solaire moins intense et lors du démarrage du convertisseur. Cette indication, qui peut être continue ou intermittente, signifie que le générateur solaire ne produit pas la puissance nécessaire pour un fonctionnement normal. Le convertisseur reconnaît cet état en contrôlant si la tension du courant continu reçu du générateur solaire est trop basse au moment d'un essai de démarrage. C'est pourquoi une tension trop basse du générateur solaire peut être la cause d'une panne si l'ensoleillement est normal.

Lorsque le convertisseur est soumis à une trop forte charge ou lorsque la pompe est bloquée ou bien en cas de rupture de phase, "**la puissance basse du courant**" peut être indiquée, même en cas de courant continu très élevé étant donné que la charge réduit la tension du courant continu.

L'indication des pannes "4" n'est pas active en cas de fonctionnement sur batterie

Sur-température

La protection de température a été activée parce que la température maximale admissible d'environ "85°C" à l'intérieur du convertisseur a été dépassée.

Pannes possibles:

- le convertisseur a été placé au soleil où les conditions de refroidissement ne sont pas favorables.
- Le convertisseur a été soumis à une trop forte charge, ce qui peut être causé par une rupture de phase du côté courant alternatif.
- le convertisseur se trouve dans l'état "en attente" et redémarre automatiquement lorsque la température descend au-dessous de "65°C".

Interrupteur à distance

Le convertisseur s'arrête (en attente) lorsque l'interrupteur à distance est activé. L'interrupteur à distance est maintenant contrôlé toutes les "10 secondes" et en cas d'arrêt, un démarrage normal est effectué. De plus, cette

indication sert à indiquer la panne en cas d'un court-circuit permanent entre une ou plusieurs connexions "+, -, U, V, W" c'est à dire que la protection court-circuit est activée.

Tension basse du courant continu

Le convertisseur nécessite une tension minimum de marche à vide pour le démarrage. Une indication de la panne "7" signifie que la tension du générateur solaire est trop basse suivant la spécification. Ce qui peut être dû à une connexion incorrecte des modules solaires. la panne permute le convertisseur dans l'état "en attente" pendant "10 secondes" suivi d'un nouvel essai de démarrage. Pendant les périodes où le rayonnement solaire est moins intense, la sous tension indiquée est normale. Cette fonction n'est pas active en cas de fonctionnement sur batterie.

Tension élevée du courant continu

Cette indication signifie que le convertisseur est connecté à une tension du courant continu trop élevée selon la spécification. La cause peut être une connexion incorrecte des modules solaires ou une tension des batteries trop élevée en cas de fonctionnement sur batterie. La panne permute le convertisseur dans l'état "en attente" pendant "10 secondes" suivi d'un nouvel essai de démarrage.

- FICHE N°	.....	PREPARATION DU SITE	
- DATE	.....	
- FAIT PAR	.....	
LOCALISATION			
- PROVINCE	.....	- ACCES	.....
- CERCLE	.....	☞ RTE PRINCP	.....
- COMMUNE	.....	☞ RTE SECOND	.....
- DOUAR	.....	☞ PISTE	.....
DEMOGRAPHIE			
- NBRE FOYERS	.....	- BESOINS	.....
- NBRE HABITANTS	.....	☞ POPULATION	.....
- NBRE CHEPTEL	.....	☞ CHEPTEL	.....
ORGANISATION INTERNE			
- ASSOCIATION	.....	- NOM	.....
- COOPERATIVE	.....	- DATE CREATION	.....
CARACTERISTIQUES DU POINT D'EAU			
- COORDONNEES	.....	- HAUT. MARGELLE	.....
- DATE CREUSEMENT	.....	- NIVEAU STATIQUE	.....
- ESSAI DEBIT	.....	- NIVEAU DYNAM.	.....
- DEBIT EXPLOIT.	.....	- PROF. TOTALE	.....
- DIST. /RESERVOIR	.....	- DIAMETRE / COTE	.....
- NBRE COUDES	.....	
CARACTERISTIQUES DU RESERVOIR			
- FORME GEOMETRIQUE	.....	- ACCES	.....
- CAPACITE	.....	- ETAT	.....
- HAUTEUR	.....	- NBRE COUDES	.....
		- NBRE MANCHONS	.....
EMPLACEMENT GENERATEUR SOLAIRE			
- CHOIX EMLACEMENT	.....	
- OBSTACLES NATURELS	.....	
- DISTANCE / PUIITS	.....	
- DISTANCE / RESERVOIR	.....	
AUTRES			
- MAIN D'OEUVRE LOCALE	.....	
- MATERIAUX LOCAUX	.....	
- MOTIVATION POPULATION	.....	
- REVENUS POPULATION	.....	

