



## Utilisation de l'énergie solaire thermique

- production d'énergie à partir du rayonnement solaire
- énergie solaire thermique concentrée
- comparaison de différents capteurs solaires



## Table des matières

### L'énergie solaire thermique, l'utilisation d'une ressource naturelle dans l'enseignement technique

L'énergie solaire annuelle irradiée sur les continents est de  $1,08 \times 10^{18}$  kWh. Cela correspond à environ 5 000 fois la demande mondiale d'énergie primaire. Utiliser techniquement cette énergie solaire paraît évident. L'énergie solaire thermique joue un rôle particulier dans l'utilisation de l'énergie solaire. Les applications dans ce domaine remontent à l'époque préchrétienne, lorsque des miroirs brûlants ou concaves étaient utilisés pour focaliser les rayons lumineux.

Outre la production d'eau chaude sanitaire et le chauffage de l'eau par l'énergie solaire, l'utilisation de la chaleur solaire dans les processus de production d'énergie à grande échelle et dans l'ingénierie des procédés prend aujourd'hui une importance croissante. L'utilisation de l'énergie solaire à travers les systèmes solaires thermiques implique à la fois des aspects pratiques et des bases théoriques étendues. C'est pourquoi, dans notre concept didactique pour le domaine de l'énergie solaire thermique, nous distinguons les domaines d'apprentissage énumérés à droite.



L'apprentissage en ligne de GUNT offre une vaste gamme de matériel éducatif multimédia en ligne pour les expériences de laboratoire, soutenant ainsi la formation technique et les études d'ingénierie.

#### Connaissances de base

#### Principes fondamentaux de l'utilisation de l'énergie solaire thermique

#### Énergie solaire thermique à concentration

#### L'énergie solaire thermique pour la production d'eau chaude sanitaire

#### L'énergie solaire thermique dans les systèmes modulaires pour l'approvisionnement domestique

#### L'énergie solaire thermique

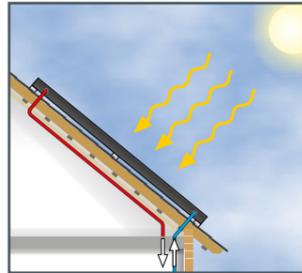
ET 202  
**Principes de l'énergie solaire thermique**  
ET 202.01  
**Capteur cylindro-parabolique**

ET 203  
**Capteur cylindro-parabolique avec suivi du soleil**

HL 313  
**Chauffage d'eau sanitaire avec capteur plan**  
HL 314  
**Chauffage d'eau sanitaire avec capteur à tubes**  
HL 313.01  
**Source lumineuse artificielle**

HL 320.03  
**Capteur plan**  
HL 320.04  
**Capteur à tubes sous vide**  
HL 320.05  
**Module de réservoir central avec régulateur**

