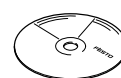


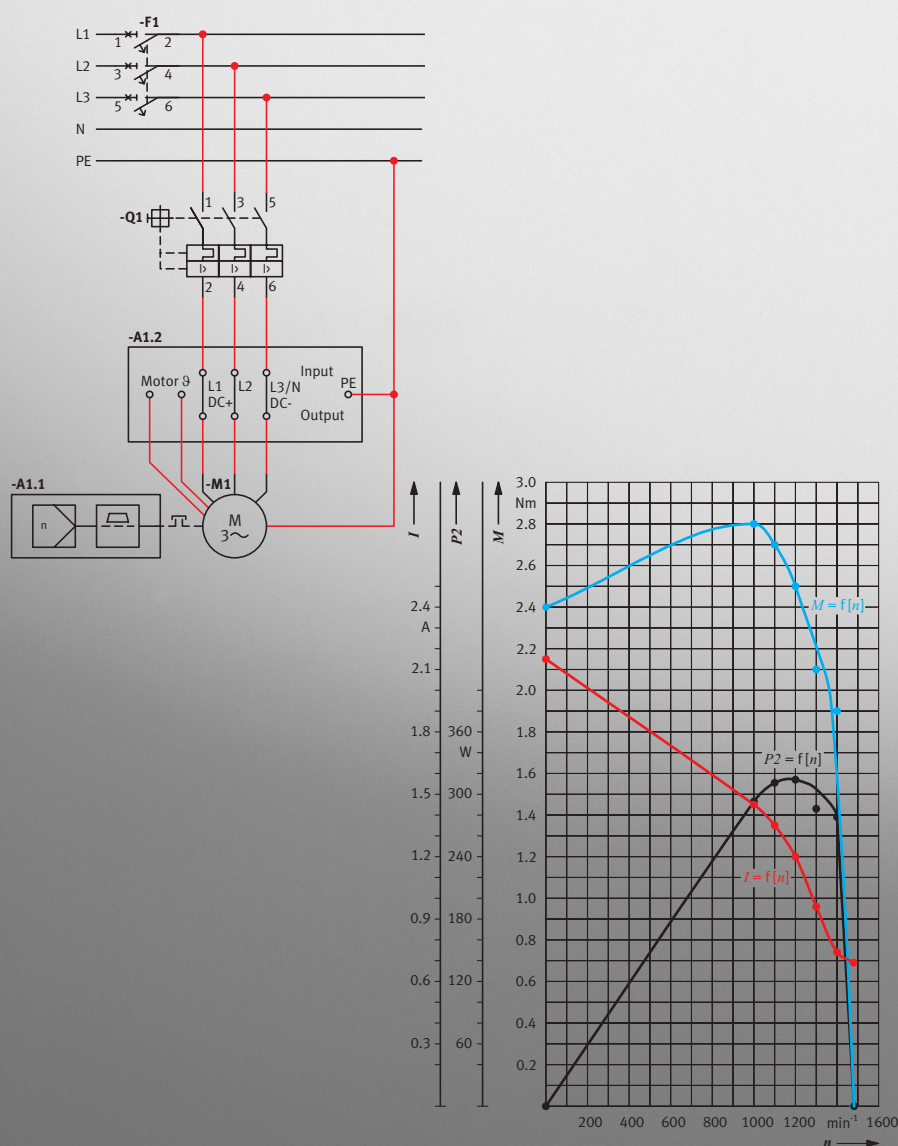
# Bases des machines à courant triphasé

**FESTO**

Livre d'exercices



Avec CD-ROM



Référence : 571803  
Situation : 08/2011  
Auteur : Jürgen Stumpp  
Rédaction : Frank Ebel  
Graphiques : Anika Kuhn, Jürgen Stumpp  
Lay-out : 11/2011, Frank Ebel

© Festo Didactic GmbH & Co. KG, 73770 Denkendorf, Allemand, 2013

Internet : [www.festo-didactic.com](http://www.festo-didactic.com)

E-mail : [did@de.festo.com](mailto:did@de.festo.com)

Toute communication ou reproduction de ce document, toute exploitation ou communication de son contenu sont interdites, sauf autorisation expresse. Tout manquement à cette règle est illicite et expose son auteur au versement de dommages et intérêts. Tous droits réservés, particulièrement le droit de déposer des modèles d'utilité ou des modèles de présentation. L'acheteur obtient un droit d'utilisation simple, non exclusif, non limité dans le temps et restreint géographiquement au site /siège de l'acheteur comme suit. L'acheteur est autorisé à utiliser les contenus de l'ouvrage pour la formation continue du personnel du site et à utiliser aussi des éléments du contenu pour la réalisation de son propre matériel de formation continue du personnel de son site, à condition d'en mentionner la source, et à les dupliquer pour la formation continue sur le site. Pour les écoles/universités et centres de formation, ce droit d'utilisation englobe l'utilisation durant les cours par les élèves, stagiaires et étudiants du site.

En est exclu dans tous les cas le droit de publication ainsi que de chargement et d'utilisation sur intranet ou Internet ou sur plateformes LMS et bases de données telles que Moodle qui permettent à un grand nombre d'utilisateurs d'y accéder en dehors du site de l'acheteur.

Tous les autres droits de transmission, de reproduction, de duplication, d'édition, de traduction, de microfilmage ainsi que le transfert, le stockage et le traitement intégral ou partiel sur des systèmes électroniques présupposent l'accord préalable de Festo Didactic GmbH & Co. KG.

## Table des matières

<b>Usage normal</b>	IV
<b>Avant-propos</b>	V
<b>Introduction</b>	VII
<b>Instructions et consignes de sécurité</b>	VIII
<b>Ensemble de formation « Bases des machines à courant triphasé »</b>	IX
Objectifs pédagogiques	X
Correspondance entre objectifs pédagogiques et travaux pratiques	XI
Composants	XIII
Notes à l'intention de l'enseignant ou du formateur	XV
Structure des travaux pratiques	XVI
Désignation des composants	XVI
Contenu du CD-ROM	XVII

### Travaux pratiques et corrigés

Aperçu des machines à courant alternatif	3
TP 1 : Bases du moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit	5
TP 2 : Moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit : mesures et calculs sous différentes charges	15
TP 3 : Moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit : mesures à l'aide du logiciel DriveLab	29
TP 4 : Bases du moteur synchrone triphasé	43
TP 5 : Moteur synchrone triphasé à vide et sous différentes charges	49
TP 6 : Moteur synchrone triphasé à vide et sous différentes charges : mesure à l'aide du logiciel DriveLab	59

### Travaux pratiques et fiches de travail

Aperçu des machines à courant alternatif	3
TP 1 : Bases du moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit	5
TP 2 : Moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit : mesures et calculs sous différentes charges	15
TP 3 : Moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit : mesures à l'aide du logiciel DriveLab	29
TP 4 : Bases du moteur synchrone triphasé	43
TP 5 : Moteur synchrone triphasé à vide et sous différentes charges	49
TP 6 : Moteur synchrone triphasé à vide et sous différentes charges : mesure à l'aide du logiciel DriveLab	59

## Usage normal

L'ensemble de formation « Bases des machines à courant triphasé » ne doit s'utiliser que

- pour l'usage auquel il est destiné, c'est-à-dire dans le cadre de l'enseignement et de la formation, et
- en parfait état sur le plan de la sécurité.

Les composants de l'ensemble de formation sont construits conformément à l'état de l'art et aux règles techniques reconnues en matière de sécurité. Une utilisation non conforme peut néanmoins mettre en danger la vie et la santé de l'utilisateur ou de tiers ainsi qu'affecter l'intégrité des composants.

Le système de formation de Festo Didactic est exclusivement destiné à la formation initiale et continue dans le domaine de l'automatisation et de la technique. Il incombe à l'établissement de formation et/ou aux formateurs de faire respecter par les étudiants les consignes de sécurité décrites dans le présent manuel de travaux pratiques.

Festo Didactic décline par conséquent toute responsabilité pour les dommages causés aux étudiants, à l'établissement de formation et/ou à des tiers du fait de l'utilisation de ce jeu d'équipement en dehors du contexte d'une pure formation, à moins que ces dommages ne soient imputables à une faute intentionnelle ou à une négligence grossière de Festo Didactic.

