



SMART  
MICRO GRID

eco<sub>2</sub>Train

# SYSTÈMES D'APPRENTISSAGE POUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES, LA GESTION RÉSEAU SCADA

# Formation de qualité

## Inépuisable, durable, naturel – L'avenir est vert

Se tourner vers les énergies renouvelables en se détournant du charbon, du pétrole et de l'énergie nucléaire est une variante qui gagne en importance. De nos jours, l'évolution de la technique permet d'utiliser l'énergie solaire, la force éolienne, l'hydrogène et la biomasse comme des porteurs énergétiques écologiques. Pour soutenir cette tendance, on recherche des techniciens qualifiés dans le monde entier.

### Des perspectives ensoleillées avec la photovoltaïque

- Abu Dhabi investit deux milliards de dollars US dans la fabrication, à Masdar, de modules photovoltaïques à couches fines
- Avec une puissance nominale de 25 MW, la plus grande centrale solaire des États-Unis voit le jour dans la Silicon Valley
- L'Allemagne fournit déjà 38,5 GW de puissance photovoltaïque, ce qui correspond à la puissance de 38 blocs de centrales modernes.



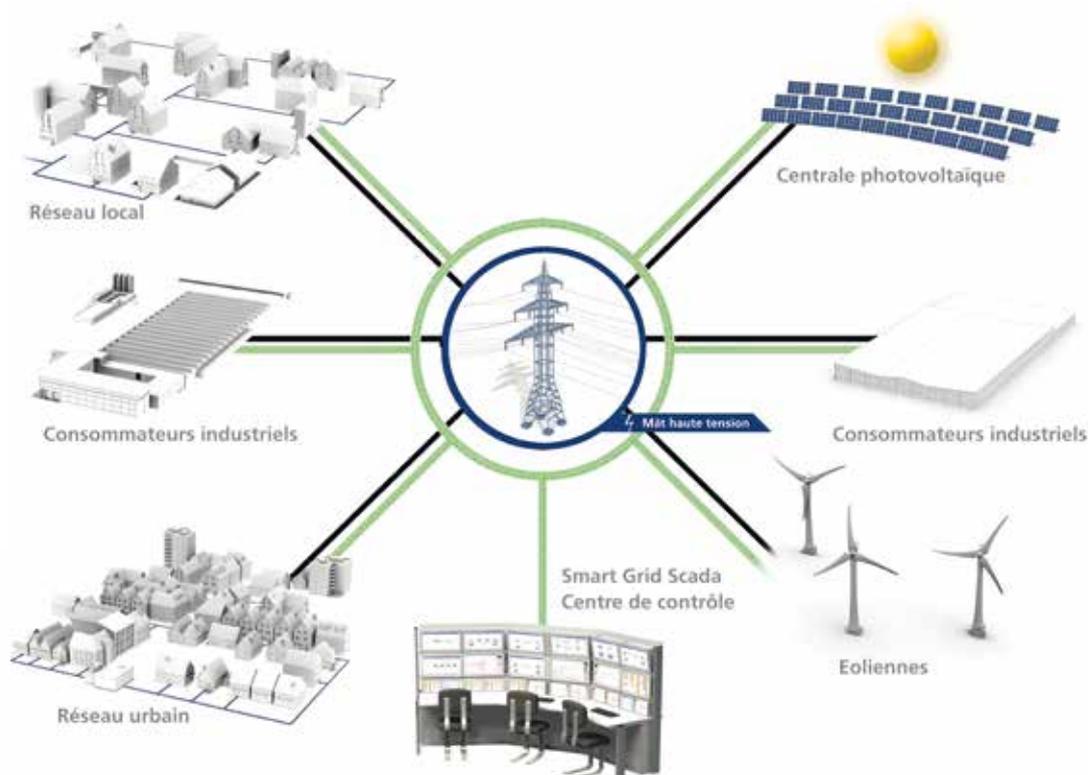
### Un avenir propre grâce à l'énergie éolienne

- Prévisions pour l'Allemagne : en 2030, 25% du courant seront produits par la force éolienne.
- Une éolienne de 3,0 MW permet d'économiser tous les ans 13 000 barils de pétrole ou 10 000 tonnes de CO<sub>2</sub>



## Smart grid – Des systèmes connectés dans le laboratoire

Les équipements Lucas-Nülle permettent de reproduire un réseau de distribution d'énergie complet, de la production à la consommation. Ainsi par exemple l'énergie produite à partir des énergies renouvelables peut-elle être transmise au laboratoire au moyen de la reproduction des lignes de transport, adaptée par des transformateurs et distribuée à des consommateurs quelconques au moyen des barres omnibus doubles. Les systèmes de bus des instruments de mesure et de protection peuvent tous être combinés entre eux, puis évalués et contrôlés de manière centralisée avec le logiciel SCADA for Power-Lab. La combinaison des différents stands et la gestion par Smart Grid Scada ne connaît ainsi plus de limites.



## Pile à combustible – Accumulateur d'énergie à long terme

- Application dans des véhicules sans émissions
- Diffusion comme alimentation électrique de secours
- Application comme centrale de cogénération



# Photovoltaïque

## Des perspectives ensoleillées avec le cours sur la photovoltaïque

En raison de l'augmentation rapide des coûts de l'énergie et de l'évolution permanente de la prise de conscience écologique, la photovoltaïque constitue une variante très intéressante à la génération traditionnelle de l'énergie. Le cours sur la photovoltaïque vous permet non seulement d'apprendre et d'étudier les bases des cellules solaires, mais aussi de simuler un système photovoltaïque en mode direct ou d'accumulation.



**eCO<sub>2</sub>Train**

### Contenus didactiques

- Principe de fonctionnement et mode opératoire de la cellule solaire
- Relevé de caractéristiques d'un module solaire
- Rapports entre courant/tension d'un module solaire et température, intensité de rayonnement et angle d'incidence
- Circuits en série, en parallèle et autres types de circuits des cellules solaires
- Fabrication de cellules solaires
- Différents types de cellules solaires
- Structure d'un accu solaire
- Différents types d'installations solaires
- Structure d'un réseau isolé avec accumulateur solaire

## L'expérience est soutenue par un cours multimédia

**Qu'est-ce qu'une cellule solaire ?**

**Structure d'une cellule PV**

Les cellules PV sont des éléments semi-conducteurs. Elles ne deviennent conductrices que si on leur apporte de la lumière ou de la chaleur.

Le graphique suivant montre la structure schématisée d'une cellule PV.

**1. Faces arrière du contact métallique :**  
Réaliser un contact qui permet le prélèvement d'une tension sur la cellule.

**2. Couche semi-conductrice de type p :**  
Le matériau semi-conducteur contient des atomes accepteurs qui possèdent de porteurs de charge (électrons) dans le matériau semi-conducteur type p.

