

LE SOLEIL

SE LÈVE...

Un cadre d'introduction pour comprendre les principes fondamentaux de l'électricité et des systèmes photovoltaïques pour les réseaux communautaires

LE SOLEIL SE LÈVE...

Un cadre d'introduction pour comprendre les principes fondamentaux de l'électricité et des systèmes photovoltaïques pour les réseaux communautaires



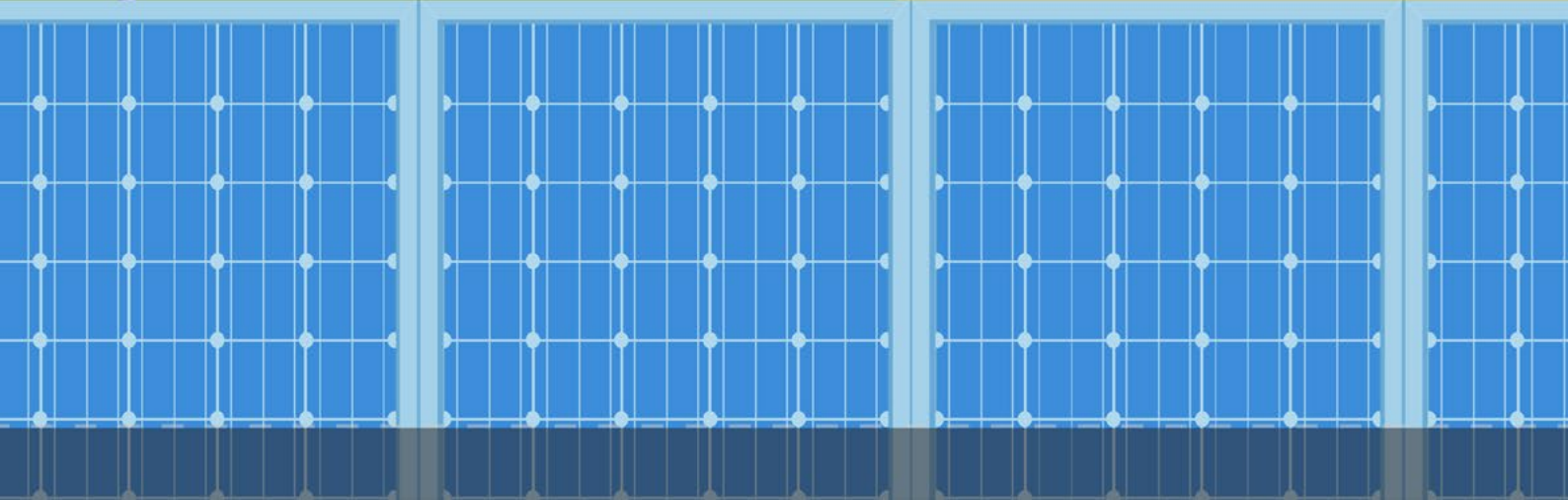
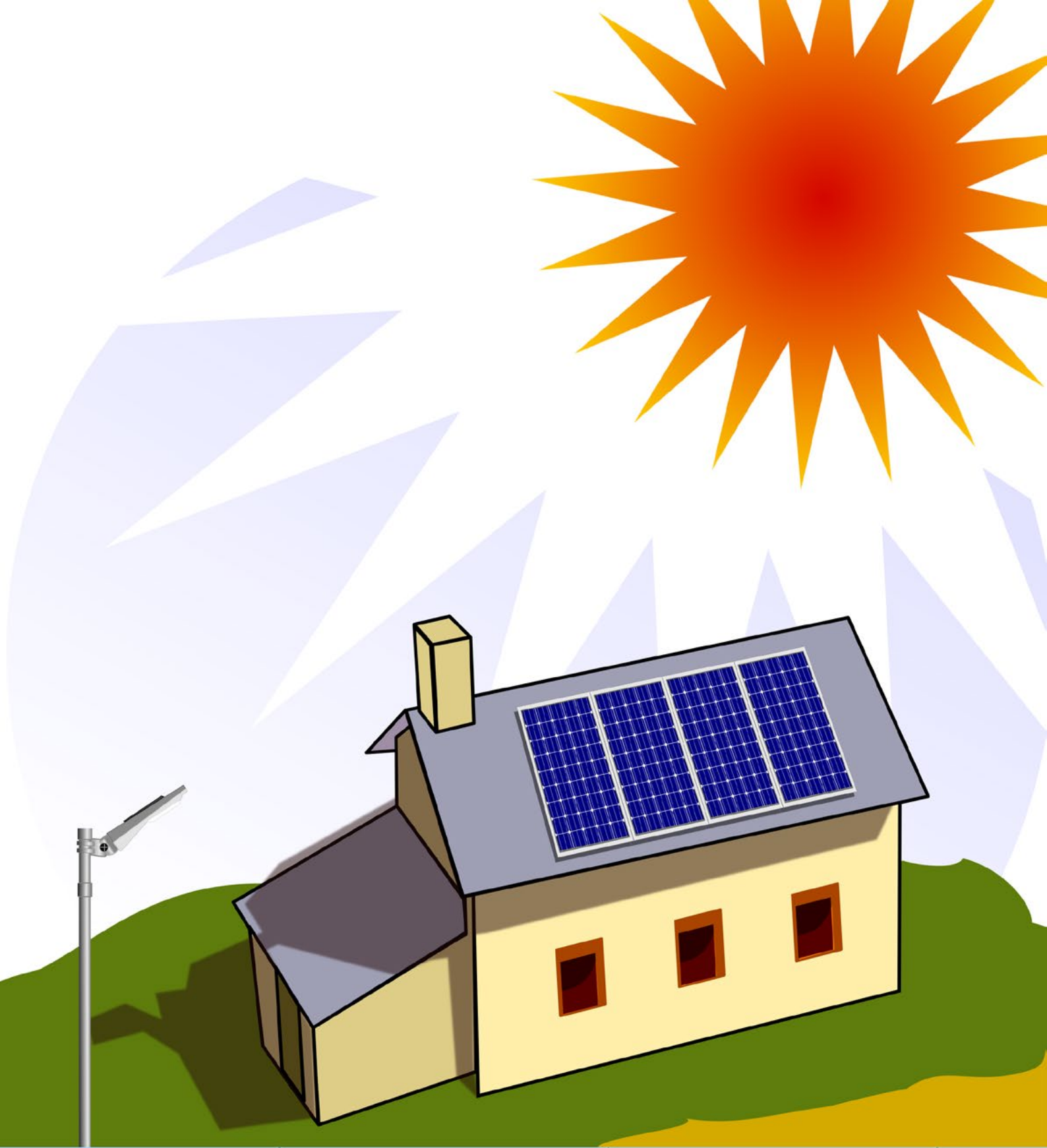
Auteurs : José Manuel Ramos Rodriguez, Hiure Queiroz
Équipe de rédaction : Michael Jensen (APC), Nils Brock (Rhizomatica),
Elektra Wagenrad (Freifunk), Hiure Queiroz (Coolab).
Illustrations : Khushalsingh Kanheysingh Rajput (Korelgraphics)
Traductions : Pamela Cuadros
Edition: Association for Progressive Communications (APC), Rhizomatica
Design éditorial : Mónica Parra
Remerciements : Carlos Baca

Licence : Licence CC Attribution-ShareAlike 4.0 International
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Janvier 2023

Ce manuel fait partie du projet "Connecter les non-connectés : soutenir les réseaux communautaires et autres initiatives de connectivité basées sur la communauté" mis en œuvre par APC en partenariat avec Rhizomatica qui vise à soutenir le développement des réseaux communautaires, avec le financement de l'Agence suédoise de coopération internationale pour le développement (Sida).





SOMMAIRE

PRÉSENTATION DES COMMUNAUTÉS DE PRATIQUE DE LOCNET	6
LE PHOTOVOLTAÏQUE (PV), UNE TECHNOLOGIE FONDATRICE	7
NOTES DES COLLABORATEURS	9
1. Introduction à l'électricité et aux systèmes photovoltaïques	10
1.1. Principes fondamentaux de l'électricité	11
L'électricité	13
La tension	17
Le courant électrique	20
La résistance	21
Puissance électrique	23
1.2. Panneaux photovoltaïques	25
2. Les bonnes pratiques en matière de systèmes photovoltaïques	27
2.1. Les panneaux solaires	29
Le positionnement	29
L'orientation	30
L'inclinaison	31
Éviter les zones d'ombre	33
Montage du panneau et température	34
Poussière accumulée sur le panneau	35
2.2. Câblage	36
2.3. Contrôleurs de charge	37
2.4. Les batteries	38
Profondeur de décharge (DoD)	38
La charge appropriée	39
Décharge appropriée	39
Température	39
Entretien	39
Types des batteries	39
2.5. Dispositifs de protection contre les surtensions (OCPD)	41
2.6. Types de charge et convertisseurs	41
3. Guide pratique pour le dimensionnement d'un système photovoltaïque	43

PRÉSENTATION DES COMMUNAUTÉS DE PRATIQUE DE LOCNET

Ce manuel est le résultat de l'un des projets de communautés de pratique (CoP) soutenus par l'initiative Local Networks (LocNet). LocNet est un effort collectif mené par Rhizomatica et APC (Association for Progressive Communications) en collaboration avec des partenaires en Afrique, en Asie, en Amérique latine et aux Caraïbes. Il vise à soutenir le développement de démarches ascendantes pour la construction d'infrastructures de communication. Connus sous le nom de réseaux communautaires (RC)¹, APC et Rhizomatica visent à contribuer à un écosystème qui permet leur émergence et leur croissance. Pour atteindre ses objectifs, LocNet adopte une variété de stratégies liées à l'échange entre pairs et au renforcement institutionnel, à la formation et au tutorat, à la politique et à la promotion, à l'innovation technologique et à la durabilité, ainsi qu'au genre et à la participation des femmes.

Au cours des dernières années, LocNet a fourni des conseils, des ressources financières et des forums pour soutenir de nombreux RC et d'autres partenaires. Les CoP ont pour but d'accroître la collaboration entre les réseaux communautaires du monde entier grâce à des espaces de collaboration en ligne créés sur différents sujets d'intérêt pour les professionnels des RC.

L'approche des CoP regroupe des activités visant à améliorer le soutien aux questions clés qui intéressent la communauté des RC, en rassemblant les différents volets du travail sur la technologie et l'innovation des années précédentes. En ce sens, une CoP est un groupe de personnes qui partagent une préoccupation commune, une série de problèmes ou un intérêt pour un sujet et qui se réunissent pour atteindre des objectifs individuels et collectifs. Les CoP se concentrent souvent sur le partage des meilleures pratiques et la création de nouvelles connaissances pour faire progresser un domaine où l'interaction permanente est une composante essentielle.

1. Ces initiatives peuvent être comprises comme un effort collectif des communautés locales pour se connecter de manière significative et construire des réseaux numériques pertinents. Leur trajectoire a été accompagnée et soutenue depuis 2017 par l'initiative LocNet.

LES SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES (PV), UNE TECHNOLOGIE FONDATRICE

L'électricité est aussi importante pour les télécommunications que le soleil l'est pour un plant de tomates. Toute personne travaillant sur et concevant une infrastructure de communication doit assurer une alimentation électrique fiable. Pourtant, les prétendues "solutions" de connectivité prennent trop souvent pour acquis une alimentation électrique générale partout sur notre planète. Alors que 13 % de la population mondiale n'a pas du tout accès à l'électricité, et un nombre bien plus important encore est confronté à un service instable ou médiocre, notamment dans les zones rurales. En outre, la consommation d'énergie varie considérablement et qualitativement, tandis que l'électricité abordable est en corrélation avec le revenu. En d'autres termes, alors que les fleurs, les êtres humains et toutes les choses sur terre partagent un approvisionnement gratuit et abondant en lumière solaire, l'électricité n'est pas disponible pour tous. L'utilisation de la lumière du soleil pour créer de l'électricité est donc un élément important pour parvenir à un approvisionnement plus démocratique et à une infrastructure plus inclusive.

Les systèmes PV font déjà partie de cette infrastructure inclusive construite et utilisée par un nombre croissant de réseaux communautaires (RC). En 2019, l'équipe Technologie, innovation et durabilité de LocNet a cartographié les "technologies fondatrices" (outils et ensembles de compétences essentiels pour les réseaux communautaires créés et entretenus collectivement), avec des représentants de l'écosystème du RC. Dans cette cartographie, une priorité a été donnée aux systèmes photovoltaïques (classés comme "infrastructure passive").

Certains réseaux communautaires d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine avaient déjà réussi à créer des sources d'énergie autonomes pour leurs infrastructures locales de télécommunications et autres. L'énergie solaire, notamment les systèmes photovoltaïques, ont été la clé des approches de BOSCO (Ouganda), d'Abadig (Brésil) et du réseau communautaire Pathardi, ainsi que du réseau Servalots (tous deux en Inde). Avec le format des "communautés de pratique" (CoP) mentionné ci-dessus, LocNet a lancé une expérience pratique visant à mettre en avant les collaborations entre les RC et d'autres professionnels concernés. Et après avoir consulté l'écosystème des RC sur les sujets de CoP possibles, l'énergie solaire est clairement considérée un sujet prioritaire par de nombreux professionnels des RC.

Le groupe de 17 participants à la CoP sur les infrastructures passives a commencé à explorer les priorités et les méthodologies possibles pour les échanges d'apprentissage.² Dès la première session, est apparue la nécessité d'une meilleure compréhension de l'énergie électrique et de ses concepts clés. En ce qui concerne le photovoltaïque, les professionnels des RC ont voulu établir un schéma général des éléments et des orientations pour planifier le développement local de ces systèmes. Il a été reconnu qu'il s'agissait d'un vaste sujet et qu'il était difficile de le traiter de manière exhaustive en partant de zéro. Il a donc été convenu d'organiser une série d'échanges en ligne avec des professionnels expérimentés du secteur photovoltaïque, notamment Elektra Wagenrad et Hiure Queiroz. Ces réunions ont été suivies de deux sessions en ligne inclusives au cours desquelles les bases de l'électricité et des pratiques photovoltaïques ont été présentées. Bien que ces sessions aient été mises à disposition en ligne (en anglais), les participants ont également recommandé de regrouper les leçons dans un document écrit et de le traduire en plusieurs langues.

Le travail qui en a résulté a été dirigé par José Manuel Ramos Rodriguez, professeur de communication et de transformation sociale ayant une grande expérience dans la rédaction de manuels et de textes didactiques pour les communautés locales d'Amérique latine. Son travail éditorial est accompagné de plus de 30 illustrations de Khushalsingh Kanheyasingh Rajput, qui a déjà collaboré à la traduction visuelle de connaissances et d'expériences avec et pour l'écosystème des RC. Elektra Wagenrad et Michael Jensen ont aimablement ajouté une dimension très pratique au matériel d'introduction, de sorte qu'il couvre un large éventail de connaissances et de compétences différentes et sera utile aux débutants ainsi qu'aux personnes à la recherche d'idées pratiques.

Cette première approche d'un cadre d'introduction aux principes fondamentaux de l'électricité et des systèmes photovoltaïques aura sans doute des lacunes et des insuffisances. De fait, il devrait se terminer par la phrase "à poursuivre", car nous espérons qu'il deviendra une ressource gérée collectivement, maintenue, étendue et traduite par une communauté de pratique diverse et active au sein de l'écosystème des RC - une sorte de jardinage technologique transculturel. Nous espérons qu'elle fera partie d'une série de procédés produisant des résultats et des avantages tangibles pour les RC, ainsi qu'un outil permettant de continuer à travailler sur la méthodologie émergente des CoP de LocNet .

N'hésitez pas à consulter les pages suivantes, à nous faire part de vos commentaires et de vos idées et à rejoindre la CdP LocNet sur l'énergie solaire pour de nouveaux engagements et de nouvelles co-créations : <https://t.me/+qO4cZ3ZJPSsyYzhi>

2. Il nous a fallu un certain temps pour définir collectivement et de manière non hiérarchique l'interaction, en nous préoccupant de l'inclusion du genre, de la race/ethnicité, des diverses capacités et des différents niveaux de connaissance, en validant les connaissances empiriques et en promouvant un environnement sans préjugés. Notre objectif était et reste d'utiliser cette approche pour encourager et partager des dynamiques de conception et de production de technologies qui sont centrées sur la communauté et qui prennent en compte la nature située des pratiques technologiques dès le départ. Ce projet spécifique portera sur l'appropriation, l'innovation et la mise en œuvre des technologies qui sont essentielles à une organisation participative et durable des réseaux communautaires.

