

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61491

Deuxième édition
Second edition
2002-10

**Equipement électrique des machines industrielles –
Liaison des données sérielles pour
communications en temps réel entre unités
de commande et dispositifs d'entraînement**

**Electrical equipment of industrial machines –
Serial data link for real-time communication
between controls and drives**

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XL

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	20
1 Domaine d'application	22
2 Références normatives	22
3 Définitions et abréviations	24
3.1 Définitions	24
3.2 Abréviations	32
4 Prescriptions générales	40
4.1 Présentation générale	40
4.2 Description générale du système	42
4.2.1 Modes fonctionnels	44
4.2.2 Modes de transmission	46
4.2.3 Contenus des données	46
4.2.4 Blocs de données	50
4.2.5 Structure des messages	50
4.3 Transmission de données	52
4.3.1 Accès au support de transfert	54
4.3.2 Cycle de transmission	56
4.3.3 Transfert des données non cycliques	58
4.3.4 Commandes de procédure	60
4.4 Initialisation	60
4.5 Messages d'erreurs et d'état	64
5 Moyen de transfert et couche physique	66
5.1 Généralités	66
5.2 Topologie	66
5.2.1 Liaison par ligne entre la commande numérique et les dispositifs d'entraînement	66
5.2.2 Structure des lignes de transmissions	68
5.3 Signaux optiques sur la ligne de transmission	68
5.3.1 Spécifications relatives à l'émetteur	70
5.3.2 Spécifications relatives au récepteur	72
5.3.3 Câble à fibres optiques	72
5.3.4 Connecteurs	72
5.3.5 Données système relatives au trajet de transmission optique	74
5.4 Caractéristiques de durée de la transmission binaire	74
5.4.1 Maître et esclave en mode d'essai	76
5.4.2 Vitesse de transmission	80
5.4.3 Caractéristiques d'entrée-sortie de l'esclave	82
5.4.4 Forme d'onde idéale	88
5.5 Codage binaire	88
5.6 Messages et caractères de remplissage	90
5.7 Connexion à la fibre optique	92
5.7.1 Connexion du maître	92
5.7.2 Connexion de l'esclave	100
5.7.3 Interaction entre les connexions	100

CONTENTS

FOREWORD	21
1 Scope	23
2 Normative references	23
3 Definitions and abbreviations	25
3.1 Definitions	25
3.2 Abbreviations	33
4 General requirements	41
4.1 Overview	41
4.2 System overview	43
4.2.1 Operating modes	45
4.2.2 Transmission modes	47
4.2.3 Data contents	47
4.2.4 Data block	51
4.2.5 Telegram structure	51
4.3 Data transmission	53
4.3.1 Access to the transfer medium	55
4.3.2 Communication cycle	57
4.3.3 Non-cyclic data transfer	59
4.3.4 Procedure commands	61
4.4 Initialization	61
4.5 Error and status messages	65
5 Transfer medium and physical layer	67
5.1 General	67
5.2 Topology	67
5.2.1 Line connection between the control unit and the drives	67
5.2.2 Structure of the transmission lines	69
5.3 Optical signals on the transmission line	69
5.3.1 Transmitter specifications	71
5.3.2 Receiver specifications	73
5.3.3 Fibre optic cable	73
5.3.4 Connectors	73
5.3.5 System data of the optical transmission path	75
5.4 Time performance of bit transmission	75
5.4.1 Master and slave in test mode	77
5.4.2 Data rate	81
5.4.3 Input-output performance of the slave	83
5.4.4 Idealized waveform	89
5.5 Bit coding	89
5.6 Telegrams and fill characters	91
5.7 Connection to the optical fibre	93
5.7.1 Master connection	93
5.7.2 Slave connection	101
5.7.3 Interactions of the connections	101

6	Transfert de données et couche de liaison de données.....	104
6.1	Généralités.....	104
6.2	Structure des messages.....	104
6.2.1	Délimiteurs de messages.....	104
6.2.2	Insertion binaire.....	104
6.2.3	Zone d'adresse.....	104
6.2.4	Zone de données.....	108
6.2.5	Zone de séquence de vérification de la trame (FCS).....	108
6.2.6	Séquence de transmission binaire.....	110
6.2.7	Messages incorrects.....	110
6.3	Synchronisation de la transmission (cycles de transmission).....	110
6.3.1	Accès au support de transfert.....	112
6.3.2	Paramètres temporels.....	114
7	Structure de protocole.....	118
7.1	Généralités.....	118
7.2	Structure générale du protocole.....	120
7.2.1	Segment d'administration.....	120
7.2.2	Zone de données.....	120
7.3	Echange de données cycliques (CP ₄).....	124
7.3.1	Message de synchronisation du maître (MST).....	124
7.3.2	Message de données relatives au maître (MDT).....	126
7.3.3	Message du dispositif d'entraînement (AT).....	134
7.3.4	Diagramme de synchronisation relatif au fonctionnement cyclique.....	142
7.3.5	Eléments binaires temps réel.....	142
7.4	Echange non cyclique de données (voie de service).....	146
7.4.1	Généralités.....	146
7.4.2	Mécanisme de transmission de la voie de service.....	148
7.4.3	Initialisation de la voie de service.....	160
7.4.4	Fonctions des procédures de la commande par l'intermédiaire de la voie de service.....	160
8	Contenu des données.....	172
8.1	Types de données et structure des données.....	172
8.1.1	Données générales.....	172
8.1.2	Termes des données.....	174
8.1.3	Structure de bloc de données.....	174
8.2	Paramètres généraux.....	186
8.2.1	Paramètres de transmission.....	186
8.2.2	Temps de départ de transmission et des tranches de temps de transfert ..	188
8.2.3	Diagnostics.....	190
8.2.4	Listes des IDN des données d'exploitation.....	190
8.2.5	Signaux internes et externes (bits).....	190
8.2.6	Spécifications du constructeur.....	194
8.3	Définition du contenu des messages.....	194
8.3.1	Messages préconfigurés.....	194
8.3.2	Configuration du MDT (message préconfiguré).....	200
8.3.3	Configuration de l'AT (message préconfiguré).....	200
8.4	Modes de fonctionnement du dispositif d'entraînement.....	200

