

LA CONCEPTION ASSISTÉE PAR ORDINATEUR A LA SFENA

par P. BEZZINA
Chef de Projet CFAO

I - PRESENTATION GENERALE DE LA S.F.E.N.A.

La SFENA est une société d'environ 3.000 personnes, dont l'activité traditionnelle et principale est orientée vers les équipements aéronautiques. Elle assure l'étude, le développement et la fabrication de nombreux instruments de bords, capteurs, systèmes d'aide au pilotage tant en aviation civile (CONCORDE, AIRBUS) que militaire (MIRAGE III, IV, Fl, 2000). Des actions de diversification industrielle sont venues compléter cette activité : Systèmes de test automatique ; Systèmes informatiques.

II - CHOIX D'UN SYSTEME DE C.A.O.

La SFENA est confrontée depuis longtemps aux problèmes de conception et de packaging électronique, et c'est tout naturellement qu'elle s'est intéressée dès leur apparition aux logiciels de CFAO électronique.

Un cahier des charges tenant compte des besoins, des contraintes et des ambitions long terme a été élaboré. Les points clés en sont les suivants :

- système ouvert, permettant à terme d'aboutir à un système intégré capable de traiter l'ensemble des problèmes CFAO en électronique : aide à la conception électronique, conception cartes imprimées et documentation associée, interface vers la fabrication et la gestion de production ;
- système immédiatement opérationnel pour la partie conception cartes imprimées ;
- architecture logicielle simple et robuste, permettant facilement les adaptations indispensables à l'environnement industriel SFENA ;
- système puissant, capable de supporter le travail interactif d'une quinzaine de postes de travail, pour des travaux SFENA typiques : cartes multicouches, à forte densité, contraintes diverses (thermiques, ségrégation électrique de signaux, etc...).

Fin 1979 - début 1980, époque de notre analyse, les systèmes répondant à cet ensemble de critères étaient rare sur le marché, et ils le sont encore. Nous avons rapidement éliminé un certain nombre de systèmes qui relevaient plus de l'aide au dessin que de la conception assistée, et rapidement ne sont restés en lice que deux produits : SCI CARDS et CPS.

Après analyse et benchmark, notre choix s'est arrêté sur le second pour plusieurs raisons :

- le produit avait été conçu à partir de 1972 pour les besoins en électronique de télécommunication de la Bell Northern Research (OTTAWA-CANADA) par une équipe d'informaticiens étroitement liée aux équipes Bureau d'Etudes de la société ;
- il était organisé autour de quelques concepts essentiels : base de donnée composants, entrée graphique du schéma, fichier de définition structuré décrivant complètement la carte équipée ;
- il était opérationnel chez BNR depuis 1976, et avec l'aide du distributeur allemand - la Société CADE - il était possible de prendre en compte rapidement l'étude des cartes du système de commande automatique du vol de l'AIRBUS A310.

La décision fut donc prise rapidement, et le programme mené rondement comme en témoigne le tableau des dates clé ci-dessous.

DATES CLES DU PROGRAMME

- . JUILLET 1980 : Signature du contrat avec DEC et CADE.
- . NOVEMBRE 1980 : Livraison du DEC 20-40 - Formation du 1er groupe.
- . FEVRIER 1981 : Livraison CPS et TEKTRON (3)
- . AVRIL 1981 : Formation du deuxième groupe - Livraison TEKTRON (5)
- . OCTOBRE 1982 : Livraison TEKTRON (4)
- . JANVIER 1983 : Passage au 20-60

III - DESCRIPTION DU SYSTEME CHOISI "CPS" (CIRCUIT PACK SYSTEM)

. ORGANISATION LOGICIELLE

Le logiciel de conception de circuit électronique est implanté à la SFENA sur un ordinateur DEC 20-60 (DIGITAL EQUIPMENT) et utilise le système d'exploitation TOPS 20. Ce logiciel utilise donc le système de fichier et la mémoire virtuelle gérés par TOPS 20.

C.P.S. est formé de trois programmes principaux qui utilisent une base de données.

Pour réaliser une carte imprimée assistée par ce logiciel, il faut suivre une procédure rigoureuse qui permet d'utiliser dans un ordre logique les différents programmes.

Cette procédure se décompose en quatre étapes principales :

* ETAPE N° 1 : Constitution de la base de données.

Comme son nom l'indique, la base de données renferme toutes les informations nécessaires pour faire :

- . le dessin du schéma symbolique,
- . le dessin de la carte,
- . les différents films permettant la fabrication.

