



**Faculté des Sciences de Tétouan**  
**Département de Physique**

---

**Master**  
**Génie Energétique et Environnement**

# **Travaux Pratiques**

# **Transferts thermiques et**

# **Energies renouvelables**

**Préparés par les Professeurs :**  
**D. TAOUKIL**  
**T. AJZOUL**  
**A. EL BOUARDI**

## **Notes aux étudiants**

1- Il faut préparer soigneusement à l'avance chaque manipulation. L'étudiant doit consulter ses cours et son polycopié de travaux pratiques de façon à savoir ce que l'on est sensé observer et étudier avant d'entrer dans la salle.

2- L'étudiant une fois en salle de travaux pratiques doit être en mesure de répondre à trois questions importantes:

i) le but de la manipulation,

ii) les grandeurs à mesurer et les grandeurs recherchées,

iii) l'aspect théorique introduit pour expliquer ou exploiter les résultats expérimentaux.

3- A la fin de chaque séance de travaux pratiques, chaque groupe doit remettre un compte rendu présentant proprement les résultats. Le jugement sera fait non seulement sur la précision et l'exactitude des résultats, mais aussi sur la pertinence des remarques et sur la clarté et la propreté de la présentation du rapport.

4- L'étudiant est appelé à préserver le matériel mis à sa disposition.

## **SOMMAIRE**

---

|  |    |
|--|----|
| T.P. 1 : Banc de Transmission de la Chaleur..... | 3  |
| T.P. 2 : Maison Thermique.....                   | 9  |
| T.P. 3 : Panneaux Photovoltaïques.....           | 13 |

# T.P. 1 : BANC DE TRASMISSION DE LA CHALEUR

## 1. INTRODUCTION

L'objectif du banc est d'étudier la transmission de chaleur. Une plaque plane chauffée qui peut être mise dans différentes positions (angle variable) nous permet de quantifier l'énergie thermique transmise à l'air par convection et par radiation et mesurer par la suite le coefficient d'échange. Les étudiants compareront les différents angles ainsi que les différents régimes (forcée ou naturelle). Des plaques de différents matériaux peuvent également être disposées sur la plaque chauffante. Le but est de mesurer la conductivité thermique de ceux-ci en mesurant la différence de température et la quantité de chaleur traversant la plaque.