NOTES DES COLLABORATEURS

José Manuel Ramos Rodríguez est chercheur et activiste dans la formation et l'accompagnement des processus d'éducation et de communication communautaires et indigènes.

Hiure Queiroz a travaillé quotidiennement dans un réseau communautaire rural (<https://portalsemporteiras.github.io>). Grâce à cette expérience, il a contribué à plusieurs projets open source pour aider à développer de nouveaux outils et dispositifs pour les réseaux communautaires. Pour tenter de créer un mouvement autour de ce sujet, il a produit de la documentation, des guides et des tutoriels avec coolab (<https://coolab.org>)

Elektra Wagenrad a développé une technologie de maille sans fil pour les réseaux communautaires et les systèmes à énergie solaire et a participé au développement de <http://villagetelco.org> et <http://freifunk.net>. Elle a développé trois types de Freifunk-OpenMPPTs, des contrôleurs solaires à logiciel/hardware ouvert avec suivi du point de puissance maximale. Elle est autrice de "Mesh" et une des auteurs de "Wireless Networking in the Developing World".

Khushalsingh Kanheyasingh Rajput, exerce en tant que freelance sous le nom de Korelgraphics. Il est dans le domaine du graphisme créatif, de l'animation, de l'illustration, de l'édition et du développement web depuis plus de 20 ans. Khushalsingh travaille actuellement à l'IIT Bombay, où il encourage l'utilisation des logiciels de code source ouvert.



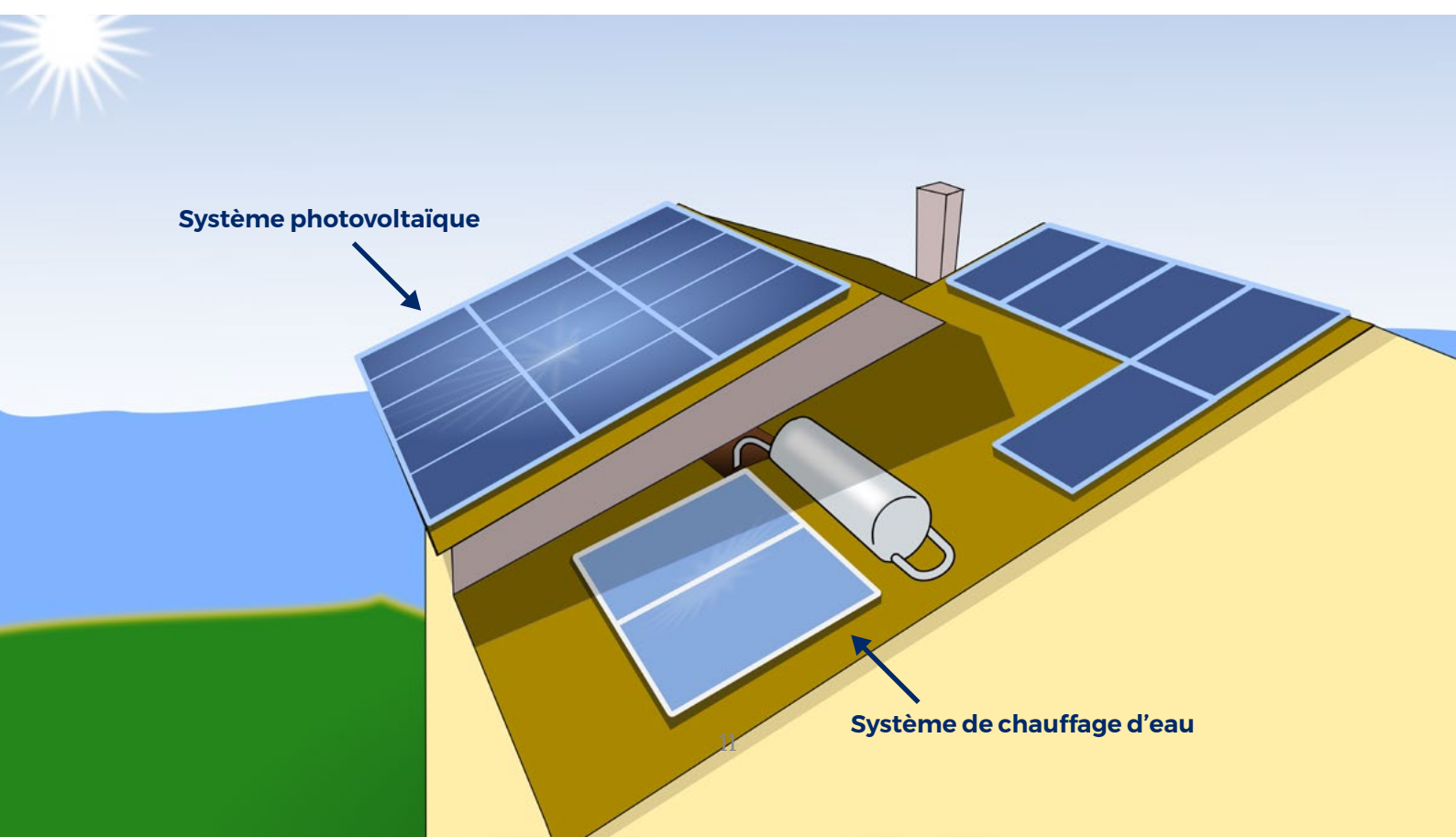
1. **INTRODUCTION À L'ÉLECTRICITÉ ET AUX SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES**

1. INTRODUCTION À L'ÉLECTRICITÉ ET AUX SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES

1.1 PRINCIPES FONDAMENTAUX DE L'ÉLECTRICITÉ

Dans cette première section, nous allons présenter quelques notions de base sur l'électricité, nécessaires pour mieux comprendre le fonctionnement des panneaux solaires à partir desquels nous pouvons produire de l'électricité. Il se peut que les lecteurs de ces lignes connaissent déjà certains de ces concepts, mais il est important d'obtenir une vue d'ensemble qui puisse être partagée par les personnes du groupe ou du collectif intéressées par le démarrage ou le suivi d'un processus visant à tirer des bénéfices de cette technologie.

Tout d'abord, il faut faire la distinction entre les systèmes qui utilisent la lumière du soleil pour produire de l'électricité et ceux qui sont utilisés pour chauffer l'eau. Les premiers, qui fournissent de l'énergie électrique, sont appelés **systèmes photovoltaïques**. Bien qu'il existe des similitudes entre les deux, ils fonctionnent différemment. L'illustration suivante montre les deux types de systèmes d'énergie solaire.



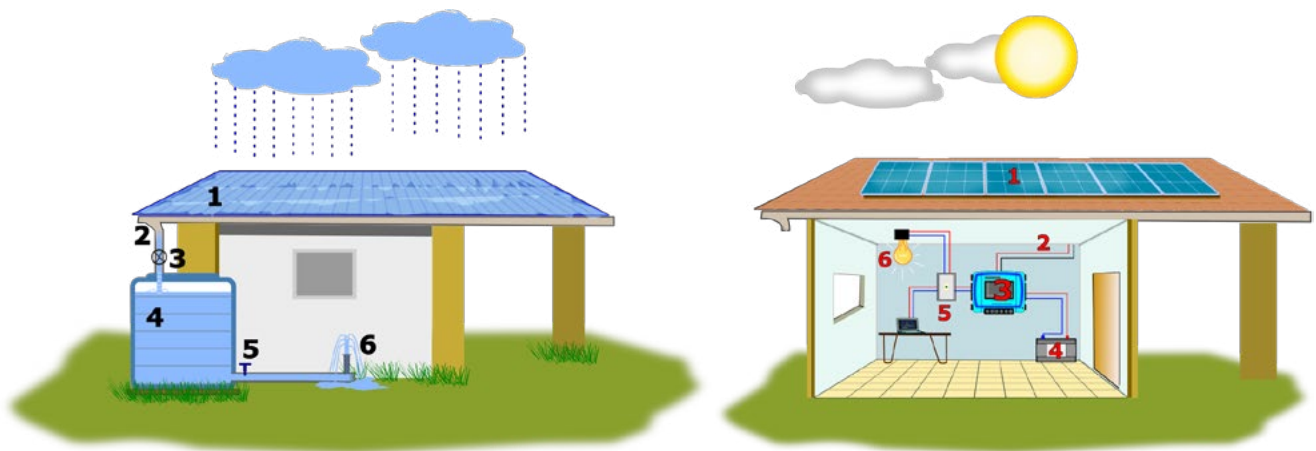
Les systèmes photovoltaïques sont ceux capables de convertir la lumière du soleil en électricité. Le terme photovoltaïque est dérivé de deux mots : photo (ou lumière) et voltaïque. Ce dernier mot vient du nom du scientifique italien Volta, qui a été le premier à étudier l'électricité au 18e siècle. Le terme "tension" est donc associé à des phénomènes électriques.

Le terme *photovoltaïque* décrit la caractéristique de base de ces systèmes : la production d'électricité à partir de la lumière du soleil.

Avant de nous plonger dans les concepts liés à l'électricité et à ses propriétés de base, il est utile de donner un aperçu des systèmes photovoltaïques et de leurs principaux composants.

Nous utilisons une analogie facile à comprendre : les systèmes de collecte des eaux de pluie. Tout comme les systèmes de récupération de l'eau de pluie pour usage domestique ou agricole, les systèmes photovoltaïques "récupèrent" la lumière du soleil et la convertissent en énergie électrique. Cette analogie ne doit pas être prise au pied de la lettre, car il s'agit de questions logiquement différentes. Cependant, les "parties" ou composants des deux systèmes sont similaires et l'analogie est utile pour comprendre le fonctionnement des systèmes PV.

Examinons l'illustration suivante :



Système de récupération d'eau

Système photovoltaïque

Dans la figure ci-dessus, nous voyons six composants dans les deux systèmes. La fonction générale qu'ils remplissent est décrite ci-dessous :

	Système de récupération d'eau	Système photovoltaïque
1	Le toit recueille l'eau de pluie.	Les panneaux photovoltaïques reçoivent la lumière du soleil.
2	Le tuyau conduit l'eau collectée	Les câbles conduisent l'énergie produite par les panneaux.
3	Une vanne régule la quantité d'eau à stocker dans un:	Un contrôleur de charge régule l'énergie à stocker dans une:
4	Réservoir	Batterie
5	Une vanne régule le débit d'eau du réservoir.	Une résistance variable qui contrôle le flux d'électricité.
6	Un arroseur nous permet d'irriguer notre potager avec l'eau collectée	Nous avons la charge électrique pour allumer la lumière.

Nous devons souligner qu'il ne s'agit que d'une analogie qui nous permet de comprendre simplement les parties essentielles d'un système photovoltaïque et la fonction qu'elles remplissent.

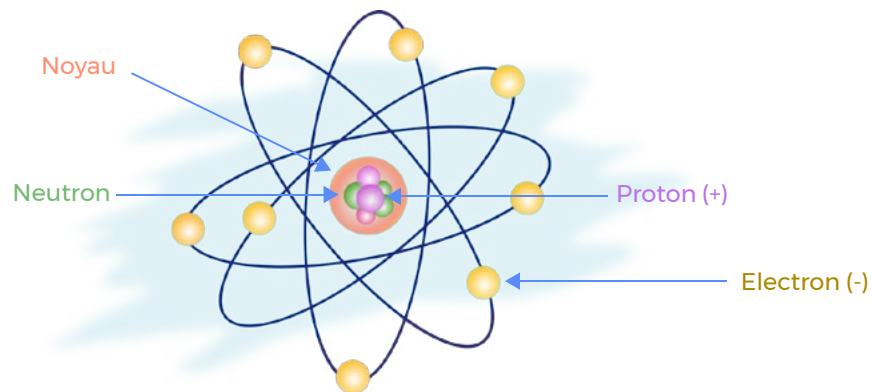
Si l'on poursuit cette analogie, il est clair que ce qui circule dans le système de collecte des eaux est précisément de l'eau. Mais lorsqu'il s'agit du système photovoltaïque, qu'est-ce qui circule dans le système ? ... Si nous répondons que ce qui circule dans le système est "l'électricité", nous avons raison.

Mais qu'est-ce que l'électricité ? Nous pouvons certainement dire à quoi sert l'électricité, que c'est elle qui fait fonctionner les ampoules et les appareils ménagers, ou qu'elle est certainement dangereuse si nous faisons une erreur et recevons un choc. Ou encore, nous considérons la foudre dans un orage comme une forme d'électricité. Mais qu'est-ce que l'électricité, d'où vient-elle ou pourquoi existe-t-elle ?

L'ÉLECTRICITÉ

L'électricité n'est pas vraiment une invention de l'homme. C'est quelque chose que l'on trouve dans tout ce qui existe et la science n'a rien fait d'autre que de l'étudier et de se servir de ses propriétés. Commençons par affirmer que toute la matière qui nous entoure - solides, liquides, gaz - est constituée de minuscules molécules, qui sont elles-mêmes des combinaisons d'atomes. Les atomes sont des particules extraordinairement petites composées de protons et de neutrons (présents dans le noyau de l'atome) et d'électrons autour du noyau.

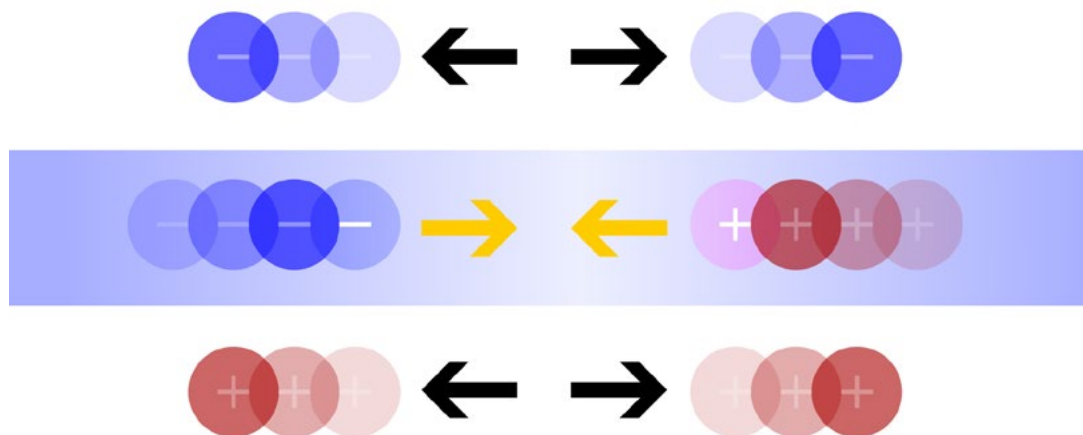
La représentation graphique qui a été utilisée pour expliquer l'atome le présente de cette manière :



- Le noyau de l'atome contient :
 - ▶ les protons, qui ont une charge positive (+) ;
 - ▶ les neutrons, qui n'ont pas de charge.
- Les électrons se déplacent autour du noyau et ont une charge négative (-).

Les scientifiques affirment qu'il ne s'agit que d'une représentation pour comprendre l'atome. En réalité, le noyau est beaucoup, beaucoup plus petit qu'illustré ici, tandis que les électrons ne suivent pas nécessairement un déplacement orbital. Mais cette représentation est suffisante pour décrire la composition de l'atome.

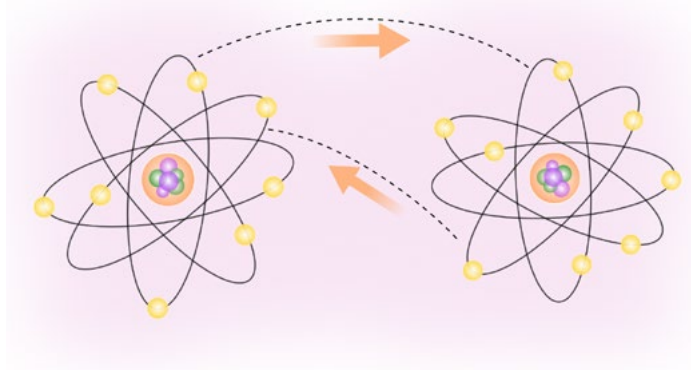
Les électrons sont négatifs et sont attirés par les protons chargés positivement. Il y aura toujours une attraction d'une source où il y a un excès d'électrons vers une source qui a un déficit d'électrons, laquelle a une charge positive.



Les charges opposées s'attirent, tandis que les charges égales se repoussent.