REMARQUES GENERALES

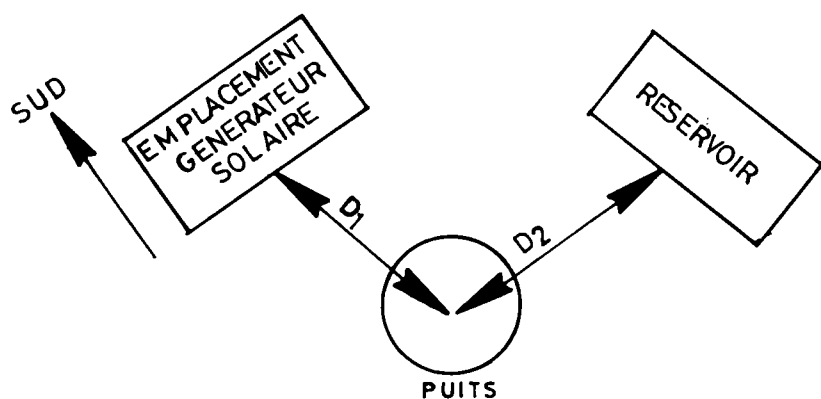
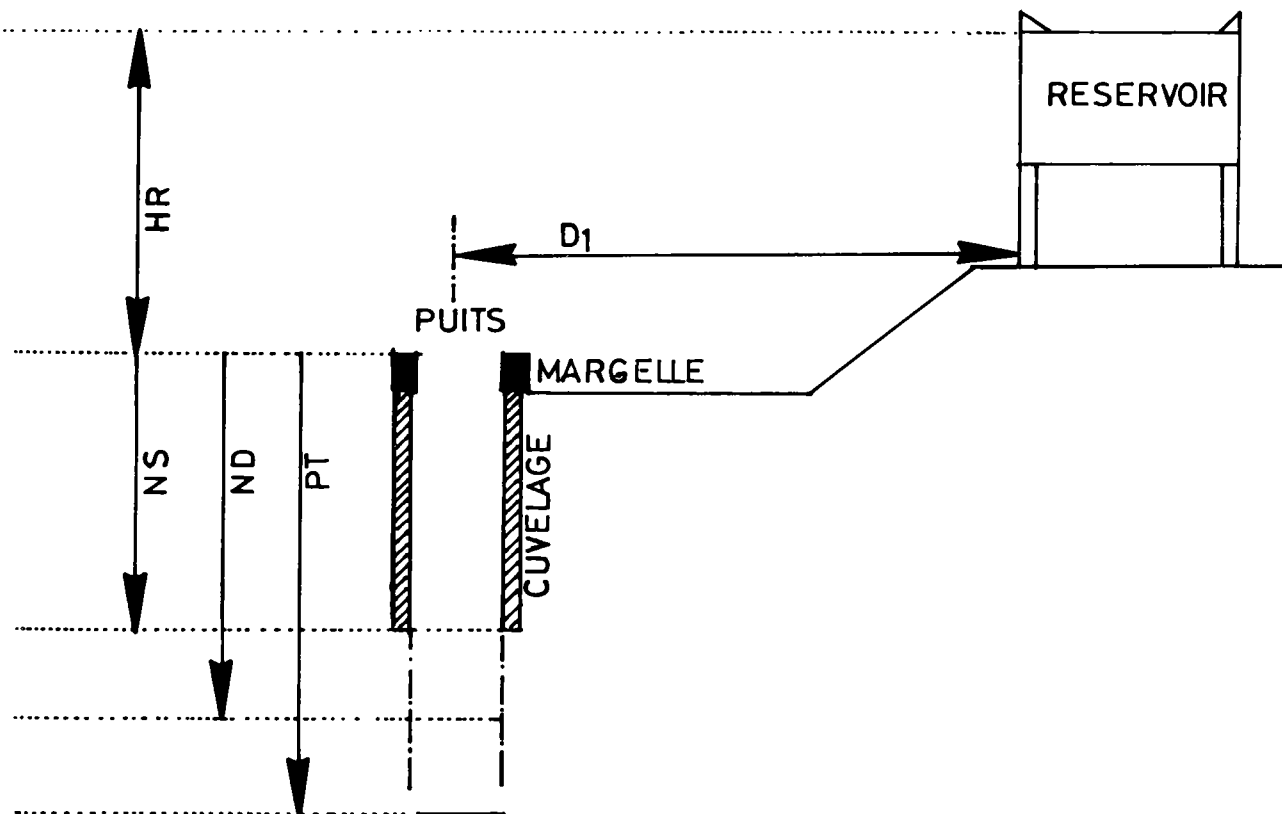
(NOTER TOUTES LES REMARQUES POSSIBLES : VARIATION DES DONNEES DU SITE, MODIFICATIONS PREVUES, PROBLEMES RENCONTRES)

