

L'INTRODUCTION DE LA CAO DANS LE DEVELOPPEMENT DU MATERIEL E10

Document de Jean-Yves Meuric

1 – Introduction

Au moment du lancement du projet PLATON, une équipe du CNET, sous la direction de Jacques Vincent-Carrefour, lança en 1967 un ensemble d'outils d'aide à la conception (le terme CAO n'existait pas encore) comprenant un logiciel de placement automatique de composants et de routage de cartes (programme PASTIS) ainsi qu'un programme de génération automatique de séquences de test pour cartes logiques (programme LOGITEST). Jean-Pierre Quillien participa à ces développements (PASTIS) ainsi que Jean-Yves Meuric (LOGITEST).

Si le programme LOGITEST a été intensément utilisé par la SLE jusqu'en 1975, le programme PASTIS a été simplement évalué, mais comme l'outil n'était pas encore mature, la quasi-totalité de l'activité d'implantation des circuits imprimés était réalisée manuellement par le bureau d'études. Les premières cartes étaient en double face, le passage d'une face à l'autre étant réalisé par des « picots » (traversées) soudés manuellement. Les pistes étaient dessinées par le bureau d'études (en vert et rouge) puis vérifiées par les techniciens. Le bureau d'études collait ensuite des « nouilles » sur des calques (« kronar ») qui servaient pour la gravure du circuit imprimé.

Plus tard apparurent les premières tables à digitaliser qui permettaient de piloter un phototraceur pour réaliser les films.

Dans le cadre des commissions Socotel, l'industrie des télécommunications françaises choisit dans les années 1975 de s'équiper en matériel de DAO (dessin assisté par ordinateur). Ceci permettait des gains de temps importants dans l'implantation des circuits et en facilitait les reprises ; parallèlement, une équipe de Vélizy développa une série d'outils d'aide à la génération des nomenclatures et des dossiers et se lança même dans l'étude d'un système automatique de routage de cartes (Dédale).

2 – L'arrivée des ASICs

L'arrivée de la CAO (conception assistée par ordinateur) à proprement parler dans les équipes de développement matériel (à l'époque GDM) se fit à partir de 1982 sous l'impulsion de Claude Raphalen avec le soutien de Paul Gourlay et fut motivé par l'arrivée de la technologie des circuits intégrés spécifiques (ASIC pour : Application Specific Integrated Circuits). L'intérêt de ces circuits spécifiques était de concentrer sur une seule puce des fonctions qui nécessitaient précédemment une ou plusieurs cartes. Les premiers réseaux de portes (« gate arrays ») développés pour une reprise de l'URM en 1983 avaient une capacité de 600 portes (2400 transistors) sur des puces en technologie de 2.5 microns. A signaler que les technologies utilisées en 2010 permettent l'intégration sur une puce de 2 milliards de transistors avec des finesses de gravure de 32 nm !

La conception de ces circuits intégrés nécessitait de valider le circuit avant de le réaliser car il était impossible de disposer des sondes d'oscilloscope à l'intérieur de la puce et d'y appliquer des ordres de correction.

Dans ce contexte, le premier outil de la CAO a été un simulateur logique destiné à valider les circuits spécifiques.

La mise en place de ces premiers moyens de CAO était rendue possible par l'apparition d'ordinateurs 32 bits à coûts abordables.

A noter quand même que la notion d'« abordable » est très relative quand on voit que vingt cinq ans plus tard, un PC coûte 300 fois moins cher, est équipé de 300 fois plus de mémoire, 300 fois plus de disque, et est 1000 fois plus puissant. Un écran graphique couleur 19 pouces, à lui seul, coûtait 400 KF !



Quant aux ordinateurs eux-mêmes, il s'agissait bien entendu de machines centrales qui occupaient des surfaces importantes.

La première machine fut un VAX 780 qui constituait le standard CAO de l'époque.

Après des essais avec le simulateur SPLICE utilisé par l'unité UCI (Unité Circuits Intégrés) de Villarceaux et une évaluation des simulateurs disponibles sur le marché, le choix se porta sur HILO ; un des critères de choix consistait à retenir un outil qui fonctionnerait également pour les cartes.

La simulation nécessitait une description textuelle des fonctions et des liaisons du circuit (la saisie de schéma arrivera plus tard). Les premiers choix méthodologiques furent d'effectuer la validation en deux temps:

- une phase purement fonctionnelle basée sur la saisie d'un « schéma logique » et sa simulation sans notion temporelle
- une phase « schéma électrique » utilisant les cellules de base prédéfinies par le fondeur de silicium, avec simulation temporelle prenant en compte les temps de propagation des portes et des interconnexions.