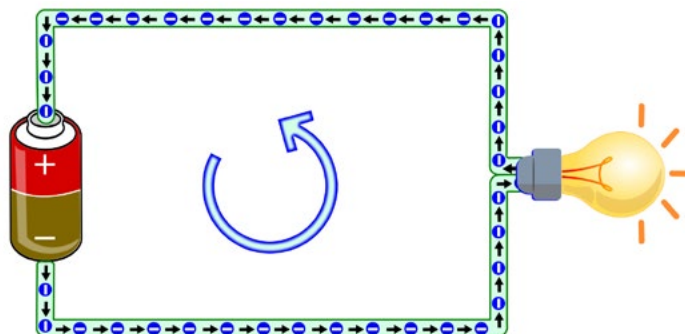
Les électrons tournent autour du noyau grâce à l'équilibre de deux forces : la force propre de l'électron qui le maintient toujours en mouvement et la force d'attraction exercée par le noyau sur l'électron. Les électrons situés aux points les plus éloignés du noyau peuvent être extraits de l'atome par l'application d'une force externe telle que la friction, une réaction chimique, la chaleur, la pression, un champ magnétique ou la lumière. Ces électrons sont appelés électrons libres. Le mouvement des électrons libres d'un atome à l'autre donne lieu à ce que l'on appelle le courant d'électrons. Lorsque des électrons se déplacent à travers un corps d'une extrémité à l'autre, un courant électrique est généré. C'est la base de l'électricité.

Circulation des électrons libres



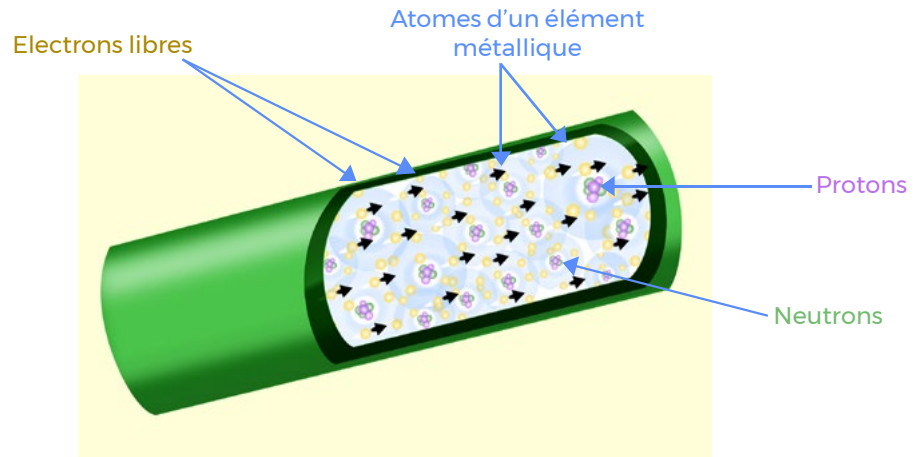
Prenons maintenant un exemple très simple :

Le circuit électrique

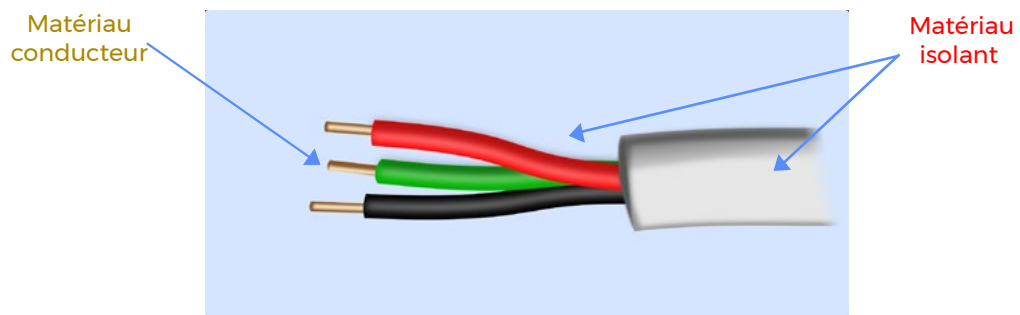


Nous avons un circuit électrique très simple, composé d'une pile, d'un fil et d'une ampoule. Comme on peut le voir sur l'illustration, il y a un flux d'électrons qui sont attirés par la charge positive de la batterie. Lorsqu'ils traversent l'ampoule, un filament très fin s'allume et de la lumière est produite.

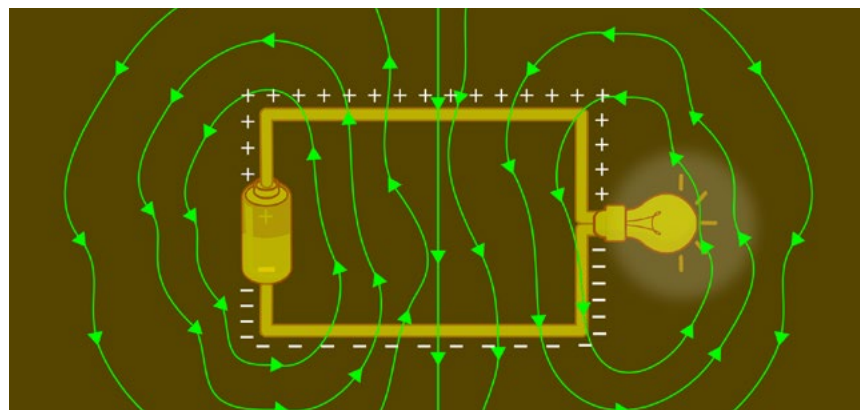
Comme nous l'avons expliqué, les électrons libres circulent dans le fil. C'est ainsi que nous pourrions imaginer l'intérieur de ce fil, si nous pouvions agrandir l'image des milliers et des milliers de fois.



Il existe des matériaux qui permettent aux électrons de circuler plus facilement. Ces éléments sont appelés des conducteurs. Le cuivre, par exemple, est un matériau capable de favoriser ce flux. Les câbles électriques que nous connaissons sont constitués d'un matériau conducteur entouré d'un matériau isolant qui ne favorise pas le flux.

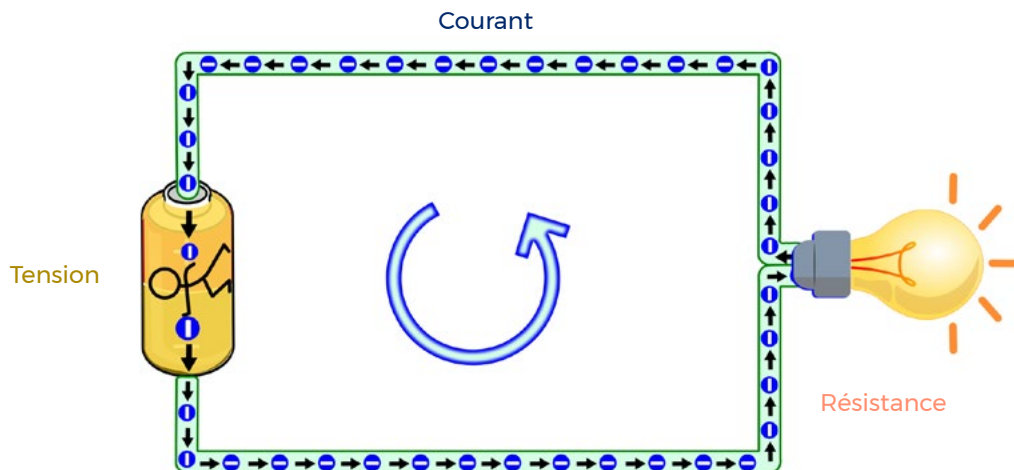


Le phénomène qui se produit est en fait plus complexe que des électrons circulant dans un fil. Il se produit plutôt ce que l'on appelle un "champ électrique" qui peut être représenté comme ceci :



L'étude de ce champ électrique est très complexe et nécessite certainement des connaissances approfondies en physique et en mathématiques. Pour l'instant, nous devons garder à l'esprit que ce champ fait également intervenir la force du magnétisme, c'est pourquoi on l'appelle aussi le **champ électromagnétique**.

Examinons maintenant le même circuit simple en distinguant trois éléments : la tension, le courant et la résistance.

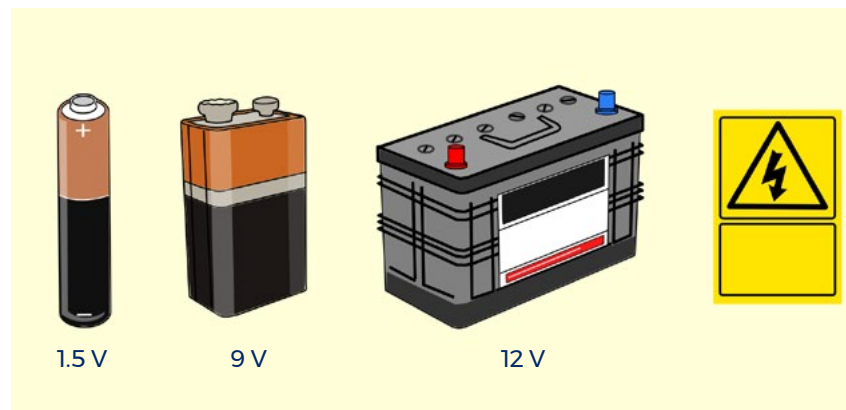


Comme le montre cette illustration, la tension serait la force qui “repousse” et “attire” les électrons. Le courant est la quantité d'électrons qui circulent réellement dans le circuit, et le filament allumé offre une certaine résistance à ce flux.

Examinons chacun de ces concepts de manière un peu plus détaillée. Il faut dire qu'il s'agit là aussi d'aspects assez complexes, dont la compréhension approfondie dépasse le cadre de cette leçon. Toutefois, voici quelques idées générales mais fondamentales à leur sujet.

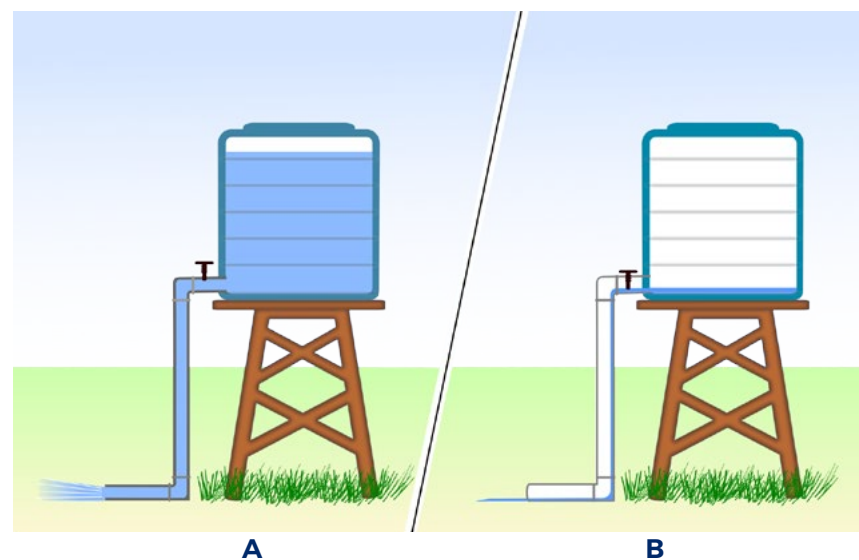
LA TENSION

La tension, comme indiqué ci-dessus, est la force ou la pression avec laquelle les électrons sont déplacés dans un champ électrique. Nous sommes sans doute familiarisés avec le terme “tension” et nous savons, par exemple, que c'est une caractéristique importante des batteries domestiques. Nous connaissons également le terme “haute tension”, qui nous avertit du danger d'une forte décharge.



Mais qu'est-ce que la tension ?

Reprenons l'analogie avec un système de stockage d'eau. Si nous avons un réservoir de stockage, avec différentes quantités d'eau, nous pourrions observer ce qui suit :



Nous verrions que dans le cas du réservoir A, l'eau qui circule dans le réservoir sort avec plus de pression que dans le cas du réservoir B, qui est presque vide.

Quelque chose de similaire se produit lorsqu'une force plus ou moins grande mobilise le passage des électrons. Cette mobilisation, rappelons-le, provient de la force d'attraction entre les charges opposées et de la force avec laquelle les charges de même signe se repoussent.

La tension, également appelée voltage ou différence de potentiel, est la pression qu'une source d'alimentation en énergie électrique exerce sur les électrons dans un circuit électrique fermé. L'unité de mesure utilisée pour la tension est, précisément, le volt (V), et sa définition implique deux concepts qui méritent d'être connus, même superficiellement.

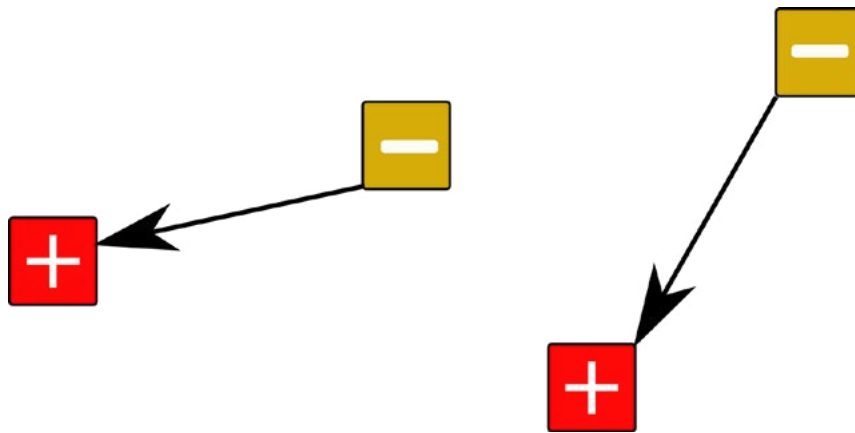
Le mouvement produit entraîne une dépense d'énergie ou travail et le déplacement d'une quantité déterminée de particules. Les scientifiques ont établi un moyen de mesurer ces deux éléments, qui sont liés. Ainsi, la mesure connue sous le nom de joule est définie comme la quantité de travail nécessaire pour déplacer une charge d'un coulomb (qui mesure la quantité de charge qu'un circuit peut transporter pendant un certain temps). Un coulomb équivaut à la charge d'un très grand nombre d'électrons (6.4×10^{18}).

Pour simplifier ces mesures complexes, il existe une unité appelée **volt** (V). Un volt est la différence de potentiel entre deux points d'un conducteur déterminé lorsque, pour transporter une charge d'un coulomb d'un point à l'autre, il faut fournir le travail d'un joule.

Une autre façon de définir le volt est la différence de potentiel entre deux points telle qu'un travail de 1 joule doit être effectué pour faire passer une charge de 1 coulomb d'un point à l'autre.

A ce stade, il nous suffit de comprendre que :

La tension mesure la force ou la pression avec laquelle les électrons sont conduits dans un champ électrique, et cette force provient de la différence de potentiel entre deux sources. Plus la différence est grande, plus la tension est élevée.

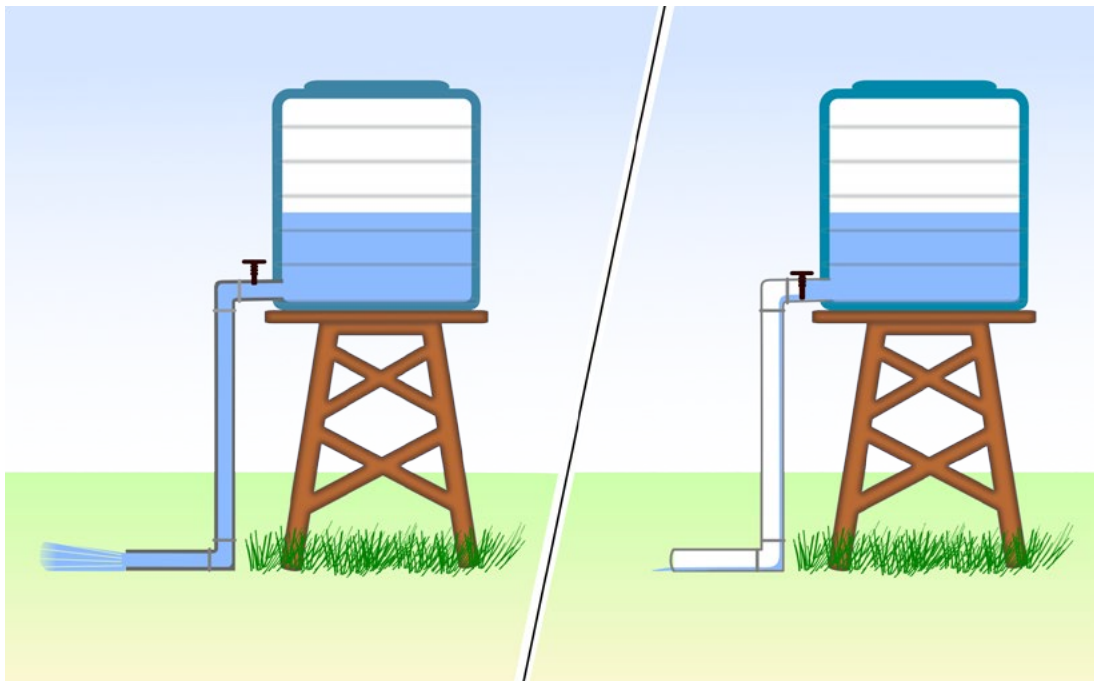


Tension inférieure

Tension supérieure

LE COURANT ÉLECTRIQUE

La quantité d'électrons qui circule dans le champ en un temps donné est ce que nous appelons **le courant électrique**. Si nous reprenons notre analogie avec un réservoir de stockage d'eau, nous pouvons imaginer qu'il existe une vanne qui laisse passer plus ou moins d'eau, c'est-à-dire que la quantité d'eau qui s'écoule peut être plus ou moins importante.

