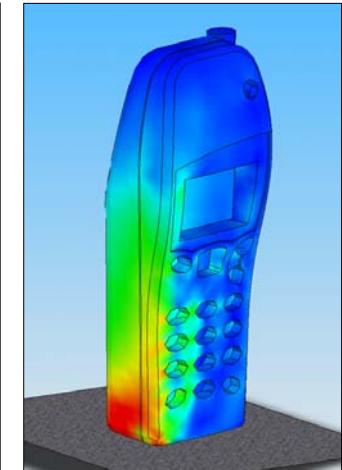


Ingénierie Numérique & Collaborative

1 - Présentation du cours



Pascal MORENTON
pascal.morenton@ecp.fr
<http://www.designworkshops.fr>

Intervenants



Pascal MORENTON

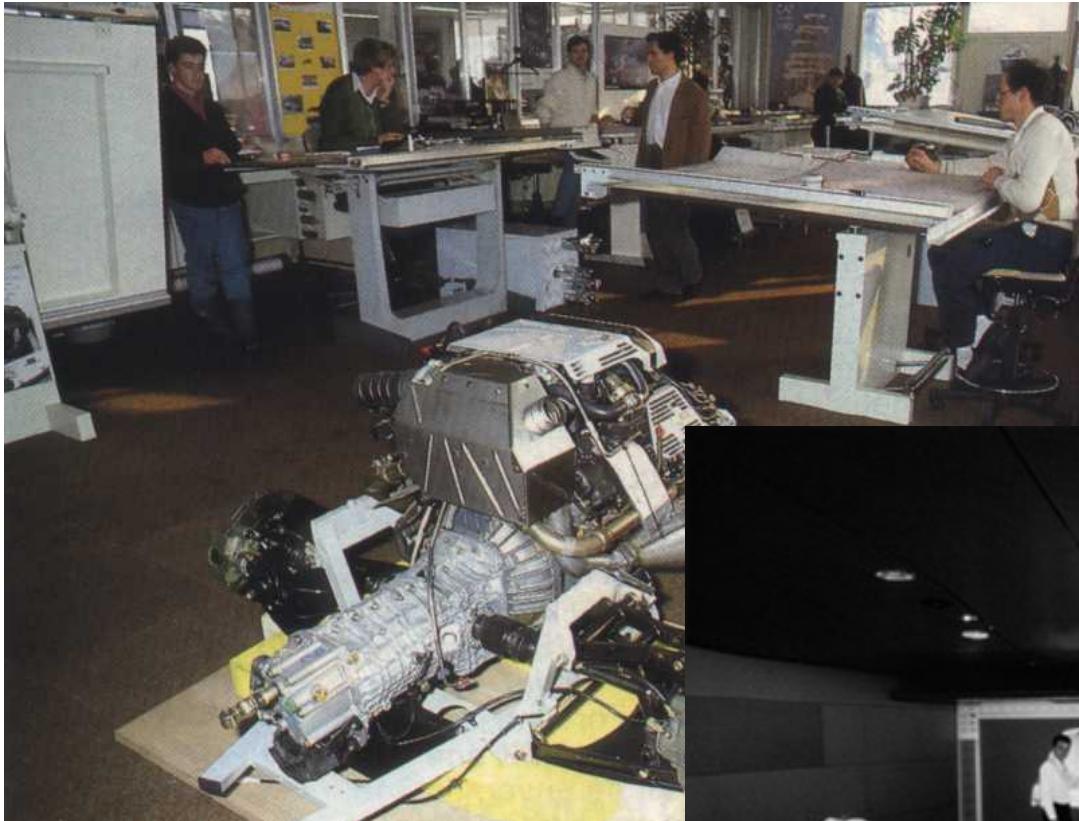
pascal.morenton@ecp.fr



Laurent CABARET

Laurent.cabaret@ecp.fr

Deux images prises à 50 ans d'intervalle ...



Organisation du cours - Objectifs

- Présenter les principaux concepts, outils et méthodologies liés au déploiement de l'ingénierie numérique et collaborative dans les activités de conception et de recherche-développement
- Présenter les pratiques actuelles et les mutations en cours dans ce domaine avec l'aide de témoignage d'industriels
- Vous permettre de traiter une étude de cas exemplaire nécessitant la mise en œuvre de quelques concepts, outils ou méthodologies de l'ingénierie numérique et collaborative

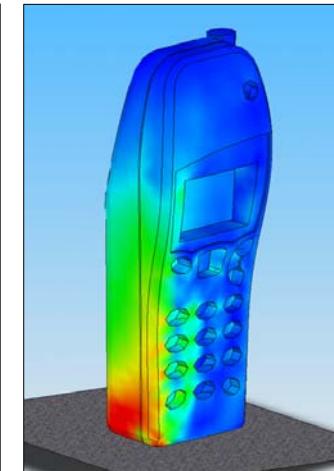
Organisation du cours – volumes horaires

- Cours et présentations en amphi : 6h
- Conférences industrielles : 2 x 1h
- Formation à des logiciels de CAO : 9h
- Réalisation d'une étude de cas : 12h
- Soutenance lors de la dernière séance : 15 mn

Assiduité et ponctualité sont des pré-requis non-négociables pour ce cours !

Ingénierie Numérique & Collaborative

2 – Une introduction



Pascal MORENTON
pascal.morenton@ecp.fr
<http://www.designworkshops.fr>

Ingénierie numérique

maquette numérique

Ingénierie collaborative

entreprise étendue,

Ingénierie concourante et intégrée

plateau projet

1. Deux premiers exemples

2. Quelques éléments du contexte industriel

3. L'ingénierie numérique

4. L'ingénierie collaborative

5. L'ingénierie concourante et intégrée

Un premier exemple : le projet BIOLISS

FR BE CH
Aide/Contact Mon compte Mon panier

Accueil Forme et beauté Cuisine Maison et entretien Bricolage et jardinage Multimédia Bijoux Puériculture Loisirs Votre TV M6 Boutique

Votre recherche ici Choisissez une catégorie OK Commander avec le catalogue en ligne Recevoir la newsletter

Accueil > Tous vos produits > Forme et beauté > Visage > Soin


[Zoom](#)

EXFOLIFT
PROMOTION : - 70 EURO
La microdermabrasion à portée de tous !
Un concept novateur et unique Résultats visibles immédiatement Des vertus bénéfiques pour chaque type de peau Exfoliation Effet lifting

[Imprimer](#) [Voir le descriptif](#)

199,00€
Notre meilleur prix : **129,00€**
Frais de port : 8,95€
Recyclage : 0,05€
Total : 138,00€

Paiement multiple : 34,50€ / mois* x4

* Montant moyen des échéances. [Cliquez ici pour en savoir plus.](#)

CLIQUEZ ICI !

CES ARTICLES PEUVENT ÉGALEMENT VOUS INTÉRESSER :

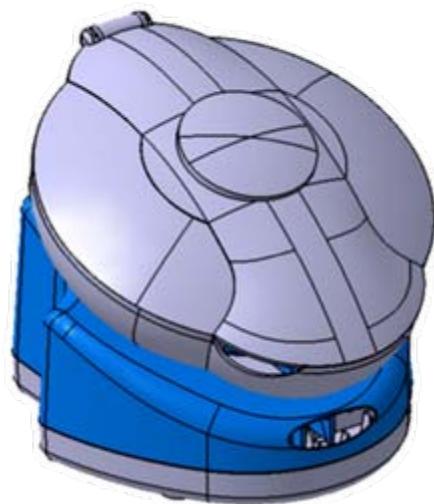
▼ Même catégorie ▶ Accessoires

 0,99€

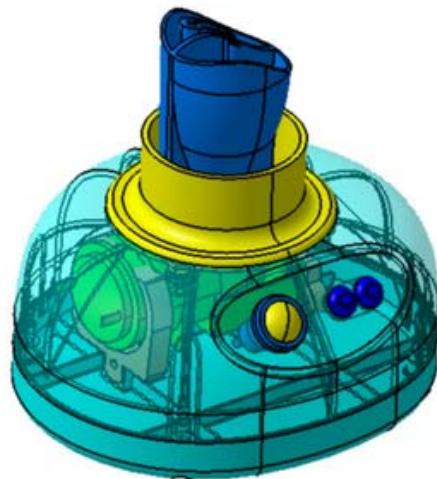
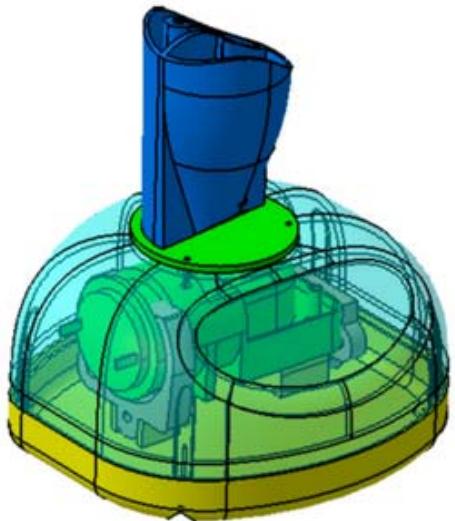
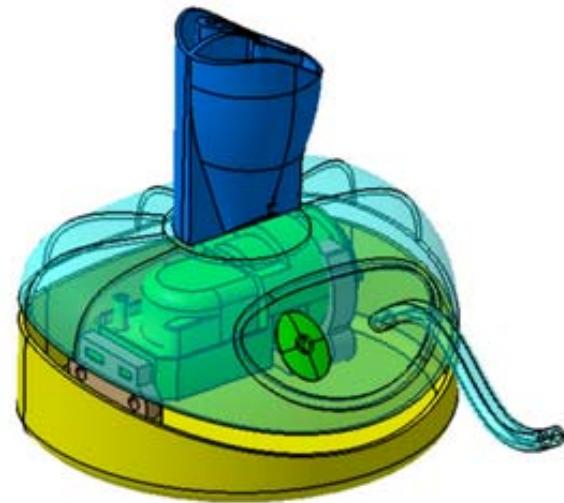
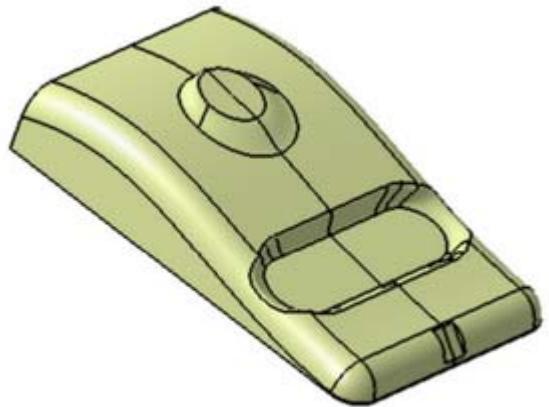
Bioliss - Procédé de microdermabrasion



Canon



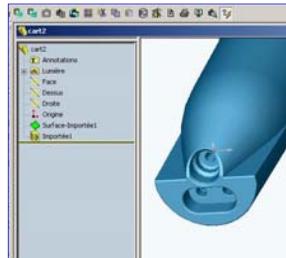
L'ingénierie numérique dans le projet



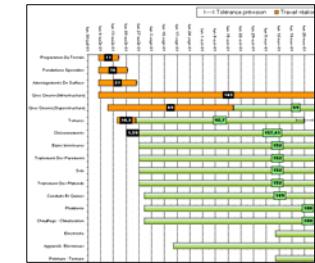
Quelques flux dans le projet



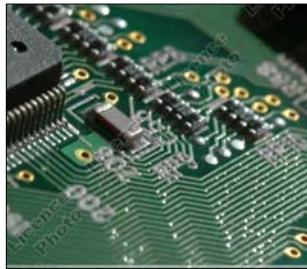
Client



Designer



Chef de projet



Electronicien



Concepteur



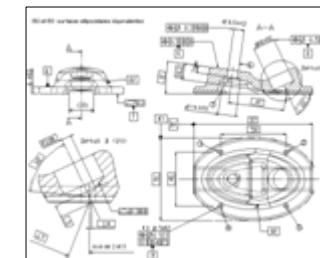
Mouliste



Praticien



prototypiste



Conseil en
industrialisation

Une première problématique : la gestion des documents

Contenu typique d'un répertoire en fin de projet :

Nom	Taille	Type	Date de modification
7_3		Dossier de fichiers	31/01/2008 08:03
canon 10-12-03		Dossier de fichiers	31/01/2008 08:02
canon 12-11-03		Dossier de fichiers	31/01/2008 08:01
CAO finale 22-12-03		Dossier de fichiers	31/01/2008 07:51
CAO finale corrigée 18-02-04		Dossier de fichiers	31/01/2008 07:39
CAO livrees 24-03-04		Dossier de fichiers	
essai design		Dossier de fichiers	
logo		Dossier de fichiers	
V4		Dossier de fichiers	
V5		Dossier de fichiers	
assemblage bioliss.smp	75 K		
assemblage bioliss.stl	95 464 K		
assemblage bioliss.vmf	8 K		
assemblage bioliss_v.stl	23 381 K		
Bouchon Cartouche.igs	3 256 K		
Bouchon Cartouche.stp	1 075 K		
Couvercle.igs	2 916 K		
Couvercle.stp	965 K		
couvercleV5.CATPart	2 160 K		
couvercle-V5-7logo.igs	4 860 K		
Iges.zip	1 134 K		
pic18588.jpg	24 K		
Sat.zip	664 K		
Step.zip	454 K		

Gestion des duplications ?



PC Concepteur



Serveur de fichiers



Portable mutualisé



PC Responsable projet



Revue de projet



PC préparation prototypage



PC atelier



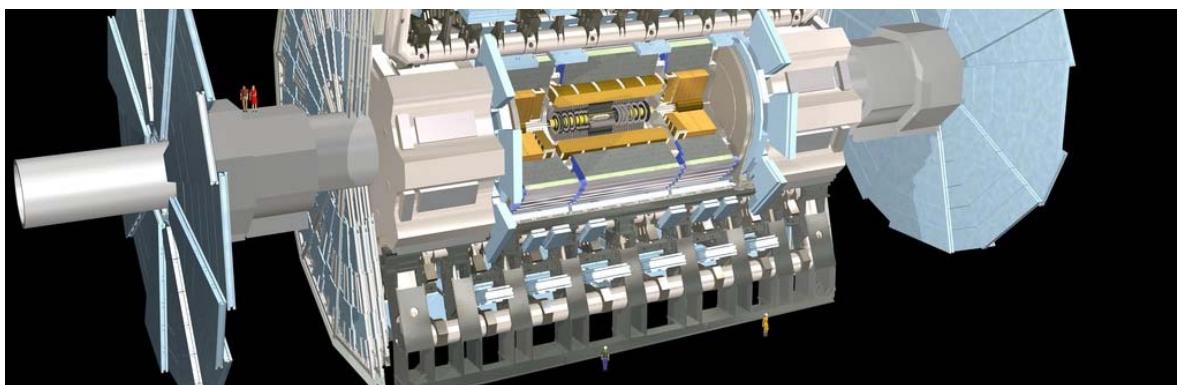
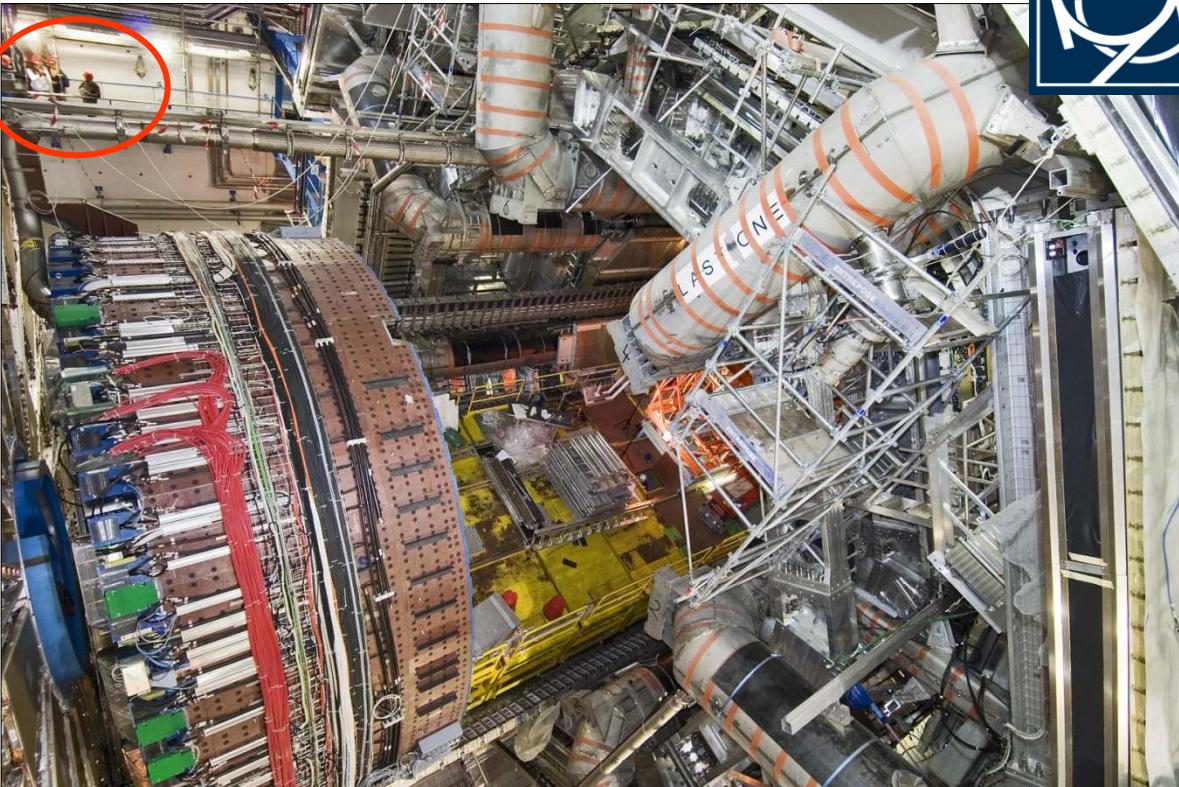
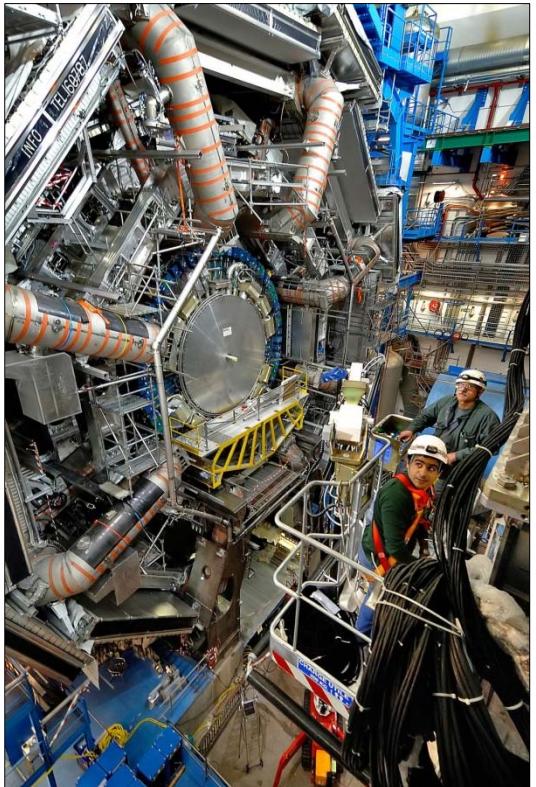
Quelques questions récurrentes au sein d'un projet ...

- Où trouver la dernière version validée ?
- Quel est le cahier des charges correspondant à une version donnée ?
- Quelle version a été fabriquée, a été livrée ?
- Quelles sont les personnes ayant été notifiées de la dernière modification ?
- Les acheteurs ont-il accès aux bonnes données de conception ?
- etc

Une illustration ...



