



**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**

<b>CHAPITRE 2 - RAPPEL DU PROTOCOLE CAN ET DE SES PARTICULARITÉS</b>		<b>23</b>
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

<hr/>	
CHAPITRE 3 - RETOUR AU PROTOCOLE CAN ET AU MODÈLE ISO . . . .	79
<hr/>	
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**

<hr/>	
CHAPITRE 4 - LES APPLICATIONS BASÉES SUR DES RÉSEAUX CAN . . . . .	99
<hr/>	
4.1 Les applications industrielles . . . . .	99
4.2 Les applications automobiles . . . . .	100

<hr/>	
CHAPITRE 5 - LES RÉSEAUX	103
<hr/>	
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**

<hr/>	
CHAPITRE 6 - LES DIFFÉRENTS CONCEPTS DE COUCHES APPLICATIVES BASÉES SUR CAN	133
<hr/>	
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 prof iles 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
<hr/>		
CHAPITRE 9 - DEVICENET .....		193
<hr/>		
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