



SMART GRID DL SGWD



POURQUOI UN RESEAU INTELLIGENT ?

Depuis le début du XXI^e siècle, les possibilités de profiter des améliorations apportées aux technologies de la communication électronique pour résoudre les limites et les coûts du réseau électrique sont devenues apparentes. Les limitations technologiques sur le mesurage ne forcent plus à calculer en moyen les prix de pointe de l'énergie et à les transmettre à tous les consommateurs de la même manière.

Parallèlement, les préoccupations croissantes concernant les dommages environnementaux causés par les centrales électriques alimentées par des combustibles fossiles ont entraîné l'envie d'utiliser de grandes quantités d'énergie renouvelable. Les formes dominantes telles que l'énergie éolienne et l'énergie solaire sont très variables, de sorte que la nécessité de systèmes de contrôle plus sophistiqués est devenue évidente, afin de faciliter la connexion des sources au réseau autrement très contrôlable. La puissance des cellules photovoltaïques (et dans une moindre mesure les éoliennes) a également compromis de manière significative l'impératif pour les grandes centrales électriques centralisées.

La chute rapide des coûts indique un changement majeur de la topologie de réseau centralisé à celle qui est fortement distribuée, avec la puissance étant à la fois générée et consommée jusqu'aux limites du réseau.

Enfin, l'inquiétude croissante concernant les attaques terroristes dans certains pays a entraîné des appels à un réseau énergétique plus robuste, moins dépendant des stations électriques centrales qui ont été perçues comme des cibles d'attaque potentielles.



SMART GRID



QU'EST-CE QU'UN RESEAU INTELLIGENT ?



Le *Smart Grid* est un système de « distribution intelligente » de l'électricité, capable de connaître la consommation des différents utilisateurs finaux et de gérer la génération et la distribution de l'électricité selon la demande.

Autrement dit, si, dans une zone donnée, nous avons une surcharge d'énergie potentielle, l'excès d'énergie peut être redistribué à d'autres zones qui en ont besoin, en fonction des demandes réelles des utilisateurs finaux.

En outre, le logiciel qui gère le *Smart Grid* surveille le flux électrique du système, intègre des énergies renouvelables dans le réseau et active/suspend les processus industriels ou domestiques pendant les périodes où l'électricité coûte moins/plus.

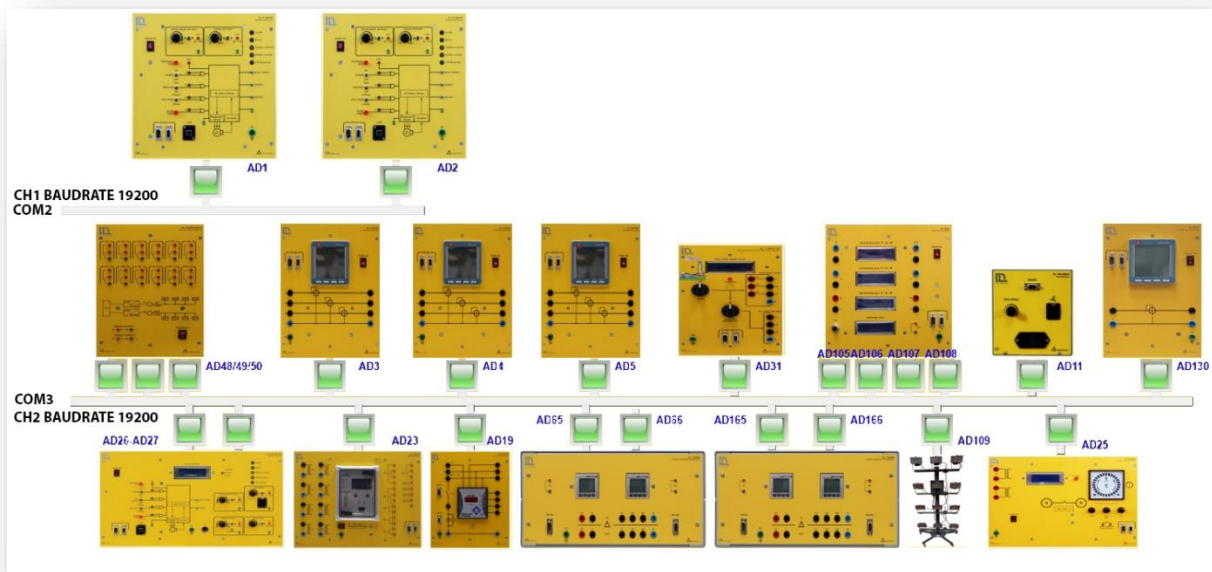
Le réseau intelligent comprend nos besoins en énergie. Lorsque la demande d'électricité atteint son pic, il s'adapte automatiquement en puisant l'énergie excédentaire auprès de plusieurs sources afin d'éviter les surcharges ou les pannes de courant.

Il a donc la fonction de partager l'électricité générée par des sources diverses, tant publiques que privées, traditionnelles et renouvelables, et de garantir que les appareils électriques utilisent l'électricité aussi efficacement que possible.

QU'EST-CE QU'UN LOGICIEL SCADA ?



SMART GRID



Le **SCADA** (*Supervisory Control And Data Acquisition*) est un système de contrôle industriel qui remplit les fonctions suivantes :

- l'acquisition des quantités physiques nécessaires au contrôle et à la supervision du système ;
- le contrôle de son fonctionnement, au moyen d'actionneurs ;
- la supervision, pour suivre visuellement, à travers les diagrammes synoptiques ainsi qualifiés, l'état de fonctionnement du système, les alarmes, etc., même à distance.

