

# Systemes didactiques en technologie de l'énergie électrique

Votre solution évolutive pour la formation pratique en génie électrique

**FESTO**



# L'électricité est l'élément essentiel d'un monde numérique et interconnecté.

Les enjeux mondiaux actuels, tels que les préoccupations environnementales urgentes et l'augmentation des coûts de l'énergie, nous obligent à repenser et à transformer la façon dont nous produisons, transmettons, distribuons, stockons et utilisons l'énergie afin de créer un avenir plus durable. En conséquence, la transition énergétique, l'électrification, l'électromobilité, le développement durable, l'efficacité énergétique, le stockage d'énergie par batterie et la modernisation des réseaux électriques sont d'importants défis à relever.

En raison de sa polyvalence, de sa propreté et de sa facilité de contrôle, l'électricité est utilisée pour alimenter un nombre croissant d'applications industrielles, commerciales et domestiques. La vaste discipline du génie électrique recoupe un nombre croissant de parcours professionnels, des spécialistes en électricité aux travailleurs d'autres domaines techniques, ce qui a un impact direct sur les exigences en matière de formation et de qualification.

Les enseignants en génie électrique ou en électrotechnologie sont en première ligne pour préparer une main-d'œuvre qualifiée en électricité pour relever avec succès les défis énergétiques, stimuler l'innovation et mettre en œuvre les changements requis.

**C'est une époque stimulante pour l'enseignement du génie électrique !**





## Partagez la passion, développez le talent en génie électrique

Le parcours d'apprentissage des étudiants commence généralement dans la salle de cours, mais passe rapidement à l'expérimentation pratique, un élément clé du processus d'acquisition des connaissances et de développement des compétences.

L'expérimentation peut se dérouler dans divers environnements, mais les laboratoires traditionnels dotés de systèmes physiques restent prédominants. Les innovations dans le domaine des technologies de l'information rendent possibles l'apprentissage à distance, la simulation et l'accès à distance à l'équipement.

Alors, comment optimiser la formation pratique en génie électrique ? Nos systèmes didactiques pratiques et polyvalents en technologie de l'énergie électrique sont la réponse.

## Découvrez...

Le concept . . . . .	04
Le matériel pédagogique . . . . .	06
L'équipement . . . . .	08
Les logiciels . . . . .	10
Des exemples . . . . .	12
Les services . . . . .	13
Les détails . . . . .	14

## Votre laboratoire en génie électrique, sur mesure

Les environnements stimulants sont essentiels pour soutenir l'enseignement et l'apprentissage. La polyvalence est la clé: c'est d'ailleurs ce qui fait de nos systèmes didactiques l'épine dorsale d'innombrables laboratoires dans les écoles techniques, les collèges, les universités, les centres de recherche, les entreprises industrielles et les compagnies d'électricité, ayant des exigences variées, partout à travers le monde.



### Un scénario d'apprentissage typique

Pour un sujet donné, les étudiants lisent la théorie fournie dans le matériel pédagogique et se familiarisent avec les expériences pratiques qu'ils vont réaliser. Pendant la session de laboratoire, ils travaillent avec l'équipement pour construire le système électrique requis. Les outils logiciels permettent de contrôler l'équipement, de manipuler les paramètres, de collecter et d'analyser les données. Les étudiants qui n'ont pas accès aux installations physiques ou qui veulent simplement se préparer à une session de laboratoire peuvent utiliser le simulateur. Les étudiants répondent aux questions et font des tests de révision. De leur côté, les enseignants disposent de corrigés pour évaluer le travail des étudiants.

- **Matériel pédagogique**  
Votre sélection de cours et d'exercices
- **Équipement**  
Votre sélection de stations de travail et modules
- **Logiciels**  
Votre sélection d'outils logiciels
- **Votre solution d'apprentissage personnalisée**

### Une modularité maximale pour une grande flexibilité

La modularité est le principe qui guide la conception pour assurer une flexibilité maximale: depuis les modules jusqu'aux fonctions de micrologiciel, en passant par les cours et exercices clés en main.

