

Appareils d'enseignement et de recherche sur

l'énergie solaire

- Photovoltaïque et Chauffage Solaire
- Comprendre les bases
- Mise en pratique spécifique

Présentation de la gamme 2E pour la formation à l'énergie solaire

GUNT Gerätebau est connu dans le monde entier depuis plus de 35 ans comme fabricant compétent d'appareils de formation technique. Les thèmes du programme 2E de GUNT sont l'énergie et l'environnement, en particulier sous le rapport de la durabilité. GUNT relève également les défis mondiaux d'aujourd'hui avec le thème central remanié de l'énergie solaire.

L'entrée dans l'ère solaire

La quantité d'énergie solaire qui rayonne sur les continents est près de 2000 fois supérieure aux besoins mondiaux en énergie. Eu égard à la problématique climatique globale, il semble évident d'exploiter le mieux possible ce potentiel.

Afin de se rendre compte de l'importance croissante de l'énergie solaire dans la résolution des problèmes énergétiques de demain, la figure suivante indique quelques réserves d'énergie fossile à des fins de comparaison:

Utiliser intelligemment l'énergie solaire

On distingue principalement deux domaines dans l'exploitation de l'énergie solaire : le photovoltaïque et le chauffage solaire.

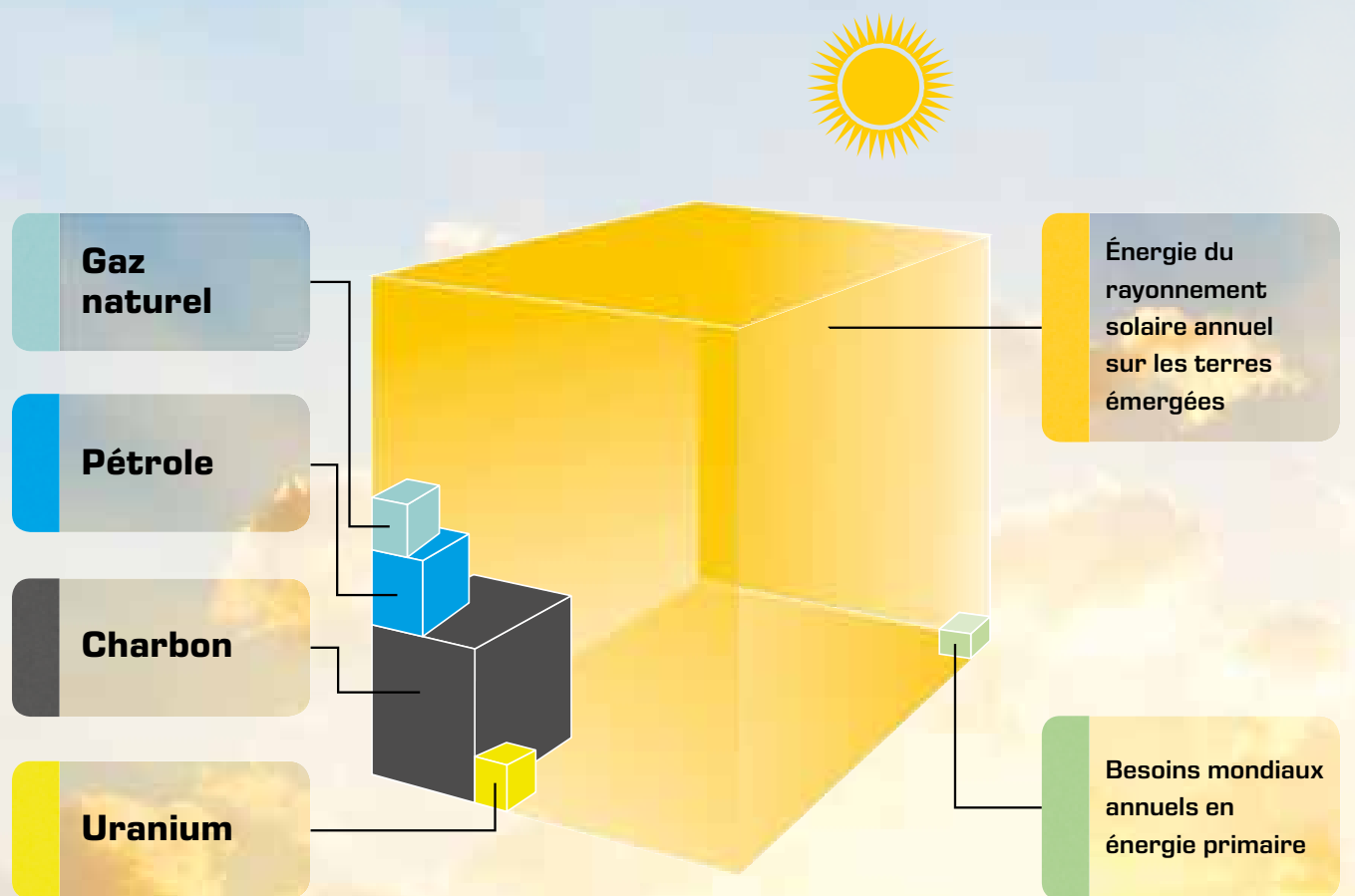
Dans le photovoltaïque, on produit directement de l'énergie électrique, tandis qu'avec le chauffage solaire on capte la chaleur qui peut ensuite, soit être directement utilisée, soit convertie en énergie électrique par des machines thermiques dans de grandes centrales solaires.

Ces deux types d'utilisation se font concurrence sur la plage de quelques mégawatts de puissance électrique. Il est possible de construire de grandes installations photovoltaïques à partir de plusieurs milliers de modules solaires. Mais il est également envisageable de produire la même puissance à partir d'une centrale à concentrateurs cylindro-paraboliques. Le choix de la technologie dépend fortement du site prévu et de l'intégration au réseau électrique.

L'avantage des petites installations solaires est qu'elles produisent de l'électricité et / ou de la chaleur à proximité du consommateur et en fonction de ses besoins. Pour exploiter pleinement le potentiel de l'énergie solaire pour une alimentation en énergie durable, il est indispensable d'assimiler et de développer des concepts d'exploitation modernes.

C'est pourquoi nous considérons comme notre devoir de développer des appareils de formation technique dans le domaine de l'énergie solaire.

Nos appareils d'enseignement vous aident vous et vos étudiants à découvrir des applications, à approfondir les bases et traiter de manière ciblée les questions spécifiques aux systèmes efficaces.



Photovoltaïque

Le développement technologique favorable ainsi que des incitations économiques ont permis ces dernières années une croissance importante de la puissance photovoltaïque installée.

L'électricité solaire produite alimente directement le réseau d'un fournisseur d'énergie ou est consommée sur place.

Les avantages de ce mode de production d'énergie sont connus : L'électricité solaire contribue à la protection de l'environnement, réduit le transport d'électricité et permet une alimentation en énergie indépendante et économique.

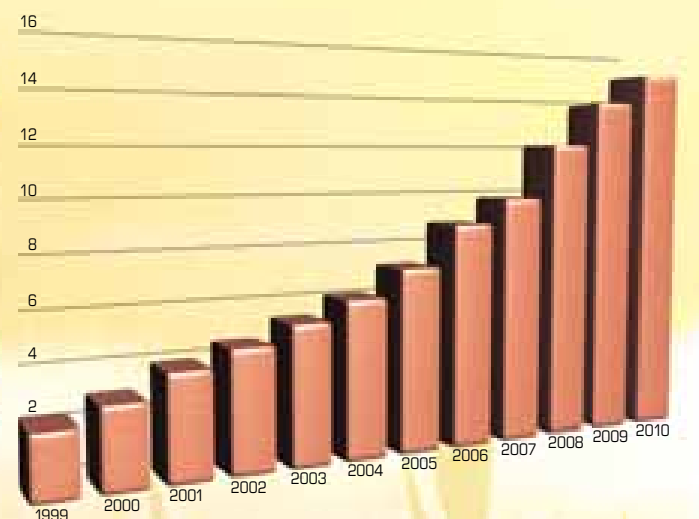


Développement de la puissance photovoltaïque installée en Allemagne en GW_{pv} (source: BSW-Solar)

Chauffage solaire

L'énergie provenant de capteurs solaires thermiques a jusqu'ici servi principalement au chauffage des bâtiments et de l'eau sanitaire. De plus, le chauffage solaire peut servir de source de chaleur de processus dans l'industrie, pour la production de vapeur dans les centrales électriques et même pour le refroidissement. Selon l'utilisation, on utilise différents types de capteurs solaires.

Dans le diagramme suivant, la surface de capteurs solaires installée sert d'unité de mesure de la croissance annuelle des installations de chauffage solaire.



Développement de la surface de capteurs solaires thermiques installés en Allemagne en millions de m² (source: BSW-Solar)



Rendez-vous sur notre site www.gunt2e.de

Les possibilités de la gamme 2E dans la formation à l'énergie solaire

Enseignez les différentes possibilités d'utilisation de l'énergie solaire dans le cadre d'un programme d'étude structuré.

Le concept didactique

L'essentiel du photovoltaïque en 3 étapes

Mise en pratique n°1
Optimiser l'utilisation des panneaux photovoltaïques

Bases du photovoltaïque
Bases technologiques des cellules et des modules

Mise en pratique n°2
Étude de l'utilisation sur site ou en réseau par simulateur ou par panneaux réels

Appareils d'enseignement 2E pour le photovoltaïque



ET 250 Mesures sur les panneaux photovoltaïques

Étude de leur fonctionnement.

Page 4

Page 6
ET 250.01

Page 7
ET 250.02



ET 252 Mesure sur les cellules solaires

Banc d'essai avec quatre cellules solaires et diodes de dérivation librement connectables.

Page 9



ET 255 Utilisation du photovoltaïque: en parallèle ou en îlot

Banc d'essai avec simulateur photovoltaïque pour le travail avec les composants électriques de la pratique photovoltaïque

Page 10

Apprendre les bases et les applications de la production de chaleur par chauffage solaire

Mise en pratique n°1
Utilisation des capteurs solaires plan, modernes

Bases du chauffage solaire
Grandeurs influençant le fonctionnement de l'installation

Mise en pratique n°2
Utilisation combinée de pompe à chaleur et de capteurs de chauffage solaire

Appareils d'enseignement 2E pour l'héliothermie



HL 313 Chauffage d'eau avec capteur solaire plan

Exploitation du chauffage solaire avec des composants industriels.

Page 13



ET 202 Bases du chauffage solaire

Modèle d'installation de chauffage solaire

WL 377 Banc d'étude de la convection et du rayonnement

Étude de la transmission de la chaleur par convection et rayonnement

Page 15

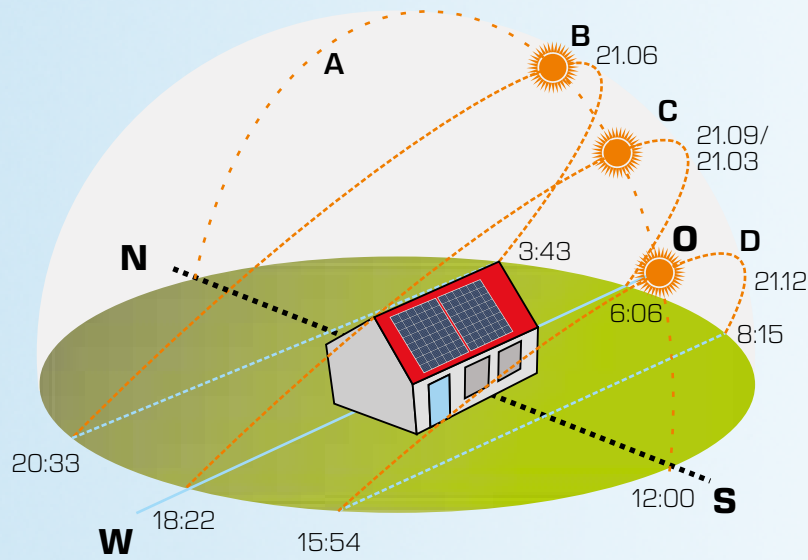


HL 320 Système mixte de chauffage solaire et pompe à chaleur

Modules distincts : Panneaux, Pompe à chaleur, réservoir, éléments de chauffage etc

Page 17

Utilisation optimale des panneaux photovoltaïques



L'orientation de la surface du panneau vers un point cardinal et son inclinaison jouent un rôle essentiel pour optimiser le rendement d'une installation solaire.

L'illustration montre la trajectoire du soleil visible sur la terre aux différentes saisons. Les heures mentionnées pour le lever et le coucher du soleil valent à Berlin :

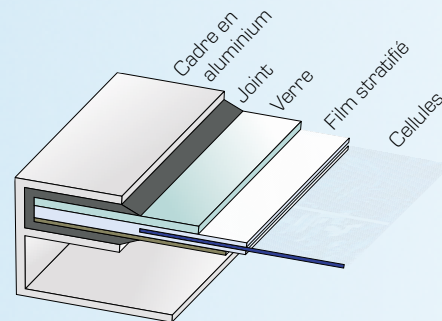
- A Zénith
- B Solstice d'été
- C Équinoxe de printemps / automne
- D Solstice d'hiver

De la cellule au panneau

La cellule solaire est la plus petite unité d'un panneau photovoltaïque. Une seule cellule ne produit qu'une tension à vide faible d'environ 0,6 Volt. Cette tension ne suffit pas pour alimenter le réseau en énergie électrique ni faire fonctionner un consommateur. C'est pourquoi un panneau rassemble plusieurs cellules interconnectées en une unité. Les panneaux courants atteignent une tension à vide d'environ 12 ou 24 Volt. Ces tensions permettent déjà de faire fonctionner un consommateur à courant continu ou de charger un accumulateur. Le panneau constitue donc la forme la plus petite de générateur photovoltaïque. Une installation photovoltaïque complète comprend outre les panneaux générateurs d'autres composants servant à convertir et à préparer l'électricité solaire.