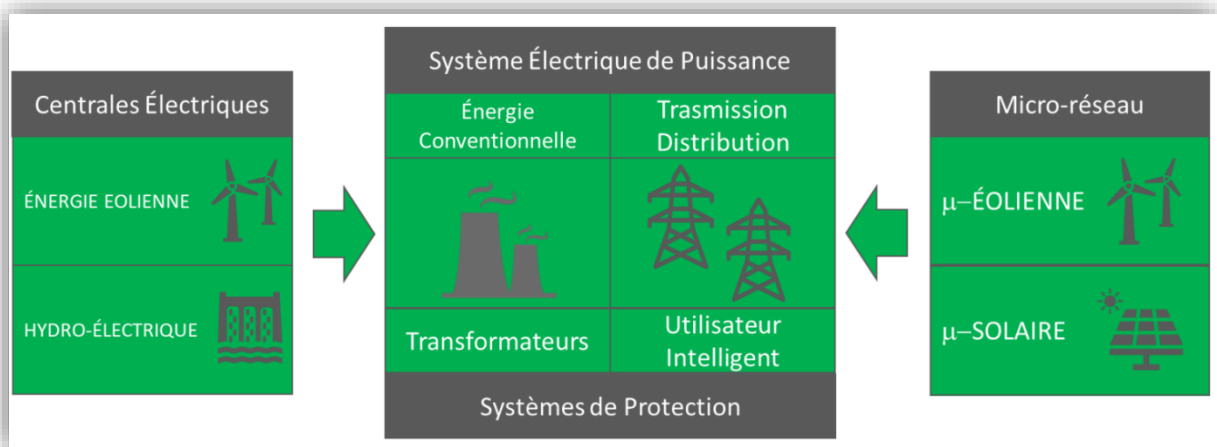
Les systèmes **SCADA** supervisent, contrôlent, optimisent et gèrent les systèmes de génération et de transmission d'énergie électrique ainsi que les réseaux de distribution.

Ils permettent de collecter, stocker et analyser des données provenant de centaines de milliers de points de données dans des réseaux nationaux ou régionaux, modéliser des réseaux, simuler des opérations, mettre en évidence les défauts, les empêcher et enfin participer aux marchés de l'énergie.

Ils constituent une partie essentielle des réseaux modernes et permettent le développement de réseaux intelligents qui doivent gérer d'énormes quantités d'énergie à partir de sources renouvelables produites par des générateurs de grande et petite échelle afin de maintenir la stabilité dans le réseau malgré l'intermittence de ces sources et la bidirectionnalité du flux d'énergie.



LA SOLUTION DE LORENZO



Le système de réseau intelligent développé par De Lorenzo peut être organisé en **huit sous-systèmes**, chacun composé de plusieurs modules. Les quatre premiers sous-systèmes sont des simulations de sources d'énergie ; le premier est l'alimentation principale du réseau avec une unité d'alimentation triphasée qui représente une usine de charbon.

Les trois autres sous-systèmes correspondent à des sources alternatives d'énergie : éolique, hydroélectrique et solaire. La simulation de la centrale éolienne est réalisée avec un moteur à induction triphasé agissant comme générateur tandis que la simulation de la centrale hydroélectrique est réalisée avec une machine synchrone triphasée, de plus, avec un module de relais de synchronisation de générateur pour permettre la connexion au réseau. Finalement, la partie énergie solaire du système est générée avec un panneau solaire et quatre lampes à intensité réglable simulant le soleil, qui est relié à un module onduleur qui permet de transférer l'énergie générée au réseau.

Un cinquième sous-système dans le réseau intelligent est constitué de modules de protection contre les défauts. Les modules sont un relais d'alimentation qui mesure, en temps réel, des tensions et des courants pour détecter des défauts dans le réseau électrique et quatre disjoncteurs commandés par le module précédent pour déconnecter les lignes défectueuses.

Le sixième sous-système désigne les modules de mesure. Il dispose de trois compteurs de puissance appelée maximale qui mesurent les tensions alternées, les courants, les fréquences, la puissance active, la puissance réactive, la puissance apparente, le facteur de puissance et le THD pour chacune des trois phases disponibles dans le réseau et deux unités de mesure numériques à énergie électrique qui, en plus de mesurer la même chose que le module précédent, mesure les tensions continues, le courant, la puissance et l'énergie.

Le septième sous-système concerne le contrôle du facteur de puissance avec 2 modules, le premier est une batterie de condensateur commutable avec quatre valeurs différentes de condensateurs et le second est un contrôleur de puissance réactive qui active les condensateurs du module précédent pour effectuer une correction du facteur de puissance.



SMART GRID



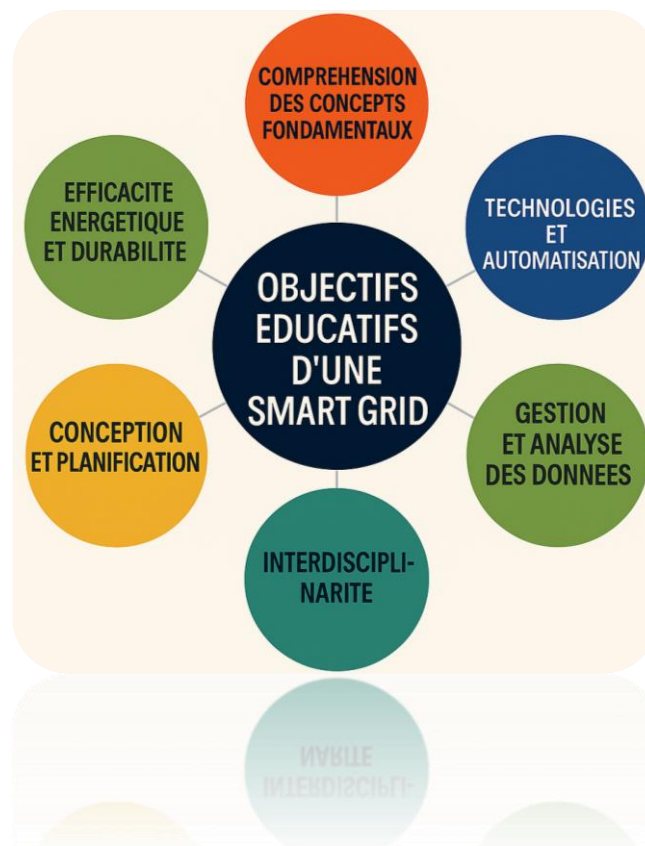
Le dernier sous-système est composé d'éléments passifs. Trois modules avec différents types de charges (capacitifs, inductifs, résistifs) qui simulent les charges dans une maison ou une usine et deux modules avec des impédances simulant les pertes générées dans les lignes de transmission, spécifiquement en lignes de 10 et 100 km de longueur.

Un logiciel **SCADA** fournit à l'acquisition et au stockage des données provenant des instruments de mesure et au contrôle des actionneurs pour une gestion « intelligente » de l'ensemble du système électrique. Le logiciel SCADA peut également être fourni sur demande dans une version OUVRETE afin que l'enseignant puisse mettre en œuvre son propre projet et sélectionner les modes et procédures pour visualiser les paramètres et contrôler les actionneurs.

