



# Thèse

présentée à

**L'Université des Sciences et Technologies de Lille**

pour l'obtention du titre de

**Docteur en Informatique**

par

**Marie-Pierre Van Hoecke**



## **Contribution à la Modélisation des Systèmes d'Information Communi- cationnels intégrant des Cartes à Micro-Processeur**

Soutenue le 18 janvier 1996 devant le jury :

Vincent Cordonnier, Président.

Régis Beuscart,

Serge Miranda, Rapporteurs.

Georges Grimonprez, Directeur de Recherche

Olivier Caron,

Jean-Christophe Nicolas,

Eric Alzaï, Examineurs.

UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LILLE

U.F.R. d'I.E.E.A. Bât M3. 59655 Villeneuve d'Ascq CEDEX

Tél. 20.43.47.24

Fax. 20.43.65.66

**DOYENS HONORAIRES DE L'ANCIENNE FACULTE DES SCIENCES**

M. H. LEFEBVRE, M. PARREAU

**PROFESSEURS HONORAIRES DES ANCIENNES FACULTES DE DROIT  
ET SCIENCES ECONOMIQUES, DES SCIENCES ET DES LETTRES**

MM. ARNOULT, BONTE, BROCHARD, CHAPPELON, CHAUDRON, CORDONNIER, DECUYPER, DEHEUVELS, DEHORS, DION, FAUVEL, FLEURY, GERMAIN, GLACET, GONTIER, KOURGANOFF, LAMOTTE, LASSERRE, LELONG, LHOMME, LIEBAERT, MARTINOT-LAGARDE, MAZET, MICHEL, PEREZ, ROIG, ROSEAU, ROUELLE, SCHILTZ, SAVARD, ZAMANSKI, Mes BEAUJEU, LELONG.

**PROFESSEUR EMERITE**

M. A. LEBRUN

**ANCIENS PRESIDENTS DE L'UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LILLE**

MM. M. PARREAU, J. LOMBARD, M. MIGEON, J. CORTOIS, A. DUBRULLE

**PRESIDENT DE L'UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LILLE**

M. P. LOUIS

**PROFESSEURS - CLASSE EXCEPTIONNELLE**

M. CHAMLEY Hervé  
M. CONSTANT Eugène  
M. ESCAIG Bertrand  
M. FOURET René  
M. GABILLARD Robert  
M. LABLACHE COMBIER Alain  
M. LOMBARD Jacques  
M. MACKE Bruno

Géotechnique  
Electronique  
Physique du solide  
Physique du solide  
Electronique  
Chimie  
Sociologie  
Physique moléculaire et rayonnements atmosphériques

M. TURREL Georges  
M. VANDIJK Hendrik  
Mme VAN ISEGHEM Jeanine  
M. VANDORPE Bernard  
M. VASSEUR Christian  
M. VASSEUR Jacques  
Mme VIANO Marie Claude  
M. WACRENIER Jean Marie  
M. WARTEL Michel  
M. WATERLOT Michel  
M. WEICHERT Dieter  
M. WERNER Georges  
M. WIGNACOURT Jean Pierre  
M. WOZNIAK Michel  
Mme ZINN JUSTIN Nicole

Spectrochimie infrarouge et raman

Modélisation, calcul scientifique, statistiques  
Chimie minérale  
Automatique  
Biologie

Electronique  
Chimie inorganique  
géologie générale  
Génie mécanique  
Informatique théorique

Spectrochimie  
Algèbre

M. MIGEON Michel  
M. MONTREUIL Jean  
M. PARREAU Michel  
M. TRIDOT Gabriel

EUDIL  
Biochimie  
Analyse  
Chimie appliquée

### PROFESSEURS - 1ère CLASSE

M. BACCHUS Pierre	Astronomie
M. BIAYS Pierre	Géographie
M. BILLARD Jean	Physique du Solide
M. BOILLY Bénoni	Biologie
M. BONNELLE Jean Pierre	Chimie-Physique
M. BOSCO Denis	Probabilités
M. BOUGHON Pierre	Algèbre
M. BOURIQUET Robert	Biologie Végétale
M. BRASSELET Jean Paul	Géométrie et topologie
M. BREZINSKI Claude	Analyse numérique
M. BRIDOUX Michel	Chimie Physique
M. BRUYELLE Pierre	Géographie
M. CARREZ Christian	Informatique
M. CELET Paul	Géologie générale
M. COEURE Gérard	Analyse
M. CORDONNIER Vincent	Informatique
M. CROSNIER Yves	Electronique
Mme DACHARRY Monique	Géographie
M. DAUCHET Max	Informatique
M. DEBOURSE Jean Pierre	Gestion des entreprises
M. DEBRABANT Pierre	Géologie appliquée
M. DECLERCQ Roger	Sciences de gestion
M. DEGAUQUE Pierre	Electronique
M. DESCHEPPER Joseph	Sciences de gestion
Mme DESSAUX Odile	Spectroscopie de la réactivité chimique
M. DHAINAUT André	Biologie animale
Mme DHAINAUT Nicole	Biologie animale
M. DJAFARI Rouhani	Physique
M. DORMARD Serge	Sciences Economiques
M. DOUKHAN Jean Claude	Physique du solide
M. DUBRULLE Alain	Spectroscopie hertzienne
M. DUPOUY Jean Paul	Biologie
M. DYMENT Arthur	Mécanique
M. FOCT Jacques Jacques	Métallurgie
M. FOUQUART Yves	Optique atmosphérique
M. FOURNET Bernard	Biochimie structurale
M. FRONTIER Serge	Ecologie numérique
M. GLORIEUX Pierre	Physique moléculaire et rayonnements atmosphériques
M. GOSSELIN Gabriel	Sociologie
M. GOUDMAND Pierre	Chimie-Physique
M. GRANELLE Jean Jacques	Sciences Economiques
M. GRUSON Laurent	Algèbre
M. GUILBAULT Pierre	Physiologie animale
M. GUILLAUME Jean	Microbiologie
M. HECTOR Joseph	Géométrie
M. HENRY Jean Pierre	Génie mécanique
M. HERMAN Maurice	Physique spatiale
M. LACOSTE Louis	Biologie Végétale
M. LANGRAND Claude	Probabilités et statistiques

M. LATTEUX Michel  
M. LAVEINE Jean Pierre  
Mme LECLERCQ Ginette  
M. LEHMANN Daniel  
Mme LENOBLE Jacqueline  
M. LEROY Jean Marie  
M. LHENAFF René  
M. LHOMME Jean  
M. LOUAGE François  
M. LOUCHEUX Claude  
M. LUCQUIN Michel  
M. MAILLET Pierre  
M. MAROUF Nadir  
M. MICHEAU Pierre  
M. PAQUET Jacques  
M. PASZKOWSKI Stéfan  
M. PETIT Francis  
M. PORCHET Maurice  
M. POUZET Pierre  
M. POVY Lucien  
M. PROUVOST Jean  
M. RACZY Ladislas  
M. RAMAN Jean Pierre  
M. SALMER Georges  
M. SCHAMPS Joël  
Mme SCHWARZBACH Yvette  
M. SEGUIER Guy  
M. SIMON Michel  
M. SLIWA Henri  
M. SOMME Jean  
Melle SPIK Geneviève  
M. STANKIEWICZ François  
M. THIEBAULT François  
M. THOMAS Jean Claude  
M. THUMERELLE Pierre  
M. TILLIEU Jacques  
M. TOULOTTE Jean Marc  
M. TREANTON Jean René  
M. TURRELL Georges  
M. VANEECLOO Nicolas  
M. VAST Pierre  
M. VERBERT André  
M. VERNET Philippe  
M. VIDAL Pierre  
M. WALLART François  
M. WEINSTEIN Olivier  
M. ZEYTOUNIAN Radyadour

Informatique  
Paléontologie  
Catalyse  
Géométrie  
Physique atomique et moléculaire  
Spectrochimie  
Géographie  
Chimie organique biologique  
Electronique  
Chimie-Physique  
Chimie physique  
Sciences Economiques  
Sociologie  
Mécanique des fluides  
Géologie générale  
Mathématiques  
Chimie organique  
Biologie animale  
Modélisation - calcul scientifique  
Automatique  
Minéralogie  
Electronique  
Sciences de gestion  
Electronique  
Spectroscopie moléculaire  
Géométrie  
Electrotechnique  
Sociologie  
Chimie organique  
Géographie  
Biochimie  
Sciences Economiques  
Sciences de la Terre  
Géométrie - Topologie  
Démographie - Géographie humaine  
Physique théorique  
Automatique  
Sociologie du travail  
Spectrochimie infrarouge et raman  
Sciences Economiques  
Chimie inorganique  
Biochimie  
Génétique  
Automatique  
Spectrochimie infrarouge et raman  
Analyse économique de la recherche et développement  
Mécanique

## PROFESSEURS - 2ème CLASSE

M. ABRAHAM Francis	Composants électroniques
M. ALLAMANDO Etienne	Biologie des organismes
M. ANDRIES Jean Claude	Analyse
M. ANTOINE Philippe	Génétique
M. BALL Steven	Biologie animale
M. BART André	Génie des procédés et réactions chimiques
M. BASSERY Louis	Géographie
Mme BATTIAU Yvonne	Systèmes électroniques
M. BAUSIERE Robert	Mécanique
M. BEGUIN Paul	Physique atomique et moléculaire
M. BELLET Jean	Physique atomique, moléculaire et du rayonnement
M. BERNAGE Pascal	Sciences Economiques
M. BERTHOUD Arnaud	Sciences Economiques
M. BERTRAND Hugues	Analyse
M. BERZIN Robert	Physique de l'état condensé et cristallographie
M. BISKUPSKI Gérard	Algèbre
M. BKOUICHE Rudolphe	Biologie végétale
M. BODARD Marcel	Biochimie métabolique et cellulaire
M. BOHIN Jean Pierre	Mécanique
M. BOIS Pierre	Génie civil
M. BOISSIER Daniel	Spectrochimie
M. BOIVIN Jean Claude	Physique
M. BOUCHER Daniel	Biologie appliquée aux enzymes
M. BOUQUELET Stéphane	Gestion
M. BOUQUIN Henri	Chimie
M. BROCARD Jacques	Paléontologie
Mme BROUSMICHE Claudine	Mécanique
M. BUISINE Daniel	Biologie animale
M. CAPURON Alfred	Géographie humaine
M. CARRE François	Chimie organique
M. CATTEAU Jean Pierre	Sciences Economiques
M. CAYATTE Jean Louis	Electronique
M. CHAPOTON Alain	Biochimie structurale
M. CHARET Pierre	Composants électroniques optiques
M. CHIVE Maurice	Informatique théorique
M. COMYN Gérard	Composants électroniques et optiques
Mme CONSTANT Monique	Psychophysiologie
M. COQUERY Jean Marie	Sciences Economiques
M. CORIAT Benjamin	Paléontologie
Mme CORSIN Paule	Physique nucléaire et corpusculaire
M. CORTOIS Jean	Chimie organique
M. COUTURIER Daniel	Tectonique géodynamique
M. CRAMPON Norbert	Biologie
M. CURGY Jean Jacques	Physique théorique
M. DANGOISSE Didier	Analyse
M. DE PARIS Jean Claude	Composants électroniques et optiques
M. DECOSTER Didier	Electrochimie et Cinétique
M. DEJAEGER Roger	Informatique
M. DELAHAYE Jean Paul	Physiologie animale
M. DELORME Pierre	Sciences Economiques
M. DELORME Robert	Sociologie
M. DEMUNTER Paul	Physique atomique, moléculaire et du rayonnement
Mme DEMUYNCK Claire	Informatique
M. DENEL Jacques	Physique du solide - cristallographie
M. DEPREZ Gilbert	

M. DERIEUX Jean Claude  
M. DERYCKE Alain  
M. DESCAMPS Marc  
M. DEVRAINNE Pierre  
M. DEWAILLY Jean Michel  
M. DHAMELINCOURT Paul  
M. DI PERSIO Jean  
M. DUBAR Claude  
M. DUBOIS Henri  
M. DUBOIS Jean Jacques  
M. DUBUS Jean Paul  
M. DUPONT Christophe  
M. DUTHOIT Bruno  
Mme DUVAL Anne  
Mme EVRARD Micheline  
M. FAKIR Sabah  
M. FARVACQUE Jean Louis  
M. FAUQUEMBERGUE Renaud  
M. FELIX Yves  
M. FERRIERE Jacky  
M. FISCHER Jean Claude  
M. FONTAINE Hubert  
M. FORSE Michel  
M. GADREY Jean  
M. GAMBLIN André  
M. GOBLOT Rémi  
M. GOURIEROUX Christian  
M. GREGORY Pierre  
M. GREMY Jean Paul  
M. GREVET Patrice  
M. GRIMBLOT Jean  
M. GUELTON Michel  
M. GUICHAOUA André  
M. HAIMAN Georges  
M. HOUDART René  
M. HUEBSCHMANN Johannes  
M. HUTTNER Marc  
M. ISAERT Noël  
M. JACOB Gérard  
M. JACOB Pierre  
M. JEAN Raymond  
M. JOFFRE Patrick  
M. JOURNAL Gérard  
M. KOENIG Gérard  
M. KOSTRUBIEC Benjamin  
M. KREMBEL Jean  
Mme KRIFA Hadjila  
M. LANGEVIN Michel  
M. LASSALLE Bernard  
M. LE MEHAUTE Alain  
M. LEBFEVRE Yannic  
M. LECLERCQ Lucien  
M. LEFEBVRE Jacques  
M. LEFEBVRE Marc  
M. LEFEBVRE Christian  
Mlle LEGRAND Denise  
M. LEGRAND Michel  
M. LEGRAND Pierre  
Mme LEGRAND Solange  
Mme LEHMANN Josiane  
M. LEMAIRE Jean

Microbiologie  
Informatique  
Physique de l'état condensé et cristallographie  
Chimie minérale  
Géographie humaine  
Chimie physique  
Physique de l'état condensé et cristallographie  
Sociologie démographique  
Spectroscopie hertzienne  
Géographie  
Spectrométrie des solides  
Vie de la firme  
Génie civil  
Algèbre  
Génie des procédés et réactions chimiques  
Algèbre  
Physique de l'état condensé et cristallographie  
Composants électroniques  
Mathématiques  
Tectonique - Géodynamique  
Chimie organique, minérale et analytique  
Dynamique des cristaux  
Sociologie  
Sciences économiques  
Géographie urbaine, industrielle et démographie  
Algèbre  
Probabilités et statistiques  
I.A.E.  
Sociologie  
Sciences Economiques  
Chimie organique  
Chimie physique  
Sociologie  
Modélisation, calcul scientifique, statistiques  
Physique atomique  
Mathématiques  
Algèbre  
Physique de l'état condensé et cristallographie  
Informatique  
Probabilités et statistiques  
Biologie des populations végétales  
Vie de la firme  
Spectroscopie hertzienne  
Sciences de gestion  
Géographie  
Biochimie  
Sciences Economiques  
Algèbre  
Embryologie et biologie de la différenciation  
Modélisation, calcul scientifique, statistiques  
Physique atomique, moléculaire et du rayonnement  
Chimie physique  
Physique  
Composants électroniques et optiques  
Pétrologie  
Algèbre  
Astronomie - Météorologie  
Chimie  
Algèbre  
Analyse  
Spectroscopie hertzienne

M. LE MAROIS Henri	Vie de la firme
M. LEMOINE Yves	Biologie et physiologie végétales
M. LESCURE François	Algèbre
M. LESENNE Jacques	Systèmes électroniques
M. LOCQUENEUX Robert	Physique théorique
Mme LOPES Maria	Mathématiques
M. LOSFELD Joseph	Informatique
M. LOUAGE Francis	Electronique
M. MAHIEU François	Sciences économiques
M. MAHIEU Jean Marie	Optique - Physique atomique
M. MAIZIERES Christian	Automatique
M. MANSY Jean Louis	Géologie
M. MAURISSON Patrick	Sciences Economiques
M. MERIAUX Michel	EUDIL
M. MERLIN Jean Claude	Chimie
M. MESMACQUE Gérard	Génie mécanique
M. MESSELYN Jean	Physique atomique et moléculaire
M. MOCHE Raymond	Modélisation,calcul scientifique,statistiques
M. MONTEL Marc	Physique du solide
M. MORCELLET Michel	Chimie organique
M. MORE Marcel	Physique de l'état condensé et cristallographie
M. MORTREUX André	Chimie organique
Mme MOUNIER Yvonne	Physiologie des structures contractiles
M. NIAY Pierre	Physique atomique,moléculaire et du rayonnement
M. NICOLE Jacques	Spectrochimie
M. NOTELET Francis	Systèmes électroniques
M. PALAVIT Gérard	Génie chimique
M. PARSY Fernand	Mécanique
M. PECQUE Marcel	Chimie organique
M. PERROT Pierre	Chimie appliquée
M. PERTUZON Emile	Physiologie animale
M. PETIT Daniel	Biologie des populations et écosystèmes
M. PLIHON Dominique	Sciences Economiques
M. PONSOLLE Louis	Chimie physique
M. POSTAIRE Jack	Informatique industrielle
M. RAMBOUR Serge	Biologie
M. RENARD Jean Pierre	Géographie humaine
M. RENARD Philippe	Sciences de gestion
M. RICHARD Alain	Biologie animale
M. RIETSCH François	Physique des polymères
M. ROBINET Jean Claude	EUDIL
M. ROGALSKI Marc	Analyse
M. ROLLAND Paul	Composants électroniques et optiques
M. ROLLET Philippe	Sciences Economiques
Mme ROUSSEL Isabelle	Géographie physique
M. ROUSSIGNOL Michel	Modélisation,calcul scientifique,statistiques
M. ROY Jean Claude	Psychophysiologie
M. SALERNO Francis	Sciences de gestion
M. SANCHOLLE Michel	Biologie et physiologie végétales
Mme SANDIG Anna Margarete	
M. SAWERYSYN Jean Pierre	Chimie physique
M. STAROSWIECKI Marcel	Informatique
M. STEEN Jean Pierre	Informatique
Mme STELLMACHER Irène	Astronomie - Météorologie
M. STERBOUL François	Informatique
M. TAILLIEZ Roger	Génie alimentaire
M. TANRE Daniel	Géométrie - Topologie
M. THERY Pierre	Systèmes électroniques
Mme TJOTTA Jacqueline	Mathématiques
M. TOURSEL Bernard	Informatique
M. TREANTON Jean René	Sociologie du travail

M. TURREL Georges  
M. VANDIJK Hendrik  
Mme VAN ISEGHEM Jeanine  
M. VANDORPE Bernard  
M. VASSEUR Christian  
M. VASSEUR Jacques  
Mme VIANO Marie Claude  
M. WACRENIER Jean Marie  
M. WARTEL Michel  
M. WATERLOT Michel  
M. WEICHERT Dieter  
M. WERNER Georges  
M. WIGNACOURT Jean Pierre  
M. WOZNIAK Michel  
Mme ZINN JUSTIN Nicole

Spectrochimie infrarouge et raman

Modélisation, calcul scientifique, statistiques  
Chimie minérale  
Automatique  
Biologie

Electronique  
Chimie inorganique  
géologie générale  
Génie mécanique  
Informatique théorique

Spectrochimie  
Algèbre

*Je dédie ce travail à mes parents, qui m'ont  
appris le sens de l'effort, et à mes enfants, à  
qui j'espère le transmettre.*

Je remercie le Professeur Vincent Cordonnier, pour m'avoir accueillie dans son équipe et pour me faire l'honneur de présider ce jury.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude aux Professeurs Régis Beuscart et Serge Miranda, qui ont examiné mon travail avec beaucoup d'attention et ont accepté d'en être les rapporteurs.

Mes remerciements vont également aux examinateurs : Jean-Christophe Nicolas, Olivier Caron et Eric Alzai.

Au Professeur Georges Grimonprez, qui a pris une part importante dans le suivi de ce travail et la rédaction de ce document, je transmets toute mon amitié.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à ceux qui, pendant la durée de ce travail, m'ont aidée et conseillée, principalement Philippe Roussel et Olivier Caron, et les Professeurs André Flory et Bernard Toursel, sans qui ce travail n'aurait pas abouti.

Aux membres de l'équipe RD2P avec qui j'ai travaillé pendant ces années, je fais part de ma sympathie.

J'adresse un grand merci à tous mes amis, dans ma sphère professionnelle, comme dans ma sphère privée, dont l'indéfectible soutien a été mon moteur.

Je remercie M. Henri Glanc, qui a assuré avec diligence et compétence la reproduction de ce document.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à Claire et Olivier qui ont participé à divers titres à l'élaboration de ce document et à Jean-Jacques Hauser pour sa disponibilité et son concours important dans sa rédaction et la préparation de l'exposé qui l'accompagne.

---

# Table des Matières

---

---

	<b>Introduction.....</b>	<b>7</b>
<b>Chapitre 1</b>	<b>La théorie des Systèmes d'Information .....</b>	<b>9</b>
1.1	Introduction .....	9
1.2	L'approche systémique .....	10
1.2.1	Les systèmes : définition générale .....	11
1.2.2	Le système et son environnement .....	12
1.2.3	Décomposition des systèmes .....	13
1.2.4	La finalité des systèmes .....	15
1.2.5	L'évolution des systèmes .....	15
1.3	Les modèles .....	16
1.3.1	Formalisation des modèles .....	17
1.4	Approche systémique des organisations .....	18
1.4.1	Décomposition d'une organisation en sous-systèmes .....	18
1.4.2	Les flux d'information .....	19
1.4.3	Les sous-systèmes .....	20
1.5	Notion de système d'information .....	21
1.5.1	Définition descriptive du système d'information .....	21
1.5.2	Classification des systèmes d'information : panorama actuel .....	22
1.6	La conception des systèmes d'information .....	25
1.6.1	Evolution dans le temps du processus de conception - remarque sur les niveaux d'invariance .....	26

---

1.6.2	Les approches de conception	28
1.6.3	L'approche données	29
1.6.4	L'approche orientée traitements	29
1.6.5	L'approche orientée dynamique	30
1.6.6	Le piège du technology-driven	30
1.7	Les modèles utilisés	30
1.7.1	Les modèles traditionnels	30
	Les modèles conceptuels	30
	Les modèles organisationnels	31
1.7.2	Les modèles dans les méthodes OO	32
1.7.3	Positionnement des modèles dans le processus de conception	34
1.8	Quelques méthodes d'analyse systémique	35
1.9	Conclusion	35

## **Chapitre 2**      **Notion de Système d'Information Communicationnel ...37**

2.1	Introduction	37
2.2	La communication : une dimension nouvelle	38
2.2.1	La communication : définition	39
2.2.2	La communication dans les SI	40
2.2.3	Les paramètres matériels et physiques d'une communication	41
2.2.4	Description fonctionnelle d'une communication entre systèmes d'information	43
	La communication organisations/organisations	44
	La communication individus/individus	44
	La communication individus/organisations	45
2.2.5	Cadre de l'étude : la communication individus /organisations	45
2.3	Définition des systèmes d'information communicationnels	47
2.3.1	Description des SIC	50
2.4	Formes de SI communicationnels Individus/Organisations	51
2.4.1	La forme agrégat/agrégat	52
2.4.2	La forme intégrat/agrégat	55
2.4.3	La forme agrégat/intégrat	56
2.4.4	La forme intégrat/intégrat	57
2.5	La carte dans les SIC	57
2.5.1	Les applications cartes	58

2.5.2	La conception des systèmes à cartes .....	60
2.5.3	La mise en oeuvre des systèmes à "cartes" .....	61
2.5.4	L'évaluation des systèmes à cartes .....	61
2.6	Conclusion .....	61

**Chapitre 3****Modélisation des Systèmes d'Information Communicationnels..... 63**

---

3.1	Introduction .....	63
3.2	Couche matérielle .....	65
3.2.1	Le modèle OSI .....	65
3.2.2	Les acteurs matériels .....	65
3.2.3	Les configurations du réseau .....	66
3.2.4	Le réseau fixe .....	67
3.2.5	Le réseau communicationnel .....	68
3.2.6	Le réseau communicationnel actif .....	68
3.2.7	Configuration instantanée du réseau (l'architecture du réseau) .....	69
3.2.8	Les sites virtuels du réseau .....	69
3.3	Couche transactionnelle .....	71
3.3.1	Le mode client / serveur .....	71
3.3.2	Les acteurs logiciels .....	72
3.3.3	L'application "individu" .....	73
3.3.4	L'application "distante" .....	73
3.3.5	Les modes de transactions .....	74
3.3.6	Mode local/distant .....	74
3.3.7	Mode immédiat/différé .....	75
3.3.8	Les types génériques de transactions .....	80
3.3.9	Local immédiat .....	80
3.3.10	Distant immédiat .....	81
3.3.11	Distant différé .....	84
3.3.12	Local différé .....	84
3.3.13	Transactions cartes serveurs .....	85
	Cartes serveurs : Transactions immédiates .....	86
	Cartes serveurs : Transactions différées .....	87
3.4	Le modèle de gestion d'une transaction .....	88
3.4.1	Transaction élémentaire .....	89
3.4.2	Les couches du modèle de gestion des transactions .....	89

---

3.4.3	Le modèle multicouche de gestion d'une transaction élémentaire .....	90
3.4.4	La couche application .....	91
3.4.5	La couche SGBD .....	92
3.4.6	La couche accès aux données .....	92
3.4.7	La couche routage .....	93
3.4.8	La couche réseau .....	93
3.4.9	Le traitement des transactions différées .....	93
3.5	La couche fonctionnelle .....	94
3.5.1	Le traitement du différé dans la couche fonctionnelle .....	95
3.5.2	L'implémentation d'un service .....	96
3.5.3	Les bases de données .....	96
3.6	Conclusion .....	97

## Chapitre 4

### **Implémentation des Systèmes d'Information Communica- tionnels .....99**

4.1	Introduction .....	99
4.2	Système 1: la carte BD. Implémentation de la forme agrégat/agrégat	100
4.2.1	Bases de données mises en jeu .....	100
4.2.2	Types d'application .....	101
4.2.3	Fonctionnement du système .....	101
4.3	Système 2 : la BD répartie. Implémentation de la forme intégrat/ agrégat .....	102
4.3.1	Schéma du système .....	102
4.3.2	Les données .....	103
4.3.3	Conception des BD cartes .....	105
4.3.4	Interrogation et mise à jour de la base répartie .....	105
4.4	Système 3 : la carte BD fédérée individuelle. Implémentation de la for- me agrégat/intégrat .....	106
4.4.1	Type d'applications .....	106
4.4.2	Le système proposé .....	107
4.4.3	La base de données carte .....	108
	Les données locales .....	108
	Les données formelles .....	109
	L'architecture de la fédération .....	109
4.4.4	Architecture du système .....	112

4.4.5	La gestion des transactions .....	115
	Transactions immédiates .....	115
	Transactions immédiates en mode dégradé .....	116
4.4.6	Le traitement des transactions différées .....	117
4.4.7	Cas d'erreurs .....	117
	Erreurs système ou réseau .....	117
	Erreurs introduites par le mécanisme de conversion .....	117
4.4.8	La conversion de requête .....	118
	Le principe de la conversion .....	118
	Les tables de conversion .....	119
	La délégation de requête .....	120
4.4.9	Implémentation de la conversion .....	120
	la requête d'entrée .....	120
	la requête de sortie .....	121
4.4.10	La création de données .....	121
4.4.11	La consistance des bases de données .....	122
4.5	Le prototype .....	124
4.6	Perspectives .....	127
	<b>Conclusion .....</b>	<b>129</b>

---

**Annexe 1** .....

1.1	Format des requêtes d'entrée du convertisseur .....	131
1.2	Description des tables de conversion .....	131
	1.2.1 Table de correspondance .....	131
	1.2.2 Table de liens .....	132
	1.2.3 Table de valeurs .....	133

---

**Annexe 2** .....

2.1	Introduction .....	135
2.2	Le SI du patient .....	136
	2.2.1 Modèle Conceptuel des Données du patient .....	137
	2.2.2 Modèle Organisationnel des Données .....	138
	2.2.3 La base de données carte .....	138

---

2.2.4 Bases de données distantes .....140  
2.2.5 Site M : base de données .....141  
2.2.6 Site M : tables de conversion .....141  
2.2.7 Site radio A : base de données .....143  
2.2.8 Site radio A : tables de conversion .....144  
2.2.9 Site C : base de données .....145  
2.2.10 Site C : tables de conversion .....145  
2.2.11 Exemples de traduction de requêtes.....146

**Liste des figures** .....149

**Bibliographie** .....151

---

# INTRODUCTION

---

On observe depuis quelques années des modifications dans l'implémentation des systèmes d'information automatisés. Des outils matériels et logiciels de plus en plus puissants, des moyens de communication et de stockage de plus en plus performants, permettent une sophistication grandissante des systèmes d'information, notamment en ce qui concerne l'intégration des systèmes.

Un type d'informatique s'est fait jour et semble prendre une importance croissante, en terme de nombre d'utilisateurs, comme en terme de domaines applicatifs concernés : l'informatique à grande diffusion. On peut regrouper sous cette appellation les applications informatiques mises à disposition d'un large public par une entreprise, une ville, un hôpital, un réseau bancaire ou une administration. Le public concerné par ce type d'informatique est en général un public extérieur au système qui propose le service, au sens où il est un public de "clients".

Ces applications sont généralement accessibles aux utilisateurs à travers des guichets d'accueil disposés en nombre important et créant un réseau de points d'entrée à un système. Dans ce type d'informatique, on trouve, par exemple, le "minitel" ou la télévision interactive. Un autre objet informatique nouveau est en émergence progressive dans ce domaine de cette informatique de communication, c'est la carte à microprocesseur.

Son caractère nomade, son transport et son utilisation faciles, la font apparaître de plus en plus comme une réponse possible aux besoins de l'informatique de grande diffusion. Elle est un support individuel de données et de droits d'accès personnels et correspond par là à l'accès par des individus à des informations situées sur des systèmes d'information plus globaux. En ce sens, elle répond aux besoins en communication du grand public avec les administrations qui les gèrent et les fournisseurs de services.

Les initiateurs, concepteurs et développeurs de systèmes d'information sentent intuitivement que la possibilité d'introduire des cartes dans leurs systèmes existe et est même parfois la meilleure solution, mais ne bénéficient pas encore, ni des méthodes de conception ni des outils d'exploitation leur per-

mettant de prendre en compte les objets cartes dans les nouveaux systèmes d'information. Dans ce domaine, on a d'ailleurs assisté à des échecs d'informatisation, par manque de modèles.

Le but de notre propos est donc, dans ce cadre, de formaliser les problèmes engendrés par les particularités des cartes, de décrire et de modéliser différents fonctionnements possibles de systèmes utilisant des cartes, dans l'objectif de fournir aux concepteurs et développeurs un embryon de méthodologie et une description d'outils d'étude et d'exploitation.

On regroupe sous le terme de carte tout un ensemble de notions. En effet, on peut étudier la carte comme le support physique des données qu'elle abrite, une machine qui se connecte à un réseau d'autres machines, l'application qu'elle connaît et qui, en liaison avec le système auquel elle se connecte, traite ses données, ou encore comme l'ensemble structuré de données qu'elle abrite.

Cette notion d'ensemble de données structuré nous amène tout naturellement à parler de bases de données, contenues dans une carte ou réparties sur un ensemble de cartes, et de manière plus abstraite de la façon dont le modèle de données d'un système d'information s'applique aux cartes.

Dans le chapitre 1, nous décrivons les démarches traditionnelles de conception des systèmes d'information et les différents modèles de systèmes d'information classiques.

Le chapitre 2 nous permet d'introduire deux dimensions peu prises en compte dans les méthodes classiques : la dimension communication, qui, de fait, est de plus en plus présente dans les systèmes d'information et la dimension de l'individu, dont la prise en compte résulte de besoins exprimés.

Nous définissons le cadre particulier de ce travail, qui est le domaine, plus restreint, de la communication des particuliers avec les grandes organisations professionnelles, et où le mobile, et plus précisément la carte à microprocesseur, semble être une réponse. Nous proposons la définition d'un nouveau type de système d'information : le système d'information communicationnel, qui met en jeu plusieurs systèmes d'information de types différents. Nous classifions les besoins en communication en trois formes : la forme [1-1] de communication d'un individu unique avec une organisation unique, la forme [n-1] où une organisation dialogue avec n individus et la forme [1-n], qui réalise, du point de vue de l'individu, l'intégration de systèmes distants.

Nous établissons, dans le chapitre 3, une modélisation du système d'information communicationnel, dans un modèle en couches, prenant en compte l'architecture matérielle supportant le système, les moyens techniques et logiciels à mettre en oeuvre et l'architecture fonctionnelle du système.

Le chapitre 4 est consacré à l'implémentation des trois formes de systèmes d'information communicationnels. Nous y proposons différents modèles de fonctionnement de systèmes intégrant des cartes à puce. Nous effectuons une gradation dans la complexité, depuis la carte implémentant un système d'information individuel autonome, jusqu'à la carte système ouvert et fédérateur, en passant par la carte vue comme l'un des éléments d'une base de données répartie à l'extrême. Nous décrivons plus particulièrement quel rôle une carte peut jouer dans l'interconnexion et la fédération de bases de données, et nous présentons le prototype réalisé.

---

# Chapitre 1

## La théorie des Systèmes d'Information

---

### 1.1 Introduction

Ce chapitre d'introduction montre "l'état de l'art" dans la méthodologie de conception des systèmes d'information traditionnels. Actuellement il existe des méthodes de conception des systèmes d'information, qui permettent aux concepteurs d'avoir une démarche rigoureuse d'informatisation, basée sur la théorie générale des systèmes. L'application de cette démarche et l'utilisation de modèles bien définis permettent d'éviter l'échec.

Ce chapitre s'articule autour de la théorie des systèmes et des modèles, de leur étude, leur définition et leur conception.

Nous effectuons tout d'abord un rappel des grandes lignes de la théorie générale des systèmes, tant en ce qui concerne la description des systèmes que la démarche d'étude et la modélisation.

Puis, nous présentons l'application de cette approche systémique aux organisations et nous rappelons la notion de Système d'Information.

Nous proposons ensuite une classification des systèmes d'information traditionnels.

Enfin nous donnons des éléments de méthodologie pour l'étude des systèmes d'information traditionnels : la démarche générale, les différentes approches, une synthèse des méthodologies existantes et une description des modèles utilisés.

## 1.2 L'approche systémique

Suite aux travaux de Von Bertalanffy [V.BER 56], qui l'ont amené à définir une “Théorie Générale des systèmes”, un courant théorique et méthodologique s'est développé et s'affirme depuis le début de la deuxième moitié du vingtième siècle : l'analyse (ou approche) systémique.

Ce courant propose d'utiliser, dans la conception et la gestion des systèmes homme-machine, une “approche synthétique qui reconnaisse les propriétés d'interaction entre éléments d'un système” [WALL 77].

Cette approche, qui s'affiche comme une problématique, a introduit la généralisation de la notion de système et de l'utilisation des modèles dans l'analyse systémique. Les concepts et les principes introduits par cette problématique s'illustrent par des travaux appliqués à nombre de domaines scientifiques (physique, biologie, psychologie, sciences sociales, linguistique et, plus récemment, informatique).

Les objectifs poursuivis par les méthodes systémiques sont, selon B. Walliser [WALL 77] :

- l'organisation des connaissances permettant d'atteindre une meilleure adéquation des moyens mis en oeuvre aux besoins formulés
- de mettre en place une approche globale et synthétique, permettant d'appréhender un système dans son ensemble
- de fournir des concepts, des méthodes et des principes de modélisation communs à toutes les disciplines scientifiques.

La théorie des systèmes étudie les propriétés générales des systèmes, tant naturels qu'artificiels, indépendamment de leur nature physique. Elle souhaite se positionner à un niveau d'abstraction intermédiaire entre celle, très abstraite, des structures mathématiques et le réalisme des modèles particuliers à chaque domaine. Sa caractéristique principale est d'étudier les propriétés et les caractéristiques générales des systèmes indépendamment de leur nature physique. Elle s'intéresse autant aux systèmes naturels qu'à ceux, artificiels, construits par l'homme pour représenter, de manière automatisée ou mécanisée, le monde réel. Elle propose de décrire les systèmes, par une approche globale, sur les plans de leur finalité, leur organisation, leur ouverture, leur évolution, leur reproduction et leur hiérarchisation.

Dans cette optique, la théorie des systèmes lie les concepts de système et de modèle, le modèle étant lui-même un système, représentatif du système concret, quel que soit le niveau d'abstraction utilisé pour le dessiner : depuis la maquette, de nature concrète, jusqu'au modèle abstrait décrit avec un langage de signes.

### 1.2.1 Les systèmes : définition générale

Bernard Walliser propose la définition suivante : “Un système se définit tout d'abord comme une entité relativement individualisable, qui se détache de son contexte ou de son milieu tout en procédant à des échanges avec son environnement”.

Cette définition du système est un point de vue externe : c'est la vue qu'a du système un observateur extérieur non impliqué dans le système ou son environnement.

Un système est donc une entité, une boîte noire (black box), qui possède des entrées et des sorties relatives à son environnement. Dans une finalité bien définie, le système transforme les flux de données reçues sur ses entrées en flux de données disponibles sur ses sorties. Ces flux sont de type physique (matière, énergie) ou informationnel (symboles).

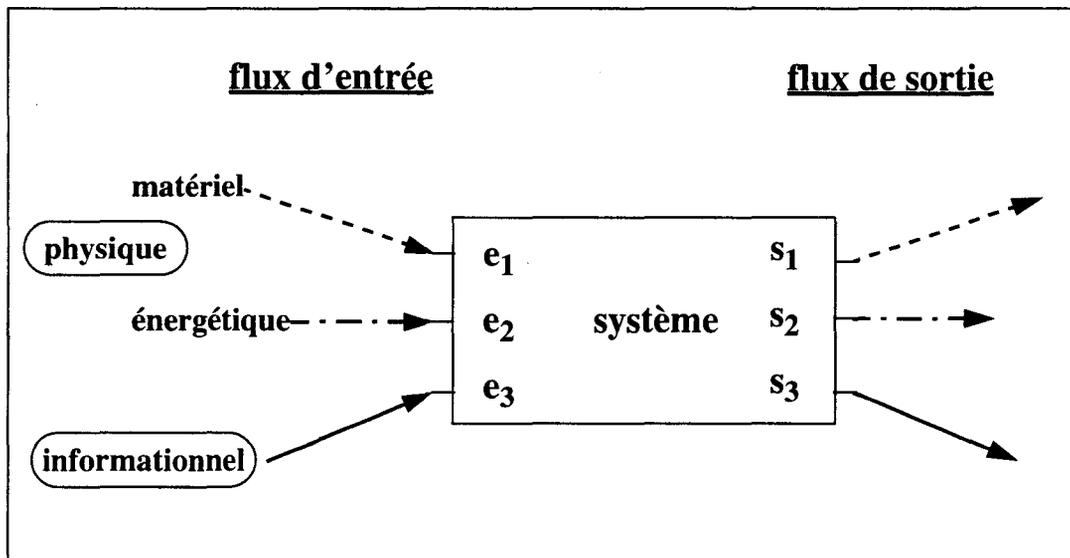


FIGURE 1 système

Les systèmes peuvent générer des flux de sortie d'un type différent du flux d'entrée : par exemple, un convertisseur analogique/numérique transforme un flux physique en flux informationnel. Les systèmes de traitement pur de l'information et les systèmes mécaniques, quant à eux, conservent le type de flux. La transformation opérée par le système sur le flux d'entrée peut être de nature qualitative, quantitative, de commutation, de transport ou de stockage.

Pour caractériser un système, il faut décrire ses entrées, ses sorties, la nature de la transformation qu'il opère et ses propriétés. Les propriétés d'un système sont statiques ou dynamiques. Les propriétés d'un système sont soit de nature extrinsèque, dépendantes de l'environnement dans lequel il est immergé, soit de nature intrinsèque, indépendantes de l'environnement. Dans l'analyse d'un système,

on se doit de mettre en lumière ses propriétés intrinsèques, statiques (descriptives) et dynamiques (de comportement) et ses propriétés extrinsèques.

### 1.2.2 Le système et son environnement

Tout système baigne dans un environnement, avec lequel il a des interactions plus ou moins fortes. On distingue l'environnement général du système, qui est son complément dans l'univers et son environnement privilégié avec lequel il interagit. Cet environnement privilégié est composé de systèmes actifs, qui fournissent au système ses entrées, ou passifs, sur lesquels le système agit par ses sorties. Il est parfois difficile de déterminer exactement les frontières d'un système. Si les frontières matérielles d'un corps solide sont évidentes dans l'espace tridimensionnel, les frontières d'un organisme social ou économique sont plus floues et plus difficiles à repérer; elles doivent être décrites dans un repère plus complexe (frontières juridiques, économiques ou sociologiques ...) et sont parfois fluctuantes.

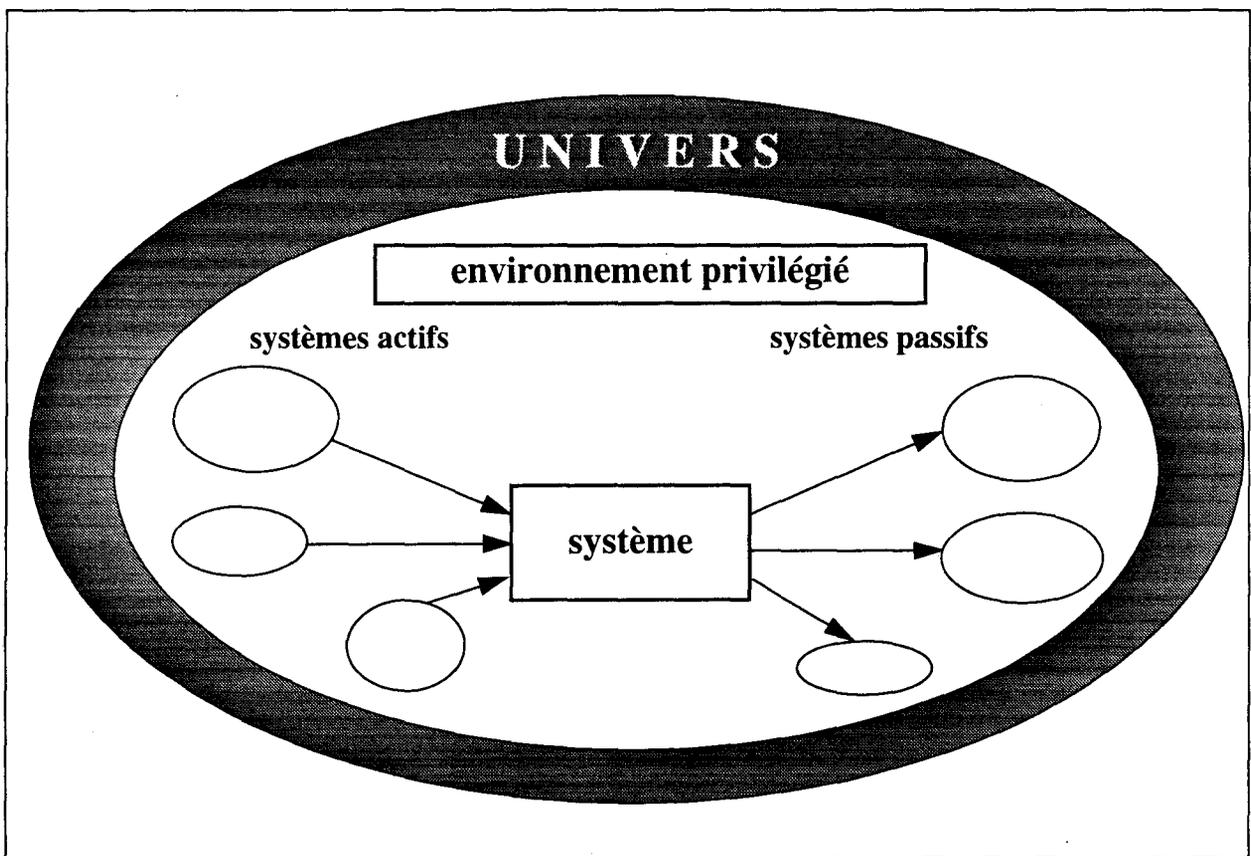


FIGURE 2 position du système dans l'univers

Il convient, dans l'analyse d'un système, de définir le plus précisément possible les frontières du système et ses interactions avec son environnement privilégié. Ces frontières représentent les interfaces entre le système et le monde extérieur.

Un système présentant des échanges bidirectionnels avec son environnement est dit "ouvert" [LE MO 77]. On peut définir le niveau d'ouverture d'un système, depuis le système isolé jusqu'au système parfaitement intégré dans son environnement. Plus un système est ouvert, plus son comportement est influencé par l'environnement.

### 1.2.3 Décomposition des systèmes

Tout système peut se décomposer en sous-systèmes reliés entre eux de manière à réaliser une cohérence globale du système. Le réseau de relations établi entre les sous-systèmes constitue une interdépendance mesurable entre les éléments. De manière générale, les relations entre les sous-systèmes sont réalisées par la circulation de flux sur des canaux. Les canaux peuvent être de types différents et sont adaptés aux flux transportés (flux informationnels, de matière ou d'énergie).

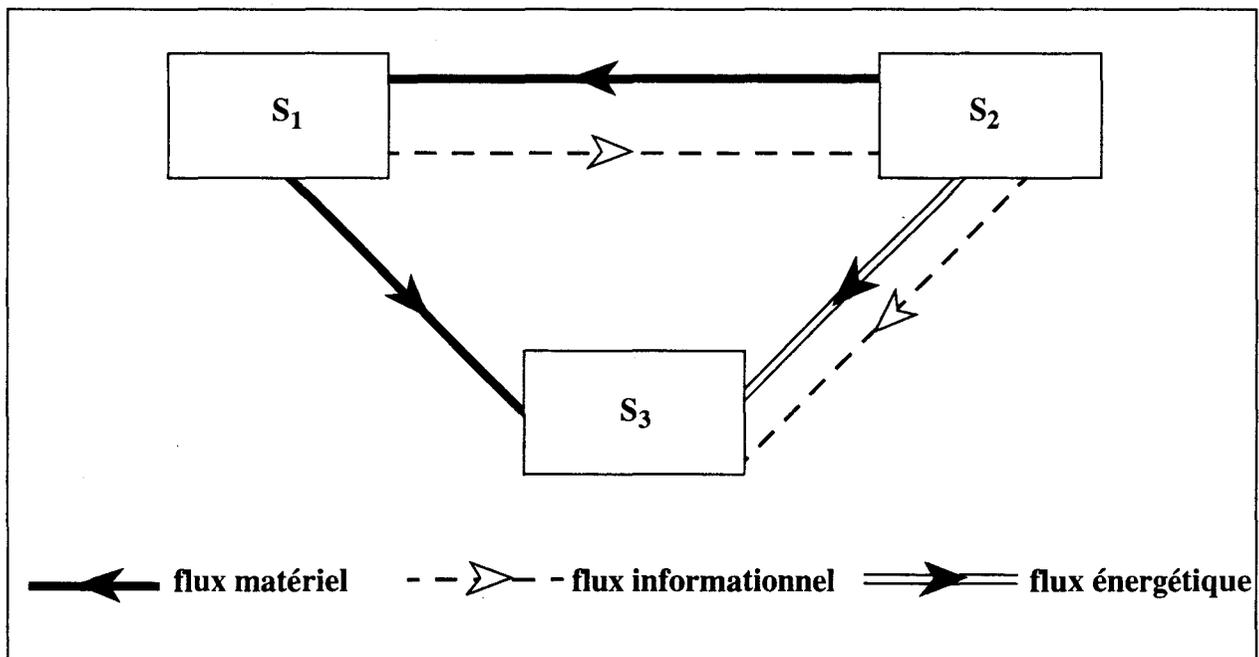


FIGURE 3 canaux de transmission des interactions

On distingue deux types d'interactions entre sous-systèmes :

- les interactions localisées, qui sont affectables à des couples de sous-systèmes précis et repérés
- les interactions délocalisées, qui concernent l'ensemble des sous-systèmes et ne sont pas affectables à des sous-systèmes précis, mais servent généralement à maintenir la cohérence du système.

Prenons l'exemple du système scolaire : la dépendance hiérarchique entre les établissements et leur académie respective est une interaction localisée entre des entités précises; la description des filières et des passerelles entre elles est une interaction délocalisée, qui concerne l'ensemble du système (établissements, enseignants, élèves) et maintient sa cohérence globale.

De la même manière, le système téléphonique international présente les deux types d'interactions : des interactions localisées existent entre les différents centraux téléphoniques, par la présence de canaux physiques (les câbles et fibres optiques); le principe de numérotation internationale est en lui-même une interaction délocalisée entre les divers opérateurs permettant la cohérence globale du système téléphonique international.

L'interdépendance entre les différents sous-systèmes d'un système varie entre deux extrêmes théoriques :

- l'interdépendance totale, où les sous-systèmes sont quasiment indiscernables. Le corps humain est un système dont les sous-systèmes composants présentent une interdépendance très forte entre eux;
- l'absence d'interdépendance, où les sous-systèmes ne présentent aucune interdépendance entre eux.

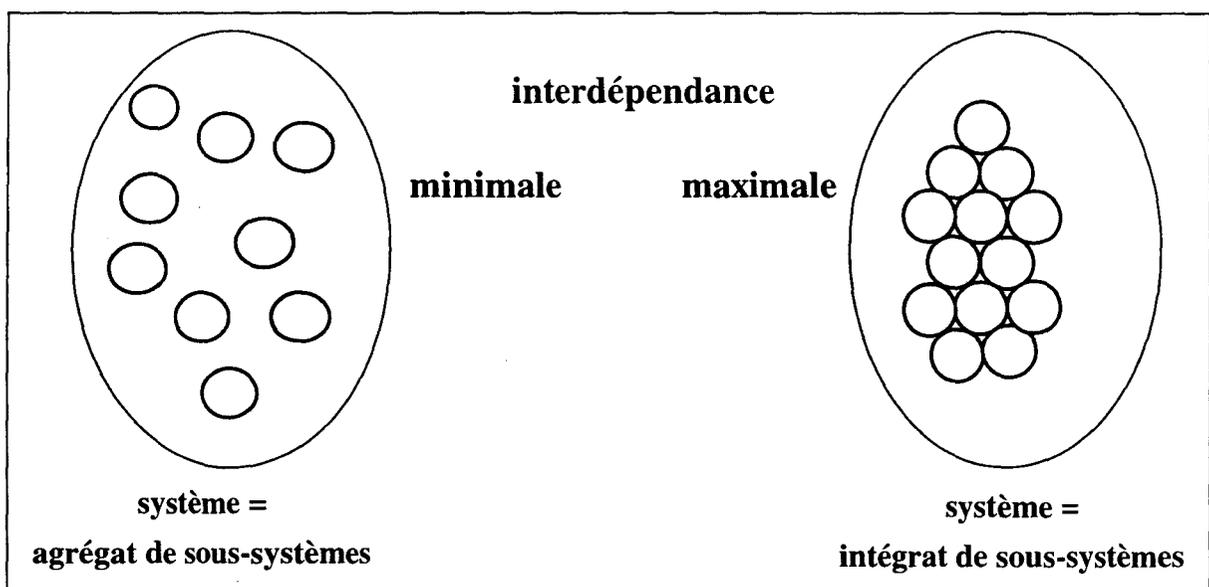


FIGURE 4 interdépendances entre sous-systèmes; extrema

On appelle intégrat un système où l'interdépendance est totale entre les sous-systèmes composants et agrégat un système où l'interdépendance est nulle.