Encapsulation des cellules

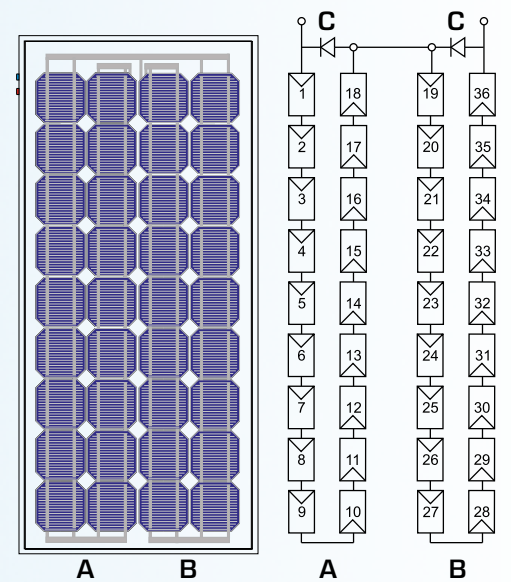
Les cellules courantes sont constituées de minces disques de silicium. Ces disques doivent une fois les contacts électriques effectués être intégrés dans le module en étant protégés contre le risque de cassure et contre les intempéries.



Fonctionnement à puissance optimale

La puissance électrique du panneau photovoltaïque est le produit de l'intensité et de la tension au point de fonctionnement. Le point de fonctionnement est donné par la charge électrique du consommateur connecté.

Pour vérifier si le point de fonctionnement optimal est atteint, il faut disposer de la courbe caractéristique intensité-tension complète. La mesure de la courbe caractéristique peut se faire avec une résistance de charge variable.



Sur des panneaux photovoltaïques typiques, 18 cellules sont reliées en série à des conducteurs. Chaque conducteur (A, B) est protégé par une **diode de dérivation** (C). Ainsi, une partie de la puissance du module subsiste si un conducteur est défaillant et chaque cellule est protégée.



Mesure ET 250 sur les panneaux solaires



Principe de fonctionnement

Ce banc d'essai vous permet d'enseigner les aspects essentiels du fonctionnement d'un panneau solaire dans des conditions proches de la pratique.

L'ET 250 dispose de deux panneaux solaires. Les deux panneaux solaires peuvent être montés en parallèle ou en série. Vous pouvez régler l'angle d'inclinaison des panneaux individuellement. Vous disposez pour les essais d'un écran affichant toutes les valeurs de mesure pertinentes.

Ces valeurs de mesure vous permettent d'établir les courbes caractéristiques tension - intensité. Ces courbes caractéristiques sont un critère essentiel pour évaluer la puissance d'une installation photovoltaïque.

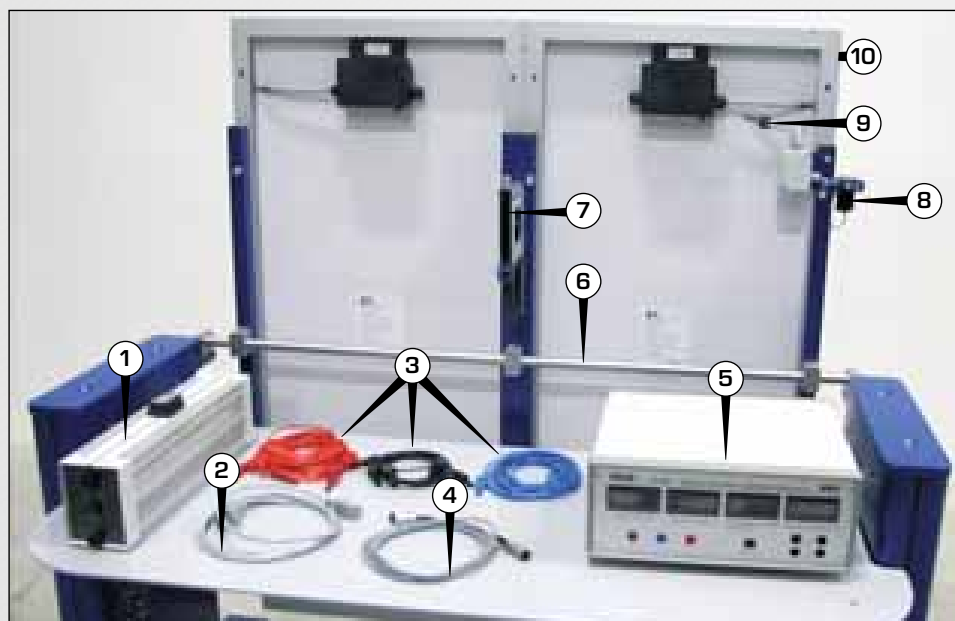
Découvrir avec l'ET 250 la pratique de la production d'électricité solaire sur des modules photovoltaïques



Objectifs pédagogiques

- Comportement physique des panneaux photovoltaïques lors de variations de l'éclairement, de la température et de l'opacité.
- Découvrir les grandeurs caractéristiques importantes telles que l'intensité de court-circuit, la tension à vide et la puissance maximale.
- Enregistrement de courbes caractéristiques intensité-tension en parallèle et en série
- Influence de l'inclinaison du module solaire
- Détermination du rendement

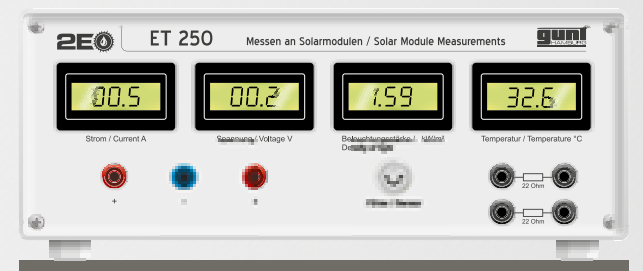
Les composants de l'appareil



1 Résistance à curseur, 2 Câble d'alimentation, 3 Jeu de câbles pour le montage en parallèle et en série, 4 Câble de mesure, 5 Unité de mesure, 6 Axe rabattable, 7 Axe rabattable, 8 Capteur d'éclairement, 9 Capteur de température, 10 Modules photovoltaïques



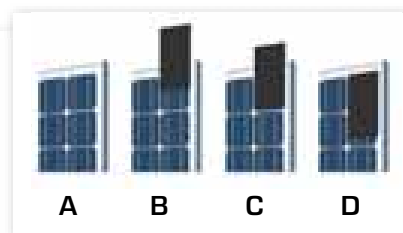
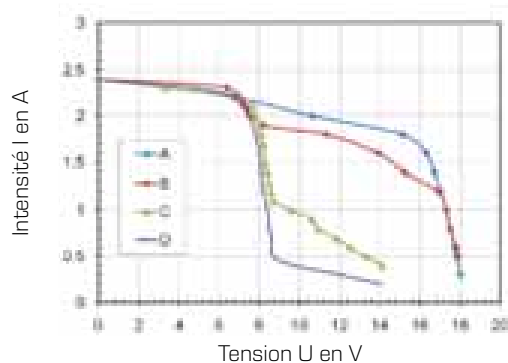
Capteur d'éclairement



L'unité de mesure



Diodes de dérivation sur le module



Essais en opacité

L'opacité constitue sur de nombreux sites une cause essentielle de perte de rendement. Pour cet effet également, des essais ciblés sont prévus avec l'ET 250. Vous pouvez comparer les résultats avec les essais de référence documentés. Cette illustration représente les courbes caractéristiques intensité-tension pour différents degrés d'opacité sur chaque cellule d'un module.



Vous y trouverez des détails et des données techniques.

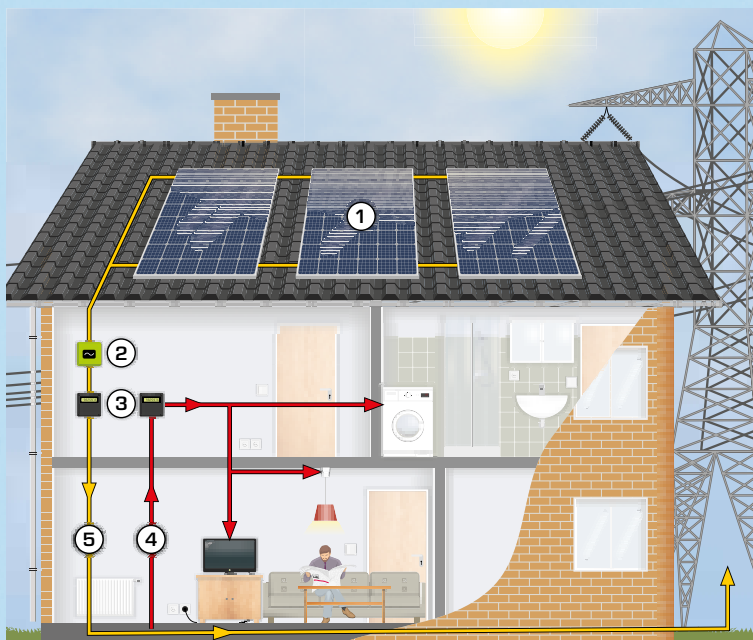
La documentation didactique

La documentation didactique bien structurée guide l'étudiant dans la réalisation des essais et expose également les principes de base. Les thèmes en sont par exemple la prise en compte des données météorologiques ainsi que la disposition de l'installation.



Alimenter le réseau en électricité solaire

Alors que les applications photovoltaïques étaient d'abord limitées à des niches comme l'approvisionnement de consommateurs difficilement accessibles, entre temps la majeure partie est installée en exploitation avec couplage au réseau. En exploitation avec couplage au réseau, le courant solaire généré alimente, après sa transformation en courant alternatif, le réseau électrique public. L'illustration suivante représente les composants essentiels d'une installation fonctionnant en réseau :



- 1 Modules photovoltaïques, 2 Onduleur
3 Compteur électrique, 4 Connexion au consommateur
5 Alimentation du réseau

L'électricité solaire fournie est détectée par un compteur d'alimentation autorisé par l'exploitant du réseau. Les besoins en électricité pour l'approvisionnement domestique sont toujours couverts en majeure partie par le réseau public et mesurés par un deuxième compteur de courant. Afin d'encourager spécialement l'auto-consommation de l'électricité solaire produite, ce mode d'exploitation est particulièrement favorisé en Allemagne.



Sécurité de l'installation

L'augmentation du nombre d'installations photovoltaïques reliées au réseau crée des exigences techniques particulières pour la stabilisation de la tension et de la fréquence du réseau. Pour l'autorisation d'une installation photovoltaïque reliée au réseau, des dispositifs de sécurité sont également nécessaires, par exemple contre la foudre ou le feu.

ET 250.01 photovoltaïque en fonctionnement en réseau

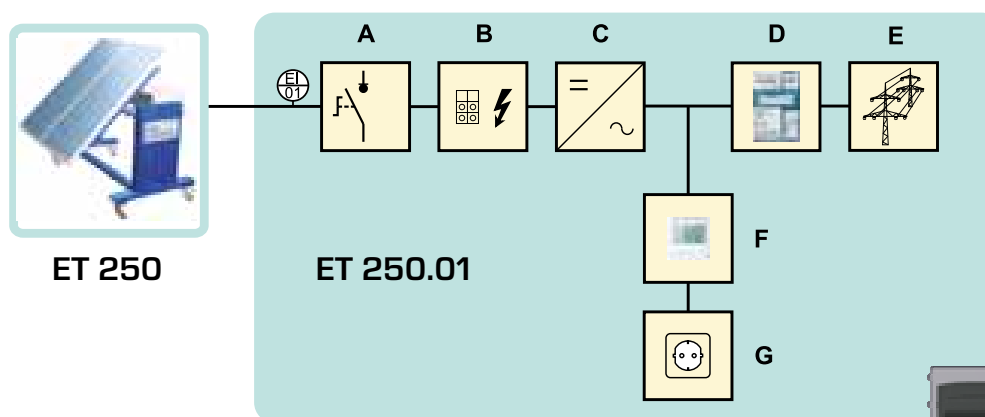
Composants et fonctions

ET 250.01 est conçu comme un module complémentaire à ET 250 et vous offre la possibilité de compléter judicieusement les contenus d'enseignement d'ET 250.

L'ET 250.01 comporte des composants industriels en photovoltaïque nécessaires pour exploiter l'électricité solaire en liaison avec un réseau public. Ces composants sont :

- Coupe-circuit DC (A)
- Protection contre la surtension (B)
- Onduleur connecté au réseau avec module d'optimisation de la puissance
- Et surveillance du réseau (C)
- Compteur d'alimentation double sens avec fonctions de compteur intelligent (D)
- Compteur d'auto-consommation (F)
- Prise électrique (G)

Les éléments sont disposés de manière visible sur le schéma électrique. Des prises de mesure pour l'utilisation d'appareils de mesure manuels sont intégrées aux endroits appropriés du câblage. Il est possible de mesurer l'énergie fournie au réseau et l'auto-consommation au moyen de compteurs d'énergie.



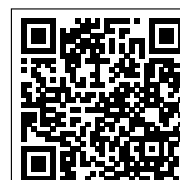
Objectifs didactiques

- Fonctionnement des composants pour le fonctionnement en réseau
- Dispositifs de sécurité des installations photovoltaïques
- Fonctionnement d'un onduleur connecté au réseau avec module d'optimisation de la puissance
- Fonctionnement des compteurs d'énergie double sens pour l'alimentation du réseau
- Rendement de conversion d'un onduleur connecté au réseau
- Bilan énergétique en fonctionnement en réseau

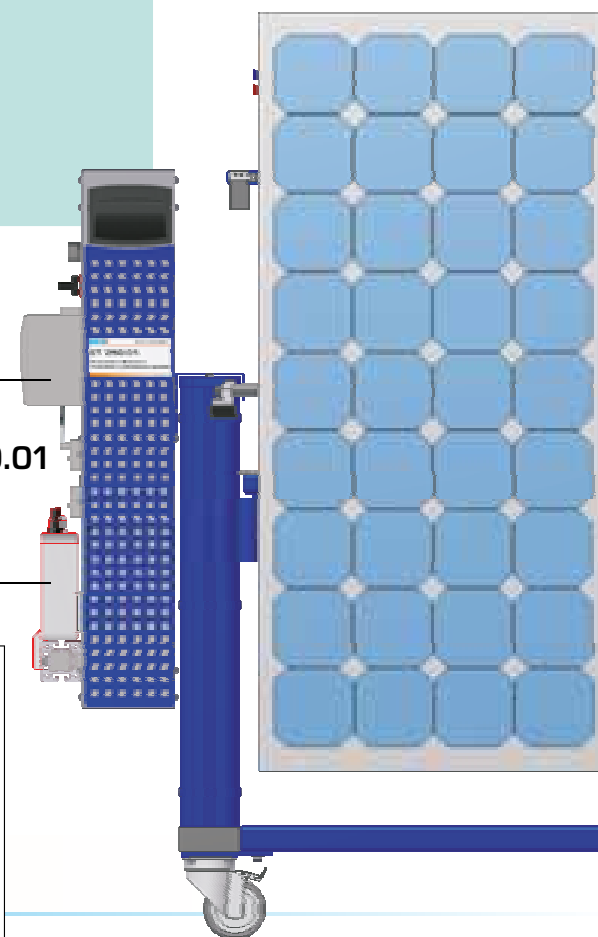
Compteur d'alimentation

ET 250.01

Onduleur



Vous y trouverez des détails et des données techniques.