6	Data transfer and data link layer.....	105
6.1	General	105
6.2	Telegram structure.....	105
6.2.1	Telegram delimiters	105
6.2.2	Bit stuffing.....	105
6.2.3	Address field	105
6.2.4	Data field	109
6.2.5	Frame check sequence (FCS) field.....	109
6.2.6	Order of bit transmission	111
6.2.7	Invalid telegrams.....	111
6.3	Timing of the transmission (communication cycles)	111
6.3.1	Transfer medium access	113
6.3.2	Time parameters.....	115
7	Protocol structure.....	119
7.1	General	119
7.2	General protocol structure.....	121
7.2.1	Administrative segment	121
7.2.2	Data field	121
7.3	Cyclic data exchange (CP ₄).....	125
7.3.1	Master synchronization telegram (MST).....	125
7.3.2	Master data telegram (MDT).....	127
7.3.3	Drive telegram (AT).....	135
7.3.4	Timing diagram for cyclic operation	143
7.3.5	Real-time bits.....	143
7.4	Non-cyclic data exchange (service channel)	147
7.4.1	General.....	147
7.4.2	Service channel transport mechanism	149
7.4.3	Service channel initialization.....	161
7.4.4	Procedure command functions via the service channel	161
8	Data contents.....	173
8.1	Data types and data structure.....	173
8.1.1	General data	173
8.1.2	Data terms	175
8.1.3	Data block structure	175
8.2	General parameters	187
8.2.1	Communication parameters.....	187
8.2.2	Transmission starting times and transfer timeslots.....	189
8.2.3	Diagnostics	191
8.2.4	IDN-lists of operation data	191
8.2.5	Internal and external signals (bits).....	191
8.2.6	Manufacturer specifications.....	195
8.3	Definition of telegram contents	195
8.3.1	Standard telegrams	195
8.3.2	Configuration of the MDT (application telegram)	201
8.3.3	Configuration of the AT (application telegram).....	201
8.4	Drive operation modes	201

8.5	Données d'exploitation standard	202
8.5.1	Données de position.....	202
8.5.2	Données de vitesse.....	202
8.5.3	Données de couple	204
8.5.4	Données d'accélération	204
8.5.5	Procédures de la commande et données pour procédures de retour à la position de référence	204
8.5.6	Procédures de la commande et données spécifiques aux machines.....	206
8.6	Changement d'échelle relatif aux données d'exploitation.....	206
8.6.1	Changement d'échelle relatif aux données de position	206
8.6.2	Changement d'échelle relatif aux données de vitesse	210
8.6.3	Changement d'échelle relatif aux données couple/force	214
8.6.4	Changement d'échelle relatif aux données d'accélération	218
8.6.5	Changement d'échelle relatif aux données de température	220
8.7	Paramètres du dispositif d'entraînement	220
8.7.1	Paramètres de la boucle de vitesse	220
8.7.2	Paramètres de la boucle de position	224
8.7.3	Paramètres du régulateur de courant.....	224
8.7.4	Valeurs limites du dispositif d'entraînement	224
8.7.5	Paramètres du dispositif d'entraînement général	224
8.7.6	Paramètres de la broche	226
8.7.7	Fonctionnement synchrone de la broche.....	226
8.7.8	Engrenages électroniques	228
8.8	Systèmes mécaniques.....	232
8.8.1	Systèmes de retour	232
8.8.2	Constante d'avance.....	232
8.8.3	Engrenage	232
8.8.4	Ensembles de paramètres, et rapports d'engrenages.....	232
9	Initialisation de l'interface SYSTÈME.....	234
9.1	Généralités.....	234
9.2	Phase de transmission 0 (CP ₀).....	234
9.2.1	Structure des messages.....	234
9.2.2	Temps de départ de transmission de message	234
9.2.3	Quitter la phase de transmission 0 (CP ₀).....	236
9.3	Phase de transmission 1 (CP ₁).....	236
9.3.1	Séquence opérationnelle au cours de la phase 1 (CP ₁).....	236
9.3.2	Structure des messages.....	238
9.3.3	Temps de départ de transmission des messages.....	238
9.3.4	Quitter phase de transmission 1 (CP ₁).....	240
9.4	Phase de transmission 2 (CP ₂).....	240
9.4.1	Structure des messages.....	240
9.4.2	Temps de départ de transmission des messages.....	240
9.4.3	Quitter la phase de transmission 2 (CP ₂).....	240
9.5	Phase de transmission 3 (CP ₃).....	242
9.5.1	Structure des messages.....	242
9.5.2	Temps de départ de transmission des messages.....	242
9.5.3	Quitter la phase de transmission 3 (CP ₃).....	242