# Connaissances de base L'énergie solaire thermique

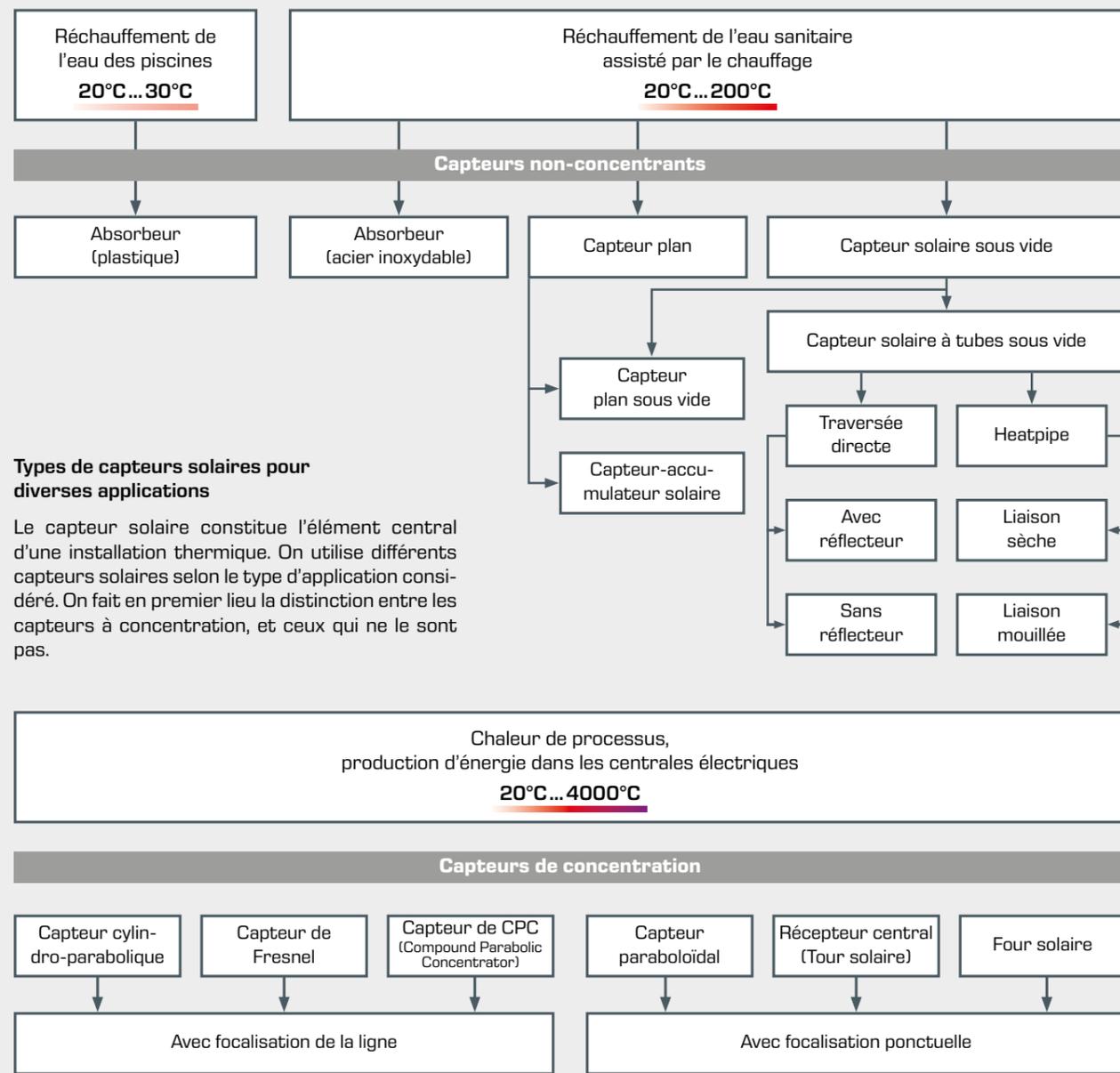


L'énergie solaire thermique est définie comme l'utilisation de l'énergie solaire destinée à fournir de la chaleur. La chaleur peut être utilisée pour le chauffage et le chauffage de l'eau sanitaire, mais aussi en tant que chaleur de processus, pour générer de la vapeur dans les centrales électriques et même pour refroidir.

### Applications typiques des capteurs solaires thermiques:

- chauffage de l'eau des piscines
- chaleur à basse température pour le chauffage de locaux
- chauffage de l'eau sanitaire
- chaleur de processus (l'énergie solaire concentrée)
- production d'électricité (l'énergie solaire concentrée)

## Types de capteurs



## Capteur plan

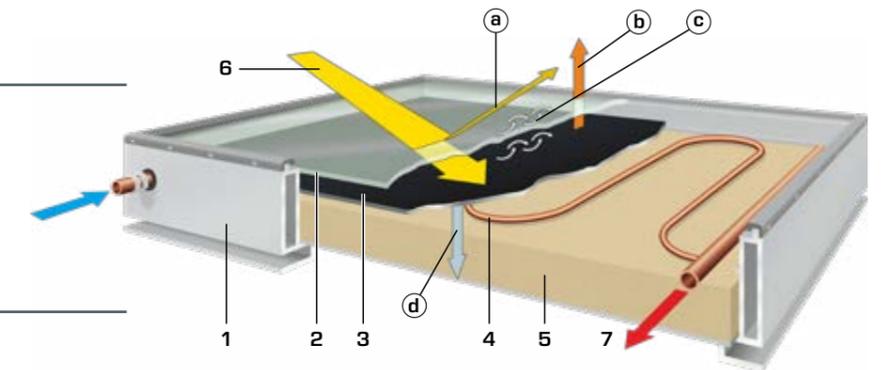
Le capteur plan est un type de capteur solaire non-concentrant largement utilisé. Il représente un compromis équilibré entre une conception simple et rentable et l'efficacité.

L'arrière est isolé contre les pertes de chaleur. Le tube de cuivre peut être acheminé dans le capteur de différentes manières. L'absorbeur peut être en cuivre, en aluminium ou en acier. La couleur foncée de l'absorbeur est due au revêtement sélectif. La couverture en verre est faite de verre solaire de haute qualité, à faible teneur en fer et à faible facteur d'absorption.

Lors de la conception, un compromis est recherché entre un bon transfert de chaleur par écoulement turbulent et une faible perte de charge. Le capteur plan est principalement utilisé pour la préparation d'eau chaude et le soutien au chauffage.

### Construction

- 1 cadre du capteur
- 2 protection en verre solaire
- 3 absorbeur
- 4 tube de cuivre pour liquide caloporteur
- 5 isolation thermique
- 6 rayonnement solaire incident
- 7 chaleur générée à la sortie du capteur



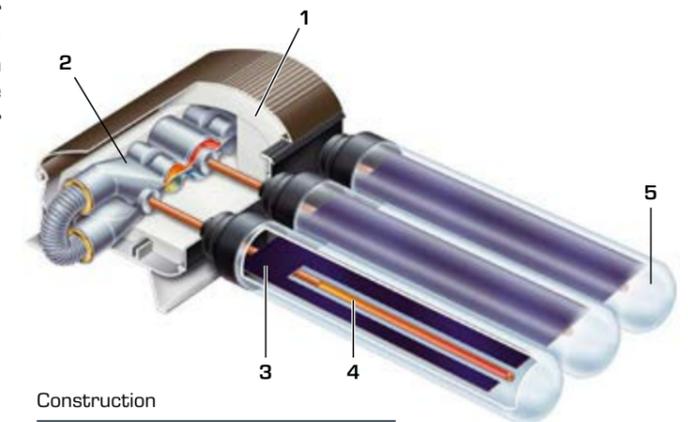
### Pertes principales

- a pertes par réflexion
- b pertes par rayonnement thermique
- c pertes par convection
- d pertes par conduction thermique

## Capteur à tubes

Alors que les capteurs plans sont de conception simple, les capteurs à tubes sont constitués de composants individuels techniquement plus complexes. L'utilisation de tubes en verre à double paroi et sans air (tubes à vide) empêche la perte de chaleur par convection. Les tubes de verre contiennent des absorbeurs dotés d'un revêtement spectralement sélectif. Dans les capteurs dits heatpipes, le transfert de chaleur de l'absorbeur vers le circuit solaire s'effectue par évaporation et condensation d'un liquide d'évaporation dans un tube de transfert étanche. La chaleur générée est transférée au liquide caloporteur dans le circuit solaire et, de là, atteint le consommateur ou le réservoir de stockage.

L'efficacité des capteurs à tubes est jusqu'à 30% supérieure à celle des capteurs plans. L'un des avantages des capteurs à tubes à flux direct avec un absorbeur circulaire est qu'ils absorbent la lumière de tous les côtés et utilisent donc mieux la lumière diffuse.