Exemple en recherche : le projet ATLAS

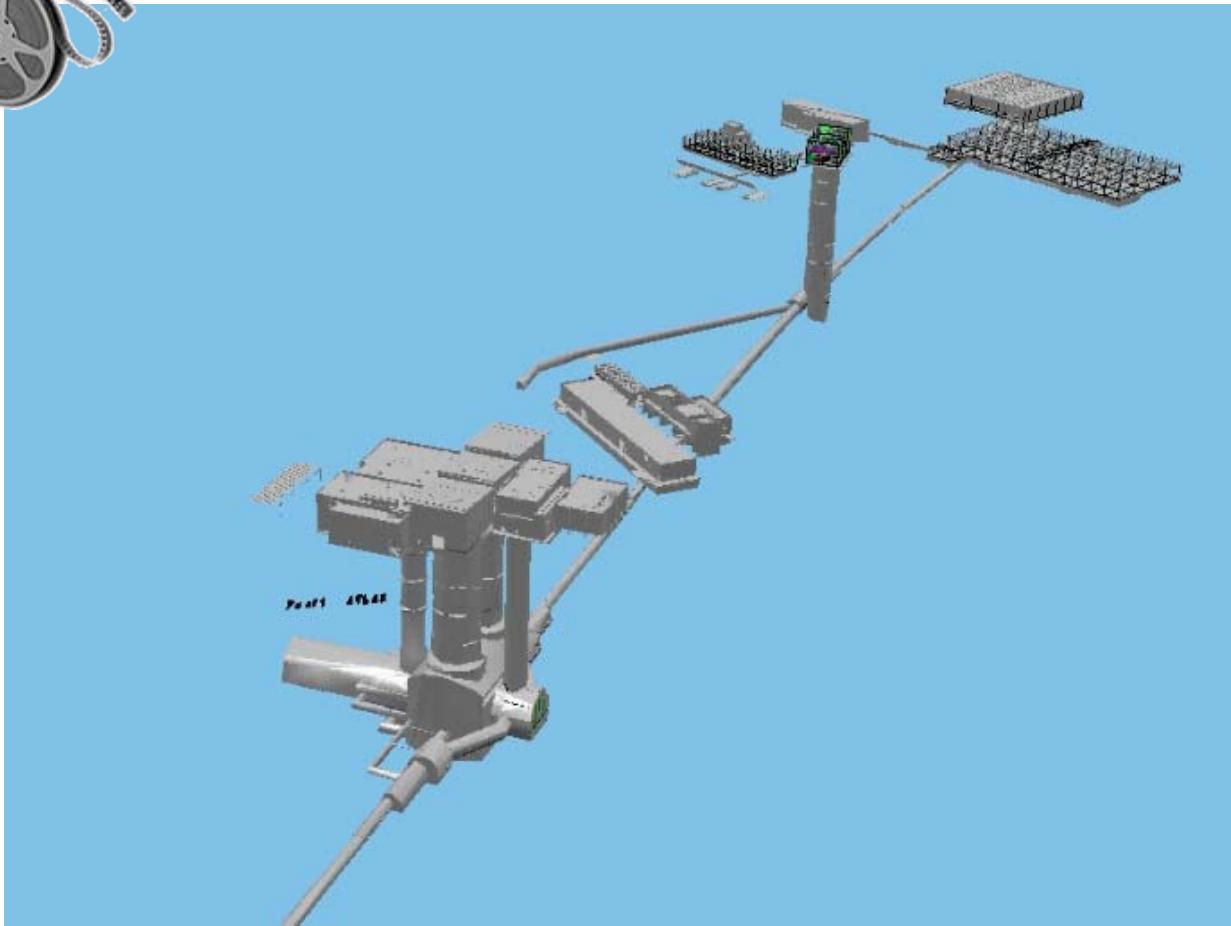


La complexité au CERN ...



Pascal MORENTON - pascal.morenton@ecp.fr

Video CERN



DMU / video CERN

Une collaboration internationale

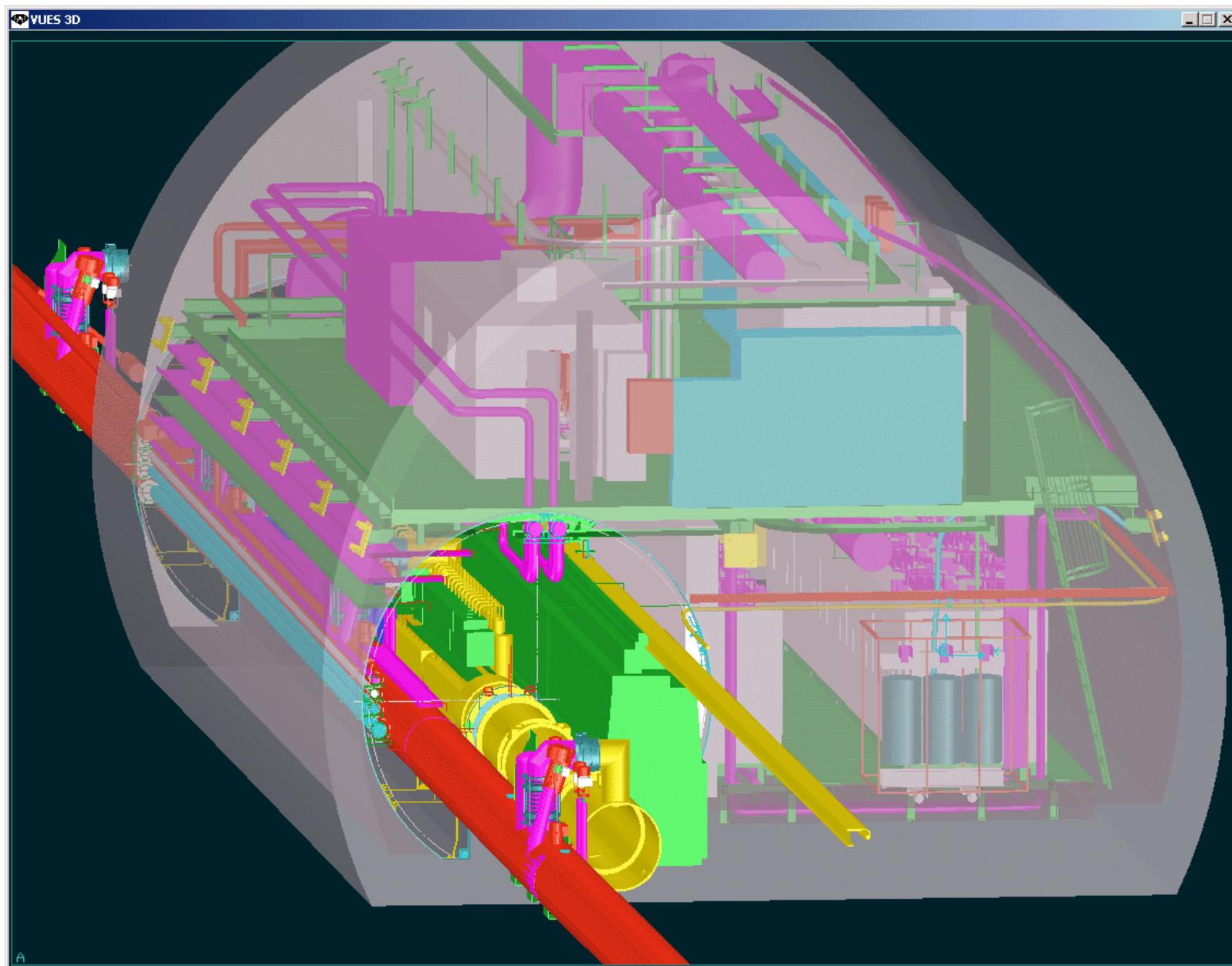


Une collaboration internationale

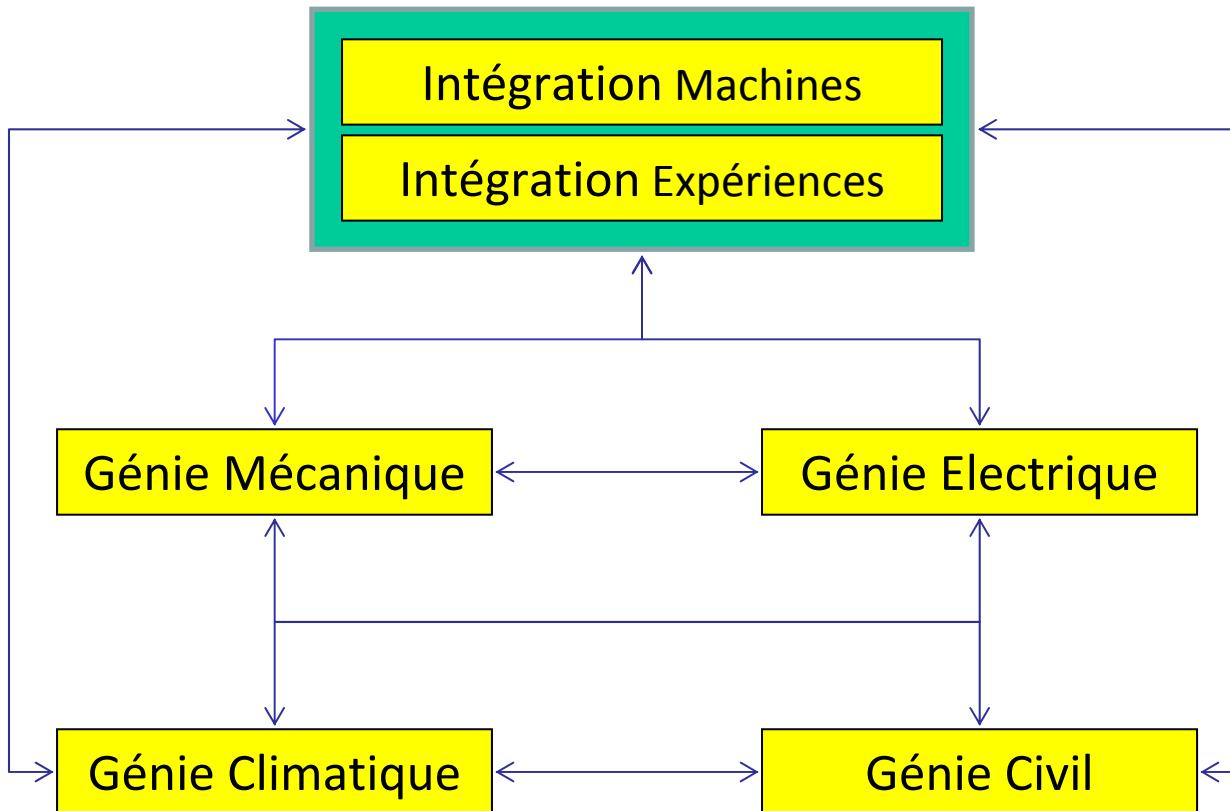


2500 scientifiques ont collaboré à ATLAS

Exemple d'intégration dans un tunnel

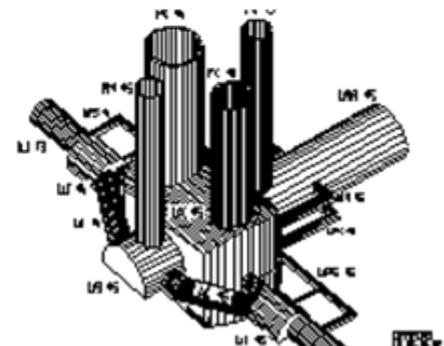
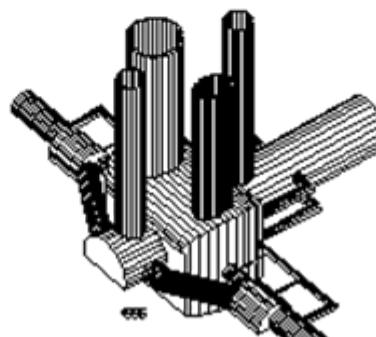
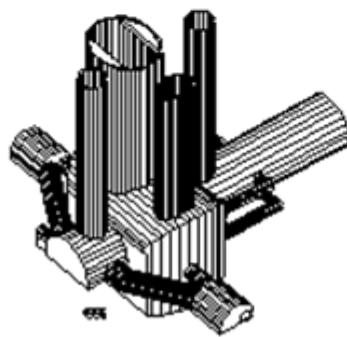
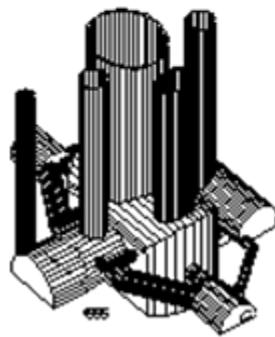
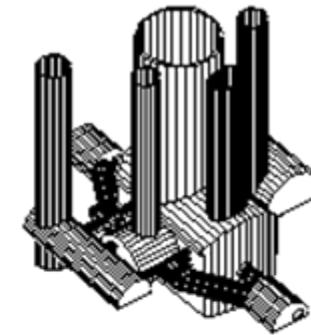
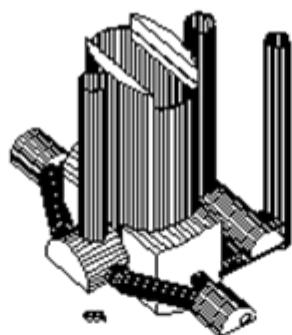
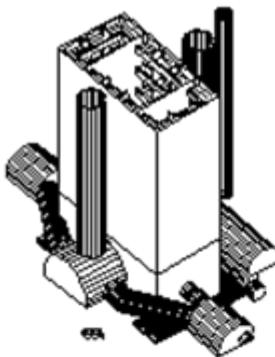
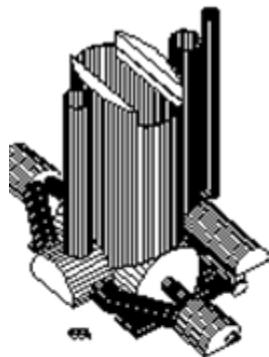


Travail collaboratif pluridisciplinaire



d'après G. Fournier – B. Féral

Evolution de la conception 1/2

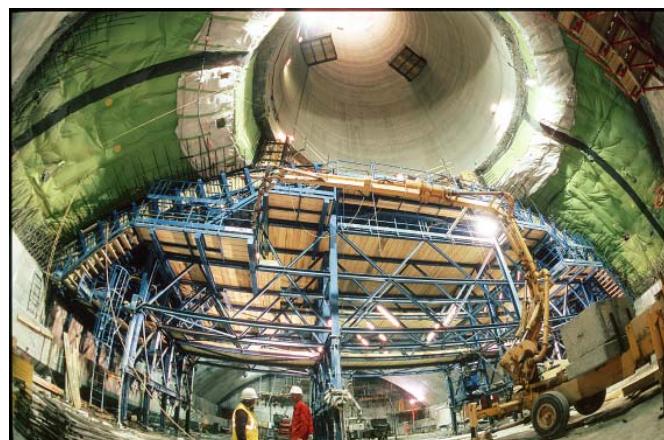


PUTS ELLIPTIQUE 20 = 25 ET FLX = 14

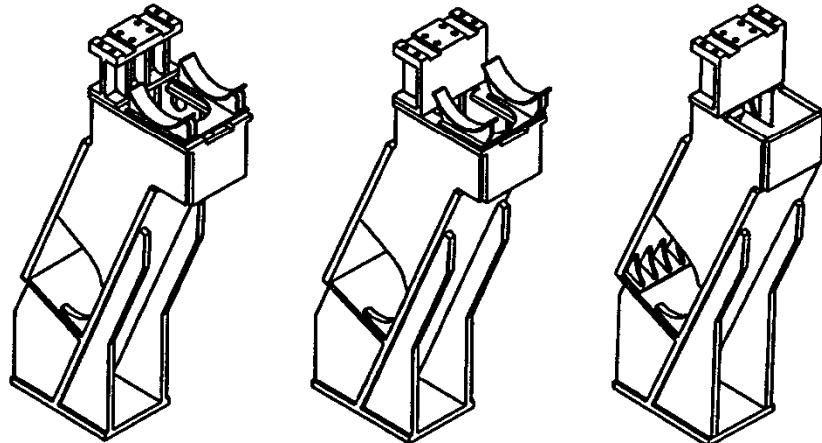
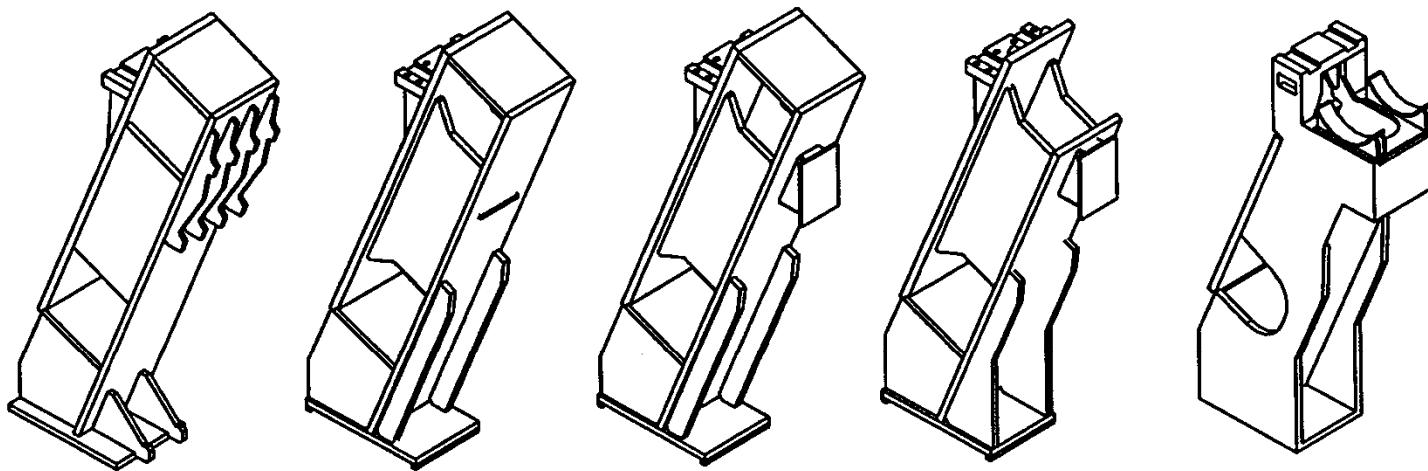
PUTS ELLIPTIQUE 20,5 = 22 ET FLX = 12

PUTS Ø 16 ELLIPTIQUE 16 = 14

PUTS Ø 16 ELLIPTIQUE 16 = 14

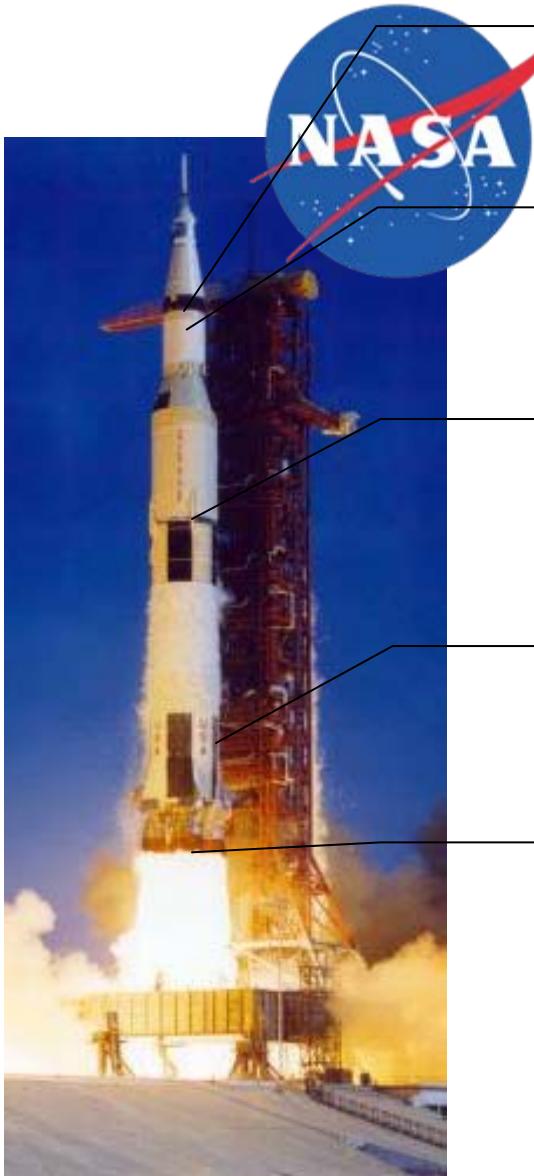


Evolution de la conception 2/2



1. Deux premiers exemples
2. Quelques éléments du contexte industriel
3. L'ingénierie numérique
4. L'ingénierie collaborative
5. L'ingénierie concourante et intégrée

Un peu d'histoire ... 1/2



Case à équip.



3^{ème} étage

Douglas aircraft

2^{ème} étage



1^{er} étage



Moteurs

RocketDyne

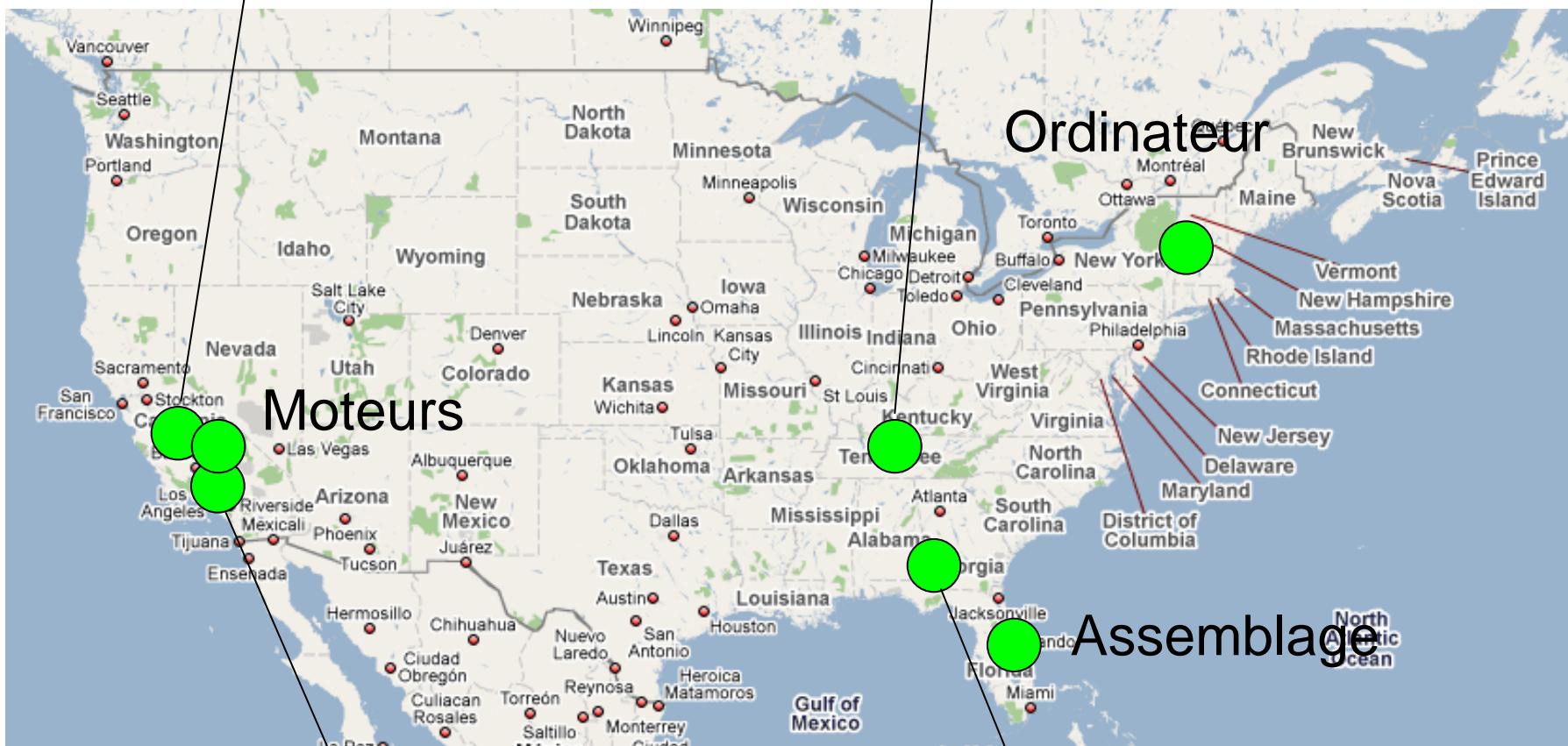
Ordinateur



Un peu d'histoire ... 2/2

3^{ème} étage

Case à équip.