(JOINDRE UN PLAN DE MASSE DU SITE. VOIR MODELE CI-JOINT)

DATE :/...../.....

SIGNATURE :

PREPARATION DU SITE (PLAN DE MASSE)



LEGENDE

HR: HAUTEUR RESERV/MARGELLE PUIITS
 NS: NIVEAU STATIQUE
 ND: NIVEAU DYNAMIQUE
 PT: PROFONDEUR TOTALE
 D1 : DISTANCE PUIITS RESERVOIR
 D2 : DISTANCE PUIITS EMPLACEMENT G.SOLAIRE

N.B.

- NOTER LE NOMBRE DE COUDES POSSIBLES. NECESSAIRES
 - NOTER HAUTEUR DE CALAGE DE LA MOTO POMPE
 - NOTER TOUS LES OBSTACLES NATURELS (ARBRE, MURS...)

- FICHE N°	PREPARATION DES EQUIPEMENTS
- DATE	.....
- FAIT PAR	.....

LOCALISATION			
- PROVINCE	.....	- COORD. Puits	.....
- CERCLE	.....	- POPULATION	.....
- COMMUNE	.....	- BESOINS EN EAU	.....
- DOUAR	.....		.....

MODULES SOLAIRES			
- MARQUE	.....	- P. CRETE/MODULE	.....
- REFERENCE	.....	- TENSION C. OUVRT.	.....
- NOMBRE	.....	- COURANT C. CIRCT.	.....
- ETAT	.....	- DIODES*	.....

* : VERIFIER SI LES DIODES DE PROTECTION SONT MONTEES SUR LES MODULES, SINON, EN PREVOIR EN QUANTITE SUFFISANTE

STRUCTURE MODULES			
	QTE.*		QTE.*
- ELEMENTS	.....	- CIMENT	.....
- PATTES FIXATION	.....	- AUTRES	.....
- SUPPORTS	.....		.....

* : A VERIFIER AVEC LE PLAN DU CONSTRUCTEUR

GROUPE MOTO-POMPE			
- MARQUE	.....	- DIAM. TETE	.....
- REFERENCES	.....	PMP.* - CONNECT.	.....
- CARACT. MOTEUR	.....	CABLE - KIT	.....
- NB. ETAGES PMP.	.....	RESINE - ACCESSOIRES	.....

* : A VERIFIER AVEC DIAMETRE CONDUITE

ONDULEUR			
- MARQUE	.....	- ACCESSOIRES	.....
- REFERENCES	.....		.....
- CARACT. ELEC.	.....		.....

DEBITMETRE			
- MARQUE	.....	- ACCESSOIRES	.....
- REFERENCES	.....	☞ REDUCTIONS	.....
- CARACTERISTIQUES	.....	☞ MAMELONS	.....

ANNEXES

CABLES ELECTRIQUES ET AUTRES			
	TYPE	QTE	SECTION
- CABLE MOTO-POMPE*
- CABLE INTER-MODULES
- CABLE MISE A TERRE
- CABLE ATTACHE GROUPE M.P*
- TIGE MISE A TERRE

* : A COMPARER AVEC LA DISTANCE ENTRE LE FOND DU Puits ET L'ENDROIT DE FIXATION DE L'ONDUELEUR; PREVOIR UN EXCES D'AU MOINS 5 METRES EN CAS D'APPROFONDISSEMENT DU Puits.