### Construction

- 1 isolation thermique
- 2 échangeur de chaleur tubulaire à l'extérieur du liquide caloporteur, connexion sèche
- 3 absorbeur
- 4 heatpipe
- 5 tube de verre (sous vide)



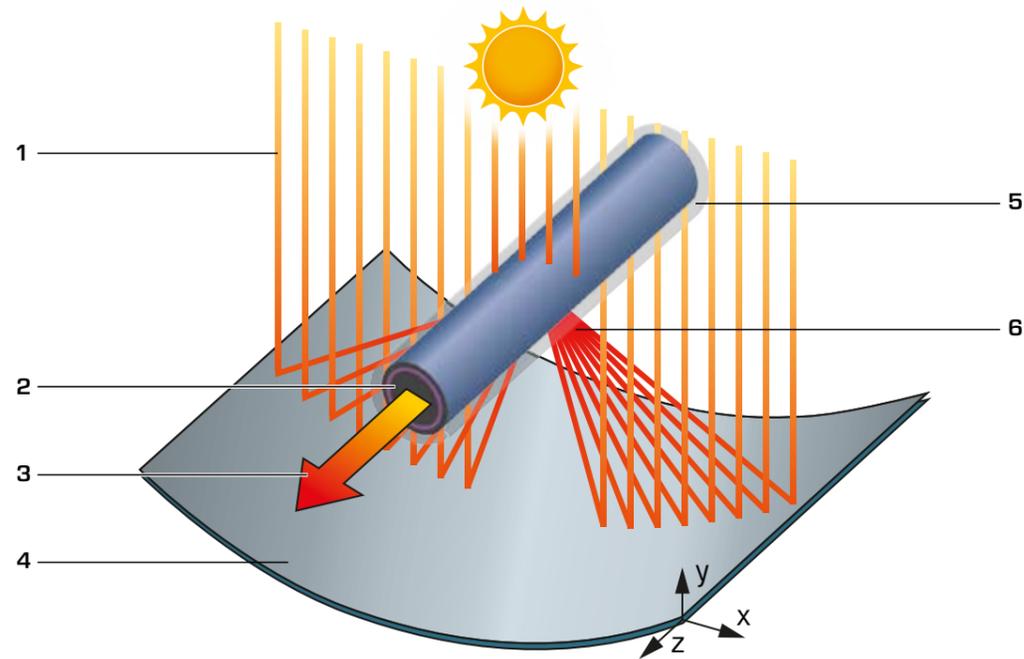
## Connaissances de base L'énergie solaire thermique

### Capteur cylindro-parabolique

Dans les capteurs à concentration, le rayonnement est multiplié optiquement par des miroirs et des lentilles sur l'absorbeur. Étant donné que seule la partie du rayonnement direct peut être concentrée, l'utilisation de tels systèmes est judicieuse dans les régions à fort rayonnement direct.

Le rayonnement solaire est focalisé par un miroir parabolique sur un tube absorbeur. Au cours de ce processus, l'énergie radiante est absorbée et convertie en chaleur. Pour réduire les

pertes de chaleur, le tube absorbeur est recouvert d'une enveloppe en verre à double paroi. À l'aide d'un tuyau dans l'absorbeur, la chaleur est transférée à un liquide caloporteur dans le circuit solaire et atteint le réservoir de stockage.



#### Construction

1 rayonnement solaire incident, 2 tube absorbeur, 3 liquide caloporteur, 4 miroir parabolique avec surface réfléchissante, 5 tube en verre, 6 rayonnement solaire concentré



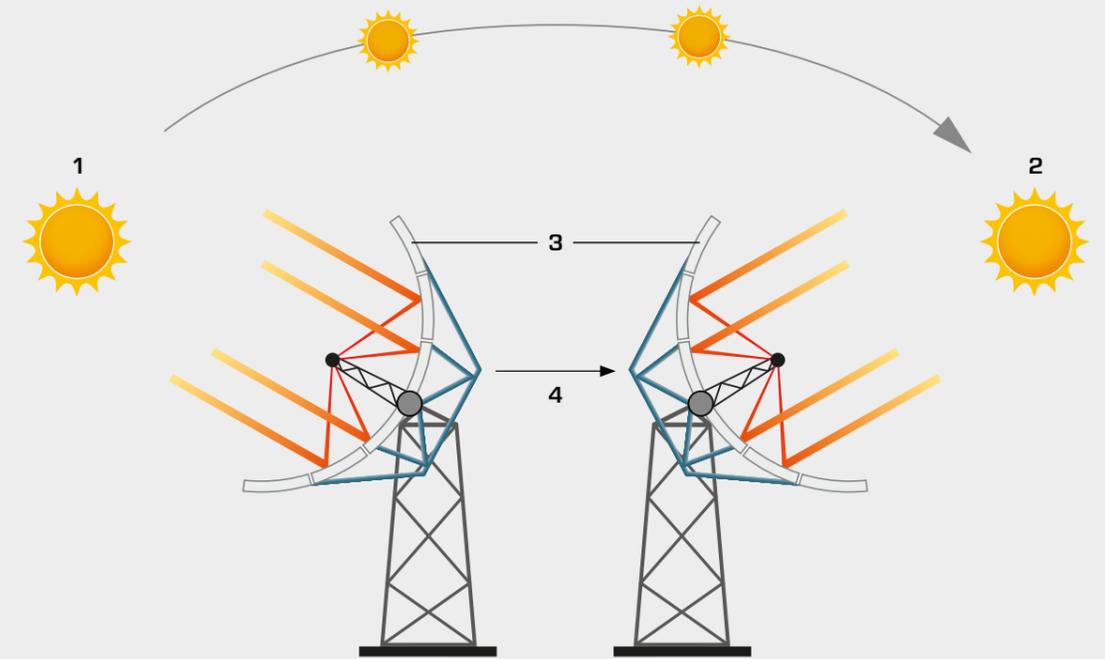
Pour une centrale électrique, les capteurs cylindro-paraboliques individuels peuvent être reliés entre eux pour former un champ de capteurs.

