

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1491**

Première édition
First edition
1995-11

**Équipement 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**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1491: 1995

AVA Documents
Document Sharing Hub

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*, which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1491**

Première édition
First edition
1995-11

**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**

© CEI 1995 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS.....	10
INTRODUCTION.....	12
Articles	
1 Domaine d'application	14
2 Références normatives.....	14
3 Définitions et abréviations	14
3.1 Définitions.....	14
3.2 Abréviations.....	20
4 Prescriptions générales	32
4.1 Présentation générale	32
4.2 Description générale du système	34
4.3 Transmission de données	46
4.4 Initialisation.....	56
4.5 Messages d'erreurs et d'état	60
5 Moyen de transfert et couche physique.....	60
5.1 Généralités	60
5.2 Topologie.....	60
5.3 Signaux optiques sur la ligne de transmission.....	64
5.4 Caractéristiques de durée de la transmission binaire	70
5.5 Codage binaire	84
5.6 Messages et caractères de remplissage.....	86
5.7 Connexion à la fibre optique.....	88
6 Transfert de données et couches de liaison de données	102
6.1 Généralités	102
6.2 Structure de messages	102
6.3 Synchronisation de la transmission (cycles de transmission)	108
7 Structure de protocole	118
7.1 Généralités	118
7.2 Structure générale de protocole	118
7.3 Echange de données cycliques (CP ₄)	124
7.4 Echange non cyclique de données (voie de service).....	148
8 Contenu des données	172
8.1 Types de données et structure des données	172
8.2 Paramètres généraux.....	188
8.3 Définition du contenu des messages	196
8.4 Modes de fonctionnement du dispositif d'entraînement	204
8.5 Données d'exploitation standard	204
8.6 Changement d'échelle relatif aux données d'exploitation	210
8.7 Paramètres du dispositif d'entraînement.....	226
8.8 Systèmes mécaniques	236
9 Initialisation de l'interface SYSTEME	240
9.1 Généralités	240
9.2 Phase de transmission 0 (CP ₀).....	240
9.3 Phase de transmission 1 (CP ₁).....	242
9.4 Phase de transmission 2 (CP ₂).....	246
9.5 Phase de transmission 3 (CP ₃).....	248
9.6 Phase de transmission 4 (CP ₄) (Fin d'initialisation)	250

CONTENTS

	Page
FOREWORD	11
INTRODUCTION	13
Clause	
1 Scope	15
2 Normative references	15
3 Definitions and abbreviations	15
3.1 Definitions	15
3.2 Abbreviations	21
4 General requirements	33
4.1 Overview	33
4.2 System overview	35
4.3 Data transmission	47
4.4 Initialization	57
4.5 Error and status messages	61
5 Transfer medium and physical layer	61
5.1 General	61
5.2 Topology	61
5.3 Optical signals on the transmission line	65
5.4 Time performance of bit transmission	71
5.5 Bit coding	85
5.6 Telegrams and fill characters	87
5.7 Connection to the optical fiber	89
6 Data transfer and data link layer	103
6.1 General	103
6.2 Telegram structure	103
6.3 Timing of the transmission (communication cycles)	109
7 Protocol structure	119
7.1 General	119
7.2 General protocol structure	119
7.3 Cyclic data exchange (CP ₄)	125
7.4 Non-cyclic data exchange (service channel)	149
8 Data contents	173
8.1 Data types and data structure	173
8.2 General parameters	189
8.3 Definition of telegram contents	197
8.4 Drive operation modes	205
8.5 Standard operation data	205
8.6 Scaling of operation data	211
8.7 Drive parameters	227
8.8 Mechanics	239
9 Initialization of the SYSTEM interface	241
9.1 General	241
9.2 Communication phase 0 (CP ₀)	241
9.3 Communication phase 1 (CP ₁)	243
9.4 Communication phase 2 (CP ₂)	247
9.5 Communication phase 3 (CP ₃)	249
9.6 Communication phase 4 (CP ₄) – end of initialization	251

Articles	Pages
10	Traitement des erreurs 252
10.1	Fonctions de sécurité des dispositifs d'entraînement..... 252
10.2	Défaillance des messages 254
10.3	Changement de phases de transmission 256
10.4	Surveillance (présentation générale)..... 258
10.5	Réaction au délai d'attente de protocole de transport..... 260
10.6	Réaction aux messages d'erreur dans la voie de service 260
10.7	Compteurs d'erreurs dans les liaisons principale et secondaire 262
11	Séquences fonctionnelles..... 266
11.1	Généralités 266
11.2	Affectation des bits en temps réel 266
11.3	Retour à la position de référence 270
11.4	Mesures..... 284
11.5	Commande de procédure «positionnement de broche» 284
11.6	Sélection d'ensembles de paramètres et du rapport d'engrenages 290
11.7	Fonctions de démarrage/arrêt 292
11.8	Commande de procédure d'axe de parc 296
11.9	Commande de procédure d'arrêt complet du dispositif d'entraînement..... 298
11.10	Commande de procédure de fonctionnement synchrone commandé par le dispositif d'entraînement 298
11.11	Commande de procédure d'engagement d'engrenages commandé par le dispositif d'entraînement 304

ANNEXES

A	Numéros d'identification (IDN) classés par ordre numérique 306
B	Numéros d'identification (IDN) classés par ordre alphabétique..... 320
C	Description des IDN..... 334
D	Interface SYSTEME – Classes de conformité 466
E	Codage des caractères 496
F	Principes fonctionnels du circuit répéteur..... 496
G	Affaiblissement de la ligne de transmission..... 502
H	Détermination des tranches de temps de transmission..... 506
I	Traitement des données d'exploitation 512
J	Exécution des commandes de procédure 524

TABLEAUX

1	Données de fonctionnement type relatives à une transmission cyclique 40
2	Caractéristiques des données pour la transmission «non cyclique» 42
3	Spécifications relatives à l'émetteur (données pour λ_p) 66
4	Spécifications relatives au récepteur (toutes les données pour λ_p) 68
5	Spécifications techniques relatives aux câbles plastiques 68
6	Données système relatives à la ligne de transmission optique 70
7	Paramètres des données de transmission 76
8	Signaux d'entrée possibles de la liaison secondaire 82
9	Signaux de sortie possibles de la liaison secondaire 82
10	Signaux corrects de sortie de la liaison secondaire 84
11	Spécifications relatives au temps de réglage de l'horloge..... 84
12	Fonctions fondamentales de la connexion 88
13	Valeurs de la zone d'adresse pendant la transmission 104
14	Valeurs de la zone d'adresse pendant la réception 106
15	Messages d'erreurs 160
16	Procédure de contrôle commande..... 164
17	Acquitement de la commande de procédure (état des données) 164
18	Perte ou défaillance du message de synchronisation de la liaison principale (MST)..... 254
19	Défaillance du message de données relatives à la liaison principale (MDT) 256
20	Défaillance des messages du dispositif d'entraînement (AT) 256
21	Etat des compteurs d'erreurs 1 dans la liaison principale 262
22	Etat des compteurs d'erreurs 1 dans les dispositifs d'entraînement pour les défaillances du MST dans CP ₃ et CP ₄ 262

Clause	Page
10 Error handling	253
10.1 Drive safety functions	253
10.2 Failure of telegrams	255
10.3 Changing the communication phases	257
10.4 Monitoring (overview)	259
10.5 Reaction to handshake timeout	261
10.6 Reaction to error messages in the service channel	261
10.7 Error counters in the master and the slave	263
11 Functional sequences	267
11.1 General	267
11.2 Assignment of real-time bits	267
11.3 Homing	271
11.4 Measurements	283
11.5 Position spindle procedure command	285
11.6 Switching of parameter sets and the gear ratio	291
11.7 Starting/stopping functions	293
11.8 Park axis procedure command	297
11.9 Positive stop drive procedure command	299
11.10 Drive controlled synchronous operation procedure command	299
11.11 Drive controlled gear engaging procedure command	305
Annexes	
A Identification numbers in numerical order	307
B Identification numbers in alphabetical order	321
C Description of IDNs	333
D SYSTEM interface – Compliance classes	467
E Coded character set	495
F Functional principles of the repeater circuit	497
G Attenuation on the transmission line	503
H Determination of the transmission time-slots	507
I Processing operation data	513
J Command execution	525
Tables	
1 Typical operation data for cyclic transmission	41
2 Typical data for 'non-cyclic' transmission	43
3 Transmitter specifications (data for λ_p)	67
4 Receiver specifications (all data for λ_p)	69
5 Cable specifications for plastic	69
6 System data of the optical transmission line	71
7 Transmission data parameters	77
8 Possible slave input signals	83
9 Possible slave output signals	83
10 Valid slave output signals	85
11 Specifications of the clock adjustment times	85
12 Basic functions of the connection	89
13 Address field values during transmitting	105
14 Address field values during reception	107
15 Error messages	161
16 Procedure command control	165
17 Procedure command acknowledgment (data status)	165
18 Loss or failure of master synchronization telegram (MST)	255
19 Failure of master data telegrams (MDT)	257
20 Failure of drive telegrams (AT)	257
21 States of error counters 1 in the master for MST and AT failures	263
22 States of error counters 1 in the drives for MST-failures in CP ₃ and CP ₄	263

Tableaux		Pages
23	Etat des compteurs d'erreurs 1 dans les dispositifs d'entraînement pour les défaillances du MDT en CP ₄	262
24	Etats des compteurs d'erreurs 2 dans la liaison principale pour les défaillances de l'AT	264
25	Etats des compteurs d'erreurs 2 dans les dispositifs d'entraînement pour les défaillances MST	264
26	Etats des compteurs d'erreurs 2 dans les dispositifs d'entraînement pour les défaillances MDT.....	264

FIGURES

1	Topologie	34
2	Modes de fonctionnement	38
3	Aperçu général de la structure des zones de données (CP ₃ et CP ₄)	46
4	Couches de transfert	48
5	Méthodes d'accès synchronisé.....	48
6	Cycle de transmission	50
7	Topologie	62
8	Ligne de transmission optique	64
9	Structure d'un câble unipolaire	68
10	Enveloppe des signaux optiques.....	74
11	Affichage de l'instabilité (J_{bruit}).....	76
12	Caractéristiques d'entrée et de sortie d'une liaison secondaire.....	80
13	Exemple d'un signal codé en NRZI	86
14	Structure générale d'un message.....	86
15	Signal de remplissage	88
16	Fonctions de connexion d'une liaison principale	90
17	Signaux de transmission corrects pendant les transitions de signal de remplissage en délimiteurs de messages	94
18	Signaux de transmission corrects pendant les transitions de délimiteurs de messages au signal de remplissage	96
19	Fonctions de connexion d'une liaison secondaire.....	96
20	Boucle munie de deux liaisons secondaires.....	100
21	Accès au support de transfert.....	110
22	Intervalles de temps requis entre messages.....	116
23	Validité des valeurs de commande et des temps d'acquisition de retour dans les dispositifs d'entraînement.....	116
24	Structure de bloc de données.....	118
25	Zone de données du message de données relatives à la liaison principale	120
26	Zone de données du message du dispositif d'entraînement	122
27	Structure du message de synchronisation de la liaison principale	124
28	Zone BOF.....	124
29	Zone ADR.....	124
30	Zone info.....	126
31	Zone FCS.....	126
32	Zone EOF.....	126
33	Structure du message de données relatives à la liaison principale (MDT).....	130
34	Zone info service de la liaison principale k.....	134
35	Données d'exploitation	134
36	Exemple de MDT (avec des enregistrements de données du message préconfiguré 2 relatifs au mode de fonctionnement en commande de vitesse)	136
37	Structure de message du dispositif d'entraînement.....	138
38	Zone info service du dispositif d'entraînement m	142
39	Données d'exploitation	142
40	Exemple de message du dispositif d'entraînement (message préconfiguré 2 relatif au mode de fonctionnement en commande de vitesse)	144
41	Diagramme de synchronisation relatif au fonctionnement cyclique	144
42	Fonction des éléments binaires en temps réel	146
43	Configuration de transmission des données par la voie de service	150
44	Schéma de traitement de la voie de service.....	152
45	Schéma de traitement par étapes.....	154
46	Etat de la machine pour l'exécution de la commande de procédure	168
47	Exécution d'une commande de procédure sans interruption.....	170
48	Exécution d'une commande de procédure avec interruption.....	170
49	Exécution d'une commande de procédure avec message d'erreur.....	172

Tables		Pages
23	States of error counters 1 in the drives for MDT-failures in CP ₄	263
24	States of error counters in the master for AT-failures	265
25	States of error counters 2 in the drives for MST-failures	265
26	States of error counters 2 in the drives for MDT-failures	265

