



Guide d'installation de système d'alimentation électrique pour site isolé

Installation de générateur photovoltaïque

ERM Énergies, une marque d'ERM Automatismes

561 Allée Bellecour

84200 – CARPENTRAS

Tél : +33 (0)4 90 60 05 68

Fax : +33(0)4 90 60 66 26

<http://www.erm-energies.com>

20/05/2019 revB

Sommaire

1 – Installation : Généralités.....	3
1.1 Préambule	3
1.2 Travailler en sécurité	3
1.3 Risques liés aux batteries	5
1.4 Risques liés aux modules solaires.....	5
1.5 Liste de matériel à prévoir.....	7
1.6 Lexique du site isolé	7
2 - Installation : Mise en place du champ solaire.....	9
2.1 Choix de l'emplacement et de l'inclinaison.....	9
2.2 Mise en place du champ.....	11
2.3 Mise en place des modules	14
2.4 Câblage des modules solaires entre eux	14
2.4.1 Raccordement en série.....	15
2.4.2 Raccordement en parallèle.	16
2.4.3 Raccordement mixte.	16
2.5 Câblage du champ solaire	17
3 - Installation : Mise en place des batteries.....	19
3.1 Mise en œuvre de l'installation des batteries plomb ouvert.....	19
3.2 Câblage des éléments.....	21
3.3 Schémas de câblage des éléments.....	21
4 – Appareils de gestion et conversion d'énergie	25
4.1 Régulateur de charge ou armoire de gestion et de contrôle d'énergie.....	25
4.2 Onduleur/Chargeur, Chargeur, Onduleur	27
4.2.1 Onduleur/Chargeur	27
4.2.2 Chargeur	28
4.2.3 Onduleur.....	28
5 Quelles protections pour mon installation selon UTE C 15-712-2	28
5.1 Protections contre les intensités.....	28
5.1.1 Régime DC TN non régi par l'UTE C 15-712-2.....	28
5.1.2 Régime IT.....	28
5.2 Coupure d'urgence, en site isolé.....	28
5.3 Les parafoudres et la protection par équipotentialité en site isolé.....	29
6 Définition des connexions section et type	30
6.1 Sections dans le cas de petites distances (< 1,5 m) :.....	30
6.2 Sections dans le cas de grandes distances (chute de tension).....	31
7 Annexes	32
7.1 Calcul de Uco maximal en fonction de la température.....	32
7.2 Description des principaux composants et leurs fonctions	32
7.3 Schéma de principe grande installation	34
7.4 Schéma de principe petite installation.....	35

1 – Installation : Généralités

1.1 Préambule

Les pages suivantes proposent les instructions relatives à l'implantation et à l'installation des ensembles suivants.

- Champ de modules photovoltaïques
- Batteries d'accumulateurs
- Appareils de gestion et de conversion d'énergies

ERM Énergies a fait tous les efforts nécessaires pour s'assurer que les informations contenues dans ce manuel sont à jour, mais sa responsabilité ne saurait être engagée pour toute erreur ou omission. Les utilisateurs de ce guide assument l'entière responsabilité de leur installation et des risques qui y sont associés. ERM Énergies décline toute responsabilité en cas de non-respect des règles décrites dans ce manuel ainsi qu'en cas d'intervention dont l'inconséquence est évidente de la part de l'opérateur. Ce guide est inféodé aux manuels des fabricants des composants qui le constituent.

1.2 Travailler en sécurité

Afin de travailler en sécurité, il est important d'avoir des compétences dans le domaine de l'électricité. La signification des principaux pictogrammes de sécurité ainsi que leurs définitions sont également importantes.

	Danger électrique
	Matières corrosives
	Matières explosives Risques d'explosion

	Matières toxiques
	Matières nocives ou irritantes
	Electrocution
	Emplacement où une atmosphère explosive peut se présenter

1.3 Risques liés aux batteries

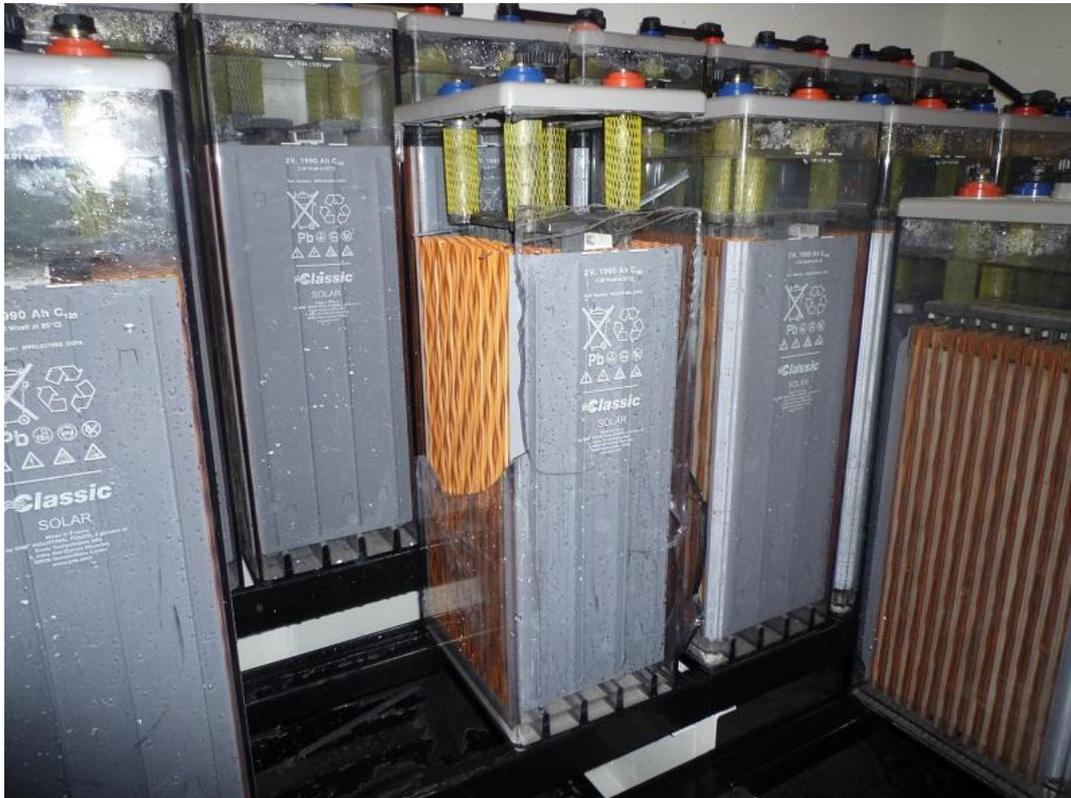


Figure 1 : Explosion d'un élément de batteries suite à un nettoyage avec un chiffon en polyester

Pendant la charge d'une batterie, un dégagement d'hydrogène se produit : ce gaz est très inflammable. D'une manière générale les batteries sont des équipements sujets à de nombreux dangers. La liste ci-dessous est donnée à titre informatif et n'est pas exhaustive.

- Il est donc nécessaire de bien ventiler le local où s'effectue cette charge.
- Il est strictement interdit de fumer ou d'approcher une flamme d'une batterie en cours de charge.
- Il ne faut jamais débrancher les câbles de puissance au niveau de la batterie avant d'avoir éteint complètement le système une étincelle se produirait, étincelle capable de déclencher une explosion de l'hydrogène.
- Il ne faut jamais nettoyer les batteries avec un chiffon autre que 100 % coton
- Lors de travaux sur le parc ne pas porter de bijoux et s'équiper des EPI nécessaires (Gants, Lunette, Tablier ...). Cette liste n'est pas exhaustive
- Ne jamais laisser l'accès au parc batteries à des enfants
- Il est fortement conseillé d'installer un bac de rétention d'acide

1.4 Risques liés aux modules solaires

Selon votre configuration la tension de votre champ de modules photovoltaïques sera de l'ordre de la BT basse tension DC <1500 V, ou de la TBT très basse tension DC <125 V d'une manière générale lors de

toute intervention afin de prévenir des risques liés à ces sources de tension il est impératif de vous équiper des EPI vous permettant de travailler en sécurité.

Le non-respect des règles de sécurité peut engendrer de lourdes conséquences comme la mort par électrocution.

La présence de tension ne peut pas être supprimée aux bornes des modules photovoltaïques la journée en présence de lumière (sauf pour certaines configurations très rarement rencontrées utilisant des boîtiers électroniques déportés au niveau de chaque module photovoltaïque).



Figure 2 : Arc électrique réalisé sur des modules solaires

En cas de mauvais contact, un phénomène d'amorçage d'arc électrique va se produire et se maintenir dans le temps du fait de la nature continue de ce courant électrique. Si cet arc n'est pas rapidement coupé, un début d'incendie peut alors se produire.

Certains composants ne doivent également pas être ouverts en charge (c'est le cas des portes-fusibles).

