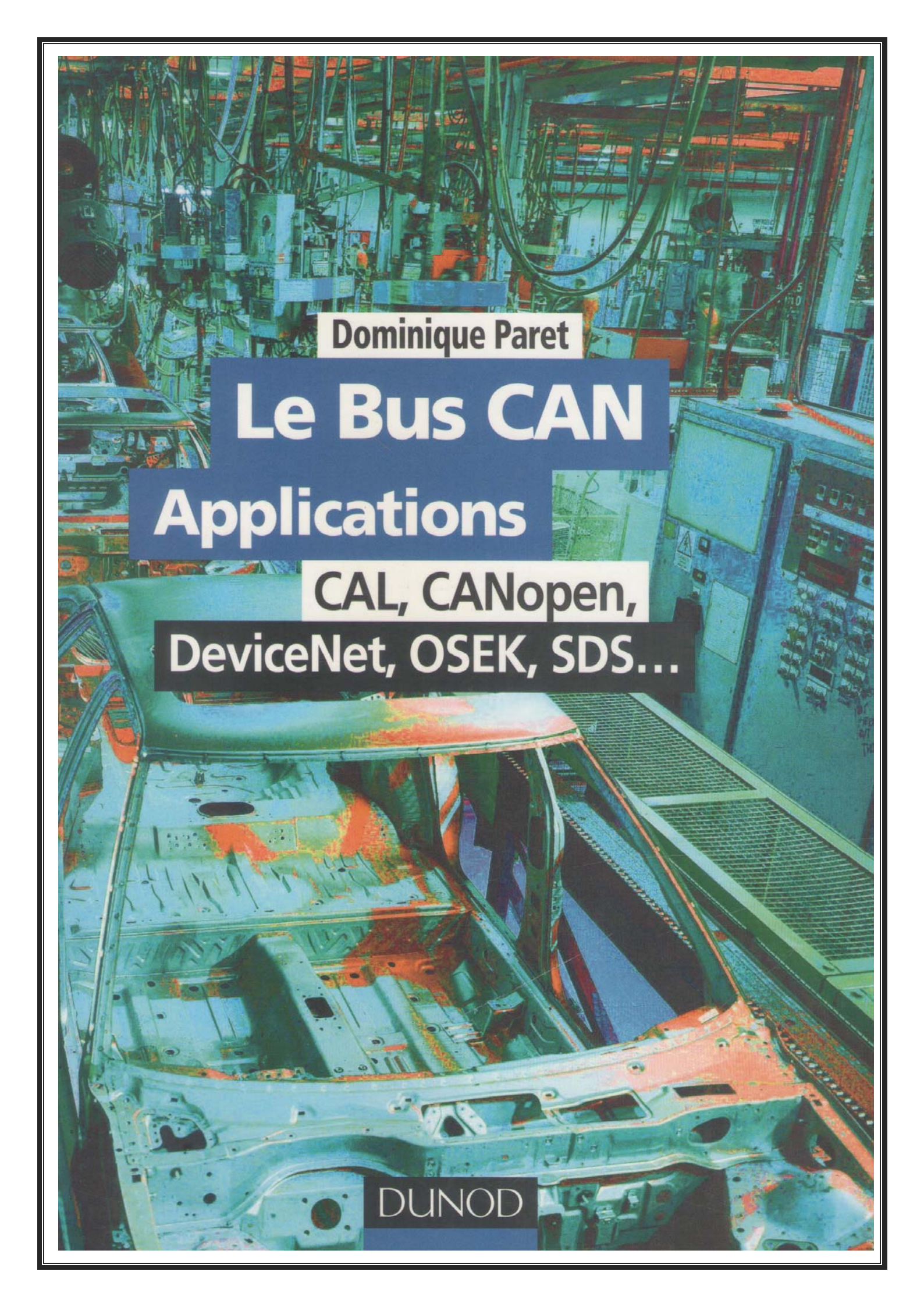




Dominique Paret

Le Bus CAN

Applications

**CAL, CANopen,
DeviceNet, OSEK, SDS...**

DUNOD



TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION - LE CAN A DÉJÀ FÊTÉ SES DIX ANS !	1
Le concept CAN en deux mots	1
Le parcours du CAN	2
Le marché du CAN	3
Le marché Automobile	3
Le marché de l'automatisme industriel	3
Couches applicatives et organismes de supports	4