Figures

1	Topology	35
2	Operation modes	39
3	Overview of data field structure (CP ₃ and CP ₄)	47
4	Transfer layers	49
5	Timed access methods	49
6	Communication cycle	51
7	Topology	63
8	Optical transmission line	65
9	Structure of a single-core cable	69
10	Optical signal envelope	75
11	Display of jitter (J_{noise})	77
12	Input-output performance of a slave	81
13	Example of an NRZI-coded signal	87
14	General telegram structure	87
15	Fill signal	89
16	Functions of a master connection	91
17	Valid transmitting signals during transitions from fill signal to telegram delimiters	95
18	Valid transmitting signals during transitions from telegram delimiters to fill signal	97
19	Functions of a slave connection	97
20	Ring with two slaves	101
21	Access to the transfer medium	111
22	Required time intervals between telegrams	117
23	Validity of command values and feedback acquisition times in the drives	117
24	Data block structure	119
25	Data fields of the master data telegram	121
26	Data field of the drive telegram	123
27	Structure of the master synchronization telegram	125
28	BOF field	125
29	ADR field	125
30	Info field	127
31	FCS field	127
32	EOF field	127
33	Structure of the master Data Telegram	131
34	Master service info field k	135
35	Operation data	135
36	Example of MDT (with data records of standard telegram 2 for velocity control operation mode)	137
37	Structure of the drive telegram	139
38	Drive-service info field m	143
39	Operation data	143
40	Example of a drive telegram (standard telegram 2 for velocity control operation mode)	145
41	Timing diagram for cyclic operation	145
42	Function of the real-time bits	147
43	Service channel data transmission scheme	151
44	Service channel handling diagram	153
45	Step proceeding diagram	155
46	State machine for procedure command execution	169
47	Procedure command execution without interrupt	171
48	Procedure command execution with interrupt	171
49	Procedure command execution with error message	173

Figures	Pages
50 Diagramme de synchronisation pour CP ₃ /CP ₄	190
51 Diagramme du type de changement d'échelle des données de position	214
52 Diagramme du type de changement d'échelle pour les données de vitesse	218
53 Diagramme du type de changement d'échelle pour les données de couple/force	222
54 Diagramme du type de changement d'échelle pour les données d'accélération	224
55 Exemple de l'ajustement du gain proportionnel pour la boucle de vitesse.....	226
56 Exemple de l'ajustement du temps d'action intégral pour la boucle de vitesse	228
57 Schéma de fonctionnement de la broche synchrone	232
58 Schéma d'engrenages électroniques	236
59 Diagramme temporel pour CP ₀	242
60 Structure du message de demande d'identification	244
61 Structure du message d'acquiescement d'identification	244
62 Temps de départ de transmission des messages de CP ₁	246
63 Affectation d'un IDN ≠ 0 aux bits en temps réel (sans autre affectation active avant)	268
64 Affectation d'un IDN = 0 aux bits en temps réel (avec autre affectation active avant)	268
65 Affectation d'un IDN ≠ 0 aux bits en temps réel (autre affectation active avant)	270
66 Séquence des bits pour le retour à la position de référence commandé par le dispositif d'entraînement	272
67 Schéma de retour à la position de référence commandé par le dispositif d'entraînement.....	272
68 Séquence de bits pour le retour à la position de référence sous le contrôle de la commande numérique (cas 1)	276
69 Séquence de bits pour le retour à la position de référence sous le contrôle de la commande numérique (cas 2.1)	278
70 Séquence de bits pour le retour à la position de référence sous le contrôle de la commande numérique (cas 2.2)	278
71 Système de retour incrémenté	280
72 Système de retour à codage de distance.....	282
73 Séquence de bits pour activer le déplacement du système référencé.....	282
74 Séquence de bits pour la mesure.....	284
75 Diagramme de vitesse pour le positionnement de la broche (retour de vitesse > vitesse de positionnement de la broche)	286
76 Diagramme de vitesse pour le positionnement de la broche (retour de vitesse ≤ vitesse de positionnement de la broche)	286
77 Diagramme de vitesse pour le positionnement de la broche (retour de vitesse = 0)	288
78 Séquence de bits pendant l'écriture de nouvelles valeurs de position (IDN 00153 ou IDN 00180)	288
79 Séquence de bits pour la commutation du mode de positionnement de la broche	290
80 Séquence de bits pour la sélection d'ensembles de paramètres et/ou du rapport d'engrenages	292
81 Séquence de bits au démarrage	294
82 Séquence de bits à l'arrêt.....	294
83 Séquence de bits pour une erreur de C1D.....	298
84 Séquence de bits pour l'axe de parc	298
85 Séquence de bits pour l'arrêt complet du dispositif d'entraînement.....	298
86 Diagramme de vitesse pour les broches mère et synchronisée en mode de fonctionnement angulaire synchrone	302
87 Diagramme de retour de position pour les broches mère et synchronisée en mode de fonctionnement angulaire synchrone	302
88 Commande de procédure d'engagement d'engrenages commandé par le dispositif d'entraînement ...	304
C.1 Structure d'une disposition de liaison secondaire	338
C.2 Exemple de structure d'une liaison d'IDN	352
C.3 Configuration du mot d'état de signal	368
C.4 Paramètre de polarité de position	380
C.5 Paramètre de polarité de vitesse.....	390
C.6 Exemple de fenêtre de vitesse	392
C.7 Paramètre de polarité de couple	396
D.1 Structure de classes de conformité	466
F.1 Exemple d'application de DPLL	498
F.2 Diagramme d'états de DPLL	504
F.3 Synchronisation de DPLL	504
H.1 Détermination des tranches de temps relatives aux messages des dispositifs d'entraînement	506
H.2 Détermination du temps de transmission des MDT.....	508
H.3 Evaluation de t_{MTSY}	508
I.1 Explication de l'exemple de «traitement de données d'exploitation»	512
I.2 Exemple de traitement de données d'exploitation.....	512
J.1 Explication de l'exemple d'exécution de commande de procédure.....	524
J.2 Exemple d'exécution de commande.....	524

Figures	Page
50 Timing diagram for CP _{3/4}	191
51 Position data scaling type diagram	213
52 Velocity data scaling type diagram.....	219
53 Torque/force data scaling type diagram	223
54 Acceleration data scaling type diagram.....	227
55 Example for the adaptation of the proportional gain in the velocity loop	227
56 Example for the adaptation of the integral action time in the velocity loop.....	229
57 Synchronous spindle operation diagram	231
58 Electronic gearing diagram.....	237
59 Time diagram for CP ₀	243
60 Structure of the ID request telegram	245
61 Structure of the ID acknowledge telegram.....	245
62 Telegram transmission starting times of CP ₁	247
63 Assignment of IDN ≠ 0 to the real-time bits (No other assignment was active before).....	267
64 Assignment of IDN = 0 to the real-time bits (other assignment was active before).....	269
65 Assignment of IDN ≠ 0 to the real-time bits (other assignment was active before)	271
66 Bit sequence for drive controlled homing	273
67 Drive controlled homing diagram	273
68 Bit sequence for control unit controlled homing (case 1).....	277
69 Bit sequence for control unit controlled homing (case 2.1).....	277
70 Bit sequence for control unit controlled homing (case 2.2).....	279
71 Incremental feedback system	281
72 Distance-coded feedback system	281
73 Bit sequence to achieve the displacement to the referenced system.....	283
74 Bit sequence for measuring	285
75 Velocity diagram for spindle positioning (Velocity feedback > spindle positioning speed)	287
76 Velocity diagram for spindle positioning (Velocity feedback ≤ spindle positioning speed)	287
77 Velocity diagram for spindle positioning (Velocity feedback = 0)	289
78 Bit sequence while writing new position values (IDN 00153 or 00180)	289
79 Bit sequence for switching spindle positioning mode	291
80 Bit sequence for switching parameter sets and/or gear ratio	293
81 Bit sequence during start-up.....	295
82 Bit sequence during shutdown.....	295
83 Bit sequence for C1D error.....	297
84 Bit sequence for park axis	299
85 Bit sequence for positive stop drive.....	299
86 Velocity diagram for lead and synchronous spindle during angle synchronous operation mode	301
87 Position feedback diagram for lead and synchronizing spindle during angle synchronous operation mode.....	303
88 Drive controlled gear engaging procedure command	305
C.1 Structure of slave arrangement.....	339
C.2 Example of the structure of an IDN list.....	353
C.3 Configuration of signal status word	369
C.4 Position polarity parameter.....	381
C.5 Velocity polarity parameter	391
C.6 Example of velocity window	393
C.7 Torque polarity parameter	397
D.1 Compliance class structure.....	467
F.1 Example of an implanted DPLL.....	499
F.2 DPLL status diagram.....	501
F.3 DPLL timing	501
H.1 Determination of the transmitting interval for drive telegrams	507
H.2 Determination of the transmission time of the MDT	509
H.3 Evaluation of t_{MTSY}	509
I.1 Explanation for example 'Processing Operation Data'	513
I.2 Processing operation data example	523
J.1 Explanation for procedure command execution example	525
J.2 Command execution example	535

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 Electrotechnique 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 en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment, dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La présente partie de la norme internationale CEI 1491 a été préparée par le Comité d'études 44 de la CEI: Sécurité des machines – Aspects électrotechniques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
44/183/DIS	44/193/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.

Les annexes A à E font partie intégrante de cette norme.

Les annexes F à J sont données uniquement à titre d'information.

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 cooperation 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, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, 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.

International Standard IEC 1491 has been prepared by IEC technical committee 44: Safety of machinery – Electrotechnical aspects.

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

DIS	Report on voting
44/183/DIS	44/193/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.

Annexes A to E form an integral part of this standard.

Annexes F to J are for information only.

INTRODUCTION

Les dispositifs d'entraînement à commande numérique des machines-outils à commande numérique nécessitent une interface numérique pour la commande numérique, afin de transmettre des valeurs de commandes et de retour et d'exécuter des fonctions supplémentaires.

Outre ses caractéristiques fonctionnelles évoluées, l'interface sera capable de prendre en charge des modes d'exploitation évolués, avec des volumes étendus de données, de traiter un plus grand nombre de paramètres et de diagnostics et d'assurer la liaison entre des produits provenant de fabricants différents sans aucune difficulté.

L'interface SYSTEME est un système de communication en temps réel qui gère des spécifications prédéfinies, relatives au support de transmission, à la topologie, à la technologie des connecteurs, au niveau des signaux, aux procédures, au contenu des messages, à la structure des données et au changement d'échelle. Cette interface n'offre aucune spécification relative à la conception des commandes et des dispositifs d'entraînement. L'interface SYSTEME fournit plutôt des spécifications concernant la liaison entre la commande numérique et les dispositifs d'entraînement. Ce système assure une meilleure interaction entre diverses commandes numériques et dispositifs d'entraînement provenant de fabricants différents, en utilisant les aptitudes fonctionnelles de produits couramment disponibles.

Cet ensemble de spécifications n'attribue pas des fonctions à des produits particuliers, mais permet plutôt de les utiliser conjointement à des données et à des paramètres spécifiques à des produits.

Ces spécifications sont le résultat d'une recherche minutieuse concernant des exigences fonctionnelles et économiques prévisibles ainsi que des possibilités en matière de performance.

Withdrawing

INTRODUCTION

Digitally controlled drives in numerically controlled machine tools require a digital interface for numerical control in order to transmit command and feedback values and to execute functions.

Besides having advanced performance characteristics, the interface will be able to handle advanced operation modes with expanded data volumes, support more parameters and diagnostics, and ensure the interfacing of products by different manufacturers without any difficulties.

The SYSTEM interface, a serial real-time communication system, has defined specifications for transmission medium, topology, connector technology, signal level, procedures, message (telegram) content, data format, and scaling. This interface does not offer design specifications for controls and drives, but it provides specifications for interfacing between the control unit and drives. This system ensures the interaction of control units and drives from different manufacturers using currently available product capabilities.

This set of specifications does not assign functions to individual products but instead enables their use in conjunction with the product-specific data and parameters.

These specifications are the result of a detailed investigation into foreseeable functional and economic requirements and performance possibilities.

Withdrawal

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 applicable aux machines industrielles 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 SYSTEME 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 normatifs suivants contiennent des informations qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision, et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 874-2: 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*

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

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

ISO 7776: 1986, *Téléinformatique – Procédures de commande de liaison de données à haut niveau – Description des procédures de liaison d'équipement terminal de transmission de données ETTD*

3 Définitions et abréviations

3.1 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

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 applies to industrial machines with multiple drives and 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 normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of the IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 874-2: 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: 1986, *Information processing systems – Data communications – High-level data link control procedures – Description of the X.25 LAPB-compatible DTE data link procedures*

3 Definitions and abbreviations

3.1 Definitions

For the purposes of this International Standard, the following definitions shall apply.

3.1.1 procédure d'accès: Procédure par laquelle un poste accède au réseau et transmet des données.