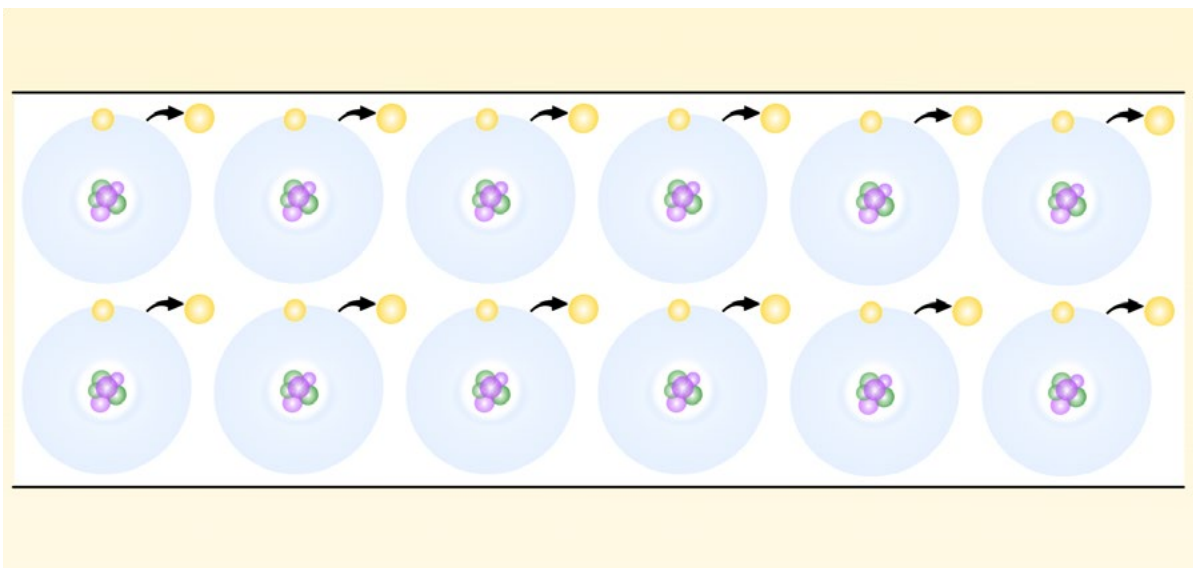


Il en va de même dans un circuit électrique, le courant peut être plus ou moins élevé en fonction du nombre d'électrons qui circulent.

L'unité de mesure de ce courant est l'ampère, (Amp) qui est défini comme ceci :

**1 ampère = 6.24×10^{18}
électrons circulant par seconde à un point déterminé.**

Nous pouvons imaginer ce qui se passe dans le câble à partir de l'illustration suivante :



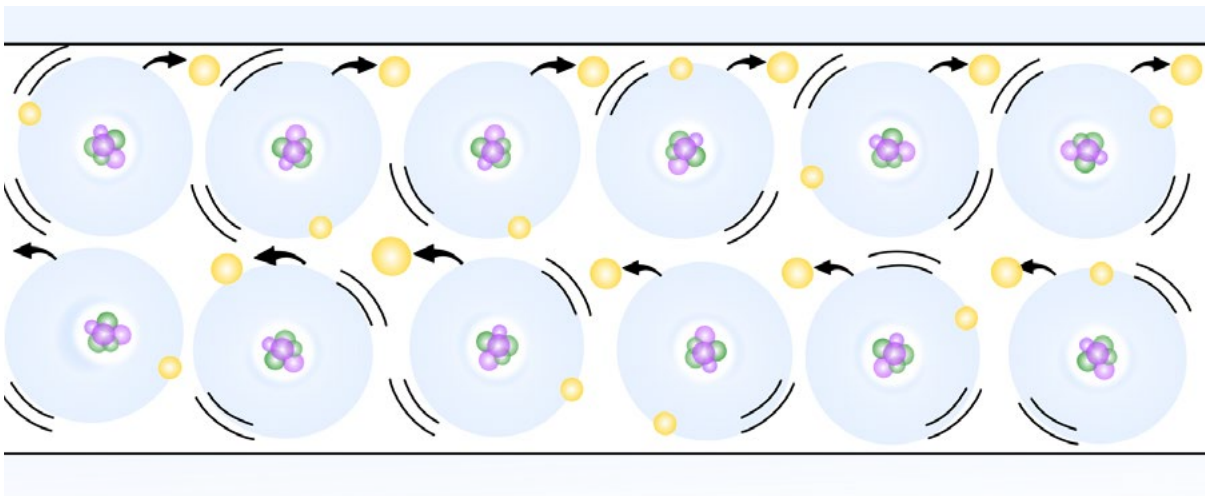
Si nous considérons les cercles comme des atomes et les petits points bleus comme des électrons, nous voyons qu'un de ces électrons est libéré et affecte l'atome voisin, qui à son tour libère des électrons vers l'atome voisin, et ainsi de suite.

LA RÉSISTANCE

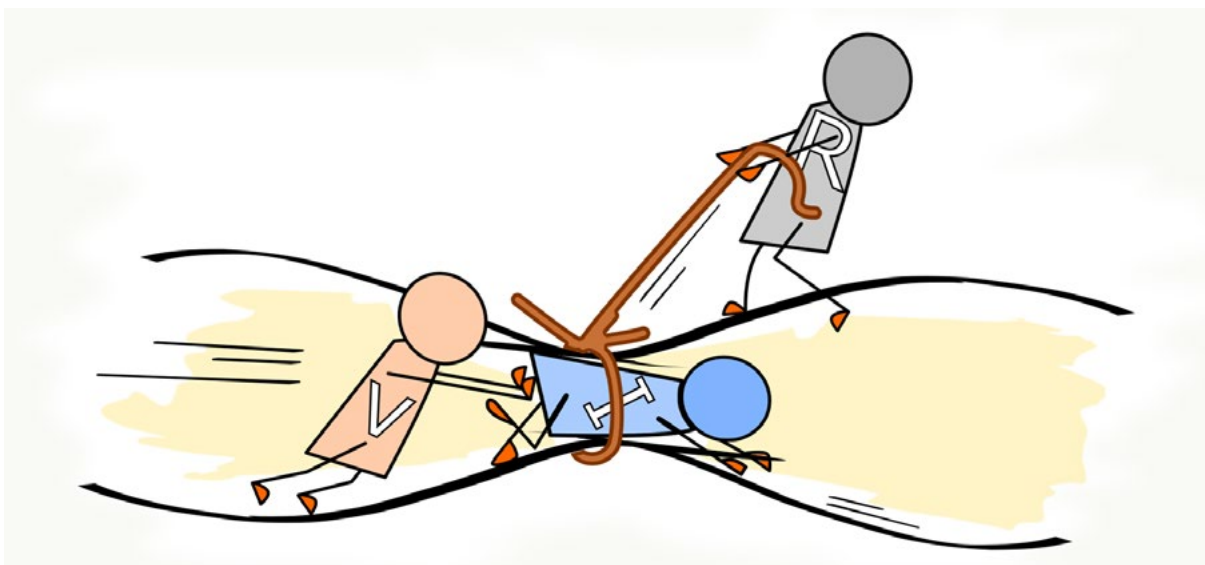
Le troisième élément que nous voyons dans notre schéma du circuit électrique simple est la résistance, qui dans ce cas est un filament qui s'allume pour produire de la lumière. La résistance est la force qui, dans une mesure plus ou moins grande, s'oppose ou entrave le passage des électrons. Si nous revenons à notre réservoir d'eau, la vanne qui laisse passer plus ou moins d'eau serait la résistance qui limite le passage du courant.

La résistance est définie comme la capacité d'un matériau à favoriser ou à arrêter le passage du courant électrique. Il est mesuré en ohms et le symbole utilisé pour le représenter est la lettre grecque oméga : Ω .

Si nous revenons à notre illustration précédente, nous verrions que certains atomes entravent le passage des électrons et que le flux est interrompu. C'est ainsi que la résistance se produit.



Le dessin suivant illustre de manière très simple les concepts de tension (V), d'ampérage (I) et de résistance (R) :



En résumé:

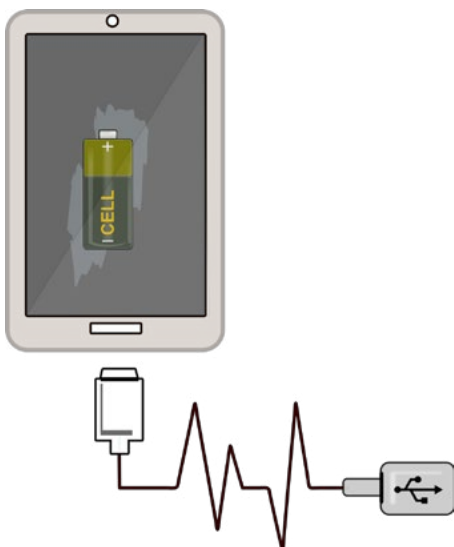
Propriété de l'électricité	Mesuré en :	Simplifié par:	Tâche dans un circuit :
Tension	Joule / Coulomb	Volt (V)	Pression générée par le flux d'électrons
Courant	Coulomb / seconde	Ampère (A)	Nombre d'électrons qui circulent
Resistance		Ohm (Ω)	Inhibe le flux d'électrons

PUISSANCE ÉLECTRIQUE

La puissance électrique est la proportion par unité de temps à laquelle l'énergie électrique est transférée par un circuit électrique, c'est-à-dire la quantité d'énergie électrique fournie à un élément ou absorbée par celui-ci à un moment donné. Sa mesure est importante pour estimer la quantité d'énergie qu'un système photovoltaïque peut fournir, ainsi que l'énergie consommée par divers appareils.

L'unité de mesure de cette puissance est le **watt**, qui équivaut à un joule par seconde. Nous pouvons calculer la puissance d'un circuit en utilisant les mesures de tension et de courant que nous connaissons déjà :

$$\text{Puissance (en watts)} = \text{Tension (en volts)} \times \text{Courant (en ampères)}$$



Prenons un exemple :

Supposons qu'un téléphone mobile en charge soit connecté à une batterie de 12,5 V. L'ampérage est de 0,5 A.

Quelle est la quantité d'énergie consommée ? Selon notre formule, nous multiplions la tension (12V) par l'ampérage (0,5A), et nous avons comme résultat : 6W.

On dit que la puissance requise par ce téléphone mobile est de 6W.

CONSOMMATION ÉLECTRIQUE

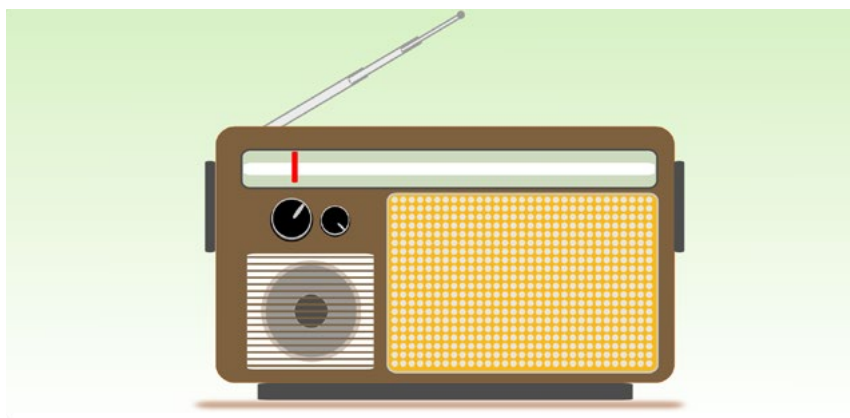
Quelle est la quantité de puissance ou d'énergie consommée? Il est logique de répondre que l'énergie que nous consommons dépend du temps qui s'écoule pendant le passage du courant.

En d'autres termes, nous connaissons la puissance requise par un appareil donné (6 W dans l'exemple ci-dessus), mais nous devons savoir quelle est la consommation électrique de cet appareil. Cela dépendra de la période pendant laquelle l'appareil reste allumé. La consommation d'énergie est calculée en watts par heure.

L'unité de mesure de la consommation d'énergie est le watt par heure (Wh). Parfois, afin de simplifier la lecture de grandes quantités, on utilise le terme kilowatt par heure / Kwh, c'est-à-dire mille watts par heure.

Pour revenir à notre exemple, si le téléphone portable est chargé pendant 3 heures, nous aurions que la consommation serait le résultat de la multiplication de la puissance (6W) par les 3 heures où il a été connecté. Nous dirons qu'à cette occasion, nous avons eu une consommation de 18 Wh.

Prenons un autre exemple :

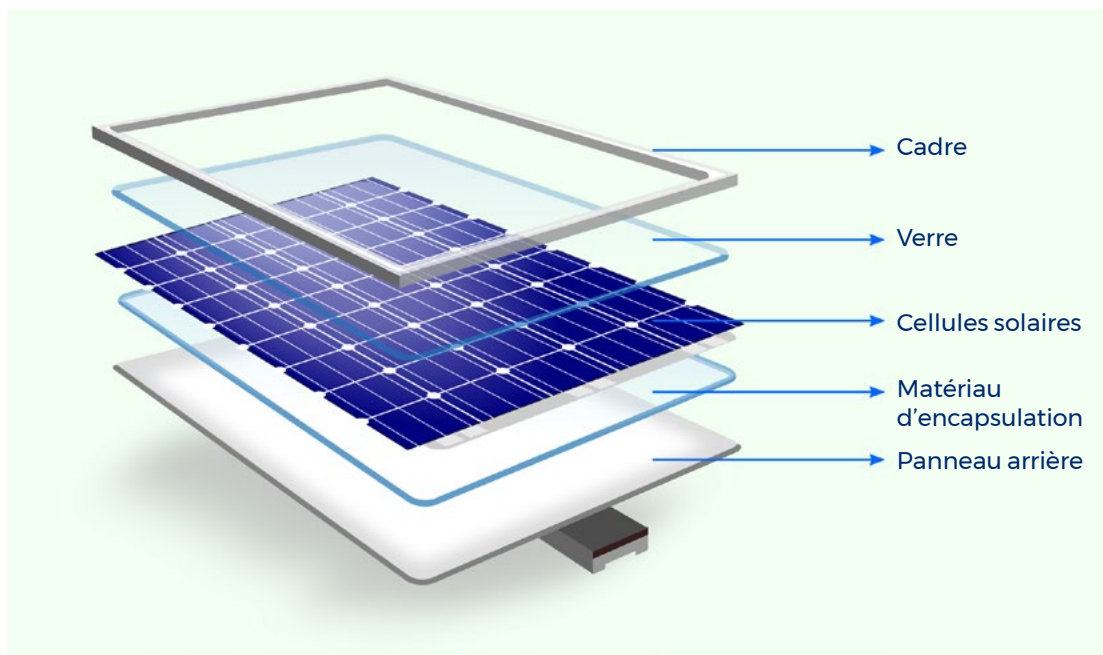


Une radio est allumée pendant 3 heures. On trouve presque toujours, au dos des appareils, une étiquette indiquant leur puissance (P). Dans ce cas, il est indiqué que la radio consomme une puissance de 7W. Si l'on multiplie la puissance par le nombre d'heures, on constate que cette radio a consommé 21 Wh (7W x 3h).

1.2. PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

Maintenant que nous avons une notion plus claire de l'électricité et du courant électrique, nous allons voir comment les panneaux photovoltaïques produisent de l'électricité à partir de la lumière du soleil.