- + Répondez à des exigences et objectifs spécifiques
- + Faites évoluer vos installations dans le temps
- + Utilisez le même équipement pour dispenser plusieurs cours
- + Optimisez l'espace au sol
- + Bénéficiez d'une liberté totale dans la configuration des systèmes d'apprentissage et des bancs d'essai
- + Combinez avec des équipements complémentaires pour élargir les possibilités d'apprentissage et de recherche



### Une plateforme de référence

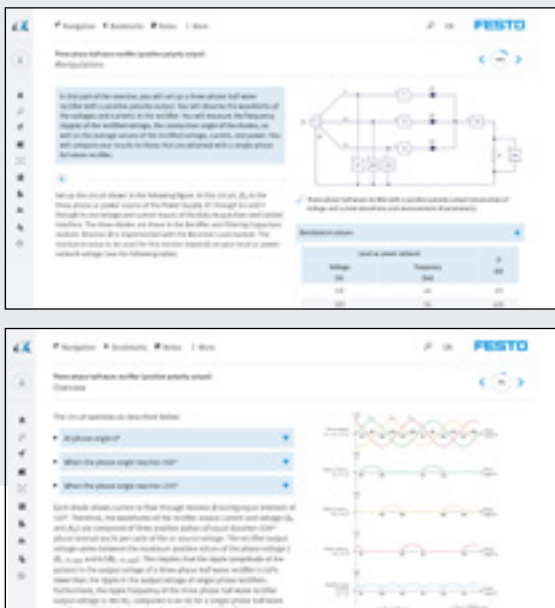
Le concept de la solution didactique en technologie de l'énergie électrique a été initialement développé dans les années 1960 par le professeur Théodore Wildi, un enseignant canadien de génie électrique passionné et doté d'un fort esprit entrepreneurial. Il voulait créer un laboratoire idéal pour ses étudiants mais ne trouvait pas d'équipement à la hauteur de ses attentes. Il a donc décidé de créer ses propres systèmes d'apprentissage. La nouvelle s'est rapidement répandue dans la communauté enseignante et il a débuté la commercialisation de ses systèmes.

„ En tant qu'ancien enseignant, je suis fier de poursuivre le travail du professeur Wildi pour que le concept demeure pleinement pertinent pour la prochaine génération d'étudiants.“

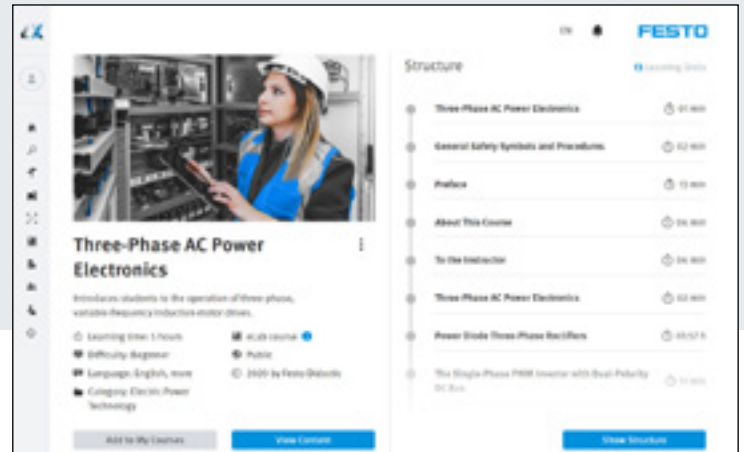
Mathieu Plourde, ingénieur et gestionnaire de produit des solutions d'apprentissage en technologie de l'énergie électrique, Festo Didactic

# La priorité au contenu pédagogique

La valeur des équipements pédagogiques est optimisée avec des activités d'apprentissage de qualité. Il faut du temps pour élaborer des plans de cours, du matériel pédagogique et des expériences de laboratoire. Or, le rythme rapide des développements technologiques exige des mises à jour et des améliorations tout aussi rapides du contenu pédagogique.



