

LUCIANO H. LAMPI, Dr. Ing.
 EMBRAER S.A.
 SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP - BRÉSIL

Résumé

L'introduction de la CAO/FAO dans l'industrie aéronautique brésilienne date de 1980. Cette introduction a été faite sous la forme d'acquisition d'un système clés-en-main permettant l'intégration de plusieurs phases dans le cycle de conception/fabrication d'aéronefs. On avait déjà, depuis plus de 10 ans, la capacité de programmer des machines à Commande Numérique, mais non pas d'une façon interactive, on utilisait le traditionnel système de traitement par lots.

Après une période d'adaptation et de prise de connaissance avec le nouveau outil de travail on s'est aperçu des limitations ou de l'inaptitude du système, tel que il avait été acheté, de traiter certains problèmes. Il a eu lieu alors le début d'une période de développement de logiciel pour aller au rencontre des besoins dans plusieurs branches telles que le calcul par éléments finis, la définition des systèmes et cablages électriques, etc.

Parallèlement il a eu lieu un processus de normalisation des procédés de travail permettant l'introduction de la CAO/FAO avec un degré de productivité plus élevé.

Le besoin d'un entraînement plus poussé des utilisateurs, des responsables et même des cadres administratifs s'est fait sentir clairement avec les procédés de normalisation.

I. Introduction

Depuis sa création, EMBRAER (Empresa Brasileira de Aeronáutica S/A), investit continuellement des grosses sommes dans le développement de nouveaux produits et actuellement trois avions sont dans un stage de développement très évolué:

l'EMB-120 BRASILIA (avion pour l'aviation régionale), l'EMB-312 (avion pour l'entraînement militaire) et l'AM-X (un avion tactique de nouvelle génération).

L'introduction d'un système de CONCEPTION/FABRICATION PAR ORDINATEUR- CAO/FAO (CAD/CAM) en 1980 a été la conséquence naturelle de son développement technologique. L'acquisition d'un système clés-en-main, permettant l'intégration de plusieurs phases dans le cycle de conception/fabrication d'aéronefs, a été le meilleur chemin pour commencer les activités dans cette branche. On avait déjà, depuis plus de 10 ans, les moyens pour programmer des machines à Commande Numérique, mais non pas d'une façon interactive, on utilisait

le système de traitement par lots (BATCH).

Après quatre ans d'expérience, le système CAD/CAM, avec 34 stations de travail graphique, est utilisé d'une façon intensive dans les branches suivantes: projet de structures, génération de surfaces (lofting), génération de cablages électriques, programmation de machines à commande numérique, modélisation par éléments finis (pré et post processeurs), contrôle de qualité.

Après une période d'adaptation et de prise de connaissance avec le nouveau outil de travail on s'est aperçu des limitations ou de l'inaptitude du système, tel qu'il avait été acheté, de traiter certains problèmes. Il a eu lieu alors le début d'une période de développement de logiciels pour aller au rencontre des besoins dans plusieurs branches telles que les pré et post processeurs pour les programmes d'analyse de contraintes par éléments finis, la définition des systèmes et cablages électriques, etc.

Parallèlement on a éprouvé la nécessité d'établir un processus de normalisation pour les méthodes de travail pour atteindre les degrés de productivité attendus. En plus, une formation plus approfondie des utilisateurs, ainsi que des cadres, s'est faite sentir comme étant indispensable pour pouvoir exploiter avec succès les ressources du système.

Dans cet article on va présenter un aperçu général du développement des programmes les plus importants, des activités de normalisation ainsi que de la formation des usagers.

II. Développement de Logiciel

L'effort le plus important de développement de programmes a été dans deux branches différentes, les post-processeurs pour les programmes d'analyse de contraintes par la méthode d'éléments finis et programmes pour la création de diagrammes électriques (WIRING DIAGRAMS).

1. Système pour la création de diagrammes électriques

L'EMB-120 Brasilia a à-peu-près 250 diagrammes électriques avec un total de 15000 cables. Ces cables sont normalement regroupés en liasses. Chaque liasse est identifiée par un code (par exemple W007) et tous les cables qui appartiennent à cette

liasse ont ce code comme préfixe (par ex.: W007-0154-22RD). De cette façon tous les câbles sont individuellement identifiés dans l'avion.