2^{ème} étage

1^{er} étage

Et aujourd'hui ?

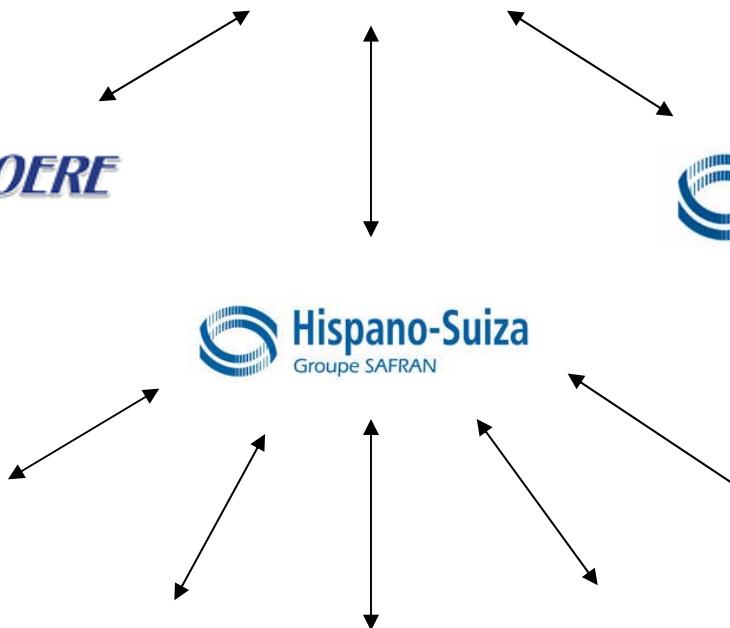
1
*donneur
d'ordre*



150
*sous-traitants
de rang 1*



1500
*sous-traitants de
rang 2 et plus*

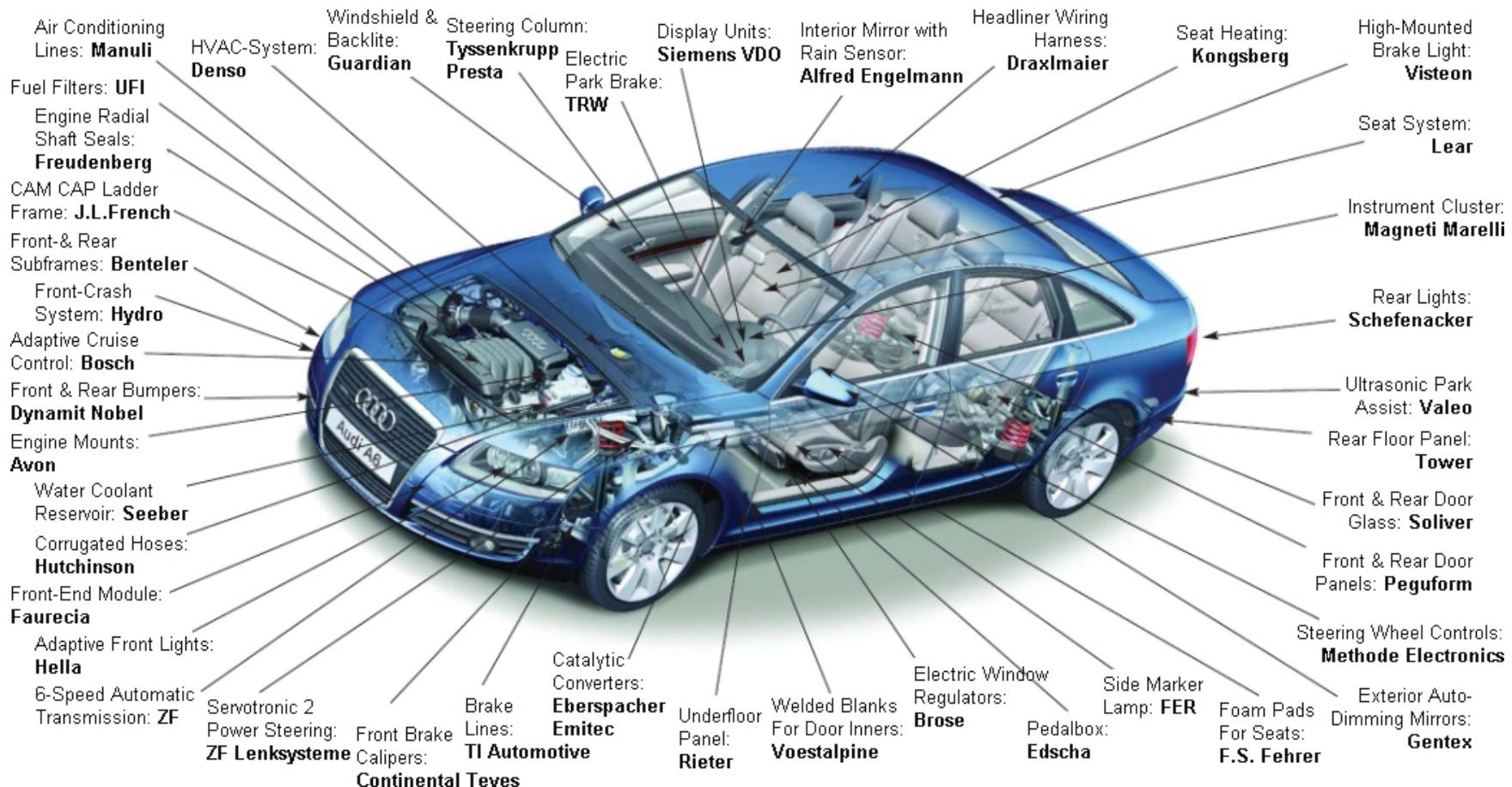


Exemple industriel 1 : développement de l'A380

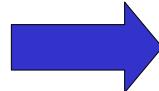


Tests / Avion – A380 en 7 minutes

Exemple industriel : développement automobile 1/3



Sous-traitants

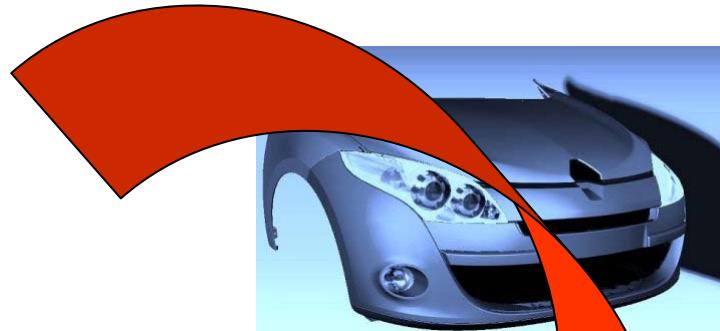


Co-traitants

Donneur d'ordre



Flux de design



Flux de contexte



Co-traitance

Exemple industriel : développement automobile 3/3

Plan du site | Hotline | Formation | English Recherche ok +

 **RENAULT**

IAO ENTREPRISE ETENDUE

Accueil **CATIA v5** **CATIA v4** **Conventions d'échanges** **Accès à la maquette numérique** **Outils**



Bienvenue sur le site de l'Entreprise Etendue de Renault
L'IAO étant en constante évolution, ce site doit permettre aux acteurs Renault et Partenaires d'être au même niveau d'information dans ce domaine, et de travailler avec les mêmes paramètres au même moment. Ce site comporte des niveaux de sécurité. En effet, il y a trois types d'accès:
- Un accès public
- Un accès privé pour tout partenaire Renault possédant un compte utilisateur Renault (IPN)
- Un accès Renault réservé aux utilisateurs Renault

[Les dernières nouveautés]



Changement de release CatiaV5
02/08/2006
Au courrant du mois d'octobre 2006 la solution CatiaV5 R16 SP4 sera déployée chez Renault (sans impact pour les projets CatiaV4). Contactez votre revendeur Catia pour vous procurer cette nouvelle configuration.
Afin de vous assurer d'une compatibilité totale avec Renault, n'oubliez pas de mettre à jour votre environnement CatiaV5 pour R16.

- Les Settings, Catalogues, Applications métiers pour R16 seront disponibles sur SITAR début octobre.
- Pour les utilisateurs de GDGWeb et VPMWeb l'application SAM passera à la version 5.5 pour prendre en compte cette nouvelle release.
- L'outil PQA passera à la version C5-I19a compatible avec R16.

Focus CATIA v5

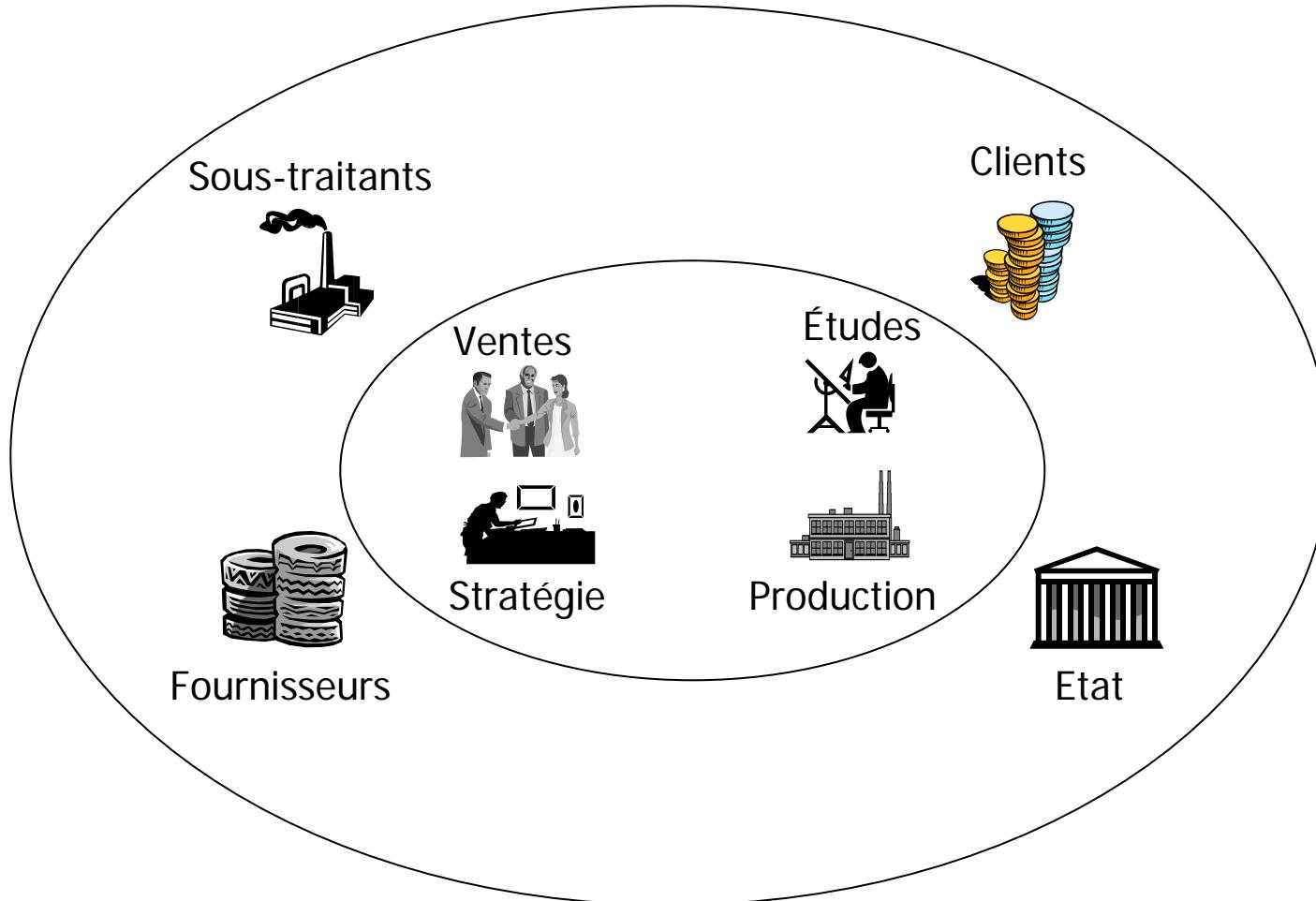
Qualité
» Retrouvez les informations sur la qualité CATIAv5

Environnement
» Retrouvez les informations sur l'environnement CATIAv5

Toute l'assistance

 **Problèmes techniques ?**
» Contactez la hotline

L'entreprise étendue



Sous-traitants → **Co-traitants ou Partenaires**

Exemples de coopérations industrielles dans le monde automobile chez PSA

- Boites de vitesses



- Petites voitures



- Moteurs diesel



- Moteurs essence



Plateforme « produit »

d'après Pr. T..W. Simpson – Pen State Univeristy

Plattform	VW	Audi	Skoda	Seat	Rolls-Royce/ Bentley	Lamborghini	Bugatti?
Sportwagen*	W12 Coupé/ Roadster					Diablo SV/ Diablo VT Roadster	EB 110
D	Luxuslimousine	A8 (Nachfolger)			Silver Seraph/ Arnage*		EB 112*
B/C	Passat Plus Passat	A4/A6					
A	Golf, Bora, Beetle	A3 TT Coupé/ Roadster	Octavia	Toledo (Nachfolger)			
A 00/ A 0	Polo, Lupo	A1 ₂	Felicia (Nachfolger)	Ibiza/ Cordoba, Arosa			



VW Golf IV



VW Bora



VW Beetle



Skoda Octavia



Audi A3



Audi TT coupe



Audi TT roadster



Seat Toledo
Successor

- VW prévoit de développer 19 véhicules sur sa plate-forme A
- VW estime les gains induits à 1.5 milliards de dollars par an

Diversité et complexité produit dans l'automobile – 1/2

- Passage d 'une production mono-produit à une famille de produit :



5 caisses « R19 »



8 caisses « Mégane »



9 caisses « Mégane 2»

- **Clio phase 2** : 270 versions
- **Clio phase 3** : 600 versions

10¹⁸ véhicules
« étudiabiles » pour un
nouveau projet

Configurez votre CLIO en 5 étapes

Etape 1 sur 5 1. Préférences 2. Version 3. Couleurs 4. Options 5. Récapitulatif Etape suivante >

Sélectionner un autre modèle Aide configuration

Vos Préférences :
Sélectionnez vos préférences parmi les critères proposés avant de définir la version de votre véhicule.

CARBURANT <input type="checkbox"/> Diesel <input type="checkbox"/> Essence	EQUIPEMENTS <input type="checkbox"/> Système de Surveillance de la Pression des Pneus <input type="checkbox"/> ESP <input type="checkbox"/> Régulateur de Vitesse <input type="checkbox"/> Système de navigation embarqué <input type="checkbox"/> Climatisation <input type="checkbox"/> Toit ouvrant <input type="checkbox"/> Cuir <input type="checkbox"/> Renault eco²
BOITE DE VITESSE <input type="checkbox"/> Boite manuelle <input type="checkbox"/> Boite robotisée "Quickshift" <input type="checkbox"/> Boite automatique	
NOMBRE DE PORTES <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5	

+ de photos Vue 360° Zoom



Le visuel ci-dessus peut ne pas correspondre au véhicule configuré

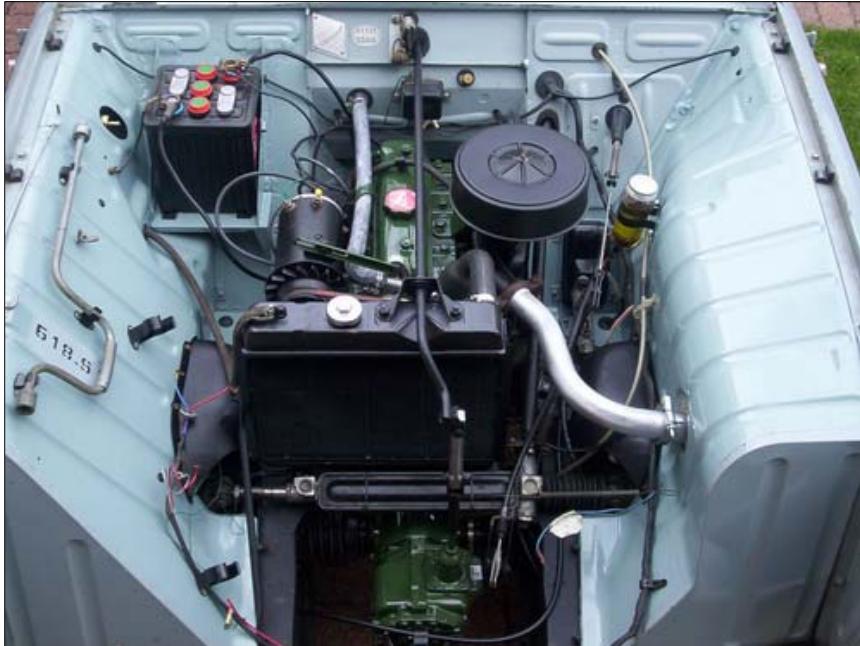
Envie d'une brochure, d'un essai, ... ?

CLIO

Diversité et complexité produit – 2/2



- Compacité →
- Multidisciplinarité →
- Intégration →
- Optimisation →

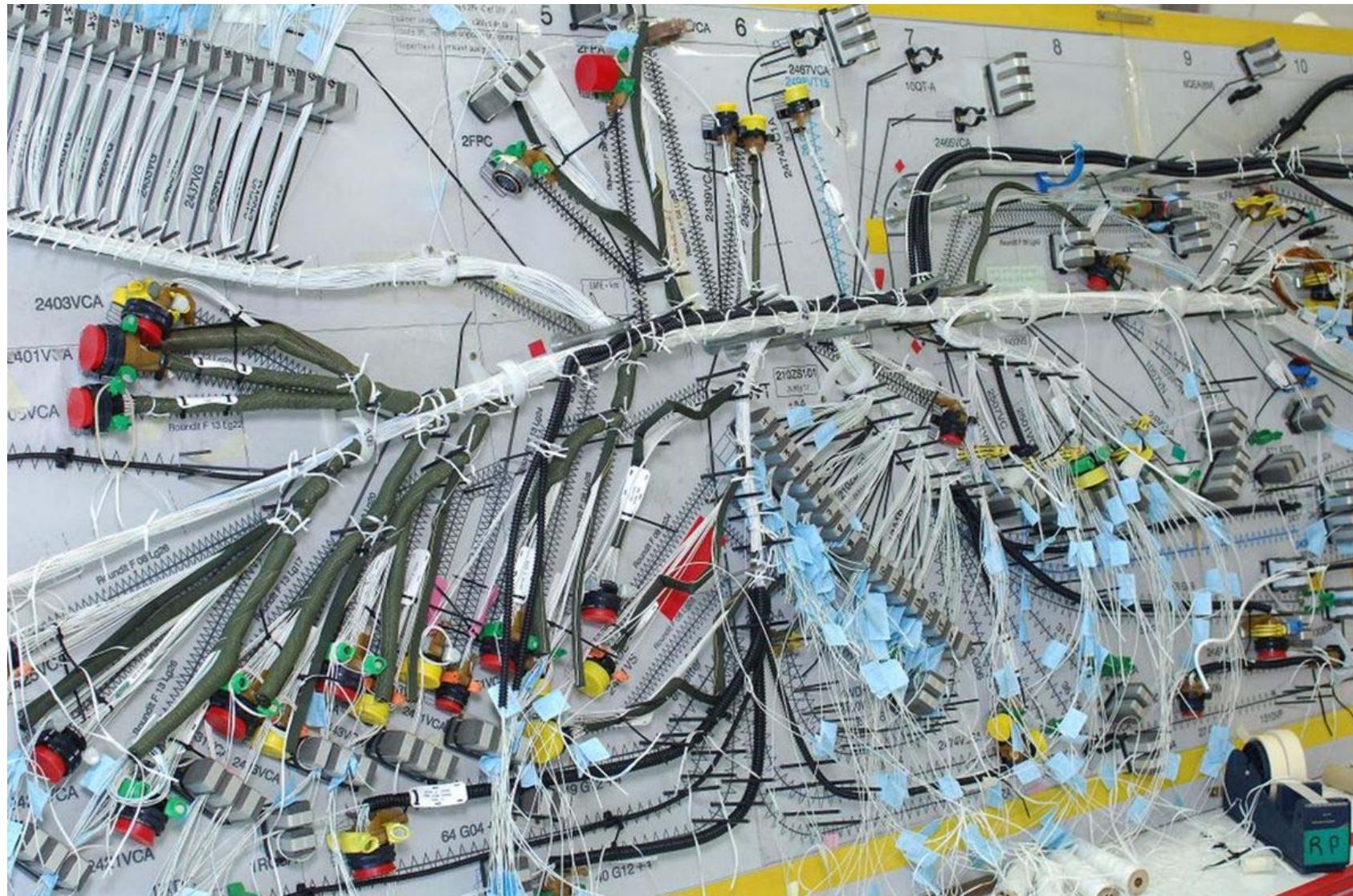


Diversité et complexité produit dans l'aéronautique - Câblage électrique de l'A319

