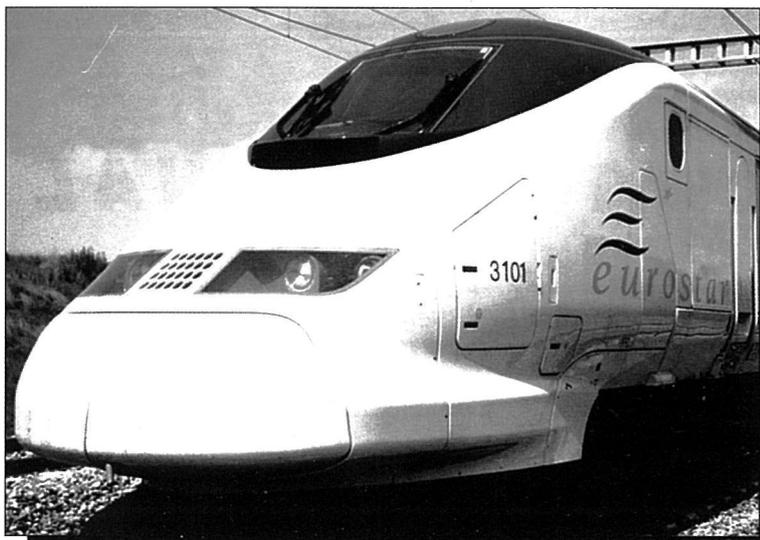


# COURS DE TRACTION ELECTRIQUE



INITIATION  
ASPIRANT CONDUCTEUR



**COURS T 42.12**

# COURS TRACTION ELECTRIQUE

## TABLE DES MATIERES

### Leçon 1 : ALIMENTATION H.T. GENERALITES.

		Page
Leçon 1	1.01.	Systèmes d'électrification des réseaux. Généralités..... 1
	1.02.	Généralités du circuit 3 kV ..... 2
	1.03.	Arrêt sous un sectionnement à lames d'air ..... 3
	1.04.	Implantation des sous-stations 3 kV. Facteurs déterminants..... 6
	1.05.	La consommation de l'énergie électrique ..... 7
	1.06.	Economies d'énergie à la SNCB..... 8
	1.07.	Conduite économique des trains ..... 9

### Leçon 2 : TENSION ALTERNATIVE - ELECTRIFICATION - NOTIONS THEORIQUES.

Leçon 2	2.01.	Introduction à l'électrification en tension alternative monophasée.....11
	2.02.	Electrification - tension alternative en Belgique.....12
	2.03.	Alimentation en tension alternative. Avantages et désavantages.....13
	2.04.	Notions de base reliées à la théorie du courant alternatif .....15

### Leçon 3 : LE TRANSFORMATEUR STATIQUE.

Leçon 3	3.01.	Notions générales par rapport au transformateur. But.....21
	3.02.	Principe de fonctionnement .....21
	3.03.	Pertes dans le transformateur .....22
	3.04.	Rapport entre tension, courant, spires et puissance .....22
	3.05.	L'autotransformateur .....23
	3.06.	Avantages et désavantages de l'autotransformateur .....24
	3.07.	Types de transformateurs .....25
	3.08.	Le refroidissement des transformateurs.....25

**Leçon 4 : ALIMENTATION DE LA CATENAIRE EN TENSION ALTERNATIVE.**

Leçon 4	4.01.	Alimentation classique en courant alternatif 25 kV~ 50 Hz. Installations fixes .....	27
	4.02.	Alimentation en courant alternatif 2 x 25 kV~ 50 Hz. Installations fixes .....	28
	4.03.	Principe de fonctionnement .....	29
	4.04.	Avantages du système "2 x 25 kV" .....	32
	4.05.	Comparaison entre le système classique 25 kV~ 50 Hz et le système 2 x 25 kV~ 50 Hz .....	33
	4.06.	Séparation des phases .....	33
	4.07.	Postes de sectionnement .....	34
	4.08.	Répartiteur ES.....	35

