

# HARVEST

La dimension CFAO



Pierre Bézier et Paul de Casteljau  
L'interview

MICAD 92  
Sur fond de déprime

REGARDS  
L'INA fait son image à Micad



# QUESTIONS A PIERRE BEZIER ET PAUL DE CASTELJAU

4

**A quelques encâblures de Micad, il nous a paru intéressant de tendre notre micro à deux géants de la CAO/CFAO : Monsieur Pierre Bézier, ingénieur qui a passé sa carrière industrielle à la Régie Renault, et qui a donné son nom aux fameux "carreaux", et Monsieur de Casteljaou, mathématicien, normalien, qui exerce son art depuis de nombreuses années chez Citroën.**

**Ces Messieurs de la CFAO nous en offrent une vision actuelle et future, sans oublier de passer par des détours anecdotiques ou historiques toujours savoureux. Qu'ils soient ici remerciés de leur contribution, ainsi que Monsieur Claude Plantegenest et Madame Maryvonne Bourdieu, de l'A.F. Micado qui nous ont accompagnés durant cette conversation informelle.**

**Harvest : Quel regard portez-vous sur l'état de la CAO aujourd'hui?**

**Pierre Bézier :** Avec la CAO, on en revient toujours à deux possibilités. La première est de récupérer des dessins ou des maquettes existants avec une certaine finalité. D'où l'idée de récolter des quantités d'informations, par milliers, par millions parfois, et de les exploiter. La seconde est au contraire de créer quelque chose directement à l'aide de la CFAO, quitte à modifier cette création si cela se révèle nécessaire et quitte à la modifier très vite. Autrement dit, il ne faut pas craindre de faire des erreurs pourvu que l'on puisse les corriger rapidement.

Si vous laissez un peu de liberté à l'opérateur et que vous ne l'obligez pas à recopier quelque chose avec tous les défauts antérieurs, il va réaliser des maquettes à petite ou grande échelle ou

des images qui vont ensuite servir à réaliser des objets. Il va alors chercher à créer des courbes et des surfaces qui passent exactement par des points donnés ou qui approximent ces points-là avec une tolérance accordée.

Dans beaucoup de cas, le problème n'est pas celui de la fidélité à une réalisation qui, fruit du travail de la main de l'homme, est en elle-même imparfaite. La continuité et la régularité sont tout de même des critères plus importants, dès que l'on va parler de dynamique des fluides et aussi d'esthétique. Il semble toujours meilleur d'avoir des formes qui ne soient pas heurtées, à moins que l'on aime tel ou tel peintre ou tel ou tel sculpteur.

C'est à partir de cet instant que les deux tendances se présentent, l'une qui est peut-être compliquée, mais où il n'y a pas de conversation entre celui qui a créé l'objet et celui qui doit le représen-

ter, comme le styliste qui n'adressera pas la parole à un mathématicien. L'autre tendance concerne la création. Seulement voilà, on ne crée pas sans une base de départ. Il n'est pas pensable de créer une coque de bateau sans se souvenir que tel autre bateau présentait telle ou telle qualité, tel ou tel défaut. Schématiquement, voilà l'image que je me fais de la CAO d'aujourd'hui.

**Paul de Casteljaou :** J'ai entendu récemment l'anecdote selon laquelle les éminents chercheurs français s'étaient lancés en 1950 dans des recherches abstraites dans le domaine des mathématiques modernes, alors que pendant ce temps-là les Américains, hommes pratiques s'il en est, travaillaient à corps perdu dans les recherches dirigées vers les applications sur ordinateur. En ce moment, les Américains cherchent à momifier, c'est le terme consa-



cré, nos vénérables pontifs, égarés dans des recherches stériles, éventuellement pour valoriser les autres.

Or je constate que trois des principales techniques de pointe ont une origine française, les "French curves", les ondelettes (wavelets en américains) et les fractales.