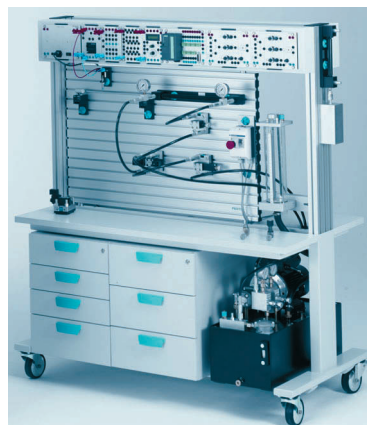
## Avant-propos

Le système de formation « Automatisation et Technique » de Festo Didactic part de différents niveaux d'accès à la formation et objectifs professionnels. C'est dans cette optique qu'est structuré le système de formation :

- ensembles de formation axés sur les technologies ;
- mécatronique et automatisation d'usine ;
- automatisation de process et technique de régulation ;
- robotique mobile ;
- usines-écoles hybrides.

Le système de formation « Automatisation et Technique » fait régulièrement l'objet de mises à jour et extensions au fil des évolutions enregistrées dans le domaine de la formation et des techniques.

Les ensembles de formation technologique se penchent sur les technologies suivantes : pneumatique, électropneumatique, hydraulique, électrohydraulique, hydraulique proportionnelle, automates programmables, capteurs, électricité et actionneurs électriques.



La structure modulaire du système de formation permet de réaliser des applications allant au-delà des limites des différents ensembles. Par exemple, il est possible de commander par automate programmable des actionneurs pneumatiques, hydrauliques et/ou électriques.

Tous les ensembles de formation se composent des éléments suivants :

- matériel ;
- Supports
- séminaires.

### **Matériel**

Le matériel des ensembles de formation est constitué de composants industriels et systèmes adaptés à une approche didactique. Le choix et l'exécution des composants faisant partie des ensembles de formation sont spécialement adaptés aux projets des supports d'accompagnement.

### **Supports**

Les supports dédiés aux différents domaines de spécialité sont de deux types : didactiques et logiciels. Les supports didactiques, axés sur la pratique, comprennent :

- manuels de fond et de cours (ouvrages standard de dispense de connaissances fondamentales) ;
- manuels de travaux pratiques (avec explications complémentaires et corrigés types) ;
- lexiques, manuels, ouvrages spécialisés (donnant des informations plus détaillées sur des thèmes à approfondir) ;
- jeux de transparents et vidéos (permettant d'illustrer et de rendre plus vivant l'enseignement) ;
- posters (pour la visualisation de sujets plus complexes).

Dans le domaine du logiciel, des programmes sont disponibles pour les applications suivantes :

- didacticiels (présentation pédagogique et multimédia de contenus de formation) ;
- logiciels de simulation ;
- logiciels de visualisation ;
- logiciels de mesure ;
- logiciels de conception et de configuration ;
- logiciels de programmation d'automates programmables industriels.

Les supports destinés aux formateurs et aux étudiants sont disponibles en plusieurs langues. Ils sont conçus pour l'enseignement, mais se prêtent aussi à l'autoformation.

### **Séminaires**

Un large éventail de séminaires consacrés aux contenus des ensembles de formation complète l'offre de formation initiale et continue.

Vous avez des suggestions ou des critiques à propos de ce manuel ?

N'hésitez pas à nous en faire part par courriel à : [did@de.festo.com](mailto:did@de.festo.com)

Les auteurs et Festo Didactic vous en remercient d'avance.

## Introduction

Le présent manuel de travaux pratiques fait partie du système de formation « Automatisation et Technique » de la société Festo Didactic GmbH & Co. KG. Ce système constitue une solide base de formation initiale et continue axée sur la pratique. L'ensemble de formation TP 1410 « Servomoteur-frein » traite des thèmes suivants :

- bases des machines à courant continu ;
- bases des machines à courant alternatif ;
- bases des machines à courant triphasé.

Le manuel de travaux pratiques « Bases des machines à courant triphasé » constitue une initiation aux machines électriques alimentées en courant triphasé. Il dispense des connaissances sur la structure, le raccordement et les domaines d'application. Dans les projets, les machines sont soumises à différentes situations de charge simulées afin d'évaluer expérimentalement leurs possibilités.

Les conditions techniques nécessaires à la réalisation des montages sont les suivantes :

- un poste de travail de laboratoire doté d'un cadre A4 ;
- le jeu d'équipement TP 1410 « Servomoteur-frein » ;
- un branchement au secteur 400 V AC ;
- un moteur asynchrone triphasé ;
- une machine synchrone triphasée ;
- des composants de commande des machines électriques et
- des câbles de laboratoire sécurisés.

Le jeu d'équipement TP 1410 et les moteurs triphasés permettent de réaliser les montages complets des travaux pratiques.

Des fiches techniques des différents composants (moteurs asynchrones triphasés, machines synchrones triphasées, etc.) sont en outre disponibles.

# Instructions et consignes de sécurité



## Généralités

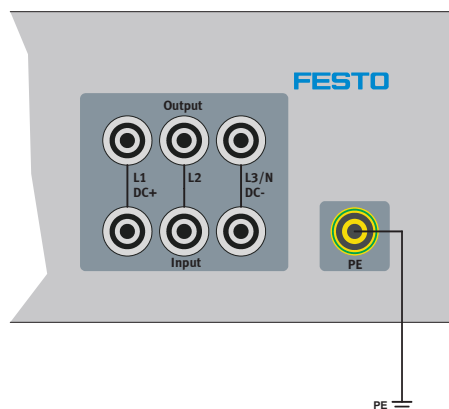
- Les étudiants ne doivent travailler sur les montages que sous la surveillance d'une formatrice ou d'un formateur.
- Respectez les indications données dans les fiches techniques des différents composants, en particulier toutes les consignes de sécurité !
- La formation ne doit être à l'origine d'aucune panne susceptible d'affecter la sécurité ; les pannes éventuelles doivent être immédiatement éliminées.

## Mécanique

- Montez tous les composants prévus dans le cadre A4.
- Notez les indications concernant l'implantation des composants.

## Électricité

- Le système servomoteur-frein (banc d'essai de moteurs) ne doit être mis en service qu'avec un conducteur de protection supplémentaire.



- Reliez toujours le thermocontact du moteur à l'entrée « ∅ moteur » du banc d'essai.
- N'effectuez les branchements et débranchements électriques qu'en l'absence de tension !
- N'utilisez pour les branchements électriques que des câbles de liaison dotés de connecteurs de sécurité.
- Pour débrancher les câbles de liaison, tirez sur les connecteurs, pas sur les câbles.



## Ensemble de formation « Bases des machines à courant triphasé »

Cette partie de l'ensemble de formation TP 1410 a pour objet les bases des machines à courant triphasé. Certains composants de l'ensemble de formation TP 1410 peuvent aussi faire partie intégrante d'autres ensembles.

### Composants importants du TP 1410

- Poste de travail stable à cadre A4
- Jeux d'équipement ou composants discrets (moteur asynchrone triphasé, moteur synchrone triphasé)
- Câbles de laboratoire sécurisés
- Équipements complets de laboratoire

### Supports

Les supports associés à l'ensemble de formation TP 1410 comprennent des manuels de travaux pratiques. Les manuels de travaux pratiques contiennent les fiches de travail de chacun des TP, le corrigé de chaque fiche de travail et un CD-ROM. Ce dernier comporte un jeu de fiches de TP et de fiches de travail prêtes à l'emploi.

Des fiches techniques des composants matériels sont mises à disposition avec l'ensemble de formation.

Supports	
Manuel de travaux pratiques	Bases des machines à courant continu Bases des machines à courant alternatif Bases des machines à courant triphasé
Didacticiels	WBT Actionneurs électriques 1 WBT Actionneurs électriques 2

Aperçu des supports associés à l'ensemble de formation TP 1410

Le logiciel disponible pour l'ensemble de formation TP 1410 comprend les didacticiels « Actionneurs électriques 1 » et « Actionneurs électriques 2 ». Ces didacticiels abordent en détail les bases des actionneurs électriques. Les contenus sont abordés à la fois du point de vue systématique et en référence aux applications, sous la forme d'exemples pratiques.

Vous trouverez d'autres moyens de formation dans nos catalogues et sur Internet. Le système de formation « Automatisation et Technique » fait régulièrement l'objet de mises à jour et extensions. Les jeux de transparents, vidéos, CD-ROM, DVD et didacticiels ainsi que les autres ressources sont proposés en plusieurs langues.

