

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ IBN-KHALDOUN DE TIARET

FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES
DÉPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Génie Electrique

Spécialité : Informatique Industrielle

THÈME

Étude des tendances mondiales et des programmes de recherche et développement (R & D) dans les systèmes embarqués en vue de Maximiser l'impact d'une plate-forme technologique dans le domaine.

Préparé par : M^{lle} Messabih Melouka

Devant le Jury :

Nom et prénoms	Grade	Qualité
Mr DJ. NASRI	MCB	Président
Mr A.GHELLAB	MCB	Examineur
Mr A.SAHLI	MCB	Encadreur

PROMOTION 2015 /2016

*R*emerciement

A l'occasion de la présentation de notre mémoire, on tient tout d'abord à remercier
Monsieur **SAHLI BALGACEM**

Toute ma gratitude et mes chaleureux remerciements à tout les Professeurs de département gène électrique Ibn Khaldoun– Tiaret pour avoir dirigé ce travail avec une grande patience et un esprit d'équipe et aussi pour sa disponibilité ses conseils, son amabilité et sa fraternité, ses grandes qualités tant humaines que scientifiques et la confiance qu'il nous a témoignée, qui ont contribué à la réalisation de ce travaux.

Un grand merci ,tout particulier, les enseignement **NASRI DJELOUL et GALABE ABDE KADER** ,maitres de conférence à l'université Ibn Khaldoun -Tiaret pour avoir bien voulu faire partie du jury, de ses aides et ses conseils ,qu'il trouve ici l'expression de nos sincères respects.

Dédicace

Je dédie ce travail en signe de respect et de reconnaissance :

A ma très chère mère pour son affection et son amour Que dieu la garde et la protège.

A mon frère et mes sœurs : Fatiha, Naima, A mes nièces Soussou, Marwa , Saife , Aya, et Mohamed.

A mes amies : Sara, Rabha , Fatima , Adda dj , pour son encouragement et son soutien.

Enfin, à tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail.

Melouka.

Sommaire

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

Chapitre I : Le développement des systèmes embarqués temps réel

I.1.1. Introduction	03
I.2.Le développement de système embarque	03
I.1.2. Définition de système embarque	03
I.2.1. contraintes temporelles	04
I.2.2. Systèmes multi-critiques	04
I.2.3. Principales caractéristiques des systèmes temps réel.....	04
I.2.5. Caractéristiques temporelles des systèmes temps réel.....	05
I.3. Quelques exemples d'applications.....	06
I.4. Architecture des applications temps réel	08
I.4.1 Architecture logicielle des applications temps réel	08
I.4.1.1 Architecture multitâche.....	08
I.4.1.2. Modèles d'exécution et ordonnancement	08
I.4.1.3 Exécutif ou noyau temps réel.....	08
I.4.2. Architecture matérielle.....	10

Chapitre II : le mécanisme temps réel dans système embarque

II.1. Introduction	12
I.2.Concepts des exécutifs temps réel	12
II.2.1 Gestion des tâches	12
II.2.2.Outils de communication et de synchronisation.....	12
II.2.2.1.Éléments de base	13
II.2.2.1.1. Sémaphores.....	13
II.2.2.1.2. Moniteurs.....	14
II.2.2.1.3. Variables conditionnelles	15
II.2.2.2. Signaux	15
II.2.2.2. Communication par message.....	16

II.2.3. Synchronisation	16
II.3. Exemple de création d'une boîte aux lettres.....	16

Chapitre 03 : Etudes des tendances de développement et recherche

III. 1.1. Introduction	27
III. 1.2: Aperçu général	27
II.1.3: Systèmes embarqués: une source de richesse.....	27
III.2.1 La technologie de l'embarqué	28
III.2.2: Embarqué Savoir-faire: l'Europe Potentiel.....	28
III.2.2- Impact sur les industries.....	30
III.2.2.1. Automobile.....	35
III.2.2.2 .Avionique / Aéronautique	38
III.2.2.3. Automatisation industrielle	40
III.2.2.4 .Télécommunications	41
III.2.2.5 Consumer Electronique et maisons intelligentes	43
III.2.2.6 Santé et Equipement médical	45
III.3. Conformité avec les politiques	46
III.3.1 Les effets positifs des systèmes embarqués	47
III.4.R & D Programmes et Initiatives pour Systèmes embarqués	48
III.4.1. Indicateurs clés.....	48
III.4.1.1 Produit intérieur brut (PIB)	48
II.4.1.2. Dépens général R & D (DIRD)	50
III.4.1.3 .Ressources humaines en R & D	51
Conclusion générale	52

Abréviation

Abréviation:

- UML :Unified Modelions Langage.
- Sys ML : Systems Modelions Langage.
- DSL: Domain Specific Language.
- DAL (Design Assurance Level.
- QoS: qualité of service.
- FIFO: first input first output (premier déposé/premier retire).
- mutex :mutual exclusion.
- ASR: Asynchrones Service Routine.
- ISR: Routine service Interruption.
- SoC: System-on-a-Chip.
- ECU: Electronic Control Unit.
- PME: petites et moyennes entreprises.
- OEF : fabricant d'équipement original.
- TCAC: taux de croissance annuel composé.
- BERD : Banque européenne pour la reconstruction et le développement.
- OACI: Organisation internationale de l'aviation civile.
- IATA: International Air Transport Association.
- PIB: produit intérieur brut.
- TA: technologie d'automatisation.
- PHS : Personal Handyphone Système.
- EMI: électromagnétiques, interférences électromagnétiques.
- DIRD: dépenses intérieures brutes de R & D.
- RGO brut Dépense intérieure de R & D.

- ADAS: systèmes avancés d'assistance au conducteur.
- IP: Protocole Internet.
- LCD Liquid Crystal Display
- OCDE Organisation de coopération et de développement économiques.
- OEM Original Equipment Manufacturer.
- PPA: Achats Parités de pouvoir.
- USA: États-Unis d'Amérique.
- ARTEMIS : l'agenda stratégique de recherche une source

Liste des figures

Figure I.1: Représentation schématique d'un système de contrôle commande	03
Figure I. 2: Exemple d'une application de contrôle-commande d'un moteur à combustion ..	05
Figure I.3: Interaction entre les tâches et le noyau temps réel	10
Figure I.4: Architecture de l'application : tâches et noyau temps réel	10
Figure I.5 : Environnement spécifique du développement d'une application de contrôle	11
Figure II.1 – Graphe simplifié des états possibles des tâches gérées par un noyau Temps réel.....	13
Figure II.2 – Boîte aux lettres FIFO.....	17
Figure II.3 – Boîte aux lettres à priorités de messages	17
Figure II.4 – Boîte aux lettres à priorités de tâches émettrices.....	17
Figure II.5 – Tube de communication.....	18
Figure II.6 – Communication par socket	19
Figure II.7 – Principe du rendez-vous.....	20
Figure II.8 : Chronogrammes d'exécution possibles d'un rendez vous	21
Figure II.9 – Communication par tableau noir : la lecture est non destructive.....	22
Figure II.10: signaler énervement par les sémaphores	23
Figure II.11: Deux taches entre synchronisations.....	23
Figure III-1: Industrie électronique européenne bien positionnée de manière Capitaliser sur l'avenir une croissance.....	29
Figure-III-2: Marché des composants électroniques en Europe 2004.....	30
Figure III-3: La croissance mondiale du véhicule électronique applications entre 2004 et	

Liste des tableaux

Tableau II.1 – Caractérisation d’un sémaphore binaire.....	14
Tableau II.2 – Caractérisation d’un sémaphore compteur	14
Tableau II.3 – Caractérisation (a) d’un moniteur de Hoare, (b) d’un moniteur à la Ada	15
Tableau II.4 – Caractérisation d’une variable conditionnelle.....	15
Tableau II.5 – Composition d’une boîte aux lettres	18
Tableau II.6 – Composition d’un tub.....	19
Tableau II.7 – Caractérisation d’un socket au niveau d’un processus ou d’une tâche	20
Tableau II.8 – Caractérisation d’un rendez-vous.....	21
Tableau III.1 – Définition des domaines de l’industrie.....	31
Tableau III.2 – Part des systèmes embarqués du coût du produit final Ou un service.....	32
Tableau III.3 – marché électronique par secteur en 2002 et pour la santé et les taux de croissance pour l’électronique et les systèmes	33
Tableau III.4 – Part des systèmes embarqués ou des composants électroniques dans la valeur du produit final ou du service.....	33
Tableau III.5 – DIRDE dans TIC et SE en 2003	34
Tableau III.6 – DIRDE dans TIC et SE en 2009.....	35
Tableau III.7 – Voiture de voyageurs les chiffres de production en Europe et partout dans le monde	36
Tableau III.8 – Développement de valeur de la production en technologie médicale par rapport à secteur industrie	46

2010.....	38
Figure III-4: marché de l'automatisation actions en 2004	40
Figure III-5: bus de terrain européen marché	41
Figure III-6 Développement des consommateurs dans le monde entier (en millions EURO).....	44
Figure III-7: L'espérance de vie moyenne (en ans) aux États-Unis, Europe et le Japon	45
Figure III.8: PIB pays sélectionnés (monnaie locale convertie en €).....	49
Figure III.9: PIB des pays sélectionnés (en milliards de PPA €).....	49
Figure III-10: Les dépenses de R & D (RGO) en PPA €.....	50

Introduction générale

Introduction générale:

Introduction ¹:

Les applications informatiques embarquées ont envahi l'environnement industriel et notre vie quotidienne. Depuis quelques décennies, les besoins de plus en plus accrus en termes de technicité ont conduit à intégrer une très forte automatisation dans tous les produits industriels ou destinés à l'usage « grand public ». La liste infiniment longue des exemples contient des produits aussi divers qu'un avion civil ou militaire, un train, un véhicule automobile, un téléphone mobile, un four à micro-ondes, une console de jeu, un satellite d'exploration, etc. Le dénominateur commun à toutes les applications adressées par les méthodes proposées dans cet ouvrage est la fourniture de fonctionnalités toujours plus sophistiquées : interface homme-machine (écran couleur de haute définition, écran tactile, commande vocale...), nombre élevé de fonctions débordant largement l'utilisation de base du produit (visualisation des commandes, liaison Internet...), sûreté de fonctionnement (robustesse, tolérance aux fautes, répartition, maintenance rapide et aisée...). Pour ces raisons, les trois grands domaines permettant ces développements, que sont l'électronique, l'automatique et l'informatique, ont dû progresser et s'adapter :

- ▶ Électronique: processeur multifonction (microcontrôleur), processeurs multi-cœurs, processeur à faible consommation, réalisation de circuits électroniques dédiés, etc.
- ▶ Automatique: Lois de régulations adaptées, régulation numérique, etc.
- ▶ Informatique: méthodes et méthodologies de développement, systèmes d'exploitation ou exécutifs embarqués, langages applicatifs, méthodes de tests et de validations, etc.

Ce mémoire est résolument orienté informatique, et les domaines de l'électronique et de l'automatique et industriel ne sont pas ici le propos. Toute fois, étant donné le développement lié entre les deux parties « matériel et logiciel », une présentation succincte des aspects matériels nécessaires à l'appréhension des systèmes embarqués est faite. Nous allons nous intéresser particulièrement à l'aspect génie logiciel, C'est-à-dire la ou les méthodes permettant de développer correctement ces applications.

Il est important de noter qu'il n'est pas possible de parler des applications embarquées comme d'un ensemble homogène au sens de leur réalisation. En effet, entre les développements de l'application informatique gérant un four à micro-ondes et celle pilotant une navette spatiale, la distance est immense : criticité de l'application, taille du logiciel, évolution de l'application, etc. Le seul lien en commun est que ces applications mettent en relation un programme informatique avec un procédé externe.

¹ PDF STR Embarqué. Francis Cottet et Emmanuel Grolleau Tous deux sont chercheurs au Laboratoire d'informatique Scientifique et industrielle LISI), système temps réel coordonnée par Francis. Cottet lui-même. Page Vi

Introduction générale:

D'autre part, le développement des applications de petite taille ou de taille moyenne a souvent été conduit par des professionnels du monde de l'automatique ou de l'électronique. Les régulations de type électromécanique ou électronique analogique ont rapidement fait place à des systèmes purement numériques ; seuls les capteurs et les actionneurs, faisant le lien vers le monde réel, sont toujours analogiques. Les concepteurs de ces applications ont des méthodes basées sur l'aspect fonctionnel : schémas blocs, girafes, etc. En effet, la spécification et la conception de telles applications sont plus aisées lorsqu'elles sont pensées en termes de fonctions ou de traitements des données. Aussi les langages dédiés à ce type d'applications sont tout naturellement des langages fonctionnels à exécution séquentielle comme le langage C, les assembleurs ou le langage flot de donnée LabVIEW.

Dans le domaine informatique, depuis l'avènement du langage UML (Unified Modelions Langage) à la fin des années 1990, accompagné de mécanismes d'extension permettant de l'étendre ou de le restreindre (profil Sys ML – Systems Modelions Langage), d'en enrichir la sémantique, ou d'en spécialiser l'usage (DSL – Domain Specific Language), les technologies basées sur l'ingénierie des modèles se sont développées jusqu'à atteindre aujourd'hui le domaine des systèmes embarqués, et en particulier des systèmes embarqués critiques. L'utilisation de l'ingénierie des modèles permet, par le biais de modèles d'abstraction communs, de faciliter le passage d'un modèle de représentation à un autre, ou même de générer automatiquement des programmes à partir de leur modèle.

Le manuscrit est organisé comme suit :

Le premier chapitre présente l'environnement de développement des systèmes embarqués qui décrit la spécificité de ces applications en termes d'architectures logicielles et matérielles.

Le second chapitre traite les mécanismes programmés d'un noyau temps réel tel qu'il est implanté, généralement, dans un système embarqué.

Le troisième chapitre décrit la partie principale qui est le but de cette étude, qui est les tendances de développement et recherche des systèmes embarqués.

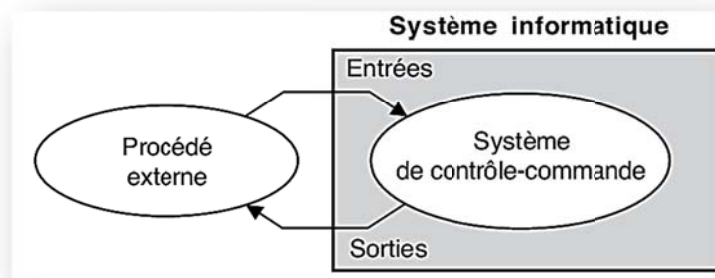
L'étude se termine par une conclusion qui met en exergue les perspectives de cette étude.

Chapitre -I-

- *Le développement des systèmes Embarqués temps réel*
-

I.1. Introduction:

La plupart des systèmes embarqués temps réel sont avant tout des systèmes de contrôle commande. Un système de contrôle-commande est un système informatique de contrôle de procédé. Le terme procédé est un terme générique désignant un système physique contrôlé. Dans ce chapitre, on présente l'environnement de développement des systèmes embarqués temps réel. Afin de contrôler le procédé, le système informatique est en relation avec l'environnement physique externe par l'intermédiaire de capteurs et/ou d'actionneurs. Les grandeurs physiques acquises grâce aux capteurs permettent au système de contrôle-commande de s'informer de l'état du procédé ou de son environnement. Le système de contrôle-commande, à partir de consignes décrivant l'état voulu du procédé, calcule des commandes qui sont alors appliquées sur le procédé par l'intermédiaire d'actionneurs. Donnons ainsi une définition générale d'un système de contrôle-commande (figure I.1) :



☞ **Figure I.1:** Représentation schématique d'un système de contrôle commande.¹

I.2. Le développement de système embarqué:²

I.2.1. Définition de système embarqué:

Un système embarqué est un système informatique dont les moyens de calcul sont embarqués sur le procédé contrôlé. Le fait d'embarquer les moyens de calcul implique, en plus des contraintes d'encombrement (taille, poids, forme), des contraintes de consommation d'énergie puisque l'alimentation électrique des éléments de calcul est soit embarquée (batteries, carburant, etc.), soit ambiante (panneaux solaires, etc.).

À technologie équivalente, l'énergie consommée par un ordinateur est fonction du carré de la vitesse de celui-ci en d'autres termes, plus le ordinateur est performant, plus l'énergie consommée est importante, avec une relation quadratique.

Un système embarqué se caractérise donc souvent par des ressources de calcul dimensionnées (ou à dimensionner) au plus juste en fonction des besoins en calcul.

¹ PDF STR Embarqué. Francis Cottet et Emmanuel Grolleau Tous deux sont chercheurs au Laboratoire d'informatique Scientifique et industrielle LISI), système temps réel coordonné par Francis. Cottet lui-même. Page 1.

² Le même référence page 3.

I.2.2. contraintes temporelles:

Un système temps réel est un système informatique soumis à des contraintes de temps, Une définition du temps réel peut être :

- ▶ **contraintes temporelles relatives** ou tâches (temps réel mou: soft real-time): les fautes temporelles sont tolérables (Ex.: jeux vidéo, applications multimédias, téléphonie mobile...).
- ▶ **Contraintes temporelles strictes** ou dures (temps réel duré: hard real-time): les fautes temporelles ne sont pas tolérables (Ex.: fonctions critiques avionique, véhicules spatiaux, automobile, transport ferroviaire...).
- ▶ **Contraintes temporelles fermes** (temps réel ferme: firm real-time): les fautes temporelles sont autorisées dans une certaine limite.

I.2.3. Systèmes multi-critiques: les sous-systèmes composant le système sont caractérisés par des degrés de criticité. Par exemple en avionique civile, la DO-178C caractérise les sous-systèmes par un niveau de criticité appelé DAL (Design Assurance Level), allant de niveau A (Ex. : commande de vol), catastrophique en cas de défaillance, à niveau E (Ex. : divertissement en vol), sans effet sur la sécurité.