Les panneaux photovoltaïques sont en fait un ensemble de cellules solaires, dont nous verrons le fonctionnement plus en détail plus tard. L'illustration ci-dessous montre comment ces panneaux sont construits.

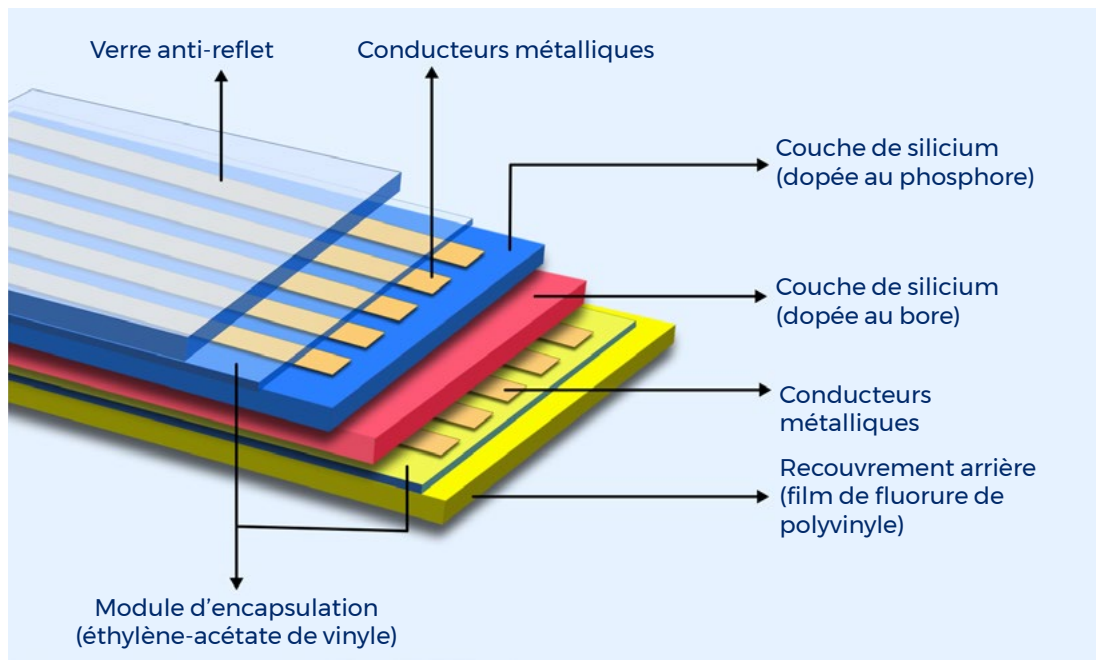


Comme on peut le voir sur l'illustration, les cellules solaires qui composent le panneau sont recouvertes d'une couche de verre, qui les protège de la pluie et de la poussière. Mais, comme nous l'avons dit, la captation de la lumière du soleil pour la transformer en énergie électrique se fait dans les cellules solaires. Comment cela est-il possible ?

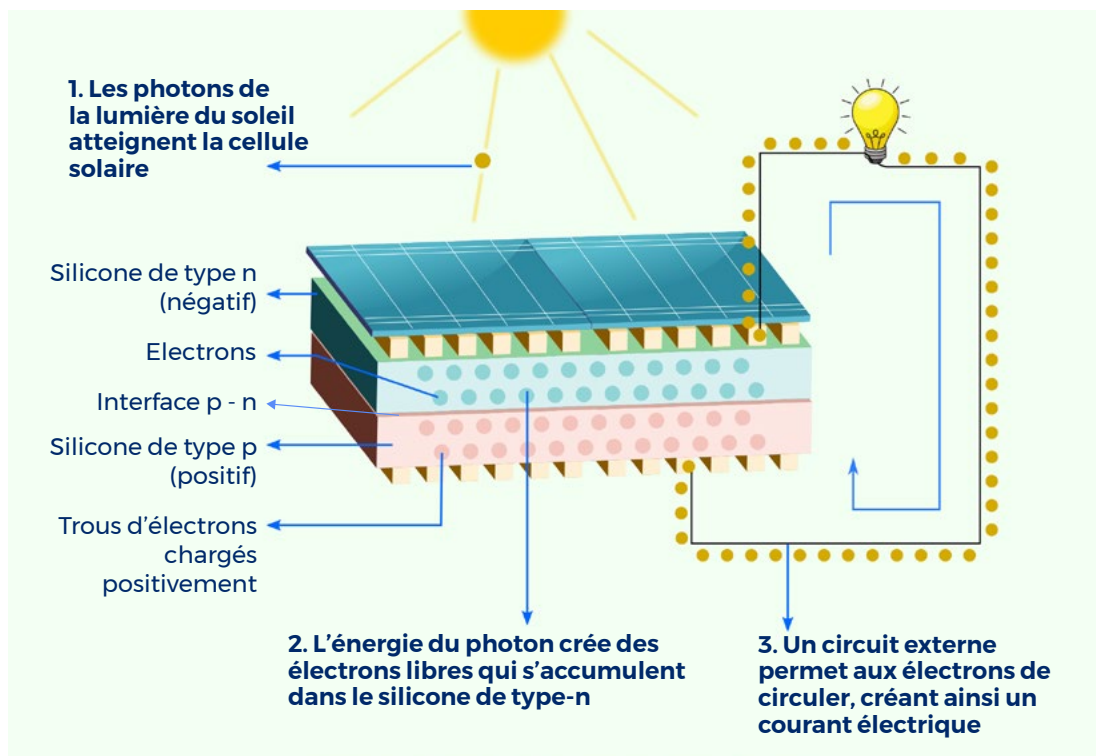
Les cellules solaires sont constituées d'un élément chimique qui a la propriété de libérer des électrons lorsqu'il reçoit les photons ou particules contenus dans la lumière du soleil. Cet élément est le silicium, qui est à la base de la matière que nous connaissons sous le nom de silicone. Or, les cellules sont constituées de deux couches ou sections de silicium, dont la structure atomique a été modifiée différemment par l'ajout de phosphore dans un cas ("dopé" est le terme utilisé par les scientifiques), et de bore dans l'autre. La couche dans laquelle les photons entrent en collision (couche n) contient

des électrons libres supplémentaires, sous cette couche se trouve la couche p dans laquelle il y a des trous en excès ou des espaces vides laissés par certains électrons et qui est chargée positivement. En combinant les deux couches, on crée un champ électrique qui ne permet pas aux électrons de se déplacer dans plus d'une direction, ce qui génère un courant électrique.

Voyons comment sont construites les cellules solaires :



Dans cette autre illustration, nous pouvons voir comment fonctionnent les panneaux photovoltaïques :





2.

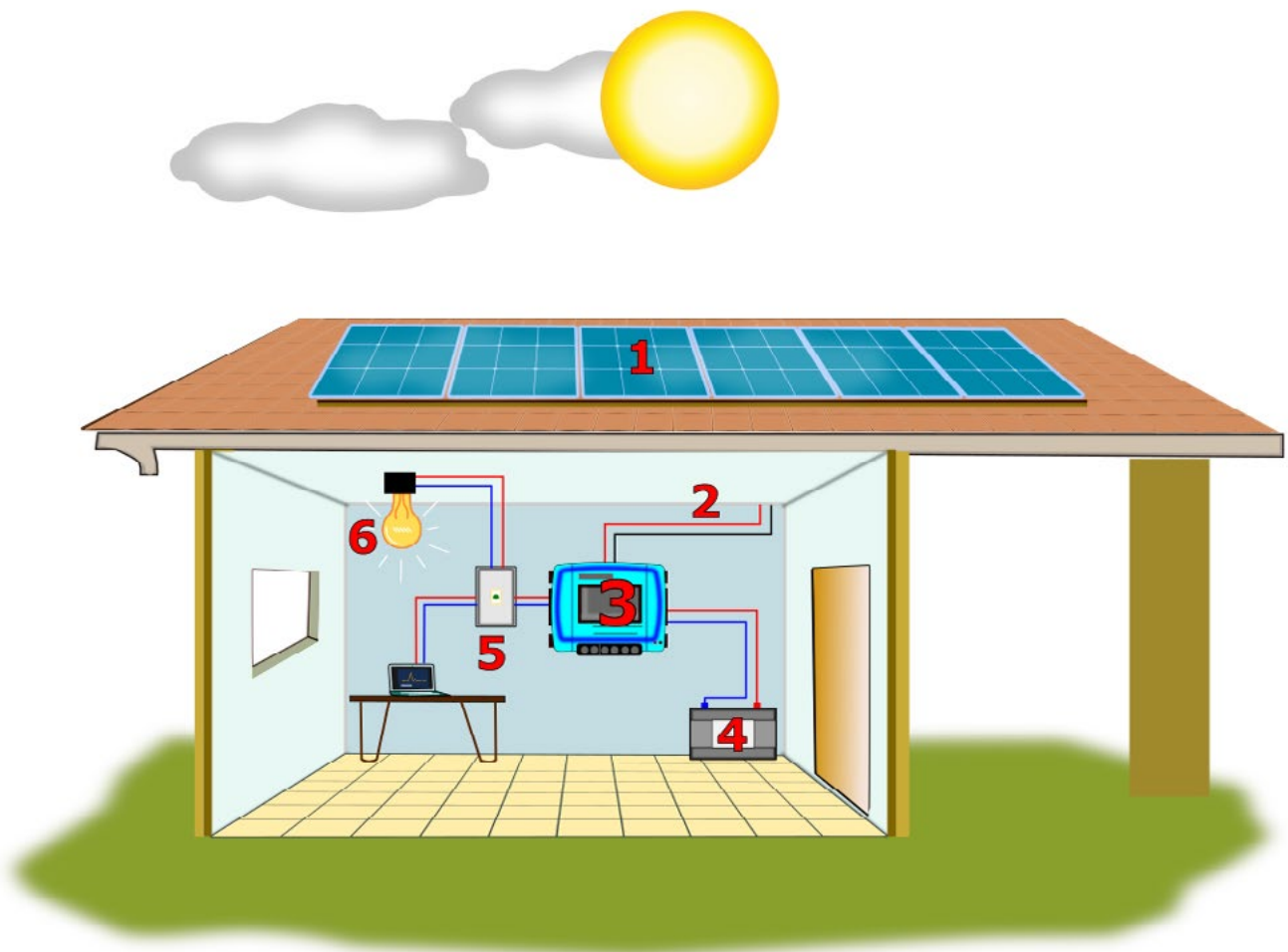
LES BONNES PRATIQUES EN MATIÈRE DE SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES

2.

LES BONNES PRATIQUES EN MATIÈRE DE SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES

Dans cette section, nous allons présenter quelques idées et concepts importants sur les différents composants d'un système photovoltaïque. Ces idées seront très utiles pour planifier et dimensionner notre système, en termes de capacité à produire l'énergie qui répond à nos besoins de consommation. Ils sont également importants pour guider nos décisions quant au choix des équipements à utiliser et à leur entretien pour une efficacité maximale.

Revenons à l'illustration montrant les principaux composants d'un système PV.



Nous allons tenter de répondre aux questions suivantes pour chacun des composants du système.

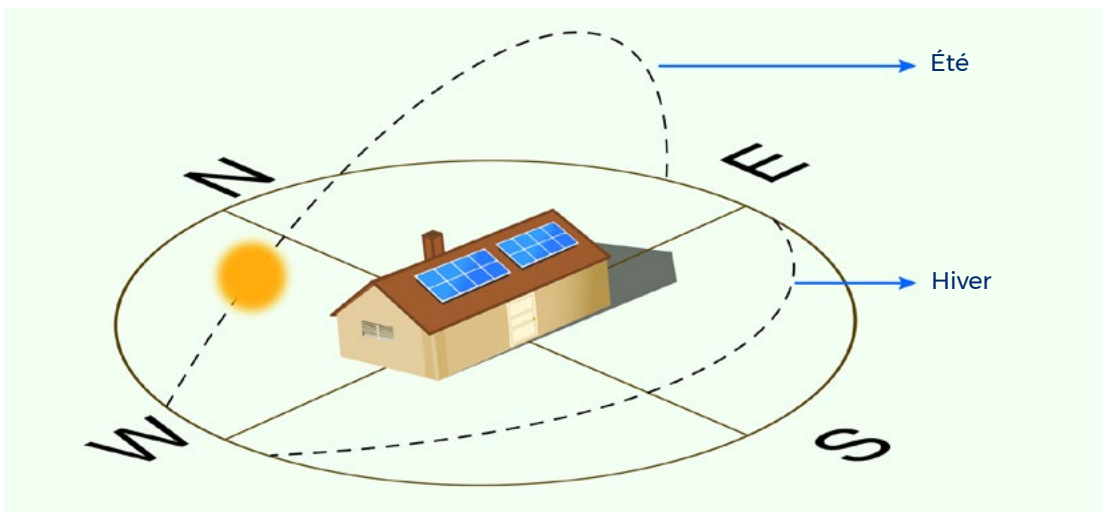
- 1. Les panneaux solaires :** Comment utiliser au mieux la lumière du soleil ? Quelles sont les précautions à prendre pour l'entretien des panneaux?
- 2. Câbles :** Comment choisir l'épaisseur des câbles afin d'avoir le moins de perte d'énergie possible?
- 3. Contrôleur de charge :** Quel type de contrôleur est le plus approprié?
- 4. Piles :** Quels sont les types de piles? Laquelle est la plus pratique?
- 5. Charge électrique :** convertisseurs DC-DC et AC-DC, inverseurs DC-AC. Lequel est le plus avantageux?

Les réponses à ces questions peuvent nous aider à rendre notre système aussi efficace que possible, et à réduire au minimum les pertes d'énergie associées à chacun de ces composants.

2.1 LES PANNEAUX SOLAIRES

LE POSITIONNEMENT

Le positionnement de nos panneaux solaires est le premier aspect à prendre en compte, cela dépendra de la quantité de lumière solaire que nous recevrons. Comme nous le savons, en raison de l'inclinaison de la terre et de sa rotation autour du soleil, tout au long de l'année, le soleil change de trajectoire sur l'horizon.



Ainsi, la quantité de lumière qui peut atteindre le panneau varie non seulement au cours de la journée, mais aussi au cours de l'année. Et cette trajectoire du soleil est variable, en fonction de notre position sur la terre.

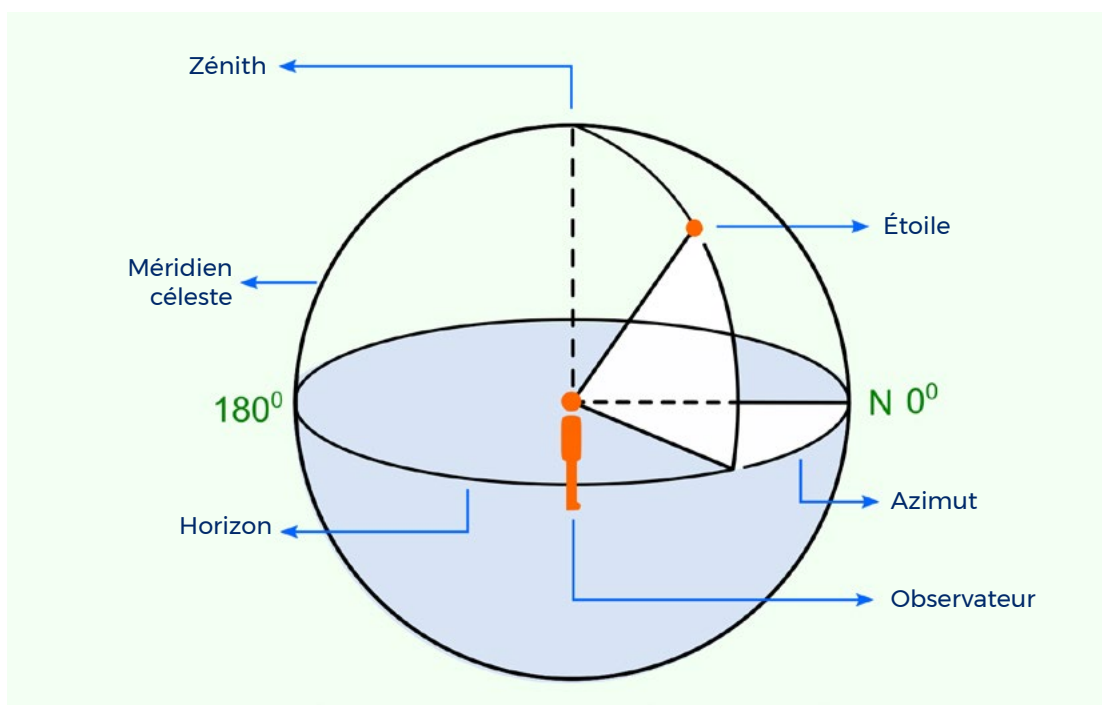
Deux facteurs fondamentaux interviennent dans le positionnement de nos panneaux : l'orientation et l'inclinaison.