PARTIE 1

COMMUNICATION ET MODÈLE

CHAPITRE 1 - COMMUNICATION ET MODÈLE	7
1.1 Le modèle ISO/OSI	8
1.2 Architecture des couches	10
1.2.1 Couche 0 – médium	10
1.2.2 Couche 1 – physique : Physical Layer (PL)	11
1.2.3 Couche 2 – liaison de données : Data Link Layer (DLL) .	11
1.2.4 Couche 3 – réseau	13
1.2.5 Couche 4 – transport	14
1.2.6 Couche 5 – session	14
1.2.7 Couche 6 – présentation	15

1.2.8	Couche 7 – application	15
1.2.9	Les couches au-dessus des nuages	16
1.2.10	Couche (8) – Device Profiles	17
1.2.11	Couche (7 1/2) – Communication Profile	17
1.3	Une autre vue du modèle ISO/OSI	18
1.3.1	Le point de vue utilisateur	18
1.3.2	Le point de vue du transporteur	18
1.3.3	Couche objet et couche transport	18

PARTIE 2

RAPPEL DU PROTOCOLE CAN

CHAPITRE 2 - RAPPEL DU PROTOCOLE CAN ET DE SES PARTICULARITÉS		23
2.1	Remarque préliminaire à la seconde partie	23
2.1.1	Pourquoi effectuer un rappel du protocole ?	23
2.2	Les grandes définitions	24
2.2.1	Propriétés du CAN et vocabulaire spécifique	24
2.3	Les grands principes de la communication	30
2.3.1	Les différentes trames de communication du CAN	30
2.3.2	Le bit CAN	30
2.4	Le CAN 2.0 A – format standard	31
2.4.1	Trame de données	31
2.4.2	Début de trame	32
2.4.3	Champ d'arbitrage	32
2.4.4	Champ de commande	32
2.4.5	Champ de données	33
2.4.6	Champ de CRC (Cyclic Redundancy Code : code à redondance cyclique)	33
2.4.7	Champ d'acquittement	33
2.4.8	Fin de trame de données	33
2.4.9	Inter-trame	34

2.4.10	Quelques remarques très importantes	34
2.4.11	Trame de requête de données	35
2.5	Détection et traitement des erreurs de transmission	36
2.5.1	Les différentes sortes d'erreurs pouvant se produire	37
2.5.2	Notions de bulletin de santé d'un réseau	38
2.5.3	Mécanisme du traitement des erreurs de confinement	38
2.5.4	Signalisation des erreurs	43
2.5.5	Recouvrement des erreurs	47
2.5.6	Validité des messages transmis	47
2.5.7	Sleep Mode et Wake-Up	48
2.6	Le CAN 2.0 B – format étendu	48
2.6.1	Formats de trames de communication	49
2.6.2	Identificateurs et champ d'arbitrage	49
2.6.3	Le champ de commande	50
2.6.4	Obligations d'un contrôleur CAN 2.0 B	50
2.6.5	Compatibilités CAN 2.0 A et CAN 2.0 B	50
2.7	La couche physique CAN	51
2.7.1	Qualités fondamentales et spécifiques que doit posséder le support physique	51
2.7.2	Architecture du bit CAN	51
2.7.3	Architecture du Nominal Bit Time	55
2.7.4	Détermination des valeurs des segments du Nominal Bit Time	56
2.7.5	Valeur du segment de synchronisation	56
2.7.6	Valeur du segment de propagation	56
2.7.7	Valeurs des segments de buffers de phase 1 et 2	64
2.7.8	Incidences de la précision, dérives et tolérances des fréquences des oscillateurs	69
2.7.9	En guise de conclusion	70
2.7.10	Débit binaire du réseau (Bit Rate)	71
2.7.11	Temps de latence	73
2.7.12	Exemple de synthèse	74
2.7.13	Qualités et limites des couches 1 et 2 du protocole CAN	75