Normalement chaque client choisi différentes configurations d'équipements (avions) qui requièrent des nouveaux diagrammes. Il est nécessaire, pourtant, l'exécution des pas suivants pour chaque avion, après la création de tous les diagrammes:

- faire une liste de tous les diagrammes relatifs à l'avion
- générer une liste des câbles avec les informations associées extraites directement des diagrammes
- regrouper ces câbles par code de liasse
- assembler les câbles des liasses

Quand l'assemblage des câbles est faite manuellement le temps et le travail nécessaires sont énormes et à cause de la grande quantité de câbles à manipuler il est très difficile, sinon impossible, terminer l'assemblage des câbles pour faire une liasse, sans commettre d'erreurs. En plus, toute modification dans un diagramme exige la génération d'une nouvelle liste de câbles.

Avec ces motivations un ensemble de programmes(1) a été développé pour atteindre les objectifs suivants:

- générer une liste de câbles par code de liasse avec des informations distribuées dans plusieurs diagrammes différents.
- possibilité de faire une révision dans les diagrammes que modifient aussi les informations non-graphiques associées
- satisfaire aux exigences de l'ATA-100 et DOD-863 qui sont règlements qui normalisent la confection des diagrammes électriques
- satisfaire les besoins de plusieurs départements de la société: projet, manufacture, inspection et documentation, en éliminant le plus possible le travail fait à la main et en éliminant aussi la duplication du travail en différents endroits

Avec la mise en oeuvre de ces programmes on a constaté une réduction de 6000 heures dans le temps d'exécution de ce travail pour chaque avion. Le temps d'exécution est tombé de 9000 à 3000 heures.

Sans doute il y a eu une augmentation énorme de productivité avec ce système mais, peut être, le bénéfice le plus important est fait dans le domaine de la fiabilité, ce qui est très difficile de mesurer directement.

2. Post-processeurs pour programmes d'éléments finis

Les programmes d'analyse de contraintes par la méthode d'éléments finis nous donnent à la sortie une quantité assez importante de données.

Pour pouvoir analyser et même pouvoir vérifier la consistance de ces résultats la meilleure méthode est de visualiser graphiquement les variables associées au modèle de la structure.

Le programme développé permet la visualisation, de façon interactive, dans une station de travail graphique, de plusieurs sorties. Peuvent être visualisés:

- la numérotation des éléments
- la valeur des efforts ou des contraintes dans les éléments écrites proches à leur centre
- direction des contraintes principales
- structure déformée
- déplacements des noeuds représentés par des vecteurs
- axes locaux des éléments

Les valeurs des contraintes ou des efforts sont ceux obtenus au centre de l'élément. Les modes de vibration peuvent être dessinés avec les sorties pour la géométrie de la structure déformée ou par des vecteurs.

Des copies en papier des dessins peuvent aussi être obtenues.

Pour la visualisation des résultats sur le modèle, l'utilisateur peut utiliser:

- définition de 6 vues orthogonales ou perspectives
- sélection des éléments par numéro, formulation et localisation dans l'espace
- calcul automatique d'échelle
- définition du nombre de chiffres décimaux
- imposition des limites supérieures et inférieures des valeurs des contraintes ou des efforts à être considérés
- lecture de commandes pour fichiers de copies créées en avance, permettant l'obtention de dessins à partir de modifications sur des dessins déjà vus
- documentation en ligne: peuvent être obtenus renseignements sur les commandes, messages d'erreurs et informations générales à propos du programme à n'importe quel instant

- contraction des éléments
- manipulation de fichiers. L'utilisateur peut lister, effacer ou changer le nom des fichiers de commandes ou des résultats

Le programme peut aussi être traité en "BATCH". Dans ce cas le fichier des commandes doit être édité en avance et la sortie est directement sur table traçante.

Sont encore en développement les sorties sous la forme de courbes de niveau pour les déplacements et les contraintes et les sorties par niveaux d'efforts ou contraintes. Un entier associé à un niveau de contrainte est écrit sur l'élément.

III. Standardisation des Tâches

Un système CAD/CAM est sans doute un outil de travail très puissant, et comme tel doit avoir des règles précises pour son utilisation à fin de pouvoir donner des résultats vraiment effectifs.

La grande avantage d'un système de ce genre peut être résumé dans un seul mot: INTEGRATION. Les travaux produits par un département dans le système peuvent être immédiatement utilisés par d'autres départements pour continuer les travaux ou pour extraire des informations, sans avoir besoin de recourir à des opérations pénibles ou imprécises pour la copie des dessins, puisque les données sont dans un fichier magnétique de facile duplication et ceci d'une façon très sûre.

