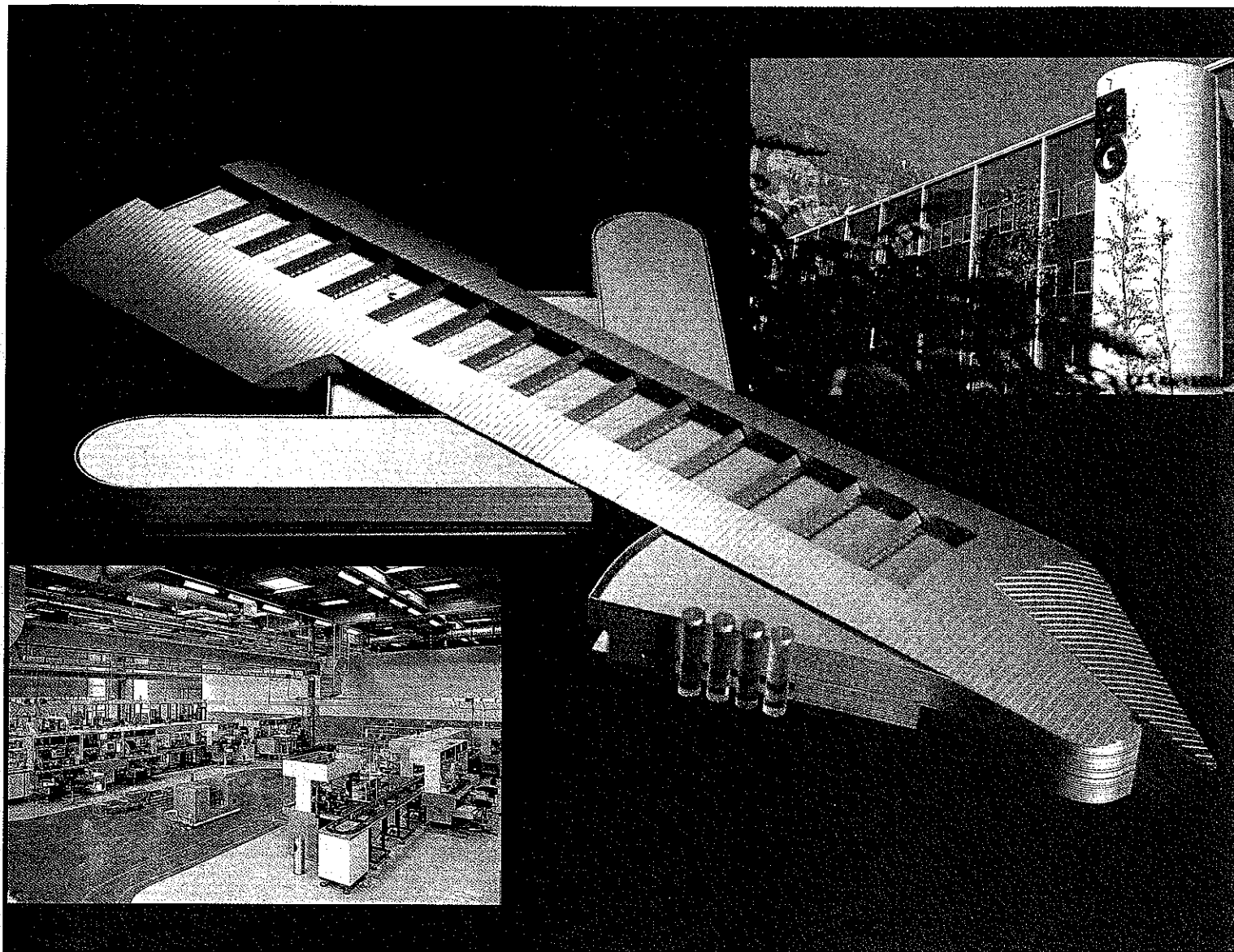


technica

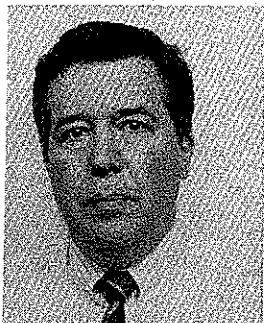
LA REVUE DES INGENIEURS DE L'ECOLE CENTRALE DE LYON

L'usine du futur



La recherche universitaire sur l'usine intégrée en mécanique générale : l'exemple de l'Ecole Normale Supérieure de Cachan⁽¹⁾