3.1.2 atténuation: Phénomène tel que la puissance optique au récepteur est inférieure à celle à l'émetteur.

3.1.3 insertion binaire: Après cinq "1" logiques, le transmetteur insère un zéro qui est ensuite enlevé par le récepteur. Ce zéro entraîne une modification des fronts du signal, ce qui rend possible le recouvrement de l'horloge de réception par le récepteur.

3.1.4 diffusion: Transmission à tous les dispositifs du réseau sans acquittement par les récepteurs.

3.1.5 codage des caractères; code: Ensemble de règles non ambiguës établissant le caractère et la relation un:un entre caractères et leur représentation par une ou plusieurs combinaisons de bits.

3.1.6 cycle de transmission: Accumulation de tous les messages entre deux messages de synchronisation.

3.1.7 mot de contrôle: Deux octets adjacents dans le message de données de la liaison principale contenant les commandes du dispositif d'entraînement adressé.

3.1.8 temps de cycle: Intervalle de temps entre deux événements cycliques récurrents consécutifs.

3.1.9 transmission cyclique: Echange périodique de messages.

3.1.10 données cycliques: Partie de message dont la signification ne change pas pendant le fonctionnement cyclique de l'interface.

3.1.11 fonctionnement cyclique: Dispositifs du réseau de transmission qui sont adressés et interrogés l'un après l'autre, à intervalles de temps fixes et constants.

3.1.12 échange de données – dépendante de la demande; transmission non cyclique (voie de service): Transmission d'information après demande de la liaison principale.

3.1.13 dispositif d'entraînement validé: Commande assurant la fermeture des boucles de retour.

3.1.14 dispositif d'entraînement en service: Commande permettant d'activer une étape de puissance.

3.1.15 message du dispositif d'entraînement (amplificateur) (AT): Message envoyé par le dispositif d'entraînement (liaison secondaire).

3.1.16 connecteur F-SMA: Connecteur F-SMA conforme à la CEI 874-2.

3.1.17 retour: Valeurs mesurées par le processus.

3.1.18 avance: Valeur de commande utilisée pour compenser l'erreur de la boucle de retour.

3.1.1 **access procedure**: Procedure by which one station gains access to the network and transmits data.

3.1.2 **attenuation**: Fact that the optical power at the receiver is less than at the transmitter.

3.1.3 **bit stuffing**: After five logical '1's, the transmitter automatically inserts a zero which is then removed again by the receiver. This zero causes a change in signal edges which makes it possible for the receiver to retrieve a receiving clock.

3.1.4 **broadcast**: Transmission to all devices in a network without any acknowledgment by the receivers.

3.1.5 **coded character set; code**: Set of unambiguous rules that establishes a character set and the one-to-one relationship between the characters of the set and their representation by one or more bit combinations.

3.1.6 **communication cycle**: Accumulation of all messages between two synchronization telegrams.

3.1.7 **control word**: Two adjacent bytes inside the master data telegram containing commands for the addressed drive.

3.1.8 **cycle time**: Time span between two consecutive cyclically recurring events.

3.1.9 **cyclic communication**: The periodic exchange of telegrams.

3.1.10 **cyclic data**: The part of the telegram which does not change its meaning during cyclic operation of the interface.

3.1.11 **cyclic operation**: Devices in the communication network are addressed and queried one after the other at fixed, constant time intervals.

3.1.12 **data exchange - demand dependent; non cyclic transmission** (service channel): Transmission of information after a request was sent by the master.

3.1.13 **drive enable**: Command to close the feedback loop(s).

3.1.14 **drive on**: Command that the power stage can be activated.

3.1.15 **drive (amplifier) telegram (AT)**: Telegram sent by the drive (slave).

3.1.16 **F-SMA connector**: Connector meeting the F-SMA standard in accordance with IEC 874-2.

3.1.17 **feedback**: Measured process values.

3.1.18 **feedforward**: Command value used to compensate the lag in the control loop.

3.1.19 câble fibre optique: Moyen de transmission pour la transmission de données sérielles de signaux optiques.

3.1.20 caractère de remplissage: Séquence de sept "1" suivie d'un "0".

3.1.21 zone de vérification de trame (FCS): Séquence de vérification comportant 16 bits, générées par un contrôleur à redondance cyclique (CRC) polynomial conforme à UIT-T X.25 (voir l'ISO/CEI 3309 et l'ISO 7776).

3.1.22 numéro d'identification (IDN): Appellation d'une donnée de fonctionnement sous laquelle un bloc de données est préservé avec ses attributs, noms, valeurs minimales et maximales, ainsi que les données.

3.1.23 interface SYSTEME:

- 1) Caractéristiques physiques des circuits d'interface.
- 2) Protocole et méthode d'accès.
- 3) Application.

3.1.24 modèle de référence ISO/OSI: Couches de transmission qui sont des guides architecturaux pour la définition des protocoles de transmission (voir l'ISO 7498-1).

3.1.25 point zéro de la machine: Point relatif de la machine (dans chaque axe) auquel se réfère toute donnée de position.

3.1.26 message de la liaison principale (MDT): Message transmis par la liaison principale vers la liaison secondaire comportant une boucle simple.

3.1.27 message de synchronisation de la liaison principale (MST): Message transmis par la liaison principale comportant un signal de synchronisation vers la ou les liaisons secondaires en boucle simple.

3.1.28 liaison principale: Poste validant les autres postes à transmettre, c'est-à-dire les liaisons secondaires, à transmettre.

3.1.29 transmission non cyclique: Echange non périodique de données à la demande de la liaison principale.

3.1.30 non retour à zéro inversé (NRZI) (codage des données): Echange de signaux ayant lieu à des intervalles fixes et réguliers en synchronisation avec l'impulsion de l'horloge de transmission en débit binaire. Un changement de front de signal n'est affecté qu'à un "0" logique.

3.1.31 cycle de fonctionnement: Période de la boucle de contrôle interne au dispositif d'entraînement ou à la commande numérique.

3.1.32 boucle à verrouillage de phase (numérique) (DPLL): Circuit qui extrait l'horloge de réception du flux de données reçues.

3.1.33 couche physique: Première couche du modèle ISO/OSI dans laquelle la transmission de bits est définie.

3.1.19 **fiber optic cable**: Transmission medium for serial data transmission of optical signals.

3.1.20 **fill signals**: Sequence of seven '1's followed by a '0'.

3.1.21 **frame check sequence (FCS)**: Check character sequence consists of 16 bits which is generated by means of a cyclic redundancy check (CRC) character polynomial in accordance with the ITU-T X.25. [See ISO/IEC 3309 and ISO 7776].

3.1.22 **identification number (IDN)**: Designation of operating data under which a data block is preserved with its attribute, name, minimum and maximum input values, and the data.

3.1.23 **SYSTEM interface**:

- 1) physical characteristics of the interface circuits;
- 2) protocol and access method;
- 3) application.

3.1.24 **ISO-OSI reference model**: Communication layers which are architecture guidelines for defining communication protocols [see ISO/IEC 7498-1]

3.1.25 **machine zero point**: Machine related point (in each axis) to which all position data are referred.

3.1.26 **master data telegram (MDT)**: Telegram transmitted by the master sending data to the slave(s) in a single ring.

3.1.27 **master synchronization telegram (MST)**: Telegram transmitted by the master sending a time synchronization signal to the slave(s) in a single ring.

3.1.28 **master**: Station which assigns the other stations in the ring (i.e. slaves) the right to transmit.

3.1.29 **non-cyclic transmission**: Non-periodic exchange of data at the request of the master.

3.1.30 **no return to zero inverted (NRZI)** (coding of data): Signal exchanges taking place only at regular, fixed points in time in synchronization with the transmitting clock pulse of the bit rate. A signal edge change is assigned to a logical 0 only.

3.1.31 **operating cycle**: Period of the control loop within the drive or the control unit.

3.1.32 **phase locked loop [digital] (DPLL)**: Circuit which retrieves the receiving clock from the data stream received.

3.1.33 **physical layer** (bit transmission layer): First layer of the ISO-OSI reference model layers in which the bit transmission is defined.

3.1.34 **protocole:** Convention à propos des formats des données, séquences temporelles et correction d'erreur dans l'échange de données des systèmes de communication.

3.1.35 **extraction d'horloge:** Fréquence suffisante du signal permettant au récepteur d'extraire l'horloge de réception du flux de données avec l'aide du DPLL.

3.1.36 **référence:** Point (dans chaque axe) de la boucle de retour auquel les valeurs de retour et de commande se réfèrent après retour à zéro.

3.1.37 **fonction répéteur:** Message reçu, réceptionné et passé logiquement non modifié au poste suivant sur la boucle.

3.1.38 **structure de boucle:** Topologie de réseau dans laquelle le moyen de transmission se fait de poste en poste en forme de boucle. L'information n'est transmise que dans une direction.

3.1.39 **données de changement d'échelle:** Données déterminant le poids des données d'exploitation transférées.

3.1.40 **liaison secondaire:** Dispositif dans la boucle validé à transmettre par la liaison principale.

3.1.41 **mot d'état:** Deux octets adjacents internes au message du dispositif d'entraînement contenant les informations d'état.

3.1.42 **zone adresses (messages):** Zone adresse (huit bits) contenant l'adresse de l'émetteur.

3.1.43 **message:** La définition ne concerne que l'anglais.

3.1.44 **délimiteur de message:** Début et fin des identificateurs d'un message (huit bits: 01111110).

3.1.45 **topologie:** Architecture physique du réseau conforme à la connexion entre postes du système de communication.

3.1.46 **moyen de transmission:** Terme collectif pour la forme réelle de la connexion physique entre les postes du réseau de communication, par exemple câble à fibre optique.

3.1.47 **flux zéro bit:** Comprend exclusivement des zéros logiques, en codage NRZI, et entraîne un changement continu du front de signal sur la ligne de transmission (utilisé seulement en mode essai).

3.2 Abréviations

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les abréviations suivantes s'appliquent:

3.2.1 **A:** amplificateur (dispositif d'entraînement)

3.2.2 **ADR:** adresse d'un message – L'adresse d'un dispositif d'entraînement est
XX [$1 \leq XX \leq 254$]

3.1.34 **protocol**: Convention about the data formats, time sequences, and error correction in the data exchange of communication systems.

3.1.35 **recovery of clock**: Sufficiently frequent alternation of the signal making it possible for the receiver to retrieve the receiving clock from the data stream with the help of the phase locked loop.

3.1.36 **reference**: Feedback–system related point (in each axis) to which the feedback and command values are referred after a homing procedure.

3.1.37 **repeater function**: Telegram that has been received is passed on reclocked and logically unchanged to the next station on the ring.

3.1.38 **ring structure**: Network topology in which the transmission medium is routed from station to station in the form of a ring. The information is transmitted only in one direction.

3.1.39 **scaling data**: Data which determines the weight of the transferred operation data.

3.1.40 **slave**: Device in the ring which is assigned by the master the right to transmit.

3.1.41 **status word**: Two adjacent bytes inside the drive telegram containing status information.

3.1.42 **(telegram) address field**: Address field (eight bits) containing the address of the sending device.

3.1.43 **telegram**: Message.

3.1.44 **(telegram) delimiter**: Beginning and ending identifiers of a telegram (eight bits: 01111110).

3.1.45 **topology**: Physical network architecture with respect to the connection between the stations of the communication system.

3.1.46 **transmission medium**: Collective term for the real form of the physical connection between the stations of a communication network, for instance, fiber optic cable.

3.1.47 **zero bit stream**: Consists exclusively of logical zeros which, in NRZI coding, results in a continuous signal edge change on the transmission line (only used in test mode).