Alimentation des établissements de santé isolés

L'énergie électrique obtenue permet pendant la journée d'assurer le refroidissement des médicaments. Le surplus d'énergie est accumulé dans des accumulateurs et sert la nuit à l'éclairage des salles.



Alimentation des feux maritimes

Depuis longtemps, on utilise des feux maritimes pour délimiter les couloirs maritimes. Si l'énergie nécessaire à la lampe est déjà fournie par un système photovoltaïque en îlot, il n'y a plus besoin d'autre source d'énergie. Le coût de leur fonctionnement est ainsi nettement réduit, en particulier aux endroits peu accessibles.

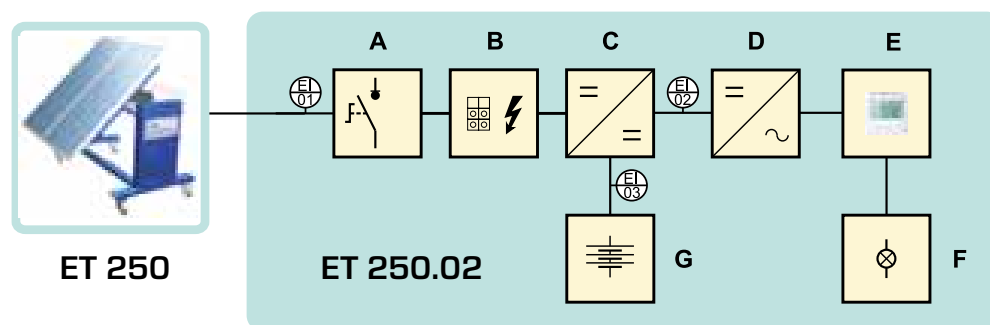
Énergie solaire pour l'alimentation d'un site hors réseau

Les installations photovoltaïques sont utilisées en îlot quand elles ne peuvent pas ou n'ont pas besoin d'être reliées à un réseau, par exemple sur un site isolé. Un système en îlot typique comprend les composants suivants :

- Générateur photovoltaïque
- Convertisseur de tension
- Régulateur de charge
- Accumulateurs
- Consommateur

Même une petite installation permet d'examiner les aspects importants des installations en îlot typiques. Le dimensionnement de la taille du module et de l'accumulateur est décisif pour la sécurité de l'alimentation. Pour cela, il faut par exemple prendre en compte les variations diurnes et saisonnières de l'offre d'énergie solaire ainsi que les pics de charge prévisibles.

ET 250.02 photovoltaïque en fonctionnement en îlot



Composants et fonctions

L'ET 250.02 est un module complémentaire à l'ET 250. Cet appareil vous permet d'enseigner les aspects essentiels de l'exploitation de l'énergie solaire dans des systèmes en îlot. L'ET 250.02 comporte pour cela tous les composants nécessaires :

- Coupe-circuit DC (A)
- Protection contre la surtension (B)
- Régulateur de charge avec module d'optimisation de la puissance (C)
- Onduleur en îlot (D)
- Compteur d'auto-consommation (E)
- Lampe halogène comme charge électrique (F)
- Accumulateur (G)

Pour effectuer les essais, on connecte les modules photovoltaïques de l'ET 250 sur l'ET 250.02. Dès que le régulateur de charge est alimenté avec de l'électricité solaire, il se met à fonctionner. On peut maintenant examiner l'optimisation de la puissance et le comportement à différents états de charge de l'accumulateur. Les prises de mesure intégrées dans le schéma électrique permettent pour cela de mesurer l'intensité et la tension à l'aide d'appareils de mesure.

Le compteur d'énergie permet de mesurer l'auto-consommation d'une lampe qui fait partie du module d'essai.

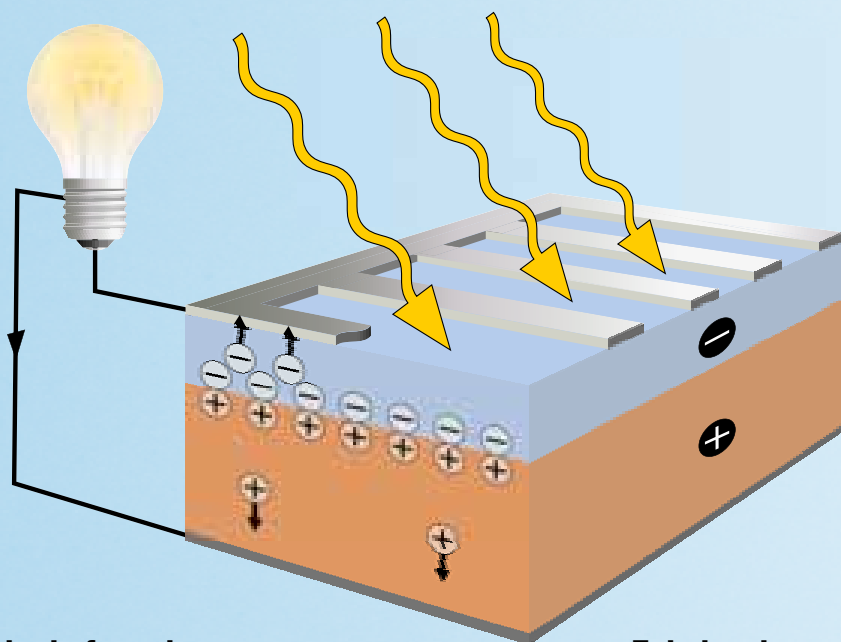
Objectifs didactiques

- Fonctionnement des composants pour le fonctionnement en îlot
- Fonctionnement d'un régulateur de charge
- Utilisation des accumulateurs
- Onduleur en fonctionnement en îlot
- Dispositifs de sécurité
- Rendement de conversion d'un onduleur en îlot
- Bilan énergétique en fonctionnement en îlot



Vous y trouverez des détails et des données techniques.

Bases des **cellules photo-électriques**, fonctionnement dans différentes conditions expérimentales.



Mode de fonctionnement d'une cellule solaire

Une cellule solaire typique comprend deux couches de semi-conducteur silicium de type différent. Le dopage avec du phosphore ou bore produit dans la couche supérieure un excédent et dans la couche inférieure un manque d'électrons.

Le dopage provoque un champ électrique à l'intérieur de la cellule solaire. La couche supérieure agit comme un pôle négatif (cathode). La couche inférieure agit comme un pôle positif (anode).

L'absorption de lumière (photons) mobilise les électrons dans la cellule solaire. L'électron excité peut se déplacer dans la bande de conduction et laisse derrière lui dans la bande de valence un trou mobile chargé positivement.

Fabrication

Après la découverte par Alexandre Edmond Becquerel dès 1839 de l'effet photoélectrique, plus de 100 ans se sont écoulés jusqu'à la fabrication de la première cellule solaire au silicium en 1954. Les cellules solaires les plus répandues sont les cellules au silicium mono ou polycristallin. Comme matériau de départ, on scie d'abord des couches de silicium très fines (wafer) dans un bloc de silicium.

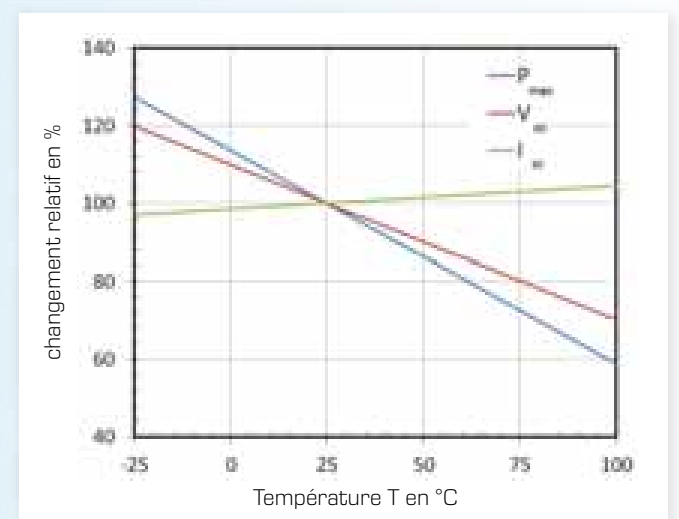
De nombreux autres gestes sont nécessaires jusqu'à la cellule finie. Ces gestes se regroupent pour l'essentiel en deux étapes principales :

- Dopage (création du champ électrique)
- Passivation (réduction des défauts matériels)
- Soudure (sérigraphie avec des pâtes conductrices)

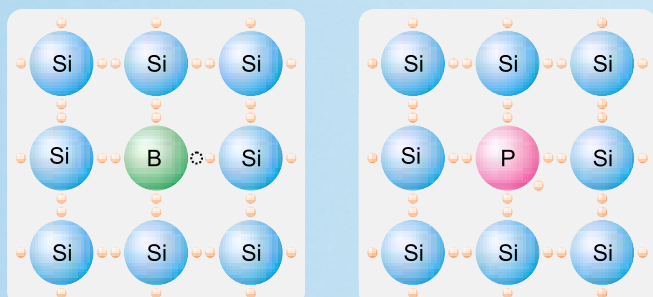
Le rendement des cellules solaires dépend de la température

En fonctionnement, jusqu'à 25% de l'énergie solaire sont transformés en courant électrique. Le reste provoque l'échauffement de la cellule thermique. Par des effets dans le matériau semi-conducteur, cet échauffement réduit la puissance de la cellule solaire. C'est pourquoi il est avantageux de monter les modules à une distance suffisante du support afin d'assurer un refroidissement par flux d'air sur l'arrière du module.

L'**ET 252** vous permet d'examiner de manière ciblée la température sur la cellule solaire.



Dépendance relative à la température de la puissance (P_{max}), de la tension à vide (V_{oc}) et de l'intensité de court-circuit (I_{sc})

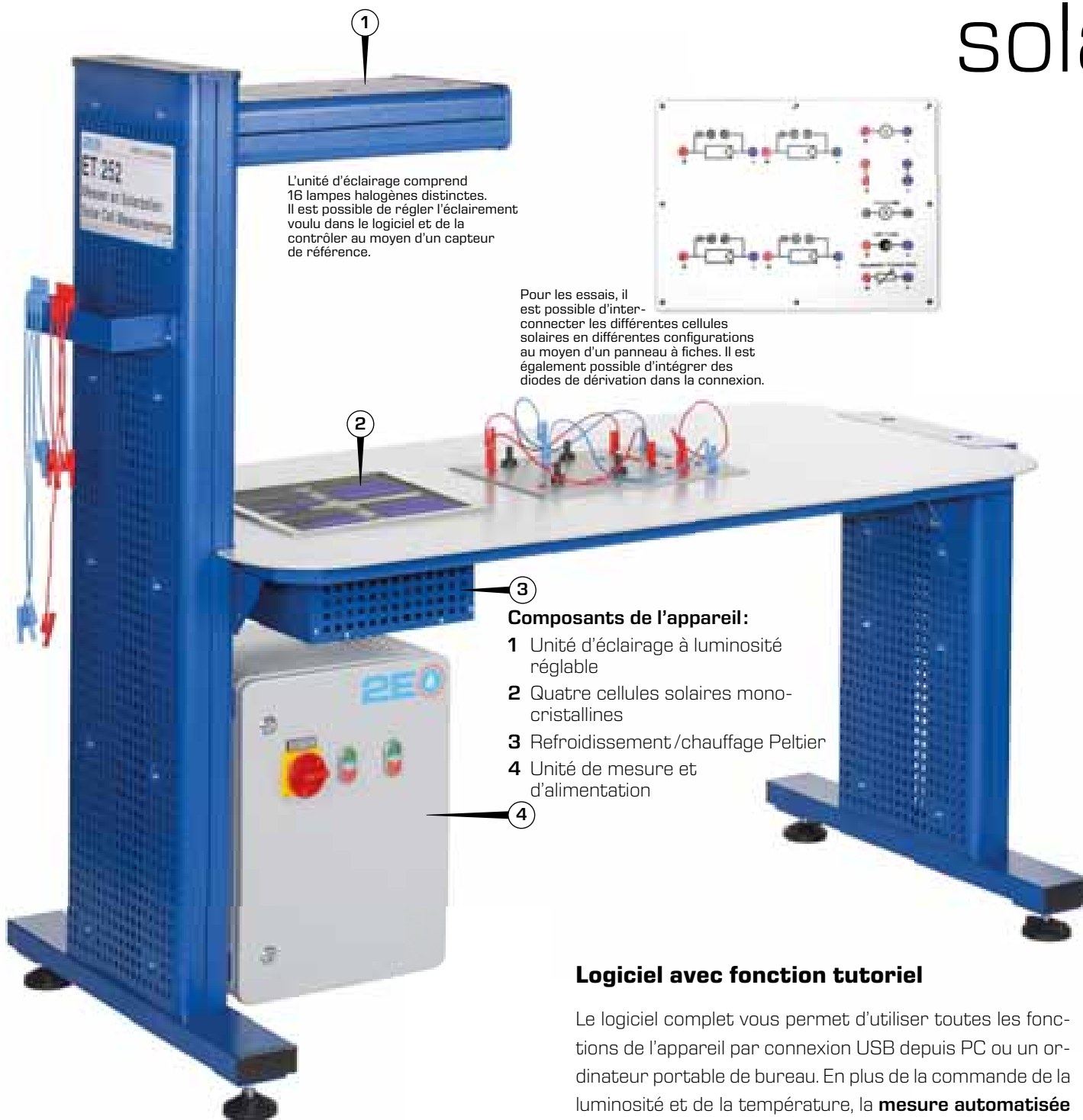


Dopage du silicium: Le phosphore provoque un excédent d'électrons et le bore un manque d'électrons



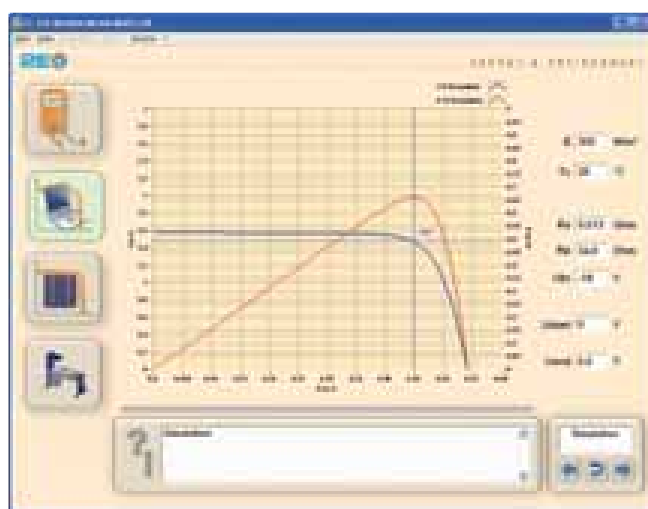
Ligne de finition pour la fabrication de cellules solaires au silicium

ET 252 de la cellule solaire au panneau



Logiciel avec fonction tutoriel

Le logiciel complet vous permet d'utiliser toutes les fonctions de l'appareil par connexion USB depuis PC ou un ordinateur portable de bureau. En plus de la commande de la luminosité et de la température, la **mesure automatisée de courbes caractéristiques** est également paramétrée ici par le récepteur de courant commandé par le logiciel.