#### **1.2.4 La finalité des systèmes**

Tout système, naturel ou construit par l'homme, présente une ou plusieurs finalités. La finalité d'un système est une propriété observable de ce système. Dans le cas des systèmes matériels ou des organisations mis en place par l'homme, il faut différencier la finalité avérée d'un système et l'intentionnalité. Si la finalité représente l'objectif réellement poursuivi par le système, le but final vers lequel il tend ou semble tendre, l'intentionnalité représente l'objectif affiché pour lequel le système a été construit.

Il peut y avoir des divergences entre la finalité (objectif réel observable) et l'intentionnalité (objectif désiré affiché). Certaines contraintes matérielles, politiques ou sociologiques, peuvent restreindre l'intentionnalité vers une finalité moins ambitieuse. Un système construit avec une certaine intentionnalité peut présenter, à l'usage, des finalités supplémentaires non prévues, intéressantes ou non. Ces finalités supplémentaires se trouvent dans les effets de bord des systèmes ou dans leurs effets secondaires, indésirables ou non; par exemple, les effets secondaires d'un médicament ou la finalité éducative non intentionnelle d'un jeu.

Dans la conception de systèmes, il est important tout d'abord que l'intentionnalité poursuivie soit nettement définie et, ensuite, que les finalités respectent au plus près l'intentionnalité. L'écart entre l'intentionnalité et la finalité d'un système représente le niveau d'adéquation entre les besoins et desiderata exprimés (intentionnalité) et les fonctionnalités proposées (finalité).

On distingue une hiérarchie de niveau dans les finalités d'un système. En effet, si la finalité du système global est sa finalité fondamentale, les sous-systèmes peuvent poursuivre une finalité propre de niveau inférieur à la finalité fondamentale. La structuration des sous-systèmes composants et la hiérarchisation de leurs finalités propres (intermédiaires ou partielles) permettent au système de poursuivre son but final.

Ceci revient à définir le rôle de chacun des intervenants, matériels logiciels ou humains, d'un système par rapport à l'objectif global.

#### **1.2.5 L'évolution des systèmes**

Dans l'étude ou la conception d'un système, la notion d'évolution temporelle joue un rôle important, tant dans les phases de conception que dans les phases d'exploitation du système. La vie comme la genèse d'un système sont rythmées par une suite d'étapes de durées différentes, qui forment son cycle de vie.

La description du cycle de vie d'un système représente son évolution dynamique dans le temps. La conception d'un système nécessite de définir et de caractériser les différentes étapes de la vie du système.

La notion de temps apparaît également dans les niveaux d'invariance temporelle des caractéristiques d'un système. Plus une caractéristique est intrinsèque, et donc indépendante de l'environnement, plus son niveau d'invariance temporelle sera grand. A l'inverse, une caractéristique extrinsèque présente une durée de vie fortement liée aux modifications de l'environnement.

## 1.3 Les modèles

L'étude que nous venons d'effectuer montre qu'un système présente finalement quatre caractérisations fondamentales :

- ses liaisons avec son environnement
- sa décomposition
- sa finalité
- son évolution temporelle.

Pour décrire un système naturel ou pour décrire un système artificiel que l'on veut concevoir, on utilise le principe de la modélisation. Cette notion de modélisation traduit la volonté de chercher des ressemblances entre les systèmes, dans le but de transposer des concepts et caractérisations d'un domaine à l'autre. Elle est une des pierres de base de l'analyse systémique. La "ressemblance" entre deux systèmes s'établit par la correspondance existant entre les caractéristiques des systèmes. L'isomorphisme parfait entre deux systèmes est idéal; il impliquerait que les systèmes soient indiscernables.

La modélisation consiste à décrire, dans un formalisme défini, les caractéristiques et propriétés communes aux systèmes d'une même famille. Elle s'établit à différents niveaux d'abstraction, d'indépendance aux contraintes physiques. Le niveau d'abstraction d'un modèle définit son degré de généralisation et donc son degré d'universalité. On généralise un modèle en étendant la validité d'un modèle empirique en réponse à certains paramètres (temps, lieu, valeurs des données d'entrée ...). On obtient alors un modèle plus théorique de portée plus large, qui peut donc être réutilisé dans d'autres situations ou d'autres domaines d'application.

A l'inverse, en partant d'un modèle théorique général, on dessine des modèles de plus en plus pratiques pour arriver à la description précise d'un système particulier.

Un modèle se doit de décrire de la manière la plus complète possible les caractéristiques statiques du système tout autant que ses caractéristiques de comportement, en fonction des modifications de son environnement.

Bien évidemment, un système réel, surtout s'il est complexe, présente une certaine distance par rapport à son modèle. Cette distance s'accroît avec le degré d'universalité du modèle.

Par exemple, une maquette d'architecte présente des écarts avec la construction réelle : elle présente une différence d'échelle avec le bâtiment réel; elle n'est pas réalisée avec les mêmes matériaux; elle ne montre pas les caractéristiques prévues de comportement aux conditions météorologiques ou aux contraintes particulières du sol. D'autre part, son degré d'universalité dépend du nombre d'exemplaires de bâtiments qui seront construits sur ce modèle.

### **1.3.1 Formalisation des modèles**

Un modèle peut être exprimé selon différents formalismes, souvent complémentaires, certaines caractéristiques se prêtant mieux à certaines formalisations. On distingue plusieurs formes de description :

- narrative : c'est la description d'un système avec des mots écrits ou parlés
- physique : c'est la représentation matérielle d'un système en taille réduite (exemple : la maquette d'un architecte). Un tel modèle est également appelé modèle iconique
- graphique : souvent utilisée en complément du modèle narratif, elle se présente sous la forme de diagrammes, de tableaux ou d'organigrammes
- par analogie [WILS 86] : c'est la représentation d'un phénomène physique par un autre phénomène physique plus facile à étudier; exemple : la modélisation d'un poumon humain par un circuit électrique RLC [LOGI 95], pour l'étude de la mécanique ventilatoire
- mathématique : représentation analytique de phénomènes sous forme d'expressions mathématiques. Ces modèles sont classifiés par WILSON en quatre catégories, selon qu'ils sont indépendants ou non du temps (modèles statiques ou dynamiques) ou selon qu'ils modélisent des comportements prédictibles ou incertains (déterministes ou non déterministes)
- conceptuelle : une description conceptuelle est basée sur l'emploi de symboles pour la représentation des aspects qualitatifs du système à étudier. Il y a deux catégories de modèles conceptuels : les modèles structurels et les modèles comportementaux. Les modèles structurels décrivent de façon statique les entités intervenant dans le système et leurs relations fonctionnelles. Les modèles comportementaux, quant à eux, servent à décrire l'évolution du système ou le comportement de ses entités composantes, généralement, en fonction du temps.
- simulation : la modélisation théorique du comportement d'un système est parfois difficile à réaliser dans une formalisation classique, en particulier quand on se trouve face à un problème d'échelle, tel un problème d'échelle temporelle ou de très grand nombre d'éléments ou de situations. Il devient alors indispensable pour étudier le comportement d'un système de réaliser une simulation. En effet, si

on sait modéliser mathématiquement un phénomène physique isolé se produisant pendant un intervalle de temps très bref, il est souvent impossible de modéliser mathématiquement le comportement d'un grand nombre d'éléments interagissant entre eux pour une période de temps longue. Prenons l'exemple de l'étude du comportement des électrons dans un semi-conducteur : l'AsGa. On a pu isoler et modéliser mathématiquement la trajectoire d'un électron dans une série de cas précis de situations. Cette modélisation n'est valable que pour une durée d'environ  $10^{-15}$  seconde. Pour étudier les trajectoires de l'ensemble des électrons d'un morceau d'AsGa [BOIT 91] pendant toute leur durée de vie ( $10^{-12}$  s), on est amené à construire un simulateur de comportement capable de calculer en parallèle les trajectoires de tous les électrons pour chaque intervalle de temps. Le nombre de cas possibles à chaque pas de calcul (intervalle de temps) est en effet tellement grand (15 types génériques d'interactions possibles pour chaque électron à chaque pas de calcul) qu'une modélisation mathématique formelle est impossible à faire et ferait intervenir un trop grand nombre de paramètres. La loi des grands nombres nous permet alors d'effectuer une simulation par tirage aléatoire des situations.

## 1.4 Approche systémique des organisations

La théorie générale des systèmes, conçue comme une problématique, ne donne pas lieu à des applications pratiques directes. Mais elle a inspiré de nombreux travaux, comme dans l'étude des organisations professionnelles, en vue, entre autres, de leur informatisation. Nous entendons, par organisation professionnelle, toute entreprise commerciale ou industrielle, toute administration ou toute association socio-économique ou socioculturelle. Une organisation est donc un système structuré regroupant un ensemble d'acteurs humains oeuvrant pour le même objectif, qui est la finalité du système. L'étude des organisations se fait depuis les années 70 selon une approche systémique, dans le but d'en étudier les dysfonctionnements puis de proposer des solutions de réorganisation. Ces solutions sont souvent sous-tendues par l'automatisation ou l'informatisation de tout ou partie des tâches réalisées dans le système.

### 1.4.1 Décomposition d'une organisation en sous-systèmes

L'approche systémique appliquée aux organisations nous apprend que toute organisation peut être modélisée sous forme de trois sous-systèmes qui interagissent (représentation ANSI-SPARC dite à trois niveaux) :

- le système de pilotage
- le système d'information
- le système opérant.

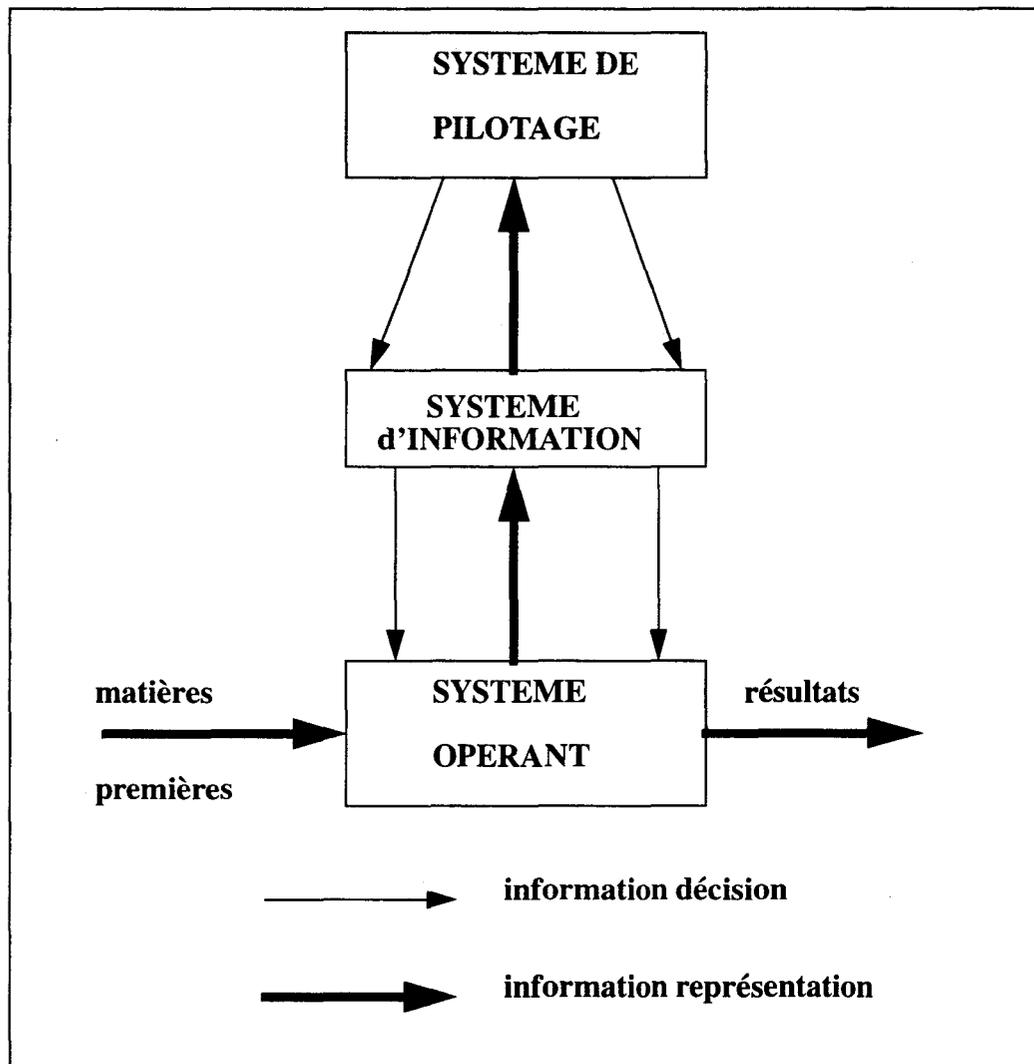


FIGURE 5 organisation d'une entreprise : approche systémique

#### 1.4.2 Les flux d'information

Sur le schéma précédent (figure 5), on distingue deux types de flux d'information :

- l'information de type représentation, purement descriptive du système (valeurs quantitatives, qualitatives, descriptions, états ...)
- l'information de type décision (ordres donnés à un système).

On classe l'information par niveaux, en fonction du niveau d'autorité décisionnelle où elle est prise : stratégique (dite de planification), tactique (pilotage, administration), opératoire (de régulation).

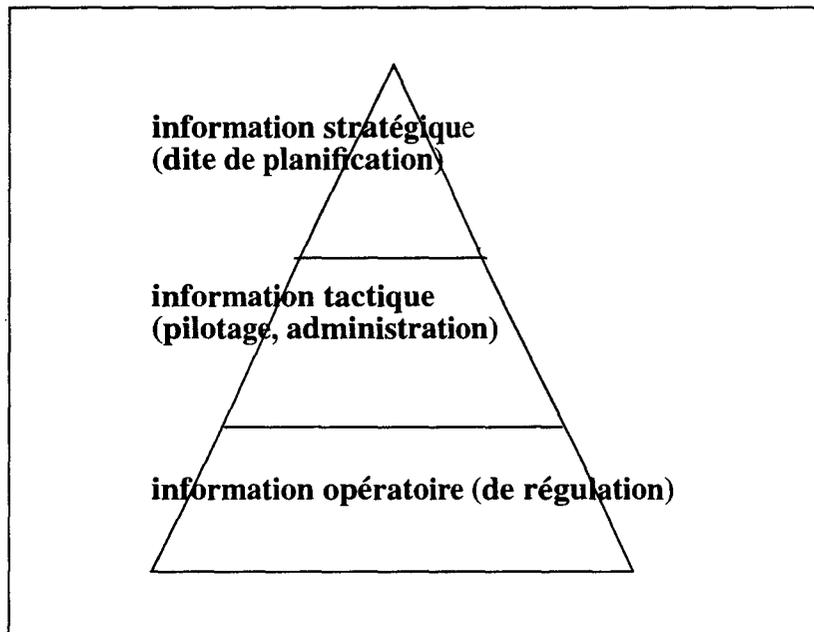


FIGURE 6 classification de l'information par niveaux [TARD 89 ]

### 1.4.3 Les sous-systèmes

Précisons maintenant les fonctionnalités des trois sous-systèmes qui composent l'organisation.

- Le système opérant :

C'est le système de production de l'entreprise, celui qui transforme les matières premières en résultats; les résultats sont des produits finis dans le cas d'une manufacture, une production intellectuelle dans le cas d'une entreprise de conseil ou un service rendu dans le cas d'une société de services; dans tous les cas, c'est la production de l'entreprise qui est visible par le monde extérieur.

- Le système de pilotage :

C'est l'organe décisionnel de l'entreprise, qui, à partir des informations de type représentation fournies par le système d'information, prend des décisions qui influent sur le système opérant.

- Le système d'information :

C'est l'organe qui fait le lien entre les systèmes opérant et de pilotage; il dialogue avec le système opérant pour en extraire et lui fournir de l'information de type représentation (valeurs qualitatives, quantitatives, descriptions, états ...); il dialogue également avec le système de pilotage en lui fournissant des informations représentatives de l'état du système opérant; son rôle n'est pas uniquement de transmettre de façon transparente l'information qui lui est fournie par le système opérant, mais également de la traiter pour ne fournir au système de pilotage que ce qui lui est nécessaire de connaître et ce sous la forme qu'il désire.

## **1.5 Notion de système d'information**

Les entreprises ont compris l'importance de la maîtrise de l'information, de sa gestion et de sa transmission, et surtout l'importance d'intégrer la conception des systèmes d'information dans le plan stratégique global de l'entreprise.

Elles ont de plus compris la nécessité d'appliquer une démarche cohérente et structurée dans la conception des systèmes d'information, pour éviter les erreurs de conception, les pertes de temps ou les erreurs financières.

L'approche systémique a dès lors été largement utilisée pour donner naissance à des méthodes systémiques (en opposition aux méthodes analytiques précédemment utilisées) de conception des systèmes d'information.

### **1.5.1 Définition descriptive du système d'information**

Rappelons tout d'abord la définition d'un système d'information. Nous avons choisi deux définitions proposées, l'une par Alain Cabanes, l'autre par Colette Rolland.

Selon Alain Cabanes [CABA 86] : "le système d'information d'une organisation est l'ensemble des moyens humains et matériels et l'ensemble des méthodes qui se rapportent au traitement des différents types d'information rencontrés dans l'organisation".

- Par organisation, nous entendons un système (entreprise, administration ...), i.e. l'ensemble des ressources qui concourent à un même objectif.
- Les moyens humains sont constitués de l'ensemble des personnes qui émettent, transmettent et utilisent les informations et de l'ensemble des personnes qui maintiennent le système d'information.
- Les moyens matériels correspondent à l'ensemble des machines intervenant dans le traitement, la transmission et le stockage de l'information.
- Les méthodes se décrivent par les procédures, réglementations, protocoles et algorithmes (manuels ou déjà informatisés) appliqués dans l'organisation.

Le traitement représente toutes les tâches spécifiques à la manipulation de l'information.

Colette Rolland, quant à elle, définit un système d'information de la façon suivante [ROLL 91]:

“par système d'information d'une organisation on entend un ensemble formé :

- de collections de données, représentations partielles, en partie arbitraires mais nécessairement opératoires, d'aspects pertinents de la réalité de l'organisation sur lesquels on souhaite être renseignés. Ces collections inter-reliées, aussi cohérentes que possible, sont mémorisées et communiquées dans le lieu, le moment et la présentation appropriés aux acteurs qui en ont l'usage,
- de collections de règles qui fixent le fonctionnement informationnel. Ces règles traduisent ou sont calquées sur le fonctionnement organisationnel. Partie intégrante du système d'information, ces règles doivent être connues des acteurs qui utilisent le système d'information. Elles leur sont nécessaires pour l'interprétation et la manipulation des collections de données,
- d'un ensemble de procédés pour l'acquisition, la mémorisation, la transformation, la recherche, la communication et la restitution des renseignements,
- d'un ensemble de ressources humaines et de moyens techniques intégrés dans un système, coopérant et contribuant à son fonctionnement et à la poursuite des objectifs qui lui sont assignés.”

La méthode MERISE [TARD 89] précise que le concept de système d'information recouvre deux notions :

- “la réalité de l'organisation se transformant, agissant, communiquant et mémorisant des informations, notion qui apparente le système d'information à un objet naturel”
- “le système, objet artificiel, construit par l'homme pour représenter les actions, la communication et la mémorisation dans l'organisation”.

### 1.5.2 Classification des systèmes d'information : panorama actuel

Si tous les systèmes d'information ont pour objectif premier la gestion de l'information de l'organisation, il existe néanmoins plusieurs classifications dans la littérature :

T.W. Olle dans [OLLE 90] propose une classification par le degré d'informatisation :

- manuel
- informatisé par traitement différé par lots (batch)
- informatisation centralisée transactionnelle
- informatisation distribuée transactionnelle.

Les méthodes préconisées dans [OLLE 90] ne s'intéressent qu'à la production de systèmes d'information transactionnels (centralisés ou distribués).

Colette Rolland, dans son ouvrage sur la méthode REMORA, propose trois types de systèmes d'information, classés par objectif :

- le système d'information informatisé qui prend en charge les tâches administratives les plus courantes et très répétitives
- le système d'information informatisé qui contribue à informer le management opérationnel sur le fonctionnement courant
- le système d'information informatisé qui assiste le management dans la prise des décisions opérationnelles.

La méthode REMORA s'intéresse aux systèmes d'information de type "management opérationnel".

La théorie des systèmes nous montre que la finalité d'un système et ses propriétés observables sont une de ses plus importantes caractéristiques. Nous proposons donc de rester proches de la typologie de Colette Rolland, qui classe les systèmes d'information (SI) en terme d'objectif et de déterminer des critères de classification d'un système d'information :

- **son temps de réponse** (le temps de réponse d'un SI est l'intervalle de temps entre la prise de mesure dans le système de production et l'ordre donné par le système de pilotage)
- **le type de sa production** (matière, service, information)
- **la complexité de ses structures** (structuration logique)
- **la complexité des algorithmes de traitement**
- **le volume des informations traitées**
- **sa finalité** (ou plutôt son objectif opératoire).

On distingue trois types de systèmes d'information au regard de ces caractéristiques :

#### **a) informatique de gestion administrative**

Un système de ce type a pour finalité d'effectuer la gestion interne de l'organisation : comptabilité, gestion de personnel, production d'états statistiques de gestion...

- temps de réponse longs (heures à semaines)
- type de production : information administrative
- volumes de données très importants
- grande complexité des structures
- faible complexité des algorithmes
- finalité : gestion administrative interne.

### **b) système de gestion de l'activité de l'organisation**

Ce type de système d'information traite de l'information concernant la gestion du domaine d'activité (gestion de production, gestion commerciale, suivi de procédés de fabrication) et l'information dont le système de pilotage a besoin pour réagir sur le système opérant. Il fournit un reflet de l'activité à un instant donné pour permettre des mesures d'écart par rapport à la situation prévisionnelle ou une adaptation du système opérant à la situation économique extérieure, aux demandes du marché ou à la politique stratégique de l'organisation. Il produit des états ou tableaux de bord concernant la production de l'organisation.

- temps de réponse courts (minute à journée)
- type de production : information opératoire
- volumes de données moyens
- complexité des structures relativement importante
- importante complexité des algorithmes
- finalité : gestion du domaine d'activités de l'organisation.

Exemples :

1. dans une entreprise de fabrication de véhicules, un système d'information de ce type effectue la gestion de la production et la gestion commerciale et mercatique; il permet ainsi de fournir au système de pilotage, d'une part, les informations concernant les capacités de production des différents ateliers et, d'autre part, les tendances du marché; ces informations permettront d'orienter la production vers le type de véhicules souhaité.
2. dans une entreprise de tourisme, un système d'information de ce type fournit les informations permettant de réorganiser le catalogue de l'entreprise (destinations, types de séjours souhaités ...). Il effectue également la gestion au jour le jour des séjours.

### **c) système de contrôle de procédé industriel (process control)**

On trouve ce type de systèmes d'information dans les entreprises de fabrication industrielle (secteur secondaire). C'est le domaine de l'informatique industrielle. Ces systèmes sont généralement des systèmes temps réel. Ils gèrent essentiellement de l'information opératoire, pour adapter le système opérant au type de production demandée. Leur conception procède d'une méthodologie un peu spécifique décrite par J. Calvez : la méthode MCSE [CALV 91].

- temps de réponse très brefs (milliseconde à minute)
- type de production : matière
- volumes de données très faibles
- faible complexité des structures
- faible complexité des algorithmes
- finalité : opératoire.

On remarque que toute organisation possède au moins deux de ces systèmes d'information : le système a) pour sa gestion administrative interne, le système b) pour la gestion de son activité. Seules les entreprises ayant une activité industrielle présentent un système de type c).

Dans les entreprises, les systèmes de type gestion du domaine d'activités et contrôle de procédé industriel sont parfois confondus en un seul système, pour ce qui est de leur conception et de leur administration, avec une prépondérance de l'un sur l'autre selon le type de production et la taille de l'entreprise. Les organisations industrielles ont parfois un système d'information de type gestion du domaine d'activité qui est parent pauvre du système de type process control.

Donnons l'exemple d'une organisation où apparaissent les trois types de systèmes d'information, bien différenciés :

EDF :

- chaque centrale électrique présente un système d'information de type contrôle de process
- le réseau de distribution d'électricité présente un système de type suivi de production
- la direction administrative, quant à elle, utilise un système d'information de type gestion administrative.

On trouve dans la littérature de plus en plus de descriptions de systèmes d'information spécifiques, i.e. de modèles moins génériques, plus ciblés, soit en fonction des fonctionnalités, soit en fonction du domaine d'application : par exemple les systèmes d'information d'aide à la décision pour les systèmes de pilotage, utilisant généralement des systèmes experts, correspondant à une modélisation moins générique, ciblée pour des fonctionnalités spécifiques à la prise de décision tactique voire de planification; ou les systèmes d'information spécialisés par domaine comme les Systèmes d'Information Hospitalier [VANS 95] présentant la particularité d'intégrer des contraintes fortes, spécifiques au domaine d'application.

## **1.6 La conception des systèmes d'information**

De nombreux travaux ont concerné le processus de conception des systèmes d'information et ont donné lieu à différentes méthodes. Si les méthodes sont particulières, elles s'articulent toutes autour d'une démarche globale commune et couvrent tout ou partie de cette démarche. La démarche communément admise consiste à réaliser séquentiellement :

- l'analyse du système naturel, tel qu'il est conceptuellement (i.e. au niveau des concepts qu'il recouvre) et la description du système tel que l'on voudrait qu'il soit (au même niveau de conceptualisation) (travail descriptif)
- la conception du système artificiel : la description des structures de données (les données et leurs liens), des traitements sur ces données et la description des choix d'implémentation (structuration logique et implantation physique du système d'information artificiel) (travail prescriptif).

On note que la démarche est descendante : on part d'une approche globale pour arriver petit à petit à une approche détaillée et chaque phase fournit les éléments indispensables à la phase suivante du processus.

### 1.6.1 Evolution dans le temps du processus de conception - remarque sur les niveaux d'invariance

On représente l'évolution du processus de conception dans un repère tridimensionnel dont les trois axes sont : le cycle de vie, le cycle de décision et le cycle d'abstraction [TARD 89].

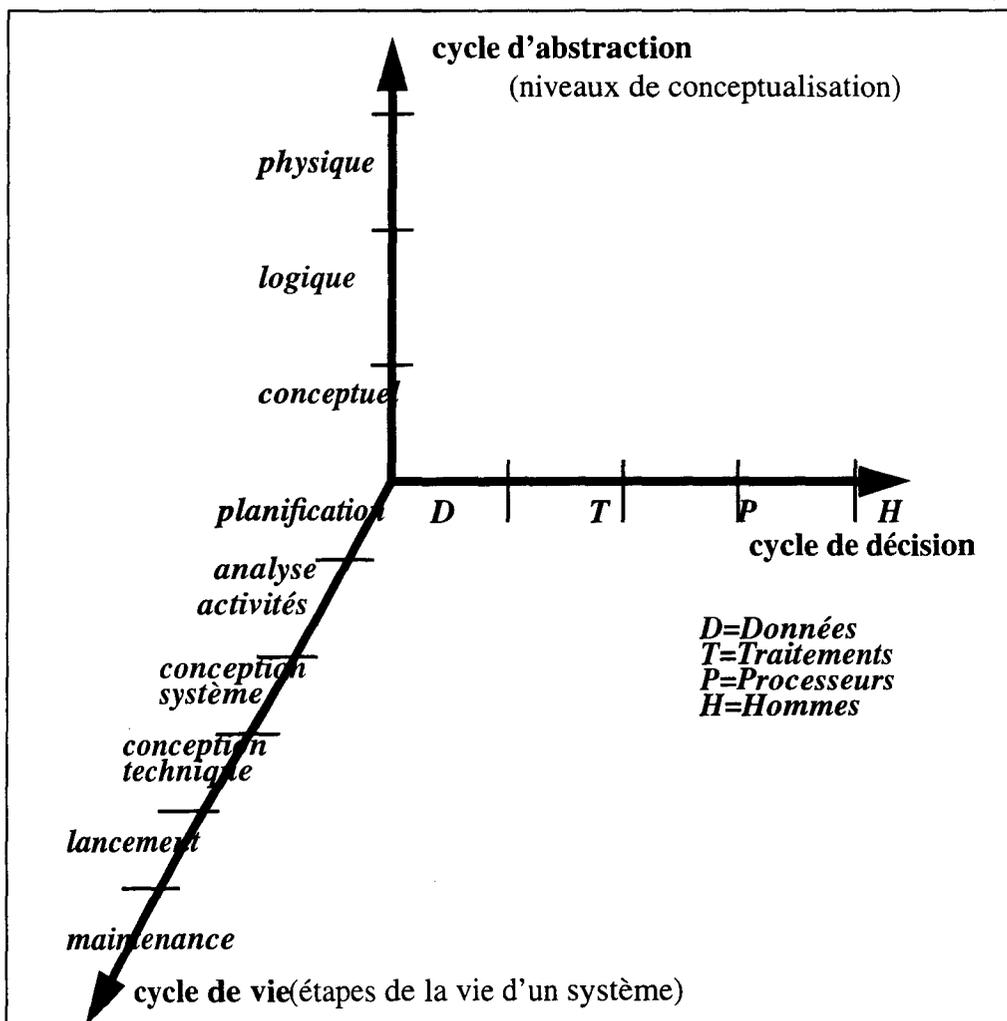


FIGURE 7 représentation tridimensionnelle du processus de conception d'un système d'information

**axe des abscisses : le cycle de vie .** C'est un axe temporel, décrivant les étapes successives de la vie du système : sa planification, sa conception, sa mise en place en grandeur réelle, sa maintenance.

**axe des ordonnées : le cycle de décision.** Cet axe a pour sens la hiérarchie des décisions à prendre à chaque étape, en ce qui concerne quatre composantes essentielles : les données, les traitements, les processeurs et les acteurs. Ce cycle traduit le fait qu'au cours de la vie du système des décisions doivent être prises à des étapes adéquates et selon certaines priorités pour sauvegarder la cohérence du processus de conception. Il symbolise également les points de contrôle et de validation nécessaires.

**axe en élévation : le cycle d'abstraction.** Sur cet axe apparaissent trois niveaux d'abstraction : conceptuel, logique (ou organisationnel) et le niveau physique (ou opérationnel). Ce découpage ne concerne que le système d'information objet artificiel en cours de conception.

Ces niveaux sont le reflet de la distance que prend le concepteur vis-à-vis des objets sur lesquels il travaille. Pour décrire un système ou un objet, on peut se placer à l'un de ces trois niveaux d'abstraction; i.e. rester au niveau du concept, décrire l'organisation du système ou descendre au niveau de la description physique de l'objet ou du système.

- Le niveau conceptuel est le niveau d'abstraction le plus haut; il a une durée de vie très longue; c'est une description du système indépendante de tout choix d'implémentation.
- Le niveau logique concerne l'architecture du système; c'est une description des grands choix d'organisation. On peut le considérer comme une réponse à quatre questions : QUI ? (des processeurs) - QUOI ? (des tâches) - OU ? (des lieux où se trouvent les processeurs) - QUAND ? (interactif ou différé; ponctuel ou par lots ...).
- Le niveau physique décrit le système tel qu'il fonctionne.

Chaque niveau d'abstraction a le même degré d'invariance; i.e. les choix pris à chaque niveau ont la même durée de vie.

Le processus de conception évolue dans le repère tridimensionnel. Son évolution est rythmée par les étapes du cycle de vie. A chaque étape, des décisions sont prises et des modèles sont réalisés à un niveau d'abstraction évoluant du plus abstrait au plus concret.

Un grand principe de l'analyse systémique des systèmes d'information est d'être indépendante des machines et des systèmes (ainsi que des langages) sur lesquels vont tourner les applications. Ceci explique que le choix des machines et des systèmes ne se fasse qu'à l'étape de conception technique (réalisation des applications), soit au niveau d'abstraction le plus faible : le niveau physique. Au niveau logique, on trouve le choix de la classe de processeurs, i.e. le type de machines (mini, micro, pc, réseau et pourquoi pas cartes à puces). Il est bien évident que l'on sait souvent à l'avance quel type de machine on va devoir utiliser, dans tous les cas de "legacy systems". Mais l'analyse informatique doit être décorrélée de tout choix d'implantation, i.e. le choix des machines ne doit pas influencer l'analyse, les choix ne doivent pas être faits en fonction des machines, surtout au niveau conceptuel. Ceci s'explique par les niveaux d'invariance des choix durant le processus de conception.

## 1.6.2 Les approches de conception

L'analyse des différentes méthodologies de conception traditionnelles montre qu'elles ont tendance à emprunter des approches spécifiques et à mettre l'accent sur des aspects différents. On dénombre trois tendances dans les différentes méthodologies : l'approche orientée données, l'approche orientée traitements et l'approche orientée dynamique [OLLE 90].

- Les méthodologies dérivées des techniques de bases de données privilégient l'approche orientée données; i.e. elles mettent l'accent sur les données du système et leur organisation.
- Les méthodologies centrées sur la spécification des fonctions du système d'information sont considérées comme ayant une approche orientée traitements.
- Des travaux récents ont montré que les approches données et traitements ne prenaient pas assez en compte les contraintes et les aspects liés au temps. Une troisième perspective s'est donc développée : l'approche orientée dynamique.

L'approche est considérée comme une propriété du processus de conception. Pour chaque étape (ou composant) du processus, il conviendra donc de définir à quelle(s) approche(s) elle se réfère.

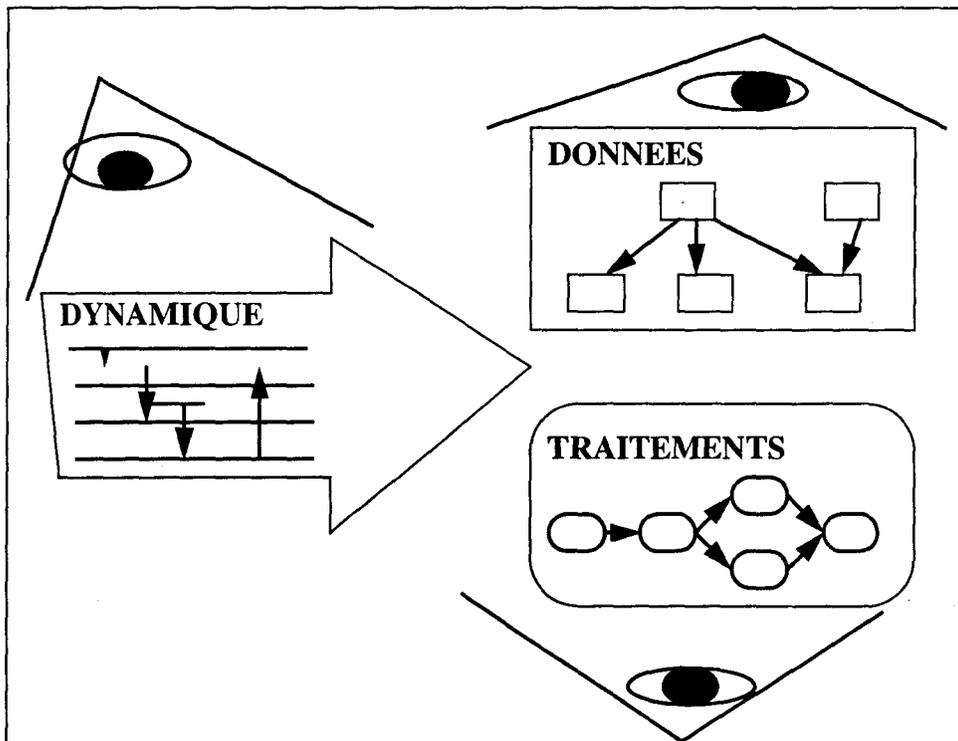


FIGURE 8 les trois approches de conception

### 1.6.3 L'approche données

Cette approche s'est développée avec l'avènement des bases de données dans les années 60. Elle met l'accent sur une analyse complète des données et de leurs associations. Dans une première étape, on réalise une description des données indépendamment de leur stockage puis on exprime les différentes contraintes liées à ces données et les liens qui les relient.

Séquentiellement, durant les étapes du processus de conception, l'approche orientée données réalise :

1. l'inventaire des données des activités de gestion
2. la structuration prescriptive des données, indépendamment de l'outil d'implantation
3. la structuration des données en fonction de l'outil d'implantation et de réalisation (Systèmes de Gestion de Fichiers, Systèmes de Gestion de Bases de Données ...)
4. la représentation des données stockées, incluant les index et les chemins d'accès.

On peut reprocher à ces méthodes de ne pas prendre en compte l'aspect traitements (gestion des données) et de se contenter d'une vue statique et donc figée de l'organisation.

### 1.6.4 L'approche orientée traitements

C'est l'approche qui a marqué les débuts des méthodologies des systèmes d'information, en permettant l'analyse des activités du "monde réel" (de l'organisation), afin d'identifier les activités automatisables.

Comme l'approche précédente, on identifie quatre aspects, reliés aux étapes du cycle de vie:

1. inventaire des activités du domaine (une activité du domaine est un ensemble d'actions qui doit être accompli par l'organisation et qui est bien identifiée, que le système d'information soit ou non informatisé)
2. inventaire des tâches identifiables par l'utilisateur (une tâche est une partie d'activité assurée par un système d'information automatisé). (exemple : un menu utilisateur dans une application est une liste de tâches utilisateur)
3. délimitation des processus automatisables (un processus automatisable est un algorithme logiciel). Il peut assister une ou plusieurs tâches utilisateur. Il est écrit indépendamment de tout langage
4. définition des unités de programme compilables (une unité de programme compilable est un ensemble de lignes de code écrites dans un langage. Un processus consiste en une ou plusieurs unités de programme. C'est la traduction dans un langage précis des processus).

On fait à cette approche la même critique qu'à la précédente : utilisée seule, elle oublie un aspect : l'organisation des données. On comprend donc qu'une bonne méthode combine ces deux approches, tout en privilégiant l'une ou l'autre, en fonction du type d'organisation à étudier et à automatiser.

### 1.6.5 L'approche orientée dynamique

Cette approche se concentre sur le besoin d'analyser et de comprendre les événements du monde réel qui agissent sur les données mémorisées dans le système d'information. Cette approche sera adéquate pour les organisations fortement pilotées par les événements, comme le contrôle de processus. Dans ces organisations, il est indispensable de bien déterminer toutes les séquences d'événements possibles et lesquelles sont acceptables.

Dans la plupart des systèmes d'information, il n'est pas nécessaire d'utiliser les trois approches. Il est même difficile de concilier l'approche traitements et l'approche dynamique dans le même processus de conception.

En règle générale, toute méthode intègre deux des trois approches ( données + traitements ou données + dynamique).

### 1.6.6 Le piège du technology-driven

On a de plus en plus tendance à tomber dans un piège moderne : le pilotage des évolutions de systèmes par la technologie; i.e. quand l'évolution d'un système est pilotée par la volonté affirmée d'utiliser une nouvelle technologie (cartes, multimedia ...). Un des plus grands principes des méthodes de conception de systèmes d'information est l'indépendance aux technologies dans les phases de conception de haut niveau d'abstraction.

## 1.7 Les modèles utilisés

### 1.7.1 Les modèles traditionnels

La conception d'un système d'information consiste donc à décrire et comprendre tous les rouages d'une organisation, tant de manière statique que dynamique. Le groupe ACSIOME [ACSI 90] souligne l'importance de la modélisation dans la conception des systèmes d'information.

Dans nombre de méthodes traditionnelles, les modèles à réaliser sont au nombre de quatre. Ces modèles se situent à des niveaux d'abstraction différents [GALA 84]. Ils concernent les données et les traitements, séparément. Il s'agit de deux modèles conceptuels et deux modèles organisationnels (ou logiques) [ACSI 90].

#### 1.7.1.1 Les modèles conceptuels

Au niveau conceptuel, un modèle présente un haut degré d'invariance temporelle, sa validité n'est pas liée aux choix d'implantation [PLAN 88].

- le modèle conceptuel de données (MCD) :

un modèle de données constitue une description statique de l' "UDD" (Univers Du Discours), i.e. le système étudié dont on a bien délimité les frontières. Il est la description de tous les objets qui interviennent dans le système d'information et des liens qu'ils présentent entre eux.

Le modèle entité/association de CHEN [CHEN 76] [FLOR 80], est un MCD repris dans presque toutes les méthodes systémiques. Ce modèle a été retenu par l'ISO (International Standard Organization) [ISO] comme l'une des trois approches significatives pour décrire les aspects statiques du schéma conceptuel. Le modèle de CHEN se base sur les trois concepts d' "entité" de "propriété" et d' "association".

Une entité est tout objet abstrait ou concret intervenant dans le système et une association est une relation identifiable entre plusieurs entités. Ces deux types d'objets (entités et associations) possèdent en propre des propriétés (ou attributs) permettant de les décrire dans le cadre du système étudié.

Les entités possédant les mêmes types de propriétés sont regroupées dans une entité-type [GALA 84]; de même pour les associations et les propriétés (le groupe ACSIOME préfère l'expression classe d'entités).

Un MCD donne alors, sur un schéma unique, une vue statique de l'ensemble du système d'information, sous formes d'entités-types possédant des propriétés-types et reliées entre elles par des associations-types possédant également des propriétés-types propres. Une entité particulière est une occurrence de l'entité-type à laquelle elle appartient. Le MCD ne manipule pas les occurrences d'entités ou d'associations, ni les valeurs particulières des propriétés.

- le modèle conceptuel des traitements :

un modèle conceptuel des traitements constitue la vue dynamique de l' "UDD". Il est la représentation de toutes les opérations à accomplir, de toutes les manipulations à effectuer sur les données du système et de leur enchaînement. Il est complémentaire du modèle de données. L'ensemble des deux modèles caractérise complètement le système d'information. [TARD 89]

On peut donner comme exemples de modélisation des traitements les réseaux de Pétri [PETR 80], qui représentent une modélisation de la synchronisation des tâches, et le diagramme MERISE (Modèle Conceptuel des Traitements) [TARD 89], qui formalise une modélisation des traitements dite "par événements".

### **1.7.1.2 Les modèles organisationnels**

Au niveau organisationnel (logique), un modèle résulte de la transformation d'un modèle conceptuel en modèle plus spécialisé en fonction des grands choix architecturaux qui ont été faits. Ces choix concernent l'automatisation des différentes opérations, la répartition des traitements et des données entre les unités logiques de travail, les types d'automatisation (traitements en temps réel ou différés), les temps de réponse désirés [TREM 92].

Il existe des règles de passage d'un modèle de niveau plus élevé au modèle de niveau moins élevé correspondant.

- le modèle logique des données :

il est la traduction du modèle conceptuel de données dans le type de système de gestion des données choisi : soit un SGBD (Système de Gestion de Base de Données) de type hiérarchique, réseau ou relationnel, soit un SGF (Système de Gestion de Fichiers). Le choix ne concerne à ce niveau que le type de système et non le système particulier. Le modèle reste indépendant des particularités physiques d'implantation.

On donne en exemple le modèle de SGBD relationnel [MIRA 84]. Ce modèle, fondé sur la notion mathématique de relation a été proposé et normalisé par CODD en 1970 [CODD 70]. Il est actuellement utilisé par un grand nombre de systèmes et a été standardisé par le groupe ANSI SPARC [ANSI 82]. Les relations sont présentées sous forme de tables, dont les colonnes sont les attributs des entités et les lignes les occurrences des entités.

- le modèle organisationnel des traitements :

pour illustrer le modèle organisationnel des traitements nous avons choisi l'exemple des solutions de type relationnel. De nombreux langages de requêtes utilisent l'algèbre relationnelle, dont les opérateurs servent à traduire les actions élémentaires des opérations définies dans le modèle conceptuel [ACSI 90]. Les opérateurs relationnels sont appliqués aux relations et fournissent en résultat d'autres relations. Ils peuvent être purement ensemblistes, comme l'union, l'intersection, la différence et le produit cartésien, ou utiliser des attributs ou leurs valeurs, comme la sélection, la projection et la jointure.

### 1.7.2 Les modèles dans les méthodes OO

Les méthodes orientées objets intègrent dans le même modèle la structure du système d'information et son comportement (ce qui est relatif à ses changements d'état). Nous avons choisi de présenter les modèles utilisés dans la méthode REMORA, de Colette Rolland [ROLL 91]. Celle-ci propose trois modèles pour couvrir tout le processus de conception d'un système d'information [ROLL 91] et [FOUC 82] :

- le modèle descriptif, qui décrit le système d'information en utilisant cinq concepts : le t-objet (entité spécifique et durable du système), la t-association entre les t-objets, la t-propriété (caractéristique d'un objet ou d'une association), la t-opération (règle de gestion du système) et le t-événement (condition d'application des t-opérations);
- le modèle conceptuel, qui utilise les trois concepts de c-objet, c-opération et c-événement. Ce modèle intègre la notion de temps dans les objets : un c-objet est constitué des propriétés d'un t-objet qui ont le même comportement au cours du temps. Les c-objets sont regroupés en c-classe. Une c-opération est une action élémentaire agissant sur un c-objet, en réponse à l'action d'un c-événement;

- le modèle logique, orienté vers les solutions transactionnelles, réunit dans un graphe des transactions (séquence d'actions atomiques) et leurs déclencheurs. Trois structures de base sont utilisées pour décrire les enchaînements événements-transactions : la structure linéaire, la structure disjonctive et la structure conjonctive (figure 9).

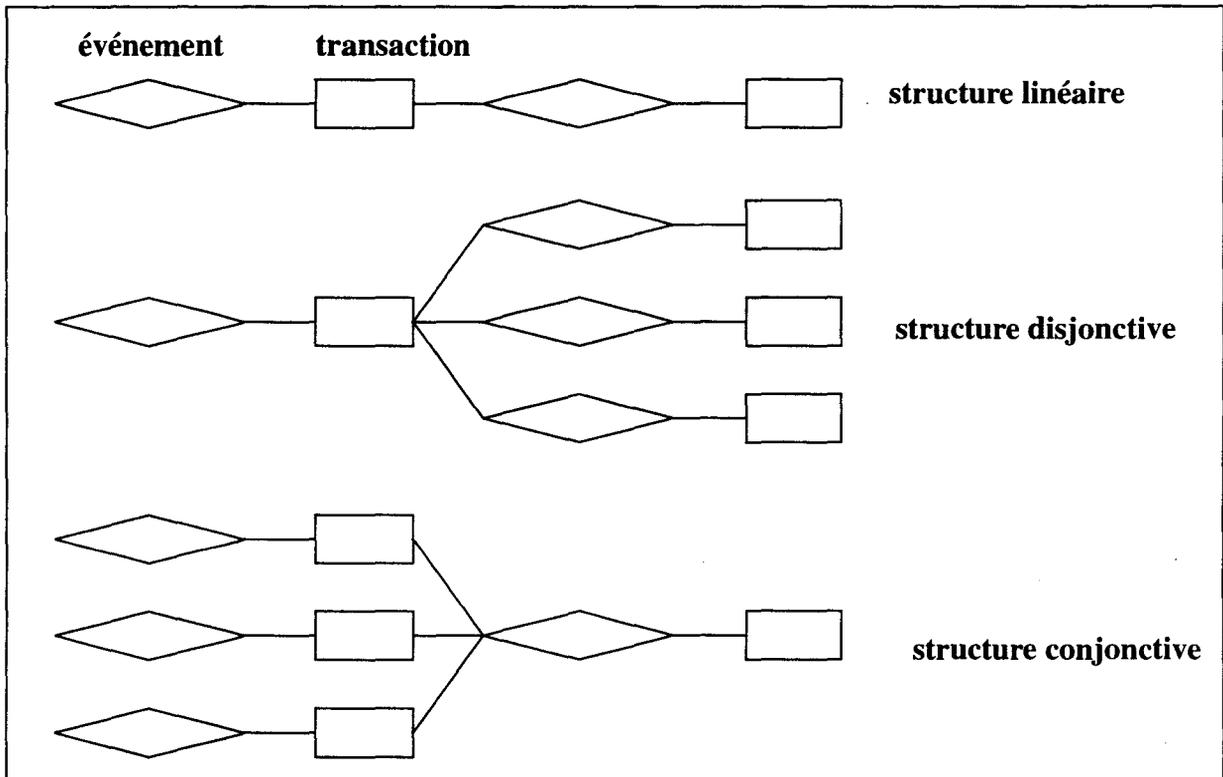


FIGURE 9 structures transactionnelles dans REMORA

En ce qui concerne la modélisation OO, des règles de transformation du niveau conceptuel au niveau logique sont proposées dans [CAUV 95].

