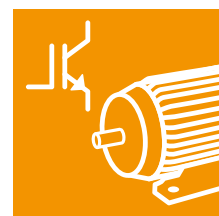


# Systemes d'apprentissage pour la technique d'entraînement et l'électronique de puissance

Acquérir des compétences orientées vers  
la pratique et vers des projets concrets



# Contenu

## Formation de qualité

Systèmes d'apprentissage pour la technique d'entraînement ..... 4

## Différents systèmes pour différentes exigences

Notre objectif : répondre à toutes les exigences ..... 6

Système à plaques ..... 8

Système d'exercices de montage ..... 9

## Présentation interactive de contenus didactiques complexes

Médias didactiques orientés projets - pour tous les systèmes d'apprentissage ..... 10

Vue d'ensemble ..... 12

## Plus qu'un système d'apprentissage

Une solution complète : laboratoire pour machines électriques, électronique de puissance, entraînements modernes ..... 14

Un programme d'entraînement - deux classes de puissance ..... 16

Le banc d'essai de machines ..... 18

Support parfait - Commande et enregistrement des mesures sur le PC ..... 20

Multimètre analogique ou numérique ..... 22



# Contenu

## Machines électriques

Base de la technique d'entraînement .....	26
Machines à courant continu (UniTrain-I) .....	28
Machines asynchrones (UniTrain-I) .....	29
Machines synchrones à bagues collectrices (UniTrain-I) .....	30
Moteur pas à pas (UniTrain-I) .....	31
Moteur BLDC / Servo (UniTrain-I) .....	32
Moteur linéaire (UniTrain-I) .....	33
Transformateur triphasé (UniTrain-I) .....	34
Compatibilité électromagnétique (CEM) (UniTrain-I) .....	35
Bobinage de transformateurs .....	36
Bobinage de machines électriques .....	37
Machines à courant continu .....	38
Machines à courant alternatif .....	39
Machines asynchrones .....	43
Machines synchrones .....	51
Jeu de machines triphasées démontable .....	53
Transformateur d'apprentissage .....	55

## Électronique de puissance et entraînements didactiques

Commande sans perte de machines électriques .....	58
Convertisseurs statiques à commutation naturelle (UniTrain-I) .....	60
Convertisseurs statiques à commutation forcée (UniTrain-I) .....	61
Entraînements avec convertisseurs de fréquence (UniTrain-I) .....	62
Correction active facteur de puissance PFC (UniTrain-I) .....	63
Convertisseurs statiques à commutation naturelle .....	64
Entraînements par convertisseur statique avec moteurs à courant continu .....	65
Entraînements par convertisseur statique avec moteurs universels .....	66
Commande de la vitesse de rotation d'un moteur asynchrone triphasé .....	67
Convertisseurs statiques à commutation forcée .....	68
Entraînements à courant continu avec modulation de largeur d'impulsions .....	69
Convertisseurs de fréquence avec moteur asynchrone triphasé .....	70
Machine synchrone à commutation électronique .....	71

## Entraînements industriels

Paramétrage de composants industriels .....	74
Démarrage en douceur avec des machines triphasées .....	76
Commandes avec convertisseur de fréquence .....	77
Projet sur le câblage industriel d'entraînements à convertisseurs de fréquence .....	78
Commande de systèmes d'entraînement électriques .....	79
Positionnement avec entraînements asservis synchrones .....	80
Relais de gestion de moteur .....	81

# Formation de qualité

## Systèmes d'apprentissage pour la technique d'entraînement

### Le progrès technique ...

Avec l'automatisation accrue dans l'industrie, la technique d'entraînement y occupe une place sans cesse croissante. Elle est étroitement liée à d'autres domaines, comme l'automatisation de processus, la technique de régulation ou l'informatique. Par la progression prodigieuse des développements, la technique d'entraînement est devenue l'un des secteurs de l'électrotechnique les plus innovants.



### ... exerce une grande influence sur la formation

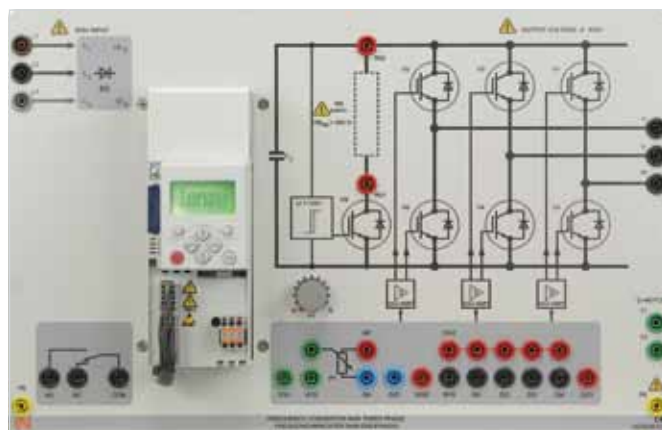
Les nouvelles techniques d'entraînement industrielles exigent de nouveaux systèmes didactiques.

Les nouveautés, telles l'emploi accru d'entraînements à convertisseurs de fréquence et de servocommandes, ainsi que leur intégration dans l'automatisation de processus, ne constituent que quelques exemples de secteurs professionnels en pleine évolution. Compte tenu de ces exigences auxquelles sont confrontés les spécialistes de l'entraînement, il est indispensable aujourd'hui de proposer des systèmes d'entraînement modernes orientés vers la pratique, permettant de transmettre à l'apprenant l'état actuel de la technique et la compétence requise à son maniement.



## Un partenariat fort avec l'industrie

garantit une grande proximité avec la pratique quotidienne. Lucas-Nülle a trouvé ce partenaire en se tournant vers un grand spécialiste de la technique d'entraînement : Lenze AG. Des produits Lenze ultramodernes issus de la technique d'entraînement sont traités par Lucas-Nülle de manière didactique et parfaitement adaptée aux besoins des écoles et des formateurs. Des unités de commande les plus simples aux servo-convertisseurs avec interface de bus de terrain pour une intégration dans l'automatisation de processus, en passant par les convertisseurs de fréquence - tous les niveaux de performance sont couverts. Modulables et adaptables, les systèmes didactiques et d'apprentissage constituent la pierre angulaire innovante et sûre d'une formation pertinente et solide dans le domaine de la technique d'entraînement.



Source : Lenze AG

# Différents systèmes pour différentes exigences

Notre objectif : répondre à toutes les exigences

## Laboratoire multimédia UniTrain-I aux 100 cours

Le système d'expérimentation et d'apprentissage multimédia UniTrain-I propose des expériences à travers un didacticiel clairement structuré, alliant des textes, des graphiques, des animations et des tests de connaissances.

Outre le didacticiel, chaque cours comprend une carte d'essai qui permet la réalisation des exercices pratiques. Les cours sur les thèmes des « Machines électriques », de l'« Électronique de puissance » et les « Entraînements » transmettent les connaissances et les compétences nécessaires à la compréhension, la connexion, la commande et l'exploitation d'entraînements modernes. Les animations et les nombreuses expériences proposées sur des systèmes réels dans les différents cours permettent d'élaborer les notions de base, les principes et les caractéristiques des composants des moteurs électriques, de l'électronique de puissance et des systèmes d'entraînement.



### Vos avantages

- Théorie et pratique simultanément
- Motivation accrue des apprenants par l'usage du PC et de nouveaux médias
- Résultats rapides grâce à une structure claire des cours
- Compréhension rapide par une théorie animée
- Compétence d'action par des expériences réalisées soi-même
- Feedback régulier par des questions de compréhension et des tests de connaissances
- Recherche d'erreurs guidée avec un simulateur d'erreurs intégré
- Sécurité garantie par l'emploi d'une petite tension de protection
- Choix immense de cours sur plus d'une centaine de sujets
- Modèles de solutions pour l'enseignant



#### Système UniTrain-I

- Laboratoire complet et mobile
- Cours multimédias
- Interface de mesure et de commande High-Tech
- Théorie et pratique simultanément



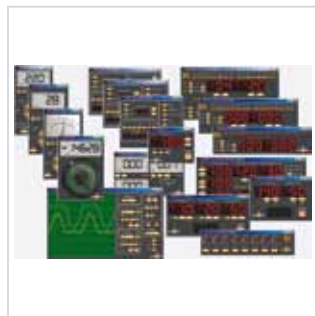
#### Interface UniTrain-I avec USB

- Oscilloscope avec 2 entrées différentielles analogiques
- Taux d'échantillonnage : 40 Msamples
- 9 calibres 100 mV - 50 V
- 22 plages de temps 1  $\mu$ s - 10 s
- 16 entrées et sorties numériques
- Générateur de fonctions jusqu'à 1 MHz
- 8 relais pour la simulation d'erreurs



#### Expérimenteur UniTrain-I

- Logement des cartes d'essai
- Tensions d'expérimentation  $\pm 15$  V, 400 mA
- Tension d'expérimentation : 5 V, 1 A
- Source variable de courant continu ou triphasé : 0 ... 20 V, 1 A
- Interface IrDa pour multimètre
- Interface série supplémentaire pour cartes



#### Instruments de mesure et alimentation intégrés

- Multimètre, ampèremètre, voltmètre
- Oscilloscope à mémoire 2 canaux
- Générateur de fonctions et d'impulsions
- Alimentation triple pour CA et CC
- Alimentation triphasée
- ... et de nombreux autres instruments



#### Logiciel d'apprentissage et d'expérimentation LabSoft

- Grand choix de cours
- Théorie complète
- Animations
- Expériences interactives avec mode d'emploi
- Navigation libre
- Documentation des mesures
- Test de connaissances

# Différents systèmes pour différentes exigences

## Systeme à plaques

Que ce soit pour l'enseignement devant les élèves ou des expériences réalisées par les élèves dans des conditions pratiques, le système à plaques permet d'appliquer les méthodes d'enseignement et d'apprentissage les plus variées. Il s'agit de plaques stratifiées qui sont recouvertes des deux côtés d'une résine de mélamine. Elles sont toutes au format DIN A4. Les plaques se placent aisément dans les cadres d'expérimentation.



Systeme à plaques

### Vos avantages

- Grande diversité par une structure modulaire
- Convient aux exercices des élèves et aux fins de démonstration
- Sécurité garantie par une double isolation (douilles et câble de sécurité)
- Grand réalisme industriel par l'intégration d'appareils industriels
- Structure claire par une impression contrastée et anti-rayure sur le panneau frontal
- Technique de mesure moderne avec intégration au PC
- Instructions d'expérimentation et manuels en couleur
- Feuilles de travail pour les élèves et modèles de solutions



## Système d'exercices de montage

### Le complément parfait à l'enseignement orienté projets

Mettant en avant les capacités manuelles, tous les exercices de montage ont une très forte connotation pratique. Les raccords électriques sont réalisés avec du matériel de câblage industriel comme rails porteurs, plaques à languette ainsi que vis et au moyen de différentes méthodes de câblage. Mis à part le matériel consommable (câbles), toutes les pièces peuvent être réutilisées.



*Système d'exercices de montage*

### Vos avantages

- Planification et réalisation de projets
- Apprentissage des techniques de connexion
- Lien étroit avec la pratique grâce à une documentation et un logiciel technique proche de la pratique industrielle
- Possibilité de combinaison avec le système à panneaux LN
- Réalisation des circuits à l'aide de composants industriels
- Documentation complète des projets

# Présentation interactive de contenus didactiques complexes

## Médias didactiques orientés projets - pour tous les systèmes d'apprentissage

### Les manuels

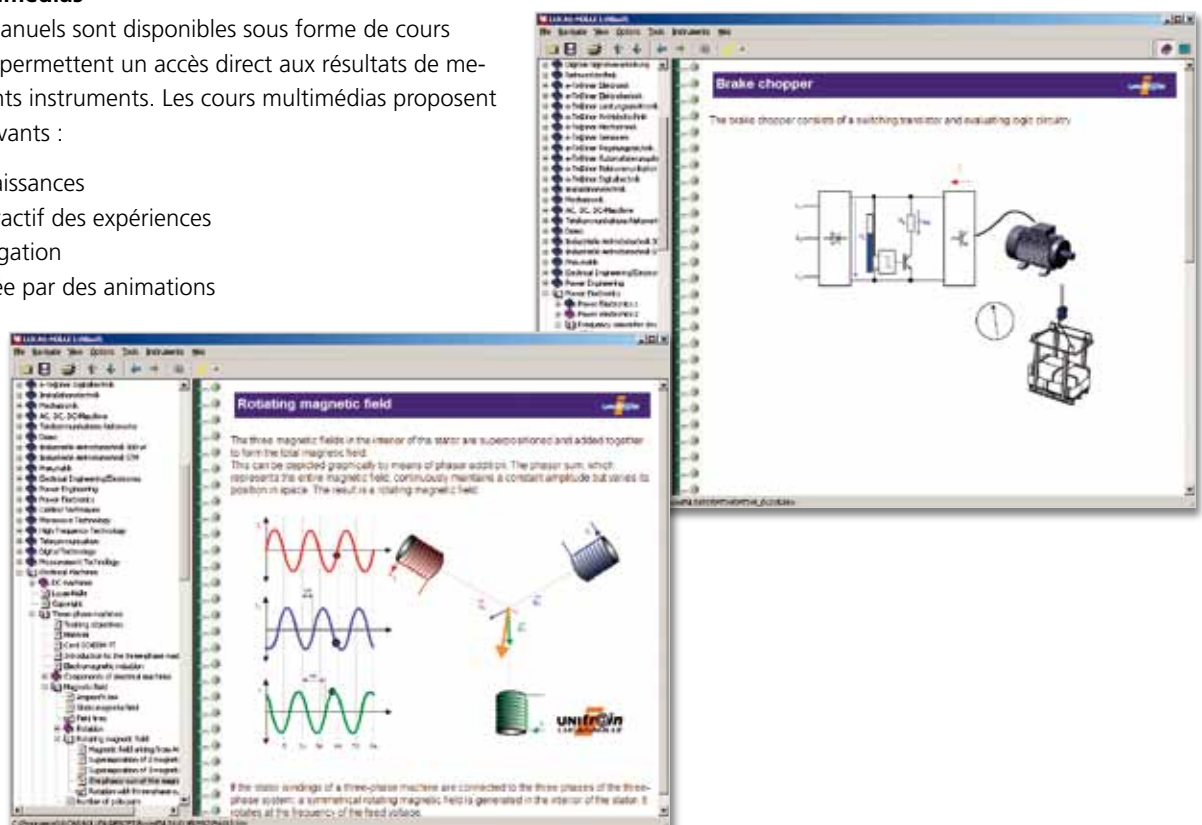
offrent non seulement une description détaillée de la mise en service de chaque système d'apprentissage, mais aussi de nombreux exercices, exemples et projets.



### Les cours multimédias

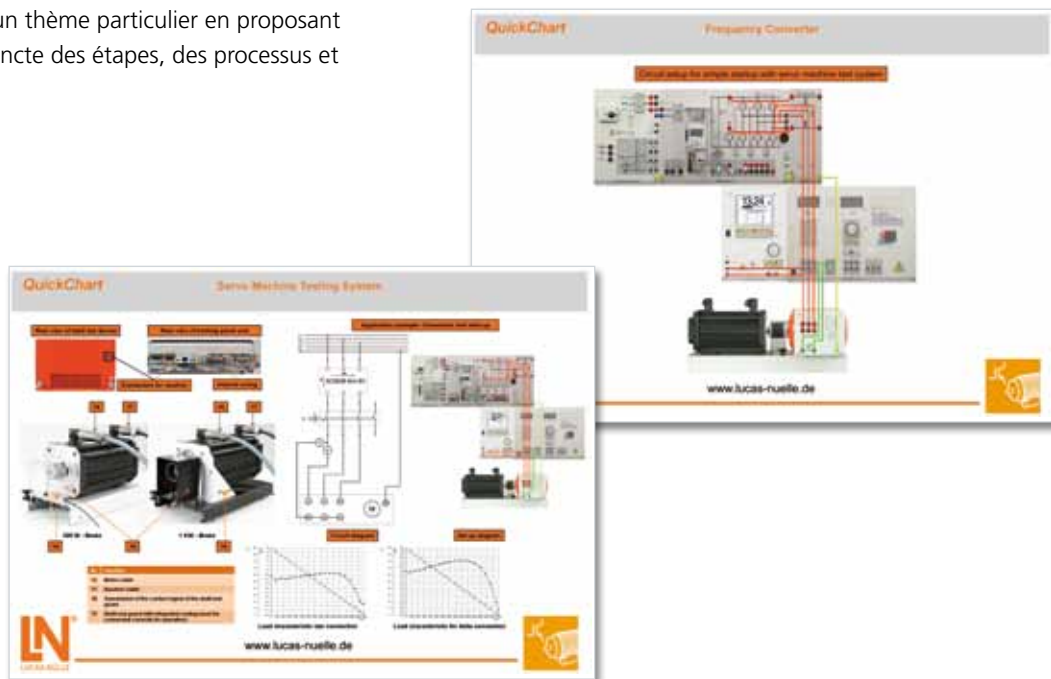
De nombreux manuels sont disponibles sous forme de cours multimédias. Ils permettent un accès direct aux résultats de mesure des différents instruments. Les cours multimédias proposent les contenus suivants :

- Tests de connaissances
- Montage interactif des expériences
- Barres de navigation
- Théorie illustrée par des animations



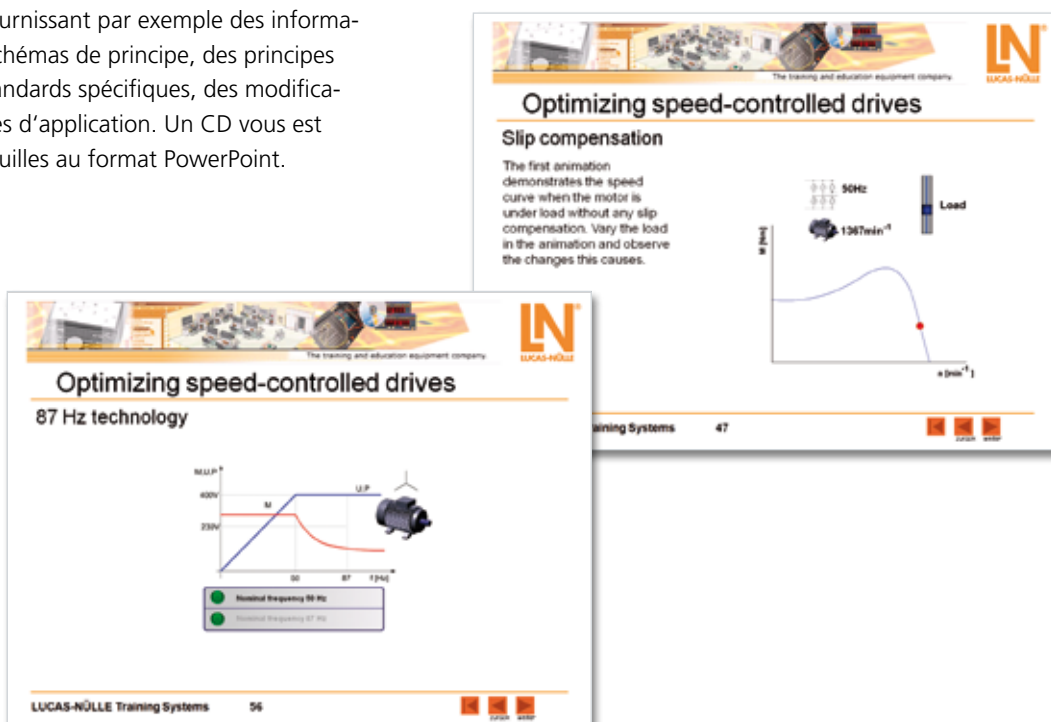
### Les QuickCharts

offrent un aperçu rapide sur un thème particulier en proposant une description brève et succincte des étapes, des processus et des liens techniques.



