

Fiche technique Photovoltaïque n° 13

Planification et installation de batteries de stockage stationnaires

La combinaison d'installations PV et de systèmes de stockage d'énergie a nettement gagné en importance ces dernières années en Suisse. La forte croissance du marché suisse du PV montre qu'il existe une demande particulière pour les maisons individuelles et habitats collectifs.

1 Introduction

1.1 Contexte

La présente fiche technique se base sur la version de 2019. Des mises à jour et compléments d'informations ont été apportés. La révision a été initiée par le groupe de travail spécialisé dans le stockage décentralisé d'électricité de Swissolar ainsi que par la commission technique de l'association de l'Enveloppe des édifices Suisse. Un groupe de travail composé d'EIT.swiss, de l'Enveloppe des édifices Suisse, d'INOBAT et Swissolar a également apporté un large soutien.

1.2 Situation

La tendance allemande consistant à combiner des installations PV raccordées au réseau avec des systèmes de stockage d'énergie électrique s'est de plus en plus répandue en Suisse ces dernières années. Bien que les batteries ne soient pas subventionnées par la Confédération, elles présentent divers avantages pour les exploitants d'installations et les propriétaires de maisons. Alors que la Suisse dispose déjà de grandes infrastructures de stockage pour le surplus d'électricité solaire grâce aux lacs d'accumulation existants, les accumulateurs d'énergie sont de plus en plus demandés dans le segment privé. A l'avenir, l'intégration de l'électromobilité gagnera également en importance.



Figure 1 : Installation PV avec un système de stockage hybride DC dans une maison individuelle (Source : BS Strohmeier AG)

1.3 Objectif

Cette fiche technique présente des éléments clés pour le conseil à la clientèle, l'étude de projet, l'installation, la mise en service et le recyclage des systèmes de stockage d'énergie électrique. Elle contient également des outils pour le dimensionnement, la comparaison des différentes technologies et le calcul de rentabilité. Cette fiche concerne les systèmes destinés à une utilisation privée et donc sur les maisons individuelles et habitats collectifs. Les applications industrielles ne sont pas traitées.

La présente fiche technique se limite aux batteries électrochimiques rechargeables (accumulateurs) et plus particulièrement aux batteries lithium-ion pour des applications stationnaires. Les autres technologies de stockage d'énergie comme les accumulateurs thermiques, à air comprimé ou à volant d'inertie ainsi que les batteries pour les véhicules électriques ne sont pas traitées.

2 Définitions

Onduleur	Dispositif pour la conversion de courant et de tension, par exemple du courant continu en courant alternatif ou inversement. D'autres termes sont utilisés en fonction de l'application : convertisseur, redresseur, chargeur ou onduleur bidirectionnel	Cycle complet	Un cycle complet comprend une décharge et une recharge complètes de la batterie. Si une batterie est déchargée à deux reprises à 50% de sa capacité nominale et rechargée les deux fois complètement, cela correspond à un cycle complet.
Batterie	Dispositif destiné à stocker l'énergie électrique. Synonyme : accumulateur de courant électrique	Taux de charge/décharge (C-Rate)	Le C-rate désigne le courant de charge ou de décharge (A) rapporté à la capacité nominale de l'accumulateur en ampères-heures (Ah). 1C signifie que la batterie est chargée/déchargée en 1h, 0.5C en 2h et 2C en 0.5h (nC=1/n h). Dans la pratique, le C-rate désigne la puissance avec laquelle la batterie est chargée/déchargée par rapport à la capacité nominale en kWh. (Un accumulateur d'une capacité de 10 kWh est entièrement déchargé en 1h à 1C avec une puissance de décharge de 10 kW.)
Consommation propre	Energie solaire produite directement consommée sur place ou stockée localement dans une batterie	Puissance de charge/décharge	Rapport entre la quantité d'énergie et l'unité de temps lors du chargement/déchargement
Taux de consommation propre	$\text{Taux de consommation propre en \%} = \frac{\text{Consommation propre en kWh}}{\text{Production PV totale en kWh}} \times 100$ Le taux de consommation propre est le pourcentage de l'électricité solaire produite directement consommée ou utilisée pour charger la batterie. Plus le taux de consommation propre est élevé, moins l'électricité solaire est injectée dans le réseau.	Battery management system (BMS)	Surveillance, régule et protège les cellules de la batterie
Taux d'auto-production solaire	$\text{Taux de d'auto-production solaire en \%} = \frac{\text{Production totale en kWh}}{\text{Consommation totale en kWh}} \times 100$	Etat de charge (SoC)	L'état de charge du système de batteries est déterminé et visualisé par le BMS. Idéalement, l'état de charge, également appelé State of Charge (SoC) en anglais, peut être consulté et contrôlé via un portail ou une application.
Taux d'auto-approvisionnement	$\text{Taux de d'auto-approvisionnement en \%} = \frac{\text{Consommation propre en kWh}}{\text{Consommation totale en kWh}} \times 100$ Le taux d'auto-approvisionnement indique la proportion de la consommation électrique provenant directement de la production PV. Ce taux augmente lorsque la production PV est directement consommée sur site ou lorsque la batterie se décharge. Plus l'auto-approvisionnement est important, moins l'énergie est soutirée du réseau électrique.	Puissance de réglage	Puissance disponible à court-terme pour la stabilisation du réseau
AC	Alternating Current, signifie courant alternatif ou tension alternative : 50 Hz, 230/400V	Système de back-up	Alimentation des consommateurs d'électricité par le système de stockage pendant une panne de réseau. A ne pas confondre avec une alimentation sans interruption (ASI)
DC	Direct Current, signifie courant continu ou tension continue : jusqu'à 1500 V maximum	ASI	Alimentation électrique sans interruption
Onduleur hybride	Onduleur qui régule aussi bien l'installation PV que la charge/décharge du système de stockage.	Fonctionnement en îlotage	Fonctionnement (fourniture d'électricité) sans connexion au réseau électrique
Capacité nominale	Capacité de stockage maximale selon la fiche technique	Batterie de seconde vie	Désigne la réutilisation d'un système de stockage après sa première utilisation afin d'économiser les ressources et les coûts (p. ex. voiture électrique).
Capacité utile/ Capacité de la batterie	Capacité de stockage effectivement disponible en fonctionnement normal	Tableau de raccordement	Interface entre l'installation domestique et le réseau de distribution.
Profondeur de décharge (aussi DoD)	Souvent exprimé en pourcentage, il indique le rapport entre le point de décharge maximal autorisé et la quantité totale d'énergie stockée (capacité nominale) sans que le système de stockage ne soit endommagé. En anglais, on parle de "Depth of Discharge" (DoD).		