8.5	Standard operation data	203
8.5.1	Position data	203
8.5.2	Velocity data	203
8.5.3	Torque data	205
8.5.4	Acceleration data	205
8.5.5	Procedure commands and data for homing procedures.....	205
8.5.6	Machine specific procedure commands and data	207
8.6	Scaling of operation data.....	207
8.6.1	Scaling of position data	207
8.6.2	Scaling of velocity data.....	211
8.6.3	Scaling of torque/force data.....	215
8.6.4	Scaling of acceleration data	219
8.6.5	Scaling of temperature data	221
8.7	Drive parameters	221
8.7.1	Velocity loop parameters	221
8.7.2	Position loop parameters.....	225
8.7.3	Current loop parameters.....	225
8.7.4	Drive limit values.....	225
8.7.5	General drive parameters.....	225
8.7.6	Spindle parameters	227
8.7.7	Spindle synchronous operation.....	227
8.7.8	Electronic gearing	229
8.8	Mechanics	233
8.8.1	Feedback systems	233
8.8.2	Feed constant	233
8.8.3	Gear train	233
8.8.4	Parameter sets and gear ratios	233
9	Initialization of the SYSTEM interface	235
9.1	General	235
9.2	Communication phase 0 (CP ₀)	235
9.2.1	Structure of the telegrams	235
9.2.2	Telegram transmission timing.....	235
9.2.3	Leaving communication phase 0 (CP ₀)	237
9.3	Communication phase 1 (CP ₁)	237
9.3.1	Operational sequence in phase 1 (CP ₁).....	237
9.3.2	Structure of the telegrams	239
9.3.3	Telegram transmission timing.....	239
9.3.4	Leaving communication phase 1 (CP ₁)	241
9.4	Communication phase 2 (CP ₂)	241
9.4.1	Structure of the telegrams	241
9.4.2	Telegram transmission timing.....	241
9.4.3	Leaving communication phase 2 (CP ₂)	241
9.5	Communication phase 3 (CP ₃)	243
9.5.1	Structure of the telegrams	243
9.5.2	Telegram transmission timing.....	243
9.5.3	Leaving communication phase 3 (CP ₃)	243

9.6	Phase transmission 4 (CP ₄) – fin d'initialisation	244
9.6.1	Structure des messages	244
9.6.2	Temps de départ de transmission des messages	244
9.6.3	Quitter la phase de transmission 4 (CP ₄)	244
10	Traitement des erreurs	244
10.1	Fonctions de sécurité des dispositifs d'entraînement	244
10.2	Défaillance des messages	246
10.2.1	Défaillance d'un message (MST, MDT, AT)	246
10.3	Changement de phases de transmission	248
10.3.1	Phases de transmission croissantes	248
10.3.2	Phases de transmission décroissantes	248
10.4	Surveillance (présentation générale)	250
10.4.1	Surveillance du maître	250
10.4.2	Surveillance du dispositif d'entraînement (esclave)	250
10.5	Réaction au délai d'attente de protocole de transport	252
10.6	Réaction aux messages d'erreur dans la voie de service	252
10.7	Compteurs d'erreurs du maître et des esclaves	252
11	Séquences fonctionnelles	256
11.1	Généralités	256
11.2	Affectation des bits en temps réel	256
11.3	Retour à la position de référence	262
11.3.1	Procédure de la commande de retour à la position de référence commandée par le dispositif d'entraînement	262
11.3.2	Procédure de la commande de retour à la position de référence sous le contrôle de la commande numérique	266
11.4	Mesures	272
11.5	Procédure de la commande "positionnement de broche"	274
11.5.1	Positionnement lors du démarrage de la fonction	276
11.5.2	Nouvelles valeurs de position pendant que la commande est active	278
11.5.3	Commutation de mode de positionnement absolu/relatif lorsque la procédure de la commande est active	280
11.6	Commutation d'ensembles de paramètres et du rapport d'engrenages	280
11.7	Fonctions de démarrage/arrêt	282
11.7.1	Démarrage	282
11.7.2	Arrêt	282
11.7.3	Arrêt dû à une erreur	284
11.8	Procédure de la commande de mise en parc de l'axe	286
11.9	Procédure de la commande d'arrêt complet du dispositif d'entraînement	286
11.10	Procédure de la commande de fonctionnement synchrone commandé par le dispositif d'entraînement	288
11.10.1	Synchronisation de la broche synchrone à la broche mère avec un décalage angulaire fixe	288
11.10.2	Nouveau décalage de position synchrone après synchronisation	290
11.10.3	Nouveau rapport de vitesse après synchronisation	290
11.11	Procédure de la commande d'engagement d'engrenages commandée par le dispositif d'entraînement	292