### Les feuilles de présentation

soutiennent votre cours en fournissant par exemple des informations complémentaires, des schémas de principe, des principes physiques, des paramètres standards spécifiques, des modifications spéciales et des exemples d'application. Un CD vous est remis, contenant un jeu de feuilles au format PowerPoint.



# Vue d'ensemble

## Entraînements industriels

- Mise en service
- Paramétrage et optimisation
- Exploitation sur des charges industrielles types
- Mise en réseau avec des commandes API
- Travaux sur des projets

## Entraînements didactiques

- Fonctionnement
- Optimisation
- Comportement en service

## Électronique de puissance

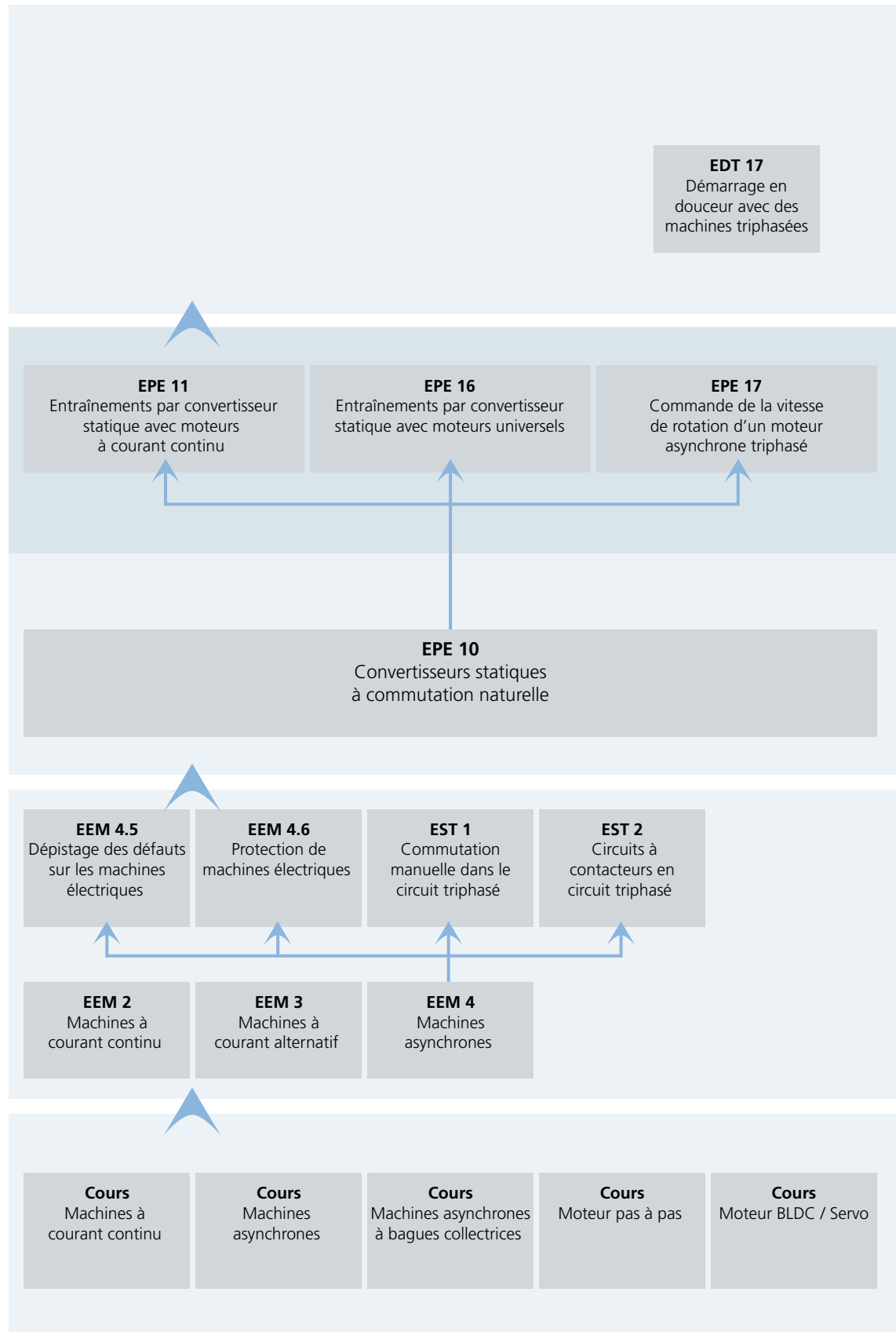
- Circuits
- Semi-conducteurs de puissance
- Fonction et liens

## Machines électriques

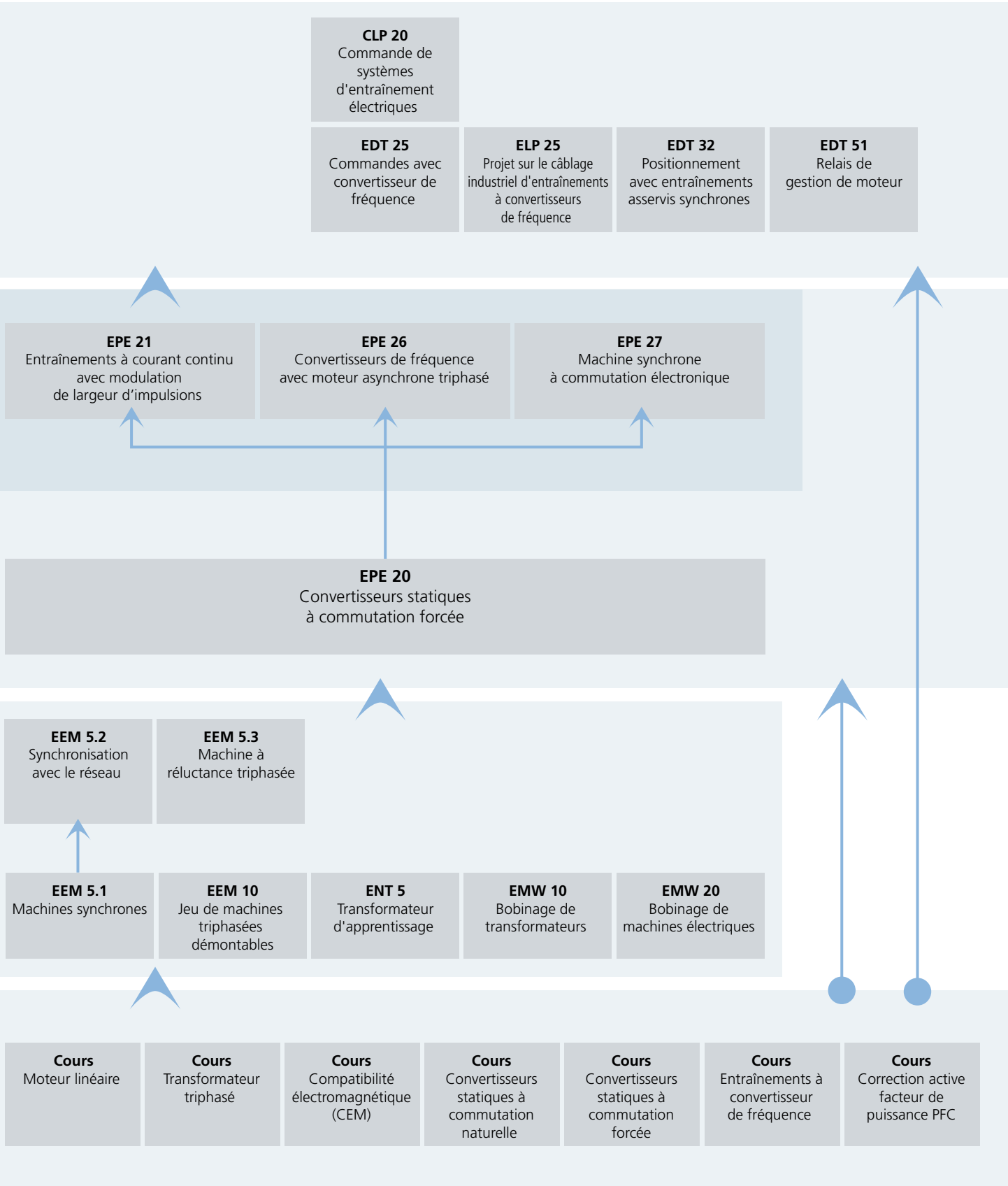
- Branchement
- Démarrage
- Caractéristiques
- Mesure du régime et du couple
- Courbes
- Travaux sur des projets

## UniTrain-I

- Apprentissage de base
- Bases
- Fonctionnement et mode opératoire







# Plus qu'un système d'apprentissage

Une solution complète : laboratoire pour machines électriques, électronique de puissance, entraînements modernes

Présentation interactive de contenus didactiques complexes avec des outils didactiques modernes

Solutions complètes et modernes pour les entraînements :  
entraînement à convertisseur de fréquence,  
servocommande, positionnement, unité de démarrage en douceur, relais de gestion de moteur



**Brancher, démarrer et contrôler des machines à courant continu, alternatif, triphasé et des machines synchrones**

**Blended Learning :**  
transmission multimédia des connaissances avec UniTrain-I

# Un programme d'entraînement - deux classes de puissance

## 300 W et 1 kW

La technique complexe d'entraînement industriel représente un défi particulier pour la formation des électroniciens et mécaniciens. La compréhension et la maîtrise de machines électriques, de leurs formes de construction, modes opératoires, techniques de connexion, caractéristiques et en particulier leur comportement face à différentes charges font partie des compétences centrales que doivent acquérir spécialistes, techniciens et ingénieurs. Pour satisfaire aux différentes exigences, Lucas-Nülle propose des entraînements dans deux classes de puissance : 300 W et 1 kW.





## Deux classes de puissance - Deux groupes d'utilisateurs

### Avantages

- Relevé des caractéristiques typiques des machines
- Le comportement correspond à celui de machines d'une puissance bien plus élevée
- 300 W - équipement standard pour technique d'entraînement et mécatronique
- 1 kW - équipement supérieur pour technique d'entraînement, mécatronique et technique de l'énergie
- Machines et appareils pour différentes tensions secteur et formes de secteur



### Commande sûre

Toutes les connexions sont assurées par des câbles et des douilles protégées aux contacts.

### Avantages

- Grande sécurité de commutation
- Identification univoque des connexions
- Identification selon les normes DIN/CEI
- Recouvrement de toutes les pièces en rotation
- Protection de la machine contre les surcharges thermiques au moyen de capteurs de température



### Manutention optimale

Toutes les machines d'une classe de puissance disposent des mêmes hauteurs d'axe et sont dotées d'un support anti-vibrations

### Avantages

- Accouplement simple et robuste de machines et de composants
- Manchettes d'accouplement élastiques et sans jeu
- Marche stable et sans dysfonctionnement



# Le banc d'essai de machines

## Complet et polyvalent – Le banc d'essai de machines à servocommande

Le banc d'essai de machines à servocommande est un système d'essai complet destiné au contrôle de machines et entraînements électriques. Il est constitué de l'unité de commande numérique, d'une servocommande et du logiciel ActiveServo. Le système associe la technique la plus récente à une commande des plus simples. Outre l'accélération et le freinage, les modèles de machines de travail permettent une émulation très réaliste. Il est possible d'étudier en laboratoire des machines, des génératrices et des entraînements dans les conditions telles qu'on les rencontre habituellement dans l'industrie. Le système propose dix modes de service / modèles de machines de travail. Un système spécialement adapté est disponible pour les deux classes de puissance.



### Unité de commande

- Accélération et freinage dans les quatre quadrants
- Mode dynamique et statique
- Interface USB
- Détermination du régime et du couple
- Amplificateur de mesures intégré à séparation galvanique pour la mesure du courant et de la tension
- Surveillance thermique de la machine à étudier
- Mise hors service de sécurité en cas de service sans protection d'arbre



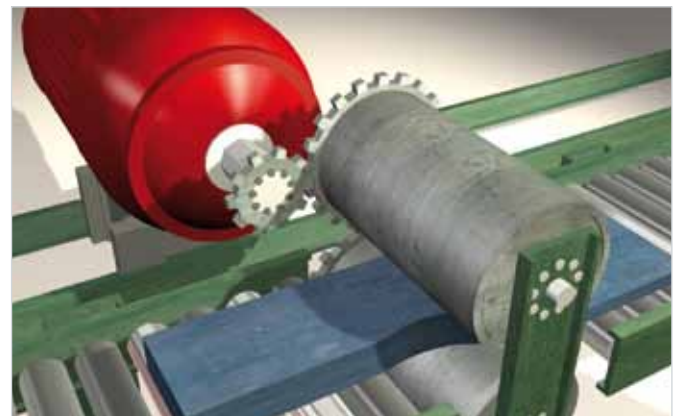
### Unité d'entraînement

- Servo-moteur à auto-refroidissement
- Saisie intégrée du régime et de la position du rotor par résolveur
- Température surveillée par des sondes intégrées
- Système sans décalage ni calibrage
- Connexion par connecteurs protégés contre les inversions de polarité
- Grande réserve de puissance pour émulation fidèle des charges



### Dix modes de service

- Régulation du couple
- Régulation du régime
- Synchronisation manuelle et automatique avec le réseau
- Masse d'inertie
- Entraînement de levage
- Rouleau / calandre
- Ventilateur
- Compresseur
- Entraînement d'enroulement
- Charge librement définissable en fonction du temps

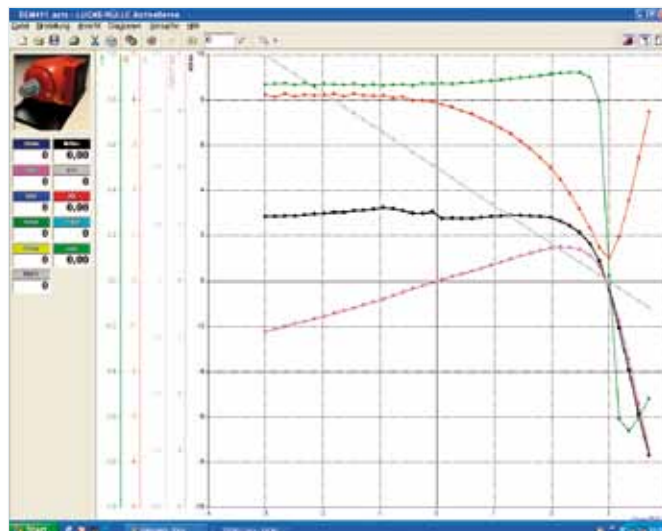


# Support parfait – Commande et enregistrement des mesures sur le PC

... grâce à ActiveServo et ActiveDrive

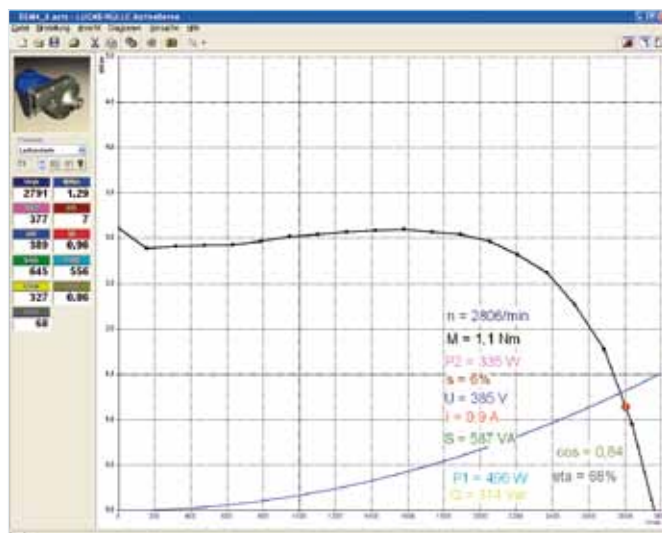
## Relevé des caractéristiques de moteur

- Mesure dans les quatre quadrants
- Enregistrement des mesures en mode à régime et couple régulés
- Mesure, calcul et représentation graphique des grandeurs mécaniques et électriques mesurées et calculées
- Fonctions de rampe librement définissables pour la réalisation assistée par PC d'essais de charge



## Détermination du point de fonctionnement avec machines de travail émulées et réglables

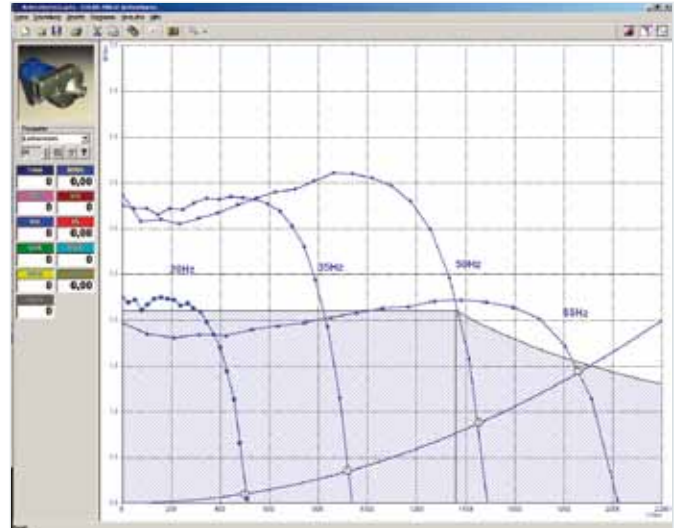
- Superposition de courbes de machines d'entraînement et de travail
- Émulation fidèle et réaliste
- Détermination de points de fonctionnement stables et instables
- Détermination de la gamme de travail et de surcharge





