

THÈSE de DOCTORAT de l'UNIVERSITÉ PARIS 6
SPÉCIALITÉ INFORMATIQUE

Présentée par

M. William EL KAIM

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE PARIS 6

Sujet

**Structuration, placement et exécution
de composants logiciels**

dans les applications réparties ou parallèles :

*Mise en oeuvre avec des applications construites selon
le paradigme client-serveur sur des architectures matérielles hybrides*

Soutenue le 10 Décembre 1997 devant le Jury composé de :

M. Guy BERNARD, Professeur à l'Institut National des Télécommunications	Examineur
M. Didier BUCHS, Adjoint Scientifique à l'Ecole Polytechnique de Lausanne	Rapporteur
M. Pascal ESTRAILLIER, Professeur à l'Université Paris VI	Directeur de thèse
M. Fabrice KORDON, Maître de Conférence à l'Université Paris VI	Examineur
M. Michel RIVEILL, Professeur à l'Université de Savoie	Rapporteur
M. Jean Pierre THOMESSE, Professeur à l'ENSEM	Examineur
Mme A.-M. DEPLANCHE, Maître de Conférence à l'IUT - Univ. de Nantes	Examineur

Résumé

Nos travaux s'inscrivent dans le cadre d'une démarche de conception et d'exécution d'applications réparties et/ou parallèles. Cette démarche est basée sur le principe de la séparation entre le noyau fonctionnel d'une application, ses facettes techniques et la plate-forme d'exécution. Nous modélisons alors une application, comme un ensemble de composants logiciels munis de leurs interactions. La mise en relation de ces composants logiciels (communication, synchronisation, coopération) entraîne la construction d'une architecture logicielle complexe. Cette architecture logicielle est utilisée pour valider des propriétés de construction et d'utilisation des composants, mais aussi pour générer automatiquement leurs squelettes d'implémentation. La mise en relation de ces composants étant alors fonction de la granularité des composants logiciels, du niveau d'interopérabilité qu'ils offrent et des médiateurs utilisés. Enfin, lors de l'exécution, cette architecture logicielle doit être adaptée à des architectures matérielles mixant des réseaux de stations de travail et des machines parallèles. Le choix des machines formant cette architecture matérielle hybride est réalisé de manière automatique ou manuelle en fonction des besoins.

Nous proposons une approche méthodologique intégrant et homogénéisant les approches de développement d'architectures logicielles et les technologies médiateurs actuelles. Cette approche utilise un langage de description d'architectures matérielles hybrides (c'est à dire composées de machine mono et multiprocesseurs) et un langage de description d'architecture logicielle pour automatiser et améliorer le calcul du placement des composants logiciels qui la constituent.

Mots clefs : Middleware, Gabarit de conception, Architecture logicielle, Client-serveur, Placement, Prototypage.

Summary

Our work focuses on design and execution of distributed and/or parallel applications. To do this, we use the separation of concern principle, which separates the functional kernel of an application from its technical faces and the execution platform. Then, we modelise an application as a set of cooperating software components. Interactions between these components (communication, synchronization, coordination) lead to the building of a software architecture. From this software architecture, it is possible to validate design properties and component integration, but also to automatically generate their frameworks. The integration of the components depends on the middleware available and the interoperability level they offer. At the execution time, this particular software architecture must be adapted to the hardware architecture composed of a mix of workstations and parallel machines. The choice of the hardware machine is done manually or automatically in function of the needs.

We propose an approach to integrate and homogenize the development approach of software architecture and middleware technologies. It is based on a description language of hybrid hardware architecture (made of uniprocessor and multiprocessor machines) and of a software architecture in order to automate and improve placement calculus of the components of the software architecture on the hardware platform.

Keywords: Middleware, Design pattern, Software architecture, Client-server, Prototyping, Placement.

A mes parents, à mon frère.

A ma future femme, qui suscite toujours en moi autant d'émotion depuis tous ces mois.

A mes tantes et oncles, pour leurs preuves d'amour constantes.

A Georges El Kaim, mon oncle que je vois si peu et que j'estime tant.

A Mireille et André mes deux amis au delà du réel.

A la mémoire de Mazal Medina et de Meyer Bendavid

A la mémoire de François Broisin Doutaz

«Il changea la mer en terre ferme, à travers le fleuve on marcha à pied sec...»(Téhilim 66, 6)

Les barrages qui se dressent devant nous font souvent naître instinctivement des sentiments de peur paralysante ou d'impuissance. Il arrive même qu'ils tentent de miner notre foi. Pourtant, c'est justement cette foi en ce que l'on fait, en ce que l'on est, qui nous donne la force de surmonter les obstacles quels qu'ils soient. Néanmoins, tout combat à un prix.

Le prix payé par le chercheur est celui de l'empreinte du temps. Pour la gommer, on lui demande à intervalles de temps réguliers, de conclure sur la qualité et la teneur de ces travaux dans un document écrit. Le point paradoxal est que cette conclusion rédigée arrive au moment même où il commence à concevoir et à mesurer l'étendu du problème. Il est donc impensable pour lui de conclure. Il produit alors un long texte, jamais achevé, émettant de multiples harmoniques et un bruissement infini de sens.