CHAPITRE 3 - RETOUR AU PROTOCOLE CAN ET AU MODÈLE ISO	79
3.1 Imbrication du protocole CAN et du modèle ISO/OSI	79
3.1.1 Le document de référence Bosch et le modèle ISO/OSI .	80
3.1.2 Les documents CAN officiels ISO et le modèle ISO/OSI	80
3.1.3 Le pourquoi de l'absence des couches 3 à 6 du modèle ISO/OSI dans le CAN	81
3.2 Notion « d'objet CAN »	82
3.2.1 Entête de trame	83
3.2.2 Champ de données	85
3.2.3 Quelques remarques	85
3.3 Imbrication des composants CAN et du modèle ISO/OSI	85
3.3.1 Découpage fonctionnel des composants CAN dans un système	86
3.3.2 Les différentes possibilités d'implémentation du protocole CAN	87
3.4 Possibilités d'enrichissement du protocole CAN par les composants	90
3.4.1 Au niveau de la couche 2 de communication de données	91
3.4.2 Au niveau des couches 0 – médium et 1 – physique . . .	93
En conclusion	96

PARTIE 3

APPLICATIONS CAN EN RÉSEAU ET PROBLÈMES SOULEVÉS

CHAPITRE 4 - LES APPLICATIONS BASÉES SUR DES RÉSEAUX CAN	99
4.1 Les applications industrielles	99
4.2 Les applications automobiles	100

CHAPITRE 5 - LES RÉSEAUX	103
5.1 Évolution des performances demandées aux réseaux locaux ..	104
5.1.1 Concept d'architecture de réseau	104
5.1.2 Classes d'éléments de réseau	108
5.1.3 Systèmes ouverts dans l'automatisme industriel	109
5.1.4 Petit inventaire des requêtes et nécessités des applications	113
5.2 Les imbrications	114
5.2.1 Relations entre architecture décentralisée, système distribué, ouverture et choix des couches basses et applicatives ..	114
5.2.2 Relations entre protocole de communication, protocole de la couche application et mode de fonctionnement du réseau	116
5.3 Choix du modèle de communication pour un réseau basé sur le CAN	123
5.3.1 Choix et constitution du modèle	124
5.3.2 Protocole, plate-forme, couche applicative et encapsulation	127

PARTIE 4

LES COUCHES APPLICATIVES BASÉES SUR CAN

CHAPITRE 6 - LES DIFFÉRENTS CONCEPTS DE COUCHES APPLICATIVES BASÉES SUR CAN	133
6.1 Les couches applicatives basées sur CAN	133
6.1.1 Pourquoi une offre basée sur CAN ?	133
6.1.2 Pourquoi plusieurs couches applicatives en lice ?	134
6.1.3 Les principales couches applicatives en lice	135
6.2 Contenus des couches	137
6.3 Introduction aux chapitres suivants	137
6.3.1 Plan de présentation des différentes couches applicatives du CAN	138

6.3.2	Remarques importantes concernant la présentation des couches	138
-------	--	-----

CHAPITRE 7 - CAL/CAN APPLICATION LAYER	139
--	-----

7.1	CAL en quelques mots	141
7.1.1	Le cœur des CAL	142
7.1.2	Conclusion concernant les CAL	145
7.2	CMS-CAN based Message Specification	147
7.2.1	CMS, langage standard de modélisation pour applications distribuées	147
7.2.2	Les objets CMS	147
7.3	NMT – Network Management	154
7.3.1	NMT ou la coordination et supervision d'applications distribuées	154
	<i>Le maître et les esclaves NMT</i>	155
7.3.2	Les services NMT	156
7.3.3	Les objets NMT	157
7.3.4	Les classes de réseau CAL	158
7.3.5	Initialisation du réseau	159
7.4	DBT – (identifier) DistriBuTor	160
7.4.1	Méthode d'attribution des COB ID	162
7.5	LMT – Layer Management	166
7.6	LME-Layer Management Entity	167
7.7	Couche physique du CAL	167
7.7.1	Médium et connecteurs	167
7.7.2	Nominal bit time et position du point d'échantillonnage	169
7.8	Implémentations logicielles d'applications basées sur CAL	170
7.8.1	Exemple d'outils d'implémentation logicielle	170