### Évaluation intégrée des résultats de mesure

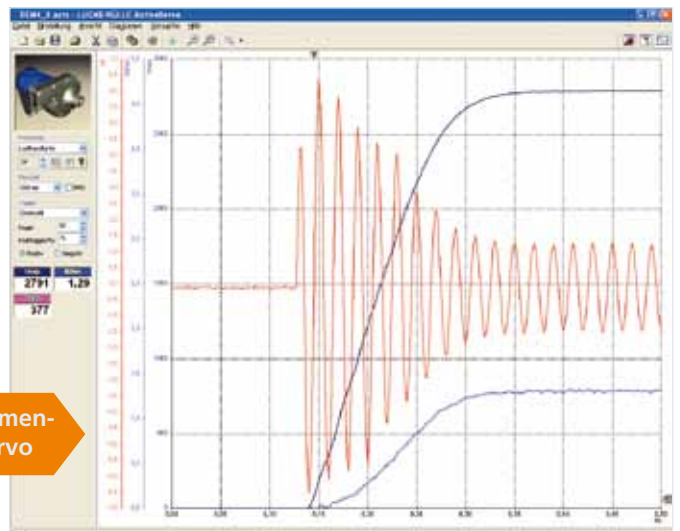
- Représentation simultanée des caractéristiques de différentes séries de mesure pour illustrer les variations (dans ce cas, modifications des paramètres sur un convertisseur de fréquence)
- Représentation de la gamme de travail admissible et des valeurs nominales dans un diagramme
- Inscription des mesures dans un diagramme
- Exportation aisée des mesures à des fins de traitement dans des tableurs



### Mesures dynamiques dans le domaine temporel avec le banc d'essai de machines à servocommande

- Détermination de courants de démarrage avec différentes charges
- Étude dynamique d'entraînements régulés
- Émulation réaliste de machines de travail même en cas de processus dynamiques
- Représentation des grandeurs électriques comme valeur momentanée ou effective

Fonction supplémentaire d'ActiveServo



# Multimètre analogique / numérique

## Quatre instruments en un

Les domaines consacrés aux machines électriques, à l'électronique de puissance et à la technique d'entraînement sollicitent de manière particulière les instruments de mesure. Outre une importante protection contre les surcharges, la saisie des valeurs de mesure doit être réalisée indépendamment de la forme de la courbe. Le multimètre analogique / numérique a été conçu spécialement pour répondre à ces besoins. Il remplace en même temps jusqu'à quatre appareils de mesure différents ; il est à la fois ampèremètre, voltmètre, wattmètre et phasemètre. L'écran de visualisation graphique permet de l'utiliser aussi bien pour les expériences réalisées par les élèves que pour les démonstrations.



## Équipement

- Mesure simultanée de la tension et du courant, indépendamment de la forme des courbes (mesure de tensions cadencées)
- Calcul de la puissance active, réactive, apparente et du facteur de puissance
- Indestructible électriquement jusqu'à 20 A / 600 V
- Grand écran graphique contrasté et rétroéclairé
- Affichage d'une valeurs de mesure en grand ou jusqu'à quatre valeurs de mesure en même temps



## Connexion PC

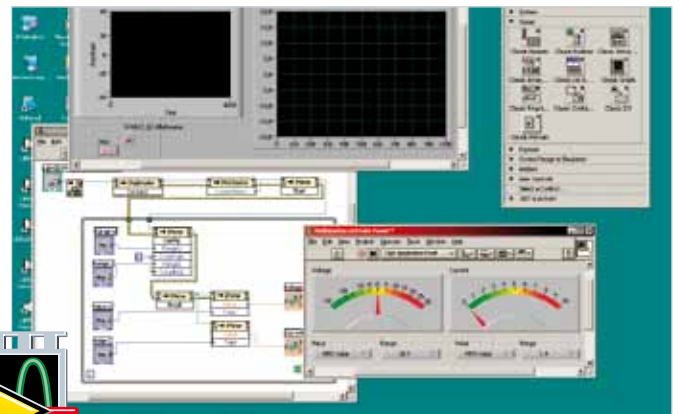
Le port USB permet de représenter toutes les mesures sur le PC. Les instruments suivants sont disponibles :

- Affichage de la tension, du courant, de la puissance
- Wattmètre pour mode moteur et génératrice
- Oscilloscope pour la représentation du courant, de la tension et de la puissance
- Enregistreur de données pour 14 grandeurs de mesure différentes



## Compatibilité avec LabVIEW

Les pilotes LabVIEW et différents exemples de fonctionnement permettent l'intégration du multimètre analogique / numérique dans l'environnement LabVIEW.

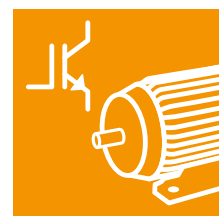






# Machines électriques

Base de la technique d'entraînement .....	26
Machines à courant continu (UniTrain-I) .....	28
Machines asynchrones (UniTrain-I) .....	29
Machines synchrones à bagues collectrices (UniTrain-I) .....	30
Moteur pas à pas (UniTrain-I) .....	31
Moteur BLDC / Servo (UniTrain-I) .....	32
Moteur linéaire (UniTrain-I) .....	33
Transformateur triphasé (UniTrain-I) .....	34
Compatibilité électromagnétique (CEM) (UniTrain-I) .....	35
Bobinage de transformateurs .....	36
Bobinage de machines électriques .....	37
Machines à courant continu .....	38
Machines à courant alternatif .....	39
Machines asynchrones .....	43
Machines synchrones .....	51
Jeu de machines triphasées démontable .....	53
Transformateur d'apprentissage .....	55



# Machines électriques

## Base de la technique d'entraînement

Les machines électriques constituent la base des entraînements modernes. De nouvelles priorités dans la formation exigent de nouvelles qualifications pour la mise en service et l'exploitation de machines électriques comme, par exemple, le fonctionnement de différentes machines de travail, tels les ventilateurs, les engins de levage et les masses d'inertie. Les bases des machines électriques sont illustrées à l'aide de nombreux exemples, explications et exercices pratiques.



### Application dans de nombreux secteurs

Les machines électriques sont les éléments centraux des installations et appareils modernes. Elles sont utilisées dans la construction mécanique, la mécanutention, la technologie d'ingénierie et les installations de production. La commande assistée par une électronique de puissance moderne et l'emploi d'automates programmables industriels permettent d'accroître sans cesse le degré d'automatisation des processus.



### Emploi proche de la pratique

À l'aide du système à panneaux « Machines électriques », les élèves se familiarisent avec la connexion et l'exploitation des machines électriques grâce à une approche très réaliste. L'expérience acquise est approfondie par un grand nombre d'exercices et de projets pratiques.



### Systèmes d'apprentissage

Les systèmes d'apprentissage transmettent les connaissances de base sur les machines électriques, tout en expliquant leur mode de fonctionnement et leurs courbes caractéristiques. Les bases sont illustrées à l'aide de nombreux exemples, explications et exercices pratiques :

- « Machines électriques » UniTrain-I
- Système à panneaux « Machines électriques »



# Machines à courant continu

## Machine shunt – Machine série – Machine compound – Machine universelle

Les machines à courant continu permettent toujours une entrée en matière idéale même si, dans la pratique industrielle, ces moteurs ne sont plus utilisés que comme petits entraînements à excitation permanente.



**UniTrain**  
SYSTEM

### Contenus didactiques

- Machines série, shunt, compound et universelle
- Connexion de machines à courant continu
- Essais de démarrage
- Réglage d'une zone neutre
- Étude de la machine en cas de diminution de l'induction magnétique
- Méthodes destinées à la commande du régime
- Expériences sur l'exploitation de générateurs et de freins

# Machines asynchrones

Moteur à cage d'écureuil – Moteur à aimant permanent – Moteur à condensateur – Rotor en court-circuit – Transformateur de réglage

Fortement répandues, les machines asynchrones revêtent une importance exceptionnelle – même dans la formation.



**UniTrain**  
SYSTEM

## Contenus didactiques

- Formation de champs rotatifs statiques et tournants
- Mesures de tensions et de courants sur le stator
- Connexion du stator en étoile ou en triangle
- Différences entre les rotors
- Comportement de la machine au démarrage ou lorsque l'induction magnétique diminue
- Recherche d'erreurs



# Machines synchrones à bagues collectrices

## Machine à bagues collectrices – Machine synchrone – Machine à reluctance

Les machines synchrones sont utilisées essentiellement comme génératrices dans la production d'énergie et comme entraînements hautement dynamiques (servocommandes).



**UniTrain**  
SYSTEM

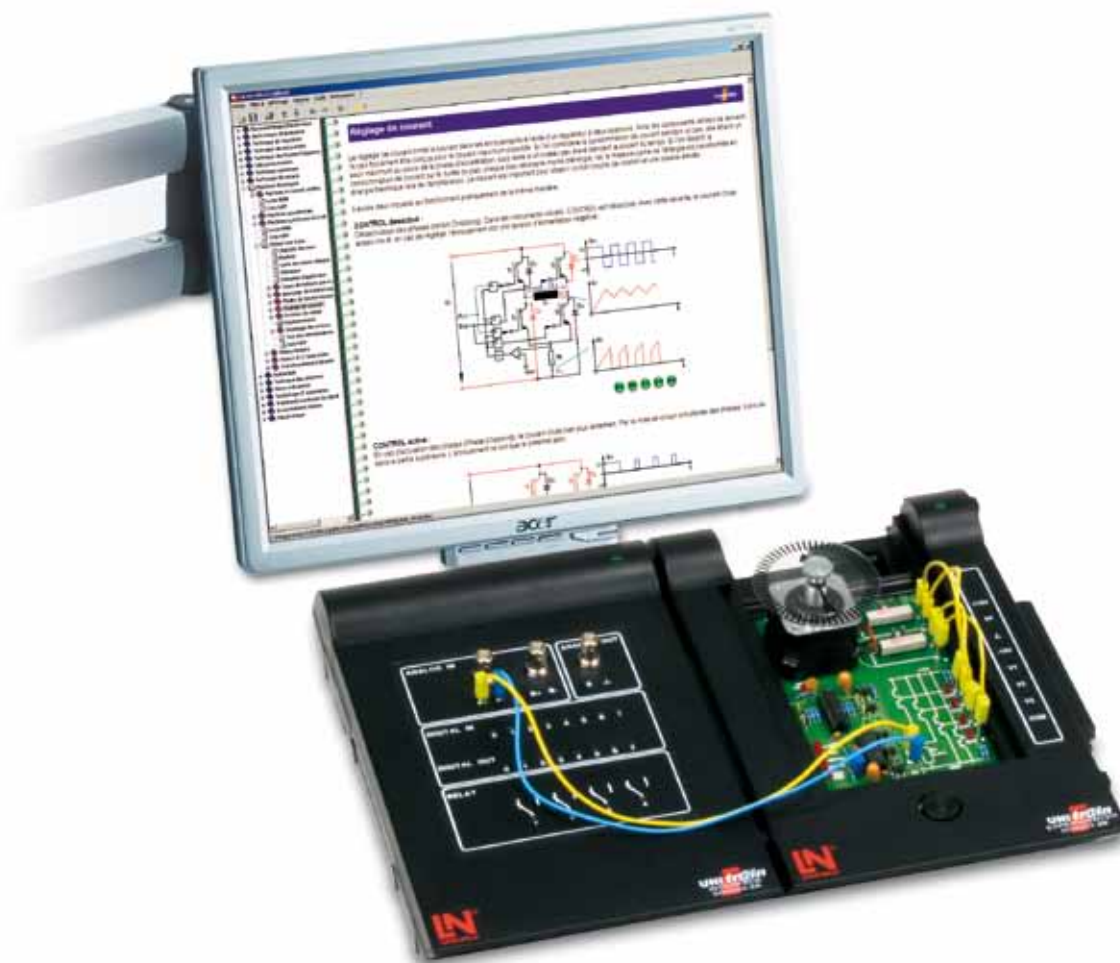
### Contenus didactiques

- Description de la technologie et de ses applications dans la pratique
- Élaboration des bases physiques nécessaires à la compréhension
- Démarrage de machines à résistances de démarrage et fréquence variable
- Commande de régimes
- Influence d'enroulements de rotor ouverts ou alimentés
- Effet de différentes tensions d'excitation

# Moteur pas à pas

## Formes de construction – Principe de fonctionnement – Positionnement

Les moteurs pas à pas représentent une solution peu coûteuse pour des tâches de positionnement. Aussi sont-ils fabriqués en grandes quantités et utilisés dans un grand nombre de produits.



**UniTrain**  
SYSTEM

### Contenus didactiques

- Présentation de la technologie du moteur pas à pas en théorie, dans des animations et à l'aide d'expériences pratiques
- Principes d'excitation du moteur
- Illustration des différences entre deux procédés de limitation de courant
- Limites du moteur pas à pas
- Tâches de positionnement complexes

# Moteur BLDC / Servo

## Fonctionnement – Saisie de position – Régulation

Les moteurs à courant continu sans balais (BLDC) sont utilisés dans les domaines et applications les plus variés. Les moteurs BLDC fonctionnent comme des moteurs synchrones.



**UniTrain**  
SYSTEM

### Contenus didactiques

- Montage et fonctionnement du moteur et de l'électronique d'amorçage
- Étude du système de capteur
- Étude de l'alimentation électrique du moteur
- Montage d'un entraînement commandé par le couple ou le régime

# Moteur linéaire

## Fonction – Application – Positionnement

Les moteurs linéaires font preuve d'une grande efficacité dans chaque application nécessitant un mouvement linéaire. Ils sont incontournables pour les applications d'automatisme.



**UniTrain**  
SYSTEM

### Contenus didactiques

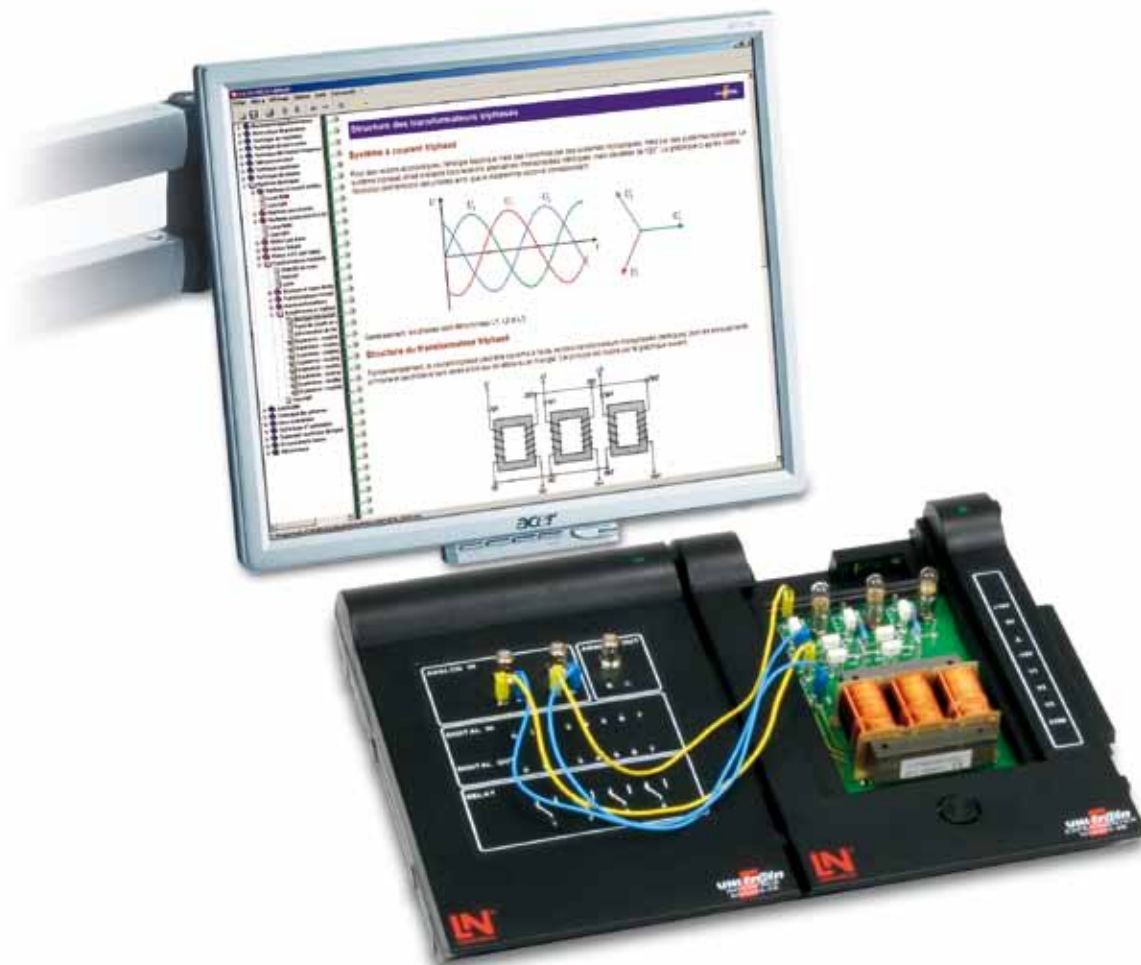
- Montage, fonctionnement et mode opératoire de moteurs linéaires
- Explication des concepts de « force de Lorentz » et de « tension induite »
- Domaines d'application des moteurs linéaires
- Formes de construction des moteurs linéaires
- Détermination de la constante du moteur
- Positionnement avec le moteur linéaire
- Procédés pour déterminer une position (codeurs, capteurs Hall)
- Détermination de la position à l'aide de capteurs Hall analogiques



# Transformateur triphasé

## Formes de construction – Types de couplage – Comportement en charge

Les transformateurs sont des machines électriques qui servent à transformer des courants alternatifs ou triphasés en tensions supérieures ou inférieures. Les transformateurs triphasés jouent un rôle important notamment lors de la transmission d'énergie électrique.