Nos cours sont disponibles sous forme de cours eLab sur Festo LX, le portail en ligne de Festo, ou au format PDF ou imprimé. Illustrations : écrans du cours eLab « Électronique de puissance en courant alternatif triphasé »



## Le programme : faits saillants

Présentement 44 cours  
> 150 expériences  
> 300 heures d'expérimentation pratique  
Catégories:

- Bases de l'énergie électrique
- Machines tournantes
- Réseau intelligent
- Électronique de puissance
- Commandes industrielles
- Énergies renouvelables

De nouveaux cours sont ajoutés régulièrement pour suivre les développements technologiques.

## Un programme de cours complet et clé en main

Une riche collection de cours développe de manière systématique les connaissances et les compétences des étudiants en technologie de l'énergie électrique. Les cours sont organisés dans un ordre de complexité croissante, en commençant par les notions fondamentales avant de passer à des sujets plus avancés.

La modularité du matériel pédagogique offre aux enseignants une flexibilité totale quant à son intégration dans leurs plans de cours. Par exemple, ils peuvent choisir des parcours d'apprentissage complets, sélectionner des sujets spécifiques pour bonifier des cours existants, ou même personnaliser entièrement le contenu pour l'adapter à leurs propres programmes spécifiques.

► Voyez la liste des cours disponibles à la page 14.



### Activités d'apprentissage testées et éprouvées

Chaque cours couvre un sujet spécifique et comporte des objectifs d'apprentissage et une liste du matériel requis. Le matériel pédagogique illustré communique la théorie de manière directe et accompagne les étudiants pas à pas dans leurs expériences pratiques pour qu'ils soient autonomes lors des sessions de laboratoire.

Nos spécialistes pédagogiques et techniques suivent un processus rigoureux, impliquant souvent des enseignants expérimentés dans les premières étapes de l'élaboration des cours afin de garantir une pertinence pédagogique maximale.

Le processus pour créer un nouveau cours pour un nouveau sujet :

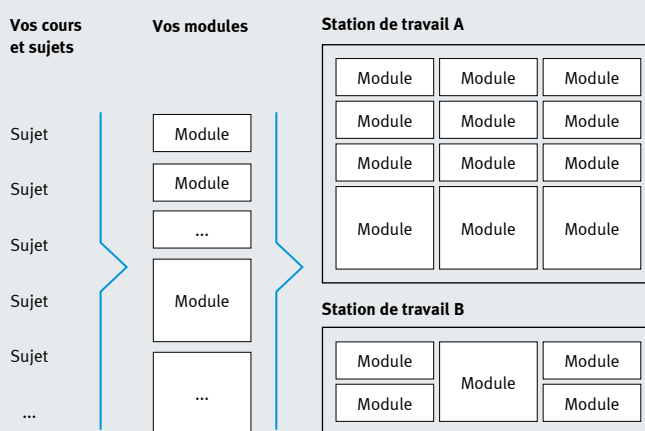
- Détermination des objectifs d'apprentissage et des compétences ciblées
- Élaboration d'une structure de cours optimale
- Rédaction de la théorie et des exercices pratiques correspondants
- Définition de la solution d'apprentissage
- Sélection et conception de l'équipement
- Ajustement du contenu du cours

# Une myriade de combinaisons pour émuler les systèmes électriques

Insérez une multitude de modules (moteurs, charges, filtres, batteries, alimentations, onduleurs, transformateurs, contrôleurs, etc.) dans des stations de travail pratiques pour reproduire un large éventail de topologies de systèmes, des applications simples aux plus complexes. Connectez les modules pour créer des circuits électriques et commencez à expérimenter !

## Une liberté de création totale

Pour équiper votre laboratoire, vous pouvez sélectionner les modules un par un ou opter pour un système préétabli, mais entièrement personnalisable. Par exemple, le système didactique en électronique de puissance peut être étendu à l'étude de la production d'hydroélectricité et des systèmes de transmission à haute tension en courant continu en achetant quelques modules supplémentaires. Tous les modules peuvent être utilisés dans diverses configurations ; cette polyvalence modulaire évite la duplication des équipements.