## 2. DESCRIPTION DE L'EQUIPEMENT

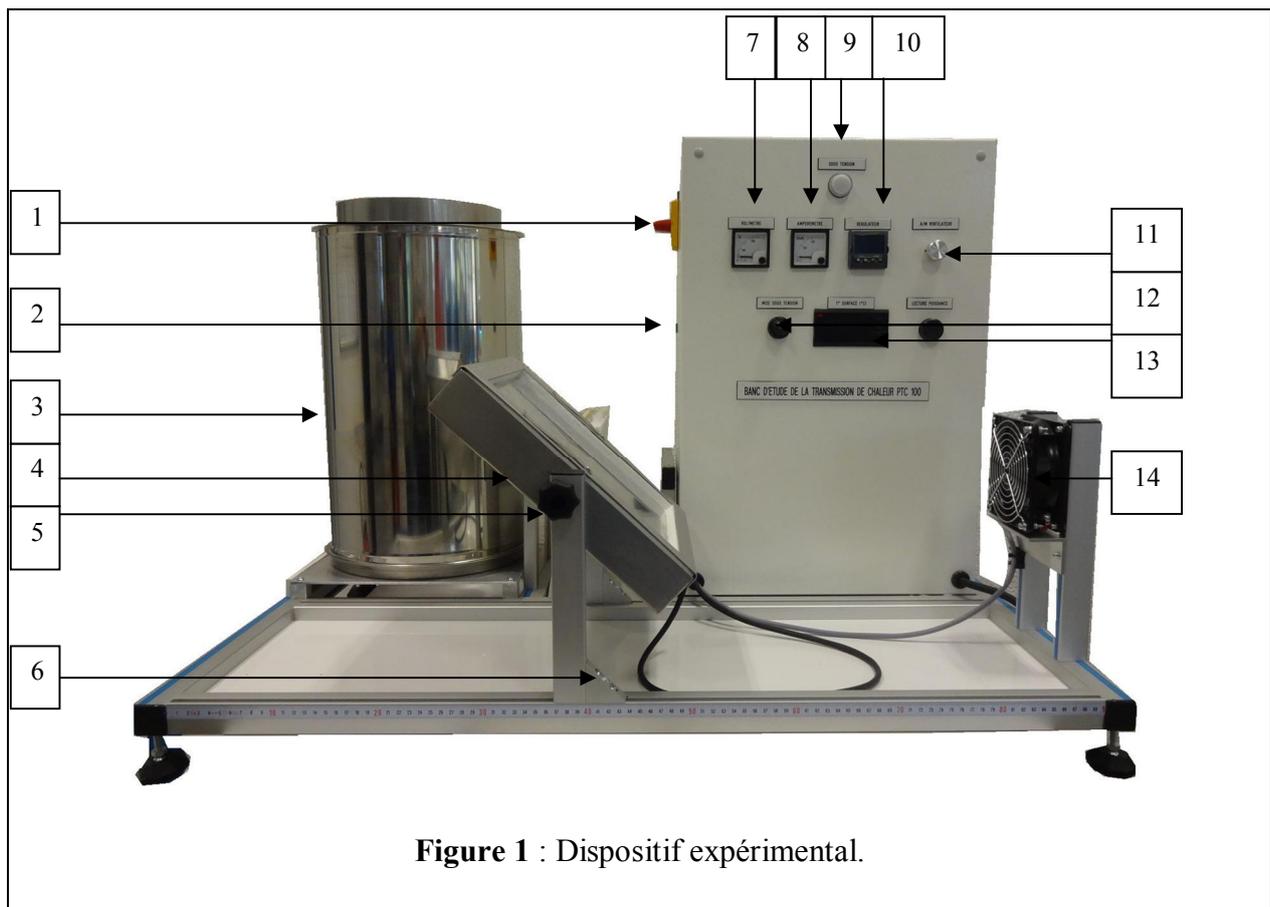


Figure 1 : Dispositif expérimental.

| ITEM | DESIGNATION          |
|------|----------------------|
| 1    | Sectionneur          |
| 2    | Sonde de température |
| 3    | Cheminée             |

|    |  |
|----|--|
| 4  | Plaque chauffante  |
| 5  | Molette de serrage pour l'inclinaison de la plaque                           |
| 6  | Equerre de fixation, permet de régler la distance par rapport au ventilateur |
| 7  | Voltmètre  |
| 8  | Ampèremètre  |
| 9  | Voyant sous tension  |
| 10 | Régulateur de température  |
| 11 | Variateur de vitesse du ventilateur  |
| 12 | Commutateur marche/arrêt   |
| 13 | Afficheur de température   |
| 14 | Ventilateur  |

### 3. MANUPILATIONS

#### Manipulation 1 : Etude de la conduction

#### Protocol Expérimental

- Tourner le sectionneur sur la position OFF.
- Placer l'échantillon que vous souhaitez étudier sur la plaque chauffante noire (exemple : DURATEC 1000) à l'aide de la barre en aluminium et des molettes fournies.
- Tourner le sectionneur sur la position ON.
- Tourner le commutateur de mise sous tension du système sur la position ON. Le régulateur doit s'allumer.
- A l'aide des flèches situées sur le clavier du régulateur, fixer une consigne de température à 30°C ; la consigne  $T_c$  correspond à l'affichage inférieur, l'affichage supérieur correspond à la mesure de la température superficielle  $T_s$  (température de la plaque chauffante = température de la face intérieure de l'échantillon).
- Laisser le système se stabiliser pendant 10 minutes (régime permanent).
- Remplir les cinq premières lignes du tableau situé sur la page suivante pour les différentes températures de plaque (à chaque changement de consigne, laisser le système se stabiliser 10 min).
- La température de la face externe de l'échantillon  $T_e$  est mesurée à l'aide de la sonde portable sur la surface de l'échantillon. Le point de mesure doit être le même pour toute l'expérience (afin d'assurer une bonne reproductibilité des mesures).
- Pour mesurer la puissance consommée par la résistance (puissance de maintien), suivre la procédure suivante :

Appuyer sur la touche  du régulateur, le régulateur affiche alors le pourcentage de puissance de sortie. L'affichage du bas indique ce pourcentage que l'on appellera  $\alpha$ .

La mesure de  $P_{\max}$  se fait à l'aide du voltmètre et de l'ampèremètre lorsque la LED L1 du régulateur est allumée en continu (la puissance de sortie est alors de 100%). Pour lire le courant et la tension, presser le bouton lecture puissance. On obtient  $P_{\max}$  par la relation liant le courant et la tension :

$$P_{\max} = U.I$$

|                                  |        |    |    |    |    |    |
|----------------------------------|--------|----|----|----|----|----|
| Température de consigne $T_c$    | °C     | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| Température superficielle $T_s$  | °C     |    |    |    |    |    |
| Température externe $T_e$        | °C     |    |    |    |    |    |
| Puissance maximale $P_{\max}$    | W      |    |    |    |    |    |
| % Puissance consommée $\alpha$   | %      |    |    |    |    |    |
| $\Delta T = T_s - T_e$           | °C     |    |    |    |    |    |
| Puissance consommée $P$          | W      |    |    |    |    |    |
| Conductivité thermique $\lambda$ | W/m.°C |    |    |    |    |    |

### Exploitation des résultats

Compléter le tableau précédent en calculant :

- l'écart thermique sur la plaque pour chaque point de mesure :

$$\Delta T = T_s - T_e$$

- la puissance consommée pour chaque point à partir de la formule :

$$P = \frac{\alpha P_{\max}}{100}$$

- la conductivité thermique du matériau pour chaque point sachant que :

$$\lambda = \frac{e P}{S (T_s - T_e)}$$

avec :

$S$  : surface de la plaque ( $0,0625 \text{ m}^2$ ).

$e$  : épaisseur de la plaque ( $6.10^{-3} \text{ m}$ ).