**UniTrain**  
SYSTEM

### Contenus didactiques

- Principe des transformateurs et schéma équivalent
- Enregistrement du courant et de la tension avec et sans charge
- Étude du rapport de transmission
- Étude des situations de charge de différents groupes de circuits
- Étude de charges asymétriques sur différents groupes de circuits
- Détermination de la tension de court-circuit



# Compatibilité électromagnétique (CEM)

## Effet de couplage – Résistance au brouillage – Normes

Dans le développement et l'analyse des erreurs, les aspects de la compatibilité électromagnétique d'un circuit jouent un rôle important. Les effets de couplage dans un circuit ainsi que les perturbations venant de l'extérieur ou provenant du circuit même sont essentiels.



**UniTrain**  
SYSTEM

### Contenus didactiques

- Le concept de compatibilité électromagnétique (CEM)
- Description des effets de couplage électromagnétiques
- Étude du couplage galvanique, inductif et capacitif entre des pistes conductrices parallèles
- Mesures pour améliorer les propriétés CEM d'un circuit
- Mesures pour accroître la résistance au brouillage d'un circuit

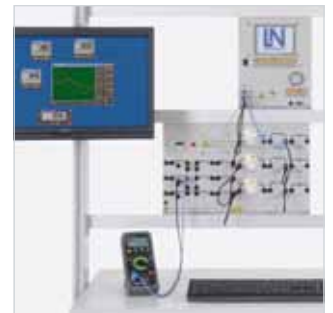
# Bobinage de transformateurs

## Réalisation de transformateurs monophasés et triphasés

Ce système d'apprentissage est axé autour de la réalisation de transformateurs. Le montage et le fonctionnement de transformateurs sont décrits de façon très réaliste. Le système d'apprentissage contient tous les composants et outils nécessaires à la réalisation de transformateurs. La plupart des composants sont réutilisables, de sorte que le transformateur peut être désassemblé après l'expérience. Des expériences complémentaires permettent d'étudier le comportement des transformateurs sous différentes charges.



Exemple d'expérience : « Bobinage de transformateurs EMW 10 »



Essai avec un transformateur enroulé

### Contenus didactiques

- Montage et fonctionnement de transformateurs monophasés et triphasés
- Calcul des données d'enroulement
- Réalisation des enroulements
- Contrôle de l'exploitation du transformateur conforme aux normes
- Comportement avec différentes charges et différents groupes de circuits

# Bobinage de machines électriques

## Réalisation d'un moteur triphasé avec rotor à cage d'écureuil

Le système d'apprentissage décrit l'enroulement d'un moteur triphasé avec rotor à cage d'écureuil. Des bobines sont fabriquées, insérées dans le stator et reliées au circuit. Le moteur ainsi obtenu est entièrement opérationnel. Le montage et la fonction d'un moteur sont présentés de façon très réaliste. Le système d'apprentissage contient tous les composants et outils nécessaires à la réalisation du moteur asynchrone triphasé. La plupart des composants peuvent être réutilisés après l'expérience. Des expériences complémentaires permettent d'étudier les différents comportements au moyen du banc d'essai de machine.



Exemple d'expérience : « Bobinage de machines électriques EMW 20 »



Essai avec un moteur enroulé

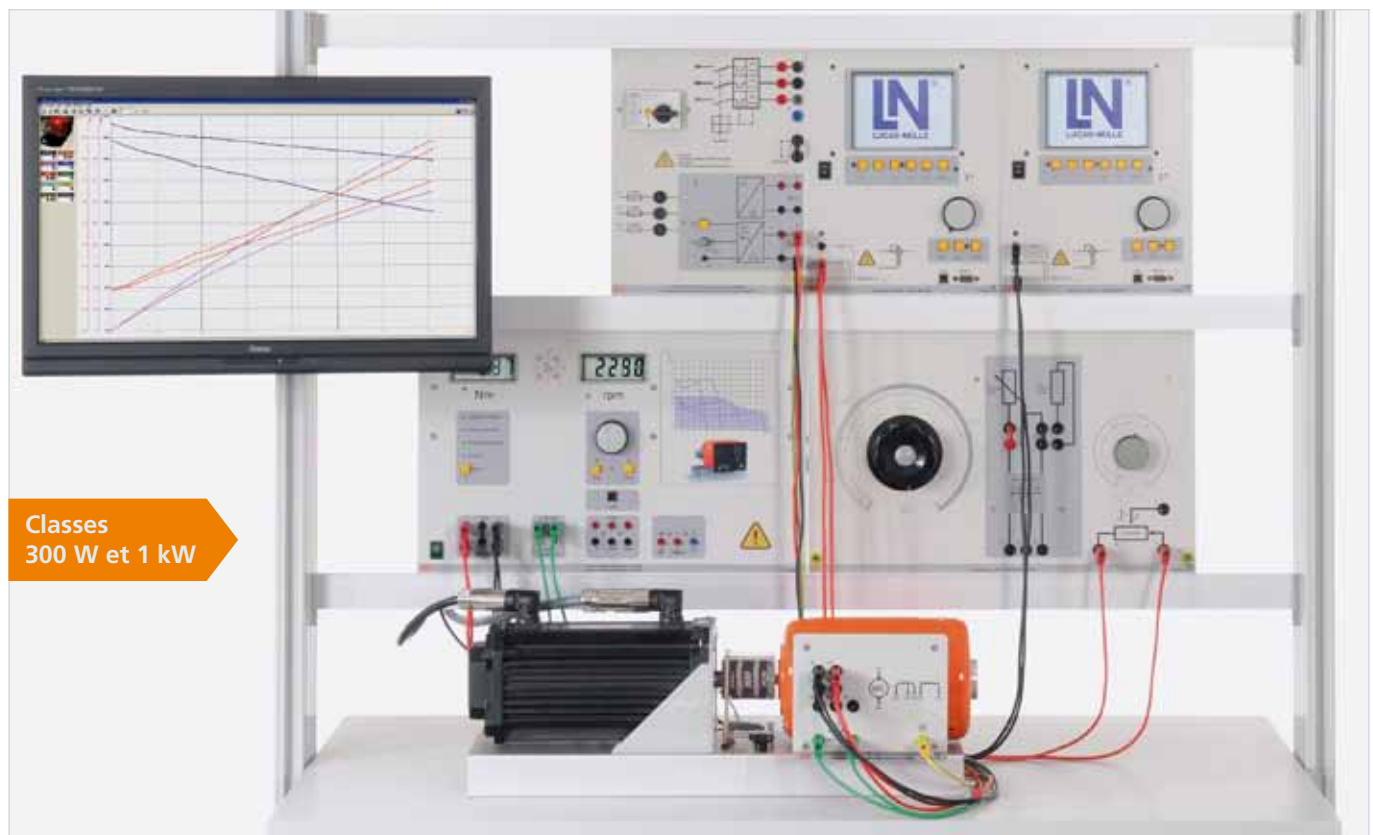
### Contenus didactiques

- Montage électrique et mécanique du moteur
- Détermination des données d'enroulement
- Réalisation des enroulements
- Mise en place et câblage des enroulements
- Contrôle de l'exploitation du moteur conforme aux normes
- Branchement, connexion au circuit et mise en service
- Relevé du régime et du couple

# Machines à courant continu

## Machine shunt – Machine série – Machine compound

Les machines à courant continu constituent toujours la base à la formation dans le domaine des machines électriques. Elles illustrent de façon simplifiée les possibilités de commande et de régulation.



Classes  
300 W et 1 kW

Exemple d'expérience « Machines à courant continu EEM2 »

### Contenus didactiques

#### Exploitation du moteur :

- Connexion du moteur
- Comparaison des différents types de machines
- Données et caractéristiques typiques de machines
- Commande du régime avec démarreur et rhéostat de champ
- Modification du sens de rotation

#### Exploitation de la génératrice :

- Connexion de la génératrice
- Tension d'induit en fonction du courant d'induit
- Fonction et emploi du rhéostat de champ
- Commande de tension à excitation intrinsèque et extrinsèque
- Diagramme de charge de la génératrice

# Machines à courant alternatif

## Moteur universel

Les moteurs universels appartiennent à la famille des machines à collecteur et servent d'entraînement à la plupart des outils électriques et appareils électroménagers. Ils sont disponibles avec une puissance maximale d'environ 2 kW. Par la facilité de contrôle du régime, la part des moteurs universels parmi les machines à courant alternatif est devenue très importante.



Classes  
300 W et 1 kW

Exemple d'expérience « Machines à courant alternatif EEM 3.1 »

### Contenus didactiques

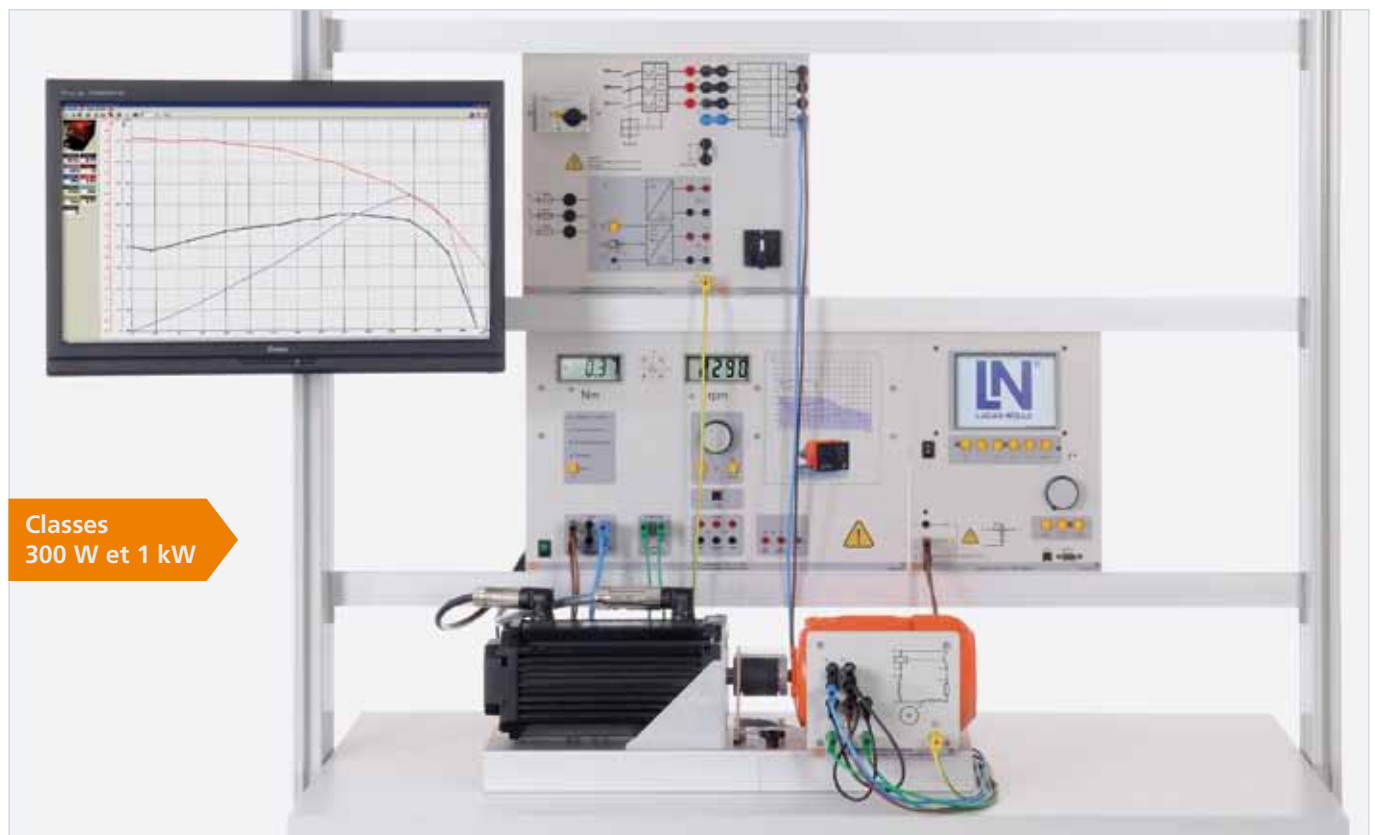
- Branchement, connexion du circuit et mise en service
- Modification du sens de rotation
- Exploitation avec une tension alternative et une tension continue
- Relevé du régime et du couple
- Exploitation avec différentes charges (ventilateur, etc.)



# Machines à courant alternatif

## Moteur monophasé à enroulement de démarrage bifilaire

Les moteurs monophasés à enroulement de démarrage bifilaire font partie des machines asynchrones. Outre leur enroulement principal, ils disposent d'un enroulement de démarrage à forte résistance interne qui, étant en partie bifilaire, n'offre aucun effet magnétique. Il est désactivé après le démarrage. Les moteurs ne contiennent aucune pièce soumise à l'usure, comme un collecteur ou des bagues collectrices, et fonctionnent avec un régime fixe, proche du synchronisme. Leur puissance s'étend jusqu'à environ 2 kW.



Classes  
300 W et 1 kW

Exemple d'expérience « Moteur monophasé avec enroulement de démarrage bifilaire EEM 3.3 »

### Contenus didactiques

- Branchement, connexion au circuit et mise en service
- Modification du sens de rotation
- Relevé du régime et du couple
- Exploitation avec différentes charges (ventilateur, etc.)

## Moteurs monophasés à condensateurs de service et de démarrage

Les moteurs monophasés à condensateurs de service et de démarrage font partie des machines asynchrones. Outre leur enroulement principal, ils disposent d'un enroulement auxiliaire avec condensateur monté en série. Les moteurs ne contiennent aucune pièce soumise à l'usure, comme un collecteur ou des bagues collectrices, et fonctionnent avec un régime fixe, proche du synchronisme. Leur puissance s'étend jusqu'à environ 2 kW. Les moteurs à condensateur sont utilisés pour les appareils électroménagers, les réfrigérateurs, mais aussi pour de petits entraînements dans les machines de production.



Classes  
300 W et 1 kW

Exemple d'expérience « Moteur monophasé avec condensateurs de service et de démarrage EEM 3.4 »

### Contenus didactiques

- Branchement, connexion au circuit et mise en service
- Modification du sens de rotation
- Exploitation avec et sans condensateur de démarrage
- Relevé du régime et du couple
- Démarrage avec et sans condensateur de démarrage
- Étude du relais d'intensité

# Machines à courant alternatif

## Moteur à bague de déphasage

Les moteurs à bague de déphasage se distinguent par leur facilité d'entretien et leur fabrication peu coûteuse. Ils sont utilisés de manière ciblée pour certains emplois dans de grandes séries, par exemple comme moteur de ventilateur ou pompe de solution caustique. Leur puissance s'étend de quelques watts à environ 150 W.



Exemple d'expérience « Moteur à bague de déphasage EEM 3.5 »

### Contenus didactiques

- Branchement, connexion du circuit et mise en service
- Relevé du régime et du couple
- Exploitation avec différentes charges (ventilateur, etc.)

# Machines asynchrones

## Moteur triphasé avec rotor à cage d'écureuil

Les moteurs triphasés avec rotor à cage d'écureuil sont les moteurs industriels les plus utilisés. Robustes et ne nécessitant aucun entretien, ces moteurs sont fabriqués à bas coût. Leur puissance s'étend de quelques watts à plusieurs mégawatts. Par l'emploi de convertisseurs de fréquence modernes, le régime de ces moteurs peut être varié sans guère subir de pertes, de sorte que de nouveaux domaines d'application s'ouvrent sans cesse à leur emploi.



Classes  
300 W et 1 kW

Exemple d'expérience « Moteur triphasé avec rotor à cage d'écureuil EEM 4.1 »

### Contenus didactiques

- Branchement, connexion du circuit et mise en service
- Exploitation en étoile ou en triangle
- Emploi d'un commutateur en étoile-triangle
- Relevé du régime et du couple
- Exploitation avec différentes charges (ventilateur, engin de levage, etc.)

# Machines asynchrones triphasées

## Moteur triphasé à nombre de pôles variable selon Dahlander

Grâce à son enroulement spécial, le moteur triphasé à circuit Dahlander permet d'exploiter sur deux vitesses le moteur triphasé avec rotor à cage d'écureuil. Le rapport des vitesses avec ce circuit est de 2:1. Ce type de moteur permet de monter des entraînements simples à deux vitesses, par exemple pour un ventilateur à deux vitesses.



Classes  
300 W et 1 kW

Exemple d'expérience « Moteur triphasé à nombre de pôles variable selon Dahlander EEM 4.2 »

### Contenus didactiques

- Branchement, connexion du circuit et mise en service
- Exploitation à régime élevé et à faible régime
- Emploi d'un commutateur de pôles
- Relevé du régime et du couple
- Exploitation avec différentes charges (ventilateur, engin de levage, etc.)



## Moteur triphasé à nombre de pôles variable - deux enroulements séparés

Le système est constitué de deux moteurs triphasés dans un boîtier avec enroulements séparés. Comme les deux enroulements sont séparés, il est possible de réaliser différents rapports entiers entre les régimes. Dans les applications simples, le moteur est toujours utilisé lorsque le rapport entre les régimes lent et rapide est supérieur à deux, par exemple sur les grues à vitesse ralentie et à régime élevé.



Exemple d'expérience « Moteur triphasé à nombre de pôles variable avec deux enroulements séparés EEM 4.3 »

### Contenus didactiques

- Branchement, connexion du circuit et mise en service
- Exploitation à régime élevé et à faible régime
- Emploi d'un commutateur de pôles
- Relevé du régime et du couple
- Exploitation avec différentes charges (ventilateur, engin de levage, etc.)

# Machines asynchrones triphasées

## Moteur triphasé à bagues collectrices

Contrairement aux rotors à cage d'écuréuil, les rotors à bagues collectrices présentent des bobines enroulées qui peuvent être branchées à des résistances ou des convertisseurs au moyen de bagues collectrices. Ces connexions permettent de régler le régime.



Classes  
300 W et 1 kW

Exemple d'expérience « Moteur triphasé avec bagues collectrices EEM 4.4 »

### Contenus didactiques

- Branchement, connexion du circuit et mise en service
- Réglage du régime par modification de la résistance du rotor
- Relevé du régime et du couple
- Exploitation avec différentes charges (ventilateur, engin de levage, etc.)

## Dépistage des défauts sur les machines électriques

Le simulateur d'erreurs s'enfiche aisément sur un moteur asynchrone triphasé. Des commutateurs d'erreurs verrouillables permettent d'activer les erreurs les plus diverses qui peuvent ensuite être détectées et analysées avec des instruments de mesure que l'on trouve dans l'industrie.

Les résultats de mesure permettent alors d'élaborer une approche pour la réparation. Toutes les mesures sont effectuées hors tension.