La CAO fait partie de ces techniques aux fondations françaises. Au départ la CAO était un bricolage, la quadrature du cercle en quelque sorte. Les industriels rêvaient de faire des pièces de forge, des pièces de fonderie calculées. Et un jour à un vieux francomptois qui s'occupait de carrosserie, j'ai dit que peut-être il serait possible de calculer

Nous avons commencé avec un Burroughs qui avait deux cent vingt mémoires à lampe. C'est avec cela qu'a été réalisé le capot de la 2CV.

Cette anecdote pour rappeler qu'aujourd'hui, la situation est la suivante : la CAO française est reconnue comme étant à la base de la CAO mondiale pour ce domaine des French curves.

**PB :** Je vous signale d'ailleurs que "French curves" se traduit en français par pistolet. C'est l'outil du dessinateur taillé dans du plexiglass. Mais trêve de plaisanterie, lorsque les Américains parlent de la CAO française, ils parlent de l'école française, ce qui est encore plus honorable.

**Est-ce votre avis également, monsieur Bézier, que la CAO internationale repose sur une base française?**

**PB :** Je ne suis pas sûr que cela soit l'origine absolue. Des bases théoriques avaient été jetées dès 1940 par des chercheurs étrangers. Mais les développements sont indiscutablement imputables à la technique française. Les Américains en sont d'accord.

**Là, vous parlez de la mécanique, mais qu'en est-il de la CAO électronique?**

**PB :** La CAO électronique se situe plus tard dans le temps. Et puis la fabrication des cartes, c'est du point à point. C'est une technique qui n'a de commun avec la CFAO que l'utilisation de l'électronique des ordinateurs.

**Qu'est-ce que vous diriez, monsieur de Casteljaou, de l'état de la technique aujourd'hui?**

**P de C :** Je crois qu'il reste encore pas mal de réflexes à l'école française et que les Américains, hormis quelques facultés, ne sont pas aussi en avance qu'ils veulent bien le dire. Il ne faudrait surtout pas que les Français baissent les bras.

**Quelle est la position des Français dans la CAO mondiale? On a**



**l'impression en vous entendant tous les deux que la France a perdu sa superbe.**

**P de C :** C'est évident. Les momies n'avoueront jamais qu'elles se sont trompées. Du côté politique, l'idée de Raymond Barre de regrouper la CAO française au sein de Chausson aurait mérité un meilleur accueil.

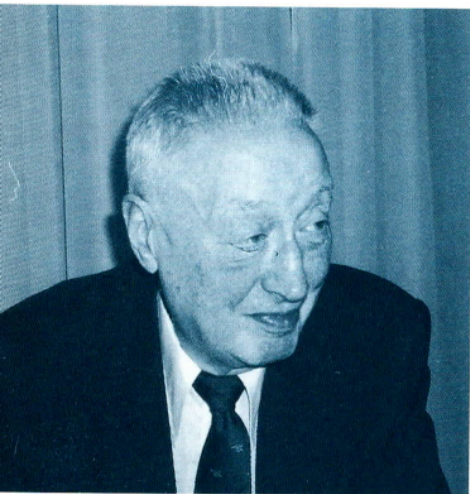
**PB :** La CFAO est à la fois un moyen et une méthode. Les moyens, ce sont les mathématiques, les asservissements, les machines-outils, les écrans, etc. Pour ces moyens-là schématiquement, on a le choix entre l'usage des fonctions non rationnelles et des fonctions rationnelles.

Comment peut-on les caractériser? Les fonctions non rationnelles, ce n'est pas compliqué, les gens qui s'en servent comprennent assez facilement. En ce qui concerne les rationnelles, on dispose de moyens d'action en déplaçant les pôles, en ajoutant ou en retranchant des pôles, en les rassemblant, en jouant sur les poids attribués à chacun des pôles, ce qui donne des possibilités énormes par rapport à celles des braves non rationnelles.

Pour l'opérateur, ces deux moyens offrent des résultats assez semblables alors qu'ils sont au départ différents : déplacer un pôle ou changer son poids, ajouter un pôle ou élever un degré, sont des choses différentes qui donnent presque les mêmes résultats.

Bien sûr l'on peut rêver de machines qui très rapidement, dans un matériau assez tendre - polystyrène, polyuréthane, plâtre, bois - sont capables de donner une image. Il existe maintenant la stéréolithographie qui donne très rapidement une très bonne idée de la conception.