L'ORIENTATION

L'orientation ou la direction dépend du fait que l'on se trouve dans l'hémisphère nord ou sud de la terre.

Pour maximiser la production d'énergie, si nous sommes dans l'hémisphère nord, les panneaux doivent être installés face au sud, c'est-à-dire avec l'angle appelé Azimut à 180° . En revanche, si nous sommes dans l'hémisphère sud, l'orientation idéale est vers le nord, avec 0° d'Azimut.

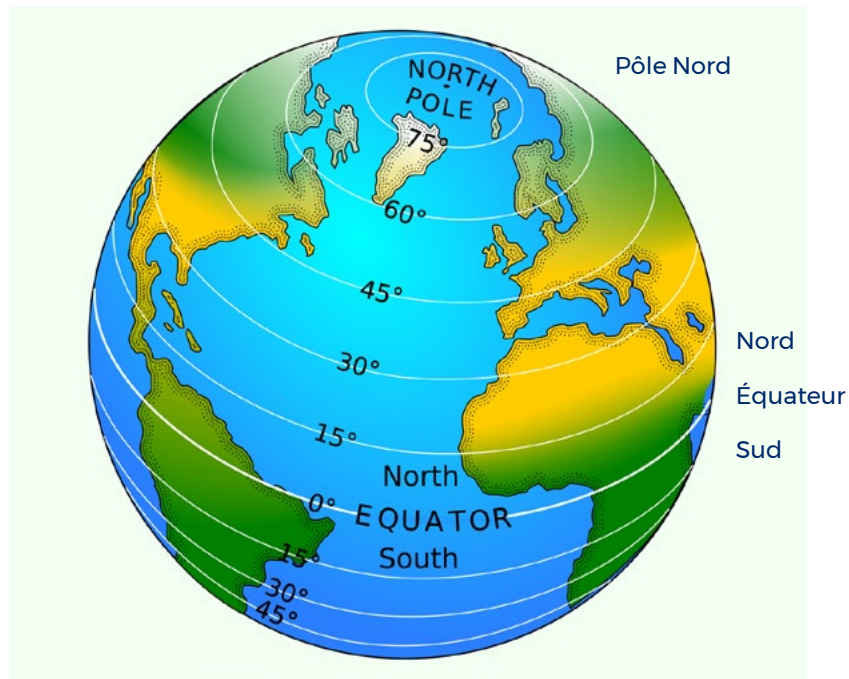
Comme on peut le voir sur le schéma suivant, l'Azimut est l'angle formé par le Nord géographique et un corps céleste, mesuré dans le sens des aiguilles d'une montre autour de l'horizon de l'observateur.



Hémisphère nord : orientation sud
Hémisphère sud : orientation nord

L'INCLINAISON

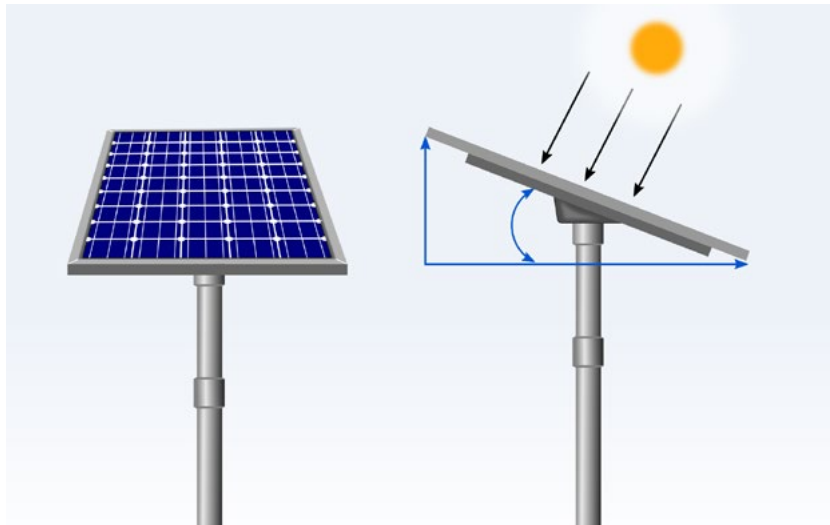
L'*inclinaison* idéale du panneau est variable en fonction de chaque emplacement spécifique et dépend de la latitude géographique en un point donné de la terre. La latitude est la distance angulaire entre l'équateur et un point donné de la Terre, mesurée le long du méridien sur lequel se trouve ce point. Selon l'hémisphère dans lequel se trouve le point, il peut s'agir d'une latitude nord ou sud.



La forme et l'inclinaison de la terre font que la lumière du soleil atteint différemment les différents points du globe. En outre, comme il se déplace autour du soleil au cours de l'année, les jours sont plus longs en été et plus courts en hiver.

Gardons à l'esprit une règle de base pour déterminer l'inclinaison des panneaux :

Plus le soleil est perpendiculaire à notre panneau solaire, plus il recevra d'énergie et plus le panneau produira d'électricité.



Selon la latitude à laquelle nous nous trouvons et pour que, le soleil frappe les panneaux perpendiculairement quand il se trouve au point le plus haut de l'horizon, l'angle d'inclinaison que nous devons utiliser variera.

Il existe de nombreuses ressources sur Internet avec des grilles d'inclinaison pour différentes régions et villes. Pour calculer l'inclinaison idéale de nos panneaux, il existe la formule suivante :

a) Pour la saison d'hiver

En hiver, lorsqu'il y a moins de soleil, prenez votre latitude, multipliez-la par 0,9 et ajoutez 29 degrés.

Par exemple : si votre latitude est de 40 degrés, l'angle que vous souhaitez donner à vos panneaux en hiver est de : $(40 * 0,9) + 29 = 65$ degrés.

b) Pour la saison d'été

Prenez votre latitude, multipliez-la par 0,9 et soustrayez 23,5 degrés.

Par exemple : si votre latitude est de 40 degrés, vos panneaux doivent être inclinés à : $(40 * 0,9) - 23,5 = 12,5$ degrés.

c) Pour le printemps et l'automne

Prenez votre latitude et soustrayez 2,5 degrés.

Par exemple : si votre latitude est de 40 degrés, la meilleure inclinaison pour vos panneaux au printemps et en automne est : $40 - 2,5 = 37,5$ degrés.

Comme les panneaux sont souvent fixes et que nous ne pouvons pas faire varier leur inclinaison tout au long de l'année, il est utile de considérer que la production d'électricité variera en fonction de la période de l'année. Dans ces occasions, il peut être approprié de faire la moyenne des valeurs pour chaque saison.

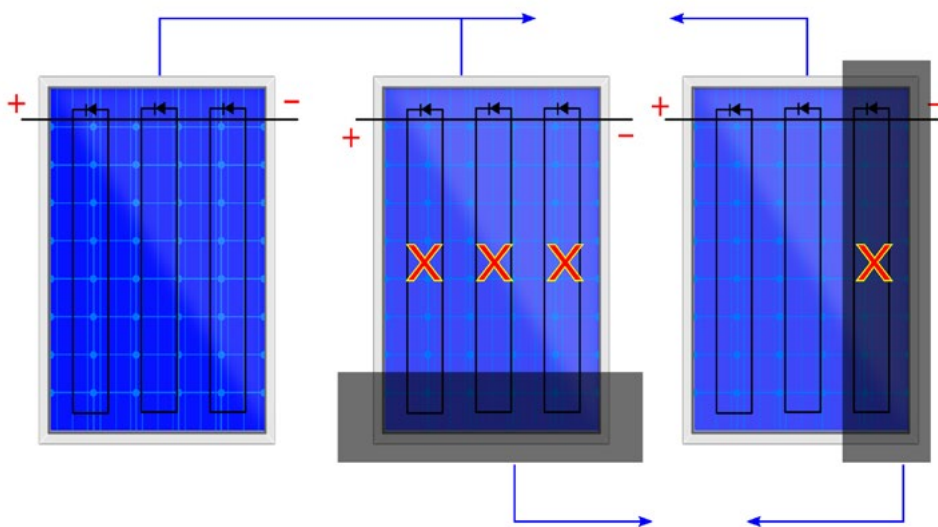
EVITER LES ZONES D'OMBRE

Un autre aspect important à prendre en compte est que les panneaux solaires ne doivent idéalement jamais se trouver à l'ombre. Il est important de garder à l'esprit que les ombres sur les panneaux solaires ont un impact négatif sur la performance du système photovoltaïque. N'oubliez pas que les panneaux sont composés de cellules et que lorsqu'une ou plusieurs cellules sont affectées par l'ombrage, le flux d'électrons est modifié et peut prendre la direction opposée, ce qui entraîne une perte d'énergie et la détérioration des composants du système.

Il est parfois impossible d'éviter complètement les ombres dans une zone d'un ou plusieurs panneaux. Pour cette raison, les panneaux sont équipés d'un dispositif appelé diode, qui a pour fonction d'empêcher le passage du courant inverse, de "sauter" les cellules affectées par l'ombrage et de rediriger le courant électrique. Ces diodes sont activées lorsqu'une cellule solaire ne peut pas générer de tension positive en raison de l'ombrage.

Dans l'illustration suivante, nous pouvons voir trois situations de nos panneaux par rapport à l'ombrage. Les diodes sont représentées par les petites flèches en haut du panneau.

- À l'extrême gauche, nous voyons un panneau qui n'est pas affecté par l'ombrage.
- Au milieu, nous voyons un panneau où l'ombre tombe horizontalement sur certaines cellules, mais la performance de l'ensemble du panneau est affectée.
- À droite, nous voyons l'ombre verticalement, n'affectant qu'une partie du panneau.



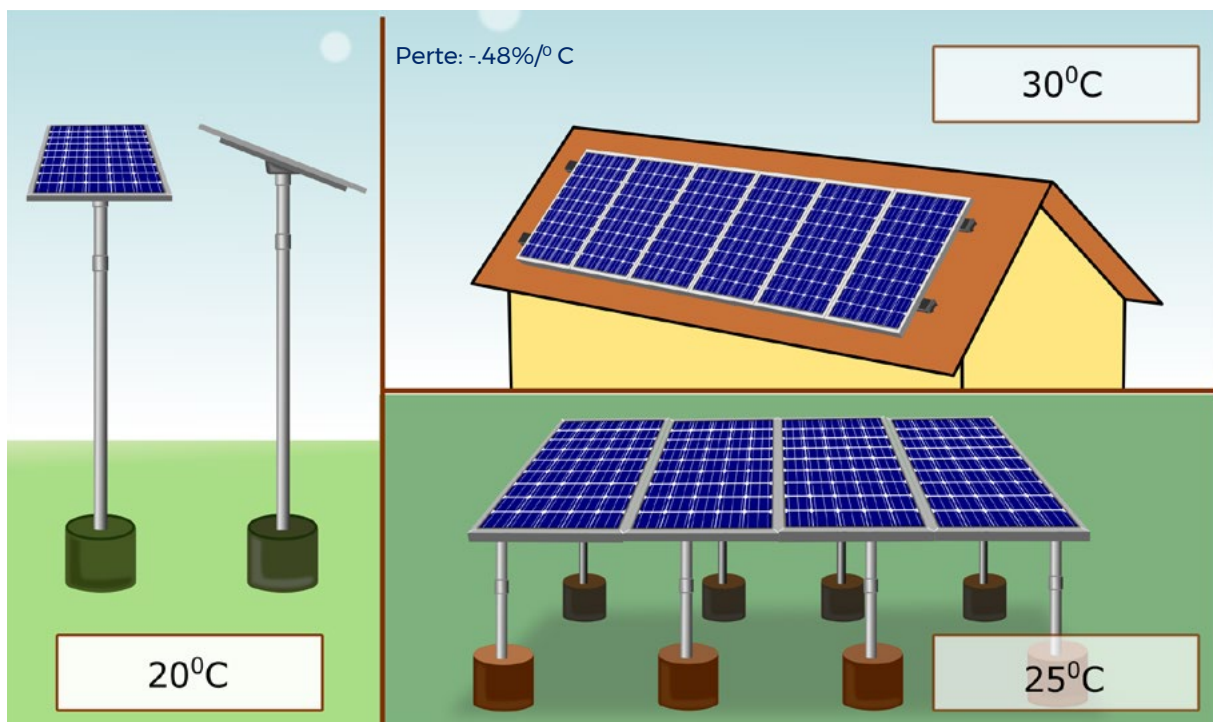
Ombres et panneaux solaires

MONTAGE DU PANNEAU ET TEMPÉRATURE

Un autre aspect à prendre en compte est la température, qui dérive du type de montage que nous utilisons pour nos panneaux, car plus la température est élevée, plus la résistance est grande. En d'autres termes, les pertes sont plus importantes lorsque la température est plus élevée et vice versa.

Dans l'illustration suivante, nous pouvons voir trois types de montage :

- Dans le premier cas, panneaux sur poteaux, la température qui est générée est de 20° C.
- An bas à droite, nous avons des panneaux sur une base au niveau du sol. Ici la température est de 25° C.
- En haut à droite, nous voyons des panneaux placés directement sur la toiture et la température monte à 30° C.



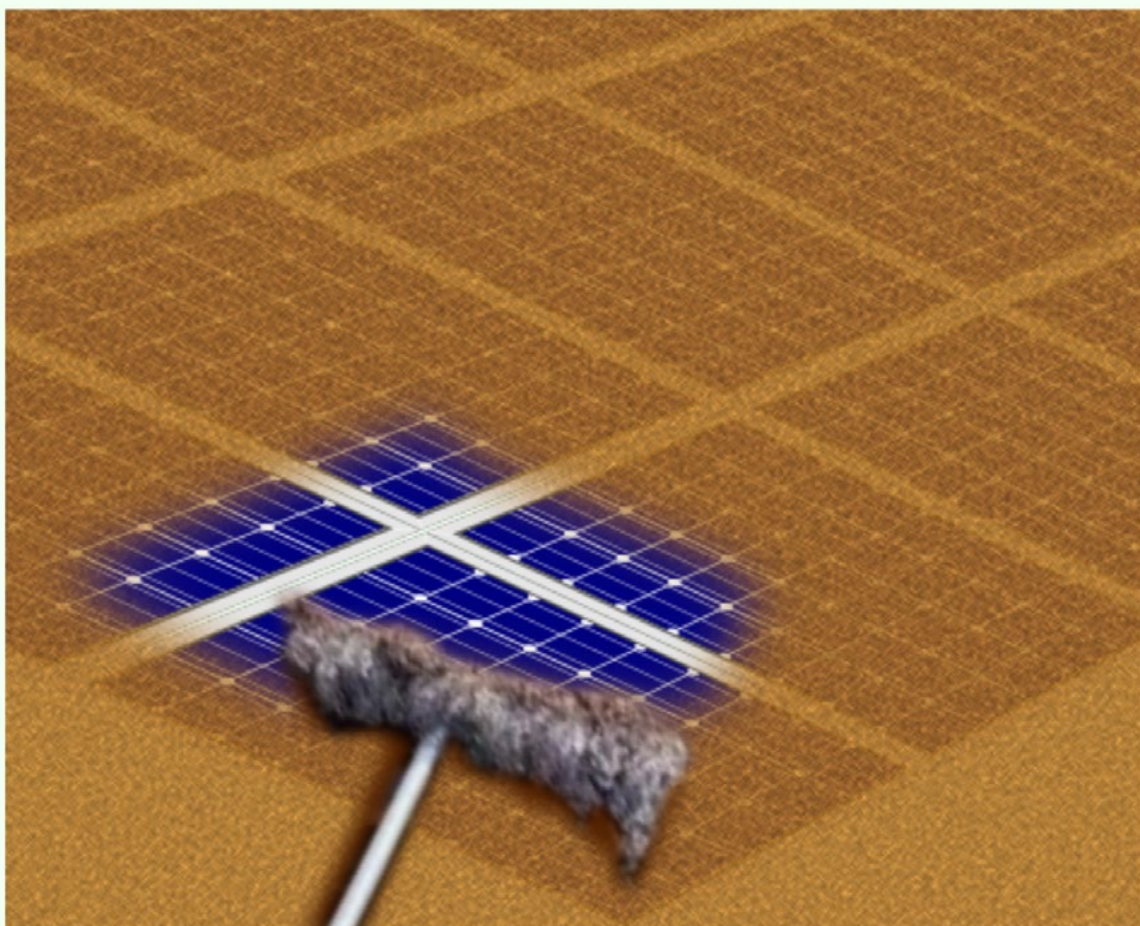
Augmentation de la température en fonction du système de montage

On estime que la température peut entraîner une perte de près d'un demi-point de pourcentage (0,48 %) par degré Celsius de température.