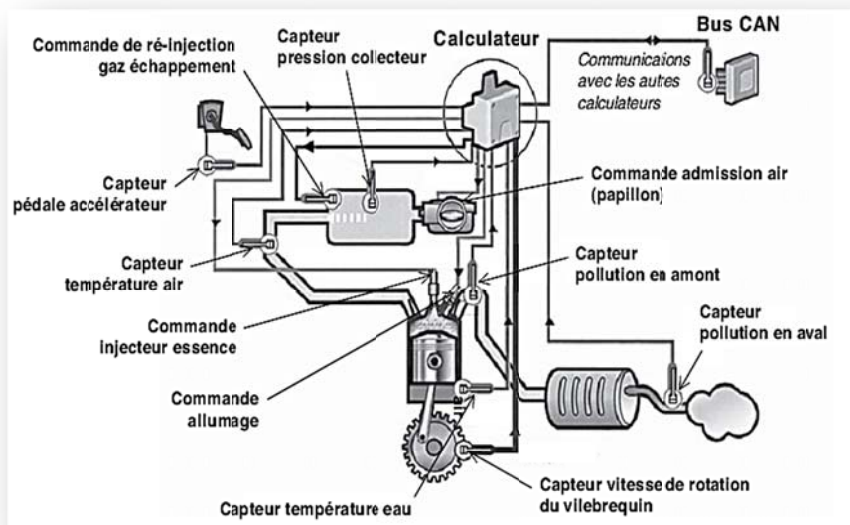
I.2.4. Principales caractéristiques des systèmes temps réel:

Considérons un exemple représentatif d'une application temps réel de contrôle-commande représenté sur la **figure I.2** Cet exemple de contrôle-commande d'un moteur à combustion est repris de façon détaillée dans **figure I.2** Le contrôle-commande de cette application est fait par l'intermédiaire d'un ensemble de capteurs et d'actionneurs (pédale d'accélérateur, température air, pression air, température eau, rotation vilebrequin, capteurs de pollution, injection essence allumage, admission air, etc.) et d'une connexion au réseau interne à l'automobile. L'analyse de cet exemple d'application permet de mettre en exergue les principales caractéristiques des systèmes de contrôle-commande :

- ▶ **Grande diversité des dispositifs d'entrées/sorties:** les données à acquérir qui sont fournies par les capteurs et les données à fournir aux actionneurs sont de types très variés (continu, discret, tout rien ou analogique). Il est aussi nécessaire de piloter un bus de terrain pour les communications.
- ▶ **Prise en compte des comportements concurrents:** l'ensemble de ces données physiques qui arrivent de l'extérieur et le réseau qui permet de recevoir des messages ne sont pas synchronisés au niveau de leurs évolutions, par conséquent, le système informatique doit être capable d'accepter ces variations simultanées des paramètres.
- ▶ **Respect des contraintes temporelles:** la caractéristique précédente impose de la part du système informatique d'avoir une réactivité suffisante pour prendre en compte tous ces comportements

concurrents et en réponse à ceux-ci, de faire une commande en respectant un délai compatible avec la dynamique du système.

► **Sûreté de fonctionnement:** les systèmes de type contrôle-commande mettent souvent en jeu des applications qui demandent un niveau important de sécurité pour raisons de coût ou de vies humaines. Pour répondre à cette demande, il est nécessaire de mettre en œuvre toutes les réponses de la sûreté de fonctionnement (développements sûrs, tests, méthodes formelles, prévisibilité, déterminisme, continuité de service, tolérance aux fautes, redondance, ségrégation des moyens de calcul et de communication, etc.).



☞ **Figure I. 2:** Exemple d'une application de contrôle-commande d'un moteur à combustion.

I.2.5. Caractéristiques temporelles des systèmes temps réel:¹

Les contraintes temporelles qui sont classiquement présentées sont des contraintes de bout en bout, appelées aussi contraintes de latence. Ces contraintes représentent le délai maximal entre lecture de l'état du système (lecture des capteurs) et commande de celui-ci (commande des actionneurs). Par exemple, la commande de vol du drone présenté dans l'Exemple I.2, puisqu'elle doit s'exécuter à 50 Hz, c'est-à-dire avec une période de 20 millisecondes, se verra vraisemblablement munie de contraintes temporelles de bout en bout sur la commande de vol, par exemple de 20 millisecondes, afin d'obliger le système à s'exécuter une fois par période.

Le respect du protocole de communication avec les capteurs, actionneurs, ou bus de communication est une autre source, très importante, de contraintes temporelles. Ainsi, à chaque fois qu'une trame est disponible sur un réseau, le système doit la lire et soit la traiter, soit la stocker

¹ Le même référence page 5

pour traitement ultérieur, sous peine de la voir être remplacée (ou « écrasée ») par la trame suivante.

Il est nécessaire de préciser et de formaliser les caractéristiques temporelles d'un système. Cette caractérisation peut prendre de nombreuses formulations. Ainsi, nous pouvons définir de manière non exhaustive :

► **Durée d'exécution d'une activité:** l'activité d'une application, qui peut être l'enchaînement de plusieurs activités élémentaires (acquisition, traitement, commande, affichage...), possède une durée d'exécution qui peut être mesurée de diverses manières. Cette durée n'est pas constante à chaque occurrence de cette activité puisque les programmes et les enchaînements de programmes ne sont pas toujours identiques (branchement conditionnel, itération, synchronisation...).

► **Cadence de répétition ou périodicité d'une activité :** l'acquisition d'une donnée ou la commande d'un actionneur peuvent nécessiter une régularité liée par exemple à la fréquence d'échantillonnage.

► **Date au plus tôt ou date de réveil:** dans certains cas, un traitement doit être déclenché à une date précise relative par rapport au début de l'exécution de l'application ou absolue (plus rarement). Cette date de réveil n'implique pas obligatoirement l'exécution ; il peut y avoir un délai dû à l'indisponibilité du processeur.

► **Date de démarrage:** Cet instant correspond à l'exécution effective de l'activité.

► **Date de fin :** instant correspondant à la fin de l'exécution de l'activité.

► **Date au plus tard ou échéance:** le traitement ou la commande d'un actionneur doit être terminé à un instant fixé par rapport au début de l'exécution de l'application. Dans le cas d'applications à contraintes temporelles strictes, cette échéance doit être respectée de façon impérative, sinon il y a faute temporelle et l'application est déclarée non valide.

► **Temps de réponse:** cette caractéristique peut s'appliquer à une activité de régulation ou à un ensemble d'activités de régulation; elle est directement liée à la dynamique du système. Ce paramètre correspond à la différence entre la date de réveil et la date de fin de l'activité.

► **Gigue temporelle:** Ce paramètre caractérise la respectabilité d'une activité au fur et mesure de ses occurrences. en effet, entre deux exécutions successives d'une même activité, ses caractéristiques temporelles peuvent changer : date d'activation, durée d'exécution, temps de réponse, etc.

I.3. Quelques exemples d'applications: Nous pouvons citer quelques exemples d'applications temps réel de contrôle-commande :

I.3.1. Système de transport: Que cela soit pour le transport terrestre (véhicule de tourisme, utilitaire, poids lourd, etc.), ferroviaire, aérien, ou spatial, les systèmes de transport sont caractérisés par une forte criticité et une forte complexité due à l'expansion du nombre de fonctions et la nécessité de tolérance aux fautes. Ils sont typiquement décomposés en sous-systèmes interconnectés par un ensemble de bus de terrains.

I.3.2.drone volant, roulant, navigant, ou sous-marin : ces types d'applications sont de plus en plus répandus, et de plus en plus d'autonomie est donnée aux drones. Qu'ils soient d'observation ou tactiques, ce type d'application trouve une large place aussi bien dans les applications militaires que civiles (exploration de zone radioactive après un accident, planétaire, sous-marine, cinéma et télévision, etc.).

I.3.3. Robot de production : un robot, réalisant une activité spécifique (peinture, assemblage, tri) sur une chaîne de production, doit effectuer son travail en des temps fixés par la cadence de fabrication. S'il agit trop tôt ou trop tard, l'objet manufacturier traité sera détruit ou endommagé conduisant à des conséquences financières ou humaines graves (oubli d'un ou plusieurs rivets sur un avion).

I.3.4. Téléphone mobile : le système de contrôle-commande doit remplir plusieurs fonctions dont certaines ont des contraintes temporelles fortes pour avoir une bonne qualité de service (QoS : qualité of service). Ainsi, la première fonction est de transmettre et de recevoir les signaux de la parole (577 μ s de parole émises toutes les 4,6 ms et 577 μ s de parole reçues toutes les 4,6 ms à des instants différents). En parallèle, il est nécessaire de localiser en permanence le relais le plus proche et donc de synchroniser les envois par rapport à cette distance (plus tôt si la distance augmente et plus tard si la distance diminue). Des messages de comptes rendus de la communication sont aussi émis avec une périodicité de plusieurs secondes. Les contraintes temporelles imposées au système doivent être imperceptibles à l'utilisateur.

I.3.5. Système de vidéoconférence: ce système doit permettre l'émission et la réception d'images numérisées à une cadence de 20 à 25 images par seconde pour avoir une bonne qualité de service. Afin de minimiser le débit du réseau, une compression des images est effectuée. D'autre part la parole doit aussi être transmise. Bien que correspondant à un débit d'information moindre, la régularité de la transmission, qualifiée par une gigue temporelle, est nécessaire pour une reproduction correcte. De plus ce signal doit être synchronisé avec le flux d'images. Ces traitements (numérisations images et parole, transmission, réception, synchronisation...) sont réalisés en cascade, mais avec une cohérence précise

I.3.6. Pilotage d'un procédé de fabrication (fonderie, laminoir, four verrier...): par exemple la fabrication d'une bobine d'aluminium (laminage à froid) exige un contrôle en temps réel de la

qualité (épaisseur et planéité). Cette vérification en production de la planéité nécessite une analyse fréquentielle qui induit un coût important de traitement. Le système doit donc réaliser l'acquisition d'un grand nombre de mesures (246 Ko/s) et traiter ces données à la période de 4 ms. Ensuite, tache un compte-rendu sur l'écran de l'opérateur toutes les 200 ms et enfin imprime ces résultats détaillés toutes les 2 s. Un fonctionnement non correct de ce système de contrôle de la qualité peut avoir des conséquences financières importantes : production non conforme à la spécification demandée.

I.4. Architecture des applications temps réel :¹

I.4.1 Architecture logicielle des applications temps réel:

I.4.1.1 Architecture multitâche : Le comportement concurrent des événements et grandeurs physiques externes amène à décrire l'environnement comme un système fortement parallèle. Cela conduit naturellement à adapter les méthodes de conception et de réalisation du système de contrôle-commande d'un tel environnement à ce parallélisme. Aussi, l'architecture la mieux adaptée pour répondre à ce comportement parallèle du procédé externe est une architecture multitâche. Ainsi au parallélisme de l'environnement, la réponse est le parallélisme de conception.

Après l'analyse et la conception de l'application, nous obtenons un ensemble de tâches ou activités qui coopèrent afin de réaliser le contrôle-commande du procédé géré. Ces tâches appartiennent aux différents groupes listés précédemment : tâches d'entrées/sortie, tâches de traitement, tâches de gestion de l'interface utilisateur,

I.4.1.2. Modèles d'exécution et ordonnancement: Cette architecture logicielle peut être vue comme un ensemble de tâches synchronisées, communicantes et partageant des ressources critiques. Le rôle essentiel du système informatique est donc de gérer l'enchaînement et la concurrence des tâches en optimisant l'occupation du processeur, cette fonction est appelée l'ordonnancement. L'ordonnancement est un point crucial des systèmes temps réel ; en effet l'ordonnancement va déterminer le comportement temporel et être le garant du respect des contraintes de temps imposées à l'exécution de l'application.

Nous pouvons distinguer deux modèles d'exécution des systèmes temps réel : l'exécution dite synchrone et l'exécution asynchrone. Nous allons présenter ces deux modèles d'exécution à l'aide d'un modèle d'application très simple. Cette application, constituée d'un ensemble de tâches pour gérer le procédé.

I.4.1.3 Exécutif ou noyau temps réel²: Cet environnement particulier d'exécution, exécutif ou noyau temps réel, peut être assimilé à un système d'exploitation de petite taille dédié aux applications de contrôle-commande. La caractéristique fondamentale est son déterminisme

¹ Le même référence page 7/8.

² Le même référence page 12/13.

d'exécution avec des paramètres temporels fixés. Nous pouvons comparer les différences au niveau des objectifs fixés pour le noyau d'exécution d'un système informatique classique et d'un système informatique de contrôle-commande.

Un système classique n'a pas été conçu pour permettre de respecter des contraintes temporelles, mais il suit les règles suivantes :

- ▶ Politiques d'ordonnancement des activités basées sur le partage équitable du processeur;
- ▶ Gestion non optimisée des interruptions;
- ▶ Mécanismes de gestion mémoire (cache...) et de micro-exécution engendrant des fluctuations temporelles (difficulté pour déterminer précisément les durées des tâches);
- ▶ Gestion des temporisateurs ou de l'horloge pas assez fine (plusieurs ms);
- ▶ Concurrence de l'application temps réel avec le système d'exploitation toujours actif;
- ▶ Gestion globale basée sur l'optimisation d'utilisation des ressources et temps de réponse moyen des différents processus en cours.

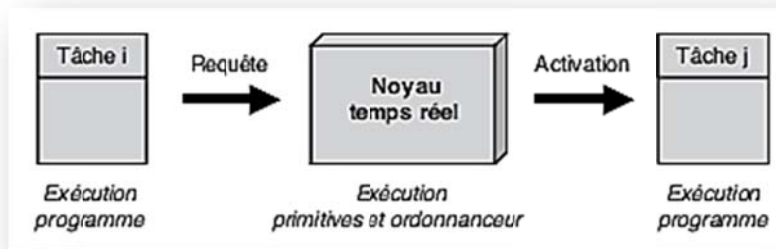
Un système informatique de contrôle-commande s'attache aux caractéristiques suivantes :

- ▶ Efficacité de l'algorithme d'ordonnancement avec une complexité limitée;
 - ▶ Respect des contraintes de temps (échéances...). Ces contraintes temporelles se traduisent plus en termes de choix d'une activité à exécuter à un instant donné plutôt que de rapidité d'exécution de toutes les activités ;
 - ▶ Prédicibilité (répétitivité des exécutions dans des contextes identiques);
 - ▶ Capacité à supporter les surcharges;
 - ▶ Possibilité de certifications pour les applications de certains domaines comme l'avionique, l'automobile et la communication.
 - ▶ Une application temps réel étant par définition un système multitâche, le rôle essentiel du noyau temps réel est donc de gérer l'enchaînement et la concurrence des tâches en optimisant l'occupation de l'unité centrale du système informatique. Les principales fonctions d'un noyau temps réel peuvent être scindées en trois groupes :
1. Gestion des entrées/sorties (gestion des interruptions, gestion des interfaces d'entrées/sorties, gestion des réseaux de communications...);
 2. Ordonnancement des tâches (orchestration du fonctionnement normal, surveillance, changements de mode, traitement des surcharges...);
 3. Relations entre les tâches (synchronisation, communication, accès à une ressource critique en exclusion mutuelle, gestion du temps...).

☞ *Remarque:* En général, les contraintes temporelles ne peuvent pas être garanties dans un système d’exploitation généraliste (Unix, Windows ...) contrairement à un noyau temps réel.

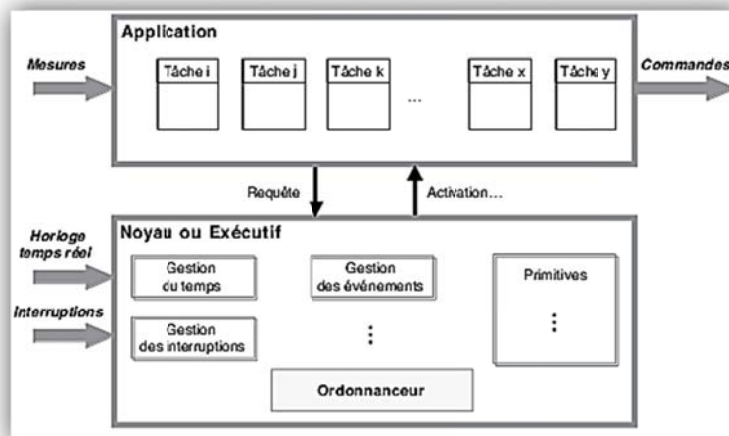
Il est important de noter que les tâches sont les unités actives du système ; le noyau temps réel n’est actif que lors de son appel. Une tâche activée peut appeler le noyau temps réel par une requête.

Les différentes requêtes sont servies par des modules du noyau temps réel appelées primitives. Ensuite le noyau temps réel réactive une tâche de l’application selon l’algorithme d’ordonnancement utilisé (voir **figure I.3**).



☞ **Figure I.3:** Interaction entre les tâches et le noyau temps réel.

Nous pouvons donc décrire schématiquement le contexte complet d’exécution d’une application temps réel avec les deux parties : tâches et noyau temps réel (voir **figure I.4**).



☞ **Figure I.4:** Architecture de l’application : tâches et noyau temps réel.

I.4.2. Architecture matérielle ¹: Des applications de contrôle-commande: Comme nous l’avons vu en introduction, l’aspect matériel a une très grande importance dans les applications de contrôle-commande. Cette implication est liée d’une part à la connexion directe avec le monde physique réel à l’aide d’une grande diversité de systèmes d’entrées/sorties et d’autre part au matériel informatique parfois spécifique et développé pour une application donnée. Ce dernier point concerne les

¹ Le même référence page 16.