CONDUITE DE REFOULEMENT			
	TYPE	QTE	DIAMETRE
- TETE M.P./TETE Puits
- TETE Puits/RESERVOIR

* : A COMPARER AVEC LES DISTANCES ENTRE TETE DE LA MOTO-POMPE ET TETE DU Puits ET ENTRE CETTE DERNIERE ET LE POINT DE REFOULEMENT DANS LE RESERVOIR.

BOULONS DE FIXATION			
	TYPE	QTE	DIAMETRE
- BOULONS MODULES*
☞ ECROUS
☞ RONDELLES
☞ BLOC-ECROUS
- BOULONS STRUCTURE**
☞ ECROUS
☞ RONDELLES
☞ BLOC-ECROUS

* : A COMPARER AVEC LE NOMBRE DE MODULES (4 BOULONS PAR MODULE - DEUX RONDELLES, UN ECROU ET UN BLOC-BOULON PAR BOULON)

** : A COMPARER AVEC LE NOMBRE D'ELEMENTS DE LA STRUCTURE ET LE NOMBRE DE PATTES DE FIXATION ...

AUTRES			
	TYPE	QTE	DIAMETRE
- ATTACHES CABLE
- COLLIER DE SERRAGE
- TUBE ORANGE
- PRESSE-ETOUPE

PIECES DE RECHANGE ET AUTRES			
- MANUEL INSTALLATION	.....	.....	.....
- PLAN GENIE-CIVIL	.....	.....	.....
- PLAN MONTAGE SYSTEME	.....	.....	.....
- PIECES DE RECHANGE	.....	.....	.....

REMARQUES GENERALES

DATE :/...../.....

SIGNATURE :

- FICHE N°	.....	PREPARATION OUTILLAGE	
- DATE	.....	
- FAIT PAR	.....	
MATERIEL ELECTRIQUE			
	QTE		QTE
- PINCE COUPANTE	.....	- CUTTER	.....
- PINCE A DENUDER	.....	- MARTEAU	.....
- PINCE POUR CIRCLIPS	.....	- FER A SOUDER	.....
- T. VIS PLATS	.....	- ETAIN	.....
- T. VIS AMERICAINS	.....		.....
MATERIEL MECANIQUE			
	QTE		QTE
- PINCE UNIVERSELLE	.....	- METRE RUBAN	.....
- ARRACHE CLOUS	.....	- NIVEAU HORIZONTAL	.....
- COUPE CABLE	.....	- POINTEAUX	.....
- COUPE BOULONS	.....	- FORETS BATIMENT	.....
- CLES A FOURCHE	.....	- FORETS MECANICIEN	.....
- CLES A PIPE	.....	- PERCEUSE ELECT.	.....
- LIMES	.....	- GROUPE ELECTROG.*	.....
- PINCEAU	.....	- ECHELLE	.....

* PREVOIR ESSENCE POUR GROUPE

MATERIEL PLOMBERIE			
	QTE		QTE
- PALAN	.....	- CLE A GRIFFE	.....
- ETAU	.....	- CLE A CHAINE	.....
- FILIERE*	.....	- SCIE A METAL	.....
- TETES FILIERE	.....	- BROSE A METAL	.....
- COUPE TUBE	.....	- MADRIERS	.....

* PREVOIR HUILE, FILASSE, TEFLON

MATERIEL MACONNERIE			
	QTE		QTE
- MARTEAU	.....	- JEU DE BURINS	.....
- PELLE	.....	- FIL A PLOMB	.....
- TRUELLE	.....	- PIQUETS	.....
- MASSETTE	.....	- MOULES A BETON	.....
- BROUETTE	.....	- SCEAU	.....

INSTRUMENTATION			
	QTE		QTE
- MULTIMETRE*	- SONDE PUIITS	.....
- PINCE AMPEREMETRIQUE	- THERMOMETRE	.....
- BOUSOLE	- BARIL	.....
- CHRONOMETRE	- FICHES RELEVES	.....

* PREVOIR PILES DE RECHANGE

AUTRES			
	QTE		QTE
- GANTS DE TRAVAIL	- BOITE MEDICAMENTS	.....
- BLOUSON	- AUTRES	.....
- CASQUE
- BOTTES

REMARQUES GENERALES

DATE :/...../.....