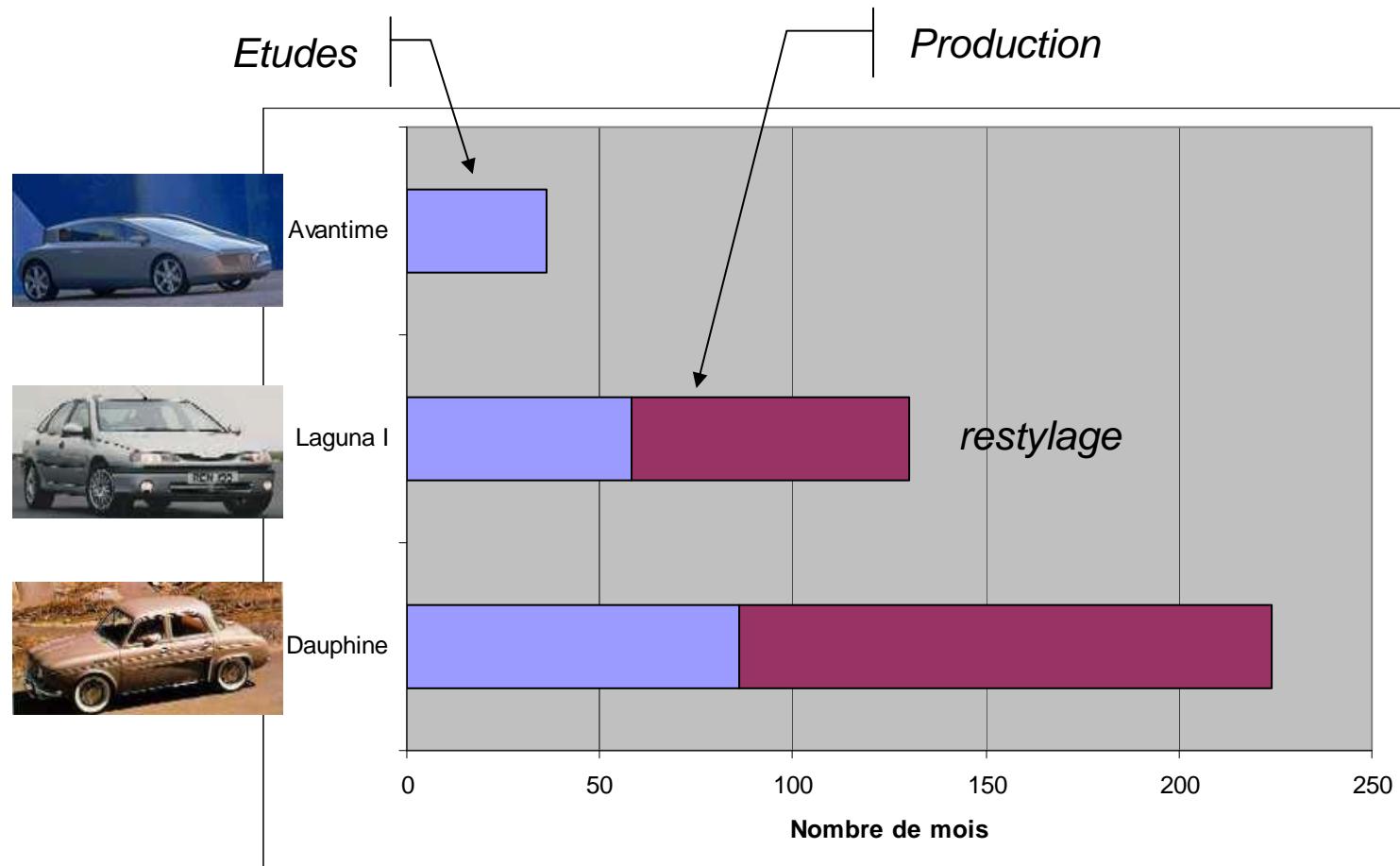


Pascal MORENTON - pascal.morenton@ecp.fr

Diversité et complexité produit dans l'aéronautique - Détail du câblage électrique



Accélération des cycles industriels – 1/2

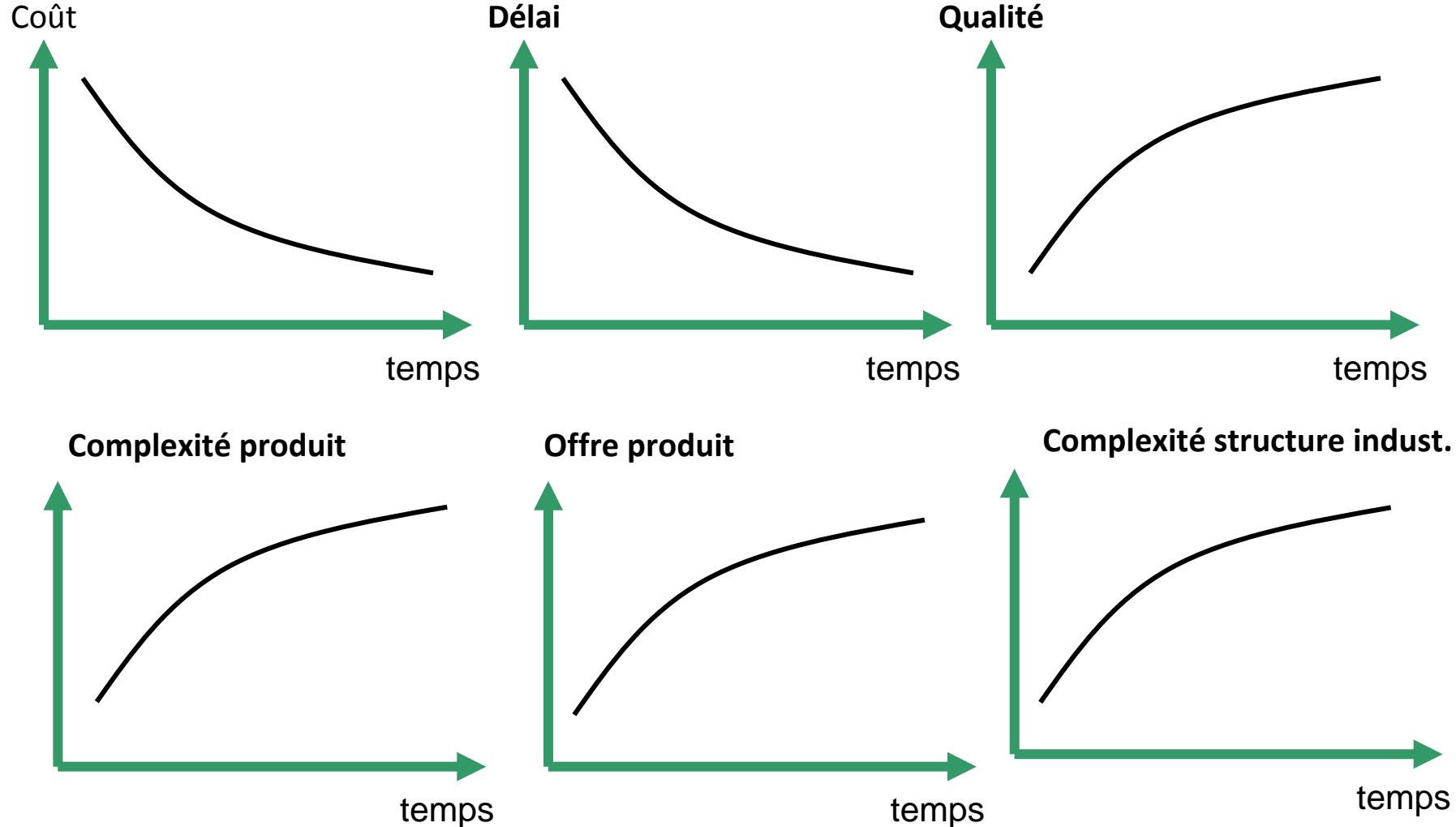


Accélération des cycles industriels – 2/2



14 nouveaux modèles / an

Conclusion



mais aussi : Réglementations, Certifications, Retrait / Maintenance, etc ...

1. Deux premiers exemples

2. Quelques éléments du contexte industriel

3. L'ingénierie numérique

4. L'ingénierie collaborative

5. L'ingénierie concourante et intégrée

PLACE AU TOUT NUMÉRIQUE

- Tolérancement géométrique, calcul et simulation, usine numérique, prototypage et fabrication rapide... Derrière ces mots se cachent des applications critiques pour la réduction des cycles de développement produit.



SOMMAIRE

CALCUL-SIMULATION
Optimiser le produit avant qu'il n'existe
Page 6

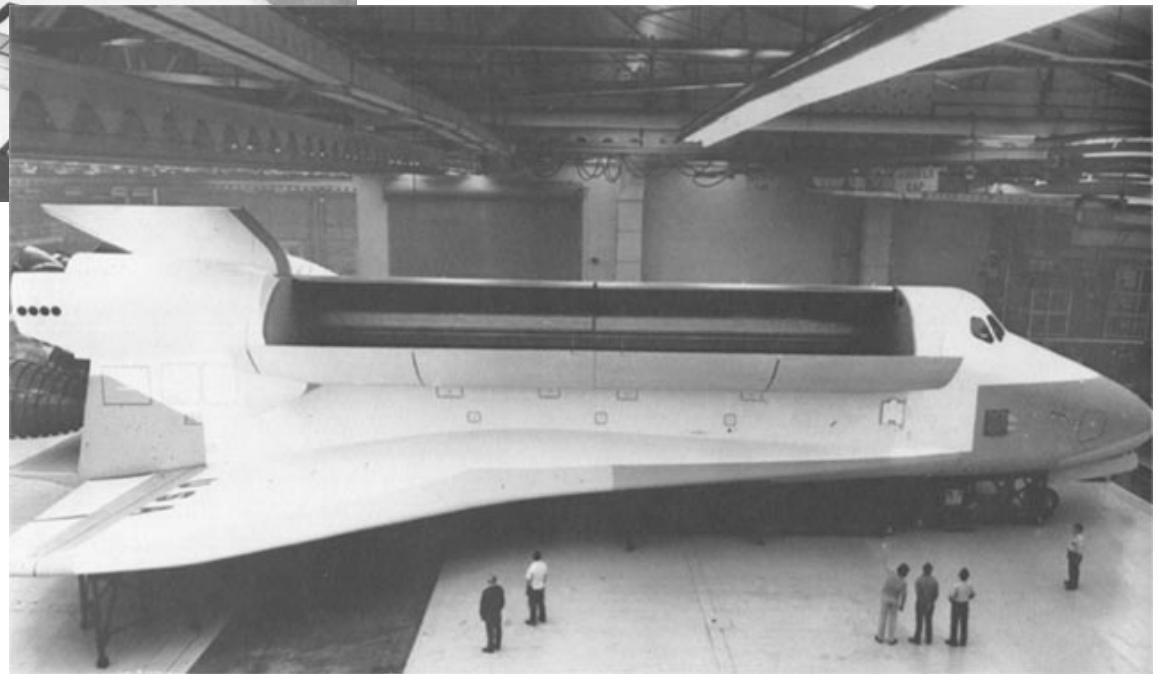
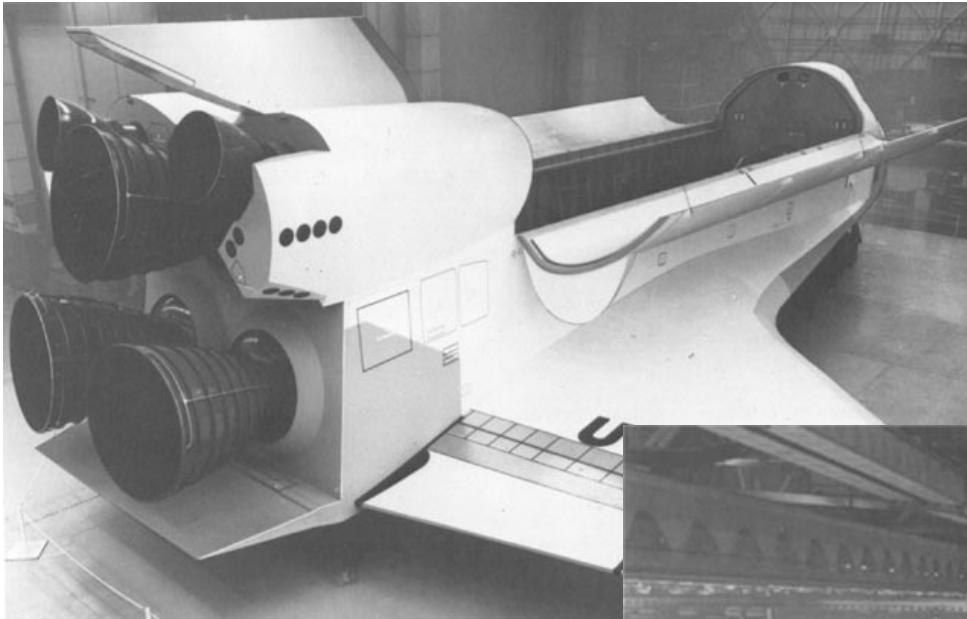
PROTOTYPAGE RAPIDE
La fabrication directe, nouvel Eldorado
Page 10

TOLÉRANCEMENT
Un outil à mieux exploiter
Page 14

FABRICATION
Vers un système de gestion global
Page 18

POUR UN LAVAGE PLUS
Simplification du lavage
sur les vêtements
sur mesure
www.les-entrepreneurs.com

Maquettes physiques



Exemple – Développement de l'A300



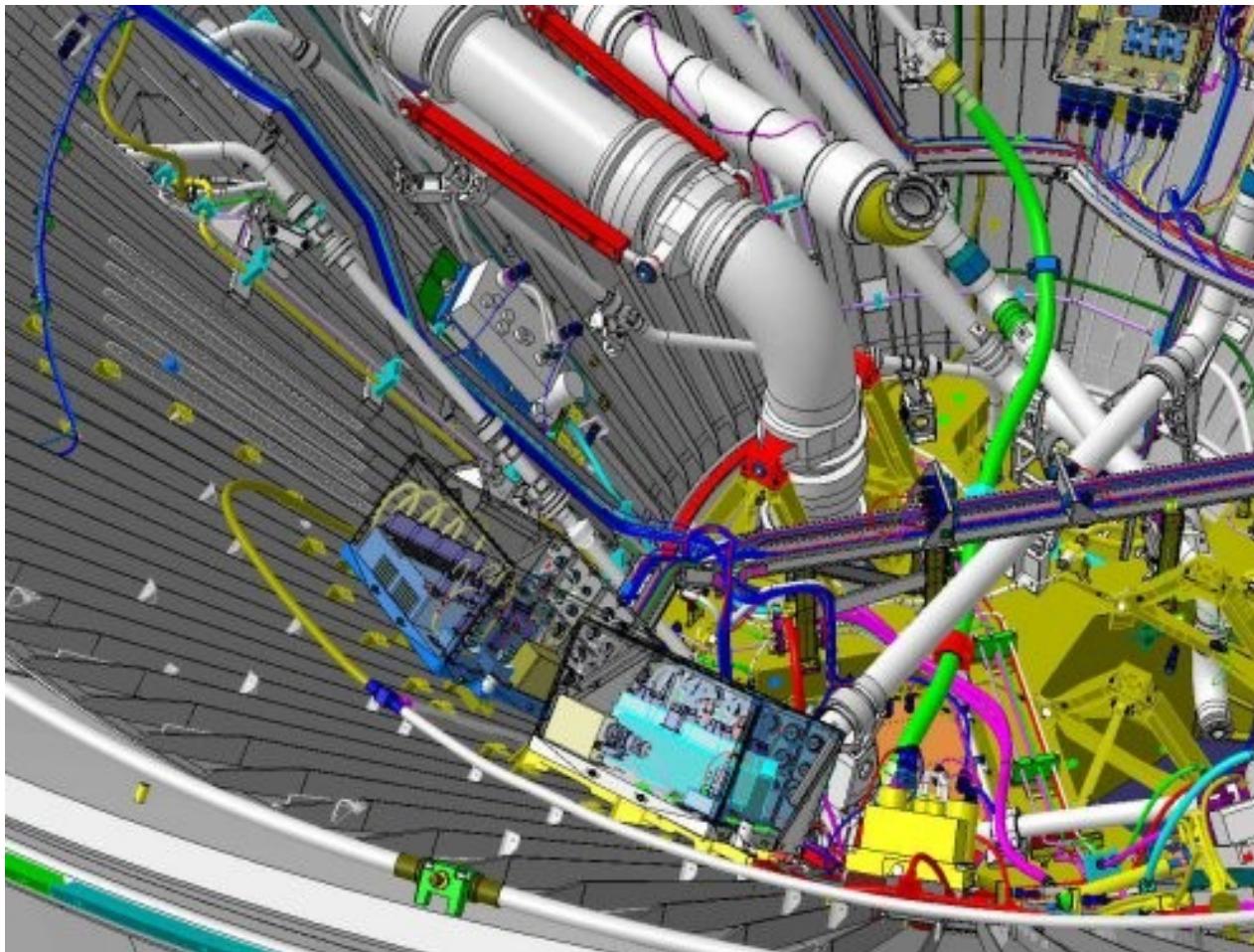
Exemples de tests « physiques »



Film sur un test de la voilure

Et sur les freins

Maquette numérique d'Ariane V sous CATIA V5



A

Déploiement de l'ingénierie numérique



Projet « IngéNum » de la société PEUGEOT



PEUGEOT

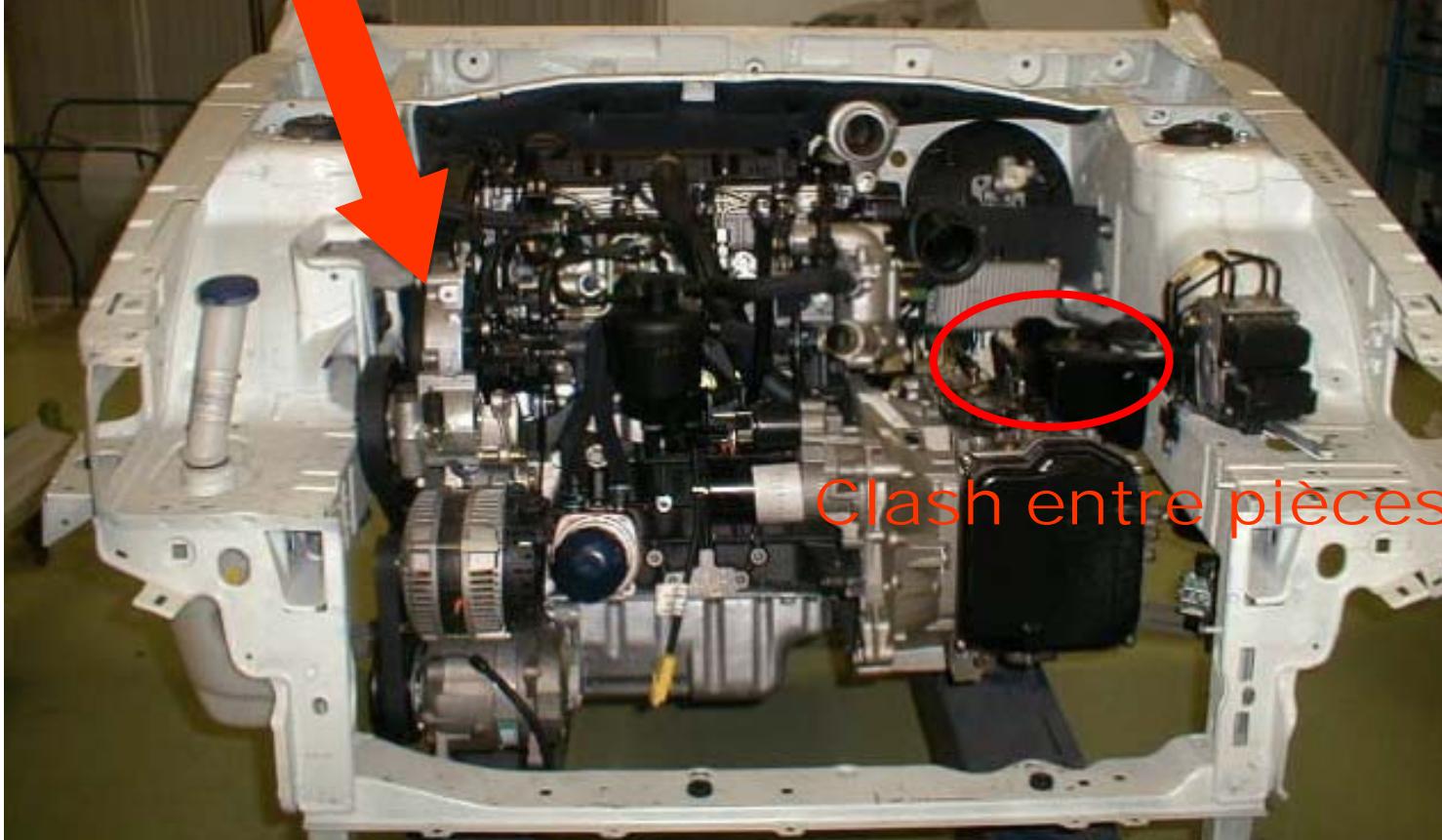


Objectifs du projet « IngéNum »

