



## CELLULES ET MODULES PHOTOVOLTAÏQUES PV19

PERFECTIONNEMENT SCIENTIFIQUE, AVANCÉES TECHNOLOGIQUES  
ET FABRICATION INDUSTRIELLE DE POINTE



### ATOUTS DE LA FORMATION

- > Offre de formation unique basée sur les derniers résultats de la recherche et de l'industrie
- > Démonstrateurs et visite du centre de recherche d'INES-CEA et du plateau technique et pédagogique d'INES-PFE
- > Programme modulable et ajustable selon le niveau technique souhaité (et selon le temps dédié)

### OBJECTIFS

- > Maîtriser le principe de fonctionnement du PV, ses limites et les solutions technologiques pour améliorer le rendement
- > Comprendre la théorie et l'optimisation technologique et industrielle des différentes étapes de fabrication des cellules et modules PV
- > Évaluer les dernières avancées techniques et scientifiques ainsi que les tendances de la recherche et de l'industrie PV
- > Identifier et comprendre les phénomènes de dégradation des modules PV, leur impact et le principe du vieillissement accéléré en laboratoire

### PUBLICS

- > Techniciens et ingénieurs du secteur industriel photovoltaïque (fabrication de cellules/modules PV, équipementiers)
- > Bureaux d'études, chargés de projets, concepteurs
- > Laboratoires de recherche, universitaires
- > Enseignants, acteurs associatifs spécialisés dans les énergies

### PRÉREQUIS

- > Avoir de bonnes notions en électricité.
- > Ajustement du niveau selon l'expérience/ connaissances en photovoltaïque, en microélectronique et en physique des matériaux

### INTERVENANTS

- > Jean-François Lelièvre - Expert technologies photovoltaïques - INES Formation & Évaluation
- > Dimitri GAGNAIRE - Expert solaire photovoltaïque INES Formation & Évaluation

### MÉTHODES PÉDAGOGIQUES

- > Exposés théoriques et retours d'expérience
- > Démonstrateurs et visite des laboratoires de recherche d'INES-CEA
- > Travaux pratiques sur le plateau technique d'INES Formation & Evaluation

### MODALITES ET DELAIS D'ACCES

- > L'inscription doit être finalisée 15 jours avant le début de la formation. Contacter notre centre de formation pour plus de précisions.

### MODALITES D'EVALUATION

- > Attestation de stage
- > Test de validation des acquis

### DURÉE / HORAIRES

- > 3 jours (21 heures)

### PRIX

- > **1830 € nets de taxe**
- > Nous contacter pour les possibilités de financement

### LIEU

- > **INES PLATEFORME FORMATION & EVALUATION**  
Bâtiment Hélios  
60 avenue du Lac Léman - Savoie Technolac  
73370 Le Bourget du Lac



# CELLULES ET MODULES PHOTOVOLTAIQUES

## PERFECTIONNEMENT SCIENTIFIQUE, AVANCÉES TECHNOLOGIQUES ET FABRICATION INDUSTRIELLE DE POINTE

PROGRAMME

### JOUR 1

#### PRINCIPE DES CELLULES PHOTOVOLTAIQUES

##### Maîtrise du contexte du photovoltaïque

- > Statut des marchés mondiaux de l'énergie, de l'électricité et de l'industrie PV
- > Tour d'horizon des installations photovoltaïques et des applications
- > Analyse du cycle de vie, empreinte carbone, recyclage

##### Production, purification, cristallisation et découpe du silicium solaire

- > Marché et procédé de fabrication et de grade solaire
- > Propriétés fondamentales des semi-conducteurs et caractéristiques remarquables du silicium
- > Procédé industriel de cristallisation Czochralski
- > Découpe des substrats de silicium
- > Bilan énergétique et empreinte carbone détaillée

##### Bases de la physique de la cellule photovoltaïque

- > Histoire et évolution technologique de la cellule PV en silicium
- > De la jonction p-n aux contacts sélectifs : principe de fonctionnement de la cellule PV
- > Caractérisation, schéma électrique équivalent et paramètres des cellules solaires en silicium
- > Pertes physiques et technologiques
- > Rendement quantique et réponse spectrale

### JOUR 2

#### CELLULES PV : FABRICATION INDUSTRIELLE ET AVANCÉES TECHNOLOGIQUES

##### Procédé de fabrication industriel de cellules PV standard (PERC)

- > Description détaillée des étapes de fabrication d'une cellule PV standard PERC
- > Lignes de production industrielles

##### Architectures innovantes de cellules PV en silicium

- > Bifacialité : modification du procédé industriel (PERC+), coefficient de bifacialité et gain bifacial
- > Limitations des cellules PERC
- > Du silicium type p au silicium type n : contacts passivants (TOPCon et Hétérojonctions HJT) et Contacts arrières interdigités (IBC)

##### Visite des laboratoires de recherche PV du CEA-INES

- > Cristallisation du silicium ; cellules PV ; modules PV ; systèmes PV
- > Laboratoire de certification CERTISOLIS

##### Autres technologies de cellules photovoltaïques

- > PV émergent : l'essor exceptionnel des cellules solaires en pérovskites
- > Futur du PV : cellules Tandem Pérovskite/Silicium pour un rendement >30%

### JOUR 3

#### MODULES PV : FABRICATION INDUSTRIELLE, FIABILITE ET DURABILITE

##### Procédé de fabrication et caractérisation des modules PV en silicium

- > Description détaillée des étapes de fabrication d'un module PV
- > Evolutions technologiques, tendances industrielles et designs spécifiques
- > Lecture et interprétation de fiches techniques

##### Fiabilité et durabilité des modules PV

- > Facteurs climatiques et retours d'expérience
- > Analyse des principaux défauts et défaillances des modules PV
- > Techniques de caractérisation de terrain
- > Travaux pratiques « Détection de défauts sur modules PV » sur la plateforme d'INES-PFE
- > Normes et vieillissement accéléré des modules PV

#### TEST DE MODALITES D'EVALUATION DES ACQUIS ET BILAN FORMATION