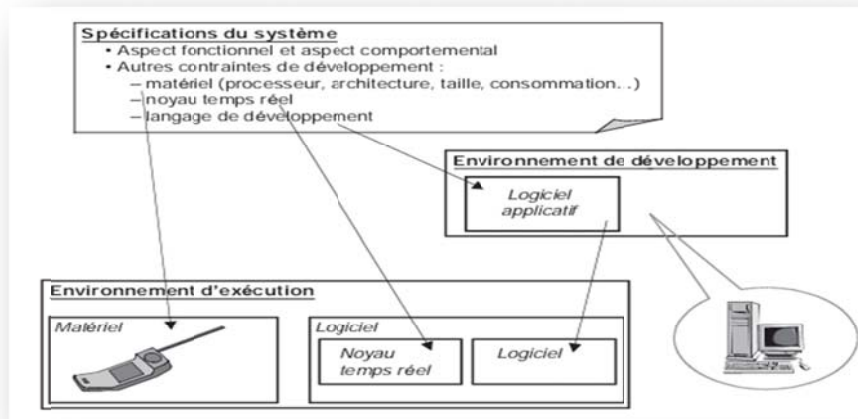
applications dites dédiées et embarquées ; le matériel a été conçu et créé spécifiquement pour une application, comme un téléphone portable, une caméra vidéo, etc.

Le noyau temps réel implanté doit posséder les caractéristiques suivantes : petite taille (taille mémoire limitée), rapidité d'exécution (ensembles de primitives simples), coût faible (réalisation en très grande quantité)...

Ces différentes spécifications, qui lient la réalisation matérielle à l'implémentation logicielle, doivent être prises en compte au début de l'analyse de l'application.

Aussi, nous pouvons résumer l'environnement de développement d'une application de contrôle-commande par le schéma de la figure I.5. Les spécifications du système sont donc élargies ; en plus des aspects fonctionnels et comportementaux classiques pour ce type d'application, nous devons ajouter les contraintes de développement évoquées précédemment, soit :

- contraintes matérielles : type de processeur, architecture (distribué, multiprocesseur...), taille mémoire, dimension physique, consommation, environnement (température, pression, corrosion...)
- noyau temps réel : primitives, taille (micronoyau...), certifié



☞ **Figure 1.5** – Environnement spécifique du développement d'une application de contrôle commande de procédé.

- *Mécanisme de temps réel dans les systèmes embarqués*
-

II.1. Introduction :

Dans ce deuxième chapitre nous représentons le mécanisme du temps réel dans les systèmes embarqués. Le concept d'un exécutif temps réel se déroule en plusieurs étapes qui sont: le concept des exécutifs temps réel, Gestion des tâches, les outils de communication et synchronisation comme sémaphore et communication de message, et à la fin en étudie un petit programme à titre d'exemple.

II.2. Concepts des exécutifs temps réel:¹

Les langages de programmation utilisés pour développer une application s'appuient sur les services fournis par l'exécutif temps réel afin de gérer des tâches, de les faire communiquer, se synchroniser, de gérer le temps, de traiter les interruptions matérielles. Ces services influencent l'état des tâches, sur lequel s'appuie l'ordonnanceur afin de gérer l'exécution du système.

II.2.1 Gestion des tâches:

Les noyaux temps réel gèrent les tâches (figure II.1) suivant le même principe que les systèmes d'exploitation généralistes. Cependant, étant donné que les tâches sont gérées finement, certains noyaux distinguent la création et l'initialisation d'une tâche.

Une tâche est **initialement** créée, ainsi, elle devient existante mais non initialisée. Elle doit être initialisée ce qui la met dans l'état **prêt**. C'est dans cet état qu'elle requiert un processeur. Lorsque l'ordonnanceur le décide, suivant la politique d'ordonnancement choisie, cette tâche se voit allouer un processeur afin d'être exécutée.

De l'état **exécuté**, une tâche peut être **préemptée**, ou bien se bloquer en attendant un message, un événement, ou bien l'accès à une ressource. Lorsqu'elle se met en attente pendant un certain temps ou bien jusqu'à une certaine date, on dit qu'elle est endormie (notons que les états bloquée et endormie sont sémantiquement très proches, et qu'ils peuvent être confondus).

Une tâche peut généralement être supprimée à partir de tout état. Afin de prévenir la perte d'une ressource suite à la suppression d'une tâche la détenant, certains exécutifs proposent des primitives de protection contre la suppression.

Il est à noter que de nombreux noyaux temps réel proposent l'état supplémentaire suspendue qui peut être atteint depuis n'importe quel autre état, et qui interdit à une tâche d'être exécutée jusqu'à sa reprise.

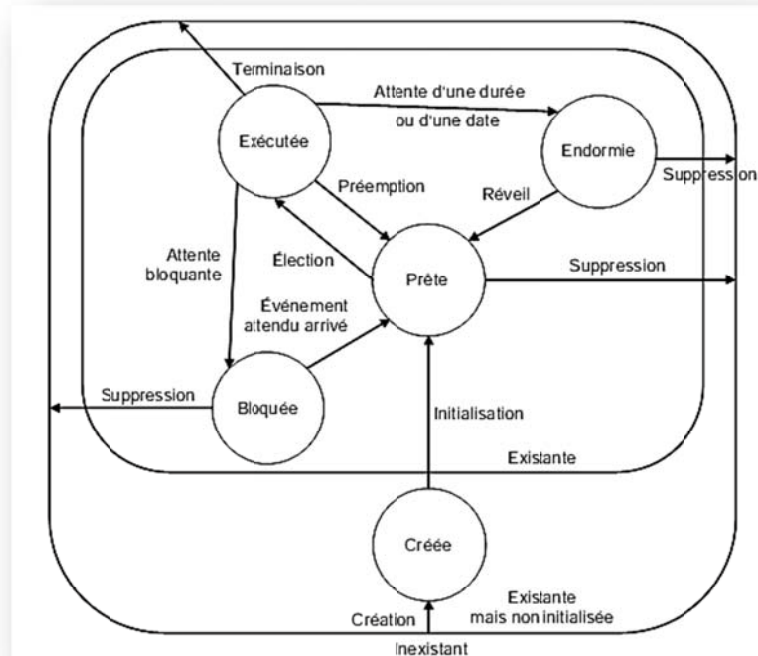
II.2.2. Outils de communication et de synchronisation:²

Ce paragraphe présente les outils de communication et de synchronisation permettant aux tâches d'interagir. Auparavant, nous revenons sur les outils de base que sont les sémaphores et les

¹ Francis Cottet et Emmanuel Grolleau Tous deux sont chercheurs au Laboratoire d'informatique Scientifique et industrielle LISI), système temps réel coordonnée par Francis. Cottet lui-même. page 184.

² Le même référence page 184/185.

moniteurs, qui seront utilisés par la suite pour donner une implémentation d'outils de communication et de synchronisation, ainsi que sur les variables conditionnelles. En effet, tous les outils ne sont pas nécessairement proposés par les exécutifs, et le concepteur d'une application doit parfois lui-même les implémenter, en utilisant les outils de base.



☞ **Figure II.1** – Graphe simplifié des états possibles des tâches gérées par un noyau Temps réel.

II.2.2.1.Éléments de base

II.2.2.1.1. Sémaphores

Sémaphore : un sémaphore est une variable soit binaire (deux états sont possibles : libre et pris), soit n-aire. Dans le cas des sémaphores n-aires, appelés sémaphores à **compte**, la valeur 0 indique que le sémaphore est pris, et une valeur différente de zéro indique qu'il y a un certain nombre d'instances libres. Un sémaphore **binaire** (tableau 2.1a) est caractérisé par une valeur booléenne et une file d'attente de tâches en attente du sémaphore. La file d'attente peut être gérée, en fonction de l'exécutif sous-jacent, soit de façon FIFO, soit sous la forme de plusieurs files FIFO gérées par priorité des tâches désirant accéder au sémaphore. Souvent appelé **mutex** (mutual exclusion) lorsqu'il est utilisé pour assurer l'exclusion mutuelle, le sémaphore binaire peut être couplé, suivant les exécutifs, avec un protocole à priorité héritée ou bien un protocole à priorité plafond afin d'éviter le phénomène d'inversion de priorité. Dans le cas du protocole à priorité plafond, il est nécessaire de caractériser le sémaphore par une priorité plafond (tableau II.1b), c'est-à-dire la plus grande priorité parmi les tâches susceptibles de l'utiliser.

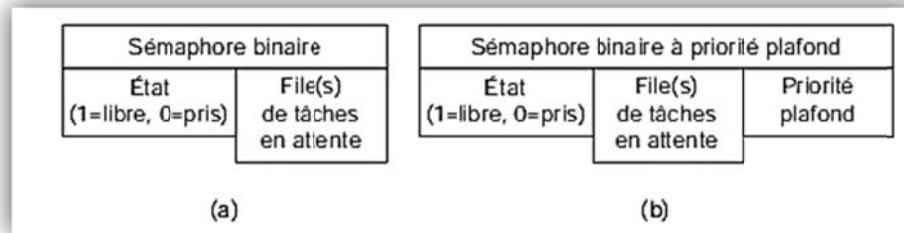


Tableau II.1 – Caractérisation d’un sémaphore binaire :

- (a) sans protocole de gestion de ressource ou avec protocole à priorité héritée,
- (b) avec protocole à priorité plafond.

Un **sémaphore à compte** ou sémaphore compteur (tableau II.2a) peut être utilisé pour garantir une exclusion mutuelle lors de l’accès à une ressource multi-instance, ou encore permettre un accès de type lecteur/écrivain à une ressource, ou bien encore pour effectuer une synchronisation à compte. Dans les deux premiers cas, comme le mutex, il peut être couplé à un protocole de gestion de ressource (tableau II.2b).

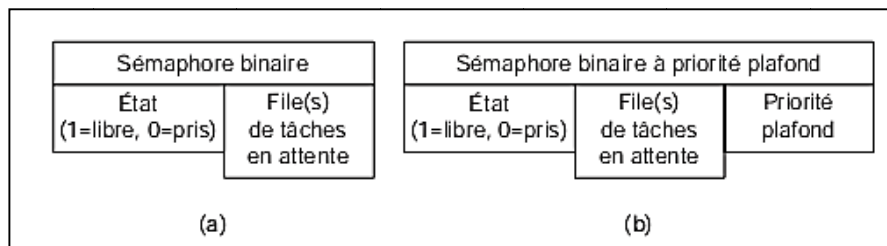


Tableau II.2 – Caractérisation d’un sémaphore compteur :

- (a) sans protocole de gestion de ressource ou avec protocole à priorité héritée,
- (b) avec protocole à priorité plafond.

II.2.2.1.2. Moniteurs:

Le moniteur était un outil strictement plus puissant que le sémaphore. Il existe deux types de moniteur :

- Le **moniteur classique**, appelé moniteur de **HOARE**, dans lequel la non réentrance des primitives est couplée avec un mécanisme d’attente (wait) et de réveil (signal) permettant de mettre en attente ou réveiller une tâche accédant au moniteur sous certaines conditions.
- Le **moniteur à l’Ada** (objet protégé) permet de mettre une garde (barrière logique) à l’entrée de chaque primitive du moniteur, ce qui permet une gestion plus fine et plus transparente des conditions d’accès que dans le cas du moniteur de Hoare. De plus le moniteur à la Ada possède une distinction native accès en lecture/ accès en écriture, ce qui permet à plusieurs tâches d’accéder au moniteur en lecture en même temps.

Moniteur de Hoare			Moniteur à la Ada				
Verrou	Variables internes	File(s) d'attente de tâches sur wait	Verrou de lecture	Verrou d'écriture	∇ primitive: file(s) d'attente de tâches	Priorité plafond	Variables internes
(a)			(b)				

Tableau II.3 – Caractérisation (a) d'un moniteur de Hoare, (b) d'un moniteur à la Ada.

La différence de confort de programmation se ressent donc dans la caractérisation des deux types de moniteurs (tableau II.3).

II.2.2.1.3. Variables conditionnelles:

Ce fonctionnement n'est pas implémenté par sémaphore, et nécessiterait une portion de code non préemptif. De nombreux exécutifs proposent donc un outil appelé **variable conditionnelle** (tableau II.4) effectuant lors d'un wait, de façon atomique, libération du verrou, passage de la tâche à l'état bloquée en attente de la variable conditionnelle, puis au moment du signal, réveil et prise du verrou.

Notons qu'en général, il est possible de prendre en compte les priorités des tâches en attente d'une même variable conditionnelle. Les variables conditionnelles sont des outils de base conjointement utilisés avec des sémaphores d'exclusion mutuelle pour la construction de moniteurs de Hoare,

Variable conditionnelle	
Verrou du moniteur	File d'attente de tâches

Tableau II.4 – Caractérisation d'une variable conditionnelle.

II.2.2.1.4. Signaux:

Les signaux sont des événements (sans données) pouvant être envoyés à une ou plusieurs tâches simultanément. Il y a deux types de signaux : les signaux synchrones, internes à une tâche ou un processus, et les signaux asynchrones, provenant d'autres tâches ou processus, ou bien de source matérielle externe.

Il est important de noter que la sémantique synchrone/asynchrone concernant les signaux est totalement différente de la sémantique utilisée dans le cas des communications. En effet, une communication synchrone caractérise le fait que l'émetteur et le récepteur d'un message effectuent ensemble une communication, alors que dans le cas asynchrone, l'action d'émettre est totalement

déconnectée de l'action de recevoir. Dans le cas des signaux, le terme synchrone caractérise un signal interne à une tâche, alors que le terme asynchrone caractérise un signal externe.

II.2.2.1.4.1. Signaux synchrones:

Un signal synchrone est le résultat d'un événement interne à une tâche. Cet événement est traité immédiatement (de façon synchrone à son occurrence) par la tâche. Lorsqu'un événement interne a lieu (par exemple erreur arithmétique comme une division par zéro par exemple, ou une violation de segmentation mémoire, ou bien le redimensionnement d'une fenêtre graphique gérée par une tâche, etc.), une occurrence du signal synchrone associé a lieu. À chaque signal est associée une action par défaut. Typiquement, l'action par défaut consiste à terminer la tâche, ou bien le processus père, ou encore à ne rien faire. Une tâche peut définir une action spécifique à effectuer lorsqu'elle reçoit un signal synchrone. De même, elle peut définir l'ensemble des signaux qu'elle veut bloquer (il y a certains signaux qui ne peuvent pas être bloqués).

II.2.2.1.4.1.2. Signaux asynchrones:

Les signaux asynchrones sont des signaux provenant d'une source externe à l'adresse d'une tâche ou un processus (signal privé), ou bien à plusieurs tâches et/ou plusieurs processus (signal public).

Le principe fondamental repose sur la sensibilisation des tâches à différents signaux. Il y a deux façons pour une tâche de se sensibiliser à un signal : une tâche peut déclarer une ASR (Asynchrones Service Routine) et la lier à un signal ; la tâche devient alors réceptive au signal, et lorsque le signal a lieu, l'ASR est appelé dans le contexte (en utilisant la même pile d'exécution) de la tâche, interrompant le traitement en cours. Il est aussi possible pour une tâche de se mettre explicitement en attente d'un signal : la tâche devient donc bloquée et l'occurrence de l'événement la fait passer dans l'état prête.

II.2.2.2. Communication par message:

Il existe différents outils permettant d'assurer des communications par messages :

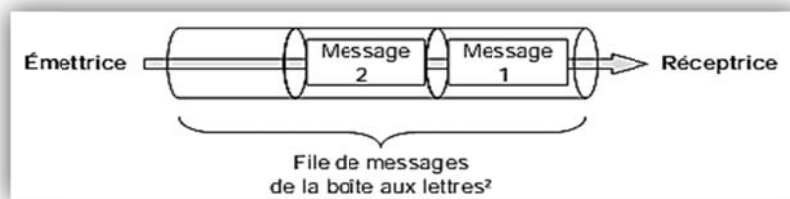
– Boîte aux lettres – tube – socket – rendez-vous – tableau noir

Chacun de ces outils a ses spécificités propres qui sont présentées dans les paragraphes suivants.

II.2.2.2.1. La boîte aux lettres:

La boîte aux lettres permet une communication asynchrone puisque l'analogie existant entre communication asynchrone et communication par boîte postale permet d'appréhender très simplement le concept.

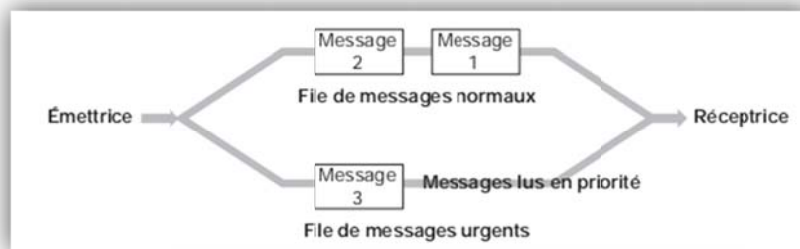
Une boîte aux lettres (figure II.2) est constituée d'une zone d'échange tampon (buffer) dans laquelle une tâche dite émettrice peut déposer des données. La taille de la zone d'échange est donnée par le nombre de messages maximum multiplié par la taille de chaque message.



☞ **Figure II.2** – Boîte aux lettres FIFO.

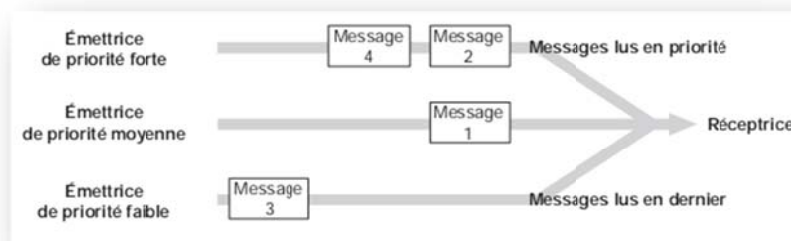
Les données de la boîte aux lettres sont gérées en FIFO (i.e. premier déposé/premier retiré) ou bien avec une file FIFO par niveau de priorité. Une tâche dite réceptrice, retire les données dans l'ordre d'arrivée ou de priorité. En fonction du langage support et de l'implémentation, la priorité peut être :

– Orientée message (figure II.3) : le message est muni d'une priorité influençant l'ordre dans lequel il va être lu ;



☞ **Figure II.3** – Boîte aux lettres à priorités de messages.

– Orientée tâche (figure II.4) : la priorité du message est liée à la priorité de la tâche émettrice, ce qui n'a de sens que si plusieurs tâches sont à même d'émettre des messages dans la même boîte aux lettres.