1.5 Liste de matériel à prévoir

Une liste de matériel de base à prévoir lors de l'installation d'un site isolé (cette liste n'est pas exhaustive)

- Lunette de protection (contre l'acide)
- Boussole ou compas
- Cordeau bleu de 10 m
- Ficelle 10m
- Jeu de scotch électricien
- Paire de gants cuir
- Pince pour collier Colson®
- Scie à métaux
- Jeux de tournevis plat et cruciforme isolé 1000 V
- Mètre (2 m)
- Marteau
- Niveau à bulle
- Couteau d'électricien
- Jeux de clés
- Clé dynamométrique isolée 1000 V
- Pince coupante
- Pince multiprise
- Multimètre
- Perceuse
- Jeu de forêt à béton
- Groupe Electrogène portable ~2,0 kW
- Pince à sertir manuelle 16 à 70 mm²
- Pince à sertir simple 1,5 à 4 mm²
- Rallonge avec enrouleur 20 m

1.6 Lexique du site isolé

CA/AC : Courant alternatif

AGM : (absorbed glass mat) batteries au plomb AGM

BoS : Balance of systems

CdTe : Tellure de cadmium (Technologie de modules solaires)

CIGS : Cuivre-Indium-Gallium-Selenium (Technologie de modules solaires)

CC/DC : Courant continu

DEL/LED : Diode électroluminescente (light-emitting diode)

DoD : Profondeur de décharge

HEM : Heures d'ensoleillement maximal (PSH pour peak sun hours en anglais)

HVD : Déconnexion à haute tension

Isc /Icc : Courant de court-circuit

LVD : Déconnexion à basse tension

MLI/PWM : Modulation en largeur d'impulsion (PWM, pulse-width modulation en anglais)

MPPT : Système de recherche de point de puissance maximale

NiCad : Cadmium nickel

NOCT : Conditions de test à température normale de fonctionnement des cellules

SoC : État de charge d'une batterie

SoH : État de santé d'une batterie

STC : Conditions standardisées d'essai des modules photovoltaïques

Umpp : Tension au point nominal de fonctionnement

Impp : Courant au point nominal de fonctionnement

Icc/Isc : Courant de court-circuit

Vco/Uoc : Tension en circuit ouvert

Wc/Wp : Watt-crête

2 - Installation : Mise en place du champ solaire

2.1 Choix de l'emplacement et de l'inclinaison

La partie suivante a pour but synthétiser les règles de l'art qui concernent la mise en place d'un champ photovoltaïque en site isolé. L'installation d'un champ solaire à l'opposé d'un champ photovoltaïque en connecté réseau s'effectue principalement sur des structures au sol pour bénéficier de la meilleure inclinaison dans les périodes hivernales. Ce type d'installation est également bien plus aisé en comparaison à une installation en toiture.

Afin de choisir le meilleur emplacement, il est important de vérifier qu'aucune ombre ne sera portée par un obstacle (arbre, bâtiment, antenne, clôture). Pour cela, nous vous conseillons de vous représenter la course du soleil dans le ciel pour le mois le plus défavorable (hauteur du soleil la plus basse) à l'aide d'un diagramme solaire.

L'emplacement prévu pour les modules doit permettre une exposition permanente au rayonnement solaire.

Les panneaux solaires doivent être orientés au sud dans l'hémisphère nord et au nord dans l'hémisphère sud, l'inclinaison optimale peut être calculée à l'aide de la méthode suivante.

Pour une installation solaire en site isolé, c'est-à-dire sans raccordement à un réseau électrique, l'inclinaison optimale est généralement celle qui permet d'optimiser la production des panneaux solaires pendant le mois le moins ensoleillé. En effet, le dimensionnement de vos panneaux est basé sur ce mois.

Il faut donc commencer par déterminer le mois le moins favorable (Figure 4 : Facteur d'éclairement σ et facteur d'irradiation e , en % mois par mois et en moyenne annuelle (dernière colonne), pour différentes villes de France), c'est généralement décembre dans l'hémisphère nord. Une fois que vous connaissez le mois le moins ensoleillé, vous obtenez l'inclinaison optimale en additionnant la latitude du lieu où se trouve votre installation au chiffre correspondant dans le tableau ci-dessous :

Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Jui.	Aoû.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
+13°	+7°	0°	-7°	-13°	-20°	-13°	-7°	0°	+7°	+13°	+20°

Figure 3 : Tableau d'estimation de l'angle optimal dans le cas d'installation solaire site isolé valable pour le monde entier

Exemple :

À **Perpignan** le mois le plus défavorable est le mois de janvier, la latitude est de 42°44' soit 42,73° en degrés décimaux pour connaître la valeur de l'angle optimal de mon champ solaire j'additionne les deux valeurs ce qui donne une inclinaison optimale de 55,73°.

Note :

Ce calcul est une estimation, il ne prend pas en compte l'altitude du lieu. Pour les régions se trouvant à proximité de l'équateur, l'inclinaison optimale est proche de zéro, mais il est préférable de donner une inclinaison d'au moins 5 à 10° à vos panneaux solaires afin de faciliter l'écoulement de l'eau de pluie et l'évacuation des objets et des poussières qui pourraient se déposer sur le panneau.

ville	%	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	moy
Ajaccio 41°55'	σ e	45 59	47 60	55 66	61 71	65 74	75 81	84 88	81 86	74 81	60 70	48 61	41 56	61 71
Besançon 47°15'	σ e	25 44	33 50	46 60	45 59	48 61	51 63	53 65	53 65	49 62	41 56	27 45	24 43	41 56
Biarritz 43°28'	σ e	30 48	25 51	45 59	47 60	46 60	48 61	49 62	50 63	47 60	43 57	33 50	23 42	41 56
Bordeaux 44°50'	σ e	28 46	35 51	47 60	51 63	50 63	55 66	54 66	57 68	51 63	44 58	30 48	24 43	44 58
Brest 48°27'	σ e	25 44	30 48	33 50	47 60	47 60	44 58	43 57	47 60	41 56	36 52	25 44	22 42	37 53
Clermont-Fd 45°48'	σ e	28 46	35 51	44 58	45 59	46 60	50 63	56 67	56 67	47 60	41 56	29 47	24 43	42 56
Embrun 44°34'	σ e	50 63	58 69	62 72	60 70	56 67	61 71	69 77	68 76	68 76	60 70	54 66	50 63	60 70
Grenoble 45°10'	σ e	30 48	38 54	48 61	50 63	51 63	56 67	62 72	60 70	53 65	41 56	26 45	23 42	45 59
Lille 50°44'	σ e	23 42	27 45	36 52	44 58	42 57	42 57	41 56	40 55	40 55	34 51	19 39	16 37	34 50
Lyon 45°43'	σ e	23 42	34 51	50 63	51 59	53 65	56 67	60 70	59 69	53 65	40 55	24 43	18 39	43 57
Marseille 43°27'	σ e	48 61	56 67	58 69	64 73	65 74	71 78	80 85	76 82	68 76	57 68	51 63	45 59	62 71
Nice 43°40'	σ e	52 64	57 68	54 66	61 71	61 71	68 76	78 84	76 82	71 78	59 69	54 66	50 63	62 72
Nîmes 43°52'	σ e	45 59	57 68	55 66	62 72	62 72	70 78	78 84	73 80	64 73	55 66	48 61	45 59	60 68
Paris 48°49'	σ e	21 41	29 47	49 62	49 62	51 63	57 68	51 63	50 63	48 61	38 64	51 41	17 38	43 56
Perpignan 42°44'	σ e	56 67	59 69	58 69	62 72	57 68	62 72	70 78	66 75	63 72	56 67	54 66	49 62	59 70
Poitiers 46°35'	σ e	29 47	34 51	46 60	55 66	51 63	52 64	56 67	56 67	53 65	47 60	28 46	23 42	44 58
Rennes 48°04'	σ e	25 44	32 49	44 58	47 60	47 60	48 61	48 61	48 61	43 57	36 52	25 44	21 41	39 54
Strasbourg 48°33'	σ e	19 39	28 46	43 57	43 57	46 60	46 60	47 60	49 62	44 58	34 51	18 39	15 36	36 52
Toulouse 43°36'	σ e	29 47	39 54	51 63	52 64	50 63	52 64	56 67	57 68	54 66	46 60	32 49	24 43	45 59

Figure 4 : Facteur d'éclairement σ et facteur d'irradiation e, en % mois par mois et en moyenne annuelle (dernière colonne), pour différentes villes de France