3 Aperçu

Il existe aujourd'hui divers systèmes de stockage d'électricité sur le marché qui peuvent être réalisés en différents points de l'installation photovoltaïque. On distingue les systèmes couplés en courant alternatif de ceux couplés en courant continu. Chaque système présente ses avantages et ses inconvénients spécifiques qu'il convient de comparer afin qu'une nouvelle installation ou une extension ultérieure puisse se faire le plus simplement possible.

3.1 Systèmes AC

La batterie couplée côté AC est connectée au réseau électrique via un convertisseur courant continu/courant alternatif. La fréquence, le nombre de phases, la phase et la tension sont synchronisés avec le réseau électrique local.

Avantages et inconvénients des systèmes AC :

- Large choix car les systèmes AC sont les plus répandus
- Grande flexibilité car les systèmes AC sont standardisés (tension, fréquence du système fixes)
- Plus coûteux car nécessitent un nombre plus important de composants, par exemple des onduleurs ou des compteurs électriques
- Souvent un peu moins efficaces, car nécessitent plus de conversions AC/DC

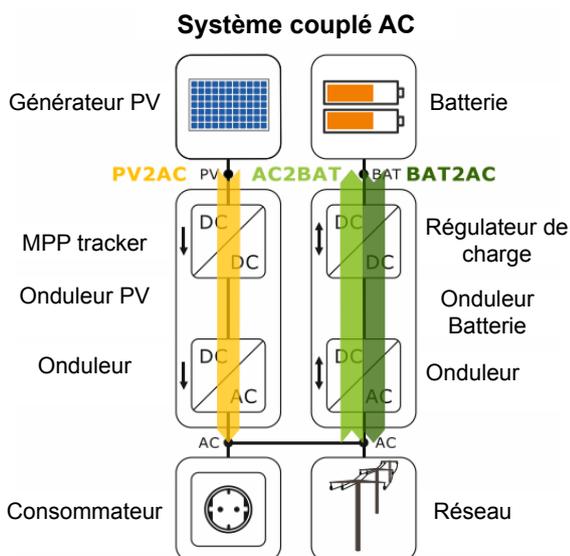


Figure 2 : Représentation schématique d'une batterie couplée côté AC (source : HTW Berlin - Stromspeicher-Inspektion 2022)

3.2 Systèmes DC (hybrides)

Dans les systèmes à couplage direct côté DC, la batterie est indirectement connectée au réseau électrique via un onduleur hybride. Dans un système DC, les différents composants du système DC sont d'abord regroupés en un système global. Un système global peut par exemple être composé d'une batterie et d'une installation photovoltaïque. Dans l'onduleur hybride, les modules photovoltaïques ainsi que le module de stockage sont connectés à un circuit intermédiaire DC. La tension du circuit intermédiaire est définie par l'onduleur hybride. Plus la différence de tension entre les modules PV et le circuit intermédiaire ou entre les batteries et le circuit intermédiaire est faible, moins il y a de pertes de conversion. Il est donc important de tenir compte de la tension de raccordement pour le raccordement des batteries à un onduleur hybride

Avantages et inconvénients des systèmes DC :

- Un choix de plus en plus large car les systèmes DC se développent rapidement
- Flexibilité limitée car les systèmes DC peuvent présenter différents niveaux de tension
- Choix de solutions compactes car les systèmes DC nécessitent généralement moins de composants
- Peu coûteux car un seul onduleur est nécessaire
- Souvent fourni avec un portail "All in One" par le fabricant donnant une vue d'ensemble de l'installation PV et du stockage
- Meilleure efficacité car moins de conversion AC/DC

Si l'on ne sait pas encore ce qui sera réalisé à l'avenir, par exemple si un système de stockage doit être installé ultérieurement, il est plutôt déconseillé d'utiliser un système DC. Il est aussi conseillé de vérifier quels sont les composants nécessaires et disponibles pour les systèmes DC.

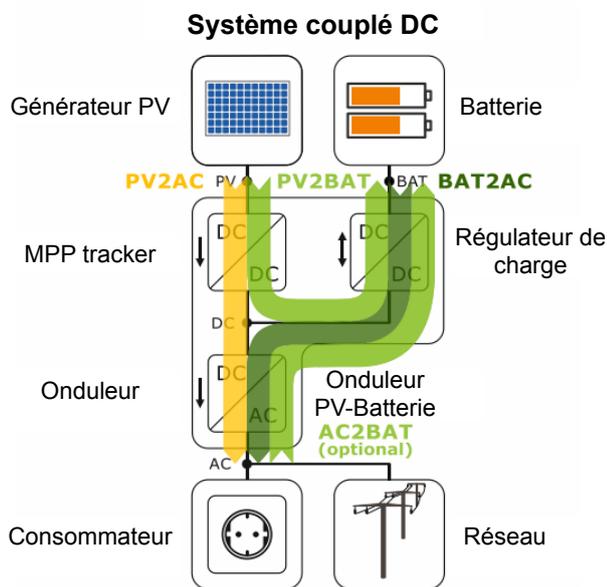


Figure 3: Représentation schématique d'une batterie couplée côté DC (source : HTW Berlin - Stromspeicher-Inspektion 2022)

3.3 Rendement et pertes

Comme le stockage de l'électricité est une technologie relativement jeune, il n'existe pas encore de normes pour déterminer le rendement d'un système de stockage comme c'est le cas pour le photovoltaïque. Les rendements ne sont souvent pas donnés avec précision et on ne sait donc pas comment les systèmes ont été testés et comment ils se comportent en fonctionnement. Le principe de base est le suivant: moins il y a de composants, moins il y a de pertes et meilleur sera le rendement. En règle générale, les systèmes AC sont donc un peu moins efficaces que les systèmes DC. Les onduleurs hybrides, avec leur capacité à faire fonctionner en parallèle une batterie et des installations photovoltaïques, atteignent des rendements élevés.