3.2 Abbreviations

For the purpose of this International Standard, the following abbreviations apply:

3.2.1 **A**: amplifier (drive)

3.2.2 **ADR**: address of a telegram. Drive address is XX [$1 \leq XX \leq 254$]

- 3.2.3 **AHS:** protocole de transport du dispositif d'entraînement
- 3.2.4 **AT:** message du dispositif d'entraînement (amplificateur)
- 3.2.5 **Atm:** message du dispositif d'entraînement (amplificateur) du dispositif d'entraînement XX affecté à un enregistrement de données m
- 3.2.6 **BOF:** début de trame
- 3.2.7 **C1D:** diagnostic de classe 1
- 3.2.8 **C2D:** diagnostic de classe 2
- 3.2.9 **C3D:** diagnostic de classe 3
- 3.2.10 **CNA:** mémoire pour transfert de données non cycliques du dispositif d'entraînement (amplificateur)
- 3.2.11 **CNM:** mémoire pour transfert de données non cycliques de la liaison principale
- 3.2.12 **CZA:** mémoire pour transfert de données cycliques du dispositif d'entraînement (amplificateur)
- 3.2.13 **CZM:** mémoire pour transfert de données non cycliques de la liaison principale
- 3.2.14 **CP:** phase de transmission
- 3.2.15 **CRC:** contrôle cyclique redondant
- 3.2.16 **DAT:** durée du message du dispositif d'entraînement
- 3.2.17 **DMDT:** durée du message de données de la liaison principale
- 3.2.18 **DMST:** durée du message de synchronisation de la liaison principale
- 3.2.19 **DPLL:** boucle numérique à verrouillage de phase
- 3.2.20 **EOF:** fin de trame
- 3.2.21 **FCS:** séquence de vérification de la trame
- 3.2.22 **HS:** protocole de transport (voir AHS et MHS)
- 3.2.23 **INACTIF:** transmission de données interrompue
- 3.2.24 **IDN:** numéro d'identification
- 3.2.25 **i:** séquence des différentes boucles sur une commande numérique
- 3.2.26 **I:** nombre de boucles sur une commande numérique, désigné $i = 1 \dots I$
- 3.2.27 **info:** information

- 3.2.3 **AHS:** service transport handshake of the drive
- 3.2.4 **AT:** drive (amplifier) telegram
- 3.2.5 **AT_m:** drive (amplifier) telegram from drive XX which is assigned to data record m
- 3.2.6 **BOF:** begin frame
- 3.2.7 **C1D:** class 1 diagnostic
- 3.2.8 **C2D:** class 2 diagnostic
- 3.2.9 **C3D:** class 3 diagnostic
- 3.2.10 **CNA:** container for non-cyclic data transfer of the drive (amplifier)
- 3.2.11 **CNM:** container for non-cyclic data transfer of the master
- 3.2.12 **CZA:** container for cyclic data transfer of the drive (amplifier)
- 3.2.13 **CZM:** container for cyclic data transfer of the master
- 3.2.14 **CP:** communication phase
- 3.2.15 **CRC:** cyclic redundancy check
- 3.2.16 **DAT:** duration of drive telegram
- 3.2.17 **DMDT:** duration of master data telegram
- 3.2.18 **DMST:** duration of master sync telegram
- 3.2.19 **DPLL:** digital phase locked loop
- 3.2.20 **EOF:** end of frame
- 3.2.21 **FCS:** frame check sequence
- 3.2.22 **HS:** handshake (see AHS and MHS)
- 3.2.23 **IDLE:** data transmission interrupted
- 3.2.24 **IDN:** identification number
- 3.2.25 **i:** sequence of different rings on one control unit
- 3.2.26 **I:** number of rings on one control unit, labeled as $i = 1 \dots I$
- 3.2.27 **info:** information

- 3.2.28 **J**: instabilité
- 3.2.29 **J_{bruit}**: instabilité du signal optique
- 3.2.30 **J_{t1}**: instabilité en t_1
- 3.2.31 **J_{t2}**: instabilité en t_2
- 3.2.32 **J_{tscyc}**: instabilité en t_{Scyc}
- 3.2.33 **K**: nombre d'enregistrements de données dans le MDT (voir aussi M)
- 3.2.34 **K_V (K_V-factor)**: gain de régulation de la boucle de position
- 3.2.35 **k**: séquence dans le temps des enregistrements de données dans le MDT, désignées $k = 1 \dots K$
- 3.2.36 **k_{os}**: dépassement de la puissance optique
- 3.2.37 **LED**: diode électro-luminescente
- 3.2.38 **LSB**: bit le moins significatif
- 3.2.39 **M**: nombre de dispositifs d'entraînement dans une boucle (voir aussi K)
- 3.2.40 **m**: séquence dans le temps des AT, désignés $m = 1 \dots M$
- 3.2.41 **MDT**: message de données de la liaison principale
- 3.2.42 **MHS**: protocole de transport de la liaison principale
- 3.2.43 **MSB**: bit le plus significatif
- 3.2.44 **MST**: message de synchronisation de la liaison principale
- 3.2.45 **n**: vitesse
- 3.2.46 **n_{min}**: vitesse de fermeture dans le dispositif d'entraînement après une erreur de C1D
- 3.2.47 **n_x**: seuil de vitesse
- 3.2.48 **NBYCA**: nombre d'octets dans l'enregistrement de données configurable de l'AT
- 3.2.49 **NBYCM**: nombre d'octets dans l'enregistrement de données configurable du MDT
- 3.2.50 **NC**: commande numérique (aussi unité de commande ou contrôleur)
- 3.2.51 **NRZI**: non-retour à zéro inversé
- 3.2.52 **OSI**: interconnexion de systèmes ouverts

- 3.2.28 **ITU-T**: International Telecommunication Union: Telecommunication Standardisation Bureau
- 3.2.29 **J**: jitter
- 3.2.30 **J_{noise}**: jitter of the optical signal
- 3.2.31 **J_{t1}**: jitter in t_1
- 3.2.32 **J_{t2}**: jitter in t_2
- 3.2.33 **J_{tscyc}**: jitter in t_{scyc}
- 3.2.34 **K**: number of data records in the MDT (see also M)
- 3.2.35 **K_v (K_v-factor)**: gain of the position loop regulator
- 3.2.36 **k**: time sequence of data records in the MDT, labeled as $k=1 \dots K$
- 3.2.37 **k_{os}**: optical power overshoot
- 3.2.38 **LED**: light emitting diode
- 3.2.39 **LSB**: least significant bit
- 3.2.40 **M**: number of drives in one ring (see also K)
- 3.2.41 **m**: time sequence of the ATs, labeled as $m=1 \dots M$
- 3.2.42 **MDT**: master data telegram
- 3.2.43 **MHS**: service transport handshake of the master
- 3.2.44 **MSB**: most significant bit
- 3.2.45 **MST**: master sync telegram
- 3.2.46 **n**: velocity
- 3.2.47 **n_{min}**: shot-off velocity in the drive after C1D error
- 3.2.48 **n_x**: velocity threshold
- 3.2.49 **NBYCA**: number of bytes in the configurable data record of the AT
- 3.2.50 **NBYCM**: number of bytes in the configurable data record of the MDT
- 3.2.51 **NC**: numerical control (also control unit or controller)
- 3.2.52 **NRZI**: no return to zero inverted
- 3.2.53 **OSI**: open system interconnection

- 3.2.53 **P** : puissance de transmission optique
- 3.2.54 **P_{RmaxH}** : puissance maximale reçue à un niveau optique élevé
- 3.2.55 **P_{RmaxL}** : puissance maximale reçue à un niveau optique faible
- 3.2.56 **P_{RminH}** : puissance minimale reçue à un niveau optique élevé
- 3.2.57 **P_{TmaxH}** : puissance de transmission maximale à un niveau optique élevé
- 3.2.58 **P_{TmaxL}** : puissance de transmission maximale à un niveau optique faible
- 3.2.59 **P_{TminH}** : puissance de transmission minimale à un niveau optique élevé
- 3.2.60 **P_x** : seuil de puissance
- 3.2.61 **R_xCLK** : horloge de réception
- 3.2.62 **R_xD** : données reçues
- 3.2.63 **$SLKN$** : paramètre d'identification de la liaison secondaire, disposition de la liaison secondaire
- 3.2.64 **T** : couple
- 3.2.65 **T_f** : valeur de commande de couple supplémentaire (avance)
- 3.2.66 **T_{limit}** : valeur limite du couple
- 3.2.67 **T_x** : seuil du couple
- 3.2.68 **t_1** : temps de départ de transmission de l'AT
- 3.2.69 **$t_{1,m}$** : temps de départ de transmission de l'AT avec l'enregistrement de données m du dispositif d'entraînement XX
- 3.2.70 **$t_{1,min,m}$** : temps de départ de transmission de l'AT le plus court, avec l'enregistrement de données m du dispositif d'entraînement XX après réception du MST
- 3.2.71 **t_{1min}** : temps de départ de transmission de l'AT le plus court
- 3.2.72 **t_2** : temps de départ de transmission du MDT
- 3.2.73 **t_{13}** : temps valable de valeur de commande
- 3.2.74 **t_4** : temps de départ d'acquisition des données de contrôle par retour
- 3.2.75 **t_5** : temps minimal d'acquisition des données de contrôle par retour
- 3.2.76 **$t_{5,m}$** : temps minimal nécessaire au dispositif d'entraînement XX avec l'enregistrement de données m pour traiter la valeur de retour pour le prochain AT

- 3.2.54 **P** : optical transmission power
- 3.2.55 **P_{RmaxH}** : maximum received power at optical high level
- 3.2.56 **P_{RmaxL}** : maximum received power at optical low level
- 3.2.58 **P_{RminH}** : minimum received power at optical high level
- 3.2.58 **P_{TmaxH}** : maximum transmission power at optical high level
- 3.2.59 **P_{TmaxL}** : maximum transmission power at optical low level
- 3.2.60 **P_{minH}** : minimum transmission power at optical high level
- 3.2.61 **P_x** : power threshold
- 3.2.62 **R_xCLK** : receiving clock
- 3.2.63 **R_xD** : received data
- 3.2.64 **$SLKN$** : slave identification parameter, slave arrangement
- 3.2.65 **T** : torque
- 3.2.66 **T_f** : additive torque command value (feed forward)
- 3.2.67 **T_{limit}** : limit value for the torque
- 3.2.68 **T_x** : threshold torque
- 3.2.69 **t_1** : AT transmission starting time
- 3.2.70 **$t_{1,m}$** : AT transmission starting time with data record m of drive XX
- 3.2.71 **$t_{1,min,m}$** : shortest AT transmission starting time with data record m of drive XX after receiving the MST
- 3.2.72 **t_{1min}** : shortest AT transmission starting time
- 3.2.73 **t_2** : MDT transmission starting time
- 3.2.74 **t_{13}** : command value valid time
- 3.2.75 **t_4** : feedback acquisition capture point
- 3.2.76 **t_5** : minimum feedback processing time
- 3.2.77 **$t_{5,m}$** : the minimum time which drive XX with data record m needs to process its captured feedback value for the next AT

- 3.2.77 **t_{ATAT}** : temps de récupération entre deux transmissions successives dans une liaison secondaire avec plusieurs dispositifs d'entraînement
- 3.2.78 **t_{ATMT}** : temps de transition entre transmission et réception
- 3.2.79 **$t_{\text{ATMT.M}}$** : temps de transition entre transmission et réception nécessaire au dispositif d'entraînement M entre la transmission de son AT et la préparation de la réception du MDT
- 3.2.80 **t_{ATRP}** : temps de transition maximal dans une liaison secondaire pour passer de la transmission d'un AT à la fonction de répéteur
- 3.2.81 **$t_{\text{ATRP.1}}$** : temps de transition maximal dans la liaison secondaire 1 pour passer de la transmission d'un AT à la fonction de répéteur
- 3.2.82 **t_{BIT}** : valeur arithmétique moyenne du temps de transmission de bit dans le mode de fonctionnement normal
- 3.2.83 **t_{BITtest}** : valeur arithmétique moyenne du temps de transmission de bit dans le flux de bit zéro en mode d'essai
- 3.2.84 **t_{BITnom}** : valeur nominale du temps de transmission de bit
- 3.2.85 **t_{cad}** : temps de réglage de l'horloge du DPLL
- 3.2.86 **t_{cadmax}** : temps de réglage maximal de l'horloge à l'entrée de la liaison principale
- 3.2.87 **t_{cadmin}** : temps de réglage minimal de l'horloge à l'entrée de la liaison secondaire
- 3.2.88 **t_{cadreal}** : temps de réglage maximal de l'horloge à la sortie de la liaison secondaire
- 3.2.89 **t_{del}** : temps de retard du signal optique dû à une liaison secondaire de répétition
- 3.2.90 **t_{f}** : temps requis par le signal optique pour passer de P_{TminH} à P_{TmaxL} sur le front descendant
- 3.2.91 **t_{fri}** : temps pour le signal optique élevé à l'entrée de la liaison secondaire (voir figure 12)
- 3.2.92 **t_{fro}** : temps pour le signal optique faible à la sortie de la liaison secondaire (voir figure 12)
- 3.2.93 **t_{MTSG}** : temps de traitement de la valeur de commande
- 3.2.94 **$t_{\text{MTSG.K}}$** : temps requis par la liaison secondaire ayant reçu le ou les derniers enregistrements de données dans le MDT pour rendre les valeurs de commande disponibles pour un dispositif d'entraînement XX affecté à l'enregistrement de données K
- 3.2.95 **t_{MTSY}** : temps de récupération entre deux réceptions successives dans une liaison secondaire