-Tracer sur un graphe (utiliser l'Excel) l'évolution de la conductivité thermique avec la température  $T_m$ .

$$T_m = \frac{T_s + T_e}{2}$$

- Conclure.

## Manipulation 2 : Etude de la convection naturelle

### Protocol Expérimental

- Tourner le sectionneur sur la position OFF.
- Orienter la plaque chauffante brillante (couleur aluminium) dans une position horizontale.
- Tourner le sectionneur sur la position ON.
- Tourner le commutateur de mise sous tension du système sur la position ON. Le régulateur doit s'allumer.
- Régler la vitesse du ventilateur à 0% (tourner la molette de réglage dans le sens anti horaire).
- A l'aide des flèches situées sur le clavier du régulateur, fixer une consigne de température à 30°C ; la consigne  $T_c$  correspond à l'affichage inférieur, l'affichage supérieur correspond à la mesure de la température de surface de la plaque chauffante  $T_s$ .
- Laisser le système se stabiliser pendant 10 minutes.
- Remplir le tableau situé sur la page suivante pour les différentes températures ( $T_s$ ) et pour les différentes inclinaisons de la plaque. (à chaque changement de consigne, laisser le système se stabiliser 10 min). La température de l'ambiance  $T_a$  est mesurée à l'aide de la sonde portable.
- Pour mesurer la puissance consommée par la résistance (puissance de maintien), suivre la procédure de la manipulation 1.

CAS N°1 : plaque horizontale,

CAS N°2 : plaque horizontale avec cheminée,

CAS N°3 : plaque à 45° face chauffante vers le haut,

CAS N°4 : plaque verticale.

**ATTENTION : Cette expérience est destinée à étudier les mouvements de convection naturelle, l'équipement ne devra donc pas être soumis à des courants d'air lors de l'expérimentation.**

|                                |                     |    |    |    |    |    |
|--------------------------------|---------------------|----|----|----|----|----|
| Température de consigne $T_c$  | °C                  | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| Température de surface $T_s$   | °C                  |    |    |    |    |    |
| Température ambiante $T_a$     | °C                  |    |    |    |    |    |
| Puissance maximale $P_{max}$   | W                   |    |    |    |    |    |
| % Puissance consommée $\alpha$ | %                   |    |    |    |    |    |
| $\Delta T = T_s - T_a$         | °C                  |    |    |    |    |    |
| Puissance consommée $P$        | W                   |    |    |    |    |    |
| Coefficient d'échange          | W/m <sup>2</sup> .K |    |    |    |    |    |

### **Exploitation des résultats**

Compléter le tableau précédent en calculant :

- l'écart thermique et la puissance consommée sur la plaque pour chaque point de mesure.
- le coefficient d'échange pour chaque point sachant que :

$$h_c = \frac{P}{S \cdot \Delta T}$$

avec :

$S$  : surface de la plaque (0,0625 m<sup>2</sup>)

- Tracer sur un graphe l'évolution du coefficient d'échange avec la température  $T_s$ .
- Donner vos conclusions sur l'évolution du coefficient  $h_c$  en fonction de l'inclinaison de la plaque.
- Donner vos conclusions sur l'influence de la cheminée sur la convection.

## **Manipulation 3 : Etude de la convection forcée**

### **Protocol Expérimental**

- Tourner le sectionneur sur la position OFF.

- Positionner la plaque chauffante brillante (couleur aluminium) à 40-50 cm du ventilateur, et orienter la dans une position verticale.
- Tourner le sectionneur sur la position ON.
- Tourner le commutateur de mise sous tension du système sur la position ON. Le régulateur doit s'allumer.
- Régler la vitesse du ventilateur à 100% (tourner la molette de réglage dans le sens horaire).
- A l'aide des flèches situées sur le clavier du régulateur, fixer une consigne de température à 30°C.
- Laisser le système se stabiliser pendant 10 minutes.
- Remplir le tableau situé sur la page suivante pour les différentes températures de plaque ( $T_s$ ) (à chaque changement de consigne, laisser le système se stabiliser 10 min).

|                                |                     |    |    |    |    |    |
|--------------------------------|---------------------|----|----|----|----|----|
| Température de consigne $T_c$  | °C                  | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| Température de surface $T_s$   | °C                  |    |    |    |    |    |
| Température ambiante $T_a$     | °C                  |    |    |    |    |    |
| Puissance maximale $P_{max}$   | W                   |    |    |    |    |    |
| % Puissance consommée $\alpha$ | %                   |    |    |    |    |    |
| $\Delta T = T_s - T_a$         | °C                  |    |    |    |    |    |
| Puissance consommée $P$        | W                   |    |    |    |    |    |
| Coefficient d'échange          | W/m <sup>2</sup> .K |    |    |    |    |    |

### **Exploitation des résultats**

- Compléter le tableau précédent en calculant l'écart thermique, la puissance consommée et le coefficient d'échange pour chaque point de mesure.
- Tracer sur un graphe l'évolution du coefficient d'échange avec la température  $T_s$
- Comparer les résultats avec le cas de la convection naturelle. Conclure.