2.2 Mise en place du champ

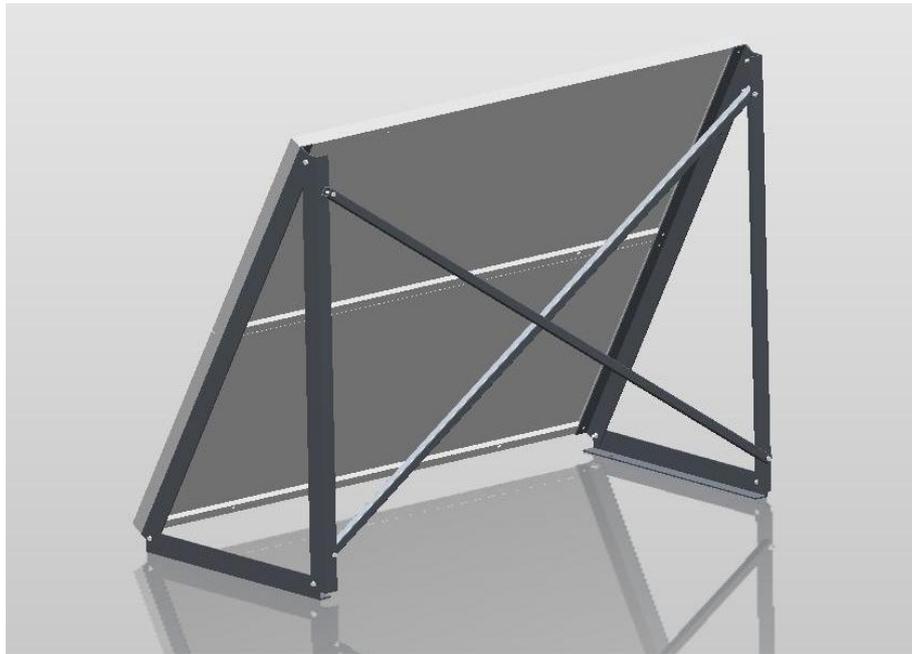


Figure 5 : Structure STR2 ERM

Procédure d'implantation dans le cas de structure au sol :

- 1 – Planter un premier piquet au milieu de votre installation dans la partie nord
- 2 – Planter un deuxième piquet au SUD du premier à l'aide d'une boussole
- 3 – Tendre une ficelle entre les deux piquets (ce marquage vous permet de réaliser le repère du SUD).
- 4 – Planter deux autres piquets afin de tracer la perpendiculaire (EST / OUEST).
- 5 – Réaliser le marquage des fondations béton
- 6 – Réaliser les fondations de type (plot) à l'aide d'une tarière et d'un tube PVC pour faire le coffrage
- 7 – La fixation des structures peut être réalisée à l'aide d'un scellement chimique (Figure 7 : Fixation des structures à l'aide d'un scellement chimique).
- 8 – Dans le cas d'une fixation sur béton massif, la fixation peut être réalisée à l'aide d'une cheville à expansion (Figure 8 : Fixation des structures à l'aide d'une cheville à expansion).

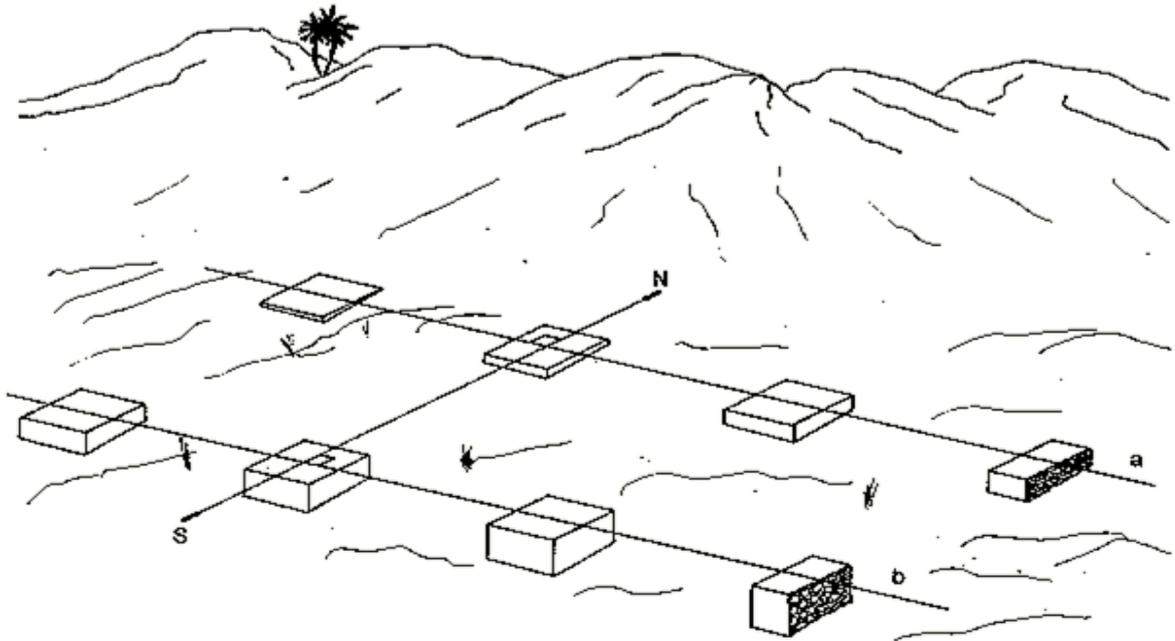


Figure 6 : Schéma de principe de réalisation des fondations

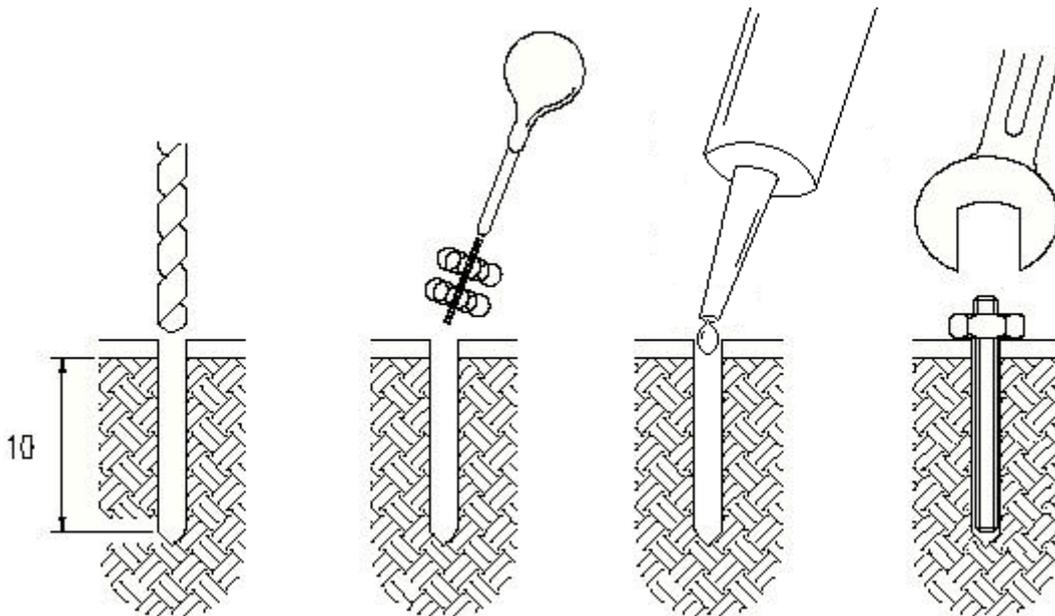


Figure 7 : Fixation des structures à l'aide d'un scellement chimique

- Percer le béton avec une mèche de béton sur plus de 10 cm (Cette valeur peut-être différente en fonction de votre configuration)
- Débarrasser l'intérieur du trou de toute poussière
- Remplissez le trou de scellement chimique à l'aide du pistolet
- Insérez votre tige filetée
- Après 1h de séchage vous pouvez fixer votre structure

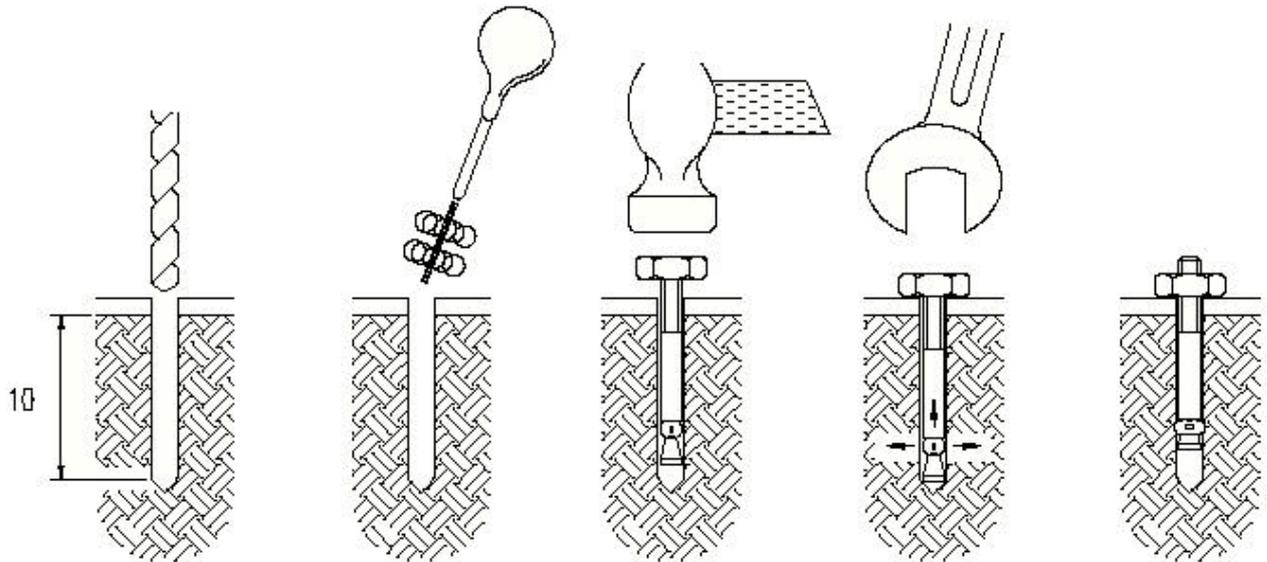


Figure 8 : Fixation des structures à l'aide d'une cheville à expansion

- Percer le béton avec une mèche de béton sur plus de 10 cm (Cette valeur peut-être différente en fonction de votre configuration)
- Débarrasser l'intérieur du trou de toute poussière
- Positionner puis enfoncer la cheville à expansion à l'aide d'un marteau
- Retirez l'écrou et mettez en place l'élément du châssis à fixer
- Serrer l'écrou au maximum (qui crée l'expansion mécanique de la cheville dans le béton)

2.3 Mise en place des modules

La section ci-dessous présente les consignes générales d'installation d'un champ photovoltaïque. Cependant, les structures sont fournies avec une notice de montage détaillée et spécifique. Pour de plus amples renseignements, s'y reporter.