Il est donc absolument nécessaire de définir :

- les formats de feuilles avec les informations spécifiques à l'entreprise,
- les composants électroniques, électromécaniques, mécaniques qui peuvent être utilisés pour la carte imprimée. Deux éditeurs spécialisés permettent de garnir la base de données de toutes ces informations. Un judicieux découpage et l'organisation des fichiers de base de données permet de garantir la protection des données et une organisation en "projets" indépendants.

Exemple : Si l'entreprise développe des produits civils et militaires, il est possible de créer une base de données civile et une base de données militaire. Toutes les informations qui caractérisent une série par rapport à l'autre seront dans des fichiers différents et toutes les parties communes seront dans un autre fichier unique.

Nous sommes donc en présence d'une base de données relationnelle.

Il est de plus possible d'ajouter très simplement des classes de renseignements non utilisables par le logiciel C.P.S. Ces renseignements pouvant être des numéros de code article ou autre information intéressante pour le calcul de prix, de consommation, de poids de la carte, etc...

Cette étape demande beaucoup de soin et de méthode.

La qualité du produit fini dépend en très grande partie de la rigueur apportée à la création et à la maintenance de cette base de données.

* ETAPE N° 2 : Saisie du schéma électrique

Les données de base étant définies et présentes sur disque, la saisie du schéma peut commencer.

Le programme utilisé s'appelle "SGS". C'est un éditeur graphique interactif.

Il va puiser à la demande du dessinateur, dans la base de données la feuille support du schéma - (19 folios possibles) - puis le graphisme des composants électroniques et électromécaniques.

A l'aide de commandes très simples il est possible de disposer les composants et de les relier entre eux.

Le programme numérote dans un ordre chronologique tous les signaux et éléments placés. Il donne un nom aux signaux et assure différents contrôles de continuité et de connexion.

Il est aussi possible de stocker en bibliothèque des parties de schéma si on veut les réutiliser dans d'autres cas ou sur d'autres folios.

Lorsque le schéma est complètement terminé il ne manque plus que l'assignation des composants.

L'assignation est l'opération consistant à attribuer à des sous-ensembles électriques ou électroniques la même enveloppe physique.

Exemple : Les opérateurs logiques "NAND" n° 2, 1, 12, 13, sont dans le boîtier IC4.

Il est évident que pour des raisons d'optimisation, cette opération ne doit se faire (sauf demande expresse du concepteur) qu'après le placement des composants sur la carte.

A ce stade le fichier graphique du schéma est transformé en fichier codé en A.S.C.I.I. Ce fichier de définition est le trait d'union permettant de lier l'étape n° 2 à l'étape n° 3. Il renferme toutes les informations électriques, graphiques qui ont été portées sur le schéma.

Il faut souligner en ce point qu'une des particularités intéressantes du système réside dans la forme et la constitution de ce fichier A.S.C.I.I.

* ETAPE N° 3 : Implantation et routage du circuit imprimé

Le programme suivant s'appelle BLS. Il utilise comme S.G.S. les informations situées dans la base de données et le fichier de définition A.S.C.I.I. issu de l'étape précédente.

Une première assignation est proposée par le programme mais elle n'est que provisoire ; elle permet un premier placement interactif, utilisant des routines automatiques ou manuelles.

A tout instant il est possible de remettre en cause les résultats obtenus par ces routines.

Différents modes de visualisation permettent de juger l'efficacité du placement.

Une fois que le placement est terminé, l'assignation modifiée par les routines peut être réinjectée dans le schéma par un processeur automatique de mise à jour. Ainsi la cohérence entre schéma et liste de connexions pour le circuit imprimé est garantie. L'équipe de conception peut alors procéder aux vérifications du schéma complet.

La phase de placement terminée, le routage peut commencer. Là aussi des routines automatiques ou manuelles sont disponibles interactivement.

Il est évidemment possible de modifier tout ou partie du routage proposé mais il est aussi possible de faire de réelles modifications de circuits. Dans cette situation il faudra réactiver le processeur de mise à jour pour assurer la cohérence avec le schéma.

Le programme permet aussi à tout moment de modifier les paramètres physiques de la carte, des tracés sur chaque couche, des percages, des pastilles, etc...

Le programme garantit tous les contrôles d'isolement et de connexions entre les différents points.