Depuis 2018, la Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (HTW Berlin) publie chaque printemps une étude sur les technologies de batteries les plus courantes pour usage domestique. Les batteries sont testées conformément au "Guide d'efficacité pour les systèmes d'accumulation PV" édité par l'association allemande Energiespeicher Systeme (BVES) et l'association allemande Solarwirtschaft (BSW).¹

¹ <https://pvspeicher.htw-berlin.de>
Guide d'efficacité pour les systèmes de stockage PV: <https://so-lar.htw-berlin.de/effizienzleitfaden-fuer-pv-speichersysteme>

4 Deux technologies

4.1 Comparaison²

En 2021, 3 à 4 installations photovoltaïques sur 10 ont été équipées de batteries pour l'optimisation de l'autoconsommation dans des maisons individuelles et habitats collectifs. Les clients optent souvent pour la technologie lithium-ion et plus particulièrement pour la technologie lithium-phosphate de fer (LFP), de plus en plus utilisée pour le stockage domestique. En plus de la technologie lithium-ion, connue surtout pour son application dans les véhicules électriques, il existe de nouvelles technologies comme les batteries au chlorure de sel et de nickel (Na/NaNiCl₂) plus connues sous le nom de "batterie au sel". Opérée à haute température, cette technologie est de plus en plus populaire. Le tableau suivant résume les avantages et les inconvénients des deux technologies.

Technologie	Lithium-ion (LFP)	Sodium-nickel-chlorure
Efficacité	90–95 %	90 %
Densité énergétique (cellules)	90–120 Wh/kg	80–90 Wh/kg
Poids pour stockage de 10 kWh ³	170 kg	185 kg
Dimensions pour stockage de 10 kWh en mm (L × l × H)	600 × 300 × 1200	715 × 680 × 1550
Nombre de cycles	4000	> 4500
Durée de vie calendaire	Au moins 80 % après 10 ans	>15 ans
Profondeur de décharge (DoD)	90-95 %	100 %
Auto-décharge	1-3% / mois	Presque aucune, mais consommation d'énergie propre pour une température de fonctionnement élevée

² www.innov.energy/de/salz-technologie
<https://solar.htw-berlin.de/studien/speicher-inspektion-2021>
www.fzsonick.com

Livre: Photovoltaikanlagen – Planung, Installation, Betrieb, 1. Auflage 2021, Christof Bucher, ISBN: 978-3-905711-62-2

³ Charge au sol

Technologie	Lithium-ion (LFP)	Sodium-nickel-chlorure
Taux C maximal (taux de charge/décharge)	0,5–1 charge 0,5–1 décharge	0,25 charge 0,5 décharge
Température ambiante	Optimal: 5 à 25 °C	-20° à 60°C
Avantages de la technologie dans le cadre d'un stockage PV	C-Rate Densité d'énergie Réactivité Progrès rapide grâce à la e-mobilité	Durabilité Durée de vie Température de fonctionnement Recyclage
Inconvénients de la technologie utilisée pour le stockage PV	Température Matières premières critiques	C-Rate

Le tableau compare les technologies de batterie au lithium-ion (LFP) et au sel. En plus du choix de la technologie, les installateurs doivent choisir le produit en fonction de l'application en tenant compte des points suivants :

Critère	Remarque
Extensibilité modulaire	En cas de modification, par exemple du profil de consommation, l'accumulateur doit pouvoir être extensible
Interface de communication	Le système doit disposer d'interfaces standardisées.
Alimentation de secours	Selon le client, cette fonction est souhaitée.
Site d'exploitation	La plage de température du site et les conditions techniques locales sont-elles adaptées au produit ?

4.2 Dimensionnement

Afin de déterminer la capacité de stockage idéale, deux règles empiriques peuvent être appliquées :

Règle générale 1 : adapter la taille à la production

1-2 heures de la puissance nominale de l'installation PV

Ou 1/1000 de la production

Règle générale 2 : adapter la taille à la consommation

½ de la consommation journalière du bâtiment

Ou 1/1000 des besoins annuels

La valeur la plus faible des deux règles empiriques donne un dimensionnement adéquat de la capacité de stockage. Le dimensionnement peut également être effectué à l'aide de graphiques de dimensionnement (voir ci-dessous) ou de simulations. Dans tous les cas, le dimensionnement doit être adapté en fonction de l'application et des caractéristiques spécifiques du projet.

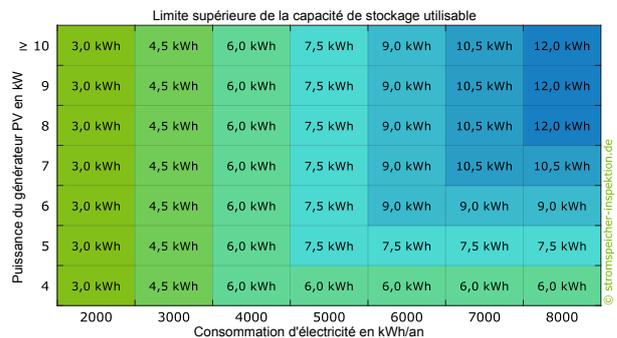


Figure 4 : Limite supérieure de la capacité de stockage pour les maisons individuelles.

(Source : HTW Berlin - Inspection du stockage d'électricité 2022)

Ce graphique montre les limites supérieures de la capacité de stockage utilisable recommandées pour des maisons individuelles en fonction de la taille de l'installation photovoltaïque et de la consommation annuelle d'électricité. Dans le cas de systèmes modulaires, la capacité de stockage peut aujourd'hui être ajustée facilement et de manière rentable si nécessaire.

Pour les grandes installations, il est recommandé de procéder à une simulation détaillée en tenant compte de la courbe de charge du site. Il s'agit de la seule façon de définir la taille optimale de la batterie. Pour les applications industrielles qui peuvent exiger une grande puissance, le C-rate est un facteur important à prendre en considération en plus de la capacité de stockage utilisable.

5 Rentabilité

5.1 Coûts du stockage

Une batterie permet d'augmenter de façon considérable la consommation propre d'une installation photovoltaïque entraînant une économie sur l'achat d'électricité. La rentabilité varie en fonction de l'application et de la configuration de l'installation. En règle générale, le temps de retour sur investissement peut se calculer comme suit :

Temps d'amortissement [a] =

$$\frac{\text{Investimento}^{(\text{CHF})}}{(\text{Tarif d'achat de l'électricité-Tarif de reprise}) \left[\frac{\text{CHF}}{\text{kWh}} \right] * \text{Capacité}^{(\text{kWh})} * \text{Nombre de cycles complets par année} \left[\frac{1}{\text{a}} \right]}$$

Il est important de noter que la formule ci-dessus ne tient pas compte du taux d'intérêt et des frais d'entretien. La durée de vie est également un facteur important. Aujourd'hui, on trouve souvent chez les fabricants une durée de garantie de dix ans ou un nombre de cycles complets que la batterie doit être capable d'effectuer. C'est le premier paramètre atteint qui est déterminant. De plus, une connexion internet permanente peut être requise pour les conditions de la garantie.