Pierre BOURDET
Professeur à l'ENS de Cachan



DEVANT l'évolution rapide des techniques automatisées de la production mécanique et l'apparition de nouveaux concepts basés sur une organisation globale de la production, une équipe d'enseignants-chercheurs du département de génie mécanique de l'ENS de Cachan a pris conscience en 1980 de la nécessité d'acquérir une compétence dans ce domaine. L'information sur le sujet était essentiellement fournie par des rapports d'études effectués au Japon et par des publications scientifiques et techniques qui ne traitaient le sujet que d'un point de vue très général. Il nous était donc impossible d'acquérir une connaissance suffisante du sujet et par suite nous étions dans l'impossibilité de définir une politique de recherche et d'établir de nouveaux enseignements.

La solution apportée en septembre 1981 a été la création du Laboratoire Universitaire de Recherche en Production Automatisée avec deux objectifs :

- un objectif scientifique : développer les recherches relatives au concept de production automatisée ;
- un objectif de formation par la recherche aux techniques de production automatisée. Cette formation ayant comme support la réalisation de l'outil nécessaire à nos futures expérimentations : l'Atelier Flexible Expérimental de l'ENS de Cachan.

Une telle entreprise nécessitait des moyens financiers et humains très importants. En effet, un atelier flexible clef en main n'existant pas sur le marché, il était

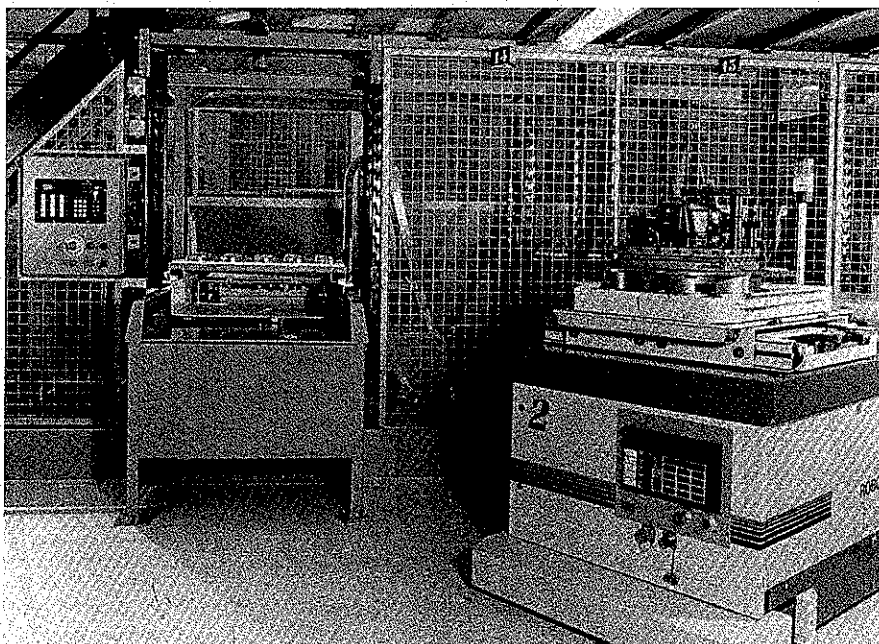
nécessaire de le réaliser comme un prototype, l'investissement financier correspondant (50 MF) était inaccessible pour l'école. Aussi nous avons adopté la stratégie suivante :

- utiliser au maximum du matériel standard du marché français, principalement pour les gros équipements,
- réaliser par nos propres moyens les matériels inexistant ou mal adaptés au projet,
- chercher un partenariat industriel sous forme de dons ou de collaboration (NUM S.A., Télémécanique, Hewlett-Packard, Forkard, GSP, SEIV-Renault-Automation Mesure et Robots de Transport, Afma-robot, Norsk-Data, Sandvik Coromant, Aptor, MFO...),
- obtenir une aide financière auprès des ministères de la Recherche, de l'Education Nationale et de l'Industrie (4 MF au total),
- négocier des contrats de recherche pour assurer rapidement un auto-financement des matériels.