Quand la carte est complètement terminée, on procède à la génération automatique du fichier de définition en A.S.C.I.I. On retrouve donc la même procédure que pour le schéma.

Le fichier A.S.C.I.I. contient aussi toutes les informations représentant le circuit imprimé.

Notons que dans les deux cas, fichier A.S.C.I.I. issus de SGS et BLS, les composants sont uniquement représentés par leur pointeur base de données.

* ETAPE No 4 : Sortie des documents et fichiers utiles aux machines à commandes numériques.

Le programme qui doit être utilisé s'appelle CADRIC.

Il transforme le fichier A.S.C.I.I. donné en sortie de BLS en différents morceaux représentant les ordres de perçage, les ordres de placements, les différentes couches de circuit imprimé, les films de sérigraphie, etc... La base de données est toujours sollicitée durant ces transformations.

Des postprocesseurs multiples et inclus dans CADRIC permettent de travailler avec les machines à commande numérique largement diffusées à ce jour.

Les trois programmes décrits permettent aussi de produire tous les documents et dessins à l'aide de machine à dessiner.

L'ensemble des documents constitue le dossier de définition et de réalisation d'une carte imprimée équipée de ses composants.

. ORGANISATION MATERIELLE

La configuration SFENA est aujourd'hui la suivante :

- 1 ordinateur DEC 20-60 équipé de 726 Kmots de mémoires (mots de 36 bits).
- 2 disques amovibles 126 méga octets chacun et un disque fixe 512 méga octets.
- 12 consoles graphiques dont une est située à Chatellerault dans notre deuxième unité.
- les périphériques classiques : console opérateurs, imprimante, dérouleur de bande magnétique, perforateur et lecteur de ruban.
- 1 traceur BENSON à rouleau.

Cette infrastructure nécessite évidemment l'assistance d'opérateurs qui règlent tous les problèmes de maintenance matérielle du système et d'archivage journalier et hebdomadaire des fichiers sur bandes magnétiques.

IV - IMPLANTATION ET UTILISATION EN BUREAU D'ETUDES

. ENVIRONNEMENT DE L'OUTIL DE C.A.O.

L'outil de C.A.O. a été introduit dans un bureau d'étude et de dessin qui a pour charge la réalisation matérielle des équipements électroniques,

électromécaniques et mécaniques de la société et qui comporte 18 personnes en électronique et 12 personnes en mécanique.

Du fait des transformations des méthodes et des mentalités qu'il génère, l'outil de C.A.O. a du être implanté de façon très progressive.

Afin de bien mesurer les effets de l'outil et son impact sur les produits conçus, le système de C.A.O. a été pris en charge par une division opérationnelle. Elle a pris en charge tous les problèmes contractuels et les problèmes de formation avec le contractant qui a livré le système.

Le Département Informatique, étroitement lié au choix du logiciel et du matériel, se charge lui de tous les problèmes de logistique :

- Suivi maintenance ordinateur,
- Suivi logiciel d'exploitation,
- Travaux journaliers de sauvegarde,
- Administration du système.

- Physiquement et géographiquement

L'ordinateur avec tous les périphériques bruyants se trouve isolé dans une salle climatisée. Les terminaux graphiques sont dans le bureau de dessin légèrement en retrait de la lumière et des tables de dessin conventionnelles.

- L'encadrement

Un responsable d'équipe spécialiste des problèmes de circuits électroniques et de gestion des dossiers encadre sans interruption l'équipe de dessinateurs. Il est aidé par un Chef de projet C.A.O., de son Adjoint, et d'un Technicien particulièrement responsable de tous les problèmes de base de données.

Le Chef de projet et son adjoint ont pour mission :

- . d'assurer les relations techniques avec le contractant,
- . d'implanter et de valider les logiciels,
- . de s'occuper de tous les aspects de la formation des dessinateurs,
- . de la définition des besoins,
- . de la réalisation des logiciels permettant d'adapter le produit aux besoins de la société,
- . de la relation avec tous les services utilisant indirectement le système de C.A.O.

- Choix et formation des Opérateurs

Ces points sont d'une importance capitale. C'est de leur réussite que dépend le succès de l'opération "C.A.O.", ce sont eux qui déterminent en grande partie la politique d'extension des systèmes et la façon de les appréhender. Le choix des opérateurs s'est fait à la SFENA par du volontariat des dessinateurs.