Et puis il y a la façon de s'en servir. Ce qui est fondamental et qui distingue



**Pierre Bézier :**

**"...Ce qui était flou, c'était la pensée de la direction générale!"**

cela aussi. C'était bien le contraire de ce que disaient les pontifs du moment : "la carrosserie est bien l'exemple de ce que l'on ne saura jamais calculer", affirmaient-ils. Et c'est comme cela que j'ai calculé ma première pièce.

Le soir il y avait quatre cents points calculés par différence troisième. Nous avons dessiné la pièce plusieurs fois et petit à petit nous avons trouvé notre équilibre, ce qui nous a permis, comme seconde pièce automobile, de faire le capot de la 2 CV non nervuré. Nous l'avons refaite en raison d'un rentrant, un peu au milieu de l'arête, car on avait voulu faire du moindre carré, la surface qui s'approchait le plus des cotes, et le résultat ressemblait à une paire de fesses!



énormément la technique française de la technique américaine, c'est que le premier résultat de la CFAO est d'obliger les gens à parler entre eux. Il n'est pas possible aujourd'hui de créer quelque chose de style sans qu'immédiatement le bureau d'études intervienne pour dire "cela je ne pourrai pas le dessiner", sans que le bureau des méthodes dise "pour cela je ne pourrai pas faire les outils" et sans que les gens de l'assemblage disent "cela je ne pourrai pas le peindre". Des choses aussi sordides que l'évaporation d'un solvant dans une peinture ont leur importance.

Tout cela ne se passe pas sans un certain nombre de modifications par rapport aux calculs de départ. Au dernier moment on s'aperçoit par exemple que sur une matrice bien polie, bien lissée, les reflets des lampes de l'atelier donnent de temps en temps des anomalies. Donc, la dernière correction intervient sur l'outil de presse. Le styliste, le dessinateur, le maquettiste, le deuxième dessinateur, le maître modèle - si on le conserve - et l'outilleur de presse, tout ce monde doit travailler en synthèse et non pas en séquence.

Ce problème de la symbiose est le problème fondamental de la CFAO.

### Elle se fait facilement?

**PB :** Nombreux sont les exemples qui mettent en évidence la difficulté. Un jour un brave garçon qui trouvait que

manier des polygones était un peu fastidieux, a décidé pour réaliser un système automatique, de prendre des points sur une maquette et de demander qu'on lui fasse une surface qui passe par ces points-là, en autorisant même une petite approximation. Quand on lui a apporté la pièce, cela ressemblait aux dunes du Ténéré. Pour faire une droite, il n'y a rien de tel que de s'en tenir à deux points. Pour tracer une droite, les embêtements commencent au troisième point!

**P de C :** J'ai vu une fois une pièce qui a provoqué beaucoup d'embarras à l'outillage, tellement ses cotes étaient précises. C'était la poignée tordue de la 2CV! Quelquefois les dessinateurs délient dans leurs exigences.

**PB :** Un dessinateur n'est généralement pas versé dans l'algèbre et encore moins dans l'analyse, il connaît assez bien la géométrie dans l'espace et très bien la géométrie descriptive. Pour faire passer une courbe par des points il prend son "pistolet", mais il aime beaucoup mieux qu'on lui donne moins de points mais les tangentes en même temps, elles encadrent mieux la forme. Si on donne le choix à un dessinateur entre dix points et cinq points plus cinq tangentes, il choisira à coup sûr la seconde solution. C'est important de lui donner le moyen de gouverner les tangentes, en particulier aux extrémités, pour résoudre les problèmes de raccordement. Mathématiquement, c'est identique, mais pratiquement c'est très supérieur au fait de n'avoir que des points.

**P de C :** Le monde est mal fait! Chez Citroën les dessinateurs ne voulaient pas des tangentes, alors que j'aurais bien voulu une solution par points et tangentes.

Mais comme nous en étions aux difficultés, il faut rajouter un problème spécifique aux mathématiques. Vous l'avez évoqué tout à l'heure en faisant la distinction entre les Nurbs (Non Uniform Rational B-Splines) et les courbes rationnelles.