## Conçu pour l'éducation

Le matériel solide en acier émaillé est conçu pour résister à des années d'utilisation en laboratoire. La construction à cadre ouvert permet d'observer les composants et facilite les réparations. Les symboles électriques sérigraphiés permettent une identification claire des composants. Les points de test sont accessibles dans tous les systèmes et les moteurs sont surdimensionnés pour une plus grande valeur pédagogique.

## Sécuritaire

Les parties sous tension des câbles sont couvertes et isolées pour éviter les chocs électriques, tandis que les stations de travail verrouillables intègrent un système de rails de mise à la terre pour une sécurité totale. Les procédures de sécurité détaillées dans les livres d'exercices inculquent des pratiques de travail sûres.

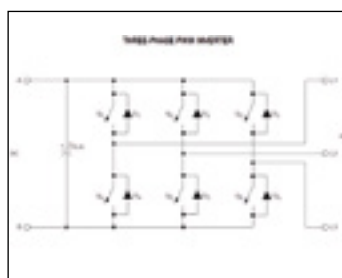
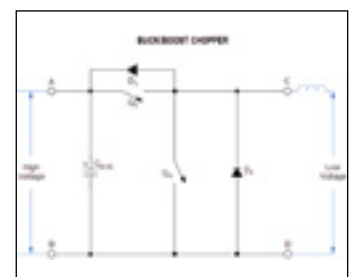
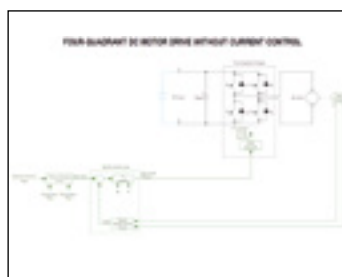
## Qualité supérieure

Nous produisons et testons tous les équipements dans notre propre usine certifiée ISO selon des normes de qualité strictes. La plupart des modules sont équipés de protections contre les surintensités, les surchauffes et/ou les surtensions.

- + Maintien de la précision et exactitude à travers le temps
- + Réparabilité de l'équipement
- + Augmentation de la durée de vie utile
- + Temps d'arrêt du laboratoire réduit au minimum
- + Empreinte environnementale réduite
- + Retour sur investissement plus élevé

► [Configurations populaires et modules décrits à la page 15](#)





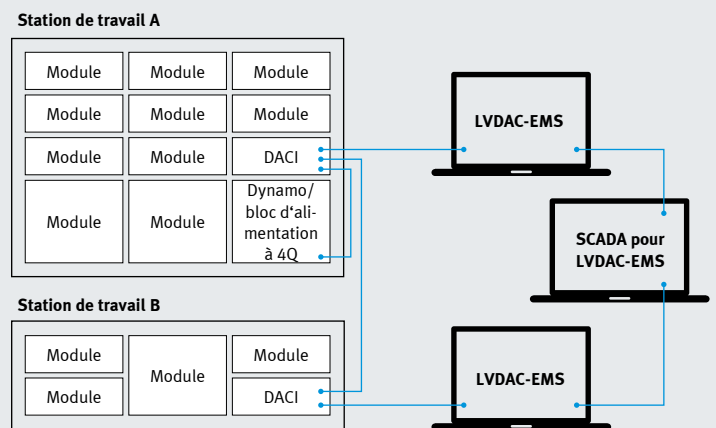
Le système didactique en électronique de puissance reproduit des systèmes électriques pertinents pour explorer des sujets tels que les onduleurs PWM, les hacheurs buck-boost et les commandes de moteur cc à quatre quadrants.

## Une flexibilité accrue grâce à la technologie

La numérisation transforme les laboratoires de génie électrique. Les nouvelles technologies offrent des moyens d'accroître l'efficacité des séances pratiques, de faciliter la collecte et l'analyse des données, de réduire le besoin d'accessoires, de rendre le matériel plus flexible et de permettre la formation à distance.