**Leçon 5 : SUSPENSION DE LA CATENAIRE POUR TENSION ALTERNATIVE.**

Leçon 5	5.01.	Systèmes de suspension .....	37
	5.02.	Suspension économique .....	37
	5.03.	Suspension pour des vitesses en dessous de 120 km/h. ....	37
	5.04.	Suspension pour des vitesses entre 120 km/h et 180 km/h .....	38
	5.05.	Système de suspension pour des vitesses au-delà de 180 km/h .....	39
	5.06.	Tendeurs à contrepoids.....	42
	5.07.	Distance entre poteaux .....	42

**Leçon 6 : LES ENGIN MOTEURS POLYTENSION.**

Leçon 6	6.01.	Principe .....	43
	6.02.	Equipements de traction .....	44
	6.03.	Caractéristiques des engins moteurs polytension .....	48
	6.04.	L'isolateur de passage.....	49
	6.05.	La tension exacte ? .....	50
	6.06.	Rôle du commutateur CCA .....	50
	6.07.	Fonctionnement du dispositif de palpage.....	51

**Leçon 7 : LA COUPURE D'UN COURANT ELECTRIQUE.  
LE DISJONCTEUR INTELLIGENT HYPERRAPIDE DHR.  
LE DISJONCTEUR DE PUISSANCE D.J.**

Leçon 7	7.01.	Principes relatifs à l'interruption d'un courant électrique.....	55
	7.02.	Le disjoncteur ultra-rapide DJ type DBTF (Brown-Boveri) .....	57
	7.03.	Couples de force. Travail puissance d'un moteur.....	59
	7.04.	Description et principe de fonctionnement .....	59
	7.05.	Fermeture du DHR .....	60

7.06.	2ème phase de fermeture .....	62
7.07.	1ère phase d'ouverture du DHR .....	64
7.08.	2ème phase d'ouverture .....	66
7.09.	Avantages du DHR .....	68
7.10.	Le disjoncteur ultra-rapide DJ type DBTF (Brown-Boveri) .....	68
7.11.	Couple. Travail et puissance d'un moteur .....	73

### **Leçon 8 : TYPES DE MOTEURS A CHAMP TOURNANT. FONCTIONNEMENT DU MOTEUR SYNCHRONE.**

Leçon 8	8.01.	Le moteur à champ tournant. Généralités .....	75
	8.02.	Avantages et désavantages du moteur à courant alternatif vis-à-vis du moteur à courant continu .....	76
	8.03.	Principe de fonctionnement du moteur à courant alternatif.....	76
	8.04.	Origine du champ tournant.....	77
	8.05.	Types de moteurs à courant alternatif et principes de fonctionnement.	80
	8.06.	Le moteur synchrone. Principe constructif.....	82
	8.07.	Démarrage du moteur synchrone .....	82
	8.08.	Couple du moteur synchrone.....	83
	8.09.	Le moteur asynchrone de la traction ferroviaire.....	83
	8.10.	Caractéristiques du moteur synchrone .....	83
	8.11.	Utilisation du moteur synchrone.....	84
	8.12.	Les générateurs.....	84
	8.13.	Remarque générale .....	85

### **Leçon 9 : LE MOTEUR DE TRACTION ASYNCHRONE.**

Leçon 9	9.01.	Le moteur asynchrone - Description générale .....	87
	9.02.	Fonctionnement du moteur à cage d'écureuil.....	89
	9.03.	Pertes et rendement.....	90
	9.04.	Rapport entre le courant et la charge .....	92
	9.05.	Comparaison avec le transformateur .....	92
	9.06.	Glissement .....	93
	9.07.	Courant de démarrage.....	94
	9.08.	Courbes caractéristiques du couple.....	95
	9.09.	Réglage de la vitesse de rotation.....	98
	9.10.	Modification des paramètres. Influence sur la courbe du couple .....	98
	9.11.	Sens de rotation .....	100
	9.12.	Freinage .....	100
	9.13.	Refroidissement .....	101
	9.14.	Suspension .....	101
	9.15.	Avantages et désavantages du moteur asynchrone par rapport au moteur synchrone .....	102
	9.16.	Comparaison du fonctionnement lors du patinage .....	103
	9.17.	La trilogie des moteurs de traction .....	104