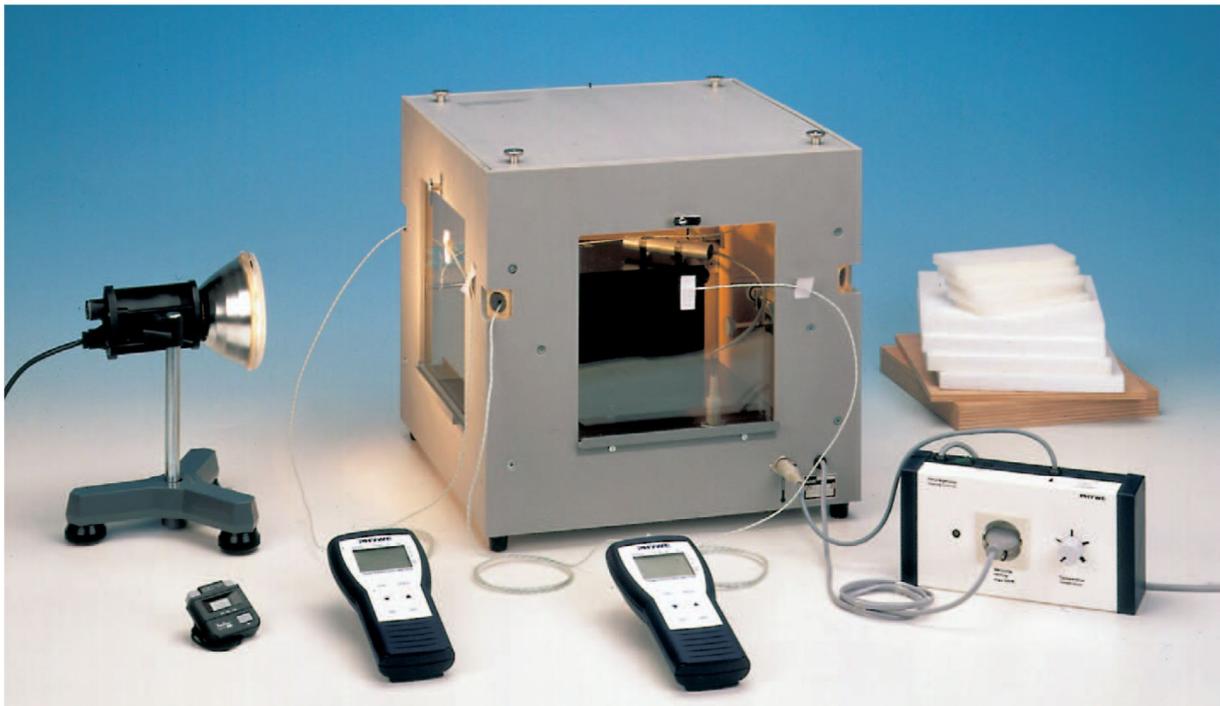
# T.P.2 : MAISON THERMIQUE

---

## 1. INTRODUCTION

L'objectif de la maison thermique est de déterminer la conductivité thermique des matériaux solides et le coefficient d'échange avec l'air ambiant. Ainsi, les échantillons de différents matériaux peuvent être fixés sur les parois latérales remplaçables de la maison, et un flux thermique est assuré à l'aide d'une lampe incandescente placée à l'intérieur de celle-ci. La conductivité thermique et le coefficient d'échange sont déterminés en mesurant les différentes températures de surfaces et d'ambiances et la quantité de chaleur traversant l'échantillon en régime permanent.

## 2. DESCRIPTION DE L'EQUIPEMENT



**Figure 1** : Dispositif expérimental.

Ce dispositif expérimental est composé de :

### (1) Maison modèle

C'est une sorte de maquette de forme cubique, avec quatre parois latérales remplaçables, un sol bien isolé avec une couche de polystyrène de 5 cm, ainsi que le toit,

qu'on peut relever et poser facilement à chaque fois qu'on fixe un échantillon sur une paroi latérale, et qui est sécurisé avec des vis d'assemblage. Le reste de la surface latérale est aussi bien isolé qu'on peut le supposer adiabatique.



**Figure 2** : Les différentes composantes du dispositif expérimental.

### **(2) Régulateur de chauffage**

Une régulation de chauffage maintient pratiquement constante la température intérieure du local, qui est assurée par une ampoule incandescente de 100 W. Pour ce faire, une sonde de température de la régulation est fixée sur le hublot de protection et elle est reliée avec la régulation par l'intermédiaire des douilles à 5 pôles placées au sol et sur côté de la maison. L'alimentation en courant électrique pour le chauffage est assurée à partir d'une prise de courant du régulateur.

### **(3) Chaîne d'acquisition : Cobra 4 Mobile-Link**

Il sert à afficher les températures des thermocouples et de les enregistrer en même temps sur une carte mémoire. Il comporte deux entrées, ce qui permet d'afficher deux températures en même temps.

## **3. MANUPLICATIONS**

### **Protocol Expérimental**

- Mettre les échantillons à étudier dans leurs emplacements. Demander l'aide du professeur.

- Coller les têtes de deux thermocouples sur la face interne (température  $T_i$ ) et externe (température  $T_e$ ) de chaque échantillon. Poser deux autres respectivement dans l'ambiance intérieure (température  $T_{ai}$ ) et extérieure (température  $T_{ae}$ ) de la maison.