- 3.2.78 **t_{ATAT}** : transmit to transmit recovery time in a slave with several drives
- 3.2.79 **t_{ATMT}** : transmit/receive transmission time
- 3.2.80 **$t_{\text{ATMT.M}}$** : transmit/receive transmission time which drive M needs between transmitting its AT and being prepared for receiving an MDT
- 3.2.81 **t_{ATRP}** : maximum transition time in a slave to switch from transmitting an AT to repeater function
- 3.2.82 **$t_{\text{ATRP.1}}$** : maximum transition time in slave 1 to switch from transmitting an AT to repeater function
- 3.2.83 **t_{BIT}** : arithmetic mean value of the bit transmission time in normal operating mode
- 3.2.84 **t_{BITtest}** : arithmetic mean value of the bit transmission time in zero bit stream test mode
- 3.2.85 **t_{BITnom}** : nominal value of the bit transmission time
- 3.2.86 **t_{cad}** : clock adjustment time of a DPLL
- 3.2.87 **t_{cadmax}** : maximum allowed clock adjustment time of an input to the master
- 3.2.88 **t_{cadmin}** : minimum clock adjustment time of an input to a slave
- 3.2.89 **t_{cadreal}** : maximum possible clock adjustment time of an output from a slave
- 3.2.90 **t_{del}** : time which the optical signal time is delayed by a repeating slave
- 3.2.91 **t_{f}** : time required by the optical signal to pass from P_{TminH} to P_{TmaxL} on the falling edge
- 3.2.92 **t_{fri}** : time for the optical low level at the input of a slave (see figure 12)
- 3.2.93 **t_{fro}** : time for the optical low level at the output of a slave (see figure 12)
- 3.2.94 **t_{MTSG}** : command value processing time
- 3.2.95 **$t_{\text{MTSG.K}}$** : time required by the slave which is served by the last data record(s) in the MDT to make the command values available for that drive XX which is assigned to data record K
- 3.2.96 **t_{MTSY}** : receive to receive recovery time in a slave

- 3.2.96 **$t_{\text{MTSY.K}}$** : temps de récupération entre deux réceptions successives de la dernière liaison secondaire après la réception d'un MDT pour basculer en réception du prochain MST (la dernière liaison secondaire est celle de l'enregistrement de données K)
- 3.2.97 **t_{Ncyc}** : durée de cycle de la commande numérique
- 3.2.98 **t_{os}** : durée du dépassement de puissance optique
- 3.2.99 **t_r** : temps requis par le signal optique pour passer de P_{TmaxL} à P_{TminH} sur le front montant
- 3.2.100 **t_{Rcyc}** : durée de cycle de la boucle de commande du dispositif d'entraînement
- 3.2.101 **t_{rfi}** : temps du signal optique au niveau élevé à l'entrée de la liaison secondaire (voir figure 12)
- 3.2.102 **t_{rfo}** : temps du signal optique au niveau élevé à la sortie de la liaison secondaire (voir figure 12)
- 3.2.103 **t_{RPAT}** : temps de transition maximal dans une liaison secondaire pour passer de la fonction répéteur à la transmission de l'AT
- 3.2.104 **$t_{\text{RPAT.2}}$** : temps de transition maximal dans la liaison secondaire 2 pour passer de la fonction répéteur à la transmission de l'AT
- 3.2.105 **t_{Scyc}** : durée de cycle de transmission
- 3.2.106 **T_{xCLK}** : horloge de transmission
- 3.2.107 **T_{xD}** : données transmises
- 3.2.108 **UIT-T**: Union internationale des télécommunications: Secteur de la normalisation des télécommunications
- 3.2.109 **v** : valeur de vitesse de retour
- 3.2.110 **v_1** : valeur de vitesse de retour du dispositif d'entraînement 1
- 3.2.111 **v_f** : valeur de commande de vitesse supplémentaire (avance)
- 3.2.112 **XX**: adresse d'un dispositif d'entraînement
- 3.2.113 **x** : valeur de retour de position
- 3.2.114 **x_1** : valeur de retour de position du dispositif d'entraînement 1
- 3.2.115 **x_1^*** : valeur de commande de position du dispositif d'entraînement 1
- 3.2.116 **x_m^*** : valeur de commande de position du dispositif d'entraînement XX avec l'enregistrement de données m

- 3.2.97 **$t_{\text{MTSY.K}}$** : recovery time of the last slave after the reception of an MDT to switch over for receiving the next MST (the last slave is the one which is served with data record K)
- 3.2.98 **t_{Ncyc}** : control unit cycle time
- 3.2.99 **t_{os}** : duration of optical power overshoot
- 3.2.100 **t_{r}** : time required by the optical signal to pass through P_{TmaxL} to P_{TminH} on the rising edge
- 3.2.101 **t_{Rcyc}** : drive control loop cycle time
- 3.2.102 **t_{rff}** : time for the optical high level at the input of a slave (see figure 12)
- 3.2.103 **t_{rfo}** : time for the optical high level at the output of a slave (see figure 12)
- 3.2.104 **t_{RPAT}** : maximum transition time in a slave to switch from the repeater function to the transmitter function for the AT
- 3.2.105 **$t_{\text{RPAT.2}}$** : maximum transition time in slave 2 to switch from the repeater function to the transmitter function for the AT
- 3.2.106 **t_{Scyc}** : communication cycle time
- 3.2.107 **T_{xCLK}** : transmitting clock
- 3.2.108 **T_{xData}** : transmitted data
- 3.2.109 **v** : velocity feedback value
- 3.2.110 **v_1** : velocity feedback value of drive 1
- 3.2.111 **v_{f}** : additive velocity command value (feed forward)
- 3.2.112 **XX** : address of a drive
- 3.2.113 **x** : position feedback value
- 3.2.114 **x_1** : position feedback value of drive 1
- 3.2.115 **x_1^*** : position command value of drive 1
- 3.2.116 **x_m^*** : position command value of drive XX with data record m

- 3.2.117 ϵ_1 : position du rotor du dispositif d'entraînement 1 (pour un moteur sans balai seulement)
- 3.2.118 **(1 0 0 ...)_B**: élément binaire
- 3.2.119 **(0 A F ...)_H**: élément hexadécimal

NOTE – Les éléments non affectés sont décimaux.

4 Prescriptions générales

4.1 Présentation générale

L'interface SYSTEME utilise une transmission de données optique entre commandes numériques et dispositifs d'entraînement. De cette manière, toute interférence est éliminée.

Dans des conditions normales d'exploitation, une boucle de fibre optique peut être reliée à un nombre maximal de huit dispositifs d'entraînement pour des durées de cycle de 2 ms. Le nombre exact de dispositifs d'entraînement susceptibles d'être desservis par boucle dépend de la durée du cycle, du volume de données sélectionnées et du débit de transfert des données (habituellement 2 Mbits/s). Des débits plus élevés, et par conséquent un nombre plus élevé de dispositifs d'entraînement par boucle, dépendent de la disponibilité de composants appropriés. Le nombre de dispositifs d'entraînement par commande numérique peut également être étendu en utilisant un plus grand nombre de boucles à fibres optiques.

La spécification de l'interface SYSTEME normalise les formats et les facteurs d'échelle pour l'échange de données entre commande numérique et dispositifs d'entraînement. Pendant l'initialisation, le fonctionnement de l'interface est déterminé selon les caractéristiques de performance de la commande numérique et des dispositifs d'entraînement. De ce fait, la vitesse et/ou la position de commande sont déterminées soit par la commande numérique, soit par le dispositif d'entraînement. En raison de la flexibilité des formats des messages de données, d'autres structures de commande et de modes d'exploitation, autres que ceux actuellement utilisés, sont désormais possibles.

La commande numérique est capable de synchroniser tous les dispositifs d'entraînement connectés, au moyen d'un échange cyclique de données relatives aux valeurs de retour, y compris la synchronisation temporelle équidistante des mesures contrôlées et des valeurs de commandes. Les durées des cycles de transmission peuvent être choisies parmi les valeurs suivantes: 0,062 ms, 0,125 ms, 0,25 ms ou tout nombre entier multiple de 0,25 ms.

En outre, le panneau de commande de la commande numérique peut être utilisé pour afficher et introduire des données, des paramètres et des informations de diagnostic, qui sont disponibles, par l'intermédiaire d'une voie de service asynchrone et d'enregistrements de données normalisées.

3.2.117 ϵ_1 : rotor position of drive 1 (for a brushless DC motor only)

3.2.118 $(1\ 0\ 0\ \dots)_B$: binary digits

3.2.119 $(0\ A\ F\ \dots)_H$: hexadecimal digits

NOTE – Unassigned digits are decimal.

4 General requirements

4.1 Overview

The SYSTEM interface uses optical data transmission between control units and drives. In this way, any interference is eliminated.

Under normal operating conditions, a fiber optic ring can be connected to up to eight drives at cycle times of 2 ms. The exact number of drives which can be serviced per ring depends on the cycle time, the selected data volume, and the data rate (currently 2 Mbits/s). Higher data rates, and therefore a larger number of drives per ring, depend on the availability of suitable components. The number of drives per control unit can also be expanded by using more fiber optic rings.

The SYSTEM interface specification standardizes the formats and scaling factors for operational data exchange between control units and drives. During initialization, the operation of the interface is configured according to the performance characteristics of the control unit and the drives. Therefore, the velocity and/or position control is implemented by either the drive or the control unit. Due to the flexibility of data message formats, other control structures and operating modes besides the ones presently used are now possible.

The control unit is capable of synchronizing all connected drives by way of cyclic data exchange for command and feedback values, including exact equidistant timing and synchronization of gated measurements and command values. Communication cycle times may be selected between 0,062 ms, 0,125 ms, 0,25 ms or any integer multiple of 0,25 ms.

In addition, the control panel of the control unit may be used to display and input drive-specific data, parameters and diagnostic information which are available via an asynchronous service channel and standardized data records.

Les valeurs de commande de retour en mots courts et longs peuvent être transmises dans n'importe quelle direction entre la commande numérique et chaque dispositif d'entraînement. Des données facultatives (paramètres, textes de diagnostic, etc.), composées de deux octets par dispositif d'entraînement, sont transmises au cours de chaque cycle. Ces données peuvent être demandées séparément par la commande numérique. Des erreurs dans des valeurs de commande ou dans des valeurs de retour sont automatiquement corrigées tout au long des cycles de transmission. Les dernières valeurs de commande et valeurs de retour valides sont utilisées jusqu'au cycle suivant. Deux transmissions erronées consécutives entraîneront l'arrêt des dispositifs d'entraînement.

Exemple

Transmission de données utilisateur à une vitesse de transfert de 2 Mbits/s, un cycle de 2 ms et huit dispositifs d'entraînement sur une seule boucle de fibre optique.

Données cycliques par dispositif d'entraînement:

- depuis la commande numérique vers chaque dispositif d'entraînement:
 - une valeur de commande de 32 bits (par exemple vitesse ou position);
 - une valeur de retour de 16 bits (par exemple couple);
- depuis chaque dispositif d'entraînement vers la commande numérique:
 - une valeur de retour de 32 bits (par exemple vitesse ou position);
 - une valeur limite de 16 bits (par exemple couple).

En outre, pour une transmission de données non cyclique, il y a jusqu'à 8 kbits/s par dispositif d'entraînement.

4.2 Description générale du système

Le présent paragraphe fournit des informations concernant les caractéristiques techniques fondamentales de l'interface SYSTEME, sans donner de définitions spécifiques. Pour le lecteur qui n'a jamais entendu parler de l'interface SYSTEME, ce paragraphe lui servira de préface pour les renseignements spécifiques qui seront donnés dans les articles ci-après.

NOTE – Le lecteur qui s'est déjà familiarisé avec les caractéristiques fondamentales de l'interface SYSTEME peut sauter le présent paragraphe et commencer à l'article 5 qui traite des aspects spécifiques du système.

Avec l'interface SYSTEME, la commande numérique peut desservir une ou plusieurs structures en boucle, selon les exigences. Un exemple est illustré à la figure 1.

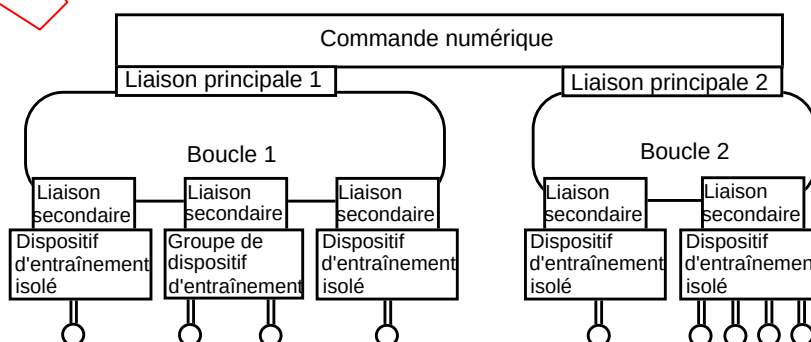


Figure 1 – Topologie

Command and feedback values in short or long words can be transmitted between the control unit and each drive in both directions. Optional data (e.g. parameters, diagnostic texts) of two bytes per drive are transmitted during every cycle. This data can be requested individually by the control unit. Errors in command and feedback values are corrected automatically through cyclic communication. The last valid command and feedback values are used until the next cycle. Two consecutive erroneous transmissions will cause the drives to halt.