POUSSIÈRE ACCUMULÉE SUR LE PANNEAU

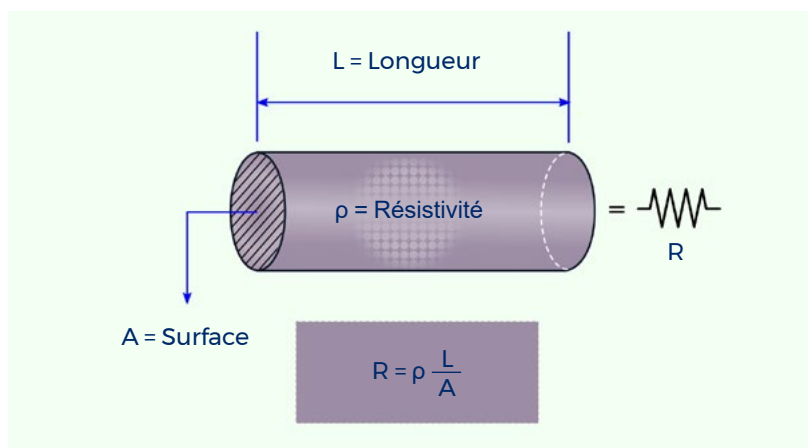
Un autre facteur de perte d'énergie possible est la poussière qui s'accumule sur la surface du panneau. Pour cette raison, en fonction des conditions spécifiques du territoire où nous nous trouvons, il est conseillé de nettoyer la surface des panneaux avec une certaine fréquence. Ce nettoyage peut être effectué avec de l'eau ou éventuellement un peu de savon. Si nécessaire, un peu d'alcool peut être utilisé.

On estime que les panneaux qui sont nettoyés chaque semaine ne perdent que 1 % de leur énergie à cause de la poussière qui s'accumule. Si les panneaux ne sont pas nettoyés, la perte peut atteindre 50 %. En fonction des conditions de vent et de poussière que subissent les panneaux sur le site où ils se trouvent, avec un entretien bimensuel, les pertes peuvent aller de 3 à 7 %.



2.2 CÂBLAGE

Un autre facteur important à prendre en compte est la taille appropriée des câbles que nous utilisons, car il existe une relation entre la résistance du matériau lui-même, la distance ou la longueur du câble que nous utilisons et la surface (épaisseur) du câble. Tout ceci est une fonction de l'ampérage du courant qui sera transporté.



Le matériau dont sont faits les câbles a une certaine résistance (résistivité dans l'illustration). Normalement, on utilise du cuivre, qui a une faible résistivité. Cependant, plus le câble est long, plus la résistance est élevée et donc plus la perte d'énergie est importante. Cette perte peut être compensée en augmentant la superficie ou la surface du câble.

Le tableau suivant indique quel câble doit être utilisé, en fonction de sa surface, pour différents ampérages et longueurs.

Courant max.	1 mètre	1-2 mètres	2-3 mètres	3-5 mètres	5-7 mètres	7-10 mètres
1-20A	4mm ²	4mm ²	4mm ²	4mm ²	6mm ²	6mm ²
20-30A	4mm ²	4mm ²	6mm ²	6mm ²	10mm ²	16mm ²
30-40A	4mm ²	4mm ²	6mm ²	10mm ²	16mm ²	16mm ²
40-60A	6mm ²	6mm ²	10mm ²	16mm ²	16mm ²	21mm ²
60-100A	10mm ²	16mm ²	16mm ²	21mm ²	21mm ²	35mm ²

On estime que dans le câblage de notre système, nous aurons une perte d'environ 4%.

2.3 CONTRÔLEURS DE CHARGE

Le régulateur de charge est un dispositif essentiel pour le fonctionnement d'une installation photovoltaïque. Sa fonction est de réguler le flux d'énergie des panneaux vers les batteries pour éviter les surcharges. Il contrôle à la fois l'intensité et la tension que reçoivent les batteries, afin que la recharge se fasse dans des conditions optimales et n'endommage pas les batteries.

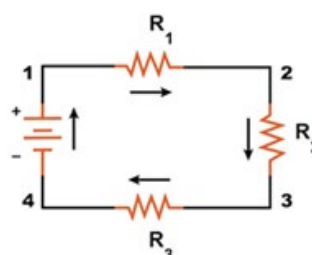
Il existe différents types de contrôleurs. Il est important de connaître les deux types les plus courants et de les comparer entre eux. Le tableau suivant présente de manière comparative les principales caractéristiques de ces types.

Types de régulateurs de charge

Modulation de largeur d'impulsion (Pulse width modulation PWM)	Suiveur de point de puissance maximale (Maximum power point tracking MPPT)
Mesure la tension et la température du banc de batteries	Mesure la tension et la température du banc de batteries
Ne peut pas faire varier la tension de la source photovoltaïque (panneaux).	La tension de la source photovoltaïque (panneaux) peut être contrôlée.
Le type et la disposition des modules doivent être conçus en fonction de la tension de la batterie.	Accepte une variété de types de modules et de configurations en série et en parallèle (voir ci-dessous).
Moins cher	Il peut coûter 1,5 à 2 fois le coût du PWM.
Cela dépend de la disponibilité de panneaux solaires ayant la bonne tension.	Le dispositif doit être disponible
Un petit système a plus d'avantages avec ce type de contrôleur.	Si le système est plus grand, les avantages de ce type de contrôleur sont plus importants.

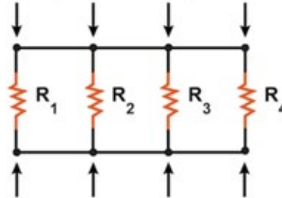
CONFIGURATIONS EN SÉRIE ET EN PARALLÈLE

Dans un **circuit en série**, tous les composants sont connectés bout à bout pour former un seul parcours pour le flux de courant. Lorsque les éléments du circuit sont connectés en série, les tensions ou les résistances s'additionnent. Par exemple, deux batteries de 12 volts connectées en série fournissent 24 volts.



Dans un **circuit en parallèle**, tous les composants sont reliés entre eux par au moins deux nœuds électriquement communs avec la même tension à chaque composant. Dans les circuits parallèles, la résistance ou la tension reste la même.

Ces points sont électriquement communs



Ces points sont électriquement communs

2.4 LES BATTERIES

Les batteries sont le composant le plus coûteux d'un système photovoltaïque et sont fabriquées à partir de matériaux très polluants. Pour ces raisons, il est nécessaire de prendre un soin extrême à les manipuler correctement afin de prolonger leur durée de vie le plus longtemps possible.

Avant de faire connaissance avec les différents types de piles, ainsi qu'avec certains de leurs avantages et inconvénients, voyons quelques notions de base sur les aspects les plus critiques des piles, dont il faut tenir compte tant pour le choix des équipements que pour leur protection. Un choix inapproprié peut entraîner une réduction drastique de la durée de vie de la batterie.

Les batteries ont un cycle de vie, c'est-à-dire un certain nombre de cycles de charge et de décharge. Une bonne gestion de la batterie prolonge ce cycle de vie.

Certains aspects à prendre en compte pour la protection des batteries sont les suivants :

- **Profondeur de décharge (DoD)**

Les batteries utilisées dans les systèmes photovoltaïques ont une limite de capacité de décharge. C'est-à-dire qu'ils doivent conserver une certaine quantité d'énergie et ne pas se décharger complètement, c'est ce qu'on appelle la profondeur de décharge. Une décharge supérieure à celle tolérée peut endommager nos équipements et réduire leur durée de vie. Il faut veiller à respecter les spécifications de chaque batterie en termes de profondeur de décharge. Normalement, les manuels qui accompagnent cet équipement présentent ces informations de manière très claire. Lors du dimensionnement de notre système photovoltaïque, nous devons tenir compte du fait que nous ne serons pas en mesure d'utiliser toute l'énergie stockée.

- **La charge appropriée**

Chaque batterie a un courant maximal et une tension maximale qu'elle peut accepter pour la charge, car la tension affecte la température de la batterie. Comme nous le verrons, certaines batteries peuvent supporter des quantités plus importantes de courant et de tension et sont moins affectées par la température. Les contrôleurs de charge reconnaissent généralement le type de batterie connecté, mais il est important d'en être sûr, car une batterie de technologie plus récente peut ne pas être reconnue par le contrôleur.

- **Décharge appropriée**

Comme pour la charge, chaque batterie a également un courant de décharge maximal, une limite qui doit être respectée pour éviter d'endommager la batterie.

- **Température**

Cet aspect est extrêmement important. Les températures élevées affectent le cycle de vie et les performances de la batterie. On estime qu'une augmentation de 10 degrés de la température tolérée peut réduire de moitié la durée de vie de la batterie. Il faut donc veiller à ce que l'endroit où sont placées les piles soit suffisamment frais et éviter les endroits où la température augmente.

- **Entretien**

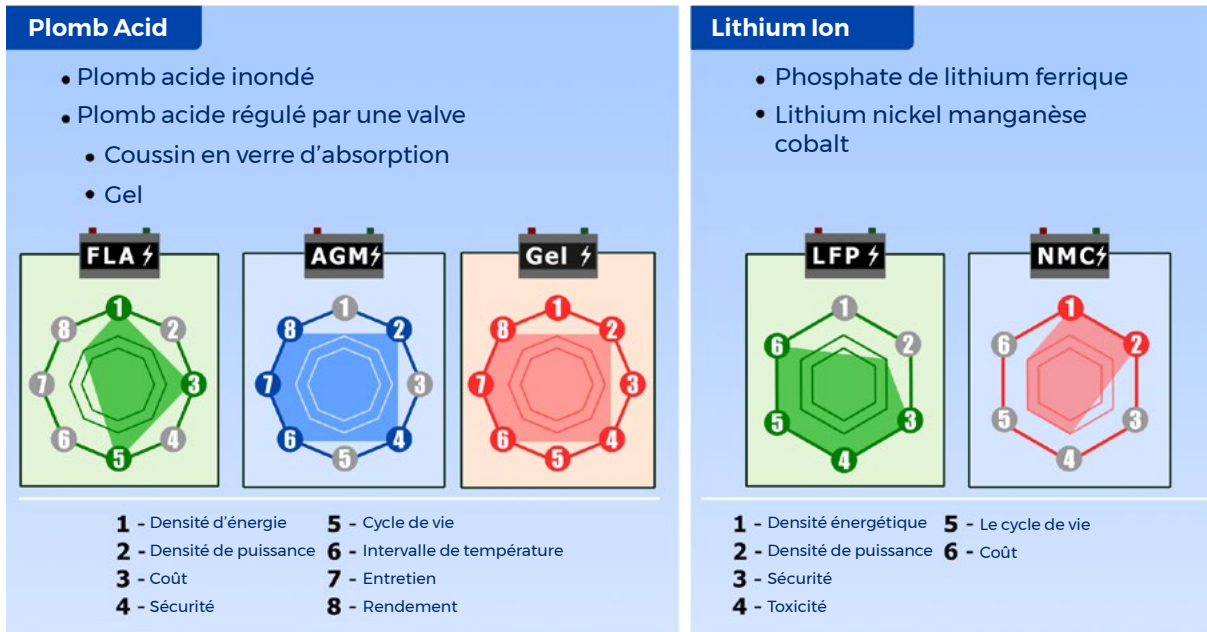
Chaque type de batterie a des besoins d'entretien différents, dont il faut tenir compte lors de la sélection de l'équipement le plus adapté à vos besoins. Un mauvais entretien peut rapidement endommager la batterie.

La connexion en parallèle des batteries n'est pas recommandée.

TYPES DE BATTERIES

Il existe de nombreux types de batteries, mais on distingue deux grands groupes : les batteries "Lead Acid" (Plomb-acide) et les batteries "Lithium Ion" (Ion de lithium). Les premières sont encore les plus utilisées, bien que les piles au lithium-ion ne soient apparues que récemment et que leur utilisation commence à se répandre. Ces deux groupes sont subdivisés en différents types, ce qui donne lieu à une multitude de possibilités pour choisir les piles qui répondent le mieux à nos besoins spécifiques.

Le diagramme suivant compare certaines caractéristiques générales de ces types et sous-types de batteries.



Les batteries de type FLA sont les plus simples, les moins chères et les plus durables, et sont donc les plus utilisées. Elles ont également l'avantage de tolérer une bonne profondeur de décharge. Ce type de batterie est l'équipement standard des systèmes photovoltaïques.

Les batteries VRLA, contrairement aux batteries FLA, ne nécessitent aucun entretien, c'est-à-dire que, comme elles sont constituées d'un matériau solide qui ne s'évapore pas, il n'est pas nécessaire de remplacer les matériaux perdus.

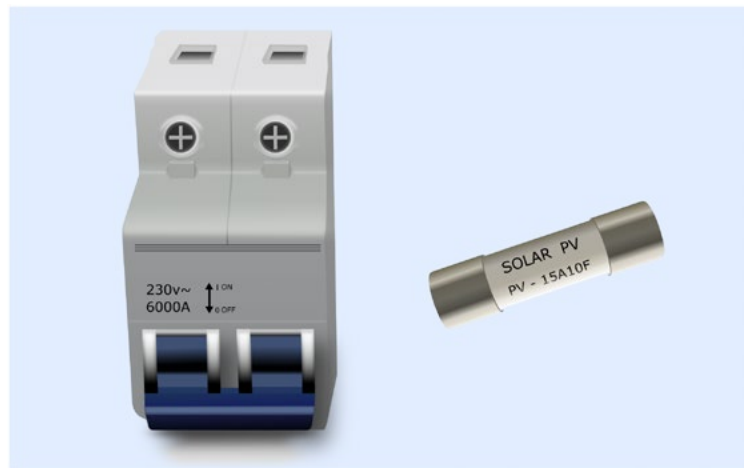
Le groupe de batteries VRLA est encore subdivisé en AGM et GEL. Les batteries AGM ont l'avantage d'avoir des taux de charge et de décharge plus élevés que les autres. Elles conviennent lorsque de grandes quantités d'énergie doivent être manipulées sans affecter leur durabilité. En outre, ils sont de petite taille. Le type GEL ne nécessite pas de positionnement spécifique parce qu'il ne contient pas de liquide.

Les batteries à base de lithium (lithium-ion) sont apparues récemment et présentent certains avantages par rapport aux batteries au plomb. Il existe de nombreux types de ces nouvelles batteries, mais dans le graphique, nous en indiquons deux qui apparaissent comme les plus avantageuses pour les systèmes photovoltaïques autonomes. L'un d'eux est le LFP, qui a la particularité d'avoir un cycle de vie plus long que les autres types et le coût par kWh est moins élevé. Il contient moins de substances toxiques pour l'environnement et est moins susceptible de surchauffer. Un autre avantage des batteries LFP est que leurs composants sont remplaçables, c'est-à-dire qu'elles peuvent être réparées en remplaçant un composant, contrairement aux batteries plomb-acide.

Les batteries NMC, en revanche, peuvent gérer de grandes quantités d'énergie en peu de temps. Ce type de batterie est utilisé dans des technologies très sophistiquées, comme les voitures Tesla, par exemple.

2.5 DISPOSITIFS DE PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS (OCPD)

Pour la protection des batteries et du système en général, il existe ces dispositifs qui interrompent le circuit en cas de surcharge (court-circuit). Il existe des disjoncteurs et des fusibles, qui ont une fonction similaire. Dans le cas des fusibles, lorsqu'il y a une décharge, il est nécessaire de le remplacer car il devient inutilisable. Les disjoncteurs ont la capacité de couper le circuit lorsqu'il y a une décharge, mais ils n'ont pas besoin d'être remplacés et il suffit de les reconnecter. Il s'agit de dispositifs très simples mais qui offrent une grande protection aux équipements.



Disjoncteur

Fusible

2.6 TYPES DE CHARGE ET CONVERTISSEURS

La charge produite par le système PV est un courant continu. Normalement, les appareils tels que les routeurs, les antennes, les téléphones mobiles ou les ordinateurs personnels fonctionnent avec du courant continu. Pratiquement tous les appareils électroniques ont besoin d'un convertisseur de courant alternatif (AC) en courant continu (DC) pour alimenter les circuits intégrés et autres composants qui fonctionnent généralement en courant continu. Dans le cas des systèmes photovoltaïques, cette conversion est inutile pour ces dispositifs. Par exemple, si vous disposez d'une batterie de 12 V et que le routeur fonctionne également en 12 V, il est possible de le connecter directement à la batterie (en faisant attention à la polarité, qui est très importante dans les circuits en courant continu).