**NB** : comme les températures interviennent directement sur l'évaluation des caractéristiques thermiques, il faut veuillez à ce que les thermocouples soient étalonnés.

*Veillez manipuler les têtes des thermocouples avec prudence (ils sont faciles à se casser).*

- Mettre le toit de la maison en serrant les quatre vices des quatre coins.

- Allumer le régulateur de température, l'ampoule intérieure s'allume et le chauffage commence.

- relever à chaque minute les températures  $T_i$  et  $T_e$  enregistrées sur les thermocouples jusqu'à atteindre le régime permanent, c'est-à-dire quand les températures restent constantes pendant plus d'une 15 min. Une température est dite constante si l'erreur absolue sur sa valeur ne dépasse pas  $0.1^\circ\text{C}$ .

### **Exploitation des résultats**

- Tracer sur le même graphe les courbes d'évolution des températures  $T_i$  et  $T_e$  en fonction du temps (utiliser Excel). Déterminer alors les différentes températures en régime permanent.

- Calculer la densité du flux de chaleur traversant l'échantillon étudié :

$$q = h_i(T_{ai} - T_i)$$

Avec :

$h_i$  : coefficient d'échange entre la face interne de l'échantillon et l'air de la maison fermée.

Dans le cas de convection naturelle, sa valeur pratique est de l'ordre de  $8.1 \text{ W/m}^2\text{C}$ .

- Déterminer le coefficient de transmission thermique  $U$  et la conductivité thermique  $\lambda$  de l'échantillon, sachant que :

$$U = \frac{q}{T_i - T_e}$$

et

$$\lambda = \frac{q.e}{T_i - T_e}$$

- Déterminer le coefficient d'échange  $h_e$  entre la face extérieure de l'échantillon et l'air ambiant, sachant que :

$$h_e = \frac{q}{T_e - T_{ae}}$$

- Regrouper les résultats dans le tableau suivant :

Nature de l'échantillon :

Epaisseur :

| Température<br>$T_i$ | Température<br>$T_e$ | Température<br>$T_{ai}$ | Température<br>$T_{ae}$ | $q$<br>(W/m <sup>2</sup> ) | $U$<br>(W/m <sup>2</sup> °C) | $\lambda$<br>(W/m°C) | $h_e$<br>(W/m <sup>2</sup> °C) |
|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------------|
|                      |                      |                         |                         |                            |                              |                      |                                |

- Comparer les résultats des différents échantillons. Conclure.

# T.P. 3 : PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUES

## 1. INTRODUCTION

L'objectif du Tableau PV est d'étudier les facteurs qui agissent sur la performance et le rendement des cellules photovoltaïques. Ainsi, les cellules peuvent être montées en série et en parallèle, et éclairées avec une lampe de puissance variable. Les étudiants vont mesurer les paramètres principaux des cellules (tension à vide, courant de court-circuit..) en fonction de l'éclairage, l'angle d'inclinaison,...