Le système décrit ci-dessus représente la configuration de base de notre laboratoire (**DL SGWD**).

Optionnellement, il est possible d'ajouter un système supplémentaire de production à petite échelle d'énergie éolienne, avec une éolienne réelle connectée à un module onduleur pour permettre la connexion au réseau.

OBJECTIFS DE FORMATION



Le formateur *Smart Grid* peut être considéré comme un **laboratoire multidisciplinaire** car il permet d'étudier et d'exercer des différents sujets techniques qui sont ensuite intégrés dans une configuration complète du système de réseau intelligent.



SMART GRID



Le formateur Smart Grid est en effet un laboratoire intégré qui peut être utile pour un grand nombre de cours de premier cycle et d'études supérieures dans l'école d'ingénieurs. L'équipement de laboratoire peut être configuré pour créer différents exercices, qui renforcent les concepts fondamentaux et avancés en énergie électrique. L'équipement peut être interconnecté pour former **un système complet de réseau intelligent**. Cependant, comme vous pouvez le voir dans la liste des expériences du paragraphe suivant, les sujets classiques, tels que les machines électriques, les systèmes de distribution, etc., pourraient être couverts par le formateur Smart Grid ; Ce laboratoire innovant peut inclure des démonstrations de classe et des expériences de laboratoire dans des classes régulières de laboratoire.

Il existe des sujets fondamentaux qui sont nécessaires pour comprendre le concept du réseau intelligent et ils doivent être liés à des situations réelles, toutefois, un ensemble de sujets différents pourrait être ajouté afin d'obtenir un programme d'études spécial. Les **principaux sujets** sont les suivants : circuits électriques, machines électriques, hydroélectricité, énergie éolienne, énergie solaire photovoltaïque, énergies renouvelables, transmission de puissance, distribution d'énergie.

En outre, des cours supplémentaires peuvent bénéficier du formateur de réseau intelligent, par exemple: ingénierie et analyse de systèmes électriques, machines électriques, systèmes de contrôle linéaire, ingénierie de distribution électrique et automatisation de réseaux intelligentes, fonctionnement et contrôle de production d'énergie, électronique de puissance, coût et Construction de l'alimentation électrique, stabilité du système d'alimentation, méthodes d'optimisation, processus stochastiques, systèmes embarqués.

Le système de réseau intelligent peut être utilisé par les étudiants ingénierie mécanique et électrique comme un projet de longue date car il comprend suffisamment d'éléments pour couvrir la plupart des sujets énumérés ci-dessus.

Les sujets particuliers des circuits électriques peuvent être étudiés à l'aide de modules de charge, permettant une compréhension complète des charges résistives, capacitatives et inductives alimentées par alimentation CA ou CC. Un équipement protégé permet l'application de grandeurs électriques domestiques et industrielles ainsi que leur instrumentation. Les effets particuliers des charges inductives et la correction des facteurs de puissance sont des problèmes qui peuvent également être résolus.

L'étude des machines électriques à courant alternatif peut également être complétée par l'expérience pratique fournie par les générateurs synchrones et inductifs utilisés pour émettre un système éolien et une centrale hydroélectrique respectivement.

Les méthodes de synchronisation, les transformateurs de puissance et d'instrumentation et les phénomènes physiques internes peuvent être mesurés et étudiés comme éléments individuels ou dans le cadre de l'ensemble du système de distribution d'énergie.

L'ensemble du système peut être testé sous de nombreuses considérations car il est configurable, de sorte que différentes expériences peuvent être basées sur les mêmes principes. Lors de l'analyse des systèmes de distribution et des schémas de défaut, l'instrumentation et l'équipement logique peuvent fournir une flexibilité suffisante pour comprendre le processus entre génération d'énergie et utilisation, ainsi que des événements anormaux et leurs problèmes de relais de protection respectifs. De cette façon, les sujets ajoutés dans les programmes d'études concernant la gestion et la répartition de l'énergie peuvent également trouver



SMART GRID



une place dans le projet intégré de réseau intelligent à long terme, qui peut également être évalué sous des problèmes d'efficacité en fonction des conditions de charge ou des états des générateurs particuliers.

De cette façon, le réseau intelligent vu comme un ensemble de modules individuels ou comme un tout, permet à l'élève de progresser vers un seul objectif, en étudiant nécessairement, chaque domaine de manière individuelle, ce qui permet une compréhension complète de la théorie de réseaux intelligents, leur application, leurs capacités, ainsi que les étapes pertinentes de leur intégration.

Le formateur *Smart Grid* permet également de comprendre des **sujets avancés** comme la production d'énergie dans les éoliennes reliées au réseau électrique principal ou isolées comme micro-réseaux, afin que les élèves puissent comprendre des problèmes réels d'ingénierie qui sont impératifs dans le progrès de l'énergie. Donc, les cours de base et avancés peuvent être combinés dans le système des éoliennes. Par exemple, les générateurs éoliens comprennent un contrôleur de pas qui augmente l'efficacité énergétique et l'énergie générée est envoyée au réseau électrique central. Par conséquent, les étudiants doivent utiliser plusieurs sujets tels que les systèmes de contrôle, le contrôle numérique, les machines électriques, etc.

Comme exemple supplémentaire, une combinaison de 3 sources d'énergie peut être étudiée lorsqu'elles fournissent de l'énergie à la charge. Si la source conventionnelle est combinée à une énergie éolienne et hydroélectrique, l'étudiant sera capable de comprendre de manière claire le processus consistant à fournir de l'énergie à la charge par des énergies alternatives. De plus, des questions environnementales peuvent être incluses dans l'exercice (empreinte carbone).

Le nombre d'exercices et de sujets peut être élargi et l'élève est en mesure de proposer de nouvelles idées sur la façon de résoudre les problèmes qui affectent la société. Par conséquent, la motivation des étudiants est augmentée.

En conclusion, les cours d'ingénierie doivent couvrir des concepts expérimentaux qui augmentent les connaissances en ingénierie des étudiants, mais il n'est pas facile de trouver des systèmes expérimentaux permettant de combiner ces concepts.