- réduction des coûts de 10%
- réduction du cycle de développement de 156 à 102 semaines

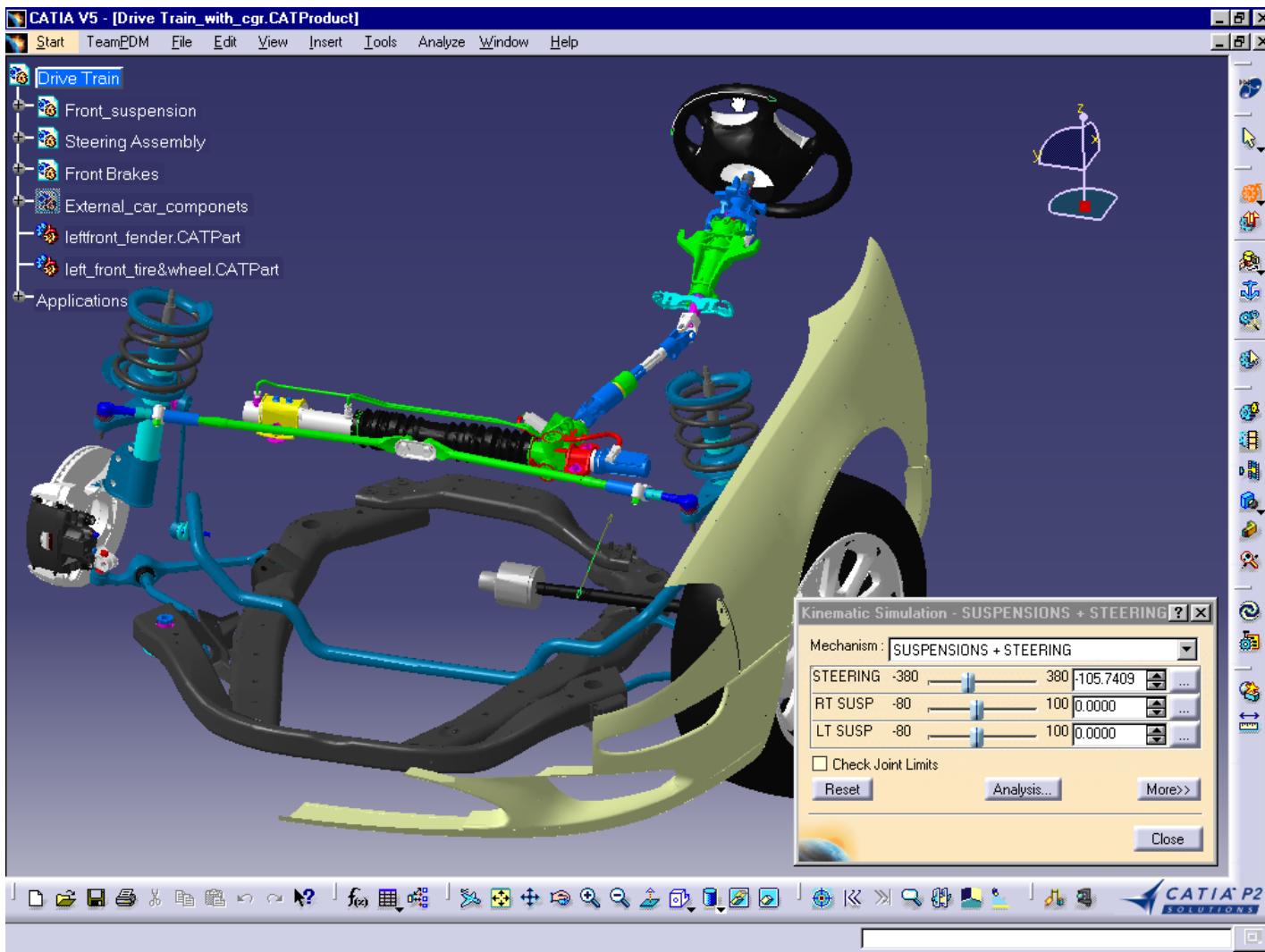
Exemple de maquette physique

Montabilité ?

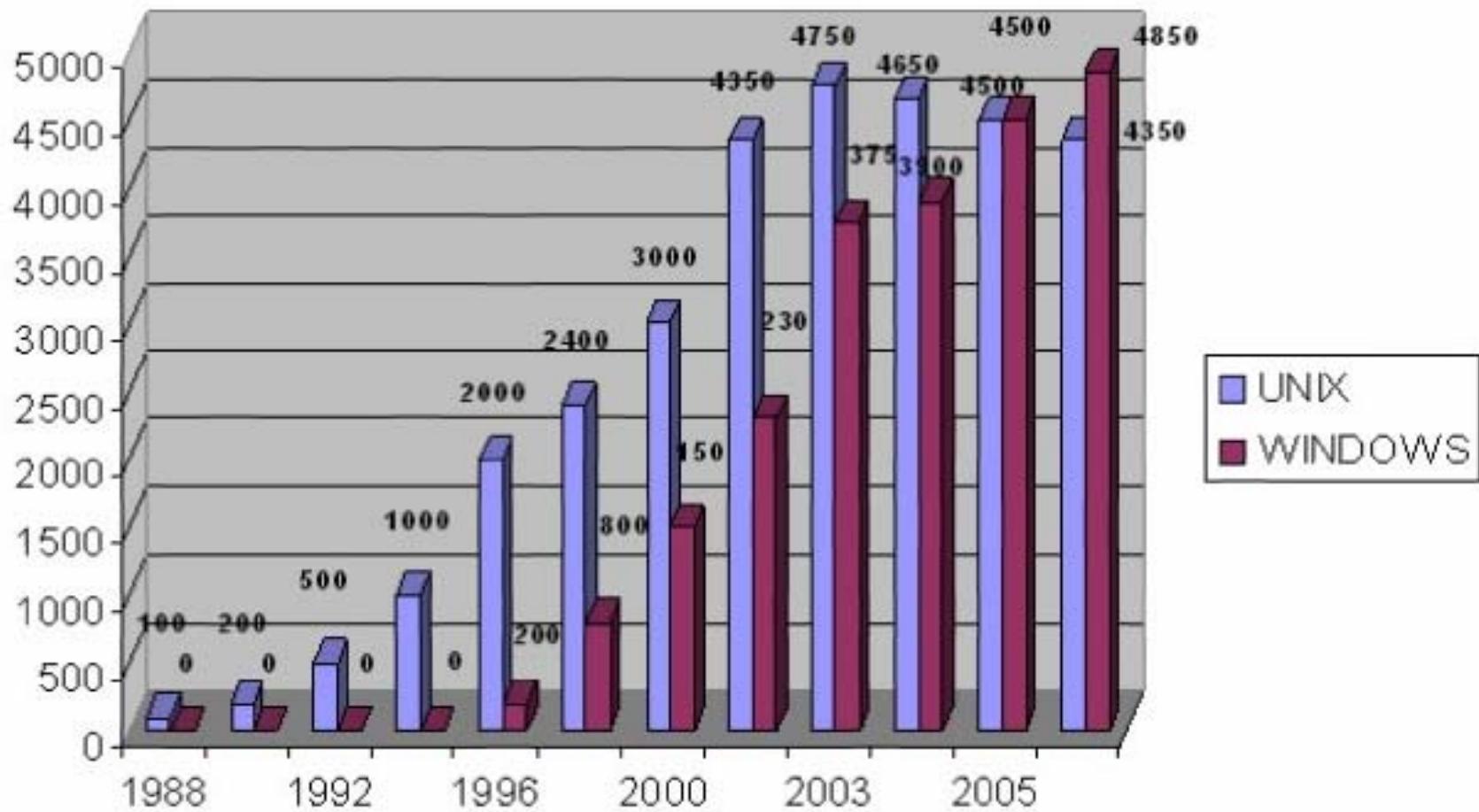


Clash entre pièces ?

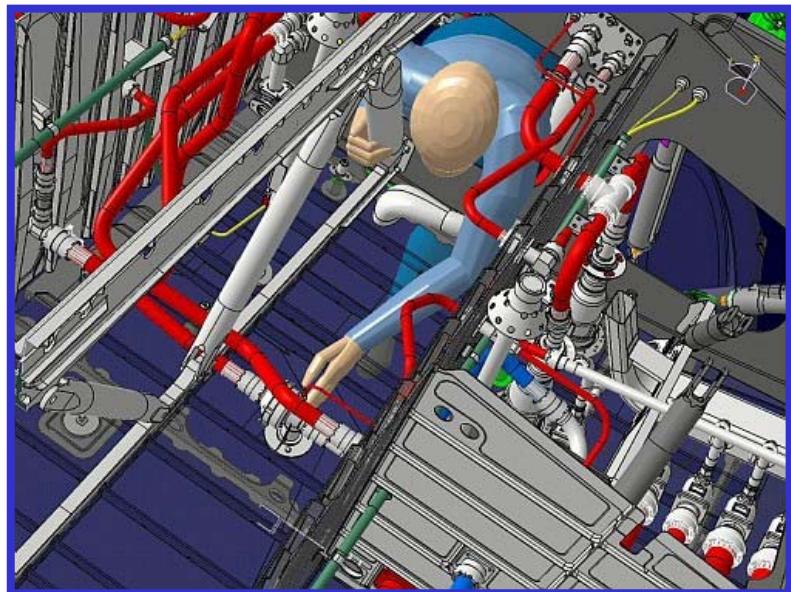
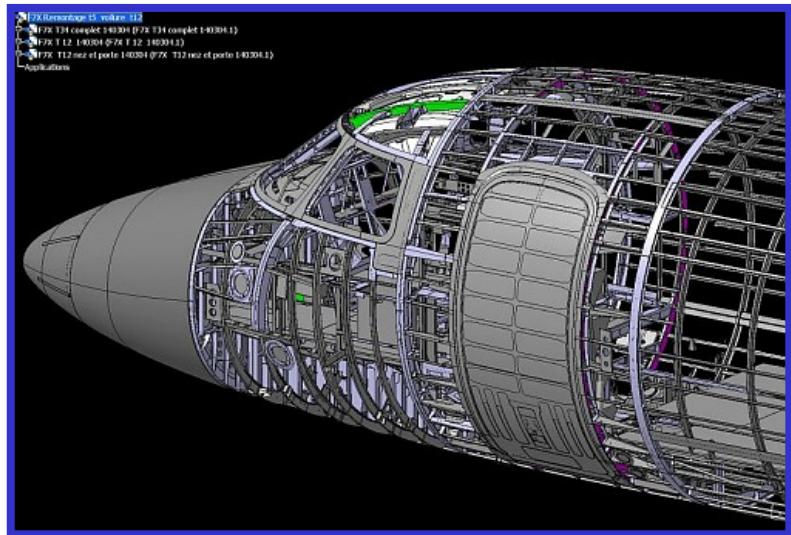
Maquette numérique



Evolution du parc CFAO chez PSA



Usage de la CAO en aéronautique



Une définition de la maquette numérique

La Maquette numérique est :

une représentation numérique étendue du produit utilisée comme plate forme de développement produit / process, de communication et de validation durant toutes les phases de la vie du produit.

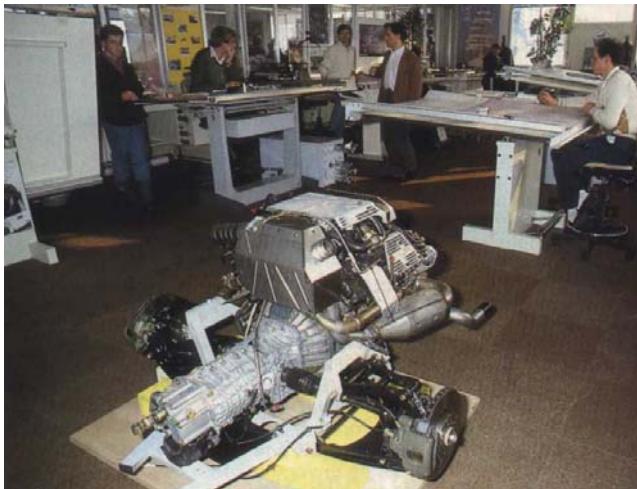
(définition donnée par le Consortium du projet Européen AIT — DMU BP)



Définition de l'ingénierie numérique

Ingénierie numérique : ensemble des activités utilisant un support numérique et ayant pour objet la conception rationnelle et fonctionnelle des ouvrages ou des équipements techniques et industriels, l'établissement du projet, la coordination et le contrôle de la réalisation.

(d'après *Dictionnaire Hachette en ligne*)



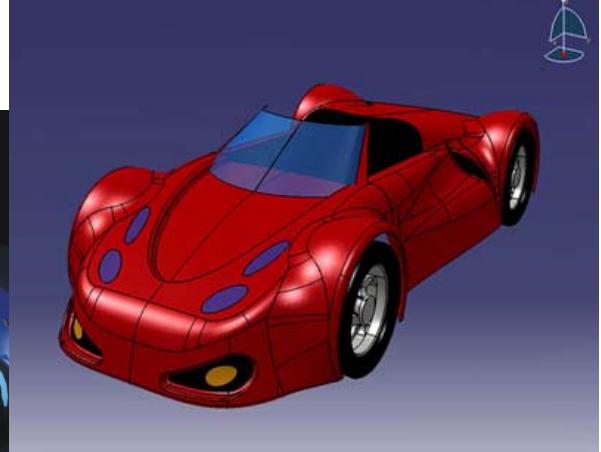
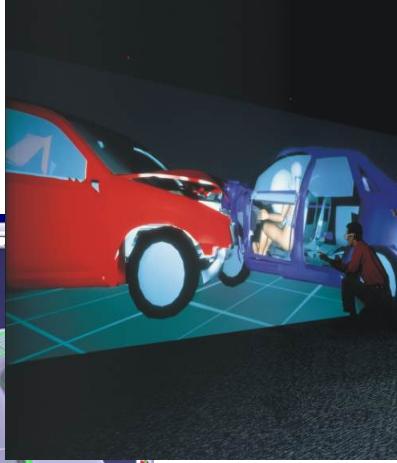
Les outils « XAO »



Ingénierie du
Processus Assistée
par Ordinateur
- IPAO -

Fabrication
Assistée par
Ordinateur
- FAO -

Pascal MORENTON - pascal.morenton@ecp.fr

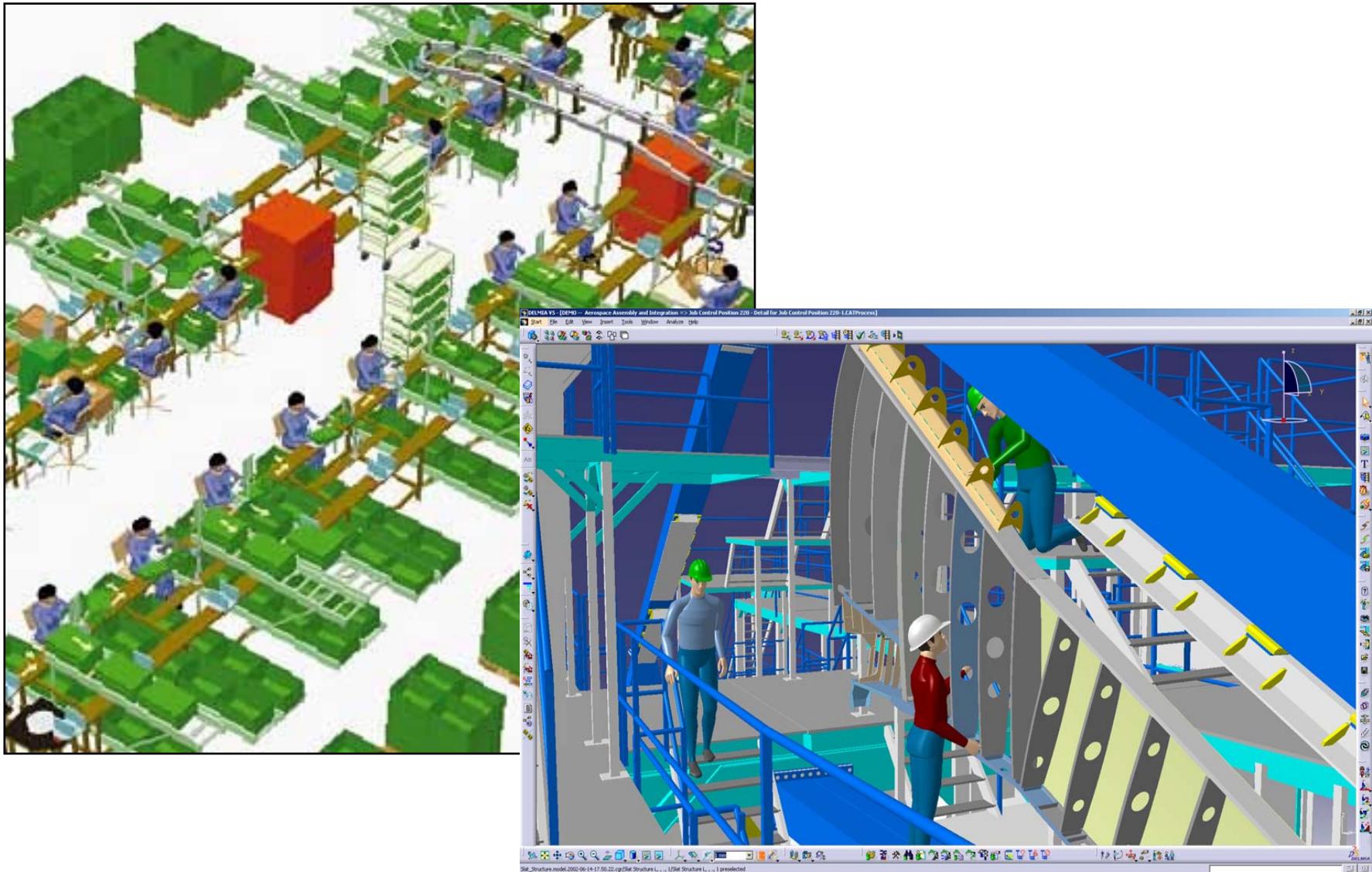


Ingénierie
Assistée par
Ordinateur
- IAO -

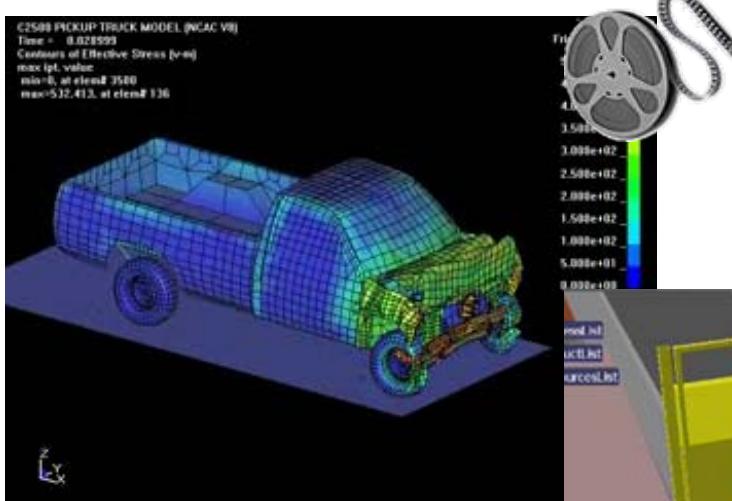
Outils dits
« XAO »

Conception
Assistée par
Ordinateur
- CAO -

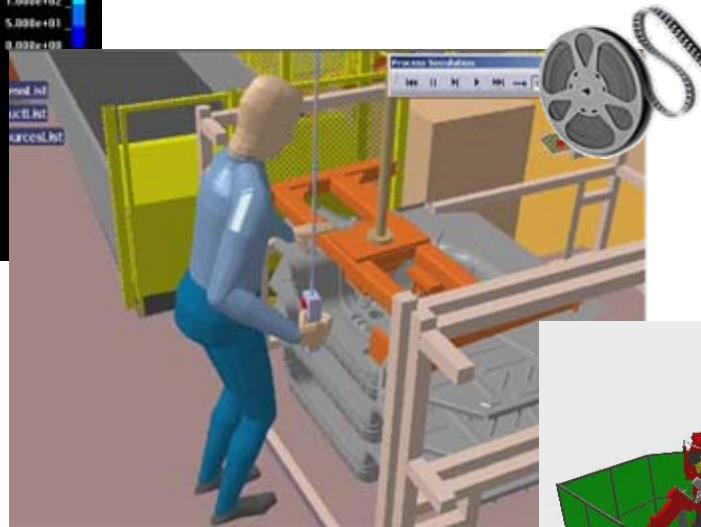
Vers l' « Usine numérique » - « Digital Factory »