L'Atelier Flexible Expérimental de l'ENS de Cachan :

Tout notre effort a porté, dans un premier temps, sur la réalisation d'un atelier automatisé flexible expérimental capable de produire une grande diversité de pièces

(1) ENS de Cachan, 61, avenue du Président Wilson, 94235 Cachan - Tél. (1) 47.40.22.15.



dans un volume de 300 mm au cube. Cet atelier étant essentiellement destiné à des recherches, nous avons regroupé sur un même lieu les différents composants qui peuvent se rencontrer dans les ateliers flexibles industriels (figure 1 : plan d'ensemble de l'atelier et moyens expérimentaux) :

- trois cellules de production bâties autour d'un centre de fraisage à axe horizontal, d'un centre de tournage et d'une machine à mesurer tridimensionnelle, chaque cellule étant équipée d'un robot de manutention et de postes d'interfaces réalisés par nos soins ;
- trois cellules dites de service constituées d'un magasin automatique (140 casiers), d'un système de deux robots de transport filoguidés et d'un site de préparation et de prééclablage des outils et outillages équipé d'une machine à mesurer tridimensionnelle.

Cet ensemble a été opérationnel dans sa première version en 1985 : l'atelier est alors capable de fonctionner comme la majorité des systèmes flexibles industriels actuellement en exploitation, c'est-à-dire que les différentes pièces à produire sont parfaitement connues et que tous les programmes de commande des cellules sont figés et résident dans les commandes numériques et automates des différents matériels. L'atelier fonctionne comme un ensemble automatisé à configuration figée pour une production de pièces parfaitement stabilisée. L'introduction rapide d'une nouvelle pièce est impossible sans une reconfiguration complète de l'atelier, tout aléa dans le fonctionnement (bris d'outil, panne, etc...) nécessite l'obligation de réinitialiser l'atelier et de recommencer les séquences dans l'ordre initialement prévu. L'atelier automatisé est "flexible" dans une configuration rigide donnée et préétablie, la flexibilité réside dans la possibilité de lancer la production des différentes pièces prévues dans un ordre quelconque, cette souplesse permet d'adapter la production à la demande.

Depuis 1985 l'évolution des directeurs de commande numérique et l'apparition des réseaux locaux industriels nous ont permis de mettre au point un système capable de s'adapter à une nouvelle production. La structure de pilotage en réseau de l'atelier (fig. 2 : moyens informatiques) est maintenant suffisamment opérationnelle pour supporter, simultanément, un nombre important d'expérimentations de recherches.

Thèmes de recherche

La diversité des thèmes de recherche en productique et l'importance des investissements humains et matériels nécessaires à leur traitement nous ont conduit à restreindre d'année en année le nombre de thèmes abordés. C'est ainsi que nous avons volontairement exclu les recherches liées aux techniques de production (la coupe des métaux par exemple) et à la conception des équipements de production