**PB :** Les non rationnelles, car les Nurbs sont des rationnelles.

**P de C :** Les Nurbs, c'est une projection. C'est exactement comme si un

peintre peignait un tableau dans l'espace et que les visiteurs ne le regardant que d'un seul point de vue, un tableau à différents plans que l'on ne regarderait que d'un seul côté.

On ne sait pas trop pourquoi le photographe met un plan plus ou moins loin mais toujours est-il que le photographe qui vient faire une photo a de fortes chances d'obtenir une image floue.

Voilà ce que sont les Nurbs. Je crois que monsieur Bézier n'est pas tellement favorable aux Nurbs, moi encore moins.

**PB :** J'admire beaucoup les gens qui les ont faites.

### Où en est la recherche en mathématique?

**P de C :** Le problème à résoudre est le suivant : existe-t-il des courbes qui soient solutions aux différences finies d'équations et non pas d'équations différentielles. Je me fais fort de démontrer que cela existe, une fois que l'on a obtenue la courbe en pointillés donnée par les mathématiques, cette courbe sera parfaite pour son découpage. C'est cela l'idée qui reste à résoudre à l'échelle du mathématicien.

On arrive paradoxalement à ce phénomène que la solution exacte risque d'être moins bonne que la solution approchée. Voilà pour ma vision concernant les progrès en mathématiques.

Du côté de la technique, on ne voit pas encore la limite, ni du côté du micro - on fera peut-être bientôt des pas d'un dixième de micron - ni du côté du nombre de couches, de la vitesse. Les limitations risquent d'être humaines. C'est le secret de la Providence.

**PB :** Vous avez parlé tout à l'heure d'une courbe parfaite. Pour moi qui ai gagné ma vie la lime et le porte-mine en main, une courbe parfaite est celle qui a l'assentiment du Président Directeur Général, du chef styliste, des conseillers du PDG et, lorsque tout est construit, de la clientèle!

Par conséquent, je reviens à cette idée : "faites des fautes, mais surtout au nom du Ciel, faites-les vite et corrigez-les vite". Donc, au lieu de chercher une courbe parfaite, si je fais une courbe taillée à la serpe qui vous convient, c'est l'essentiel.



Paul de Casteljau :

(à propos de l'intelligence artificielle) "Elle ne remplacera jamais l'homme. Si j'étais encore à l'Ecole Normale, je vous dirais "regardez-moi!"



## La pléthore de fournisseurs? Trois cents fournisseurs de systèmes de CFAO en France, vous ne trouvez pas que c'est beaucoup?

**PB :** Je constate qu'il existe des systèmes qui se ressemblent étrangement. Je crois d'ailleurs que dans les immenses possibilités du Système avec un "S" majuscule, les gens qui veulent créer un système avec un "s" minuscule choisissent avec discernement ce qu'ils veulent mettre dans le menu. Il est certain que si l'on veut mettre un menu pour faire les encoches des passages de roues d'une automobile, cela n'intéressera pas les chantiers navals, sauf sur les bateaux à roues du lac de Genève, évidemment! Chacun épice son système à sa convenance.

8

**P de C :** Il y a une cancérisation de la profession à l'échelle commerciale, une prolifération de cellules indésirables. A l'évidence, il y aura une sélection.

## Le phénomène micro? Est-ce que ces petits ordinateurs vont prendre le pas sur les gros? Quelle sera leur place?

**P de C :** Il y a deux écoles. Ceux qui sont pour les grands systèmes et ceux qui considèrent que ce sont des diptères. Il est certain que l'autonomie individuelle présente de grands avantages, d'autant plus que les petits ordinateurs fonctionnent à vitesse humaine. Il est très difficile de dialoguer avec un gros système qui va trop vite pour la pensée.

## Est-ce qu'un micro peut suffire pour parvenir à la symbiose que vous évoquiez tout à l'heure?

**PB :** L'ingéniosité est la fille de la pauvreté, c'est un proverbe anglais. Vers les années 60, la philosophie des constructeurs d'ordinateurs était "une entreprise, un ordinateur". Il s'agissait bien entendu d'un ordinateur gigantesque qui devait être à côté du Président. Aujourd'hui, les choses ne peuvent plus être comme ça.