Les panneaux solaires sont posés côte à côte, face avant sur le sol afin de pouvoir les monter et les assembler. Veillez à ce que les boîtes de connexions soient toutes du même côté. Pour la mise en place des structures, il convient d'abord de monter les longerons, c'est-à-dire la partie de la structure sur laquelle repose le cadre des modules.



Figure 9 : Écrou antivol autocassant, Principe de montage des panneaux

Les modules sont fixés à l'aide d'une visserie inoxydable. Pour éviter le vol, l'utilisation de visserie antivol est conseillée. Dans ce cas il est nécessaire de coller les écrous autocassants lors du serrage avec du frein filet.

2.4 Câblage des modules solaires entre eux

D'une manière générale il est fortement conseillé d'utiliser des panneaux solaires de même puissance pour tout votre champ solaire.

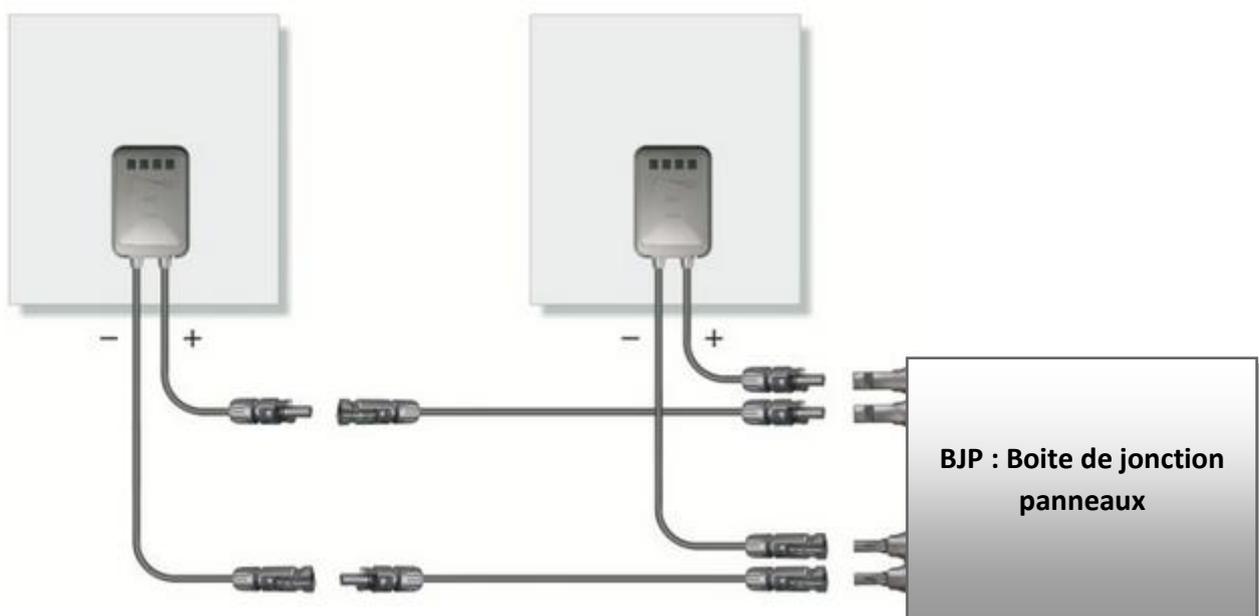


Figure 10 : Exemple de raccordement de modules en parallèle

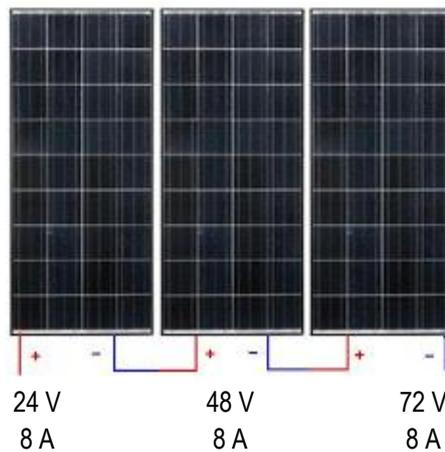
Le raccordement des panneaux entre eux s'effectue tout simplement à l'aide des connecteurs MC4. En fonction de votre boîte de jonction panneaux le raccordement s'effectue soit sur les MC4 en façade soit directement sur le bornier interne de la boîte de jonction panneaux.

2.4.1 Raccordement en série.

Ce branchement permet d'additionner les tensions, l'intensité en Ampères n'est pas modifiée. Dans cette configuration la borne (+) du panneau solaire est branchée sur la borne (-) du panneau suivant etc ...

À noter que cette configuration ne convient généralement pas aux régulateurs solaires traditionnels, elle est plus adaptée aux régulateurs MPPT qui ont une plage de tension plus importante. Il est important lors d'un dimensionnement afin de ne pas endommager votre régulateur solaire de prendre en compte que la tension des modules solaires augmente en fonction de la température. Ainsi en hiver leur tension sera plus élevée qu'en été (voir paragraphe **Calcul de Uco maximal en fonction de la température**).

Figure 11 : Raccordement en série

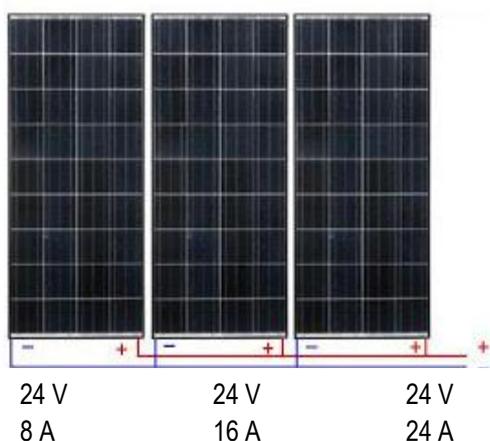


2.4.2 Raccordement en parallèle.

Ce branchement permet d'additionner les intensités, la tension en Volts n'est pas modifiée. Dans cette configuration toutes les bornes (+) de tous les panneaux solaires sont reliées entre elles, ainsi que toutes les bornes (-). Ce type de configuration est utilisé avec des régulateurs standards.

Cependant, travailler sur de plus grosses intensités oblige à réduire considérablement la distance (champ / régulateur) sous peine de devoir dimensionner en conséquence le câble électrique afin de limiter les pertes par effet Joule. Avec une section plus importante, le câble de liaison risque de devenir très onéreux.

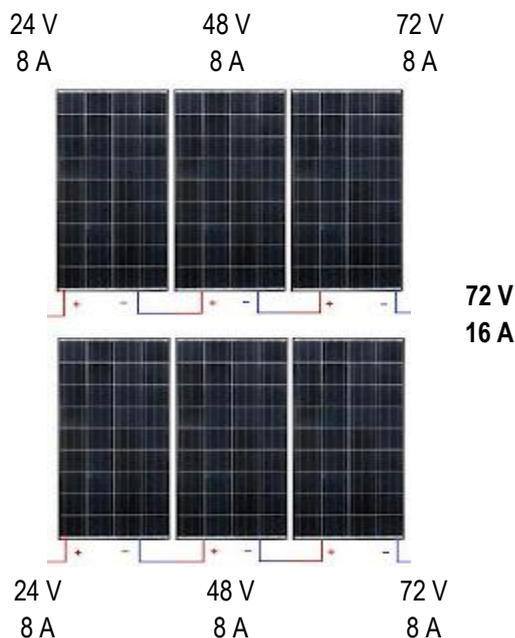
Figure 12 : Raccordement en parallèle



2.4.3 Raccordement mixte.

C'est le branchement qui s'impose lorsque l'on a besoin d'une certaine puissance à une tension voulue, les règles du montage en série et celles du montage en parallèle s'appliquent dans le cas du montage mixte.