## Objectifs pédagogiques

### ■ Bases du moteur asynchrone à courant triphasé

- Connaître la structure d'un moteur asynchrone à rotor en court-circuit.
- Connaître le bornier du moteur et ses désignations.
- Connaître l'implantation des cavaliers sur le bornier du moteur pour le montage en étoile et le montage en triangle.
- Connaître la différence qui existe en pratique entre montage en étoile et montage en triangle.
- Connaître le principe du moteur triphasé.
- Connaître la signification de la notion de moteur asynchrone.
- Connaître le comportement au démarrage du moteur triphasé.
- Connaître l'inversion du sens de rotation sur un moteur triphasé.
- Connaître les possibilités de modifier la vitesse de rotation sur un moteur triphasé.
- Connaître le montage de mesure permettant de relever point par point des caractéristiques de charge à l'aide d'un wattmètre monophasé et d'un wattmètre triphasé.
- Connaître les conditions nécessaires à la mise en service du moteur à vide.
- Connaître la mise en service du moteur sous différentes charges.
- Connaître la détermination par le calcul de la puissance apparente et de la puissance active délivrée.
- Connaître la création d'un diagramme représentant les caractéristiques de charge du moteur.
- Connaître la détermination par le calcul de la puissance réactive, du rendement et du facteur de puissance.
- Connaître l'analyse des caractéristiques de charge à l'aide des valeurs calculées.
- Connaître les spécifications des couples du moteur et de son comportement au démarrage.

### ■ Bases du moteur synchrone à courant triphasé

- Connaître la structure et le mode de fonctionnement d'un moteur synchrone à courant triphasé.
- Connaître l'aide au démarrage du moteur synchrone.
- Connaître la signification de la notion de moteur synchrone.
- Connaître l'implantation des cavaliers sur le moteur pour le montage en étoile et le montage en triangle.
- Connaître l'implantation des cavaliers sur le moteur pour un réseau triphasé à 230 V/400 V.
- Connaître l'inversion du sens de rotation sur un moteur synchrone.
- Connaître les possibilités de modifier la fréquence de rotation sur un moteur synchrone.
- Connaître la problématique du réglage de la tension d'excitation.
- Connaître la problématique du démarrage de gros moteurs synchrones.
- Connaître le montage de mesure à vide du moteur synchrone.
- Connaître la mise en service du moteur synchrone à vide.
- Connaître la réalisation d'une mesure permettant de représenter la sous-excitation et la surexcitation.
- Connaître la représentation d'une caractéristique pour la sous-excitation et la surexcitation.
- Connaître la signification de la sous-excitation et de la surexcitation.
- Connaître la commande de la puissance réactive par le courant d'excitation sous différentes charges.
- Connaître la représentation des caractéristiques pour la commande de la puissance réactive par le courant d'excitation.
- Connaître l'analyse des caractéristiques avec puissances réactives capacitive et inductive.

### ■ Utilisation du système servomoteur-frein et du logiciel DriveLab

- Connaître l'utilisation du système servomoteur-frein et du logiciel DriveLab.
- Connaître le raccordement et la mise en service des moteurs avec le système servomoteur-frein et le logiciel DriveLab.
- Connaître l'interface de programmation du logiciel DriveLab.
- Connaître la sélection et la modification des grandeurs à mesurer sur l'axe X et l'axe Y.
- Connaître l'adaptation de la couleur et du style des courbes de mesure.
- Connaître le réglage de la fréquence de rotation et du couple par l'ordinateur.
- Connaître la préparation et le lancement d'une mesure par l'ordinateur.
- Connaître l'ajout d'un nouveau moteur à la bibliothèque des moteurs.
- Connaître le relevé et la documentation de caractéristiques de charge par l'ordinateur.

## Correspondance entre objectifs pédagogiques et travaux pratiques

TP	1	2	3	4	5	6
Objectif pédagogique						
Connaître la structure d'un moteur asynchrone à rotor en court-circuit.	•					
Connaître le bornier du moteur et ses désignations.	•					
Connaître l'implantation des cavaliers sur le bornier du moteur pour le montage en étoile et le montage en triangle.	•					
Connaître la différence qui existe en pratique entre montage en étoile et montage en triangle.	•					
Connaître le principe du moteur triphasé.	•					
Connaître la signification de la notion de moteur asynchrone.	•					
Connaître le comportement au démarrage du moteur triphasé.	•					
Connaître l'inversion du sens de rotation sur un moteur triphasé.	•					
Connaître les possibilités de modifier la vitesse de rotation sur un moteur triphasé.	•					
Connaître l'utilisation du système servomoteur-frein et du logiciel DriveLab.		•				
Connaître le montage de mesure permettant de relever point par point des caractéristiques de charge à l'aide d'un wattmètre monophasé et d'un wattmètre triphasé.		•				
Connaître les conditions nécessaires à la mise en service du moteur à vide.		•				
Connaître la mise en service du moteur sous différentes charges.		•				
Connaître la détermination par le calcul de la puissance apparente et de la puissance active délivrée.		•				
Connaître la création d'un diagramme représentant les caractéristiques de charge du moteur.		•				
Connaître la détermination par le calcul de la puissance réactive, du rendement et du facteur de puissance.		•				
Connaître l'analyse des caractéristiques de charge à l'aide des valeurs calculées.		•				
Connaître les spécifications des couples du moteur et de son comportement au démarrage.		•				

TP	1	2	3	4	5	6
<b>Objectif pédagogique</b>						
Connaître l'utilisation du système servomoteur-frein et du logiciel DriveLab.			•			•
Connaître le raccordement et la mise en service du moteur avec le banc d'essai et le logiciel DriveLab.			•			•
Connaître l'interface de programmation du logiciel DriveLab.			•			•
Connaître la sélection et la modification des grandeurs à mesurer sur l'axe X et l'axe Y.			•			•
Connaître l'adaptation de la couleur et du style des courbes de mesure.			•			•
Connaître le réglage de la fréquence de rotation et du couple par l'ordinateur.			•			•
Connaître la préparation et le lancement d'une mesure par l'ordinateur.			•			•
Connaître l'ajout d'un nouveau moteur à la bibliothèque des moteurs.			•			•
Connaître le relevé et la documentation de caractéristiques de charge par l'ordinateur.			•			•
Connaître la structure et le mode de fonctionnement d'un moteur synchrone triphasé.				•		
Connaître l'aide au démarrage du moteur synchrone.				•		
Connaître la signification de la notion de moteur synchrone.				•		
Connaître l'implantation des cavaliers sur le bornier du moteur pour le montage en étoile et le montage en triangle.				•		
Connaître l'implantation des cavaliers sur le bornier du moteur pour un réseau triphasé à 230 V/400 V.				•		
Connaître l'inversion du sens de rotation sur un moteur synchrone.				•		
Connaître les possibilités de modifier la fréquence de rotation sur un moteur synchrone.				•		
Connaître la problématique du réglage de la tension d'excitation.				•		
Connaître la problématique du démarrage de gros moteurs synchrones.				•		
Connaître le montage de mesure à vide du moteur synchrone.					•	
Connaître la mise en service du moteur synchrone à vide.					•	
Connaître la réalisation d'une mesure permettant de représenter la sous-excitation et la surexcitation.					•	
Connaître la représentation d'une caractéristique pour la sous-excitation et la surexcitation.					•	
Connaître la signification de la sous-excitation et de la surexcitation.					•	
Connaître la commande de la puissance réactive par le courant d'excitation sous différentes charges.					•	
Connaître la représentation des caractéristiques pour la commande de la puissance réactive par le courant d'excitation.					•	
Connaître l'analyse des caractéristiques avec puissances réactives capacitive et inductive.					•	

## Composants

Les composants de l'ensemble de formation « Bases des machines à courant triphasé » dispensent des connaissances sur la structure, le raccordement et les domaines d'application des machines à courant triphasé. La réalisation de montages opérationnels exige en outre un poste de travail de laboratoire, équipé en option d'un cadre A4, le jeu d'équipement TP 1410 « Système servomoteur-frein », une alimentation en tension alternative de 400 V et des organes de commande des machines électriques.