**3. Couche semi-conductrice de type n :**  
Le matériau semi-conducteur contient des atomes donneurs qui possèdent de porteurs de charge (électrons) dans le matériau semi-conducteur. Ces

**4. Doigts de contact :**  
Avec le contact métallique arrière, les doigts de contact constituent les con-

**Effet « hot-spot »**

Un ombrage uniforme de toute la surface d'un module PV réduit assurément la puissance du module, mais ce n'est pas de même en cas d'ombrage partiel, par exemple lorsqu'une seule cellule PV du module est ombragée.

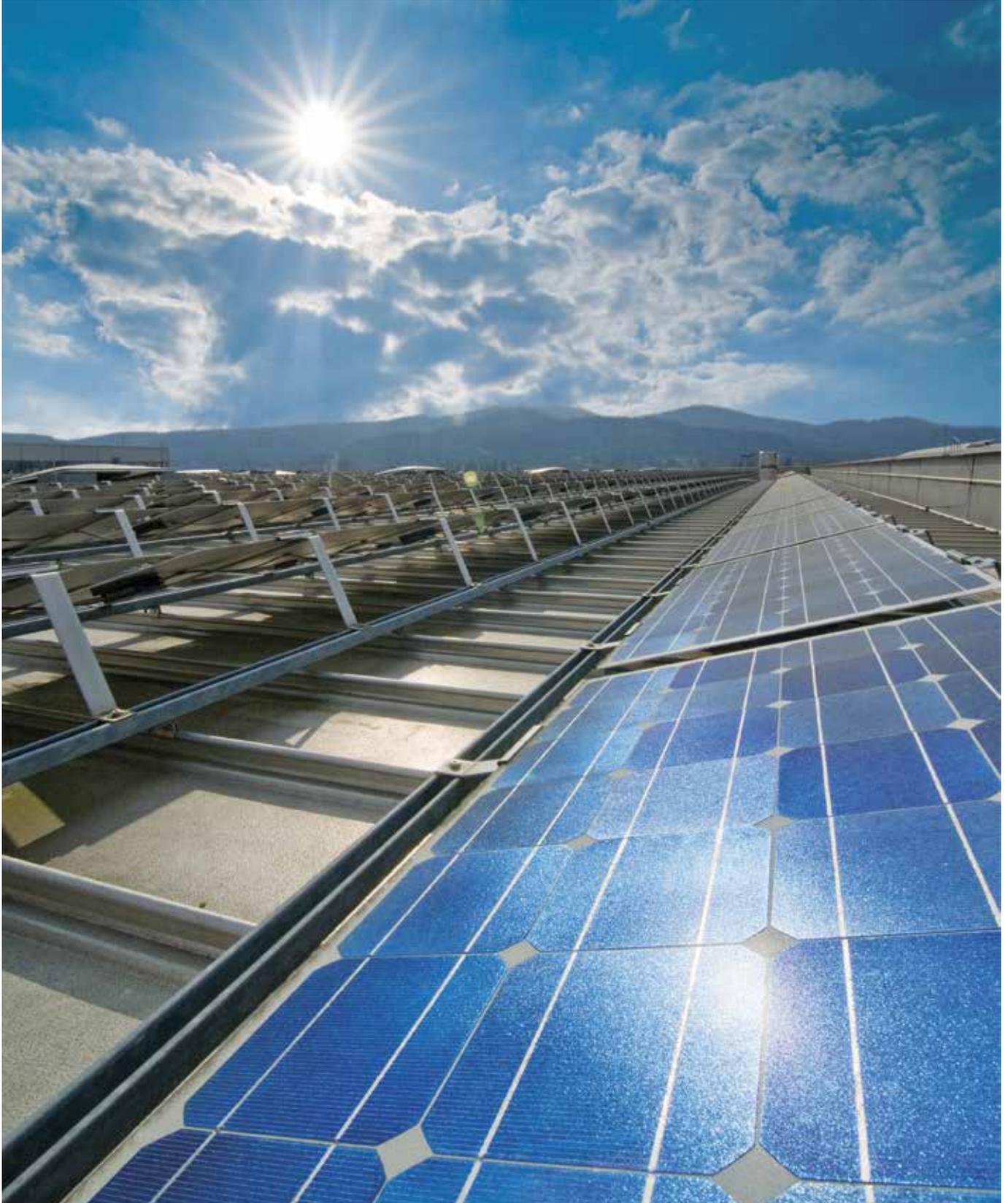
Le schéma équivalent simplifié d'une cellule PV permet de l'expliquer aisément. Il présente un circuit parallèle se composant d'une source de courant et d'une diode.

Comme une cellule PV ombragée ne produit pas de courant, la source de courant (partiel du schéma équivalent) n'a rien plus que sa diode. Maintenant, si plusieurs cellules PV sont montées en série, ce qui est généralement le cas, la diode de la cellule PV ombragée se trouve dans le sens de blocage. Pour conséquent, toute la tension du module peut chuter sur la diode. Si cette tension dépasse la tension de blocage de la diode, elle déformera cette dernière. Si la tension est inférieure à la tension de blocage, la diode forme une puissance dissipée qui a pour conséquence un réchauffement de la cellule, traduit ainsi l'endommager le module. Cet effet est appelé hot spot.

### Vos avantages

- Transmission des connaissances et du savoir-faire par cours multimédia UniTrain
- Equipement de base pour le fonctionnement
- Evaluation des données de mesure assistée par ordinateur
- Système fonctionnant avec une petite tension sûre de 12 V
- Le système prend en charge la simulation d'erreurs
- Durée du cours : env. 4,5 h

# Photovoltaïque Advanced



## Travaux de projet avec des composants industriels

Le système d'apprentissage propose une simulation très réaliste de la course du soleil. Des émulateurs photovoltaïques permettent de réaliser les expériences avec réalisme, même en l'absence de soleil, directement dans votre laboratoire.

La transmission des connaissances et du savoir-faire ainsi que l'évaluation assistée par ordinateur des données de mesure sont rendues possibles grâce au cours multimédia Photovoltaïque Advanced.