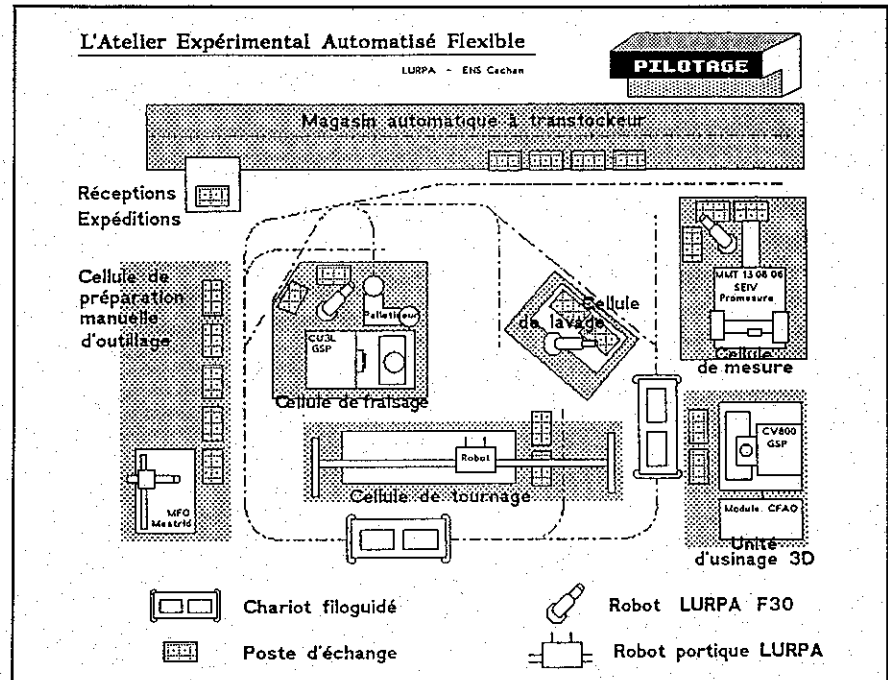


Figure 1 - L'Atelier Expérimental Automatisé Flexible.