Figure 13 : Raccordement mixte



2.5 Câblage du champ solaire

Le champ solaire doit se raccorder à la BJP (Boite de jonction panneaux). Celle-ci devra être composée de différents composants. **Les boîtes de jonctions composées de diodes anti retour sont obsolètes :**

- Interrupteur-sectionneur : (Optionnel, mais fortement recommandé), Note : (certains disjoncteurs peuvent remplir le rôle de sectionneur)

$$I_{\text{calibre sectionneur}} = 1,25 \times I_{cc} \times N_{\text{strings}}$$

- Parafoudre : (Présence obligatoire en fonction de plusieurs paramètres (niveau kéraunique, distance (Champ/Régulateur), Type de liaison)
- Fusibles de type gPV ou Disjoncteur PV (obligatoires : Ils doivent être dimensionnés en fonction des modules suivant la formule suivante (I_{RM} : Correspondant au courant de retour maximum admissible par le module)

$$1,1 \times 1,25 \times I_{cc} < I_{\text{calibre fusible}} < I_{RM}$$

I_{RM} et I_{cc} sont décrit dans la fiche technique de vos modules solaires, dans certains cas une valeur conseillée est inscrite dans fiche technique.

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)			
Module type			YL255P-29b
Power output	P_{max}	W	255
Power output tolerances	ΔP_{max}	W	
Module efficiency	η_m	%	15.6
Voltage at P_{max}	V_{mpp}	V	30.6
Current at P_{max}	I_{mpp}	A	8.32
Open-circuit voltage	V_{oc}	V	38.7
Short-circuit current	I_{sc}	A	8.88



OPERATING CONDITIONS

Max. system voltage	600V _{DC}
Max. series fuse rating	15A
Limiting reverse current	15A

Figure 14 : Extrait de fiche technique Yingli Solar YGE60, ici I_{RM} est noté "Limiting reverse current", Toutefois Yingli solar conseille des calibre de 15 A

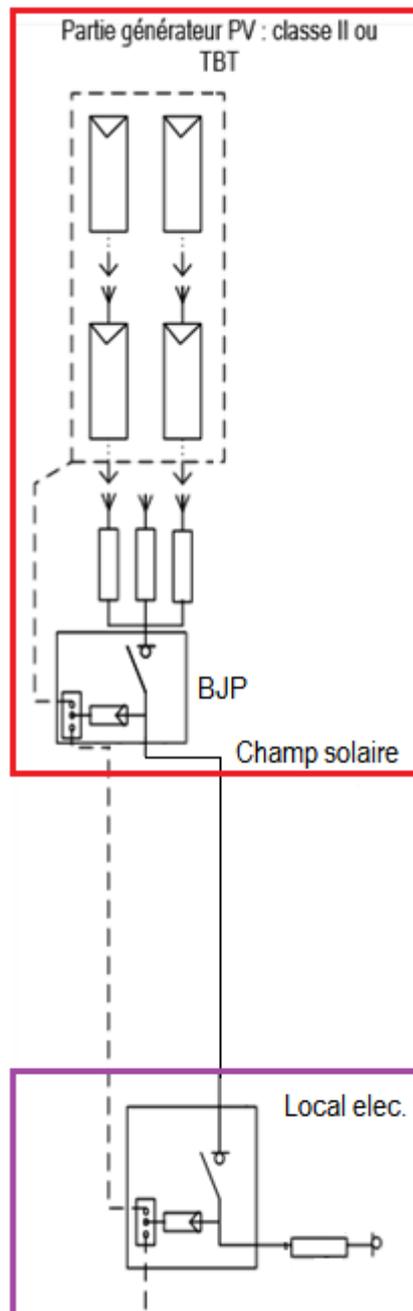


Figure 15 : Extrait de la norme NF 15-712-1 : Sur les installations solaires autonomes

3 - Installation : Mise en place des batteries

3.1 Mise en œuvre de l'installation des batteries plomb ouvert

Les batteries doivent être placées dans un coffre ou dans un local technique dédié. L'un comme l'autre doivent être conçus pour résister à l'acide et être ventilés pour évacuer les émissions de gaz. Un système de rétention doit également être installé lors d'une installation dans un local technique. Ce local technique doit également être considéré comme un local ATEX (Atmosphère explosive), **aucun matériel électrique non certifié ATEX ne doit être installé dans un local ATEX.**

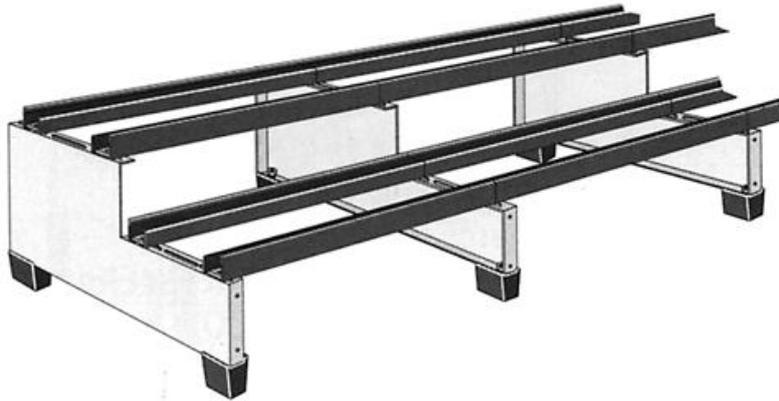


Figure 16 : Chantier métallique support batteries



Figure 17 : Coffres à batteries

Si un local est choisi, il doit être indépendant et de taille suffisante pour manipuler aisément les éléments de batteries lors de leur mise en place (prévoir le cas échéant la possibilité de mettre en place une chèvre).



Figure 18 : Chantier métallique équipé d'un bac de rétention

Choisir de préférence un endroit à l'abri du rayonnement solaire. S'assurer de la bonne résistance du sol en fonction du poids de la / (des) batterie(s).

Les accumulateurs chargés secs (dry charged) doivent être remplis à l'aide d'un syphontaine selon la chronologie suivante :

- Enlever les bouchons étanches, retirer l'éventuel opercule
- Remplir les éléments jusqu'au niveau de référence (maxi) (à vérifier selon la procédure du constructeur)
- Laisser imprégner 2 heures minimum,
- Réajuster les niveaux avec de l'électrolyte jusqu'au niveau de référence (maxi).

Se munir systématiquement des équipements de protection individuelle lors de la manipulation du produit (gants, lunettes, utilisation d'une combinaison de type 1 étanche au gaz selon le cas d'exposition).

3.2 Câblage des éléments

Le câblage des éléments de batteries ne pouvant s'effectuer hors tension, il convient de respecter scrupuleusement les règles de sécurité.

Il convient d'apporter une attention toute particulière lors :

- De la manipulation d'éléments
- De la manipulation de l'acide.

Nous rappelons qu'il est impératif d'utiliser les matériels de sécurité préconisés dans les notices d'installations des fabricants de batteries (à minima, vêtement coton et **antistatique**, lunette de sécurité, gants de manutention appropriés, outillage isolé, rince œil), cette liste n'est pas exhaustive.



Figure 19 : Quelques outils indispensables (de gauche à droite : Visière complète, Gants isolés résistants à l'acide, Nappe isolante, Outils isolés)

Le câblage des éléments d'accumulateurs doit être effectué conformément au plan constructeur pour obtenir la tension voulue. Le serrage des écrous sur les plaques ou les cablotins d'interconnexions des éléments nécessite l'utilisation d'une clef dynamométrique pour garantir le couple de serrage tel que défini dans la notice s'il n'est pas communiqué, il est possible de serrer à 25 N.m.

3.3 Schémas de câblage des éléments

Quelques schémas de principe pour le câblage de certains éléments de batteries.