Cette thèse est donc ma partition, c'est à dire le prolongement de mes idées au travers d'une personnalité et d'un ensemble de faits scientifiques.

Je tiens à remercier dans un premier temps, tous les membres du jury.

- je remercie, bien entendu, **Pascal Estrailier (Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie)**, mon directeur de thèse. Il a supporté mon caractère fougueux, il m'a soutenu, conseillé et encadré jusqu'à la soutenance sans défaillir. Je tiens aussi à le remercier pour les leçons de vie qu'il m'a données.
- je tiens à remercier particulièrement **Michel Riveill (Professeur à l'Université de Savoie)** d'avoir accepté très tôt d'être rapporteur de ma thèse et de m'avoir sans cesse encouragé à la terminer. Merci donc, pour vos remarques et critiques concernant ma vision de la construction d'applications réparties et les travaux qui en découlent.
- Je tiens aussi à remercier particulièrement **Didier Buchs (Adjoint Scientifique à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne)** de m'avoir fait l'honneur d'être rapporteur de ma thèse et d'avoir accepté de juger, entre autres choses, mes travaux dans le domaine du prototypage d'applications réparties.
- je remercie **Anne-Marie Leclech-Déplanche (Maître de Conférence à l'École Centrale de Nantes)** pour l'intérêt qu'elle a porté à ce travail et pour avoir accepté d'être membre de ce jury. Merci aussi d'avoir relu et critiqué mes travaux de manière si approfondie et en si peu de temps.
- je remercie **Guy Bernard (Professeur à l'Institut National des Télécommunications d'Evry)** d'avoir accepté d'être examinateur de ma thèse. Sa participation dans ce jury est pour moi un honneur, car il a largement contribué à ma compréhension de l'équilibrage de charge.
- je remercie **Fabrice Kordon (Maître de Conférence à l'Université Pierre et Marie Curie)** de m'avoir appris tout ce que je sais sur le génie logiciel, la génération de code et le développement et la maintenance de programmes Ada. Merci aussi de m'avoir aidé très tôt à écrire et à publier certains de mes articles de recherche.
- je remercie **Jean Pierre Thomesse (Professeur à l'ENSEM)** d'avoir spontanément accepté de participer à ce jury de thèse et pour l'intérêt qu'il a porté à mes travaux.

Je tiens aussi à remercier deux personnes avec qui j'ai partagé beaucoup de temps et qui ont contribué à faire de ce mémoire ce qu'il est :

- je remercie **Patrick Barril** pour sa coopération et sa gentillesse hors du commun. Merci aussi d'avoir relu mes papiers avec tant de précision et de m'avoir intégré dans le GT SCOOP.
- je remercie **Bertil Folliot** de m'avoir permis de travailler avec lui sur des extensions de Gatostar et d'avoir relu et commenté des chapitres de ma thèse. Sans son aide, mon travail sur l'équilibrage de charge n'aurait jamais pu aboutir.

Enfin, je voudrais ici remercier particulièrement deux personnes qui par leur personnalité, leurs compétences et leur rayonnement personnel m'ont conduit à m'engager dans la voie de la recherche :

- je remercie **Claude Girault** de m'avoir fait confiance depuis le DEA et de m'avoir tout appris en ce qui concerne la rédaction d'un article. Merci de m'avoir imprégné de cette volonté insatiable de connaissances, de recherche de références et de rigueur scientifique.
- je remercie à **Marc Shapiro** de m'avoir appris en DEA à décoder et à synthétiser le contenu d'articles de recherche. Merci de m'avoir entraîné à exercer mon esprit critique, tout en me donnant une méthode de travail scientifique. Votre enseignement a été une excellente préparation à mon travail de thèse.

Je tiens maintenant à remercier mes compagnons de vie, ceux qui m'ont supporté, encouragé et diverti.

- Merci à Sophie Baron, Isabelle Schmaus et Valérie Berdah qui soutiennent sans cesse mes rêves, accompagnent mes passions et mes réalisations et qui, parfois, doivent éteindre le feu de mes tourments.
- Merci à William Ouaki pour son assistance continue et son dévouement pour faire de moi un homme marié (y'a encore du boulot) et un docteur diplômé (ça ne dépend plus de moi !).
- Merci à Anna, Samuel et à toute la famille Enkaoua pour leur chaleur et leur amitié. Vous m'avez tant apporté...
- Merci à Sylvie Castiel de m'avoir fait croire que je pouvais parler de Corba avec Jamie Lee Curtis et pour son aide dans ma compréhension de l'OMA. Merci pour ta relecture de ma thèse. Merci aussi à ton père d'avoir relu si minutieusement mon manuscrit.

-
- Merci à Laurent Israël et à Ariele Elbaz de ne pas cesser de m'inviter à dîner et à bouger, mais fallait bien que je bosse ma thèse.

Enfin, il me reste à remercier, certes à ma manière, les membres de mon laboratoire avec qui j'ai partagé tant de choses durant ces quelques années :

Merci à Xavier Bonnaire (*Latin lover*), Remy Card (*System Hack Card*), Gilles-Eric Deschamps (*PC Guardian*), Olivier Mangon (*Petit Poucet*) et aux autres admins de Jussieu (*sauf un qui sait pas faire les sauvegardes et m'a fait perdre six mois de travail*).