### Matériel intelligent et connectable en réseau

Deux modules informatisés, l'interface d'acquisition et de contrôle des données (DACI) et le dynamomètre/ bloc d'alimentation à quatre quadrants, constituent la pierre angulaire d'un laboratoire numérique d'électrotechnique basé sur nos systèmes de formation à la technologie de l'énergie électrique. Ces deux modules sont des alliés incomparables pour l'enseignement et la réalisation d'expériences en électromécanique, électronique de puissance, énergies renouvelables et gestion de l'énergie.



### Instrumentation, acquisition de données et commande

L'instrumentation informatisée réduit le besoin d'instruments de mesure physiques et accélère le traitement des données. LVDAC-EMS, notre logiciel gratuit et polyvalent, assiste les étudiants pendant les expériences: il donne accès aux fonctions de contrôle informatisées du DACI et du dynamomètre à quatre quadrants et offre un ensemble d'instruments virtuels pour mesurer, observer, analyser et contrôler les paramètres électriques et mécaniques.

### Architecture de système SCADA

Le contrôle de supervision et d'acquisition de données (SCADA) a de nombreuses applications dans la technologie de l'énergie électrique. Le logiciel, SCADA pour LVDAC-EMS, utilise le protocole du serveur OPC pour permettre à plusieurs stations de travail d'être surveillées et commandées sur un réseau local à partir d'un ordinateur de supervision.

► Téléchargez gratuitement LVDAC-EMS → [labvolt.festo.com](http://labvolt.festo.com)

### Prêt pour les scénarios de laboratoire à distance

Les équipements et logiciels informatisés permettent de commander et d'exploiter à distance les systèmes didactiques physiques situés dans un laboratoire. Contactez-nous si vous souhaitez proposer un tel scénario de formation.



### Simulation pour l'apprentissage à distance ou la préparation au laboratoire

LVSIM-EMS simule les caractéristiques électriques et mécaniques des modules physiques, ce qui permet aux étudiants d'effectuer des expériences à l'aide d'un équipement virtuel et interactif qui reproduit avec précision les systèmes didactiques physiques. Les étudiants peuvent monter une station de travail, connecter les modules pour créer des circuits, réaliser des expériences, contrôler l'équipement et enregistrer des mesures avec les outils intégrés de LVDAC-EMS.

- ▶ [Essayez la version en ligne](https://lvsim.labvolt.com) → [lvsim.labvolt.com](https://lvsim.labvolt.com)
- ▶ [Voyez des vidéos d'introduction](https://bitly.com/LVSIM-EMS-videos) → [bitly.com/LVSIM-EMS-videos](https://bitly.com/LVSIM-EMS-videos)



## Laissez-vous inspirer !

### Exploration des bases du génie électrique

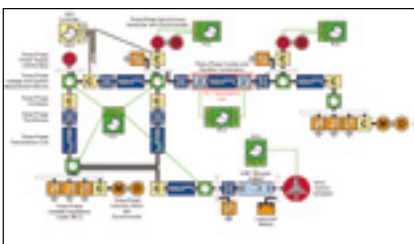
Conçue pour la polyvalence et l'expansion future, la salle présentée ici permet l'étude des fondamentaux, tels que les systèmes électromécaniques, les commandes industrielles et les machines électriques, tout en offrant une vue d'ensemble des sujets liés à la modernisation des réseaux électriques : l'électronique de puissance, la transmission d'énergie par réseau intelligent et la production d'énergie domestique.



### Prototypage en temps réel et scénarios Hardware-in-the-Loop (HIL)

Notre partenariat stratégique avec Opal-RT a permis de développer le « Real-Time HIL/RCP Laboratory », une intégration transparente de matériel et de logiciel conçue pour mener des expériences dans le domaine des machines électriques, des convertisseurs de puissance et de la production d'énergie éolienne.

→ [bitly.com/ems-HIL-RCP-lab](https://bitly.com/ems-HIL-RCP-lab)



### Un système électrique intelligent compact

Le Smart Electric Power System Lab du Technical College of New Jersey, aux États-Unis, recrée un réseau électrique entièrement fonctionnel avec ses divers composants et technologies, permettant aux étudiants de manipuler les paramètres et la topologie d'un système électrique physique. Les trois stations de travail personnalisées sont le fruit d'une étroite collaboration avec le Dr Anthony Deese et notre équipe d'ingénieurs.