Après quelques séances d'initiation à l'informatique un premier groupe a reçu la formation. Il était composé des responsables, de trois dessinateurs et du technicien base de données. Un an après, un deuxième groupe de 5 personnes fut formé.

Enfin un an après, un troisième groupe de 6 personnes fut formé aussi, mais contrairement aux deux premiers, la formation fut assurée dans la société par les responsables du projet eux-mêmes.

Il est évident que l'acquis fut bénéfique mais il faut insister sur les notions de formation permanente, recyclage, séances de rappel, autocritique fréquente des méthodes et des façons d'opérer.

Nous pensons qu'un dessinateur ne peut maîtriser l'outil qu'un an après avoir passé son cycle d'étude. De plus la pratique régulière est un atout favorable pour des systèmes de cette complexité.

Il faut cependant admettre qu'une des 19 personnes formées, a préféré retourner aux méthodes conventionnelles et reconnaître comme importants, la volonté, l'assiduité, les efforts affichés par le groupe "C.A.O."

V - PROCEDURES ET DOSSIER D'ETUDES

Il est évident que l'arrivée dans l'entreprise du système de CAO s'est accompagnée d'une réflexion entre toutes les parties prenantes sur les besoins réels en matière de conception de cartes et de documentation associée, sur les méthodes à mettre en oeuvre pour tirer le meilleur parti de l'outil et améliorer notre efficacité, sur la façon d'intégrer au mieux cet outil dans le contexte industriel SFENA. Cette démarche était indispensable ; elle ne s'est pas faite sans difficulté car la remise en cause des habitudes n'est pas une démarche naturelle.

Les procédures que nous avons mises en place se situent à deux niveaux : méthode générale de conception et procédures d'utilisation de l'outil par les opérateurs.

La méthode de conception "matériel" s'appuie sur une démarche logique définissant clairement le travail et les responsabilités de chacun :

- étude et conception de l'électronique par les laboratoires,
- qualification des composants utilisés par le service Technologie,
- contraintes de présentation des documents par le service Documentation,
- saisie du schéma électrique et conception de la carte imprimée nue par le Bureau d'Etudes, qui est en outre responsable de la réalisation du dossier de définition de la carte équipée qui sera utilisé par le Département Production pour la fabrication en série de ladite carte.

Un soin particulier a été apporté à la définition des interfaces entre ces différents services. Ainsi l'effort le plus significatif est probablement la mise en place d'un dossier d'études dont la réalisation est assurée par le laboratoire concepteur, et qui a un double rôle : support de communication entre les différents services et recueil de l'ensemble des travaux d'étude.

Articulé en trois chapitres, on y retrouve les contraintes de réalisation de la carte, la description de celle-ci et de son fonctionnement, les données de test qui seront exploitées pour le contrôle de cartes en sortie de fabrication.

Le dossier d'études est un outil très efficace car il incite le concepteur à investir beaucoup plus de temps dans l'étude du circuit, donc à préciser et clarifier tous les détails qui sont nécessaires aux services qui travaillent en aval. Il évite en particulier les remises en cause, modifications en cours de conception de la carte imprimée, particulièrement pénalisantes en coût et délai.

Au niveau des opérateurs du Bureau d'Etudes, des procédures d'utilisation pratique de l'outil sont élaborées et enrichies en fonction des problèmes rencontrés.

Il est enfin nécessaire, pour assurer une cohérence des actions des uns et des autres et une continuité des efforts, que la circulation des informations (évolution des méthodes, problèmes rencontrés, résultats obtenus, solutions proposées, mise en opération des nouvelles versions de logiciel, nouvelles listes de composants, etc...), soit bien formalisée et organisée de façon systématique.

VI - RELATIONS AVEC LES AUTRES SERVICES

- Qui sont-ils ?

Tous les services techniques de la société sont plus ou moins profondément touchés par l'arrivée d'un système de C.A.O. Laboratoires d'Etudes, Service de Technologie, Service de Documentation et enfin et surtout le Département de Production.

- Pourquoi ?

L'information nécessaire à tous doit être définie plus rigoureusement. La base de données ne supporte pas "l'à peu près" ou le "pas tout à fait fini".

Le dossier d'études vu précédemment en est la preuve. Il fait virtuellement partie de la base de données. On ne devrait pas commencer sans lui.

Il faut donc que les responsables du projet avec l'aide de tous les Départements Techniques précisent les besoins, avertissent des lacunes réelles du système, aident à la définition des solutions palliatives.