CHAPITRE 8 - CANOPEN	173
--------------------------------	-----

8.1	Objectif de CANopen	173
8.2	Relations entre CANopen et CAL	174
8.3	Architecture de CANopen	175
8.3.1	Le modèle de référence de communication de CANopen	175

8.3.2	CANopen Communication Profile	177
8.3.3	CANopen Device Profile	178
8.3.4	En conclusion	178
8.4	Le modèle de communication de CANopen	179
8.4.1	Services et Process Data Object-SDO et PDO	179
8.4.2	Les objets de communication prédéfinis de CANopen ..	183
8.5	Administration du réseau et communication	183
8.5.1	Réseau allégé	184
8.5.2	Distribution des identificateurs	184
8.5.3	Initialisation du réseau et séquence de boot up	184
8.6	Les Device profiles de CANopen	186
8.6.1	Dictionnaire d'objets	186
8.7	Fonctionnalités minimales supportées par un élément	188
8.8	En résumé	189
8.9	Implémentation de CANopen sur des éléments maître ou esclave	190
8.10	Couche physique du CANopen	191
CHAPITRE 9 - DEVICENET		193
9.1	Présentation générale de la couche applicative DeviceNet ...	193
9.1.1	Relation entre les couches ISO/OSI et DeviceNet	194
9.2	La couche communication de données de DeviceNet	195
9.2.1	Messagerie et mode de connexion de station à station	195
9.2.2	Modes d'adressage de DeviceNet	202
9.2.3	Échange de données	204
9.2.4	Fragmentation de la messagerie	204
9.3	Profils de communication	206
9.4	Couche physique de DeviceNet	207
9.4.1	Généralités	207
9.4.2	Médium de transmission et topologie du réseau	209
9.4.3	Connexion au médium	212
9.4.5	Possibilités d'alimentation des stations par DeviceNet ..	216

11.3.2 Déclenchement des messages	253
11.3.3 Cartographie (des « objets Application » mapping) ..	254
11.4 Communication point à point	254
11.4.1 CAL	255
11.4.2 CANopen	255
11.4.3 DeviceNet	255
11.4.4 SDS	255
11.5 Méthodes d'établissement	255
de connexions de données	255
11.6 Administration du réseau	256
11.7 Modélisation et profils des éléments	258
CHAPITRE 12 - CAN KINGDOM	261
12.1 Les performances de CAN Kingdom	262
12.2 Usage du CAN pour le CAN Kingdom	263
12.3 Fonctions de la couche applicative CAN Kingdom	263
12.4 Réponses aux nombreuses interrogations	265
12.4.1 Quel est le rôle du Roi dans le CAN Kingdom ?	265
12.4.2 Qu'arrive-t-il si le Roi meurt ?	265
12.4.3 Si seul le Roi connaît tout le système, est-il possible de le remplacer ?	266
12.4.4 Comment le Roi connaît-il la place de chacun des modules ?	266
12.4.5 Qu'arrive-t-il si l'on permute la localisation de deux modules ?	266
12.4.6 Comment l'enregistrement de l'identité de chaque module est-elle effectuée ?	267
12.4.7 Comment régler les problèmes liés à des débits différents ?	267
12.4.8 Le Roi peut-il effectuer toutes sortes de changement dans un module ?	267
12.4.9 Faut-il des composants performants pour réaliser tout cela ?	268