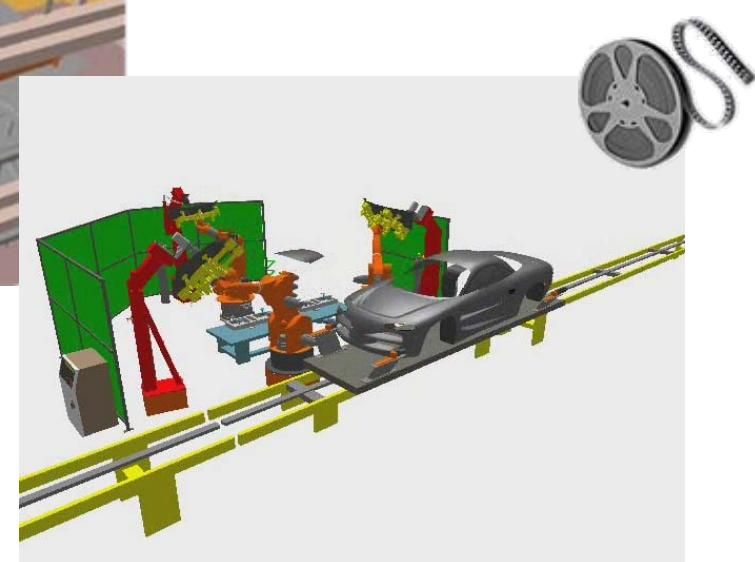
Exemples



IAO

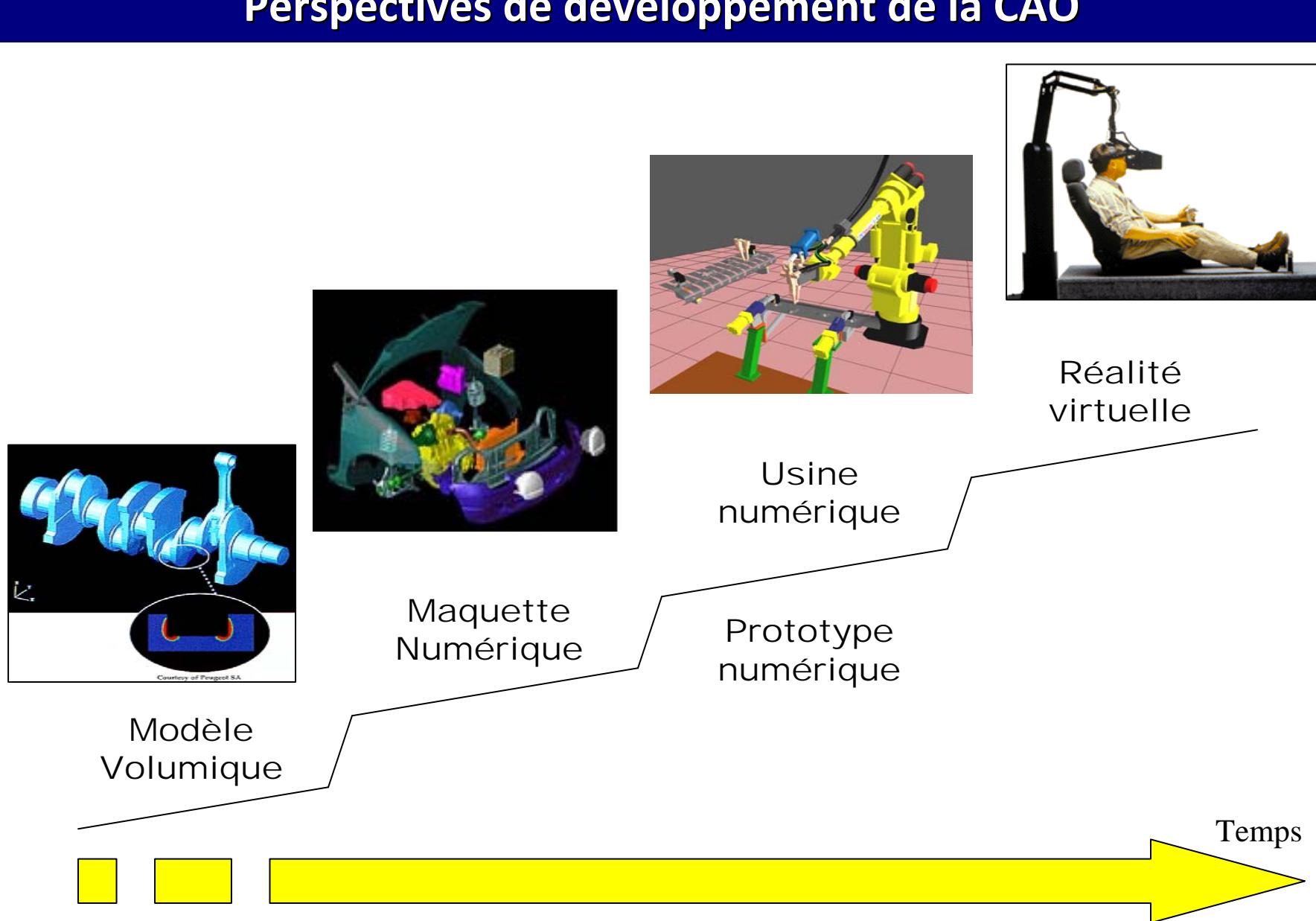


IPAO 1



IPAO 2

Perspectives de développement de la CAO



Réalité virtuelle



1. Deux premiers exemples

2. Quelques éléments du contexte industriel

3. L'ingénierie numérique

4. L'ingénierie collaborative

5. L'ingénierie concourante et intégrée

Définition(s) de l'ingénierie collaborative

Collaborer : travailler avec une ou plusieurs personnes à une œuvre commune (*in Petit Larousse*)

Travail collaboratif : activité professionnelle centrée sur la collaboration

Travail collaboratif synchrone : possibilité d'interaction directe entre plusieurs personnes

Travail collaboratif asynchrone : deux personnes ne peuvent interagir en même temps

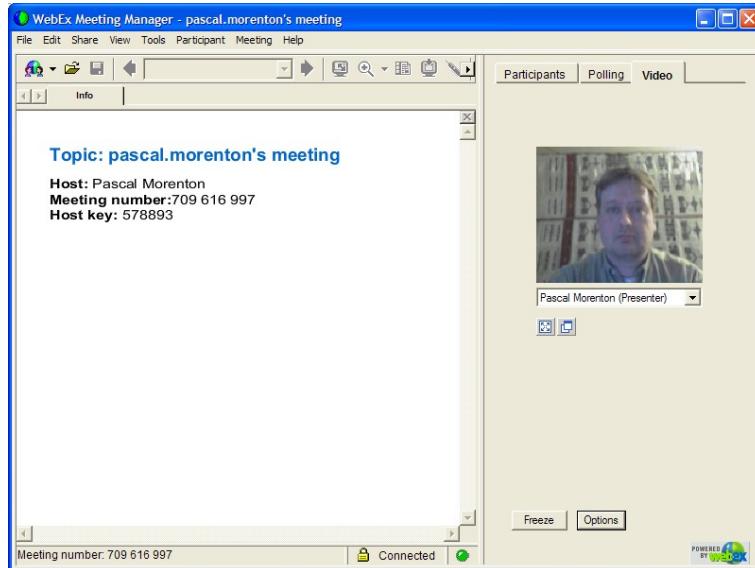
Ingénierie collaborative : activité d'ingénierie basée sur la collaboration

Collaborative Engineering

collaborative Product Definition Management (cPDM)

Applications informatiques supportant le TC

- TCAO : Travail Collaboratif Assistée par Ordinateur
- Groupware
- CSCW : Computer Supported Cooperative Work



WEBEX

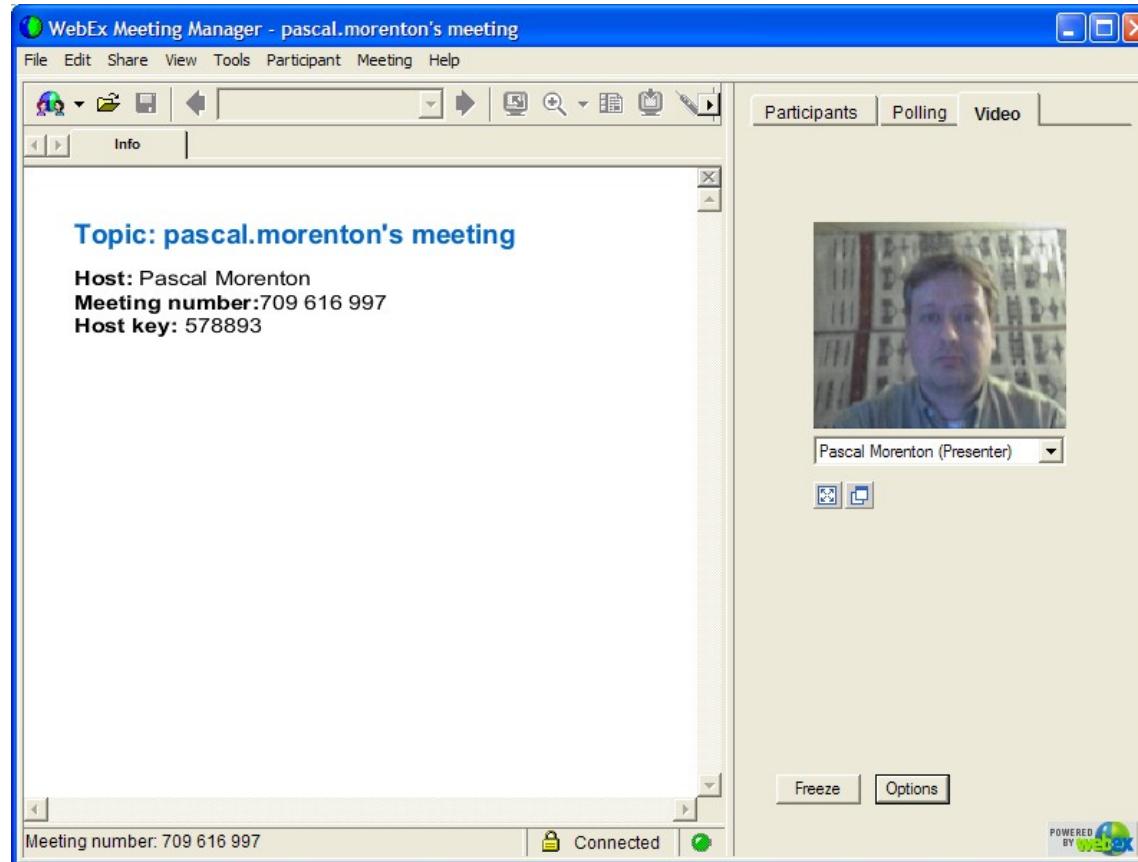
The screenshot shows the Windchill application interface. The title bar says "Windchill". The menu bar includes Accueil, Projets, Projets, Mise à jour, Historique, Rapports, Fonctionnalités, Général, Affectations, Mises à jour, Recuperer, Exporter de l'outil, Conférence, Compte, Abonnement et Help. The main area displays a "Tâches" (Tasks) table:

Titre	Nom	Actions	Objet	Etat	Echéance	Réacte	Afficher
Scénario	Choisir une action				13 mai 200		
Paul Moreton	Choisir une action				13 mai 200		
Project Finish	Choisir une action				13 mai 200		
Project Start	Choisir une action				13 mai 200		
Production Plan	Choisir une action				12 mai 200		
Paul Moreton	Choisir une action				12 mai 200		
Quittes	Choisir une action				12 mai 200		

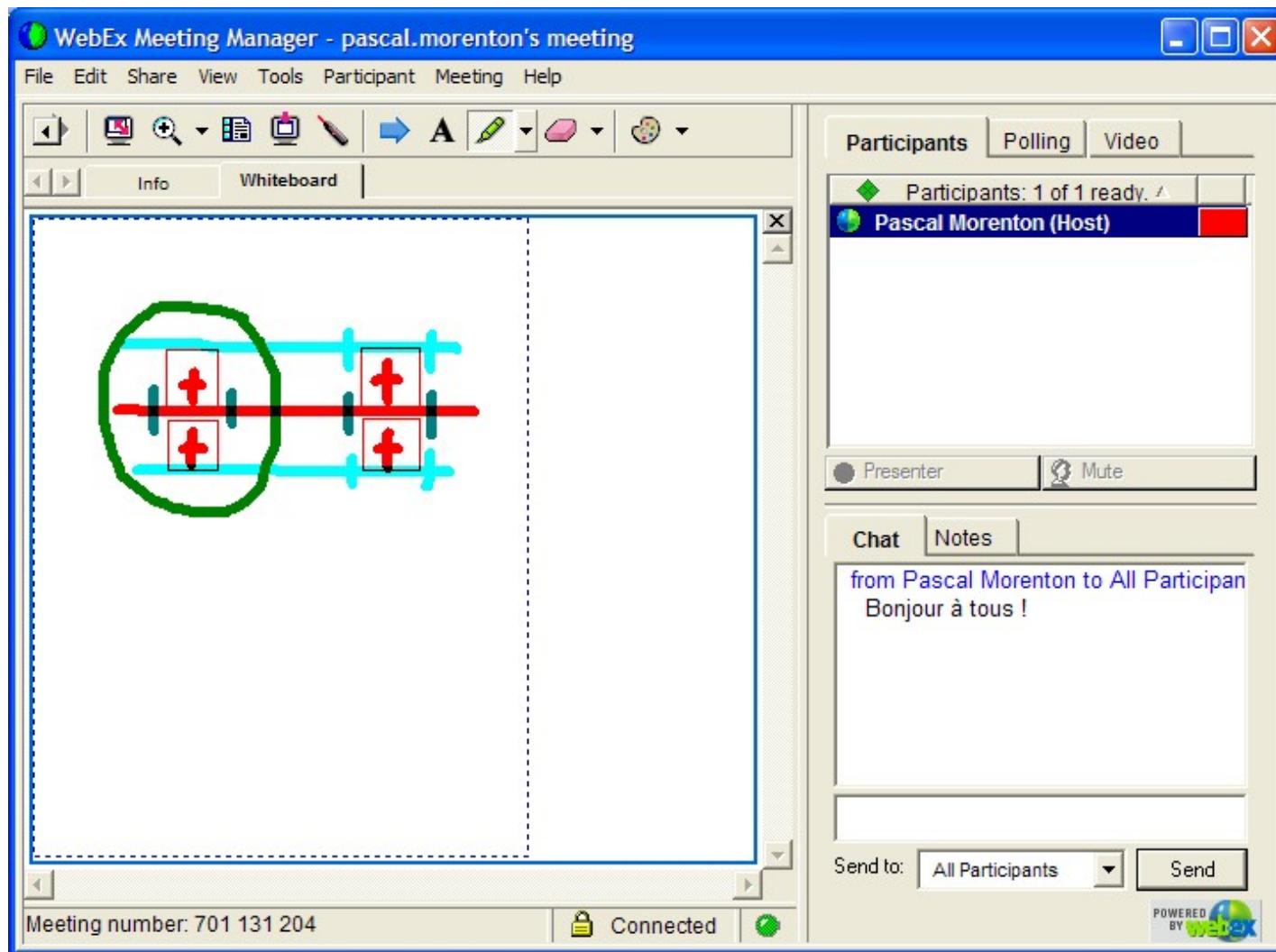
WINDCHILL (PTC)

Le travail collaboratif synchrone - 1

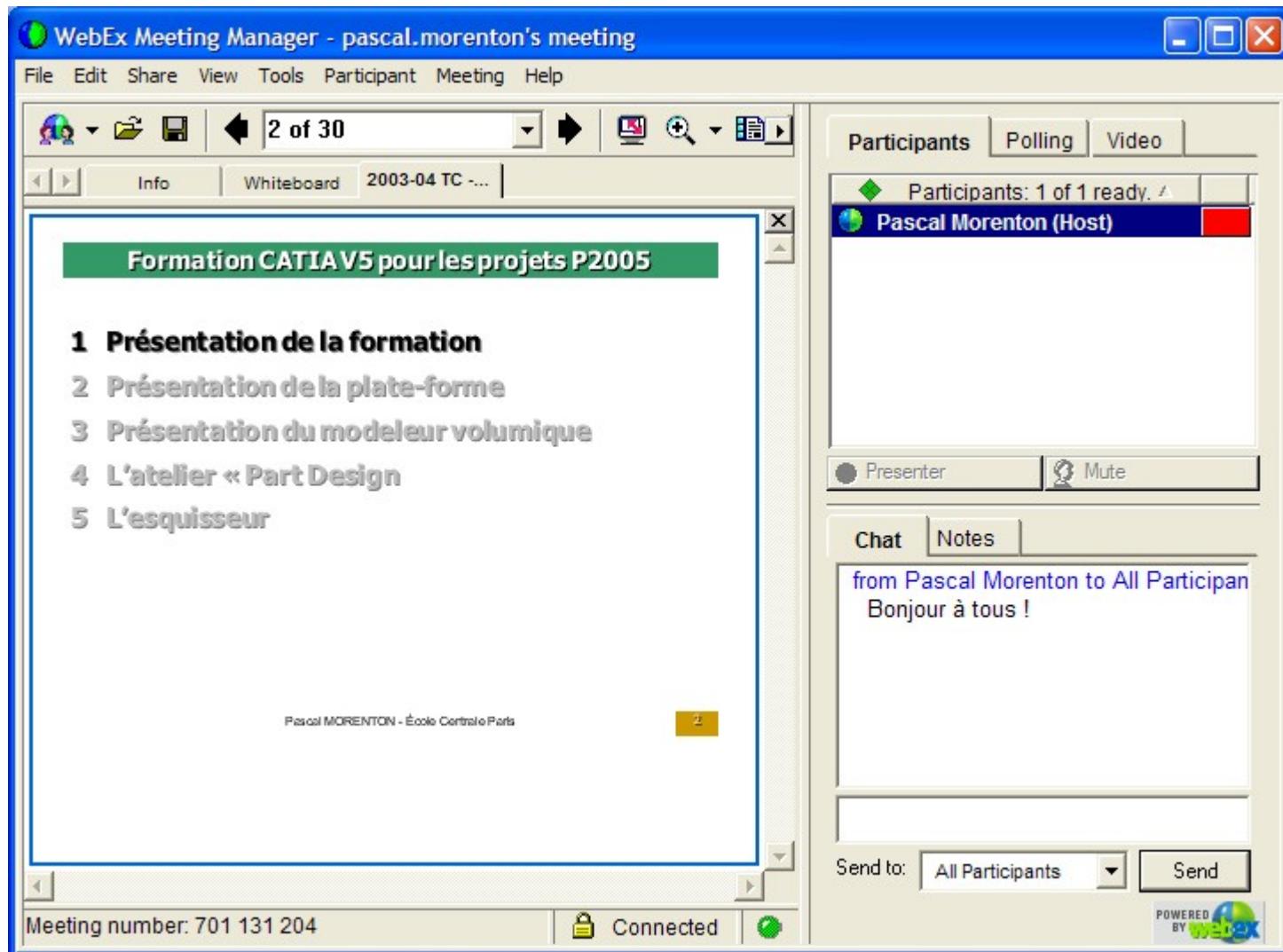
Fonctionnalités proposées : visio-conférence, tableau blanc, partage de documents et d'application etc



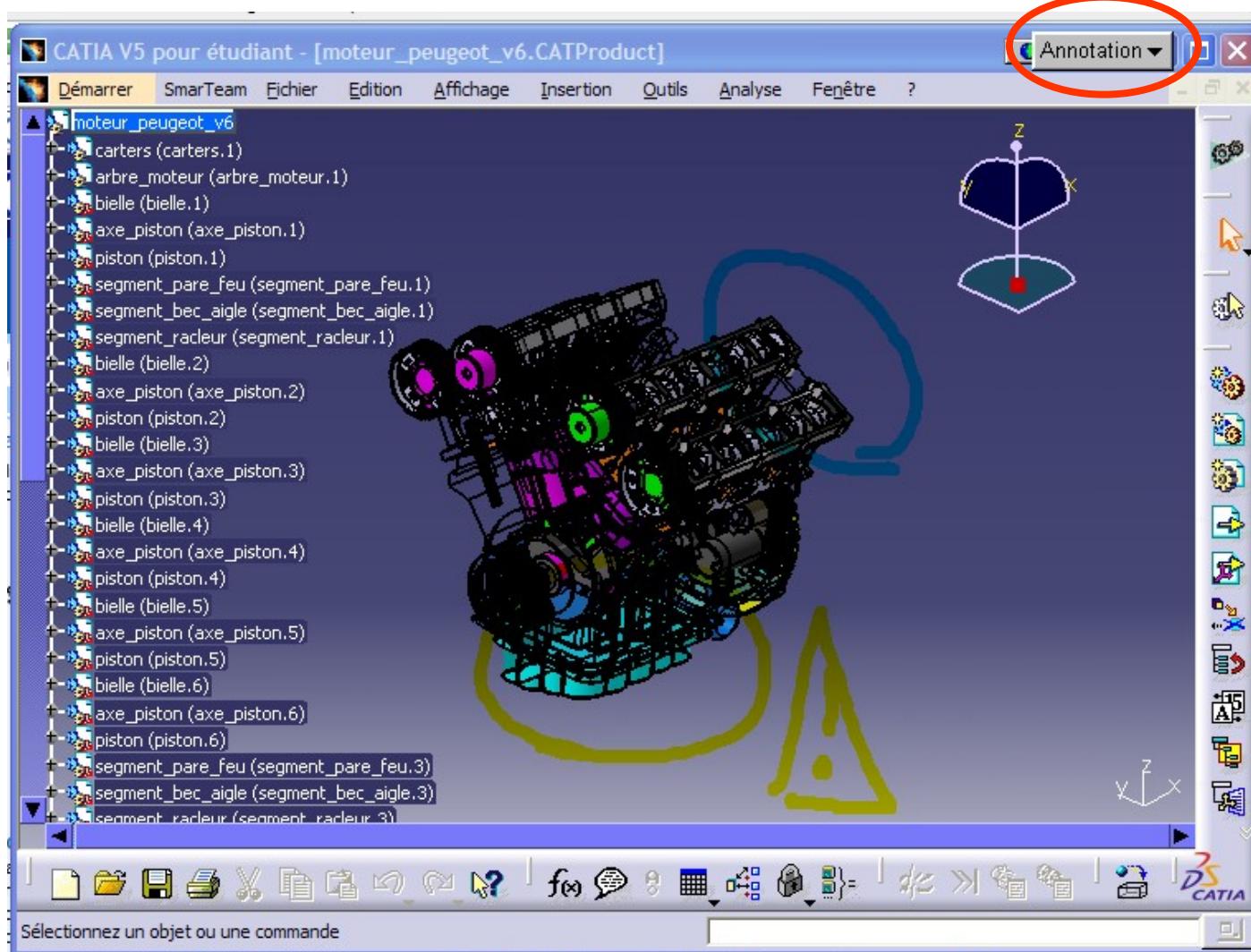
Travail collaboratif synchrone – Tableau blanc



Travail collaboratif synchrone – Partage de documents



Travail collaboratif synchrone – Partage d'application

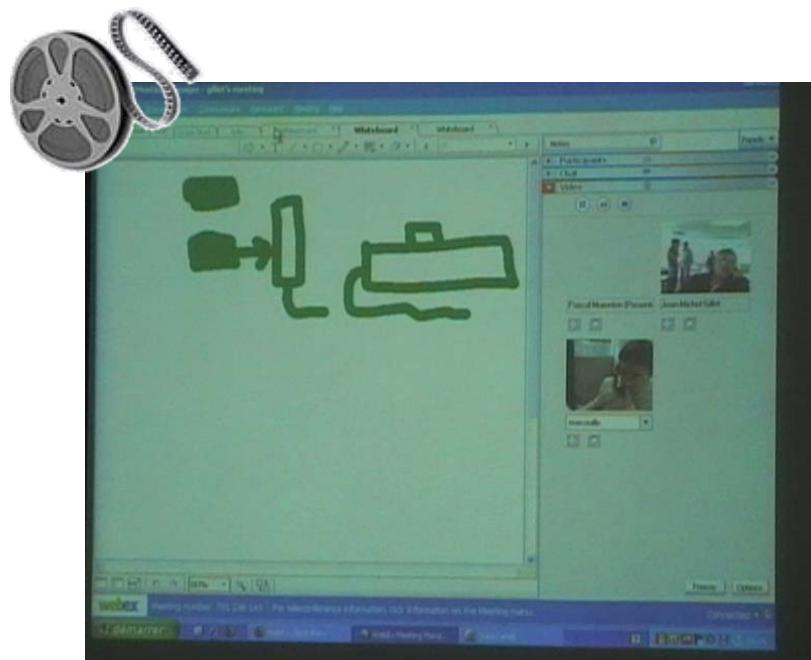


Exemples



Session webex 1

WEBEX / webex_catia



Session webex 2

WEBEX / webex_whiteboard

Vers la télé-présence ...