Exemple d'expérience « Protection de machines électriques EEM 4.5 »



Simulateur d'erreurs ouvert

### Contenus didactiques

- Coupures d'enroulements dans des bobines
- Erreur d'isolement entre enroulements
- Erreur d'isolement entre enroulement et carcasse
- Combinaisons de différentes erreurs
- Observation des erreurs et conseils pratiques de réparation
- Manipulation de contrôleurs d'isolement

# Machines asynchrones triphasées

## Protection de machines électriques

Les moteurs à cage d'écureuil sont conçus pour un état de charge constant. Toute modification de l'état de charge, mais aussi des courants de démarrage trop élevés, entraînent un échauffement inadmissible du moteur. Des capteurs surveillent la température et la consommation électrique du moteur. Ils activent des dispositifs de protection comme des disjoncteurs de protection, des relais thermiques de protection ou des relais à thermistor.



Classes  
300 W et 1 kW

Exemple d'expérience « Protection de machines électriques EEM 4.6 »

### Contenus didactiques

- Sélection, installation et réglage de différents systèmes de protection de moteur
- Disjoncteurs de protection de moteur
- Relais de protection de moteur
- Protection à thermistor
- Influence de différents modes de service sur l'échauffement du moteur
- Caractéristiques de déclenchement des systèmes de protection
- Protection contre des états de charge inadmissibles

## Commutation manuelle dans le circuit triphasé

Le développement de circuits ainsi que le choix des composants de commutation et d'appareils sont au cœur de cette partie de la formation. Des moteurs multipolaires peuvent être commutés directement dans le circuit triphasé jusqu'à une classe de puissance déterminée. Des appareils de commutation adéquats sont disponibles pour chaque application.



Exemple d'expérience « Commutation manuelle dans le circuit triphasé EST 1 »

### Contenus didactiques

- Commutation manuelle en circuit triphasé
- Mise hors circuit d'un moteur à induction triphasé avec rotor à cage d'écureuil
- Circuit en étoile-triangle d'un moteur à induction triphasé avec rotor à cage d'écureuil
- Circuit en étoile-triangle avec inversion du sens de rotation d'un moteur à induction triphasé avec rotor à cage d'écureuil
- Commutation de pôles avec moteur à induction triphasé selon Dahlander
- Commutation de pôles avec moteur à induction triphasé avec deux bobines séparées



# Machines asynchrones triphasées

## Commutation par contacteurs en circuit triphasé

À partir d'une certaine puissance, une commutation directe de machines triphasées n'est plus possible. Aussi ces machines sont-elles activées indirectement par des circuits à contacteurs des types les plus divers. Le développement de la commande et la configuration avec un contrôle des fonctions constituent l'objet principal de la formation. Ces équipements complémentaires permettent de traiter d'importantes fonctions de commande supplémentaires. L'équipement de machine comprend tous les moteurs et machines requis pour expérimenter la commande directe et indirecte de moteurs dans des circuits triphasés.



Exemple d'expérience « Circuits à contacteurs en circuit triphasé EST 2 »



Circuit de contacteurs industriel

### Contenus didactiques

- Réglage du relais thermique de protection du moteur d'après la plaque signalétique du moteur
- Fonctions de protection, de sécurité et de mise hors service
- Planification, construction et mise en service de commandes complexes
- Contrôle de fonctions et recherche d'erreurs
- Petites commandes programmables
- Circuits en étoile-triangle
- Commande réversible à contacteurs avec verrouillages
- Branchement de moteurs à courant triphasé
- Réalisation du plan des connexions

# Machines synchrones

## Moteur synchrone et génératrice synchrone

Les machines synchrones sont utilisées essentiellement comme génératrices dans l'alimentation en énergie. Elles atteignent une puissance d'environ 2000 MVA. D'autres secteurs d'application sont les grands entraînements pour les broyeurs à ciment et les installations de convoyage avec une puissance de l'ordre des mégawatts. Des servoentraînements hautement dynamiques avec un rotor à excitation permanente complètent la gamme de machines synchrones. Contrairement à la machine asynchrone, le rotor de la machine synchrone se synchronise avec le champ rotatif.



Exemple d'expérience « Machines synchrones EEM 5.1 »

### Contenus didactiques

#### Exploitation du moteur :

- Connexion du moteur
- Démarrage
- Mode de déphasage
- Courbes de charge pendant le fonctionnement du moteur
- Courbes en V
- Limite de stabilité
- Sous-excitation et surexcitation

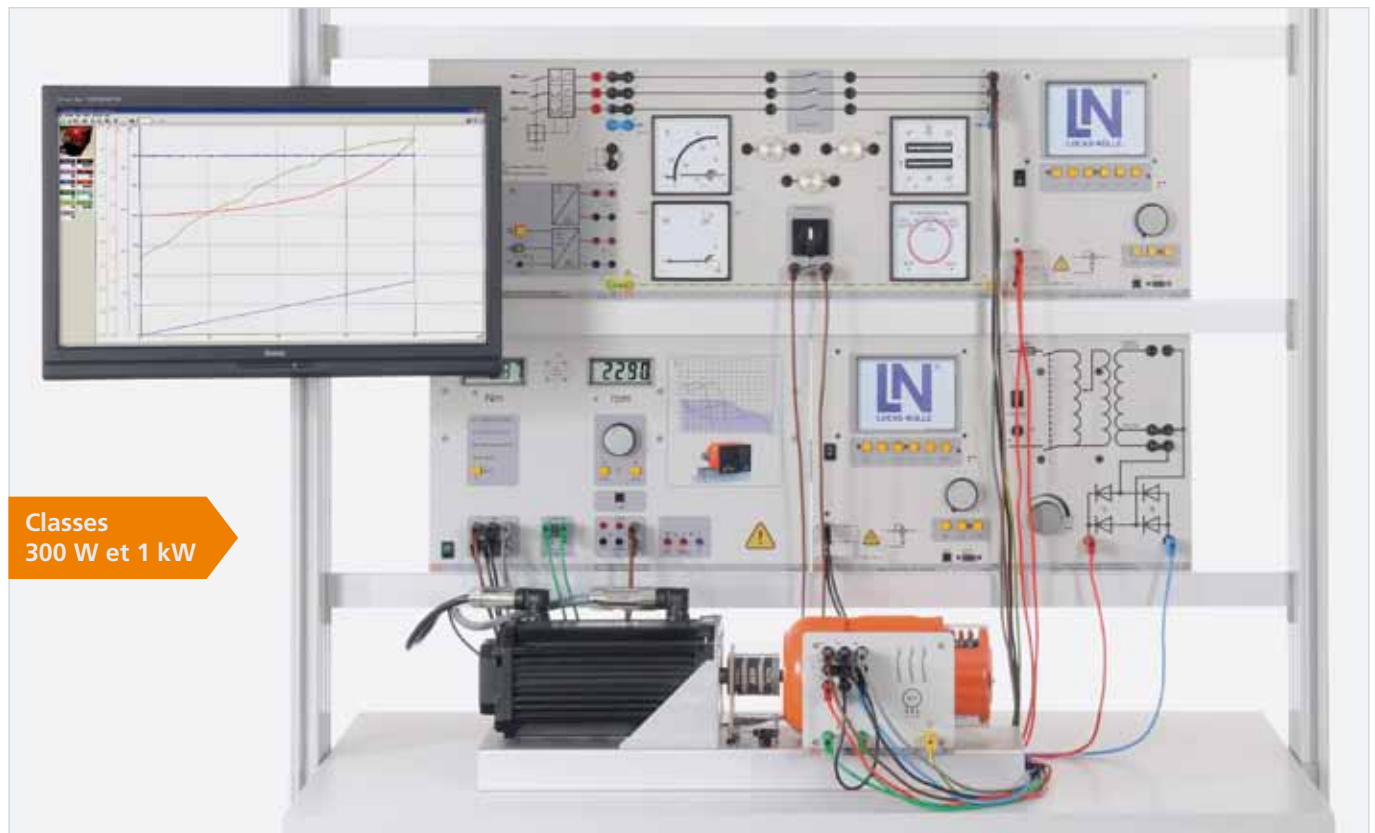
#### Exploitation de la génératrice :

- Connexion de la génératrice
- Réglage de tension via le courant d'excitation
- Courbes de charge pendant le fonctionnement de la génératrice

# Synchronisation avec le réseau

## Synchronisation manuelle avec le réseau

Lors de la synchronisation avec le réseau, la génératrice hors charge est branchée au réseau. La tension, la fréquence et la phase doivent coïncider avec le réseau. On utilise différents instruments de mesure pour mesurer ces grandeurs. Les grandeurs sont réglées via le régime et l'excitation de la génératrice.



Classes  
300 W et 1 kW

Exemple d'expérience « Synchronisation avec le réseau EEM 5.2 »

### Contenus didactiques

- Synchronisation manuelle avec le réseau au moyen de la commutation claire, sombre et circulaire
- Synchronisation avec le réseau à l'aide du fréquencemètre double, voltmètre double, synchronoscope et voltmètre indicateur d'annulation de tension
- Influence du régime de la génératrice
- Influence de l'excitation de la génératrice
- Réglage du flux d'énergie à l'aide de l'entraînement

## Machine à réluctance triphasée

Les moteurs à réluctance sont un mélange de moteur asynchrone et de moteur synchrone. Par la forme spéciale du rotor avec ses pôles prononcés, le moteur peut démarrer comme un moteur asynchrone. À partir d'un certain régime, il se synchronise alors au champ du stator. Les machines à reluctance sont utilisées par exemple dans l'industrie textile pour synchroniser le débobinage de fils. Plusieurs moteurs sont alors réluctance par un convertisseur de fréquence.



Classes  
300 W et 1 kW

Exemple d'expérience « Machine à réluctance triphasée EEM 5.3 »

### Contenus didactiques

- Branchement, connexion au circuit et mise en service
- Inversion du sens de rotation
- Relevé du régime et du couple

# Jeu de machines triphasées démontable

## Un stator, plusieurs rotors

Ce système didactique est constitué d'un stator uniforme pour tous les types de machine et d'un jeu de rotors interchangeables. Par sa structure décomposable, le jeu convient notamment à la transmission des notions de base, car la forme constructive et les différences entre les machines peuvent être étudiées aisément.

Contrairement aux modèles conventionnels, ces machines sont entièrement opérationnelles et peuvent être couplées au système de contrôle de machine.



Exemple d'expérience « Jeu de machines triphasées démontable EEM 10 »

### Contenus didactiques

Montage et différences des machines triphasées ainsi que connexion, mise en service et relevé des caractéristiques des éléments suivants :

- Rotors en court-circuit
- Machines synchrones
- Rotors à bagues collectrices
- Machines à réluctance



# Transformateur d'apprentissage

## Transformateurs monophasés et triphasés

Les transformateurs permettent de convertir du courant et de la tension. Également appelées des machines électriques statiques, ces appareils sont utilisés en gestion de l'énergie pour adapter les différents niveaux de tension. Leur puissance peut dépasser les 1000 MVA. De petits transformateurs sont employés partout dans l'industrie et dans le secteur des biens de consommation. Ils existent en de très petites tailles, mais aussi en dispositifs volumineux pour l'alimentation d'installations complètes.



Exemple d'expérience « Transformateur d'apprentissage ENT 5 »

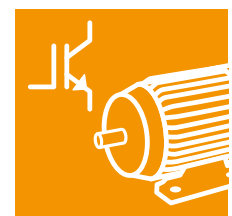
### Contenus didactiques

- Transformateurs de séparation et autotransformateurs
- Schémas équivalents
- Rapports de transformation
- Expériences sur les marches à vide et en court-circuit
- Types de couplage des transformateurs triphasés
- Montage et fonctionnement des transformateurs
- Transformateurs monophasés
- Transformateurs triphasés



# Électronique de puissance et entraînements didactiques

Commande sans perte de machines électriques .....	58
Convertisseurs statiques à commutation naturelle (UniTrain-I) .....	60
Convertisseurs statiques à commutation forcée (UniTrain-I) .....	61
Entraînements avec convertisseurs de fréquence (UniTrain-I) .....	62
Correction active facteur de puissance PFC (UniTrain-I) .....	63
Convertisseurs statiques à commutation naturelle .....	64
Entraînements par convertisseur statique avec moteurs à courant continu .	65
Entraînements par convertisseur statique avec moteurs universels .....	66
Commande de la vitesse de rotation d'un moteur asynchrone triphasé .....	67
Convertisseurs statiques à commutation forcée .....	68
Entraînements à courant continu avec modulation de largeur d'impulsions	69
Convertisseurs de fréquence avec moteur asynchrone triphasé .....	70
Machine synchrone à commutation électronique .....	71



# Électronique de puissance et entraînements didactiques

## Commande sans perte de machines électriques

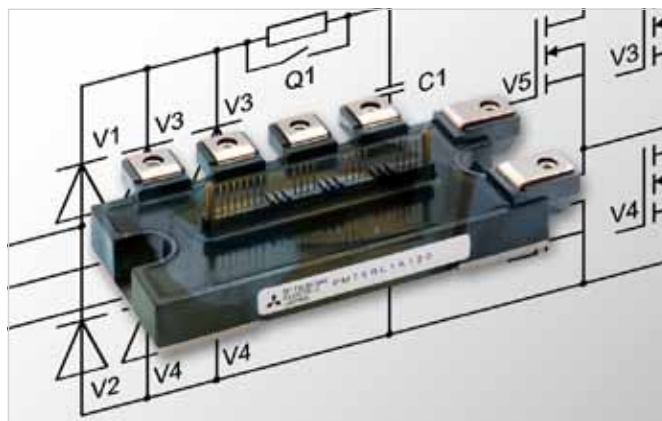
L'électronique de puissance est la partie de la technique qui s'intéresse à la commutation et à la transformation de l'énergie de grande puissance. On utilise de nos jours des semi-conducteurs de puissance tels les diodes, les thyristors et les IGBT. La technique d'entraînement constitue le domaine d'application principal de l'électronique de puissance.

Les systèmes d'apprentissage éclairent tous les rapports techniques, de la technique des convertisseurs aux entraînements régulés. L'assistance systématique du logiciel permet une mise en service rapide des expériences et garantit ainsi le succès de l'apprentissage.



### Semi-conducteurs de puissance

L'évolution extrêmement rapide des semi-conducteurs de puissance ouvre sans cesse de nouveaux domaines d'application et permet d'améliorer en permanence les entraînements électriques. Parmi les nouveautés : réduction de la puissance dissipée, exploitation avec des fréquences plus élevées et modules de puissance « intelligents ». Outre les semi-conducteurs de puissance, ces modules contiennent également l'unité d'activation et des circuits protégeant contre les courants et les échauffements inadmissibles.



Source : Mitsubishi Electric B.V.

### Régulation de machines

De nombreux processus de fabrication utilisent des entraînements ou des entraînements de positionnement avec réglage du régime. Outre la machine et l'électronique de puissance, la régulation exerce une forte influence sur le comportement de l'entraînement. Le rôle du technicien est d'adapter le comportement de régulation au processus de fabrication.



### Systèmes d'apprentissage

Nos systèmes d'entraînement couvrent les thèmes suivants :

- Convertisseurs statiques à commutation naturelle
- Convertisseurs statiques à commutation forcée
- Entraînements à courant continu régulés
- Entraînements à convertisseur de fréquence





# Convertisseurs statiques à commutation naturelle

## Redresseurs non commandés – Redresseurs commandés – Gradateurs de courant alternatif / triphasé

L'électronique de puissance occupe une place importante dans la vie contemporaine. Ainsi, par exemple, sans électronique de puissance, les éclairages modernes halogènes variables, les perceuses à vitesse variable ou le chauffage électrique n'existeraient pas. On utilise des semi-conducteurs de puissance tels que des diodes, des thyristors et des transistors de puissance.



**UniTrain**  
SYSTEM

### Contenus didactiques

- Montage et fonctionnement de redresseurs monophasés et triphasés
- Caractéristiques d'exploitation de circuits redresseurs non commandés, semi-commandés et entièrement commandés
- Semi-conducteur de puissance et son excitation
- Grandeurs de mesure en électronique de puissance
- Mesure et analyse de la puissance des circuits redresseurs
- Analyse de courant, tension et puissance au moyen de l'analyse des harmoniques (FFT)

# Convertisseurs statiques à commutation forcée

## MLI – Gradateurs à un et à quatre quadrants – Onduleurs

Le nombre des entraînements à vitesse variable qui équipent les machines modernes augmente constamment. Les exigences croissantes ainsi que l'intégration de convertisseurs modernes bon marché en sont la raison. Ces convertisseurs fonctionnent de nos jours avec la technique MLI.



**UniTrain**  
SYSTEM

### Contenus didactiques

- MLI pour la génération de tensions continues et alternatives variables
- Relevé des caractéristiques de commande et d'exploitation
- Montage et fonctionnement des onduleurs triphasés
- Commutation de bloc, modulation sinusoïdale, super-sinusoïdale et à vecteur spatial de tensions alternatives triphasées
- Analyse technique des différents procédés de modulation sur la base de mesures de courbes de signaux et des harmoniques (FFT)

# Entraînements à convertisseur de fréquence

## Alimentation – Circuit intermédiaire – Onduleur – Réglage de la vitesse de rotation

Les convertisseurs de fréquence permettent un réglage de la vitesse de rotation en continu, à faibles pertes, des moteurs asynchrones triphasés. Outre la commande de moteur proprement dite et les fonctions de protection du moteur, les appareils se chargent aujourd'hui également d'une partie de l'automatisation des processus.



**UniTrain**  
SYSTEM

### Contenus didactiques

- Montage des convertisseurs de fréquence modernes
- Génération de la tension du circuit intermédiaire
- Relevé des caractéristiques  $U/f$
- Montage et fonctionnement des hacheurs de freinage
- Optimisation des entraînements commandés par la vitesse
- La « technique à 87 Hz »
- Enregistrement et analyse de courants, tensions et puissances

# Correction active facteur de puissance PFC

## Régulation PFC active – Analyse d'harmoniques

De nos jours, toute alimentation intégrée dans un ordinateur est équipée d'un système de correction du facteur de puissance (PFC – Power-Factor-Correction). Cette utilisation fréquente est due à une norme européenne qui prescrit que certains consommateurs dont l'alimentation sur secteur n'est pas linéaire à l'allure de la tension doivent être équipés d'un dispositif de correction du facteur de puissance.