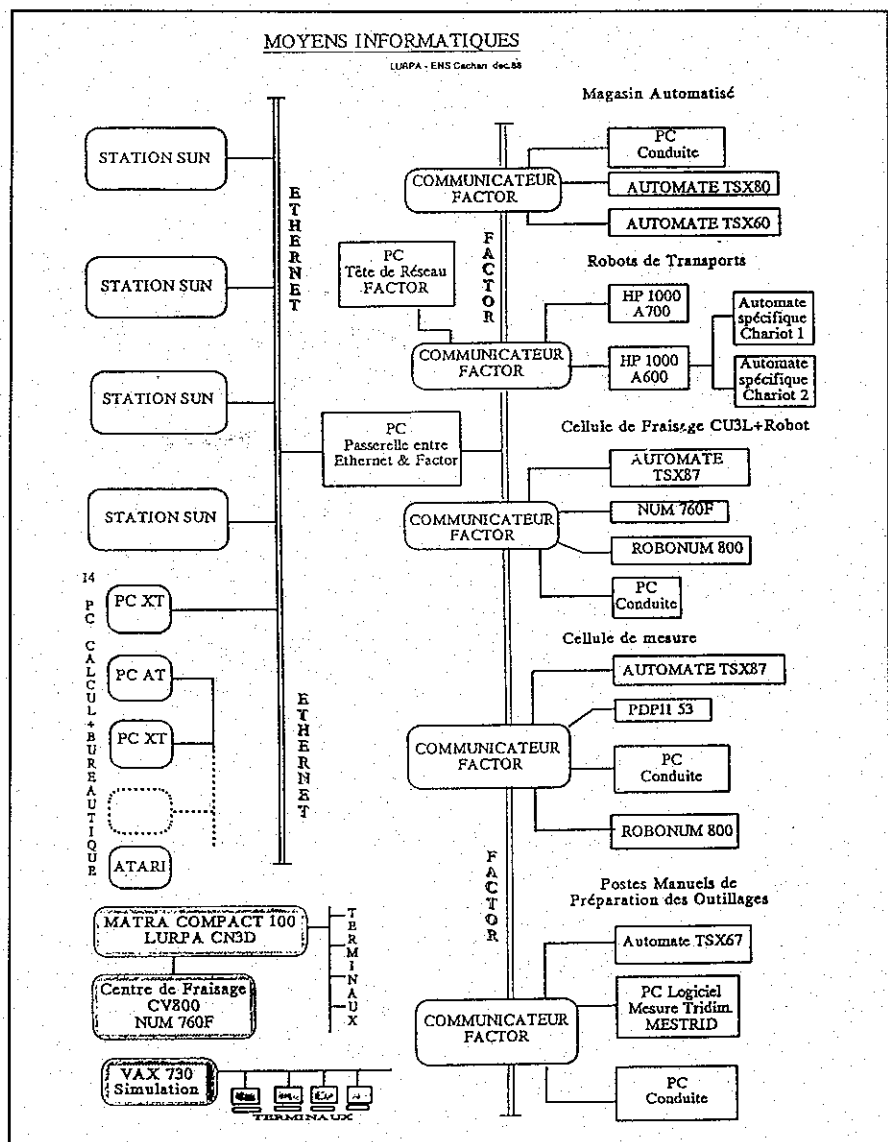


Figure 2 - Moyens informatiques.

(robots...). L'activité scientifique du laboratoire est donc exclusivement centrée sur le concept de production intégrée par ordinateur (C.I.M.). Ce domaine, essentiellement pluridisciplinaire, est orienté sur les trois thèmes suivants :

1. Identification géométrique tridimensionnelle des pièces mécaniques en vue de leur conception et de leur contrôle. Ce thème a pour objectif de rendre cohérentes les spécifications géométriques suivant les points de vue de la CAO, de la fabrication et du contrôle tridimensionnel.
2. Conception automatique des procédés de fabrication en usinage. L'objectif est ici de modéliser les contraintes technologiques et de formaliser le savoir-faire de la production afin de générer automatiquement une gamme d'usinage ou de contrôle. Les résultats de cette recherche doivent permettre de rendre en temps réel un atelier "flexible", adaptatif à tout événement (nouvelle pièce à produire, bris d'outil, outillage indisponible, changement de priorité de production, introduction de nouveaux outils à performances améliorées, etc.).
3. Conception des systèmes flexibles de production. Notre recherche revêt deux aspects : une approche ascendante et expérimentale qui privilégie le savoir-faire au niveau de chacune des fonctions élémentaires de la production (organisation des services logistiques, contrôle-commande...) et une approche descendante, qui privilégie la cohérence des techniques de conception de la conduite des systèmes intégrés de production.

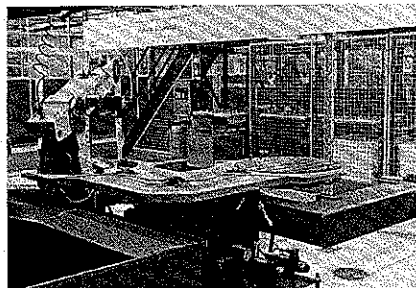
Structure de recherche université-industrie

La volonté du laboratoire a toujours été d'effectuer des recherches fondamentales qui soient "applicables". Ce double objectif impose à la fois de préserver la liberté scientifique des chercheurs (qui doivent placer leurs travaux en amont des besoins industriels) et de leur procurer un partenariat industriel qui leur offre la structure et les moyens nécessaires à la réalisation de leurs expérimentations. Dans ce contexte, nous avons accentué notre partenariat industriel, celui-ci se fait le plus souvent par contrat de recherche mais peut revêtir plusieurs aspects. Citons trois exemples significatifs :

1. A l'initiative du laboratoire et du S.N.E.F. (Syndicat National de l'Estampage et de la Forge) plusieurs forges (PME-PMI) se sont regroupées au sein d'une association (2) pour coordonner leurs recherches sur la fabrication assistée par ordinateur des outillages. Ces recherches, entièrement financées par les sociétés adhérentes, sont exclusivement prises en charge par le laboratoire. Il a été mis en place à l'ENS un site expérimental comprenant une chaîne complète de conception et de réalisation des outillages constituée de stations de travail reliées à un centre d'usinage palettisé.

Ce site sert à la fois aux expérimentations des chercheurs et à la formation des équipes de production des différents industriels.