En lien avec le développement de la mobilité électrique, le marché des batteries, principalement les technologies lithium-ion mais aussi les autres technologies telles que les batteries au sel a connu une forte croissance. Les coûts d'investissement ont donc considérablement baissé au cours des cinq dernières années, comme le montre l'étude de marché "Batteries solaires pour les particuliers" de décembre 2020, éditée par SuisseEnergie. Selon cette même étude, les prix devraient continuer à baisser pour atteindre des prix pour des systèmes de stockage « clé-en-main » (installation comprise) entre 800 CHF/kWh et 1000 CHF/kWh entre 2020 et 2030. Il est à noter que les raisons évoquées pour l'installation de batteries ne sont souvent pas économiques.

Une indication des prix selon l'étude de marché "Batteries solaires pour les particuliers" de SuisseEnergie (état : 12.2020) est donnée ci-dessous :

- ≤ 10 kWh: ~ CHF 1500 / kWh
- > 10 kWh: ~ CHF 1150 / kWh
- Fonctionnalité de back-up: 20 % de surcoût
- Coûts du matériel: 72 % du coût total

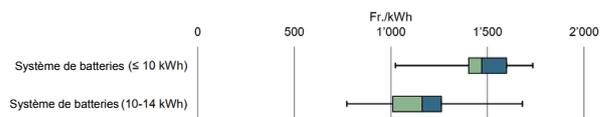


Figure 5 : Référence "Batteries solaires pour clients privés" Etude de marché réalisée par SuisseEnergie. Les prix sont calculés selon une formule simplifiée. (Source : SuisseEnergie)

Les coûts par kWh (sans les intérêts) peuvent être estimés dans un premier temps à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Coût du stockage par kWh} \left[\frac{\text{CHF}}{\text{kWh}} \right] = \frac{\text{Investissement}^{(\text{CHF})}}{\text{Capacité utile}^{(\text{kWh})} * \text{Nombre de cycles complets}^{(-1)} * \text{Efficacité}^{d-1}}$$

Cette formule ne tient pas compte des coûts d'exploitation, faute de données suffisantes.

Pour comparer différents produits ou fabricants, il est recommandé de comparer les paramètres listés ci-dessous :

	Produit A	Produit B
Capacité de stockage utile (kWh)		
Nombre de cycles		
Durée de vie en année (hypothèse : 250 cycles complets par an)		
Rendement du système (%)		
Coûts d'investissement (CHF)		
Coûts de stockage, sans intérêts (CHF/kWh d'électricité prélevée sur la batterie)		

5.2 Outils de calcul de rentabilité et de simulation

Les calculs économiques peuvent aujourd'hui être effectués et documentés facilement grâce à des outils modernes dont les plus utilisés sont listés ci-dessous :

- www.velasolaris.com (Polysun®)
- www.valentin-software.com (PV*Sol®)
- www.energieschweiz.ch (Solarrechner)
- www.eternity.ch
- www.pvspeicher.htw-berlin.de
- <https://suissetec.ch/de/web-app-gebaeudetech-nikrechner.html>

6 Optimisation du mode de fonctionnement de l'installation de stockage et de la consommation propre

Les possibilités d'intégration des batteries dans les systèmes énergétiques ont fortement augmenté ces dernières années. Il existe diverses solutions de stockage, souvent fournies avec une plateforme en ligne. Les systèmes de batterie peuvent être utilisés et exploités de manière très polyvalente. Souvent, c'est l'utilisateur derrière le compteur qui est pris en compte. Cela concerne les applications pour les maisons individuelles et habitas collectif mais parfois aussi les applications industrielles.

Il existe différentes possibilités pour l'exploitation d'un système de stockage :

1. Derrière le compteur pour usage domestique ;
L'exploitant peut augmenter la part d'autoconsommation ainsi que le degré d'auto-approvisionnement.
2. Utilisation pour système back-up
Maintenance de l'alimentation électrique en cas de panne de réseau
3. Utilisation pour le lissage de pointe (« peak shaving »)
Optimisation des pics de charge grâce au système de stockage
4. Utilisation pour services systèmes
La batterie fournit de la puissance de réglage (actuellement au stade de projets pilotes).

Dans le cas d'une application à usage domestique (1er cas d'utilisation), le déroulement d'une journée typique ensoleillée est le suivant :

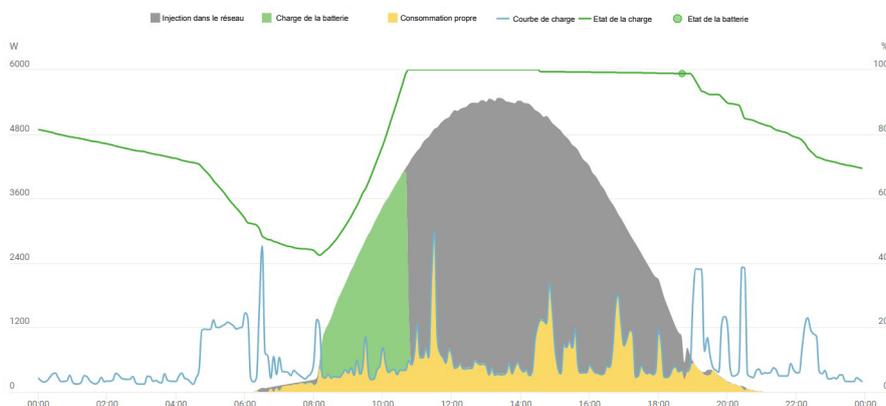


Figure 6 : Exemple de déroulement journalier d'une installation PV en combinaison avec une batterie (source : Fronius Solar.web)

La batterie se charge dès qu'un surplus d'énergie est disponible. Dans cet exemple, on ne tient compte ni des prévisions météorologiques ni de l'optimisation du réseau. Le matin, la batterie alimente le chauffe-eau comme visible par les pointes de charge entre 4h et 8h. Un C-rate élevé est donc préférable pour une charge et une décharge rapide en cas de besoin. La batterie peut ainsi réagir de manière plus dynamique aux changements de temps ou de charge.