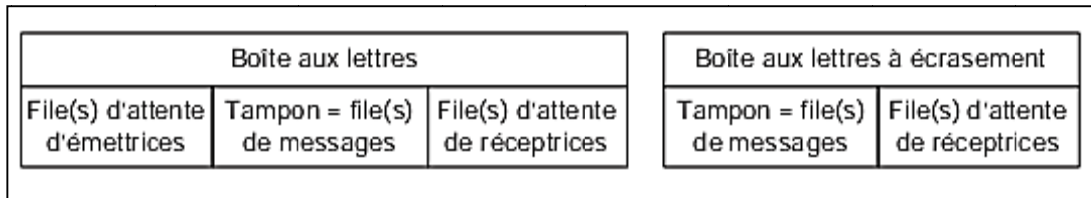
☞ **Figure II.4** – Boîte aux lettres à priorités de tâches émettrices.

Cependant, les communications par boîtes aux lettres présentent quelques contraintes :

– Si la boîte est vide, une tâche désirant recevoir des données est mise en attente dans l'état bloquée jusqu'à ce que des données aient été déposées dans la boîte ;

– Une boîte aux lettres a une taille **bornée**, et lorsqu’une tâche doit déposer des données dans une boîte pleine, en fonction de l’implémentation choisie, soit le message le plus ancien est écrasé par le nouveau, on parle alors de boîte aux lettres à **écrasement** (ou bien de RT FIFO), soit la tâche passe dans l’état bloquée jusqu’à ce que des données aient été retirées de la boîte, on parle alors de boîte aux lettres sans écrasement. Dans le cas général, le terme boîte aux lettres désignera une boîte sans écrasement, et on précisera « avec écrasement » dans le cas contraire.

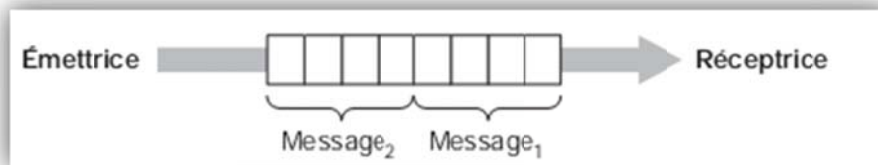
Une boîte aux lettres (tableau II.5) peut donc être représentée par un tampon de messages qui peut être soit une file, soit un ensemble de files classées par priorités, une file d’attente de tâches désirant émettre (cas où la file est pleine et sans écrasement), et une file d’attente de tâches en attente de message (cas où la file est vide). Comme pour les messages, ces files d’attente peuvent être gérées en FIFO ou bien gérées sous forme de files de priorités.



☞ **Tableau II.5** – Composition d’une boîte aux lettres.

II.2.2.2.2. Le tube:

Un **tube** (ou pipe) permet comme la boîte aux lettres une communication **unidirectionnelle** par passage de messages. Cependant, la philosophie du tube repose sur le concept de flots d’octets (comme tout périphérique Unix), exactement comme dans un fichier : une tâche transmettant des données à travers un tube les envoie comme un flot d’octets dans un fichier (figure II.5). Les données insérées les unes à la suite des autres dans un tube, bien que pouvant tout à fait être stockées sur disque, sont destinées à être lues en FIFO par une autre tâche. Le tube utilise un concept assez proche du producteur/consommateur. Un producteur place n octets dans le tube à chaque fois qu’il veut transmettre un message vers le consommateur, qui prélèvera

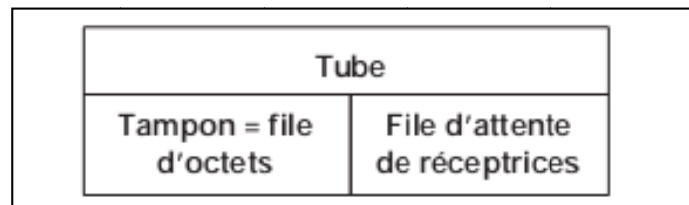


☞ **Figure II.5** – Tube de communication.

Les messages n octets par n octets. Le tube est bloquant en lecture, mais non bloquant en écriture : dans le cas où le tube est plein, l’écriture ne se bloque pas et renvoie une erreur au

producteur. En effet, théoriquement, un tube peut être stocké sur disque et donc utiliser un tampon limité seulement par la taille du disque.

Un tube peut donc être vu comme une boîte aux lettres avec perte de messages dans le cas où il est plein. Sa structure (tableau II.6.) est limitée à une file d'octets pouvant être stockée sur disque, et une file d'attente de réceptrice(s).

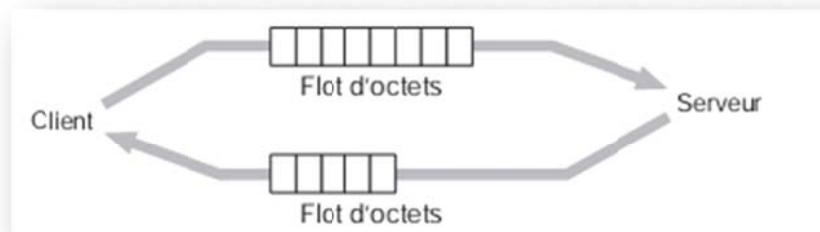


☞ **Tableau II.6** – Composition d'un tube.

Cet outil de communication étant à même d'utiliser des fichiers physiques, il n'offre aucune garantie de délai de communication.

II.2.2.2.3. Le socket:

Le socket est un outil de communication **bidirectionnelle** (figure II.6) par message implémenté sur un protocole réseau (typiquement TCP ou UDP). Il permet à deux processus, ou tâches, de communiquer après établissement d'une connexion de type **client/serveur**.



☞ **Figure II.6** – Communication par socket.

Les messages sont des flots d'octets, comme pour le tube. Chaque élément communiquant est muni de deux tampons : l'un pour les messages à envoyer (par exemple, le protocole TCP, utilisant la technique du fenêtrage TCP, peut être amené à attendre un accusé de réception avant de continuer l'émission de segments TCP supplémentaires, la bande passante étant limitée, des données peuvent tout simplement être en attente d'accès au médium de communication), et l'autre pour les messages reçus mais non encore lus.

Le socket permet une communication entre 2 tâches ou processus (socket TCP ou UDP classique), ou bien entre n tâches ou processus (cas de la multidiffusion implémentée sur UDP).

Un socket se caractérise au niveau de chaque élément communicant (tableau II.7) par deux tampons bornés : les données arrivées mais non lues, et les données en attente d’envoi, et une file d’attente par tampon pouvant contenir la tâche ou processus communicant sur le socket.

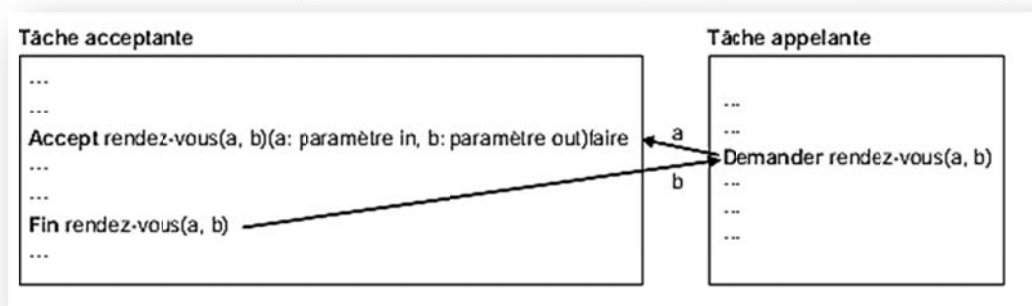
Socket			
File d'attente d'émission	Tampon de sortie = file d'octets	Tampon d'entrée = file d'octets	File d'attente de réception

☞ **Tableau II.7** – Caractérisation d’un socket au niveau d’un processus ou d’une tâche

II.2.2.2.4. Le rendez-vous:

Le rendez-vous est un mode de communication **synchrone bidirectionnelle** : on peut le comparer à une communication téléphonique. Ce mode de communication est assez rarement mis en œuvre (il était présent dans Ada, mais a été rendu obsolète par l’arrivée des moniteurs dans Ada).

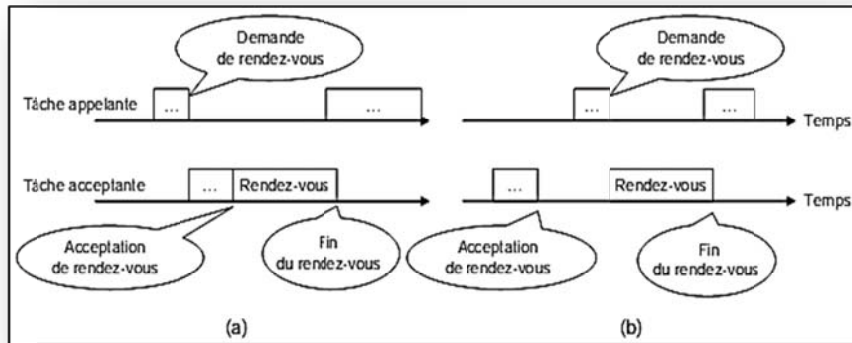
Une tâche, dite acceptante, attend un rendez-vous (figure II.7) comme par analogie on pourrait être en attente devant un téléphone. Une tâche dite appelante peut demander à effectuer un rendez-vous avec une tâche acceptante, de la même façon qu’on pourrait téléphoner à quelqu’un.



☞ **Figure II.7** – Principe du rendez-vous.

Un rendez-vous n’a lieu que lorsque la tâche acceptante est sur une instruction accepté et que la tâche appelante demande l’obtention du rendez-vous : la tâche appelante peut passer des données à la tâche acceptante, puis est bloquée jusqu’à la fin du rendez-vous exécuté par la tâche acceptante. Des données peuvent alors être passées de la tâche acceptante à la tâche appelante. Les chronogrammes d’exécution possibles d’un rendez-vous sont donnés sur la figure II.8, L’acceptation de rendez-vous, de même que la demande de rendez-vous, sont des instructions bloquantes, un rendez-vous peut donc être caractérisé (figure II.8) par un pointeur vers la tâche acceptante, son état (en attente de rendez-vous ou non), et une file d’attente gérée en FIFO ou bien un ensemble de files d’attente FIFO gérées par niveau de priorité des tâches appelantes.

Le rendez-vous peut se ramener à l'utilisation de deux boîtes aux lettres (que nous nommerons dans l'exemple qui suit : bal_demande_rdz et bal_fin_rdz).



☞ **Figure II.8** – Chronogrammes d'exécution possibles d'un rendez-vous :

(a) la demande a lieu avant l'acceptation, (b) l'acceptation à lieu avant la demande.

Rendez-vous		
Tâche acceptante	État (en attente, pas en attente)	File(s) d'attente d'appelants

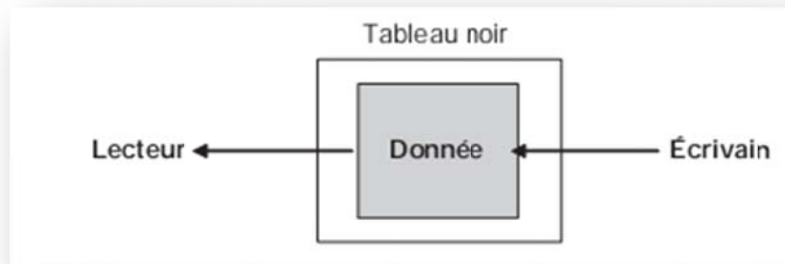
☞ **Tableau II.8** – Caractérisation d'un rendez-vous.

On peut noter que dans cette implémentation, la boîte aux lettres de demande de rendez-vous est nécessairement publique, car toute tâche peut demander un rendez-vous, alors que la boîte utilisée pour signifier la fin du rendez-vous est spécifique à chaque tâche demandant le rendez-vous.

☞ *Remarque* : Il est possible, notamment en Ada, d'utiliser un mécanisme d'héritage de priorité lorsqu'une tâche prioritaire est en attente d'une autre tâche moins priorités

II.2.2.2.5. Le tableau noir:

Le tableau noir (figure II.9) est conceptuellement le plus simple des moyens de communication asynchrone : il utilise une zone de mémoire commune pouvant contenir un message. L'écriture d'un message écrase le message précédent, et la lecture est non bloquante et non destructive (une valeur déjà lue peut être relue tant qu'elle n'a pas été écrasée par une écriture).



☞ **Figure II.9** – Communication par tableau noir : la lecture est non destructive.

II.2.3. Synchronisation:

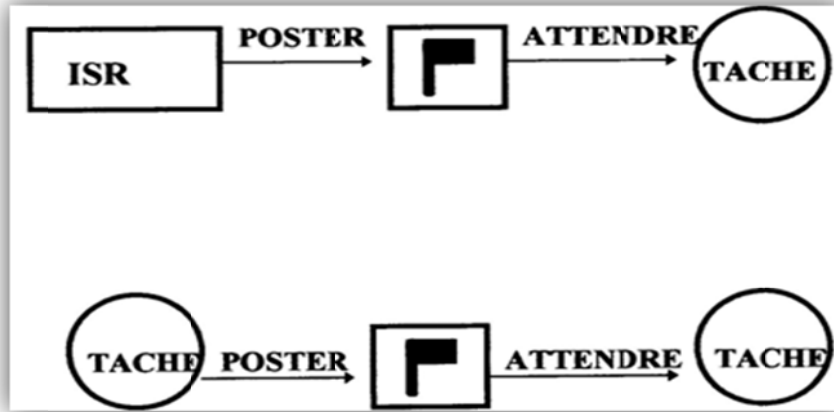
Une tâche peut être synchronisée avec une ISR (Routine service Interruption) ou une autre tâche si aucune donnée n'est échangée par l'utilisation d'un sémaphore (figure II.10). Dans ce cas le sémaphore est représenté par un drapeau, pour indiquer qu'il est utilisé pour signaler l'occurrence d'un évènement au lieu d'être utilisé pour l'exclusion mutuelle, qui peut être représentée par une clé. Quand il est utilisé comme mécanisme de synchronisation, le sémaphore est initialisé à zéro.

L'utilisation du sémaphore pour ce type de synchronisation est aussi appelée rendez-vous unilatéral. Par exemple, une tâche lance une opération d'entrée/sortie et attend donc le sémaphore. Quand l'opération d'Entrée/Sortie est achevée, une ISR (ou une autre tâche) signale le sémaphore, et la tâche est reprise. Si le noyau supporte les sémaphores à comptes, le sémaphore accumule les évènements qui ne sont pas encore traités.

Plus d'une tâche peuvent attendre l'occurrence d'un évènement. Dans ce cas, le noyau peut signaler l'occurrence de l'évènement soit à :

1. la tâche à plus haute priorité attendant l'occurrence d'un évènement
2. la première tâche en attente d'un évènement.

Dépendant de l'application, plus d'une ISR ou tâche pourraient signaler l'occurrence d'un évènement. Deux tâches peuvent synchroniser leurs activités par l'utilisation de deux sémaphores comme la montre la figure II.11 ceci est appelé rendez-vous bilatéral. Un rendez-vous bilatéral est similaire au rendez-vous unilatéral sauf que les deux tâches doivent se synchroniser avant le traitement. Par exemple, deux tâches s'exécutent comme la montre la figure II.11. Quand la première tâche atteint un certain point, elle envoie un signal à la première tâche et attend un signal d'elle. Egalement, quand la deuxième tâche atteint un certain point, elle envoie un signal à la première tâche et attend un signal d'elle. A ce stade, les deux tâches se synchronisent. Un rendez-vous bilatéral ne peut être effectué entre une tâche et une ISR.



☞ Figure II.10: Signaler éternement par les sémaphores.

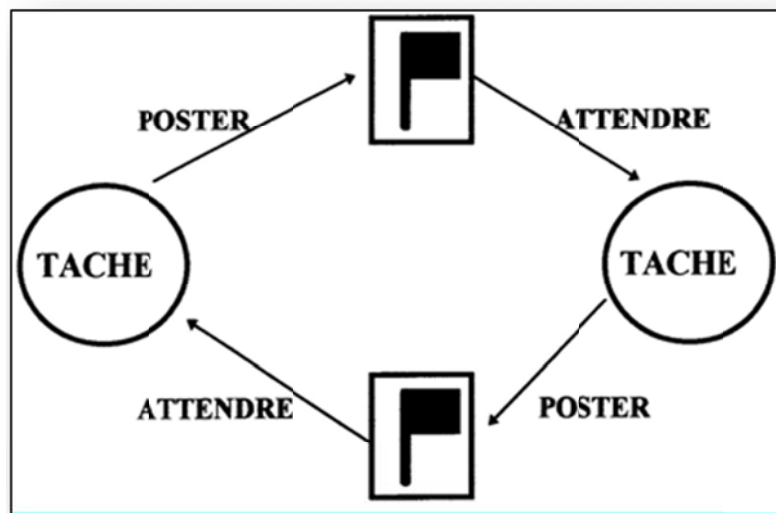


Figure II.11: Deux taches entre synchronisations.