Bien que le *Smart Grid* soit un problème assez complexe qui affecte l'énergie électrique, il pourrait être utilisé pour inclure des concepts de base comme des circuits électriques. Par conséquent, ce système comprend tous les éléments pour fournir une expérience réelle dans les programmes d'ingénierie mécanique et électrique et influencer sur les sujets avancés et fondamentaux dans les programmes d'études. Le *Smart Grid* est un système parfait pour enseigner et impliquer les étudiants dans les problèmes d'ingénierie expérimentale. En outre, l'élève peut faire face à des problèmes écologiques et économiques. L'utilisation expérimentale de l'énergie solaire et éolienne fournit des informations sur la façon dont les sources alternatives d'énergie électrique peuvent être utilisées à grande échelle et à petite échelle.

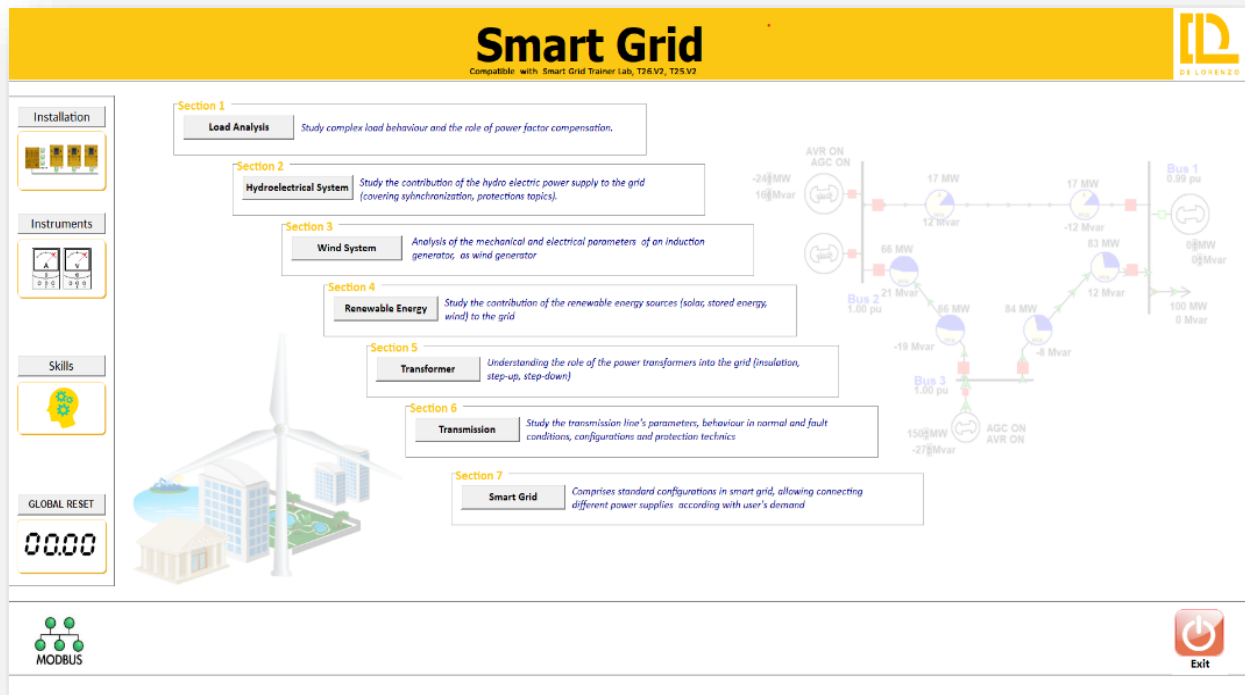
Notre proposition comprend des exercices avec le *Smart Grid* dans différents sujets. Ainsi, ce système est le conducteur pour la connexion des concepts théoriques et pratiques.



SMART GRID



LISTE DES EXPERIENCES



SECTION 1: ANALYSE DE CHARGE

- Caractéristiques des charges R-L-C.
- Mesure de l'énergie active.
- Mesure de l'énergie réactive.
- Compensation manuelle du facteur de puissance.
- Compensation automatique du facteur de puissance.

SECTION 2: SYSTEME HYDROELECTRIQUE

- Caractéristiques du générateur à vide.
- Caractéristiques du générateur en charge.
- Caractéristiques de régulation des performances.
- Synchronisation automatique avec le réseau.
- Protection contre les surintensités.
- Protection contre les surtensions et les sous-tensions.
- Protection contre les surfréquences et les sous-fréquences.

SECTION 3: SYSTEME EOLIEN

- Contrôle du pas des pales.
- Analyse des paramètres mécaniques d'un générateur asynchrone.
- Analyse des paramètres électriques d'un générateur asynchrone.



SECTION 4: MICRO-RESEAU D'ENERGIE RENOUVELABLE

- Caractérisation d'un panneau photovoltaïque à vide.
- Caractérisation d'un panneau photovoltaïque en charge.
- Raccordement d'une installation photovoltaïque au réseau électrique à l'aide d'un onduleur monophasé.
- Avec extension éolienne (***pour la version DL SGWD-W***) :
 - Mesure de la puissance de sortie d'une éolienne.
 - Raccordement d'un système éolien au réseau électrique à l'aide d'un onduleur triphasé.
 - Efficacité de l'onduleur d'une éolienne raccordée au réseau.
 - Protection contre l'îlotage de l'onduleur d'une éolienne raccordée au réseau.
 - Alimentation d'une charge CA dans un système d'onduleur d'une éolienne.

SECTION 5: TRANSFORMATEURS

- Étude des groupes vectoriels.
- Étude des performances à vide.
- Étude des performances en charge.
- Performances avec charges asymétriques.
- Étude de la régulation et des performances des transformateurs de puissance.

SECTION 6: TRANSMISSION

- Étude de performance à vide.
- Étude de performance avec charge adaptée.
- Étude de performance avec charge ohmique-inductive.
- Étude de performance avec charge ohmique-capacitive.
- Réseau radial.
- Réseau maillé.
- Étude de lignes de transport en conditions de défaut à la terre.
- Étude de lignes de transport en conditions de défaut de court-circuit triphasé.
- Étude de lignes de transport en conditions de défaut de court-circuit biphasé.
- Ligne de transport : protection contre les défauts à la terre.
- Ligne de transport : protection contre les surintensités.
- Ligne de transport : protection contre les sous-tensions.
- Ligne de transport : protection contre les surtensions.