1.7.3 Positionnement des modèles dans le processus de conception

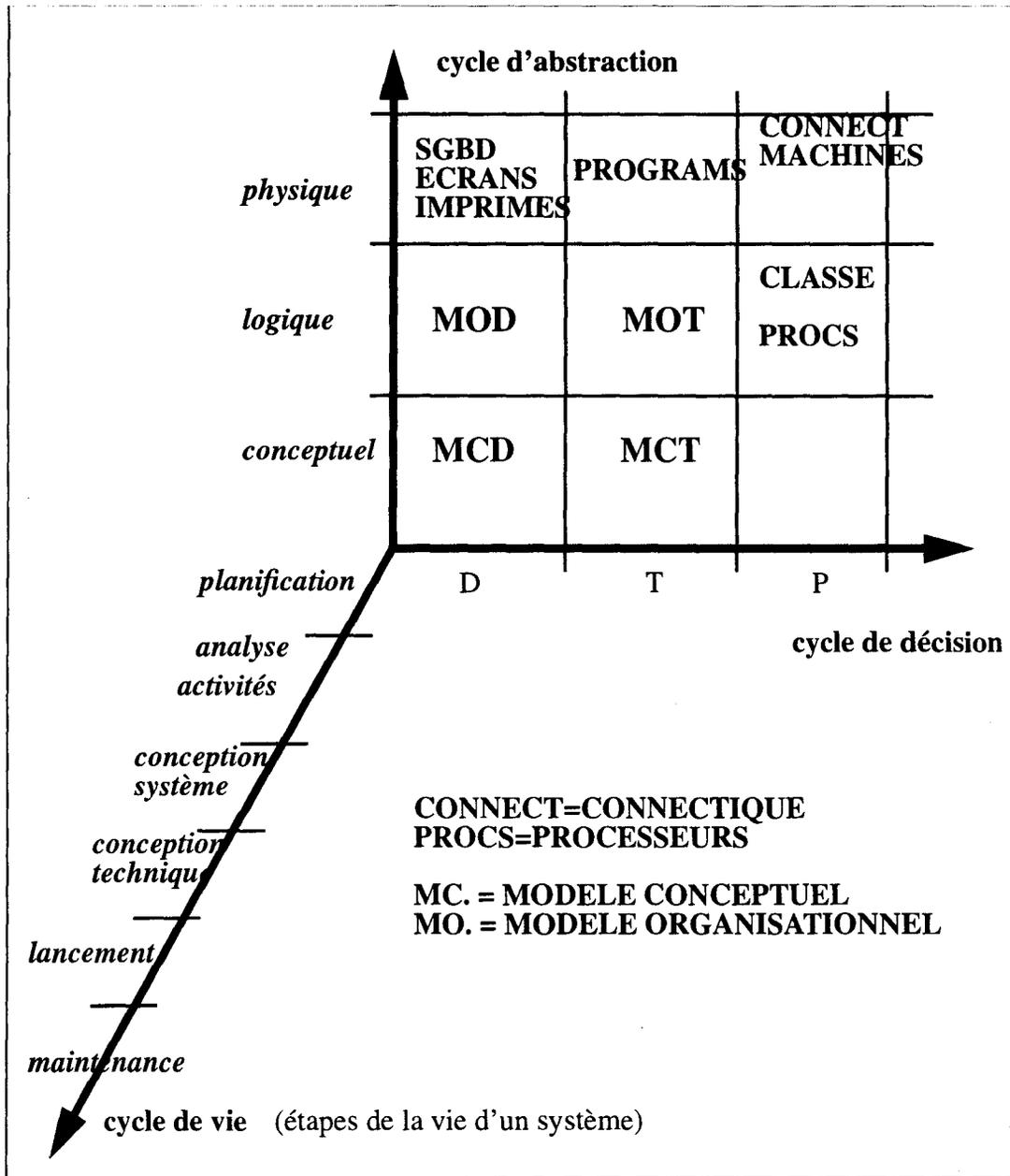


FIGURE 10 position des modèles dans le repère tridimensionnel

Les modèles conceptuels sont réalisés sur les deux premières étapes du cycle de vie (planification et analyse des activités) et les modèles logiques durant la phase de conception système.

## 1.8 Quelques méthodes d'analyse systémique

Nous présentons quelques-unes des méthodologies présentées à la conférence CRIS (Comparative Review of Information Systems Design Methodologies) présidée par T. William Olle en 1982. Intitulé de la conférence : "Méthodologies de conception des systèmes d'information : Analyse comparative". Cette conférence a été parrainée par le Working Group 8.1 de l'IFIP "Conception et Evaluation des Systèmes d'Information" [OLLE 82].

- **JSD** : "Jackson System Development". Cette méthode est orientée traitements, elle modélise les activités comme un réseau de processus communicants. Elle inclut le langage JSP, de programmation structurée, pour décrire le comportement des processus [OLLE 86].
- **MERISE** : La méthode couvre les quatre étapes du processus [TARD 89]. Elle utilise les approches données et traitements combinées et se base pour la première étape sur les concepts introduits par la méthode de planification RACINES (Rationalisation des Choix INformati-quES). Elle était au départ très orientée données, mais s'est modifiée au cours du temps pour donner une plus grande part aux traitements. Sa particularité est que l'analyse est d'abord menée jusqu'à son terme sur une partie dite "significative" du domaine à étudier avant d'être étendue au reste du domaine. La difficulté consiste à déterminer une partie "significative" du domaine, suffisamment représentative et suffisamment décorellée du reste. Elle utilise le modèle de CHEN (entités / associations).
- **REMORA** : Elle introduit la notion d'objets [ROLL 91]. Pour le niveau conceptuel, Remora intègre dans un schéma conceptuel complet la structure de données et la dynamique du système d'information. A l'étape suivante ce modèle est transformé, méthodiquement et de façon normalisée, en schéma de BD augmenté d'une collection de transactions et de traitements implémentables.
- **SADT** : "Structured Analysis and Design Technique". SADT est une méthode graphique, orientée données et traitements. Cette méthode ne concerne que la phase de conception système (modélisation logique des données et des traitements) [OLLE 86].

Nous citerons également les travaux de **X. CASTELLANI**, qui a développé tout d'abord une méthode traditionnelle qui couvre tout l'ensemble du processus de conception et de développement. Il y propose notamment de décrire, dans la phase d'analyse conceptuelle, les données, traitements et communications internes du système d'information dans des modèles appropriés [CAST 87]. Il s'est ensuite intéressé à la conception de systèmes d'objets [CAST 93] et à leur communication [ZARA 95].

## 1.9 CONCLUSION

La méthodologie de conception des systèmes d'information est aujourd'hui bien définie et maîtrisée, en ce qui concerne les systèmes d'information des entreprises. Notre travail se situe, quant à lui, dans un créneau en émergence : la communication informatisée.

La communication entre des systèmes autonomes et hétérogènes est une notion peu formalisée dans les méthodologies traditionnelles. Nous nous sommes surtout intéressés à la prise en compte de la notion d'individu extérieur aux systèmes d'information des organisations.

---

# Chapitre 2

## Notion de Système d'Information Communicationnel

---

### 2.1 Introduction

La communication devient le maître-mot des relations, qu'elles soient de type professionnel ou privé, entre entreprises ou entre individus. L'étude de la communication, en tant que transmission structurée de l'information, prend place dans l'étude des Systèmes d'Information.

La communication entre les systèmes d'information est une dimension nouvelle. On la trouve dans de nombreux domaines d'expérimentation en émergence tels que la télé médecine ou la téléexpertise, qui impliquent une coopération en temps réel entre plusieurs systèmes [BEUS 92]. Les études sur l'intégration de systèmes sont le signe extérieur de ce besoin. Nous nous attachons à formaliser cette notion de communication entre systèmes, qui nécessite leur interopérabilité.

Nous considérons en premier lieu différents domaines de la communication en fonction de sa finalité : la communication professionnelle entre organisations, la communication privée entre individus et la communication informationnelle ou à but économique entre individus et organisations.

Le cadre de ce travail est plus restreint :

il concerne plus particulièrement l'étude de la communication entre individus de type "particuliers", "clients" ou "abonnés", d'une part, et organisations, administrations ou entreprises, de l'autre. Ce domaine assez peu étudié présente des particularités dues des acteurs mis en jeu et aux formes et finalités des communication nécessaires.

Nous proposons un nouveau type de système d'information : le système d'information communicationnel (SIC) chargé de la gestion de la communication entre les particuliers et les entreprises ou les institutions, dont nous donnons une définition générale.

Nous précisons, enfin, en nous appuyant sur la théorie générale des systèmes, les différentes formes que peut prendre un Système d'Information Communicationnel, dans le cadre de l'informatisation de la communication Individus/Organisations, en montrant quels types de communication ces formes modélisent.

Nous nous proposons ensuite de contribuer à combler la lacune méthodologique existant dans la prise en compte de la dimension communication et dans celle de l'individu en tant qu'acteur externe des systèmes d'information, en modélisant la communication entre systèmes d'information dans le cadre spécifique de la communication des particuliers avec les organisations.

Nous proposons trois modèles de SIC, selon la forme de communication à établir : communication unaire (un individu/une organisation), communication n-1 (n individus/1 organisation) et communication 1-n (1 individu/n organisations).

## 2.2 La communication : une dimension nouvelle

Aux débuts de l'informatisation des entreprises, l'objectif principal était l'informatisation interne réalisée dans le but d'obtenir une meilleure rentabilité et une meilleure qualité du travail. Les liaisons avec le monde extérieur sont décrites sous forme d'événements d'entrée ou de sortie du système, celui-ci ayant des frontières bien définies. Les événements d'entrée se présentaient souvent sous la forme d'arrivée de courrier, de coups de téléphone ou d'arrivée de client au guichet, les événements de sortie, quant à eux, se présentaient plutôt sous la forme d'envois de messages écrits, par fax ou par courrier. Cette situation de type centralisée a évolué progressivement vers des systèmes de plus en plus distribués et interconnectés [DESA 91].

La communication et la transmission de l'information sont deux pôles importants de l'informatisation des systèmes d'information. Un changement progressif se fait dans les systèmes d'information : les organisations ont des besoins de plus en plus importants en communication externe. En effet, l'organisation peut être géographiquement dispersée sur plusieurs sites ou avoir besoin de dialoguer avec d'autres organisations. Cette entrée dans une ère de la communication nous impose d'étudier de plus près les phénomènes liés aux entrées/sorties des systèmes avec leur environnement, les liaisons entre systèmes et, plus précisément, entre les systèmes d'information.

Le domaine des communications donne lieu à de nombreuses recherches, notamment avec l'introduction des objets et du principe de communication entre eux par messages [KARA 95]. Le domaine des communications entre systèmes, quant à lui, n'est pas encore exploré sur le plan méthodologique, mais il est poussé par la technologie (tant par la mise en place de réseaux internationaux performants que sur le plan de la distribution des données et des traitements ou de l'interconnexion et l'interopérabilité des bases de données).

De nouvelles technologies de la communication se mettent en place, pour permettre une disponibilité totale de l'information, en tout lieu, sans délai d'attente [SAND 95]. On dispose d'infrastructures

de plus en plus larges et de technologies de plus en plus rapides (réseaux ATM, FDDI ...). Ce maillage serré tend à effacer les dimensions temporelle et spatiale. Les réseaux proposent des services de plus en plus performants et appréciés (internet, serveurs WWW ...)[CAST 89]. On dispose également de techniques informatiques pour la distribution des données et des traitements (bases de données fédérées, mode client-serveur ...). On dispose également de technologies nouvelles d'interfaces homme/machine qui améliorent le dialogue : les techniques multimedia.

### **2.2.1 La communication : définition**

Nous devons tout d'abord définir ce qu'est la communication. La notion de communication est inhérente au vingtième siècle. Dans ce domaine, deux faits comptent parmi les plus importants de ce siècle [PAGE 55] : le travail par signes ou signaux de tous types (linguistiques, mathématiques, iconographiques ...) est appréhendé comme activité dominante dans le milieu professionnel. La part de la force de travail employée dans le traitement de l'information est passée en un siècle de 5%, en 1860, à 50%, en 1980, aux Etats-Unis. La mécanisation rapide de ce travail est réalisée par des machines audiovisuelles, logiques ou mathématiques. La communication n'est donc plus seulement "une affaire entre l'homme et l'homme, mais entre agents de communication humaine (groupes ou individus) à travers des dispositifs de communication plus ou moins complexes" [PAGES 82].

La communication représente le transfert de messages codés dans un langage de référence entre une source et une destination, sur un canal de communication, les messages ayant une signification, donc contenant de l'information. Il y a donc une corrélation très forte entre communication et information, la théorie de l'information [ASH 65] étant considérée dans la communauté scientifique comme la théorie statistique de la communication.

Ce rapport étroit entre les deux notions a été défini en premier lieu par Shannon et Weaver dans "La théorie mathématique de la communication" en 1949 [SHAN 49a]. Le domaine a donné lieu à de nombreux travaux tant sur l'information proprement dite (quantité d'information, entropie d'une source d'information ...) que sur les propriétés du canal de transmission.

On voit que l'étude de la communication couvre de multiples domaines depuis l'ingénierie, pour le transport physique des messages, jusqu'à la sémiologie et la linguistique transformationnelle [CHOM 64], pour l'étude des langages et de la sémantique et la sociologie, pour l'étude des échanges entre agents [FAUC 60].

En effet, le schéma élémentaire d'une communication fourni par la théorie de la communication est simple, ce qui permet de l'introduire dans toutes les disciplines scientifiques. Les éléments du modèle sont :

- une source
- un émetteur (distinct ou non de la source)
- un message
- un code

- des signaux
- un support (ou canal)
- un récepteur
- un destinataire
- une signification.

Les éléments sont reliés entre eux comme suit : une *source* émet un *message* qui possède une *signification* ; ce message est codé par l'*émetteur* dans un certain *code* (les *signaux*) et émis sur le *support* matériel du *canal* de communication. Ce message, décodé par le *récepteur*, fournit une nouvelle version du message (*signification*), donnée au destinataire.

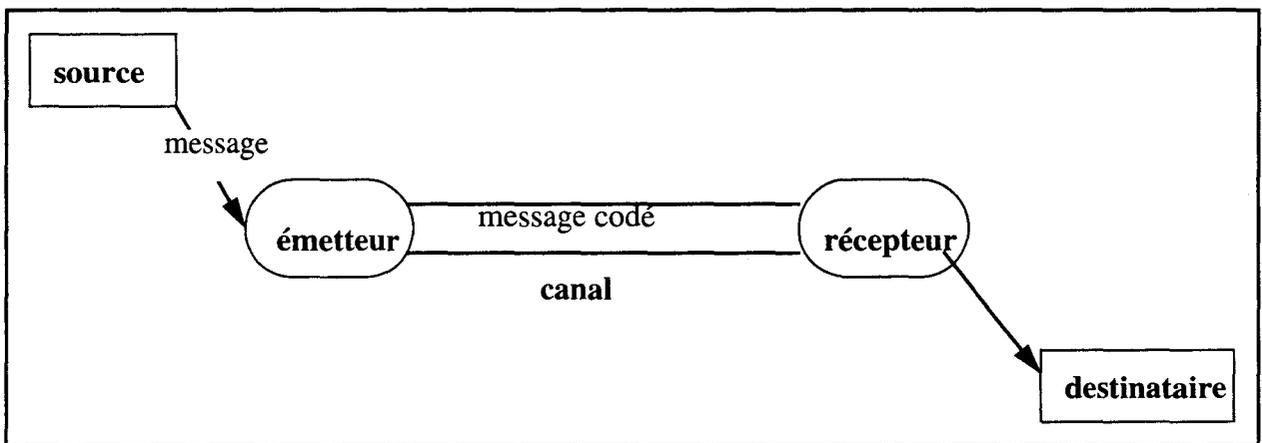


FIGURE 11 schéma d'une communication simple

On voit que la signification initiale d'un message peut être différente de la signification d'arrivée; ceci pour des raisons de perte ou modification d'information dans la transmission, comme pour des problèmes de brouillage dus au bruit du canal [SHAN 49b]; de même dans les phases de codage et décodage si le code est mal maîtrisé par l'un au moins des deux interlocuteurs (par exemple la mauvaise maîtrise de la langue pour une communication orale ou écrite).

## 2.2.2 La communication dans les SI

Dans les systèmes d'information, on trouve deux catégories de communication : la communication interne et la communication externe.

La communication interne concerne l'ensemble des relations entre différents éléments du système (services, domaines, lieux ...). Ce type de communication est bien pris en compte dans les méthodes de conception des systèmes d'information. Cette communication est partie intégrante du système. Elle est modélisée par des graphes de flux d'information ( MERISE dans [TARD 89]). G. Balantzian [BALA 89] définit un système d'information et de communication dans une entreprise comme l'ensemble des différents systèmes d'information tels que nous les avons présentés au chapitre 1 : "Le

S.I.C. de l'entreprise se compose de plusieurs systèmes de gestion : par exemple, la gestion des ventes, de la production, du personnel... Les données qui appartiennent à un même système de gestion ont de fortes connexions.

La communication externe, quant à elle, représente l'ensemble des relations avec les autres systèmes de l'environnement privilégié du système. Ce type de communication est plus difficile à prendre en compte dans les méthodes de conception des systèmes, car il implique toujours l'autre système communicant (l'interlocuteur), sur le système d'information duquel on n'a aucune maîtrise et pas ou peu d'informations. Il est donc impossible, dans le cas classique d'entreprises, pour un concepteur d'avoir une vue globale de l'ensemble des systèmes amenés à communiquer. Il ne dispose que des informations concernant les entrées et les sorties de son propre système.

Reprenons le schéma élémentaire d'une communication, pour l'appliquer à la communication entre les systèmes. Nous appellerons donc les interlocuteurs "systèmes communicants" ou, plus simplement, "communicants".

Pour définir une communication particulière entre des systèmes, quels qu'ils soient, il nous faut décrire un certain nombre de paramètres. Ces paramètres sont de plusieurs types; ils concernent tout autant la description matérielle et physique de la communication, que sa description fonctionnelle.

### **2.2.3 Les paramètres matériels et physiques d'une communication**

- **le nombre de systèmes communicants** : une communication met en jeu de deux à  $n$  systèmes.
- **le type des communicants** : les systèmes mis en jeu dans une communication peuvent être soit émetteurs/récepteurs soit émetteurs ou récepteurs [PAGE 55]. Un élément de type unique (émetteur ou récepteur) n'autorise que des communications simplex alors qu'un élément de type mixte autorise le duplex.
- **le support de la communication** : outre la communication orale directe, on trouve différents supports des messages et donc différents canaux de communication adaptés à ces supports :
  - manuels ou semi-informatisés : courrier, téléphone, fax
  - informatisés : courrier électronique, transfert de fichiers, téléconférences, visioconférences, travail coopératif ...
- **le type de données transférées** : textes, sons, images fixes, images vidéo, données informatiques. Certains types de support ne permettent pas la transmission de tous les types de données : si le téléphone permet la transmission du son, il ne permet pas celle de l'image ou du texte; à l'inverse, le fax ne transmet pas le son. Par contre, les fichiers de données informatiques peuvent être de toute nature, tant que les récepteurs sont capables de les traiter, pour restituer le message sous sa forme originale (image, son, texte, données numériques ...)

- **le sens de la communication** : on se doit de décrire, pour chaque intervenant, son rôle en tant qu'émetteur ou récepteur. Pour qu'il y ait communication, il faut au moins un émetteur et un récepteur et au plus n émetteurs/récepteurs [PETI 91].

La première forme de communication est celle d'un émetteur vers un récepteur. Cette forme unaire à "sens unique" (simplex) est la forme la plus simple (figure 12). On peut donner en exemple l'écoute de l'horloge parlante par un individu. L'émetteur, l'horloge parlante, envoie son message à l'individu récepteur, par l'intermédiaire du téléphone. Cette communication, à sens unique, est déclenchée à la demande de l'individu par appel de l'horloge parlante. Le message est alors envoyé sur la ligne téléphonique, dans le sens horloge vers appelant. La transmission du message se termine par le raccrochage de la ligne.

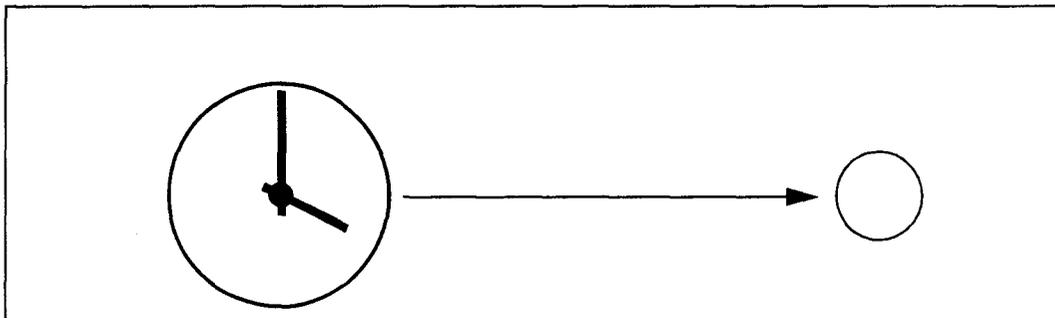


FIGURE 12 communication 1-1 à sens unique

Il existe des formes de communication plus complexes. Tout d'abord, la communication d'un émetteur vers n récepteurs, qui diffère peu de la précédente. Nous donnons en exemple la diffusion d'une émission de radio ou de télévision ou le discours d'une personnalité face à un public. Dans le cas d'une émission de télévision, la transmission de l'information se fait à l'initiative de l'émetteur, quelque soit le nombre de récepteurs connectés(figure 13).

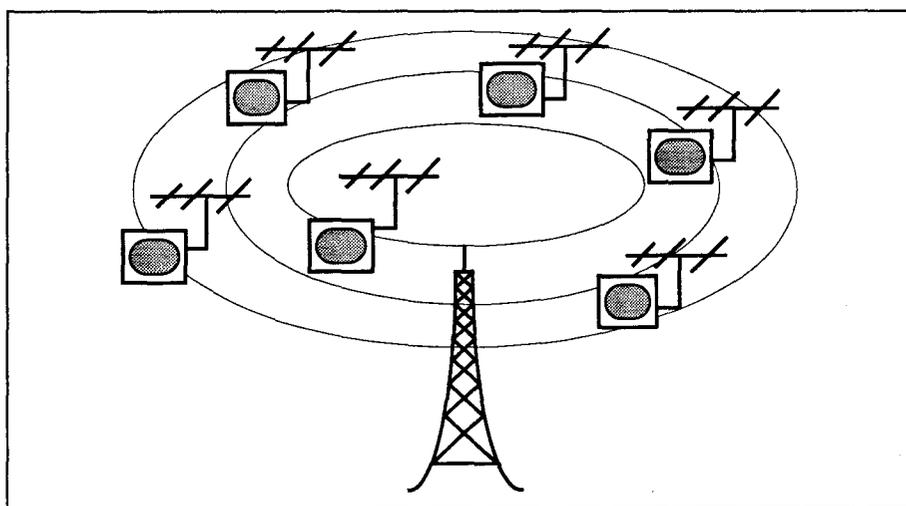


FIGURE 13 communication 1-n à sens unique

La communication se met en place quand un récepteur branche son terminal (le récepteur) sur le canal d'émission. A un instant  $t$ , une communication entre 1 émetteur et  $n$  récepteurs est réalisée. Cette situation varie évidemment à tout instant, en fonction des connexions et des déconnexions des téléspectateurs.

La complexité s'introduit quand l'un au moins des éléments est émetteur/récepteur. En effet, dans le type émetteur/récepteur, il y a une notion importante qui est celle de la capacité à dialoguer, qui permet à un récepteur de traiter les informations reçues, puis d'en élaborer de nouvelles avant de devenir émetteur pour envoyer sa réponse. On voit donc qu'un élément qui possède les capacités d'émission et de réception ne pourra pas être au même instant émetteur et récepteur. Dans le cas contraire, il n'y aurait pas dialogue mais juxtaposition de deux communications à "sens unique". Pour qu'il y ait dialogue, il faut au moins deux émetteurs/récepteurs impliqués (figure 14). Cette forme de communication nécessite la mise en place d'un protocole de prise de parole, comme par exemple dans une conversation téléphonique. Dans ce protocole, la notion de séquentialité revêt une grande importance.

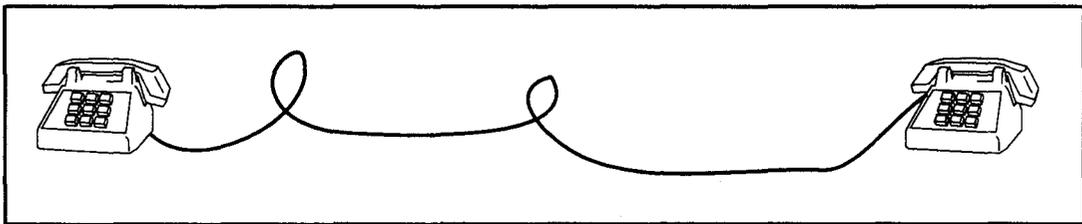


FIGURE 14 notion de dialogue

La difficulté de mise en place de ce protocole de prise de parole augmente avec le nombre de participants émetteurs/récepteurs [PETI 91].

#### 2.2.4 Description fonctionnelle d'une communication entre systèmes d'information

- **la nature des systèmes communicants** : les systèmes mis en jeu dans une communication peuvent être soit des systèmes professionnels (entreprises, organismes publics ou privés, associations), soit des individus agissant à titre privé. Nous retiendrons les appellations "organisations" [Mc LE 94] et "individus" pour représenter par la suite ces deux types de systèmes composants.

On peut donc discerner trois sortes de communication, en fonction de la nature des systèmes intervenant dans la communication :

- la communication organisations/organisations
- la communication individus/individus
- la communication organisations/individus.

- la finalité de cette communication pour chacun des communicants : peut être répartie en deux catégories :

- opératoire (ou professionnelle)
- privée : informationnelle, ludique ou de loisirs.

#### **2.2.4.1 La communication organisations/organisations**

Il s'agit ici de la communication entre une organisation et son entourage professionnel immédiat (la partie de l'univers professionnel privilégiée avec laquelle elle a des contacts professionnels).

Une organisation a des contacts avec d'autres entreprises externes, ou avec des filiales d'un même groupe, ou avec des organisations publiques. Ces relations ont toutes une finalité professionnelle, qui est de recevoir ou d'émettre de l'information d'exploitation du SI de l'entreprise.

De nombreuses recherches sont menées dans ce domaine, sur le plan de l'interopérabilité des systèmes pour réaliser une intégration de l'information "entreprise-wide" [LIM 95]. Ces recherches sont plutôt menées sur le plan technologique et concernent la mise en place de réseaux et distribution / intégration des données et des traitements : Bases de Données réparties [GARD 89], Bases de Données fédérées, systèmes distribués [MIRA 92].

Quand le volume de communications augmente (en nombre de communications et en nombre d'interlocuteurs), il convient de séparer la gestion des communications et leur distribution de la gestion de l'activité de l'entreprise. Cette démarche répond aux besoins de stratégie globale des entreprises et évite les problèmes de cohérence entre les différents systèmes et sous-systèmes intervenants.

Il existe déjà des réponses technologiques, aussi bien Internet qu'Uniface (infrastructure et services), qui procurent l'indépendance à la technologie de base (indépendance aux couches basses du réseau et indépendance aux Systèmes de Gestion de Bases de Données). Uniface est un outil qui gère la distribution sur un environnement hétérogène à partir du système d'information que l'on a défini dans sa globalité sans tenir compte de la structure du réseau sur lequel on veut implanter ce système d'information. Il inclut des "polydrivers" multisystèmes et multibases et fournit une indépendance aux Interfaces Homme Machine.

Dans ce cas, la communication avec l'environnement est la partie "communication externe" du système d'information et de communication de l'entreprise ou de l'organisation.

#### **2.2.4.2 La communication individus/individus**

C'est un ensemble de relations privées : relations a priori unaires (téléphone, mail, fax, télex ...) et, de plus en plus, communication de groupes (jeux vidéo en groupe, talkies/walkies modernes, Citizen Band ...).

Dans ce domaine, les recherches menées sont plutôt de type économique. Ces communications sont de plus en plus informatisées elles-aussi. Les communications à titre privé recouvrent les communications à distance de type téléphone, les services de messagerie privée du minitel ou d'Internet, tout autant que les communications par talkies/walkies ou Citizen Band (version moderne des relations radios) ou les jeux vidéo sur micro-ordinateurs en réseau. Ces communications sont à finalité ludique ou informationnelle privée, elles utilisent l'infrastructure réseau de France Telecom, les réseaux privés ou les ondes hertziennes. Au niveau applicatif, elles utilisent les services des serveurs minitel et Internet ou des micro-ordinateurs privés sur lesquels sont installées des applications ludiques réparties.

### **2.2.4.3 La communication individus/organisations**

Cette catégorie de communications recouvre l'ensemble des relations auxquelles un individu agissant à titre privé est amené à être confronté avec des organisations. Ces relations s'effectuent le plus souvent avec des entreprises publiques ou privées ou des organismes d'état.

On trouve dans cette catégorie deux classes distinctes de communications dépendant de la finalité de la communication.

- la première catégorie comprend les communications à but professionnel, lucratif ou non, pour l'entreprise.

Le cas typique est celui des entreprises ayant pour finalité propre la communication aux ou avec les individus, les entreprises de distribution d'informations ou de services; nous citons en exemple les distributeurs de télévision, de radios ou de téléphone, les serveurs minitel, les entreprises de transports et de voyages, les sociétés de vente par correspondance, etc. Ce type d'entreprises en émergence forte entre dans le cadre d'une société de communications et de loisirs. Dans ce cas, la finalité des communications est la finalité propre de l'organisation.

- la deuxième catégorie comprend les communications à finalité informative d'une organisation dont ça n'est pas la finalité propre, mais qui met à disposition des utilisateurs tout ou partie de ses données d'exploitation propres, dans le but de proposer des services à l'individu; Caisse d'Allocations Familiales, Caisses d'Assurances Maladie par exemple.

### **2.2.5 Cadre de l'étude : la communication individus / organisations**

Dans le cadre de cette étude, il nous apparaît plus intéressant d'étudier la communication individus/organisations. En effet, les communications organisations/organisations possèdent a priori ou peuvent posséder relativement les passerelles technologiques et fonctionnelles leur permettant de communiquer entre elles. Les relations individus/individus (dites interhumaines [PETI 91]), ne mettant pas ou peu en oeuvre de techniques informatiques, sortent naturellement du cadre de ce travail.

Les communications individus/organisations, quant à elles, peuvent être en partie informatisées. Il nous semble intéressant d'étudier ce type de communication, qui met en jeu dans une même relation des systèmes de natures différentes.

Donnons tout d'abord une description des systèmes mis en jeu; nous nous trouvons en présence de deux systèmes :

- le “public”, d'une part, qui est un ensemble hétérogène d'acteurs humains. Cette hétérogénéité se manifeste tant dans le type d'acteurs qui composent l'ensemble que dans leur répartition géographique ou dans la particularité des besoins de chacun, même si on peut regrouper ces besoins par thème. On appelle individu une personne qui a, pour sa part, un rapport à titre privé avec l'organisation. Un individu est donc, selon le cas, un usager d'administration, un client d'entreprise (à titre de particulier) ou un abonné. Le “public” est donc la réunion de ces individus qui agissent à titre de particuliers. Nous appellerons cet ensemble le système “Individus”, dans toute la suite de l'étude.

Le système “Individus” est un ensemble de sous-systèmes composants (les individus) de type agrégat, car ces individus n'ont aucune interdépendance entre eux, en ce qui concerne leurs relations avec les organisations et administrations qui les gèrent ou leur fournissent des services.

- les organisations, d'autre part. Nous regroupons dans un même système l'ensemble des organisations, entreprises et institutions, que nous appelons le système “Organisations”. Ces organisations présentent toutes une même finalité de gestion des individus, chacune dans un domaine d'activités. Cet ensemble est également de type agrégat des sous-systèmes composants, dans le sens où leurs systèmes d'information des éléments ne présentent pas d'interdépendance entre eux.

Nous nous trouvons donc placés dans la situation où deux systèmes, tous deux sous forme d'agrégats d'éléments, se trouvent face à face et présentent des besoins de communication, d'un système vers l'autre. Ces besoins en communication des individus avec les organisations sont des besoins d'acquisition, de traitement et de transmission d'informations dans le sens organisations vers individus ou dans l'autre sens. On peut lister notamment les demandes de renseignements, les réservations, les demandes d'états descriptifs de situations personnelles, etc. Ces besoins représentent toutes les actions qu'un individu est amené à faire, par courrier ou oralement à un guichet d'administration, d'entreprise, d'hôpital ou d'école, à sa demande ou à celle de l'organisation.

Il est une remarque importante à faire : les éléments composant le système “Individus” ne sont pas ou peu informatisés à titre personnel. Dans le cadre de l'informatisation de leur communication avec une organisation, c'est donc aux organisations de prendre en charge cette informatisation du public en mettant à sa disposition des points d'accès informatisés à son système d'information. A l'encontre, les organisations ont déjà, en grande partie, informatisé leurs systèmes d'information, dans un but de gestion interne et non pas dans le but de communiquer avec les individus.

L'enjeu de l'informatisation de la communication individus/organisations se trouve donc dans la contrainte forte de ne pas remettre en cause cette informatisation interne des organisations. Le but de notre étude est donc de décrire les différentes formes de communication existant entre un ou des individus, d'une part, et une ou des organisations, d'autre part, et d'en proposer des modèles, dans le cadre d'une informatisation de cette communication.

## 2.3 Définition des systèmes d'information communicationnels

Pour formaliser la communication individus/organisations, nous introduisons la notion de Système d'Information Communicationnel. Nous appelons Système d'Information Communicationnel (SIC) un système auquel est dévolue la prise en charge de la gestion des dialogues entre des grandes organisations (administrations, entreprises, collectivités locales, systèmes d'éducation et de santé) et des particuliers. Ce système est un système d'information au sens où il est l'organe d'acquisition et de traitement de données structurées. Mais il présente des particularités par rapport aux systèmes d'information classiques internes aux organisations, quant à son rôle et sa forme.

Sa première particularité se situe dans la nature des systèmes qu'il implique; en effet, il ne fait pas le lien entre un système de pilotage et un système opérant, mais il fait le lien entre des systèmes d'information : d'un côté les systèmes d'information opérationnels des organisations mises en jeu et de l'autre les systèmes d'information personnels de chaque individu.

Sa deuxième particularité se situe dans le nombre de systèmes reliés. En effet, un système d'information communicationnel peut impliquer plusieurs organisations indépendantes dans une même relation avec un individu (soit plusieurs composants de l'agrégat "Organisations") ou plusieurs individus face à une organisation.

Sa troisième particularité tient à sa finalité propre : la communication.

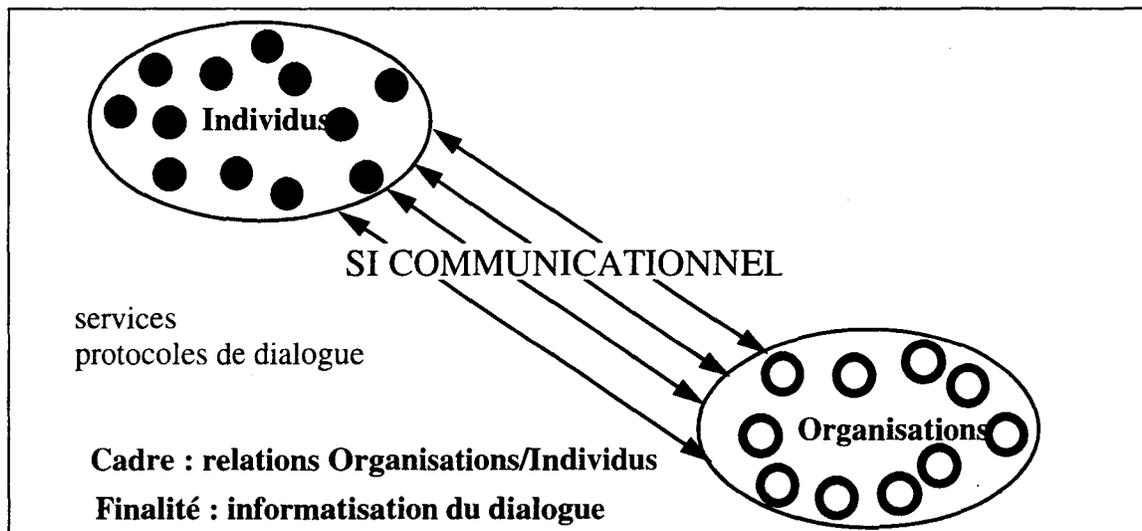


FIGURE 15 SI Communicationnel

La communication entre les systèmes "Individus" et "Organisations" peut s'analyser en termes de:

- concept : le système d'information communicationnel est un système d'information
- des moyens de mise en oeuvre :
  1. l'infrastructure physique et de services : réseau téléphonique, minitel, réseau télévisuel, Internet
  2. les technologies des services : solutions distribuées, le mode client-serveur, les BD fédérées et distribuées, le multimedia
  3. la technologie des mobiles.

Un système d'information communicationnel représente la prise en charge et la gestion des communications informatisées entre des systèmes. Il représente donc l'ensemble des moyens en matériel, personnel, technologies et méthodes mis en oeuvre pour assurer la communication et le traitement de données de type opératoire, tactique ou informationnelle entre ces systèmes.

Un Système d'Information Communicationnel représente le système mis en place entre deux autres systèmes pour gérer la communication entre eux. On se trouve donc en présence de trois systèmes : les organisations, le public et la communication.

Nous pouvons caractériser les systèmes communicationnels comme suit au regard des critères énoncés pour les systèmes d'information classiques :

- temps de réponse courts (dizaines de secondes) ou réponse différée
- type de production : services
- volumes de données faibles
- grande complexité des structures
- faible complexité des algorithmes
- finalité : communication avec le grand public, mise à disposition de services.

Nous trouvons deux différents types de SIC reflétant les deux catégories de communication définies au paragraphe "2.2.2" .

1. Les SIC de la première catégorie, la communication professionnelle, concernent les relations qu'une entreprise mène avec ses clients. Ces SIC s'intègrent dans le système d'information opérationnel global de l'entreprise et en représentent la partie communication externe. Ils n'impliquent qu'une entreprise face à ses clients.
2. Les SIC de la deuxième catégorie, la communication informationnelle aux usagers, prennent en compte le système d'information de l'individu lui-même et, à ce titre, peuvent intégrer plusieurs organisations différentes.

Dans ce dernier cas, nous différencions le système d'information communicationnel du système d'information opérationnel des organisations impliquées. En effet, le système d'information communicationnel vient se "greffer" sur un système d'information existant, au sens où il ne gère pas ou peu

de données supplémentaires et où il doit perturber le moins possible le système d'information existant en lui imposant le moins de contraintes possible.

Dans ce cadre, le système d'information communicationnel est bien un système d'information à part entière et non pas la partie communication externe du système d'information d'une organisation. Il doit être conçu et géré indépendamment des systèmes d'information des organisations et leur laisser toute autonomie de gestion opérationnelle et d'évolution.

Etudions les spécificités et contraintes d'un système d'information communicationnel; on trouve des spécificités de différents ordres :

- le type d'utilisateurs : les individus acteurs du système d'information communicationnel sont a priori des acteurs externes à l'organisation. Nous trouvons deux types d'utilisateurs : les acteurs évidemment externes à l'organisation (i.e. n'en faisant pas partie) et les acteurs faisant partie de l'organisation, mais impliqués au sein de l'organisation dans un domaine d'activité différent du domaine géré par le système d'information communicationnel. En effet, une entreprise peut proposer à ses employés un ensemble de services externes à leur domaine de travail. Dans ce cas, vis à vis des services proposés, ils seront des acteurs externes. Prenons en exemple la gestion d'un restaurant d'entreprise : ce service est proposé aux employés, mais ils ne sont impliqués dans ce système qu'à titre d'acteurs externes.

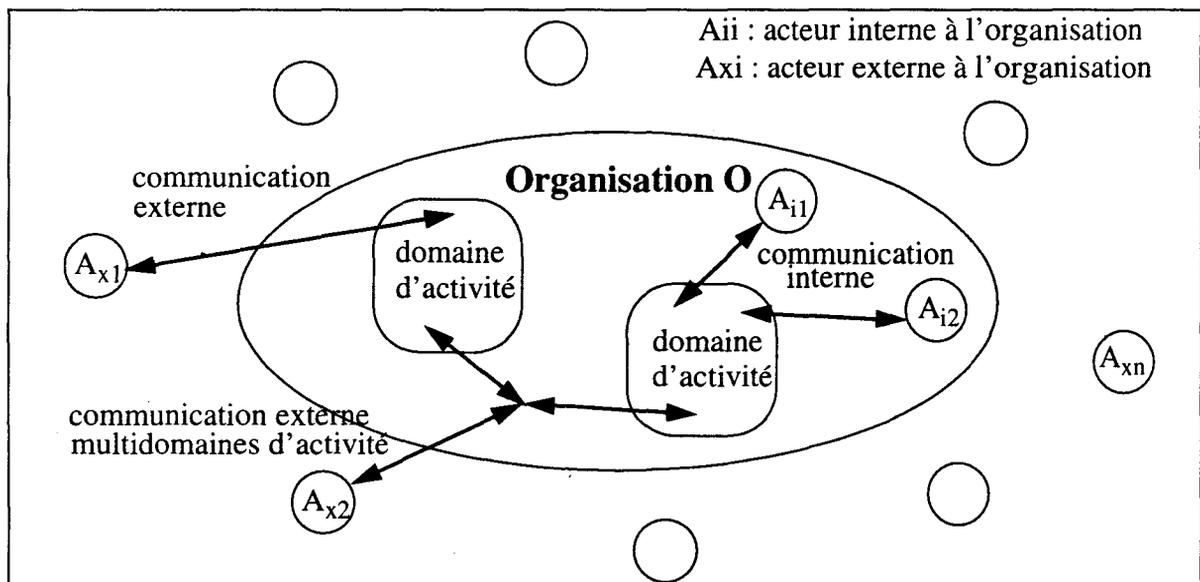


FIGURE 16 types d'acteurs d'un SIC

- le nombre d'utilisateurs est très grand par rapport au nombre d'organisations
- les points d'entrée/sortie du système doivent être en grand nombre et géographiquement dispersés
- la disponibilité du système : 24 heures / 24

- l'échelle du système : nous rencontrons dans ce type de système un crucial problème d'échelle (de taille) à plusieurs niveaux : le nombre d'acteurs externes est très grand et la probabilité de connexion des acteurs est très faible.

La gestion de la communication avec les autres systèmes se fait pour l'instant de façon transparente quand le volume d'entrées/sorties informatisées est relativement faible, mais quand ce volume augmente et, surtout, quand le nombre de systèmes reliés augmente fortement, on ne peut plus appliquer les mêmes règles de conception et d'administration.

On peut faire une analogie avec les lois de probabilités : en fonction du nombre  $n$  d'éléments des lois différentes s'appliquent : la loi binomiale pour  $n < 10$ , la loi de Poisson pour  $n$  moyen puis la loi Normale pour  $n$  très grand. De même pour les solutions d'implémentation des systèmes d'information, on utilise le réseau local pour un nombre de postes à interconnecter  $n$  faible, des systèmes distribués quand ce nombre  $n$  augmente puis, quand il devient très grand, on utilise la solution des Systèmes d'Information Communicationnels. Le problème d'échelle est d'autant plus grand que le système avec lequel les organisations ont besoin de dialoguer est un "public" large.

### 2.3.1 Description des SIC

On peut décrire les besoins en communication du public plus en terme de services rendus ou attendus qu'en terme classique de données manipulées et de traitements de ces données. Ces systèmes sont des systèmes à finalité communicationnelle. On les représente comme un ensemble de services, de canaux de communication et de protocoles de dialogue entre deux autres systèmes.

Nous définissons la notion de service comme l'implémentation de la réponse à un besoin exprimé des utilisateurs. A une description analytique de besoin des utilisateurs correspond la description conceptuelle d'un service que doit rendre le système d'information communicationnel. Puis, à cette description conceptuelle de service, correspondra dans une phase ultérieure la description d'une solution proposée d'implémentation. Prenons en exemple le besoin de retrait d'argent liquide des usagers d'une banque :

- description du besoin : l'utilisateur d'une banque exprime le besoin de disposer d'argent liquide, en tous pays, à toute heure de la journée, dans la monnaie du pays, à partir d'un seul compte bancaire
- description du service rendu : chaque banque ne pouvant être présente partout, les banques doivent présenter aux clients un réseau intégré international de distribution d'argent liquide, dans la monnaie du pays avec imputation sur un compte unique. Une restriction est faite quant aux montants maximums autorisés et aux montants types délivrés (ces montants sont des multiples d'un montant de base correspondant à la valeur faciale du billet de base délivré)
- description de l'organisation choisie : le choix a été fait de mettre à disposition des distributeurs automatiques de billets de banque banalisés, ouverts 24 heures / 24, accessibles avec une carte individuelle, le réseau interbancaire effectuant l'imputation après change sur le compte du client référencé par la carte. Cette solution est accompagnée de mesures de sécurité,

comme la saisie d'un code personnel d'authentification du porteur et la procédure de blocage des cartes déclarées perdues ou volées.

Nous décrivons donc un système d'information communicationnel comme un ensemble de services à rendre aux clients ou usagers. Cette première description est ensuite étendue aux choix d'organisation et concerne les canaux de communication utilisés (guichets automatiques ou humains, réseaux interorganisations ...), la description des protocoles de dialogue à mettre en place (procédures de traitements, ordonnancement des tâches décrivant le service, affectation des tâches aux différents acteurs matériels) et des procédures de sécurité ou de reprise après panne à mettre en place.

## **2.4 Formes de SI communicationnels Individus/Organisations**

Un SI communicationnel est donc un système de communication entre deux systèmes :

- le public d'un côté, appréhendé comme un agrégat d'individus, dont on désire informatiser la communication avec des organisations
- un ensemble d'organisations et d'administrations rassemblées en agrégat dans un système et qui proposent des services au public. L'ensemble des organisations est un agrégat d'éléments dans le sens où les organisations composantes ne présentent pas d'interdépendances logiques entre elles; cette absence d'interdépendance logique n'impose pas que les organisations ne soient pas reliées physiquement entre elles, au moins dans le sens où elles sont toutes reliées aux réseaux de communication publics. Le point qui nous intéresse ici est que les organisations ne présentent pas de liaisons logiques fixées entre leurs SI (aucune interconnexion de BD par exemple).

Un SI communicationnel (SIC) est alors un système de possibilités de liaisons entre un ou des individus et une ou des organisations. On appelle "liaison", non seulement le lien physique et la connexion établis, mais également le dialogue informatisé entre les interlocuteurs; i.e. le transfert et le traitement dans une application informatique de données entre les interlocuteurs.

Toute implémentation particulière de liaison entre des éléments précis et repérés est une instance de liaison. A tout instant, la configuration réelle du Système d'Information Communicationnel évolue, en fonction des ouvertures et des fermetures des instances de liaisons. Une configuration réelle instantanée est représentée par l'ensemble des instances de liaisons en service au moment considéré.

Un Système d'Information Communicationnel Organisations/Individus peut prendre trois formes différentes selon le nombre de communicants mis en jeu dans chacun des deux ensembles pour une instance de liaison. On considère que chaque élément est émetteur / récepteur et que les communications se déroulent dans les deux sens de transmission. L'initiative de la communication est toujours du fait des individus puis l'instance de la liaison devient active quand la communication est établie, à la réponse des organisations appelées.

### 2.4.1 La forme agrégat/agrégat

Dans le Système d'Information Communicationnel de forme agrégat/agrégat, les ensembles mis en jeu (Organisations et Individus) restent tous les deux sous forme d'agrégats, pour la raison suivante : aucune interdépendance n'est réalisée entre les différents éléments de chaque ensemble, Individus ou Organisations. Le SIC représente ici la possibilité donnée aux deux systèmes de mettre en place des liens binaires bidirectionnels entre un individu du système "Individus" et une organisation du système "Organisations".

Un individu, qui désire communiquer avec une organisation, met en place une instance de liaison binaire (de type 1-1) en ouvrant une session avec l'organisation choisie. Une organisation peut gérer en même temps des communications avec plusieurs individus, mais ces communications sont juxtaposées et n'ont aucun lien entre elles. Elles sont considérées comme des instances de liaisons différentes. Si deux instances de liaisons nécessitent l'accès aux mêmes données de l'organisation, l'organisation mettra en place un système classique de gestion des accès simultanés aux données.

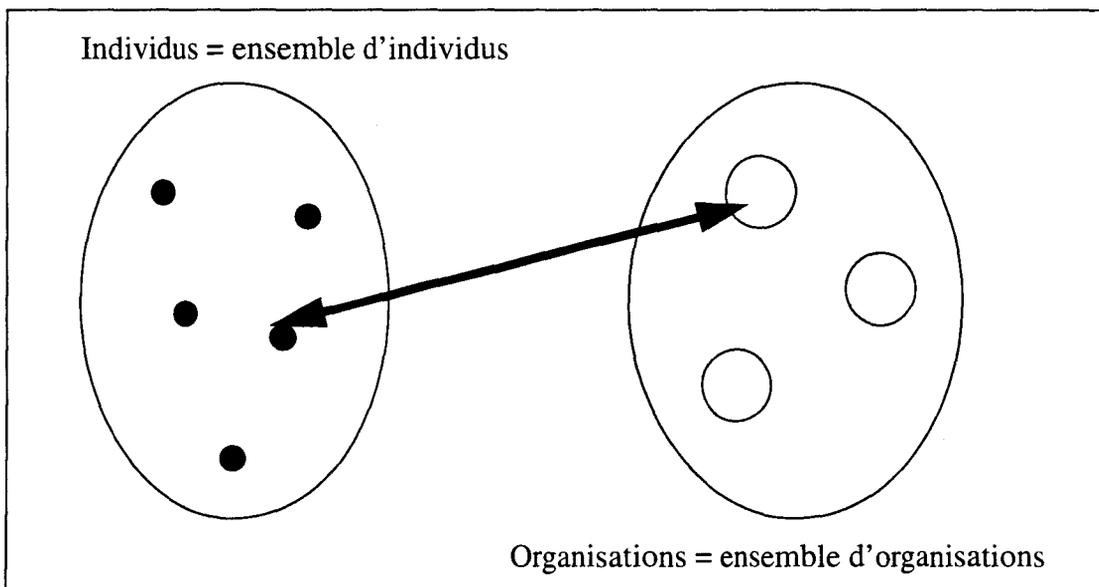


FIGURE 17 forme agrégat/agrégat

Si  $I$  est le nombre total d'individus formant l'ensemble Individus et  $O$  est le nombre d'organisations composant l'ensemble Organisations, le nombre total  $L$  de liaisons offertes par ce système est égal à  $O$ . " $L=O$ ". En effet, chaque organisation propose des services aux individus par l'intermédiaire d'une liaison vers l'extérieur, sans tenir compte des accès simultanés possibles aux mêmes services.

Si nous intégrons cette notion d'accès multiples, le nombre d'instances potentiel de chaque liaison est a priori égal à  $I$ . En théorie, toute organisation est capable de répondre simultanément à tous les individus. Ce nombre est réduit par les contraintes techniques des réseaux physiques sur lesquels se déroulent les communications. Pour chaque organisation, il est donc égal au nombre maximum  $MAX$

d'accès proposés. Le nombre total d'instances de liaisons potentielles "INS" est donc égal à la somme des accès proposés par chaque organisation.

$$INS = \sum_{i=1}^O MAX_i$$

INS est donc compris dans l'intervalle [O - I\*O] (O pour un seul accès par organisation et I\*O pour I accès par organisation).

A un instant t, il n'y a que "ACT" instances de liaisons actives. Un individu ne pouvant être en communication qu'avec une organisation à la fois, on ne peut avoir que, au maximum, I liaisons actives. Le nombre d'instances de liaisons proposées étant au maximum égal à INS, il est clair que ACT est compris dans un intervalle borné : [0 , min(I , INS)].

**exemple de liaison binaire** : prenons l'exemple du service minitel de consultation offert par la CAF à ses allocataires. A un instant t, on observe qu'un certain nombre n de sessions sont en cours. Ceci signifie que n instances de liaisons ont été mises en place. Ces instances de liaisons n'ont aucun lien logique entre elles, dans le sens où les informations qui transitent sur chaque instance de lien ne présentent aucune interdépendance entre elles.

**exemple de système agrégat / agrégat** : prenons l'exemple d'une commune qui a mis en place un système de cartes à mémoire permettant à ses titulaires l'accès à différents services : le paiement de trajets en autobus urbains, l'accès aux courts de tennis, la réservation de places de théâtre et l'emprunt de livres à la bibliothèque municipale (figure 18) .