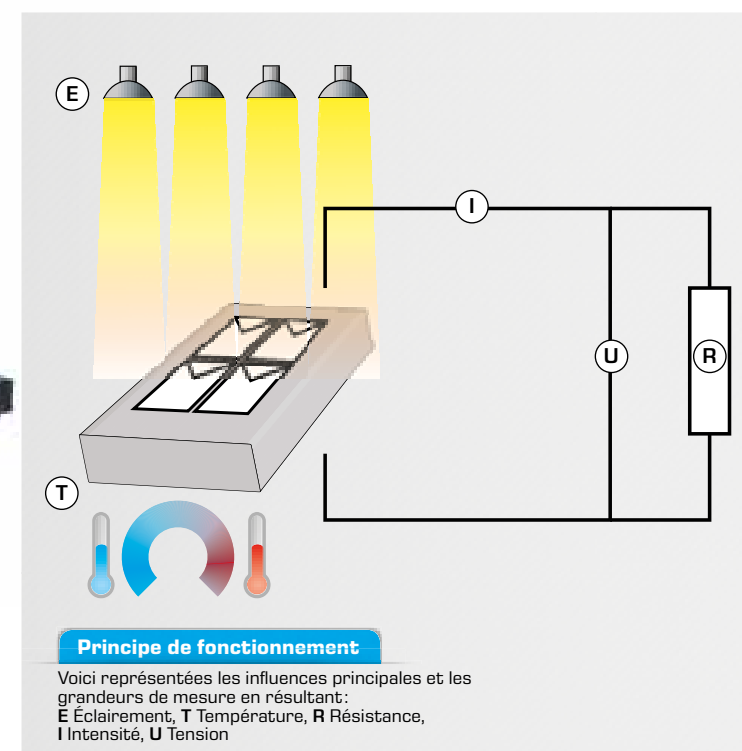


Le logiciel comprend de plus une **fonction tutoriel** intégrée facilitant l'initiation aux bases du photovoltaïque et aux diverses possibilités de mesure de l'appareil par étapes didactiques.

Des animations permettent de visualiser les bases des cellules interconnectées et les options disponibles sur le panneau à fiches.

Fonctions du banc d'essai

L'ET 252 vous permet d'enseigner les bases du photovoltaïque à travers des expériences bien conçues. Les composants principaux de l'appareil d'essai ont quatre cellules solaires recevant le rayonnement d'une unité d'éclairage réglable. Un élément refroidissant Peltier vous permet de thermostatiser les cellules solaires de manière ciblée. Ainsi, il est possible d'effectuer des séries de mesures comparatives sur l'influence de la température sur les grandeurs caractéristiques.



Deux points sont au centre du concept didactique:

Types d'interconnexion

Dans un montage en série, les tensions des différentes cellules s'additionnent. L'intensité reste constante. Sur un montage en parallèle à l'inverse, la tension reste constante tandis que les intensités des différentes cellules s'additionnent.

Courbes caractéristiques intensité-tension

Les courbes caractéristiques servent à évaluer la puissance d'une installation photovoltaïque. Le tracé de la courbe caractéristique dépend notamment de l'éclairage et de la température.



Objectifs didactiques / exercices

- Courbe caractéristique intensité-tension d'une cellule photovoltaïque
- Montage de cellules solaires en série et en parallèle
- Influence de la température sur les paramètres de la cellule solaire
- Comportement de la cellule solaire à différents éclairages et en cas d'opacité partielle



Vous y trouverez des détails et des données techniques.

2E a division of

gunt
HAMBURG

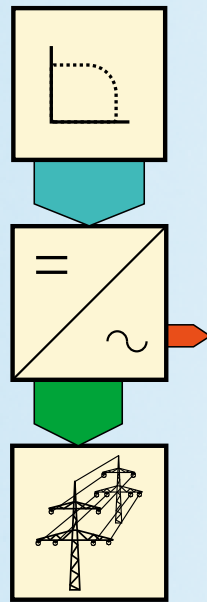
Effacité et rendement d'une installation photovoltaïque

Analyse d'une connexion réelle et simulation de modes de fonctionnement

Sur les installations en îlot comme sur celles en réseau, les changements d'éclairement, de température et de charge provoquent un déplacement du point de fonctionnement électrique. Il en découle pour les composants du système des changements de l'état d'exploitation et des variations du rendement.

Ce comportement des composants du système peut être examiné lors d'essais de terrain avec des modules photovoltaïques ou par la simulation de courbes intensité-tension.

Les données ainsi obtenues peuvent être utilisées pour le pronostic des rendements de l'installation à l'aide de données météorologiques. Avec les onduleurs, il faut en particulier intégrer dans le calcul le comportement dans la plage de charge partielle. Ainsi, le rendement peut diminuer à moins de 60%, par exemple si la charge est d'un cinquième de la puissance nominale.



Le facteur d'efficacité énergétique

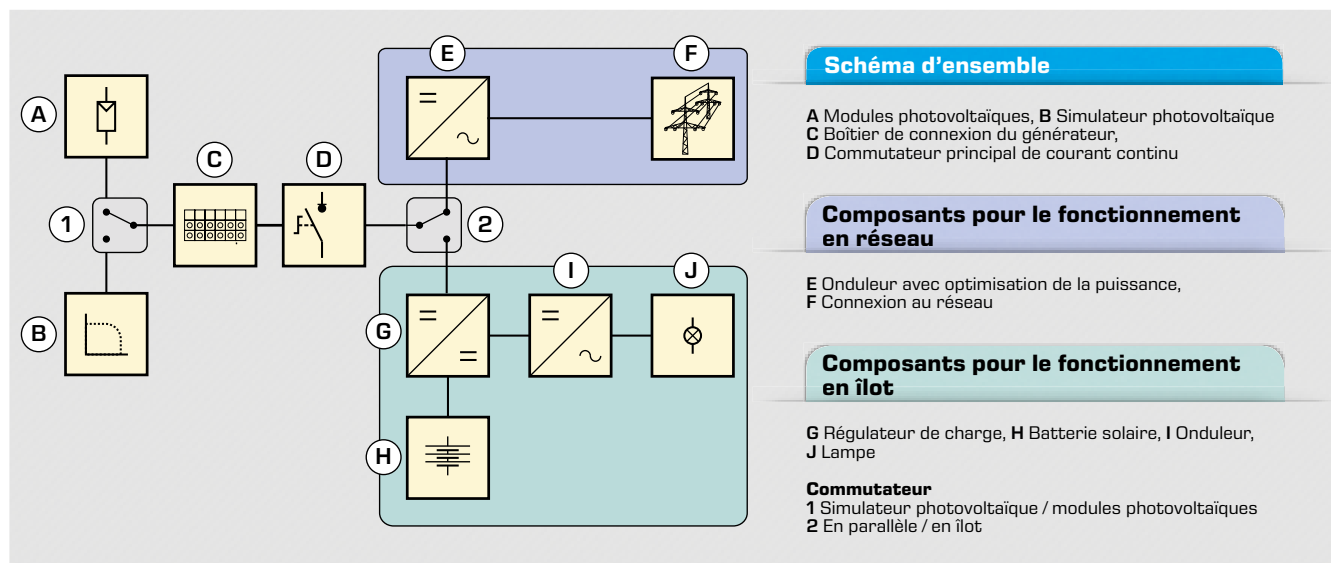
Le facteur d'efficacité énergétique d'un onduleur peut être calculé par exemple sur une période d'une année. Il résulte du rapport de la quantité d'énergie effectivement utilisée et de l'offre d'énergie théoriquement disponible des modules photovoltaïques connectés. Pour atteindre un facteur d'efficacité énergétique élevé, l'onduleur doit être réglé de manière optimale sur la puissance des modules connectés et la répartition annuelle de l'offre d'énergie solaire.



Optimisation de la puissance en fonctionnement en réseau et en fonctionnement en îlot

En cas de changements de l'éclairement et de la température, le point de fonctionnement optimal d'un module photovoltaïque se déplace. En fonctionnement en réseau, l'adaptation nécessaire du point de fonctionnement (optimisation de la puissance) est obtenue principalement par une fonction intégrée du convertisseur. Sur les systèmes en fonctionnement en îlot, cette fonction est souvent comprise dans les fonctionnalités du régulateur de charge.

ET 255 exploitation photovoltaïque en réseau ou en îlot



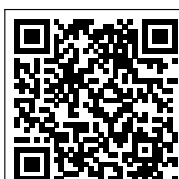
Principe de fonctionnement

Le banc d'essai ET 255 vous permet d'examiner des composants réels du photovoltaïque pour l'alimentation d'un réseau et pour le fonctionnement en îlot dans des conditions réelles. Pour cela, vous pouvez travailler avec des modules photovoltaïques réels (ET 250) ou avec le simulateur photovoltaïque intégré.

La commande et le paramétrage du simulateur photovoltaïque se font au moyen du logiciel. Les autres fonctions du logiciel permettent de détecter et de représenter les valeurs de mesure et facilitent ainsi l'acquisition des objectifs didactiques préalables.

Un module est disponible pour le fonctionnement en réseau. En fonctionnement en îlot, vous pouvez utiliser différents régulateurs de charge, un onduleur et un accumulateur.

Pour les mesures électriques avec des appareils de mesure manuels, l'ET 255 est équipé à tous les endroits voulus de points de mesure d'intensité et de tension.



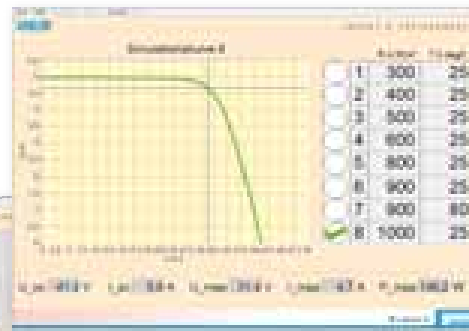
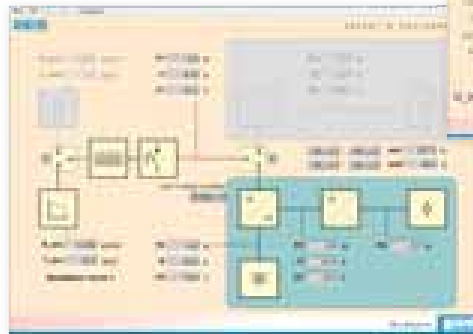
Vous y trouverez des détails et des données techniques.



ET 255 Le logiciel

Utilisation et saisie des données

L'état d'exploitation et les valeurs de mesure actuelles sont affichés clairement par le logiciel ET 255. Les valeurs de mesure peuvent être enregistrées en continu pour une évaluation ultérieure dans des tableurs externes.



Le simulateur photovoltaïque

L'interface utilisateur simple d'utilisation du simulateur photovoltaïque permet de sélectionner les courbes caractéristiques pour différents éclairagements et températures. Le modèle dit deux diodes donne la base théorique pour le calcul des courbes caractéristiques intensité-tension.



Les concepts de base tirés de la pratique de l'exploitation photovoltaïque moderne peuvent être enseignés par étapes et de manière systématique.

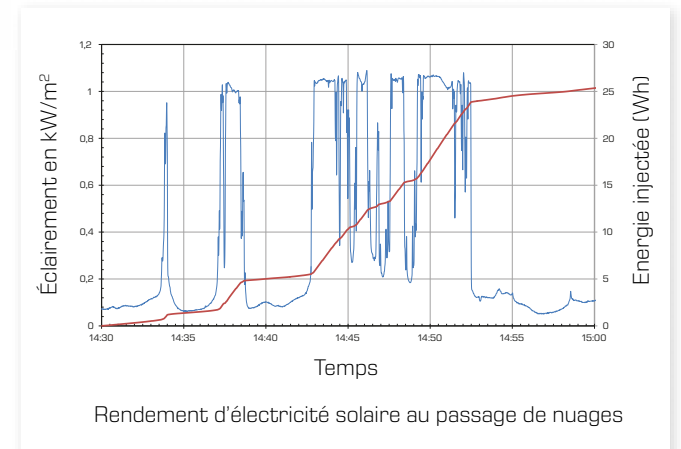
Combiner ET 255 avec ET 250 et HL 313.01

Les appareils 2E de photovoltaïque font partie d'un concept modulaire. La combinaison élargie proche de la pratique photovoltaïque est constituée des appareils suivants :

- Mesure ET 250 sur les modules solaires
- Source lumineuse de laboratoire HL 313.01
- ET 255 exploitation photovoltaïque

Lors de la connexion de l'ET 250 et de l'ET 255, les valeurs de mesure des modules photovoltaïques sont transférées à l'ET 255.

Vous pouvez saisir et représenter ces données avec le logiciel. Comme indiqué ci-après, ces données peuvent être utilisées dans des tableurs pour calculer le rendement.