Cependant, il est possible que différents appareils traitent des tensions continues différentes, ce qui rend nécessaire un convertisseur DC-DC, avec lequel nous pouvons ajuster la tension à la tension requise par les différents appareils. Ces convertisseurs DC-DC peuvent être de deux types :

- **Convertisseur abaisseur** : Lorsque la tension d'entrée est supérieure à la tension de sortie.
- **Convertisseur élévateur** : Lorsque l'entrée a une tension inférieure à celle de la sortie.

Les onduleurs ont une fonction différente : ils convertissent le courant continu (DC) en courant alternatif (AC). Ces appareils sont coûteux mais sont parfois nécessaires lorsque l'équipement que nous devons connecter ne fonctionne qu'en courant alternatif.

Si les appareils fonctionnent en courant continu, il sera plus économique d'utiliser un convertisseur CC-CC, afin d'avoir des tensions différentes, que d'inverser le courant de CC à CA, pour le reconvertir ensuite en DC.



3.

GUIDE PRATIQUE POUR LE DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE

3.

GUIDE PRATIQUE POUR LE DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE

ÉTAPE 1. ÉVALUER LA DEMANDE D'ÉNERGIE

a) Identifiez les appareils à alimenter :

- Trois lampes LED de 3 watts. Chacune est utilisée pendant 4 heures par jour.
- Un ordinateur portable utilisé 8 heures par jour et dont la consommation électrique instantanée moyenne est de 15 watts.

Attention :

L'utilisation d'une alimentation en courant continu pour l'ordinateur portable représente une amélioration considérable de l'efficacité par rapport à un convertisseur de DC en AC produisant 230 V de AC (80% d'efficacité), suivi d'une alimentation standard de AC en DC (80% d'efficacité). Nous aurions une perte de 36%.

Charge instantanée totale :

LEDs : $3 \times 3 = 9$ watts

Ordinateur portable : 15 watts

Total : 15 watts

b) Calculez la demande de consommation électrique totale (Wh).

- LEDs : $9V \times 4 \text{ hrs} = 36 \text{ Wh}$.
- Ordinateur portable : $15V \times 8 \text{ heures} = 120 \text{ Wh}$

Demande totale : $36 \text{ Wh} + 120 \text{ Wh} = 156 \text{ Wh par jour}$

ÉTAPE 2 : DÉCIDER LE NOMBRE DE JOURS DE STOCKAGE DE LA BATTERIE DE SECOURS QUI SERA NÉCESSAIRE EN RAISON DU TEMPS NUAGEUX

En raison de la probabilité de jours nuageux dans la plupart des situations, supposer une durée de sauvegarde inférieure à 2 ou 3 jours est un défaut de conception qui entraînera probablement de multiples problèmes et une détérioration prématurée de la batterie. Un temps de

réserve calculé de 5 jours signifie également que le système déchargera la batterie de moins de 10% en moyenne pendant la nuit. Ce faible niveau de DoD permet à la batterie de fonctionner pendant des milliers de cycles de charge/décharge avant de s'user.

Par conséquent, si nous supposons une réserve de cinq jours, les besoins de stockage sont les suivants : $5 \text{ jours} \times 156 \text{Wh} = 780 \text{ Wh}$

En convertissant en ampères-heures, nous avons : $780 \text{ Wh} / 12\text{v} = 65\text{Ah}$

Attention :

Si 5 jours consécutifs sans énergie solaire ne se produisent qu'une fois par an, on peut accepter que la batterie soit déchargée à 100% de profondeur de décharge (DoD). Toutefois, si cela risque de se produire plus souvent, il est préférable d'inclure une marge de 30 % pour améliorer l'autonomie de la batterie

Ainsi, dans notre cas, nous aurions $780\text{Wh} \times 1,3 = 1014\text{Wh}$

ETAPE 3 : DÉTERMINER LA TAILLE (EN WATTS) DU PANNEAU SOLAIRE NÉCESSAIRE POUR RÉPONDRE AUX BESOINS ÉNERGÉTIQUES CALCULÉS CI-DESSUS

Utilisez <https://globalsolaratlas.info> pour identifier l'insolation solaire quotidienne moyenne la plus faible sur la base d'un panneau de 1000 watts. Par exemple, à La Pampa, en Argentine, le mois de juin est celui où l'irradiation est la plus faible, avec une moyenne de 3319 wattheures par jour.

Notre exemple nécessite 156 Wh par jour, donc la puissance de pointe requise du panneau solaire est $= (156 \text{ Wh} / 3319 \text{ Wh}) \times 1000 = 47 \text{ Watts}$.

Attention :

Lorsque le système est mis en marche le matin avec une batterie complètement déchargée, il devrait produire un surplus d'énergie (pour alimenter l'équipement) pendant qu'il est rechargé à 100%, il faut donc ajouter une marge de sécurité de 40% (et supposer qu'il n'y a pas d'ombrage sur le panneau causé par des objets proches devant le panneau).

Puissance solaire maximale requise $= 47 \text{ watts} \times 1,4 =$ un panneau solaire de 66 watts minimum est nécessaire.

ETAPE 4 : CONSIDÉRER LA TAILLE DU PANNEAU SOLAIRE POUR DIMENSIONNER LA CAPACITÉ DE LA BATTERIE, EN FONCTION DES BESOINS DE STOCKAGE EN AMPÈRES-HEURES

Notez que la capacité de la batterie et la taille du panneau solaire sont étroitement liées. Avec un panneau solaire de 100 watts, on peut supposer un courant de charge maximal d'un peu plus de 6 A à 12,5 volts, soit $6 \times 12,5 = 75$ watts. La raison pour laquelle on n'atteint pas 100 watts est que les modules solaires chauds ont un rendement d'environ 80 % et qu'il y a des pertes supplémentaires dues au régulateur de charge (le meilleur cas serait d'utiliser le chargeur FF-ESP32, qui a un rendement d'environ 95 %). Par conséquent, la perte totale (sans compter les pertes dans les câbles) est d'au moins 25 %.

Bien que 30 ampères-heures (5 x 6 A) soient la capacité minimale de la batterie pour un panneau solaire de 100 watts, il est préférable d'utiliser un facteur de dix pour le courant de charge maximal si possible. En effet, une charge et une décharge plus lentes augmentent la durée de vie de la batterie. Par ailleurs, plus le courant de décharge est faible, plus la capacité effective est élevée (la capacité nominale de la batterie est généralement celle indiquée par le fabricant pour un courant qui décharge la batterie entièrement chargée en 20 heures). Mais comme indiqué ci-dessus, la durée de vie de la batterie dépend étroitement de la profondeur de décharge et du nombre de cycles de décharge/charge, ainsi que du rythme de charge et de décharge. En plus, si la limite de courant de charge initiale est dépassée, la batterie sera endommagée prématurément. Au fil du temps, la batterie perdra inévitablement de sa capacité en raison de l'usure, mais si la batterie est réglée sur le courant de charge maximal lorsqu'elle est neuve, le système aura rapidement des problèmes.

Pour la plupart des batteries AGM au plomb-acide, le courant de charge ne doit normalement pas dépasser 30 % de la capacité nominale en ampères-heures de la batterie, bien que cela dépende du type de batterie (vérifiez la fiche de spécifications pour le facteur AC). Ainsi, la limite de courant de charge initiale pour une batterie de 7,2 Ah est donc de $7,2 \text{ Ah} \times 0,3 = 2,16 \text{ A}$. En d'autres termes, la taille maximale du panneau pour cette capacité de batterie serait de $2,16 \times 12,5 =$ environ 25 watts. Toutefois, si la batterie est dimensionnée de manière plus généreuse - au moins cinq fois le courant de charge maximal - une batterie AGM standard d'une marque de qualité durera au moins cinq ans. Par exemple, une batterie AGM standard de Kung-Long ou de Panasonic a une durée de vie de 1 300 cycles à une profondeur de décharge de 30 % avant que la capacité de la batterie ne soit tombée à 60 % de la nouvelle capacité.

En utilisant notre exemple précédent d'une puissance maximale de panneau de 66 watts, mais augmentée à 75 watts comme la taille de panneau la plus probablement disponible, le courant de charge maximal attendu est de 4,75 ampères (perte de 25 % due à la température et à la perte de conversion DC/DC du circuit du chargeur). Cela indiquerait une capacité de batterie de $4,75 \text{ A} \times 5 \text{ courant de charge maximum} = 23 \text{ Ah}$.

Cependant, nous avons besoin de capacité pour 5 jours sans soleil, donc $5 \times 23\text{Ah} = 100\text{Ah}$.

Attention :

Vérifiez que le taux de charge/décharge ne réduira pas la durée de vie de la batterie.

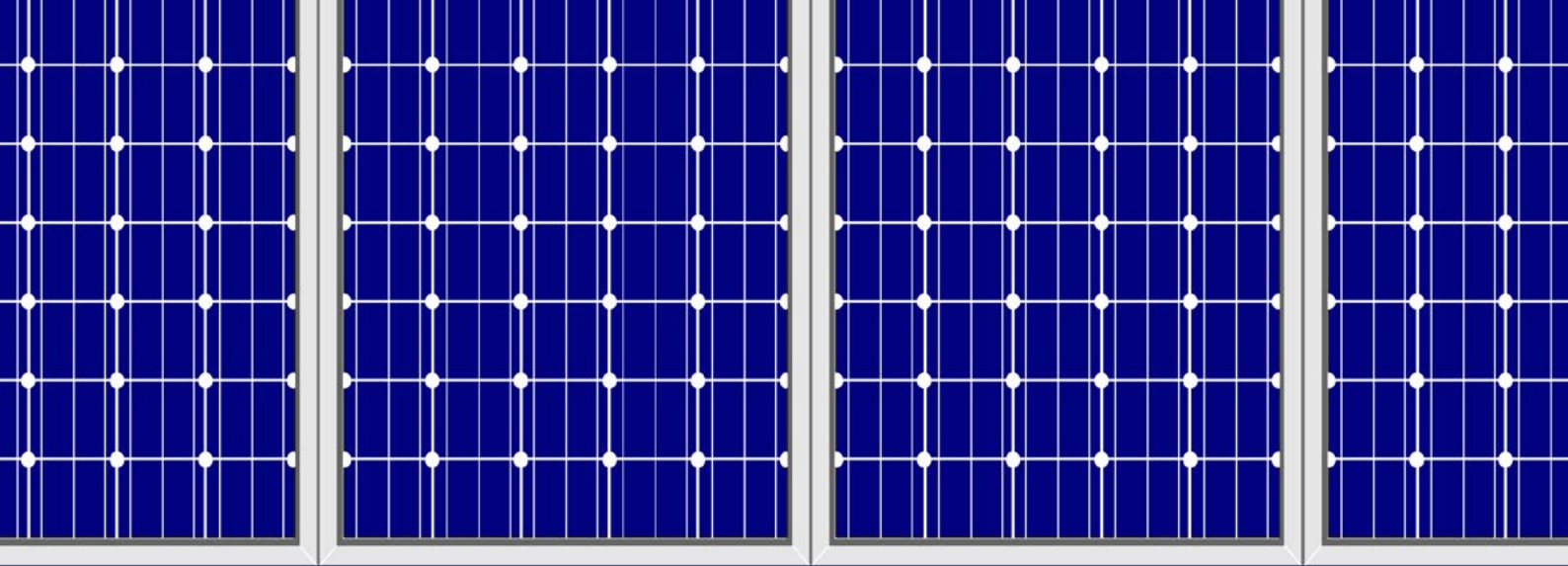
La charge maximale de 4,75 ampères - $4,75 \text{ A} / 100 \text{ Ah}$ donne un rapport de courant de charge maximal de 0,0475 AC, ce qui est excellent.

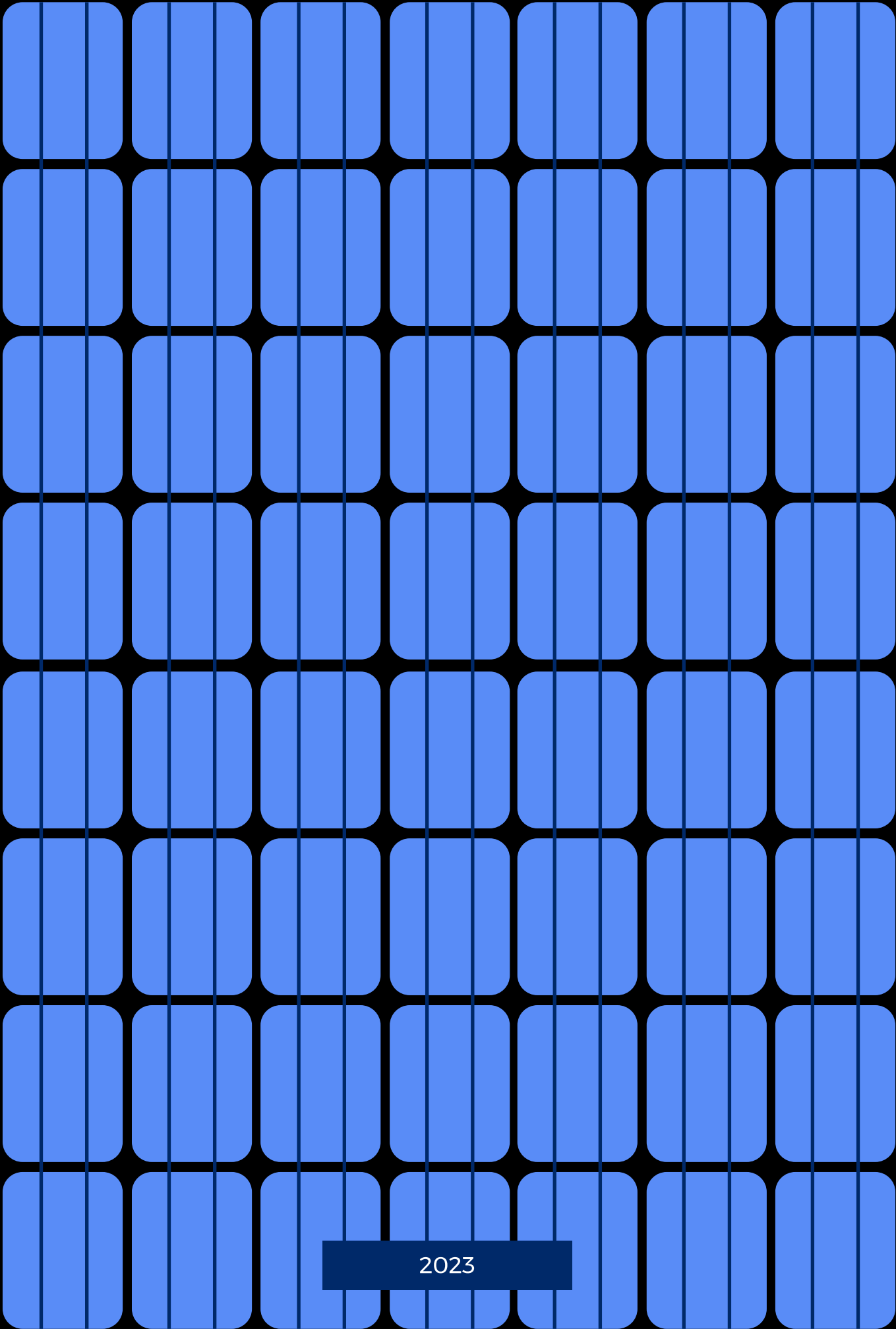
Courant instantané = $24 \text{ Watt} / 12 \text{ V} = 2 \text{ Ampères}$.

AC _décharge = $2 \text{ A} / 100 \text{ Ah} = 0,02$ ou 2% de décharge par heure, donc même pour 8 heures d'utilisation dans des conditions sans soleil, la batterie ne se déchargerait que de 16%, ce qui est une marge acceptable.

ETAPE 5 : CALCULEZ LA TAILLE/CAPACITÉ REQUISE DU RÉGULATEUR DE CHARGE SOLAIRE

Les régulateurs de charge sont généralement spécifiés en volts et en ampères. Pour un système de 12V, l'exemple nécessiterait une capacité minimale du régulateur de charge de $75 \text{ Watts} / 12\text{v} = 6\text{Amps}$.





2023