→ [bitly.com/ems-SEPS-lab](https://bitly.com/ems-SEPS-lab)

## Pour un retour sur investissement optimal



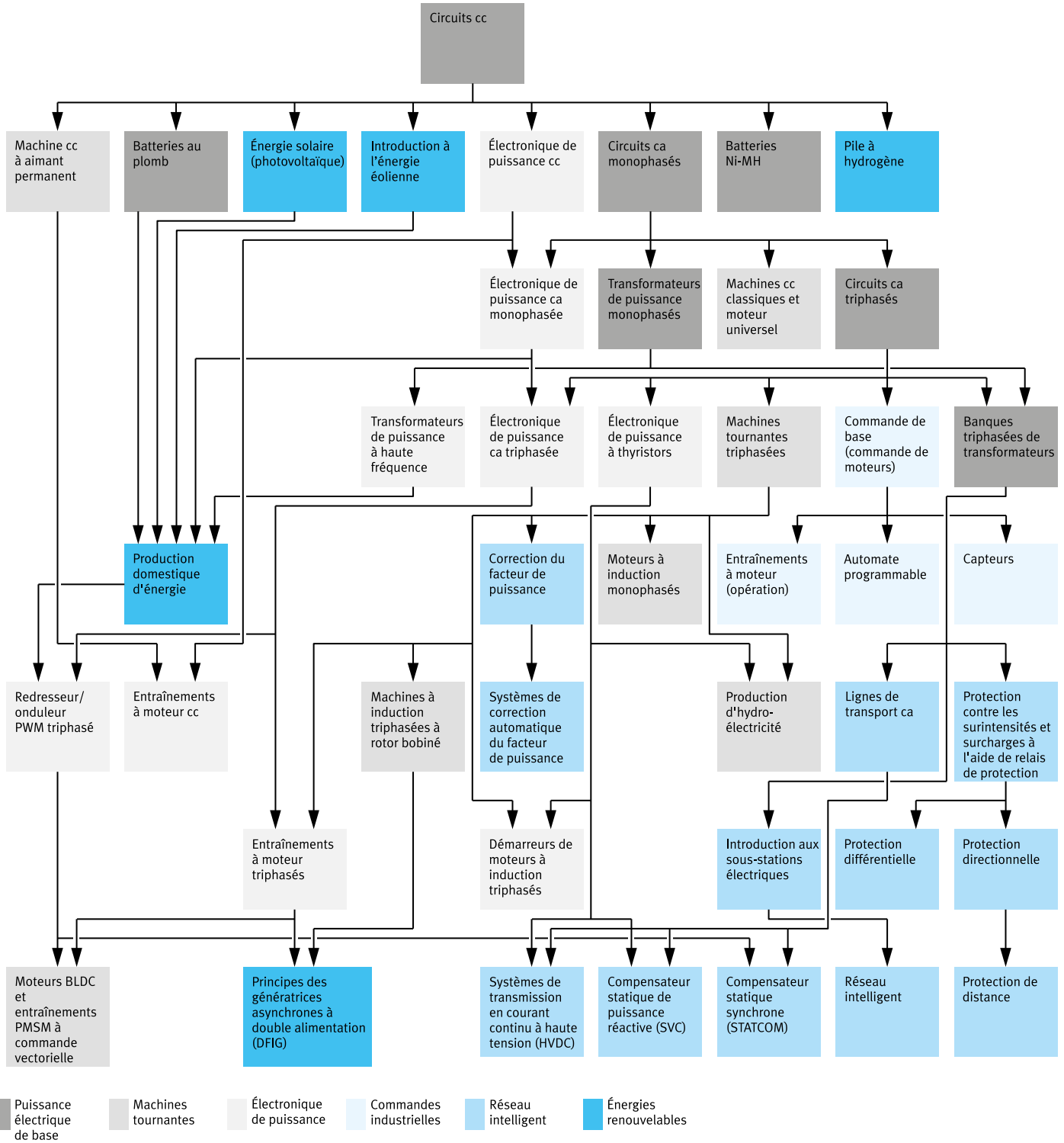
### **Tout le soutien pour faire de votre laboratoire un environnement d'apprentissage idéal**