II.3. Exemple de création d’une boîte aux lettres:

II.3.1. Listing 1 : Initialiser la boîte aux lettres de message:

Listing 1 : Initialiser la boîte aux lettres de message

```

OS_EVENT OSMboxCreate(void*msg)
{
    OS_EVENT*pevent;
    OS_ENTER_CRITICAL();
    pevent = OSEventFreeList;                               /* Obtenir le BCE libre suivant */
    if (OSEventFreeList != (OS_EVENT*)0)
    {
        /* Voir si le pool des BCE libre est vide */
        OSEventFreeList = (OS_EVENT*)OSEventFreeList->OSEventpr;
    }
}
    
```

```

OS_EXIT_CRITICAL();
if (pevent!=(OS_EVENT*)0) {
pevent->OSEventPtr    = msg;          /* Dépose un message dans bloc de comm. d'événement */
pevent->OSEventGrp    = 0x00;          /* Initialise le reste du bloc de commande d'événement */
pevent->OSEventTbl[0] = 0x00;
pevent->OSEventTbl[1] = 0x00;
pevent->OSEventTbl[2] = 0x00;
pevent->OSEventTbl[3] = 0x00;
pevent->OSEventTbl[4] = 0x00;
pevent->OSEventTbl[5] = 0x00;
pevent->OSEventTbl[6] = 0x00;
pevent->OSEventTbl[7] = 0x00;
}
return (pevent);                      /* Retourne le pointeur au BCE */
}

```

II.3.2. Listing 2: Attendre (PEND) un message sur une boîte aux lettres:

Listing 2 : Attendre (PEND) un message sur une boîte aux lettres

```

void *OSMboxPend(OS-EVENT *pevent, UWORD timeout, UBYTE *err)
{
void *msg;
OS_ENTER_CRITICAL();
if ((msg =pevent->OSEventPtr)!=(void*)0){          /* Voir s'il y a déjà message */
pevent->OSEventPtr=(void*)0;                       /* Effacer la boîte aux lettres */
OS_EXIT_CRITICAL();
*err=OS_NO_ERR;
}
Else
{
OSTCBCur->OSTBStat=OS_STAT_MBOX; /* Message non disponible, la tâche attendra */
OSTCBCur->OSTCBDly = timeout;    /* Changer la durée d'attente dans la CB */
if ((OSRdyTbl[OSTCBCur->OSTCBy]&~OSTCBCur->OSTCBBitX)==0){ /* La tâche n'est

```

```

plus prête */
OSRdyGrp&=~OSTCBCur->OSTCBBitY;
}
pevent->OSEventTbl[OSTCBCur->OSTCBBY] |= OSTCBCur->OSTCBBitX; /* Mettre la tâche sur
la liste d'attente */
pevent->OSEventGrp |= OSTCBCur->OSTCBBitY;
OS_EXIT_CRITICAL();
OSSched();
OS_ENTER_CRITICAL();
if (OSTCBCur->OSTCBStat = OS_STAT_MBOX) { /* Si le registre d'état n'est pas
OS_STAT_RDY, la durée d'attente (timeout) survient */
if ((pevent->OSEventTbl[OSTCBCur->OSTCBBY] &= ~OSTCBCur->OSTCBBitX) == 0){
pevent->OSEventGrp &= ~OSTCBCur->OSTCBBitY;
}
OSTCBCur->OSTBStat = OS_STAT_RDY; /* Met le registre d'état à l'état prêt */
OSTCBCur->OSTCBEventPtr = (OS_EVENT*)0;
msg = (void*)0; /* Met les contenus du message à NULL */
OS_EXIT_CRITICAL();
err = OS_TIMEOUT; /* Indique l'occurrence du timeout */
}
Else
{
msg = pevent->OSEventPtr; /* Message reçu */
pevent->OSEventPtr = (void*)0;
OS_EXIT_CRITICAL();
*err = OS_NO_ERR;
}
}
return (msg); /* retourne le message reçu(ou NULL)*/
}

```

II.3.3. Listing 3 : Poster (POST) un message dans la boîte aux lettres:

Listing 3 : Poster (POST) un message dans la boîte aux lettres

```

UBYTE OSMboxPost(OS_EVENT *pevent *ms
{
OS_ENTER_CRITICAL();

if (pevent->OSEventPtr != (void*)0)
{ /* S'assurer que la boîte aux lettres ne contient pas déjà un message */
OS_EXIT_CRITICAL()

return(OS_MBOX_FULL);
}

Else
{
pevent->OSEventPtr = msg;          /* Place le message dans la boîte aux lettres */
if (pevent->OSEventGrp) {          /* Voir s'il y a une tâche en attente sur la B.A.L */
OS_EXIT_CRITICAL();
OSEventTaskResume(pevent);        /* Reprendre la T.H.P. en attente sur la B.A.L */
OSSched();                          /* Trouver la T.H.P. prête à s'exécuter */
}
}

Else
{
OS_EXIT_CRITICAL();
}

return (OS_NO_ERR);
}
}

```


■ *Etudes des tendances de
Développement et recherche*

III. 1.1. Introduction:

L'impact sur le développement du marché, la productivité et la compétitivité : Le potentiel majeur de la technologie embarquée pour favoriser le développement de la concurrence systèmes avec des fonctionnalités innovantes et de haute qualité est l'intégration de la technologie spécifique à un domaine spécialisé et le savoir-faire flexible, la polyvalence des solutions et méthodes informatiques. Toute fois, cette intégration pose également le défi majeur de la technologie embarquée. Par conséquent, pour comprendre le pourquoi de la technologie embarquée en particulier, l'offre des chances pour la croissance économique dans le monde, les forces et les faiblesses spécifiques devront être prises en considération. À cette fin, nous plaçons pour l'utilisation de la technologie embarquée pour obtenir ou maintenir le leadership dans la qualité, l'innovation et la fonctionnalité et d'illustrer le potentiel actuel concernant le savoir-faire nécessaire pour répondre à ce défi, ce chapitre est dédié à l'étude des tendances de développement et recherche dans six domaines importants.

III. 1.2: Aperçu général ¹:

En gardant à l'esprit que le volume du marché mondial des systèmes embarqués devrait atteindre 71 milliards € jusqu'en 2009, les technologies embarquées sont devenues un élément important de la compétitivité économique de l'Europe. Cependant, pour évaluer l'impact des technologies embarquées sur le développement du marché et le facteur de compétitivité, l'influence de la technologie embarquée sur la fonctionnalité des systèmes produits, doit être également prise en considération.

III.1.3: Systèmes embarqués: une source de richesse

La technologie embarquée influe sur la fonctionnalité des systèmes actuellement produits de deux façons:

■ Amélioration des fonctionnalités existantes: pour améliorer l'efficacité du système contrôlé, par exemple, en termes de ressources utilisées, le temps, ou la qualité des résultats, l'informatique embarquée est devenu le facteur déterminant. Des exemples typiques sont l'amélioration des taux de rendements obtenus par un contrôle intégré, ainsi qu'une plus grande efficacité du processus contrôlé (réduction de 20% de la consommation moyenne de carburant dans les véhicules neufs à partir de 1990 à 2003, la réduction du monoxyde de carbone à 95%).

■ Réduction des coûts de production: aujourd'hui, même dans des domaines tels que l'automobile et l'électronique, ils représentent déjà plus de 23% des coûts de production. En même temps, le matériel spécifique devient un facteur de coût croissant de la production; par exemple, les

¹ final-study pdf these de doctorate study of Worldwide Trends and R&D Programmer in Embedded Systems final rapport 18.11.2005.

coûts de la conception d'un SoC "System-on-a-Chip" spécifiques sont de l'ordre de 10 millions d'€ tandis que les coûts de la production d'un seul SoC sont dans l'ordre de 10 €. En passant du matériel spécifique au matériel de base (telle une ECU (Electronic Control Unit)) et combinant des solutions (logiciels) spécifiques avec plus de matériel à usage général, ainsi les coûts de production peuvent être considérablement réduits.

III.2.1 La technologie de l'embarqué : ¹

Pour maintenir la compétitivité économique des produits européens dans les domaines illustrés ci-dessus et de prendre de l'importance dans les secteurs des systèmes embarqués qui sont actuellement dominés par d'autres régions, comme l'électronique grand public, la différenciation avec rapport à la concurrence est cruciale. Ceci peut être réalisé par l'intermédiaire de :

- La présentation de qualité première («leader par la qualité»).
 - La fourniture du produit le plus tôt possible («leader par l'innovation»).
 - Offrir une meilleure fonctionnalité («leader par la fonctionnalité»).
- Fournir un prix compétitif («leader par prix»).

Pour évaluer les meilleures possibilités de leadership, les capacités spécifiques doivent être prises en considération. Pour assurer la compétitivité, l'Europe tente d'être leader dans certains de ces aspects, comme à travers l'attribut de qualité "Made in Europe", sans tomber derrière trop dans d'autres, surtout en ce qui concerne le prix. En ce qui concerne les détails de l'Europe, il a été suggéré le leadership par l'innovation, la qualité et la fonctionnalité, plutôt que par le prix. Le défi majeur pour l'Europe sera donc pour gagner en compétitivité, même les coûts salariaux sont plus élevés que dans la plupart des autres pays. Seulement si les pays européens gèrent par étape dans la chaîne de valeur, ils seront en mesure de maintenir leur position sur le marché.

III.2.2: Embarqué Savoir-faire: l'Europe Potentiel :²

La production de systèmes embarqués est subdivisée dans la production de composants et plates-formes, et l'intégration de ces composants et plates-formes en collaboration avec application spécifique (matériel ou logiciel) pièces au produit final. En règle générale, les composants électroniques simples, comme puce TV unique, sont utilisés par les systèmes intégrateurs qui construisent des appareils électroniques grand public tels que les téléviseurs. Ces appareils peuvent être distribués par l'intermédiaire de canaux de vente au détail ou par l'intermédiaire des fournisseurs de services pour parvenir aux consommateurs.

Le marché des plates-formes embarquées et de leurs composants en Europe est basé sur "quelques gros rochers ", à savoir sur un petit nombre de grandes entreprises fournissant du matériel. Une autre caractéristique du marché européen est que ces entreprises de grande taille sont

¹ La même référence page 24

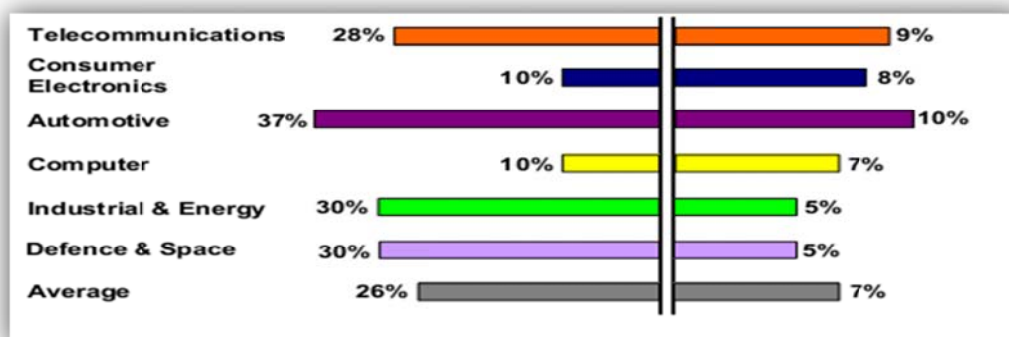
² La même référence page 26.

complétées par un nombre élevé de petites et moyennes entreprises (PME) qui servent des actions plus petites et plus spécifiques sur les marchés des logiciels en développant des domaines et des solutions spécifiques de l'entreprise. Cela vaut également pour les fabricants d'équipement original (OEF) de grande taille et leurs fournisseurs PME. En même temps, il existe des outils des fournisseurs et des sociétés de conseil principalement en mettant l'accent sur des domaines spécifiques ou sur simples Composants. Ces caractéristiques indiquent la forte fragmentation du marché des systèmes embarqués. Souvent, la combinaison d'un grand nombre de PME conduit à l'émergence de grappes qui poussent autour des grandes entreprises qui favorisent la diffusion de connaissances.

De toute évidence, la capacité de l'Europe de fournir cette intégration du savoir-faire spécifique au domaine a accordé à l'UE une fraction importante du marché dans des domaines tels que l'automobile, de l'industrie et l'énergie, ou de la défense et de l'espace. La figure III-1 montre la part européenne du marché mondial et le taux de croissance annuel composé (TCAC) entre 2002 et 2007. Toute fois, le Japon domine le marché de l'électronique grand public et l'Amérique est à la poursuite de la domination dans les PC.

Partage Européen du marché
d'électronique en 2002 (%)

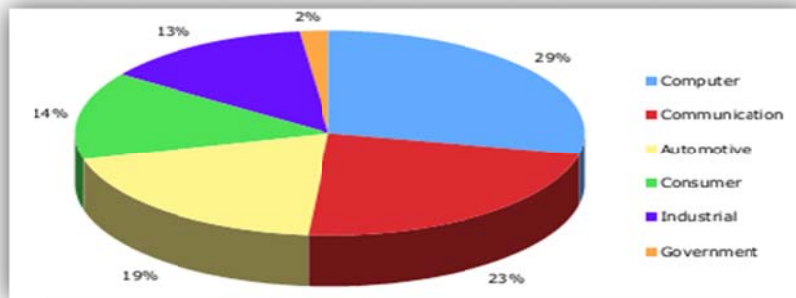
Croissance du marché mondial de
l'électronique 2002-2007 (TCAC%)



☞ **Figure III-1:** Industrie électronique européenne bien positionnée de manière à Capitaliser sur l'avenir une croissance.

III.2.2- Impact sur les industries:

Le marché des composants électroniques est une bonne indication de l'impact des Systèmes Embarqués sur différentes industries.



☞ **Figure-III-2:** Marché des composants électroniques en Europe 2004.

Les secteurs de l'industrie pour notre étude sont sélectionnés sur la base de l'industriel concernant les domaines de l'industrie électronique. Comme le montre la figure III-2, les principaux marchés sont la communication, l'automobile, l'électronique grand public, et l'automatisation industrielle. En outre, les domaines de la santé / matériel médical et avionique / aéronautique sont inclus.

Dans le tableau III-1 une description détaillée des domaines de l'industrie est fournie.

Domaines de l'industrie	Définition
Automobile	Il Comprend des unités de contrôle électronique dans le châssis de train de puissance des systèmes électroniques, électronique de carrosserie/systèmes de sécurité, d'information et systèmes informatiques, par exemple pour le contrôle du trafic.
Avionique /Aerospace	Comprend des avions commerciaux, avions militaires, et les systèmes satellitaires.
L'automatisation industrielle	Il Comprend la fabrication et commandes de processus, les contrôleurs de mouvement, maisons intelligentes, interfaces opérateur, la robotique, HVAC (chauffage, ventilation, et air conditionné) et d'autres commandes, par exemple pour la distribution d'énergie.
Télécommunications	Il comprend les infrastructures, les services et les dispositifs finaux.
Électronique grand public et Maisons intelligentes	Il comprend les décodeurs, les dispositifs d'accès à Internet, à la maison audio / vidéo et les produits blancs.
Santé et équipement paramédical	Il comprend des équipements de surveillance des patients, l'équipement de la thérapie médicale, matériel de diagnostic, équipement d'imagerie, et Les systèmes chirurgicaux.

☛ **Tableau III-1:** Définition des domaines de l'industrie

Certaines technologies de base comme les cartes à puce ou RFID sont couverts dans plusieurs sections. Le cas échéant, nous faisons référence à ces secteurs et points aux interrelations et chevauchements.

La pertinence toujours croissante des systèmes embarqués pour certains des plus prometteurs secteurs sont présentés dans le tableau III-2, où nous présentons les actions du total du produit de fin coût qui peut être attribué à des systèmes embarqués, y compris le matériel. Ces chiffres ont été recueillis grâce à un questionnaire rempli par des experts dans les domaines respectifs et de plus de 30 pays; les détails de l'enquête peuvent être trouvés dans. Les chiffres

montrent une légère augmentation pour tous les secteurs, à l'exception du domaine des télécommunications.

Domaines de l'industrie	2003	2009
Automobile	52%	56%
Avionique / Aéronautique	52%	54%
Automatisation industrielle	43%	48%
Télécommunications	56%	58%
Consumer Electronique et Maisons intelligents	60%	62%
Santé et paramédical Équipement	50%	52%
Moyenne pondérée	51%	53%

☛ **Tableau III-2:** Part des systèmes embarqués du coût du produit final ou un service.

Un autre indicateur pour déterminer la pertinence des systèmes embarqués est le marché de l'électronique (y compris les semi-conducteurs, microcontrôleurs, microprocesseurs et les produits mémoires et composants passives, l'électromécanique, le génie électrique et des composants discrets) et respectivement la part du marché européen.

À l'exception de la santé, les montants dans le tableau III.3 indiquent le volume du marché mondial 2002 pour l'électronique dans ces secteurs (hors santé) qui ont été estimés à 800 milliards \$ (630 Md €) et la part de l'Europe sur le marché total et les secteurs (affichée à la figure III-2), a été utilisée pour calculer les volumes du marché mondial de l'électronique.

Domaines de l'industrie (2002-2004)	Taille du marché Européen pour l'électronique en billions d'Euros	Partage du marché Européen de l'électronique	Taux de croissance de la moyenne annuelle du marché des Systèmes embarqués- électronique
Automobile	30.1 €	37 %	10 % - 10%
Avionique / Aéronautique	29.6 €	30 %	14 % - 5%
Automatisation Industrielle	88.9 €	30 %	7 % - 5%
Télécommunications	83.2 €	28 %	15 % - 9%
Électronique grand public et Maisons intelligentes	182.9 €	10 %	15 % - 8%
Équipement santé et paramédical	193 €	24 %	18 % -
Matériel (Hardware)	215.2 €	10 %	? – 7%

☛ **Tableau III-3:** marché électronique par secteur en 2002 et pour la santé et les taux de croissance pour l'électronique et les systèmes embarqués.

Le tableau III-4 montre les actions d'aujourd'hui des systèmes embarqués dans la valeur du produit final, Les valeurs pour l'automatisation industrielle, les télécommunications et de la consommation électronique ne représentent pas les systèmes embarqués, mais la part de la valeur des composants électroniques de la valeur du produit final. Ainsi, ces chiffres sont le minimum de la valeur réelle du système embarqué, car ils excluent toute la valeur ajoutée par le développement en interne.

domaines de l'industrie	2004	2009
Automobile	20%	36%
Avionique / Aéronautique	n / a.	n.a.
Automatisation Industrielle	> 13%	22%
Télécommunications	> 23%	37%
Électronique grand public et maisons intelligentes	> 14%	41%
Santé et équipement paramédical	25%	33%

Tableau III-4: Part des systèmes embarqués ou des composants électroniques dans la valeur du produit final ou du service.

Cette grande pertinence des systèmes embarqués pour l'industrie motive la nécessité de la recherche dans ce domaine.