3 – L'extension de la CAO aux cartes

La CAO permettait de réaliser des ASICs pratiquement toujours bons dès le premier tour, mais la majeure partie des développements résidait dans l'étude des cartes de circuit imprimé ; c'est donc naturellement que l'accent fut porté sur la chaîne carte avec comme objectifs :

- l'accélération des temps d'implantation
- l'amélioration de la conformité schéma / implantation
- la réduction du nombre de cycles de reprise et des « ordres de correction »
- la mise en place de meilleurs liens avec la fabrication



On procéda alors à une étude des logiciels d'implantation/routage disponibles sur le marché en parallèle avec des essais du produit Dédale développé à Vélizy. Le produit retenu fut le logiciel du commerce SCI-Cards. Le gain en temps et sécurité fut spectaculaire.

La saisie des données se faisait également sous forme textuelle comme pour la simulation des ASICs. L'outil manquant était donc un logiciel de saisie de schéma ; un certain nombre d'ordres de correction était

en effet souvent lié à la non-cohérence du schéma et de l'implantation/routage. Là encore, après une comparaison des solutions disponibles, le choix se porta en accord avec la branche Transmissions, sur le logiciel Silvar-Lisco.

La chaîne carte mise en place utilisait donc les mêmes outils de saisie et de simulation que la chaîne ASICs.

4 – Les principes retenus pour le système CAO

Le choix de sélectionner sur le marché les outils les plus performants du moment et d'éviter d'acheter la chaîne intégrée d'un fournisseur unique nécessitait la mise en place d'une équipe en charge de l'intégration des différents maillons de la chaîne qui, malgré le coût des ressources humaines, permit :

- de s'affranchir des évolutions liées aux aléas du marché des fournisseurs CAO
- de maîtriser les différentes interfaces entre outils
- de faire évoluer indépendamment les outils en fonction des évolutions du marché et des besoins en conception.
- de développer en interne :
 - o tout le système d'intégration des outils
 - o la réalisation des bibliothèques (saisie de schéma, routage, simulation)
 - o les liens vers la gestion produit
 - o les liens vers les fabricants et les usines
 - o le système de gestion de l'atelier prototype (gestion du magasin composant, des lancements ...)

La méthodologie mise en place au niveau matériel s'appuya en grande partie sur les moyens CAO et un des facteurs de réussite fut incontestablement l'implication très forte des responsables du développement. On put en mesurer l'efficacité lors du développement de

l'OCB283 où la plupart des produits sortirent exploitables dès le premier tour en raison des décisions des responsables de simuler les ASICs dans leur environnement carte.

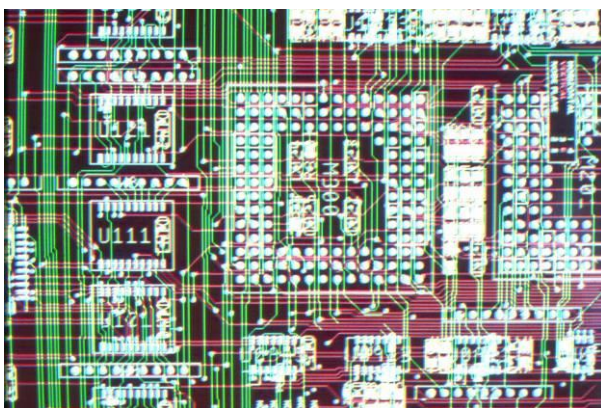
Un point à souligner est que, outre les logiciels CAO, les équipes matérielles ont pu conserver la maîtrise du choix du matériel informatique nécessaire. Ceci fut rendu possible par une décision de F Tallégas prise après concertation avec la direction générale d'Alcatel (M. Eldin) qui dissociait les fournisseurs informatiques : « IBM pour la gestion » et « Digital Equipment » pour la CAO. Ce choix s'expliquait par le fait que dans les années 1980, tous les logiciels de CAO tournaient sur la gamme VAX de Digital et peu sur les « mainframes » d'IBM. Les besoins des logiciels CAO en termes de puissance de calcul, capacité mémoire et disque rendaient difficilement envisageable le choix d'une informatique standard et ceci consacrait de fait les spécificités informatiques de la CAO.

5 – Les évolutions du système CAO

Les évolutions des outils CAO furent les suivantes :



- Remplacement des outils de dessin mécanique (manuel ou DAO) du bureau d'études par un système volumique 3D. Ceci permettait de vérifier le bon assemblage des différentes pièces, de voir l'ensemble sous tous les angles ... et de faire des démonstrations spectaculaires aux visiteurs !



- Introduction de nouveaux programmes de routage automatique des cartes. Les algorithmes utilisés faisaient dire, pour la première fois, aux implanteurs : « je ne peux pas faire mieux » ! Ceci était d'autant plus vrai que la complexité des cartes et la densité des composants entraînaient un nombre de couches atteignant 12 voire 14.

- Utilisation de logiciels de synthèse logique et des langages associés (VHDL...) qui permettaient de concevoir des ASICs et des réseaux programmables (FPGA) sans réalisation du schéma, mais par un langage décrivant la fonction à réaliser et permettant de gérer les contraintes de « timing ».