Les systèmes intelligents de gestion de l'énergie apportent de nouvelles possibilités. Par exemple, l'enclenchement automatique et intelligent des charges permet d'augmenter considérablement la part de consommation propre. Les véhicules électriques, les pompes à chaleur et les boilers avec pompes à chaleur sont idéalement adaptés à l'optimisation énergétique. Ces consommateurs peuvent en plus permettre en partie un réglage en continu. La prise en compte des prévisions météorologiques entre autres, permettrait d'améliorer ces systèmes à l'avenir.

La visualisation des données de production et de consommation sur des applications smartphone ou sur un portail web permet d'obtenir une vue d'ensemble du système énergétique pour le client. Ce dernier peut ainsi facilement analyser les données et adapter sa consommation et son système énergétique en conséquence.

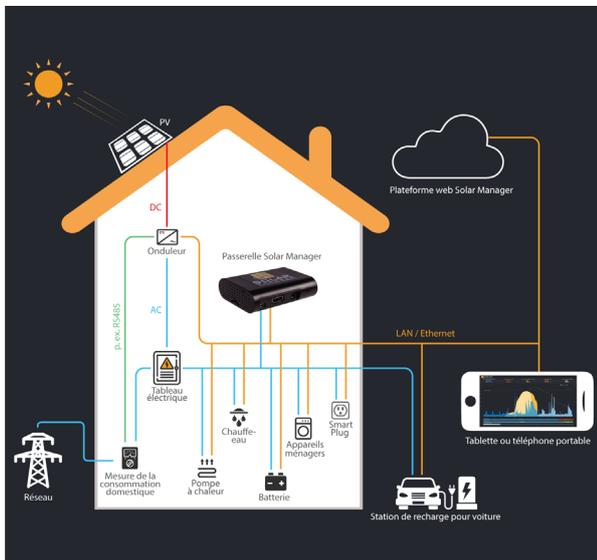


Figure 7 : Illustration schématique de l'optimisation énergétique d'une maison (source : Solar Manager AG)



Figure 8 : Application smartphone pour la visualisation d'un système énergétique (Source : Solar Manager AG)

Le stockage de l'énergie est aujourd'hui l'un de nombreux composants d'un système énergétique global en plus de l'installation photovoltaïque. Un système énergétique peut aussi inclure un véhicule électrique ainsi que d'autres appareils compatibles avec une maison dite intelligente (SmartHome). Les flux énergétiques sont gérés et optimisés par un système de management de l'énergie. Il existe un large choix de systèmes pour le management de l'énergie dont certains onduleurs qui sont déjà équi-

pés de certaines fonctionnalités. Le choix du système est à discuter avec le client selon ses besoins.

6.1 Charge bidirectionnelle

La recharge bidirectionnelle est-elle autorisée en Suisse ?

La recharge bidirectionnelle en tant que V2H (Vehicle to Home) est assimilable à l'utilisation de batteries stationnaires. Pour obtenir une autorisation, l'infrastructure de recharge doit respecter la recommandation de l'AES « Raccordement au réseau des installations de production d'énergie » (RR-IPE) ainsi que les normes techniques de sécurité électrique et de compatibilité électromagnétique. Depuis le 1er janvier 2022, les stations de recharge bidirectionnelles peuvent être annoncées au moyen d'une demande de raccordement (DRT). Le V2G (Vehicle to Grid) n'est actuellement pas possible en Suisse.

Tous les véhicules électriques peuvent-ils être rechargés de manière bidirectionnelle ?

Non. La plupart des modèles proposés en 2022 ne sont pas encore compatibles. Une grande partie des véhicules électriques japonais disposent déjà de la technologie de recharge bidirectionnelle car il s'agit d'une prescription gouvernementale. De manière générale, la recharge bidirectionnelle requiert une homologation par constructeur automobile et une certification de la station de recharge pour le type de véhicule concerné.

Plusieurs constructeurs automobiles ont déjà annoncé que certains de leurs véhicules seront équipés de cette technologie. Une norme internationale ISO 15118-20 est prévue pour 2025. Cette norme réglementera également la charge bidirectionnelle à l'aide de prises CCS.

La charge bidirectionnelle nuit-elle à la batterie d'un véhicule ?

Plusieurs années d'expérience pratiques et d'études scientifiques ont montré que la technologie des batteries au lithium est très robuste. Les derniers développements techniques ont permis d'augmenter la durée de vie des batteries, qui continuera de s'allonger grâce aux travaux de recherche et développements qui se poursuivent dans le domaine.

Lors de la charge bidirectionnelle, la puissance de décharge est beaucoup plus faible (facteur 10 et plus) par rapport à la puissance fournie durant la conduite. Par conséquent, le vieillissement supplémentaire de la batterie qui en résulte est extrêmement faible. En raison de la disponibilité de cette fonctionnalité, le fabricant garantit l'intégralité des prestations de garantie.⁴

En résumé, pour qu'une voiture électrique puisse être utilisée de manière bidirectionnelle, il faut que la voiture, le logiciel ainsi que la borne de recharge soient adaptés. Une voiture compatible bidirectionnelle seule, associée à une Wallbox standard, n'apporte pas de valeur ajoutée. Le graphe suivant montre un exemple de déroulement d'une journée avec l'intégration d'une voiture électrique bidirectionnelle.

Brève description

L'exemple en Figure 9 illustre la combinaison d'une batterie stationnaire et d'une voiture électrique bidirectionnelle. L'installation PV charge la batterie jusqu'à environ 15h30 (voir le SoC représenté par la ligne noire), puis cette dernière commence à se décharger pour couvrir les besoins du site.

Le propriétaire rentre chez lui à 18 heures avec sa voiture électrique et la connecte à sa station de recharge bidirectionnelle. La station de recharge intelligente communique avec le système de management de l'énergie qui calcule une nouvelle valeur de stockage à partir du SoC de la voiture et du stockage stationnaire. Le SoC passe ainsi de 40 % à plus de 85 %.