9.6	Communication phase 4 (CP ₄) – end of initialization.....	245
9.6.1	Structure of the telegrams	245
9.6.2	Telegram transmission timing.....	245
9.6.3	Leaving communication phase 4 (CP ₄).....	245
10	Error handling	245
10.1	Drive safety functions.....	245
10.2	Failure of telegrams	247
10.2.1	Failure of a telegram (MST, MDT, AT).....	247
10.3	Changing the communication phases	249
10.3.1	Ascending communication phases.....	249
10.3.2	Descending communication phases.....	249
10.4	Monitoring (overview).....	251
10.4.1	Monitoring in the master.....	251
10.4.2	Monitoring in the drive (slave).....	251
10.5	Reaction to handshake timeout	253
10.6	Reaction to error messages in the service channel.....	253
10.7	Error counters in the master and the slave	253
11	Functional sequences	257
11.1	General	257
11.2	Allocation of real-time bits.....	257
11.3	Homing.....	263
11.3.1	Drive-controlled homing procedure command	263
11.3.2	Control unit controlled homing procedure command.....	267
11.4	Measurements	273
11.5	Position spindle procedure command	275
11.5.1	Positioning when the function is started	277
11.5.2	New position values while the procedure command is active.....	279
11.5.3	Switching the positioning mode angle position/relative offset while the procedure command is active.....	281
11.6	Switching of parameter sets and the gear ratio	281
11.7	Starting/stopping functions	283
11.7.1	Start-up.....	283
11.7.2	Shut-down.....	283
11.7.3	Shut-down due to error.....	285
11.8	Park axis procedure command	287
11.9	Positive stop drive procedure command	287
11.10	Drive-controlled synchronous operation procedure command	289
11.10.1	Synchronization of the synchronous spindle to the lead spindle with a fixed angular offset	289
11.10.2	New synchronous position offset after synchronization.....	291
11.10.3	New speed ratio after synchronization	291
11.11	Drive-controlled gear-engaging procedure command	293

Annexe A (normative) Numéros d'identification (IDN) classés par ordre numérique	296
Annexe B (normative) Numéros d'identification (IDN) classés par ordre alphabétique.....	314
Annexe C (normative) Description des IDN	330
Annexe D (normative) Interface SYSTÈME – Classes de conformité	464
D.1 Introduction.....	464
D.2 Paramètres nécessaires de l'interface SYSTÈME pour la classe de conformité A	466
D.3 Classe de conformité B pour l'interface SYSTÈME	468
D.4 Classe de conformité C pour l'interface SYSTÈME	474
D.5 Valeurs complémentaires	478
D.6 Temps de cycle de transmission.....	488
Annexe E (normative) Codage des caractères	490
Annexe F (informative) Principes fonctionnels du circuit répéteur	492
Annexe G (informative) Affaiblissement de la ligne de transmission	498
Annexe H (informative) Détermination des tranches de temps de transmission.....	500
H.1 Détermination du temps de départ de transmission de l'AT (t_1).....	500
H.2 Détermination du temps de départ de transmission du MDT (t_2).....	502
H.3 Durée maximale des messages.....	502
Annexe I (informative) Traitement des données d'exploitation	506
Annexe J (informative) Exécution des procédures de la commande.....	518
Annexe K (informative) Changement d'échelle additionnel	530
K.1 Changement d'échelle additionnel relatif aux données de position	530
K.2 Changement d'échelle additionnel relatif aux données de vitesse	532
K.3 Changement d'échelle additionnel relatif aux données de couple/force	534
K.4 Changement d'échelle additionnel relatif aux données d'accélération.....	538
K.5 Paramètres de changement d'échelle étendus.....	540
Figure 1 – Topologie.....	42
Figure 2 – Modes de fonctionnement	44
Figure 3 – Aperçu général de la structure des zones de données (CP ₃ et CP ₄)	52
Figure 4 – Couches de transfert.....	54
Figure 5 – Méthode d'accès synchronisé.....	54
Figure 6 – Cycle de transmission	56
Figure 7 – Topologie.....	66

Annex A (normative) Identification numbers in numerical order	297
Annex B (normative) Identification numbers in alphabetical order	315
Annex C (normative) Description of IDNs	331
Annex D (normative) SYSTEM interface – Compliance classes	465
D.1 Introduction	465
D.2 SYSTEM interface required parameters for compliance class A	467
D.3 SYSTEM interface compliance class B	469
D.4 SYSTEM interface compliance class C	475
D.5 Additional functions	479
D.6 Communication cycle times	489
Annex E (normative) Coded character set	491
Annex F (informative) Functional principles of the repeater circuit	493
Annex G (informative) Attenuation on the transmission line	499
Annex H (informative) Determination of the transmission timeslots	501
H.1 Determination of AT transmission starting time (t_1)	501
H.2 Determination of MDT transmission starting time (t_2)	503
H.3 Maximum duration of the telegrams	503
Annex I (informative) Processing operation data	507
Annex J (informative) Procedure command execution	519
Annex K (informative) Additional scaling	530
K.1 Additional scaling of position data	530
K.2 Additional scaling of velocity data	532
K.3 Additional scaling of torque/force data	534
K.4 Additional scaling of acceleration data	538
K.5 Extended scaling parameters	540
Figure 1 – Topology	43
Figure 2 – Operation modes	45
Figure 3 – Overview of data field structure (CP ₃ and CP ₄)	53
Figure 4 – Transfer layers	55
Figure 5 – Timed access methods	55
Figure 6 – Communication cycle	57
Figure 7 – Topology	67