Le service de technologie peut contrôler, conseiller, vérifier toutes les informations à inclure ou incluses dans la base de données. Le gestionnaire de la base de données est d'ailleurs un technicien rattaché au service de technologie et de qualification des composants.

Le Service de Documentation doit s'assurer que le schéma, le dossier, et toutes les informations nécessaires aux utilisateurs internes, aux services de Maintenance et d'Après-Vente et aux clients, sont de la qualité requise. Le service de Documentation peut remettre en cause le choix de graphisme (respect des normes) le découpage des schémas, la nature des renseignements. Comme le service de Technologie, il doit être contacté le plus vite possible pour avis, pour contrôle et pour validation finale.

Il peut aussi utiliser une station graphique pour apporter compléments, correctifs documentaires au dossier.

Enfin, le Département de Production qui est l'utilisateur final des documents dans la société, prend une part très active à l'évolution des méthodes de conception et de développement des cartes.

C'est lui qui, par expérience, est à même de signaler au stade le plus initial, tous les pièges à éviter. Ce sont les grands nombres qu'il gère et fabrique qui lui permettent de juger les grandes orientations que doit résoudre la production automatique de documents et d'informations.

Il est le censeur final de la rigueur et de la précision souhaitées par l'existence de la CAO dans l'entreprise. Il ne peut modifier ses propres solutions que si celles qui lui sont proposées sont parfaitement éprouvées et validées.

L'accès à des terminaux graphiques est aussi possible aux équipes de production qui utilisent alors le logiciel et tous les utilitaires développés pour compléter et affiner tous les calculs courants de production, pour modifier les dossiers (plans de reprise), pour utiliser les commandes de machines à insertion automatique ou la liaison directe avec le système informatique de gestion de production.

VII - BILAN D'UTILISATION DE C.P.S.

Le bilan d'utilisation d'un système de CFAO, même après deux ans d'exploitation, reste forcément incomplet. Il peut s'exprimer au travers de chiffres, ou en terme de qualité, mais aussi en terme d'accroissement de compétence et de savoir faire.

Les chiffres sont toujours très recherchés ; ils ne rendent compte pourtant que partiellement de l'intérêt de l'investissement.

Les gains les plus rapides et les plus nets sont ceux concernant les délais : ils varient de 30 % à 50 % selon que l'on s'intéresse aux films nécessaires pour la fabrication du circuit imprimé ou à la réalisation du dossier de définition complet. Ceci tient au fait que la CAO offre à l'opérateur l'accès par sa console graphique à tous les outils dont il a besoin pour faire son travail, ce qui lui évite dispersion et pertes de temps.

Le gain sur le temps d'étude dépend bien sûr de l'opérateur, de la qualité de sa formation et du nombre d'heures passées sur le système. En moyenne, nous en sommes à un gain d'environ 30 %, que nous espérons porter à 50 % en complétant l'outil et en améliorant les procédures. Ceci s'explique assez bien par une analyse comparative des procédés conventionnels et CAO, où l'on s'aperçoit que plusieurs étapes du travail sont supprimées par la CAO, et en particulier celle qui consiste à vérifier "à la main" que la carte imprimée correspond très exactement au schéma de départ.

On notera au passage que l'absence de dossier d'études conduit souvent à doubler les temps évalués, que ce soit avec l'un ou l'autre procédé...

La qualité du travail fourni est une notion beaucoup plus subjective, et pourtant très concrète. La CAO fait dans ce domaine un apport capital, car on a la certitude d'aboutir à un ensemble de documents cohérents entre eux : l'outil informatique nous garantit une correspondance exacte entre le schéma électrique et la carte montée, ou la nomenclature, ou la liste d'équipotentielles. L'outil CAO produit dès la fin de l'étude un dossier de définition complet, avec une qualité de plans tout à fait satisfaisante pour une documentation client.

Ceci est fondamental pour la mise en fabrication en série ; c'est tout aussi fondamental pour l'image de marque de l'entreprise auprès de ses clients.

La CAO enfin, est l'aiguillon qui force tous ceux qui acceptent de jouer le jeu (et c'est la majorité !) à sortir de leurs habitudes, à se former, à s'adapter, à donner le meilleur d'eux-mêmes. Ce bénéfice est largement partagé entre le personnel qui voit ainsi augmenter sa compétence, sa qualification, son niveau de connaissances, et l'entreprise qui accroît ainsi son potentiel et sa capacité à traiter des affaires plus complexes ou plus tendues sur le plan des délais et des coûts.