Dans le tableau III-5, nous présentons les dépenses privées (BERD : Banque européenne pour la reconstruction et le développement) Malheureusement, les secteurs du tableau III-5 diffèrent des domaines de l'industrie utilisée dans cette partie, les données utilisées pour calculer les parts ne différencieraient pas entre le matériel pour les télécommunications et l'informatique.

Secteurs industriels 2003	facteur R & D utilisé pour ICT	facteur R & D utilisé pour les SE	BERD dans ICT en milliards €	BERD en milliards € dans SE	Partage de R & D pour SE dans la R & D pour ICT
Automobile	40%	30%	11,9 b €	9,0 b €	75%
Avionique Aéronautique	60%	35%	2,8 b €	1,7 b €	58%
Automatisation industrielle	70%	30%	2,3 b €	1,0 b €	43%
matériel ICT	58%	43%	50,7 b €	37,5 b €	74%
Electronique grand publ	60%	40%	17,0 b €	11,3 b €	67%
Matériel médical	45%	10%	1,6 b €	0,3 b €	22%
services ICT	100%	10%	26,2 b €	2,6 b €	10%

☞ **Tableau III-5:** BERD dans ICT (Information and Communication Technology) et SE (Systems Embarqués) en 2003.

Les deux premières colonnes indiquent le rapport R & D des facteurs d'intensité des ICT et SE, respectivement qui ont été utilisés pour calculer les dépenses de R & D. La méthodologie pour dériver ces facteurs est décrite dans Activités de financement et de R & D actuels et futurs en Europe ainsi que dans d'autres domaines. Sur la base des données présentées, nous estimons les chiffres pour BERD dans les ICT et SE pour 2009, comme indiqué dans le tableau III-6. La troisième colonne montre la part des investissements de BERD qui sont dédiés à des systèmes embarqués ainsi que la variation de ce rapport par rapport aux valeurs de 2003.

2009 Secteurs	BERD dans les ICT milliards €	BERD en ES à milliards €	Part de la R & D pour SE dans les ICT globale R & D
Automobile	18.1 b €	14,4 b €	80% (+ 5)
Avionique / Aéronautique	18.1 b €	14,4 b €	80% (+ 5)
Automatisation industrielle	18.1 b €	14,4 b €	80% (+ 5)
matériel ICT	18.1 b €	14,4 b €	80% (+ 5)
Consumer électronique	18.1 b €	14,4 b €	80% (+ 5)
Matériel médical	2.3 b €	0,8 b €	35% (+ 13)
services ICT	32,9 b €	4,2 b €	13% (+ 3)

☞ **Tableau III-6: BERD dans ICT et SE en 2009**

Nous prévoyons des dépenses d'affaires en R & D en supposant que la croissance SE par les facteurs affichés dans le tableau 3-3 alors que l'ensemble des dépenses de R et D ont une augmentation de 4% - une valeur qui est en ligne avec la croissance moyenne du PIB au cours des années de 1999 à 2002 comme calculée en utilisant les données de l'OCDE (Organisation pour la Coopération Economique et le Développement). En raison de la croissance plus rapide des Systèmes Embarqués du rapport de la R & D pour les systèmes embarqués au sein de la R & D pour les ICT augmenteront dans l'avenir. Les systèmes embarqués jouent un rôle essentiel dans ces secteurs et sont cruciaux pour l'avenir vue leur position sur le marché mondial pour le produit ou service final.

III.2.2.1. Automobile: ¹

III.2.2.1.1. Situation du marché:

L'industrie automobile européenne continue d'être l'une des industries les plus importantes de l'union européenne. Le secteur de la fabrication automobile emploie directement plus de 1,1 million de personnes, et les fournisseurs de composants contribuent dans un marché estimé de 3 à 3,5 millions d'emplois. L'emploi indirect global à travers le secteur automobile est estimé de 11 à 12 millions d'emplois. Le secteur est la comptabilisation de 3% du PIB de l'UE et 7,5% de la fabrication totale de l'UE. Cette industrie constitue donc une forte épine dorsale économique de l'Europe en raison de sa propre contribution à l'économie globale.

¹ [ASAR2005] AUTOSAR - AUTOMOTIVE OUVERT SYSTÈME ARCHITECTURE. Récupérée 17 Août 2005, de <http://www>.

Dans le domaine des systèmes embarqués, l'industrie automobile génère une activité importante pour d'autres industries, comme les composants, l'électronique, l'informatique, et les télécommunications. Pour les constructeurs automobiles européens, l'image de la production de voitures de tourisme la croissance est divisée (Tableau III-7): Les anciens Etats membres, dont l'industrie automobile encore représente environ un tiers de la production mondiale de voitures de tourisme, connaissent une stagnation de la production globale du véhicule, tandis que certains des nouveaux Etats membres, qui ont rejoint l'UE en 2004, et quelques autres pays d'Europe orientale, faire l'expérience une croissance annuelle saine. L'image dans le monde entier donne que dans certains pays d'Asie, tels que la Chine, l'Inde et la Corée du Sud, la production continue de croître dans les deux chiffres gamme, avec des chiffres particulièrement intéressants, comme une croissance de 83% dans le rapport 2002 et 2003.

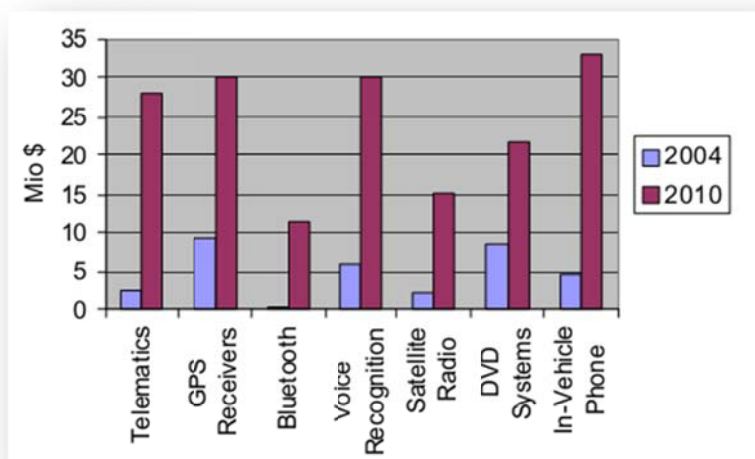
Continents et production	Production augmenté 2002-2003	Production augmenté 2003-2004	Production 2004 (des millions de voitures)
Dans le monde entier	+ 1,6%	+ 5,4%	44,2
UE (anciens membres)	-1%	0%	14,7
UE (nouveaux membres)	+ 2%	18%	1.4
Amérique: Nafta	-10%	-4%	6.4
Chine	+ 83%	+ 15%	2.3
Inde	+ 29%	30%	1.2
Corée du sud	+4%	13%	3.1
Asie / Océanie	+ 9%	+ 10%	17,8

☞ **Tableau III-7:** Voiture de voyageurs les chiffres de production en Europe et partout dans le monde.

III.2.2.1.2. Impact du système embarqué sur la marche:

La part des composants électroniques dans la valeur totale d'un véhicule de tourisme est actuellement estimée à environ 25%, avec une hausse attendue à 33-40% en 2010 et jusqu'à 50% pour le temps au-delà de 2010. En 1990, la part de l'électronique dans La valeur d'une voiture est de 16% .Comme les automobiles d'aujourd'hui changent d'un produit en grande partie mécanique pour le transport à une combinaison de matériel de transport et de plate-forme électronique polyvalent,

une augmentation nombre de caractéristiques, et donc le marché des véhicules dans son ensemble, est entraîné par système embarqué innovations, une grande majorité (90%) du présent et des futures innovations dans le secteur automobile devraient être entraîné par l'électronique et un logiciel dans l'avenir. A titre d'exemple pour un marché de la technologie, l'innovation conduite dans le domaine de la conduite avancée systèmes d'assistance à certainement le potentiel à la fois améliorer la sécurité routière, donnant un impact macroéconomique positif, et le renforcement des constructrices automobiles européennes positions concurrentielle. Pour le plan macroéconomique, les efforts européens actuels pour prévenir les accidents de la route sont estimés à moins de 5% du coût total de ces accidents. Dans le même temps, les chiffres de Toyota suggèrent que le déploiement généralisé de installations de sécurité passive (par exemple airbags), les systèmes de sécurité active, et les systèmes de conduite coopératifs, ensemble, peuvent contribuer à une réduction de 20% des accidents de la route. Comme un marché particulièrement vital de l'électronique automobile, les promesses du marché de la télématique de grandes opportunités de croissance pour les systèmes embarqués (figure III-2). Cependant, ce marché est assez hétérogène à travers le monde: Certains services télématiques, tels que la navigation systèmes, des parts de marché particulièrement élevées de l'Europe au Japon (80%), alors que cette la part de marché est inférieure à 2% pour le marché américain 2005. Télématique pour véhicules utilitaires il est prévu pour être incorporé dans 1,3 million de nouveaux véhicules par an, avec le marché attendu d'avoir franchi le cap du milliard d'euros en 2005. En 2009, la base installée de véhicules télématique est définie au toucher 5.4 million de véhicules commerciaux avec un potentiel de chiffre d'affaires de 4,7 milliards € Les deux tiers de ces revenus devraient provenir de services télématiques, avec systèmes comptables pour le montant restant. En 2010, le nombre total de commercial et des véhicules non commerciaux avec des équipements de télématique auront atteint 28 millions \$ (Env. 22 millions €), selon la figure III-3. La figure montre que l'automobile télématique a le taux de croissance le plus élevé de tous les domaines de l'électronique automobile comparables.



☞ **Figure III-3:** La croissance mondiale du véhicule électronique applications entre 2004 et 2010

III.2.2.2 .Avionique / Aéronautique:¹

III.2.2.2.1. Situation du marché:

Après trois ans d'activité en baisse, l'aviation commerciale connaît une bonne santé croissance. Le trafic a déjà dépassé les niveaux du précédent pic en 2000, et compagnies aériennes commandent un nombre croissant d'avions. Toute fois, les prix élevés du carburant sont l'intensification de la pression sur les compagnies aériennes causées par une concurrence féroce, avec le résultat que beaucoup sont soutenir de lourdes pertes. Dans cet environnement difficile, la demande pour les avions avec la plus grande efficacité opérationnelle et de carburant est très élevée.

Dans le même temps, la modèle porteur d'affaires à faible coût est de plus en plus de succès. Les compagnies aériennes sont de plus en plus efficace grâce à l'amélioration de leurs environnements opérationnels, et la rationalisation de leurs flottes autour rentable et plus gros avions. Les transporteurs à bas coûts continuent de prendre le marché partager, en particulier sur les liaisons court-courriers et moyen, où le coût-efficacité et avions de taille moyenne sont nécessaires.

Selon l'Organisation internationale de l'aviation civile (OACI), le trafic aérien, tel que mesuré par les revenus passagers-kilomètres, a augmenté d'environ 14% en 2003-2004 Comparaison. Le trafic international a connu la plus grande récupération. L'International Air Transport Association (IATA) fait état d'un rebond de 15,3% après 2003, Les derniers chiffres disponibles (1998) montrent une la valeur totale de la production dans le secteur de l'aérospatiale de 133 milliards €aux Etats-Unis, et €59 milliards en Europe. Le marché mondial des avions civils pour la somme des années 1999 à 2008 est estimé à 810 milliards \$ (env. 638 milliards €). Le total

¹ Automation , ABB .Consulté le 11 Juillet 2005,

[http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot266.nsf/VerityDisplay/B1EE0730DC6A7967C1256DE1004CBAE1/\\$File/AT%20briefing.pdf](http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot266.nsf/VerityDisplay/B1EE0730DC6A7967C1256DE1004CBAE1/$File/AT%20briefing.pdf).

dans le monde entier marché de l'aéronautique, y compris des avions militaires, devrait dépasser \$1000000000000 (env. € 800000000000) dans le délai 2000-2010, et avec de loin le plus gros budget de marchés publics de défense, les Etats-Unis dominent aussi la défense mondiale dépenses. On estime qu'en 2004, les États-Unis ont dépensé 125 milliards \$ (Env. 98 milliards €) sur les marchés et de la recherche, par rapport à l'Europe 55 milliards \$ (Env. 43 milliards €) et le reste de la population mondiale d'environ 135 milliards \$ (env. € 106 milliard). En ne considérant que le budget de R & D pour la défense, les États-Unis représentaient plus de trois quarts du budget global de la zone OCDE, soit plus de quatre fois le total de l'UE [9]. En termes de croissance, EADS US prévoit que les dépenses de la défense développer par une moyenne d'environ 5% par an pour les cinq prochaines années, les dépenses de défense en Europe et le reste du monde se déplace à peu près en ligne avec la croissance du produit intérieur brut (PIB), les dépenses d'Asie augmenter le plus. Les entreprises de défense en Europe sont actuellement au milieu d'une vague de consolidation comme ils construisent l'échelle nécessaire pour répondre à leurs pairs américains en 2004. En 2005, Finmeccanica (Italie) et BAE Systems ont convenu de combiner et restructurer leur avionique, les communications, et les entreprises d'intégration de systèmes pour former trois nouvelles entreprises / divisions. Dans le monde entier, l'industrie de la défense est actuellement se repositionner pour fournir simultanément la technologie sous-jacente pour les systèmes et électronique. Sociétés de technologie de l'information joueront un rôle de plus en plus offrant des capacités clés. Comme un segment particulièrement intéressant, le marché des véhicules aériens sans pilote est estimé à 23,7 milliards \$ (env. 18,7 milliards €) accumulée 2001-2010 avec des revenus plus que doublé entre 2001 et 2010.

III.2.2.2.1.2. Impact de système embarqué sur le marché:¹

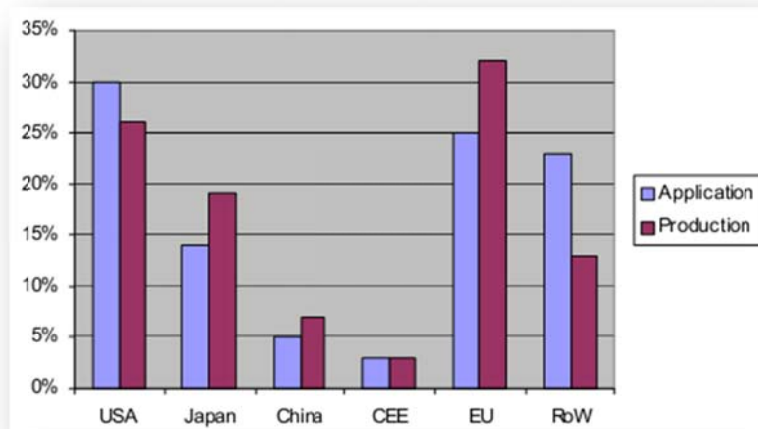
Les systèmes embarqués sous la forme de l'électronique de l'aviation (avionique) constitue une part importante de la valeur ajoutée totale des avions modernes, avec le marché après-vente avionique seul a environ 7% par rapport au marché des nouveaux avions, et une part inconnue de pièces systèmes embarquées dans la valeur ajoutée totale de chaque nouvel avion. Les participants à l'enquête en ligne de l'industrie de l'avionique ont estimé ce partage aussi élevé que 51% en 2005, avec une légère croissance pour l'avenir. L'exemple des drones contrôlés électroniquement, systèmes de contrôle avancés, systèmes de communication déportée à bord dans l'aviation commerciale, ou contrôleur d'infrastructures dans les applications militaires montrent tous qu'il n'y a pratiquement pas d'avenir des applications dans l'aérospatiale qui ne sont pas fortement dépendante de l'innovation dans le domaine du système embarqué.

¹ Le même référence 1

III.2.2.3. Automatisation industrielle:¹

III.2.2.3.1. Situation du marché:

Le secteur de la technologie d'automatisation (AT) est une industrie importante pour l'Europe. Il prend en charge l'industrie manufacturière, qui emploie environ 45 millions de personnes en Europe. Le volume du marché de l'automatisation dans le monde en 2004 (automatisation du bâtiment inclus) sont élevées à 203 milliards € selon. ABB estime le rapport annuel taux de croissance du marché de l'automatisation étant de 5%. Cela conduit à un volume de 272 € marché milliards en 2010. Le marché est divisé dans l'industrie de processus, comme la fabrication de produits chimiques produits, dans les industries manufacturières, par exemple la production de voitures, et dans la construction automatisée. La part de marché européenne était de 25% en ce qui concerne l'application, alors qu'il était de 32% en ce qui concerne la production d'équipements d'automatisation, voir la figure III-4. Ceci montre un excédent exporté des produits d'automatisation européens de 7%. Clairement les marques la direction actuelle de l'Europe sur le marché mondial de l'automatisation. En ce qui concerne la production de produits d'automatisation Europe perd du terrain par rapport à Amérique du Nord et en Asie. Le taux de croissance annuel en Europe est seulement entre trois et quatre pour cent alors que le marché en Asie devrait avoir des taux de croissance à deux chiffres. Pour éviter que l'Europe perde son leadership, la mise en œuvre de la nouvelle tendance technologique doit être encouragée. Ces tendances résultent principalement dans un l'utilisation croissante des systèmes embarqués dans les produits d'automatisation.



☞ **Figure III-4:** marché de l'automatisation actions en 2004

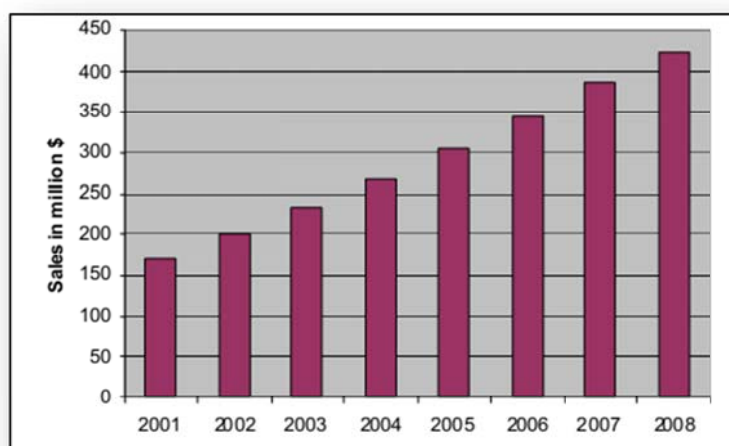
L'évaluation ci-dessus est prise en charge par la comparaison des investissements dans la R & D dans Europe, Etats-Unis, et le Japon. L'industrie des machines européenne a le plus haut les dépenses de R & D par rapport aux États-Unis et au Japon, la figure III-4 montre La croissance

¹ Embarqué logiciels et systèmes @ Siemens Automation, Reinold Achatz, Conférence ARTEMIS 2005 (Juin 2005)

annuelle dans les années nonante en moyenne de 3,8% en Europe. Les Etats-Unis avaient dans le même chronométrer une croissance annuelle de 8,7% et le Japon de 4,7%.