L'arrivée des stations de travail puis de PC de plus en plus rapides permit une meilleure répartition des puissances de calcul, les machines centrales étant dédiées à la centralisation des fichiers, des bases de données et au service de calcul pour les tâches demandant des espaces mémoire considérables (simulation, synthèse logique ...).

Toutes les évolutions des logiciels et matériels faisaient l'objet d'orientations présentées dans des « plans CAO » pluriannuels, et l'obtention de l'accord était quelquefois longue et rendue plus complexe par les changements liés aux restructurations successives (Thomson-CIT, ITT-Alcatel, mise en place des organisations en « Business Division » ...)

L'introduction du système qualité ISO conduisit à un suivi des défauts de conception ce qui permettait de réagir sur les différents contrôles effectués dans les procédures CAO. La multiplicité de ces vérifications générait quelquefois à une certaine lourdeur parfois critiquée par les développeurs mais à l'issue de réunions ayant pour but de simplifier les contrôles, l'équipe CAO était généralement chargée d'en rajouter et non d'en supprimer comme on l'avait envisagé ! Les indicateurs mis en place dans le cadre du système de qualité DMM étaient d'ailleurs de nature à favoriser (quelquefois trop !) l'utilisation de la simulation pour limiter le nombre de reprises sur les cartes et ASICs.

6 – L'introduction des outils Web dans la chaîne CAO

Le contexte des « Business Divisions » conduisant DMM à travailler pour plusieurs entités, il devenait indispensable que toutes les informations soient accessibles à l'ensemble des intervenants : concepteurs, équipes qualité, gestionnaires du produit, atelier prototype, usines de fabrication, services achats... ceci quelle que soit leur localisation géographique mondiale.

Ce besoin, en même temps que l'apparition des techniques Web, a été l'occasion de repenser toute l'architecture du flot de conception ce qui a permis une communication entre les différentes bases de données:

- bases composants
- bases de gestion produit (GP ...)
- bases archives comprenant l'ensemble des dossiers de cartes et de baies
- bases industrielles de FAO (Fabrication Assistée par Ordinateur)

Une étape ultérieure a consisté en la mise en place d'un nouvel ensemble intégrant tout le flot de conception (planification, gestion du temps, spécifications, schémas, nomenclatures, mécanique etc...). Après un examen des solutions du marché et le constat qu'aucun ne répondait vraiment au problème, il fut décidé de développer un outil en interne: HPMS (Hardware Process Management System). Sa généralisation constitua un gain de productivité important et il est actuellement utilisé « World Wide » par différentes unités d'Alcatel-Lucent, tant en Europe qu'en Chine ou aux USA.

S'agissant de l'introduction des techniques Web dans la chaîne CAO, on peut signaler cette anecdote : le premier site Web de CIT Commutation a été réalisé à DMM « en perruque » et malgré l'interdiction formelle d'utiliser des « logiciels gratuits, susceptibles de comporter des virus et de nature à écrouler les réseaux informatiques internes ». Pour les responsables des choix informatiques, il n'était donc « pas envisageable d'introduire, même à titre expérimental, de tels outils » !!!

7 – Conclusion

Les changements d'organisation d'une part et les disparitions/apparitions des logiciels CAO et de fabricants d'ordinateurs d'autre part eurent des impacts sur les outils et le choix des fournisseurs mais les principes initiaux de maîtrise de l'intégration permirent une évolution sans rupture et sans perte de l'existant.

Glossaire

- ASIC : Application Specific Integrated Circuit.
- CAO : Conception Assistée par Ordinateur.
- DAO : Dessin Assisté par Ordinateur.
- Dédale : logiciel de routage automatique développé par l'équipe CAO de Vélizy.
- DMM : Développement et Méthodologie du Matériel.
- FAO : Fabrication Assistée par Ordinateur.
- FPGA : Field Programmable Gate Array.
- Gate Array : réseau de portes prédiffusées.
- GDM : Groupe de Développement du Matériel.
- GP : outil interne de Gestion du Produit E10.
- HILO : (High-Low) simulateur logique développé par la société Genrad.
- HPMS : Hardware Process and Management System.
- PASTIS : Programme d'Aide à la Simulation, au Test et à l'Implantation des Systèmes.
- SCI-Cards : logiciel d'implantation-routage développé par la société Scientific Calculations.
- Silvar Lisco : société de CAO fournisseur de logiciels de saisie de schéma, de simulation et d'implantation de circuits intégrés.
- SPLICE : simulateur logique développé par l'université de Berkeley.
- URM : Unité de Raccordement de Multiplex (MIC).
- VAX : Virtual Address eXtension.
- VHDL : VHSIC Hardware Design Language.
- VHSIC: Very High Speed Integrated Circuits.