7 Le stockage dans le réseau et sur le marché de l'énergie

L'intégration des batteries dans le réseau électrique joue un rôle important dans l'approvisionnement du système énergétique futur selon divers scénarios d'avenir. Aujourd'hui, les batteries domestiques ne sont souvent pas encore intégrées de manière intelligente dans le réseau électrique. Le projet "Bat4SG", subventionné par l'Office fédéral de l'énergie OFEN, a étudié différents scénarios d'intégration du stockage d'énergie par batterie. Il a été démontré que la valeur ajoutée technique varie fortement d'un point à l'autre. L'exploitation d'un stockage batterie permettrait de retarder de plusieurs années le renforcement du réseau dans les zones suburbaines et urbaines. Considérant les coûts actuels des batteries, l'intérêt financier est cependant encore faible.

Dans le secteur industriel et pour les opérateurs de réseaux, les applications les plus fréquentes sont le lissage de pointes de puissance et la gestion de la tension par la régulation de puissance. Cette dernière application nécessite des systèmes de batteries à l'échelle d'un conteneur.

Ces systèmes se distinguent des batteries à usage domestiques par un temps de réaction plus rapide et des puissances de charge et de décharge nettement plus élevées. Ainsi, la batterie peut être chargée ou déchargée en très peu de temps, par exemple pour interrompre les pics de consommation du réseau (lissage de pointe, "peak shaving").

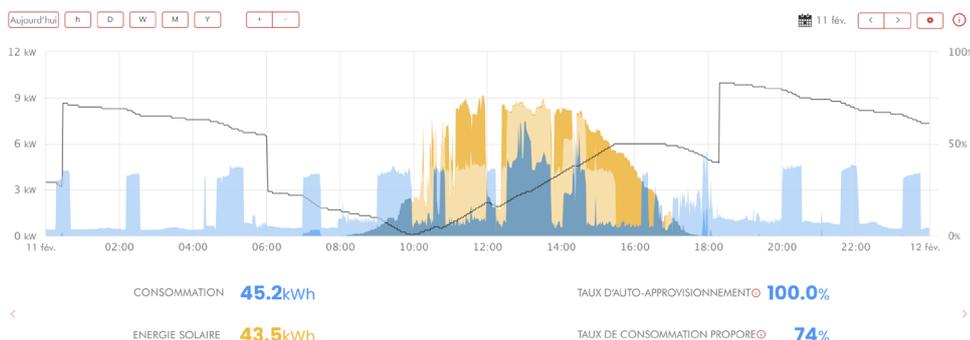


Figure 9 : Exemple de déroulement d'une journée avec l'utilisation d'une voiture bidirectionnelle (source : Solar Manager AG)

Légende V2H

Bleu clair : énergie prélevée sur la batterie (du véhicule ou stationnaire)

Bleu foncé : consommation propre d'énergie photovoltaïque

Jaune clair : charge de la batterie stationnaire

Jaune foncé : injection

⁴ [sun2wheel AG](#), [Swiss eMobility](#)

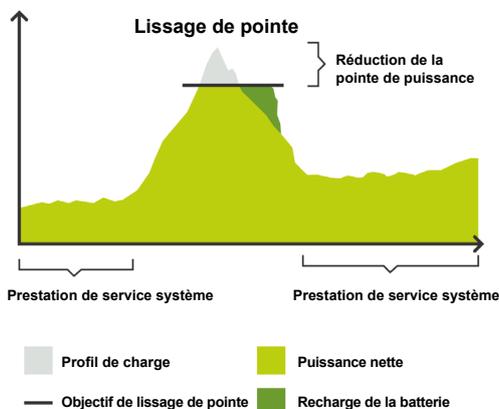


Figure 10 : Exemple de déroulement d'une journée avec du lissage de pointe (peak shaving) (source : CKW AG)

7.1 Solutions de back-up

Plusieurs systèmes permettent de fournir une alimentation électrique en cas de panne de courant grâce à la fonction dite de back-up. Ces systèmes fournissent une alimentation électrique supplémentaire pendant une interruption de l'approvisionnement et ne servent donc souvent pas d'ASI. Le vendeur se doit d'expliquer les différences entre les deux solutions et de présenter les limites du système back-up.

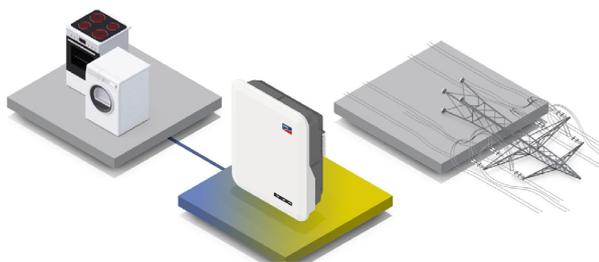


Figure 11 : Illustration du fonctionnement des solutions de back-up en l'absence du réseau électrique (source : SMA Solar Technology AG)

Divers systèmes d'onduleurs hybrides offrent aujourd'hui cette fonctionnalité ou la possibilité de la configurer via un composant externe. Des mesures doivent être mises en œuvre conformément aux instructions d'installation et d'utilisation pour la protection contre les défauts. Il est également obligatoire d'apposer un autocollant sur le tableau de raccordement indiquant la présence du système back-up conformément à la norme SNR 460712 et aux prescriptions de protection incendie. Il est recommandé d'annoter l'emplacement du système de back-up sur le plan d'évacuation ou du site.

8 Elimination et recyclage

La taxe d'élimination anticipée et le recyclage des batteries solaires sont organisés par INOBAT, Batterierecycling Schweiz. Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), INOBAT perçoit, gère et utilise la taxe d'élimination anticipée (TEA) que les consommateurs paient dans le prix d'achat des batteries. Cette taxe permet de financer la collecte, le transport, l'élimination des batteries usagées dans le respect de l'environnement mais aussi les campagnes de communication à la population. Depuis l'an 2000, la Suisse est soumise à l'obligation de payer une taxe d'élimination anticipée pour les batteries. Les personnes qui mettent pour la première fois des batteries en circulation sur le territoire douanier (CH et FL) sont soumises à l'obligation de déclarer et de payer les taxes ([ChemRRV Anhang 2.15](#)) qu'il s'agisse de batteries en vrac ou intégrées dans des appareils. Les déclarations sont faites trimestriellement ou semestriellement à INOBAT selon un principe d'auto-déclaration. Des solutions de branche sont également possibles. Actuellement, les entreprises qui mettent des batteries en circulation pour la première fois doivent s'enregistrer auprès d'INOBAT via le site internet. Les taxes sont perçues rétroactivement pendant 5 ans.