III.2.2.3.2. Impact des systèmes embarqué sur le marché:

Système embarqué sont une grande part de la valeur ajoutée de l'automatisation industrielle Produits. Selon le sondage en ligne, la partie des systèmes embarqués du produit industriel / coût des services a été estimé de 45%. On estime que la partie de systèmes embarqués augmentera de 1% par an. La comparaison avec les résultats de volume de marché de l'automatisation dans l'estimation que les systèmes embarqués dans le domaine de l'automatisation atteindra un volume d'environ 122 milliards € en 2010. La réalisation de la mise en réseau des solutions d'automatisation dépend beaucoup d'Embarqués Système. La demande croissante de ces solutions se traduit par un taux de croissance pour le marché des bus de terrain européen d'environ 15%. Selon un de Frost & Sullivan, le marché européen des systèmes de bus de terrain avait un volume de ventes de 170 millions \$ (env. 134 M €) en 2001 et est estimé à croître jusqu'à 425 \$ millions (env. 335 millions €) en 2008, Figure 3-8. La comparaison de ces chiffres avec la part de marché européenne de l'automatisation, la figure III-5, les résultats dans un marché de bus de terrain du monde de 1,41 Md € en 2008.



☞ **Figure III-5:** marché européen des bus de terrain .

III.2.2.4 .Télécommunications:¹

III.2.2.4.1 Situation du marché:

Dans l'Union européenne la plupart des opérateurs ne seront plus en mesure de compter sur la croissance de la téléphonie vocale en ligne fixe pour soutenir des rendements élevés. Les clients finaux sont souvent intéressés à obtenir une connexion mobile à la mode et pratique.

Le marché des télécommunications mobiles en revanche est un secteur en pleine croissance

¹ Europa: L'impact des téléphones mobiles . La Série de documents de politique Vodafone .Numéro 2 (Mars 2005).Consulté le 11 Juillet 2005, de http://www.vodafone.com/assets/fichiers/fr/AIMP_17032005.pdf.

avec une augmentation de nombre de clients et une constante propagation dans le monde entier. Jusqu'en 2007, la pénétration des téléphones mobiles en Europe occidentale passera à plus de 100 pour cent. De puis les nouveaux utilisateurs mobiles en Europe de l'Est seront principalement provenir les groupes à faible revenu, le revenu moyen par utilisateur va diminuer dans ces pays.

Mais il y a des chances aux revenus de levier par un renforcement fonctionnalités. Un exemple de ces nouveaux services sont téléchargements pleine piste mobiles sont considérés comme l'un des futurs moteurs du marché les plus prometteurs. "Pleine piste sans fil téléchargements présentent une opportunité qui est sans doute l'un des plus importants dans les données sans fil secteur "puisque les fournisseurs des États-Unis à eux seuls atteindre un chiffre d'affaires de près de 1 milliard € d'ici 2009 ue les fournisseurs des États-Unis à eux seuls atteindre un chiffre d'affaires de près de 1 milliard € d'ici 2009 avec plus de 50 millions d'abonnés. L'une des principales contraintes à court terme est le manque combinés de disponibles et les réseaux 3G.

À la fin de 2005, il y aura 395 millions d'abonnés mobiles en Chine. La plupart de marché mobile de la Chine la croissance peut être attribuée à Dual-Mode-Services, qui soutiennent les services traditionnels comme GSM ou TD-SCDMA, ainsi que PHS (Personal Handyphone Systeme) et en Afrique, la plus forte croissance du marché de l'année 2009 pour les télécommunications sans fil, le nombre d'utilisateurs doubler pour atteindre 140 millions d'ici l'année 2009. Partout dans le monde, 730 millions les téléphones mobiles seront achetés en 2005, ce qui conduit à une croissance du marché de 8%. L'Europe est aujourd'hui dans une très bonne position; par exemple, la part de marché de Nokia en Inde en termes des unités vendues a augmenté à 74% en Mars 2005, de 61,5% en Octobre 2004.

III.2.2.4.2. Impact de l'embarqué sur le marché:

L'importance des systèmes embarqués pour le marché mobile est indiscutable. Sans système embarqué il n'y aurait pas des tout télécommunications mobile. Telecom industrie / datcom était le plus grand marché pour les logiciels embarqués consommant solutions en 2002, et devrait rester sur la période de prévision. VDC estime que Télécom / Datacom a représenté 276,8 millions € dans les livraisons en 2002 et il est prévu d'atteindre plus de 504 millions € en 2007, un TCAC de plus de 12,0%. La convergence des systèmes et dispositifs de télécommunications est activés et entraînée par l'expansion de l'Internet haut débit. Il ouvre de nouveaux marchés et la création de nouvelles défis, et non la moindre, qui sont l'interopérabilité au niveau du réseau, le dispositif et le contenu niveaux, la gestion efficace du spectre pour faciliter l'émergence de nouvelles sans fil technologies, et la disponibilité du contenu. Tout cela impose des exigences sur le nouveau embarqué des solutions de système pour réaliser ces concepts. Leader sur le marché du vidéophone est le Japon où l'on estime que 40 pour cent de l'appareil photo-téléphones vendus dans le deuxième semestre de

2003 auront des capacités d'enregistrement vidéo. Cependant, le déploiement de la vidéo mobile en Europe et en Amérique ne se lèvera pas avant au moins 2004/2005 avec le lancement des réseaux UMTS. La généralisation de ces services ne se produira pas bien avant 2006, lorsque de grandes quantités de vidéo-capable combinés devraient être disponibles. Le développement et l'amélioration de la nouvelle Système embarqué peut aider à assurer une croissance durable du marché. Le marché commence à voir le développement des réseaux de prochaine génération au-delà de la 3G, qui permettra à un seul appareil mobile pour accéder à un nombre croissant de réseaux mobiles mixtes. Ceci est seulement possible par une utilisation intensive des systèmes embarqués. Les fabricants de composants électroniques pour une utilisation dans les téléphones cellulaires atteints une croissance allant jusqu'à 50% p.a. Dans le segment des composants électroniques, la production a été stable jusqu'à récemment, promettant l'année de croissance du secteur manufacturier en 2001. Dans certains applications, cependant, tels que les téléphones, les taux des dernières années ne sera plus de croissance répéter.

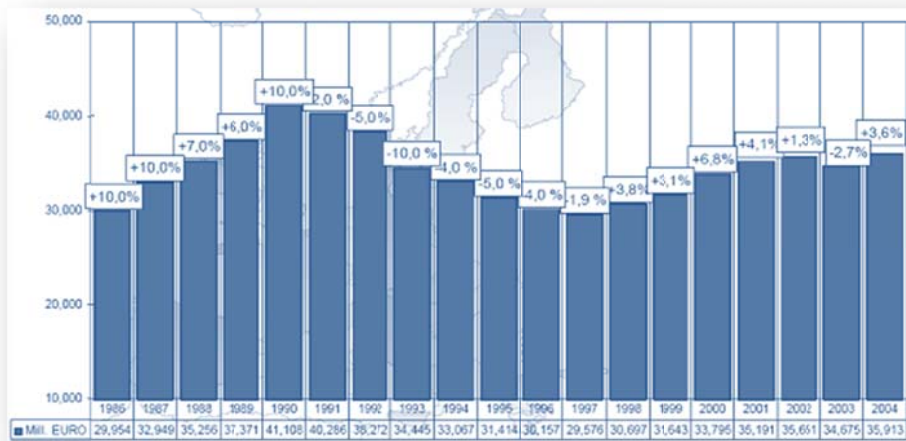
En outre, en raison de la forte croissance du marché, les fabricants de certains types de composants électroniques ont déjà atteint les limites de leur capacité.

III.2.2.5 Consumer Electronique et maisons intelligentes:¹

III.2.2.5.1. Situation du marché:

Le développement de l'électronique grand public (CE consommé électroniques) du marché est fortement lié à La croissance du PIB en général représentée par le haut et des bas dans la figure III-6. Ça peut être attendu qu'il montrera la croissance que le PIB mondial augmente. De toute façon, le CE marché est un grand secteur d'industrie de l'embarqué. La demande de dispositifs innovants câblé et sans fil, mobile et fixe est sans limite. Zones rapides de la technologie de croissance comprennent streaming media, la capture des médias et la lecture et de la communication. Ces zones seront continuent d'être parmi les plus élevés de plus en plus en raison de nouvelles normes et formats net des appareils plus petits, plus capables. Le contenu du logiciel augmentera à mesure que plus de fonctionnalités sont emballés dans des appareils plus petits et de nouvelles normes émergentes, qui apportent des médias plus rapides et une plus grande fidélité.

¹ [EIU2005] le Economique Intelligent un, unit Database on EIU (2005) Récupérée 25 Août 2005, de <http://www.eiu.com>.



☞ **Figure III-6 Développement des consommateurs dans le monde entier (en millions EURO) .**

III.2.2.5.2. Impact des systèmes embarqués sur le marché:¹

La catégorie la plus forte croissance de l'application de la technologie des logiciels embarqués devrait être l'électronique grand public avec un TCAC de prévision de plus de 15%. La complexité croissante des dispositifs électroniques grand public en termes de fonctionnalités, la mise en réseau et le multimédia sera le principal moteur. Ces dispositifs plus complexes auront probablement besoin soit l'ajout d'un système d'exploitation complet commercial ou la mise à niveau à un commercial système d'exploitation à partir d'un système d'exploitation ou de l'exécutif en interne. Il est facile de deviner que le nombre d'appareils liés à l'information la technologie et au niveau des réseaux de communication fournissant le rendement la maison sont deux principaux facteurs sous-tend le développement de la maison connectée marchés. Dans ce contexte, il y a cinq à dix ans, il était de tradition de considérer que le Connecter marchés d'accueil se développaient essentiellement en Amérique du Nord, en Europe et au Japon. Le croissance rapide développement économique en Corée, la Chine, Singapour et autres pays d'Asie pays aujourd'hui conduit les analystes à considérer que les marchés domestiques connectés ont devenu dans le monde entier, affectant l'Amérique du Nord, en Europe et en Asie et sont à la fois quantitativement et qualitativement comparable dans ces trois régions. Le marché de la maison connectée est, de toute évidence, dans une phase d'émergence. Actuellement, seulement environ 2% des foyers américains, européens et asiatiques dépensent environ 100 € par an équipements et de services à domicile connecté. Le marché semble promettre un rapide développement de 10% par an.

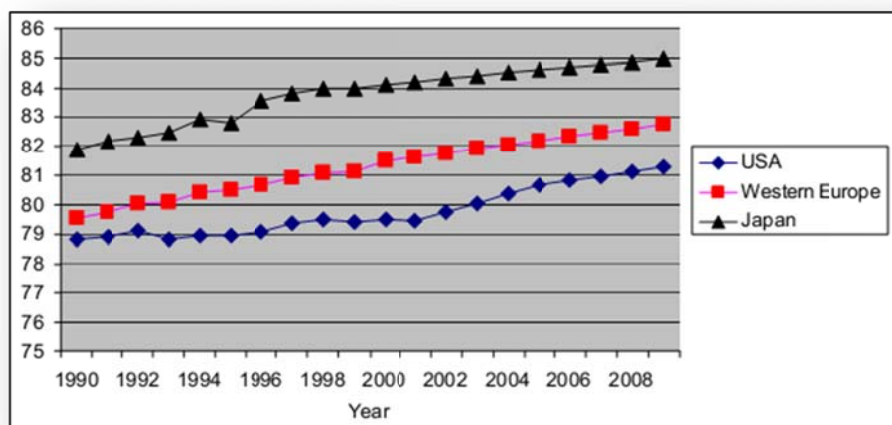
¹ Même référence 9

III.2.2.6 Santé et Equipement médical:¹

III.2.2.6.1 Situation du marché:

Le marché de la technologie médicale se caractérise par des réglementations gouvernementales fortes, à la fois sur le côté de l'offre (par exemple, l'approbation requise selon les critères de certification) et sur la côté de la demande (de la politique de la santé, le remboursement des frais de thérapie par les assurances de santé). Le marchés les plus importants pour la technologie médicale sont les États-Unis (valeur totale de la production en 2002 72900000000 \$, (env. 57,4 milliards €), le Japon (15,3 milliards \$, env. 12,0 milliards €), et Allemagne (12,6 milliards \$, env. €9.9). Typique pour le médical marché de la technologie est une coexistence d'un grand nombre de petites et moyennes entreprises (PME), qui desservent le marché régional des produits spécialisés, et quelques entreprises opérant à l'échelle mondiale (traditionnellement de Etats-Unis, Japon, Allemagne, France, Suisse, Pays-Bas; de plus en plus aussi l'Irlande, la Suède et le Danemark), principalement la production de biens hautement R &D-intensifs. Les données sur le soutien direct à la R et D en santé suggère que les États-Unis représentent plus de 75% du total de l'OCDE (par rapport à seulement 16% pour l'Union européenne).

Dans les pays industrialisés, l'espérance de vie moyenne augmente à un rythme rapide. La figure III-7 montres que le phénomène de vieillissement de la société est la plus forte au Japon, suivi par l'UE et aux États-Unis. L'espérance de vie en hausse est en partie due à la disponibilité de plus en plus l'amélioration de l'équipement médical et conduit à une demande croissante dans le ainsi secteur. Cependant, il faut garder à l'esprit qu'une durée de vie ne signifie pas nécessairement dire que le temps de la vie dans la maladie augmente au même rythme.



☞ **Figure III-7:** L'espérance de vie moyenne (en ans) aux États-Unis, Europe, et le Japon.

¹ situation des soins médicaux à Deut Schland internationalement. Association allemande de génie biomédical (DGBMT) (2005).

Les dépenses pour la technologie médicale sont en hausse dans les pays industrialisés en raison de l'augmentation de la demande en raison de la population, les maladies spécifiques à l'âge de vieillissement et l'augmentation du coût de la thérapie innovante. Aux Etats-Unis, la production dans le secteur de la technologie médicale a augmenté de 15% entre 1998 et 2001 (par rapport à une augmentation de la production dans le secteur industriel de seulement 2%). Une tendance similaire peut être observée au Japon et en Allemagne (voir Tableau III-8).

	Augmentation de la production 1998-2002 (médecine technologie)	Attendu augmentation de la production 2002 - 2010 (médecine technologie)	Augmentation de la production 1998-2002 (secteur industriel)
US	15%	4,1%	2%
Japon	11%	2,9%	-6%
Allemagne	25%	7,2%	12%

☛ **Tableau III-8:** Développement de valeur de la production en technologie médicale par rapport à secteur industriel.

Le marché de la télésanté (également appelé la santé mobile, à savoir fournir des soins de santé services à distance seul est estimé à environ 380 \$ millions (env. 299 millions €) en 2004, avec un taux de 15-20% de croissance.

III.2.2.6.2 Impact de Système embarqué sur le marché:¹

Les dispositifs et instruments électro médicaux représentent environ 25% de la totale valeur de la production de la technologie médicale, Les répondants industriels au questionnaire en ligne travaillant dans le domaine des dispositifs médicaux embarqués attribut environ 50% des coûts de leurs produits aux systèmes embarqués, avec un peu la hausse tendance. Ainsi, le volume de segment de marché est estimé à environ 24 milliards € sur la base d'un volume total du marché pour la technologie médicale de 193 milliards € pour le majeur pays industrialisés .

III.3. Conformité avec les politiques:

Les systèmes embarqués ont trouvé leur place dans de nombreuses applications et dispositifs différents. Cette forte pénétration conduit dans certains domaines tels que les dispositifs médicaux ou dans l'automobile l'industrie à la nécessité de la réglementation et de la politique. Cette

¹ Même référence 11

section montre comment les fortes interrelations entre les technologies, leur utilisation dans des dispositifs spécifiques et le marché sont. Nous mettrons l'accent sur trois questions à répondre aux questions suivantes en donnant une introduction dans la zone respective et en fournissant quelques exemples:

- Comment et où les systèmes peuvent être intégrés permettent d'appliquer des politiques d'efficacité et de appuyer la recherche importante?
- Quels sont les effets négatifs des systèmes embarqués et où des règlements nécessaires?
- Dans quels domaines les règlements et les exigences plus fortes être utiles pour le marché et l'industrie européenne?