Figure 8 – Ligne de transmission optique	68
Figure 9 – Structure d'un câble unipolaire (exemple)	72
Figure 10 – Enveloppe des signaux optiques	78
Figure 11 – Affichage de l'instabilité (J_{bruit})	80
Figure 12 – Caractéristiques d'entrée/sortie d'un esclave	84
Figure 13 – Exemple de signal codé en NRZI	90
Figure 14 – Structure générale d'un message	90
Figure 15 – Signal de remplissage	92
Figure 16 – Fonctions de connexion d'un maître	94
Figure 17 – Signaux de transmission corrects pendant les transitions de signal de remplissage en délimiteurs de message	96
Figure 18 – Signaux de transmission corrects pendant les transitions de délimiteurs de message au signal de remplissage	98
Figure 19 – Fonctions de connexion d'un esclave	100
Figure 20 – Boucle munie de deux esclaves	102
Figure 21 – Accès au support de transfert	112
Figure 22 – Intervalles de temps requis entre messages	116
Figure 23 – Validité des valeurs de commande et de temps d'acquisition de retour dans les dispositifs d'entraînement	118
Figure 24 – Structure de bloc de données	118
Figure 25 – Zones de données du message de données relatives au maître	120
Figure 26 – Zone de données du message du dispositif d'entraînement	122
Figure 27 – Structure du message de synchronisation du maître	124
Figure 28 – Zone BOF	124
Figure 29 – Zone ADR	124
Figure 30 – Zone INFO	124
Figure 31 – Zone FCS	126
Figure 32 – Zone EOF	126
Figure 33 – Structure du message de données relatives au maître (MDT)	128
Figure 34 – Zone INFO service du maître k	132
Figure 35 – Données d'exploitation du MDT	132
Figure 36 – Exemple de MDT (avec des enregistrements de données du message préconfiguré 2 relatifs au mode de fonctionnement en commande de vitesse)	134
Figure 37 – Structure du message du dispositif d'entraînement	136
Figure 38 – Zone INFO service du dispositif d'entraînement m	140
Figure 39 – Données d'exploitation de l'AT	140
Figure 40 – Exemple de message du dispositif d'entraînement (message préconfiguré 2 relatif au mode de fonctionnement en commande de vitesse)	142
Figure 41 – Diagramme de synchronisation relatif au fonctionnement cyclique	142
Figure 42 – Fonction des éléments binaires temps réel	144
Figure 43 – Configuration de transmission de données par la voie de service	148
Figure 44 – Diagramme de traitement de la voie de service	150
Figure 45 – Schéma de traitement par étapes de la communication	154

Figure 8 – Optical transmission line	69
Figure 9 – Structure of a single-core cable (example)	73
Figure 10 – Optical signal envelope	79
Figure 11 – Display of jitter (J_{noise})	81
Figure 12 – Input-output performance of a slave	85
Figure 13 – Example of an NRZI-coded signal	91
Figure 14 – General telegram structure	91
Figure 15 – Fill signal	93
Figure 16 – Functions of a master connection	95
Figure 17 – Valid transmitting signals during the transition from fill signal to telegram delimiters	97
Figure 18 – Valid transmitting signals during the transition from telegram delimiter to fill signal	99
Figure 19 – Functions of a slave connection	101
Figure 20 – Ring with two slaves	103
Figure 21 – Access to the transfer medium	113
Figure 22 – Required time intervals between telegrams	117
Figure 23 – Validity of command values and feedback acquisition time in the drives	119
Figure 24 – Data block structure	119
Figure 25 – Data fields of the master data telegram	121
Figure 26 – Data field of the drive telegram	123
Figure 27 – Structure of the master synchronization telegram	125
Figure 28 – BOF field	125
Figure 29 – ADR field	125
Figure 30 – INFO field	125
Figure 31 – FCS field	127
Figure 32 – EOF field	127
Figure 33 – Structure of the master data telegram	129
Figure 34 – Master service INFO field k	133
Figure 35 – Operation data of the MDT	133
Figure 36 – Example of MDT	135
(with data records of standard telegram 2 for velocity control operation mode)	135
Figure 37 – Structure of the drive telegram	137
Figure 38 – Drive service INFO field m	141
Figure 39 – Operation data of the AT	141
Figure 40 – Example of a drive telegram (standard telegram 2 for velocity control operation mode)	143
Figure 41 – Timing diagram for cyclic operation	143
Figure 42 – Function of the real-time bits	145
Figure 43 – Service channel data transport scheme	149
Figure 44 – Service channel handling diagram	151
Figure 45 – Communication step proceeding diagram	155