**Leçon 10 : LE CONVERTISSEUR DE FREQUENCE ET LES CIRCUITS PRINCIPAUX ET AUXILIAIRES DES TGV EUROSTAR.**

Leçon 10	10.01.	Transformation d'une tension continue en tension alternative triphasée. Généralités .....	105
	10.02.	Le convertisseur de fréquence .....	105
	10.03.	L'onduleur - Généralités .....	106
	10.04.	Fonctionnement de l'onduleur .....	106
	10.05.	Refroidissement de l'onduleur .....	110
	10.06.	Utilisation des onduleurs.....	111
	10.07.	Les circuits de régulation .....	112
	10.08.	Circuits principaux et auxiliaires .....	113

**Leçon 11 : LE THYRISTOR. GENERALITES.**

Leçon 11	11.01.	Introduction.....	119
	11.02.	Principe de fonctionnement du thyristor.....	120
	11.03.	Courbes caractéristiques du thyristor .....	120
	11.04.	Limitations d'un thyristor .....	122
	11.05.	Généralités sur l'utilisation des thyristors dans "le hacheur" .....	123

**Leçon 12 : FONCTIONNEMENT DU HACHEUR EN TRACTION.**

Leçon 12	12.01.	Introduction.....	127
	12.02.	Diagramme courant - tension en fonction du temps .....	128
	12.03.	Fonctionnement du hacheur .....	129
	12.04.	Le thyristor-Vernier .....	137
	12.05.	Circuit d'extinction modifié.....	138
	12.06.	Refoirdissement des thyristors SCR.....	138
	12.07.	Schéma haute-tension HLE série 12 .....	140
	12.08.	Conclusion.....	141

**Leçon 13 : LE THYRISTOR GTO**

Leçon 13	13.01.	Généralités.....	143
	13.02.	Fonctionnement du thyristor GTO .....	143
	13.03.	Fonctionnement du thyristor GTO comparé avec un circuit hydraulique équivalent .....	145
	13.04.	Refroidissement du thyristor GTO .....	146
	13.05.	Avantages et inconvénients des thyristors GTO vis à vis des thyristors SCR.....	146
	13.06.	Schéma comparatif entre SCR et GTO .....	146

**Leçon 14 : LE FREINAGE ELECTRIQUE. PRINCIPES.**

Leçon 14	14.01.	Généralités .....	147
	14.02.	Systèmes qui permettent de développer un effort de freinage .....	147
	14.03.	Freinage électro-dynamique au moyen de moteurs de traction .....	150
	14.04.	Effort de freinage en fonction de la vitesse du véhicule sur la HLE S 20 .....	152
	14.05.	Avantages du freinage électrique .....	153

**Leçon 15 : LE FREINAGE PAR RECUPERATION**

Leçon 15	15.01.	Principe .....	155
	15.02.	Instabilité de la génératrice série en récupération .....	155
	15.03.	Freinage par récupération sur les AM 03 (Break) .....	157
	15.04.	Tension aux bornes inférieure à la tension du réseau .....	160
	15.05.	Application du freinage par récupération .....	161

**Leçon 16 : LE FREINAGE RHEOSTATIQUE.**

Leçon 16	16.01.	Principe .....	163
	16.02.	Freinage rhéostatique des HLE équipées de moteurs de traction à courant continu .....	163
	16.03.	Freinage rhéostatique sur les engins moteurs modernes avec moteurs asynchrones .....	165
	16.04.	Appication du freinage rhéostatique .....	166