Exemple d'expérience « Photovoltaïque Advanced » EPH 2

### Contenus didactiques

#### Etude de modules solaires

- Orientation optimale des modules solaires
- Relevé de caractéristiques des modules solaires
- Etude du comportement en cas d'ombrage
- Etude du mode opératoire de diodes by-pass
- Types de circuits de modules solaires

#### Structure d'installations PV autonomes

- Mise en place d'installations PV
- Structure et test d'une installation PV autonome en mode d'exploitation direct

- Structure et test d'une installation PV autonome avec batterie
- Structure et test d'une installation PV autonome production d'une tension alternative de 230 V

#### Structure d'installations PV en exploitation parallèle avec le réseau

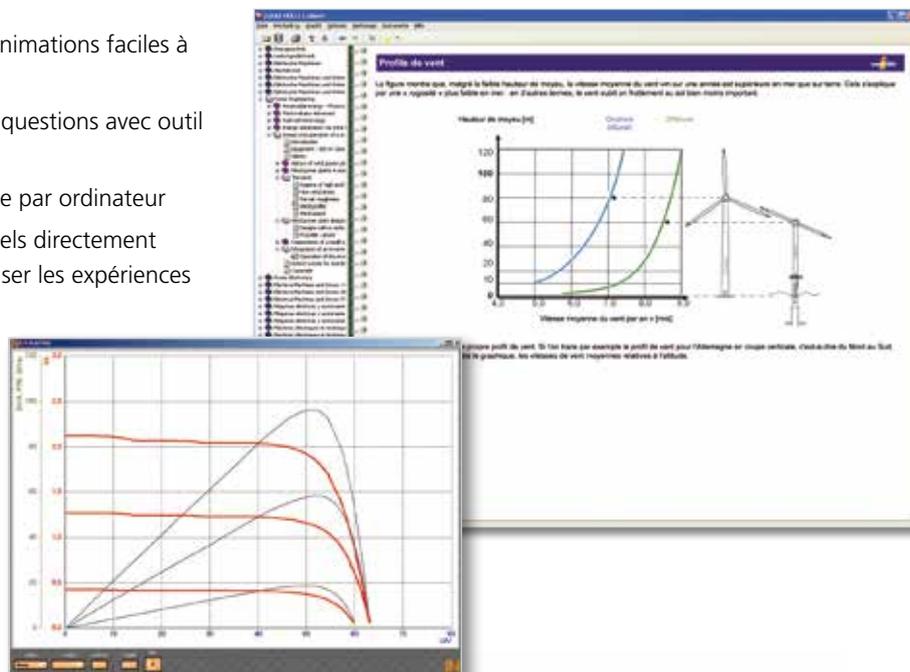
- Mise en place, structure et test d'une installation PV avec alimentation réseau
- Mesure de l'énergie produite par une installation PV
- Détermination du rendement de l'onduleur de réseau
- Etude du comportement d'une installation PV en cas de panne de secteur

# Photovoltaïque Advanced

## Du soleil au laboratoire

### « Interactive Lab Assistant »

- Instructions multimédia pas à pas
- Illustration des bases physiques par des animations faciles à comprendre
- Test des progrès d'apprentissage par des questions avec outil d'évaluation des réponses
- Evaluation des données de mesure assistée par ordinateur
- Démarrage d'instruments de mesure virtuels directement depuis les instructions permettant de réaliser les expériences



### Module solaire avec émulateur d'altitude

- Réglage de l'angle du soleil en fonction de la position (degrés de latitude), de la date et de l'heure
- Réglage d'inclinaison du module solaire
- Module solaire polycristallin 10 W
- Lampe halogène 500 W avec variateur
- Emulation réaliste de la course du soleil



# Photovoltaïque Professionnel

## Installations PV modernes en mode parallèle avec le réseau

Le montage d'installations PV en parallèle avec le réseau est présenté de façon très réaliste. Les techniques de derating de l'onduleur et le transformateur réglable du réseau local sont utilisés pour stabiliser le réseau électrique. La transmission des connaissances et du savoir-faire ainsi que l'évaluation assistée par ordinateur des données de mesure sont rendus possibles grâce au cours multimédia Photovoltaïque Professionnel avec le logiciel SCADA Power Lab.



eCO<sub>2</sub>Train

Exemple d'expérience « Structure d'installations PV en exploitation parallèle avec le réseau » EPH3

### Contenus didactiques

#### Etude de modules solaires

- Enregistrement de la courbe journalière et annuelle
- Orientation optimale des modules solaires (augmentation du rendement énergétique)
- Relevé de caractéristiques des modules solaires

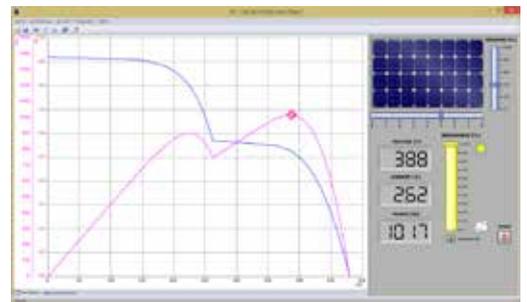
#### Structure d'installations PV en exploitation parallèle avec le réseau

- Mesure de l'énergie produite par une installation PV
- Limitation de puissance de l'onduleur PV (derating)
- Détermination du rendement de l'onduleur de réseau

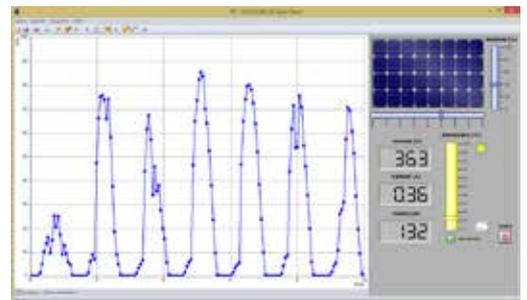
- Réponse au réglage de l'onduleur réseau, tracking MPP
  - Enregistrement des données de rendement via émulateur de course du soleil
  - Etude du comportement d'une installation PV en cas de panne de secteur
  - Rentabilité d'installations photovoltaïques
- #### Régulation de tension dans le réseau local
- Transformateur de réseau local
  - Limitation de puissance de l'onduleur PV (derating)
  - Régulation automatique de la tension dans le réseau local
  - Intégration d'installations PV modernes dans le smart grid

# Photovoltaïque Professionnel

## Reproduction du panneau solaire avec l'éémulateur solaire (puissance 1,5 kW)



*Emulateur PV avec ombrage*



*Rayonnement hebdomadaire*

## Onduleur photovoltaïque industriel avec contrôle par logiciel SCADA



*SCADA avec derating de l'onduleur PV*

### Vos avantages

- Simulateur de la course du soleil
- Technologie ultramoderne avec derating
- Alimentation réseau triphasée
- Commande, observation et contrôle avec SCADA
- Emploi de composants industriels
- Mise à disposition de la puissance réactive
- Transmission des connaissances et du savoir-faire par le cours multimédia « Interactive Lab Assistant »
- Réalisation flexible des expériences avec un module solaire ou une reproduction solaire réalistes

## Etude d'accumulateurs de batterie avec des installations PV

Un accumulateur électrochimique avec une installation photovoltaïque a pour objectif de décaler la production de courant pendant les périodes de consommation ou la consommation pendant les périodes de production. Pour cela, l'énergie (solaire) disponible doit être générée, puis stockée, afin de pouvoir être utilisée pendant les périodes de besoin en énergie. Aussi, les principaux enjeux d'un accumulateur électrochimique sont les suivants :