Cette avantage court le risque d'être complètement éliminée dans un certain nombre d'activités si des précautions, ou mieux, une méthodisation n'est pas introduite pour établir les règles pour l'exécution des travaux les plus importants.

Pour expliquer mieux cela il faut d'abord dire que à l'EMBRAER il n'y a pas assez de stations de travail graphique pour que tous les travaux de bureau d'études puissent être exécutés avec le système CAD/CAM. Il faut dire aussi que l'objectif de cet article n'est pas de discuter si tout doit être fait avec des terminaux graphiques mais quelles sont les branches où l'on peut avoir la meilleure productivité.

Donc il faut établir des critères pour décider si le travail doit être exécuté avec un système CAD/CAM ou sur la planche à dessin traditionnelle. Mieux encore, quelle est la partie du travail qui peut commencer avec un terminal graphique pour finalement être terminée à la main.

La définition géométrique est sans doute une des activités où les systèmes gra-

phiques présentent une grande avantage. Face à les multiples méthodes de construction géométrique existantes dans le système il faut choisir celles qui conviennent le mieux dans une certaine activité. Parfois les méthodes sont très semblables mais il faut faire attention, puisque ils s'agissent des méthodes numériques qui dans certaines conditions peuvent produire des résultats différents, compromettant ainsi la reproductibilité dans l'extraction d'informations à partir d'un dessin fait dans le système CAD/CAM.

Pour la génération des surfaces d'un avion plusieurs procédés standard ont été préparés pour uniformiser les méthodes de travail. Ces procédés commencent par la définition des lignes (SPLINES), à partir des quelles on va définir les surfaces, jusqu'au type de surface qu'il faut utiliser pour une certaine partie de l'avion (par exemple: aile, fuselage, prise d'air etc.). Ceci permet aussi aux superviseurs de faire un contrôle plus effectif des travaux effectués par ses subordonnés. Rappelons nous que les données dans un fichier magnétique ne sont pas aussi faciles à mettre en évidence puisque les dessins qui sont obtenus à partir d'une table traçante peuvent ne pas contenir toutes les informations du fichier magnétique. La normalisation peut donc faciliter aussi les tâches de révision des dessins.

Un autre point qui a mérité une étude pour arriver à une meilleure productivité a été des pièces dont la fabrication est faite par des machines à C.N. (Commande Numérique). À partir des éléments enregistrés dans la banque de données géométrique le programmeur de C.N. utilise la station de travail graphique pour, d'une façon interactive, décrire le trajet de la fraise, ou choisir les figures géométriques que la fraise doit réaliser. Pourtant au moment de la conception de la pièce il faut introduire les informations dans le dessin pour que la tâche du programmeur C.N. soit facilitée.

IV. Formation

Finalement on arrive à l'élément le plus concerné par toutes les activités: l'homme. C'est lui, à la fin des comptes, qui va utiliser et appliquer toutes les ressources et méthodes dans son travail.

Il faut donc qu'il soit formé, dirigé même, vers une connaissance plus approfondie du système CAD/CAM, ses programmes, ses méthodes et surtout les rapports qu'il y a entre les plusieurs phases de conception/fabrication dont le CAD/CAM est un intermédiaire privilégié.

Certains individus ont plus de facilité pour s'adapter avec le nouveau outil de travail que d'autres, et la détection de ces tendances à partir de tests psychologiques est une aide très importante à l'optimisation du travail de formation.

En plus des usagers il faut que les cadres, eux aussi, aient une connaissance suffisante de la CAO/FAO et de ses ressources pour pouvoir mieux exécuter ses travaux de supervision et orientation.

V. Conclusion

La CAO/FAO(CAD/CAM) est sans doute un moyen très puissant d'augmentation de productivité mais lui seul ne suffit pas. Pour résumer on peut dire que toutes les activités qu'on organise pour l'utiliser (développement de logiciel, normalisation, formation) ont le même but: l'intégration la plus profonde possible des informations dans une base de données qui soit utilisée le mieux possible dans tous les départements qui font partie du cycle conception/fabrication des avions.

VI. Bibliographie

- 1 - TESHIMA, Aldo N. - "Application of CAD in aircraft wiring diagrams in the Brazilian aeronautical industry".(article soumis en DEC/83, pour publication à COMPUTER & GRAPHICS)
- 2 - CECCHINI, M.A.A. & Barancosky, Ruy E.P. - "Manual do Usuário - Programa para Pós-Processamento de Resultados NASTRAN (Programa TFX)" - V-2.02 - EMBRAER - 000-SO-07 (JAN/84).