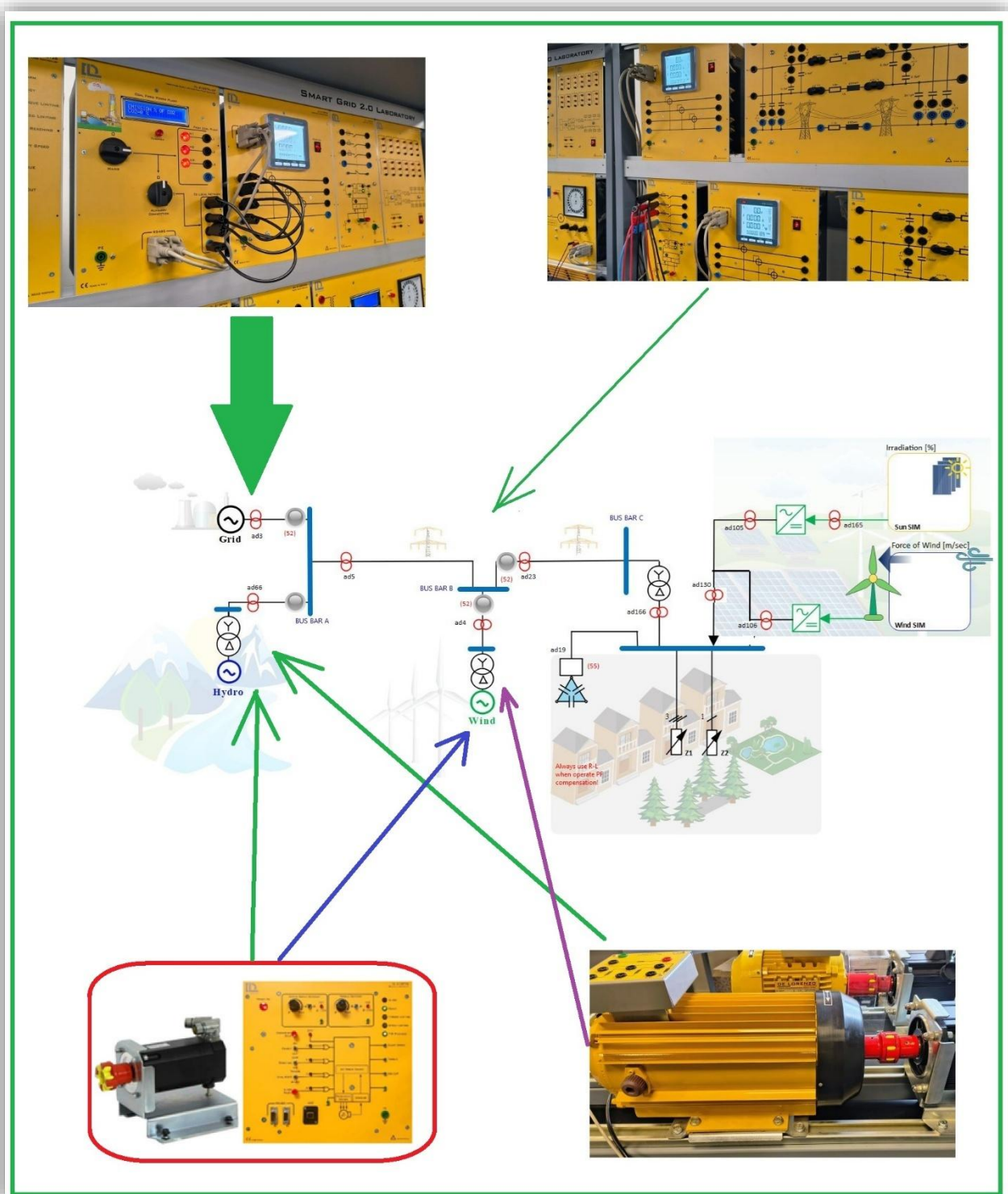
SECTION 7: SMART GRID

- Alimentation d'une charge dans un réseau électrique radial en conditions de réseau intelligent.
- Contribution de l'énergie hydroélectrique en conditions de réseau intelligent.
- Contribution des parcs éoliens en conditions de réseau intelligent.
- Apport d'énergie locale en conditions de réseau intelligent.
- Bilan de puissance.



SMART GRID

DIAGRAMME SMART GRID





MANUELS ET EXEMPLE D'EXPERIENCE

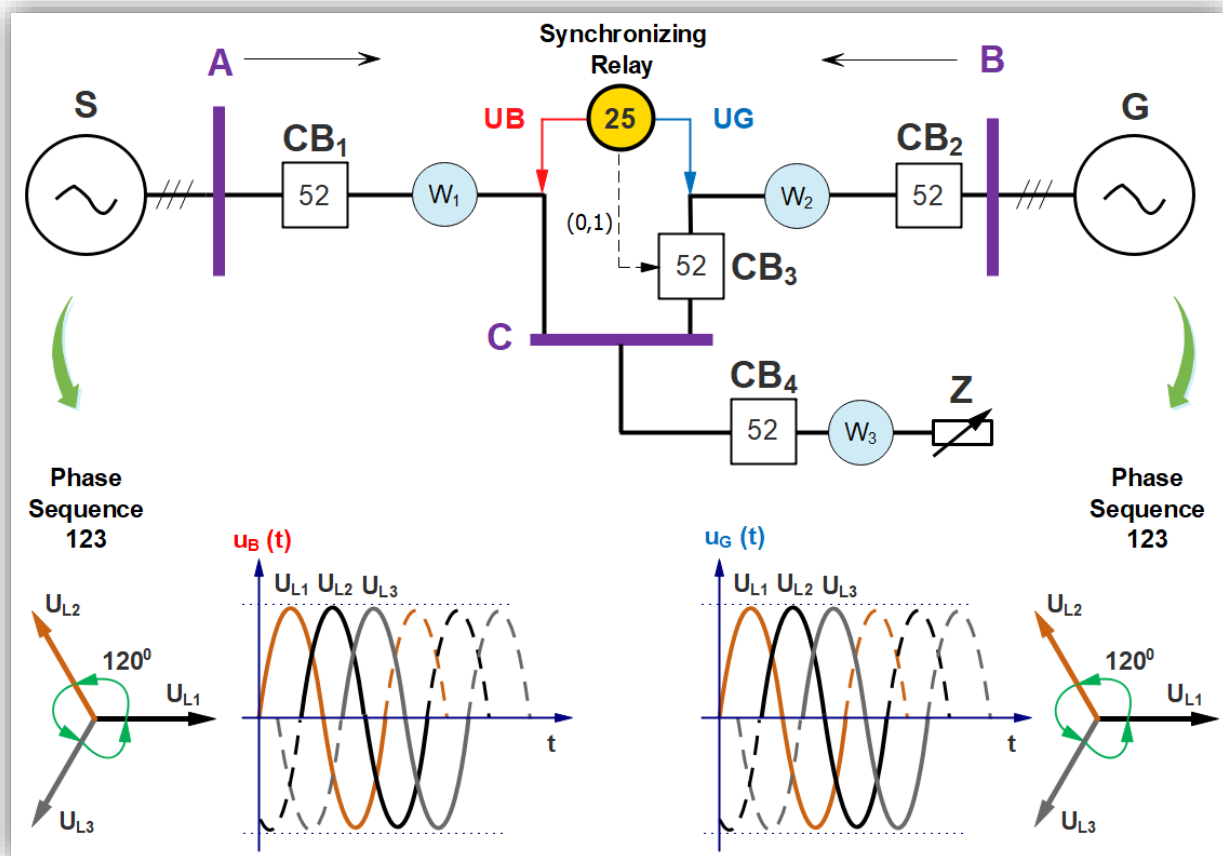
Le système comprend un manuel d'expériences complet avec une description détaillée, incluant la théorie, la procédure et les objectifs de chacune des 46 expériences.