ET 255 utilisé à l'université technique Johannes Kepler en Autriche

Le banc d'essai ET 255 est utilisé à l'université technique Johannes Kepler à Kapfenberg en Autriche dans le département Énergie et Environnement. Le simulateur PV permet d'effectuer des essais indépendants des conditions météorologiques sur l'efficacité des installations photovoltaïques.

Matériel d'accompagnement didactique

Une notice spécialement conçue pour le programme d'essais facilite également l'initiation aux systèmes plus complexes. Ainsi, la partie consacrée aux bases donne par exemple des connaissances de base importantes pour le fonctionnement de l'accumulateur sans complexité excessive.

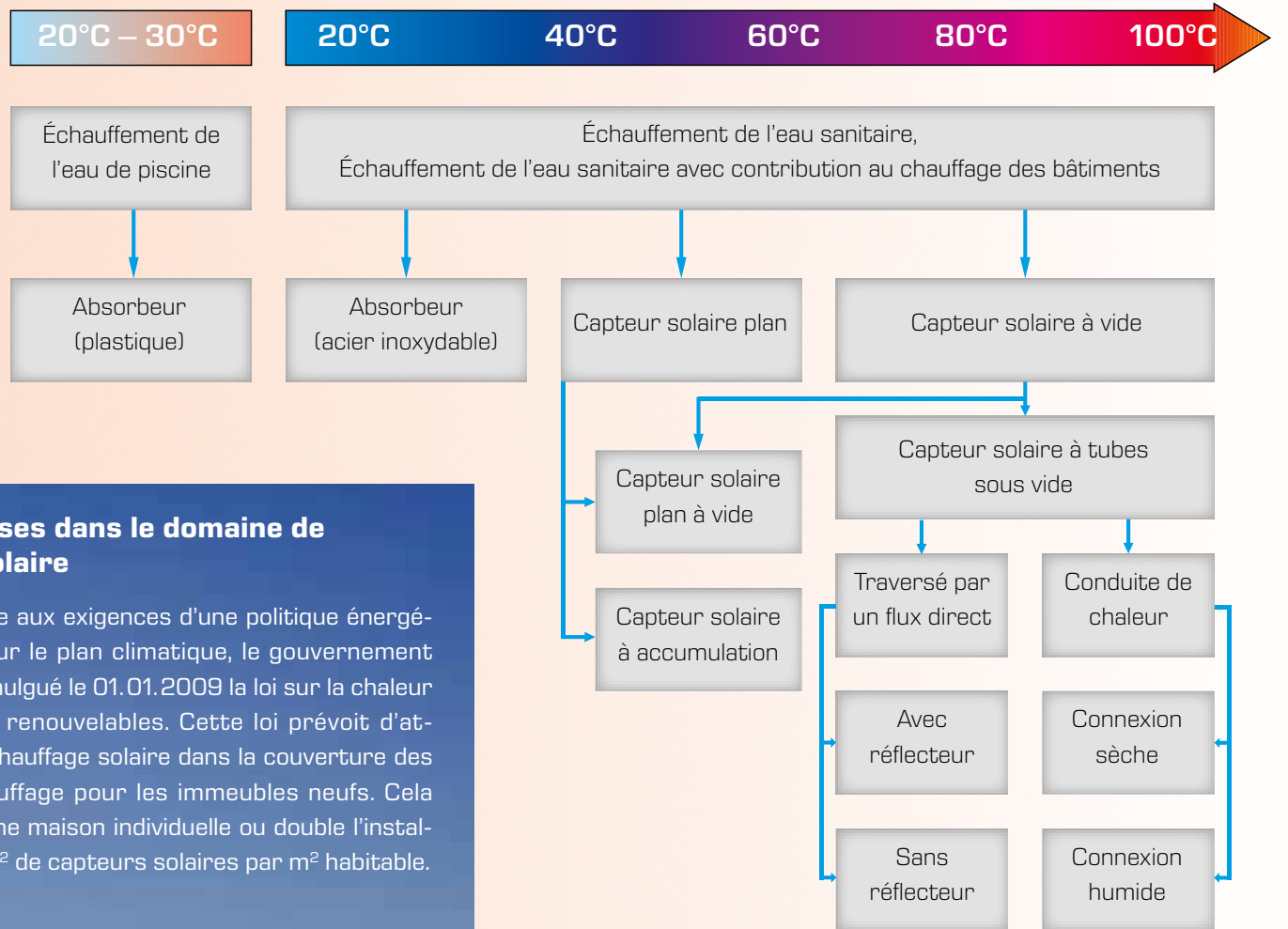
Comprendre le chauffage solaire par étapes progressives

La pratique de l'exploitation de l'énergie solaire

Les principaux domaines d'utilisation du chauffage solaire sont jusqu'à présent le chauffage de l'eau sanitaire et la contribution au chauffage des bâtiments. Selon l'utilisation et la température voulue, on peut utiliser différents types de capteurs solaires.

Par exemple, pour le chauffage de piscines en plein air, comme il faut atteindre une température relativement basse, on n'utilise souvent que des capteurs solaires simples.

En revanche, s'il faut atteindre une température élevée, on a recours à des capteurs solaires plus efficaces tels que le capteur solaire à tubes sous vide.



Mesures prises dans le domaine de chauffage solaire

Afin de satisfaire aux exigences d'une politique énergétique durable sur le plan climatique, le gouvernement allemand a promulgué le 01.01.2009 la loi sur la chaleur et les énergies renouvelables. Cette loi prévoit d'atteindre 15% d'chauffage solaire dans la couverture des besoins de chauffage pour les immeubles neufs. Cela implique pour une maison individuelle ou double l'installation de 0,04 m² de capteurs solaires par m² habitable.

L'installation des composants par des spécialistes bien formés est une condition essentielle du succès des installations chauffage solaire.

Capteurs solaires plans

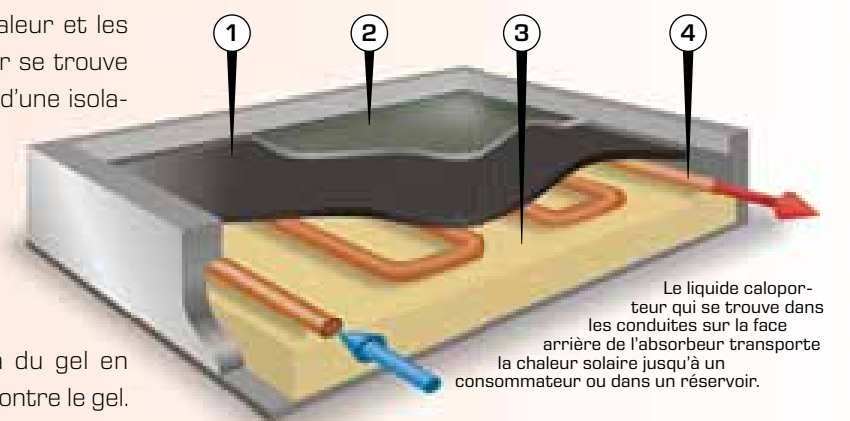
Le type de capteur solaire le plus répandu, avec environ 90% des parts de marché, est le capteur solaire plan. Ses avantages sont sa structure relativement simple et le fait qu'il est connu de longue date.

Structure d'un capteur solaire plan

À l'intérieur d'un capteur solaire plan se trouve un absorbeur qui convertit les rayons du soleil en chaleur et les transmet à un liquide caloporteur. L'absorbeur se trouve dans un boîtier disposant sur sa face arrière d'une isolation thermique aussi bonne que possible.

- 1 Absorbeur
- 2 Couverture en verre
- 3 Isolation thermique
- 4 Conduite de liquide caloporteur

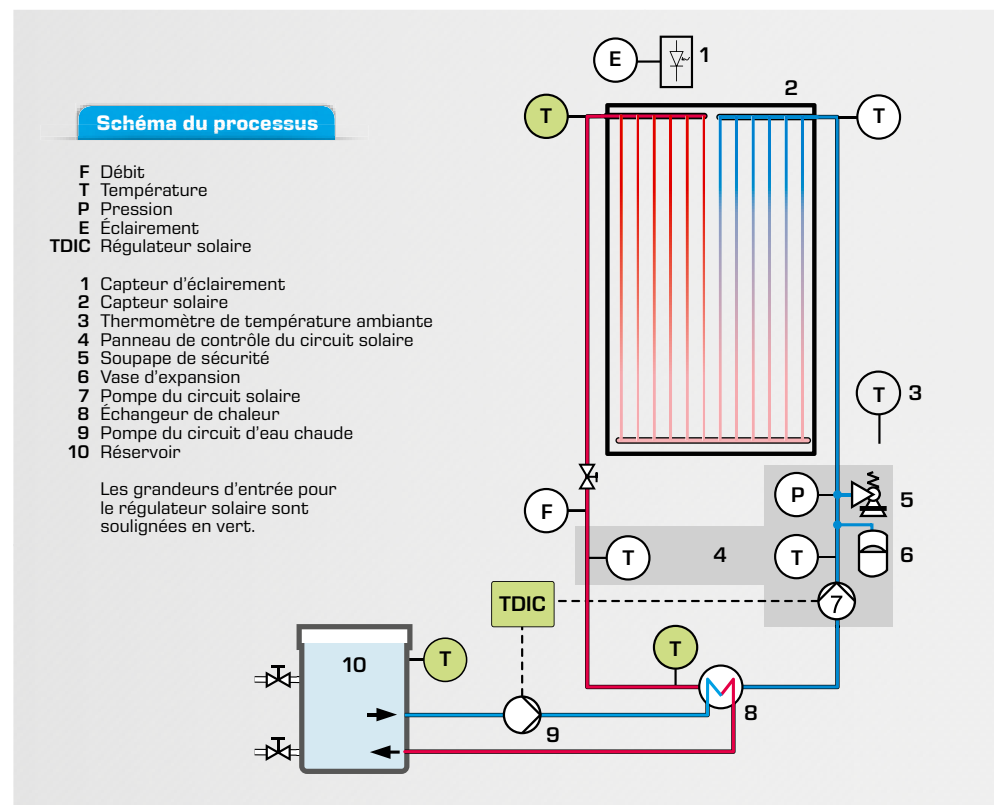
Aux latitudes tempérées où l'on s'attend à du gel en hiver, le liquide caloporteur doit être protégé contre le gel. Sinon, les capteurs solaires plans peuvent être détruits.



Technique d'utilisation du chauffage solaire n°1

HL 313 Chauffage d'eau industrielle ou domestique avec capteur plan

Le HL 313 vous fait découvrir les composants principaux du chauffage d'eau sanitaire. Depuis le remplissage correct de liquide caloporteur jusqu'à la détermination et à l'optimisation de la puissance utile, ce concept didactique comprend des éléments d'apprentissage essentiels, pratiques et théoriques.

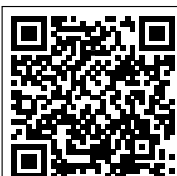


Principe de fonctionnement

Le capteur solaire plan absorbe l'énergie des rayons et les convertit en chaleur. La chaleur est transmise à un liquide caloporteur circulant dans le circuit solaire. La chaleur est ensuite acheminée dans le circuit d'eau chaude via un échangeur de chaleur. Pour cela, le régulateur solaire commande les pompes dans le circuit d'eau chaude et le circuit solaire. Le circuit solaire est équipé d'un module de sécurité comprenant un vase d'expansion à membrane, une valve de sécurité et un capteur de pression.

Le tableau de contrôle du circuit solaire

Le capteur solaire, la pompe ainsi que les dispositifs de remplissage, de sécurité et de mesure font partie des composants les plus importants d'une installation de chauffage solaire. Dans la pratique, ces composants sont souvent réunis dans ce qu'on appelle le panneau de contrôle du circuit solaire.

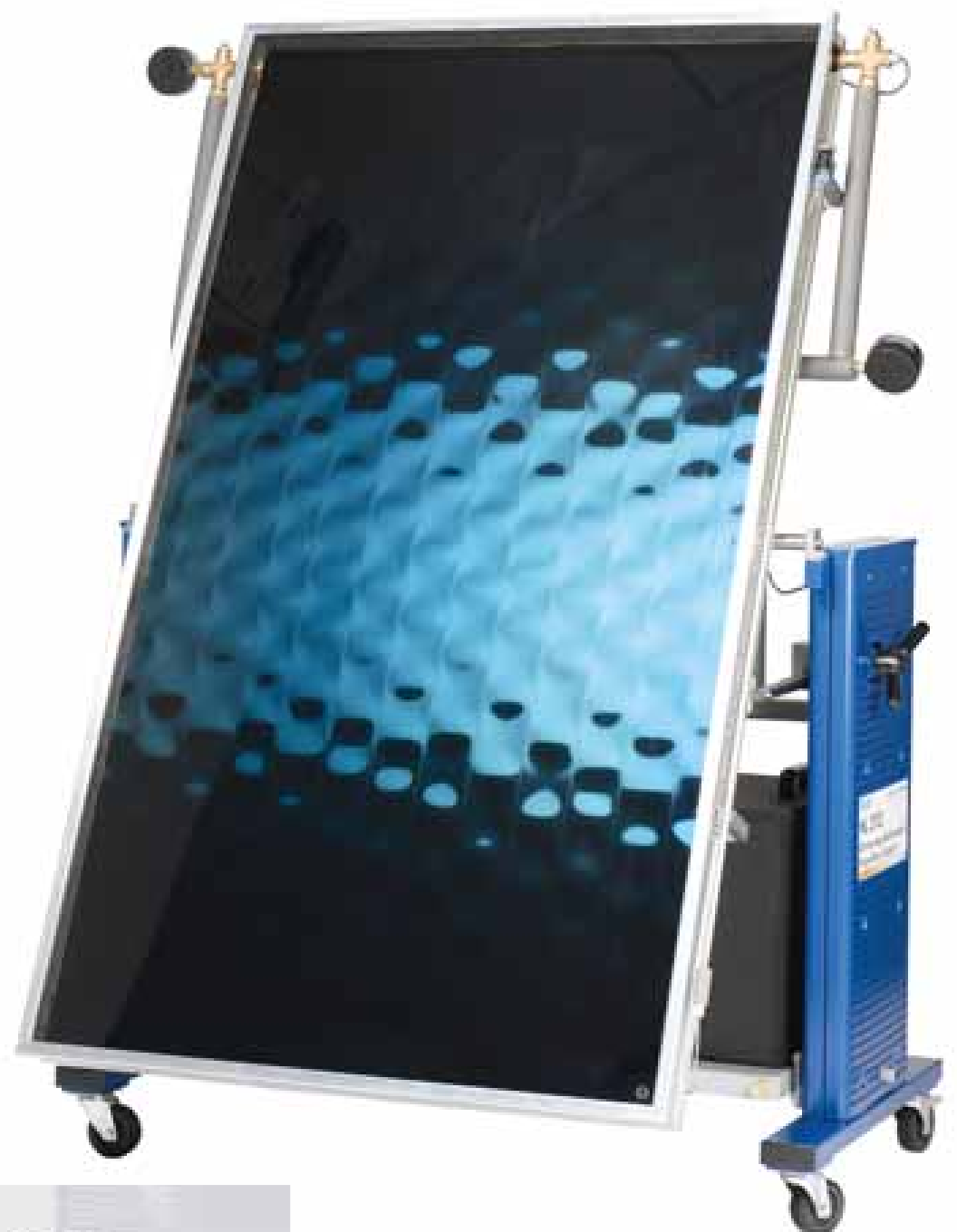


Vous y trouverez des détails et des données techniques.