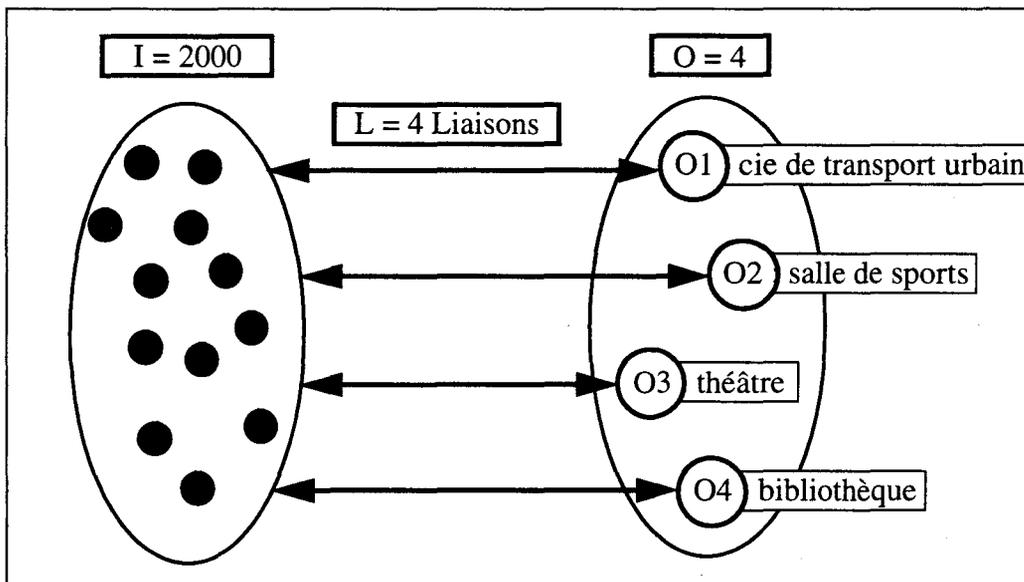


FIGURE 18 exemple de système agrégat / agrégat

L'ensemble Individus est formé des I titulaires de cartes et l'ensemble Organisations est composé de 4 organisations (la compagnie de transport urbain, la salle de sports, le théâtre et la bibliothèque) (figure 18). Prenons  $I = 2000$  et appelons O1 la compagnie de transport urbain, O2 la salle de sports, O3 le théâtre et O4, la bibliothèque.

Calcul de INS (figure 19) :

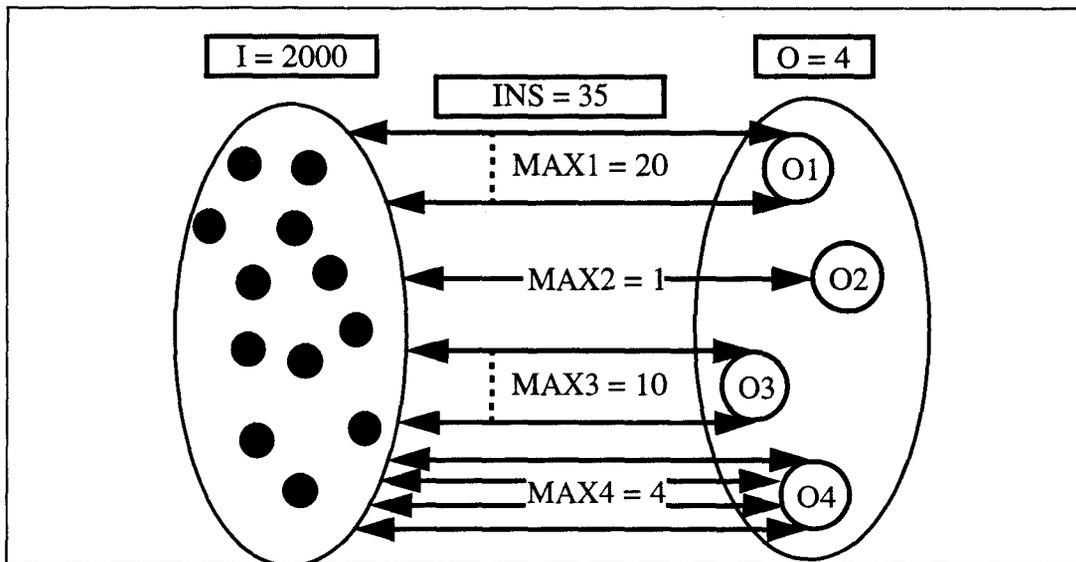


FIGURE 19 calcul de INS

- $MAX1$  = nombre d'autobus en service (exemple :  $MAX1 = 20$ )
- $MAX2 = 1$  (un seul terminal dans la salle de sports)
- $MAX3$  = nombre de terminaux installés en ville permettant de réserver les places de théâtre (exemple  $MAX3 = 10$ )
- $MAX4$  = nombre de terminaux installés à l'intérieur de la bibliothèque (exemple  $MAX4 = 4$ ).

Le nombre maximal d'instances de liaisons actives simultanées ne peut excéder  $INS = 35$ .

Dans l'exemple suivant de configuration instantanée du système (figure 20), à l'instant t, on constate que :

- 3 personnes sont en train de payer leur billet d'autobus
- 0 personne utilise le court de tennis
- 2 personnes réservent des places de théâtre
- 1 personne emprunte des livres à la bibliothèque.

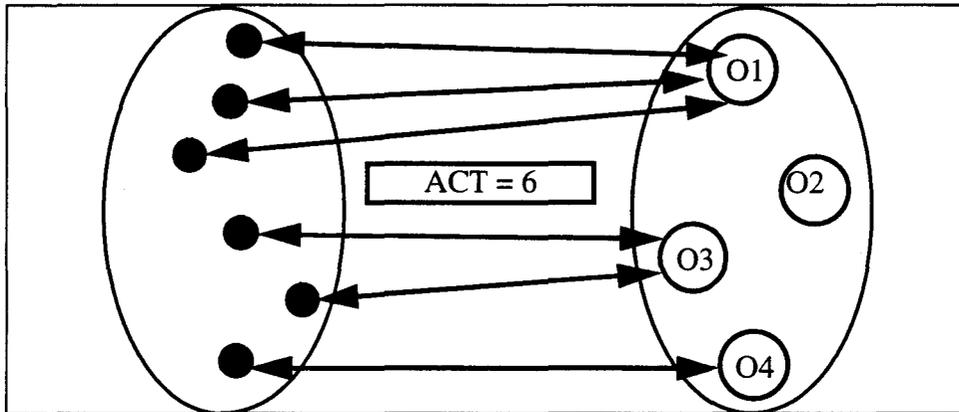


FIGURE 20 exemple de configuration instantanée du réseau

#### 2.4.2 La forme intégrat/agrégat

Le SIC de forme intégrat/agrégat relie, à un instant  $t$ ,  $n$  individus à une même organisation. On réalise ainsi, du point de vue de l'organisation unique mise en jeu dans une instance de lien, un intégrat de  $n$  individus dans l'ensemble d'origine. En effet, dans cette situation, l'organisation concernée traite dans une même application les informations qui transitent sur les différentes instances de liens ouvertes. Ces instances de liens sont donc regroupées dans une instance de liaison logique multiple. Cette forme de SIC est l'implémentation d'une communication  $n-1$  ( $n$  individus, 1 organisation) bidirectionnelle, où les données provenant de chaque individu sont intégrées par l'organisation. L'organisation voit donc l'ensemble des individus comme un intégrat d'individus.

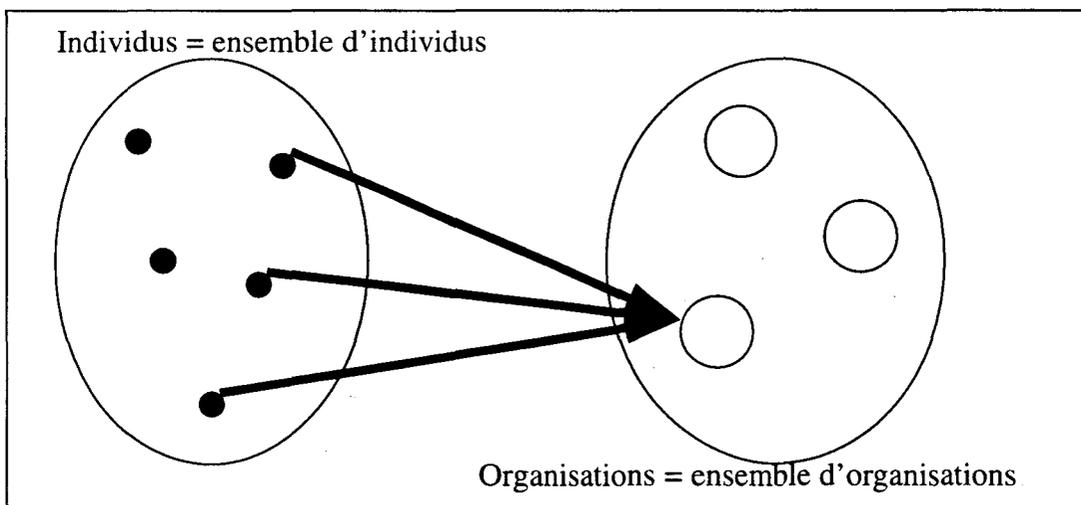


FIGURE 21 forme intégrat/agrégat

Prenons l'exemple d'une émission de télévision interactive, où l'évolution de l'émission est subordonnée au vote des téléspectateurs. A un instant  $t$ , l'organisation (l'opérateur de télévision) a besoin d'intégrer les informations provenant des  $n$  individus concernés (les  $n$  téléspectateurs votant) pour déterminer la suite à donner à l'émission.

### 2.4.3 La forme agrégat/intégré

Le SIC de forme agrégat/intégré permet de réaliser, du point de vue de l'individu, l'intégration des informations provenant de  $n$  organisations différentes. Un individu, par une instance de liaison, est alors relié, dans une description instantanée, à plusieurs organisations, réalisant ainsi un intégré (plus ou moins complet) des organisations membres du système Organisations.

C'est une communication multiple de type 1- $n$ , qui, à un individu, fait correspondre  $n$  organisations (a priori non logiquement connectées entre elles) comme étant logiquement reliées. Cette intégration des organisations n'est valide que pour l'instance de liaison en cours et n'est visible que par l'individu.

Le système "Individus" reste alors sous la forme d'un agrégat d'individus non reliés entre eux, mais le système "Organisations" apparaît, grâce à la liaison, comme un intégré d'organisations, pour ce qui concerne l'individu impliqué dans l'instance de liaison.

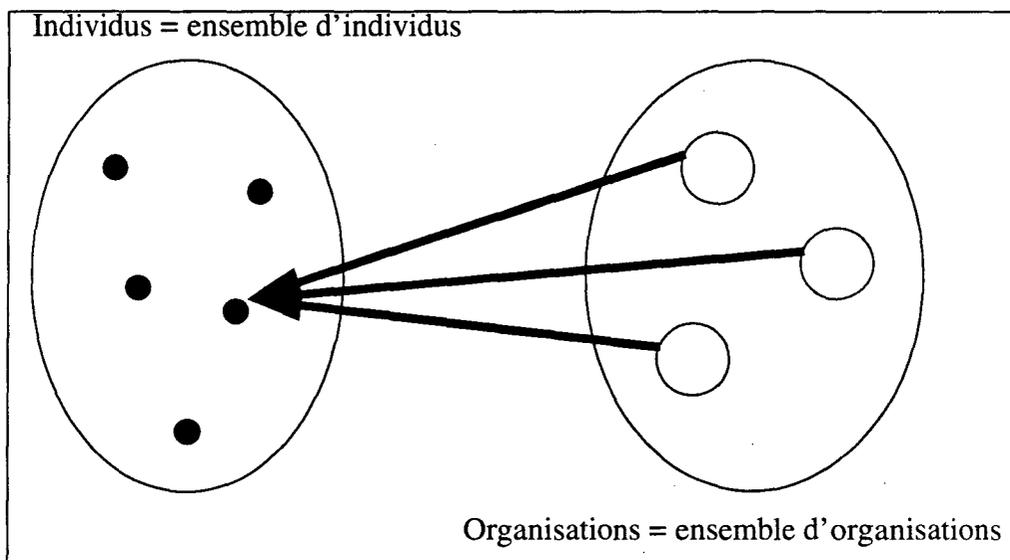


FIGURE 22 forme agrégat/intégré

Prenons l'exemple d'une application minitel, qui serait capable de proposer la connexion simultanée d'un utilisateur à plusieurs serveurs différents et d'intégrer les données reçues dans une même base de données personnelle. Exemple : une application "préparation des vacances" qui prépare le

transport (l'itinéraire ou la réservation des billets de train ou d'avion), l'accueil aux étapes (réservations d'hôtels ou de camping), l'hébergement à la destination et la prise d'assurances (assistance voyage ou assurance pour une activité spécifique). Pour chaque item plusieurs choix sont possibles et sont fortement dépendants des choix effectués pour les autres items. Ainsi, les accueils d'étapes doivent se trouver sur l'itinéraire et l'itinéraire doit pouvoir être modifié si l'accueil aux étapes initialement prévu est impossible. Il est donc indispensable d'intégrer toutes les données provenant des organisations dans une même application, tout en gardant la liaison active pour interroger les différents serveurs en cours de session et alimenter l'application de l'individu en données nouvelles.

#### **2.4.4 La forme intégrat/intégrat**

Cette forme représente une communication simultanée entre  $n$  individus et  $m$  organisations (liaison  $n$ - $m$ ). Cette forme de communication se situe dans le cadre du travail de groupe et du travail coopératif [BEUS 94a]. Elle nécessite la mise en place d'une gestion de dialogue complexe et implique des méthodes de conception et d'évaluation spécifiques. Les spécificités de ce type de communication, tant dans sa finalité que dans sa mise en oeuvre l'éloignent tout naturellement du domaine que nous étudions dans ce travail.

## **2.5 La carte dans les SIC**

La communication a commencé à s'automatiser par le réseau téléphonique classique puis par la généralisation des fax. Elle s'est ensuite informatisée avec l'avènement du minitel, des billetteries automatiques, des cartes à microprocesseur et, maintenant, de la télévision interactive.

Les systèmes d'information communicationnels tels qu'ils ont été introduits s'implémentent sur des réseaux interconnectés (de type WAN) équipés de points de connexion accessibles à un grand nombre d'utilisateurs. Les utilisateurs doivent être équipés de matériels leur permettant de se connecter aux réseaux, de s'identifier auprès des systèmes informatiques auxquels ils se connectent puis d'exécuter des transactions avec ces systèmes. Dans ce cadre, nous avons plus spécialement étudié les systèmes utilisant la technologie carte à microprocesseur.

La carte à microprocesseur [GUEZ 88], en tant qu'élément individuel, présentant une mobilité géographique égale à celle de l'individu et permettant de se connecter aux organisations, semble intuitivement être un élément de la réponse informatisée aux besoins en communication des individus avec les organisations [HAYE 92 a et b]. La carte et le minitel sont les objets les plus utilisés actuellement pour réaliser le lien informatique entre les particuliers et les organisations. Les apports supplémentaires de la carte par rapport au minitel sont : son caractère de mobilité, son caractère sécuritaire pour les échanges d'information, sa capacité de calcul et de stockage de données.

### 2.5.1 Les applications cartes

Les applications utilisant des cartes sont multiples, mais ont toutes, actuellement, des caractéristiques communes :

- les applications cartes touchent un grand public, en général externe à l'organisation qui propose les services (ce qui signifie que les cartes sont construites à l'identique en un grand nombre d'exemplaires);
- les transactions sont simples et relativement cadrées (définies par avance et non personnalisées dans leur syntaxe);
- Les cartes sont individuelles (appartiennent à un porteur nommé, qu'il soit humain ou non). Les services proposés par les applications cartes concernent des données spécifiques au porteur (que ces données soient dans la carte ou dans le système fixe auquel elle se connecte et qui fournit les services) et peu sont des données générales (globales);
- les traitements doivent être courts, les accès aux données rapides et les protocoles simples; la place de l'ergonomie est importante : les choix doivent être faciles, l'apprentissage simple (il est impossible de prévoir une formation pour tous les utilisateurs grand public), l'IHM (Interface Homme / machine) doit être soignée.

La carte à microprocesseur, grâce à ses capacités de calcul et de sécurité, offre des solutions pour un grand nombre d'applications qui ne trouvent pas de réponse satisfaisante dans les approches plus traditionnelles (carte à piste magnétique, jetons, tickets ...) [PELL 92].

Les différentes utilisations de la carte peuvent schématiquement se caractériser comme suit :

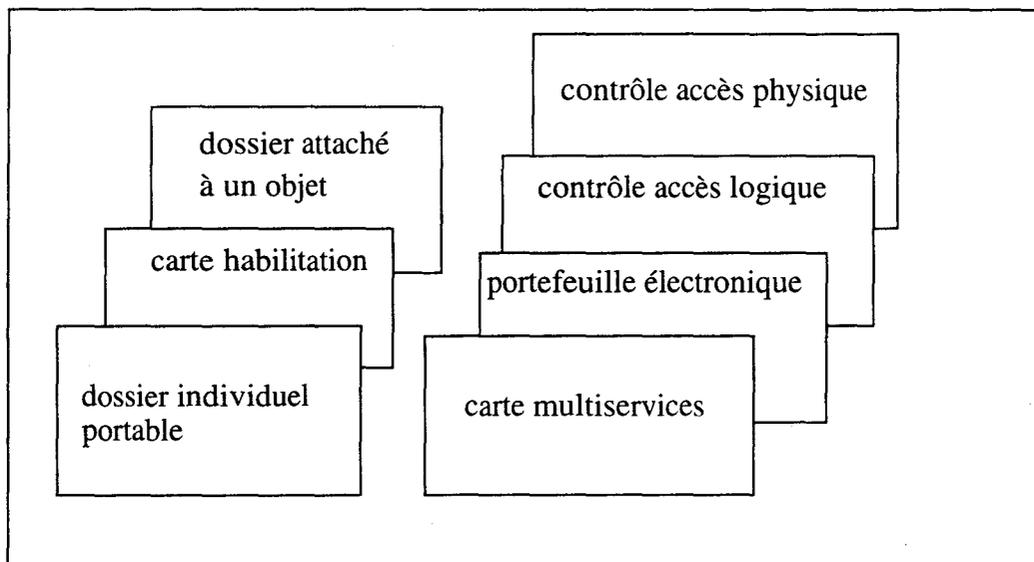


FIGURE 23 domaines d'application cartes

**Dossier portable individuel** : on appelle dossier portable individuel, une carte permettant le stockage et l'actualisation d'informations relatives à un individu en liaison avec une application spécifique. On note que, dans beaucoup de cas, les informations ne peuvent être enregistrées sur la carte que par un personnel autorisé muni d'une carte d'habilitation, d'un lecteur ainsi que de la carte à compléter et d'un second lecteur. (exemple : dossier médical, transfusion sanguine, carte de dialyse ...)

**Portefeuille électronique** : la carte à mémoire peut être utilisée pour :

- identifier de manière formelle le payeur auprès du prestataire financier
- prépayer : restaurant d'entreprise, publiphone, péages d'autoroutes...
- payer à distance : elle permet de facturer un service, un achat par correspondance, une réservation
- payer a posteriori : chez les commerçants dotés de terminaux de point de vente, dans les entreprises (cafétéria, centrale d'achat ...), dans les transports urbains (abonnement et paiement personnalisé ...)
- banque à domicile : virement, consultation de compte ...

**Carte d'habilitation** : la carte d'habilitation donne à un responsable ou à une personne dûment identifiée et reconnue le droit de lire ou écrire dans la carte d'un porteur (Carte du Professionnel de Santé par exemple)

**Contrôle d'accès logique** : utilisée dans la protection des systèmes informatiques, elle peut être mise en oeuvre à plusieurs niveaux :

- protection des droits d'accès d'un logiciel
- contrôle d'accès logique à un serveur, à une BD, à une application, avec fonctions d'identification, d'authentification et éventuellement de connexion automatique
- protection d'une messagerie électronique d'entreprise (signature électronique, chiffrement garantissant la confidentialité)
- renforcement de la sécurité de points particulièrement sensibles (virements bancaires par exemple).

**Contrôle d'accès physique** : accès à des locaux par un individu; la carte à mémoire et plus encore la carte à microprocesseur permettent en même temps la sécurité de l'accès et le suivi des passages (utilisation de codes, reconnaissance d'empreintes digitales, de photos...) (les cartes magnétiques sont facilement copiables et réutilisables en cas de perte et ne garantissent pas une identification absolue du porteur)

**Dossier attaché à un objet** : conçue sur le même principe que le dossier individuel portable, elle concerne un objet (carnet d'hélicoptère, suivi de fabrication ...).

**Carte multi-services** : la carte multiservices est une carte unique pouvant conjuguer plusieurs applications pour offrir des services diversifiés [CORD 92]. Les différentes applications sont toutes

offertes par le même prestataire, contrairement à la carte multi-applicative, à l'étude, qui permettra d'offrir les services de plusieurs partenaires différents avec une même carte. Dans ce cas, chacun des prestataires peut offrir plusieurs services. (exemple : au sein d'une entreprise accès physique à certaines zones, accès logique à des applications informatiques à partir de postes de travail, identification des agents, gestion d'horaires variables, dossier portable individuel ...). La carte multiapplicative présente une particularité importante, qui la différencie des cartes dites monoapplicatives : elle permet une relation entre des systèmes d'information différents par partage de données, en autorisant différents prestataires de services à utiliser des données communes. On peut donc la considérer comme un lien simple permettant le transfert de données entre des systèmes d'information n'ayant entre eux aucune connexion physique.

Les domaines d'application des applications cartes sont multiples. On peut citer :

- la santé (le médical et l'administratif) [BEUS 94b]
- le secteur bancaire
- les installations culturelles, de loisirs dans les communes
- le transport
- le système éducatif

### **2.5.2 La conception des systèmes à cartes**

La conception d'un système d'information intégrant des cartes (ou tout objet mobile) ne doit pas fondamentalement différer de la conception traditionnelle et doit s'intégrer dans un cadre méthodologique classique.

Dans la phase de définition d'un projet "cartes", il est nécessaire de bien identifier le besoin de cartes ou, tout au moins, que l'utilisation de cartes est justifiable. Etant donné ses limitations techniques, la carte ne peut être utilisée que dans des cas spécifiques. Le remplacement de cartes manuscrites par des cartes à microprocesseur semble la justification la plus facile d'un besoin cartes et l'informatisation d'une procédure manuelle utilisant des cartes "papier" la plus aisée à mettre en oeuvre.

Dans le développement d'une application cartes, il est nécessaire de décrire les besoins utilisateurs en termes de services attendus puis d'en déduire les services à mettre en place. Une étape importante concerne la répartition des données et des traitements entre les différentes machines impliquées dans les transactions (carte ou machines fixes). La répartition sera choisie en fonction de critères à définir (pour les données : taille, fréquence de mise à jour, fréquence d'accès, pour éviter les problèmes inhérents à la recopie d'information et ceux inhérents aux lenteurs d'accès à un réseau) (pour les traitements : taille du code et rapidité d'exécution, localisation des données utilisées par le code, confidentialité).

### **2.5.3 La mise en oeuvre des systèmes à “cartes”**

Certains problèmes, classiques dans les systèmes d'information traditionnels, deviennent cruciaux dans le domaine des systèmes incluant des mobiles et, plus précisément, des cartes. Citons, plus particulièrement, les problèmes de “back-up”, les mises à jour logicielles des applications et les évolutions de schémas des bases de données “encartées” ou les “reconstructions” des cartes perdues ou détruites.

### **2.5.4 L'évaluation des systèmes à cartes**

Il faut évoquer aussi la difficulté de l'évaluation du système “a priori”. Entendons l'évaluation du degré de satisfaction des utilisateurs ou du taux d'utilisation de la carte, avant leur mise en exploitation en grandeur réelle.

Une phase de tests sur un échantillon représentatif de la population d'utilisateurs ciblée n'est pas toujours significative. En effet, la finalité d'un projet cartes étant souvent d'intégrer un grand nombre de participants, les résultats d'un test sur un public restreint peuvent s'avérer très différents de la réalité sur un grand public. Par exemple, le degré d'utilisation d'une carte de paiement n'est mesurable qu'a posteriori, quand une masse critique de porteurs, de commerçants et de banques est mise en jeu.

Le comportement d'un acteur humain étant difficilement prévisible, il serait intéressant de disposer, pour réaliser l'évaluation a priori d'un projet de grande envergure, d'outils de modélisation du fonctionnement du système et du comportement des acteurs (porteurs). Ce cas est typique du besoin de simulation, la modélisation du comportement par les méthodes mathématiques classiques étant rendue impossible par des problèmes d'échelle.

## **2.6 CONCLUSION**

La prise en compte des individus et de la communication dans les systèmes d'information pose des problèmes originaux. L'utilisation de la carte à microprocesseur semble une solution intéressante à mettre en place pour répondre à ces problèmes.

Il semble important de mettre en évidence les difficultés de mise en oeuvre des solutions techniques. Ces difficultés sont introduites par, d'une part, l'infrastructure nécessaire et, d'autre part, la technologie des mobiles en elle-même, dont la caractéristique intrinsèque première est d'être en quasi-permanence déconnectée.

Il apparaît naturel, enfin, de proposer plusieurs modèles de systèmes répondant aux différents besoins des utilisateurs et utilisant les capacités des cartes de mobilité, sécurité et possibilité d'accès aux réseaux.



---

# Chapitre 3

## Modélisation des Systèmes d'Information Communicationnels

---

### 3.1 Introduction

Le chapitre précédent a décrit les Systèmes d'Information Communicationnels, avec une approche générale externe. Dans le présent chapitre, nous nous attachons à décrire de façon plus concrète la communication entre les applications informatiques qui implémentent les systèmes d'information concernés.

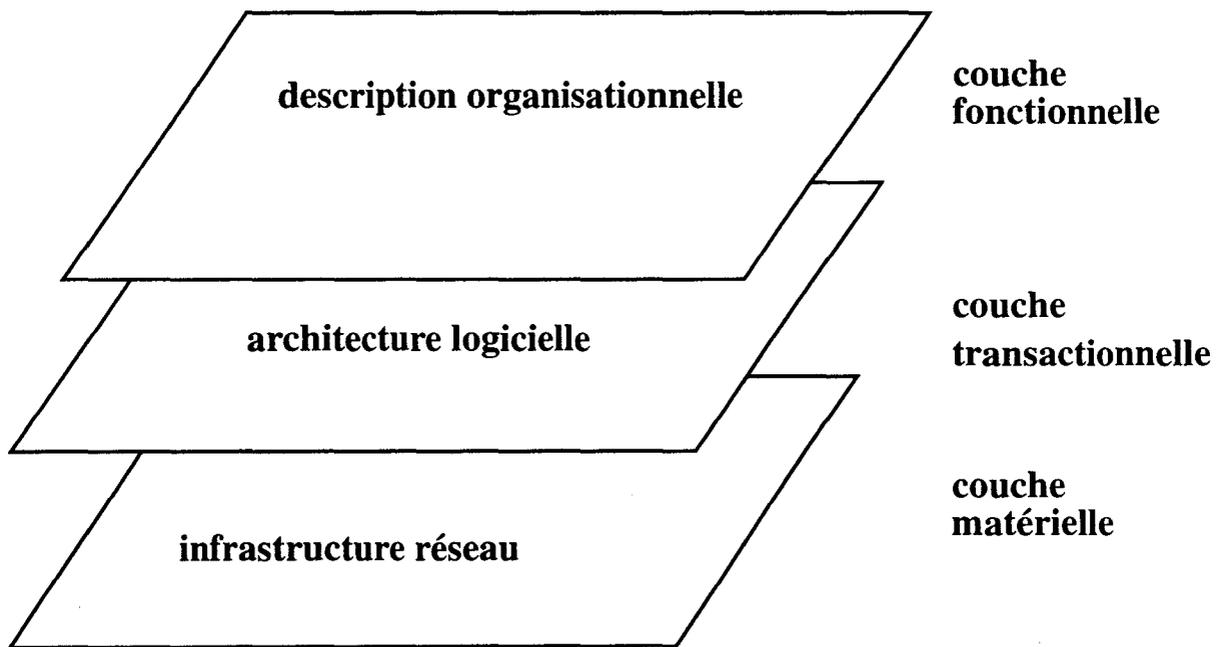
Un système d'information communicationnel formalise la communication entre différents partenaires, les systèmes d'information des individus et ceux des organisations. Il s'implémente avec des acteurs de type cartes ou "mobiles" et des systèmes informatiques fixes. Nous décrivons ici le système d'information communicationnel comme un système d'information effectuant la gestion de la communication entre différents partenaires informatiques.

Nous proposons de modéliser un système d'information communicationnel dans un modèle en couches. Le modèle de Système d'Information Communicationnel que nous proposons se décompose en trois couches : la couche matérielle, la couche transactionnelle et la couche fonctionnelle. Ceci pour représenter le fait que la notion de communication dans les SIC se décline en trois points : la communication physique entre les différents systèmes informatiques, la communication logique entre deux applications informatiques et la communication structurée entre des systèmes d'information de types différents.

La couche de base est une couche matérielle, qui compose l'infrastructure sur laquelle s'appuie le système. Un SIC, de par sa nature, s'implémente sur une infrastructure de réseau informatique. La généralisation des réseaux informatiques actuels nous permet de nous affranchir des problèmes techniques d'interconnexion des machines. Nous nous focalisons donc sur les particularités introduites par la caractéristique de mobilité des cartes, par leur nomadisme qui les rend inaccessibles la plupart du temps. Nous décrivons cette couche en isolant les différents composants matériels et l'architecture de réseau utilisée.

Cette architecture réseau supporte une couche logicielle de base, la couche transactionnelle de description des transactions élémentaires. Elle décrit le dialogue de base entre deux applications informatiques communiquant dans le cadre d'un système d'information communicationnel. Les différents modules logiciels qui la composent et les modes de transactions utilisés y sont étudiés. Nous proposons un modèle de gestion des transactions simple et unificateur, qui décrit une transaction élémentaire entre l'application implémentant le système d'information d'un individu et l'application du système d'information d'une organisation. Cette couche de base est commune à toutes les formes de communication utilisées dans les SIC.

La couche supérieure est une couche de description structurelle du système. Nous y décrivons l'architecture fonctionnelle générale d'un système d'information communicationnel. Cette architecture décrit l'enchaînement des transactions complexes et l'agencement des appels à la couche transactionnelle. Elle décrit, de plus, la gestion des différentes bases de données reflétant les systèmes d'information impliqués.



**FIGURE 24** modélisation d'un SIC

## 3.2 Couche matérielle

La couche matérielle du modèle est constituée de la description des acteurs matériels intervenant dans le SIC et de leurs liens. C'est l'infrastructure réseau sur laquelle s'implémente le système.

Nous nous affranchissons dans ce travail des problèmes connus, posés par l'interconnexion des sites informatiques, pour nous centrer sur l'utilisation des réseaux dans le cadre que nous avons défini. En effet, nous considérons ici que nous disposons de réseaux en tant qu'outils nous permettant d'implanter notre système.

### 3.2.1 Le modèle OSI

Sur cette couche, le modèle de gestion des communications valide est le modèle OSI, qui est le modèle de référence à sept couches normalisé par l'ISO [TANE 90]. Il décrit la communication entre deux machines. Nous rappelons brièvement dans le tableau suivant le rôle de chacune des couches du modèle.

TABLE 1 Modèle OSI à sept couches

	<b>Couches</b>	<b>Description</b>
7	Application	Traitement de l'information. Aspect sémantique de la communication
6	Présentation	Représentation des données transmises (encodage, compression ...)
5	Session	Etablissement et gestion du dialogue entre utilisateurs (synchronisation)
4	Transport	Contrôle de la transmission de <i>bout en bout</i> (de l'émetteur au destinataire)
3	Réseau	Acheminement des paquets. Contrôle de congestion
2	Liaison	Transmission de données en trames, sans erreur
1	Physique	Transport de l'unité élémentaire d'information

### 3.2.2 Les acteurs matériels

Décrivons tout d'abord les différents composants matériels mis en jeu dans le réseau [HAYE 92b] sur lequel s'appuie un SIC :

- les sites "fixes" du réseau hôte : l'ensemble des composants qui proposent aux différents partenaires leurs ressources en données et en capacité de traitement. Ces sites fixes représentent les systèmes informatiques proposés par les organisations prenant part au SIC. Nous considérons que ces sites sont tous physiquement connectés à un même réseau, ou à un même maillage de réseaux et accessibles sur ce réseau. Les Nouvelles Technologies de la Communication (NTC) nous apportent la solution technologique aux nécessités d'interconnexion des sites.

- les sites “mobiles” : les cartes à micro-processeur, sites informatiques dotés de capacités de stockage et de traitement des données. Technologiquement, les cartes à microprocesseur, sont de plus en plus puissantes. Des études concernant leur architecture interne sont menées en direction d'architectures RISC [CARO 94] et [CORD 95].

Les sites mobiles représentent les capacités informatiques des individus qui prennent part au système d'information communicationnel. Ils présentent un caractère de mobilité égale à celle de leur propriétaire (ou porteur). Ils ont un caractère individuel et personnel très marqué. En effet, actuellement, une carte à micro-processeur est individualisée dès avant sa distribution au porteur; elle est dévolue à un porteur précis et à une ou des applications particulières.

Il est envisagé, avec le principe de la carte blanche [PELT 95], une banalisation des cartes à micro-processeur. Celles-ci ne seront “personnalisées” qu'après l'achat par intégration dynamique des applications effectuées par le porteur. Nous notons que, dans le monde des cartes à micro-processeur, le terme “personnalisation” concerne le code applicatif et que cette phase est actuellement réalisée par le constructeur ou l'émetteur des cartes.

En effet, ces cartes possèdent un code applicatif intégré à leur système d'exploitation, l'ensemble du code étant appelé masque. Un premier pas vers cette banalisation et vers une certaine forme de normalisation a déjà été fait, par la réalisation de la carte CQL [GRIM 92]. Cette carte contenant un interprète de requêtes au format standard SQL permet à l'utilisateur d'installer dynamiquement ses propres applications.

- les guichets d'accueil ou machines de connexion : ces composants représentent des machines du réseau équipées de lecteurs de cartes. Les lecteurs sont les composants matériels seuls capables de “lire” une carte et d'“écrire” sur une carte, ce au niveau purement physique. Ils gèrent le protocole d'échange d'informations avec la carte qu'ils accueillent, sans offrir de ressources données ou traitement au niveau applicatif. Les machines de connexion possèdent un module logiciel “driver” de carte, capable d'assurer le dialogue logique avec le site mobile. Elles offrent également aux cartes qu'elles accueillent l'accès à leurs périphériques d'entrée/sortie.

Les guichets d'accueil représentent pour la carte les points d'entrée sur le réseau, mis à disposition par les organisations. Les machines du réseau qui présentent cette fonctionnalité de connexion peuvent évidemment offrir les fonctionnalités applicatives d'un site fixe, mais seront représentées dans le modèle comme deux sites différents eu égard à leurs fonctionnalités.

### 3.2.3 Les configurations du réseau

Sur l'infrastructure réseau disponible, nous construisons un réseau d'exploitation comprenant les différents acteurs matériels mis en jeu. Nous entendons par réseau tous les types de réseaux informatiques, publics ou privés, interconnectables et accessibles depuis un point d'entrée. Notre modèle ne se base pas sur une technologie ou sur une topologie de réseau particulière.

La notion de “réseau” considérée ici est très large et représente l'ensemble des réseaux interconnectés accessibles à partir d'un site, i.e. ce qu'il est convenu de regrouper sous le terme générique d'

“autoroutes de l’information” [SAND 95]. Les sites fixes sont, dans ce contexte, des sites logiques, pouvant eux-mêmes être composés de réseaux plus ou moins complexes.

On peut isoler, sur un même réseau logique construit avec les composants précédemment décrits, différentes configurations.

### 3.2.4 Le réseau fixe

Nous appelons “réseau fixe” (figure 25), l’ensemble des sites fixes, qui sont les noeuds du réseau, les liens physiques et logiques qui les relient et leurs fonctionnalités de routage, de connexion, de communication, de transport de données et de contrôle des transferts de données [HAYE 92b].

On regroupe sous cette appellation tous les types de réseaux actuellement implantés, (réseaux locaux, réseaux publics ...), les sites fixes n’y étant individualisés qu’au regard des ressources qu’ils offrent, en terme de bases de données comme en terme de services.

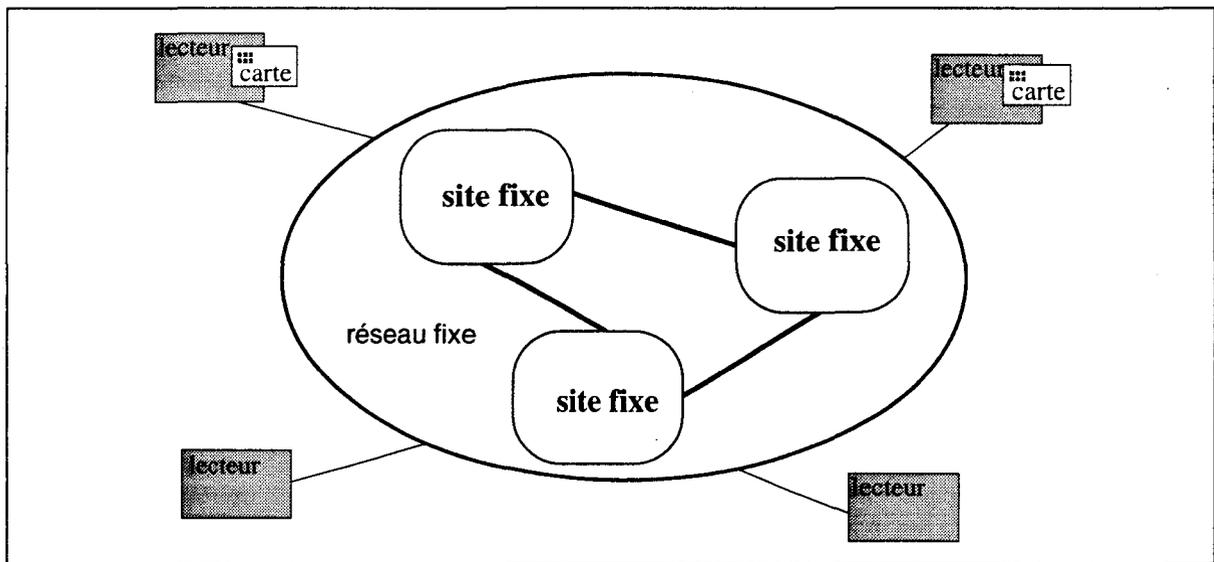


FIGURE 25 réseau fixe

### 3.2.5 Le réseau communicationnel

Nous appelons "réseau communicationnel" (figure 26) le réseau fixe augmenté des machines de connexion. Ce réseau se différencie du réseau fixe par la possibilité qu'il offre aux cartes de se connecter. C'est un réseau ouvert sur les cartes par les points d'accès carte qu'il présente.

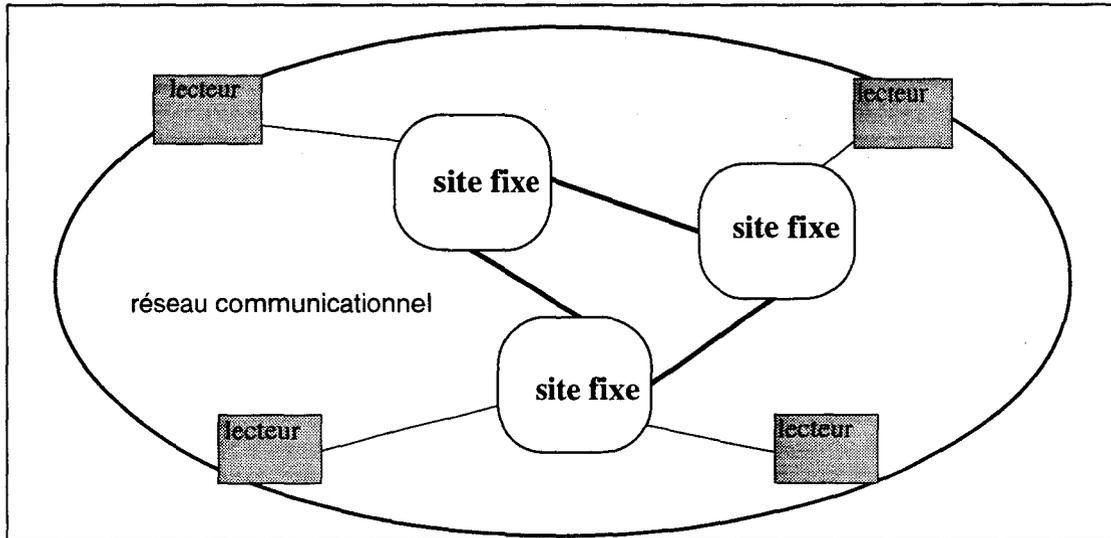


FIGURE 26 réseau communicationnel

### 3.2.6 Le réseau communicationnel actif

Un point d'accès carte au réseau peut se trouver dans deux états opposés : soit il est actif, i.e. il abrite une carte en cours de session avec le réseau, soit il est inactif.

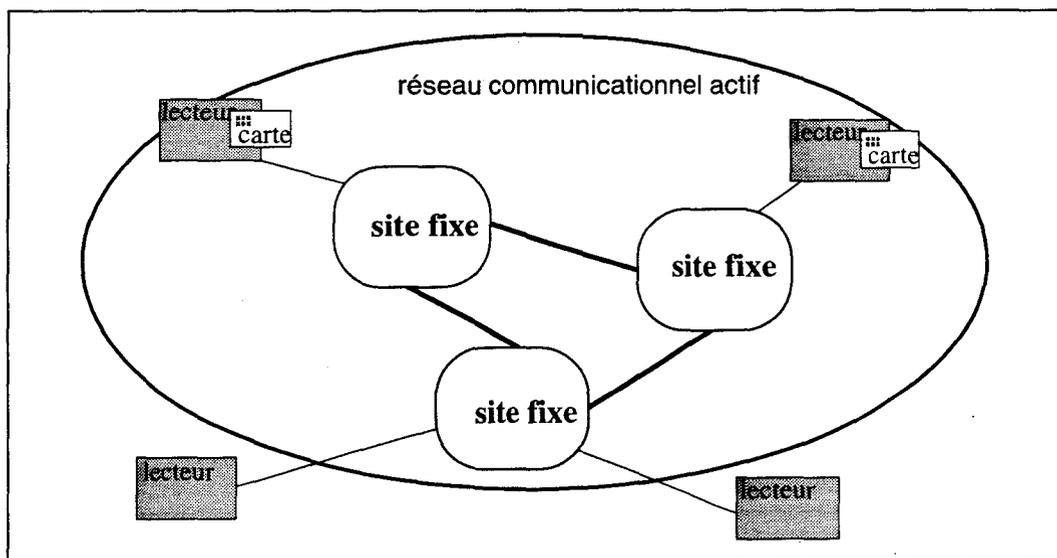


FIGURE 27 réseau communicationnel actif

Nous appelons donc “réseau communicationnel actif” (figure 27) le réseau formé du réseau fixe augmenté des points de connexion actifs et des sites mobiles qu'ils abritent et qui sont connectés au réseau à l'instant considéré. Nous ne comprenons pas dans cette configuration les points de connexion inactifs, qui n'apportent aucune ressource données ou traitement au système ainsi formé.

### **3.2.7 Configuration instantanée du réseau (l'architecture du réseau)**

Le réseau communicationnel actif ne peut être décrit qu'à un instant  $t$  donné, car il se reconfigure dynamiquement de façon totalement asynchrone. A tout moment, des sites mobiles intègrent et quittent le réseau réel.

Si un gestionnaire de réseau fixe est capable de connaître sa configuration à tout moment, cela devient plus difficile quand des sites mobiles sont mis en jeu. En effet, une machine fixe est connue des autres partenaires par son adresse et le gestionnaire de réseau est capable de la localiser facilement. Il connaît toutes les machines qui composent ou peuvent composer le réseau par leur adresse logique. Dès qu'une machine se connecte par un des points d'accès, le gestionnaire la localise et, si elle est connue de lui, l'intègre dans sa connaissance de la configuration instantanée du réseau. Ceci la rend accessible (adressable) aux autres partenaires du réseau.

Dans le cas d'un réseau comprenant des sites mobiles, deux problèmes surgissent :

- Tout d'abord, le nombre de sites pouvant se connecter est souvent très important. La gestion du réseau s'en trouve alourdie.
- Ensuite, une carte ne se connecte pas au réseau par un point d'entrée du réseau fixe, mais par un point d'entrée du réseau communicationnel; ces points d'accès carte sont les guichets d'accueil.

On peut considérer qu'une carte connectée à une machine de connexion forme, selon un point de vue fonctionnel, une nouvelle machine fournissant au système des ressources données et traitement. En effet, vis-à-vis des autres acteurs matériels du système, une carte introduite dans un lecteur et pilotée physiquement par un driver installé sur la machine hôte devient un site fixe du système, au sens de la définition donnée plus haut, tant qu'elle est connectée et donc accessible aux autres partenaires.

Cette nouvelle machine, non dotée d'interfaces homme/machine, utilise les périphériques d'entrée/sortie (écran/clavier) de la machine de connexion.

### **3.2.8 Les sites virtuels du réseau**

Si on imagine qu'une machine hôte est capable de piloter plusieurs cartes en même temps, à chaque machine de connexion on associe plusieurs nouvelles machines cartes.

Du point de vue du réseau, de nouveaux problèmes d'adressage se font jour; en effet, ces  $n+1$  machines ( $n$  cartes + la machine hôte) sont connectées au réseau sur le même point d'accès du réseau

fixe. On se trouve donc dans une situation où  $n+1$  adresses logiques ont la même adresse physique. Ces nouveaux problèmes nécessitent la définition, la conception et le développement de nouveaux outils logiciels de gestion du réseau.

On voit donc qu'une carte se transforme en machine fixe du réseau (avec certaines particularités de connexion et d'adressage) et peut être considérée comme telle pendant toute sa période de connexion.

La particularité de la carte, qui la singularise des autres types de composants matériels traditionnels, est de n'être que rarement connectée. Un système carte doit donc gérer une organisation dont la plupart des composants sont le plus souvent absents. La situation la plus courante des cartes vis-à-vis du système étant d'être absentes de l'organisation, on peut considérer que le système, en situation "normale" est en situation de gestion de pannes. En effet, au regard du système communicationnel actif, le fonctionnement à un instant  $t$  est toujours en mode dégradé.

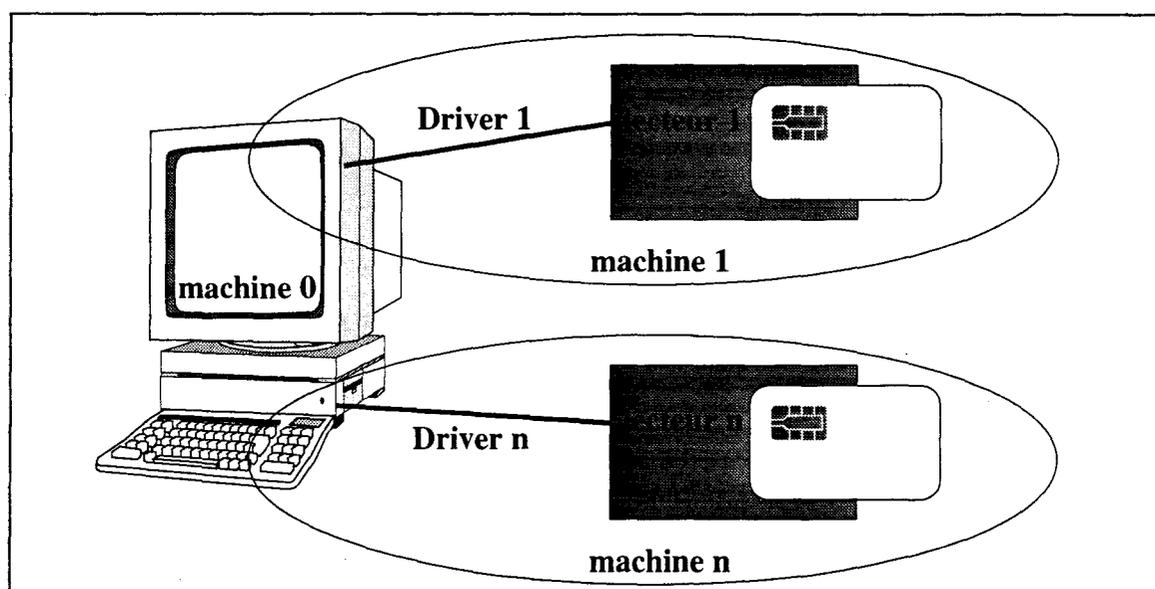


FIGURE 28 machines virtuelles

Il faut cependant noter que beaucoup d'applications cartes simples ne nécessitent pas la connaissance par tous les acteurs matériels du réseau de sa configuration réelle, très peu d'entre eux ayant besoin de localiser et d'adresser une carte.

## 3.3 Couche transactionnelle

La couche transactionnelle est une couche logicielle de base. Elle contient les modules logiciels, de type applicatif ou système, nécessaires au fonctionnement des systèmes d'information communicationnels.

La finalité d'un SIC étant d'offrir des possibilités de communication entre différents partenaires, nous décrivons les divers modes de transactions possibles entre des cartes et des systèmes informatiques fixes, puis les modules spécifiques à mettre en oeuvre pour que des applications utilisant des cartes puissent dialoguer. Ces éléments sont ensuite placés dans un modèle de gestion des transactions.

### 3.3.1 Le mode client / serveur

Les applications utilisées dans ce modèle de système étant essentiellement bâties sur le mode client/serveur, nous rappelons tout d'abord quelques-uns de ses principes de base :

Le modèle client / serveur représente une nouvelle approche du traitement informatique, à l'opposé du traditionnel modèle maître / esclave, dans lequel la puissance de calcul des machines esclaves est souvent sous-employée. Le mode client / serveur propose donc une redistribution des rôles entre les différents sites impliqués. C'est une approche opposée aux applications natives et aux systèmes propriétaires. Elle concerne aussi bien les données (architecture de bases de données réparties), que les traitements.

On définit sur le mode client/serveur des architectures ouvertes, qui permettent une réelle coopération entre les applications. Serge Miranda propose la définition suivante [MIRA 94] :

*“Une architecture client/serveur peut être définie comme une architecture logicielle OUVERTE (fidèle aux standards) qui fournit des services distants (base de données, messagerie, impression, etc.) à des clients interconnectés via un réseau de manière TRANSPARENTE à l'hétérogénéité des ressources informatiques mises en jeu (ordinateurs, réseaux, logiciels de base).”*

Dans les cas simples d'utilisation du mode client/serveur (terminaux X), une application comprend deux modules de code bien distincts et développés séparément. Ces deux modules sont complémentaires et dialoguent selon un protocole bien défini. Le rôle du module client est alors d'assurer le dialogue avec l'utilisateur final de l'application (la gestion de l'IHM), d'effectuer un premier contrôle de vraisemblance de la requête puis de transmettre la requête vers le site distant capable d'exécuter la requête. Le module serveur, quant à lui, exécute la requête en accédant aux ressources données nécessaires à son exécution [DESA 91].