2. Nos recherches dans le domaine de la gamme automatique ont démontré la faisabilité industrielle de générer automatiquement (à partir du seul dessin de définition) une phase d'usinage sur centre de tournage. Un accord avec l'une des plus grandes sociétés françaises de la CAO nous a permis de signer un contrat de vente du logiciel LURPA-TOUR ainsi qu'un contrat de recherche assurant pour les trois années à venir le financement total de nos recherches dans ce domaine. Cet accord permet de nous consacrer entièrement à la recherche, la société assurant de manière efficace le développement, l'industrialisation et la diffusion des résultats.
3. Le laboratoire a passé un accord avec une société d'étude et de développement en électronique et logiciels pour la métrologie tridimensionnelle. Cette société devient le sous-traitant privilégié du laboratoire assurant le développement, la maintenance et la commercialisation de logiciels de mesure issus des différentes recherches du laboratoire. Cette structure permet, comme dans l'exemple précédent, de répondre au double souci : libérer les chercheurs des tâches de développement du logiciel, assurer une qualité industrielle des produits issus de la recherche.



Conclusion

La réalisation de l'atelier flexible expérimental de l'ENS de Cachan a permis de former à ces nouvelles techniques une équipe pluridisciplinaire annuelle de 40 personnes. L'activité scientifique a été centrée sur le concept de production intégrée par ordinateur. La qualité de nos résultats de recherche a permis de mettre en place une structure de recherche "université-industrie" adaptée aussi bien aux contrats passés avec de grandes industries qu'avec ceux passés avec les petites et moyennes entreprises.

Moyen expérimental : L'Atelier Automatisé Flexible

Cet atelier a été conçu le plus ouvert possible. Il comprend :

Une cellule de fraisage :

- un centre d'usinage 4 axes à axe de broche horizontal, équipé d'une CN NUM 760F, et d'un magasin 30 outils ;

- un changeur de palette (réalisation LURPA) ;
- un robot à bras articulé LURPA F30, équipé d'une CN ROBONUM 800 ;
- 3 postes d'échange avec les chariots filoguidés ;
- un automate TSX 87 ;
- Un communicateur de réseau FACTOR ;
- un calculateur de conduite type PC XT.

Une cellule de mesure :

- une machine à mesurer tridimensionnelle MMT 13 08 06 de la société SEIV-Renault, équipée d'un calculateur HP 9826 et d'un PDP 1153. Précision suivant les axes 3μ , dans l'espace de la machine 7μ ;
- un robot à bras articulé LURPA F 30, équipé d'une CN ROBONUM 800 ;
- un magasin à 2 postes type ascenseur ;
- un automate TSX 87 ;
- un communicateur de réseau FACTOR ;
- un calculateur de conduite type PC XT ;
- 3 postes d'échange avec les chariots filoguidés.

Une cellule de tournage :

- un tour TWIN (en prêt), équipé d'une C.N. NUM 460TM22 ;
- un robot portique LURPA à 2 bras articulés ;
- un automate SMC 200.

Un Magasin Automatisé 140 casiers :

- un transtockeur équipé d'un automate TSX 60 ;
- un automate de gestion TSX 80 ;
- un calculateur de conduite type PC XT ;
- 4 postes d'échange avec les chariots filoguidés.

Deux Robots de Transport (chariots filoguidés) :

- 2 chariots filoguidés équipés d'un système microprogrammé spécifique ;
- 1 HP 1000 A600 avec 4 multiplexeurs 8 voies.

Des Postes Manuels de préparation des outillages :

- 5 postes d'échange avec les chariots filoguidés ;
- une machine à mesurer manuelle MFO ;
- un calculateur type PC XT support du logiciel de mesure MESTRID ;
- un automate Télémécanique TSX 67.

Une Station de Lavage :

- un robot à bras articulé LURPA F 30, équipé d'une CN prototype.

(2) L'association ADULOF, dont le siège se trouve à l'ADETIEF, 9, rue Pierre le Grand, 75008 Paris, est ouverte à tout industriel concerné par l'usinage de formes 2D ou 3D sur machines à commande numérique.