Figure 46 – Machine d'état pour l'exécution de la procédure de la commande	168
Figure 47 – Exécution d'une procédure de la commande sans interruption	170
Figure 48 – Exécution d'une procédure de la commande avec interruption	170
Figure 49 – Exécution d'une procédure de la commande avec message d'erreur	172
Figure 50 – Diagramme de synchronisation pour CP ₃ /CP ₄	188
Figure 51 – Diagramme du type de changement d'échelle des données de position.....	210
Figure 52 – Diagramme du type de changement d'échelle pour les données de vitesse	214
Figure 53 – Diagramme du type de changement d'échelle pour les données de couple/force	216
Figure 54 – Diagramme du type de changement d'échelle pour les données d'accélération	220
Figure 55 – Ajustement du gain proportionnel pour la boucle de vitesse	222
Figure 56 – Ajustement du temps d'action intégral pour la boucle de vitesse	222
Figure 57 – Schéma de fonctionnement de la broche synchrone (exemple)	228
Figure 58 – Schéma d'engrenages électroniques (exemple).....	230
Figure 59 – Diagramme de synchronisation pour CP ₀	236
Figure 60 – Structure du message de demande d'identification	238
Figure 61 – Structure du message d'acquiescement d'identification	238
Figure 62 – Temps de départ de transmission des messages en CP ₁ et CP ₂	238
Figure 63 – Affectation d'un IDN ≠ 0 aux bits en temps réel (sans autre affectation active avant).....	258
Figure 64 – Affectation d'un IDN = 0 aux bits en temps réel (avec autre affectation active avant).....	260
Figure 65 – Affectation d'un IDN ≠ 0 aux bits en temps réel (autre affectation active avant) ..	262
Figure 66 – Séquence des bits pour le retour à la position de référence commandée par le dispositif d'entraînement	262
Figure 67 – Schéma du retour à la position de référence commandé par le dispositif d'entraînement	264
Figure 68 – Séquence de bits pour retour à la position de référence sous le contrôle de la commande numérique (cas 1).....	266
Figure 69 – Séquence de bits pour retour à la position de référence sous le contrôle de la commande numérique (cas 2.1).....	268
Figure 70 – Séquence de bits pour le retour à la position de référence sous le contrôle de la commande numérique (cas 2.2)	268
Figure 71 – Système de retour incrémental	270
Figure 72 – Système de retour à codage de distance	272
Figure 73 – Séquence de bits pour activer le déplacement du système référencé	272
Figure 74 – Séquence de bits pour la mesure	274
Figure 75 – Diagramme de vitesse pour le positionnement de la broche (1) (retour de vitesse > vitesse de positionnement de la broche).....	276
Figure 76 – Diagramme de vitesse pour le positionnement de la broche (2) (retour de vitesse ≤ vitesse de positionnement de la broche).....	276
Figure 77 – Diagramme de vitesse pour le positionnement de la broche (3) (retour de vitesse = 0)	278
Figure 78 – Séquence de bits pendant l'écriture de nouvelles valeurs de position (IDN 00153 ou IDN 00180)	278

Figure 46 – State machine for procedure command execution.....	169
Figure 47 – Procedure command execution without interrupt.....	171
Figure 48 – Procedure command execution with interrupt	171
Figure 49 – Procedure command execution with error message	173
Figure 50 – Timing diagram for CP ₃ /CP ₄	189
Figure 51 – Position data scaling type diagram	211
Figure 52 – Velocity data scaling type diagram.....	215
Figure 53 – Torque/force data scaling type diagram	217
Figure 54 – Acceleration data scaling type diagram.....	221
Figure 55 – Adaptation of the velocity loop proportional gain	223
Figure 56 – Adaptation of the velocity loop integral action time.....	223
Figure 57 – Synchronous spindle operation diagram (example).....	229
Figure 58 – Electronic gearing diagram (example)	231
Figure 59 – Timing diagram for CP ₀	237
Figure 60 – Structure of the ID request telegram.....	239
Figure 61 – Structure of the ID acknowledge telegram	239
Figure 62 – Telegram transmission starting times of CP ₁ and CP ₂	239
Figure 63 – Allocation of IDN ≠ 0 to the real-time bits (no other allocation was active before)	259
Figure 64 – Allocation of IDN = 0 to the real-time bits (other allocation was active before)	261
Figure 65 – Allocation of IDN ≠ 0 to the real-time bits (other allocation was active before)	263
Figure 66 – Bit sequence for drive-controlled homing.....	263
Figure 67 – Drive-controlled homing diagram	265
Figure 68 – Bit sequence for control unit controlled homing (case 1)	267
Figure 69 – Bit sequence for control unit controlled homing (case 2.1)	269
Figure 70 – Bit sequence for control unit controlled homing (case 2.2)	269
Figure 71 – Incremental feedback system	271
Figure 72 – Distance-coded feedback system	273
Figure 73 – Bit sequence to activate the displacement to the referenced system	273
Figure 74 – Bit sequence for measuring.....	275
Figure 75 – Velocity diagram for spindle positioning (1) (velocity feedback > spindle positioning speed)	277
Figure 76 – Velocity diagram for spindle positioning (2) (velocity feedback ≤ spindle positioning speed)	277
Figure 77 – Velocity diagram for spindle positioning (velocity feedback = 0)	279
Figure 78 – Bit sequence while writing new position values (IDN 00153 or 00180)	279

Figure 79 – Séquence de bits pour la commutation du mode de positionnement de la broche	280
Figure 80 – Séquence de bits pour la commutation d'ensembles de paramètres et/ou du rapport d'engrenages	280
Figure 81 – Séquence de bits au démarrage	282
Figure 82 – Séquence de bits à l'arrêt	284
Figure 83 – Séquence de bits pour une erreur de C1D	284
Figure 84 – Séquence de bits pour la mise en parc de l'axe	286
Figure 85 – Séquence de bits pour l'arrêt complet du dispositif d'entraînement	286
Figure 86 – Diagramme de vitesse pour les broches mère et synchrone en mode de fonctionnement angulaire synchrone	290
Figure 87 – Diagramme de retour de position pour les broches mère et synchrone en mode de fonctionnement angulaire synchrone	292
Figure 88 – Procédure de la commande d'engagement d'engrenages commandée par le dispositif d'entraînement	294
Figure C.1 – Exemple de configuration de mot d'état du signal	346
Figure C.2 – Paramètre de polarité de vitesse	354
Figure C.3 – Paramètre de polarité de position	360
Figure C.4 – Paramètre de polarité de couple	368
Figure C.5 – Structure d'une disposition de l'esclave	374
Figure C.6 – Exemple de fenêtre de vitesse	400
Figure C.7 – Exemple de structure d'une liaison d'IDN	418
Figure D.1 – Structure de classes de conformité	464
Figure F.1 – Exemple d'application de DPLL	494
Figure F.2 – Diagramme d'états de DPLL	496
Figure F.3 – Synchronisation de DPLL	496
Figure H.1 – Détermination du temps de départ de transmission de l'AT	500
Figure H.2 – Détermination du temps de départ de transmission du MDT	502
Figure H.3 – Evaluation de t_{MTSY}	502
Figure I.1 – Explication de l'exemple de "traitement de données d'exploitation"	506
Figure I.2 – Exemple de traitement de données d'exploitation	516
Figure J.1 – Explication de l'exemple d'exécution de procédure de la commande	518
Figure J.2 – Exemple d'exécution de commande	528
Figure K.1 – Diagramme étendu du type de changement d'échelle des données de position	532
Figure K.2 – Diagramme étendu du type de changement d'échelle pour les données de vitesse	534
Figure K.3 – Diagramme étendu du type de changement d'échelle pour les données de couple/force	536
Figure K.4 – Diagramme étendu du type de changement d'échelle pour les données d'accélération	538
Tableau 1 – Données de fonctionnement type relatives à une émission cyclique	48
Tableau 2 – Caractéristiques des données pour la transmission non cyclique	48
Tableau 3 – Spécifications relatives à l'émetteur (toutes les données pour λ_p)	70
Tableau 4 – Spécifications relatives au récepteur (toutes les données pour λ_p)	72