Le mode client/serveur est aussi utilisé de manière beaucoup plus complexe, pour assurer l'interopérabilité entre SGBD hétérogènes et la transparence de la localisation des services. Trois composantes coopèrent pour réaliser une architecture répartie des traitements et des données : le client, le réseau et le serveur.

Ce modèle d'exécution présente des avantages évidents, même s'il nécessite une forte normalisation des protocoles à mettre en oeuvre (API, protocoles de communication ...) :

\* adaptabilité : le développement séparé des modules clients et serveurs permet une grande souplesse d'évolution. Ceci introduit également une grande souplesse de fonctionnement du système : le développement d'IHM adaptées ou la possibilité offerte aux clients d'élire à tout moment le serveur le mieux adapté à leurs besoins

\* optimisation des ressources en calcul, par l'utilisation optimisée des puissances de calcul des machines mises en jeu

\* réduction du volume de données transmises sur le réseau

\* transparence de la localisation des serveurs données ou traitements.

Dans le cas des cartes à micro-processeur, l'utilisation du mode client/serveur présente, à l'encontre, un inconvénient majeur, qui est la difficulté de la mise à jour des modules de code applicatif installé sur les cartes. Cette difficulté de mise en oeuvre est due au grand nombre de cartes concernées par une application et à leur dissémination physique parmi le public.

En effet, si une mise à jour par téléchargement est envisageable dans le cas de stations fixes, elle devient très difficile à maîtriser dans le cas de sites mobiles, rarement connectés au réseau. On peut mettre en place une procédure de téléchargement du nouveau module sur les cartes à leur connexion, mais celle-ci doit être fortement sécurisée et maintenue jusqu'à ce que toutes les cartes se soient connectées au moins une fois au réseau. Ceci alourdit évidemment la mise en oeuvre de la procédure de mise à jour du code applicatif.

### **3.3.2 Les acteurs logiciels**

Dans un SIC un certain nombre d'applications informatiques ont besoin de communiquer entre elles. Nous en dénombrons autant que de systèmes d'information impliqués dans la communication. Nous appelons application "individu", l'application qui implémente le système d'information de l'individu porteur de la carte et application "distante", celle qui implémente le système d'information de l'organisation à laquelle l'individu se connecte.

Rappelons les trois formes de communication évoquées au chapitre 2 et dénombrons, pour chacune d'elles, les applications informatiques impliquées :

- forme agrégat/agrégat, ou communication [1-1] : une application "individu" et une application "distante"
- forme intégrat/agrégat, ou communication [n-1] : n applications "individus" et une application "distante"

- forme agrégat/intégré, ou communication [1-n] : une application “individu” et n applications “distantes”.

Dans cette couche du modèle, nous traitons la communication élémentaire entre une application “individu” et une application “distante”. Les deux applications impliquées sont situées l'une sur le site distant de l'organisation, l'autre sur la machine virtuelle formée par la carte et sa machine de connexion.

### **3.3.3 L'application “individu”**

L'application “individu” présente la particularité d'être écrite en deux modules distincts. Ils sont situés l'un sur la machine de connexion, l'autre sur la carte. Une carte contient donc, outre des données structurées, des modules serveurs de diverses applications. Elle ne peut donc exécuter que les applications dont elle possède un module serveur. De même, une application installée sur une machine de connexion du système hôte ne peut dialoguer qu'avec une carte qui en possède le module serveur. La première étape d'une session de connexion d'une carte consiste donc en une identification réciproque des deux modules client et serveur de l'application.

Nous considérons dans ce travail que la session de connexion ne commence qu'après l'authentification de l'utilisateur de la carte. Cette authentification se fait en général par saisie et vérification de mot de passe, mais des études sont menées sur d'autres principes d'authentification, l'authentification biométrique par exemple [ALEX 95].

A l'identification des modules client et serveur s'ajoute une authentification des droits de l'utilisateur à faire exécuter ce code ou à accéder aux données. Ces droits sont décrits dans la carte sous la forme de schémas de sécurité superposés au schéma interne des données de la carte. Les moyens et procédures de sécurité sont étudiés spécifiquement et il est proposé un langage de description des droits d'accès aux données et aux modules de code [TRAN 95].

Dans le cadre des SIC, l'application “individu” peut avoir deux rôles :

- soit elle est une application cliente d'une application “distante”, serveur de ressources données ou traitements, dans les cas des formes où n'intervient qu'un individu : [1-1] et [1-n];
- soit elle est une application serveur de ressources pour une application “distante”. Dans ce cas, qui met en oeuvre la forme de SIC [n-1], l'application “individu” est principalement serveur de données, mais elle peut effectuer des traitements sur ces données, surtout dans le cadre de leur sécurisation; en effet, une carte offre notamment des capacités d'encryptage.

### **3.3.4 L'application “distante”**

L'application “distante” d'une organisation impliquée dans une transaction avec une application “individu” peut également avoir deux rôles, de client ou de serveur, symétriques de l'application “individu”, selon le type de SIC dans lequel elle est utilisée.

Nous résumons dans le tableau suivant, pour chaque forme de SIC, le nombre de partenaires impliqués dans une instance de communication, le nombre d'applications impliquées et le mode sur lequel chacune d'elles est utilisée.

**TABLE 2**      partenaires impliqués dans les communications

	<b>agrégat / agrégat</b>	<b>intégrat / agrégat</b>	<b>agrégat / intégrat</b>
nb individus/nb organisations	1/1	n/1	1/n
nbre d'applications	1 <-- 1	n --> 1	1 <-- n
modes	1 client / 1 serveur	n clients / 1 serveur	1 client / n serveurs

Nous remarquons, dans notre modèle, que l'application "distante" peut également être située sur une autre carte du système. Nous n'avons qu'effleuré cette possibilité dans la présentation générale des SIC, mais notre modèle de gestion des transactions s'applique tout aussi bien à ce cas. Les appellations "individu" et "distante", dans cette situation, doivent être comprises, non plus dans le sens de la localisation des applications sur l'un ou l'autre site, mais dans le sens de client et serveur de ressources.

### **3.3.5 Les modes de transactions**

Après les phases indispensables d'identification et d'authentification, une carte se trouve en session avec une application. Elle travaille généralement avec le système sur lequel elle se connecte sur le mode transactionnel. On peut donc décrire différents types de transactions possibles entre une carte et un système sur lequel elle se connecte.

Les transactions peuvent se décliner selon deux modes représentant deux dimensions quant au type de répartition des traitements, la dimension spatiale et la dimension temporelle :

- le mode immédiat/différé
- le mode local/distant.

### **3.3.6 Mode local/distant**

Dans les cas simples des applications existantes, une transaction se déroule a priori entre le module client de la station de connexion et le module serveur situé sur la carte; elle se satisfait des capacités de la carte et de la machine de connexion.

Mais, dans bien des cas, les ressources de ces deux machines (carte et machine de connexion) sont insuffisantes, tant en terme de données qu'en terme de modules serveurs. Dans ces cas, il est fait appel à d'autres sites serveurs accessibles à travers le réseau.

**a. mode local :**

La transaction s'effectue entre une carte et sa machine de connexion et ne nécessite de la part de la machine d'accueil aucun appel à ressources extérieures situées sur le réseau. Dans ce cas, le traitement de la requête du porteur est dévolu à la machine hôte et au mobile. Elle est locale à l'application appelée par l'utilisateur et n'utilise que les modules serveur (dans la carte) et client (dans la machine hôte) de l'application "individu".

Ce mode n'est a priori pas utilisé dans le modèle de SIC que nous avons proposé, toutes les formes de SIC présentées nécessitant au moins une application "distante". Nous l'évoquons ici parce qu'il représente une forme très simplifiée du modèle, mais néanmoins largement utilisée dans les applications simples actuelles utilisant des cartes.

De plus, il est nécessaire de décrire la communication entre une carte et sa machine de connexion avant de décrire des modes de transaction plus complexes impliquant les sites distants. Ce mode sera utilisé dans les SIC dans deux cas : tout d'abord, pour initier la communication avec les systèmes fixes et ensuite pour gérer, sous forme de mode restreint, les situations de panne ou de déconnexion du réseau.

**b. mode distant :**

Ce mode représente, quant à lui, le mode connecté à une application "distante". Il peut être utilisé de deux façons, selon que la transaction est initiée par l'application "individu" ou par l'application "distante".

C'est le mode utilisé pour implémenter les différentes formes de SIC. Il représente le fait qu'une transaction s'effectue entre une carte et un site distant. Cette transaction ne peut pas se satisfaire des ressources locales et nécessite les ressources traitement ou données d'un ou plusieurs serveurs du réseau, que ces serveurs soient des sites fixes ou mobiles.

Dans le sens carte --> application distante, il s'implémente sous la forme d'un appel par l'application "individu" à un serveur distant. La carte est alors cliente d'une application du réseau.

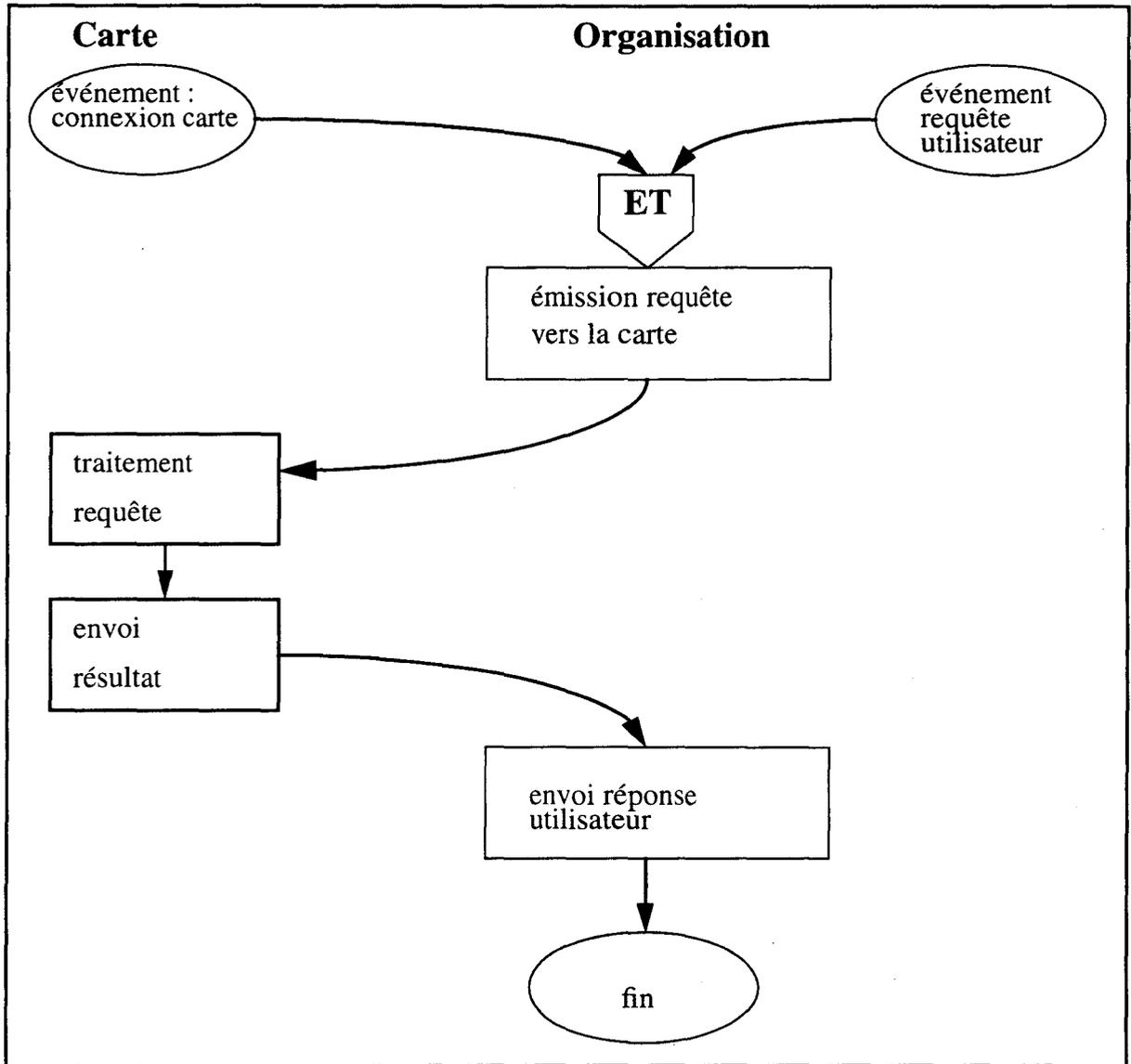
Dans le sens application distante --> carte, il s'implémente sous la forme d'un appel d'une application "distante" à la carte. La carte joue ici le rôle de serveur.

**3.3.7 Mode immédiat/différé**

Nous introduisons avec ces modes de transactions une dimension temporelle, qui définit une répartition de l'exécution des transactions dans le temps.

**a. mode immédiat :**

Une transaction immédiate est complétée sans attente, les ressources permettant sa complétude sont disponibles. La transaction se déroule de bout en bout sans interruption . La figure ci-dessous décrit l'enchaînement des tâches effectuées sur les deux sites : carte et organisation.



**FIGURE 29** mode immédiat : principe d'exécution

**b. mode différé :**

Une transaction différée est une transaction qui nécessite pour s'exécuter des ressources indisponibles. Cette requête ne pourra atteindre la complétude que plus tard, quand la ressource sera disponible. Cette ressource manquante peut être une donnée, inexistante ou non mise à jour, ou une ressource de calcul. Ce mode nécessite, de la part des deux intervenants, l'application "individu" et l'application "distante" de l'organisation, la capacité de suspendre la transaction en cours et la capacité de la reprendre dès que possible. Ce mode nécessite également la mémorisation de l'attente dans le réseau et dans le mobile.

Ce mode présente deux cas de figure symétriques, selon que le site serveur indisponible est la carte ou le site fixe. Pour la description du principe du mode différé, nous avons choisi de ne décrire que le cas où le site indisponible est le site distant.

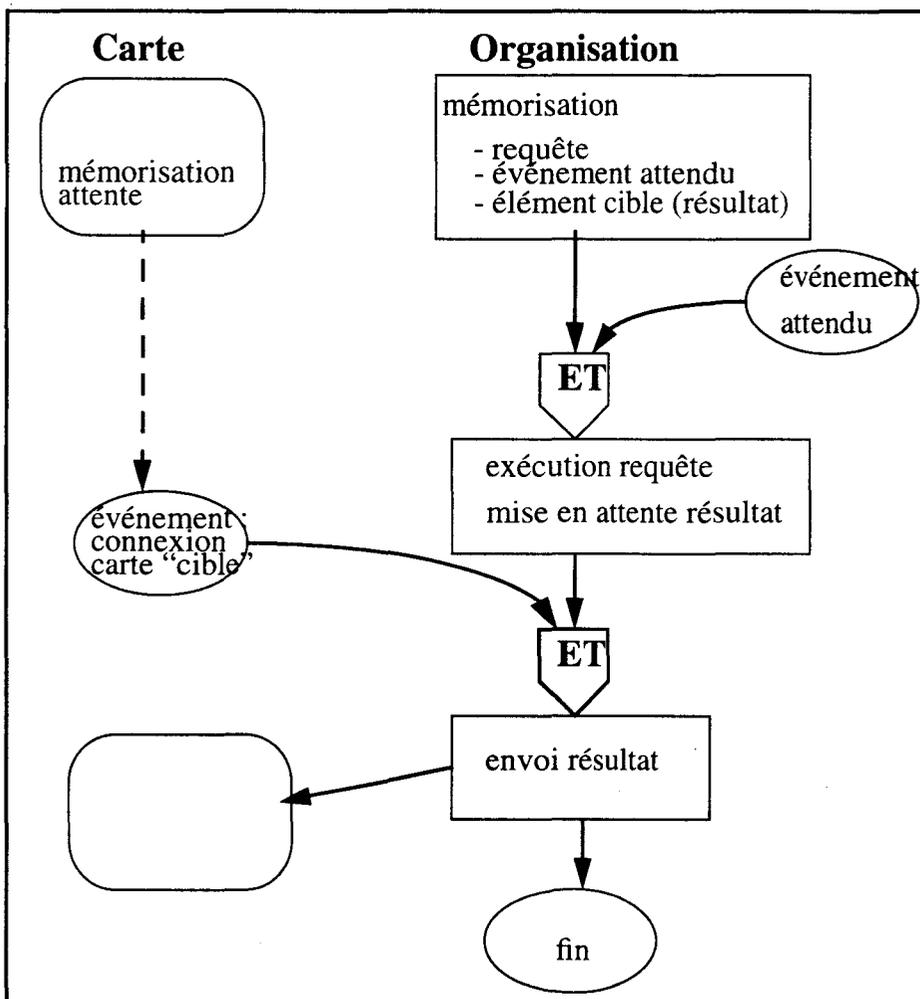


FIGURE 30 mode différé : principe d'exécution

La figure 30 montre l'enchaînement des tâches à effectuer sur les deux sites (carte et organisation) pour réaliser la mémorisation de la suspension de requête, puis sa complétude.

Décrivons l'enchaînement des tâches nécessaires à l'exécution du mode différé :

- Dans la carte, qui a initié la transaction différée :
  - \* **1ère tâche** : la mémorisation de l'attente, déclenchée, après la réponse du système hôte d'indisponibilité de la ressource, par la décision de différer la requête
  - \* **2ème tâche** : réception du résultat, déclenchée par une nouvelle connexion de la carte au réseau et la disponibilité du résultat.
- Dans l'organisation :
  - \* **1ère tâche** : la mémorisation de l'attente, qui est déclenchée par la décision de suspendre la requêteCette tâche comprend :
  - la mémorisation de la requête suspendue
  - la mémorisation de l'événement attendu pour reprendre l'exécution de la requête; cet événement représente la disponibilité de la ressource manquante (création ou mise à jour de données, disponibilité d'une puissance de calcul)
  - la mémorisation de l'élément cible, auquel doit être transmis le résultat de la requête, quand elle sera complétée; l'élément cible est la carte précisément identifiée, qui a initié la requête.
  - \* **2ème tâche** : reprise de l'exécution de la requête initiale, qui est déclenchée par l'arrivée de l'événement attendu, i.e. la mise à disposition de la ressource manquante.Cette tâche comprend :
  - l'exécution de la requête
  - la mise en attente du résultat. Cette mise en attente peut se faire dans une boîte aux lettres du réseau
  - \* **3ème tâche** : l'envoi du résultat. Cette tâche est déclenchée par un événement "connexion au réseau de la carte cible".

Nous proposons différentes solutions pour la mise en oeuvre de la gestion des messages en attente. En effet, l'initiative de la consultation des messages en attente dans l'organisation est dévolue soit à la carte, soit à l'organisation.

**1ère solution** : l'initiative de la consultation est dévolue à l'organisation. Ceci signifie qu'à une connexion de la carte à cette organisation, si des messages sont en attente pour la carte, l'organisation doit signaler le fait à la carte et lui envoyer les messages en attente. Cette solution implique que l'organisation ait une visibilité nette de la configuration instantanée du réseau communicationnel actif, ce qui alourdit la gestion du réseau. Cette solution, par exemple, sera opérationnelle début 1996 dans les services de messageries des téléphones cellulaires mobiles.

Il s'agit de mettre en place un gestionnaire de réseau capable de détecter la connexion d'une carte, de définir l'adresse de la machine de connexion sur laquelle elle se trouve. La machine de connexion, quant à elle, si elle pilote plusieurs cartes, doit être capable d'orienter les messages vers la carte cible.

Dans cette solution, le choix doit être laissé à l'utilisateur de la carte d'absorber ou non les messages envoyés par l'organisation. Reprenons l'exemple d'une carte médicale, où l'utilisateur peut être un membre du personnel hospitalier : les membres du personnel ne sont pas habilités à accéder aux mêmes informations et, par là même, ils ne sont pas habilités à absorber tous les messages envoyés par l'organisation. Il faut donc mettre en place une procédure de sécurité supplémentaire pour sauvegarder la confidentialité des données et des messages. Seule la carte peut donner à l'organisation l'autorisation d'envoyer les messages, en fonction de son schéma de sécurité des données. L'entête du message doit donc contenir une information suffisamment explicite pour être traitée par la carte, tout en restant confidentielle. On peut penser à une solution de cryptage. La mise en place de cette procédure va ralentir de façon non négligeable les communications pour envoi de messages.

Cette solution présente, à l'encontre, l'avantage de pouvoir fournir sans délai à la carte des messages qu'elle n'attendait pas. Elle présente également l'avantage d'éviter à la carte des consultations inutiles.

**2ème solution** : l'initiative de la consultation est dévolue à la carte et celle-ci ne consulte l'organisation que si elle sait attendre des messages. Dans ce cas, la procédure de sécurité quant à la confidentialité des messages attendus est simplifiée. En effet, la décision de consulter la file d'attente des messages peut se faire a priori et non a posteriori comme dans la première solution, en fonction de l'habilitation de l'utilisateur.

Cette solution présente un inconvénient non négligeable dans certains cas de figure : quand le traitement dans l'organisation de la requête en attente est long, la carte est amenée à effectuer un certain nombre de consultations inutiles avant la consultation utile. Le deuxième inconvénient majeur de cette solution est de ne pas permettre à la carte de recevoir sans délai des messages non attendus, puisqu'elle ne sera pas prévenue de leur arrivée.

**3ème solution** : la carte prend l'initiative de la consultation à chacune de ses connexions. On préserve avec cette solution la confidentialité des accès aux messages attendus. La carte peut également recevoir des messages non attendus.

A l'encontre, le nombre de consultations inutiles est augmenté et ce, dans une proportion qui peut être importante si la carte consulte à chaque connexion toutes les organisations auxquelles elle peut accéder. En effet, nous avons vu qu'une carte pouvait accéder dans la même instance de liaison à n organisations (forme [1-n] de SIC). Pour préserver l'autonomie et l'indépendance logique des organisations entre elles, nous n'envisageons pas de gestion de file d'attente des messages centralisée.

Chacune des solutions présente des avantages et des inconvénients, en fonction des contraintes de rapidité d'exécution et de confidentialité que l'on impose au système. Le choix entre les trois solutions sera fait en fonction de plusieurs critères :

- la fréquence estimée de connexion de la carte au système
- la fréquence estimée des mises en attente de requêtes
- le délai moyen estimé de traitement des transactions différées par l'organisation
- le type d'application : s'il y a ou non possibilité que la carte reçoive des messages non attendus.

### **3.3.8 Les types génériques de transactions (familles de transactions)**

En combinant les deux modes de transactions, on définit donc 4 types génériques de transactions :

- local immédiat
- distant immédiat
- distant différé
- local différé.

Les transactions établies sur le mode local ne concernent que l'application "individu" et n'impliquent donc que deux sites, la carte et la machine de connexion.

Les transactions établies sur le mode distant, quant à elles, concernent de plus une application "distante". Elles peuvent être initiées soit par l'une soit par l'autre des deux applications, "individu" ou "distante". Leurs descriptions présentent quelques différences, bien qu'elles obéissent toutes deux au même principe de traitement.

De même, nous notons diverses possibilités de définir la répartition des rôles entre le module applicatif situé sur la machine de connexion et celui situé sur la carte. Les différents cas de répartition définissent différentes descriptions des transactions en mode distant.

### **3.3.9 Local immédiat**

Une transaction établie en mode local immédiat est une transaction simple d'interrogation ou de mise à jour entre le mobile et le site de connexion.

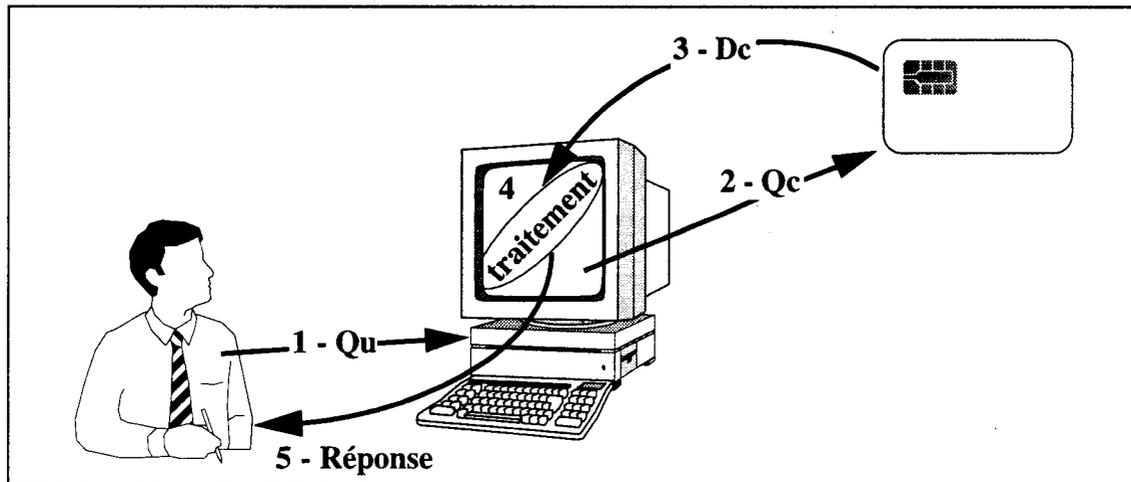


FIGURE 31 mode local immédiat

On peut découper en cinq phases le traitement d'une telle transaction :

- tâche 1 : l'utilisateur pose sa requête  $Q_u$  à la machine de connexion, dans le langage de l'IHM
- tâche 2 : la machine de connexion envoie une requête  $Q_c$  à la carte, dans le langage de la carte
- tâche 3 : interprétation de la requête par la carte et envoi du résultat  $D_c$  à la machine de connexion
- tâche 4 : traitement du résultat par la machine de connexion (ce traitement peut être une mise en forme du résultat pour affichage, ou une copie des données pour traitement ultérieur dans une autre application, ou tout autre traitement externe à la carte sur les données résultats)
- tâche 5 : envoi de la réponse à l'utilisateur (en général, sous forme d'affichage écran ou édition papier).

exemple d'application : dans le cadre d'une application de paiement par carte à microprocesseur dans un magasin, pour un montant inférieur à un plafond défini.

### 3.3.10 Distant immédiat

Une transaction de type distant immédiat est découpée en deux sous-requêtes : l'une destinée au mobile, l'autre au site distant détenteur de la ressource supplémentaire nécessaire, la complétude étant réalisée dès l'arrivée des réponses des deux sites (mobile et site distant).

Deux cas d'organisation de ce type de transaction sont possibles, en fonction de la répartition des capacités de traitements entre le mobile et la machine de connexion.

#### a. carte active

Dans le premier cas, le module applicatif situé sur le mobile est suffisamment performant pour gérer lui-même l'accès aux ressources distantes. Il est donc doté des capacités logicielles suffisantes pour analyser la nécessité d'un accès distant et pour générer une requête vers le site distant. Ceci permet d'alléger le module applicatif situé sur la machine de connexion et, par là même, d'en augmenter la banalisation. Il n'existe pas encore, à l'heure actuelle, de carte capable de répondre à ces spécifications. Un des objectifs de notre travail est donc de spécifier ce nouveau modèle de carte. Une carte de ce modèle joue un rôle actif dans le système et ne se contente plus d'être un serveur de données.

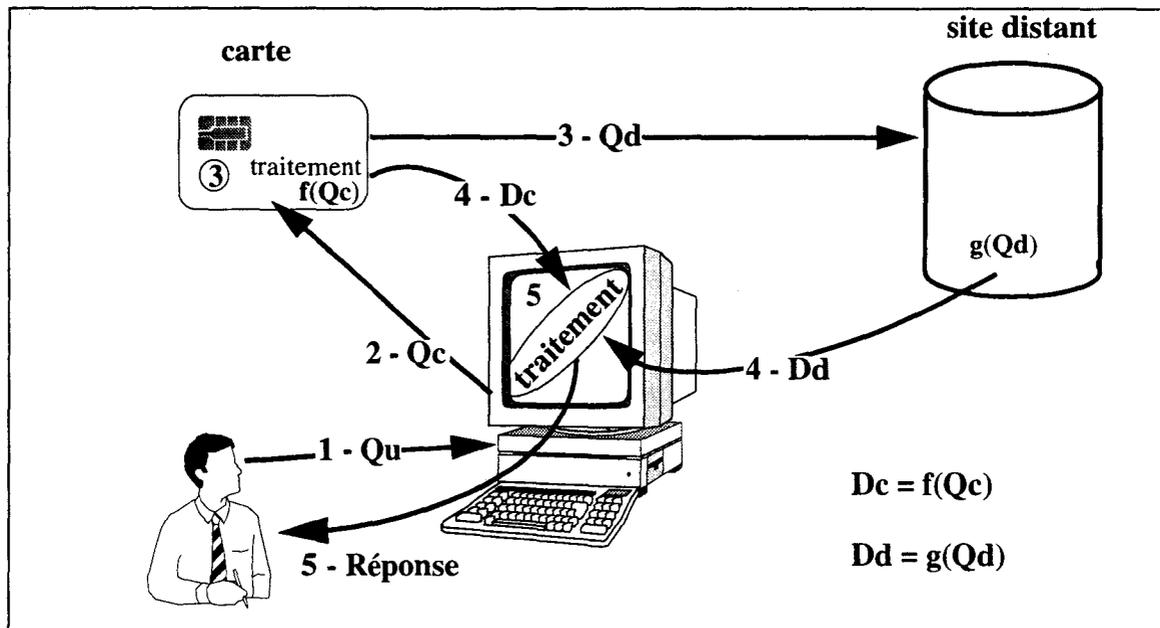


FIGURE 32 mode distant immédiat

- phase 1 : émission par l'utilisateur de la requête initiale  $Q_u$ , dans le langage de l'IHM
- phase 2 : émission par la machine de connexion vers la carte de la requête  $Q_c$  traduite dans le langage de la carte
- phase 3 : traitement de la requête  $Q_c$  par la carte. Ce traitement consiste en deux sous-tâches : un traitement  $f$  qui fournit une éventuelle réponse  $D_c$ , pour la partie de la requête que la carte est à même de traiter, et la génération d'une sous-requête  $Q_d$  vers le site distant détenteur de la ressource manquante
- phase 4 : deux phases 4 se déroulent en parallèle; elles représentent l'envoi des réponses aux deux sous-requêtes. Les réponses sont :  $D_c = f(Q_c)$ , fournie par la carte, et  $D_d = g(Q_d)$  fournie par le site distant
- phase 5 : traitement des résultats des deux sous-requêtes par la machine de connexion; dans certains cas, ce traitement se résume à un affichage écran, ou à une impression papier.

### **b. carte passive**

Les cartes actuelles ne possèdent pas cette capacité de générer des requêtes. Ces cartes ont un rôle passif. Une partie de la gestion de la transaction doit donc être reportée sur la machine de connexion. Celle-ci génère donc deux sous-requêtes, l'une vers la carte, l'autre vers un site distant. L'émission des sous-requêtes vers les différents sites peut être simultanée ou séquentielle, selon qu'elles peuvent se dérouler simultanément ou qu'elles doivent obéir à un séquençement précis. En effet, dans certains cas, il est indispensable d'avoir d'abord la réponse de la carte avant de pouvoir interroger le site distant, dans d'autres cas il est nécessaire de connaître la réponse du site distant pour pouvoir mettre à jour la carte, dans d'autres cas, aucun ordre précis n'est imposé.

exemples :

exemple 1 : paiement d'achats par carte à mémoire dans le cas d'un montant nécessitant une autorisation de la banque; dans cet exemple, un ordre précis d'envoi des deux sous-requêtes est imposé :

- une sous-requête est envoyée à la carte pour authentification par mot de passe du porteur
- une sous-requête est ensuite envoyée à la banque pour demande de l'autorisation de paiement
- à réception des deux résultats, la machine de connexion autorise ou non le paiement
- puis déclenche l'impression papier d'un récépissé.

exemple 2 : requête sur une carte médicale contenant des résultats d'examens et nécessitant la comparaison entre deux valeurs, l'une sur la carte, l'autre, valeur de référence sur un serveur distant. Les deux sous-requêtes sont émises simultanément, l'émission de chacune d'elles n'étant pas soumise au résultat de l'autre :

- une sous-requête est envoyée à la carte pour récupérer la valeur concernant le patient, une autre est envoyée simultanément au serveur pour récupérer la valeur de référence
- un traitement est effectué sur la machine de connexion, à réception des deux résultats, qui fournit l'écart en pourcentage entre les deux valeurs
- affichage écran de la valeur de l'écart.

### **c. carte semi-active**

Nous avons imaginé une solution intermédiaire permettant de rendre semi-active une carte ne possédant pas les capacités de génération de requêtes. Dans le cas où la génération de la sous-requête vers le site distant est dépendante de la réponse de la carte, on considère que celle-ci est semi-active. En effet, si elle ne génère pas directement les requêtes vers le site distant, elle en pilote la génération en fournissant à la machine de connexion les données nécessaires à l'élaboration de la sous-requête distante.

### 3.3.11 Distant différé

Une transaction distante différée est bâtie sur le même principe que la transaction distante immédiate, quant aux accès répartis sur les différents sites. La notion de temps intervient dans la suspension de la transaction au temps  $t$  (figure 33). La réponse  $Dd$  du site distant est fournie au temps  $t'$ . La phase 5 de fourniture de la réponse à l'utilisateur est effectuée au temps  $t''$  et nécessite la présence de la carte. Les temps  $t'$  et  $t''$  peuvent se situer dans l'intervalle de temps de la connexion initiale de la carte au réseau. Dans ce cas, une deuxième connexion de la carte ne sera pas nécessaire.

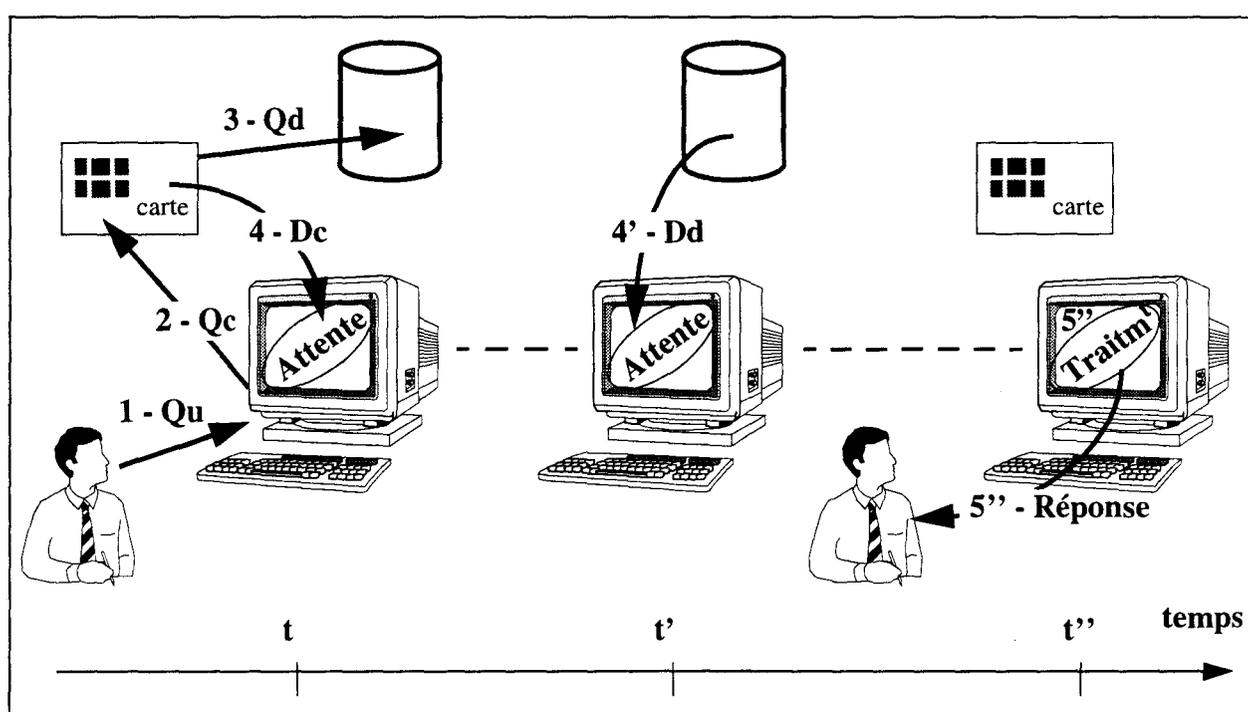


FIGURE 33 mode distant différé

### 3.3.12 Local différé

Le mode local différé représente la mise en attente d'une transaction dans la carte par manque de disponibilité d'une ressource sur le mobile. Prenons l'exemple d'une transaction d'interrogation du mobile : interrogation d'agenda. Si l'agenda n'a pas été mis à jour, la transaction initiale doit être suspendue jusqu'à la mise à jour de l'agenda. Ceci peut se faire dans un délai bref et ne nécessite pas nécessairement de deuxième connexion du mobile.

La figure 34 illustre cet exemple.

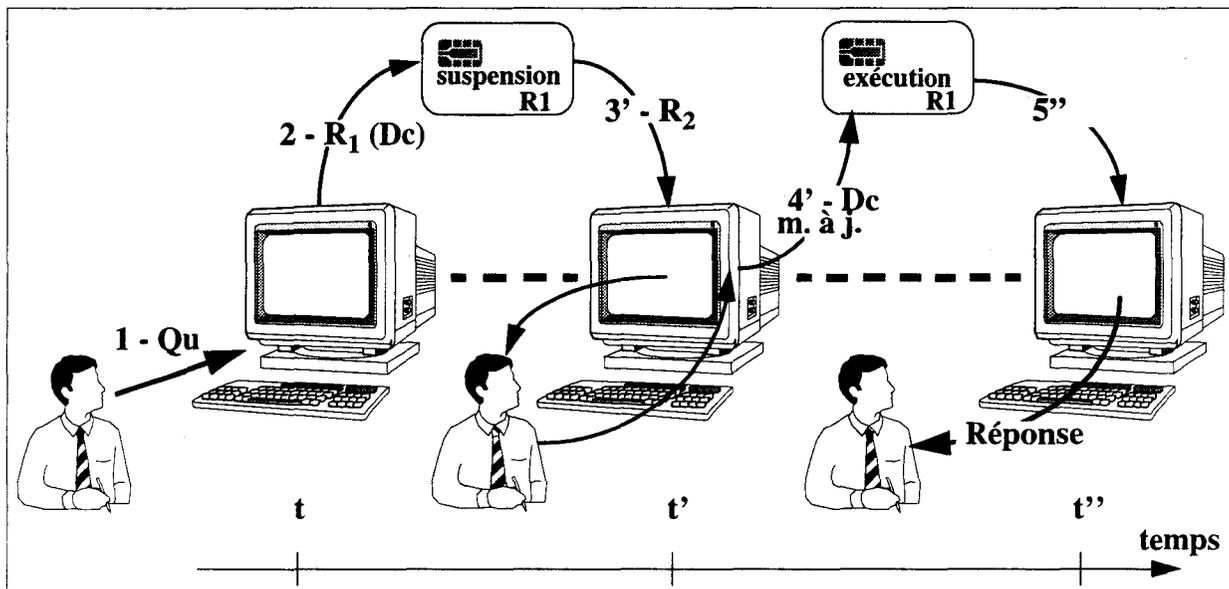


FIGURE 34 mode local différé

- phase 1 : la requête Qu de l'utilisateur est envoyée à la machine de connexion
- phase 2 : la requête carte R1 portant sur la donnée Dc est émise vers la carte
- phase 3 : la donnée Dc doit être mise à jour. La carte suspend la requête R1 et émet une requête R2 vers l'utilisateur, qui répond
- phase 4 : la donnée Dc mise à jour est envoyée à la carte en réponse à R2
- phase 5 : la réponse est envoyée à l'utilisateur après exécution complète de R1 par la carte.

### 3.3.13 Transactions cartes serveurs

Nous n'avons jusqu'à présent étudié que des transactions impliquant une seule carte et les sites fixes. Nous étudions ici les transactions impliquant plusieurs cartes. Ces transactions sont initiées soit par une carte, soit par une application "distante" du réseau. Dans ces cas une carte est un site serveur, soit d'une autre carte, soit d'une application "distante" du réseau.

Dans ce type de transaction le mode local n'existe pas, puisqu'elle met en jeu au moins deux sites différents (au moins deux cartes). Décrivons les modes de transaction utilisés :

- mode distant : une transaction initiée par une carte peut nécessiter d'autres ressources du réseau, qui peuvent être une ou plusieurs autres cartes. Une transaction initiée par le système hôte est, par définition, une transaction distante, puisqu'elle implique des ressources du réseau.
- mode immédiat/différé : la ressource indisponible à la complétude d'une transaction exécutée en mode différé est une ou plusieurs cartes.

### 3.3.13.1 Cartes serveurs : Transactions immédiates

Une transaction peut faire intervenir sur le même site physique des cartes qui concourent à l'exécution d'une même tâche.

exemples :

1. une requête qui nécessite la présence de deux cartes qui vont s'authentifier ou authentifier leurs porteurs réciproquement (carte de patient et carte d'habilitation médicale ...) (pour consultation ou mise à jour de données confidentielles...)
2. une requête qui porte sur un groupe de cartes homogènes (figure 35), les porteurs étant réunis sur un même site géographique (salle d'examens, de conférences ... où une requête est émise sur l'ensemble des cartes présentes).

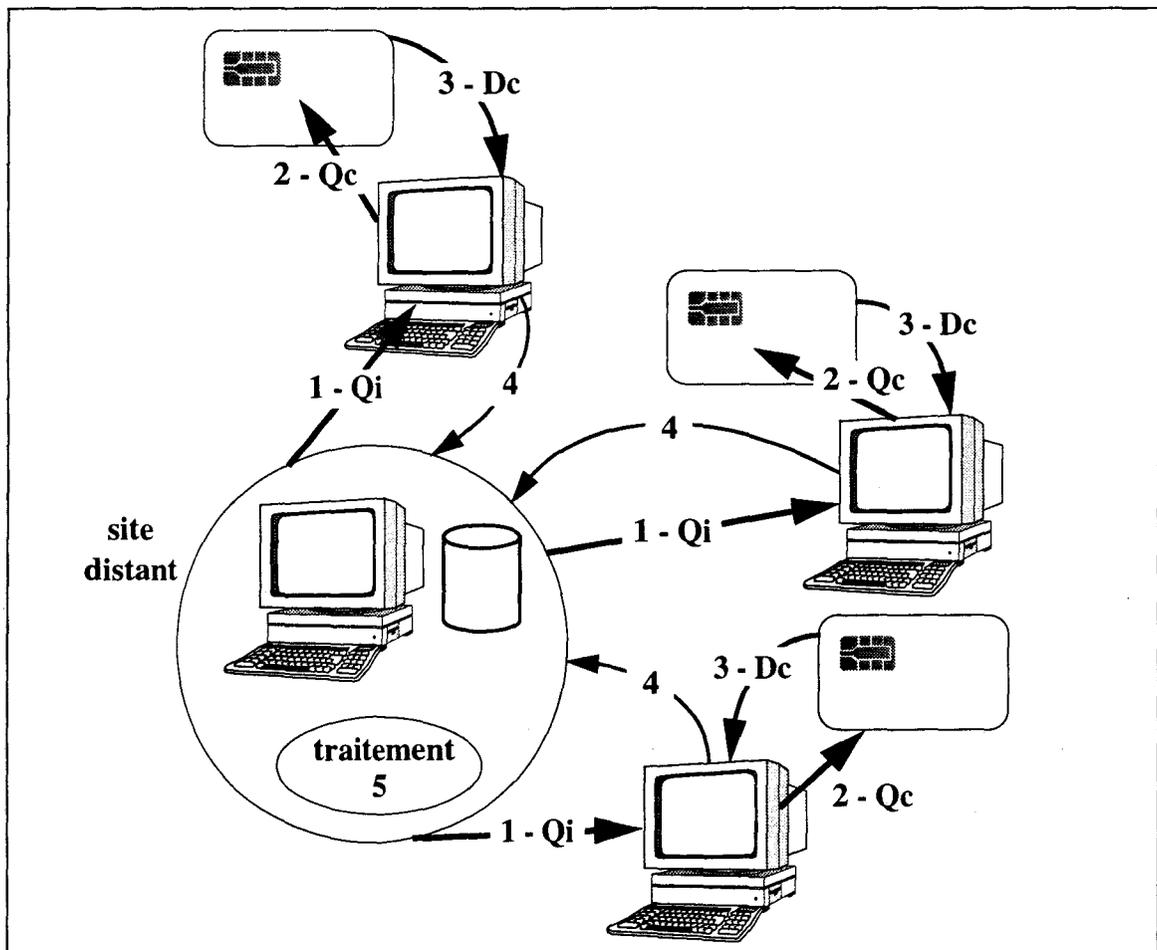


FIGURE 35 transaction multicartes. cartes serveurs

- tâche 1 : le site distant envoie en parallèle  $n$  requêtes  $Q_i$  aux machines de connexion sur lesquelles sont connectées les cartes concernées
- tâche 2 : les machines de connexion transmettent les requêtes aux cartes ( $Q_c$ )
- tâche 3 : les cartes renvoient les résultats ( $D_c$ ) aux machines de connexion
- tâche 4 : les machines de connexion routent les résultats vers le site distant émetteur
- tâche 5 : les résultats sont traités ensemble sur le site distant.

Une requête de ce type est déclenchée, soit à l'initiative d'une des cartes impliquées (exemple 1), soit à l'initiative du système hôte (exemple 2).

### 3.3.13.2 Cartes serveurs : Transactions différées

Ce type de transaction consiste en une requête distante posée par une application distante et impliquant les ressources d'autres cartes non connectées au moment de l'émission de la requête. Dans ce cas, la requête devra être mémorisée par le site distant dans l'attente de connexion des cartes cibles et avancera jusqu'à la complétude au fur et à mesure de la connexion des différentes cartes nécessaires à l'exécution complète.

Dans ce type de situation, la mémorisation de l'attente n'est faite que sur le site distant. En effet, on considère que toute carte, dès qu'elle se connecte, est à même d'exécuter la requête en attente et, donc, de fournir les ressources données qui étaient indisponibles au moment de l'émission initiale de la requête.

Pour déterminer les cartes "utiles" à la transaction, on dispose de deux possibilités : les cartes à interroger sont décrites dans une liste non ambiguë ou simplement par une liste de critères ne faisant pas intervenir des individus précis, mais utilisant leur appartenance à un groupe.

Par exemple, on considère une requête du système fixe s'adressant aux étudiants de MIAGE : si cette requête est du type vote électronique, pour éviter les doubles votes, il est nécessaire d'utiliser une liste nominative des étudiants; si la requête est de type étude statistique sur la fréquentation des salles d'études, le critère d'inscription en MIAGE est suffisant.

Pour ce type de transaction, il est intéressant de prévoir une procédure d'abandon ou d'arrêt de la transaction différée:

- date limite atteinte (ex : application de vote électronique)
- résultats jugés exploitables (enquête statistique sur échantillon de population)
- arrêt fixé arbitrairement par une autorité responsable
- stagnation de la requête (absence de connexions utiles pendant un laps de temps donné).

Nous envisageons maintenant un autre cas : celui où l'initiative de la transaction à destination de plusieurs cartes est prise par une carte. En cas d'indisponibilité de tout ou partie des ressources néces-

saires à la complétude (i.e. les cartes cibles de la transaction), il est envisageable de différer la transaction initiale.

La gestion du traitement du différé présente quelques particularités, du fait de l'indisponibilité fréquente de la carte émettrice.

### 3.4 Le modèle de gestion d'une transaction

On trouve, dans les SIC, des transactions de niveaux de complexité différents, en fonction du nombre de partenaires impliqués. Le modèle OSI TP, introduit par la norme ISO/IEC 10026 : 1992 DTP (Distributed Transaction Processing) [ISO 92b], décrit un modèle de transaction pour les transactions multi-partenaires, en respectant la notion de propriétés ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability) définie pour les transactions classiques [ISO 89 et 89b]. Il décrit également les mécanismes de communications qui supportent ce modèle.

La norme définit entre autres :

- l'organisation d'une transaction distribuée en arbre de transactions,
- les mécanismes d'écriture d'une transaction distribuée entre plusieurs systèmes ouverts, en conservant les propriétés ACID,
- les normes de contrôle réparti, qui garantissent le retour à un état stable après échec et le lancement d'une nouvelle transaction après restauration de l'état stable,
- les mécanismes d'appel à la couche Présentation,
- les communications "peer-to-peer" entre applications hétérogènes (appelées dialogues).

La norme est implantée dans des interfaces comme TX, pour l'écriture des transactions distribuées, et XA, pour le contrôle d'accès réparti, ou XATMI, pour le dialogue "peer-to-peer". Ces interfaces sont commercialisées par X/OPEN Company, Ltd.

Pour notre modèle de SIC, nous proposons d'installer sur la couche transactionnelle un modèle simple de gestion d'une transaction élémentaire entre deux applications. Son implémentation devra respecter la norme ISO 10026 et nous garantira la consistance nécessaire. Ce modèle décrit une communication de base entre une application "individu" et une application "distante", au niveau transactionnel. Nous y intégrons le découpage de l'application "individu" en deux modules installés l'un sur la carte, l'autre sur la machine de connexion.

En effet, quels que soient leur forme et le nombre d'applications qu'elles impliquent, toutes les transactions décrites ci-dessus et utilisées dans les SIC font appel à des transactions élémentaires entre deux applications, une application "individu" et une application "distante".

Nous identifions tout d'abord les différents modules logiciels impliqués dans les transactions. Ces modules sont installés sur les trois types de sites participant, ou pouvant participer aux transactions.

Ces sites sont : une carte, la machine de connexion à travers laquelle la carte accède au réseau et un site informatique distant sur lequel est installée l'application "distante".

### 3.4.1 Transaction élémentaire

Nous appelons transaction élémentaire une transaction effectuée entre deux applications, l'une étant cliente de l'autre. Notre modèle est unificateur dans le sens où l'application cliente est soit l'application "individu", soit l'application "distante".

Nous nous devons de plus d'intégrer au modèle les transactions simples n'utilisant que l'application "individu", qui représentent une forme simplifiée de fonctionnement du système en cas d'impossibilité de connexion et qui représentent, pour l'utilisateur de la carte, le point d'entrée vers les applications "distantes". L'application "individu" fonctionne elle-même sur un mode client/serveur entre les modules installés sur les sites carte et machine de connexion.