**UniTrain**  
SYSTEM

### Contenus didactiques

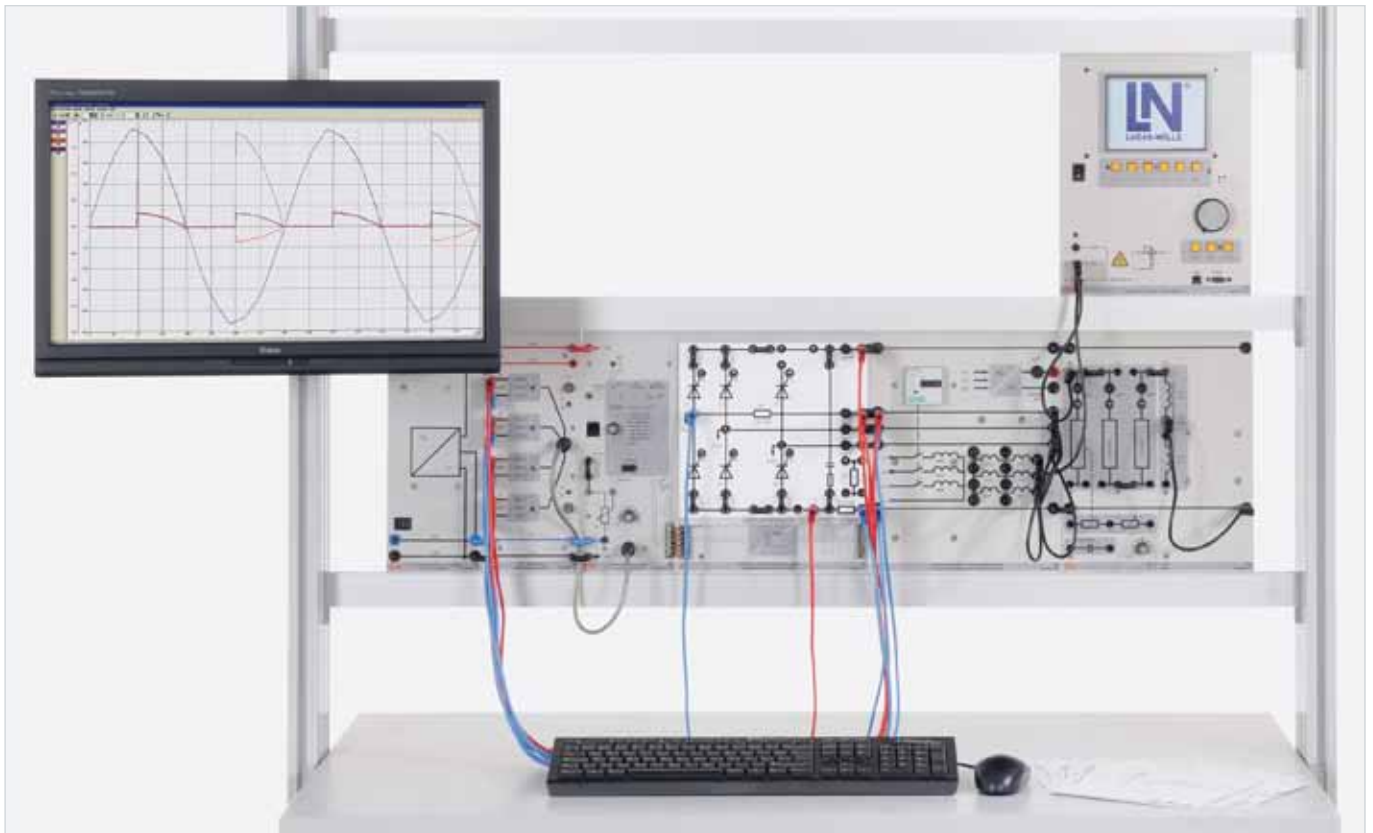
- Correction du facteur de puissance active et passive
- Montage et fonctionnement d'un circuit actif de correction du facteur de puissance
- Domaines d'application de la correction du facteur de puissance
- Comparaison avec des circuits de redresseur à pont conventionnels
- Enregistrement et analyse de courants, tensions et puissances (également via FFT)



# Convertisseurs statiques à commutation naturelle

## Diode – Thyristor – Triac

Les convertisseurs statiques à commutation naturelle permettent de transférer de l'énergie depuis un réseau alternatif ou triphasé vers un circuit à courant continu. Ils sont commandés (avec thyristors et triacs) ou non commandés (avec diodes).



Exemple d'expérience « Convertisseurs statiques à commutation naturelle EPE 10 »

### Contenus didactiques

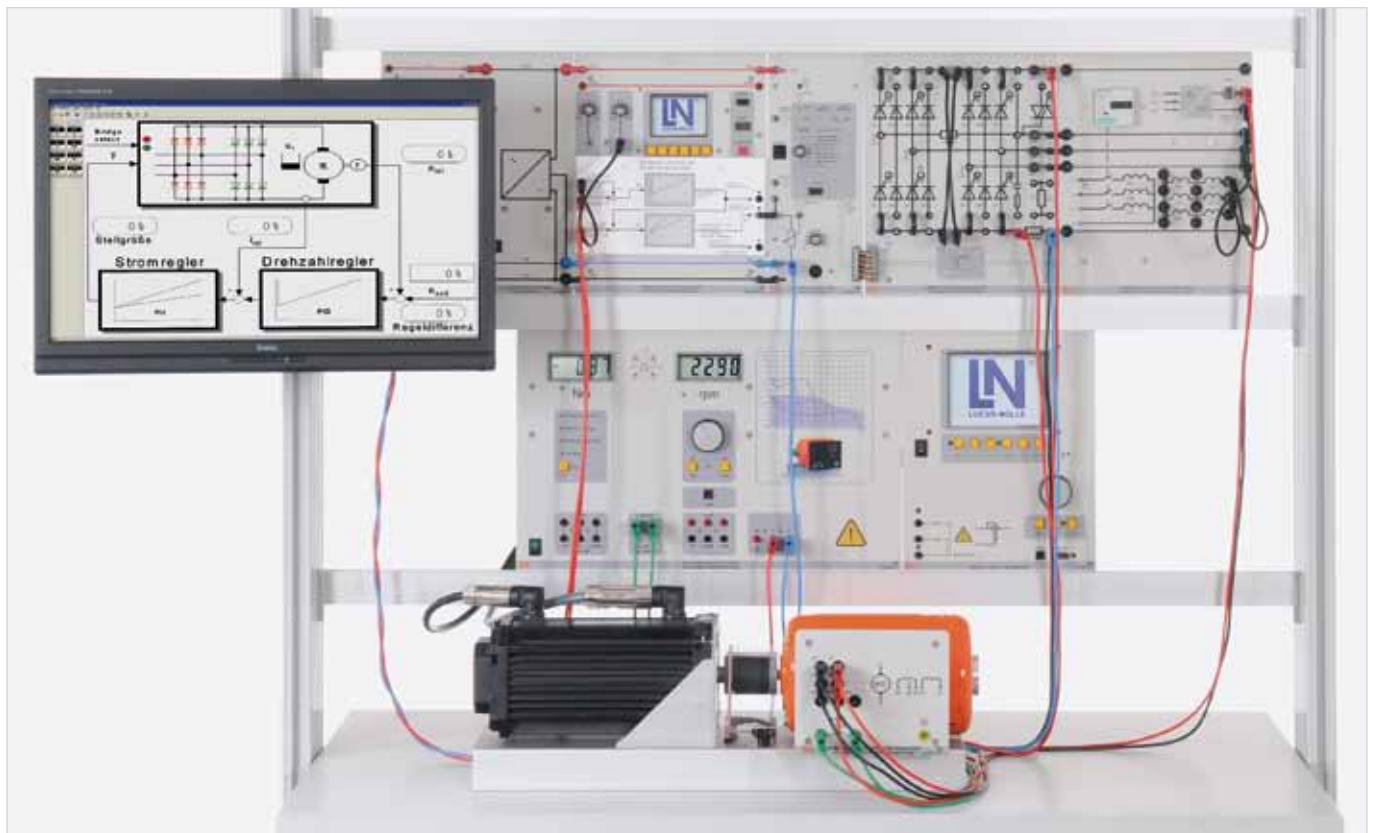
- Bases sur les diodes, thyristors, triacs
- Principes de commande : coupure de phase ascendante, commande à onde pleine, commande à paquet d'oscillations, commande à trame d'impulsion, mode redresseur, mode onduleur
- Circuits redresseurs : M1, M2, M3, B2, B6, M1C, M2C, M3C, B2C, B6C, B2HA, B2HK, B2HZ, B6C, B6HA, B6HK, W1C, W3C
- Charge ohmique, capacitive et inductive
- Caractéristiques de commande et diagrammes d'exploitation
- Analyse de fréquence et observation des harmoniques



# Entraînements par convertisseur statique avec moteurs à courant continu

## Moteur – Electronique de puissance – Régulation

Les entraînements à courant continu régulés se distinguent par une grande facilité de régulation du régime et du couple et par une dynamique importante. En présence de grandes puissances d'entraînement, les semi-conducteurs de puissance se servent de convertisseurs statiques à commutation naturelle dotés de thyristors. Ceux-ci se distinguent par de faibles pertes et sont particulièrement résistants aux surcharges.



Exemple d'expérience « Entraînements par convertisseur statique avec moteurs à courant continu EPE 11 »

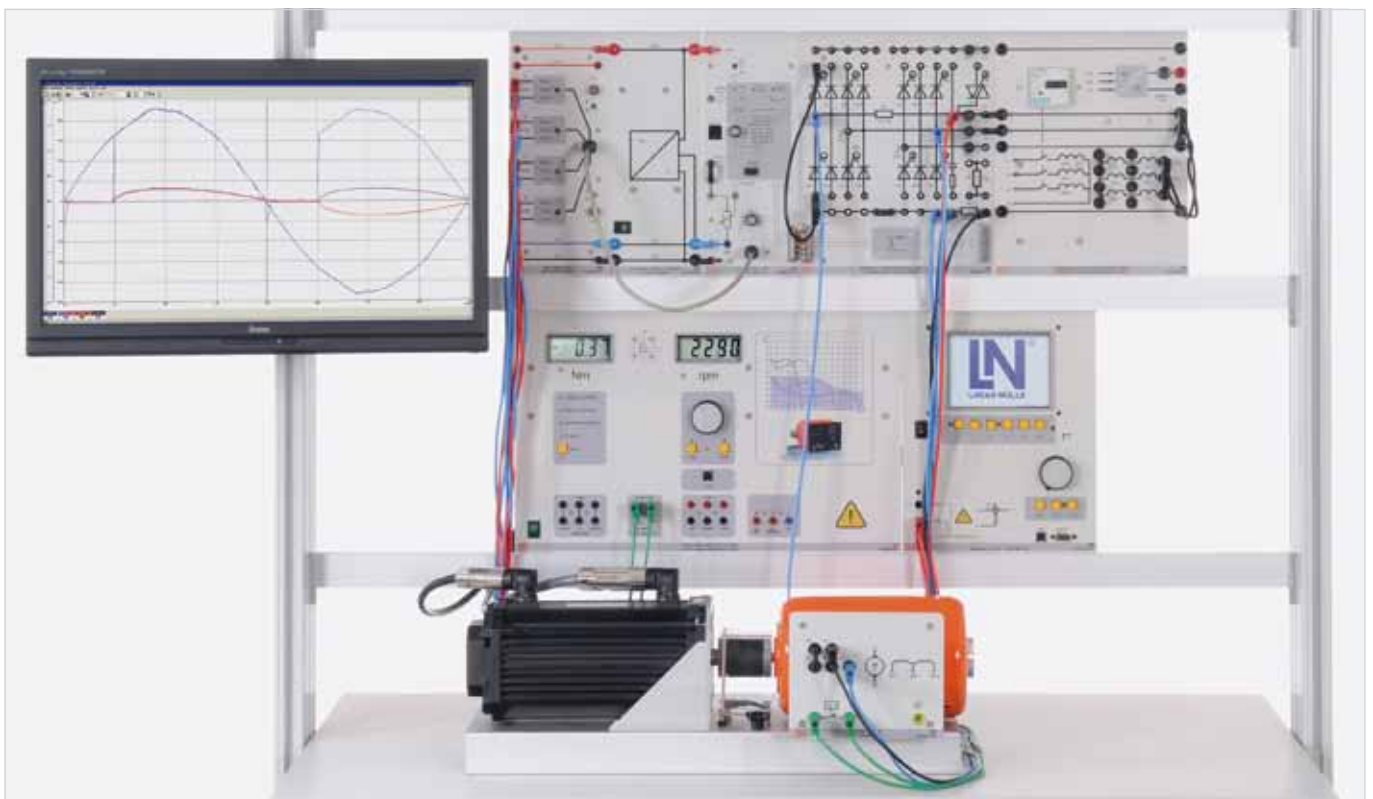
### Contenus didactiques

- Régulation de la vitesse de rotation en mode à un et à quatre quadrants avec et sans réglage de courant en cascade
- Récupération d'énergie
- Régulation de la vitesse de rotation, régulation du courant, régulation en cascade, régulation adaptative
- Analyse et paramétrage assistés par ordinateur des systèmes et régulateurs
- Régulation de la vitesse de rotation P, PI et PID
- Optimisation des boucles de régulation

# Entraînements par convertisseur statique avec moteurs universels

## Réglage simple de la vitesse de rotation

De nos jours, de nombreux appareils ménagers ou industriels portables sont dotés d'entraînements à vitesse variable, comme, par exemple, les perceuses électroniques ou les aspirateurs à puissance variable. L'emploi d'un moteur universel avec une commande par coupure de phase ascendante offre une solution peu coûteuse au réglage ou à la régulation de la vitesse de rotation.



Exemple d'expérience « Entraînements par convertisseur statique avec moteurs universels EPE 16 »

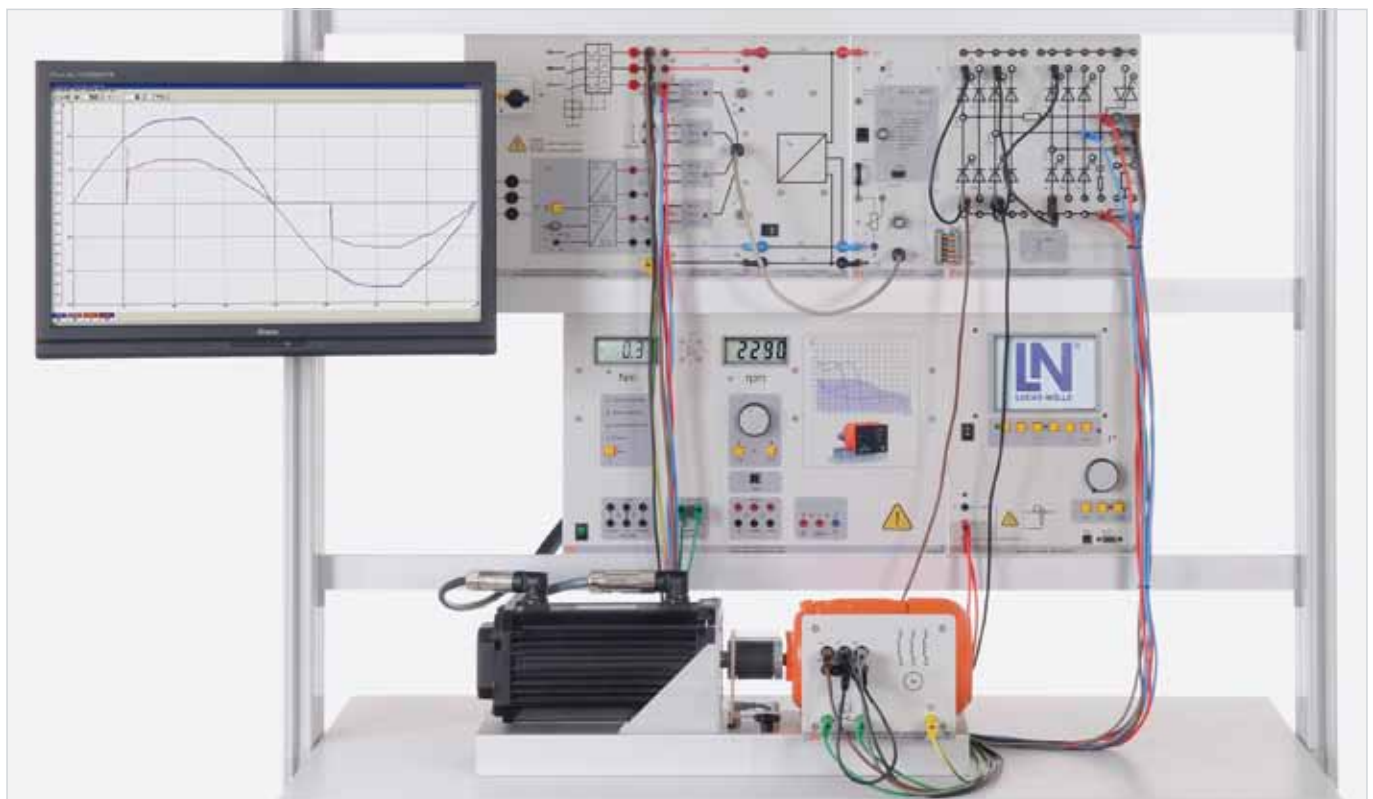
### Contenus didactiques

- Commande du régime avec circuit alternatif monophasé
- Allumage simple, allumage à impulsions multiples, étendue de commande
- Caractéristiques de tension, de courant et de puissance
- Analyse du spectre fondamental et des harmoniques

# Commande de la vitesse de rotation d'un moteur asynchrone triphasé

## Contrôle du glissement – Démarrage en douceur

Dans l'industrie, les moteurs asynchrones triphasés avec rotor à cage d'écureuil sont les machines les plus fréquentes. Des convertisseurs de fréquence permettent de réguler le régime des machines. Une variante est proposée par le contrôle du glissement au moyen de la coupure de phase ascendante. Ce type de commande est souvent utilisé sur les appareils à démarrage en douceur. Au démarrage, la tension effective est réduite par la coupure de phase ascendante, de sorte que le moteur peut être branché au réseau sans présenter des courants d'enclenchement élevés. Généralement, les appareils au démarrage en douceur remplacent aujourd'hui le démarrage en étoile-triangle.