Practical example

User data transmission at 2 Mbits/s data rate, 2 ms cycle and eight drives on one fiber optic ring:

Cyclic data per drive:

- from control unit to every drive:
 - 32 bit command value (e.g. velocity or position);
 - 16 bit limit value (e.g. torque);
- from every drive to control unit;
 - 32 bit feedback value (e.g. velocity or position);
 - 16 bit feedback value (e.g. torque).

In addition, there is up to 8 kbits/s per drive for non-cyclic data transmission.

4.2 System overview

This subclause provides information about the fundamental technical characteristics of the SYSTEM interface, without establishing specific definitions. For the reader who has never heard of this interface, this subclause will serve as a preface to the specific details which follow in later clauses.

NOTE – The user of this standard who is already familiar with the fundamental characteristics of this interface may skip this subclause and continue with the specifics in clause 5.

With the SYSTEM interface, a control unit can serve one or several ring structures, depending on the requirements. One example is shown in figure 1.

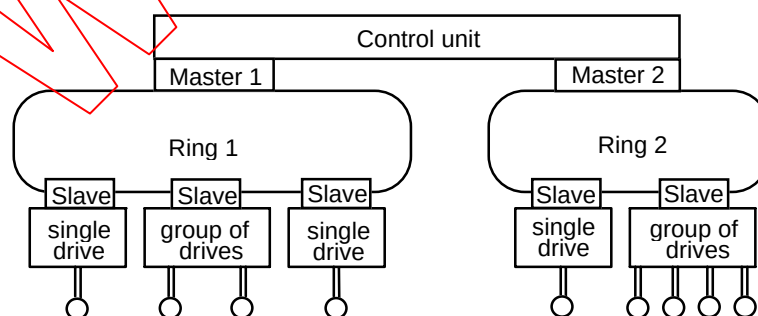


Figure 1 – Topology

La liaison de la commande numérique sur une boucle est désignée par "principale". Cette liaison principale dirige et commande toute communication au sein de la boucle.

Une liaison secondaire est le raccordement entre un ou plusieurs dispositifs d'entraînement et la boucle. Comme l'illustre la figure 1, un groupe de dispositifs d'entraînement tel que plusieurs dispositifs d'entraînement d'alimentation peut être groupé et associé dans la boucle par l'intermédiaire d'un raccordement unique. Les dispositifs d'entraînement sont reliés l'un à l'autre par l'intermédiaire de segments de transmission qui consistent en une fibre optique en matière plastique ou en verre, et de connecteurs normalisés.

Les informations échangées à l'intérieur d'une telle boucle dépendent, dans une large mesure, de la répartition des tâches entre la commande numérique et les dispositifs d'entraînement. L'échange direct d'informations se produit uniquement entre la commande numérique et les dispositifs d'entraînement, et non entre les dispositifs d'entraînement eux-mêmes.

4.2.1 Modes fonctionnels

Dans une machine, plusieurs dispositifs d'entraînement effectuent des tâches qui sont coordonnées par la commande numérique. La figure 2 illustre un seul dispositif d'entraînement parmi plusieurs chaînes de dispositifs d'entraînement. Les valeurs de la commande coordonnée sont indiquées à la partie gauche de la figure 2. Dans les structures de commande actuellement utilisées, les boucles de commande fermées relatives au couple, à la vitesse et au positionnement sont en cascade. Cet exemple illustre une structure en cascade, où toutes les constantes temporelles applicables décroissent pour les circuits de commande sous-jacents (au moins par un facteur de deux à quatre).

L'interface SYSTEME est capable de gérer tous les modes fonctionnels illustrés dans la figure 2, y compris les suivants:

- a) uniquement commande de couple dans les dispositifs d'entraînement;
- b) commande de vitesse et de couple dans les dispositifs d'entraînement;
- c) toutes les boucles de commande fermées, y compris la commande de position dans les dispositifs d'entraînement.

NOTE – Le point b) ci-dessus, c'est-à-dire la commande de vitesse et de couple, correspond au concept des interfaces analogiques couramment utilisées.

Pour la commande de couple, il est possible d'obtenir des durées de cycle de 250 μ s en utilisant des micro-ordinateurs pour commander le couple du moteur. La possibilité de transmettre des valeurs de commande de couple par l'intermédiaire d'une interface de même durée de cycle dépend de l'aptitude de la commande numérique à générer de nouvelles valeurs de commande à chaque 250 μ s. Une durée de cycle si brève engendre une charge importante pour l'interface SYSTEME. Dans une boucle où la durée du cycle est aussi brève, seul un petit nombre de dispositifs d'entraînement peut être desservi. Dans ce cas, la mise en oeuvre de plusieurs boucles peut s'avérer nécessaire (voir figure 1).

The connection of the control unit on a ring is called a master. This master directs and controls any communication within one ring.

A slave is the connection between one or more drives and the ring. As shown in figure 1, a group of drives such as several feed drives can be clustered and tied into the ring through a single connection. Individual participants are connected to each other via transmission segments which consist of fiber optics made of plastic or glass and standardized connectors.

The information exchanged in such a ring depends greatly on the distribution of tasks between the control unit and the drives. Direct exchange of information takes place only between the control unit and the drives and not among the drives themselves.

4.2.1 *Operating modes*

In a machine, several drives perform tasks which are coordinated by the control unit. Figure 2 shows only one of several drives. The coordinated command values are shown on the left side of figure 2. In the control structures used presently, the closed control loops for torque, speed, and positioning are cascaded. This example shows a cascaded structure where all relevant time constants decrease for underlying control circuits (at least by a factor of two to four).

The SYSTEM interface is capable of handling all the operating modes shown in figure 2, including:

- a) only torque control in drives;
- b) speed and torque control in drives;
- c) all closed control loops, including position control in drives.

NOTE – Speed and torque control in drives [b) above] corresponds to the concept of commonly used analog interfaces.

For torque control, typical cycle times of 250 μ s can be achieved by using microcomputers to control the motor torque. Whether or not torque command values can be transmitted via an interface with the same cycle time depends on the ability of the control unit to generate new command values every 250 μ s. Such a short cycle time creates quite a load for the SYSTEM interface. A ring with such a short cycle time can only support a few drives. In this case, it may be necessary to implement several rings (see figure 1).

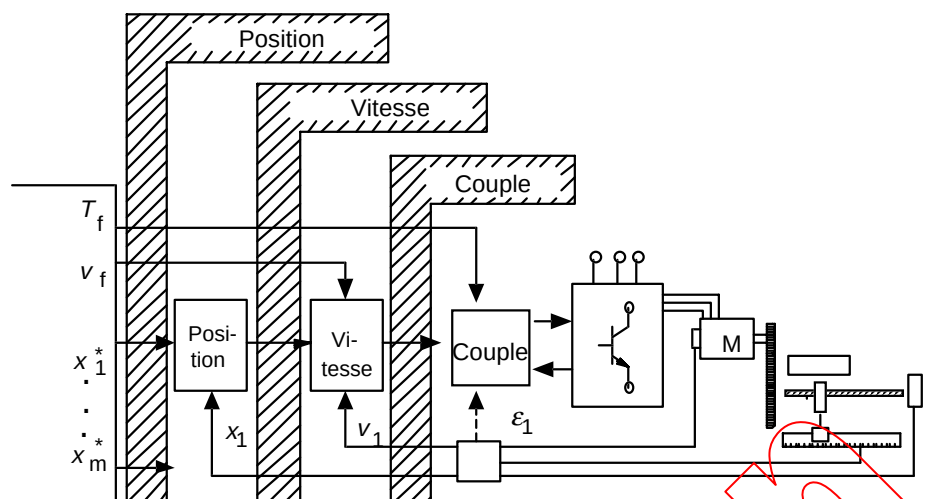


Figure 2 – Modes de fonctionnement

Etant donné qu'il n'y a pratiquement aucune limitation de résolution lorsqu'il s'agit d'une transmission de données numériques, il est possible de placer toutes les boucles de commande fermées à l'intérieur des dispositifs d'entraînement. Il est alors possible de transmettre les deux valeurs de commande de position ainsi que les signaux de commande prédictive relatifs à la vitesse et au couple. Si la commande numérique génère des repères coordonnés pour la position, la vitesse et le couple relatifs à tous les axes fondés sur un modèle d'itinéraire dynamique, il est alors possible de créer un système de commande de contournage sans rémanence présentant de bonnes propriétés dynamiques.

Si on le désire, il est possible d'appliquer des modes fonctionnels différents à des axes différents. En outre, chaque axe peut avoir un mode fonctionnel principal et plusieurs modes fonctionnels secondaires, que la commande numérique est en mesure de sélectionner en cours de fonctionnement.

Il n'est pas nécessaire que les dispositifs d'entraînement munis d'une interface SYSTEME disposent de tous les modes fonctionnels mentionnés ci-dessus. La seule exigence consiste à documenter de façon adéquate le mode fonctionnel concerné (ou la variation de ce dernier) ainsi que le sous-ensemble de variables et de paramètres prenant en charge les composants appropriés (voir annexe D pour les classes de conformité des dispositifs d'entraînement et des commandes numériques).

4.2.2 Modes de transmission

L'interface SYSTEME permet la synchronisation pendant la transmission cyclique de données. Cela signifie que le cycle de traitement de la commande numérique peut être synchronisé avec le cycle de transmission et avec le cycle de fonctionnement du dispositif d'entraînement, afin d'éviter des battements entre des cycles séparés et de réduire le plus possible les temps morts dans les circuits de commande. Cela implique également que les nouveaux signaux de commande deviennent simultanément actifs dans tous les dispositifs d'entraînement et que tous les dispositifs d'entraînement effectuent des mesures en même temps, de sorte que ces mesures puissent être renvoyées vers la commande numérique en tant que valeurs de retour. Cette conception requiert des cycles de transmission strictement équidistants.

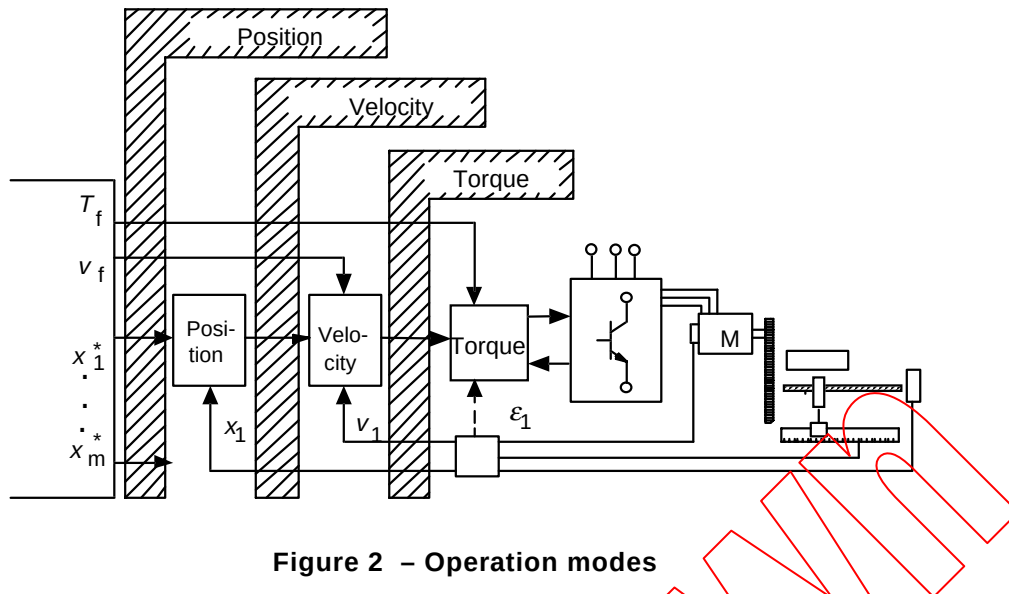


Figure 2 – Operation modes

Since with digital data transmission there is practically no limitation of resolution, it is possible to put all closed control loops inside the drives. Then both position command values as well as feedforward signals for velocity and torque can be transmitted. Where the control unit generates coordinated commands for position, speed, and torque for all axes based on a dynamic path model, then a lagless contouring control system with good dynamic properties can be created.

Where desired, different operating modes can be applied to different axes. In addition, each axis can have a main operating mode and several secondary operating modes, which the control unit can toggle during operation.

Drives which are equipped with a SYSTEM interface do not need to be capable of all the operating modes mentioned above. The only requirement is to adequately document the particular mode of operation (or variation thereof) and the subset of variables and parameters supported by the appropriate components (see annex D for compliance classes for the drives and control unit).