### ■ Jeu d'équipement TP 1410 « Système servomoteur-frein »

Composant	Référence	Quantité
Système servomoteur-frein	571870	1

### ■ Machines électriques « Bases des machines à courant triphasé »

Composant	Référence	Quantité
Moteur asynchrone triphasé 400 V/690 V	571875	1
Machine synchrone	572095	1

### ■ Organes de commande des machines électriques

Composant	Référence	Quantité
Alimentation triphasée EduTrainer	571812	1
Bloc d'alimentation 24 V EduTrainer	571813	1
Platine de contacteurs EduTrainer	571814	1
Jeu de contacteurs moteurs	571816	1
Panneau de commande et de signalisation EduTrainer	571815	1

## Symboles graphiques du jeu d'équipement

Composant	Symbole graphique
Moteur asynchrone à courant triphasé à rotor à cage (rotor en court-circuit)	
Moteur asynchrone à courant triphasé à rotor à bagues	
Machine synchrone triphasée	

## Notes à l'intention de l'enseignant ou du formateur

### Objectifs de formation

L'objectif général du présent manuel de travaux pratiques est de faire connaissance avec les bases des machines à courant triphasé. Cette interaction directe entre théorie et pratique est le garant de progrès rapides et durables. Les objectifs pédagogiques spécifiques sont documentés dans la matrice, Des objectifs pédagogiques plus concrets sont affectés à chaque travail pratique.

### Temps alloué

Le temps nécessaire à la réalisation d'un TP dépend des connaissances préalables de l'étudiant. Étudiants des métiers de l'électricité : 3 jours environ. Ouvriers professionnels : 1 jour environ.

### Composants

Manuel de travaux pratiques et composants sont harmonisés. Pour 3 TP, il vous faut un moteur asynchrone triphasé, pour 3 autres, une machine synchrone.

### Normes

Le présent manuel de travaux pratiques applique les normes suivantes :

EN 60617-2 à

EN 60617-8 : Symboles graphiques pour schémas

EN 81346-2 : Systèmes industriels, installations et appareils, et produits industriels ;

principes de structuration et désignations de référence

### Repérage dans le manuel de travaux pratiques

Le texte des corrigés et les compléments donnés dans les graphiques ou diagrammes sont repérés en rouge.

### Repérage dans les fiches de travail

Les textes à compléter sont repérés par des lignes d'écriture ou des cases grisées dans les tableaux.

Les graphiques à compléter sont sur fond tramé.

### Notes à l'intention de l'enseignant

Des informations complémentaires sont ici données sur les différents composants et circuits ou montages. Ces indications ne figurent pas dans les fiches de travail.

### Filières

La matrice suivante représente la correspondance entre les filières des établissements de formation professionnelle et le thème de formation aux « Bases des machines à courant triphasé » pour un certain nombre de métiers.

Métier	Thème
Électronicien/ne en automatisation	Analyse de systèmes électrotechniques et contrôle de fonctions
	Analyse et adaptation de commandes
	Analyse d'installations et contrôle de leur sécurité
Mécatronicien/nne	Installation d'équipements électriques compte tenu des aspects sécurité
	Étude des flux d'énergie et d'information dans des modules électriques, pneumatiques et hydrauliques
	Réalisation de sous-systèmes mécatroniques
	Mise en service, dépannage et remise en état

## Structure des travaux pratiques

Tous les exercices ont la même structure méthodologique. Ils se divisent en :

- titre ;
- objectifs de formation ;
- problème ;
- schéma d'implantation ;
- commande de projet ;
- aides ;
- fiches de travail.

Le manuel de travaux pratiques contient le corrigé de chacune des fiches de travail.

## Désignation des composants

La désignation des composants représentés dans les schémas s'inspire de la norme NF EN 81346-2. Des lettres sont attribuées en fonction du composant. Les composants existant en plusieurs exemplaires dans un circuit sont numérotés en continu.

Relais :	-K, -K1, -K2, ...
Interrupteurs/Boutons-poussoirs :	-S, -S1, -S2, ...
Contacteurs :	-Q, -Q1, -Q2, ...
Fusibles :	-F, -F1, -F2, ...
Auxiliaires de signalisation :	-P, -P1, -P2, ...



## Contenu du CD-ROM

Le manuel de travaux pratiques figure sous forme de fichier pdf sur le CD-ROM fourni. Celui-ci met en outre à votre disposition d'autres supports.

Le CD-ROM comporte les dossiers suivants :

- notices d'utilisation ;
- illustrations ;
- fiches techniques.

### **Notices d'utilisation**

Des notices d'utilisation sont ici disponibles pour différents composants de l'ensemble de formation. Elles aident à mettre en service et à utiliser les composants.

### **Illustrations**

Des photos et graphiques de composants et applications industrielles sont ici fournis. Ils vous permettent d'illustrer vos propres travaux pratiques. Les présentations de projets peuvent également être complétées par utilisation de ces illustrations.

### **Fiches techniques**

Les fiches techniques des composants de l'ensemble de formation sont ici disponibles sous forme de fichiers pdf.



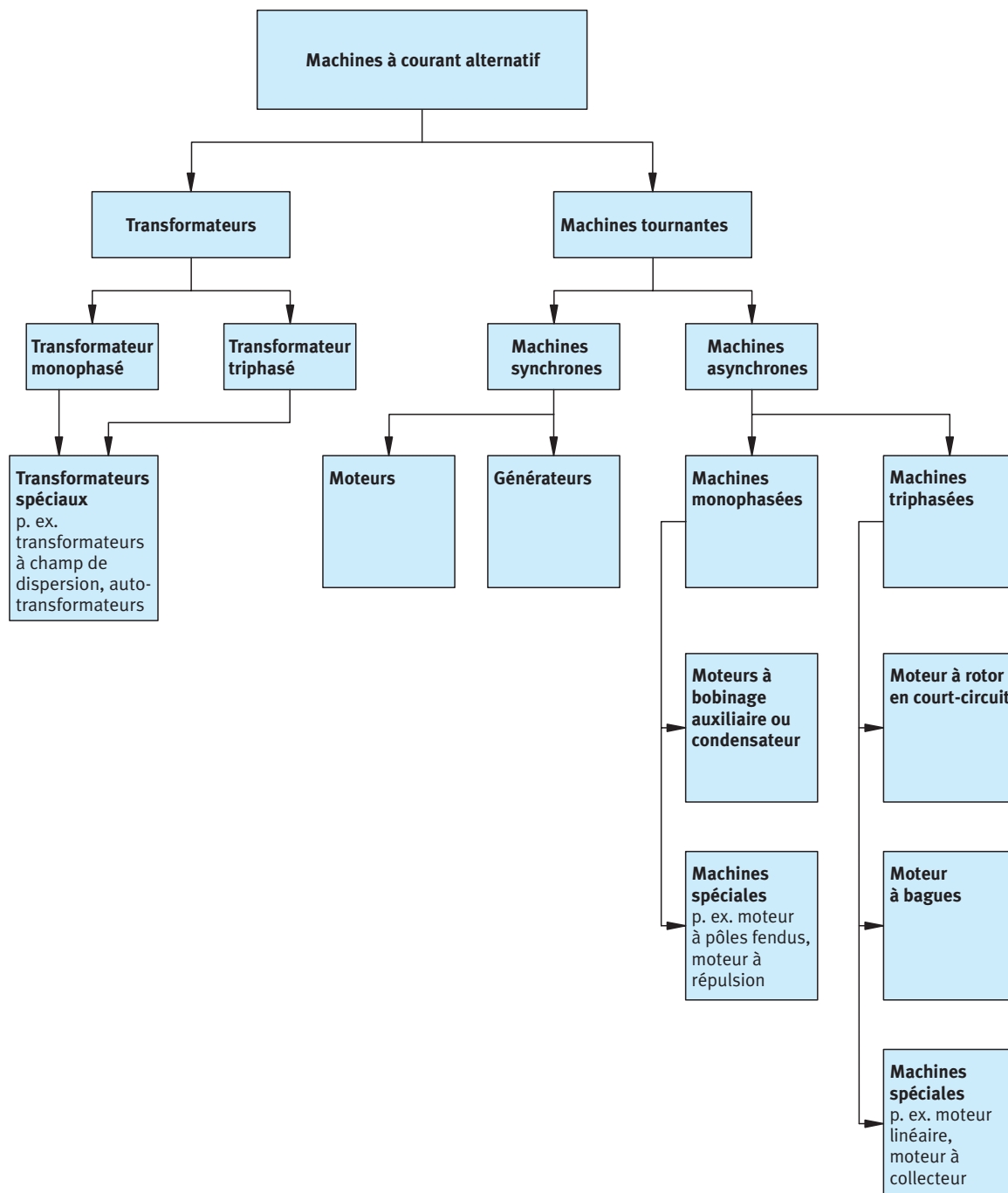
# Table des matières

## Travaux pratiques et corrigés

Aperçu des machines à courant alternatif	3
TP 1 : Bases du moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit	5
TP 2 : Moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit : mesures et calculs sous différentes charges	15
TP 3 : Moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit : mesures à l'aide du logiciel DriveLab	29
TP 4 : Bases du moteur synchrone triphasé	43
TP 5 : Moteur synchrone triphasé à vide et sous différentes charges	49
TP 6 : Moteur synchrone triphasé à vide et sous différentes charges : mesure à l'aide du logiciel DriveLab	59