Exemple d'expérience « Commande de la vitesse de rotation d'un moteur asynchrone triphasé EPE 17 »

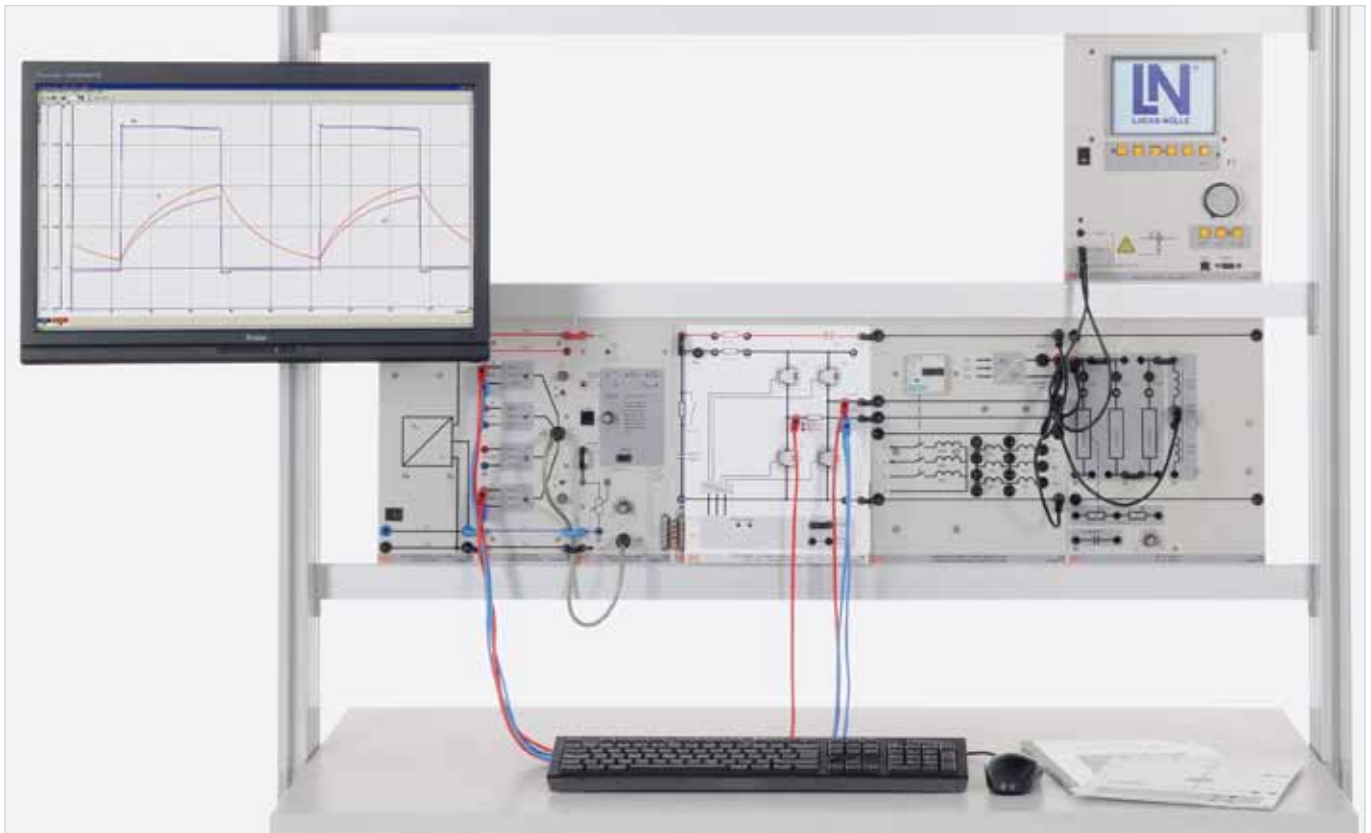
### Contenus didactiques

- Commande du régime avec circuit alternatif triphasé
- Allumage simple, allumage à impulsions multiples, étendue de commande
- Démarrage électronique en douceur et contrôle du glissement
- Caractéristiques de la tension, du courant, de la puissance
- Analyse du spectre fondamental et des harmoniques

# Convertisseurs statiques à commutation forcée

## IGBT – Gradateurs MLI – Onduleurs

Par convertisseurs statiques à commutation forcée, on entend des convertisseurs dont le rôle est de transformer des courants continus et alternatifs en se servant de composants désactivables. Les vannes peuvent commuter sans réseau pilote. Les convertisseurs statiques à commutation forcée fonctionnent comme des convertisseurs avec une tension ou un courant imposés.



Exemple d'expérience « Convertisseurs statiques à commutation forcée EPE 20 »

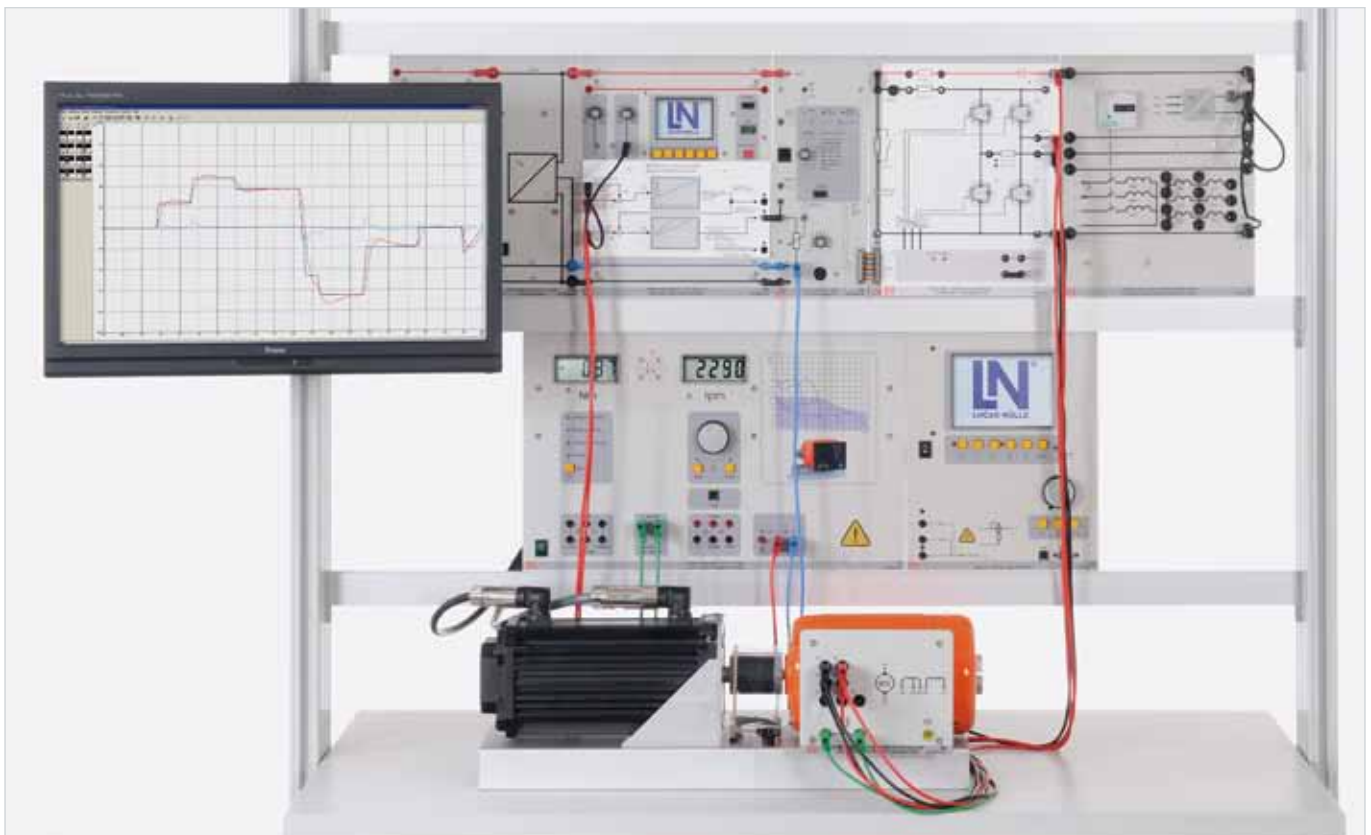
### Contenus didactiques

- Bases des IGBT
- Principes de commande : modulation de largeur d'impulsions, gradateur de courant alternatif en mode à un, deux et quatre quadrants
- Modulation de tension alternative à basse fréquence avec modulation de largeur d'impulsions
- Circuits : convertisseur abaisseur, pont en H, inverseur
- Charge ohmique, capacitive et inductive
- Circuit de protection, circuit intermédiaire, roue libre
- Caractéristiques de commande et diagrammes d'exploitation
- Analyse de fréquence et observation des harmoniques

# Entraînements à courant continu avec modulation de largeur d'impulsions

## Moteur – Électronique de puissance – Régulation

Les entraînements à courant continu régulés se distinguent par une grande facilité de régulation du régime et du couple et par une dynamique importante. En présence de petites et moyennes puissances d'entraînement, on utilise en liaison avec les semi-conducteurs de puissance des convertisseurs statiques à commutation forcée avec transistor et IGBT. Les grandes fréquences de commutation permettent une régulation hautement dynamique et une faible ondulation du couple.



Exemple d'expérience « Entraînements à courant continu avec modulation de largeur d'impulsions EPE 21 »

### Contenus didactiques

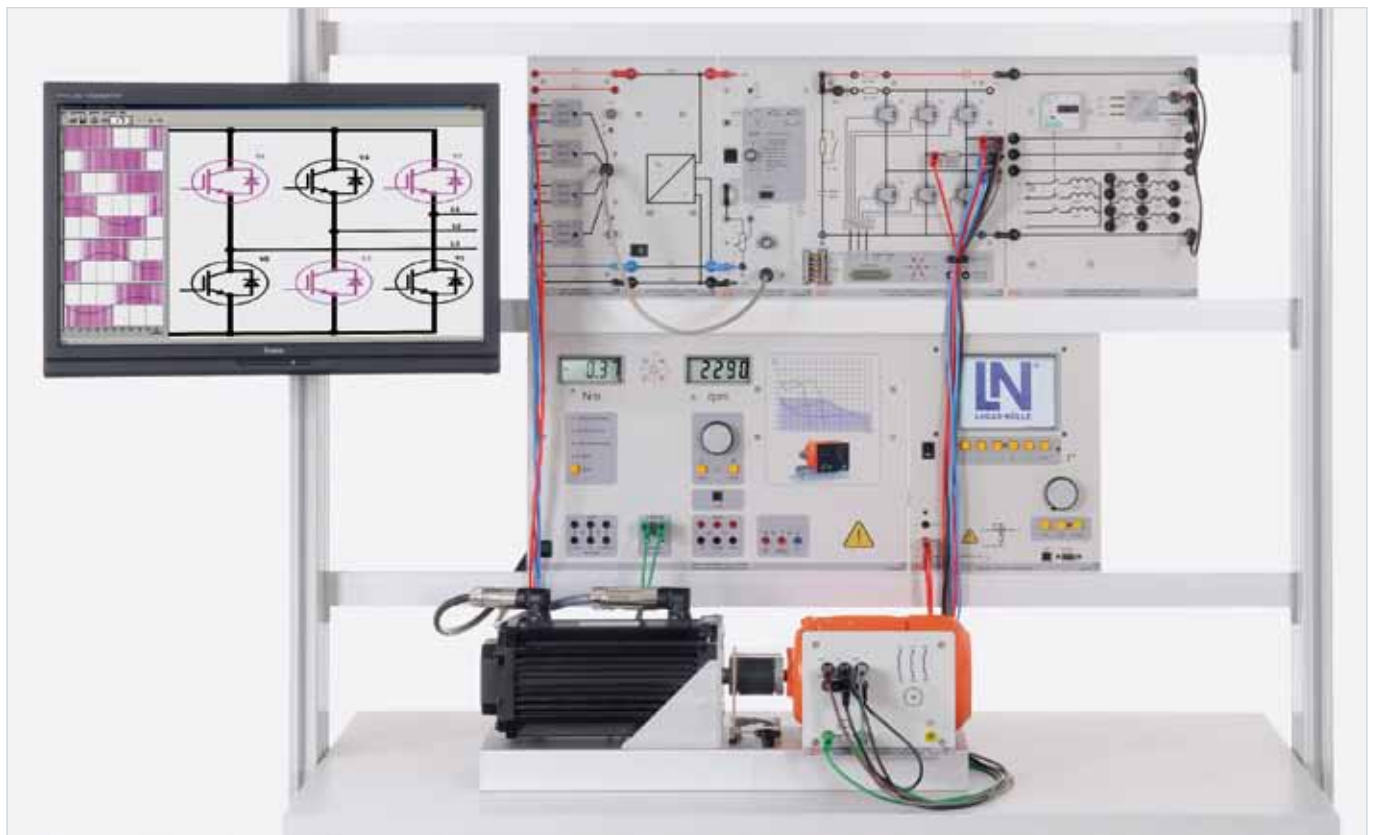
- Régulation de la vitesse de rotation en mode à un et à quatre quadrants avec et sans réglage de courant en cascade
- Régulation de la vitesse de rotation, régulation du courant, régulation en cascade, régulation adaptative
- Analyse et paramétrage assistés par ordinateur des systèmes et régulateurs
- Régulation de la vitesse de rotation P, PI et PID
- Optimisation du régulateur



# Convertisseurs de fréquence avec moteur asynchrone triphasé

## Redresseur (commuté par le réseau) – Circuit intermédiaire – Onduleur – Moteur

De nos jours, les convertisseurs de fréquence permettent un réglage pratiquement sans perte des moteurs asynchrones triphasés avec rotor en court-circuit. Associée au convertisseur de fréquence peu coûteux et techniquement mûri, la structure robuste du moteur permet des possibilités d'emploi les plus diverses.



Exemple d'expérience « Convertisseurs de fréquence avec moteur asynchrone triphasé EPE 26 »

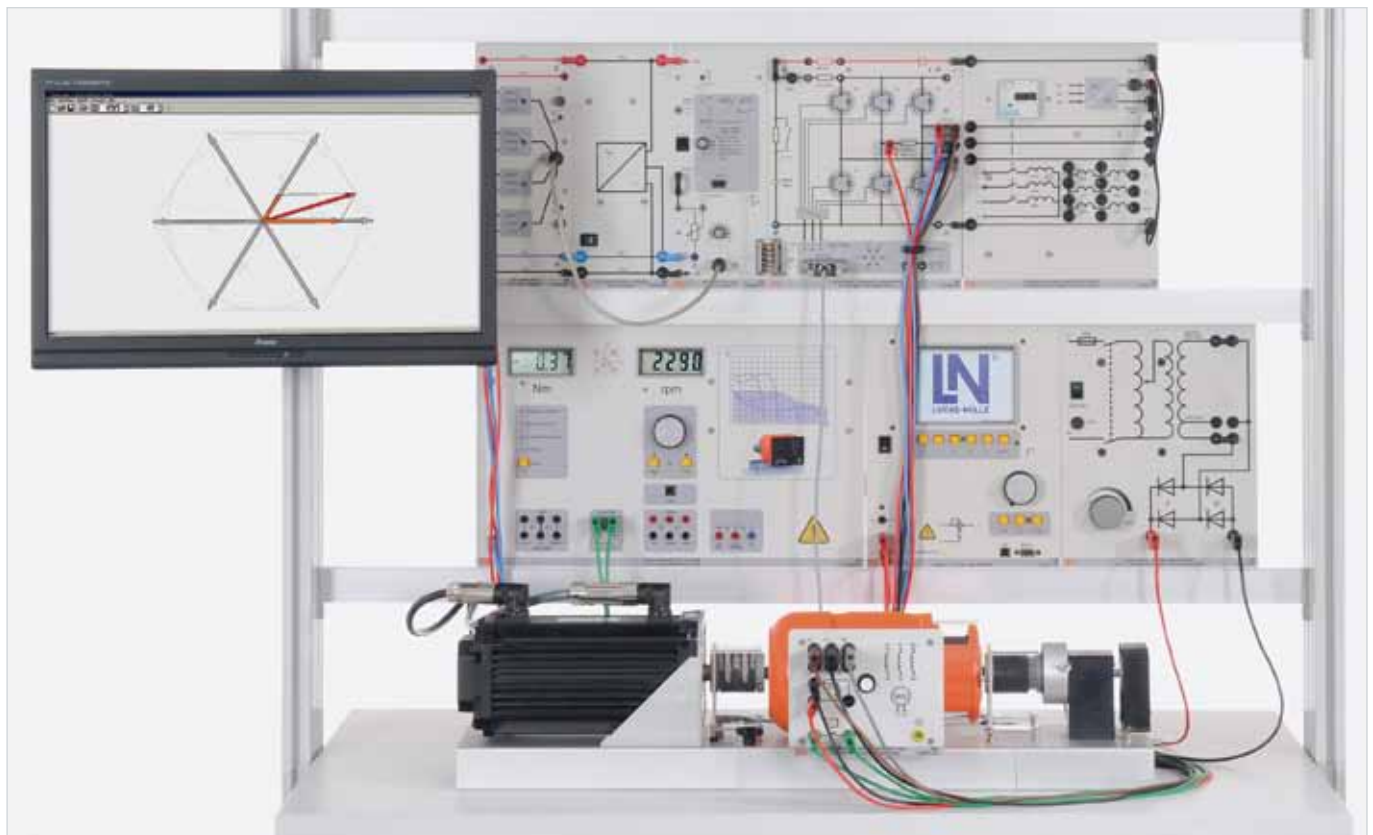
### Contenus didactiques

- Étude de convertisseurs avec contrôle de tension et de fréquence
- Étude de convertisseurs avec modulation à vecteur spatial
- Analyse du rapport de tension et de fréquence
- Compensation de la résistance de stator
- Étude de l'entraînement du convertisseur
- Paramétrage et animation assistés par ordinateur

# Machine synchrone à commutation électronique

## Commutation par la charge

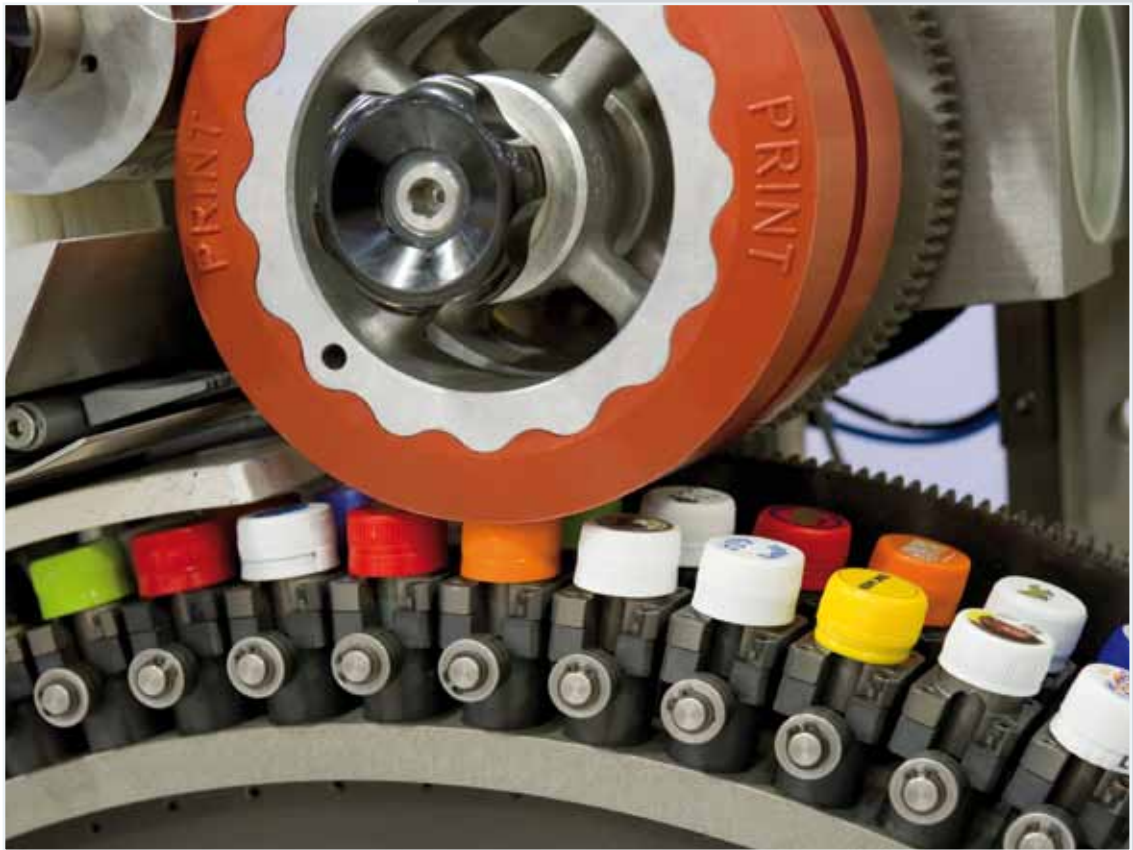
La machine synchrone à commutation électronique constitue une forme spéciale des machines synchrones. Elle fonctionne avec une fréquence variable depuis un convertisseur de tension. En revanche, par la rétroaction de la position du rotor, elle reçoit le comportement du régime et du couple d'une machine shunt à courant continu à excitation externe. La commutation sans usure via l'électronique de puissance est un avantage indéniable.