Les installations photovoltaïques utilisent principalement des batteries au lithium-ion. Actuellement, aucune solution de branche n'a été possible pour les batteries au lithium, car la plupart des commerçants n'ont pas pu confirmer que leurs fournisseurs reprenaient et éliminaient les batteries achetées. Les batteries lithium-ion des voitures électriques sont mises au rebut lorsque leur capacité tombe en dessous d'une certaine valeur. Elles peuvent ensuite être réutilisées dans des applications dites de seconde vie, par exemple dans des systèmes de stockage stationnaire à domicile. Les batteries lithium-ion en fin de vie sont recyclées. En Suisse, les batteries sont collectées par le système INOBAT (www.inobat.ch) et recyclées par l'installation de valorisation de Wimmis. Avec la taxe d'élimination anticipée des déchets, les taxes de recyclage sont payées dès l'achat du produit. La taxe dépend du poids de la batterie et des composants chimiques.

Exemples de coûts :

Pour les batteries au plomb : 0.50 CHF/kg

Une batterie AGM de 10 kWh pèse environ 400 kg, ce qui correspond à une TEA de 200 CHF.

Pour les piles au lithium-ion : 1.60 CHF/kg

Une batterie LiFePO₄ (LFP) de 10 kWh pèse environ 150 kg, ce qui correspond à une TEA de 240 CHF.

Les batteries au lithium-ion ont une densité énergétique élevée et contiennent des solvants pour l'électrolyte, ce qui engendre un certain risque que la pile s'enflamme. Ces conditions doivent être prises en considération lors de la collecte et du transport. Actuellement, les matières premières secondaires issues des batteries au lithium-ion ne permettent pas encore de couvrir les coûts d'élimination, mais grâce à la taxe d'élimination anticipée des déchets, l'élimination et le recyclage des batteries lithium-ion sont garantis. Les batteries contiennent du graphite, de l'aluminium, du cobalt, du nickel, du manganèse et du lithium. Ces substances sont partiellement récupérées, à hauteur de 95 % pour le cobalt et le nickel, par exemple.

9 Données des fabricants

9.1 Fiche technique

La fiche technique donne des informations sur les caractéristiques techniques des systèmes de stockage et doit toujours être lue attentivement afin d'éviter toute confusion. Pour des informations plus détaillées, il faut consulter les instructions d'installation et d'exploitation ainsi que les conditions de garantie.

Exemples :

La capacité nominale de la batterie n'est pas égale à la capacité utile de la batterie. Dans l'exemple de la fiche technique présentée ci-dessous, la capacité nominale de la batterie est de 5,0 kWh. La profondeur de décharge étant de 90 %, la capacité de batterie utilisable est donc de 4,5 kWh.

La prudence est également de mise en ce qui concerne les conditions de garantie. En effet, l'espérance de vie des différents composants peut varier. En supposant que la batterie puisse être chargée

et déchargée complètement une fois par jour, on peut s'attendre à un nombre de cycles > 3650 pour une durée de vie des cellules d'environ 10 ans. En revanche, d'autres composants, comme l'onduleur, ne sont garantis que 7 ans. Il est aussi important de noter que la capacité en fin de garantie est réduite. Souvent, une capacité résiduelle de 80 % est garantie à l'issue de cette période.

Capacité nominale de la batterie	5,0 kWh
Profondeur maximale de décharge	90 %
Nombre de cycles	>3650
Garantie du système	7 ans
Dimensions en mm (L × l × H)	600 × 800 × 1800 mm
Poids	150 kg
Classe de protection	IP 22
Tension de sortie	400 V AC, 50 Hz, triphasé
Puissance maximale (charge et déchargem)	2,5 kW
C-rate (taux C, charge et décharge)	0,2
Type de batterie	Lithium-ion
Temps de charge/décharge	environ 5 heures

De plus, la puissance maximale lors de la charge et de la décharge ne correspond pas à la puissance nominale avec laquelle la batterie fonctionne habituellement. Effectivement, la puissance maximale ne peut être atteinte que pendant une courte période. La puissance nominale est soit directement indiquée sur la fiche technique, soit doit être calculée à l'aide du C-rate. Pour une capacité nominale de la batterie de 5,0 kWh et un C-rate de 0,2 C (20 % de 5,0 kWh), la puissance nominale est de 1 kW. Les données relatives à la charge et à la décharge ne doivent pas nécessairement coïncider, mais peuvent différer les unes des autres.

9.2 Instructions d'installation et d'exploitation et conditions de garantie

En plus de la fiche technique, il convient également de respecter les instructions d'installation et d'exploitation ainsi que les conditions de garantie. Les instructions contiennent des informations importantes sur le lieu d'installation. Le non-respect

des conditions de garantie ne donne pas droit à une réduction du prix ou à un remplacement par le vendeur. De même, le respect des conditions est primordial pour l'assurance en cas de sinistre causé par la batterie.

9.3 Déclaration de conformité

Le fabricant atteste dans une déclaration de conformité que son appareil est conforme aux normes techniques énumérées dans le RS 734.26 et que la compatibilité électromagnétique est garantie. Ce document, qui peut être demandé au vendeur, doit être rédigé dans une langue officielle de la Suisse ou en anglais et comporter au moins les informations suivantes :

- Nom et adresse du fabricant ou de son représentant en Suisse
- Description de la production basse tension
- Les réglementations techniques applicables,
- Les normes ou autres spécifications
- Nom et adresse de la personne qui signe la déclaration de conformité pour le fabricant ou son représentant en Suisse.

Les exigences suivantes concernant la compatibilité électromagnétique (CEM) et la sécurité des produits :

- EMV : SR 734.5 VEMV
- Sécurité des produits : RS 930.11 LSPPro, régit la mise sur le marché, y compris la documentation (art. 3 à 7), et les obligations de mise sur le marché (art. 8).

Les appareils sans déclaration de conformité ne peuvent pas être vendus en Suisse.