## Aperçu des machines à courant alternatif





## TP 1

### Bases du moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit

#### ■ Objectifs pédagogiques

Quand vous aurez réalisé ce TP, vous aurez appris à

- connaître la structure d'un moteur asynchrone à rotor en court-circuit ;
- connaître le bornier du moteur et ses désignations ;
- connaître l'implantation des cavaliers sur le bornier du moteur pour le montage en étoile et le montage en triangle ;
- connaître la différence qui existe en pratique entre montage en étoile et montage en triangle ;
- connaître le principe du moteur triphasé ;
- connaître la signification du terme moteur asynchrone ;
- connaître le comportement au démarrage du moteur triphasé ;
- connaître l'inversion du sens de rotation sur un moteur triphasé ;
- connaître les possibilités de modifier la vitesse de rotation sur un moteur triphasé.

#### ■ Problème

Le formateur charge un étudiant d'examiner à l'atelier un moteur triphasé venant d'être livré et de rédiger un compte rendu détaillé de son examen.



#### Nota

Le moteur ne sera pas mis en service dans ce TP.

### ■ Travaux à exécuter

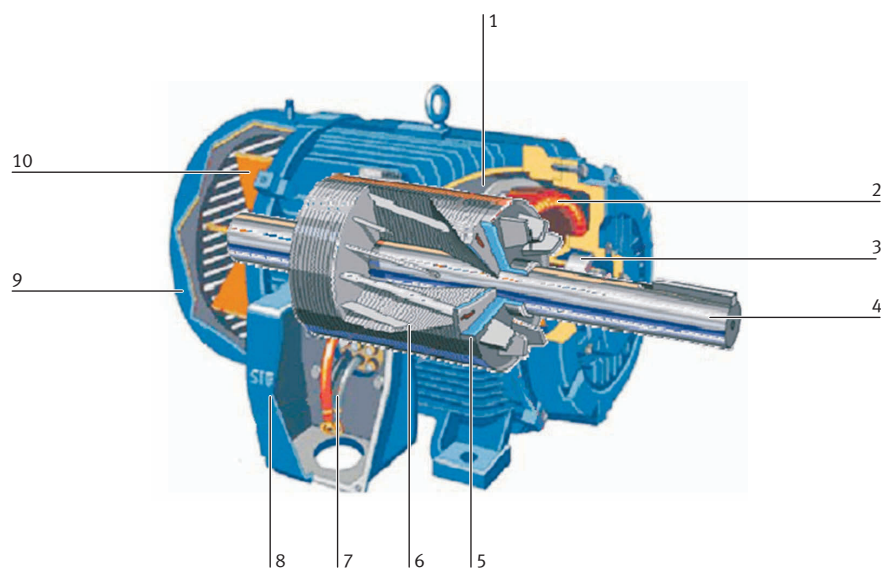
1. Décrivez la structure d'un moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit.
2. Rangez les différentes indications de la plaque signalétique dans les cases correspondantes.
3. Complétez les spécifications du bornier du moteur pour le montage en étoile et le montage en triangle.
4. Décrivez la différence qui existe en pratique entre montage en étoile et montage en triangle.
5. Décrivez le principe d'un moteur triphasé.
6. Quelle est la signification de la notion de moteur asynchrone ?
7. Décrivez le comportement au démarrage du moteur triphasé.
8. Décrivez comment inverser le sens de rotation d'un moteur triphasé.
9. De quoi dépend la vitesse de rotation d'un moteur triphasé et comment peut-on la modifier ?

### ■ Aides

- Manuels de cours, mémentos
- Extraits de catalogues de fabricants
- Fiches techniques
- Internet
- WBT Actionneurs électriques 1



## 1. Structure d'un moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit



Moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit – Vue en coupe

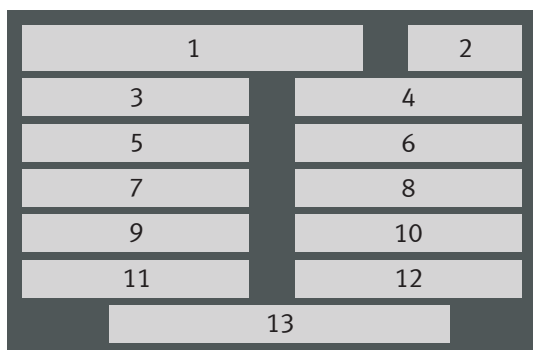
### Désignations

Arbre d'entraînement ; empilage de tôles statorique destiné à recevoir le bobinage statorique ; bague de court-circuit du rotor ; bobinage statorique ; boîte à bornes ; roulement du palier de l'arbre d'entraînement ; empilage de tôles rotorique du rotor en court-circuit ; bornier pour montage du moteur en étoile ou en triangle ; ventilateur de refroidissement du moteur ; capot recouvrant le ventilateur

– Affectez aux numéros de la vue en coupe du moteur les désignations des différents composants.

N°	Désignation
1	Empilage de tôles destiné à recevoir le bobinage statorique
2	Bobinage statorique
3	Roulement du palier de l'arbre d'entraînement
4	Arbre d'entraînement
5	Bague de court-circuit du rotor
6	Empilage de tôles du rotor en court-circuit
7	Bornier pour montage du moteur en étoile ou en triangle
8	Boîte à bornes
9	Capot recouvrant le ventilateur
10	Ventilateur de refroidissement du moteur

## 2. Plaque signalétique d'un moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit



- Affectez aux numéros indiqués sur la plaque signalétique les caractéristiques correspondantes du moteur.

**Caractéristiques du moteur :** Nombre de phases sur machines à courant alternatif ; Fréquence nominale sur machines à courant alternatif ; Nom et identification du fabricant ; N° de fabrication ou code d'identification du fabricant ; Directive VDE pour machines électriques rotatives ; Courant nominal ; Puissance nominale ; Vitesse de rotation nominale ; Désignation de type du fabricant ; Désignation de type du fabricant ; Classe d'isolement et de dissipation des bobinages ; Facteur de puissance ; Tension simple

N°	Caractéristiques du moteur
1	Nom et identification du fabricant
2	N° de fabrication ou code d'identification du fabricant
3	Désignation de type du fabricant
4	Nombre de phases sur machines à courant alternatif
5	Tension simple
6	Courant nominal
7	Puissance nominale
8	Facteur de puissance
9	Vitesse de rotation nominale
10	Fréquence nominale sur machines à courant alternatif
11	Classe d'isolement et de dissipation des bobinages
12	Degré de protection assuré par le carter (code IP) selon NF EN 60529
13	Directive VDE pour machines électriques rotatives

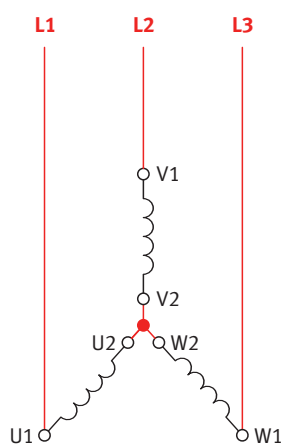
### 3. Le bornier du moteur pour montage en étoile et en triangle

#### Information

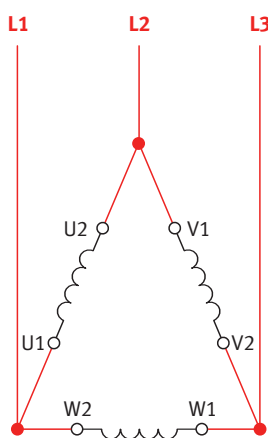
Le bobinage statorique est un bobinage triphasé et génère le champ tournant.