- Augmentation de la propre consommation
- Sécurité d'approvisionnement par une alimentation de secours



### Contenus didactiques

- Montage et installation de l'accumulateur
- Mise en service de l'accumulateur
- Interaction entre installation PV et accumulateur
- Augmentation de la propre consommation par l'accumulateur d'énergie

# Eoliennes MADA - DFIG



## Générateur asynchrone à double alimentation MADA - DFIG avec synchronisation réseau triphasée

L'équipement permet d'étudier les éoliennes modernes fonctionnant avec des « générateurs asynchrones à double alimentation ». Le vent est simulé de façon très réaliste avec le banc d'essai de machines à servocommande et le logiciel « WindSim ». La connexion au PC pendant les expériences garantit une manipulation et une visualisation confortables. Le cours multimédia « Interactive Lab Assistant » correspondant transmet les connaissances théoriques et permet la réalisation des expériences ainsi que l'évaluation des données de mesure.



Exemple d'expérience « Éolienne » EWG 1

### Contenus didactiques

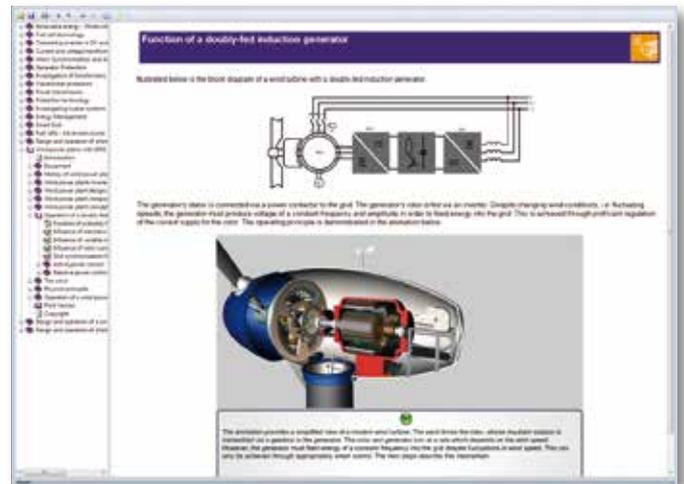
- Structure et fonctionnement d'éoliennes modernes
- Bases physiques « du vent à l'arbre mécanique »
- Différentes conceptions d'éoliennes
- Structure et mise en service d'un générateur de vent asynchrone à double alimentation (MADA - DFIG)
- Exploitation du générateur avec différentes forces de vent et régulation des tensions et fréquences de sortie
- Synchronisation au réseau triphasé
- Détermination des points de travail idéaux avec différentes conditions de vent
- Etude du comportement en cas d'erreurs de réseau « Fault-ride-through »

# Eoliennes MADA - DFIG

## Bon vent pour vos laboratoires !

### « Interactive Lab Assistant »

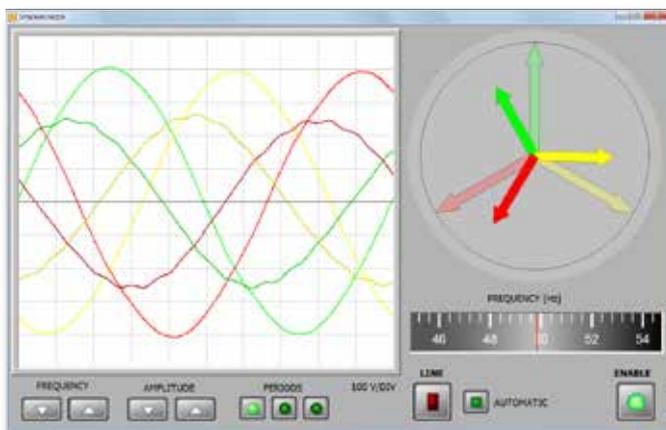
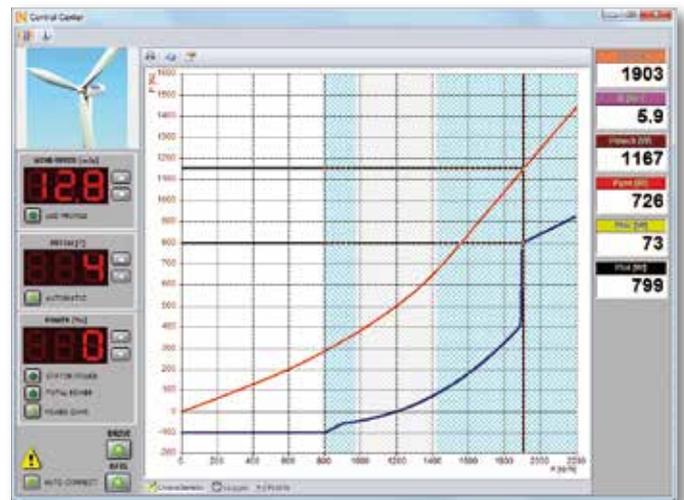
- Instructions multimédia pas à pas
- Illustration des bases physiques par des animations faciles à comprendre
- Test des progrès d'apprentissage par des questions avec outil d'évaluation des réponses
- Evaluation des données de mesure assistée par ordinateur
- Démarrage d'instruments de mesure virtuels directement depuis les instructions permettant de réaliser les expériences : Control Center, DFIG Control, synchroniseur, Power Control, Status Control, Speed Control, FRT- Monitor, Vector-View, oscilloscopes, instruments de mesure



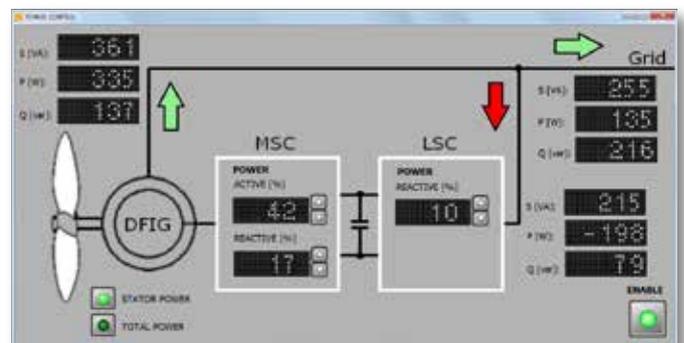
### Simulateur de vent

Le vent et la géométrie des pales permettent d'entraîner le générateur sur des éoliennes réelles. Au laboratoire, le banc d'essai de machines à servocommande et le logiciel « WindSim » reprennent le rôle du vent. Il est ainsi possible de simuler, en laboratoire, les mêmes conditions que sur les vraies éoliennes.