### 3.4.2 Les couches du modèle de gestion des transactions

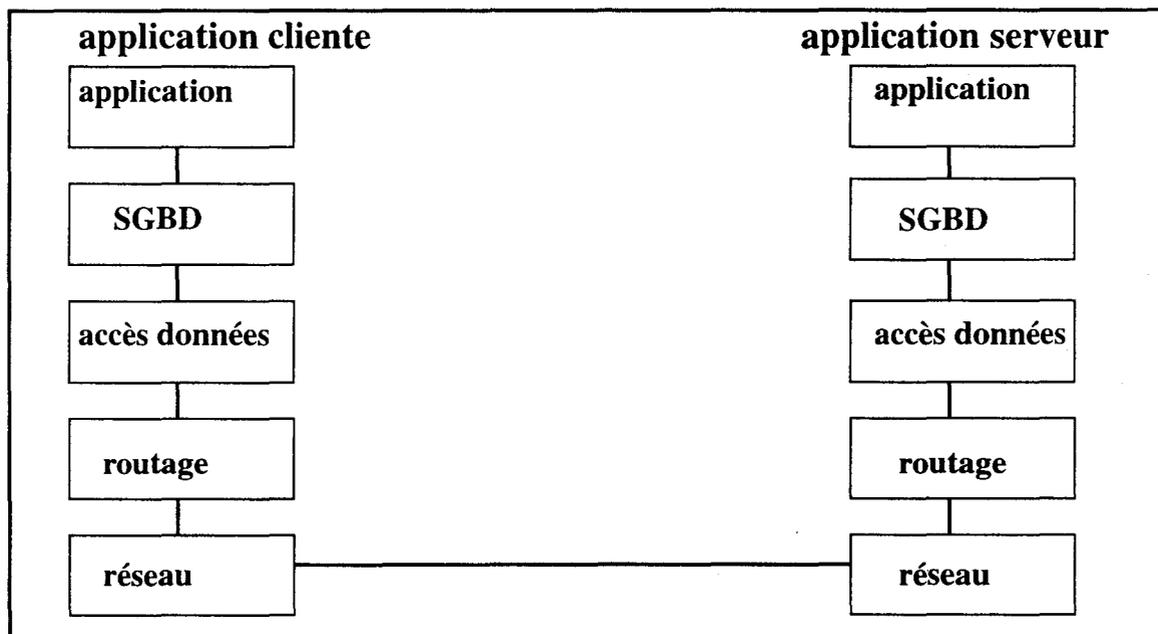


FIGURE 36 transaction élémentaire entre une application cliente et une application serveur

Nous commentons le modèle (figure 36), tout d'abord, de façon générale, en décrivant les différentes couches. Dans le modèle, chaque couche utilise les ressources de la couche de niveau inférieur.

Décrivons les différentes couches du modèle :

- la couche application : cette couche est spécifique de l'application concernée
- la couche SGBD, qui contient les moteurs des SGBD impliqués et réalise l'interprétation et l'exécution des requêtes qui lui parviennent. Nous avons choisi de définir notre modèle pour des applications utilisant des bases de données pour deux raisons : la première est que l'approche bases de données est standardisée par les modèles ANSI-SPARC et le langage SQL; la deuxième est que l'utilisation de cartes dans une application implique un mode de traitement des données transactionnel.
- la couche d'accès aux données : cette couche gère les accès aux données, locales ou distantes; elle représente le fait qu'une application puisse accéder à des données locales au site exécutant la transaction, ou que la génération d'une requête d'accès à des données distantes soit nécessaire. Cette couche est nécessaire à la transparence pour l'utilisateur de la localisation réelle des données.
- la couche de "routage" : cette couche permet la localisation du site serveur de la transaction
- la couche générique réseau, qui représente les couches traditionnelles du modèle OSI d'architecture de réseau, sur lequel notre modèle s'appuie. Cette couche permet la transmission de la requête vers l'application serveur puis de son résultat au site client.

### 3.4.3 Le modèle multicouche de gestion d'une transaction élémentaire

Ce modèle est un modèle multicouche à cinq couches. Nous installons donc sur notre modèle trois sites : une carte, une machine de connexion et un site distant.

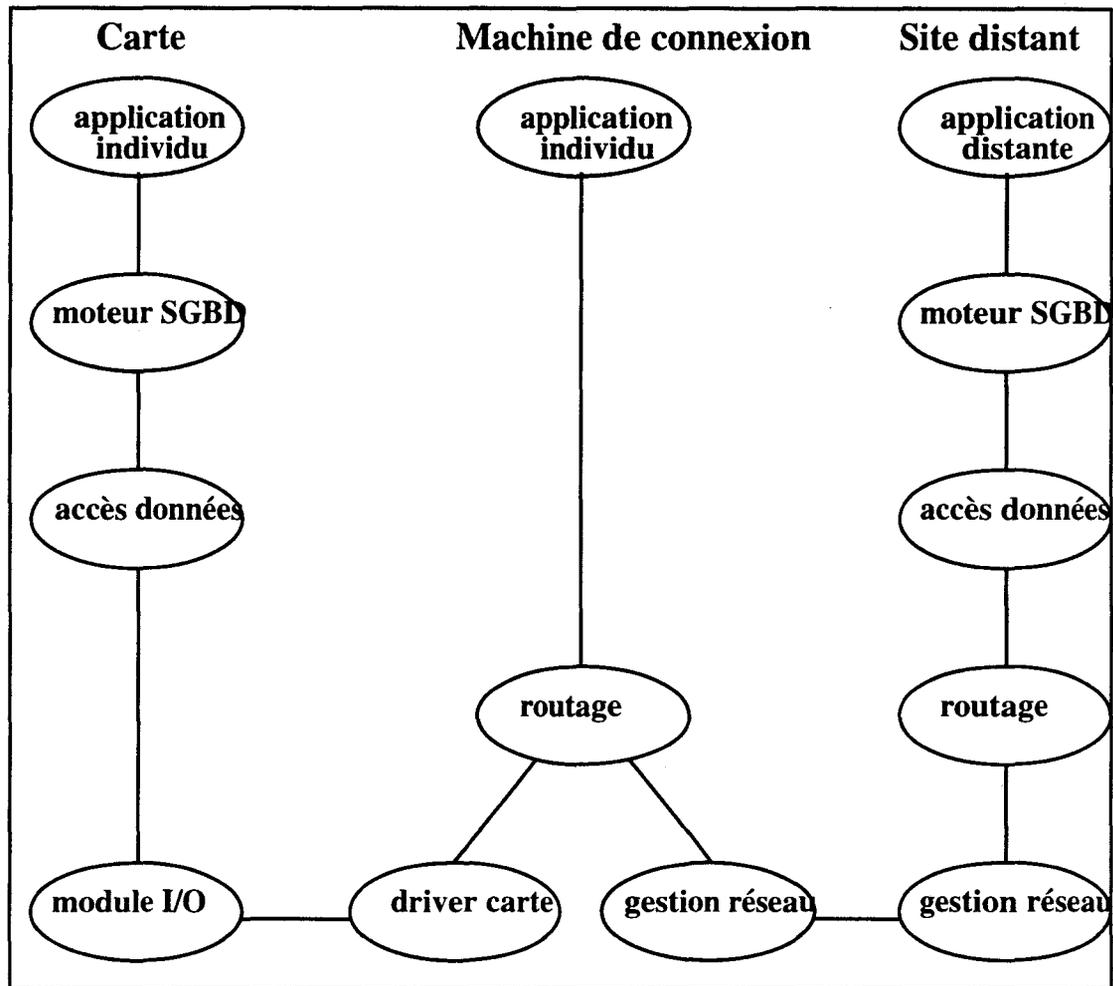


FIGURE 37 modèle de gestion de transactions élémentaires

Etudions maintenant les éléments installés sur chacune des couches du modèle. Le modèle intégrant des sites de types et de rôles différents, n'est pas complètement symétrique; en effet, sur certaines couches, on note l'absence de module sur l'un des trois sites, non concerné. Ceci est dû au fait que la carte n'est pas un site classique et est dépendante de sa machine de connexion pour l'interfaçage homme/machine et l'accès au réseau.

### 3.4.4 La couche application

Cette couche se trouve au niveau le plus proche de l'utilisateur. Elle est son point d'accès au système. On trouve un module applicatif sur chacun des sites. Ces modules n'ont pas tous le même rôle. On distingue deux applications qui communiquent : l'application "individu" installée en deux modu-

les, l'un sur la machine de connexion, l'autre sur la carte et l'application distante avec laquelle l'application carte communique.

#### **a. application "individu"**

L'application "individu" est composée de deux modules :

- sur la machine de connexion : un module client de l'application appelée par l'utilisateur, chargé de la génération de requêtes vers la carte et, dans certains cas, vers un site distant et comprenant, de plus, l'Interface Homme / Machine; ce module fait appel au driver de carte pour la gestion des entrées/sorties avec la carte.
- sur la carte : l'élément de la couche application installé sur la carte est découpé lui aussi en deux sous-modules :
  - un module serveur de l'application utilisateur, comprenant principalement le schéma de sécurité et la structure de données individuelle. Ce module est appelé par un module client de l'application situé, soit sur la machine de connexion, soit sur une machine distante, selon le type d'application.
  - un module client d'applications distantes. Une application située sur une carte peut nécessiter l'appel à des ressources distantes. L'élément applicatif sur la carte contient donc un module applicatif de type client, capable de faire appel aux couches inférieures pour générer des requêtes vers un site extérieur distant, serveur de ressources.

#### **b. application "distante"**

L'application "distante", constituée d'un seul module applicatif, a un rôle symétrique à celui du module installé sur la carte : appelé par le module client de la carte, il est serveur de ressources données et éventuellement traitements. Dans d'autres types d'application, il est client et génère des requêtes vers une ou plusieurs cartes, en faisant appel, dans ces cas, au module serveur installé sur la carte.

### **3.4.5 La couche SGBD**

Sur la couche SGBD n'apparaissent des éléments que sur les sites carte et distant, qui sont a priori les seuls à gérer des bases de données impliquées dans les transactions. Si la machine de connexion est elle-même un site serveur, elle sera représentée comme un site distant.

### **3.4.6 La couche accès aux données**

Sur la couche d'accès aux données, deux sites sont concernés, qui sont serveurs ou clients de données. Ce sont la carte et le site distant. Ces deux modules ne sont pas totalement symétriques :

- l'élément installé sur la carte est un générateur de requêtes vers l'extérieur quand l'application carte a besoin de ressources données distantes. Il est transparent quand l'application carte est serveur de données.

- le module installé sur le site distant est un convertisseur de requêtes et de schéma de données, quand le site distant est appelé par une carte via le réseau; dans la situation où le site distant nécessite des ressources données d'une carte, la génération des requêtes est effectuée par l'application elle-même et non déchargée sur ce module, qui, dès lors, est transparent.

### **3.4.7 La couche routage**

Sur la couche "routage", qui réalise la connexion entre les machines, des éléments sont installés sur les deux sites connectés directement au réseau : la machine de connexion et le site distant. La carte n'est évidemment pas concernée par cette couche. Les éléments de cette couche sont :

- un module de gestion des connexions aux sites distants (localisation, routage), sur la machine de connexion
- un module sur chaque site distant accessible, dont le rôle est de router les transactions émises par le site distant vers les cartes cibles des transactions.

### **3.4.8 La couche réseau**

La couche "réseau" concerne tous les sites, la machine de connexion comportant deux modules distincts, l'un pour la gestion du dialogue avec la carte (le driver de cartes) et l'autre pour la gestion des communications avec les sites distants.

### **3.4.9 Le traitement des transactions différées**

Nous n'avons pas fait apparaître sur le modèle l'application de message-queuing nécessaire au traitement des transactions différées. En effet, une transaction différée est bâtie sur le même principe que l'application utilisateur; le même modèle s'applique donc. Nous définissons une application utilisant son propre schéma de données, à laquelle est dévolue la gestion du traitement différé. Cette définition nous permet de nous affranchir de la notion de temps dans le modèle.

Nous considérons que le traitement des requêtes différées consiste en une gestion de tables spécifiques contenant la mémorisation des requêtes en attente d'exécution. Le traitement du mode différé consiste donc à, dans un premier temps, mémoriser l'attente dans les deux sites (mobile et distant), puis, dans un deuxième temps, consulter, en mode immédiat, le site distant concerné, jusqu'à exécution de la requête. Il apparaît donc que toutes les requêtes qui sont effectuées le sont en mode immédiat.

Un système de ce type fonctionne avec deux applications : l'application utilisateur, qui fait appel, pour la gestion des transactions différées, à l'application "système" générique qui gère le mode différé. Il appartient donc au concepteur de l'application utilisateur de définir, dans son application, les appels à l'application "traitement du différé". Ceci lui permet de gérer de façon autonome et flexible les transactions différées.

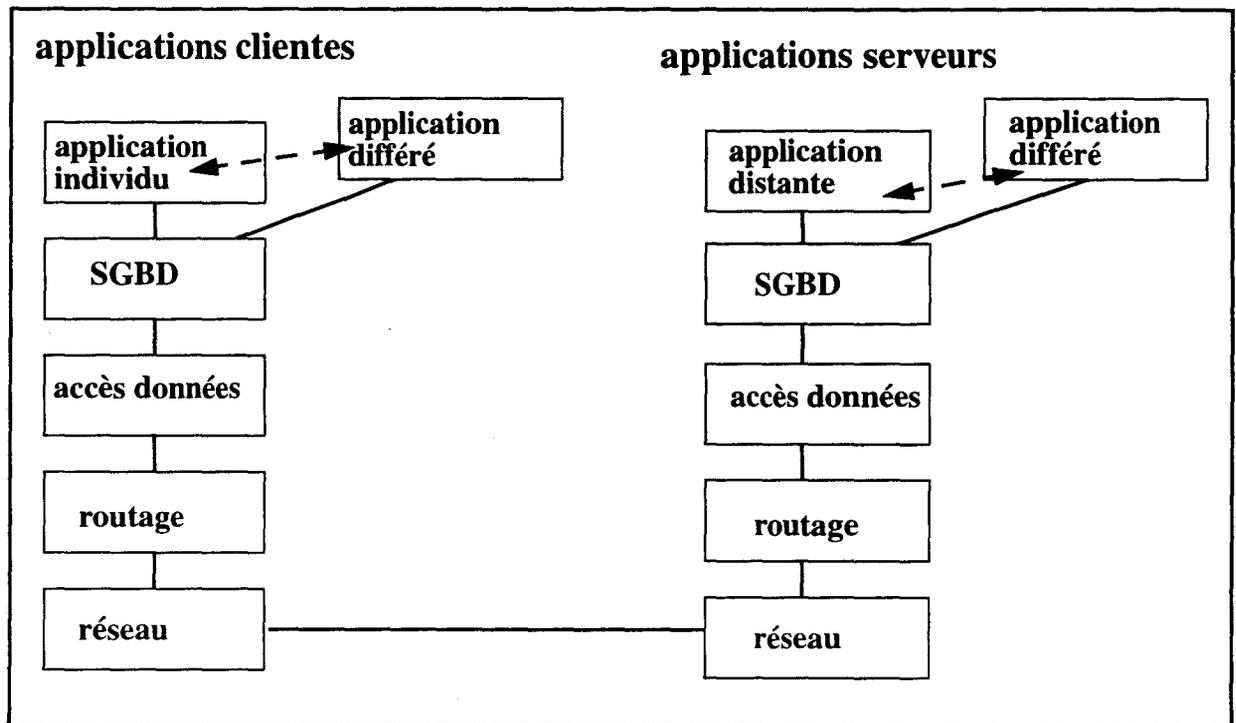


FIGURE 38 traitement différé

La figure 38 met en évidence la nécessité d'installer deux applications par site : les applications du système d'information communicationnel proprement dit et une application de traitement des transactions différées. Les applications de traitement différé gèrent leurs propres tables, mais font appel aux mêmes couches inférieures du modèle.

Deux contraintes nous sont imposées par ce modèle : une normalisation dans les appels à l'application "traitement différé" s'avère indispensable et, d'autre part, la gestion du différé doit être symétrique sur l'ensemble des sites concernés par le différé (mobile et distants).

### 3.5 La couche fonctionnelle

Cette couche du modèle contient une description de l'architecture fonctionnelle du SIC. Elle concerne l'architecture organisationnelle des données et des traitements répartis entre les différents partenaires.

Cette couche représente l'application globale de communication entre les différents systèmes d'information mis en jeu. Elle comporte donc une description des bases de données impliquées dans le SIC, une description de l'implémentation des services et de la sécurisation des transactions. Elle formalise le fonctionnement du SIC.

Il convient de décrire à ce niveau le fonctionnement du SIC pendant la connexion d'une carte au réseau ainsi que son fonctionnement durant la déconnexion des cartes pour le traitement des transactions différées.

Nous appelons "session de connexion" d'une carte la période de temps pendant laquelle cette carte est connectée au réseau et "utilisable" pour effectuer des transactions. Il convient de noter qu'une session de connexion débute dans une situation de cohérence de l'ensemble du système et doit se terminer dans une autre situation de cohérence. Toutes les situations de terminaison incorrecte de la session de connexion doivent donc être prévues et gérées par le système. Citons ici les cas d' "arrachement" de la carte hors du lecteur, qui laissent des transactions incomplètes et des bases de données non mises à jour. Pour ces cas, il convient de mettre en place des mécanismes de rollback pour retrouver une situation cohérente, à tout le moins sur les systèmes distants.

Durant une session de connexion, la carte est à même d'effectuer un ensemble de transactions sur les modèles décrits précédemment.

### **3.5.1 Le traitement du différé dans la couche fonctionnelle**

Les appels faits par les applications du système d'information communicationnel à l'application de traitement différé doivent être décrits en fonction des choix faits par le concepteur.

En particulier, il est nécessaire de décrire :

pour le SIC de façon globale :

- les conditions de déclenchement de l'attente; i.e. dans quels cas une mise en attente sera possible, dans quels cas elle sera déterminée comme étant obligatoire et dans quels cas elle sera proposée à l'utilisateur. L'utilisateur concerné peut être le porteur de la carte, si c'est l'application "individu" qui est initiatrice de la transaction à différer ou l'utilisateur de l'application distante dans l'autre cas.
- le formalisme des requêtes en attente; i.e. sous quelle forme physique vont être stockées les requêtes en attente : par des paramètres permettant de les reconstituer, de façon littérale, ou par une référence commune aux sites impliqués.
- le type de réactivation des requêtes en attente. Nous avons déjà évoqué les différentes possibilités de réactiver les attentes. Il convient ici de faire des choix et de les formaliser.

pour les sites distants :

- le format de mémorisation du site cible en attente du résultat
- le format de la file d'attente des résultats mis en attente de consultation par la carte cible, qui est très souvent la carte émettrice de la requête différée.

### 3.5.2 L'implémentation d'un service

Nous avons vu qu'un SIC était décrit, d'une façon générale, en terme de services et de protocoles de dialogue entre différents systèmes d'information. La couche transactionnelle de modélisation d'un SIC décrit les protocoles de dialogue entre deux applications. La couche fonctionnelle décrit la notion d'implémentation des services et la notion de dialogue entre les systèmes d'information participant au SIC.

Un service, en tant que réponse informatique à un besoin, est une entité plus ou moins complexe. A ce niveau de description, il se définit comme un ensemble structuré de transactions s'effectuant sur des ensembles structurés de données.

Nous incluons dans la notion de service la description organisationnelle des données nécessaires au service et leur schéma de sécurité.

### 3.5.3 Les bases de données

La base de données installée sur une carte implémente le système d'information de l'individu. La première étape de la description des données d'un SIC est donc la description de cette base de données, à partir du modèle conceptuel de données établi dans la phase correspondante de la conception du système d'information.

Dans une deuxième étape, organisationnelle, il convient de décrire les schémas des différentes bases de données impliquées dans le SIC, les liens qu'elles présentent entre elles et la place prise par la base de données carte dans l'ensemble des bases de données mises en jeu.

Sur le même principe, nous appelons base de données distante la base de données de chaque système d'information distant participant au SIC.

De même, nous appelons base de données individu ou base de donnée carte la base de données installée sur la carte à micro-processeur de l'individu et reflétant son système d'information personnel.

Remarquons que, quand nous parlons de système d'information de l'individu, nous n'envisageons pas d'implanter un système d'information complet pour représenter un individu, mais seulement la partie nécessaire et suffisante pour décrire un individu dans le contexte du SIC auquel il participe.

Nous décrivons trois organisations-types de bases de données impliquées dans les systèmes incluant des objets mobiles :

- la carte contient une base de données isolée et unique
- la carte contient des fragments d'une base de données virtuelle répartie entre n cartes
- la carte contient une base de données fédérée individuelle.

## **3.6 Conclusion**

Le modèle de système d'information, que nous avons décrit dans ce chapitre, offre une ouverture dans le domaine de l'automatisation des systèmes homme/machine, en intégrant deux notions en émergence : la communication et l'individu. Ces deux éléments ont été considérés, non plus comme des éléments périphériques ou utilitaires, mais comme les éléments essentiels du noyau central du système.

Ce point de vue nouveau nous permet de proposer au chapitre suivant différentes implémentations de ce modèle, en terme de bases de données comme en terme d'implémentation des services.



---

# Chapitre 4

## Implémentation des Systèmes d'Information Communicationnels

---

### 4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous décrivons l'implémentation des SIC. Pour chacune des trois formes que peut prendre un SIC, qui ont été définies au chapitre 2, nous décrivons le fonctionnement du système. Nous donnons une description organisationnelle des données et des traitements entre les différents partenaires.

En particulier, sont décrits les types d'applications ciblées, la répartition des données entre les différents sites, les types de transactions utilisés ainsi que les principes de fonctionnement de chaque forme de système.

Les différents modes de coopération entre les différentes bases de données composant les systèmes permettent de donner des vues originales du système global. En particulier, un ensemble de cartes est appréhendé comme une base de données répartie à l'extrême, où une carte abrite une base de données fédérée individuelle s'alimentant dynamiquement sur des sites distants autonomes et hétérogènes. Dans ce dernier cas, le système proposé préserve l'autonomie et l'évolutivité des bases de données composantes.

La dernière partie contient la description du prototype qui a été réalisé pour implémenter la forme de SIC [1-n]. Nous y présentons ses limites par rapport aux spécifications prévues, introduites par les limitations techniques de la carte utilisée.

## 4.2 Système 1 : la carte BD. Implémentation de la forme agrégat/agrégat

### 4.2.1 Bases de données mises en jeu

Dans les SIC de forme [1-1], où une application "individu" communique avec une seule application "distante", nous nous trouvons dans une situation où seulement deux bases de données sont mises en jeu dans une transaction.

Ces bases sont :

- la base de données située sur la carte et reflétant le système d'information de l'individu porteur
- la base de données du système d'information "distant" avec lequel la carte communique.

Resituons les liens entre les bases de données dans le contexte des SIC :

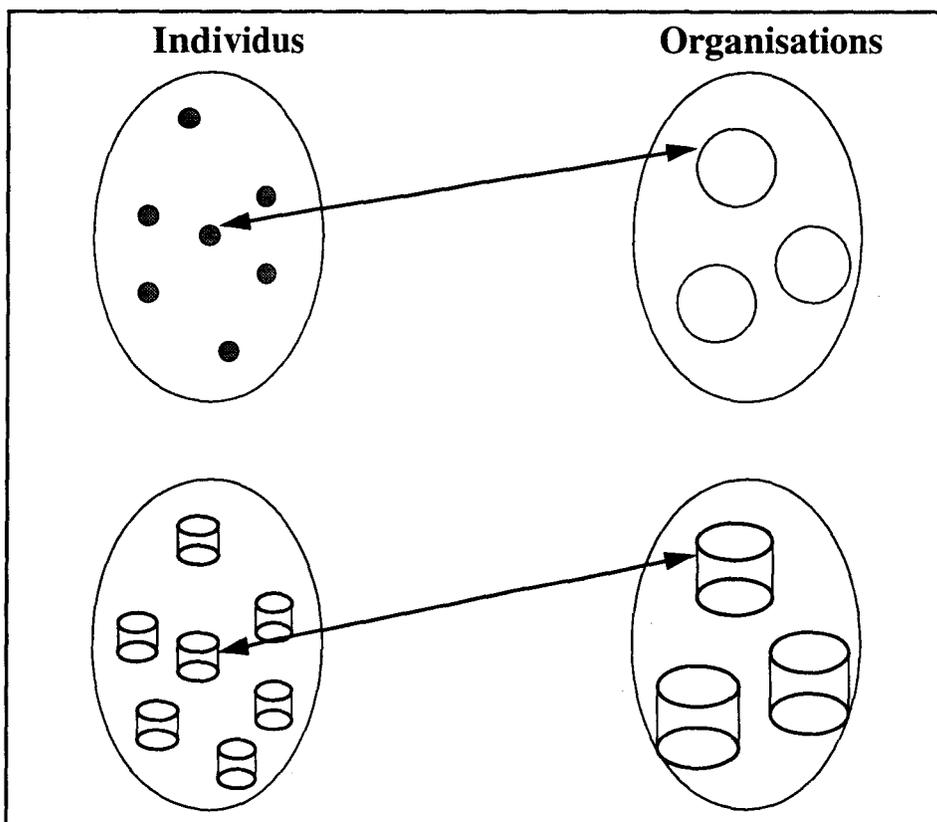


FIGURE 39 forme [1-1] - BD individuelle

La figure 39 met en évidence que chaque base de données individu est isolée quant à ses relations avec les autres bases de données des porteurs du système "individus".

Le rôle du SIC, dans ce cas, est de mettre en relation, dans une application précise et ciblée, les données d'un individu avec celles d'une organisation.

Toutes les cartes participant au même SIC ont le même schéma de BD interne. Elles forment ensemble une multitude de BD juxtaposées, qui n'ont pas de lien entre elles. Il n'y a pas à gérer de cohérence quelconque entre les données des différentes cartes.

Nous pouvons imaginer qu'un même support carte abrite plusieurs applications et plusieurs bases de données différentes. Ces cartes sont communément appelées cartes multiapplicatives. Elles sont capables de dialoguer avec plusieurs organisations différentes, mais dans des instances de liaisons différentes.

Dans ce cas, les bases de données carte ne présentent aucune interdépendance logique, la carte ne servant que de support physique commun.

#### **4.2.2 Types d'application**

On regroupe dans ce type de systèmes toutes les utilisations actuelles des cartes à micro-processeur, où le porteur de la carte effectue avec le système fixe des transactions complètes, i.e. des transactions terminées à la déconnexion normale de la carte, le système fixe n'ayant plus d'opérations à effectuer et laissant la carte et le système fixe dans un état cohérent.

Même s'il est techniquement envisageable d'implanter un mécanisme de transactions en mode différé dans ce modèle, nous proposons, eu égard au type de communication simple envisagé, de proposer un modèle simplifié ne faisant intervenir que des transactions en mode immédiat. Ceci nous permet de proposer un modèle élémentaire de fonctionnement de SIC.

#### **4.2.3 Fonctionnement du système**

Dans ce modèle élémentaire, l'architecture fonctionnelle est simplifiée pour trois raisons :

1. la première est que les transactions effectuées le sont sur un modèle simple. En effet, les transactions sont élémentaires entre deux applications.
2. La deuxième est que le modèle de gestion des transactions élémentaires est, lui aussi, simplifié. En effet, la couche de routage se trouve simplifiée par le fait que l'application "carte" ne dialogue qu'avec une seule application "distante" prédéfinie et ciblée.
3. La troisième simplification se trouve dans l'absence de gestion des transactions différées.

L'application doit connaître le schéma de la base de données installée sur la carte. La partie traitement installée sur la carte concerne la gestion de la structure de données de la carte. On trouve sur la

carte un interprète de requêtes (comme la carte CQL, par exemple [GRIM 92]) adapté à la structure de données des cartes.

La carte CQL abrite une base de données relationnelle et un interprète de requêtes. Elle s'interroge dans le langage CQL (Card Query Language), qui est un sous-ensemble du langage SQL. Ce produit est commercialisé par la société Gemplus Card International.

L'application génère des ordres dans le langage de la carte. Le porteur n'interroge pas directement la carte, il utilise l'application, qui, en retour pour répondre aux demandes de l'utilisateur, génère des ordres vers la carte puis récupère le résultat.

C'est le porteur de la carte qui demande, par l'action volontaire d'introduire sa carte dans un guichet, le lancement de l'application. Après le démarrage de l'application, la carte devient passive au sens de l'application, qui pilote le processus. La carte ne pilote que la phase d'authentification réciproque et les demandes d'accès aux données pendant une session de connexion. Elle gère la sécurisation des accès aux données en effectuant un contrôle des droits d'accès.

## 4.3 Système 2 : la BD répartie. Implémentation de la forme intégrat/agrégat

Dans cette forme de SIC [n-1], une application "distante" intègre dans une même liaison n cartes. L'ensemble de cartes participant au SIC forme donc, du point de vue de l'application "distante", une base de données répartie entre les n cartes.

### 4.3.1 Schéma du système

Le SIC est composé d'un système fixe et d'un ensemble de cartes. D'un point de vue externe, il se présente comme la composition d'une application centrale, qui concentre les données et pilote les applications installées sur les sites mobiles [MENN 93].

Nous décrivons un tel système comme comportant trois couches concentriques (figure 40) :

- une couche interne, le système distant, qui est une espèce de noyau central, qui contient éventuellement une partie des données, et qui pilote le système
- une couche intermédiaire, une sorte de nébuleuse de sites contenant des données, l'ensemble des cartes connectées, qui gravitent autour du noyau et l'alimentent en données
- une couche externe, l'ensemble des cartes déconnectées, qui représente un potentiel de données.

La couche interne s'implémente sur le réseau fixe, la couche intermédiaire est représentative du réseau communicationnel actif. La couche externe, quant à elle, représente l'ensemble des individus concernés.

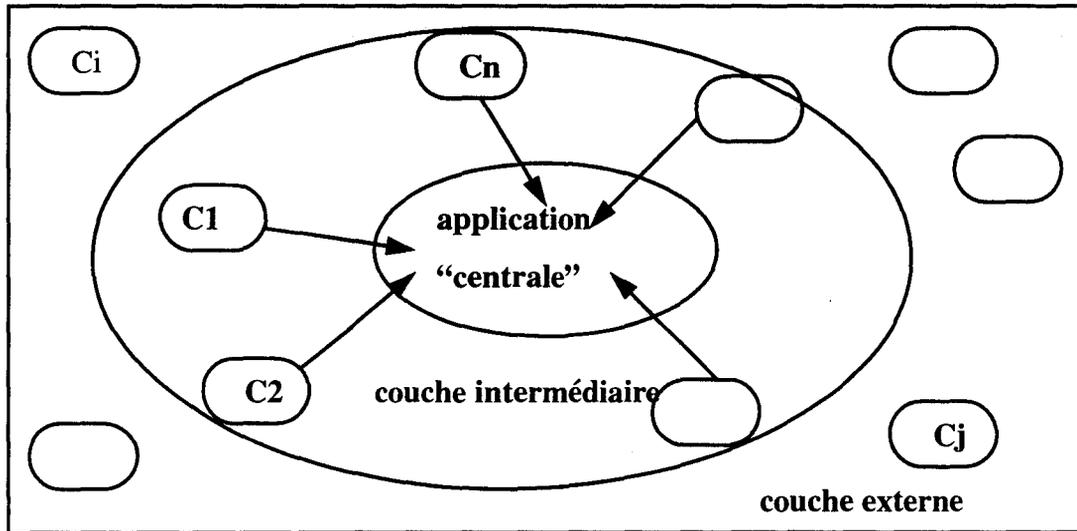


FIGURE 40 les trois couches d'un SI basé sur des cartes

### 4.3.2 Les données

Du point de vue de l'organisation, l'ensemble des données contenues dans les cartes forme une base de données unique.

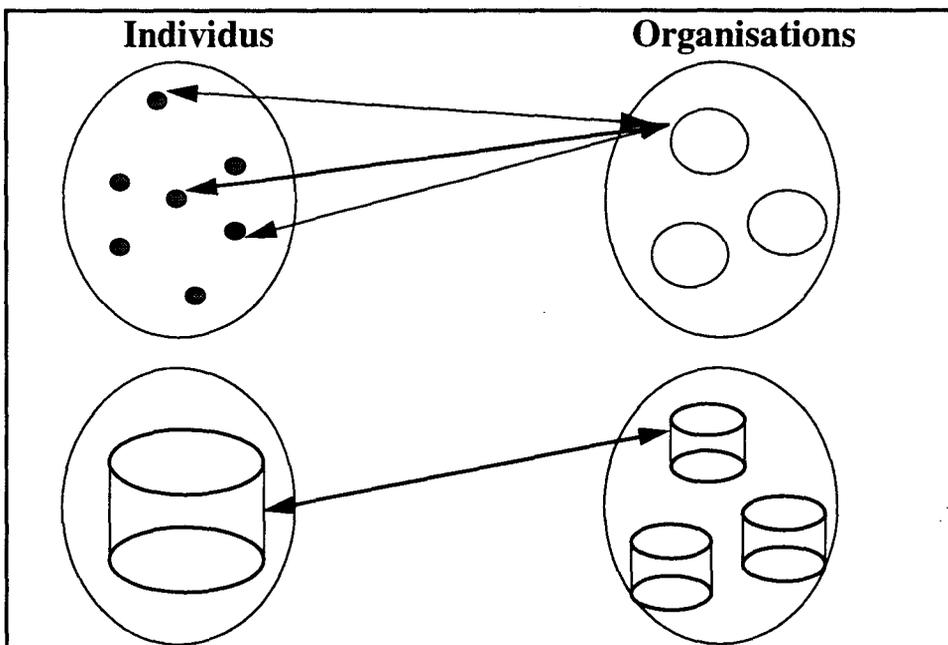


FIGURE 41 forme [n-1] - BD répartie

L'application du système d'information de l'organisation intègre les données en provenance des cartes. La base de données globale est formée de l'union des données de toutes les cartes. Son schéma est l'union des schémas des bases composantes situées sur les cartes [GARD 89].

Dans l'implémentation, la base de données globale des individus est répartie entre les cartes. Du fait de la déconnexion quasi permanente des cartes, elle n'est jamais accessible en totalité. La base de données globale est alors virtuelle [HAYE 92b], au sens où elle n'est jamais en ligne dans sa totalité.

A un instant  $t$ , le système ne dispose, en ligne, que d'une base de données partielle, composée des données localisées sur les cartes connectées. Elle se reconfigure dynamiquement à tout instant. Nous appelons base de données réelle, cette implémentation instantanée particulière de la base de données virtuelle (figure 42).

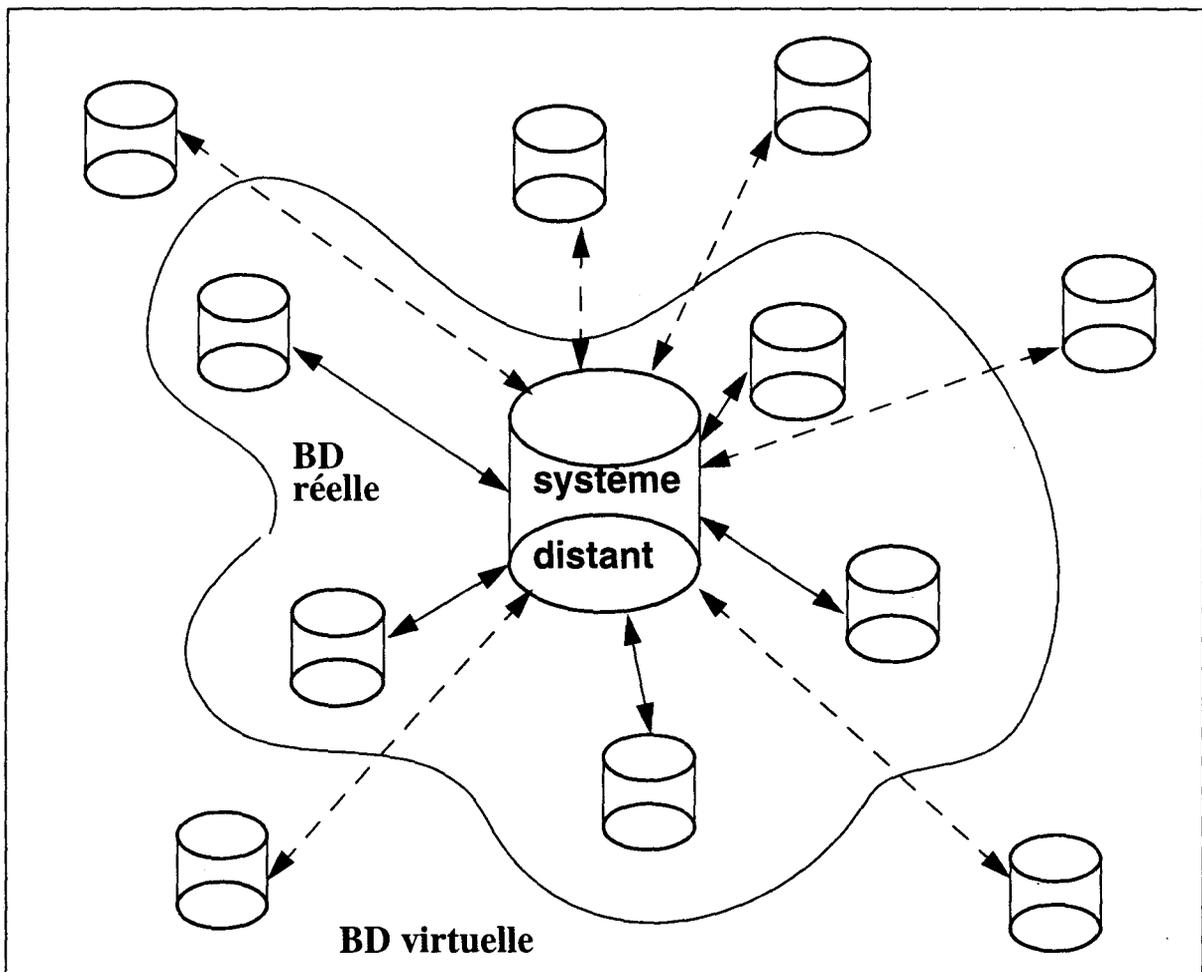


FIGURE 42 BD virtuelle / BD réelle

### 4.3.3 Conception des BD cartes

La conception des BD installées sur les cartes consiste en une répartition de la base globale. Il convient de noter que plusieurs populations de porteurs peuvent intervenir dans le même système. Il sera donc nécessaire de construire plusieurs schémas de BD cartes, correspondant aux différents types de partenaires cartes du système.

Le schéma d'une BD carte correspond à une vue de la base globale. Dans le cas d'implémentation par base de données de type relationnel, les mécanismes classiques de répartition par fragmentation des tables entre les sites pourront être utilisés [KORT 88] [NICO 91].

### 4.3.4 Interrogation et mise à jour de la base répartie

Dans la configuration que nous proposons, l'application "distante" de l'organisation émet des transactions vers un ensemble de sites mobiles, connectés ou non au moment de l'émission [HAYE 92]. Les transactions se feront donc soit sur le mode distant immédiat, soit sur le mode distant différé.

Nous n'envisageons pas, dans ce système, de conversion de langage de requête ou de schéma de données, une carte ayant des capacités de calcul et de stockage limitées. Il est donc indispensable que les requêtes soient émises par l'application "distante" dans un langage interprétable par les cartes. De même, les schémas de données des cartes cibles de la transaction doivent être connus de l'application "distante".

Il faut cependant noter que l'application "distante" peut acquérir dynamiquement le schéma de la base de données cartes. En effet, dans la carte CQL, a été implantée la notion de dictionnaire de données. Il existe dans une carte CQL autant de dictionnaires de données que d'applications et, donc, de schémas de bases. Ces dictionnaires sont lisibles depuis une application "distante". Ceci autorise l'évolution de schéma des bases de données cartes composantes de la base répartie.

Le modèle de gestion des transactions élémentaires est utilisé, dans ce cas, dans le sens application "distante" vers application "individu". L'application "individu" est serveur de l'application "distante". Les transactions émises par l'application "distante" sont des transactions complexes constituées de  $n$  transactions élémentaires.

Deux cas se présentent :

- transaction immédiate : la transaction est composée de  $n$  transactions élémentaires, qui sont émises en parallèle vers les  $n$  cartes cibles connectées au réseau. La transaction est complète dès réception puis traitement des  $n$  résultats.
- transaction différée : la transaction est découpée en  $n$  transactions élémentaires à destination de cartes non connectées au réseau au moment de l'émission. Il est alors fait appel à l'application de traitement du différé, qui mémorise les transactions en attente et les cartes cibles.

Les applications "individu" ont un rôle d'accès aux données des cartes et de sécurisation de ces accès. Les cartes ont alors un rôle passif de serveurs de données sécurisés.

## 4.4 Système 3 : la carte BD fédérée individuelle. Implémentation de la forme agrégat/intégré

### 4.4.1 Type d'applications

Considérons un ensemble de systèmes d'information, autonomes et hétérogènes, effectuant chacun la gestion de données concernant une population d'individus. Cette gestion n'est pas la gestion de l'individu lui-même, mais celle du domaine dans lequel cet individu intervient.

Prenons arbitrairement un individu dans cette population; il peut être décrit par un ensemble de données situées sur un sous-ensemble de systèmes d'information inclus dans l'ensemble total des systèmes d'information mis en jeu [MENN 93].

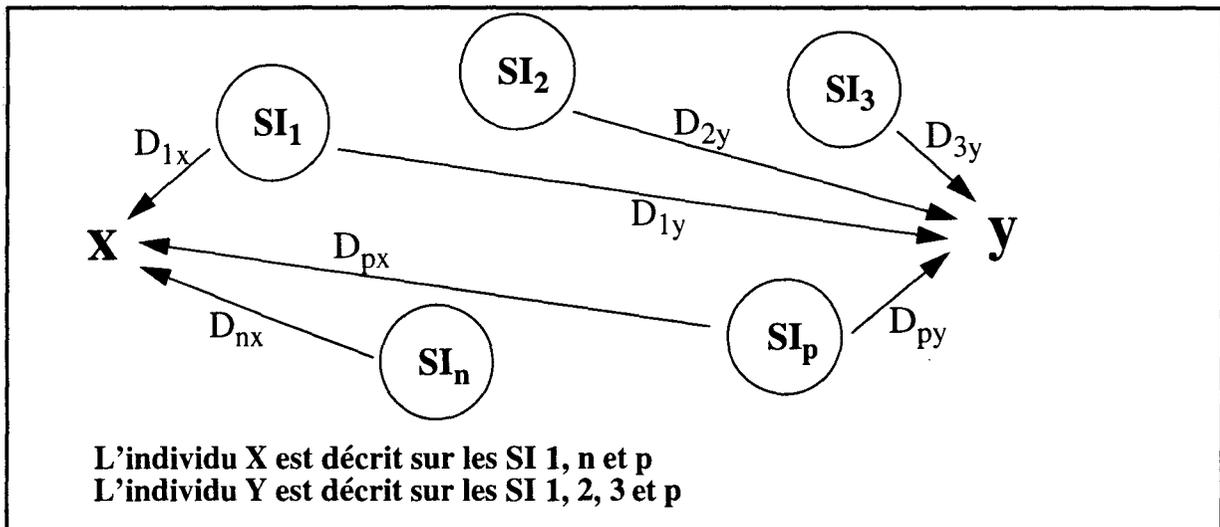


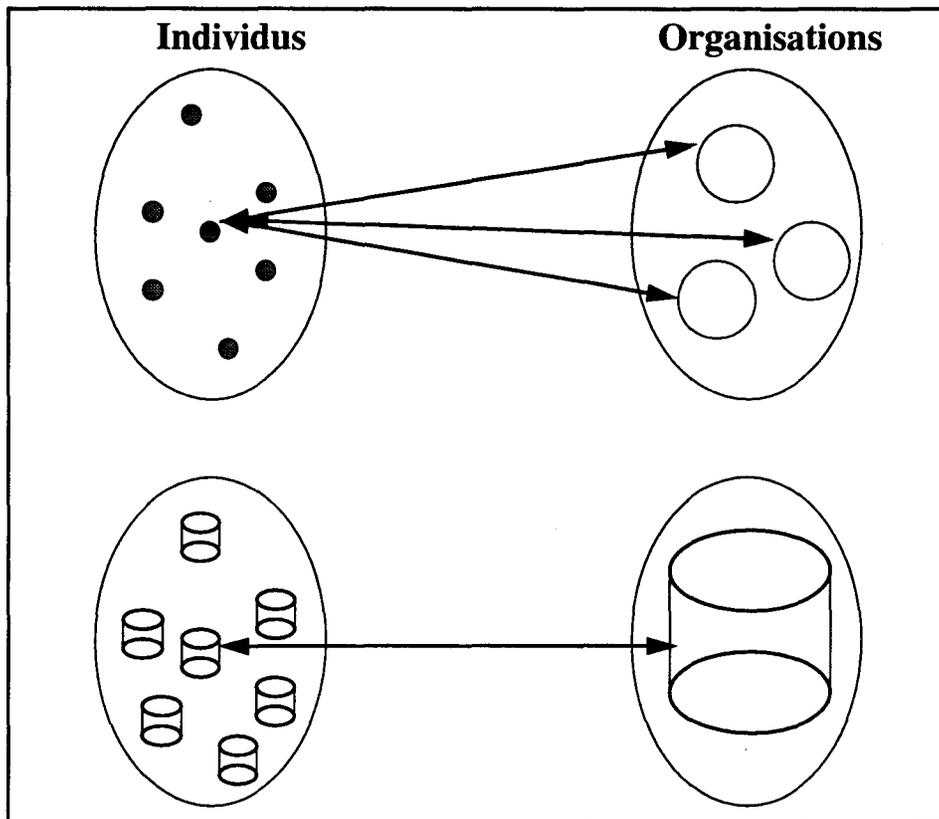
FIGURE 43 description d'un individu sur un ensemble de SI

Il serait intéressant, pour un individu, d'accéder à cette information distribuée qui le concerne à travers une application unique [HAYE 95] ou, de préférence, à travers une base de données personnelle. Ceci permettrait de créer des systèmes d'information personnels centrés sur l'individu.

Pour implémenter ce type de système, nous proposons d'utiliser un système d'information communicationnel de type agrégat/intégré, utilisant des cartes à microprocesseur, où un individu communique avec un ensemble d'organisations pour alimenter dynamiquement sa propre base de données.

Dans ce système, chaque carte possède une application et une base de donnée et dialogue avec plusieurs organisations. L'ensemble des bases de données des organisations participantes forme, du point

de vue de l'individu, une base de données globale dans laquelle il peut puiser ses propres données (figure 44).



**FIGURE 44** forme [1-n]. - base de données fédérée

La carte réalise, dans ce système, une vue "intelligente", car structurée en fonction de l'individu, des données situées sur les systèmes d'information extérieurs.

#### **4.4.2 Le système proposé**

Dans le système que nous proposons, un individu voit dans sa carte un système d'information personnel, qui représente l'ensemble de ses données réparties sur les différents systèmes d'information composants.

Il n'est pas envisageable de dupliquer physiquement certaines données dans la carte :

- les données de taille incompatible avec les capacités de stockage des cartes
- les données dont la valeur évolue rapidement dans le temps.

Le système propose donc de réaliser une fédération des bases de données des organisations pour rendre la localisation des données transparente pour l'utilisateur.

La mise en oeuvre d'une base de données fédérée classique [SHETH 90] comprenant toutes les bases participantes ne semble pas une solution satisfaisante. En effet, les systèmes participants doivent rester logiquement non connectés entre eux et s'ignorer les uns les autres.

La solution que nous proposons consiste à installer un système tel qu'une carte n'ait accès qu'à la fédération des données de son porteur [HAYE 96]. Dans cette solution la carte est un élément actif, au sens où elle est capable de générer des requêtes pour s'alimenter en données du monde extérieur. Elle est capable d'être initiatrice de transactions vers les autres sites du réseau.

Elle devient un site informatique client des autres sites du réseau. Nous nous trouvons dans la situation où une carte est le noyau central du système et pilote les systèmes distants.

#### **4.4.3 La base de données carte**

Nous évoquons ici l'architecture organisationnelle de la base de données carte, et non sa conception. La base de données carte contient deux types de données :

- des données qui contiennent leur valeur; nous les appelons données "locales"
- des données qui sont des images des données "réelles" situées sur les sites qui les possèdent; nous les appelons données "formelles".

##### **4.4.3.1 Les données locales**

La taille des données locales doit rester compatible avec les limitations techniques de stockage de la carte. On trouve deux sortes de données locales :

- des données issues de la duplication de données existant sur les sites "distant", producteurs de l'information. Ce sont des données dont les valeurs sont très peu évolutives dans le temps.
- des données qui n'existent que dans la carte. Ces données servent à structurer les données dans un schéma spécifique à la carte. Dans le cas des bases de données relationnelles, elles représentent le résultat d'opérations ensemblistes qui seraient effectuées entre des tables "distantes" situées sur des sites différents. Ces opérations sont impossibles à effectuer entre des sites ne présentant aucune dépendance logique.

Prenons l'exemple d'une carte contenant le dossier médical d'un patient. On y trouve comme données locales peu évolutives les antécédents familiaux du patient. D'autre part, comme données de structuration, on trouve des index permettant de relier entre eux des examens de types différents relatifs au même épisode médical ou à la même pathologie.

#### **4.4.3.2 Les données formelles**

La notion de donnée “formelle” s’apparente à la notion de “proxy”, utilisée dans le domaine Orienté Objet [DECO 86]. Dans le cas des données formelles, la notion de proxy est appliquée aux valeurs. A chaque donnée formelle située sur la carte correspond une donnée réelle sur un site distant.

#### **4.4.3.3 L’architecture de la fédération**

L’architecture que nous proposons est celle d’une base de données faiblement couplée [SHETH 86]. Ce modèle est également connu sous le nom de “multibase” [LITW 86] ou bases de données interopérables [OZSU 90].

Reprenons l’architecture à cinq niveaux de SHETH & LARSON :

- local schema : c’est le schéma conceptuel de la base composante. Il est exprimé dans le modèle de données natif
- component schema : ce schéma est obtenu par transformation du schéma local en un schéma exprimé dans le modèle canonique. A ce niveau les schémas de toutes les bases composantes sont exprimés dans le même modèle. La transformation est réalisée par un processeur de transformation
- Export schema : le schéma d’export est obtenu après filtrage du schéma composant. Il contient moins de données que le schéma composant. Il représente la vue que l’administrateur de la base désire donner à l’extérieur
- federated schema : le schéma fédéré réalise l’intégration des différents schémas d’export. Il contient le schéma de placement des données sur les différents sites logiques. On peut définir plusieurs schémas fédérés à partir du même ensemble de schémas d’export, un par classe d’utilisateurs
- external schema : un schéma fédéré se dérive en schémas externes, propres à un utilisateur, une application ou une classe d’utilisateurs. Il correspond à une personnalisation du schéma fédéré global, par sélection d’un sous-ensemble de données et ajout éventuel de contraintes d’intégrité.