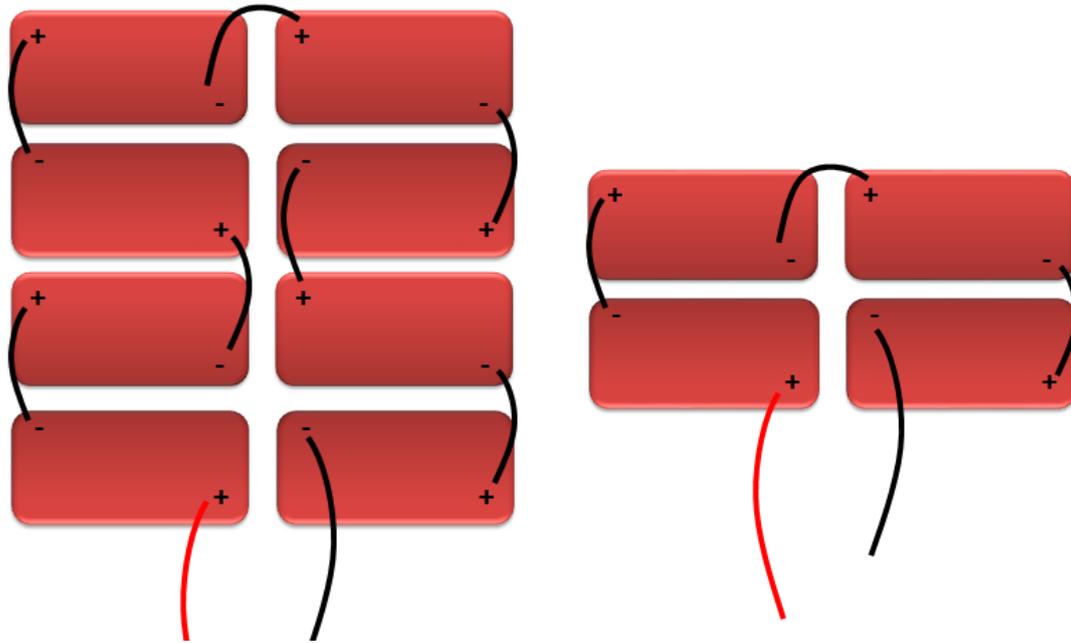


Figure 20 : Synoptique de câblage des éléments de batteries ROLLS 6V-48V, 6V-24V

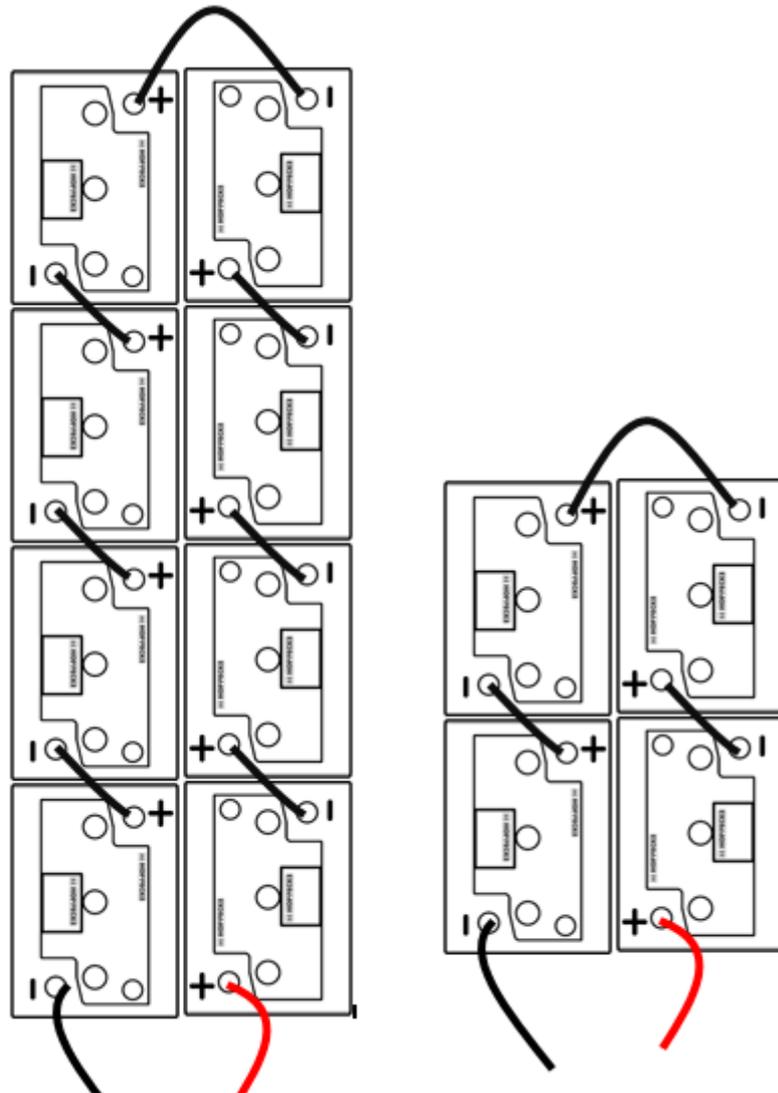


Figure 21 : Synoptique de câblage des éléments de batteries HOPPECKE solar.block 6V-48, 6V-24

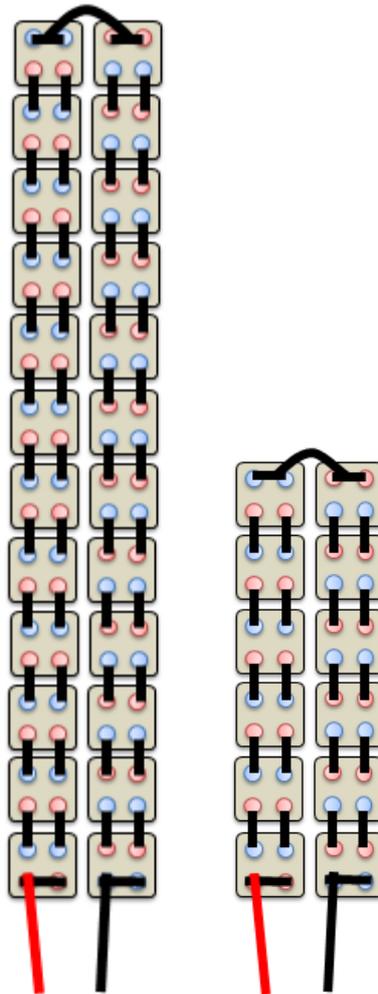


Figure 22 : Synoptique de câblage des éléments de batteries type OPzS 2V-48, 2V-24

4 – Appareils de gestion et conversion d'énergie

Il est impératif d'implanter les appareils de gestion et de conversion d'énergie en dehors de l'enceinte batterie pour des raisons de sécurité. Il est également conseillé d'éloigner ces appareils des lieux de vie. Il est préconisé de minimiser au maximum la distance du câble Batterie/Armoire (inférieur à 6m). Ces différents éléments doivent être fixés au mur en respectant les règles de l'art en matière d'installation de coffrets électriques classiques. Le câblage électrique des différents appareils devra être réalisé conformément au synoptique et au schéma électrique de l'installation fourni. Les câbles d'interconnexion de ces différents appareils entre eux ainsi que les arrivées des câbles provenant des modules et la batterie doivent cheminer sous goulottes ou être posés sur des chemins de câbles.



Figure 23 : Exemple d'installation

Liste non exhaustive des éléments à implanter et à câbler :

4.1 Régulateur de charge ou armoire de gestion et de contrôle d'énergie

Ce dernier peut-être standard, PWM, MPPT. Il convient de respecter la notice constructeur qui définit notamment les tensions d'entrée.

Sa fonction principale est de réguler l'état de la batterie. Il permet la charge complète de celle-ci en éliminant tout risque de surcharge et interrompt l'alimentation des charges si l'état de charge de la batterie devient inférieur au seuil de déclenchement de la sécurité anti décharge profonde, prolongeant ainsi la durée de vie de la batterie qui est le seul composant fragile du générateur photovoltaïque.

4.1.1 Régulateur standard/PWM :

Les contrôleurs de charge solaire n'intègrent strictement ni convertisseurs de courant, ni convertisseurs de tension, les régulateurs de charge de type linéaires disposant eux de la particularité de réduire plus ou moins le courant disponible. Cette propriété, surtout conjuguée à la technique PWM donne lieu à une succession de différents régimes de recharge de la batterie d'un système photovoltaïque, déclenchés par son état initial de décharge, et stoppés à des valeurs caractéristiques de sa tension.



Figure 24 : Régulateur Steca standard

Il est important pour ce type de régulateur de choisir correctement ses panneaux solaires, ils doivent permettre la charge complète des batteries. Il est clair qu'un panneau pouvant délivrer au maximum 10 Volts ne pourra charger une batterie de 12 Volts. Nous vous recommandons de faire les associations suivantes :

Pour une batterie 12V → " ≈ 21 Voc (36 Cellules)"
 Pour une batterie 24V → " ≈ 42 Voc (72 Cellules)"
 Pour une batterie 48V → " ≈ 84 Voc (144 Cellules)"

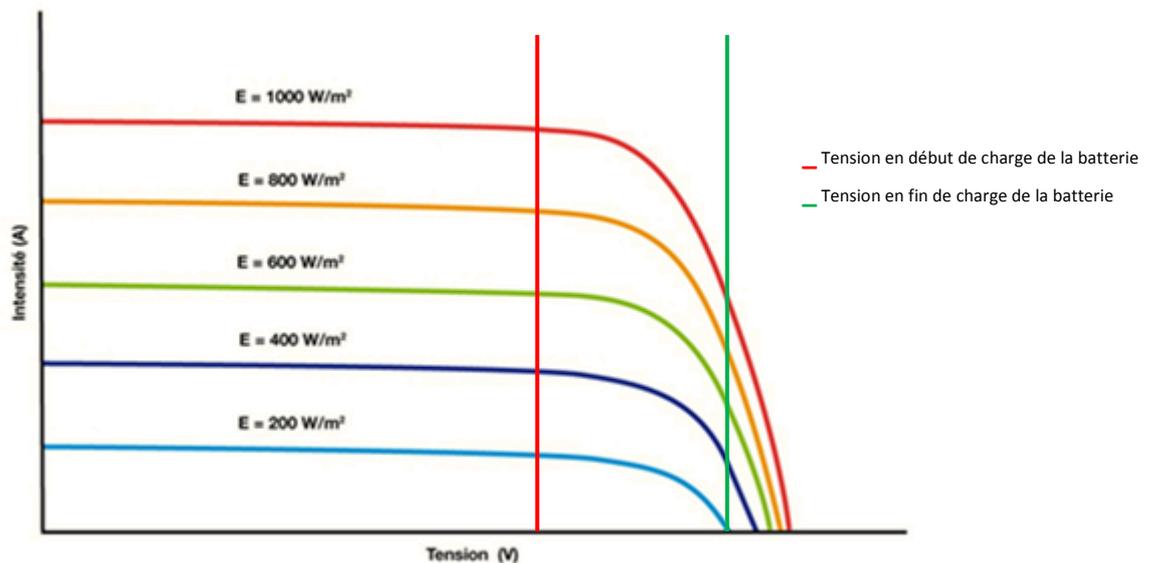


Figure 25 : Courbe de production des modules solaires en fonction de la tension imposée par la batterie

Les régulateurs PWM, tendent à disparaître face aux régulateurs MPPT, ils sont toutefois utilisés le plus souvent sur des petits systèmes <1kWc.