## 2. DESCRIPTION DE L'EQUIPEMENT

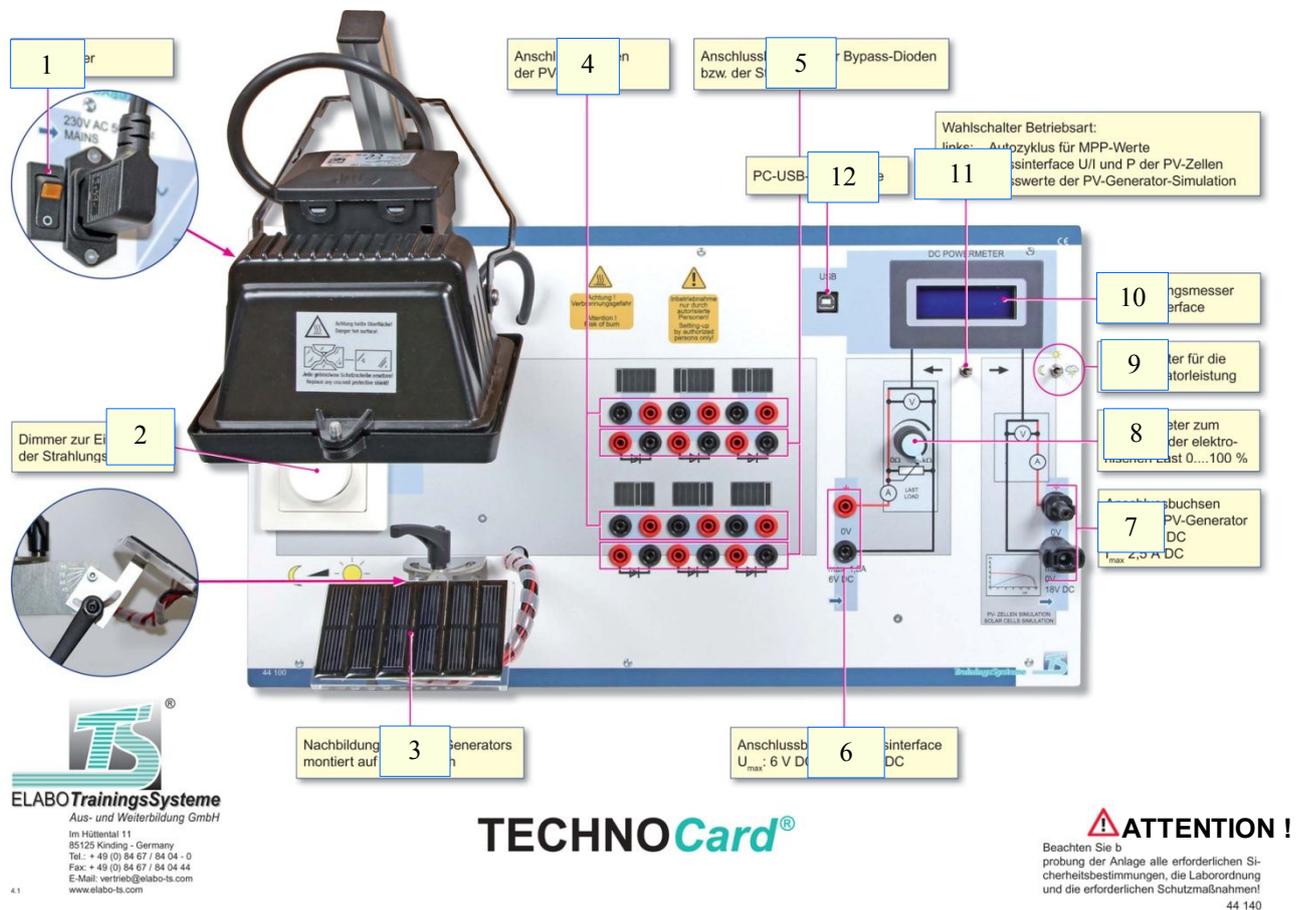


Figure 1 : Dispositif expérimental.

| ITEM | DESIGNATION  |
|------|--|
| 1    | Interrupteur secteur   |
| 2    | Variateur de lumière pour régler la puissance du rayonnement |

|    |   |
|----|---|
| 3  | Simulation d'un générateur photovoltaïque monté sur un toit   |
| 4  | Connecteurs des cellules photovoltaïques  |
| 5  | Connecteurs des diodes bypass ou des diodes faisceau  |
| 6  | Connecteurs interface de mesure $U_{\max} : 6 \text{ V DC}$ , $I_{\max} : 1,5 \text{ A DC}$   |
| 7  | Connecteurs sortie générateur PV $U_{\max} 18 \text{ V DC}$ $I_{\max} 2,5 \text{ A DC}$   |
| 8  | Potentiomètre pour régler la charge électronique 0...100%   |
| 9  | Sélecteur pour la puissance du générateur photovoltaïque  |
| 10 | Wattmètre DC avec interface PC  |
| 11 | Sélecteur mode de fonctionnement : Gauche : Cycle automatique pour les valeurs MPP, Milieu : Interface de mesure U/I et P cellules PV, Droite : Valeurs de mesure de la simulation du générateur PV |
| 12 | Interface USB PC  |

### 3. MANIPULATIONS

#### Manipulation 1 : Caractéristique et paramètres principaux des cellules photovoltaïques

##### Protocol expérimental

- Monter l'essai conformément au plan de montage ci-après. Pour l'essai, utiliser les deux cellules du milieu (on utilise deux cellules en série pour obtenir une tension plus grande).
- Placer le support de cellules PV sur un angle d'inclinaison de  $45^\circ$  et régler le variateur de lumière pour une intensité de rayonnement (Eclairement  $E$ ) de  $1000 \text{ W/m}^2$  sur le plan des cellules. Utiliser le solarimètre pour mesurer l'éclairement.
- Varier le courant électrique  $I$  en variant la charge électrique (régler la charge par le potentiomètre), et déterminer pour cela les valeurs de la tension électrique  $U$  et de la puissance correspondantes  $P$  (Tableau ci-après). Utiliser l'afficheur de l'interface de mesure intégrée pour visualiser les valeurs de  $I$  et  $U$ .

La puissance électrique est indiquée directement sur l'afficheur de l'interface de mesure. On peut utiliser aussi la relation:  $P = U \times I$ .

|        |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| I (mA) | 0 | 10 | 25 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 |
| U (mV) |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| P (mW) |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

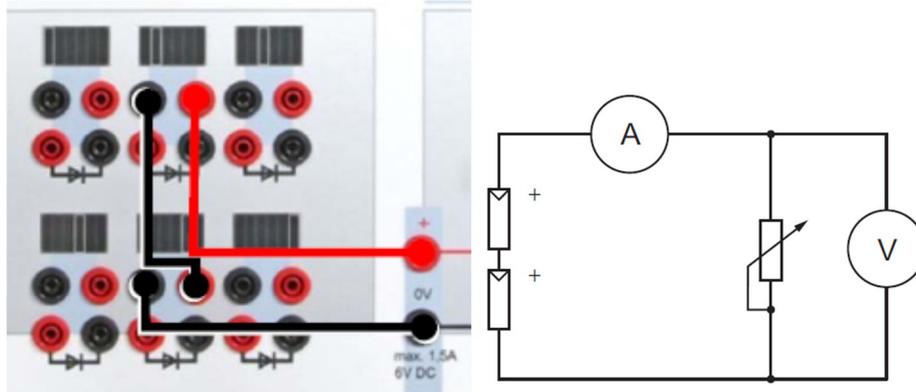


Figure 2 : Connexion en série des deux cellules du milieu du montage.