### Suivi du soleil

Les systèmes de concentration pour l'utilisation de l'énergie solaire nécessitent le suivi des éléments optiques de concentration (lentilles ou miroirs). Le mouvement orbital et rotatif de la Terre entraîne l'altitude du soleil (élévation) ainsi que son orientation (azimut). Les facteurs décisifs pour une conception à un ou deux axes sont la technologie utilisée et la situation géographique. Les grandes centrales à miroirs cylindro-paraboliques sont de préférence réalisées avec un suivi

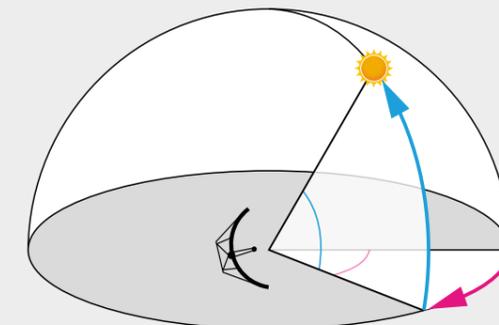
à un axe sur des sites ayant une faible latitude géographique.

Pour les centrales dites "à tour" avec absorbeurs ponctuels, les miroirs doivent être suivis en permanence dans les deux sens au cours de la journée.



#### Principe de fonctionnement du système de suivi du soleil

1 Est, 2 Ouest, 3 capteur pivotant avec suivi sur deux axes, 4 position pendant la journée



#### Position du soleil et angle d'incidence

■ **azimut**: angle horizontal ou perpendiculaire lors du réglage du miroir  
■ **élévation**: angle vertical ou perpendiculaire lors du réglage du miroir

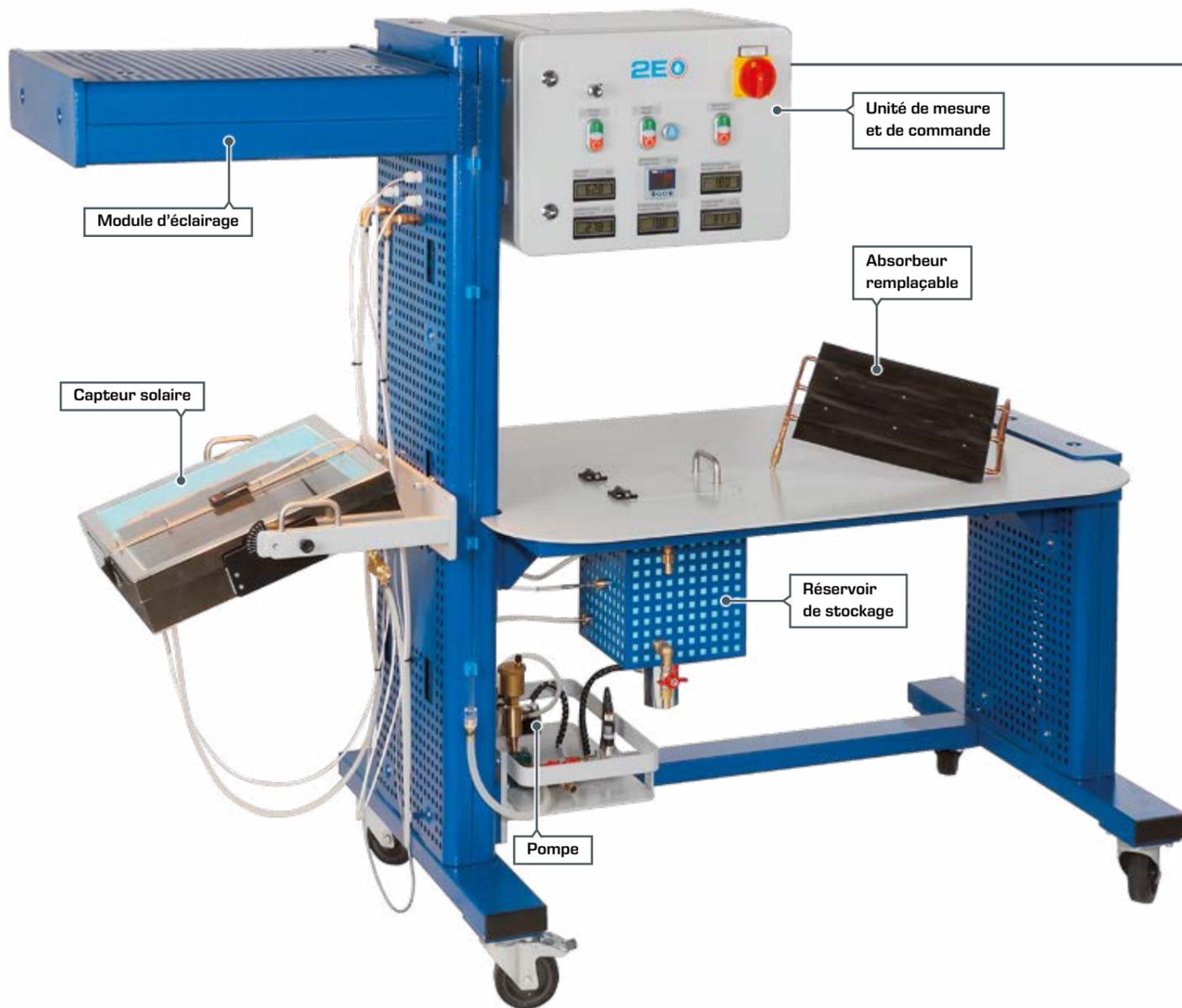
# ET 202

## Principes de l'énergie solaire thermique

Le banc d'essai ET 202 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

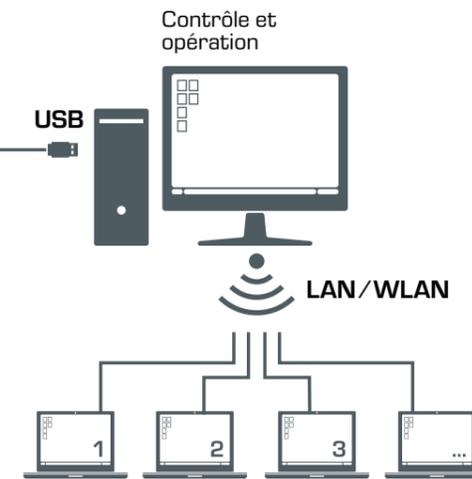
du réservoir. Pour effectuer des mesures comparatives des déperditions sur le capteur solaire, il est possible de remplacer l'absorbeur prémonté à revêtement sélectif par un absorbeur simple enduit de noir. Le chauffage électrique dans le réservoir réduit les temps de chauffage pour les essais à température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