Le début et la fin du circuit des trois phases sont reliés au bornier du moteur, sur lequel les trois circuits sont montés soit en étoile, soit en triangle.

- a) Complétez le circuit des bobinages pour montage en étoile et montage en triangle.

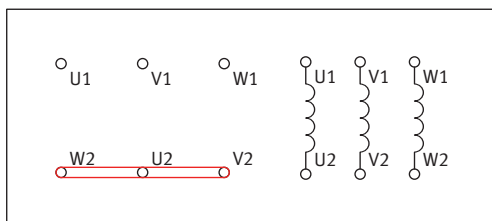


Montage en étoile

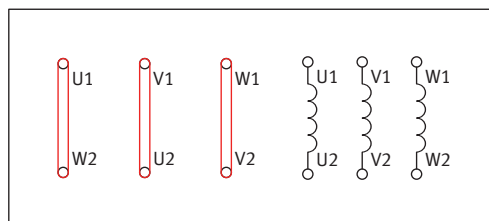


Montage en triangle

- b) Dessinez l'implantation des cavaliers sur le bornier du moteur pour le montage en étoile et le montage en triangle.



Montage en étoile



Montage en triangle

- c) Quelle est, sur la plaque signalétique, la valeur qui décide de l'utilisation du moteur en montage en étoile ou en triangle ?

L'important pour le montage en étoile ou en triangle est la tension simple du moteur.

Si la tension simple indiquée est de 400 V, chacun des bobinages doit recevoir 400 V. Ce n'est possible que si le moteur est monté en triangle. Dans le montage en triangle, la tension simple a la même valeur que la tension composée ou tension de ligne.

Si la tension simple indiquée est de 230 V, chacun des bobinages doit recevoir 230 V. Ce n'est possible que si le moteur est monté en étoile. Dans le montage en étoile, la tension simple est inférieure de  $\sqrt{3}$  à la tension composée ou tension de ligne.

#### 4. Différence qui existe en pratique entre montage en étoile et montage en triangle

##### Information

Le bobinage statorique d'un moteur triphasé peut être constitué d'un bobinage à deux pôles ou plus. Les trois circuits séparés du bobinage sont déphasés (électriquement) de 120°.

En reliant les extrémités des trois circuits du bobinage, on obtient le montage en étoile. En reliant l'extrémité d'un circuit au début du circuit suivant, on obtient le montage en triangle.

- a) Indiquez dans les colonnes vides le montage correspondant (étoile ou triangle).

Tension secteur		Tension simple admissible
400 V	230 V	
Triangle	—	400 V
Étoile	Triangle	230 V

- b) Le moteur est conçu pour montage en étoile et est monté par mégarde en triangle. Décrivez les conséquences.

Si le moteur est conçu pour le montage en étoile (cavaliers à l'horizontale sur le bornier), chacun des bobinages, sur notre secteur (230/400 V), ne doit recevoir que 230 V.

Si on monte toutefois par mégarde le moteur en triangle, chacun des bobinages reçoit 400 V (tension simple en montage en triangle). Le bobinage du moteur reçoit donc une tension trop élevée, le courant dépasse le courant nominal, et les bobinages grillent, détruisant le moteur.

- c) Le moteur est conçu pour montage en triangle et est monté par mégarde en étoile. Décrivez les conséquences.

Si le moteur est conçu pour le montage en triangle (cavaliers à la verticale sur le bornier), chacun des bobinages doit recevoir 400 V.

Si on utilise par mégarde le moteur, monté en étoile, à sa charge nominale, le bobinage statorique reçoit une tension trop faible. Comme la vitesse de rotation ne dépend pas de la tension, il n'y a pas de répercussion sur la vitesse de rotation.

Le couple, en revanche, varie avec le carré de la tension, si bien que la diminution de la tension entraîne une diminution du couple. Le moteur ne se met donc pas en mouvement, il se contente d'absorber le courant de démarrage. Ce courant est supérieur au courant nominal, et malgré la faible tension, le moteur absorbe un courant trop intense. Il en résulte que le moteur chauffe et que les bobinages seraient détruits avec le temps.

### Information

	Montage en étoile	Montage en triangle
<b>Symbole</b>	Y	$\Delta$
<b>Tension simple</b>	$U_{Str} = \frac{U}{\sqrt{3}}$	$U_{Str} = U$
<b>Courant simple</b>	$I_{Str} = I$	$I_{Str} = \frac{I}{\sqrt{3}}$
<b>Puissance apparente pour une phase</b>	$S_{Str} = \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot I$	$S_{Str} = \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot I$
<b>Puissance apparente totale</b>	$S = 3 \cdot \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot I$	$S = 3 \cdot \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot I$
<b>Puissance appliquée</b>	$P1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$	

## 5. Principe du moteur triphasé

- Décrivez comment est engendré le mouvement de rotation du rotor dans le moteur triphasé.

Quand le bobinage se trouvant dans le stator du moteur triphasé est parcouru par un courant triphasé, ce dernier y génère un champ tournant.

La fréquence de rotation de ce champ est donnée par la formule  $n = \frac{f \cdot 60}{P}$ ,

avec  $n$  : vitesse de rotation en tr/min,  $f$  : fréquence en Hz,  $P$  : nombre de paires de pôles

Selon cette formule, la fréquence de rotation maximale du champ dans un réseau à 50 Hz est de 3000 tr/min.

Les barres conductrices du rotor en court-circuit, encore au repos dans un premier temps, sont soumises par la rotation du champ statorique à une variation de flux magnétique, laquelle induit une tension dans les barres du rotor. Cette tension provoque la circulation d'un courant dans le bobinage court-circuité du rotor.

Le bobinage en court-circuit parcouru par le courant quitte alors sa position de repos, et le rotor se met à tourner. Le champ, tournant à fréquence constante, « entraîne » le rotor. Le sens de rotation du rotor coïncide avec le sens de rotation du champ.

Plus la vitesse de rotation du rotor se rapproche de la vitesse de rotation du champ, plus la variation de champ s'affaiblit. La tension induite dans le rotor et donc aussi le courant décroissent.

## 6. Signification de la notion de moteur asynchrone

- Décrivez la signification de la notion de moteur asynchrone.

La fréquence de rotation du rotor est en retard sur la fréquence de rotation synchrone du champ. La différence entre fréquence de rotation du rotor et fréquence de rotation du champ est désignée par glissement. Le moteur est dit asynchrone.

Le glissement s'indique généralement en pourcentage de la fréquence de rotation du champ. À charge nominale des moteurs, le glissement est compris entre 1 % et 8 %. Les moteurs ayant les plus petites valeurs de glissement sont ceux de grande puissance.

## 7. Comportement au démarrage

- Décrivez le comportement au démarrage du moteur asynchrone triphasé.

Le plus grand courant circule au moment de la mise sous tension, c'est-à-dire quand le rotor est encore immobile. Ce courant de mise sous tension (courant de démarrage, courant d'excitation) est, en cas d'alimentation à la pleine valeur de la tension secteur, de quatre à huit fois le courant nominal – selon le type du rotor.

Cette forte charge du réseau d'alimentation peut conduire à une baisse gênante de la tension. C'est la raison pour laquelle des limitations sont imposées au démarrage de gros moteurs alimentés par le réseau public.

La limitation au démarrage sur le réseau public fait principalement appel au montage étoile-triangle (commutateur ou contacteur) et au convertisseur ou variateur de fréquence.

## 8. Inversion du sens de rotation d'un moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit

- Décrivez comment inverser le sens de rotation d'un moteur triphasé.

Le sens de rotation du moteur triphasé peut s'inverser par permutation de deux conducteurs de phase. Le choix des conducteurs de phase permutés ne joue aucun rôle.

- Décrivez deux possibilités d'inverser en pratique le sens de rotation d'un moteur triphasé.

En pratique, le sens de rotation se modifie soit par un inverseur manuel, soit par un circuit à contacteur inverseur.

## 9. Variation de la fréquence de rotation d'un moteur triphasé

### Information

Quand on relie le bobinage d'un moteur triphasé au réseau triphasé, il en résulte un champ tournant. La vitesse de rotation du champ dépend de la fréquence et du nombre de paires de pôles des bobinages.

- a) Complétez les nombres de paires de pôles et les fréquences de rotation associées.