### Exploitation des résultats

- Tracer sur le même graphe les caractéristiques  $I=f(U)$  et  $P=f(I)$  (utiliser Excel).
- Dédire les paramètres principaux de cellules: la tension à vide  $U_{co}$ , le courant de court-circuit  $I_{cc}$ , la puissance maximale  $P_{mpp}$ , et marquer leurs points sur les caractéristiques.

Tension à vide  $U_{co}$  : est la tension de sortie d'une cellule photovoltaïque sans charge. Cette tension peut être mesurée en mettant la cellule à vide. Elle représente la tension maximale que peut délivrer la cellule.

Courant de court-circuit  $I_{cc}$  : est le courant d'une cellule photovoltaïque en court-circuit. La tension de sortie est alors de 0 V. Il représente le courant maximum que peut délivrer la cellule.

Point maximal de puissance (MPP) : est le point de la courbe caractéristique courant-tension d'une cellule photovoltaïque pour lequel la puissance maximale peut être obtenue.

- Calculer le facteur de forme FF et le rendement de cellules  $n$  :

$$FF = \frac{I_{mpp} U_{mpp}}{I_{cc} U_{co}}$$

$$n = \frac{P_{mpp}}{E \times S}$$

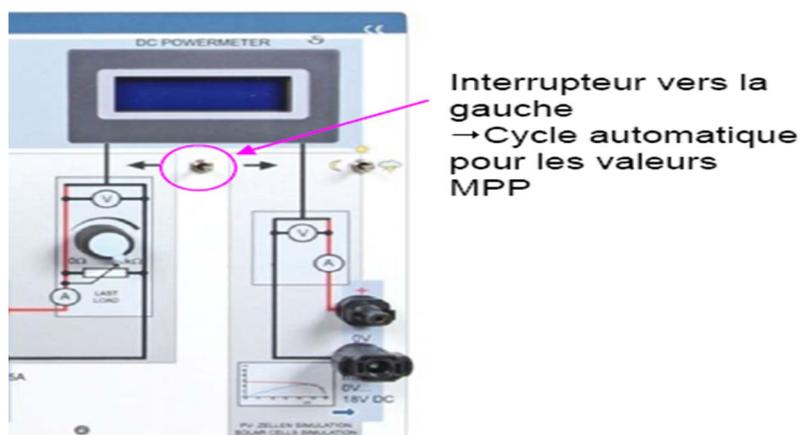
La surface d'une cellule  $S_c=9.6 \text{ cm}^2$ .

Le rendement donne une idée sur l'efficacité de conversion solaire. C'est le rapport entre la puissance électrique maximale délivrée par la cellule et la puissance de la lumière incidente.

## Manipulation 2 : Influence de l'éclairement sur les performances des cellules photovoltaïques

### Protocol expérimental

- Monter l'essai conformément au plan de montage de la manipulation précédente (deux cellules en série).
- Placer le support de cellules PV sur un angle d'inclinaison de  $45^\circ$ .
- Varier l'éclairement en utilisant le variateur de lumière de la lampe halogène. Utiliser le solarimètre pour mesurer l'éclairement sur le plan des cellules.
- Pour chaque valeur de l'éclairement (Tableau ci-après) mesurer :
  - le courant de court-circuit  $I_{cc}$ , en court circuitant les cellules,
  - la tension à vide  $U_{co}$ , En mettant les cellules à vide (circuit ouvert),
  - la puissance maximale  $P_{mpp}$ , en utilisant la fonction «cycle automatique» via l'interface de mesure (figure ci-après).



**Figure 3** : Cycle automatique pour les valeurs MPP.

|                       |      |      |     |     |     |     |     |
|-----------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| $E(\text{W/m}^2)$     | 1300 | 1000 | 800 | 700 | 600 | 500 | 400 |
| $U_{co} (\text{mV})$  |      |      |     |     |     |     |     |
| $I_{cc} (\text{mA})$  |      |      |     |     |     |     |     |
| $P_{ppm} (\text{mW})$ |      |      |     |     |     |     |     |
| $n(\%)$               |      |      |     |     |     |     |     |

### **Exploitation des résultats**

- Calculer pour chaque valeur de l'éclairement le rendement  $n$  (tableau précédent).
- Tracer les courbes  $U_{co}=f(E)$ ,  $I_{cc}=f(E)$ ,  $P_{ppm}=f(E)$  et  $n=f(E)$ .
- Dédire l'influence de l'éclairement sur les différents paramètres. Expliquer les résultats.