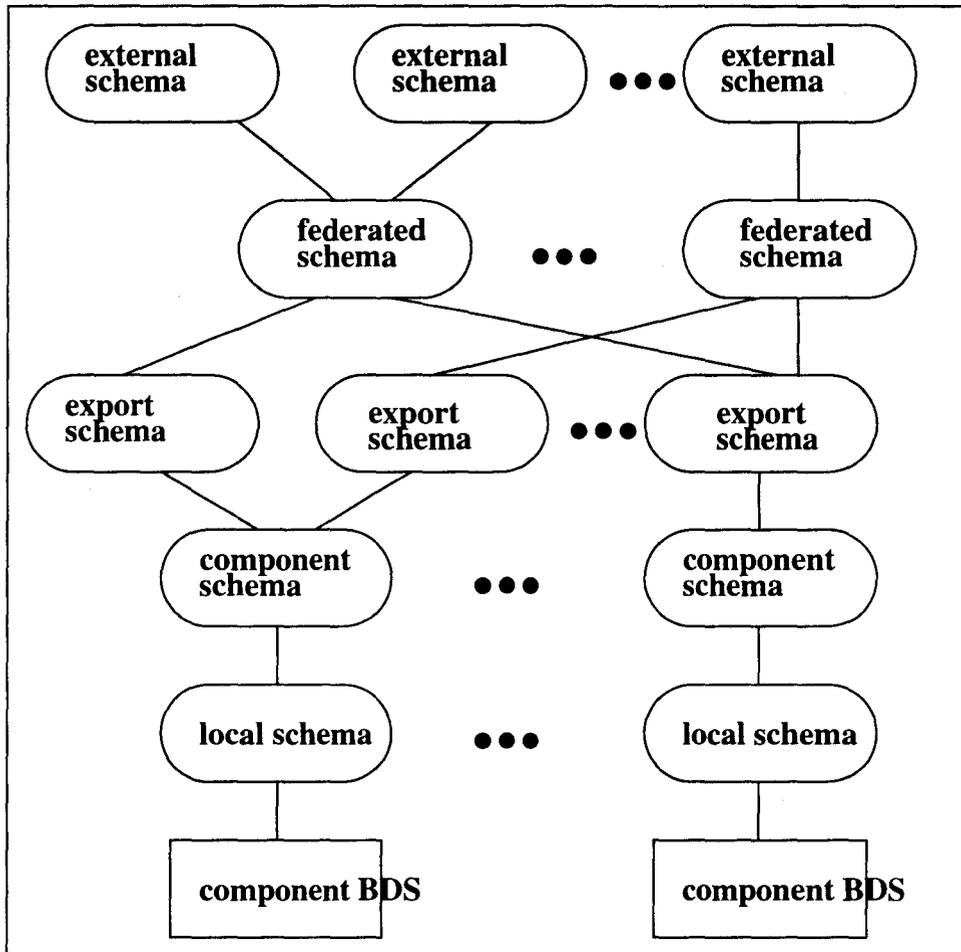
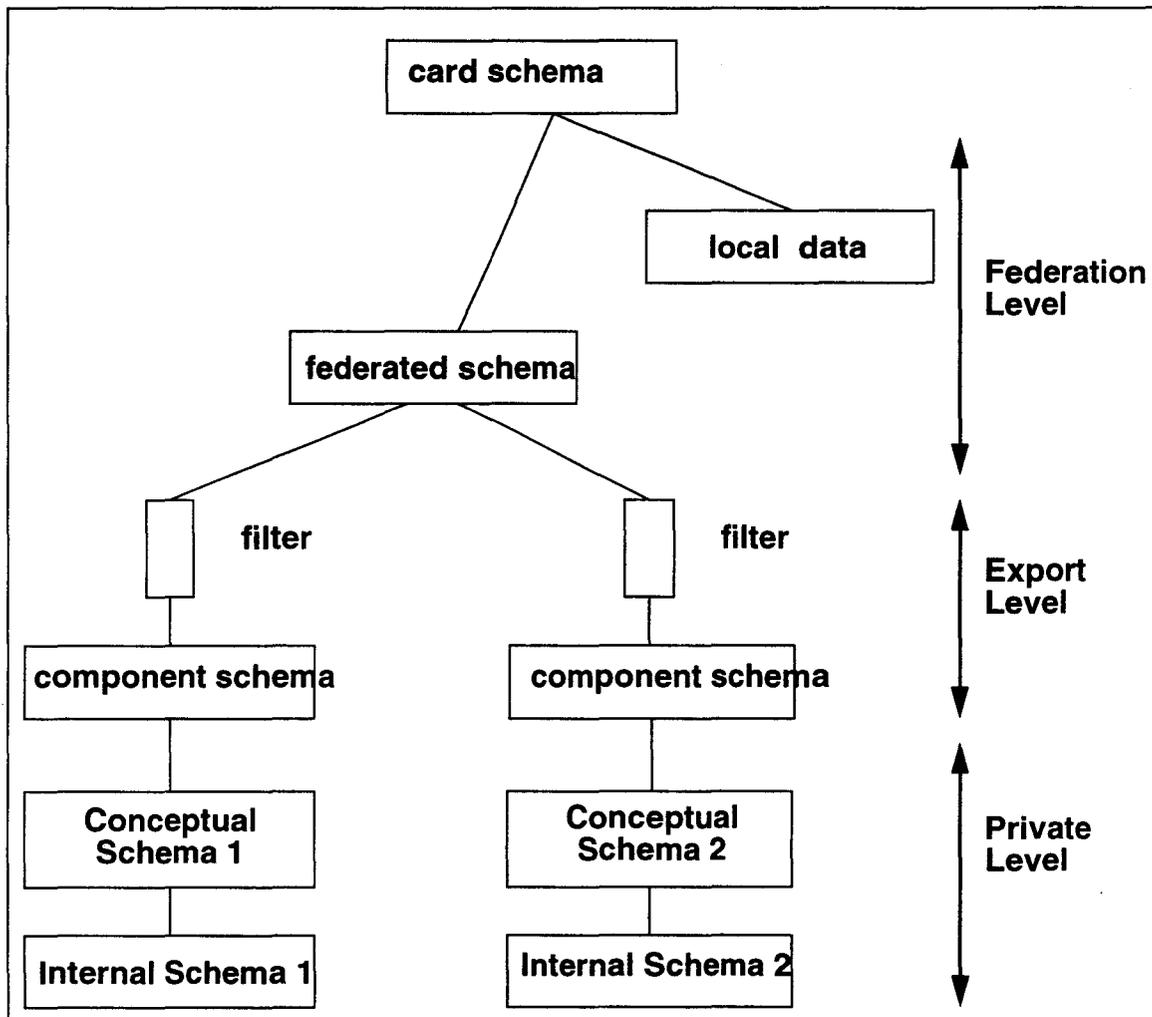


FIGURE 45 architecture de Sheth & Larson

L'architecture que nous proposons est proche de celle de SHETH & LARSON, au sens où chaque utilisateur est responsable de sa fédération (figure 46). L'architecture de la base est une architecture sans schéma de placement des données. Les utilisateurs de la fédération doivent connaître la localisation des données à fédérer.

Le type de fédération que nous envisageons ne nécessite pas la mise en place d'une structure aussi complexe. En effet, le type d'applications visé n'impose pas de laisser la possibilité de définir plusieurs schémas fédérés, car nous n'envisageons dans un premier temps qu'une fédération ciblée pour une application précise. Les niveaux composant et export sont donc confondus. Le niveau "schéma carte" correspond au niveau externe du schéma de Sheth & Larson. Cette architecture est plus proche de celle proposée par OSZU [OSZU 90] et implémentée dans le prototype MRDMS [LITW 85].

Toutes les cartes de l'application auront le même schéma, mais les utilisateurs n'ont accès qu'à leurs propres données par le fait que chaque carte ne voit que les données reliées à son porteur. Un ensemble de filtres disposé dans le système contrôle les liaisons "données formelles-données réelles" dans ce sens.



**FIGURE 46** architecture de la fédération

Une différence majeure entre les bases de données fédérées classiques et notre système se trouve dans l'organisation. En effet, le niveau fédération se trouve dans la carte. Sur le réseau de sites fixes on ne trouve pas de fédération. Chacune des bases de données composantes apporte sa participation à la fédération, sans voir la fédération complète. Ceci fait que le contrôle des accès est réalisé a priori (à la création des données) et non a posteriori (à l'interrogation de la base fédérée).

La base de données fédérée n'a donc d'existence que pendant une session de connexion d'une carte. Et elle n'a de réalité qu'en ce qui concerne les données d'un seul porteur.

La deuxième différence majeure consiste en l'apport de données locales. Le schéma de la carte consiste en la fusion des données locales avec les données fédérées.

Spécificités de notre modèle de fédération :

- chaque base composante ignore la participation des autres bases à la fédération. Chaque site ne connaît donc de la fédération que la partie du schéma de la base fédérée qui la concerne. Par exemple, dans une carte servant à gérer un patrimoine financier individuel, un établissement financier de placements boursiers n'a pas connaissance de la participation d'un établissement de crédit à une instance particulière de la fédération. Ceci est nécessaire pour garantir la confidentialité.
- les utilisateurs des bases composantes ne peuvent pas interroger la base fédérée.
- s'il n'y a qu'un seul schéma fédéré, il y a autant d'instanciations de la fédération que de cartes. Une donnée réelle appartenant à un porteur précis n'appartient qu'à une seule carte, donc à une seule instanciation de la fédération.
- une instance de la base fédérée n'a d'existence que pendant la durée de la session de connexion de la carte.
- il n'existe pas de schéma de placement des données. Chaque donnée formelle contient un paramètre permettant de localiser le site logique sur lequel se trouve la donnée réelle qui lui correspond, à charge, pour le site distant, de retrouver la donnée réelle en convertissant la requête dans son propre schéma.

L'interdépendance entre les bases est assurée par la structuration interne de la base de données de la carte. Dans un exemple de carte dossier médical, des images radiologiques en provenance de sites différents sont des relations de la même table.

De même, elle assure la dépendance logique entre des données de types différents. Par exemple, une table "épisode", représentant un épisode médical, lie les résultats de différents examens (radiologiques, biologiques ...) dans un même dossier.

#### **4.4.4 Architecture du système**

Les transactions sont effectuées sur le modèle présenté au chapitre précédent. Dans ce type de système, les transactions sont des transactions complexes initiées par les cartes. Elles sont effectuées soit sur le mode immédiat, soit sur le mode différé.

Elles sont locales, quand elles s'effectuent sur des données locales à la carte, ou distantes, quand elles sont effectuées sur des données formelles.

Reprenons le modèle de gestion des transactions élémentaires défini au chapitre précédent et identifions les modules logiciels impliqués dans les transactions, sur chacun des trois sites. Nous ne considérons pas ici les modules de gestion du réseau.

Sur la carte :

- la base de données utilisateur, qui correspond à l'application "individu" concernée
- le moteur SGBD, interprète du langage carte
- le générateur de sous-requêtes "distantes", qui correspond au module "accès aux données", dans le sens carte --> système distant
- une application de traitement du différé et les tables correspondantes.

Sur la machine de connexion :

- l'interface homme/machine et le générateur de requêtes en langage carte de l'application concernée
- le module de routage des sous-requêtes vers les sites distants.

Sur les sites distants :

- le convertisseur de requêtes (convertisseur de langage et de schéma), qui correspond au module "accès aux données"
- le moteur SGBD
- la base de données distante de l'application concernée
- une application de traitement du différé et les tables correspondantes.

On remarque que le module de routage n'est pas implémenté sur les sites distants. En effet, dans ce modèle, les transactions sont toujours initiées par les cartes. Un module spécifique de routage (hors de la gestion de réseau classique) des transactions vers les cartes n'est donc pas nécessaire.

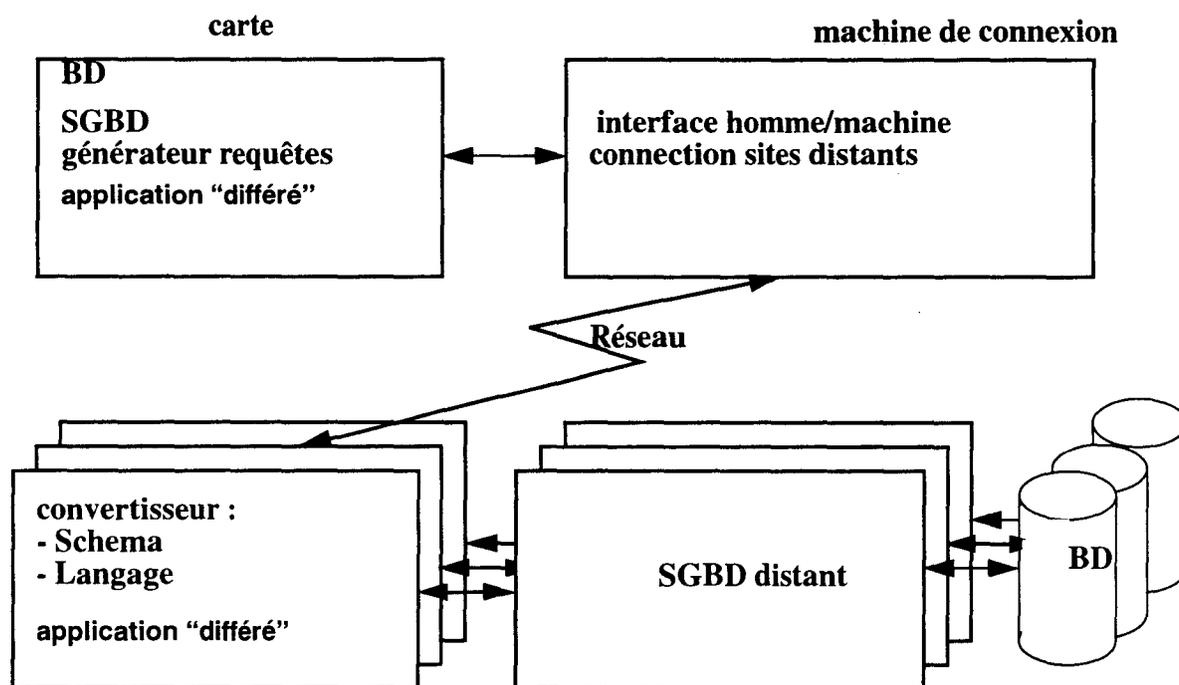


FIGURE 47 architecture du système

Le Tableau 3 regroupe les différents modules logiciels et leur localisation sur les différents sites :

Table 3: localisation des modules logiciels

modules logiciels	site
interface homme/ machine	machine de connexion
interprète de requêtes utilisateurs	carte
générateur de requêtes "distantes"	carte
localisation sites distants cibles	machine de connexion
convertisseur de requêtes	site distant
interprète de requêtes terminales	machine distante cible
mécanisme de gestion des mail boxes	site distant

#### 4.4.5 La gestion des transactions

##### 4.4.5.1 Transactions immédiates

Décrivons le déroulement d'une transaction immédiate normale :

1. une demande initiale est faite par l'utilisateur à travers l'interface homme/machine de la machine de connexion, qui génère alors une requête vers la carte; cette requête est exprimée dans le langage de la carte et sur le schéma de la base de données carte (dans le modèle de données canonique [HSIA 92]).
2. la requête est interprétée et exécutée par la carte. Le résultat de la requête est constitué de données locales et de données formelles.
3. La carte génère autant de sous-requêtes que de données formelles à valuer par les données réelles correspondantes.
4. la carte fournit en résultat, à la machine de connexion, les données locales et l'ensemble des sous-requêtes générées.
5. une première interprétation des sous-requêtes est effectuée par la machine de connexion, afin de déterminer le site cible de chaque sous-requête. La machine de connexion effectue alors une connexion avec les sites distants concernés.
6. sur chaque site distant concerné une conversion de la requête est effectuée (conversion de la sous-requête dans le langage et le schéma natifs).
7. chaque sous-requête finale est exécutée et le résultat (une donnée réelle) est envoyé à la machine de connexion.
8. la machine de connexion affiche le résultat final complet de la requête initiale, dans le format de l'IHM.

La figure suivante illustre un bref exemple (figure 48) :

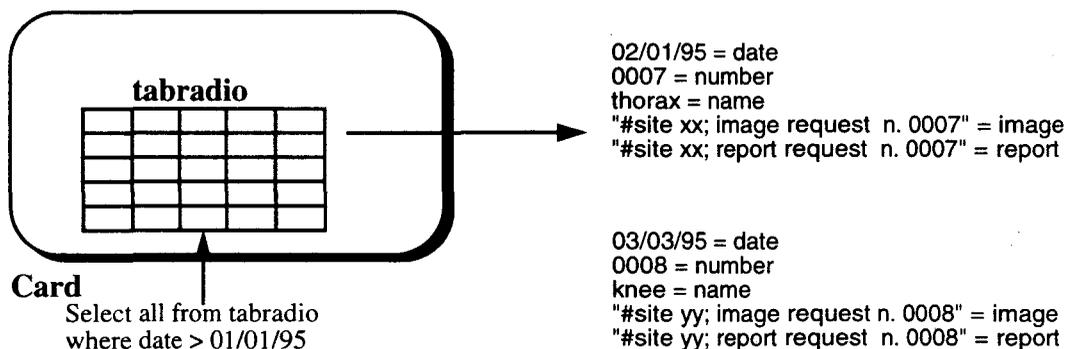


FIGURE 48 transaction immédiate

Dans cet exemple d'une carte médicale, utilisant un modèle de données relationnel, l'utilisateur désire visualiser les résultats d'examens radiologiques effectués depuis le 1er janvier 1995. La requête envoyée à la carte est la suivante : "select all from tabradio where date > 01/01/95". La table tabradio contient 5 champs, dont trois concernent des données locales (date, number et name) et deux contiennent des données formelles (image et report).

On voit sur la figure (figure 48), que deux lignes de la table tabradio sont résultats de la requête. L'une concerne la radiographie d'un thorax faite le 02 janvier 1995 et l'autre, celle d'un genou, faite le 03 mars. Ces deux examens ayant été réalisés dans des services radiologiques différents, les requêtes générées par la carte sont destinées à deux sites logiques différents (le site xx pour la première, le site yy pour la deuxième).

Sur la machine de connexion s'affichent les dates, numéros et intitulés des radiographies, fournis directement par la carte, et les images et compte rendus fournis par les bases de données distantes après exécution des sous-requêtes.

#### 4.4.5.2 Transactions immédiates en mode dégradé

Le système peut fonctionner selon un mode dégradé, en cas de déconnexion du réseau (situation de panne ou situation désirée par l'utilisateur). Les données locales restent accessibles. Le processus se déroule alors un peu différemment, comme suit :

1. la requête initiale est générée
2. la carte interprète la requête et fournit les valeurs des données locales et, en lieu et place des sous-requêtes, un message. Dans l'exemple suivant (figure 49), nous avons choisi de faire apparaître les messages sous forme de : "\*\*\*\*\*".
3. la machine de connexion affiche les résultats (Tableau 4).

Une illustration de ce cas est faite à la figure 49:

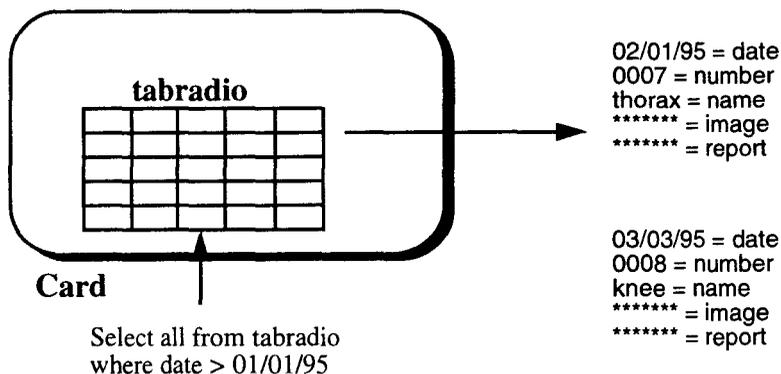


FIGURE 49 transaction immédiate en mode dégradé

**Table 4: affichage des résultats sur la machine de connexion**

date	number	name	report	image
02/01/95	0007	thorax	*****	*****
03/03/95	0008	knee	*****	*****

#### 4.4.6 Le traitement des transactions différées

Dans certains cas, le système autorise les transactions différées. Ce sont les cas où un appel est fait à une donnée réelle, non encore créée ou non encore reliée à une donnée formelle, au moment de l'appel.

Dans ce cas, il existe dans la table de conversion une entrée côté carte pour la donnée formelle, mais aucun lien n'est fait avec une donnée réelle. Un appel est fait à l'application de gestion des transactions différées. Le système distant met à jour sa table de mise en attente des transactions. La carte met à jour sa table d'attente.

#### 4.4.7 Cas d'erreurs

Le système doit également gérer les cas d'erreur. Nous avons listé ces cas ainsi que la manière dont le système les appréhende.

##### 4.4.7.1 Erreurs système ou réseau

Dans tous les cas suivants, la transaction est stoppée et un message d'erreur est envoyé, d'abord à la machine de connexion, puis à l'utilisateur.

Erreurs dues au réseau :

- le serveur distant n'est pas connecté au réseau : "connexion impossible"
- la connexion logique avec le site distant est impossible : "server not responding".

##### 4.4.7.2 Erreurs introduites par le mécanisme de conversion

- table de conversion introuvable ou inexistante : "accès table de conversion impossible"
- droits d'accès à la table de conversion refusés : "permission refusée"
- entrée inexistante dans la table de conversion pour la donnée formelle : "erreur table de conversion".

#### 4.4.8 La conversion de requête

La conversion de schémas est une nécessité des systèmes de bases de données fédérées (FDBMS) [RONC 94], pour assurer la transformation des schémas locaux exprimés dans un modèle natif en schémas composants exprimés dans le langage canonique, dans la conception des bases fédérées.

A l'inverse, dans la phase d'interrogation de la base fédérée, il est nécessaire de réaliser une conversion des requêtes. Cette conversion se fait en deux parties : la conversion de langage (les bases de données participantes sont hétérogènes) et la conversion de schéma de données depuis le modèle canonique vers le modèle natif.

Nous nous intéressons ici à la conversion de schéma de données, pour laquelle nous proposons une implémentation. Nous n'avons envisagé dans un premier temps que l'interrogation en lecture des bases distantes par la carte. En effet, le type d'application visé est tel que les sites producteurs et gestionnaires de l'information sont les sites distants, qui mettent à disposition une partie de leurs données en consultation. Nous avons considéré que les cartes abritaient une base de données de type relationnel.

##### 4.4.8.1 Le principe de la conversion

Le principe de la conversion est de faire correspondre une donnée appartenant à une structure de donnée, i.e. repérée par une ligne et une colonne dans une table, avec une donnée réelle, appartenant à une autre structure.

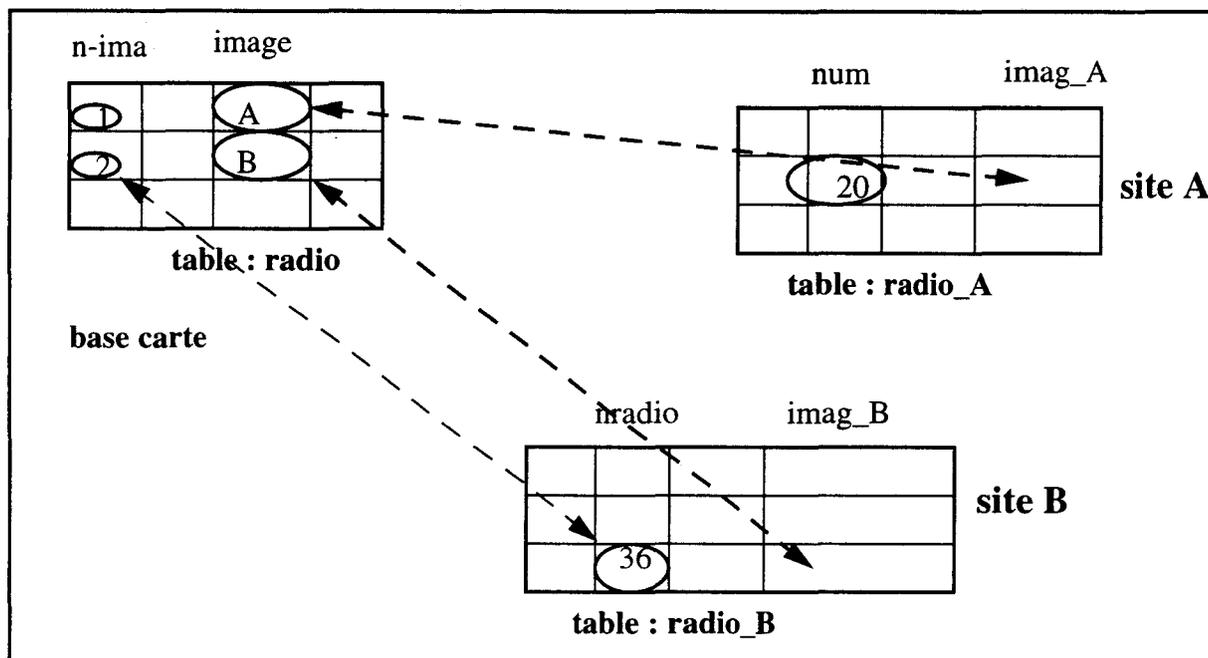
Deux choix sont possibles :

- amener la connaissance du schéma distant dans la carte; cette solution ne nous apparaît pas réalisable, pour des raisons d'autonomie et d'évolutivité des bases distantes
- amener la connaissance du schéma de la base carte sur les sites distants. En pratique, il suffit d'amener sur chaque site distant la partie du schéma de la base carte qui le concerne. Dans un exemple de carte médicale, un service distant de radiologie n'a besoin de connaître que la structure de la table d'examens radiologiques et non pas les tables d'examens biologiques.

Nous avons choisi la deuxième solution. La carte ne connaissant donc que son propre schéma, elle émet des requêtes portant sur ce schéma (noms de tables, noms d'attributs, valeurs d'index). La conversion est donc réalisée sur le site distant détenteur de la donnée réelle.

Pour identifier une donnée de façon non ambiguë, il est nécessaire de fournir des paramètres de localisation : un nom de table, un nom d'attribut et une valeur de clé primaire. La conversion de schéma consiste à mettre en relation les paramètres de "localisation" de la donnée formelle avec ceux de la donnée réelle (figure 50).

Nous avons implémenté un mécanisme à base de tables systèmes, qui laisse la plus grande autonomie possible aux administrateurs des bases distantes et cartes. Ce mécanisme permet l'évolution des schémas des bases distantes de façon transparente pour les cartes.



**FIGURE 50** principe de conversion

#### 4.4.8.2 Les tables de conversion

Les types de tables utilisés par le convertisseur sont au nombre de trois :

- table de correspondance, qui fait le lien entre les noms de tables et d'attributs carte et leurs correspondants sur la base distante;
- table de liens, qui décrit les liens à utiliser entre les tables distantes quand plusieurs tables sont impliquées dans une même requête;
- table de valeurs, qui réalise la correspondance entre la valeur d'un attribut de la base carte et la valeur de l'attribut qui lui correspond sur la base distante. Il y a donc autant de tables de valeurs que d'attributs nécessitant une correspondance. Ces attributs nécessitant une conversion sont des attributs clés.

Ce principe d'implémentation a été mis en oeuvre pour garantir la plus grande autonomie possible aux bases de données cartes et distantes. Les tables de conversion sont décrites en annexe.

### 4.4.8.3 La délégation de requête

Pour respecter le principe de localité des traitements et optimiser le temps de réponse du système à une requête utilisateur, la carte doit être capable de déléguer au site distant une partie du traitement.

En effet, si plusieurs données réelles résultats d'un même requête utilisateur initiale sont situées sur le même site distant, il est judicieux de n'émettre qu'une seule requête pour l'ensemble des données. Ceci n'est possible que dans le cas où la confidentialité le permet.

Ce principe de délégation de requête s'applique aux requêtes consistant en l'application d'une fonction à une liste d'éléments (par exemple : fournir le MAX d'une liste de valeurs numériques).

Ceci implique qu'une requête émise par la carte comporte une liste de conditions sur des valeurs d'attributs différents de la clé primaire.

Par exemple *SELECT ... FROM ... WHERE date > "01/01/95"*.

### 4.4.9 Implémentation de la conversion

En application des principes de conversion et de délégation évoqués, nous proposons un format de requêtes en entrée et en sortie du convertisseur.

#### 4.4.9.1 la requête d'entrée

La requête d'entrée du convertisseur contient deux types de paramètres :

- paramètres obligatoires
  - l'identifiant de la carte : ce paramètre est indispensable pour réaliser sur le site distant une sélection du porteur
  - le nom de table et d'attribut des données formelles.
- paramètres facultatifs
  - le nom de la fonction à appliquer sur la liste de valeurs
  - une liste de conditions portant sur des valeurs d'attributs (clés ou autres).

format de la requête :

```
SELECT [fonction] <nomattribut> FROM <nom table> WHERE {[<nom table.nomattribut> = valeur;]}
```

Pour minimiser les échanges d'information, la requête n'est pas émise par la carte sous forme explicite, mais sous forme d'une liste de paramètres (annexe 1).

#### 4.4.9.2 la requête de sortie

En sortie de convertisseur, la requête se présente sous la forme suivante (nous avons choisi le formalisme SQL) :

*SELECT [nom fonction ([nom table.nom attribut[]]*

*FROM <liste noms tables>*

*WHERE <liste conditions>;*

<nom table.nom attribut > représente la donnée distante

<liste noms tables > : liste des tables qui contiennent les attributs sur lesquels sont posées les conditions

#### 4.4.10 La création de données

Concernant la création de données, dans la carte et dans les BD distantes, il est nécessaire de mettre en place un protocole. Deux données sont créées (une formelle sur la BD carte, une réelle sur la BD distante) et la table de valeurs du convertisseur doit être mise à jour. On considère que les tables de correspondance et de liens sont à jour, i.e. que le site distant connaît déjà l'attribut concerné.

La table de valeurs concernée est celle de l'attribut qui repère la donnée formelle. Elle contient deux entrées, l'une côté carte qui contient la valeur de l'attribut qui repère la donnée formelle, l'autre côté site distant qui contient la valeur de l'attribut qui repère la donnée réelle (en général une clé). Ces attributs peuvent donc être de nature différente, ce qui augmente l'autonomie des deux systèmes, carte et distant.

Il convient, pour créer une donnée, de réaliser des opérations sur les deux sites :

- côté carte : créer la donnée formelle sur la BD carte et créer une entrée dans la table de valeurs;
- côté site distant : créer et valuer la donnée réelle et valuer l'entrée correspondante dans la table de valeurs.

Au moment de la création de la donnée réelle, deux cas se présentent :

- la donnée formelle est déjà créée dans la BD carte et l'entrée correspondante existe dans la table de valeurs. L'administrateur de la BD distante a la charge de valuer l'entrée côté donnée terminale dans la table de valeurs.
- la donnée formelle n'existe pas encore dans la carte. Le site distant crée une entrée dans la table de valeurs côté donnée terminale et doit faire savoir à la carte qu'une nouvelle donnée est disponible. On utilise à nouveau pour ce faire le principe de boîte aux lettres. L'utilisateur, s'il

y est autorisé, crée alors la donnée formelle sur la BD carte, l'entrée côté carte de la table de valeurs est évaluée par un mécanisme automatique.

Cette procédure peut être simplifiée, s'il n'y a pas à maintenir de table de valeurs. En effet, pour réaliser un compromis entre la maintenance des tables de conversion et les possibilités d'évolution des bases distantes, on peut mettre en place un système où le site distant fournit à la carte la valeur de la clé de la donnée réelle. La donnée formelle contenant cette valeur, la table de valeurs n'a donc plus de raison d'exister. La mise en oeuvre de cette solution présente cependant des difficultés, quant au passage des valeurs de clés à la carte.

#### **4.4.11 La consistance des bases de données**

Des situations d'inconsistance de la base de données cartes sont introduites par la possibilité de mise à jour des bases distantes [DATE 94].

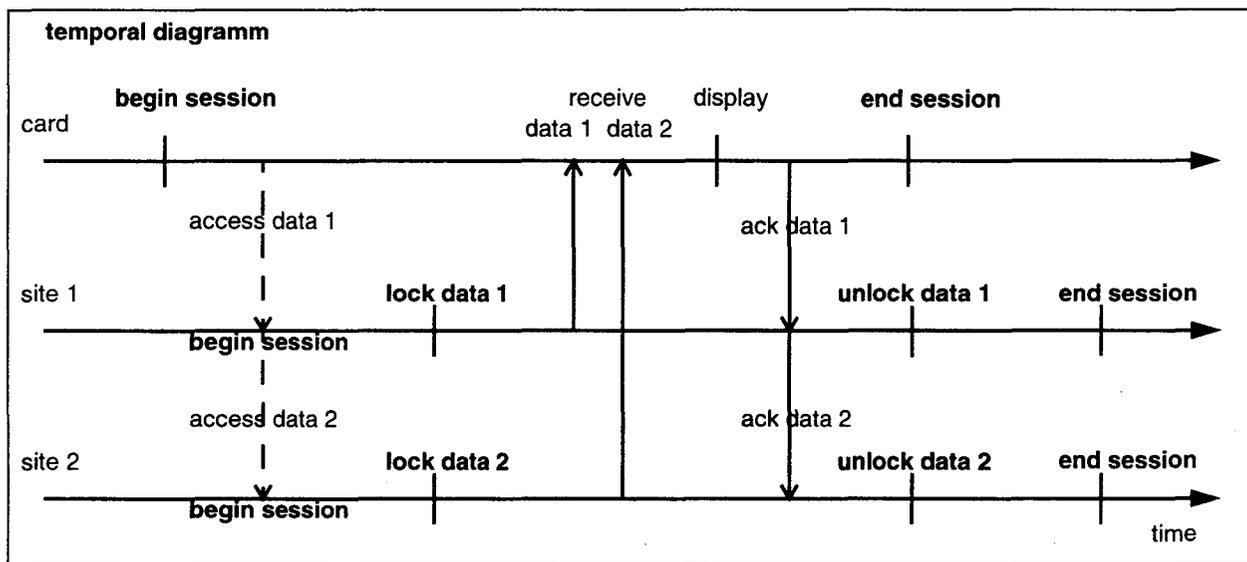
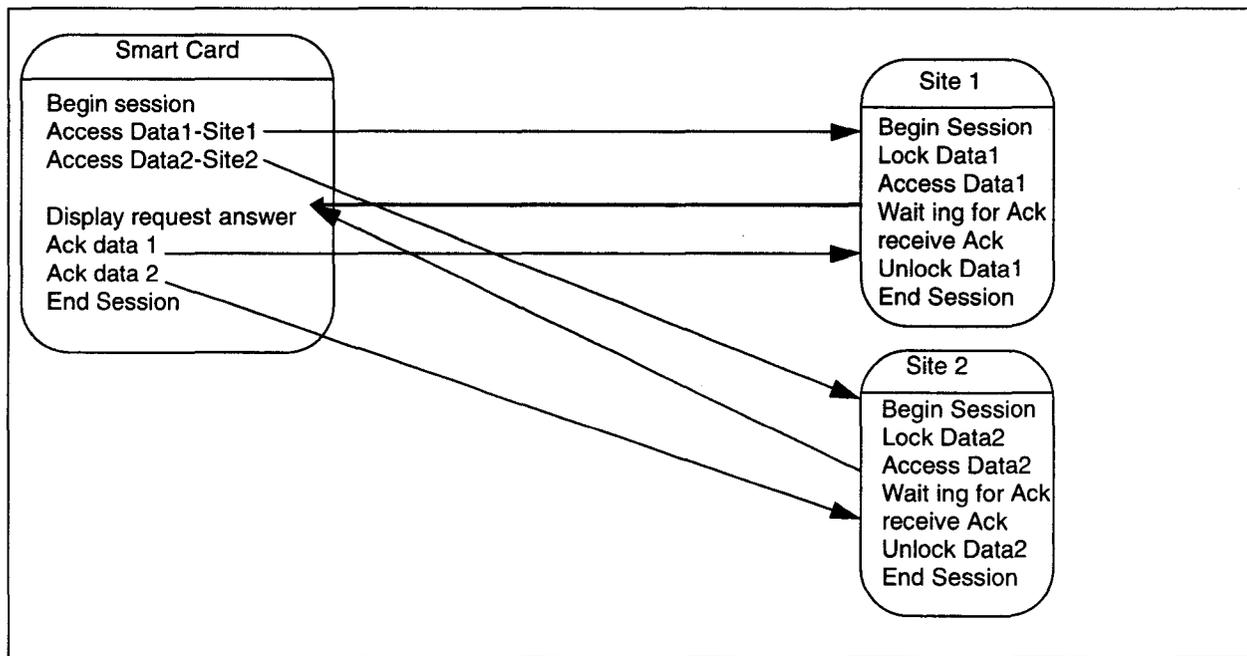
Prenons une carte de gestion de patrimoine financier, qui possède une table de placements SICAV. Il existe deux relations dans cette table, l'une concerne les SICAV de type 1 (SICAV\_1), l'autre des SICAV de type 2 (SICAV\_2). Les données réelles correspondantes sont SICAV\_1=100 et SICAV\_2 = 20.

Exemple de problème d'inconsistance : la carte entreprend une interrogation, récupère la valeur 100 pour SICAV\_1. Une mise à jour sur le site distant modifie les valeurs entre les accès carte à SICAV\_1 et à SICAV\_2 (SICAV\_1=80 SICAV\_2=50). La carte accède à la nouvelle valeur de SICAV\_2. La situation finale est que la carte possède une valeur ancienne pour l'une des données et une valeur nouvelle pour l'autre (SICAV\_1=100 et SICAV\_2=50). Ceci est une situation incohérente.

Il serait judicieux de prévoir un mécanisme de propagation des mises à jour en temps réel, des sites distants vers les cartes.

Nous avons implémenté une solution palliative de verrouillage des données réelles pendant leur consultation par la carte. Ce mécanisme utilise la notion de "session", au sens des normes RDA ou OSI-TP [ISO 92].

Deux niveaux de session sont nécessaires : un niveau de session concerne la carte et l'autre niveau concerne chacun des sites distants impliqués dans la transaction complexe. La session carte a pour rôle de coordonner les sessions distantes. Les sessions distantes ont pour rôle le verrouillage de toutes les données distantes concernées par la transaction. Le verrouillage est maintenu jusqu'à réception de l'ordre de libération envoyé par la carte. La figure 51 illustre ce mécanisme par un exemple et montre la progression dans le temps de l'exécution d'une requête, dans un diagramme temporel. L'exemple est donné pour un accès à deux données situées sur deux sites distants différents. L'ordre de libération est envoyé par la carte aux sites distants sous la forme d'un Acknowledge : "Ack data i".



**FIGURE 51** verrouillage des données distantes

## 4.5 Le prototype

Le SIC de forme [n-1] a été implémenté sous forme de maquette. Nous avons utilisé la carte CQL [GORD 92]. Cette carte intègre les concepts de base de données, ce qui facilite son intégration dans les systèmes informatiques.

Ce choix de réaliser le prototype à partir d'une carte existante a été fait pour deux raisons :

- pour démontrer que les capacités des cartes actuelles, en terme de puissance de calcul et de capacité de stockage, sont compatibles avec le projet.
- pour définir précisément les limitations de la carte CQL au regard des spécifications du projet, en vue de développer un prototype de carte "CQL+", qui réponde aux spécifications.

Le prototype a été réalisé sur le modèle présenté à la figure 52. L'application distante a été développée sous X11 sur une station de travail SUN. Nous avons utilisé le SGBD INGRES [STON 76], qui fonctionne lui aussi sur station SUN, avec le système d'exploitation Solaris 2.4. Le convertisseur de requêtes a été écrit en langage QUEL. Le protocole de communication utilisé est TCP/IP.

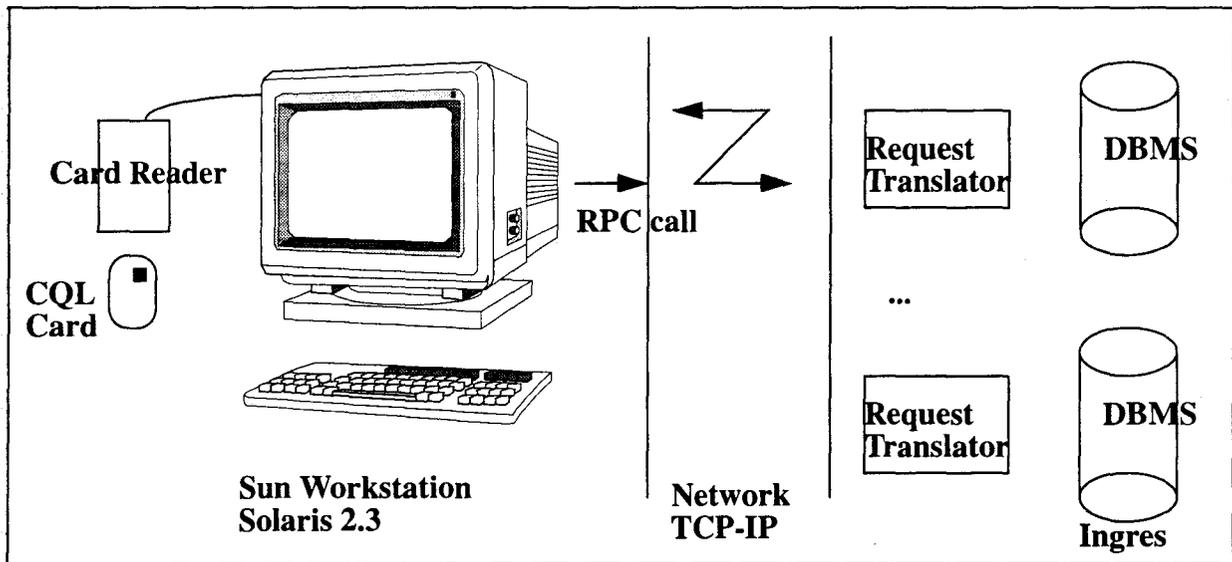


FIGURE 52 implémentation du prototype

L'implémentation a été rendue possible par l'utilisation simultanée de deux modes de communication client/serveur : les dialogues avec connexion utilisant RPC et les dialogues asynchrones sans connexion (messages queuing). Le troisième mode de dialogue client/serveur (dialogue avec session : APPC ou RDA), n'a pas été choisi pour la première version du prototype.

Pour la réalisation, les spécifications du projet ont été modifiées, de manière à prendre en compte les contraintes techniques de la carte CQL, qui ne contient pas de générateur de requêtes. Ceci nous a obligé à déplacer certaines fonctionnalités de la carte vers la machine de connexion. Décrivons ces modifications : l'application située sur la machine de connexion envoie une requête à la carte, qui ne répond que si les conditions de sécurité ont été remplies (mot de passe ...). La figure 53 illustre le fonctionnement de la maquette en mode réseau déconnecté.

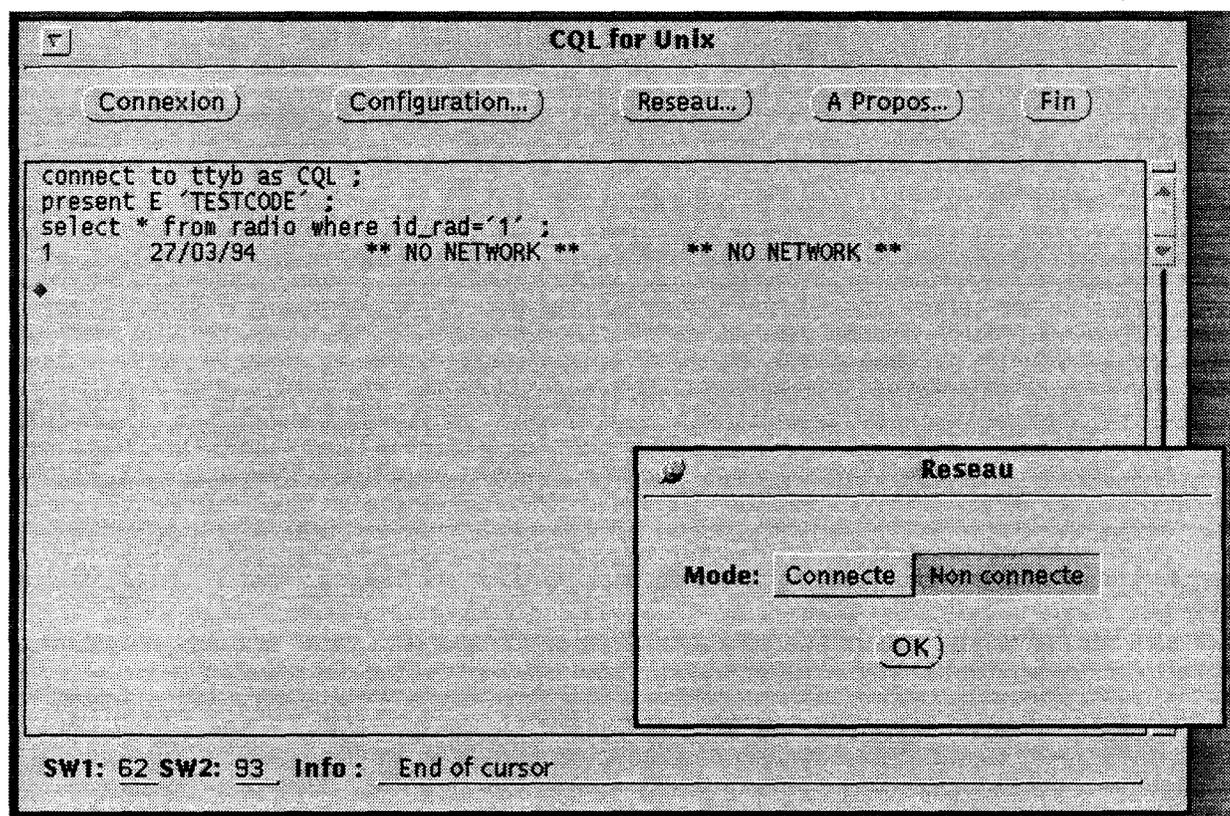


FIGURE 53 maquette en mode réseau déconnecté

Si un accès distant est nécessaire (figure 54), la carte envoie à la machine de connexion l'adresse logique du site distant et les paramètres de localisation de la donnée formelle. La machine de connexion a en charge l'accès au site distant, qui est établi par des RPC calls.

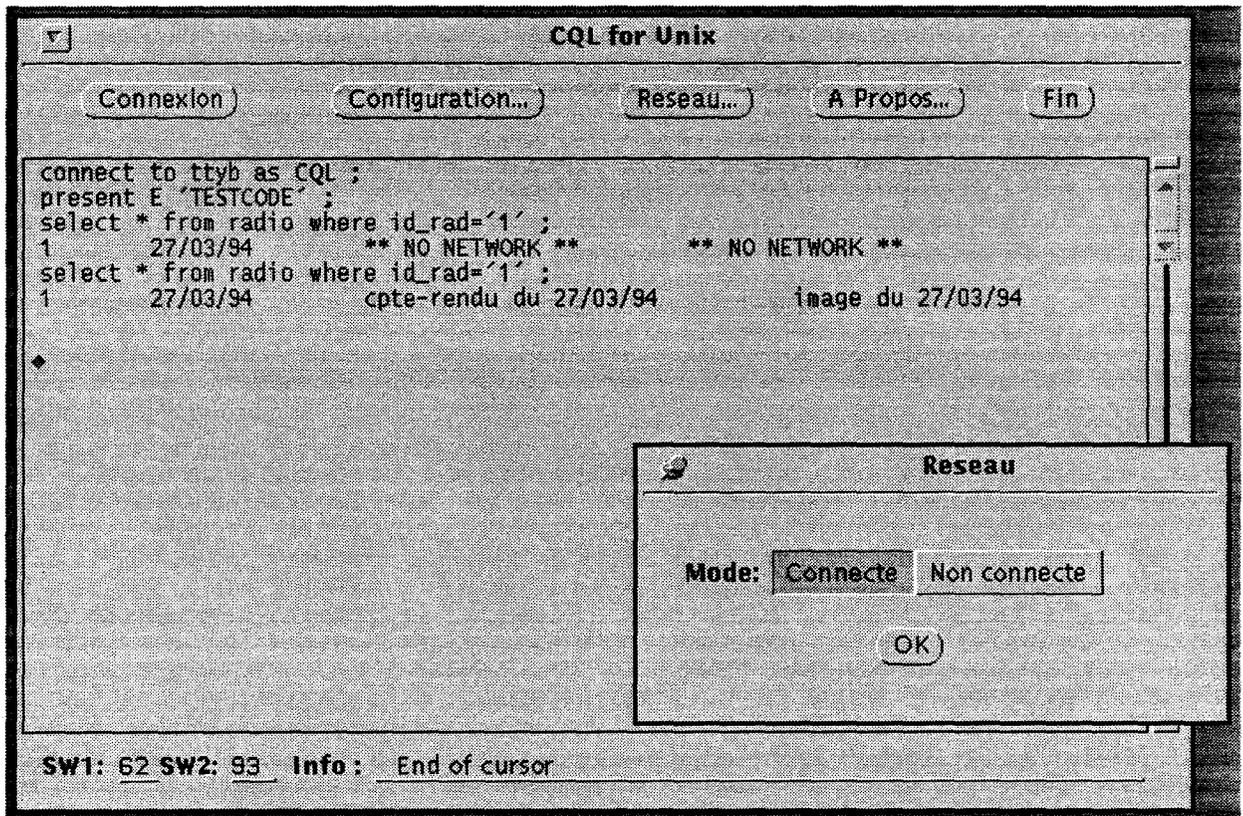


FIGURE 54 maquette en mode réseau connecté

Le mécanisme est rendu possible par la capacité de la carte CQL à gérer des variables de type chaîne de longueur variable. En effet, les données formelles du prototype contiennent les requêtes cartes complètes, implémentées sous la forme d'une chaîne : "#remote\_site\_name;...". Ceci fait que certaines requêtes sont impossibles à réaliser dans cette version du prototype. Ces requêtes sont celles comprenant une condition sur la valeur réelle d'une donnée formelle.

*select result from tab-exam where result=xxx*

Le fait de ne pas utiliser de dialogues avec sessions, dans cette première version du prototype, génère des possibilités d'inconsistance temporaire pour la base de données carte, puisqu'aucun verrouillage des données réelles n'est réalisé (figure 55).