CHAPITRE 13 - M3S – MULTIPLE MASTER, MULTIPLE SLAVE	26
13.1 Architecture générale du système M3S	26
13.1.1 Les éléments de M3S	27
13.2 Les fonctions de key et de « dead man » switches	27
13.2.1 Key switch	27
13.2.2 Dead man	27
13.3 Initialisation, configuration, sélection	27
13.3.1 Initialisation	27
13.3.2 Configuration	27
13.3.3 Sélection	27
13.4 Évolution et conclusion	27
CHAPITRE 14 - LES COUCHES APPLICATIVES AUTOMOBILES	27
14.1 Situation à l'ISO	27
14.1.1 TF1	27
14.1.2 TF2	27
14.1.3 TF4	27
14.1.4 TF5	27
14.2 Situation à la SAE	27
14.3 Situation à l'OSEK	27
CHAPITRE 15 - OSEK/VDX	27
15.1 Architecture de la couche OSEK	28
15.1.1 OSEK-OS-Operating System	28
15.1.2 OSEK-COM-Communication	28
15.1.3 OSEK-NM (Network Management)	29
15.1.4 Les couches basses ISO/OSI de l'OSEK/VDX	29
15.1.5 Implémentation OSEK/VDX	29
15.1.6 Certification de l'OSEK	29

CHAPITRE 16 - LE SAE J1939	295
16.1 Pourquoi avoir choisi un identificateur de 29 bits ?	296
16.2 Le champ d'identification CAN du J1939	296
16.3 Les types de messages du J1939	297
16.3.1 Messages de commandes	297
16.3.2 Messages de requêtes	297
16.3.3 Messages de diffusion/réponse	297
16.3.4 Messages d'acquittements	298
16.3.5 Messages de groupes de fonctions	298
16.3.6 Quelques compléments	298
16.4 La couche applicative J1939	298
16.4.1 Les différents types de données transportées	298

PARTIE 5

OUTILS, TESTS, MISE EN ŒUVRE, CONFORMITÉ

CHAPITRE 17 - LES OUTILS D'AIDE AU DÉVELOPPEMENT POUR RÉSEAUX BASÉS SUR CAN	303
17.1 Méthodologie de conception de système	303
17.1.1 Phase d'étude	304
17.1.2 Phase d'intégration du système complet	304
17.1.3 Phase de production	304
17.1.4 Phase de maintenance du système	305
17.2 Outils d'aide au développement des couches basses de communication	305
17.2.1 Outils de démonstration et prise en main	305
17.2.2 Outils de simulation, émulation et analyse de protocole	306
17.2.3 Conformateur de performances	308
17.2.4 Outils de configuration de réseau	309
17.3 Outils d'aide au développement des couches hautes applicatives	310

17.3.1	Un exemple	311
17.3.2	En conclusion des systèmes de développement et outils de tests	313
17.4	Mises en œuvre de réseaux (modélisation et installation)	314
17.4.1	Modélisation de réseaux	314
17.4.2	Installation du réseau	314
17.4.3	Mise en œuvre d'un réseau	314
17.4.4	Mise en route et débogage des réseaux	315
17.4.5	Outils de mise en œuvre et test des réseaux	315
CHAPITRE 18 - CONFORMITÉ, CERTIFICATION, TESTS		317
18.1	Les problèmes de conformité et certification	317
18.2	Conformité au protocole de communication CAN	317
18.3	Conformité des IC's au protocole de communication CAN	319
18.3.1	Méthodologie de conformité	320
	Écriture d'un Plan De Test	321
	Réalisation CAO du Plan De Test	324
	Testeur de composants	326
18.3.2	Conclusion	326
18.4	Conformité aux protocoles des couches applicatives	327
18.5	Certification	327
18.6	Tests	328
CHAPITRE 19 - CONCLUSION ET FUTUR DU CAN		329
19.1	Conclusion	329
19.2	Le futur du CAN et de ses applications	329
ANNEXES		331
Annexe 1 : le CiA-CAN in Automation		331
	Sa mission, son rôle, son fonctionnement	331
	Ses activités	333

Annexe 2 : les bibles	334
Modèle ISO/OSI	334
Document de référence CAN	334
CAN et ISO	334
Couches applicatives « Industrielles »	334
Couches applicatives « Automobile »	336
Annexe 3 : les bonnes lectures	337
Revue, journaux, documentations	337
Ouvrages en langue allemande	337
Ouvrage en langue française	337
Annexe 4 : les bonnes adresses	338
ISO	338
CAL et CANopen	338
SDS	338
DeviceNet	338
CAN Kingdom	339
M3S	339
OSEK	339