### **Manipulation 3 : Influence de la pollution et de l'encrassement sur les performances des cellules photovoltaïques**

### **Protocol expérimental**

- Monter l'essai conformément au plan de montage des manipulations précédentes (deux cellules en série).
- Placer le support de cellules PV sur un angle d'inclinaison de  $45^\circ$ , et régler le variateur de lumière pour une intensité de rayonnement (Eclairement  $E$ ) de  $1000 \text{ W/m}^2$  sur le plan des cellules.
- Mesurer le courant de court-circuit  $I_{cc}$ , la tension à vide  $U_{co}$  et la puissance maximale  $P_{mpp}$  sans et avec encrassement (encrassement faible, encrassement fort). Pour simuler l'encrassement faible utiliser un film jaune, et pour simuler l'encrassement fort utiliser un film bleu.

### **Exploitation des résultats**

- Calculer dans chaque cas le rendement  $n$ .
- Regrouper les résultats dans le tableau suivant :

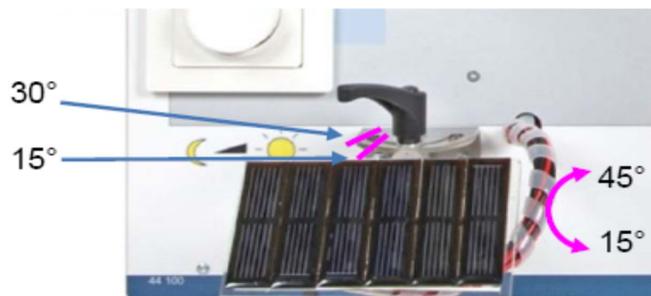
|                | sans encrassement | Faible encrassement<br>(Film jaune) | Fort encrassement<br>(Film bleu) |
|----------------|-------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| $U_{co}$ (mV)  |                   |                                     |                                  |
| $I_{cc}$ (mA)  |                   |                                     |                                  |
| $P_{mpp}$ (mW) |                   |                                     |                                  |
| $n(\%)$        |                   |                                     |                                  |

- Dédurre l'influence de l'encrassement sur les différents paramètres des cellules. Expliquer les résultats.

### Manipulation 4 : Influence des angles d'incidence et d'azimut sur les performances des cellules photovoltaïques

#### Protocol expérimental

- Monter l'essai conformément au plan de montage des manipulations précédentes (deux cellules en série).
- Placer le support de cellules PV sur un angle d'inclinaison de  $10^\circ$ , et régler le variateur de lumière pour une intensité de rayonnement (Eclairage  $E$ ) de  $1000 \text{ W/m}^2$  sur le plan des cellules.
- Varier l'angle d'inclinaison  $\beta$  (Tableau ci-après), et mesurer pour chaque angle le courant de court-circuit  $I_{cc}$ , la tension à vide  $U_{co}$  et la puissance maximale  $P_{mpp}$ .
- Refaire les mêmes mesures en variant l'angle d'inclinaison et l'angle d'azimut  $\alpha$ . Remplir le tableau.



**Figure 4 :** Réglage de l'angle d'inclinaison et de l'angle d'azimut.

|                |     |     |     |     |     |     |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $\beta$        | 15° | 45° | 15° | 45° | 15° | 45° |
| $\alpha$       | 0°  | 0°  | 15° | 15° | 30° | 30° |
| $U_{co}$ (mV)  |     |     |     |     |     |     |
| $I_{cc}$ (mA)  |     |     |     |     |     |     |
| $P_{ppm}$ (mW) |     |     |     |     |     |     |
| $n(\%)$        |     |     |     |     |     |     |

|                |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $\beta$        | 10° | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° |
| $U_{co}$ (mV)  |     |     |     |     |     |     |     |
| $I_{cc}$ (mA)  |     |     |     |     |     |     |     |
| $P_{ppm}$ (mW) |     |     |     |     |     |     |     |
| $n(\%)$        |     |     |     |     |     |     |     |

### Exploitation des résultats

- Calculer dans chaque cas le rendement  $n$  (Tableaux précédents).
- Tracer les courbes d'évolution des différents paramètres en fonction de l'angle d'inclinaison.
- Dédire l'influence de l'angle d'inclinaison sur les différents paramètres des cellules.

Expliquer les résultats.

- Conclure.

|  |
|--|
| <p><b>Manipulation 5 : Influence des raccordements sur la tension de circuit ouvert et le courant de court-circuit</b></p> |
|--|

### Protocol expérimental

- Placer le support de cellules PV sur un angle d'inclinaison de 45° et régler le variateur de lumière pour une intensité de rayonnement (Eclairement  $E$ ) de 1000 W/m<sup>2</sup> sur le plan des cellules.
- Mesurer le courant de court-circuit  $I_{cc}$ , la tension à vide  $U_{co}$  et la puissance maximale  $P_{mpp}$  dans les cas suivants (Tableau ci-après).

|                         | $U_{co}$ (mV) | $I_{cc}$ (mA) | $P_{ppm}$ (mW) |
|-------------------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 cellule               |               |               |                |
| 2 cellules en série     |               |               |                |
| 6 cellules en série     |               |               |                |
| 2 cellules en parallèle |               |               |                |
| 6 cellules en parallèle |               |               |                |

### **Exploitation des résultats**

- Comparer les résultats et conclure.