III.3.1 Les effets positifs des systèmes embarqués:

Il y a beaucoup de domaines pertinents de systèmes embarqués avec une interférence étroite avec la L'intérêt des consommateurs pour des produits respectueux de l'environnement, ainsi que le respectif règlement. Ces domaines comprennent l'impact biologique des émissions électromagnétiques, interférences électromagnétiques (EMI), la conservation et les émissions d'énergie et du public la santé, en particulier la prévention des risques causés par les systèmes embarqués. Les positifs effets sur «les utilisateurs du bien-être par rapport à progresse dans des applications médicales ou grâce à l'utilisation d'appareils intelligents, etc. ne sont pas couverts dans cette section; La plus grande quantité de renseignements fournis avec les systèmes embarqués et de la base catalyseurs pour un contrôle plus intelligents tels que les remplacements électroniques pour mécanique les liens sont souvent bénéfiques pour le respect des questions environnementales et politiques. Certains Des exemples sont les suivants:

- une plus grande efficacité des machines et appareils consommant de l'énergie par l'amélioration technologie de processeur, et une gestion plus intelligente de l'énergie dans les plantes ainsi que dans les bureaux et bâtiments privés,
- moins de rayonnement à partir d'appareils mobiles intelligents par les protocoles sans fil puissance-conscient qu'ajuster les niveaux de rayonnement aux exigences de la liaison sans fil.
- amélioration des émissions et la consommation de carburant dans l'automobile et de l'avionique par les commandes de moteur électroniques avancées qui sont connectés à d'autres capteurs incorporer des informations qui aident à réduire au minimum le carburant nécessaire.
- réduction des émissions et la consommation de carburant grâce à l'amélioration de la fluidité du trafic. Applications télématiques avancées dans l'automobile et plus intelligente, à savoir en réseau, les systèmes de gestion du trafic pourraient contribuer à réduire les embouteillages. Estimer que le volume du marché européen pour télématique complexe et le contrôle du trafic systèmes est de 3,7

milliards € en 2005 et qu'il atteindra 5,8 milliards € en 2010. Le monde marché, aujourd'hui de 25 milliards € devrait croître de six à sept pour cent par an.

III.4.R & D Programmes et Initiatives pour Systèmes embarqués:¹

Tendances et nouveaux marchés sont les résultats de la recherche et développement (R & D). R & D est définie par le manuel de Frascati comme «travaux de création entrepris de façon systématique base afin d'augmenter le stock de connaissances ». En comparant les programmes de R & D et initiatives en Europe avec le reste du monde permet de regarder un peu plus loin dans l'avenir que seule la comparaison des tendances. Les indicateurs actuellement mesurés et publiés par l'Organisation de coopération économique et le développement (OCDE), le potentiel et les intensités globales de R & D de des pays. Les indicateurs sont généralement acceptés par les pays comme un moyen pour comparer aux mêmes avec le reste du monde et de mesurer l'efficacité de leur politiques. Dans ce qui suit les indicateurs sont utilisés pour les relier à des investissements dans le système embarqué et pour aboutir à des conclusions et des recommandations pour l'Europe. Les investissements des 700 plus grandes entreprises en termes de R & D ont été analysées pour l'investissement estimer l'investissement dans le monde de l'industrie privée en système embarqué(SE).

En plus de la situation globale du financement public au niveau d'une vue plus détaillée du pays sur les programmes nationaux de financement a été faite. Sur la base de leur description d'une classification en fonction de leur pertinence pour SE a été effectuée et les budgets alloué par les nations dans leurs programmes de financement pour SE a été estimé pour 2003.

III.4.1. Indicateurs clés:

Une bonne mesure de comparer la puissance économique d'un pays est PIB, qui est souvent utilisé pour donner une comparaison relative pour les dépenses de R & D.

III.4.1.1 Produit intérieur brut (PIB):

Le produit intérieur brut (PIB) d'un pays est la valeur totale de tous les biens et services produits au sein de cette nation au cours d'un an. Il est généralement considéré comme une mesure de la puissance économique d'une nation tels l'UE et les États-Unis qui sont clairement les pouvoirs dominants avec une hausse constante du PIB. Le Japon montre quelques fluctuations, mais a à peine augmenté son PIB au cours des dernières 10 ans (figure III-8). Les données ont été compilées à partir des données de l'OCDE et par conversion du \$ en € en utilisant le taux de change médian de cette année. Le phénomène de l'augmentation soudaine du PIB des États-Unis entre 2000 et 2002 (figure III-8) est un effet artificiel introduit par la conversion des devises.

¹ OECD Economic Outlook Database (2005). Retrieved August 26, 2005, from <http://new.sourceoecd.org>.

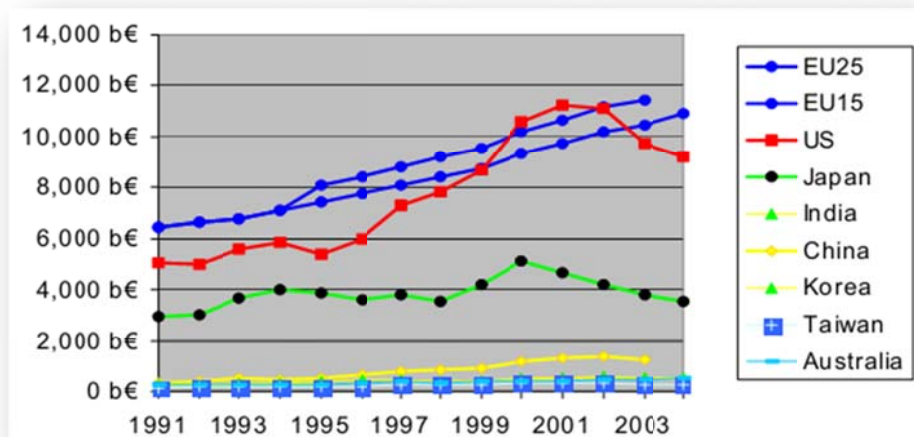


Figure III.8: PIB pays sélectionnés (monnaie locale convertie en €) .

La comparaison des données internationales est non seulement compliquée par le taux de change et l'inflation, qui varie par an et par pays, mais même la conversion des monnaies en soi-disant valeurs constantes ne brosse pas une image juste. Essentiellement, on compare le revenu des personnes plutôt que la valeur de leur travail, par exemple avec 100 000 € en Europe, le salaire de deux ans de deux personnes pourrait être couvert, alors qu'en Chine avec la même somme, 9 années-personnes pourraient être payés. Pour la comparaison internationale des données de financement toutes les valeurs en monnaies nationales doivent être converties en leurs parités de pouvoir d'achat (PPA). Les taux de conversion sont différents pour chaque pays et pour chaque année. Tous les fonds dépenses dans ce chapitre sont donc exprimés en PPA.

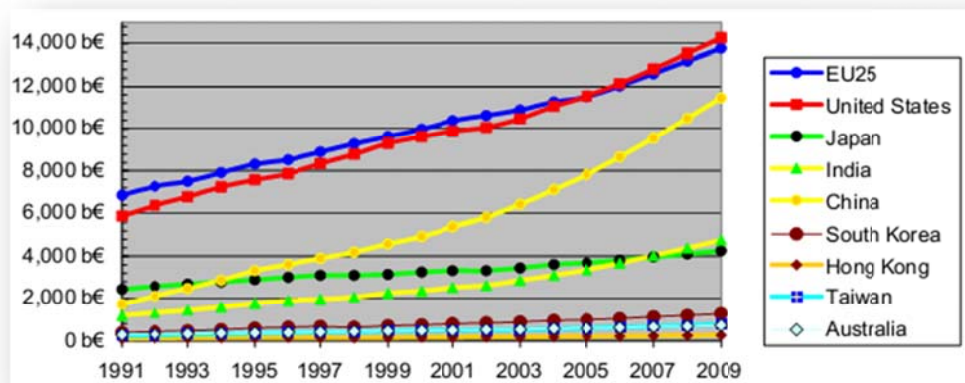


Figure III.9: PIB des pays sélectionnés (en milliards de PPA €) .

Figure III.9 montre le même PIB que dans la figure III.8, mais toutes les valeurs sont exprimées dans leur par rapport parité de pouvoir d'achat. Les données montrent que les fluctuations monétaires sont éliminées et que l'UE et des États-Unis ne sont pas seulement très similaires en termes de leur absolue des valeurs, mais aussi en termes de taux de croissance. L'effet le plus spectaculaire de l'utilisation des valeurs PPA est la reconnaissance de la "vraie" économique puissance des pays en développement comme l'Inde ou la Chine. Ainsi, la Chine est la

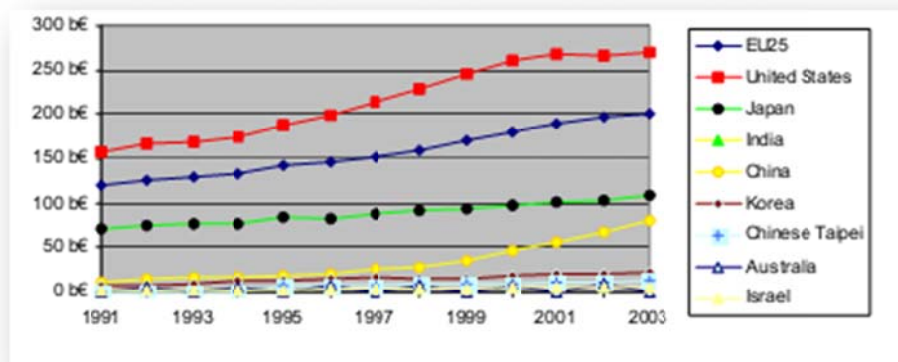
3ème puissante région après l'UE et des États-Unis, suivis par le Japon et l'Inde.

Dans la figure III-9 de l'Unité européenne Intelligence (EIU) a également extrapolé la PIB et prévoit que dans les 5 ans, la Chine va jouer dans la même ligue que l'UE et des États-Unis et de l'Inde sera comparable au Japon en raison de leur forte croissance. D'où le PIB n'a pas de relation directe avec les systèmes embarqués, cependant, pays avec un grand PIB ont aussi tendance à des investissements importants en R & D.

Il est donc justifié de limiter la comparaison aux pays dont le PIB le plus élevé. On pourrait également inclure pays avec des taux de croissance élevés, parce que les jeunes et à croissance rapide des économies souvent participer à la croissance des produits de haute technologie. Ces derniers sont intéressants pour cette étude depuis ils représentent le marché naturel pour Système embarqué nécessitant des recherches intensives et donc en R & D fonds pour Système embarqué.

II.4.1.2. Dépens général R & D (DIRD):

Les dépenses intérieures brutes de R & D (DIRD) est la dépense totale intramuros R & D réalisées sur le territoire national pendant une période donnée, qui comprend la R & D réalisée dans le pays et financé par l'étranger, mais exclut les paiements effectués à l'étranger pour la R & D. Comme avec le PIB du RGO est généralement indiqué en termes de PPA.



☞ **Figure III-10:** Les dépenses de R & D (RGO) en PPA €.

La figure III-10 montre clairement que l'UE-25 a investi beaucoup moins dans la R & D que les États-Unis pour plus de deux décennies. Cet écart augmente même au fil du temps. Étant donné que des États-Unis et l'UE ont des valeurs de PIB comparables et les dépenses en R & D peuvent être directement comparées.

En général, une augmentation de 1% du stock de R & D conduit à une augmentation de la production de 0,05-0,15%. L'importance de la R & D est plus élevée pour les produits à forte innovation, de même que le cas avec ES. En 2001, le secteur des TIC dans le secteur privé a contribué à près de 10% des PIB de l'OCDE, mais il a passé environ un quart de la R & D totale de l'industrie.

Bien que les dépenses totales de R & D d'un pays (RGO) soient comparées en utilisant leur Achats taux de change les parités de pouvoir (PPA), la valeur absolue de la DIRD encore dépend de la taille et de la puissance du pays.

Peut-être le meilleur la comparaison est surprenant avec la Chine. Bien que son intensité de R & D à 1,3% soit inférieure à Europe, la Chine n'a cessé d'augmenter cet investissement d'environ 10% par an. Si ceux-ci tendances en Europe et la Chine continuent, la Chine va dépenser la même quantité de PIB à la recherche que l'UE en 2010 environ 2,2%. Les données pour Taiwan était disponible uniquement après 1995, mais montre un fort engagement à la R & D, qui était constamment augmenté. L'accent de Taiwan et de la Corée à la R & D est expliqué par leur l'accent sur les produits de haute technologie. Suite à notre discussion antérieure, cela indique que les «tigres» asiatiques investissent par rapport à leur taille de grandes quantités en R & D pour les systèmes embarqué. RGO = total de R & D dépenses.

III.4.1.3 .Ressources humaines en R & D:¹

Dans l'agenda stratégique de recherche ARTEMIS une source de VDC a été cité qui estime la population mondiale de systèmes embarqués développeurs d'être 460.000 en 2005, de plus en plus à 530.000 en 2007 au début.

En ce qui concerne l'éducation et la formation des experts des universités de l'UE et des États-Unis sont à une égalité avec un total de 2,1 millions de diplômés par an chacune, alors qu'au Japon seulement 1,1 millions étudiants diplômés par an.

¹ Artemis Strategic Research Agenda, short version (June 2005).

Conclusion générale

Conclusion Générale

Comme une véritable nouvelle discipline dans la recherche, le développement et l'éducation, parallèlement à la technologie informatique classique, les systèmes embarqués nécessitent une attention particulière par les différents acteurs tels que l'industrie, les universités et les décideurs. En raison de sa solide réputation dans le domaine de l'ingénierie, les Etats Unis, par exemple, a saisi sa chance d'atteindre une position de leader mondial dans les systèmes embarqués lorsque les mesures nécessaires étaient prises et les chances existantes n'étaient pas facilement abandonnées. Les débouchés pour les systèmes embarqués sont déjà très importants et devraient augmenter régulièrement au cours des prochaines années.

Cette étude se concentre sur plusieurs aspects de recherche et de développement des systèmes embarqués, parce que dans ce domaine le plus grand impact sur l'industrie, le marché et la vie quotidienne est à prévoir, en particulier pour les pays en voie de développement.

Réaliser cet impact exige, d'une part, d'importants investissements en recherche et développement sur le coup, et les efforts d'organisation d'autre part. L'écart de productivité de conception doit être abordé par des progrès radicaux des capacités de conception. Il ne s'agit pas seulement d'une question de développement et de déploiement des industries des systèmes embarqués, mais aussi de l'éducation et de la recherche fondamentale.

Par exemple, les méthodologies pour permettre l'intégration précoce du matériel et le logiciel dans le processus de conception des systèmes embarqués, avec une évaluation précoce de cette réalisation pour les parties du système qui peuvent être mis en œuvre quoi qu'il en soit, sont un élément important de cette discipline d'ingénierie. Approfondir la communication et la coopération entre les différentes parties prenantes et des experts ainsi que des profils d'élargissement de l'éducation dans cette direction conduira à des progrès décisifs dans le domaine de la conception des systèmes embarqués.

En outre, comme un postulat de base, la combinaison de différents domaines de l'ingénierie dans le domaine des systèmes embarqués exige un enseignement adapté de toutes les personnes qui participent à la conception, le développement et l'intégration des systèmes embarqués.

Références Bibliographiques

1. Francis Cottet et Emmanuel Grolleau Tous deux sont chercheurs au Laboratoire d'informatique Scientifique et industrielle LISI), système temps réel coordonnée par Francis. Cottet lui-même.
2. PDF STR Embarque.
3. PDF RTS- CC ordonnancement.
4. <http://www-img.univ-mlv.fr/dr/XPOSE2002/SE/architecture.html>
5. final-study pdf these de doctorate study of Worldwide Trends and R&D Programmer in Embedded Systems
6. <http://www-img.univ-mlv.fr/dr/XPOSE2002/SE/contraint temps réel .html>
7. Research Issues in Dependable Embedded Systems, H. Kopetz, IFIP WG 10.4 (January, 2002).
8. ASAR 2005 AUTOSAR-AUTOMOTIVE OUVERT SYSTÈME ARCHITECTURE. Récupérée 17 Août 2005.
9. DGBMT2005 Situation der Medizin techni dans DeutSchla diminternationalen Vergleich. Association allemande de génie biomédical (DGBMT) 2005, de <http://www. Génie biomédical>.
10. Quest 2005 Online Questionnaire as part of this study (June, 2005)
11. ESSA 2005 Embedded software and systems @ Siemens Automation, Reinhold Achatz, ARTEMIS Conference 2005 (June 2005)
12. EIU 2005 le Economique Intelligent un, unit Datbase on EIU (2005) Récupérée 25 Août 2005, de <http://www.eiu .com>
13. AfIm2005 Africa: The Impact of Mobile Phones. The Vodafone Policy Paper Series. Number 2 (March, 2005). Retrieved July 11, 2005, from http://www.vodafone.com/assets/files/en/AIMP_17032005.pdf

Résumé :

« Dans ce mémoire on va étudier trois chapitres : le premier chapitre on représente l'environnement de développement des systèmes embarqués temps réel. Afin de contrôler le procédé, le système informatique est en relation avec l'environnement physique externe par l'intermédiaire de capteurs et/ou d'actionneurs.

En suit le deuxième chapitre nous représentons le mécanisme du temps réel dans les systèmes embarqués, par une étape suivante Le concept d'un exécutif temps réel avec exemple appliqué.

Enfin L'étude met l'accent sur six secteurs concernés par les systèmes embarqués: automobile, avionique/aéronautique, automatisation industrielle, télécommunication, électroniques grand publique/maisons intelligentes et équipement santé/médecine. Le travail consiste à analyser les tendances dans chaque secteur et leur impact sur le développement du marché. L'analyse se base sur des données quantitative et qualitative récoltées à partir d'études de référence ».

Mots clé: Système temps réel, système embarque, mécanisme, plate-forme, développement, recherche, marche.

ملخص:

في هذه المذكرة سوف ندرس ثلاثة فصول: الفصل الأول هو بيئة تطوير للأنظمة المدمجة في الوقت الحقيقي، للسيطرة على عملية ما، ونظام الكمبيوتر في علاقتها بالبيئة المادية الخارجية عبر أجهزة الاستشعار أو المحركات.

كما يتبعه الفصل الثاني الذي يمثل آلية الوقت الحقيقي في الأنظمة المدمجة مع مثال تطبيقي. وأخيرا ستركز الدراسة على ستة القطاعات المعنية في الأنظمة المضمنة: السيارات، والإلكترونيات الطيران/الطيران، والأتمتة الصناعية، والاتصالات، والمستهلك جمهور الإلكترونية/منازل الذكية والأجهزة الصحية/الطبية. ينطوي العمل على تحليل الاتجاهات السائدة في كل قطاع وتأثيرها على تطور السوق. ويستند هذا التحليل على البيانات الكمية والنوعية التي تم جمعها من الدراسات الأساسية.

كلمات البحث: نظام الوقت الحقيقي، لوحات النظام والآلية وتطوير منصة، والبحوث، والتسوق.