SIGNATURE :

**FICHE D'INSTALLATION ET
DE MISE EN SERVICE**

TACHE	DESCRIPTION	PAGE DE REFERENCE	EFFECTUEE	
MONTAGE DE LA POMPE				
TACHE 1 MP	VERIFICATIONS GENERALES	23	OUI	NON
TACHE 2 MP	CONTROLE LIQUIDE MOTEUR	24	OUI	NON
TACHE 3 MP	JONCTION CABLE MOTEUR	25	OUI	NON
TACHE 4 MP	MONTAGE DE LA MOTO-POMPE	26	OUI	NON
TACHE 5 MP	REALISATION DE COLONNE MONTANTE	27	OUI	NON
TACHE 6 MP	FIXATION DES CABLES	29	OUI	NON
MONTAGE GENERATEUR SOLAIRE				
TACHE 1 GS	DETERMINATION DE LA DIRECTION DU GENERATEUR SOLAIRE	30	OUI	NON
TACHE 2 GS	SELECTION ANGLE D'INCLINAISON	31	OUI	NON
TACHE 3 GS	REALISATION DES FONDATIONS	32	OUI	NON
TACHE 4 GS	MONTAGE DES MODULES	32	OUI	NON
TACHE 5 GS	CABLAGE DES MODULES	33	OUI	NON
TACHE 6 GS	CABLAGE DES RANGEES	34	OUI	NON
TACHE 7 GS	BRANCHEMENT ELECTRIQUE	35	OUI	NON
MONTAGE CONVERTISSEUR				
TACHE 1 CV	MONTAGE DU CONVERTISSEUR	37	OUI	NON
TACHE 2 CV	BRANCHEMENT ELECTRIQUE DU CONVERTISSEUR	38	OUI	NON
MISE EN MARCHÉ ET CONTRÔLE DES PERFORMANCES				
TACHE 1 CP	CONTROLE DE LA TENSION V_{co} DU GENERATEUR SOLAIRE	40	OUI	NON
TACHE 2 CP	DEMARRAGE DU CONVERTISSEUR	40	OUI	NON
TACHE 3 CP	CONTROLE DU SENS DE ROTATION DE LA POMPE	40	OUI	NON
TACHE 4 CP	TESTS DE MISE EN MARCHÉ	41	OUI	NON
TACHE 5 CP	EXPLOITATION DES DONNEES DU TEST	42	OUI	NON
TACHE 6 CP	RECEPTION DU SYSTEME	43	OUI	NON

OBSERVATIONS GENERALES
RECOMMANDATIONS

NOM ET SIGNATURE REPRESENTANT M.O	
NOM ET SIGNATURE REPRESENTANT M.E	
NOM ET SIGNATURE REPRESENTANT BENEFICIAIRES	

**FICHE DE MAINTENANCE
(RECHERCHE DE PANNES)**

TACHE	DESCRIPTION	PAGE DE REFERENCE	EFFECTUEE	
CONTROLE DU GENERATEUR SOLAIRE				
TACHE 1 P	VERIFIER SI LES MODULES SONT PROPRES	53	OUI	NON
TACHE 2 P	CONTROLLER L'ETAT PHYSIQUE DES MODULES	53	OUI	NON
TACHE 3 P	REALISER DES TESTS DE CONTROLE DE PERFORMANCES	53	OUI	NON
TACHE 4 P	MESURER LA TENSION CIRCUIT OUVERT V_{co} DU GENERATEUR SOLAIRE	53	OUI	NON
TACHE 5 P	MESURER LE COURANT DE COURT CIRCUIT " I_{cc} " DU GENERATEUR SOLAIRE	54	OUI	NON
CONTROLE DES CONNEXIONS DE CABLE				
TACHE 6 P	INSPECTER VISUELLEMENT LES BRANCHEMENTS ELECTRIQUES	55	OUI	NON
TACHE 7 P	MESURER LES RESISTANCES ENTRE LES DIFFERENTES PHASES DU CABLE M.P	55	OUI	NON
CONTROLE DU CONVERTISSEUR				
TACHE 8 P	RELEVER LA PLAQUE AVANT DU CONVERTISSEUR	56	OUI	NON
TACHE 9 P	ENLEVER LES CONDUCTEURS DU CABLE MOTEUR U, V, W	56	OUI	NON
TACHE 10 P	COURT CIRCUITER LE SHUNT J3	56	OUI	NON
TACHE 11 P	MESURER LA TENSION A VIDE DU CONVERTISSEUR	57	OUI	NON
TACHE 12 P	MESURER LA TENSION ENTRE LES PHASES U, V, W	58	OUI	NON