**Leçon 17 : DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DES PORTES.**

Leçon 17	17.01.	Généralités .....	167
	17.02.	Classement des portes selon leur fonction et leur mécanisme du mouvement .....	167
	17.03.	Système d'asservissement des portes extérieures .....	169
	17.04.	Portes spéciales .....	175
	17.05.	Marchepieds .....	176
	17.06.	Couvre-marches .....	177
	17.07.	Commande de secours .....	177
	17.08.	Isolement des portes .....	178
	17.09.	Commande des portes automatiques des AM 03. Description .....	178
	17.10.	Commande pneumatique des portes sur l'AM 03 .....	179
	17.11.	Types de portes. Tableau récapitulatif .....	182
	17.12.	La porte d'about sur l'AM R 04 .....	183
	17.13.	L'appareil de commande à logique programmable (PLC). Principe.	184
	17.14.	Résumé .....	186

**Leçon 18 : LA SUSPENSION PNEUMATIQUE.**

Leçon 18	18.01.	Le bogie. Généralités.....	189
	18.02.	Les ressorts .....	190
	18.03.	La suspension primaire et secondaire des voitures M5 .....	191
	18.04.	La suspension pneumatique. Composition .....	193
	18.05.	La valve de nivellement à levier et la soupape de sûreté.....	193
	18.06.	Le bloc élastique de sécurité (ressort d'urgence).....	195
	18.07.	Fonctionnement de la suspension pneumatique.....	195
	18.08.	Alimentation en air de la suspension pneumatique.....	197
	18.09.	Isolement de la suspension pneumatique .....	198
	18.10.	Contrôle du bon fonctionnement de la suspension pneumatique .....	198
	18.11.	La climatisation .....	198
	18.12.	Généralités .....	199
	18.13.	Le refroidissement .....	199
	18.14.	Principe de base d'un circuit de refroidissement sur l'AM R 04 ...	200
	18.15.	Rôle du compresseur de refroidissement .....	201
	18.16.	Rôle du condenseur .....	203
	18.17.	Rôle de la soupape d'expansion .....	203
	18.18.	Rôle de l'évaporateur .....	203
	18.19.	Le circuit de refroidissement sur l'AM 96 (série 04) .....	205

**Leçon 19 : LA LIAISON SOL-TRAIN.**

Leçon 19	19.01.	Généralités .....	209
	19.02.	Principe d'utilisation .....	211
	19.03.	Le système radio simple et duplex .....	211
	19.04.	Appel sélectif.....	213
	19.05.	Appel non sélectif.....	214
	19.06.	Informations complémentaires .....	214
	19.07.	Principe de fonctionnement du réseau radio .....	215
	19.08.	Radio Internationale .....	222

**Leçon 20 : LA TRANSMISSION BALISE LOCOMOTIVE TBL2.**

Leçon 20	20.01.	Préambule.....	225
	20.02.	Missions du système TBL2 .....	225
	20.03.	Description générale du système de sécurité TBL2 .....	227
	20.04.	Informations reçues.....	230
	20.05.	Interfaces homme-machine .....	237
	20.06.	Fonctionnement de la TBL2. Exemples .....	239
	20.07.	Protection contre le recul du train.....	252
	20.08.	Franchissement de signaux fermés .....	252

## COURS TRACTION ELECTRIQUE

### AVANT-PROPOS

Les engins de traction TGV sont, grâce à la progression de la technique, équipés des dernières nouveautés techniques. Cette tendance continuera dans la construction des nouveaux engins de traction.

De plus, l'électrification de certaines lignes de notre réseau en 25 kV~ 50 Hz due à la progression du trafic international continuera et il en résultera que les nouveaux engins de traction seront progressivement du type polytension.

Dans ce cours, faisant suite au cours T.42.11, vous trouverez en particulier des commentaires sur les engins de traction polytension existants ainsi que sur les nouvelles techniques importantes apportées au niveau de la traction.

Ainsi, on traite e.a. l'interrupteur hyper rapide "intelligent" le DHR, des moteurs à courant alternatif, des convertisseurs de fréquence, des thyristors GTO, la climatisation, le circuit logique programmable ainsi que le système de sécurité de transmission balise-locomotive (TBL2).

Le matériel de traction, construit à partir de l'année 1992, est équipé pour la plupart de ces nouveautés.