4.2.2 Transmission modes

The SYSTEM interface allows for synchronization during cyclic data transmission. This means that the processing cycle of the control unit can be synchronized with the communication cycle and the operating cycle of the drive so that beats between individual cycles can be prevented and the dead times in the control loops are reduced to a minimum. It also implies that new command signals become active concurrently in all drives and that all drives take measurements at the same time, so that they can be sent back to the control unit as feedback values. This requires that the transmission cycles be strictly equidistant.

Les données présentes dans les circuits de commande doivent être précises et ponctuelles. Des données imprécises et non ponctuelles n'ont aucune valeur. Si une erreur de transmission est décelée, le cycle continue et les anciennes données peuvent être utilisées pendant la durée d'un cycle de transmission. Répéter la transmission avec les anciennes données (dans le but de corriger des erreurs) n'a pas de sens, car pendant le cycle suivant (par exemple 1 ms plus tard), il convient que de nouvelles données de commande soient utilisées. Dans le cas d'erreurs de transmission répétées, il doit s'ensuivre une réaction prédéterminée telle que l'arrêt du système.

Le mode de transmission non cyclique n'est pas tenu de satisfaire à des exigences strictes en temps réel. Ici, les données corrigées sont réceptionnées ou sécurisées en répétant la transmission.

4.2.3 Contenus des données

Les annexes A et B comportent une liste exhaustive de données transmissibles (ainsi que des commandes de procédure) qui sont prédéterminées dans l'interface SYSTEME. Le lecteur y trouvera une description des données individuelles. Le présent paragraphe constitue uniquement un aperçu général organisé selon le mode de transmission (cyclique/non cyclique) et selon le mode de fonctionnement. Le tableau 1 illustre des données qui sont typiquement transmises de façon cyclique (c'est-à-dire des données rapides et synchrones).

En théorie, pendant un cycle de transmission, un seul mot de commande est transmis par la commande numérique à chaque dispositif d'entraînement et un seul mot d'état est renvoyé par chaque dispositif d'entraînement vers la commande numérique. Des octets sélectionnables peuvent être transmis de façon bidirectionnelle entre la commande numérique et chaque dispositif d'entraînement cycliquement. Le tableau 1 donne quelques exemples de représentation type. Les trois modes de fonctionnement sont indiqués avec les valeurs de commande et les valeurs de retour.

Tableau 1 – Données de fonctionnement type relatives à une émission cyclique

	Données de position	Données de vitesse	Données de couple
Commande numérique vers dispositif d'entraînement	Mot de commande		
	Valeur de commande de position	Valeur de commande de vitesse	Valeur de commande de couple
	Valeur de commande de position complémentaire	Valeur de commande de vitesse complémentaire	Valeur de commande de couple complémentaire
Dispositif d'entraînement vers commande numérique	Mot d'état		
	Valeur de retour de position 1	Valeur de retour de vitesse	Valeur de retour de couple
	Valeur de retour de position 2		

Les mots de commande et les mots d'état comprennent des parties réservées au dispositif d'entraînement et des parties réservées à la transmission. Les transmissions non cycliques sont commandées par la partie réservée à la transmission (étape défaut/prise en charge). Chaque mot de commande et chaque mot d'état disposent de deux éléments binaires (bits) en temps réel supplémentaires pour la transmission cyclique.

The data in the control loops need to be precise and punctual. Untimely data are of no value. When a transmission error is discovered, the cycle continues and the old data or estimated value may be used for one communication cycle time. To repeat the transmission with old data (for the purpose of correcting the error) is meaningless, since during the next cycle (e.g. 1 ms later), new command data should be used. In the event of repeated transmission errors, a predetermined reaction such as halting the system shall ensue.

The non-cyclic transmission mode does not have to fulfill strict real-time requirements. Here, correct data are acknowledged or are secured by repeating the transmission.

4.2.3 Data contents

Annexes A and B contain a comprehensive list of transmittable data (as well as procedure commands) which are predetermined in the SYSTEM interface. There, the reader will find a description of individual data. In this subclause only an overview is presented, organized according to the mode of transmission (cyclic/non-cyclic) and the mode of operation. Table 1 shows data that are typically transmitted cyclically (which means fast and synchronous).

In essence, during a transmission cycle one control word is sent from the control unit to each drive and a status word is sent back from each drive to the control unit. Selectable bytes can be transmitted bidirectionally between the control unit and each drive cyclically. Table 1 gives some typical representations. The three operating modes are shown with command and feedback values.

Table 1 – Typical operation data for cyclic transmission

	Position data	Velocity data	Torque data
Control unit	Control word		
to	Position command value	Velocity command value	Torque command value
drive	Additive position command value	Additive velocity command value	Additive torque command value
Drive	Status word		
to	Position feedback value 1	Velocity feedback value	Torque feedback value
control unit	Position feedback value 2		

Both the control word and the status word are organized into drive-related and transmit-related parts. Non-cyclic transmissions are controlled by means of the transmit-related part (default/acknowledge steps). Each control and status word reserves two additional real-time bits for cyclic transmission.

La partie du mot de commande réservée au dispositif d'entraînement contient les modes de fonctionnement requis. Cette partie sert également à transmettre les commandes de procédure "dispositif d'entraînement en marche" et "dispositif d'entraînement validé". La partie du mot d'état réservée au dispositif d'entraînement transmet des messages groupés d'erreurs et d'alarmes qui sont subdivisés en trois classes. Cette partie génère également des messages indiquant si le dispositif d'entraînement est prêt à fonctionner ou s'il est prêt à être raccordé.

Le tableau 2 démontre que, de façon typique, un spectre de données beaucoup plus large est échangé par le mode de transmission non cyclique. Cependant, cet échange est beaucoup plus lent que l'échange assuré par le mode cyclique.

Tableau 2 – Caractéristiques des données pour la transmission "non cyclique"

Données liées au mode de fonctionnement de l'interface SYSTEME		
Données relative à la position	Données relatives à la vitesse	Données relatives au couple
Valeur limite positive	Valeur limite positive	Valeur limite positive
Valeur limite négative	Valeur limite négative	Valeur limite négative
	Valeur limite bipolaire	Valeur limite bipolaire
Polarités	Polarités	Polarités
Distance de référence 1	Vitesse de retour à la position de référence	
Distance de référence 2		
Débattement inverse		
Sélecteur de position 1 à 16		
Valeur de la sonde 1 ou 2, front positif		
Valeur de la sonde 1 ou 2, front négatif		

Comme cela a déjà été précédemment mentionné, un composant (dispositif d'entraînement ou commande numérique) muni de l'interface SYSTEME, n'a pas besoin de prendre en charge toutes les données et toutes les commandes de procédure possibles comprises dans cette norme. Le système fournit une liste de données et de commandes de procédure applicables aux composants appropriés. Ces listes peuvent être lues à partir d'un dispositif d'entraînement à l'aide de la commande numérique, fournissant ainsi toutes les informations nécessaires relatives à ce même dispositif d'entraînement donné.

Pendant l'initialisation, le système doit déterminer les données qui doivent être transmises ainsi que l'ordre dans lequel elles doivent être transmises dans un cycle.

Finalement, lors de l'initialisation, il est utile de transmettre les données d'échelle en groupe. De cette manière, les formats de données seront recalculés et modifiés, depuis des algorithmes de traitements internes fournis par les fabricants de dispositifs d'entraînement jusqu'aux spécifications de l'interface SYSTEME.

4.2.4 Blocs de données

L'interface SYSTEME ne se limite pas à un rôle de transmission de données; elle fournit un nombre important de structures de données et de commandes de procédure qui peuvent être utilisées pour le fonctionnement de machines et de leurs commandes numériques et dispositifs d'entraînement.

The drive-related part of the control word contains the desired modes of operation. This part is also used to transmit the procedure commands for 'drive on' and 'drive enable'. The drive-related part of the status word transmits grouped messages of errors and warnings which are divided in three classes. This part also issues messages indicating whether the drive is ready to operate or ready for power-up.

Table 2 demonstrates that typically a much broader spectrum of data is exchanged by the non-cyclic transmission mode. This exchange is, however, much slower than the cyclic mode.

Table 2 – Typical data for 'non-cyclic' transmission

Data related to the operating mode of the SYSTEM interface		
Position data	Velocity data	Torque data
Positive limit value	Positive limit value	Positive limit value
Negative limit value	Negative limit value	Negative limit value
	Bipolar limit value	Bipolar limit value
Polarities	Polarities	Polarities
Reference distance 1	Homing velocity	
Reference distance 2		
Reversal clearance		
Position switch points 1 to 16		
Probe value 1 or 2 positive edge		
Probe value 1 or 2 negative edge		

As mentioned earlier, a component (drive or control unit) which is equipped with the SYSTEM interface does not need to support all possible data and procedure commands included in this standard. The system provides lists of data and procedure commands which are applicable for the appropriate component. These lists can be read from a drive by means of the control unit, thus providing all necessary information concerning that particular drive.

The data to be transmitted and the sequence shall be determined during initialization.

Finally, during initialization it is useful to transmit scaling data as a group. In this way the data formats will be recalculated and changed from the internal processing algorithms supplied by the drive manufacturer to the specifications of SYSTEM interface.

4.2.4 Data block

The SYSTEM interface is not just a data transmission system, but provides a large number of data formats and procedure commands which can be used for the operation of machines and their control units and drives.

Toutes les données/commandes de procédure et toutes les informations sont résumées dans un bloc de données qui contient un nom, un attribut, des unités, des valeurs d'entrée minimale et maximale ainsi que les données elles-mêmes.

L'accès aux données ou à une information complémentaire n'est possible qu'à travers un numéro d'identification (IDN) 2^{16} IDN sont disponibles. La gamme de 0 à 32 767 est réservée aux données standard définies par l'interface SYSTEME.

Il peut toujours exister des applications particulières du lien de communication pour lesquelles aucun des paramètres définis ne peut s'appliquer. Les IDN de 32 768 à 65 535 sont réservés aux données spécifiques du produit à définir par les constructeurs de dispositifs d'entraînement et de commandes numériques. A priori, aucune compatibilité ne peut exister entre ces données et les commandes de procédure.

4.2.5 Structure des messages

La structure générale des messages est illustrée à la figure 3. Tous les délimiteurs de messages sont établis pendant le transfert binaire et sont invisibles sur les niveaux supérieurs.

4.2.5.1 Adresses et séquences de contrôle de la trame

Les messages provenant de la liaison principale ont une adresse de destination dans la zone d'adresse. L'adresse de diffusion (255) constitue une adresse de destination spéciale. Cette adresse est exclusivement utilisée par la liaison principale. L'adresse source figure dans les zones d'adresses des messages issus des dispositifs d'entraînement.

La séquence de contrôle de la trame est calculée automatiquement par contrôle CRC normalisé.

4.2.5.2 Enregistrement des données

Dans la figure 3, parties b) à e), seule la zone de données d'un message est illustrée.

- b) le message de synchronisation de la liaison principale (MST);
- c) le message du dispositif d'entraînement "XX" (AT_m);
- d) le message des données de la liaison principale (MDT).

La zone de données du MDT se compose de K enregistrements de données où $K = M$ est le nombre total de dispositifs d'entraînement dans la boucle. La zone de données du message issu du dispositif d'entraînement consiste en un seul enregistrement de données.

Conformément à la figure 3e), tous les enregistrements de données sont composés de deux parties: l'une a une structure fixe, l'autre une structure variable, déterminée au cours de l'initialisation, en fonction de l'application. La partie à structure fixe comprend ce qui suit:

- en ce qui concerne les MDT: un mot de commande et deux octets appelés "conteneur pour transfert de données non cycliques de la liaison principale (CNM)";
- en ce qui concerne les AT: un mot d'état et deux octets appelés "conteneur pour le transfert de données non cycliques du dispositif d'entraînement (amplificateur = A) (CNA)".

All data/procedure commands and all supplementary information are summarized in a data block which contains a name, attribute, units, minimum and maximum input values as well as the data itself.

Access to the data or to the supplementary information is only possible via an identification number (IDN). There are 2^{16} IDNs available. The range from 0 to 32 767 is reserved for standard data which are defined by the SYSTEM interface.

There will always be special applications of the communication link for which none of the generally defined parameters apply. IDNs 32 768 to 65 535 are reserved for product specific data which can be defined by the manufacturers of control units and drives. Obviously, no general compatibility can exist for these data and procedure commands.

4.2.5 Telegram structure

The general telegram structure is shown in figure 3. All telegram delimiters are initiated during bit transfer and are invisible on higher layers.

4.2.5.1 Addresses and frame check sequence

Telegrams which originate from the master have a destination address in the address field. One special destination address is the broadcast address (255). This address is used exclusively by the master. Telegrams which originate from the drives have the source address in their address fields.

The frame check sequence is calculated automatically using a standardized CRC-check.

4.2.5.2 Data record

In figure 3, parts b) to e), only the data field of a telegram is shown.