La documentation didactique

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.



Utilisation en laboratoire avec un éclairage artificiel ou à l'air libre si le rayonnement solaire disponible est suffisant.

Objectifs didactiques / exercices

- Fonctionnement d'un capteur de chauffage solaire et structure du circuit.
- Fonctionnement d'un régulateur.
- Dépendance du rendement du capteur solaire au différentiel de température avec l'air ambiant
- Détermination de la puissance utile



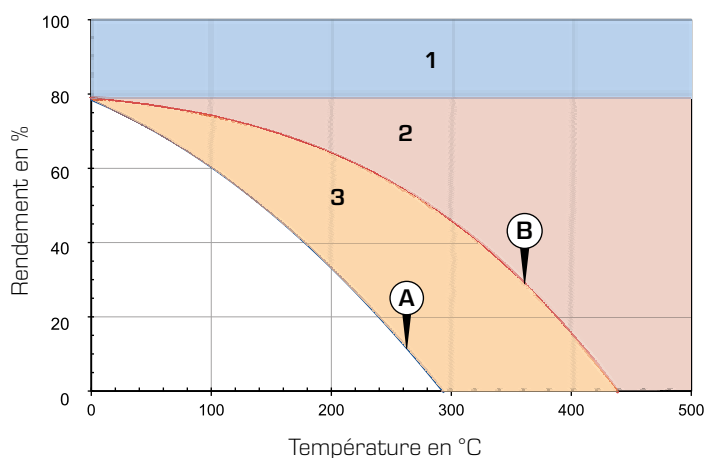
Travailler de manière ciblée sur les grandeurs ayant une influence sur l'utilisation de l'énergie solaire

L'énergie du soleil maintient notre environnement à une température moyenne importante pour notre vie. Les rayons du soleil produisent des différentiels de température dont découlent les climats et la météo. On observe des effets comparables aussi bien dans les dimensions globales que dans des dimensions bien plus réduites d'un capteur héliothermique.

Un travail bien conçu sur les bases de la conversion d'énergie solaire en chaleur le meilleur préalable à une exploitation réussie et à l'amélioration ciblée des capteurs et des composants.

Pour comprendre ces bases, il faut considérer précisément toutes les étapes du processus ainsi que l'action combinée des phénomènes physiques impliqués.

Avec nos bancs d'essai de chauffage solaire, nous souhaitons vous aider à transmettre les aspects essentiels de la théorie et de la pratique à travers des étapes appropriées.



Courbes caractéristiques du rendement

Il est possible de montrer que les capteurs solaires atteignent leur meilleur rendement à une température basse. La cause en est l'augmentation de la déperdition quand la température augmente.

Ce comportement est visible sur la courbe caractéristique du rendement d'un capteur plan (A).

A Courbe caractéristique mesurée du rendement

B Courbe caractéristique calculée avec une déperdition par rayonnement thermique (sans déperdition par convection ni conduction thermique)

Ce diagramme représente également la dépendance à la température des différentes parts de déperdition au moyen de zones de couleur:

- 1 Déperdition optique
- 2 Déperdition par rayonnement thermique
- 3 Déperdition par convection et conduction de chaleur

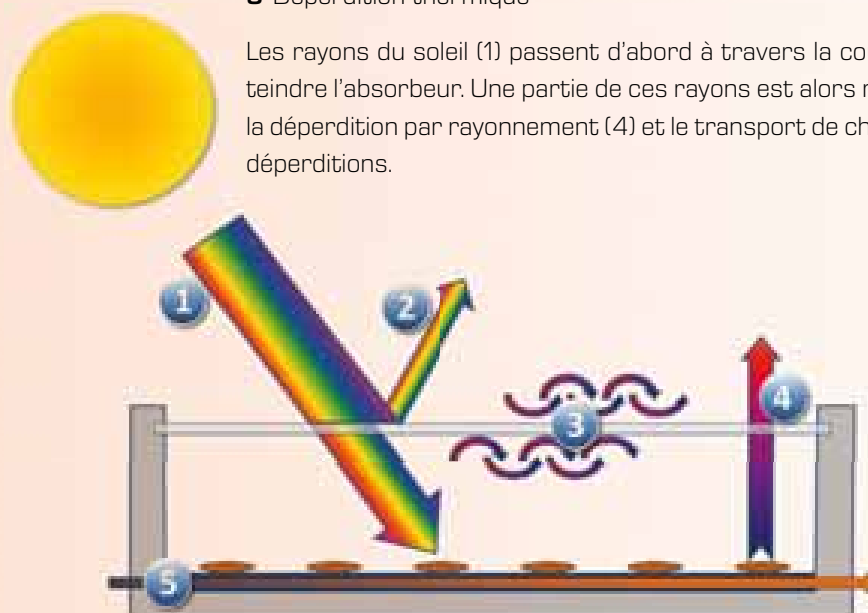
La courbe caractéristique du rendement permet de comparer la qualité et le comportement de différents capteurs solaires.

Bilan énergétique sur le capteur solaire

L'un des buts principaux du développement des capteurs solaires est de minimiser la déperdition. Le bilan énergétique suivant représente schématiquement la part relative des principaux canaux de déperdition dans l'exploitation héliothermique avec des capteurs solaires plans.

- 1 Absorption par l'atmosphère
- 2 Réflexion sur la couverture en verre
- 3 Convection
- 4 Déperdition par rayonnement
- 5 Déperdition thermique

Les rayons du soleil (1) passent d'abord à travers la couverture en verre avant d'atteindre l'absorbeur. Une partie de ces rayons est alors réfléchi (2). La convection (3), la déperdition par rayonnement (4) et le transport de chaleur (5) provoquent d'autres déperditions.



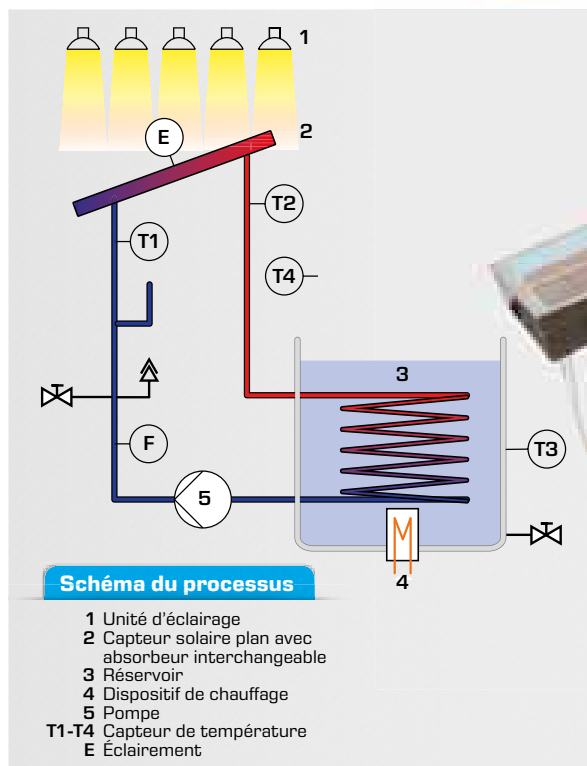
ET 202

bases du chauffage solaire

Le banc d'essai ET202 vous permet d'effectuer des séries de mesures systématiques sur une installation de chauffage solaire avec un capteur solaire plan.

Une unité d'éclairage simule le rayonnement du soleil. La lumière est convertie en chaleur dans un absorbeur et transmise à un liquide caloporteur. Une pompe achemine le liquide caloporteur à travers un réservoir. Là, la chaleur est transmise via un échangeur de chaleur au contenu du réservoir.

Pour effectuer des mesures comparatives des déperditions sur le capteur solaire, il est possible de remplacer l'absorbeur prémonté à revêtement sélectif par un absorbeur simple enduit de noir. Le chauffage électrique (4) dans le réservoir (3) réduit les temps de chauffage pour les essais à température élevée.

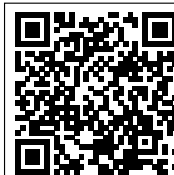


Objectifs didactiques / exercices

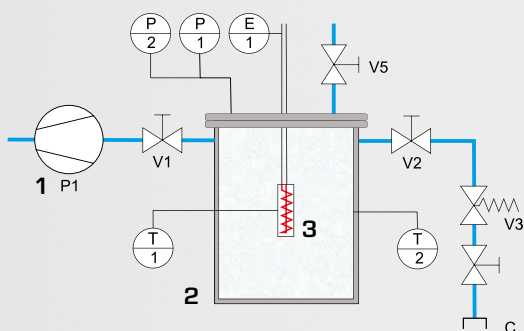
- Structure et fonctionnement d'une installation de chauffage solaire simple
- Bilan énergétique sur le capteur solaire
- Influence de l'intensité lumineuse, de l'angle d'incidence et du débit
- Détermination des courbes caractéristiques de rendement
- Influence des différentes surfaces d'absorbeur

Logiciel

Un logiciel de représentation et d'évaluation facile d'utilisation aide à réaliser les essais.



Vous y trouverez des détails et des données techniques.

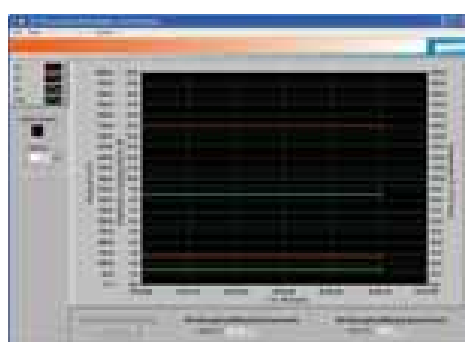


Principe de fonctionnement

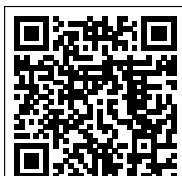
Alors que l'énergie est principalement transportée par convection à la pression atmosphérique, à pression très basse, elle est transportée seulement par rayonnement.

Dans un réservoir sous pression pouvant être dépressurisé se trouve un cylindre métallique chauffé électriquement. La pompe à vide intégrée produit une pression basse jusqu'à 1 Pa. Un raccord d'air comprimé extérieur permet de réaliser une surpression jusqu'à 1 bar.

La pression et la température sont affichées sur l'unité de mesure. Les valeurs mesurées peuvent être transmises simultanément par liaison USB à un PC et être exploitées grâce au logiciel qui est livré en complément.



Logiciel WL377

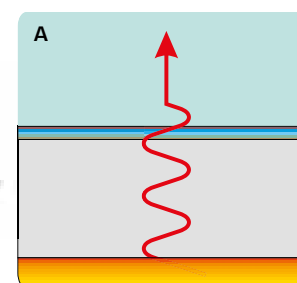


Vous y trouverez des détails et des données techniques.

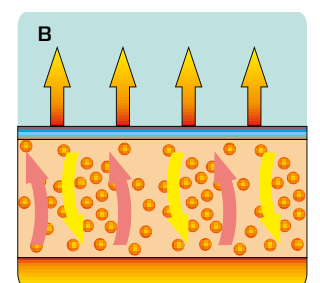
WL377

Banc d'essai convection et rayonnement

Le WL377 vous permet d'effectuer des expériences de transport de la chaleur dans différentes conditions environnementales. Ainsi, vous pourrez travailler en particulier sur les bases des processus caractéristiques de transfert de la chaleur.



Transport de la chaleur par rayonnement



Transport de la chaleur par convection

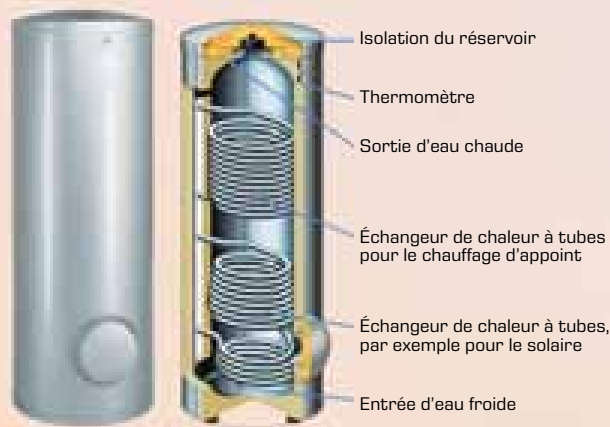
En dépressurisant les espaces interstitiels entre la couverture en verre et l'absorbeur, on peut réduire nettement la déperdition de chaleur d'un capteur héliothermique.