- Emulation réaliste du vent et de la géométrie des pales
- Réglage automatique du régime et du couple de rotation en fonction du vent et de l'angle de pas
- Réglage indépendant du pas et de la force du vent
- Entrée de profils de vent
- Relevé de valeurs mécaniques et électroniques



Synchronisation de réseau de l'éolienne



Répartition de la puissance et commande de la puissance réactive

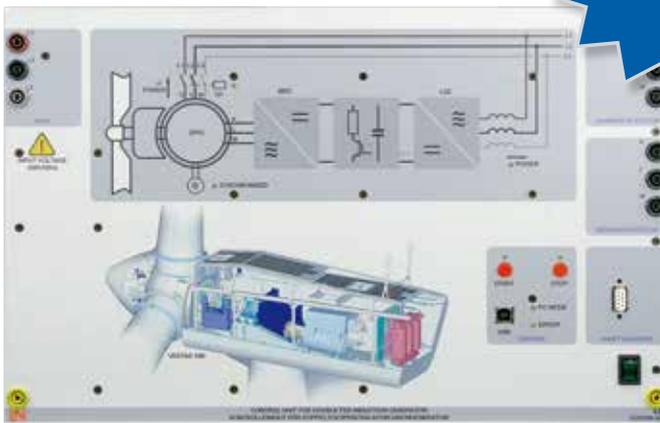
## Générateur asynchrone à double alimentation avec unité de commande

- Unité de commande avec deux onduleurs
- Activation du générateur en mode sous-synchrone et sur-synchrone
- Interrupteur de puissance intégré pour relier le générateur au réseau
- Régulation automatique des puissances active et apparente, de la fréquence et de la tension
- Synchronisation manuelle et automatique
- Mesure et représentation de toutes les grandeurs système
- Réalisation d'expériences « Fault-Ride-Through »



« Générateurs asynchrones à double alimentation »

„Fault-ride-through“



« Unité de contrôle pour générateur asynchrone à double alimentation »



### Vos avantages

- Transmission des connaissances et du savoir-faire par le cours multimédia « Interactive Lab Assistant »
- Le banc d'essai de machines à servocommande permet d'émuler fidèlement, jusque dans les plus petits détails, la force du vent et la structure mécanique de l'éolienne
- L'unité de commande à microcontrôleur pour le générateur asynchrone à double alimentation garantit une commande et une visualisation confortables durant les expériences
- Technologie ultramoderne avec « Fault ride through »
- Intégration des systèmes de technique de l'énergie

# Petites centrales éoliennes

## Du courant pour les sites isolés

De nos jours, les petites centrales éoliennes d'une puissance maximale d'environ 5 kW sont utilisées pour des alimentations électriques décentralisées. Les centrales produisent une tension continue. L'énergie est emmagasinée dans des batteries via un régulateur de charge. Un onduleur génère des tensions alternatives pour l'exploitation de consommateurs sur secteur. Le banc d'essai de machines à servocommande et le logiciel « WindSim » permettent d'émuler l'influence de la force du vent et la structure mécanique de l'éolienne fidèlement jusque dans les plus petits détails.



Exemple d'expérience « Éolienne » EWG 2

### Contenus didactiques

- Structure et fonctionnement d'éoliennes modernes
- Bases physiques « du vent à l'arbre mécanique »
- Différents types d'installations solaires
- Structure et mise en service d'une petite centrale éolienne
- Fonctionnement avec différentes forces de vent en mode d'accumulation
- Accumulation d'énergie
- Optimisation de l'éolienne
- Structure d'une centrale autonome pour la production d'une tension alternative de 230 V
- Système hybride pour l'alimentation autarcique avec la force du vent et la photovoltaïque

## Des propriétés de produits convaincantes

### « Interactive Lab Assistant »

- Instructions multimédia pas à pas
- Illustration des bases physiques par des animations faciles à comprendre
- Test des progrès d'apprentissage par des questions avec outil d'évaluation des réponses
- Evaluation des données de mesure assistée par ordinateur
- Démarrage d'instruments de mesure virtuels directement depuis les instructions permettant de réaliser les expériences

### Générateur à aimant permanent

- Le banc d'essai de machines à servocommande permet d'émuler fidèlement, jusque dans les plus petits détails, la force du vent et la structure mécanique de l'éolienne
- Le comportement du générateur dans le laboratoire correspond à celui d'une installation réelle
- La petite centrale éolienne est appropriée au fonctionnement à l'extérieur
- Transmission des connaissances et du savoir-faire par le cours multimédia « Interactive Lab Assistant »



### Vos avantages

- Transmission des connaissances et du savoir-faire par le cours multimédia « Interactive Lab Assistant »
- Le banc d'essai de machines à servocommande permet d'émuler fidèlement, jusque dans les plus petits détails, la force du vent et la structure mécanique de l'éolienne
- Le comportement du générateur dans le laboratoire correspond à celui d'une installation réelle
- Petite éolienne, incluant un mât de montage, appropriée au fonctionnement à l'extérieur

# Technique des piles à combustible

## Structure et fonctionnement des piles à combustible

Aujourd'hui déjà, les énergies renouvelables sont une réponse à la pénurie énergétique prévue au XXI<sup>e</sup> siècle. Basée sur l'emploi de l'hydrogène, la pile à combustible est l'un des éléments de cette réponse. Elle est utilisée comme technologie complémentaire dans les systèmes énergétiques de demain pour fournir de l'énergie propre à partir de l'hydrogène régénérateur.