De plus, le système est fourni avec un livre de 300 pages en anglais, « EXPERIMENTAL CONCEPTS OF SMART GRID TECHNOLOGY BASED ON DE LORENZO SMART GRID », rédigé par les professeurs Pedro Ponce et Arturo Molina de l'Institut de technologie de Monterrey (Mexique).

EXPERIENCE (extrait de la section 2)

SYNCHRONISATION AUTOMATIQUE DU GENERATEUR

Cette expérience permet de comprendre une opération fréquemment réalisée sur les réseaux électriques. Il est essentiel de synchroniser un générateur avant de le mettre en parallèle avec un autre, car cela garantit la qualité, la fiabilité et les performances optimales du système.

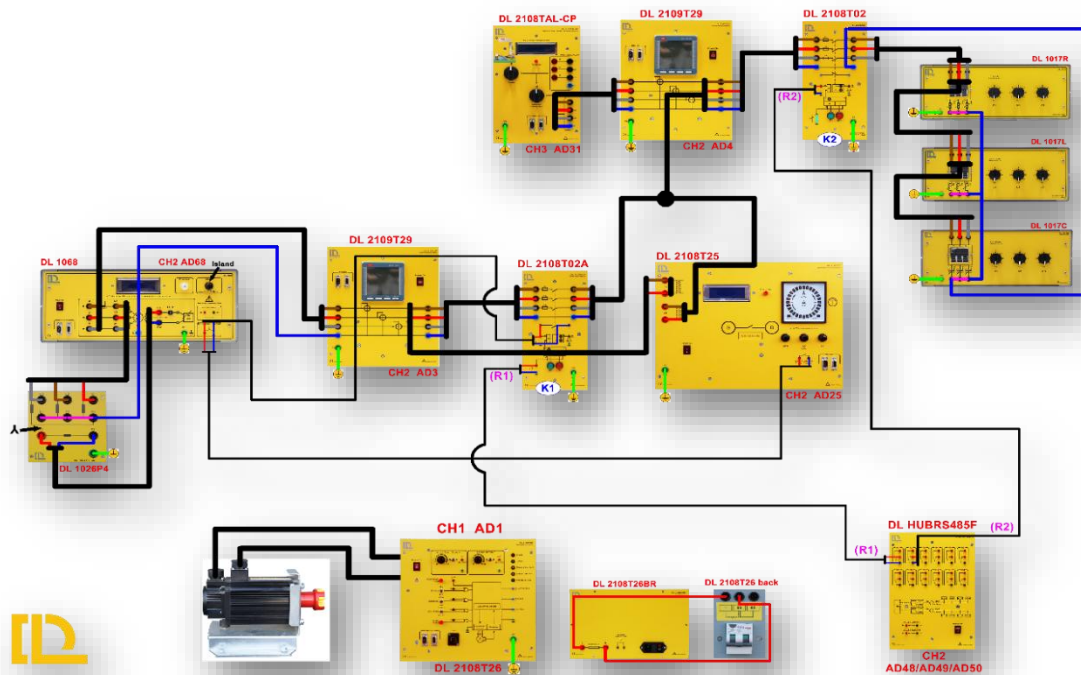




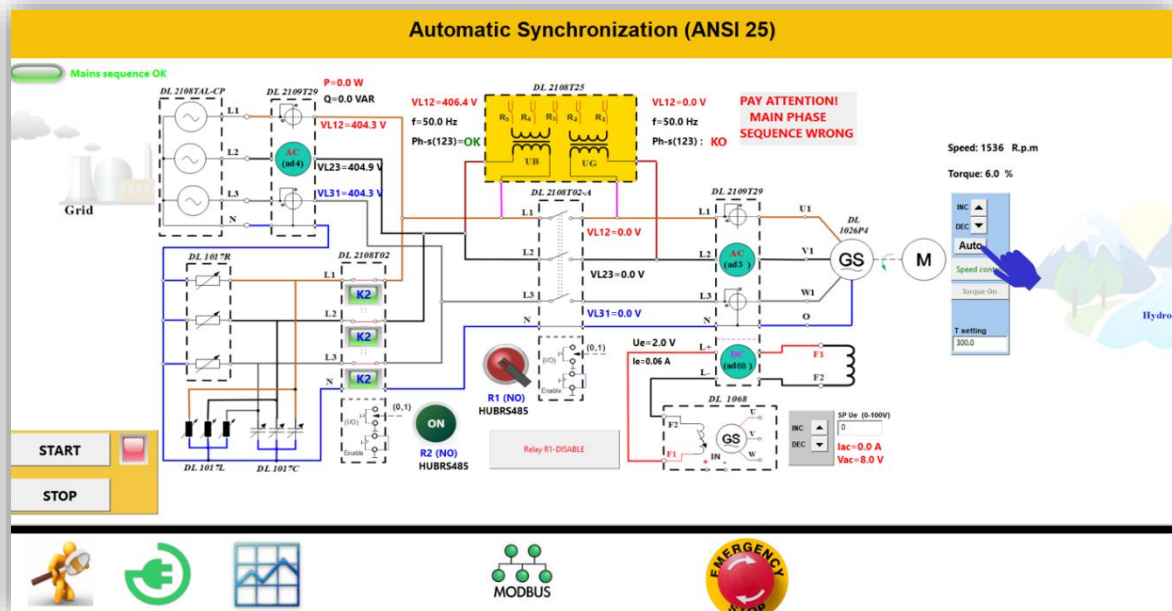
SMART GRID



1. Suivez le schéma de la figure suivante et connectez les câbles d'alimentation :



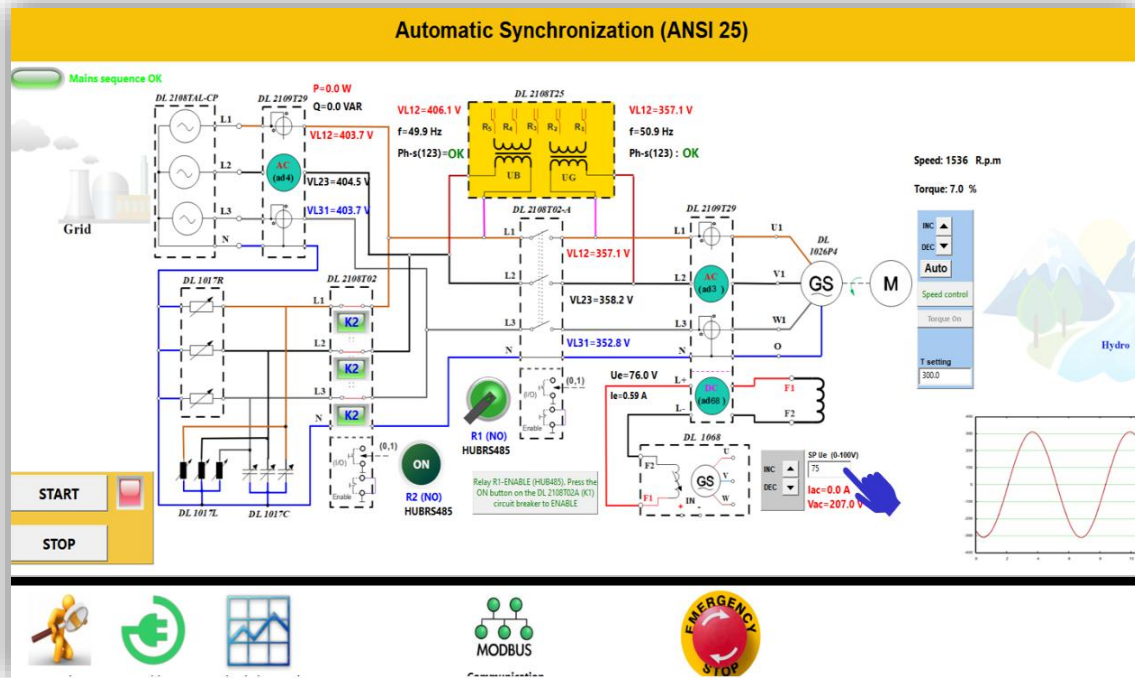