Exemple d'expérience « Machine synchrone à commutation électronique EPE 27 »

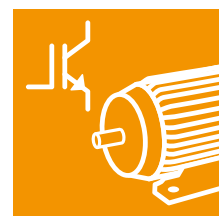
### Contenus didactiques

- Principe du fonctionnement d'un servomoteur avec commutation électronique
- Analyse de la modulation à vecteur spatial à champ orienté
- Étude de systèmes de coordonnées et de capteurs
- Paramétrage et animation assistés par ordinateur



# Entraînements industriels

Paramétrage de composants industriels .....	74
Démarrage en douceur avec des machines triphasées .....	76
Commandes avec convertisseur de fréquence .....	77
Projet sur le câblage industriel d'entraînements à convertisseurs de fréquence .....	78
Commande de systèmes d'entraînement électriques .....	79
Positionnement avec entraînements asservis synchrones .....	80
Relais de gestion de moteur .....	81



# Entraînements industriels

## Paramétrage de composants industriels

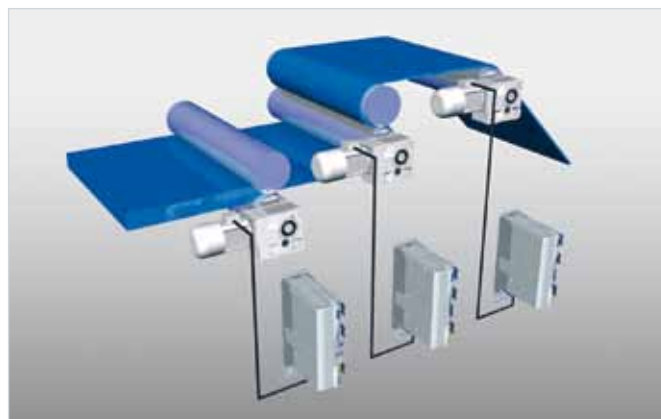
Le monde technique d'aujourd'hui n'est plus pensable sans entraînements électriques réglables. Leur champ d'application s'étend des entraînements spéciaux de grande puissance aux entraînements de déplacement, aux machines-outils et aux machines de production, en passant par les applications dans le domaine automobile. Contrairement aux entraînements didactiques, les systèmes d'apprentissage sont dotés d'appareils industriels. La priorité est donnée à la manipulation et au paramétrage d'appareils industriels réalistes.





### Composants industriels

L'emploi de composants industriels de fabricants renommés, tels Lenze ou Siemens, permet le transfert direct des acquis dans la pratique industrielle. Les désignations de toutes les connexions sortantes correspondent à celles des appareils industriels. Les exercices et les projets sont accompagnés par des instructions d'utilisation et des logiciels industriels.



### Application dans de nombreux secteurs

Les interfaces de bus de terrain sur des convertisseurs de fréquence, les servocommandes et les relais de gestion de moteur permettent un emploi dans de nombreux secteurs de l'automatisme. Les entraînements peuvent être contrôlés via API et commandés par des HMI (interfaces homme-machine). Les valeurs de processus types, les dérangements et les modules de commande peuvent ainsi être visualisés clairement.



### Systèmes d'apprentissage

Nos systèmes sur les entraînements industriels couvrent les thèmes suivants :

- Démarreurs en douceur
- Entraînements à convertisseur de fréquence
- Servocommandes
- Relais de gestion de moteur



# Démarrage en douceur avec des machines triphasées

## Réduction des courants de démarrage élevés

Lors de du démarrage, la coupure de phase ascendante permet aux démarreurs en douceur de réduire la tension du moteur. Le courant de démarrage diminue proportionnellement à la tension des bornes. L'élément de puissance d'un démarreur en douceur est généralement constitué de deux thyristors antiparallèles par phase. Pour maintenir les pertes et ainsi la chaleur dissipée aussi faibles que possible, les semi-conducteurs de puissance sont pontés après la phase de démarrage par un contacteur de puissance intégré.



Classes  
300 W et 1 kW

Exemple d'expérience « Démarrage en douceur avec des machines triphasées EDT 17 »

### Contenus didactiques

- Mise en service
- Paramétrage de la rampe d'accélération / décélération et de la tension de démarrage
- Etude du cours et de la tension au démarrage
- Démarrage avec différentes charges
- Comparaison avec le démarrage en étoile-triangle

# Commandes avec convertisseur de fréquence

## L'entraînement à vitesse variable

Les convertisseurs de fréquence modernes transforment tout moteur standard quelconque à courant triphasé en un entraînement à vitesse réglable. La robustesse et la diffusion du moteur standard à courant triphasé ont apporté une large contribution au grand succès de la technologie électronique des systèmes d'entraînement à convertisseurs de fréquence. Par l'automatisation accrue des processus et ainsi par les exigences auxquelles sont soumis les entraînements, toujours plus de moteurs sont commandés par des convertisseurs de fréquence. La commande du régime permet de nos jours d'économiser une grande quantité d'énergie sur les pompes et climatiseurs.



Exemple d'expérience « Commandes avec convertisseur de fréquence EDT 25 »

### Contenus didactiques

- Mise en service assistée par ordinateur
- Paramétrage des valeurs de consigne, sens de rotation, fonction de démarrage, fréquence de commutation, valeurs limites, tension nominale, courant nominal, fréquence nominale, facteur de puissance, etc.
- Étude du comportement à l'exploitation en cas de charge avec des machines de travail
- Relevé de la courbe du régime et du couple sur quatre quadrants
- Optimisation de l'entraînement
- Exploitation avec hacheur de freinage
- Exploitation avec contrôle vectoriel

# Projet sur le câblage industriel d'entraînements à convertisseurs de fréquence

## Montage – Câblage industriel – Mise en service

Le système d'apprentissage « Travail de projet sur les convertisseurs de fréquence » offre aux apprenants une approche très réaliste du montage et du câblage de composants industriels dans une armoire électrique. L'emploi de convertisseurs de fréquence et de petites commandes associe idéalement les techniques d'entraînement et de commande. Ainsi est-il possible de monter, de paramétrer et de tester différents projets industriels types. L'emploi du banc d'essai de machines à servocommande permet de tester les projets dans des conditions très réalistes.



Exemple d'expérience « Projet sur le câblage industriel d'entraînements à convertisseurs de fréquence EPL 25 »



Éléments de commande

### Contenus didactiques

- Réalisation et analyse du plan de montage
- Montage et câblage de l'armoire électrique avec des composants industriels conformément aux normes CEM
- Mise en service
- Réception selon DIN EN
- Mesure du conducteur de protection
- Mesure d'isolement
- Paramétrage du convertisseur de fréquence
- Programmation de la commande LOGO!®

# Commande de systèmes d'entraînement électriques

## Lien entre la technique d'entraînement et la technique d'automatisation

Ce système didactique donne la priorité à la conception et à la programmation de l'API et du panneau opérateur ainsi qu'à la mise en service et au paramétrage du convertisseur de fréquence avec PROFIBUS-DP. Le servofrein sert à solliciter la machine d'entraînement commandée par le convertisseur de fréquence. Différentes machines de travail paramétrables (ventilateur, entraînement d'enroulement, calandre, compresseur et machine centrifuge) peuvent ainsi être simulées.



Exemple d'expérience « Commande de systèmes d'entraînement électriques CLP 20 »

### Contenus didactiques

- Paramétrage, programmation et mise en service d'un automate programmable industriel
- Conception et mise en service d'un panneau opérateur
- Paramétrage et mise en service d'un convertisseur de fréquence
- Conception et mise en service d'un système de bus de terrain
- Optimisation des paramètres sur différentes machines de travail réglables



# Positionnement avec entraînements asservis synchrones

## Toujours bien en place

De nos jours, les servocommandes sont généralement synonymes d'entraînements triphasés hautement dynamiques. Les servocommandes assument essentiellement des tâches de positionnement pour les machines-outils, les appareils de manutention ou les robots. Mais, de plus en plus, on les trouve dans des machines à imprimer, des installations de convoyage et des dispositifs de coupe, qui nécessitent un positionnement ou un synchronisme angulaire précis. Le servo-convertisseur, le moteur avec capteur et les éléments de transfert mécaniques constituent un système étroitement lié dont les composants doivent être adaptés pour former un ensemble.



Exemple d'expérience « Positionnement avec entraînements asservis synchrones EDT 32 »

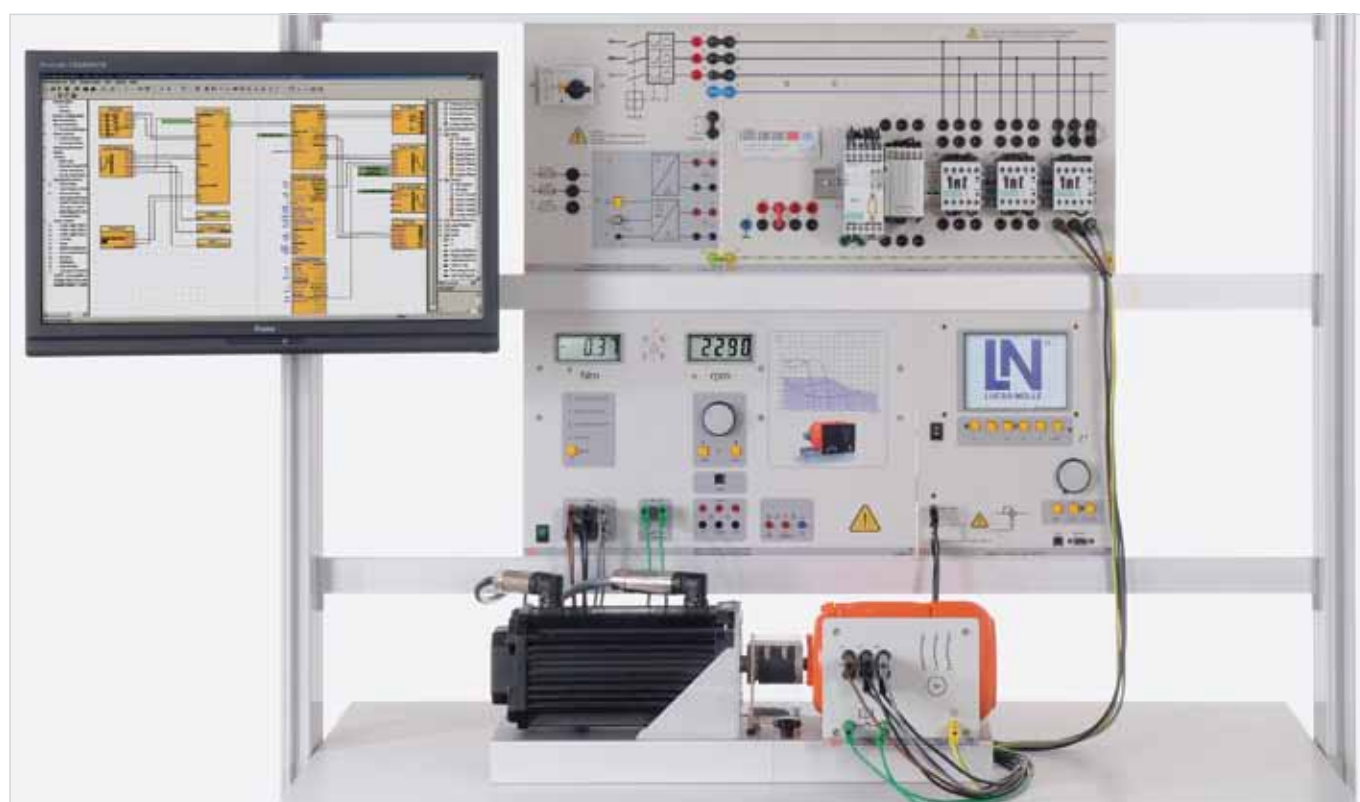
### Contenus didactiques

- Mise en service et paramétrage assistés par ordinateur d'une servocommande avec axe linéaire
- Commande de positionnement et de processus
- Paramétrage des régulateurs de position et de régime à l'aide d'un logiciel de paramétrage industriel simple
- Fonction de mouvement de référence
- Étude des effets de différentes positions des régulateurs sous différentes charges

# Relais de gestion de moteur

## Protection de moteur efficace – Maintenance préventive

Les systèmes de gestion de moteur employés dans les systèmes d'automatisation modernes permettent une protection, une commande et une surveillance optimales des entraînements et des installations. Ainsi par exemple est-il possible de saisir la température, la tension ou le courant du moteur. Le moteur devient plus transparent par son intégration à l'automatisation de processus prioritaire via des systèmes de bus de terrain (par ex. PROFIBUS). La sollicitation et la consommation d'énergie du moteur peuvent être déterminées sans mesure sur site.



Exemple d'expérience « Relais de gestion de moteur EDT 51 »

### Contenus didactiques

- Mise en service assistée par ordinateur
- Programmation des fonctions démarreur direct, démarrage en étoile-triangle, démarrage de moteurs à nombre de pôles variable, protection de moteur
- Paramétrage des grandeurs de surcharge et du composant au déclenchement avec différentes charges
- Mesure de processus dynamiques au démarrage
- Maintenance préventive

# Des avantages décisifs

... pour une satisfaction des clients à long terme



## **Georg Greshake, enseignant dans une école professionnelle à Essen (Allemagne) :**

« Je reste enthousiasmé par les systèmes d'apprentissage Lucas-Nülle consacrés à la technique d'entraînement. J'utilise le banc d'essai de machine à servocommande depuis plusieurs années déjà en formation mécatronique et je suis toujours très satisfait de la performance des appareils pendant les cours.

Nous venons de compléter les laboratoires et les ateliers de notre école avec des appareils de Lucas-Nülle. La qualité et le concept didactique proche de la pratique nous ont convaincus.

La large gamme de produits permet une planification systématique de la formation complète et l'initiation des élèves aux applications industrielles type. Le système modulaire est convaincant.

Avec UniTrain-I, les élèves acquièrent des bases importantes. Ensuite, ils passent au système à plaques. Le banc d'essai de machines à servocommande reproduit le standard industriel de façon vraiment impressionnante.

Il simule avec une grande fidélité une énorme palette de machines de charge. Les élèves peuvent même effectuer tout seuls des essais de démarrage sur les moteurs. Ils atteignent ainsi un niveau d'apprentissage élevé qui leur facilite l'expérimentation autonome.

Par la suite, nos élèves peuvent reporter toute leur expérience acquise pendant le cours dans le quotidien professionnel de l'entreprise formatrice. »

# L'ensemble est plus qu'un assemblage de ses composants

## Le conseil personnalisé chez Lucas-Nülle

**Vous souhaitez obtenir des conseils détaillés ou une offre concrète taillée sur mesure ?**

**Vous pouvez nous contacter par**

Téléphone : +49 2273 567-0

Fax : +49 2273 567-39

**Lucas-Nülle est synonyme de systèmes d'apprentissage taillés sur mesure pour la formation professionnelle dans les domaines suivants :**



Technique d'installation électrique



Électropneumatique, Hydraulique



Technique d'énergie électrique



Technique de mesure



Électronique de puissance, machines électriques, technique d'entraînement



Micro-ordinateur



Notions de base de l'électrotechnique et l'électronique



Automatisme



Technique de communication



Technique automobile



Technique de régulation



Systèmes de laboratoire

**Demandez des informations détaillées en vous servant des contacts ci-dessus.**

**Nos collaborateurs vous aideront volontiers !**

**Vous trouverez également des informations complémentaires sur nos produits sur nos sites Internet :**

**[www.lucas-nuelle.fr](http://www.lucas-nuelle.fr)**

## Lucas-Nülle Lehr- und Meßgeräte GmbH

Siemensstraße 2 · D-50170 Kerpen-Sindorf  
Téléphone : +49 2273 567-0 · Fax : +49 2273 567-39  
[www.lucas-nuelle.com](http://www.lucas-nuelle.com)