4.1.2 Régulateur MPPT (Maximum Power Point Tracking)

Grâce à une plage de tension plus large, le choix des modules est moins restrictif, Les régulateurs de charge MPPT utilisent la technologie MPPT (« Maximum Power Point Tracking » signifiant « recherche du

point de puissance maximale »), dont le principe consiste à optimiser le rendement du ou des panneaux solaires permettant ainsi d'augmenter le rendement de vos panneaux solaires de plus de 30% en comparaison avec un régulateur conventionnel.



Figure 26 : Régulateur MPPT SmartSolar, Victron Energy



Figure 27 : Marques de régulateurs MPPT / Standard distribués par ERM Énergies

4.2 Onduleur/Chargeur, Chargeur, Onduleur

Sinusoidal, quasi sinusoidal : Mention utilisée sur les onduleurs pour qualifier la qualité du signal en sortie. Un onduleur sinusoidal vous fournira un signal plus propre qu'un onduleur quasi sinusoidal. Les onduleurs sinusoidaux sont conseillés pour l'alimentation d'appareils sensible (électronique...)

Également, c'est l'onduleur qui va réaliser la mise à la terre du neutre côté AC, comme sur le réseau de distribution ENEDIS. Certains équipements ne réalisent pas cette mise à la terre par défaut, rendant ainsi inopérants les équipements de protection des personnes comme les interrupteurs différentiels.

4.2.1 Onduleur/Chargeur

Idéal pour les sites isolés, il permet de recharger les batteries ponctuellement via une source tierce comme un groupe électrogène. Les onduleurs/chargeurs sont généralement équipés de relais de transfert, lorsqu'une source telle qu'un groupe est activée, toutes les charges seront alors alimentées par cette source au travers de l'onduleur/chargeur. Il conviendra alors de vérifier la qualité du signal de la source utilisée afin de ne pas endommager les équipements alimentés.

4.2.2 Chargeur

Il permet le rechargement de batteries de tous types via une source (230 V AC), la plage d'entrée est plus grande et permet même d'extraire de l'énergie de sources n'étant pas pur sinus.

4.2.3 Onduleur

Il convertit l'énergie continue de vos batteries (12/24/48 V DC) en énergie alternative (230 V AC)

5 Quelles protections pour mon installation selon UTE C 15-712-2

5.1 Protections contre les intensités

Des protections électriques sont obligatoires afin d'assurer la protection des équipements. Le type de protections utilisées dépend principalement du type de régime utilisé au niveau DC : Flottant (**IT**), Polarité mise à terre (**TN**). D'autres régimes non détaillés dans les paragraphes suivants existent.

Dans le cas de protection par fusible, il convient d'utiliser des fusibles de type gG, les fusibles de type aM sont inexploitable en courant continu. Le champ solaire est une exception, il doit utiliser uniquement des fusibles de type gPV (Voir paragraphe **Câblage du champ solaire**).

5.1.1 Régime DC TN non régi par l'UTE C 15-712-2

La mise à la terre d'une polarité (-) ou (+) permet d'utiliser des protections de type unipolaires contre les surintensités. Ces protections devront être placées sur la polarité non reliée à la terre. Cette configuration permet également de monter au-dessus de 120 V au niveau des panneaux solaires et ainsi limiter les pertes par chute de tension dans le cas de grandes distances entre le local technique et le champ solaire. Cette configuration est utilisée principalement pour les petits systèmes <1kWc.

5.1.2 Régime IT

Dans le cas d'un régime flottant, il est impératif d'utiliser une tension **maximale** de la partie DC (panneaux, batteries) < 120 V (**TBT**). Il est important de prendre en compte les effets de la température pour déterminer cette tension. Si cette contrainte n'est pas respectée, un contrôleur d'isolement permanent devra être mis en œuvre, les protections contre les surintensités doivent être omnipolaires

5.2 Coupure d'urgence, en site isolé

Dans tous les régimes, la coupure d'urgence doit-être **omnipolaire**, les points à de sectionnement à considérer sont les suivants :

- Coupure d'urgence du générateur PV
- Coupure d'urgence de la batterie
- Coupure d'urgence d'autres sources d'alimentation (Groupe électrogène, Eolienne)
- Coupure d'urgence consommation de la consommation alternative

5.3 Les parafoudres et la protection par équipotentialité en site isolé

La norme UTE C 15-712-2 permet de réaliser un calcul servant à déterminer si oui ou non, la mise en place de parafoudre est prescrite.

Ce calcul s'effectue en prenant en compte :

- Le type bâtiment sur lequel se trouve l'installation
- Les distances, champ photovoltaïque / régulateur
- Le lieu d'installation (niveau kéraunique)

En fonction de ces paramètres, une longueur critique de câble côté champ photovoltaïque est calculée, elle est appelée, Lcrit.

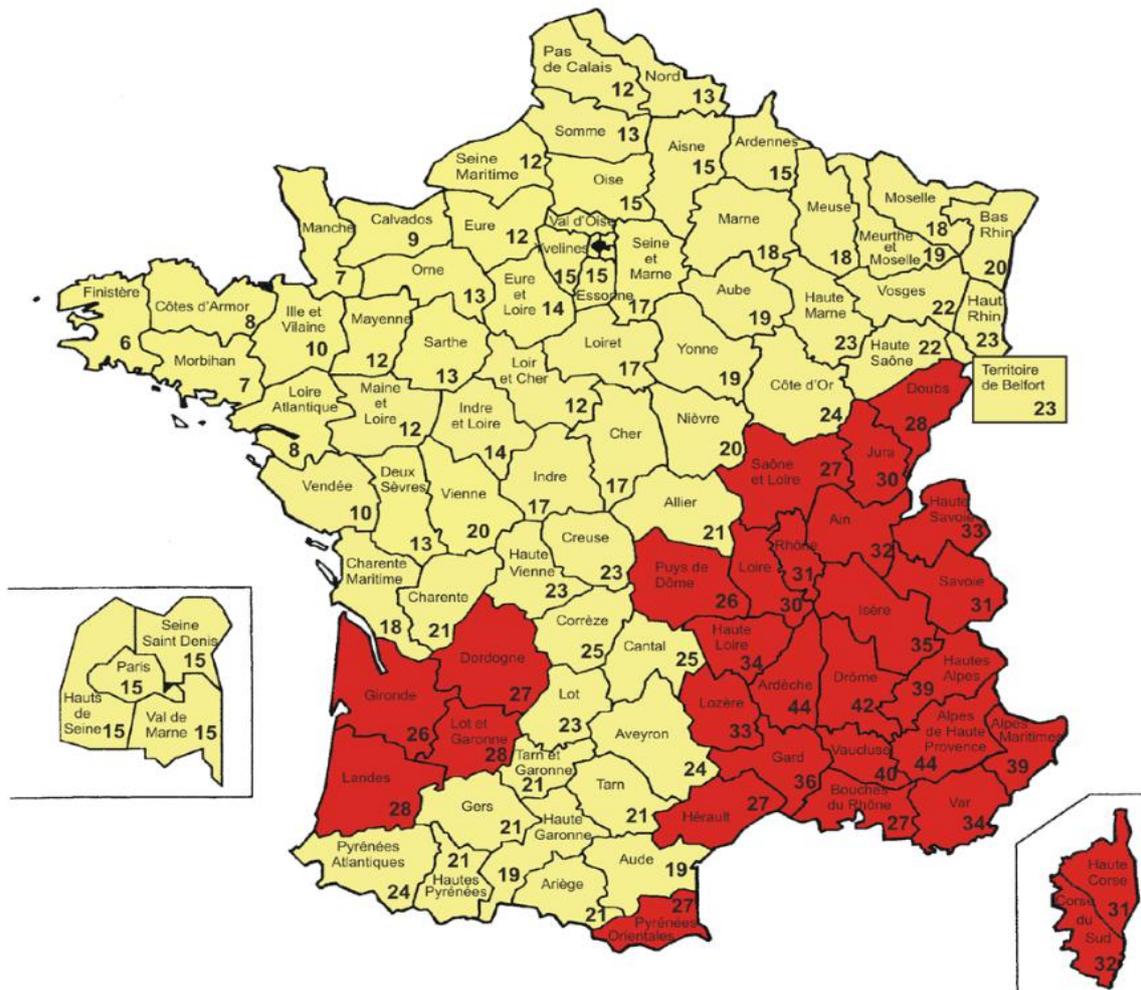


Figure 28 : Carte de France des niveaux kéraoniques

Si la longueur effective est supérieure à Lcrit, alors il faudra mettre en place des parafoudres au plus proche des régulateurs.