2. Contrôler le moteur sans balais (M) jusqu'à ce qu'il atteigne la vitesse nominale de l'alternateur. Cette opération peut être effectuée automatiquement en appuyant sur le bouton « Auto » du SCADA.



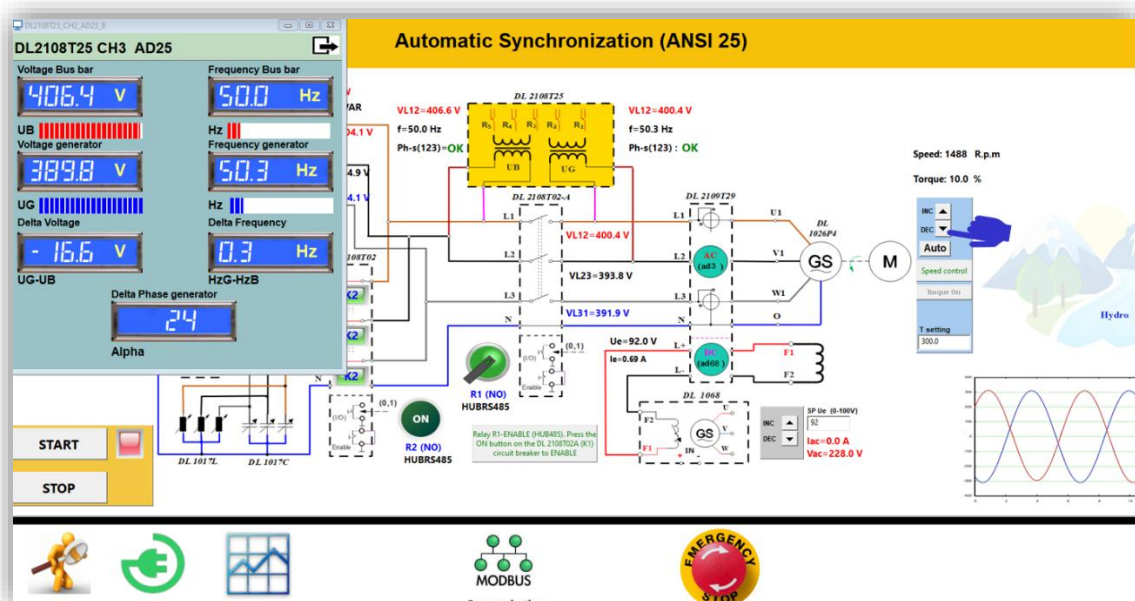
3. Augmenter la tension d'excitation en appuyant sur INC depuis SCADA, jusqu'à ce que la tension nominale aux bornes du générateur (400Vca) soit lue sur le module de mesure numérique.



SMART GRID



- Avant de procéder, il est essentiel de vérifier l'ordre des phases du générateur (vérifiez le câblage entre l'alimentation et le wattmètre). Si l'ordre des phases est incorrect, un message s'affichera sur le SCADA. (Pay attention, generator phase sequence wrong - Attention, séquence de phases du générateur incorrecte).
- Augmentez/diminuez lentement la vitesse du générateur en appuyant sur INC/DEC jusqu'à ce que la fréquence du générateur soit aussi proche que possible de la fréquence du secteur.