Fréquences de rotation synchrones pour nombres de pôles usuels à une fréquence de 50 Hz						
Nombre de pôles	2	4	6	8	10	12
Nombre de paires de pôles	1	2	3	4	5	6
Fréquence de rotation [tr/min]	3000	1500	1000	750	600	500

- b) Décrivez les possibilités de modifier en pratique la fréquence de rotation de moteurs triphasés.

En pratique, la fréquence de rotation du moteur triphasé peut se modifier en faisant varier le nombre de paires de pôles. Il n'est toutefois possible de modifier que d'un cran la fréquence de rotation (commutation de polarité par un circuit ou couplage Dahlander).

Une méthode plus élégante de commander la fréquence de rotation est de faire varier la fréquence. Le réglage progressif de la fréquence est possible à l'aide de convertisseurs ou variateurs de fréquence.



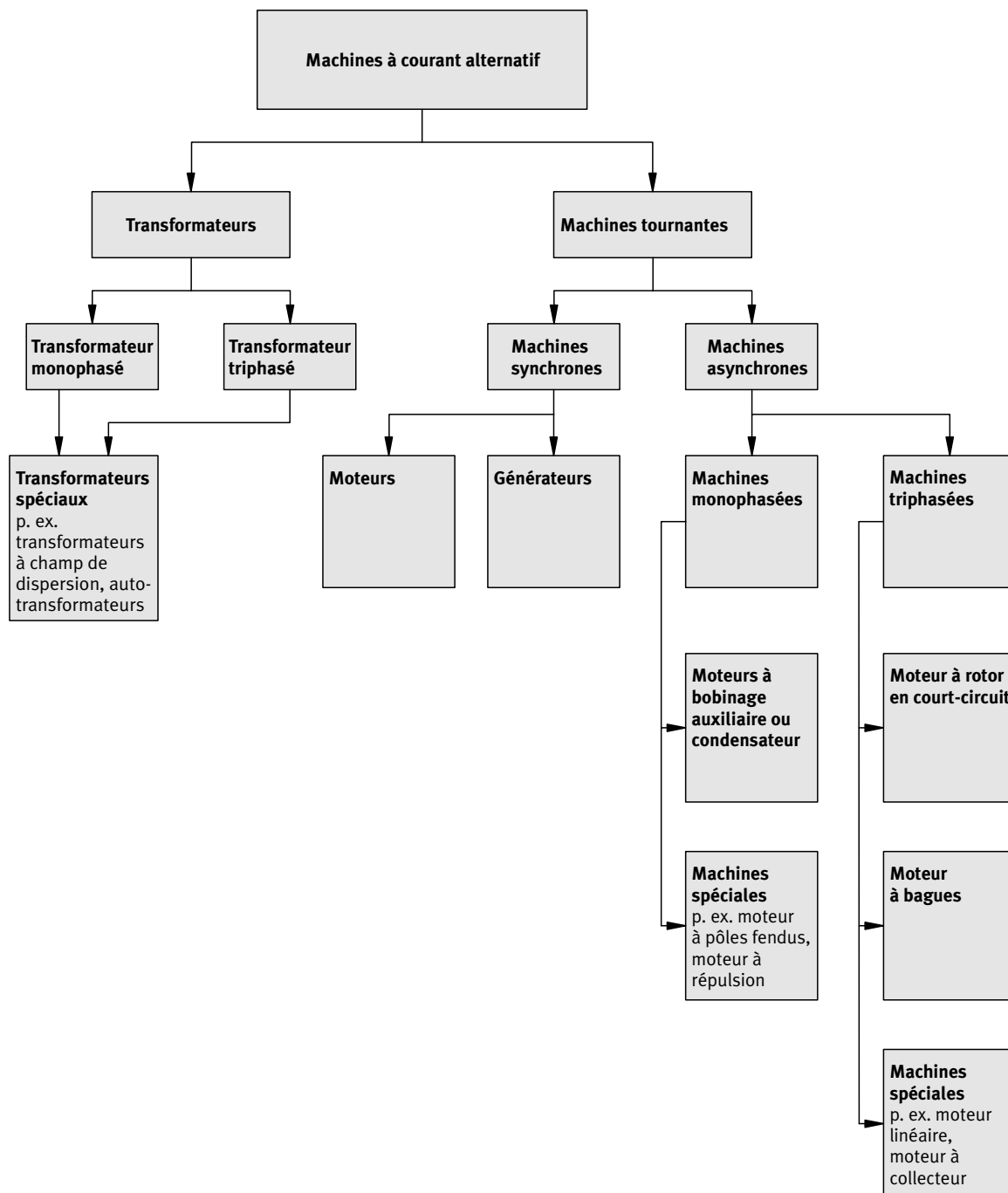
# Table des matières

## Travaux pratiques et fiches de travail

Aperçu des machines à courant alternatif	3
TP 1 : Bases du moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit	5
TP 2 : Moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit : mesures et calculs sous différentes charges	15
TP 3 : Moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit : mesures à l'aide du logiciel DriveLab	29
TP 4 : Bases du moteur synchrone triphasé	43
TP 5 : Moteur synchrone triphasé à vide et sous différentes charges	49
TP 6 : Moteur synchrone triphasé à vide et sous différentes charges : mesure à l'aide du logiciel DriveLab	59



## Aperçu des machines à courant alternatif





## TP 1

### Bases du moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit

#### ■ Objectifs pédagogiques

Quand vous aurez réalisé ce TP, vous aurez appris à

- connaître la structure d'un moteur asynchrone à rotor en court-circuit ;
- connaître le bornier du moteur et ses désignations ;
- connaître l'implantation des cavaliers sur le bornier du moteur pour le montage en étoile et le montage en triangle ;
- connaître la différence qui existe en pratique entre montage en étoile et montage en triangle ;
- connaître le principe du moteur triphasé ;
- connaître la signification du terme moteur asynchrone ;
- connaître le comportement au démarrage du moteur triphasé ;
- connaître l'inversion du sens de rotation sur un moteur triphasé ;
- connaître les possibilités de modifier la vitesse de rotation sur un moteur triphasé.

#### ■ Problème

Le formateur charge un étudiant d'examiner à l'atelier un moteur triphasé venant d'être livré et de rédiger un compte rendu détaillé de son examen.



#### Nota

Le moteur ne sera pas mis en service dans ce TP.

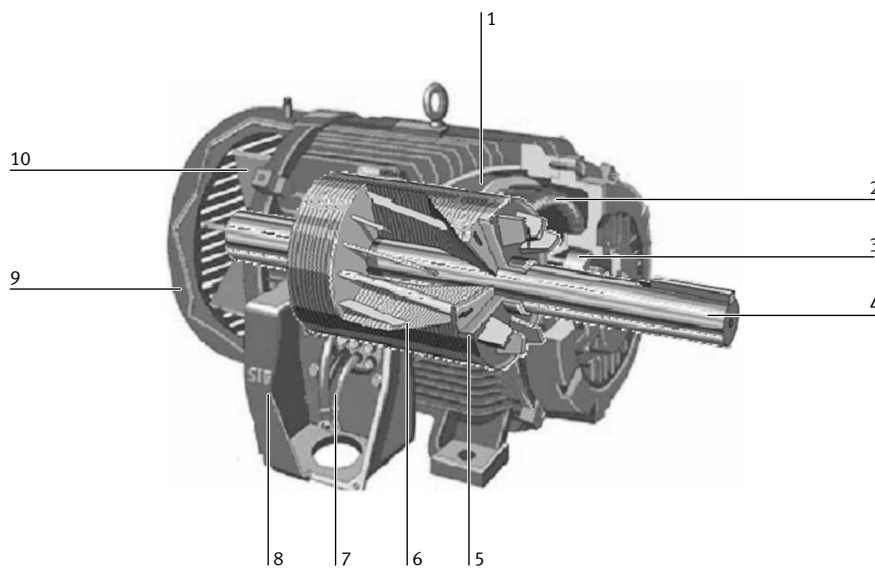
■ **Travaux à exécuter**

1. Décrivez la structure d'un moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit.
2. Rangez les différentes indications de la plaque signalétique dans les cases correspondantes.
3. Complétez les spécifications du bornier du moteur pour le montage en étoile et le montage en triangle.
4. Décrivez la différence qui existe en pratique entre montage en étoile et montage en triangle.
5. Décrivez le principe d'un moteur triphasé.
6. Quelle est la signification de la notion de moteur asynchrone ?
7. Décrivez le comportement au démarrage du moteur triphasé.
8. Décrivez comment inverser le sens de rotation d'un moteur triphasé.
9. De quoi dépend la vitesse de rotation d'un moteur triphasé et comment peut-on la modifier ?