CONTROLE DE LA MOTO-POMPE				
TACHE 13 P	MESURER LE COURANT DE CHARGE I_{sc}	59	OUI	NON
TACHE 14 P	COURT CIRCUITER LE SHUNT J4	59	OUI	NON
TACHE 15 P	LIRE LA VALEUR DE I_{sc}	59	OUI	NON
TACHE 16 P	MESURER LE COURANT PAR PHASE (U, V, W)	59	OUI	NON
TACHE 17 P	CONTROLLER LES INDICATIONS DES DIODES ELECTRO-LUMINESCENTES	59	OUI	NON
CONTROLE DE L'INTERRUPTEUR DE NIVEAU D'EAU				
TACHE 18 P	METTRE L'INTERRUPTEUR DE COMMANDE EN POSITION "O"	60	OUI	NON
TACHE 19 P	ENLEVER LA CONNEXION DE L'INTERRUPTEUR DE NIVEAU D'EAU	61	OUI	NON
TACHE 20 P	METTRE L'INTERRUPTEUR DE COMMANDE EN POSITION 1	61	OUI	NON
TACHE 21 P	REMETTRE L'INTERRUPTEUR DE COMMANDE EN POSITION "O"	61	OUI	NON
TACHE 22 P	COURT CIRCUITER LES DEUX BORNES DE L'INTERRUPTEUR DE NIVEAU D'EAU	61	OUI	NON
TACHE 23 P	METTRE L'INTERRUPTEUR DE COMMANDE EN POSITION 1	61	OUI	NON

DESCRIPTION DES TRAVAUX

PIECES CHANGEES OU REPAREES

NOM ET SIGNATURE DU TECHNICIEN

DATE

**FICHE D'ENTRETIEN
FONCTIONNEMENT NORMAL**

TACHE	DESCRIPTION	PAGE DE REFERENCE	EFFECTUEE	
			OUI	NON
TACHE 1 E	INSPECTION VISUELLE DU GENERATEUR SOLAIRE	51	OUI	NON
TACHE 2 E	CONTROLE DE L'ALIGNEMENT DES RANGÉES DU GENERATEUR SOLAIRE	51	OUI	NON
TACHE 3 E	CONTROLE DE SERRAGE DE FIXATION	51	OUI	NON
TACHE 4 E	CONTROLE DES BRANCHEMENTS ELECTRIQUES	51	OUI	NON
TACHE 5 E	NETTOYAGE DES MODULES	51	OUI	NON
TACHE 6 E	CONTROLE DES PERFORMANCES DES MODULES	52	OUI	NON

OBSERVATIONS GENERALES

NOM ET SIGNATURE DU TECHNICIEN

DATE

EVALUATION POMPAGE SOLAIRE P.V. SUIVI NIVEAU 2

CODE STATION :

PROVINCE : DOUAR : PUISSANCE : HAUTEUR RESERVOIR/PUIITS :

CERCLE : OPERATEUR : TYPE POMPE : LONGUEUR CONDUITE EAU :

COMMUNE : DATE : NOMBRE DE COUDES :

HEURE RELEVE	RAYON. (W:M2)	TEMP. (DEGRE C)	TENSION (VOLTS)	COURANT (AMPERE)	PUIS. ELECTRIQUE (W)	NIVEAU DYNAMIQUE (M)	H.M.T (M)	LECTURE DEBITMETRE	DEBIT L/S		R1	R2
									MESURE	FABRICANT		

* R1 : RAPPORT DEBIT MESURE SUR DEBIT FABRICANT

* R2 : RAPPORT PUISSANCE ELECTRIQUE MESUREE SUR PUISSANCE CRETE

PROCES VERBAL DE RECEPTION

1/ REFERENCE

- Marché n° :

- Date de réception :