Sur le produit:



### Features

- fonctionnement indépendant des conditions météorologiques
- capteur plan inclinable avec absorbeurs remplaçables
- capacité de mise en réseau: observer, acquérir, évaluer des essais via le réseau propre au client



### Contenu didactique

- structure et fonctionnement d'une installation de chauffage solaire simple
- détermination de la puissance utile
- 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

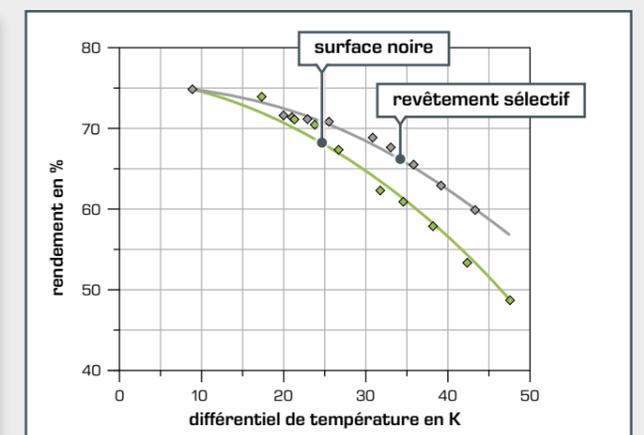
### Logiciel

Le logiciel affiche les valeurs mesurées dans un diagramme du système et permet l'enregistrement de points de mesure individuels ou d'une variation dans le temps. Les données



Logiciel GUNT pour l'acquisition des données de mesure via un PC

de mesure enregistrées peuvent être importées dans un tableau (par exemple Microsoft Excel) et y être traitées.



L'efficacité dépend de la température du capteur. Un revêtement spécial de l'absorbeur permet d'obtenir des rendements plus élevés.

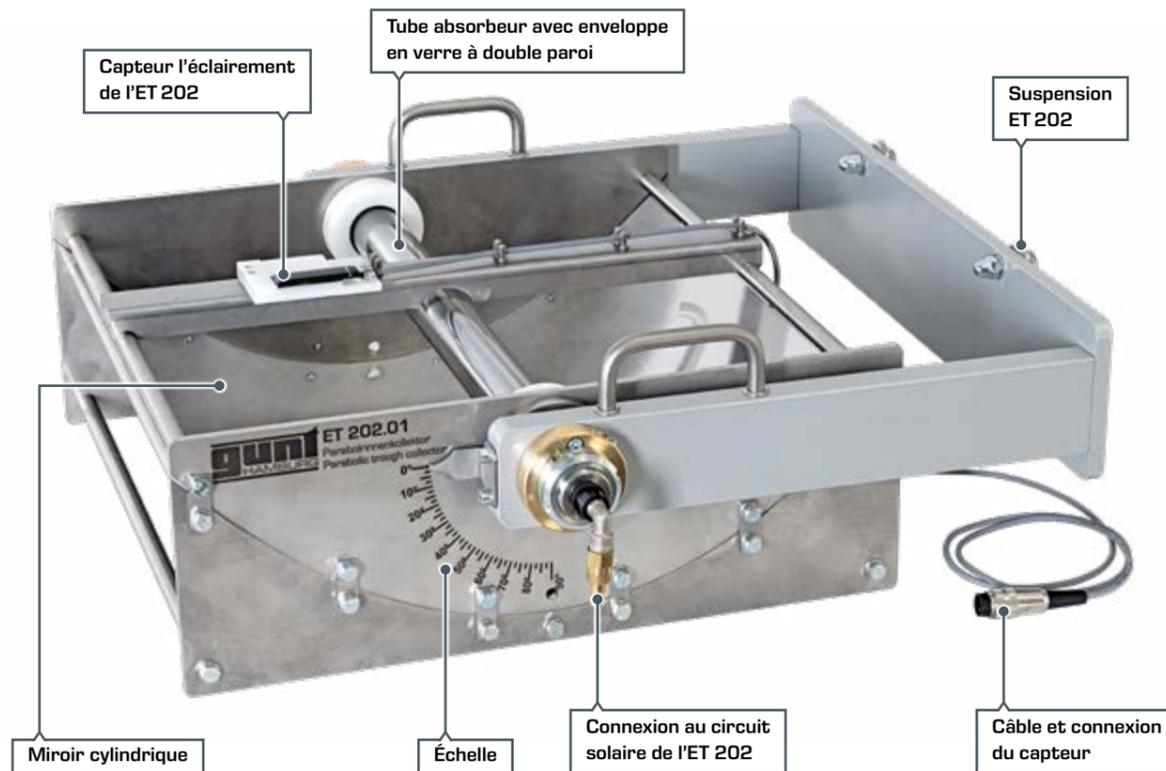
## ET 202.01

## Capteur cylindro-parabolique

L'ET 202.01 et le banc d'essai ET 202 permettent d'étudier les aspects fondamentaux de l'exploitation de l'énergie solaire thermique à concentration. La lumière de l'unité d'éclairage de l'ET 202 est focalisée sur le tube absorbeur à l'aide du miroir parabolique. Afin de réduire les pertes de chaleur, le tube absorbeur est équipé d'une enveloppe en verre à double paroi. La chaleur est transférée par le biais d'une conduite de l'absorbeur sur un liquide caloporteur à l'intérieur du circuit solaire du banc d'essai ET 202, où elle entre dans le réservoir.

Dans les essais, le rendement d'un capteur parabolique à concentration est directement comparé à celui d'un capteur plat classique.