- b) the master sync telegram (MST);
- c) the telegram from drive 'XX' (AT_m);
- d) the master data telegram (MDT).

The data field of the MDT consists of K data records, where $K = M$ is the total number of drives in the ring. The data field of the AT consists only of one data record.

According to figure 3e), all data records consist of two parts: one has a fixed structure and the other has a variable structure which is configured during initialization, depending on the application. The part with the fixed structure consists of the following:

- for the MDT: a control word and 2 bytes which are called the 'container for non-cyclic data transfer of the master (CNM)';
- for the ATs: a status word and 2 bytes which are called the 'container for non-cyclic data transfer of the drive (amplifier = A) (CNA)'.

La structure variable (c'est-à-dire la longueur, la quantité et la séquence des formats à deux et à quatre octets) de la partie configurable de l'enregistrement des données est spécifiée pendant l'initialisation sur la base de l'application concernée. Celle-ci sert de conteneur pour les données transmises de façon cyclique (CZM/CZA).

Lorsque l'initialisation est achevée, la longueur de chaque zone de données est connue et reste constante pendant le fonctionnement. Cela permet de s'assurer que tous les messages dans le cycle de transmission (voir figure 6) ont des longueurs fixes pendant le fonctionnement et qu'ils sont transmis conformément à une configuration fixe dans le temps (voir la figure 5).

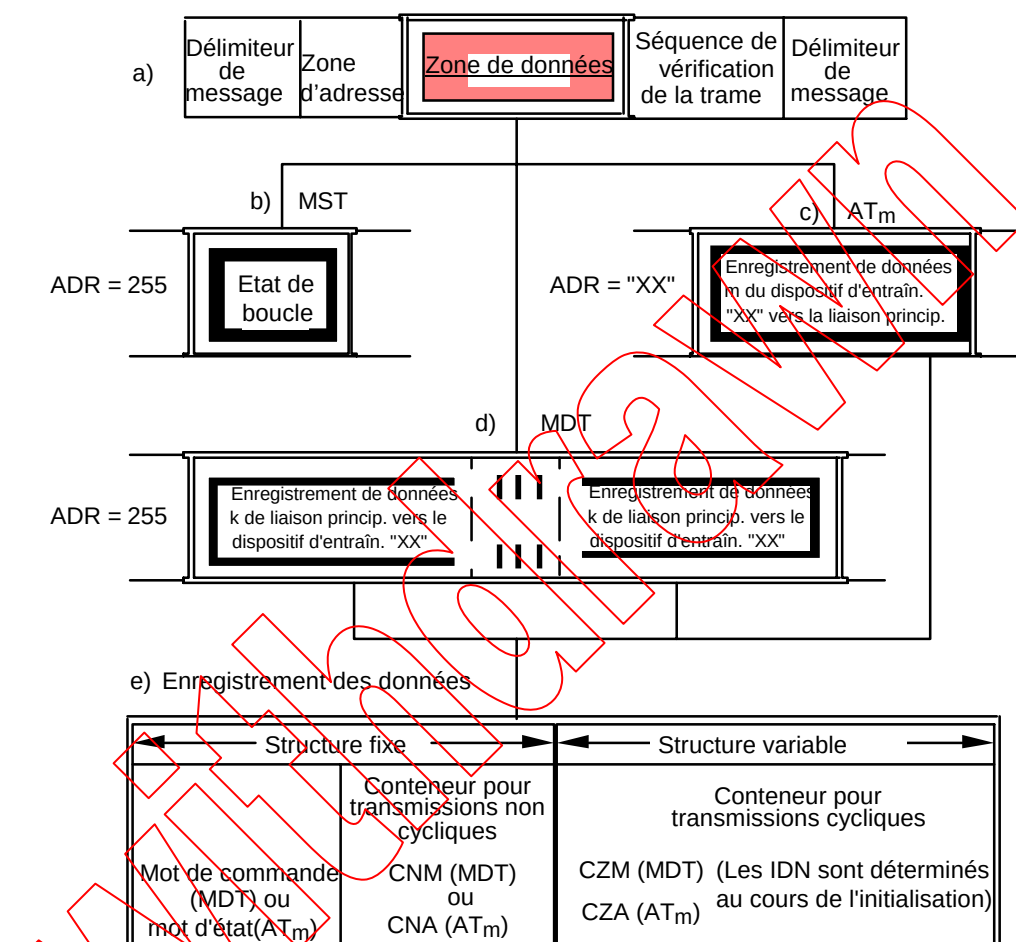


Figure 3 – Aperçu général de la structure des zones de données (CP₃ et CP₄)

4.3 Transmission de données

Plusieurs caractéristiques du système ont été décrites en 4.2. Ce paragraphe traite des fonctions de transmission ainsi que des fonctions hiérarchiques qui n'appartiennent plus au domaine de la transmission et qui ne font pas partie du modèle de référence ISO-OSI (voir l'ISO/CEI 7498-1).

Le présent paragraphe introduit des couches de transfert ainsi que des mesures de protection appropriées (conformément aux niveaux 1 et 2 du modèle de référence ISO-OSI) (voir l'ISO/CEI 7498-1).

The variable structure (i.e. length, amount and sequence of 2- and 4-byte sizes) of the configurable portion of the data record is specified during initialization based on the application. This serves as a container for data which is transmitted cyclically (CZM/CZA).

When initialization is complete, the length of every data field is known and remains constant during operation. That ensures that all telegrams within the communication cycle (see figure 6) have fixed lengths during operation and are transmitted according to a time-fixed pattern (see figure 5).

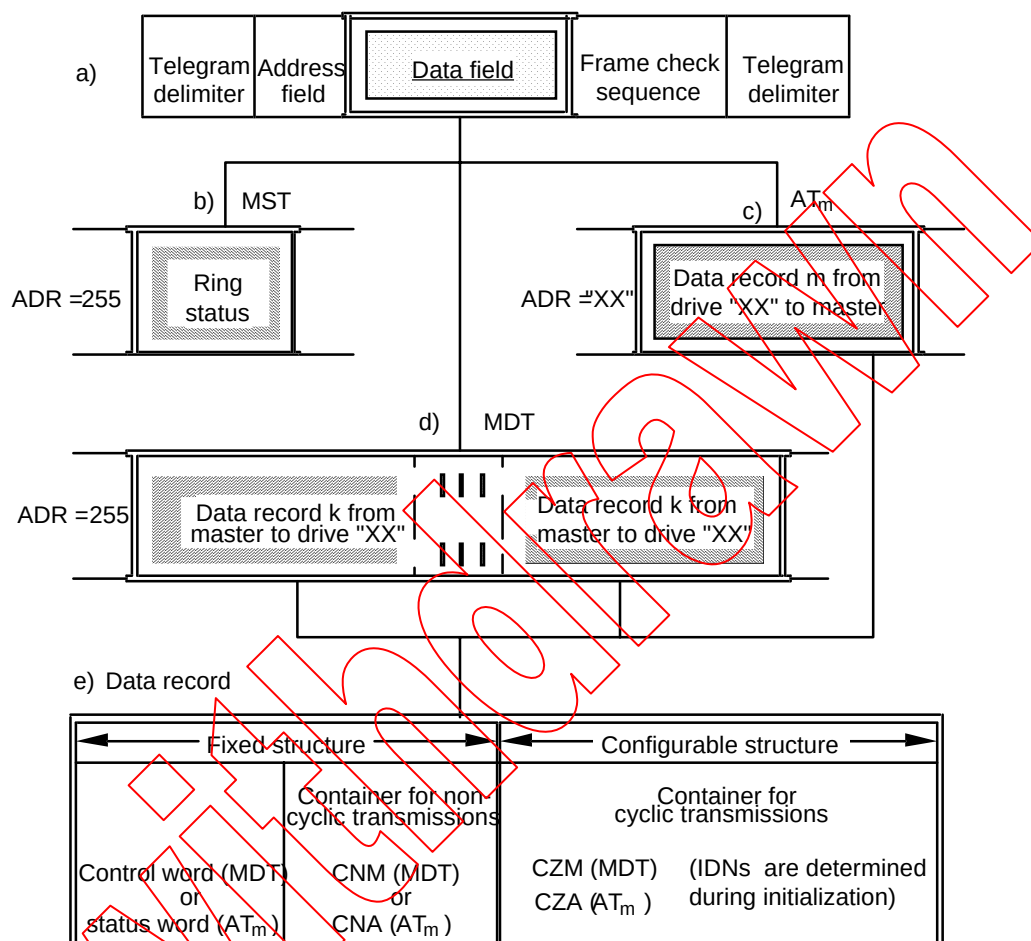


Figure 3 – Overview of data field structure (CP₃ and CP₄)

4.3 Data transmission

In 4.2, several system characteristics were outlined. That subclause deals with communication functions as well as hierarchical functions which are no longer part of the communication area and hence are not part of the ISO-OSI reference model (see ISO/IEC 7498-1).

This subclause introduces transfer layers as well as appropriate protection measures in accordance with levels 1 and 2 in the ISO/OSI reference model (see ISO/IEC 7498-1).

La figure 4 donne une représentation schématique de l'organisation des couches de transfert entre la liaison principale et la liaison secondaire. La couche de transfert la plus élevée constitue le transfert non cyclique. Elle dispose de son propre mécanisme de sécurité de transfert. Les couches d'application se situent au-dessus des transferts non cycliques (non indiqués sur la figure 4). Il s'agit de commandes de procédure qui sont elles-mêmes prises en charge par des transferts non cycliques.

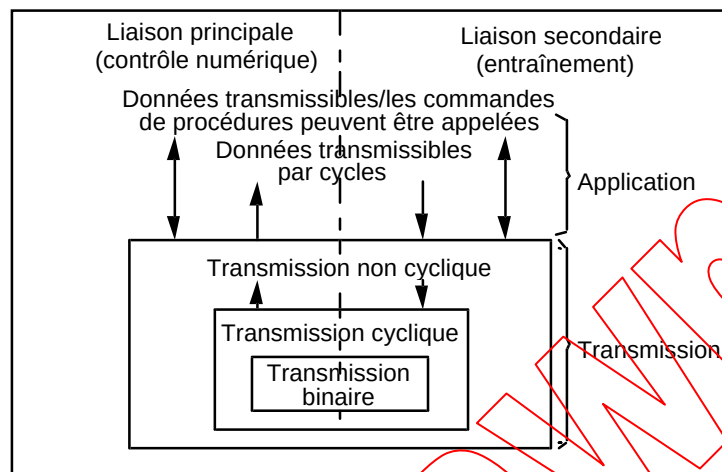


Figure 4 – Couches de transfert

Un transfert non cyclique est pris en charge par un transfert cyclique. L'utilisateur peut aussi bien accéder à un transfert cyclique qu'à un transfert non cyclique. Fondamentalement, toutes les données sont transférables de façon non cyclique (transfert lent) et seulement une partie d'entre elles est sensée être transmissible de façon cyclique.

4.3.1 Accès au support de transfert

La figure 5 illustre l'accès à la boucle. L'accès est régularisé par une méthode de tranches de temps. Pendant l'initialisation, chaque dispositif d'entraînement est averti du moment où il doit transmettre ses données à la boucle. De ce fait, chaque dispositif d'entraînement a la possibilité d'utiliser son horloge interne pour accéder à la boucle. De cette manière, il est possible d'exécuter une opération déterminante, strictement synchrone, avec un effort de gestion minimal. Cette méthode simple est rendue possible par la définition stricte du flux de circulation des données.

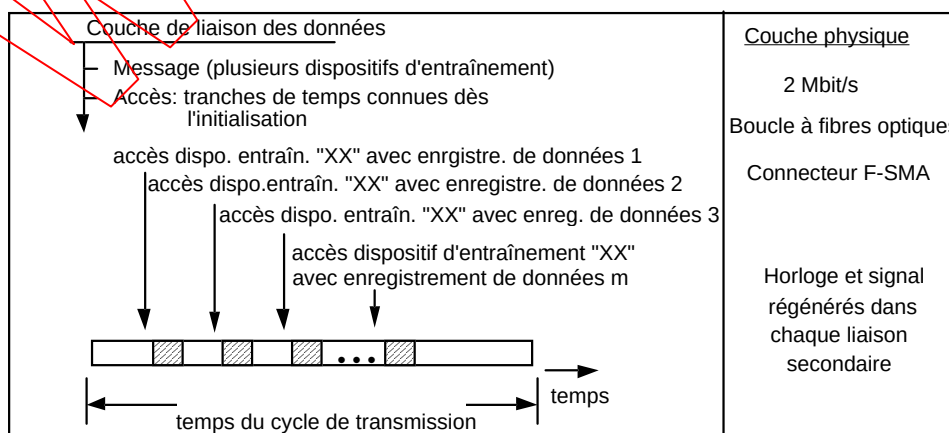


Figure 5 – Méthodes d'accès synchronisé