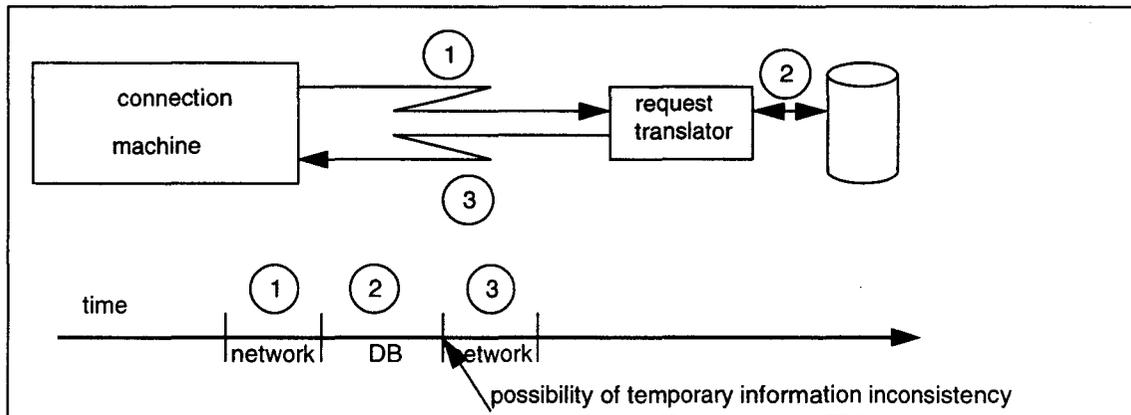


FIGURE 55 transaction distante sur le prototype

En ce qui concerne la gestion des transactions différées, le rôle de la machine de connexion est augmenté par rapport aux spécifications. Le mécanisme implanté dans cette première version du prototype est tel que la carte conserve dans une table "système" les requêtes en attente de complétude, sous leur forme initiale de requête CQL. Cette table est mise à jour par le module client de l'application "individu" installé sur la machine de connexion. A chaque connexion de la carte, la machine de connexion interroge la table système de la carte et tente de compléter les requêtes cartes en attente, en relançant leur exécution. Ce mécanisme ne met pas en place de boîte aux lettres, ni de mémorisation des requêtes en attente sur les sites distants. Il permet d'utiliser les capacités internes de sécurité de la carte, par présentation de mot de passe.

## 4.6 Perspectives

Une deuxième version du prototype est prévue, pour répondre aux spécifications du projet :

- inclure un générateur de requêtes dans la carte. La carte deviendra réellement active et la complexité des applications situées sur la machine de connexion diminuera.
- écrire un interprète CQL+, pour réaliser la suspension de requête nécessaire à la génération de sous-requêtes distantes, puis la reprise de la requête initiale. Ceci correspond au mode de transaction local différé.
- porter le prototype sur une plate-forme ATM utilisant des stations graphiques et modifier la base de données carte et lui permettre de gérer des types de données multimedia (images fixes, sons, textes, données numériques, images animées ...).

Nous envisageons également d'ajouter une fonctionnalité au prototype : la possibilité de faire afficher les résultats des requêtes sur une autre machine désignée du réseau. Cette fonctionnalité permettra à plusieurs utilisateurs de visualiser en temps réel, en différents sites du réseau, un même document ou une même image. Le prototype pourra être couplé dans un but de téléexpertise avec une

application de travail coopératif. Cette implémentation sera facilitée par le choix fait d'utiliser dans le prototype l'interface graphique standardisée X11.

Une deuxième voie d'exploration concerne les problèmes d'inconsistance des bases de données cartes et la spécification d'un mécanisme de propagation des mises à jour en temps réel.

Dans un autre domaine, il serait intéressant d'explorer le domaine des cartes serveurs formant une base de données répartie à l'extrême, en utilisant leur capacité à fournir leur schéma interne au monde extérieur.

---

# Conclusion

---

Ce projet nous a permis d'enrichir le concept traditionnel de système d'information, orienté vers la gestion des entreprises, des notions nouvelles de communication et d'individu.

Il a, de plus, introduit un point de vue nouveau sur la façon d'utiliser les cartes à microprocesseur, notamment en ce qui concerne leur intégration dans les systèmes d'information. Beaucoup d'applications actuelles ne voient en la carte qu'un support sécurisé de données structurées, pouvant être interrogé par un ensemble de machines non reliées entre elles physiquement.

Le point de vue développé dans ce travail nous fait considérer les cartes comme des acteurs actifs de systèmes ouverts, capables d'organiser des données issues de systèmes hétérogènes, non reliés logiquement entre eux. Cette organisation permet d'offrir des systèmes d'information personnels aux individus. Dans ce sens, les cartes à microprocesseur apparaissent comme des moteurs permettant aux individus de jouer un rôle de plus en plus important dans les systèmes d'information existants.

Le premier prototype réalisé et expérimenté sur un exemple réel a permis de valider la faisabilité technique de l'implémentation d'un SIC avec des cartes à microprocesseur. Les résultats obtenus sont suffisamment encourageants pour nous pousser à développer un prototype plus performant. La première version ne concerne que l'un des trois modèles de SIC proposés. Il serait intéressant de l'adapter aux trois modèles mis en évidence.

Nous sommes convaincus que les problèmes ouverts, qui ont été évoqués au fil de ce document, méritent d'être étudiés dans une poursuite de ce travail. Parmi ceux-ci, citons tout d'abord les problèmes de conception des SIC et de description des bases de données individuelles qui les implémentent.

Parmi les problèmes techniques, citons ensuite, la propagation des mises à jour de données en temps réel ou l'utilisation du principe de carte active dans le domaine de la téléexpertise.

Pour développer notre prototype, nous avons utilisé une carte à microprocesseur d'un modèle récent et innovateur (la carte CQL). Nous avons pu tester ses limites au regard des fonctionnalités exigées par le modèle de système dans lequel nous l'avons intégrée. La description d'un nouveau modèle de carte, répondant aux spécifications du projet, sera l'étape naturelle suivante dans la conception de cartes appartenant à cette génération.



---

# Annexe 1:

## Implémentation de la conversion de schémas

---

### 1.1 Format des requêtes d'entrée du convertisseur

Une requête émise par la carte vers un site "distant"

`<id. carte>; <code fn>; <id attribut carte>; {[<id attribut carte> <op> <valeur>;]}`

- id. carte = numéro identifiant la carte
- id. attribut carte = nom de table + nom d'attribut
- code fn = numéro de fonction
- op = opérateur ( = < > )

Pour l'implémentation, plusieurs choix ont été faits : les paramètres sont transmis sous forme de codes sur trois digits, correspondant aux index d'entrée dans les tables de conversion sur les sites distants.

Le code fonction 000 est réservé à l'absence de fonction à appliquer. Nous avons implémenté trois fonctions : max, min et average, respectivement de codes 001, 002 et 003.

### 1.2 Description des tables de conversion

#### 1.2.1 Table de correspondance

Une table de correspondance est nécessaire par site. Elle réalise la conversion entre le nom de l'attribut d'une table située sur la carte (repéré par un index) et le nom de l'attribut et de sa table correspondants sur le site distant.

**TABLE 5** Table de correspondance

<b>Index</b>	<b>Table distante</b>	<b>Attribut distant</b>	<b>Fich. valeurs</b>	<b>Fn conversion</b>	<b>Clé (O/N)</b>

Description des champs :

- Index : repère l'entrée côté carte dans la table. Chaque valeur d'index représente un attribut carte
- Table distante : contient le nom de la table contenant l'attribut correspondant côté site distant
- Attribut distant : contient le nom de l'attribut distant
- Fich. valeurs : ce champ contient un pointeur vers une table de valeurs. Celle-ci réalise la correspondance à effectuer entre la valeur de l'attribut carte et celle de l'attribut distant
- Fn conversion : ce champ contient le nom de la fonction à appliquer sur la valeur d'attribut fournie par la carte pour obtenir la valeur de l'attribut distant correspondant. Cette fonctionnalité permet de pallier certains problèmes d'hétérogénéité syntaxique. L'utilisation de cette fonction est souvent liée à l'utilisation d'une table de valeurs
- Clé (O/N) : l'attribut distant est-il clé de la relation ?

Nous avons implémenté deux fonctions :

- "ident", qui recherche dans la table de valeurs passée en paramètre (Fich. valeurs), l'identifiant de l'individu tel qu'il est connu sur le site distant
- "modif-valeur", qui concatène la valeur de l'identifiant carte avec la valeur de l'attribut carte passé en paramètre dans la requête, puis recherche, dans la table de valeurs de nom contenu dans le champ Fich. valeurs, la valeur de l'attribut distant correspondant. La concaténation de la valeur d'attribut carte avec la valeur de son identifiant est rendue nécessaire par le fait qu'un site distant gère les données de tous les porteurs.

### 1.2.2 Table de liens

Une table de liens est nécessaire par site distant. La table de liens ne concerne que le site distant et non la carte. Elle contient les correspondances entre deux tables du site distant. Ce mécanisme permet de trouver un attribut distant par un lien avec une autre table.

Par exemple, la carte fournit un numéro d'examen radiologique pour retrouver l'image. Sur le site distant les examens radiologiques sont stockés dans trois tables : "radio", "images" et "cpt-rendus". La table "radio" fournit une valeur d'index pour l'image (numimag) et une pour le compte rendu (numcpt). Dans cette situation, il est nécessaire d'interroger la base distante sur le lien existant entre les tables. La requête de sortie du convertisseur contient donc :

<SELECT ... FROM radio, images WHERE images.numimag=radio.numimag ...>

**TABLE 6**      table de liens

nom Table 1	nom Table 2	nom Clé 1	nom Clé 2

Le mécanisme implanté ne permet, pour l'instant, qu'une hiérarchie de liens à deux niveaux de tables.

### 1.2.3      **Table de valeurs**

Une table de valeurs est nécessaire par attribut contenant des valeurs différentes dans la carte, de celles de son attribut correspondant dans la base distante. Chaque table de valeurs contient deux champs : côté carte, la valeur de l'attribut carte généralement concaténée avec la valeur de l'identifiant de la carte, et, côté site distant, la valeur de l'attribut distant. Ces tables sont utilisées par les fonctions de conversion.

L'exemple le plus typique est la table de valeurs qui réalise la correspondance entre l'identifiant de la carte et l'identifiant de l'individu, tel qu'il est connu sur le site distant. Cette fonctionnalité est indispensable, un même individu étant connu des sites distants sous un identifiant différent sur chaque site.

**TABLE 7**      table de valeurs

valeur carte	valeur distante

---

---

---

# Annexe 2

## Exemple de carte BD fédérée individuelle : un dossier médical

---

### 2.1 Introduction

Le domaine médical est riche en exemples applicatifs d'informatisation, tant en ce qui concerne les gestes médicaux avec l'instrumentation biomédicale, qu'en ce qui concerne l'aide à la décision grâce aux systèmes experts, l'aide au diagnostic avec l'imagerie de plus en plus performante, ou le dossier médical informatisé. Ce dernier présente de multiples avantages pour le médecin (historique fiable, vue synthétique des pathologies, confidentialité préservée), comme pour le patient, qui ne peut se fier ni à sa mémoire, ni à ses connaissances médicales.

La structuration du système de santé en services médicaux spécialisés et la mobilité des patients dans cette structure nous ont conduit à choisir ce domaine d'application pour implanter un dossier médical personnel sous forme de SIC de forme [1-n]. Dans ce système un patient est représenté par une multitude de dossiers (automatisés ou non), qui s'ignorent les uns les autres.

Nous proposons donc de réaliser un dossier médical "généralisé", qui représente l'ensemble des informations médicales relatives à un patient donné. Ces données sont mémorisées sur les systèmes informatiques des entités de soins où le patient a été soigné. Les systèmes informatiques des différentes unités de soins sont reliés physiquement par un réseau, mais sont autonomes, quant à la structuration de leurs bases de données.

La mise en relation des données issues des différentes bases est réalisable par un multibase générale. Nous avons implémenté une solution alternative, pour permettre à un individu d'interroger son dossier médical : un SIC de forme [1-n] (où n représente pour chaque individu le nombre exact d'entités qui gèrent des informations le concernant). Dans cette solution, la carte représente le lien sémantique et d'accès au dossier médical.

---

## 2.2 Le SI du patient

L'objectif du projet étant de montrer la faisabilité des cartes bases de données fédérées individuelles (IBDF), nous n'avons pas décrit un dossier complet. Nous nous sommes attachés à la partie d'un dossier médical (DM) concernant les résultats d'examens. Le DM que nous décrivons n'a donc pas valeur d'exemple médical, mais valeur d'exemple informatique.

Un DM se présente, de façon simple, comme une arborescence de sous-dossiers. Le premier niveau est constitué des "pathologies". Il existe trois types de pathologies : aiguës, chronique et gynéco-obstétriques. Le deuxième niveau est représenté par les différents "épisodes" médicaux, qui s'inscrivent dans la pathologie. Ces épisodes sont de durée et/ou de type quelconques (une intervention chirurgicale, une période de chimiothérapie, une grossesse ...). Le troisième niveau est constitué d'entités que nous avons appelées "actes élémentaires", et qui correspondent aux examens, actes chirurgicaux ou de soins. Ceux-ci contiennent des résultats. Un même examen peut être rattaché à plusieurs épisodes différents. Selon son type, un examen contient un certain nombre de résultats. Par exemple, une radio contient deux résultats : un compte rendu et une image. Il faut noter que le terme "acte", tel qu'il est utilisé ici, ne correspond pas au terme en usage dans le domaine médical, où il représente un geste effectué par un médecin.

Illustrons cette arborescence par un exemple : une "pathologie" de type gynéco-obstétrique, correspondant à la deuxième grossesse de la personne concernée, et qui contient deux épisodes : la grossesse en elle-même et l'accouchement par césarienne. L'épisode "grossesse" contient des actes de type examen médical ayant comme résultat un compte rendu littéral. L'épisode "césarienne" contient un acte intervention chirurgicale comprenant un compte rendu opératoire et un compte rendu d'anesthésie, ainsi qu'un acte de type "examen biologique" (prise de sang), qui contient une liste de couples intitulé-valeur numérique.

2.2.1 Modèle Conceptuel des Données du patient

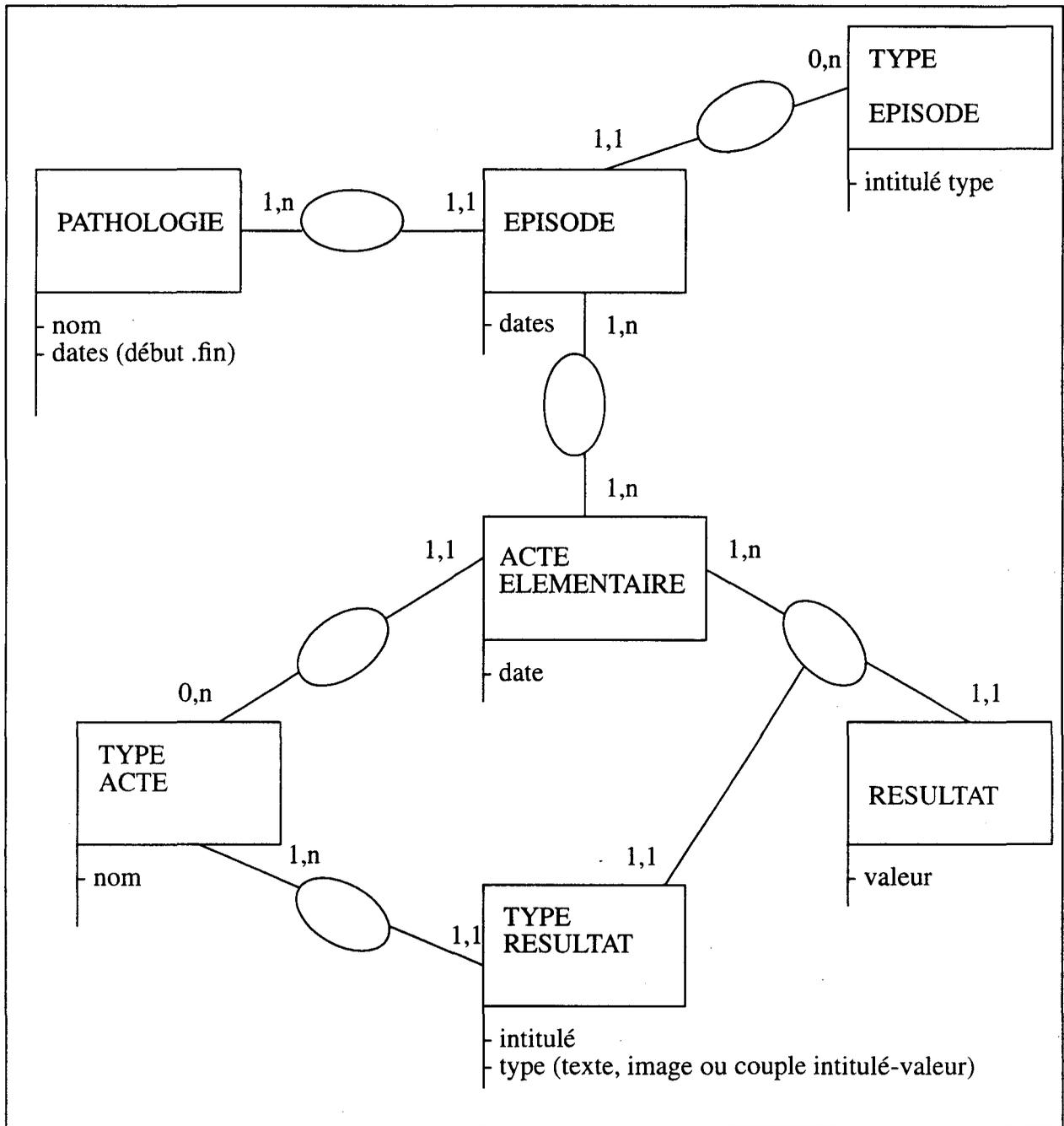


FIGURE 56 MCD du SI patient

## 2.2.2 Modèle Organisationnel des Données

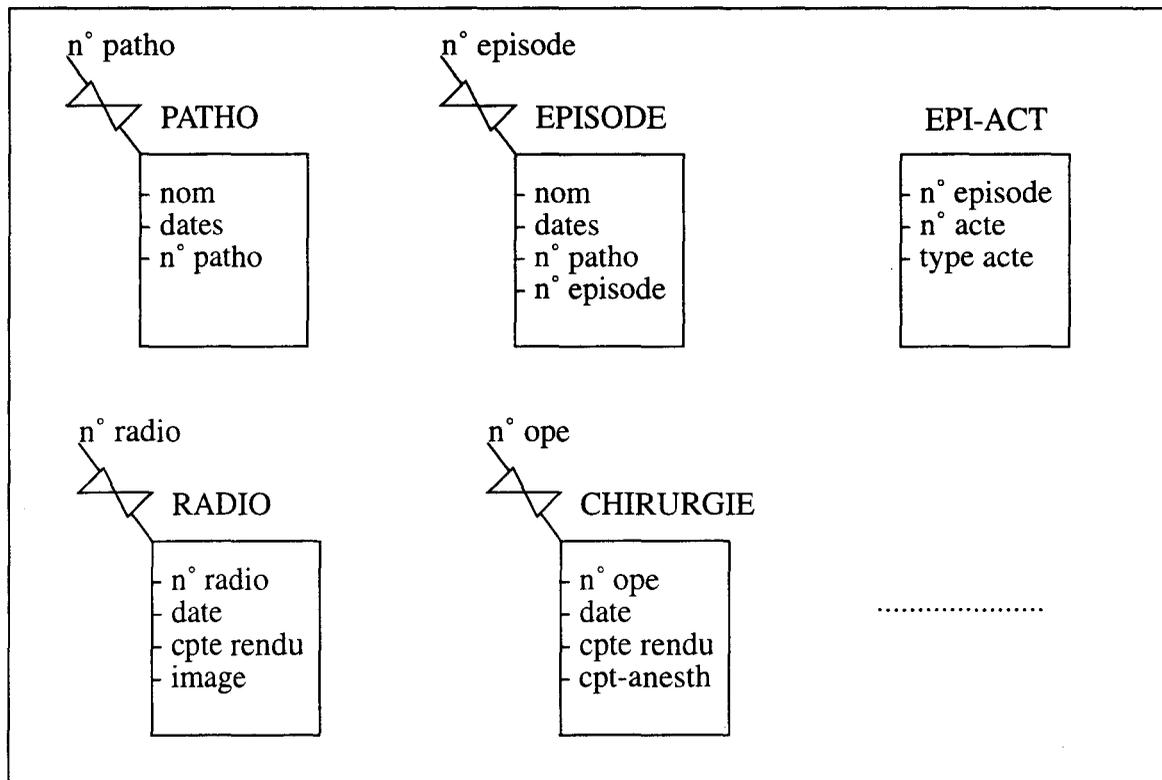


FIGURE 57 MOD du SI patient

Les données sont organisées de la façon suivante : des entités ont été spécialisées par type d'actes (et donc de résultats). Nous n'en avons fait apparaître que deux : radio et chirurgie. Quatre entités ont une clé primaire non dupliquée : PATHO (avec un numéro de pathologie interne donné séquentiellement au fil de la vie du patient), EPISODE (idem avec un numéro d'épisode), RADIO et CHIRURGIE. L'entité EPI-ACT relie des actes à un épisode. Dans cette entité, le numéro d'acte est soit un numéro de radio, soit un numéro d'intervention chirurgicale ... L'attribut "type acte" lie un numéro d'acte à une entité spécialisée.

Le MCD est plus souple que le MOD que nous savons choisi, dans le sens où la création d'un nouvel acte y serait facilitée. A l'encontre l'organisation choisie nous permet de visualiser rapidement, sans tri, le contenu d'une table d'actes spécialisée. Par exemple il est facile d'avoir un historique des compte-rendus d'anesthésie.

## 2.2.3 La base de données carte

Elle contient, outre une table d'identification du patient, trois tables de base : PATHO, EPISODE, EPI-ACT, qui ne contiennent que des données locales. Elle contient également un certain nombre de

tables spécialisées concernant les examens : RADIO, CHIRURGIE, etc... Dans ces tables tous les résultats (comptes rendus, images, données numériques) sont localisés sur les sites distants qui les ont produits. Dans la carte , ces champs contiennent un numéro logique repérant le site distant qui les possède.

Nous présentons ici la base de données à travers l'exemple simple d'une patiente, qui a eu deux pathologies : une grossesse terminée par une césarienne et une intervention chirurgicale au genou.

**TABLE 8** table patient

<b>nom</b>	<b>prenom</b>	<b>adresse</b>
Dupont	Marie	xxxxxxxxxx

**TABLE 9** table patho

<b>id_patho</b>	<b>libelle</b>	<b>date_deb</b>	<b>date_fin</b>
1	grossesse 1	16/02/88	10/11/88
2	ope genou	18/12/93	05/03/94

**TABLE 10** table episode

<b>id_epis</b>	<b>date_deb</b>	<b>date_fin</b>	<b>libelle</b>	<b>id_patho</b>
1	16/02/88	09/11/88	grossesse	1
2	10/11/88	10/11/88	accouchement	1
3	18/12/93	05/03/94	ope genou	2

**TABLE 11** table epi-act

<b>id_epis</b>	<b>id_act</b>	<b>type_act</b>
1	1	visite
1	1	radio
2	1	chirurgie
3	2	radio
3	2	chirurgie
3	3	radio
3	2	visite

---

**TABLE 12** table radio

id_act	date	comment	image	cpt
1	25/08/88	echo	M	M
2	18/12/93	genou	A	A
3	04/03/94	ctrl genou	A	A

**TABLE 13** table chirurgie

id_act	date	comment	cpt_ope	cpt_anesth
1	10/11/88	cesarienne	M	M
2	19/12/93	menisque	C	C

**TABLE 14** table visites

id_act	date	comment	cpt
1	25/08/88	prenatale	M
2	05/03/94	ctrl	C

#### 2.2.4 Bases de données distantes

Plusieurs sites distants participent à la fédération. Nous avons imaginé que le site M (maternité) gérait dans la même base les échographies, les visites prénatales et les interventions d'obstétriques, alors que les radiographies étaient effectuées sur le site radio A et que les interventions chirurgicales et les visites de contrôle étaient effectuées sur le même site C.

Nous décrivons donc les bases de données des trois sites M, A et C et les tables de conversion nécessaires.

### 2.2.5 Site M : base de données

TABLE 15 table m\_radio

m_numpat	m_date	m_numecho	m_image	m_cpt
534				
127	25/08/88	6245		
692				

clé primaire : m\_numecho

TABLE 16 table m\_visite

m_numpat	m_date	m_numvis	m_cpt
534			
127	25/08/88	47	
692			

clé primaire : m\_numvi

TABLE 17 table m\_chir

m_numpat	m_date	m_numope	m_cpt_ope	m_cpt_anes
127	10/11/88	72436		

clé primaire : M\_numope

### 2.2.6 Site M : tables de conversion

Table de correspondance :

TABLE 18 table de correspondance

index	table	attribut	ref.fichier	fonction	clé	description
000	m_radio	m_numpat	id_sgbd.tab	ident	O	identifiant patient
201	m_radio	m_image			N	image radio
202	m_radio	m_numecho	echo.tab	modif_valeur	O	numero image
203	m_radio	m_cpt			N	compte rendu
204	m_radio	m_numecho	echo.tab	modif_valeur	O	numero cpt_rendu
205	m_radio	m_date			N	date de la radio

**TABLE 18** table de correspondance

index	table	attribut	ref.fichier	fonction	clé	description
206	m_chir	m_numope	chir.tab	modif_valeur	O	numero operation
207	m_chir	m_cpt_ope			N	cpt rendu operatoire
208	m_chir	m_cpt_anes			N	cpt rendu anesthesie
209	m_chir	m_date			N	date intervention
210	m_vis	m_num_vis	vis.tab	modif_valeur	O	numero visite
211	m_vis	m_cpt			N	cpt rendu visite
212	m_vis	m_date			N	date visite

**TABLE 19** table de liens

nom table 1	nom table 2	nom clé 1	nom clé

La table de liens est vide.

Tables de valeurs :

**TABLE 20** table de valeurs id\_sgbd.tab

id_carte	m_numpat
94727	127

Mise en correspondance des identifiants du porteur

**TABLE 21** table de valeurs chir.tab

id_carte+id_act	m_numope
94727_1	72436

Mise en correspondance des numéros d'interventions chirurgicales

TABLE 22 table de valeurs vis.tab

id_pat+id_act	m_numvis
94727_1	47

Mise en correspondance des numéros de visites

TABLE 23 table de valeurs echo.tab

id_carte+id_act	m_numecho
94727_1	6245

Mise en correspondance des numéros d'échographies

### 2.2.7 Site radio A : base de données

TABLE 24 table a\_patient

a_numpat	a_nom	a_prénom	a_adresse
4317	Dupont	Marie	xxxxxxxxxx

TABLE 25 table a\_radio

a_numradio	a_date	a_numpat	a_numcpt	a_numimag
12345	18/12/93	4317	879	4913
276526	04/03/94	4317	912	8975

**TABLE 26**      table *a\_cpt*

<b>a_numcpt</b>	<b>a_cpt</b>
879	
912	

**TABLE 27**      table *a\_imag*

<b>a_numimag</b>	<b>a_imag</b>
4913	
8975	

Dans cet exemple, les comptes rendus d'examens radiologiques et les images correspondantes sont stockées dans deux tables différentes. Ceci génère le besoin d'une table de liens.

### 2.2.8 Site radio A : tables de conversion

**TABLE 28**      table de correspondance

<b>index</b>	<b>table</b>	<b>attribut</b>	<b>ref.fichier</b>	<b>fonction</b>	<b>clé</b>	<b>description</b>
000	a_radio	a_numpat	id_sgbd.tab	ident	O	identifiant patient
001	a_imag	a_imag			N	image radio
002	a_imag	a_numimag	cpt.tab	modif_valeur	O	localisation image
003	a_cpt	a_cpt			N	compte-rendu
004	a_cpt	a_numcpt	cpt.tab	modif_valeur	O	localisation cpt_rendu
005	a_radio	a_date			N	date de la radio

**TABLE 29**      table de liens

<b>nom table 1</b>	<b>nom table 2</b>	<b>nom clé 1</b>	<b>nom clé</b>
a_radio	a_imag	a_numimag	a_numimag
a_radio	a_cpt	a_numcpt	a_numcpt

**TABLE 30** table de valeurs : identification du porteur id\_sgbd.tab

id carte	a_numpat
94727	4317
...	...

**TABLE 31** table de valeurs : localisation de la radio cpt.tab

id_carte+id_act	a_radio
94727_2	12345
94727_3	276526

### 2.2.9 Site C : base de données

**TABLE 32** table c-chir

c_numpat	c_date	c_numope	c_cpt_ope	c_cpt_anes
1809	19/12/93	1518		

**TABLE 33** table c-visite

c_numpat	c_date	c_numvis	c_cpt
1809	05/03/94	890	

### 2.2.10 Site C : tables de conversion

**TABLE 34** table de correspondance

index	table	attribut	ref.fichier	fonction	clé	description
000	c_chir	c_numpat	id_sgbd.tab	ident	O	identifiant patient
101	c_chir	c_numope	chir.tab	modif_valeur	O	numero operation
102	c_chir	c_cpt_ope			N	cpt rendu operatoire

index	table	attribut	ref.fichier	fonction	clé	description
103	c_chir	c_cpt_anes			N	cpt rendu anesthesie
104	c_chir	c_date			N	date intervention
105	c_visite	c_num_vis	vis.tab	modif_valeur	O	numero visite
106	c_visite	c_cpt			N	cpt rendu visite
107	c_visite	c_date			N	date visite

TABLE 35 table de liens

nom table 1	nom table 2	nom clé 1	nom clé

### Tables de valeurs :

TABLE 36 table de valeurs id\_sgbd.tab

id_carte	m_numpat
94727	1809

TABLE 37 table de valeurs chir.tab

id_carte+id_act	m_numope
94727_2	1518

TABLE 38 table de valeurs vis.tab

id_pat+id_act	m_numvis
94727_2	890

### 2.2.11 Exemples de traduction de requêtes

Exemples de traduction de requête concernant les examens radiologiques :

- sur le site M, échographie du 25/08/88

\* Requête générée par la carte : #M;000;201;202=1;

- M = nom logique du site distant
- 000 = pas de fonction à appliquer
- 201 = attribut désiré : image de radio
- 202=1 = condition : numéro de radio = 1 (radio.id\_act=1)

\*Requête reconstituée par la machine de connexion : **000=94727;000;201;202=1;**

- 000=94727 : identification carte du patient = numéro 94727

\* Requête traduite et exécutée sur le site M :

**SELECT m\_radio.m\_image FROM m\_radio WHERE m\_radio.m\_numecho=6245;**

*- sur le site A, radiographie du 18/12/93*

\* Requête générée par la carte : **#A;000;001;002=2;**

\* Requête reconstituée par la machine de connexion : **000=94727;000;001;002=2;**

\* Requête traduite et exécutée sur le site A :

**SELECT a\_imag.a\_imag**

**FROM a\_radio, a\_imag**

**WHERE a\_radio.a\_numimag=a\_imag.a\_numimag and a\_radio.a\_numradio=12345;**

---

---

---

---

## *Liste des Figures*

---

FIGURE 1	système	11
FIGURE 2	position du système dans l'univers	12
FIGURE 3	canaux de transmission des interactions	13
FIGURE 4	interdépendances entre sous-systèmes; extrema	14
FIGURE 5	organisation d'une entreprise : approche systémique	19
FIGURE 6	classification de l'information par niveaux [TARD 89 ]	20
FIGURE 7	représentation tridimensionnelle du processus de conception d'un système d'information	26
FIGURE 8	les trois approches de conception	28
FIGURE 9	structures transactionnelles dans REMORA	33
FIGURE 10	position des modèles dans le repère tridimensionnel	34
FIGURE 11	schéma d'une communication simple	40
FIGURE 12	communication 1-1 à sens unique	42
FIGURE 13	communication 1-n à sens unique	42
FIGURE 14	notion de dialogue	43
FIGURE 15	SI Communicationnel	47
FIGURE 16	types d'acteurs d'un SIC	49
FIGURE 17	forme agrégat/agrégat	52
FIGURE 18	exemple de système agrégat / agrégat	53
FIGURE 19	calcul de INS	54
FIGURE 20	exemple de configuration instantanée du réseau	55
FIGURE 21	forme intégrat/agrégat	55
FIGURE 22	forme agrégat/intégrat	56
FIGURE 23	domaines d'application cartes	58
FIGURE 24	modélisation d'un SIC	64

---

---

FIGURE 25	réseau fixe	67
FIGURE 26	réseau communicationnel	68
FIGURE 27	réseau communicationnel actif	68
FIGURE 28	machines virtuelles	70
FIGURE 29	mode immédiat : principe d'exécution	76
FIGURE 30	mode différé : principe d'exécution	77
FIGURE 31	mode local immédiat	81
FIGURE 32	mode distant immédiat	82
FIGURE 33	mode distant différé	84
FIGURE 34	mode local différé	85
FIGURE 35	transaction multiscartes. cartes serveurs	86
FIGURE 36	transaction élémentaire entre une application cliente et une application serveur	89
FIGURE 37	modèle de gestion de transactions élémentaires	91
FIGURE 38	traitement différé	94
FIGURE 39	forme [1-1] - BD individuelle	100
FIGURE 40	les trois couches d'un SI basé sur des cartes	103
FIGURE 41	forme [n-1] - BD répartie	103
FIGURE 42	BD virtuelle / BD réelle	104
FIGURE 43	description d'un individu sur un ensemble de SI	106
FIGURE 44	forme [1-n]. - base de données fédérée	107
FIGURE 45	architecture de Sheth & Larson	110
FIGURE 46	architecture de la fédération	111
FIGURE 47	architecture du système	114
FIGURE 48	transaction immédiate	115
FIGURE 49	transaction immédiate en mode dégradé	116
FIGURE 50	principe de conversion	119
FIGURE 51	verrouillage des données distantes	123
FIGURE 52	implémentation du prototype	124
FIGURE 53	maquette en mode réseau déconnecté	125
FIGURE 54	maquette en mode réseau connecté	126
FIGURE 55	transaction distante sur le prototype	127
FIGURE 56	MCD du SI patient	137
FIGURE 57	MOD du SI patient	138

---

## *Bibliographie*

---

[ACSI 90] AC SIOME : "Modélisation dans la conception des systèmes d'information", MASSON, 1990

[ANSI 82] ANXI/X3/SPARC : "Final Report of the ANSI/X3/SPARC DBS-SG Relational Data Base Task Group. Doc no SPARC 581-690". BRODIE/SCHMIDT Eds, Sept 1981 (ACM-SIGMOD Record, 12, 4, mai 1982)

[ASH 65] R. ASH : "Information Theory", New York, 1965

[ALEX 95] T. ALEXANDRE : "Manipulation de données Multimedia dans la carte à microprocesseur : application à l'identification biométrique et comportementale", Thèse de Doctorat d'Université. Lille I, 1995

[ANSI 75] ANSI-SPARC DBTG Group Interim Report, février 1975

[BALA 89] G. BALANTZIAN : "L'évaluation des systèmes d'information et de communication", MASSON, 1989

[BEUS 92] R. BEUSCART, Ph. ROUSSEL, LAW-KI : "Multimedia Workstation for cooperation in medicine", in Proceedings of the Congress MEDINFO 92, VOL II, pp 1597, NORTH HOLLAND, AMSTERDAM, 1992

[BEUS 94a] R. BEUSCART, F. YOUSFI, E. DUFRESNE, A. DERYCKE : "Travail Coopératif et Groupware", in Informatique et Santé, J. Demongeot et P. Le Beux (eds), SPRINGER VERLAG, pp 195-210, PARIS, 1994

---

[BEUS 94b] R. BEUSCART, E. DUFRESNE, C. GRAVE, M.P. HAYE : "Carte à microprocesseur et Informatique Médicale", in Informatique et Santé, J. Demongeot et P. Le Beux (eds), SPRINGER VERLAG, pp 183-194, PARIS, 1994

[BOIT 91] B. Boittiaux, G. Goncalves et M.P. Haye : "A Transputer Network for a Device Simulator", in Proceedings du congrès Euromicro, Paris 1991. A

[CABA 76] A. CABANES : "Un modèle d'accès standard dans les systèmes de gestion de bases de données", in Bulletin de Liaison du Club Banques de Données, IRIA, n 16, 1976

[CABA 86] A. CABANES , cours d'analyse informatique donné à l'Institut d'Informatique d'Entreprise (IIE-CNAM), EVRY. FRANCE, novembre 1986

[CALV 91] J.P. CALVEZ : "Spécification et conception de systèmes. Une méthodologie". MASSON, Paris 1991

[CARO 94] O. CARON : "Méthodologies de conception et d'évaluation d'architectures RISC adaptées aux futures cartes à microprocesseur". Thèse de Doctorat d'Université. Lille I, 1994

[CAST 89] F. du CASTEL, P. CHAMBAT, P. MUSSO : "L'ordre communicationnel. Les nouvelles technologies de la communication : enjeux et stratégies" ed : CNET ENST, 1989

[CAST 87] X. CASTELLANI : "Méthode générale d'analyse d'une application informatique. Tome 0 : Macro-analyse, étude préalable et analyse conceptuelle des systèmes d'information", MASSON, 1987

[CAST 93] X. CASTELLANI : "Méthodologie générale d'analyse et de conception des systèmes d'objets. Tome 1: l'ingénierie des besoins", MASSON, 1993

[CAUV 95] C. CAUVET, D. MEDDAHNI : "Schémas conceptuel et logiques en conception orientée objet : comparaison et transformation", Ingénierie de Systèmes d'Information, Vol 3 - n 2-3/1995, volume spécial Inforsid 1994, HERMES, 1995

[CHEN 76 ] P.P.S. Chen : "The entity-relationship model : toward a unified view of data". ACM Transactions on Data Base Systems, vol 1, n1, 1976

[CHOM 64] Noam Chomsky : "Current Issues in Linguistic Theory". La Haye , 1964

[CODD 70] E.F. Codd : "A relational model of data for large shared data banks". CACM, vol 13, n 6, 1970

[CORD 92] V. CORDONNIER : "Smart Cards. Evolution and Future Prospects" 3rd GMD Smart Card Workshop, Darmstadt, Allemagne, 1992

---

[CORD 95] V. CORDONNIER, C. CORMIER, G. GRIMONPREZ : "PicoRisc: A R.I.S.C. Approach for Smart Cards", in Proceedings du congrès EUROMICRO 95, Côme, Italie, 1995

[DATE] C. J. Date, "Introduction au standard SQL", Interéditions.

[DATE 94] C.J. DATE : "An Introduction to Database Systems", Sixth Edition, ADDISON WESLEY, 1994

[DECO 86] D. DECOUCHANT : "Design of a Distributed Object Manager For Smalltalk-80 System", in Proceedings first OOPSLA, Portland, Oregon, 1986

[DESA 91] J.M. DESAINTQUENTIN, B. SAUTEUR : "L'Informatique Eclatée. Tendances actuelles 1991-1993", MASSON, 1991

[FAUC 60] C. FAUCHEUX et S. MOSCOVICI : "Etude sur la créativité des groupes. Tâches, structure des communications et réussite", in Bull. Cent. Et. Rech. psychotechn., t. IX, 1960

[FLOR 80] A. FLORY : "An approach to design an entity-relationship schema in CHEN". Actes du congrès Entity-Relationship Approach for Systems and Analysis, 1979, publié par North Holland, 1980

[FLOR 82] A. FLORY : "Bases de Données. Conception et Réalisation". ECONOMICA, Paris, 1982

[FOUC 82] O. FOUCAUT : "Méthode et outil pour la conception des systèmes d'information dans les organisations : projet REMORA". Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Nancy, 1982

[GALA 84] GALACSI : "Les systèmes d'information. Analyse et conception". DUNOD Informatique, Paris, 1984

[GARD 89] G. GARDARIN, P. VALDURIEZ : "SGDB avancés : Bases de données Objets, Déductives, Réparties", EYROLLES, 1989

[GORD 92] E. GORDONS, G. GRIMONPREZ : "A Card as an Element of a Distributed Database", IFIP WG8.4 Workshop, Ottawa 1992

[GRIM 92] G. GRIMONPREZ : "Etude et réalisation d'une carte à micro-processeur intégrée aux systèmes de gestion de bases de données". Thèse d'Habilitation à Diriger les Recherches, Université de Lille, 1992

[GUEZ 88] F. GUEZ, C. ROBERT, A. LAURET : "Les cartes à microcircuit", MASSON, 1988

[HAYE 92 a] M.P. HAYE : "Problématique des Systèmes d'Information supportés par des cartes à Microprocesseur", in Proceedings du congrès INFORSID 92, Clermont-Ferrand - France, mai 1992.

---

[HAYE 92 b] M.P. HAYE : "Designing an Information System using Smart Cards", in proceedings Congrès IFIP, Ottawa, 1992.A

[HAYE 95] M.P. HAYE, R. BEUSCART, I. DELIGNIERES : "Smart Card and Information Superhighways in Health care Information Systems", in Proceedings, IEEE EMBC 95, n° 180,,Montreal, Canada, 1995

[HAYE 96] M.P. HAYE, O. CARON : "ADEPTE Project : an Individual federated Database on a Smartcard", in Proceedings of the 6th International Workshop IEEE - RIDE 96 (Research Issues in Data Engineering), New Orleans, USA, 1996 (à paraître)

[HSIA 92] D. HSIAO : "Federated Databases and Systems : Part I - A Tutorial on their Data Sharing" VLDB Journal, 1, pp127-179 Ed : Dennis Mac Leod, 1992

[ISO] "Concepts and terminology for the conceptual schema and the information base" édité par J.J. Van Griethuysen, ISO TC 97/SC5/WG3

[ISO 89] Information Processing Systems. Open Systems Interconnection. Basic Reference Model. Part 2 : Security Architecture. norme ISO/IEC 7498-2 :1989

[ISO 89b] Information Technology. Open Systems Interconnection. Application Layer Structure. norme ISO/IEC 9545:1989

[ISO 92] Information Technology. Open Systems Interconnection. Remote Database Access. part 2 : SQL specialization ISO/IEC 9579-2 :1992

[ISO 92b]Information Technology. Open Systems Interconnection. Distributed Transaction Processing. ISO/IEC 10026-1 à 10026-7 :1992

[KARA 92] N. KARA-ZAITRI, X. CASTELLANI : "TCO : tool to map communication components to objects", in Proceedings of SEKE'95, 7th international conference of Software Engineering and Knowledge Engineering, Rockville, Maryland USA 22-24 June 1995

[KORT 88] H.F. KORT, A. SILBERSCHATZ : "Systèmes de gestion de bases de données", Mc GRAW & HILL, 1988

[LE MO 77] J.L. LEMOIGNE : "La Théorie du système Général", P.U.F., Paris, 1977

[LIM 95] E. LIM, S. HWANG, J. SRIVASRAVA, D. CLEMENTS, M. GANESH : "MYRIAD: Design and Implementation of a Federated Database Prototype", Software-Practise and Experience, vol. 25 (5), pp 533-562, May 1995

[LITW 85] W. LITWIN : "An overview of the multidatabase system MRDMS", in Proceedings of the ACM national conference, Denver, pp. 495-504, Octobre 1985

---

[LITW 86] W. LITWIN, A. ABDELLATIF : "Multidatabase Interoperability", IEEE Compute.19, pp 12-18, 12. Dec 1986

[LOGI 95 ] R. LOGIER : "Contribution à l'étude conceptuelle des instruments intelligents : une méthodologie appliquée au monitoring médical". Thèse de doctorat d'Université. Lille I. 1995

[Mc LE 94] R. Mac LEOD Jr : " Information Systems Concepts", MACMILLAN, 1994

[MENN 93] F. MENNERAT, M.P. HAYE , A. FLORY. "Micro-processor Cards : Intermittently Connected or Intermittently Connecting Devices?" International Conference Health Care Card Systems, Marseille, 1993

[MIRA 84] S. MIRANDA, J.M. BUSTA : "L'art des Bases de Données" tomes 1 et 2, EYROLLES, 1984

[MIRA 92] S. MIRANDA : "Next generation of DBMS", cours Eurospace, Mai 1992

[MIRA 94] S. MIRANDA, A. RUOLS : "Le Client / Serveur. Concepts, moteurs SQL et architectures parallèles", EYROLLES, 1994

[NICO 91] J.C. NICOLAS : "Machines Bases de Données Parallèles. Contribution aux Problèmes de la Fragmentation et de la Distribution". Thèse de doctorat d'Université. Lille I, 1991

[OLLE 82] T.W. OLLE, H.G. SOL et A.A. VERRIJN STUART (eds) : "Information Systems Design Methodologies : A Comparative Review". NORTH HOLLAND, 1982

[OLLE 86] T.W. OLLE, H.G. SOL et A.A. VERRIJN STUART (eds) : "Information Systems Design Methodologies : Improving the Practice" pp 225-246. NORTH HOLLAND, 1986

[OLLE 90 ] T.W. OLLE, J. HAGELSTEIN, I.G. MACDONALD, C. ROLLAND, H.G. SOL, F.J.M. VanASSCHE et A.A. VERRIJN-STUART : "Méthodologies pour les systèmes d'information". AFCET, IFIP. DUNOD 1990.L

[OSI] International Standardized Profile 12061 : OSI TP. ISO/IEC 12061:PDISP

[OZSU 90] T. OZSU, P. VALDURIEZ : "Principles of Distributed Database Systems", Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1990

[PAGES 55] R. PAGES : "Image de l'émetteur et du récepteur dans la communication", in Bull. Psychol., t. VIII, 1955

[PAGES 82] R. PAGES : "Sociologie de la communication" Encyclopedia Universalis, vol 4, pp765-768, 1982

---

[PELL 92] F. PELLEGRINI & al. (J.P. Baquiast, A. Bedel, C. Bourassin, H. Desautel, M. Cohen, V. Cordonnier, R. Ganne, M.P. Haye, G. Taïb) : "L'utilisation de la carte à mémoire. Guide à l'usage des maîtres d'ouvrage" ed : Comité Interministériel pour l'Informatique et la Bureautique dans les Administrations - 1992

[PELT 95] T. PELTIER : "La Carte Blanche : Un nouveau système d'exploitation pour objets nomades". Thèse de Doctorat d'Université. LILLE I, 1995

[PETI 91] F. PETIT : "Introduction à la Psychosociologie des Organisations", Pratiques Sociales, PRIVAT, 1991

[PETR 80] C.A. PETRI : "Introduction to general net theory". Lecture Notes in Computer Sciences, n 84, Springer Verlag, (ed), 1980

[PLAN 88] R. PLANCHE : "Maîtriser la modélisation conceptuelle", MASSON collection MIPS, 1988

[ROLL 91] C. ROLLAND, O. FOUCAUT et G. BENCI : "Conception des Systèmes d'Information. La méthode REMORA". Eyrolles, Paris, 1991. L

[RONC 94] C. RONCARIO : "Interopérabilité entre SGBD : systèmes fédérés et systèmes multi-bases", in Techniques et Sciences Informatiques - vol 13- n 3/1994, pp 385-419, HERMES, 1994

[SAND 95] V. SANDOVAL : "Les autoroutes de l'information", HERMES, 1995

[SHAN 49a] C.E. SHANNON, WEAVER: "Mathematical Theory of Communication", 1949

[SHAN 49b] C.E. SHANNON : "Communication in Presence of Noise", in Proceedings Inst. Radio Engineering, n 10, vol. XXXVII, 1949

[SHET 90] A. SHETH, J. LARSON : "Federated Database Systems for Managing Distributed, Heterogeneous and Autonomous Databases", ACM computing Surveys, vol. 22(3), pp 183-235, sept. 1990

[STON 76] M. STONEBRAKER & al., "The design and implementation of Ingres", ACM Transactions on Database Systems 1(3), 1976

[TANE 90] A. TANENBAUM : "Réseaux. Architectures, protocoles, applications", INTEREDITIONS 1990

[TARD 89] H. TARDIEU, A. ROCHFELD et R. COLLETTI : "La méthode MERISE. tome 1: principes et outils", Les éditions d'organisation, collection Ingénierie des systèmes d'information, 1989.

---

[TRAN 95] P. TRANE : "Conception et réalisation d'un système de contrôle d'accès pour la carte à microprocesseur", Thèse de Doctorat d'Université. Lille I, 1995

[TREM 92] C. TREMBLAY : "L'informatique du décideur. pour intégrer l'informatique à la stratégie d'entreprise". Collection Marabout service - Microinformatique - 1992

[VANS 95] : H. VANSTEENE : "Modèles d'entreprises et Systèmes d'Information Hospitaliers". Thèse de médecine, Lille II, 1995

[V. BER 56] L. VON BERTALANFFY: "General System Theory", General Systems Yearbook 1, 1:10, 1956

[WALL 77 ] B. Walliser : "Systèmes et Modèles. Introduction critique à l'analyse des systèmes" - Editions du seuil 1977

[WILS 86] B. WILSON : "Systèmes: Concepts, methodologies and applications", Eds : John WILEY & SONS, New York, 1986

---

---

# CONTRIBUTION A LA MODELISATION DES SYSTEMES D'INFORMATION COMMUNICATIONNELS INTEGRANT DES CARTES A MICRO-PROCESSEUR

## Abstract

This work is located in a new domain of computer science: nomadic informatics. It introduces the concept of Communicationnal Information System, which integrates two emerging dimensions: communication and individual. The study of the relations between groups of individuals and groups of organisations leads us to propose general models of information systems. These take in account the communication, which is an important component, needed for the management of the different sorts of links to be established between individuals and organisations. More, they integrate the problems induced by the nomadism of the individuals actors and the use of mobile sites. As mobile sites, we considere particularly smart cards.

To fill the lack of models and methods in the domain of conception and implementation of this type of systems, we propose a modelisation, in three layers. The first layer studies the networks typology, which management presents some particularities due to the intermittently deconnection of the mobile sites. The second layer studies the transactionnal aspects, considering the processing distribution between the different informatic partners. The third layer describes the structured communication between heterogeneous information systems. The different modes of communication established between individuals and organisations provide us three types of communicationnal information systems. We study their implementation. We considere the problems induced by the data distribution between the implied sites, and the management of virtual databases, either distributed between a set of cards or federated by a unique card. We present a prototype of a communicationnal information system, implementing a [1-n] link between one individual and n organisations. This prototype was realised with a CQL smart card.

## Résumé

Ce travail se situe dans un domaine nouveau de l'informatique d'entreprise : l'informatique nomade. Il introduit le concept de Système d'Information Communicationnel, qui intègre deux dimensions en émergence: la communication et l'individu. L'étude des relations mises en jeu entre des groupes d'individus et des groupes d'organisations, nous conduit à proposer des modèles généraux de systèmes d'information. Ceux-ci rendent compte de la forte composante en communication nécessaire à la gestion de différents types de liens à établir entre les individus et les organisations. Ils intègrent, de plus, les problèmes posés par le nomadisme des acteurs de type "individu" et l'utilisation de sites informatiques mobiles, parmi lesquels nous considérons plus particulièrement les cartes à micro-processeur.

Pour combler la lacune actuelle en modèles et méthodes dans la conception et l'implémentation de ce type de systèmes, nous proposons une modélisation des Systèmes d'Information Communicationnels. Cette modélisation en couches aborde tout d'abord les aspects de typologie des réseaux, dont la gestion est rendue particulière par la déconnexion quasi-permanente des sites mobiles. Elle traite ensuite des aspects transactionnels en considérant la répartition des processus entre les différents partenaires informatiques impliqués, puis elle décrit la communication structurée entre systèmes d'information hétérogènes.

Les différents modes de communication établis entre individus et organisations nous fournissent trois types de systèmes d'information communicationnels, dont nous étudions l'implémentation. Nous nous intéressons aux problèmes posés par la distribution des données entre les sites et la gestion des bases de données virtuelles, réparties entre un ensemble de cartes ou fédérées par une carte. Nous présentons un prototype, réalisé à partir d'une carte CQL, de système d'information communicationnel implémentant un lien [1-n] entre un individu et n organisations.