L'objet de cet article est de présenter les avantages potentiels de cette approche globale, de proposer une méthode d'implantation de la C.A.O. et d'illustrer les principes présentés par un cas concret d'application.

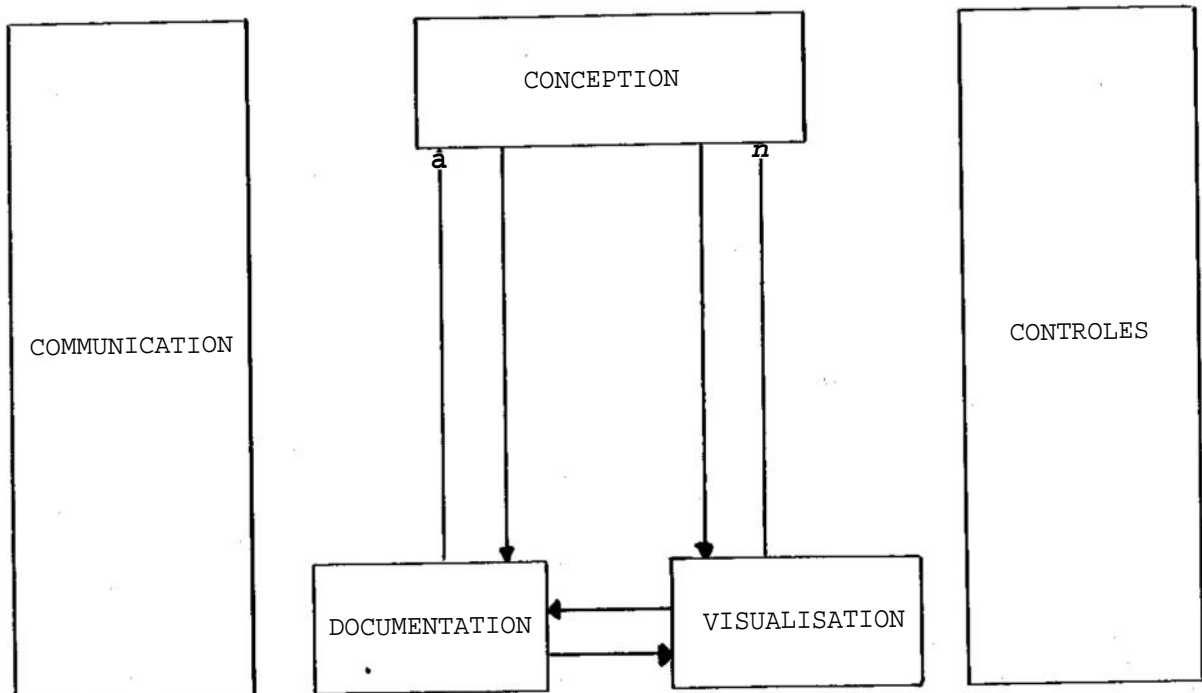
LES AVANTAGES POTENTIELS DE LA C.A.O.

L'introduction d'un système C.A.O. dans une entreprise concerne non seulement les bureaux d'études mais aussi tous les services qui exploitent des informations liées à la conception ou à la fabrication des produits.

Après l'étude de l'apport de la C.A.O. aux bureaux d'études, l'examen du service commercial et du bureau des méthodes permet d'illustrer l'apport de la C.A.O. en dehors des bureaux d'études.

L'Apport de la C.A.O. aux Bureaux d'Etudes

L'apport de la C.A.O. aux bureaux d'études est examiné vis à vis des cinq fonctions qui permettent la définition d'un produit et qui sont illustrées par le schéma ci-après.



Fonction Conception

L'objet de cette fonction est de déterminer les caractéristiques d'un nouveau produit à partir d'une expression de besoin plus ou moins précise.

VIII - CONCLUSION

En conclusion, nous dirons que la CAO est dans l'entreprise le moteur d'une évolution salubre, conduisant à une plus grande efficacité des équipes de développement et de production.

Si, après deux ans, tous les objectifs de départ ne sont pas encore atteints, le bilan global est déjà positif. La rentabilité chiffrée ne sera probablement largement démontrée que lorsque nous aurons pu construire l'outil intégré dont nous avons eu l'ambition dès le départ. Pourtant, dès maintenant les gains sont substantiels et l'outil CAO participe à la force de frappe et à l'image de marque de l'Entreprise.