Objectifs didactiques / exercices

- Transfert de chaleur par convection à la pression atmosphérique
- Transfert de la chaleur par rayonnement avec du vide

Utilisation combinée de sources de chaleur renouvelables

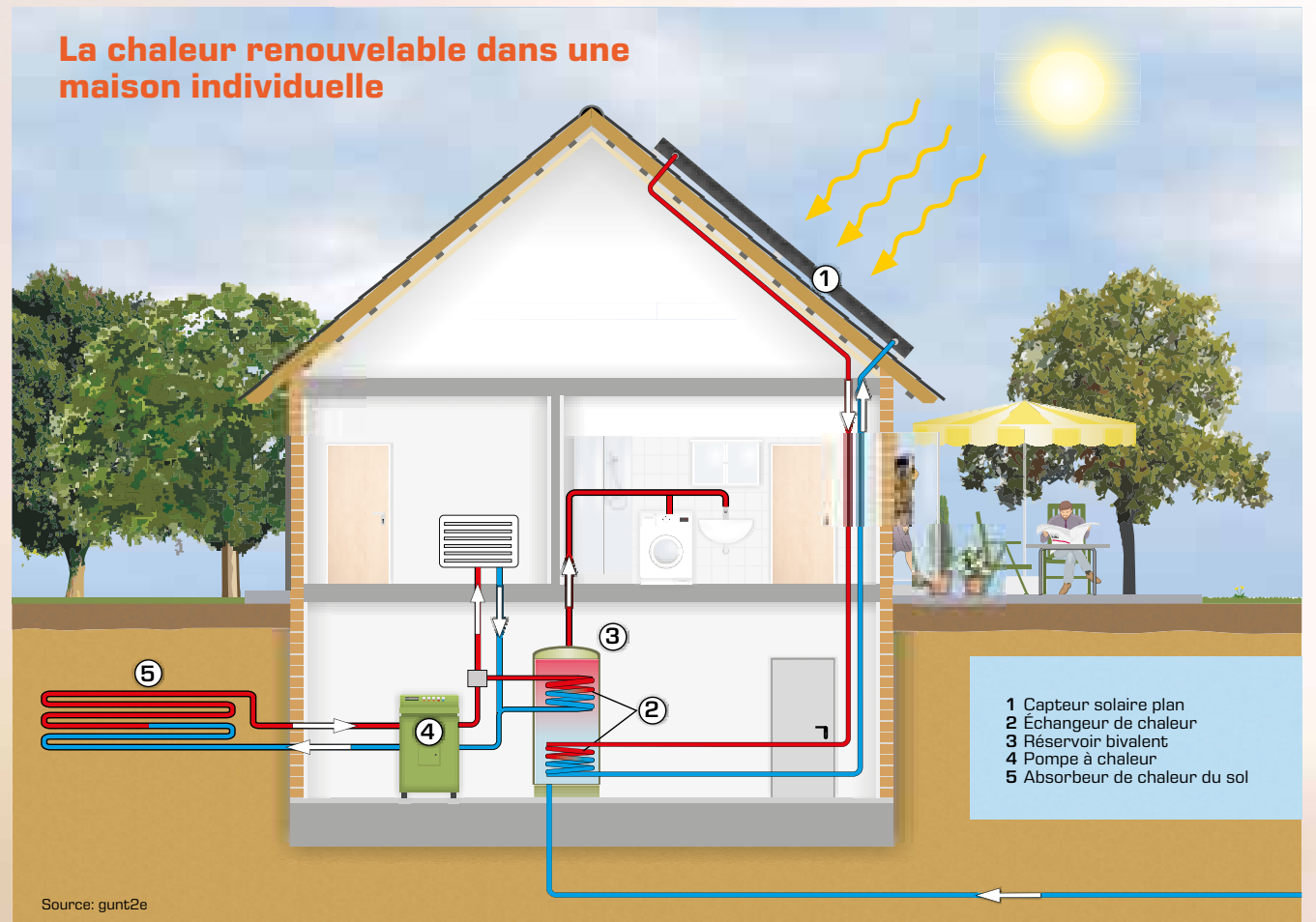
Pour les immeubles d'habitation modernes bien isolés, il est réellement envisageable dans de nombreux cas de renoncer au chauffage conventionnel. En combinant des capteurs héliothermiques avec une pompe à chaleur, on peut aujourd'hui très souvent faire des économies substantielles tout en ayant une sécurité d'alimentation toute l'année.



Source: Vießmann



En particulier sur les installations de chauffage de grande taille, l'utilisation combinée de pompes à chaleur et de l'héliothermie permet de réaliser des économies importantes.



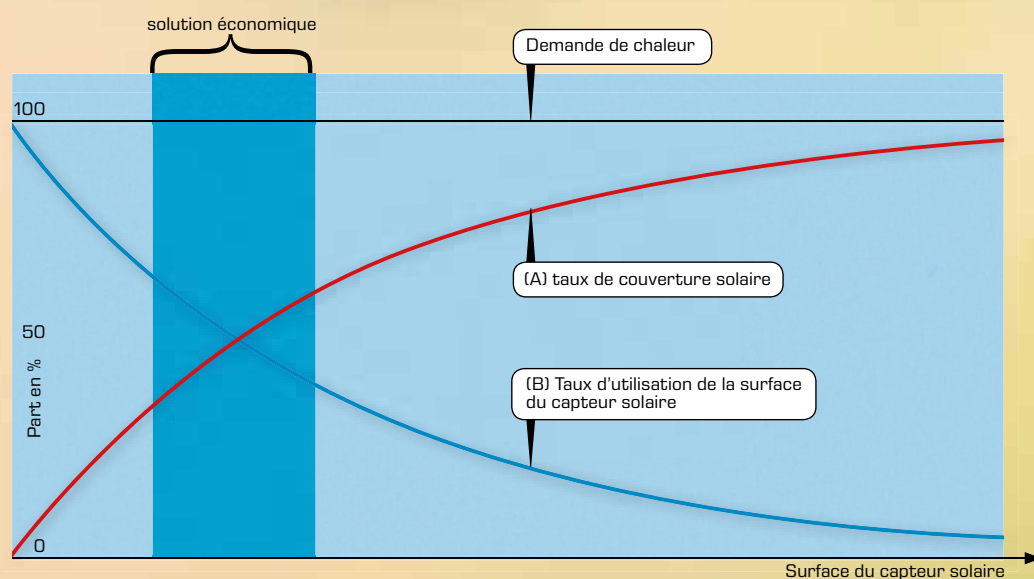
L'illustration représente un système de chauffage intérieur et d'échauffement de l'eau sanitaire. Le capteur solaire plan (1) contribue au réchauffement et réduit ainsi la consommation d'énergie de la pompe à chaleur sol (4). L'alimentation en chaleur pour la pompe à chaleur a lieu au moyen de l'absorbeur de chaleur du sol (5). Le réservoir bivalent (3) permet d'intégrer différentes sources de chaleur et permet ainsi un équilibre entre l'offre et la demande de chaleur.

Dimensionnement et taux de couverture

Le taux de couverture, c'est à dire la part moyenne annuelle des besoins en chaleur devant être couverte par l'héliothermie, est un critère important lors du dimensionnement d'installations de chauffage respectueuses du climat.

Comme le montre le diagramme ci-contre, plus la surface de capteur solaire augmente, plus le taux de couverture (A) augmente. En revanche, le taux d'utilisation (B) de la surface du capteur solaire diminue. Cela signifie que pour une installation donnée, quand la surface du capteur solaire augmente, la durée pendant laquelle la puissance maximale peut être entièrement utilisée diminue.

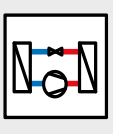
On atteint en général une solution économique (sone sombre) avec un rapport équilibré autour du point d'intersection des courbes A et B.



Ce diagramme montre que pour qu'une installation réponde aux besoins et soit économique, une autre source de chaleur est nécessaire en plus de l'héliothermie. Pour déterminer la combinaison de composants de l'installation la plus adéquate pour cela, il faut connaître le comportement des composants dans les états d'exploitation prévisibles.

Chauffage solaire et pompe à chaleur **HL 320**

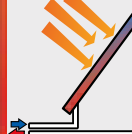
HL 320.01



HL 320.02



HL 320.03

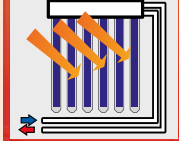


Les modules du système HL320 :

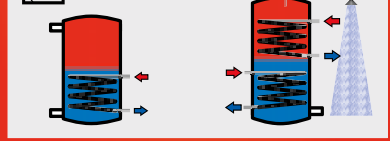
- HL 320.01 Pompe à chaleur
- HL 320.02 Chauffage complémentaire conventionnel
- HL 320.03 Capteur solaire plan
- HL 320.04 Capteur solaire à tubes à vide
- HL 320.05 Module de réservoir central
- HL 320.07 Chauffage du sol comme consommateur ou source de chaleur
- HL 320.08 Ventilateur-convecteur comme consommateur ou source de chaleur

Les différents modules peuvent être reliés rapidement et simplement. Ainsi, il est possible d'examiner en peu de temps et avec les mêmes modules différents concepts d'installation.

HL 320.04

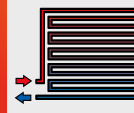


HL 320.05

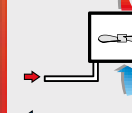


HL 320
Chauffage
solaire
et pompe
à chaleur

HL 320.07



HL 320.08



Le concept de module HL 320

Le système modulaire HL 320 a été conçu pour examiner les différentes combinaisons de sources de chaleur classiques et renouvelables ainsi que de réservoirs et de consommateurs.

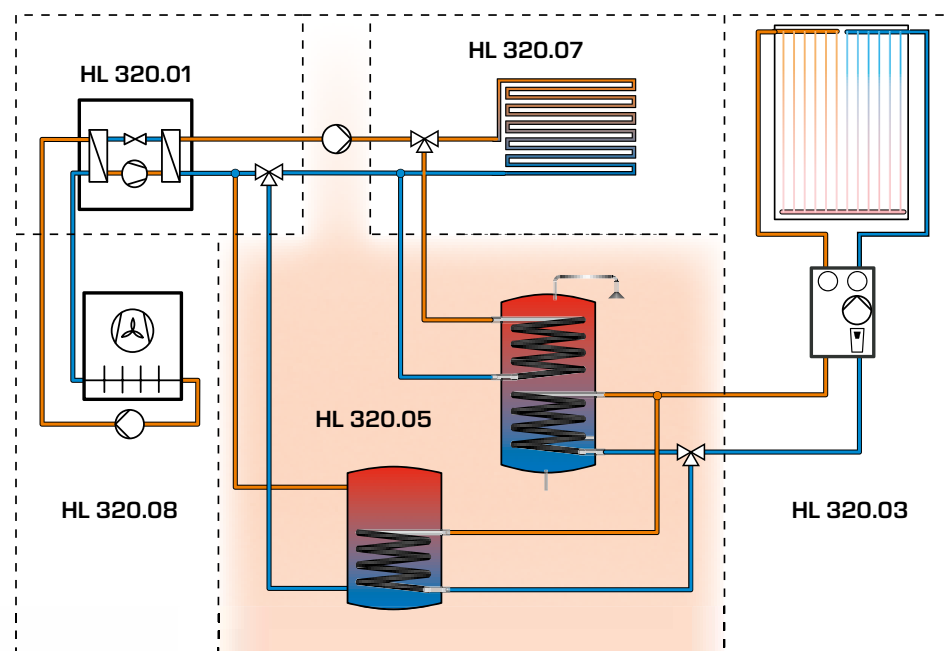
On y utilise des composants industriels typiques et réels du génie thermique moderne.

Ce système modulaire fait partie du concept didactique global de 2E dans le domaine des énergies renouvelables.

Avec le HL 320 examinez les différentes configurations pour chauffage solaire et pompe à chaleur.

Système avec pompe à chaleur et capteur solaire plan

Le schéma de processus pour un système typique avec pompe à chaleur et capteur solaire plan est représenté par l'illustration suivante :



Dans cette configuration, on utilise le ventilateur-convecteur HL 320.08 comme source de chaleur pour la pompe à chaleur HL 320.01. Le module HL 320.07 est intégré comme dissipateur de chaleur (chauffage du sol).

Le module de réservoir du **HL 320.05**

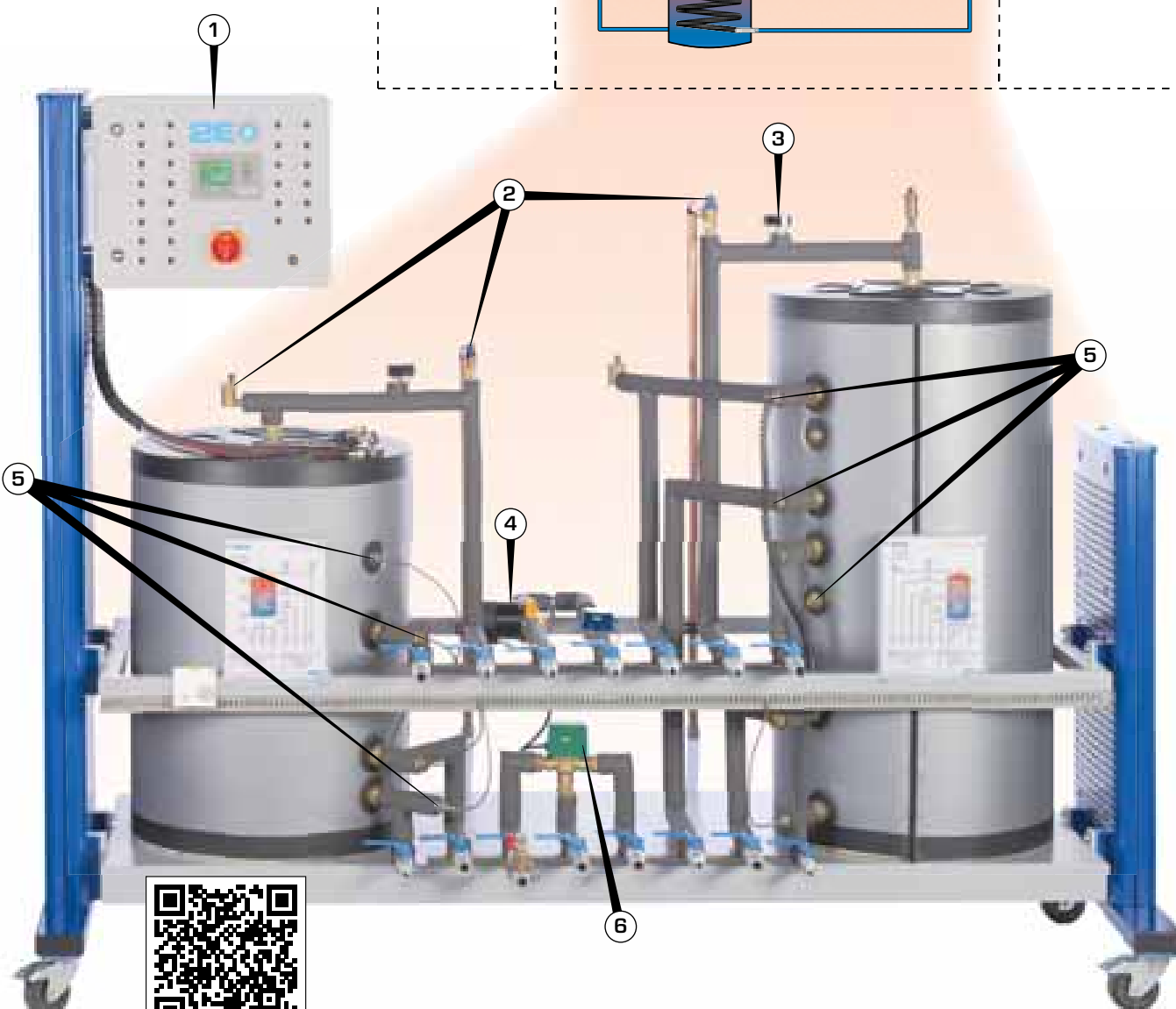
L'appareil de base avec réservoir d'accumulation et réservoir bivalent

Le module de réservoir HL320.05 est un module central pour tous les essais prévus. Il dispose d'un réservoir d'accumulation et d'un réservoir bivalent. Ses autres composants sont :

1. Un régulateur librement programmable
2. Des soupapes de surpression et de purge
3. Capteur de pression
4. Une pompe
5. Des capteurs de température sur les conduites, les échangeurs de chaleur et à plusieurs endroits à l'intérieur du réservoir d'accumulation
6. Un distributeur trois voies entraîné

Aussi bien les connexions avec chaque composant que celles avec le réservoir sont équipées de leur propre conduite d'alimentation afin de pouvoir modifier facilement le circuit des conduites.