Notre équipe de service s'efforce de maximiser la valeur de nos produits pour les enseignants et les étudiants, tout en minimisant les temps d'arrêt des équipements. Des sessions de « formation des formateurs » en ligne ou dans votre établissement familiarisent les enseignants avec l'équipement, les logiciels et le matériel pédagogique. Cette formation facilite l'introduction des systèmes de formation dans les salles de classe.

La planification des salles, ainsi que l'installation, la mise en service, la maintenance et le dépannage de vos équipements, font partie des nombreux autres services proposés par nos experts techniques. Avec le département d'ingénierie et l'atelier de production sous un même toit, le service à la clientèle résout rapidement les problèmes techniques et offre un service de réparation à l'usine. Cette synergie nous permet également de personnaliser les solutions afin de répondre à des objectifs et des projets particuliers.

**Si vous avez besoin d'aide, n'hésitez pas à nous contacter !**

# Cours du programme de formation en technologie de l'énergie électrique



► Téléchargez des échantillons de lecture → [bitly.com/EMS-course-samples](https://bitly.com/EMS-course-samples)

# Systèmes préétablis, modules et fonctions de micrologiciel

## Systèmes préétablis\*

- Circuits cc et ca (8010-1)
- Énergie solaire (8010-2)
- Production d'électricité à petite échelle à partir de l'énergie éolienne (8010-3)
- Batteries au plomb (8010-4)
- Introduction aux énergies renouvelables (8010-5)
- Électronique de puissance cc (8010-6)
- Production d'énergie domestique (8010-7)
- Pile à hydrogène (8010-8)
- Électromécanique (8010-9)
- Électronique de puissance (8010-A)
- Transport d'énergie ca (8010-B)
- Technologies de réseau intelligent (8010-C)
- Principes de DFIG (8010-D)
- Technologies de réseau électrique intelligence pour transport d'énergie (8010-E)
- Réseau intelligent (8010-F)
- Production d'électricité hydroélectrique (8010-G) **NEW**
- Moteurs BLDC et commande vectorielle d'entraînements PMSM (8010-I) **NEW**
- Sous-stations électriques (8010-K) **NEW**
- Relais de protection numériques (8010-L) **NEW**

\* Ces systèmes combinent l'équipement et le matériel pédagogique nécessaires pour couvrir des sujets spécifiques. Ils peuvent également être combinés et/ou personnalisés. Entre parenthèses: numéro de modèle dans la gamme de produits LabVolt Series.

## Modules\*\*

### Charges et filtres

- Charge inductive
- Charge capacitive
- Charge résistive
- Charge électronique
- Bobine/condensateur de filtrage
- Filtre triphasé
- Inductances de ligne
- Redresseur et condensateur de filtrage
- Feux de circulation

### Batteries, énergie renouvelable

- Batteries au plomb
- Banc d'essai de panneau solaire
- Bloc de batteries au plomb
- Batteries Ni-MH
- Pile à hydrogène
- Panneau solaire en silicium monocristallin

### Transformateurs, transport

- Ligne de transport triphasé
- Inductance/condensateur commutés par thyristor SVC
- Banque triphasée de transformateurs
- Autotransformateur de régulation
- Transformateur
- Transformateur triphasé

### Commutation, électronique de puissance

- Convertisseur cc à cc isolé
- Hacheur/ondulateur à IGBT
- Redresseur/ondulateur
- Thyristors de puissance
- Module de synchronisation/contacteur triphasé
- Module d'insertion de panne