2/ PARTICIPANTS A LA RECEPTION

2.1 Maître d'ouvrage

..... Mr

..... Mr

2.2 Maître d'oeuvre

..... Mr

2.3 Bénéficiaire

..... Mr

3 LIEU D'IMPLANTATION

Douar Commune

Cercle Province

4/ Description générale

Il a été procédé à l'installation d'une pompe solaire photovoltaïque pour

La puissance crête installée estWC
et la quantité d'eau pompée par jour estm³

5/ **DESCRIPTION TECHNIQUE**

5-1 **Générateur solaire**

- Marque et référence :
- Puissance crête /module :
- Puissance crête installée :
- Nombre de modules en série /rangée :
- Nombre de rangées :

5-2 **Pompe**

- Marque et référence :
- Type :
- Tension d'alimentation :
- Débit pompé /jour :

5-3 **Puits**

- Profondeur totale :
- Niveau statique :

5-4 **Stockage**

- Capacité réservoir :
- Hauteur réservoir :
- HMT :

6/ **APPAREILS DE MESURES**

.....

7/ **DOCUMENTATION**

.....

8- MESURE SUR EQUIPEMENTS :

8.1. Générateur solaire :

- | | | | |
|--------------------------|---------|---------------|---------|
| - Inclinaison | : | - Multimètre | : |
| - En (W/m ²) | : | - Solarimètre | : |
| - T°C | : | - Température | : |
| - Heures | : | | |

	MODULE 1		MODULE 2		MODULE 4		MODULE 5		MODULE 6		MODULE 7	
	Vco	Icc	Vco	Icc	Vco	Icc	Vco	Icc	Vco	Icc	Vco	Icc
R1												
R2												
R3												

- | | | | |
|----------------|---------|----------------|---------|
| - Vco Rangée 1 | : | - Icc Rangée 1 | : |
| - Vco Rangée 2 | : | - Icc Rangée 2 | : |
| - Vco Rangée 3 | : | - Icc Rangée 3 | : |

8.2. Groupe Moto-pompe :

ESS	W/M2	Vco	Icc	(Q)	DT	Q (l/s)	T°C	Heures
1								
2								
3								

DESCRIPTION DES TRAVAUX ET OBSERVATIONS

Large empty rectangular box for description of work and observations.

NOM ET SIGNATURE DU TECHNICIEN

Empty rectangular box for technician name and signature.

DATE

Empty rectangular box for date.

TABLE DE CONVERSION			
FORCE	GRAMME POIDS (G)	KG POIDS (KG)	NEWTON
1 GRAMME POIDS	1	10^{-3}	$9.81 * 10^{-3}$
1 KG POIDS	10^3	1	9.81
1 NEWTON (SI)	102	0.102	1
TRAVAIL ENERGIE	JOULE (J)	KWH	KGM
1 JOULE	1	$2.78 * 10^{-7}$	0.102
1 KWH	$3.6 * 10^6$	1	$3.67 * 10^5$
1 KG	9.81	$2.72 * 10^{-6}$	1
PUISSANCE	KW	CHEVAL (CV)	
1 KW	1	1.36	
1 CV	0.746	1	
PRESSION	BAR	CM.C.E	KG/CM2
1 BAR	1	1020	1.02
1 CM.C.E	$9.81 * 10^{-4}$	1	10^{-3}
1 KG/CM2	0.981	1000	1
TEMPERATURE	DEG. KELVIN (°K)	DEG. CELSIUS (°C)	DEG. FAHRN. (°F)
KELVIN	°K	°K - 273.15	$1.8°K - 459.67$
CELSIUS	°C + 273.15	°C	$1.8°C + 32$
FAHRENHEIT	$0.5°F + 255.37$	$0.5°F - 17.7$	°F
LONGUEUR	MM	POUCE	PIED
1 MM	1	0.0394	0.0033
1 POUCE	25.4	1	0.0833
1 PIED	348.8	12	1
VOLUME	LITRE	M3	CM3
1 LITRE	1	10^{-3}	10^3
1 M3	10^3	1	10^6
1 CM3	10^{-3}	10^{-6}	1
RADIATION (INSTANTANEE)	CAL.CM⁻². MIN⁻¹	WATT.M⁻²	JOULE.M⁻².HR⁻¹
CAL.CM ⁻² .MIN ⁻¹	$1.433 * 10^{-3}$	1	359.97
WATT.M ⁻²	1	697.7	$251.15 * 10^3$
JOULE . M ⁻² .HR ⁻¹	$3.982 * 10^{-6}$	$2.778 * 10^{-3}$	1
RADIATION (INTEGREE)	CAL.CM⁻²	WATT.HRS.M⁻²	JOULE.M⁻²
CAL.CM ⁻²	1	11.628	$4.1858 * 10^3$
WATT.HRS.M ⁻²	$85.999 * 10^{-3}$	1	1.1345
JOULE.M ⁻²	$238.90 * 10^{-3}$	2.778	1