**eCO<sub>2</sub>Train**

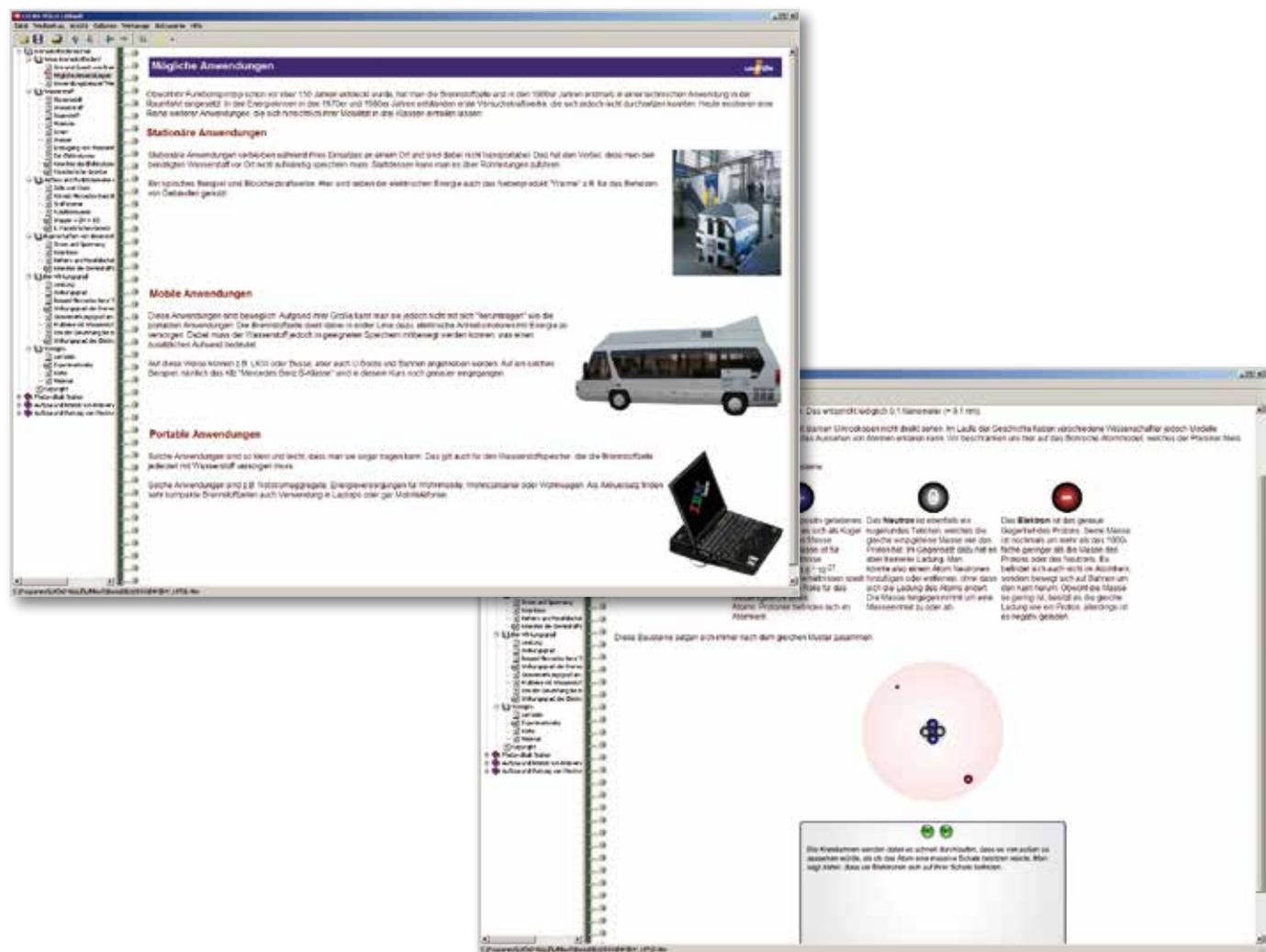
### Contenus didactiques

- Principe de fonctionnement et mode opératoire de la pile à combustible
- Relevé de caractéristiques d'une pile à combustible
- Processus électrochimiques de l'électrolyse (1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> lois de Faraday)
- Rendements Faraday et énergétique d'une pile à combustible
- Montage en série et en parallèle de piles à combustible

### Vos avantages

- Transmission des connaissances et du savoir-faire par le cours multimédia « Interactive Lab Assistant »
- Appareil compact avec PEM Double pile à combustible et PEM Electrolyseur avec réservoir à gaz
- Maniement sans danger de l'hydrogène
- Alimentation électrique 2 V/2,5 A de l'électrolyseur déjà intégrée
- Diversité de charges (lampes, ventilateur)
- Charge variable pour le relevé de caractéristiques
- Durée du cours : env. 4,5 h

## L'expérience est soutenue par un cours multimédia



### Vos avantages

- Transmission des connaissances et du savoir-faire par le cours multimédia « Interactive Lab Assistant »
- Appareil compact avec PEM Double pile à combustible et PEM Electrolyseur avec réservoir à gaz
- Maniement sans danger de l'hydrogène
- Alimentation électrique 2 V/2,5 A de l'électrolyseur déjà intégré
- Diversité de charges (lampes, ventilateur)
- Charge variable pour le relevé de caractéristiques
- Durée du cours : env. 4,5 h

# Smart Grid

## L'équipement idéal de demain : des réseaux électriques intelligents dans le laboratoire de technique d'énergie électrique

A l'avenir, de nouvelles techniques équiperont encore mieux le réseau électrique pour satisfaire aux exigences de demain. Une gestion plus souple des réseaux rendront compatible la part croissante d'énergies renouvelables avec les infrastructures conventionnelles des centrales.

La diversité et la multitude de ces centrales décentralisées requièrent une gestion innovante du réseau électrique – le smart grid:

- Coordination améliorée des besoins et de la production d'énergie
- Emploi d'une technologie d'information moderne, tels Internet, capteurs, commandes et dispositifs de transmission sans fil
- « Smart metering » - des compteurs numériques mesurent la consommation électrique aux points terminaux du réseau
- Migration de la consommation domestique hors des périodes de pointe
- Mise en service directe par le distributeur d'énergie des applications flexibles, comme le lavage de linge, hors des périodes de pointe



SMART  
MICRO GRID

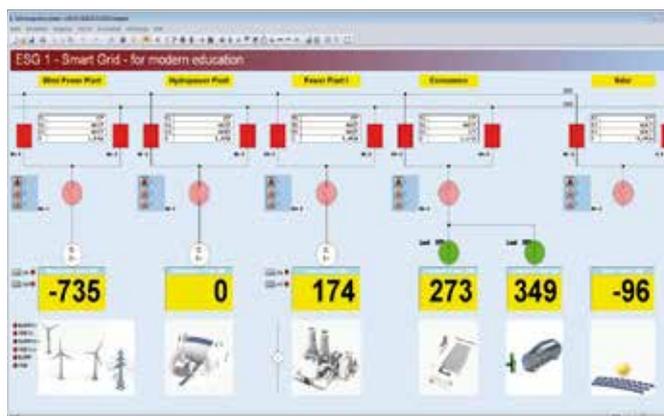
### Intégration modulaire de la production d'énergies renouvelables dans le smart grid :

- Photovoltaïque
- Eoliennes
- Accumulation de l'énergie électrique au moyen d'une centrale de pompage
- Production conventionnelle de l'énergie
- Transport et distribution
- Gestion de l'énergie (coordination de la production et de la consommation dynamiques de l'énergie)



### Logiciel SCADA dans le smart grid

- Réalisation, commande et analyse de réseaux intelligents Smart Grid Scada
- Suite logicielle adapté à la formation
- **SCADA SPS** : logiciel API intégré (CEI 61131)
- **SCADA Logger** : relevé, représentation, évaluation et exportation de toutes valeurs dans le temps
- **SCADA Designer** : création de modèles d'affichage sur mesure en intégrant les valeurs de mesure et les éléments de commande
- **SCADA Net** : le concept client/serveur permet l'accès à distance simultanément depuis chaque PC (étudiant) aux systèmes du smart grid
- **SCADA Panel Designer** : design de propres interfaces utilisateur
- **SCADA Viewer** : version light pour la visualisation et le contrôle en utilisant des modèles existants