La pompe et le distributeur trois voies peuvent être commandés au moyen des sorties paramétrées du régulateur.



Vous y trouverez des détails et des données techniques.

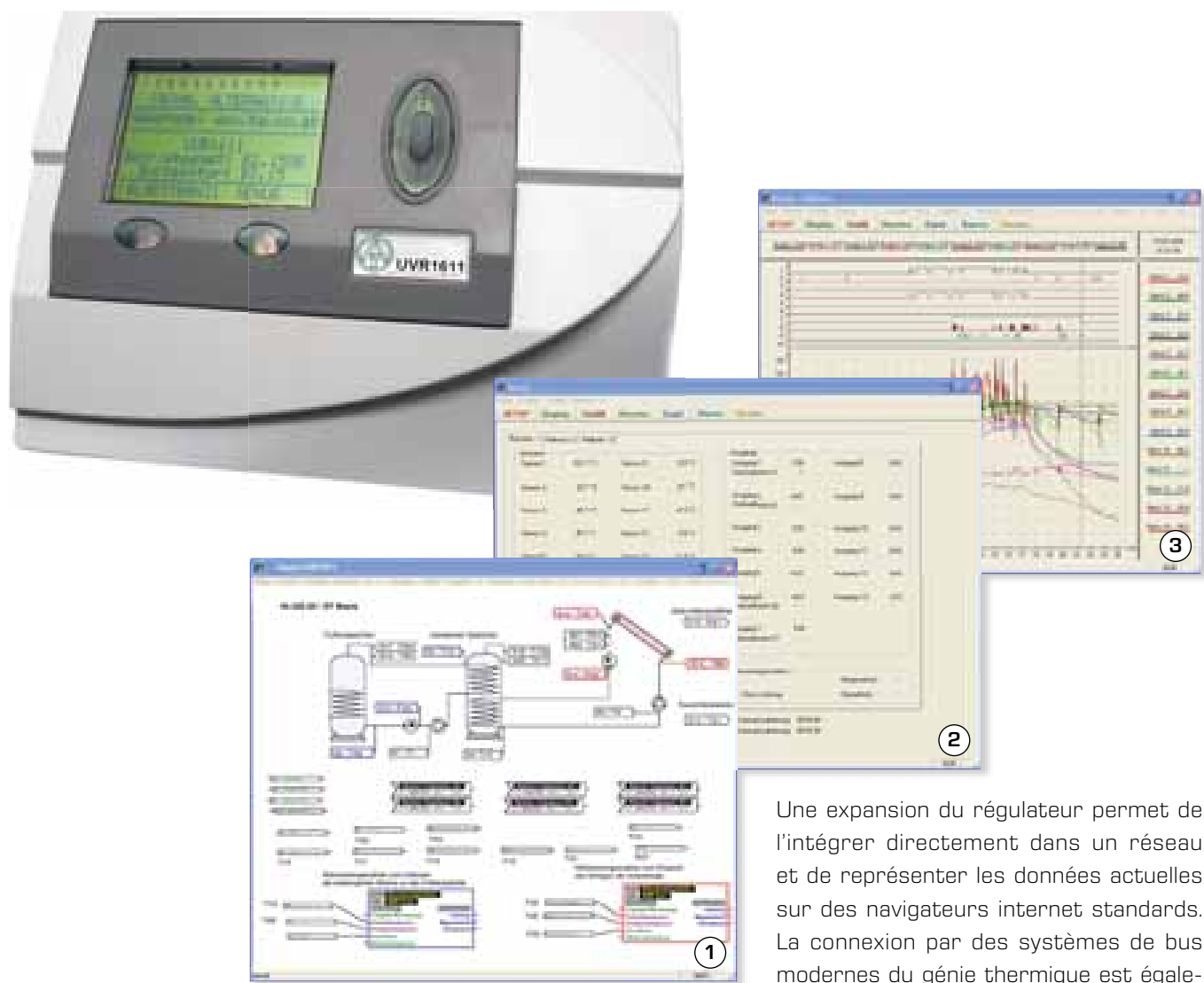
HL 320.05 régulateur universel librement programmable avec enregistreur de données et logiciel complet

Le module de réservoir HL 320.05 est équipé d'un régulateur librement programmable. Pour préparer un essai, on connecte les conduites de mesure et de commande nécessaires des modules HL 320 aux entrées et aux sorties du régulateur conformément aux instructions d'essai.

Pour la bonne configuration du régulateur, on peut maintenant activer des fichiers de configuration déjà préparés dans la mémoire interne du régulateur. Des fichiers de configuration documentés de manière exhaustive sont disponibles pour les essais d'introduction ou approfondis. Il est également possible d'enregistrer dans la mémoire du régulateur des configurations ou des modifications nouvellement créées.

L'utilisation du logiciel de configuration Tapps pour PC est plus simple que d'effectuer les réglages avec les éléments de commande. Tapps permet l'accès complet aux fonctions prédéfinies du régulateur et à celles que vous aurez créées vous-mêmes. Comme indiqué à l'illustration suivante, le programme offre de plus la possibilité d'enregistrer les graphiques du schéma actuel de l'installation dans le fichier de configuration voulu (1).

Le régulateur comprend de plus un enregistreur de données permettant d'enregistrer toutes les valeurs de mesure voulues et de les transférer sur PC pour une évaluation ultérieure. Un kit logiciel complet est également disponible pour la saisie, le transfert (2) et la représentation (3) des données (y compris une fonction d'exportation au format Microsoft Excel).

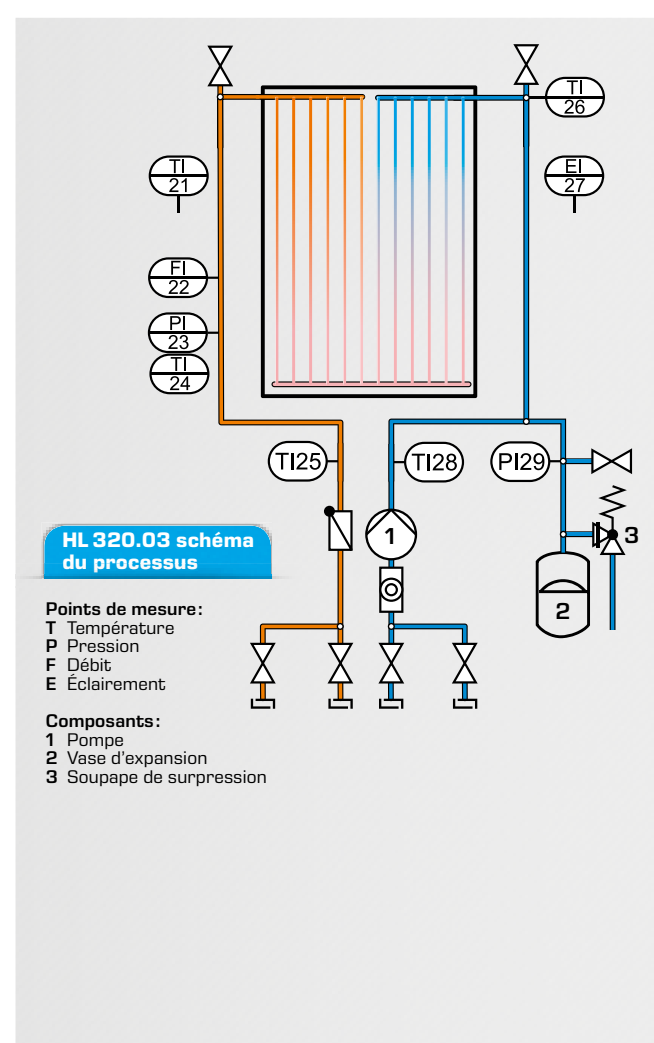


Une expansion du régulateur permet de l'intégrer directement dans un réseau et de représenter les données actuelles sur des navigateurs internet standards. La connexion par des systèmes de bus modernes du génie thermique est également prévue.



Le capteur solaire plan HL 320.03

Le capteur solaire plan HL 320.03 est conçu comme un élément du système modulaire HL 320. Ce module comprend un panneau de contrôle du circuit solaire avec une pompe réglable. Un vase d'expansion à membrane (MAG) compense les variations de pression dans le circuit solaire. Différents capteurs de température ainsi qu'un débitmètre permettent de détecter les flux thermiques solaires. Des conduites de mesure et de commande permettent le raccordement au régulateur central sur le module de réservoir HL 320.05.



HL 320 Configurations

HL 320 Système modulaire chauffage solaire et pompe à chaleur

	Configurations				
	ST Basis	ST Max	WP Basis	ST WP	ST WP Max
HL 320.01 Pompe à chaleur			X	X	X
HL 320.02 Chauffage conventionnel		X			X
HL 320.03 Collecteur plat	X	X		X	X
HL 320.04 Capteur solaire à tubes sous vide	(X)	(X)		(X)	(X)
HL 320.05 Module de réservoir central avec régulateur	X	X		X	X
HL 320.07 Chauffage du sol / absorbeur de chaleur du sol		X	X	X	X
HL 320.08 Échangeur de chaleur à air / soufflerie chauffante			X	X	X

Selon l'objectif didactique, il est possible de donner plusieurs configurations aux modules. Le cœur du système est le module de réservoir central avec le régulateur universel librement programmable.

Le capteur solaire à tubes sous vide HL 320.04 peut être utilisé à la place du capteur solaire plan HL 320.03. Il est possible de déterminer des concepts d'installation particulièrement efficaces par des séries de mesures comparatives sur différentes structures d'essai.



Objectifs didactiques / exercices

- Installations de chauffage modernes basées sur des énergies renouvelables
- Mise en service d'installations de chauffage avec chauffage solaire et pompes à chaleur
- Conditions de fonctionnement électriques, hydrauliques et de régulation
- Propriétés de différents accumulateurs de chaleur
- Grandeurs ayant une influence sur l'efficacité et la puissance des capteurs héliothermiques
- Grandeurs ayant une influence sur l'efficacité et la puissance des pompes à chaleur
- Bilans énergétiques pour différentes configurations d'installation
- Profils d'exigences de l'échauffement d'eau sanitaire et du chauffage d'intérieur
- Stratégies de régulation pour différents modes de fonctionnement

Planification de votre laboratoire d'énergie solaire

Combiner intelligemment des appareils 2E

Naturellement, votre choix d'appareils d'essai 2E pour l'énergie solaire dépend également de facteurs individuels sur votre site. C'est pourquoi, pour vous aider à faire votre choix, nous vous présentons un aperçu de la manière de combiner plusieurs appareils :

Essais de photovoltaïque 2E									
Niveaux	Version de laboratoire A					Version de laboratoire B			
	I	II	III	IV		I	II	III	IV
	Pas à pas vers un laboratoire complet →					Pas à pas vers un laboratoire complet →			
ET 250	+					+			
HL 313.01		+				+			
ET 252			+				+		
ET 250.01				+					
ET 250.02				+					
ET 255									+

Essais de chauffage solaire 2E													
Niveaux	Version de laboratoire A						Version de laboratoire B						
	I	II	III	IV	V		I	II	III	IV	V	VI	VII
	Pas à pas vers un laboratoire complet →						Pas à pas vers un laboratoire complet →						
HL 313	+												
HL 313.01		+					+						
ET 202			+								+		
WL 377				+								+	
HL 320 ST Basis*							+						
HL 320 ST Max*							+						
HL 320 WP Basis*								+					
HL 320 ST WP*									+				
HL 320 ST WP Max*										+			

* (voir tableau page 19)

Dans chacun des domaines photovoltaïque et chauffage solaire, on distingue deux versions de laboratoire (A,B). Pour chaque version de laboratoire, on a plusieurs appareils d'initiation (niveau I) Comme le montre le tableau, il y a pour chaque niveau une série d'appareils d'essais complémentaires.

Vous avez ainsi également la possibilité de vous constituer progressivement un ensemble d'appareils. Les combinaisons indiquées permettent avec chaque niveau un approfondissement intéressant des essais dans le programme de formation 2E.



Engineering for a more sustainable society
www.gunt2e.de



Mentions légales

Editeur:
G.U.N.T. Gerätebau GmbH
Hanskampring 15 - 17
D-22885 Barsbüttel
Telefon: +49 40 / 670 854 - 0
Internet: www.gunt2e.de

Directeur:
Rudolf Heckmann

Equipe d'experts:
Dr. K. Boedecker

Rédacteur en chef:
Rudolf Heckmann

Mise en page:
Profi-Satz

La réutilisation, la sauvegarde, la reproduction et la réimpression du contenu – valable également pour les extraits – ne sont autorisés que sur autorisation écrite de G.U.N.T. Gerätebau GmbH. La rédaction décline toute responsabilité quant à l'envoi non sollicité de matériel textuel et graphique.

08.2013