Sur le produit:



ET 202.01 illuminé par la source lumineuse de ET 202



capteur cylindro-parabolique pivotant

## Contenu didactique

- focalisation du rayonnement solaire avec un miroir cylindrique
- facteur de concentration optique
- conversion de l'énergie de rayonnement en chaleur
- pertes dans les capteurs solaires thermiques
- caractéristiques du rendement

## Features

- capteur cylindro-parabolique pivotant avec miroir hautement réfléchissant
- tube absorbeur avec revêtement sélectif
- tube en verre à double paroi sous vide pour la réduction des pertes de chaleur



ET 202 avec ET 202.01

## ET 203

## Capteur cylindro-parabolique avec suivi du soleil

Le capteur cylindro-parabolique permet d'étudier les principaux aspects de l'utilisation de l'énergie solaire thermique. Le rayonnement solaire est focalisé sur un tube absorbeur à l'aide d'un miroir parabolique. L'énergie du rayonnement est absorbée et convertie en chaleur. La chaleur atteint le circuit solaire via un fluide caloporteur et, de là, le circuit d'eau chaude.

Le capteur cylindro-parabolique peut être ajusté à la position du soleil grâce à deux motoréducteurs. Une commande en fonction des données astronomiques calculées et une commande par capteur sont toutes deux possibles. Le capteur peut être pivoté et aligné verticalement pour des expériences avec la source de lumière artificielle HL 313.01. Des rouleaux et des supports mobiles permettent de le positionner à un emplacement extérieur approprié.

Sur le produit:



## Features

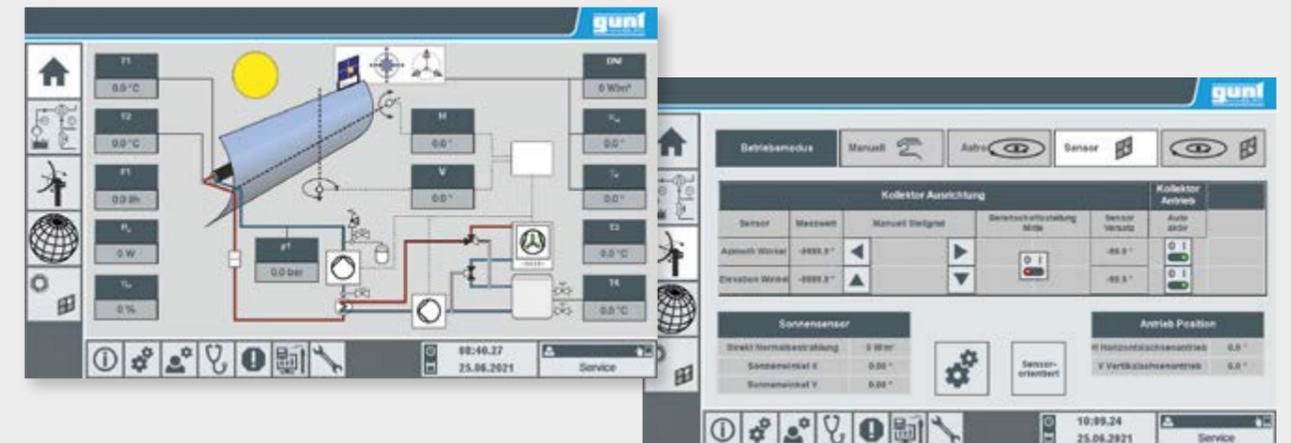
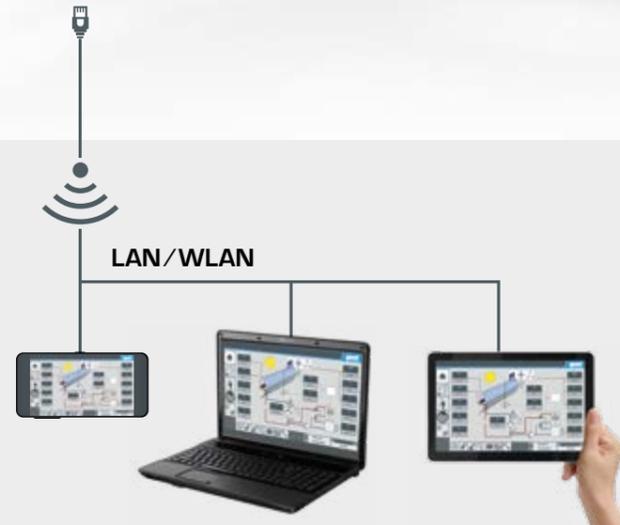
- capteur cylindro-parabolique mobile avec orientation motorisée sur deux axes
- suivi solaire astronomique et par capteurs
- routeur intégré pour l'exploitation et le contrôle via un dispositif terminal, et pour le "screen mirroring" sur des terminaux supplémentaires: PC, tablette, smartphone

## Contenu didactique

- facteur de concentration optique
- DNI: Direct Normal Irradiance
- suivi du soleil basé sur des capteurs ou suivi astronomique
- conversion de l'énergie de rayonnement en chaleur
- caractéristiques du rendement

## L'exploitation externe

L'opération et le contrôle sont effectués par le PLC intégré et l'écran tactile. Au moyen d'un routeur intégré, l'unité didactique peut alternativement être opérée et contrôlée par un dispositif final externe. L'interface utilisateur peut également être affichée sur d'autres appareils finaux (screen mirroring). L'accès aux valeurs mesurées stockées dans le PLC est possible depuis les dispositifs finaux via WLAN avec routeur intégré / connexion LAN au propre réseau du client.