### Instruments de mesure intelligents :

- Instruments de mesure intelligents disposant de différentes interfaces de communication (par ex. LAN, RS485, USB) et éléments de commande
- Mesure et commande de toutes les valeurs significatives au moyen de compteurs communicants et de sectionneurs de puissance
- **Compatibilité SCADA Net** : affichage et commande des valeurs de mesure et des états depuis chaque PC dans le réseau



# Scada Smart Grid – Des réseaux électriques intelligents

## Le laboratoire de technique d'énergie connecté

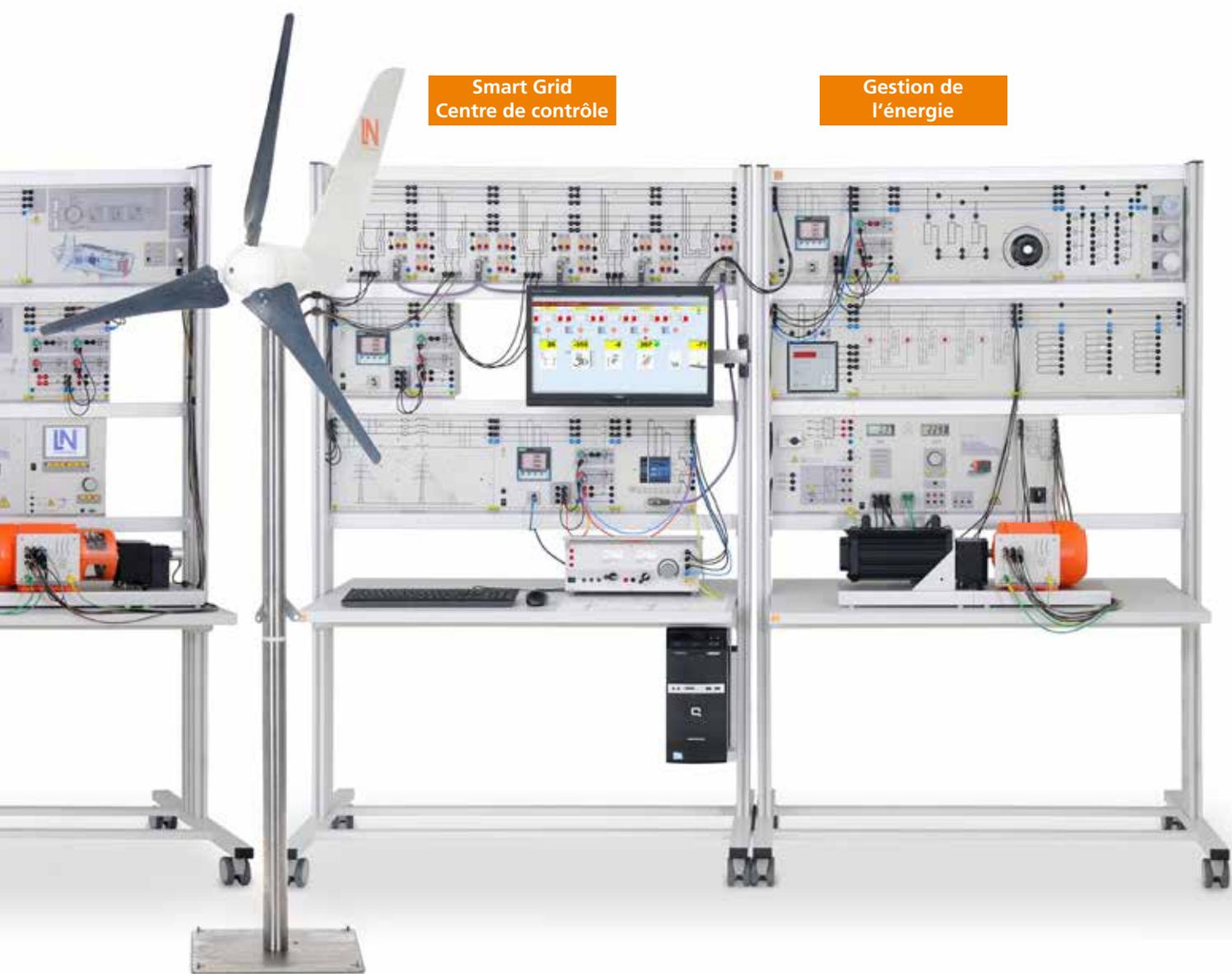
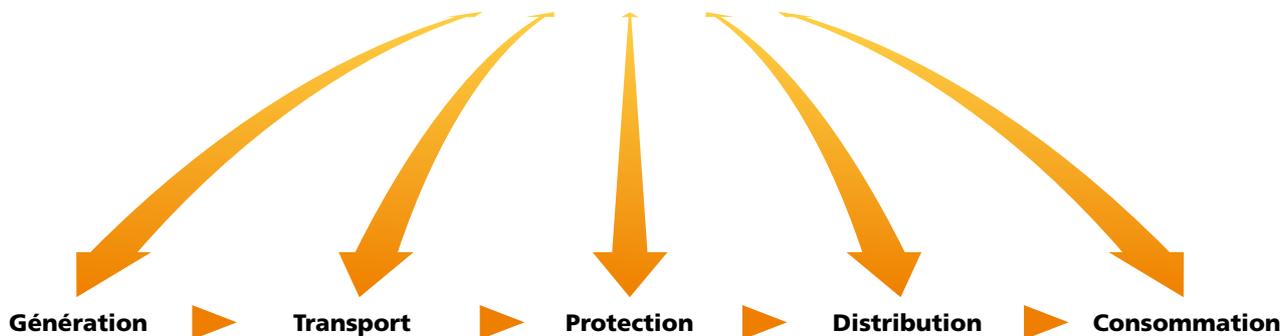
Les équipements permettent la combinaison électrique et informatique des systèmes d'entraînement destinés à la production, le transport, la distribution, la protection et la gestion de l'énergie électrique. Toutes les valeurs sont saisies et les commutations correspondantes déclenchées via le centre de contrôle du smart grid. Il est possible d'étudier en laboratoire l'influence de la production d'énergies renouvelables sur la génération de l'énergie. Des scénarios quelconques peuvent être simulés, tels par ex. :

- Chargement de véhicules électriques en cas d'excédent d'énergie éolienne
- Accumulation d'excédents d'énergie dans la centrale de pompage
- Désactivation de consommateurs pour réduire la charge de pointe
- Compensation de pénuries d'énergie par la centrale de pompage

Le logiciel SCADA permet d'observer et de contrôler l'ensemble de l'installation depuis chaque poste de travail



### Centre de contrôle Smart Grid SCADA Gestion de l'énergie électrique



# Scada Smart Grid – Des réseaux électriques intelligents

## Scada Smart Grid – Centre de contrôle – Gestion de l'énergie

Cet équipement constitue le point central du réseau Scada Smart Grid du laboratoire de technique d'énergie. En plus de la production, du transport et de la distribution de l'énergie, le logiciel SCADA permet de saisir toutes les valeurs et de déclencher les commutations correspondantes. Cette opération peut s'effectuer manuellement ou bien automatiquement avec un logiciel API. Les alimentations de l'énergie générée et des variations de charge sont saisies par le centre de contrôle du smart grid et des mesures correspondantes sont engendrées pour maintenir la stabilité du réseau.