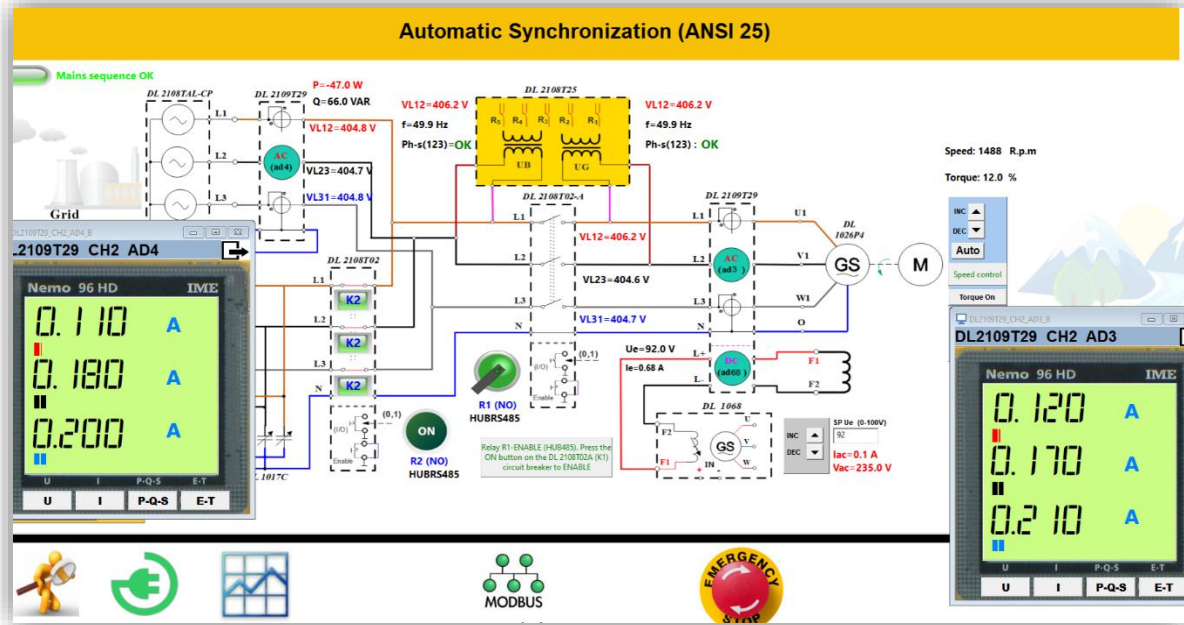




SMART GRID



6. Une fois les trois conditions de synchronisation (séquence de phases, fréquence et amplitude de tension) remplies, le relais FERME le disjoncteur et le générateur est synchronisé avec le réseau.





LA LISTE DES MODULES DE LA VERSION “DL SGWD”

Module	Description	Quantité
DL 2108T26	Moteur Brushless avec contrôleur	2
DL 1021/4	Moteur asynchrone triphasé à cage	1
DL 1013A	Base universelle	2
DL 1026P4	Machine synchrone triphasée	1
DL 1017R	Charge résistive	1
DL 1017L	Charge inductive	1
DL 1017C	Charge capacitive	1
DL 2108TAL-CP	Module d'alimentation triphasée	1
DL 1067S	Alimentateur motorisé	1
DL 7901TT	Modèle de ligne – 360 Km	1
DL 7901TTS	Modèle de ligne – 110 Km	1
DL 10065N	Unité De Mesure Numérique De Puissance Electrique	2
DL 2109T29	Compteur D'énergie Triphasée	3
DL 2108T25	Relais De Contrôle Du Synchronisme Et De Synchronisation	1
DL 2108T23	Relais Gestionnaire D'alimentation	1
DL 2108T02	Disjoncteur De Puissance	3
DL 2108T02A	Disjoncteur De Puissance	1
DL 2108T19	Régulateur De Puissance Réactive	1
DL 2108T20	Batterie De Condensateurs Commutables	1
DL 2108T20C	Module de condensateur de correction du facteur de puissance pour machine à induction	1
DL 9031	Interrupteur Magnétothermique Différentiel	1
DL 9013G	Onduleur Grid	1
PFS-85	Module photovoltaïque	1
DL SIMSUN	Panneau à 4 lampes	1
DL WINDSIM	Simulateur de vent	1
DL HUBRS485F	Interface de communication MODBUS	1
DL SCADA3+	SOFTWARE SCADA	1
DL 1080TT	Transformateur triphasé	3
DL 1155SGWD	Kit de câbles de connexion	1
DL T12090_SK	Table de travail 120x90	3
DL T06090	Table de travail 60x90	1
DL A120-3M	Cadre à trois niveaux	3
DL SP-120-LED	Base supérieure avec bande LED, pour DL A120-3M	3
DL PCGRID	All-In-One Personal Computer	1
DL 2100TTI	Transformateur d'isolement triphasé	1
DL 1196	Support de câble	1



SMART GRID

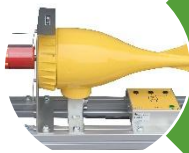
Option :

- **Raccordement au réseau éolien.**

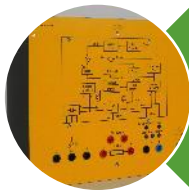
Permet d'ajouter un système éolien en parallèle à votre installation solaire photovoltaïque grâce à un onduleur réseau monophasé pour éoliennes triphasées, disponible dans la section « **ENERGIES RENOUVELABLES MICRO-RESEAU** ».

CODICE D'ORDINE

DL SGWD-W



Un micro-réseau éolienn alimenté par un servomoteur simulant l'action du vent.



Un onduleur monophasé raccordé au réseau qui alimente le réseau électrique de la turbine triphasée.



Un instrument dédié fournit les informations nécessaires à la caractérisation du système éolien.

La liste des modules à ajouter à la liste précédente pour la version “DL SGWD-W”

Module	Description	Quantité
DL T12090	Table de travail 120x90	1
DL A120-3M-LED	Cadre à trois niveaux	1
DL 9030	Compteur de puissance et d'énergie	1
DL 9032	Module distributeur de réseau	1
DL WTS-CTRL750	Module de commande pour moteur brushless 750W	1
ANEMOMETER	Module anémomètre	1
DL WTS-3	Simulateur d'éolienne	1
DL 9017	Module de lampes en CA	1
DL 9013G3D	Onduleur réseau 300W en 3ph. 12Vca avec résistance de freinage	1
DL 9027	Module de mesure pour éolienne	1
DL 9031	Interrupteur Magnétothermique Différentiel	1