■ **Aides**

- Manuels de cours, mémentos
- Extraits de catalogues de fabricants
- Fiches techniques
- Internet
- WBT Actionneurs électriques 1

### 1. Structure d'un moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit



Moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit – Vue en coupe

#### Désignations

Arbre d'entraînement ; empilage de tôles statorique destiné à recevoir le bobinage statorique ; bague de court-circuit du rotor ; bobinage statorique ; boîte à bornes ; roulement du palier de l'arbre d'entraînement ; empilage de tôles rotorique du rotor en court-circuit ; bornier pour montage du moteur en étoile ou en triangle ; ventilateur de refroidissement du moteur ; capot recouvrant le ventilateur

– Affectez aux numéros de la vue en coupe du moteur les désignations des différents composants.

N°	Désignation
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

## 2. Plaque signalétique d'un moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit

1	2
3	4
5	6
7	8
9	10
11	12
13	

- Affectez aux numéros indiqués sur la plaque signalétique les caractéristiques correspondantes du moteur.

**Caractéristiques du moteur :** Nombre de phases sur machines à courant alternatif ; Fréquence nominale sur machines à courant alternatif ; Nom et identification du fabricant ; N° de fabrication ou code d'identification du fabricant ; Directive VDE pour machines électriques rotatives ; Courant nominal ; Puissance nominale ; Vitesse de rotation nominale ; Désignation de type du fabricant ; Désignation de type du fabricant ; Classe d'isolement et de dissipation des bobinages ; Facteur de puissance ; Tension simple

N°	Caractéristiques du moteur
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	



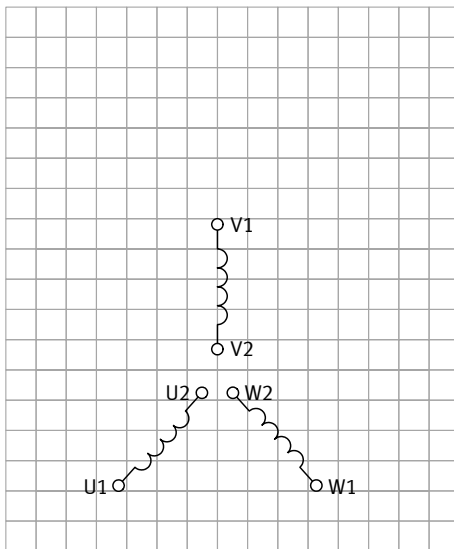
### 3. Le bornier du moteur pour montage en étoile et en triangle

#### Information

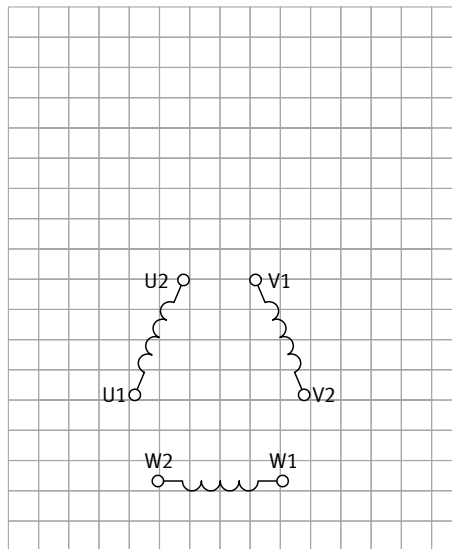
Le bobinage statorique est un bobinage triphasé et génère le champ tournant.

Le début et la fin du circuit des trois phases sont reliés au bornier du moteur, sur lequel les trois circuits sont montés soit en étoile, soit en triangle.

- a) Complétez le circuit des bobinages pour montage en étoile et montage en triangle.

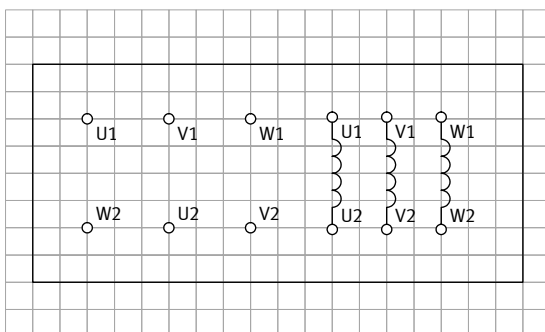


Montage en étoile

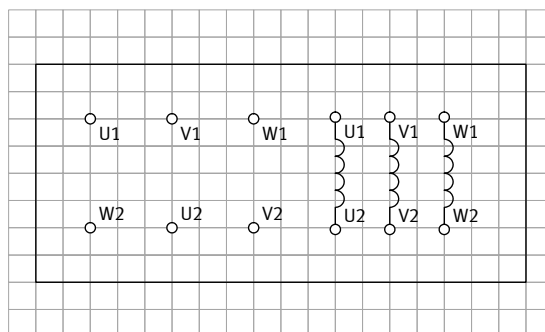


Montage en triangle

- b) Dessinez l'implantation des cavaliers sur le bornier du moteur pour le montage en étoile et le montage en triangle.



Montage en étoile



Montage en triangle

- c) Quelle est, sur la plaque signalétique, la valeur qui décide de l'utilisation du moteur en montage en étoile ou en triangle ?

A blank sheet of graph paper featuring a uniform grid of small squares. The grid consists of 20 columns and 15 rows, providing a structured space for drawing or writing.

#### 4. Différence qui existe en pratique entre montage en étoile et montage en triangle

## Information

Le bobinage statorique d'un moteur triphasé peut être constitué d'un bobinage à deux pôles ou plus. Les trois circuits séparés du bobinage sont déphasés (électriquement) de  $120^\circ$ .

En reliant les extrémités des trois circuits du bobinage, on obtient le montage en étoile. En reliant l'extrémité d'un circuit au début du circuit suivant, on obtient le montage en triangle.

- a) Indiquez dans les colonnes vides le montage correspondant (étoile ou triangle).

Tension secteur		Tension simple admissible
400 V	230 V	
		400 V
		230 V

- b) Le moteur est conçu pour montage en étoile et est monté par mégarde en triangle. Décrivez les conséquences.

[illegible]

- c) Le moteur est conçu pour montage en triangle et est monté par mégarde en étoile. Décrivez les conséquences.

[illegible]

## Information

	Montage en étoile	Montage en triangle
<b>Symbole</b>	Y	$\Delta$
<b>Tension simple</b>	$U_{Str} = \frac{U}{\sqrt{3}}$	$U_{Str} = U$
<b>Courant simple</b>	$I_{Str} = I$	$I_{Str} = \frac{I}{\sqrt{3}}$
<b>Puissance apparente pour une phase</b>	$S_{Str} = \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot I$	$S_{Str} = \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot I$
<b>Puissance apparente totale</b>	$S = 3 \cdot \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot I$	$S = 3 \cdot \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot I$
<b>Puissance appliquée</b>	$P1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$	

## This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of small, uniform squares formed by thin, light gray lines. There are no margins, text, or other markings on the page.

[illegible]

## 7. Comportement au démarrage

- Décrivez le comportement au démarrage du moteur asynchrone triphasé.

[illegible]

## 8. Inversion du sens de rotation d'un moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit

- a) Décrivez comment inverser le sens de rotation d'un moteur triphasé.

[illegible]

- b) Décrivez deux possibilités d'inverser en pratique le sens de rotation d'un moteur triphasé.

[illegible]

## 9. Variation de la fréquence de rotation d'un moteur triphasé

## Information

Quand on relie le bobinage d'un moteur triphasé au réseau triphasé, il en résulte un champ tournant. La vitesse de rotation du champ dépend de la fréquence et du nombre de paires de pôles des bobinages.

- a) Complétez les nombres de paires de pôles et les fréquences de rotation associées.

Fréquences de rotation synchrones pour nombres de pôles usuels à une fréquence de 50 Hz						
Nombre de pôles	2	4	6	8	10	12
Nombre de paires de pôles						
Fréquence de rotation [tr/min]						

- b) Décrivez les possibilités de modifier en pratique la fréquence de rotation de moteurs triphasés.

[illegible]