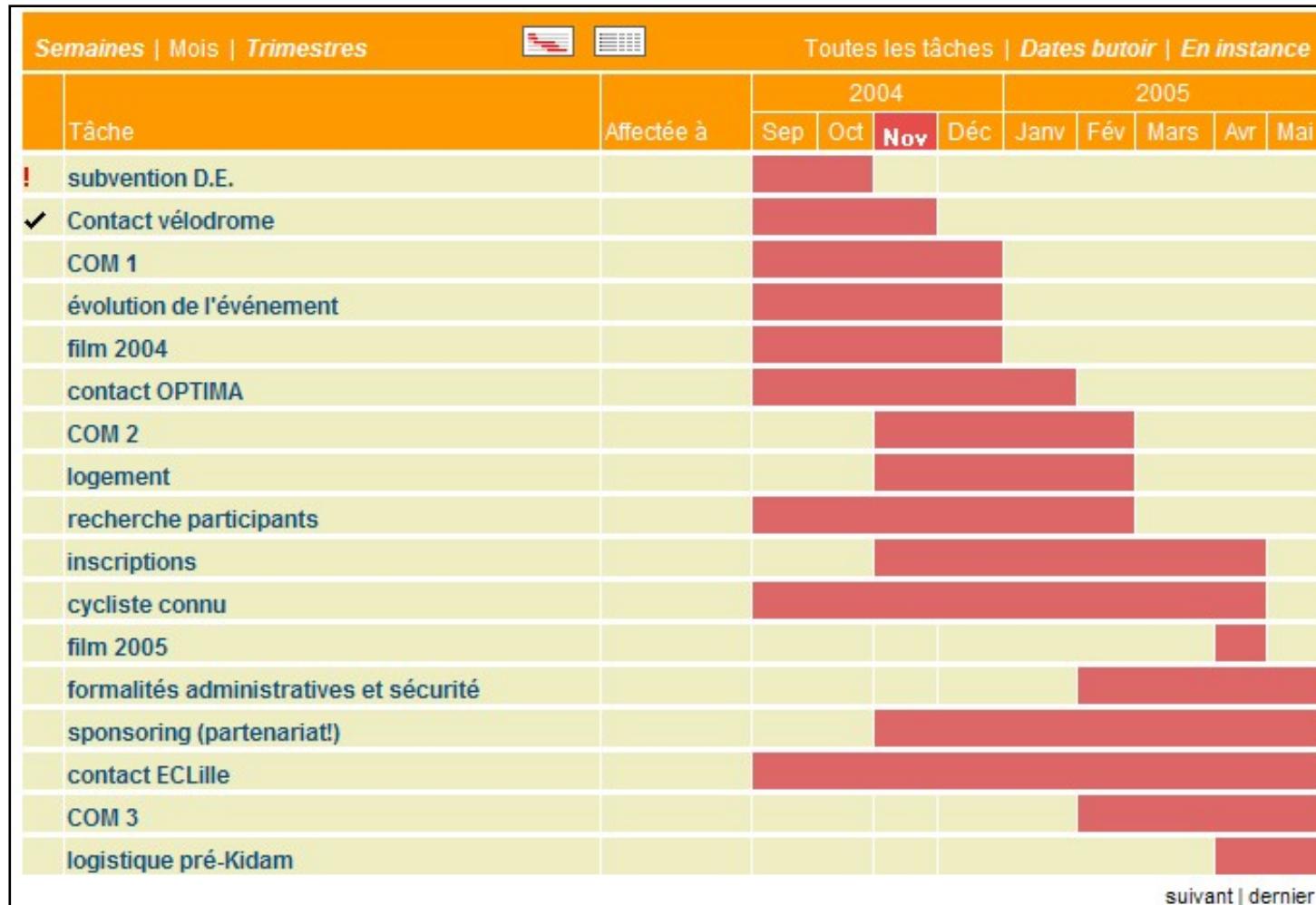
Pascal MORENTON - pascal.morenton@ecp.fr

Le travail collaboratif asynchrone - 1

Fonctionnalités proposées : gestion documentaire, workflow, gestion d'agenda etc

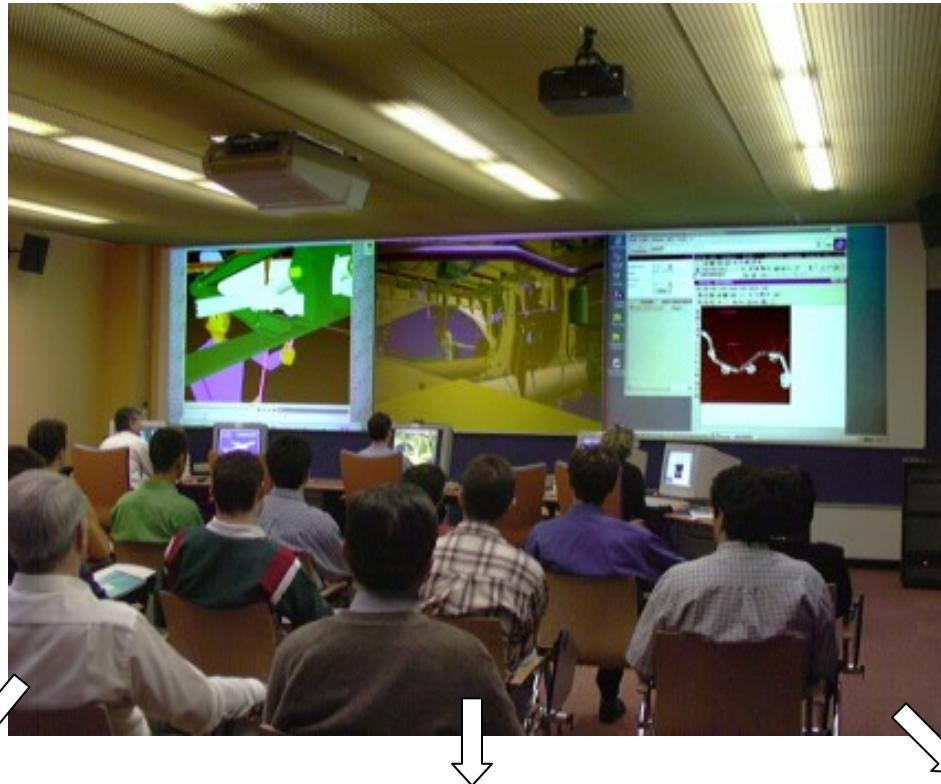
Index de la salle		
Titre ▾	Auteur ▾	Modifié ▾
Cahier des charges Kidam 2005 Cahier des charges du projet 2005.	Pascal Morenton	17/09/2004
Instructions	QuickPlace	16/08/2001
planning prévisionnel Ceci est le premier planning prévisionnel des tâches à réaliser pour l'organisation du Kidam 2005. Il est complété par un descriptif de chacune des tâches, qui vise à préciser les travaux à faire.	Julien Oliveira	19/09/2004
Règlement 2005 Règlement rapidement actualisé. A éventuellement compléter.	Pascal Morenton	24/09/2004
règlement modifié cette page contient le règlement à envoyer aux écoles	Julien Oliveira	24/09/2004
Pages 1 - 5 sur 5 (pages masquées incluses).		
suivant dernier		

Le travail collaboratif asynchrone - 2



Le travail collaboratif asynchrone « métier »

Revue de maquette numérique multi-sites



ProductView

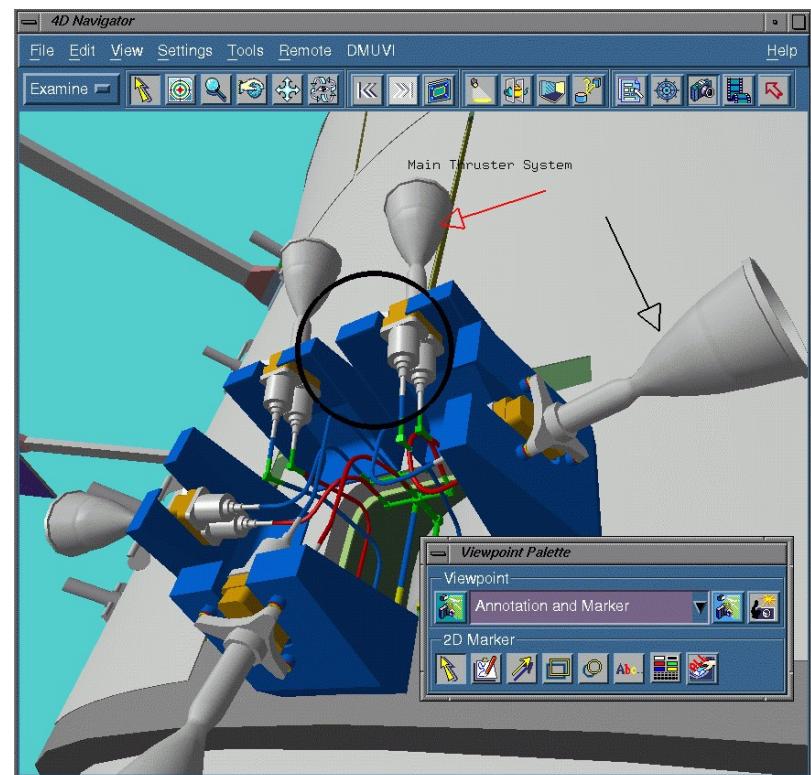
3DVIA

etc

Le travail collaboratif synchrone « métier »

Travail sur la maquette numérique :

- Visualisation
- Prise de mesures
- Sectionnement (dynamique)
- Détection de collisions
- Annotations
- Accès aux méta-données
- etc

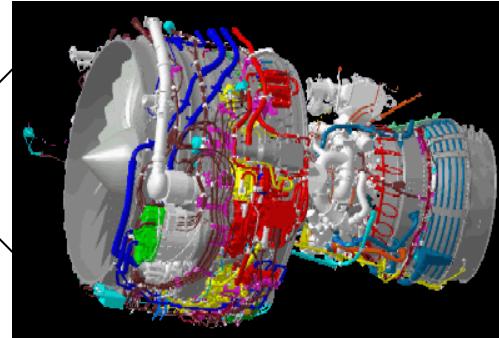


Travail collaboratif autour de la maquette numérique

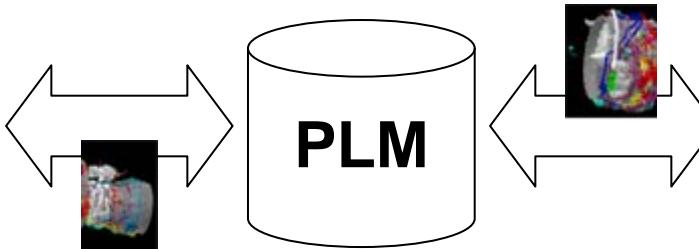
Echange d'une
maquette
physique



Echange d'une
maquette
numérique



Partage d'une
maquette
numérique



Format d'échange de la maquette numérique (MNU)

- Format natif de CAO :

- ✓ trop riche pour les opérations de collaboration
- ✓ trop lourd pour des échanges multi-sites
- ✓ impose un même client lourd CAO
- ✓ ...

- Format « léger » de collaboration autour de la MNU :

- ✓ exact ou facettisé
- ✓ compatible avec les débits réseaux
- ✓ liaisons avec plusieurs CAO natives
- ✓ client léger centré sur les activités de collaboration
- ✓ ...

Solutions des éditeurs de CAO et d'autres

Autodesk

DWF, OpenJT



OpenJT



ProductView, OpenJT

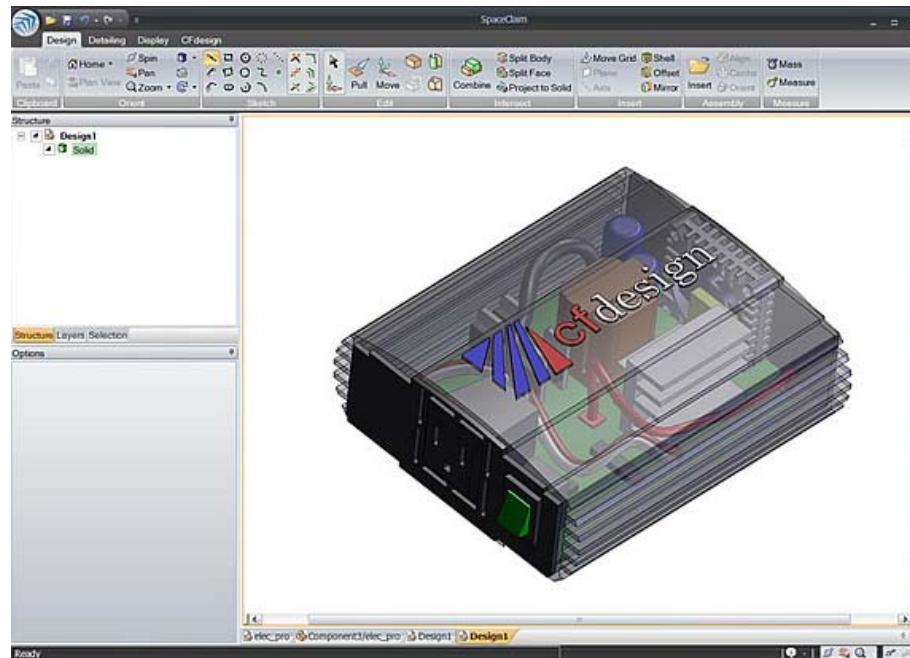


CGR, 3DXML, SEEMAGE



PDF

Aller plus loin que le partage d'une DMU ?



« La CAO pour
l'entreprise étendue »

1. Deux premiers exemples
2. Quelques éléments du contexte industriel
3. L'ingénierie numérique
4. L'ingénierie collaborative
5. L'ingénierie concourante et intégrée

Le projet ACE de la société EADS



EADS



Développement du tronçon central A340/500

- 8 sociétés européennes
- 60 000 pièces

Objectifs du projet ACE « Airbus Concurrent Engineering »

- **Coût** : - 30% et suppression des maquettes physiques
- **Délai** : - 25 % pour le cycle de développement
- 50 % pour le cycle de mise au point

Exemple 2 – FCI Connectors 1/2



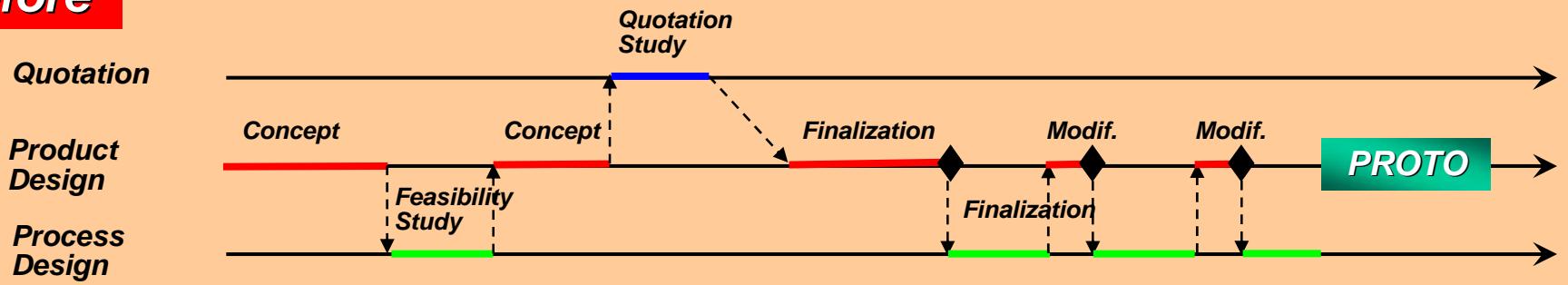
Concurrent Engineering for :

Better synergy between Product, Process and Quotation Engineers to work together efficiently and reduce Time To Market

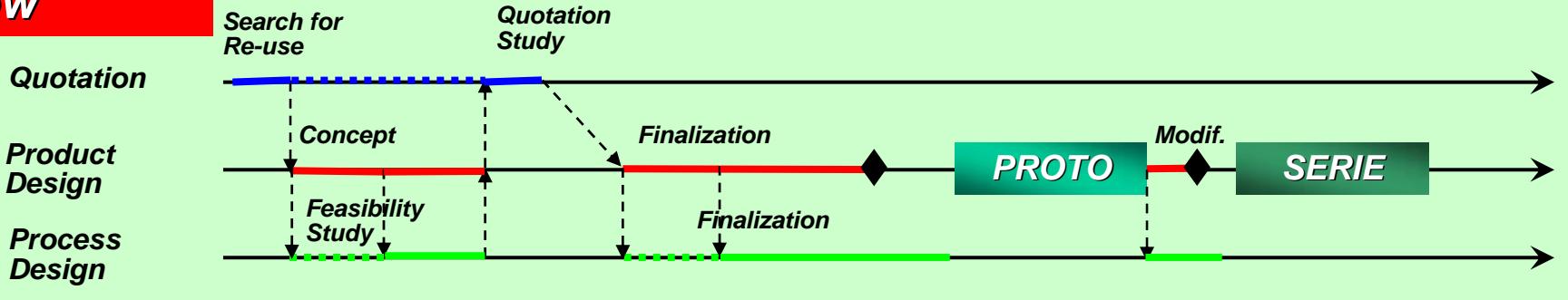
Exemple 2 – FCI Connectors 2/2



Before

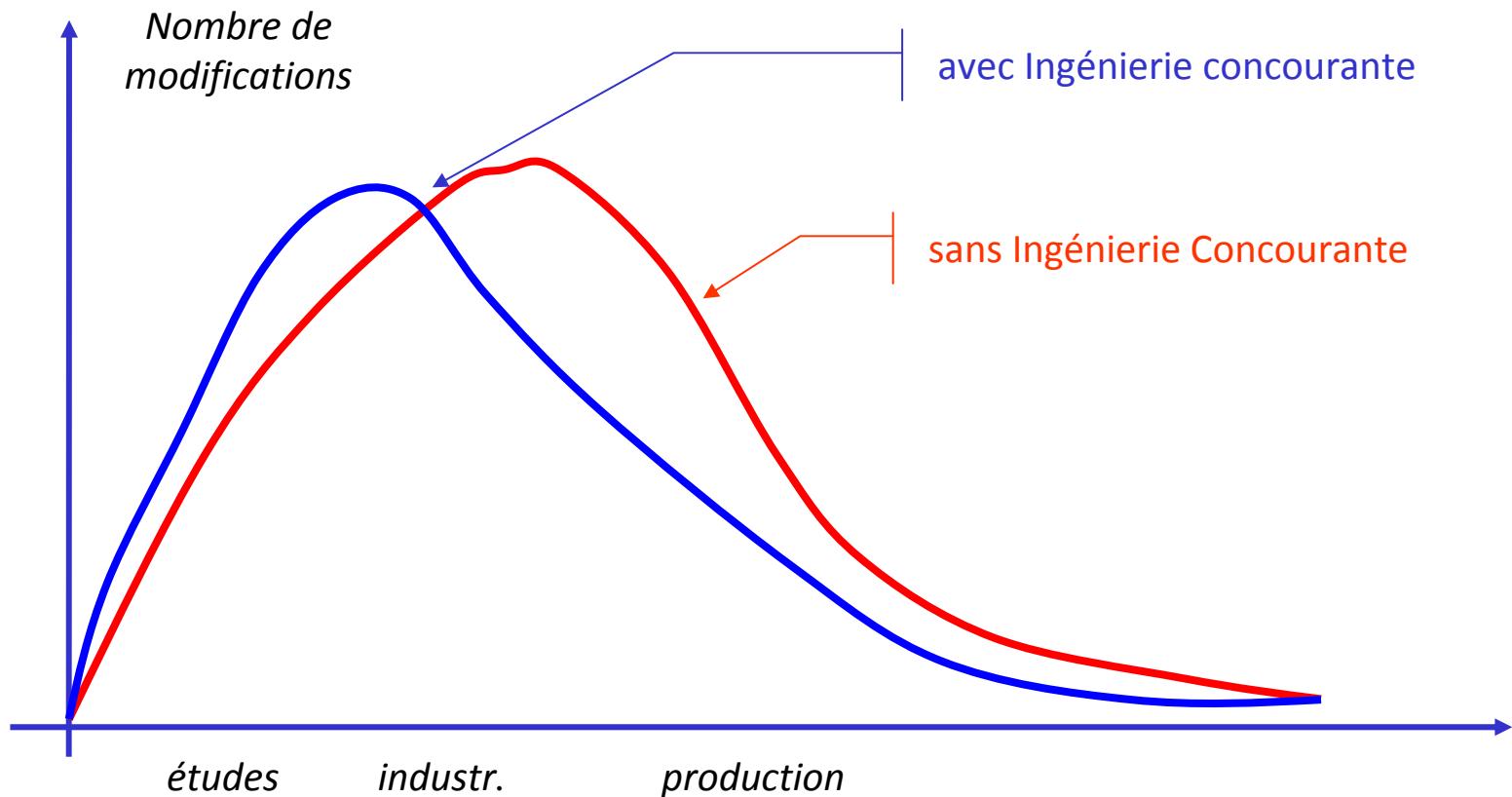
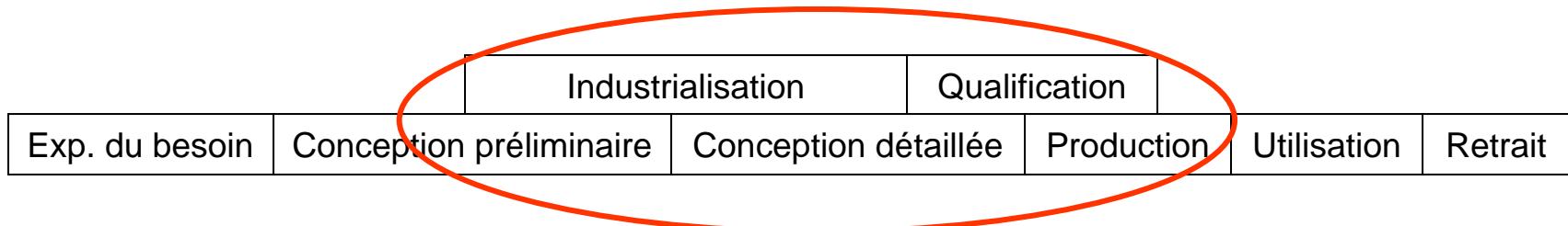