TEMPS	SECONDE	MINUTE	HEURE
1 SECONDE	1	0.0167	0.0003
1 MINUTE	60	1	0.0167
1 HEURE	3600	60	1
SURFACE	CM²	POUCE²	M²
CM ²	1	0.0167	0.0003
POUCE ²	60	1	0.0167
M ²	3600	2.778	1

FORMULES GENERALES D'ELECTRICITE		
	FORMULE	UNITE
LOI D'OHM	$U = R * I$	VOLTS
TRAVAIL - CHALEUR	$W = I^2 * R * t$	Ws
RESISTANCE D'UN CONDUCTEUR	$R = \rho * L / S$	OHM
PUISSANCE D'UN COURANT	$P = U * I$	WATT
PUISSANCE ACTIVE D'UN COURANT ALTERNATIF MONOPHASE	$P = U * I * \cos\theta$	WATT
PUISSANCE ACTIVE D'UN COURANT ALTERNATIF TRIPHASE	$P = 1.73 * U * I * \cos\theta$	WATT
RENDEMENT	$\eta = P_{ab} / P_{zu}$	%

I = Intensité dans un conducteur en Ampère

U = Tension de travail en Volt

R = Résistance en Ohm

ρ = Resistivité (pour le cuivre = 0,018)

P = Puissance en Watt

P_{ab} = Puissance fournie par l'appareil en Watt

P_{zu} = Puissance fournie à l'appareil en Watt

W = Travail en Watt . Seconde

L = Longueur conducteur en mètre

S = Section du conducteur en mm²

GEOMETRIE DE BASE			
	SURFACE	PERIMETRE	VOLUME
CARRE DE COTE A	$S = A^2$	$P = 4 * A$	-
CERCLE	$S = \Pi * R^2$	$P = 2 * \Pi * R$	-
CYLINDRE (DROIT)	$2.\Pi.R (2R + H)$	-	$V = \Pi * R^2 * H$
RECTANGLE (1=A,L=B)	$S = A * B$	$P = 2 (A + B)$	-
CUBE DE COTE A	$S = 6 * A^2$	-	$V = A^3$
PRISME RECTANGULAIRE A BASE CARREE	$S = 2(A^2 + 2AH)$	-	$V = A^2 * H$

$\Pi = 3,14$

POINTS D'HYGIENE A OBSERVER AU NIVEAU D'UN POINT D'EAU

Voici quelques questions à se poser face à un puits servant à l'alimentation en eau potable:

- 1 Y-a-t-il une margelle d'une hauteur suffisante pour la protection?
- 2 Y-a-t-il une plate forme imperméable empêchant toute infiltration d'eau de surface?
- 3 Existe-t-il un fossé de dérivation pour protéger le puits des eaux de surface?
- 4 Existe-t-il une couverture de trou de puits et de tout orifice d'inspection ou de service?
- 5 Les parois du puits sont-elles étanches sur trois mètres (3m) de profondeur au moins à partir du niveau du sol?
- 6 Y-a-t-il des rejets de déchets solides, liquides et de latrines à proximité du puits qu'il faut éloigner?
- 7 A-t-on condamné toutes les dépressions où l'eau pourrait s'accumuler?
- 8 L'eau du puits est-elle chlorée de temps en temps?
- 9 S'il y a présence de réservoir ou d'abreuvoir, l'a-t-on prévu à au moins 8m du puits?

BIBLIOGRAPHIE

* Manuel de formation sur les techniques d'installation entretien et maintenance des systèmes solaires photovoltaïques pour le pompage d'eau en milieu rural au profit des équipes techniques des points d'eau du Ministère de l'Intérieur.

Service Solaire CDER - Maroc /1993

* Electricité Solaire au Service du Développement Rural (Réseau International d'Energie Solaire "RIES" - 1993)

* Notices techniques d'installation, mise en service, entretien et maintenance des pompes solaires GRUNDFOS - 1992

* Le pompage solaire photovoltaïque - 13 années d'expériences et de savoir faire au Mali

ADEME 1991