### Moteurs et génératrices

- Moteur/génératrice cc
- Moteur cc à aimant permanent
- Démonstrateur d'éolienne
- Génératrice/régulateur d'éolienne
- Moteur à cage à 4 pôles
- Moteur universel
- Moteur à induction triphasé à rotor bobiné
- Moteur/alternateur synchrone triphasé
- Machine synchrone à aimant permanent
- Moteur à démarrage par condensateur

### Relais de protection

- Coupe-circuit et sectionneur
- Relais numérique de distance
- Relais numérique de surintensité
- Relais numérique de protection différentielle

### Blocs d'alimentation et DACI

- Interface d'alimentation ca
- Bloc d'alimentation ca de 24V
- Bloc d'alimentation triphasé
- Bloc d'alimentation/commutateur Ethernet
- Interface d'acquisition de données et de commande (DACI) (voir les fonctions de micrologiciel disponibles)
- Dynamomètre/bloc d'alimentation à quatre quadrants voir les fonctions de micrologiciel disponibles)

\*\* Les modules sont décrits sur notre site web. Des modules sont ajoutés régulièrement.

## Fonctions micrologiciel\*\*\*

### Interface d'acquisition de données et de commande (DACI):

Instrumentation informatisée, hacheur/onduleur, thyristor, production domestique d'énergie, redresseur/onduleur de PWM triphasé, moteur BLDC à aimant permanent, système de transmission haute tension cc (HVDC), compensateur statique de puissance réactive (SVC), alternateur synchrone, compensateur synchrone statique (STATCOM), synchronoscope, kit de développement logiciel (SDK)

### Dynamomètre/bloc d'alimentation à quatre quadrants:

Commande manuelle, commande informatisée, émulateur de turbine, chargeur de batteries au plomb, chargeur de batterie Ni-MH, émulateur de panneau solaire, kit de développement logiciel (SDK)

\*\*\* Les fonctions de micrologiciel peuvent être achetées individuellement ou par ensembles.

# Trois étapes faciles pour concrétiser votre projet



Que vous envisagiez d'équiper un nouveau laboratoire, ou de bonifier ou mettre à jour des installations existantes, nous vous guiderons vers la création d'une solution parfaitement adaptée afin que vous obteniez un retour sur investissement maximal.

## Étape 1

### Rassemblez les spécifications du projet.

Quels sujets voulez-vous enseigner ? Quelles compétences voulez-vous développer ? Qui sont vos étudiants ? Rédigez toutes vos exigences (contraintes d'espace, échéancier, budget, options à distance/virtuelles, etc.) Dressez la liste de votre équipement de laboratoire existant. Indiquez vos besoins actuels, ainsi que ceux que vous pouvez raisonnablement prévoir.

## Étape 2

### Consultez notre site web.

Regardez l'organigramme des cours et identifiez les sujets qui vous intéressent, puis téléchargez des échantillons de lecture pour voir la couverture détaillée des sujets. Explorez les configurations système les plus courantes : c'est un bon point de départ pour la personnalisation.

## Étape 3

### Sollicitez des idées et des conseils.

Au fil des ans, nous avons participé à des milliers de projets éducatifs de toutes envergures dans le monde entier. Notre expérience peut alimenter la réussite de vos projets. Nous vous guiderons dans la sélection du matériel, des logiciels et des supports pédagogiques afin de créer une offre personnalisée.

### Vous souhaitez débiter ?

Visitez d'abord [labvolt.festo.com](http://labvolt.festo.com)

#### Festo Didactic Ltée

675, rue du Carbone  
Québec (QC) G1K 8W1  
Canada  
Tél.: +1 418 849-1000  
[services.didactic@festo.com](mailto:services.didactic@festo.com)

#### Festo France

Unité « Didactic »  
ZA des Maisons Rouges  
8 rue du Clos Sainte-Catherine  
94360 Bry-sur-Marne  
France  
Tél.: + 33 (0)1 48 82 64 00  
[didactic\\_fr@festo.com](mailto:didactic_fr@festo.com)

#### Festo Didactic SE

Rechbergstrasse 3  
73770 Denkendorf  
Allemagne  
Tél.: +49 711 3467-0  
[did@festo.com](mailto:did@festo.com)