L'étape suivante, consistera à déterminer s'il y a lieu de placer second parafoudre dans la boîte de jonction. Ce calcul tient compte des distances ainsi que la tenue aux chocs Uw.

Également, la norme préconise une équipotentialité des terres entre toutes les terres de l'installation et plus précisément entre le champ photovoltaïque et les équipements de conversion tels que le régulateur de charge.

6 Définition des connexions section et type

Le dimensionnement des sections de câble est un point crucial à prendre en compte lors du dimensionnement de votre site autonome. En effet un câble mal dimensionné pourrait générer divers problèmes tels que la surchauffe pouvant aller jusqu'à l'incendie, une production dégradée de la part de vos sources d'énergies renouvelables (etc ...)

6.1 Sections dans le cas de petites distances (< 1,5 m) :

Les câbles servent à l'alimentation électrique de tous nos appareils. Ici, le critère le plus important est la section des différents conducteurs. En effet un conducteur parcouru par un courant trop important va s'échauffer par effet joule. Il est donc important d'adapter la section des câbles en fonction de l'intensité qui doit circuler via ceux-ci.

Dans le cas de petites distances, il convient d'utiliser à minima les valeurs suivantes (< 1,5 m) :

Section (mm ²)	In (A) Valeurs selon EN 60439-1 (gaine PVC)
1	6
1,5	10
2,5	16
4	25
6	32
10	40
16	63
25	80
35	100
50	125
70	160
95	200
120	250
150	300

6.2 Sections dans le cas de grandes distances (chute de tension)

Les chutes de tension (phénomène lié à la loi de pertes par effet Joule) sont déterminées à partir des puissances absorbées ou générées par les différents composants.

$$Pertes = R \times I^2$$

Il convient de réduire les chutes de tension en respectant les valeurs maximales suivantes

- 2,5% entre le champ solaire et le local technique (dans le cas de régulateurs standards, la prise en compte de la chute de tension est un paramètre critique)
- 3 % entre la batterie et le local technique
- 3 % entre la batterie et la partie alternative

Résistivité du cuivre

$$\rho = 22,5 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$$

Calcul de la chute de tension en Volts

$$\Delta U = \frac{\rho \times L \times I}{S}$$

Avec :

ΔU = Chute de tension en Volts

ρ = Résistivité du cuivre

L = Longueur totale (allé + retour) en m

S = Section du conducteur en mm^2

Chute de tension en %

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U}$$

ΔU = Chute de tension en Volts

U = Tension de service

7 Annexes

7.1 Calcul de U_{CO} maximal en fonction de la température

$$U_{CO\ Max} = U_{CO} \times \left(1 + \frac{U_{TK}}{100} \times (T_{mini} - 25)\right)$$

Avec :

U_{CO} = Tension de circuit ouvert

U_{TK} = Coefficient de variation de la tension du module en température (en %/°C ou %/°K)

T_{mini} = Valeur absolue de la température minimale constaté

THERMAL CHARACTERISTICS

Nominal operating cell temperature	NOCT	°C	46 +/- 2
Temperature coefficient of P_{max}	γ	%/°C	-0.45
Temperature coefficient of V_{oc}	β_{Voc}	%/°C	-0.33
Temperature coefficient of I_{sc}	α_{Isc}	%/°C	0.06
Temperature coefficient of V_{mpp}	β_{Vmpp}	%/°C	-0.45

Figure 29 : Extrait de fiche technique Yingli Solar YGE60, ici U_{TK} est noté "Temperature coefficient of Voc"

7.2 Description des principaux composants et leurs fonctions

Afin de bien comprendre les schémas électriques, et savoir à quoi sert qui, il convient de se familiariser avec le tableau ci-dessous

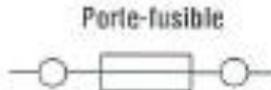
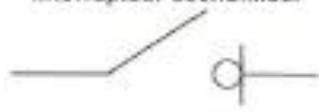
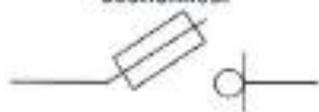
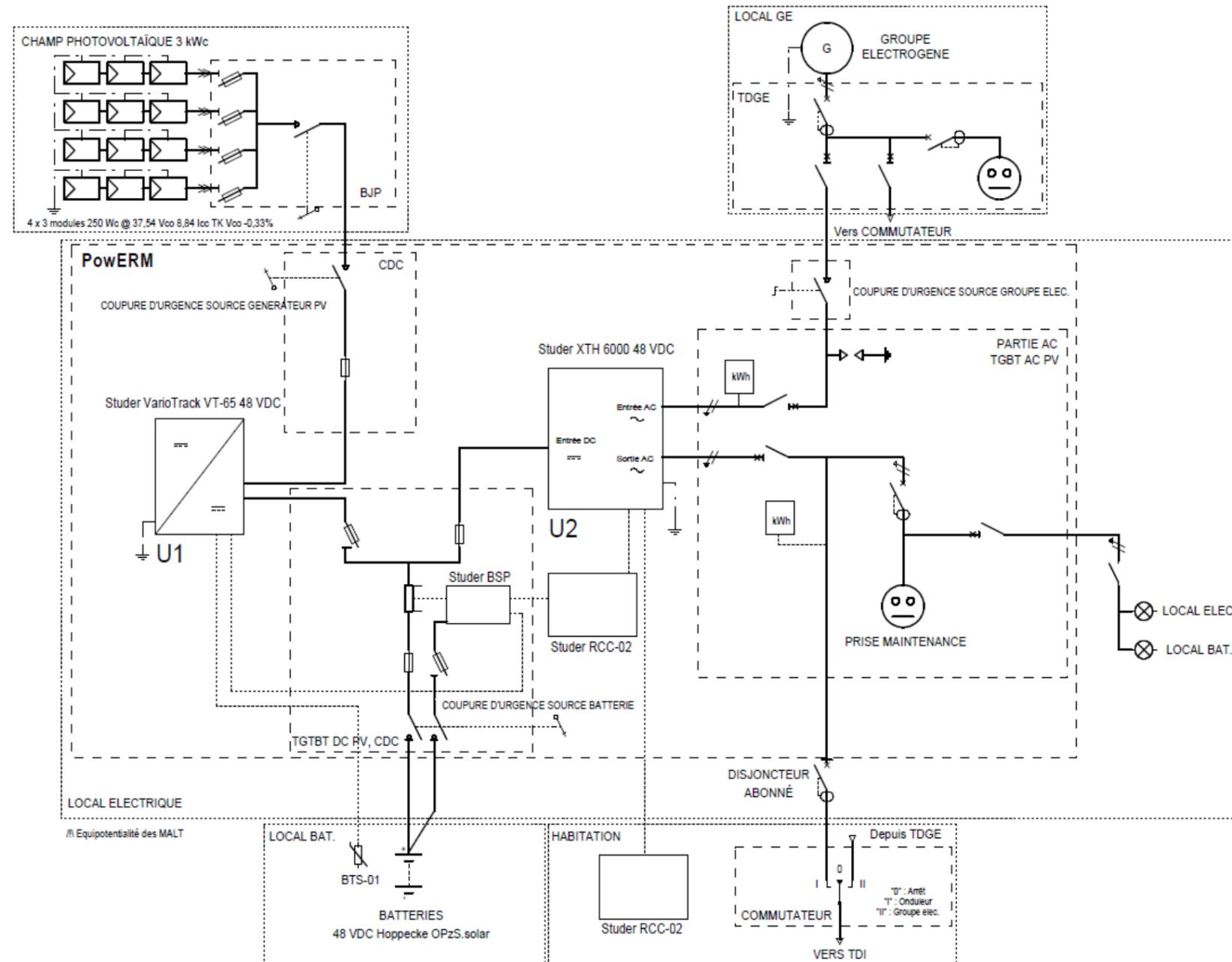
	Sectionnement	Coupure d'urgence	Coupure pour entretien mécanique	Commande fonctionnelle	Protection électrique
 <p>Porte-fusible</p>	Non	Non	Non	Oui	Oui
 <p>Sectionneur</p>	Oui	Non	Non	Non	Non
 <p>Fusible-sectionneur</p>	Oui	Non	Non	Non	Oui
 <p>Interrupteur-sectionneur</p>	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
 <p>Fusible interrupteur sectionneur</p>	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Figure 30 : Tableau descriptif des composants et de leurs fonctions

7.3 Schéma de principe grande installation

Les schémas suivants sont donnés à titre informatifs, ils doivent être adaptés à chaque besoin et ne doivent en aucun cas être pris comme référence dans votre dimensionnement.



7.4 Schéma de principe petite installation

Les schémas suivants sont donnés à titre informatifs, ils doivent être adaptés à chaque besoin et ne doivent en aucun cas être pris comme référence dans votre dimensionnement