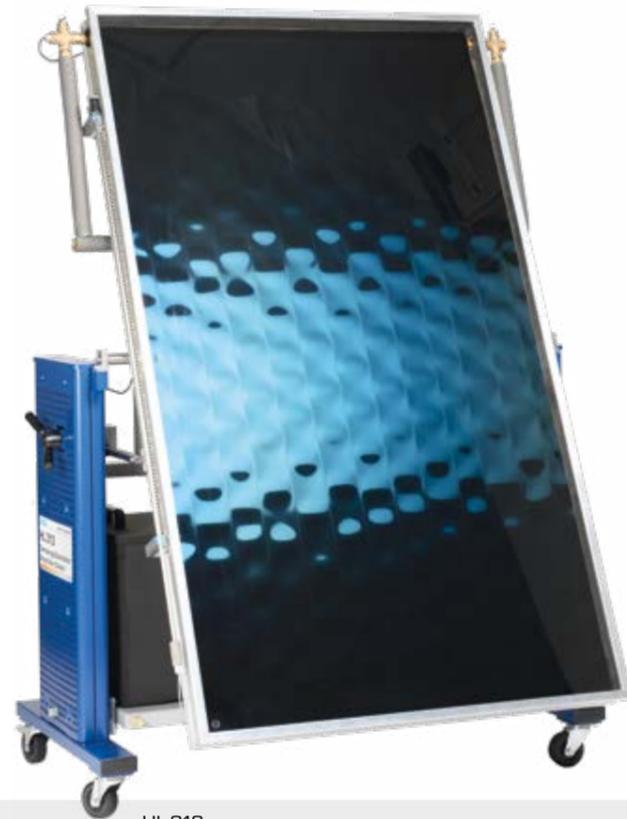
# HL 313 / 314 HL 313.01

## Chauffage de l'eau sanitaire avec un capteur plan ou un capteur à tubes sous vide Source lumineuse artificielle

Le banc d'essai contient des composants typiques de la pratique des systèmes de génération de chaleur solaire thermique. La chaleur absorbée est transférée dans le capteur plat à un fluide caloporteur commun dans le circuit solaire. La chaleur atteint le circuit d'eau chaude via un échangeur de chaleur à plaques. Le régulateur solaire contrôle les pompes du circuit d'eau chaude et du circuit solaire.

Le banc d'essai a été conçu de façon qu'il soit possible d'effectuer un préchauffage complet dans le cadre d'une expérience pratique. À utiliser dans le laboratoire avec une source de lumière artificielle HL 313.01 ou à l'extérieur si la lumière du soleil est suffisante.

Sur le produit:



HL 313  
Capteur plan



HL 314  
Capteur à tubes sous vide

Dans un capteur à tubes sous vide, les pertes thermiques du capteur sont considérablement réduites par des enveloppes en verre sous vide. Des heatpipes dans les absorbeurs transmettent la chaleur à un liquide de transfert dans le circuit solaire. Là encore, la chaleur atteint ensuite le circuit d'eau chaude et le réservoir de stockage via un échangeur de chaleur à plaques. Le régulateur solaire utilisé est le même que celui de la HL 313.

Dans les expériences avec la source de lumière artificielle HL 313.01 ou avec le rayonnement solaire réel, par exemple, on peut observer directement que les pertes plus faibles ont un effet avantageux, surtout à des températures de fonctionnement plus élevées.

Sur le produit:



Contenu didactique	
■	détermination de la puissance utile
■	rapport entre le débit et la puissance utile
■	détermination du rendement du capteur
■	rapport entre la différence de température (capteur / environnement) et le rendement du capteur

### Features

- système avec échangeur thermique et deux circuits séparés
- régulateur solaire avec enregistreur de données et routeur intégré pour le fonctionnement via un navigateur Web à l'aide d'un appareil final, et pour le suivi des expériences sur de nombreux appareils finaux : PC, tablette, smartphone



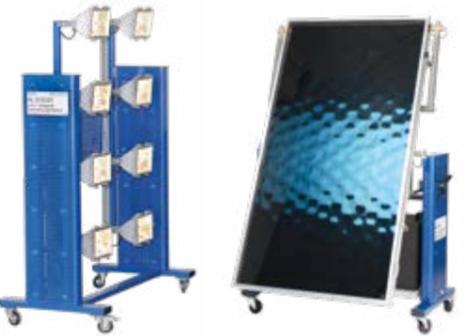
HL 313.01  
Source lumineuse artificielle

**HL 313.01  
Source lumineuse artificielle**

La source de lumière artificielle HL 313.01 permet d'effectuer des tests sur l'énergie solaire indépendamment de la lumière naturelle. En conséquence, les bancs d'essai pour l'utilisation de l'énergie solaire comme HL 313, HL 314 peuvent être utilisés dans des salles de laboratoire fermées. Avec cette source de lumière, il est possible d'assurer des conditions expérimentales reproductibles à chaque moment.

Sur le produit:





HL 313 avec une source de lumière artificielle HL 313.01



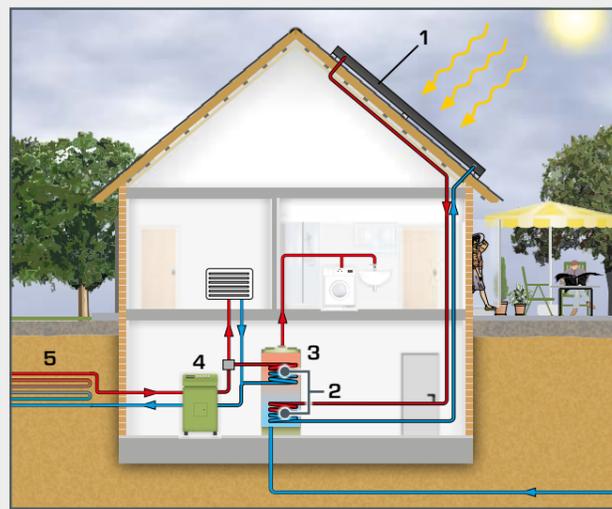
LAN/WLAN

**L'exploitation externe**

Le régulateur solaire des deux capteurs est commandé par un routeur intégré. L'interface utilisateur peut être affichée sur un nombre quelconque d'appareils finaux via un navigateur Web. L'accès aux valeurs mesurées enregistrées est possible sur les appareils finaux basés sur Windows via un WLAN avec routeur intégré ou une connexion LAN au propre réseau du client. Un logiciel producteur supplémentaire du régulateur solaire est fourni à cet effet.