Figure 79 – Bit sequence for switching spindle positioning mode.....	281
Figure 80 – Bit sequence for switching parameter sets and/or gear ratio	281
Figure 81 – Bit sequence during start-up.....	283
Figure 82 – Bit sequence during shut-down.....	285
Figure 83 – Bit sequence for C1D error.....	285
Figure 84 – Bit sequence for park axis.....	287
Figure 85 – Bit sequence for positive stop drive	287
Figure 86 – Velocity diagram for lead and synchronous spindle during angle synchronous operation mode	291
Figure 87 – Position feedback diagram for lead and synchronous spindle during angle synchronous operation mode	293
Figure 88 – Drive-controlled gear-engaging procedure command	295
Figure C.1 – Example of the configuration of the signal status word	347
Figure C.2 – Velocity polarity parameter	355
Figure C.3 – Position polarity parameter	361
Figure C.4 – Torque polarity parameter.....	369
Figure C.5 – Structure of slave arrangement.....	375
Figure C.6 – Velocity window	401
Figure D.1 – Compliance class structure.....	465
Figure F.1 – Example of an implemented DPLL.....	495
Figure F.2 – DPLL status diagram	497
Figure F.3 – DPLL timing.....	497
Figure H.1 – Determination of the AT transmission starting time	501
Figure H.2 – Determination of the MDT transmission starting time	503
Figure H.3 – Evaluation of t_{MTSY}	503
Figure I.1 – Explanation for processing operation data examples	507
Figure I.2 – Examples for processing operation data	517
Figure J.1 – Explanation for procedure command execution examples	519
Figure J.2 – Examples of procedure command executions	528
Figure K.1 – Extended position data scaling type diagram	532
Figure K.2 – Extended velocity data scaling type diagram	534
Figure K.3 – Extended torque/force data scaling type diagram	536
Figure K.4 – Extended acceleration data scaling type diagram	538
Table 1 – Typical operation data for cyclic transmission	49
Table 2 – Typical data for non-cyclic transmission	49
Table 3 – Transmitter specifications (all data for λ_p)	71
Table 4 – Receiver specifications (all data for λ_p)	73

Tableau 5 – Spécifications techniques relatives aux câbles plastiques	72
Tableau 6 – Données système relatives à la ligne de transmission.....	74
Tableau 7 – Paramètres des données de transmission.....	80
Tableau 8 – Signaux d'entrée possibles de l'esclave	86
Tableau 9 – Signaux de sortie possibles de l'esclave	86
Tableau 10 – Signaux corrects de sortie de l'esclave	88
Tableau 11 – Spécifications relatives au temps de réglage de l'horloge.....	88
Tableau 12 – Fonctions fondamentales de la connexion.....	92
Tableau 13 – Valeurs de la zone d'adresse pendant la transmission.....	106
Tableau 14 – Valeurs de la zone d'adresse pendant la réception.....	108
Tableau 15 – Messages d'erreurs	158
Tableau 16 – Contrôle de procédure de la commande.....	162
Tableau 17 – Acquiescement de la procédure de la commande (état des données)	164
Tableau 18 – Perte ou défaillance du message de synchronisation du maître (MST)	246
Tableau 19 – Défaillances des messages de données relatives au maître (MDT)	248
Tableau 20 – Défaillance des messages du dispositif d'entraînement (AT)	248
Tableau 21 – Etats des compteurs d'erreurs 1 du maître.....	252
Tableau 22 – Etat des compteurs d'erreurs 1 des dispositifs d'entraînement pour les défaillances du MST dans CP ₃ et CP ₄	254
Tableau 23 – Etat des compteurs d'erreurs 1 des dispositifs d'entraînement pour les défaillances du MDT en CP ₄	254
Tableau 24 – Etats des compteurs d'erreurs 2 du maître pour les défaillances de l'AT	254
Tableau 25 – Etat des compteurs d'erreurs 2 des dispositifs d'entraînement pour les défaillances MST	256
Tableau 26 – Etats des compteurs d'erreurs 2 des dispositifs d'entraînement pour les défaillances MDT	256
Tableau C.1 – Structure des modes de fonctionnement du dispositif d'entraînement	348