9.4 Lieu d'installation

Les exigences liées à l'emplacement sont importantes car le nombre de cycles de charge et la durée de vie garantis sont liés à la température ambiante et à l'humidité entre autres. En conséquence, les informations du fabricant sur l'emplacement et le fonctionnement de la batterie doivent absolument être respectées. De plus, il faut également tenir compte de l'accessibilité du site, par exemple de la largeur des portes ou des couloirs, ainsi que des possibilités d'accès par les escaliers ou les ascenseurs. La charge maximale admissible au sol

et l'espace disponible sur place doivent être pris en considération. Il faut également prévoir que le démontage et l'élimination de la batterie doivent être facilement possibles.

Finalement, il est à noter que les conditions relatives au lieu d'installation peuvent être imposées par les autorités dans certains cas.

Dans le cas d'un système de stockage d'une capacité de 100 kWh ou plus, des conditions plus strictes liées au risque d'incendie s'appliquent. Elles figurent dans la "Fiche technique de protection incendie pour les batteries au lithium-ion" de l'Association des établissements cantonaux d'assurance incendie (AEAI). En règle générale, il est recommandé de demander conseil à un spécialiste en protection incendie pour les batteries de plus de 100 kWh. [La notice de protection incendie 2005-15fr](#) de l'AEAI classe les systèmes de batteries en trois niveaux de danger « Hazard Levels » (HL) selon la taille du système. Il est donc également conseillé de suivre les recommandations de l'AEAI concernant les lieux et conditions d'installation des batteries. En cas de doute, il est recommandé de faire appel à des spécialistes.

Transport

Les batteries au lithium sont considérées comme des marchandises dangereuses.

< 333 kg ne nécessite pas d'étiquetage

- Emballage d'origine
- [Document de transport UN 3480](#)
- Sécurisation du chargement
- Extincteur (classe de feu A, B, C, 2 kg d'agent extincteur)

≥ 333 kg doivent être étiquetées

- Une autorisation de transport de marchandises dangereuses est nécessaire
- Les documents de transport et l'étiquetage doivent être présentés (classe de danger 9)

10 Règlements et exigences

10.1 Exigences relatives au stockage par batterie

Prescriptions relatives à l'établissement d'installations électriques CH (PDIE-CH 2021)

Sur la base des prescriptions relatives à l'établissement d'installations électriques ([PDIE-CH 2021](#)), de nombreux gestionnaires de réseau de distribution ont élaboré leurs propres documents qui contiennent parfois des exigences supplémentaires. Les documents spécifiques du gestionnaire de réseau de distribution doivent être respectés en conséquence. Un extrait des prescriptions PDIE-CH 2021 est retranscrit ci-dessous :

Stockage d'énergie électrique

1. Pour les dispositifs de stockage d'énergie électrique, l'obligation d'annoncer, de raccorder et d'exploiter est soumise aux mêmes dispositions que les IPE raccordées en parallèle avec le réseau basse tension (PDIE-CH 2021, chapitre 10)
2. Les dispositions selon la section 1.6 des prescriptions PDIE-CH 2021 (Asymétrie) sont à respecter
3. Les modes d'exploitation possibles des accumulateurs d'énergie électrique ainsi que les règles correspondantes pour les concepts de mesure et les calculs des données et des modalités de décompte sont définis dans le manuel de l'AES "Dispositifs de stockage d'électricité (MDSE-CH)"
4. Pour des systèmes avec un couplage AC (Le dispositif de stockage d'énergie électrique et l'installation de production sont raccordés côté courant alternatif), il faut, afin d'éviter des asymétries sur le réseau de distribution, appliquer les cas suivants:

Possibilité de raccordement	Raccordement du dispositif de stockage	Raccordement de l'IPE	Conducteur de phase
Possibilité 1	Mono-phasé	Mono-phasé	Raccordement de l'IPE et du dispositif de stockage d'énergie électrique ≤ 3,7 kVA sur la même phase
Possibilité 2	Triphasé	Triphasé	Raccordement des IPE ≤ 3,7 kVA sur les trois phases, max. trois IPE monophasés
Possibilité 3	Mono-phasé	Mono-phasé	Raccordement des dispositifs de stockage d'énergie électrique ≤ 3,7 kVA sur les trois phases, max. trois dispositifs de stockage d'énergie électrique monophasés

5. Les dispositifs de stockage d'énergie électrique avec le couplage DC qui forment une unité avec l'IPE sont, de ce fait, à traiter comme une IPE. La puissance nominale de l'onduleur fait fois.

10.2 Exigences en matière d'installation

Les principales exigences sont fixées par l'[OIBT \(Ordonnance sur les installations à basse tension\)](#), et plus particulièrement dans l'art.3 qui concerne la sécurité :

- Les installations électriques doivent être établies, modifiées, entretenues et contrôlées selon les règles techniques reconnues.
- Elles ne doivent mettre en danger ni les personnes, ni les choses, ni les animaux lorsque leur exploitation et leur utilisation sont corrects mais aussi,
- en cas d'exploitation ou d'utilisation incorrectes ou de dérangement.

Les exigences de base sont définies dans :

NIN 2020 (SN 411000:2020)

5.6.7.14 Installations de batteries

Les installations de batteries doivent être conformes aux exigences de la norme SNEN IEC 62485-2. Avec la révision de la NIBT 2025, la section correspondante se trouvera désormais au chapitre 5.7.

SNR 460712 2018

Systèmes de stockage électrique stationnaires

https://shop.electrosuisse.ch/de/SNR-460712_2018_I_-47149.html

ESTI

Directive ESTI n° 220 / version 0621

www.esti.admin.ch/de/dokumentation/esti-weisungen/esti-weisungen

SIA 2061

Systèmes de stockage d'énergie par batterie dans les bâtiments

<http://shop.sia.ch/normenwerk/architekt/sia%202061/d/D/Product>

Fiche technique VKF

Piles au lithium-ion 01.06.2021 / 2005-15fr

<https://services.vkg.ch/rest/public/georg/bs/publikation/documents/BSPUB-1394520214-3688.pdf/contentcontent>

Remarque

Ce document a été écrit avec le plus grand soin. Aucune garantie ne peut être assurée au sujet de l'exactitude, l'exhaustivité et l'actualité du contenu. Ce document ne libère pas de l'obligation de s'informer et de respecter les recommandations actuelles, les normes et les règlements. Ce document est exclusivement fourni à titre informatif. Toutes responsabilités quant aux dommages causés suite à la lecture de ce document sont exclues.

Les droits d'auteur sont détenus par Swissolar .

02/2023/Fiche technique Nr. 21013d

Avec le soutien de



En collaboration avec