Merci à [Bachatène 94] (*The MU Side of the force*) de m'avoir fait comprendre qu'elle n'était pas un objet et que la communication c'est souvent tout un protocole.

Merci à Bruno Baynat (*Joli Mollet*) pour son aide et sa disponibilité, que cela concerne des réseaux de file d'attente ou des échanges de conseils Macintosh.

Merci à Bruno Bretelle (*DSM au vent*) de m'avoir supporté en congrès et de m'avoir fourni de bon coeur tous les articles et les renseignements dont j'ai eu besoin. Bonne chance pour ta thèse.

Top Kéno à Michel Coriat (*Caliméro*), mon compagnon d'infortune, qui a toujours été à mes cotés.

Merci à Brigitte Costes (*Petite Fée*), Chantal Perrichon (*Mip Mip*), à Véronique Varenne (*Ange gardien des thésards*), à Annette Mirey (*Sangria Woman*) et à Micheline Mélantois (*Semeuse de guides*) d'apporter une touche d'élégance et de délicatesse dans ce monde de brutes.

Merci à Claude Dutheillet (*J'te paye un café*) pour le prêt de son (**TOP SECRET**) qui m'a vachement rendu service et pour ses conseils, sa gentillesse et son écoute permanente.

Merci à Marie Pierre Gervais (*CARISMAtique*) et Nicolas Ruffel (*A Software Agent for Finding Pastis*) de m'avoir aidé à intégrer la notion d'agents mobiles dans mes travaux.

Merci à tous mes amis de HOTDOCS (*Internés pas Net*) et de la guilde des doctorants et longue vie à la Confédération des Etudiants Chercheurs (CEC).

Merci à J.L. Léoni (*Forza la Grasse Mat'*) de m'avoir fait installer un petit réseau informatique pour 1200 étudiants en trois jours. Avec lui, j'ai appris à travailler dans l'urgence et à attendre ce dont j'avais besoin en avance.

Merci à toute l'équipe d'enseignants de Marne-la-Vallée (*IFI-D2-IGM*) et vive les TP de C sur serveur HP9000 (*no more processes*).

Merci aux deux révoltés du MASIX (*les suppôts de God*), aux deux FrankeinsIX et à leur robot cloche (*VMD et Mille Transparents Man*), à PG (*Distributed Nippon Lover*), à Daniel (*MU Victim*), à Karim (*qui allie la fougue à li gentillesse*), à Emmanuel (*Petit FORMA*) et aux New MDC on the Block (*les Sens, Poitrenaud n'en faut*).

Merci et bonne chance à Jean Marc Menaud (*1000000 fotes d'ortografes man*) mon stagiaire de DEA pour sa thèse à l'IRISA sur le projet Etel.

Merci à Jean Luc Mounier (*Pink Chief*) pour le prêt de CD, pour son aide et sa disponibilité permanente. Merci d'avoir payé avec tes sous l'accélérateur de fréquence de mon Power-mac qui plante Communicator 4.0 Beta 125 Release 8 et ma super souris trois boutons à boule en véritable bois d'ébène. Merci aussi à sa gentille compagne (*Pro FORMA*) de le laisser travailler le samedi, pour notamment dépanner les gens qui plantent leur Mac avec toute leur thèse dessus le Week End.

Merci à Nicolas Poizot (*NicoTine = Poizon*) et Stéphane Romand (*va te reposé tori un peu*) d'avoir fumé autant dans le couloir depuis que l'alarme empêche toute possibilité de faire des courants d'air. Maintenant c'est pire, ils fument dans leur bureau...

Merci à Alioune Diagne (*Excité de la liane*) de m'avoir fait entendre les sons de sa belle langue natale («na nga deff») et d'avoir insulté si souvent FKO à cause de sa @&🍏 de p@&🍏-f@&🍏 de M@&🍏.

Merci à Renater et au GIX pour l'accès à Internet, ma drogue, mon bonheur, mon moteur de création et de récréation, mon plus fidèle compagnon de thèse.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes que j'ai connues sur le campus Jussieu. Mais, ne plus voir tous ces amis hante (*amiante*) mes rêves, mais c'est la vie, il faut bien que je coupe le *Kordon* un jour.

Conventions

Certains mots clefs ont leur traduction en anglais entre parenthèses et en italique.

Les mots soulignés dans les différents chapitres de ce mémoire de doctorat de thèse sont ceux qui disposent d'un complément dans l'annexe A.

Chaque chapitre dispose de sa propre bibliographie pour offrir un meilleur regroupement et une meilleure lisibilité des références.

Les BNF des différents langages sont présentées en Annexe.

Chaque chapitre comporte sur la première page un résumé du chapitre, un résumé de ma contribution à la recherche, un ensemble de mots clefs, un schéma du plan du chapitre et son positionnement par rapport à la méthode MEDEVER que je présente dans ce mémoire. Le symbole (☞) rappelle sur le plan dans quelle section se situent mes contributions.