**HL 320.03  
HL 320.04**

**Concept modulaire avec capteur plan ou capteur à tubes sous vide**



La suppression d'un système de chauffage conventionnel représente une véritable alternative pour les bâtiments résidentiels modernes, dotés d'une bonne isolation thermique dans de nombreux cas. La combinaison de capteurs solaires thermiques et d'une pompe à chaleur garantit très souvent des économies importantes et une alimentation fiable tout au long de l'année.



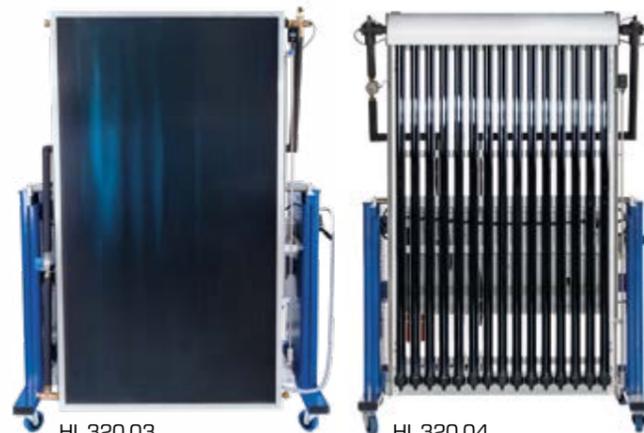
1 capteur plan, 2 échangeur de chaleur, 3 réservoir d'eau chaude, 4 pompe à chaleur, 5 absorbeur d'énergie géothermique;  
■ liquide caloporteur chaud  
■ liquide caloporteur froid

HL 320.03 et HL 320.04 sont des modules du système HL 320 et permettent d'expérimenter l'intégration de capteurs solaires thermiques dans un système de chauffage contemporain avec des sources d'énergie régénératives.

Les deux capteurs peuvent être raccordés en option au module de stockage HL 320.05 et à des modules consommateurs supplémentaires par des conduites de chauffage isolées. Il est possible de les utiliser pour la production d'eau chaude sanitaire chauffée ainsi que pour la production combinée d'eau chaude sanitaire et de chauffage.

Sur le produit:

HL 320.03    HL 320.04



HL 320.03  
Capteur plan

HL 320.04  
Capteur à tubes sous vide

**Contenu didactique**

- détermination de la puissance utile
- influence de la température, de l'intensité lumineuse et de l'angle d'inclinaison sur le rendement du capteur
- intégration d'un capteur plan à un système de chauffage moderne
- conditions de fonctionnement hydrauliques et relatives aux techniques de régulation
- bilans énergétiques
- optimisation des conditions de fonctionnement pour différents types d'exploitation

**Features**

- capteur plan pivotable pour la transformation d'énergie solaire en chaleur
- source de chaleur avec raccordements au système modulaire HL 320
- adaptation à la lumière du soleil et à la lumière artificielle

**HL 320.05**

**Module de réservoir central avec régulateur**

Le module de stockage comporte un réservoir tampon et un réservoir de stockage bivalent. En outre, le module de stockage est équipé d'une commande universelle librement programmable. Le capteur à tubes sous vide HL 320.04 peut être utilisé comme alternative au capteur plan HL 320.03.

Des concepts de systèmes particulièrement efficaces peuvent être déterminés par des séries de mesures comparatives sur différents montages d'essai.

Sur le produit:

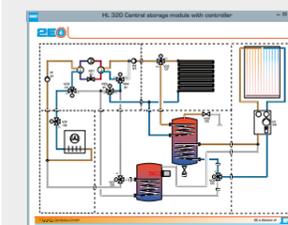


HL 320.05  
Module de réservoir central avec régulateur

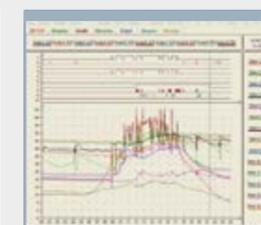
**Régulateur**

Le régulateur de chauffage fonctionne à l'aide d'un routeur LAN intégré. L'interface utilisateur peut être affichée sur un nombre quelconque d'appareils finaux via un navigateur Web. Une connexion au réseau local permet d'évaluer les valeurs

mesurées enregistrées sur un PC. Un logiciel supplémentaire du fabricant pour le régulateur de chauffage est fourni à cet effet.



Surveillance du système dans le schéma en ligne



Logiciel pour l'évaluation des données



## Le programme complet GUNT



### Mécanique appliquée et conception mécanique

- statique
- résistance des matériaux
- dynamique
- dynamique des machines
- conception mécanique
- essai des matériaux



### Mécatronique

- dessin industriel
- modèles en coupe
- métrologie
- techniques d'assemblage et d'ajustage
- techniques de production
- kits d'assemblage
- maintenance
- diagnostic de machines
- automatisation et conduite de procédés



### Génie thermique et énergie

- principes de base de la thermodynamique
- échangeurs de chaleur
- machines à fluide thermique
- moteurs à combustion interne
- génie frigorifique
- technique du bâtiment (CVCS)



### Mécanique des fluides

- écoulement stationnaire
- écoulement non stationnaire
- écoulement autour de corps
- éléments de construction de tuyauteries et d'installations industrielles
- turbomachines
- machines volumétriques
- génie hydraulique



### Génie de procédés

- génie des procédés mécaniques
- génie des procédés thermiques
- génie des procédés chimiques
- génie des procédés biologiques
- traitement de l'eau



### 2E Energy & Environment

- | Energy                                  | Environnement |
|---|---------------|
| ■ énergie solaire                       | ■ eau         |
| ■ énergie hydraulique et énergie marine | ■ air         |
| ■ énergie éolienne                      | ■ sol         |
| ■ biomasse                              | ■ déchets     |
| ■ géothermie                            |               |
| ■ systèmes énergétiques                 |               |
| ■ efficacité énergétique en bâtiments   |               |

## Contact

G.U.N.T. Gerätebau GmbH  
Hanskampring 15-17  
22885 Barsbüttel  
Allemagne

+49 40 670854-0  
sales@gunt.de  
www.gunt.de



Consultez notre  
page d'accueil  
[www.gunt.de](http://www.gunt.de)