## L'intelligence artificielle?

**P de C :** Elle ne remplacera jamais l'homme. Si j'étais encore à l'école nor-

male, je vous dirais "regardez-moi!"

**PB :** Les américains disent qu'avec deux litres de cervelle on fait davantage qu'avec deux quinquarts d'ordinateurs!

## La logique floue?

**PB :** Vous savez, j'ai toujours travaillé dans le centième de millimètre. Ce qui était flou, c'était la pensée de la direction générale! C'est tout ce que j'ai vu de flou dans l'industrie.

## Le CIM?

**PB :** Le CIM est un phénomène comparable au sida. Il est irrépressible pour l'instant. Au fond, qu'est-ce que c'est? Lorsqu'un styliste pense à quelque chose, il vaut mieux que l'ajusteur à matrices en soit averti le plutôt possible pour connaître sa réaction.

A partir du moment où vous voulez enchaîner, grâce à l'informatique, toute une série de processus qui dans une entreprise se situent parfois à des distances géométriques importantes, le problème n'est pas de savoir si on peut le faire, mais de savoir ce qui est logique et raisonnable. Est-il logique d'avoir un système qui peut vous tracer une carrosserie avec des courbes du vingtième degré? Personnellement je ne le crois pas.

## Mais ce que vous dites va contre la démarche du micro autonome?

**PB :** Pourquoi? Ils se parlent entre eux. C'est indispensable.

## C'est tout le problème. Est-ce qu'ils communiquent véritablement?

**PB :** Je crois qu'il y a la conversation qui se tient en millisecondes, en microseconde ou en nanosecondes, et celle qui se tient en un quart d'heure, une demi-heure ou pendant l'heure du déjeuner.

## A condition que tout le monde s'aligne à la même base de données?

**PB :** Tout à fait. C'est une question d'homogénéité ou de compatibilité des

moyens mis en oeuvre. Il faut une unité de doctrine et une unité de commandement, c'est comme en tant de guerre.

## Mais lorsque vous entrez aujourd'hui chez n'importe quel revendeur de micro-informatique, on ne vous parle que rarement de réseaux?

**PB :** Je vais prendre un exemple tout à fait terre à terre. A une époque nous travaillions avec un grand carrossier qui se trouve à Turin, Pininfarina. Lorsqu'ils avaient une idée, ils nous téléphonaient et nous devions nous déplacer en Italie. Cela nous prenait deux jours, au minimum. Aujourd'hui, lorsqu'un styliste a une idée, il branche directement l'ordinateur et envoie ses informations sur la fraiseuse qui est à l'atelier. La réponse est donc quasi instantanée. Ce qui est capital, c'est l'établissement de relations avec des services qui n'ont rien à voir avec la CFAO.

## La réduction des délais de conception d'une automobile?

**PB :** La question peut se poser de deux façons. Premièrement "qu'êtes-vous prêt à payer pour passer de cinq ans à quatre ans?" Etudes de marché, audit, etc., et réponse : "pour gagner un an, nous voulons bien donner tant".

D'une façon plus modeste si nous nous demandions combien de temps de cafouillages ont été perdus dans les lancements de telle ou telle carrosserie pour raccorder entre eux des outils de presse qui donnaient des pièces qui devaient être soudées sans faire de grimaces? Chacun ayant réalisé ses modifications de son côté, il se trouvait que certaines des pièces ne s'accordaient pas très bien entre elles. Au bas mot, il fallait bien six mois de cafouillage avant que l'on sorte une carrosserie. Avec une bien meilleure précision, ces six mois ont en plus été considérablement réduits aujourd'hui. Que coûtaient ces six mois de cafouillage? Personne ne s'en préoccupait, c'était comme inévitable.

Mais ne nous y trompons pas. Plus il est facile de modifier rapidement quelque chose, plus il y a de demandes de modifications, et plus le délai s'allonge.■

**Propos recueillis par Guy Fages et Jacky Le Dref**