Table 5 – Cable specifications (example).....	73
Table 6 – System data of the optical transmission line	75
Table 7 – Transmission data parameters	81
Table 8 – Possible slave input signals.....	87
Table 9 – Possible slave output signals.....	87
Table 10 – Valid slave output signals	89
Table 11 – Specifications of the clock adjustment times	89
Table 12 – Basic functions of the connection	93
Table 13 – Address field values during transmitting.....	107
Table 14 – Address field values during reception	109
Table 15 – Error messages.....	159
Table 16 – Procedure command control.....	163
Table 17 – Procedure command acknowledgement (data status)	165
Table 18 – Loss or failure of master synchronization telegram (MST)	247
Table 19 – Failure of master data telegrams (MDT)	249
Table 20 – Failure of drive telegrams (AT)	249
Table 21 – States of error counters 1 in the master for MST and AT failures	253
Table 22 – States of error counter 1 in the drives for MST-failures in CP ₃ and CP ₄	255
Table 23 – States of error counter 1 in the drives for MDT-failures in CP ₄	255
Table 24 – States of error counters 2 in the master for AT-failures	255
Table 25 – States of error counter 2 in the drives for MST-failures	257
Table 26 – States of error counter 2 in the drives for MDT-failures	257
Table C.1 – Structure of drive operation modes	349

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE DES MACHINES INDUSTRIELLES – LIAISON DES DONNÉES SÉRIELLES POUR COMMUNICATIONS EN TEMPS RÉEL ENTRE UNITÉS DE COMMANDE ET DISPOSITIFS D'ENTRAÎNEMENT

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61491 a été établie par le comité d'études 44 de la CEI: Sécurité des machines. Aspects électrotechniques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1995 et constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
44/391/FDIS	44/406/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2007. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL EQUIPMENT OF INDUSTRIAL MACHINES –
SERIAL DATA LINK FOR REAL-TIME COMMUNICATION
BETWEEN CONTROLS AND DRIVES**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61491 has been prepared by IEC technical committee 44: Safety of machinery – Electrotechnical aspects.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1995 and constitutes a technical revision.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
44/391/FDIS	44/406/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2007. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE DES MACHINES INDUSTRIELLES – LIAISON DES DONNÉES SÉRIELLES POUR COMMUNICATIONS EN TEMPS RÉEL ENTRE UNITÉS DE COMMANDE ET DISPOSITIFS D'ENTRAÎNEMENT

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit une interface sérieuse optique en temps réel entre la commande numérique et ses dispositifs d'entraînement associés, utilisée pour la transmission de données périodiques ou non.

Cette interface est destinée à être appliquée aux machines industrielles, telles que les machines outils, avec des dispositifs d'entraînement multiples et pouvant fonctionner en mode couple, vitesse ou en modes de fonctionnement interfaces de position.

NOTE Dans cette norme, l'interface SYSTÈME se réfère à cette liaison de données sérieuses pour la communication en temps réel entre commandes et dispositifs d'entraînement.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60874-2:1993, *Connecteurs pour fibres et câbles optiques – Partie 2: Spécification intermédiaire pour connecteur pour fibres optiques – Type F-SMA*

ISO/CEI 646:1991, *Technologies de l'information – Jeu ISO de caractères codés à 7 éléments pour l'échange d'informations* (disponible en anglais seulement)

ISO/CEI 3309:1993, *Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'informations entre systèmes – Procédures de commande de liaison de données à haut niveau (HDLC) – Structure de trame* (disponible en anglais seulement)

ISO/CEI 7498-1:1994, *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts (OSI) – Modèle de référence de base: Le modèle de base*

ISO 7776:1995, *Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'information entre systèmes – Procédures de commande de liaison de données de haut niveau – Description des procédures de liaison de données ETTD compatibles X.25 LAPB* (disponible en anglais seulement)

Recommandation UIT-T X.25, *Interface entre équipement terminal de traitement de données et équipement de terminaison de circuit de données pour terminaux fonctionnant en mode paquet et raccordés par circuit spécialisé à des réseaux publics pour données*

ELECTRICAL EQUIPMENT OF INDUSTRIAL MACHINES – SERIAL DATA LINK FOR REAL-TIME COMMUNICATION BETWEEN CONTROLS AND DRIVES

1 Scope

This International Standard defines a real-time optical serial interface between the control unit and its associate drives which is utilized to transmit periodic and non-periodic data.

This interface is intended to apply to industrial machines, such as machine tools, with multiple drives and which can be operated in torque, velocity, or position interface operation modes.

NOTE In this standard, SYSTEM interface refers to this serial data link for real-time communication between controls and drives.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60874-2:1993, *Connectors for optical fibres and cables – Part 2: Sectional specification for fibre optic connector – Type F-SMA*

ISO/IEC 646:1991, *Information technology – ISO 7-bit coded character set for information interchange*

ISO/IEC 3309:1993, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – High-level data link control (HDLC) procedures – Frame structure*

ISO/IEC 7498-1:1994, *Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: The basic model*

ISO 7776:1995, *Information technology Telecommunications and information exchange between systems – High-level data link control procedures – Description of the X.25 LAPB-compatible DTE data link procedures*

ITU-T Recommendation X.25, *Interface between Data Terminal Equipment (DTA) and Data Circuit-terminating Equipment (DTE) for terminals operating in the packet mode and connected to public data networks by dedicated circuit*