### Compléments utiles pour un smart grid :

- Photovoltaïque Professionnel (EPH3)
- Eoliennes MADA - DFIG (EWG1)
- Centrale de pompage (EUG3)
- Transformateurs (EUT)
- Lignes de transmission (EUL)
- Dispositifs de protection (ELP)
- Transmission d'énergie par courant continu à haute tension (EDC1)
- Génération de l'énergie (EUG)



Exemple d'expérience « Smart grid : génération, distribution, transmission et gestion de l'énergie électrique ESG1 »

### Contenus didactiques

- Système triphasé de barres omnibus doubles
- Etudes de lignes triphasées
- Relais de surintensité pour les lignes
- Consommateurs complexes, mesure de consommation et surveillance des charges maximales
- Compensation manuelle et automatique de la puissance réactive
- Gestion des charges - Demand Side Management
- Commande intelligente des générateurs et consommateurs

# Micro-réseau

## Mode parallèle autonome / Micro-réseau

Lorsque ce réseau autonome est couplé au smart grid, on parle de micro-réseau, qui présente trois modes de service : On Grid, Off Grid et Dual. Le micro-réseau offre les avantages suivants :

- Réduction des pertes au transport et de transformateur
- Indépendance du grand fournisseur d'énergie
- Smart grid comme système de sauvegarde
- Alimentation et consommateurs intelligents contrôlés avec SCADA
- Génération d'énergie avec des énergies renouvelables
- Optimisation de la qualité du courant, fiabilité et durabilité

Les micro-réseaux occuperont un rôle central dans le smart grid de demain.



### Compléments utiles pour un smart grid autarcique :

- Photovoltaïque Professionnel (EPH3)
- Eoliennes MADA - DFIG (EWG1)
- Centrale de pompage (EUG3)
- Consommateurs dynamiques (EUC 2)



Exemple d'expérience « Mode parallèle autonome avec deux générateurs » EMG2

### Contenus didactiques

- Régulation de plusieurs générateurs en mode autonome
- Régulation de plusieurs générateurs en mode parallèle avec le réseau
- Coordination des besoins et de la production d'énergie dans le réseau autonome
- Emploi d'une technologie informatique moderne comme des capteurs/actionneurs connectés, commande API et interface SCADA
- « Smart metering » d'un nœud bilan pour rendre un sous-réseau autarcique
- Régulation manuelle
- Régulation de tension
- Régulation de fréquence
- Régulation du couple
- Régulation cos phi
- Régulation du statisme

# Scada Smart Grid – Micro-réseaux

## Producteurs d'énergie dans le réseau Smart Grid

Ces équipements accessoires pour la production d'énergie peuvent compléter en option l'équipement ESG 1 Smart Grid, de manière individuelle ou groupée, ce qui permet de réaliser de nombreuses expériences en réseau Smart Grid.



Exemple d'expérience « Smart Grid : équipement complémentaire à ESG 1 : producteurs d'énergie dans le réseau Smart Grid »

### Contenus didactiques

#### Eoliennes EWG 1

- Fonctionnement de l'alternateur avec des forces de vent variables et régulation de la tension et de la fréquence de sortie
- Détermination des points de fonctionnement optimaux avec des conditions de vent changeantes

#### Installations photovoltaïques en exploitation réseau parallèle EPH 3

- Montage et essai d'une installation photovoltaïque avec alimentation du réseau en énergie
- Mesure de l'énergie produite d'une installation photovoltaïque

- Détermination du rendement du convertisseur de réseau
- Limitation de puissance de l'onduleur PV (derating)
- Régulation de la tension dans le réseau local

#### Alternateur synchrone EUG

- Réglage de l'alternateur et synchronisation
- Circuits de synchronisation manuelle et automatique
- Régulation automatique de la puissance
- Régulation automatique du facteur de puissance

#### Transformateurs EUT

- Transformateur polyphase en marche à vide, en court-circuit et avec charge ohmique, inductive et capacitive
- Étude du rapport de transformation

## Pompage-turbinage / Centrales électriques

Le cours sur les centrales permet d'étudier le fonctionnement des types de centrales suivants : Centrale au lignite, Centrale au charbon, Centrale à turbines à gaz, Centrale à gaz et à vapeur, Centrale de cogénération au biogaz, Centrale nucléaire, Centrale hydraulique, Centrale de pompage-turbinage. Le cours sur les centrales de pompage analyse la manière dont l'énergie électrique est stockée par la transformation de l'eau en énergie potentielle, puis réalimentée dans le réseau après la transformation de cette énergie potentielle en énergie électrique. En raison de la croissance permanente de la production d'énergies renouvelables, les centrales de pompage sont des accumulateurs nécessaires et indispensables dans un réseau intelligent de grande qualité de réseau.



Exemple d'expérience « Smart Grid : équipement complémentaire à ESG 1 : centrale hydraulique de pompage-turbinage dans le réseau Smart Grid »

### Contenus didactiques

- Configuration de la synchronisation
  - Mise en service du relais multifonction
- Mode générateur
- Synchronisation de réseau
  - Paramétrage d'un relais multifonction
  - Synchronisation automatique
- Régulation manuelle de la puissance : par alternateur et par moteur
- Régulation de l'alternateur via SCADA
- Centrale électrique
  - Types de centrales
  - Caractéristique typiques et chiffres-clé
  - Mise en service et exploitation de différents types de centrales
  - Elaboration du fonctionnement de centrales
  - Fonctionnement en suivi de charge automatique d'une puissance active et réactive mesurée en externe
- Centrales de pompage dans le réseau intelligent



## LUCAS-NÜLLE GMBH

Siemensstraße 2  
50170 Kerpen, Allemagne

Tel.: +49 2273 567-0  
Fax: +49 2273 567-39

[www.lucas-nuelle.fr](http://www.lucas-nuelle.fr)  
[export@lucas-nuelle.com](mailto:export@lucas-nuelle.com)