Now



Moving progressively to the “Do It Right At First” concept

Ingénierie concourante et intégrée



Ingénierie concourante / Ingénierie simulatinée / Concurrent Engineering (CE) :

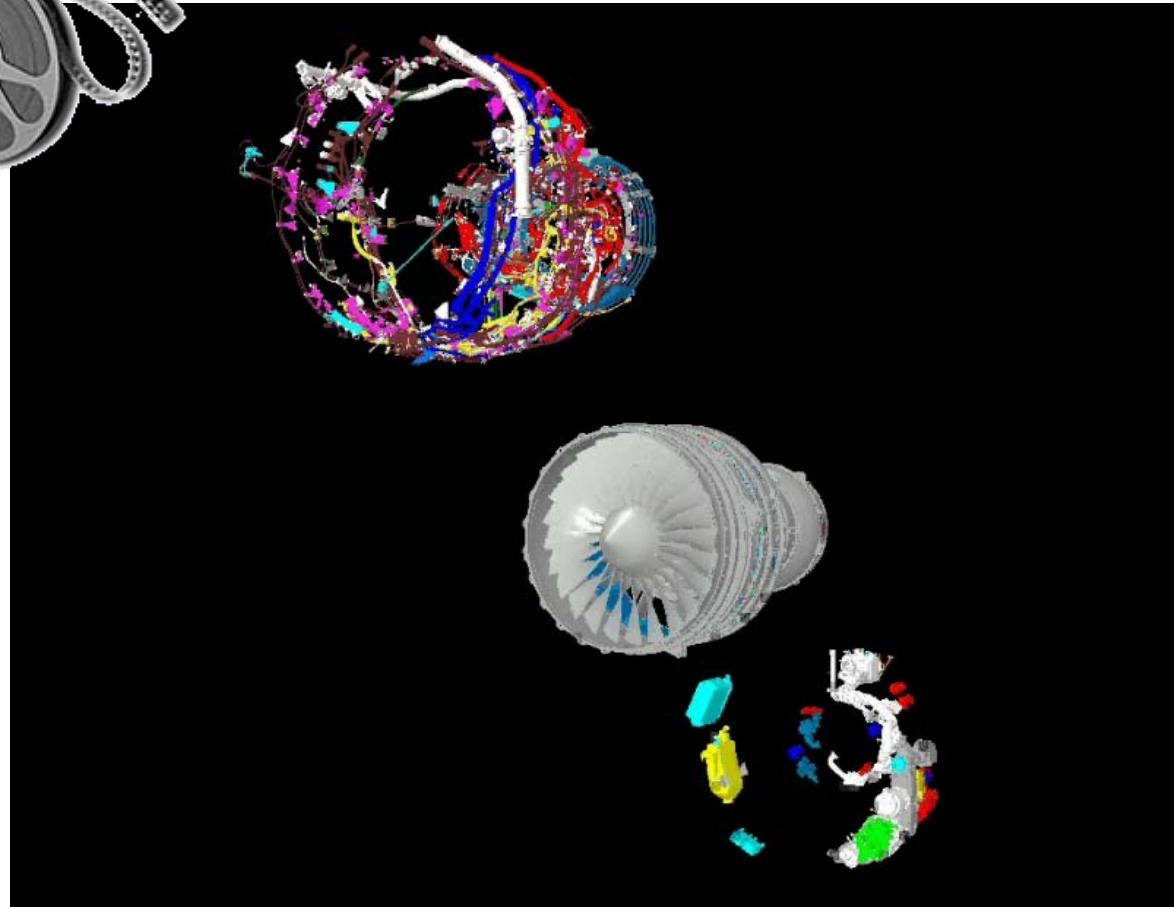
a systematic approach to integrated and concurrent development of a product and its related processes. Concurrent engineering emphasizes response to customer expectations and embodies team values of cooperation, trust, and sharing-decision making proceeds with large intervals of parallel work by all life-cycle perspectives, synchronized by comparatively brief exchanges to produce consensus.

Software Engineering Institute / Carnegie Mellon

Ingénierie intégrée / Integrated engineering :

Elle est parfois assimilée à l'ingénierie concourante (*article « Gestion de projet », Techniques de l'Ingénieur*) mais on peut considérer qu'elle suppose en plus une approche multi-métiers ou multi-disciplinaires : une ingénierie intégrée prend en compte en même temps plusieurs aspects d'un produit ou d'un système pour son développement : mécanique / thermique / matériaux etc.

Intégration de filières « métier »



DMU / SNECMA CFM 56

Mais ...

Virtual Roll-out du BOEING 787



Décembre 2006

« Real » Roll-out du BOEING 787

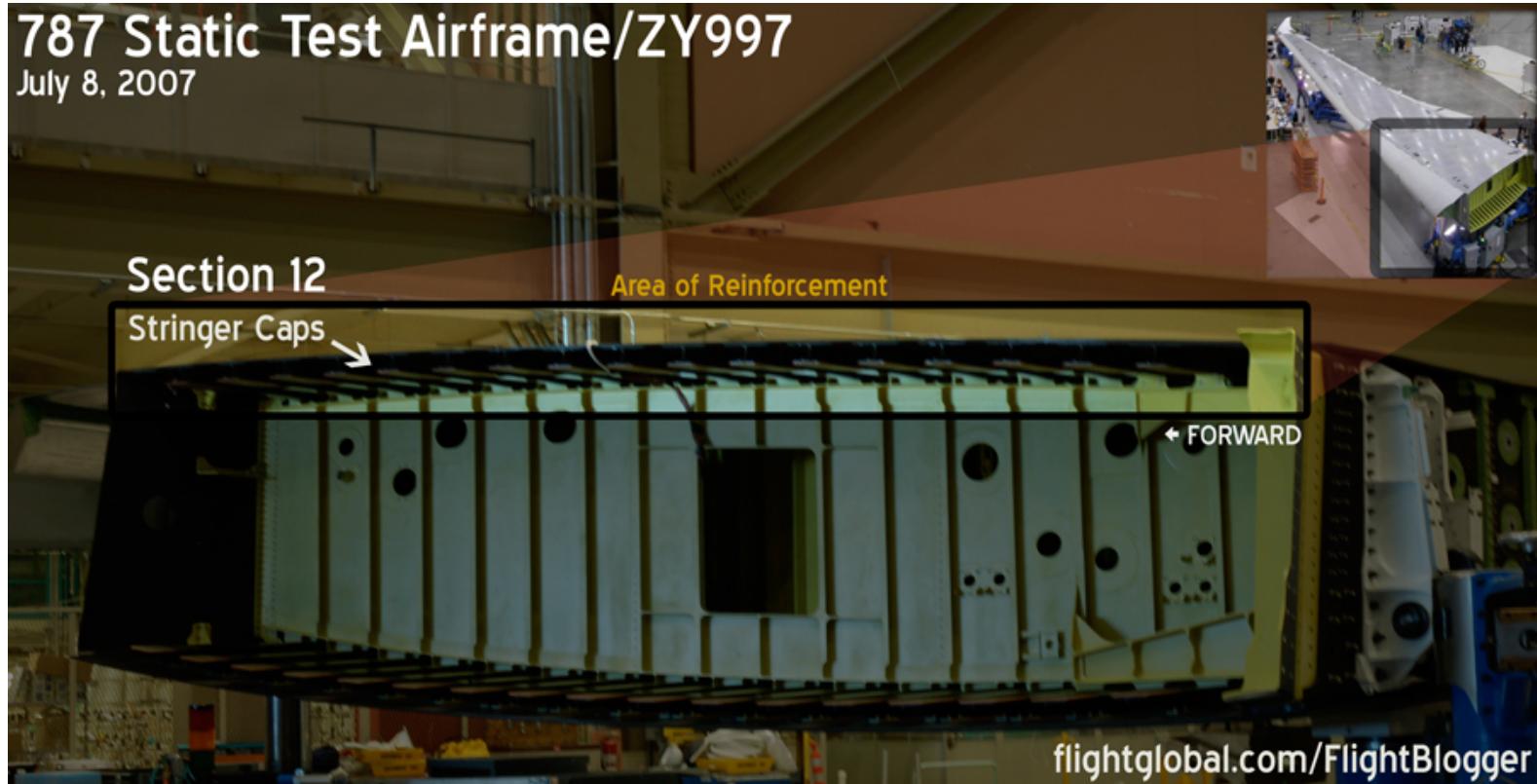


Juillet 2007

Vol inaugural du boeing 787

787 Static Test Airframe/ZY997

July 8, 2007



Juin 2009

Conséquence

02/09/09 07:39

Révolution de palais chez Boeing

Le patron de la division civile est remplacé après l'annonce d'un énième retard du B 787.

Jeu de chaises musicales chez Boeing. Mardi, le constructeur aéronautique américain a annoncé la démission de Scott Carson (63 ans), le président de la division civile, après trente-huit ans de carrière au sein du groupe. Il prend sa retraite et est remplacé par Jim Albaugh (59 ans), le président de la division militaire, entré dans le groupe en 1975.

Officiellement Scott Carson, qui pilotait la division civile depuis 2006, part pour raisons personnelles après avoir recadré le B 787, le programme phare de Boeing dans les long-courriers de nouvelle génération. L'explication laisse sceptique.

Cet homme affable et souriant devait prendre sa retraite dans un an. Et le B 787 ne semble pas encore être sorti d'affaire. À preuve, le nouveau décalage d'un an - ce qui est beaucoup après l'annonce de quatre autres retards depuis 2007 - de la première livraison de l'appareil à All Nippon Airlines. Celle-ci l'attendait en mai 2008.

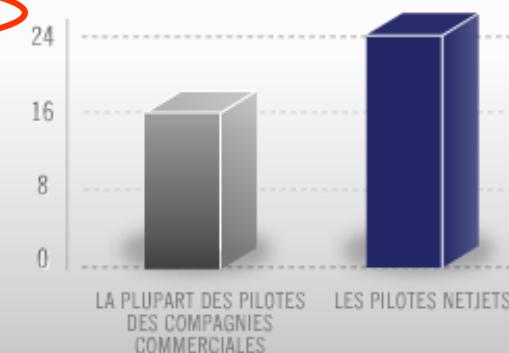
On peut aussi s'étonner qu'un vétéran de Boeing soit remplacé par un autre vétéran dont le mandat n'a été marqué par aucune grande victoire. La division militaire de Boeing a perdu les trois derniers appels d'offres du Pentagone. Northrop Grumman a été choisi pour les avions patrouilleurs, le F-35 de Lockheed Martin pour les avions de combat. Et Airbus allié à Northrop pour renouveler la flotte de ravitailleurs en février 2008 (le contrat de 35 milliards de dollars a été annulé en pleine campagne présidentielle aux États-Unis et un appel d'offres doit être rouvert).

Problèmes inédits liés aux composites

L'arrivée de Jim Albaugh marque le retour des ingénieurs à la tête de la division civile après l'époque des commerçants. Elle intervient à un moment critique pour Boeing. Le B 787 coûte plus cher que prévu avec une dérive officielle de 2,5 milliards de dollars mais sans doute plus du double, selon plusieurs experts.

Son nouveau modèle industriel basé sur une externalisation massive (70 %) de la fabrication d'un avion est remis en cause. Les ingénieurs butent sur des problèmes inédits liés à l'emploi de matériaux composites, moins souples que l'acier. Boeing a admis un problème de structure dans une section du fuselage qui relie les ailes au corps de l'avion. Le B 787, qui devait effectuer son premier vol en septembre 2007, n'a jamais quitté le tarmac. Le constructeur a cependant promis un vol inaugural d'ici à la fin 2009.

HEURES D'ENTRAINEMENT SUR SIMULATEUR DE VOL

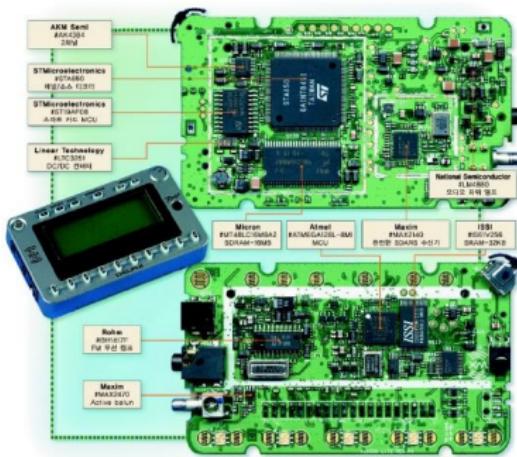


Septembre 2009

Les outils de la CAO Electronique

EDA's Tools

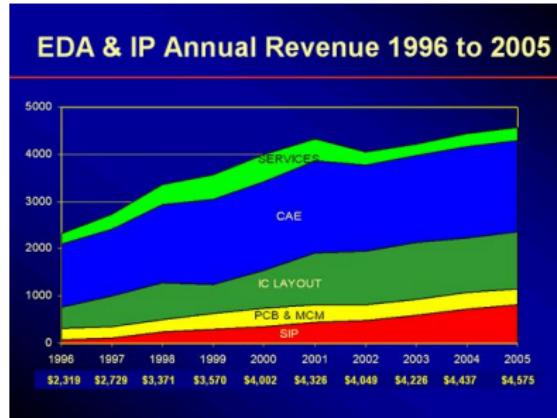
Ingénierie Numérique et Collaborative





Vidéo → [▶ http://www.youtube.com/watch?v=e73_7yhYcjk](http://www.youtube.com/watch?v=e73_7yhYcjk)

- Le terme anglo-saxon pour CAO electronique est **EDA** pour **Electronic Design Automation**



- l'EDA en général représente un marché global de 5,3 milliards de dollars en 2006 (5 milliards en 2008).

Source : EDAC www.edac.org

Une notion très vaste...

La notion de CAO Électronique recouvre de très nombreux outils à différents stade de la fabrication.

La CAO électronique c'est :

- La saisie de schéma électronique (Schematic Capture)
- la simulation comportementale du schéma (??-Spice)
- La conception du PCB : Printed Circuit Board

Mais c'est aussi :

- l'analyse de l'intégrité des signaux (perturbations électromagnétiques)
- L'étude du comportement thermique des composants
- La conception de circuits intégrés (conception interne des microprocesseur)
- La synthèse de composants programmable (VHDL, C)



Une notion très vaste...

La notion de CAO Électronique recouvre de très nombreux outils à différents stade de la fabrication.

La CAO électronique c'est :

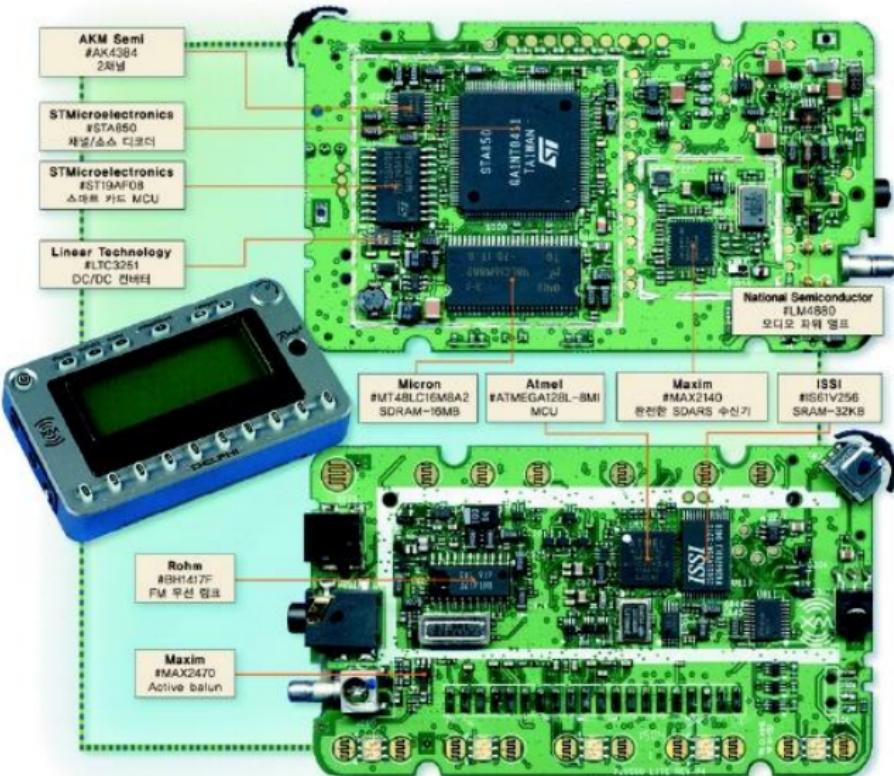
- La saisie de schéma électronique (Schematic Capture)
- la simulation comportementale du schéma (??-Spice)
- La conception du PCB : Printed Circuit Board

Mais c'est aussi :

- l'analyse de l'intégrité des signaux (perturbations électromagnétiques)
- L'étude du comportement thermique des composants
- La conception de circuits intégrés (conception interne des microprocesseur)
- La synthèse de composants programmable (VHDL, C)



...et un marché très fragmenté

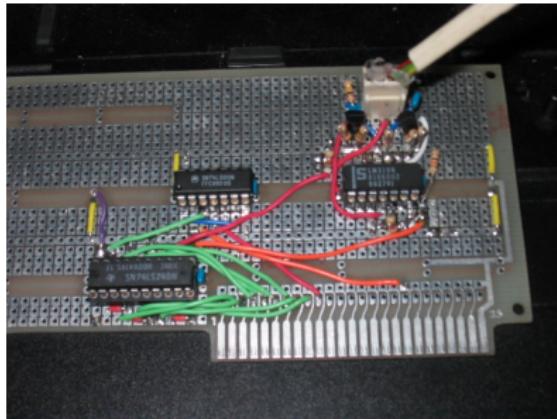
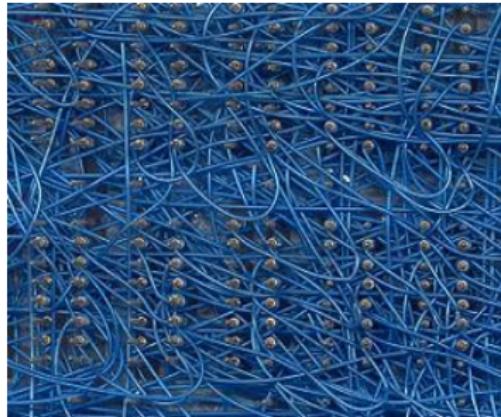


Un peu d'histoire

Ingénierie Numérique et Collaborative

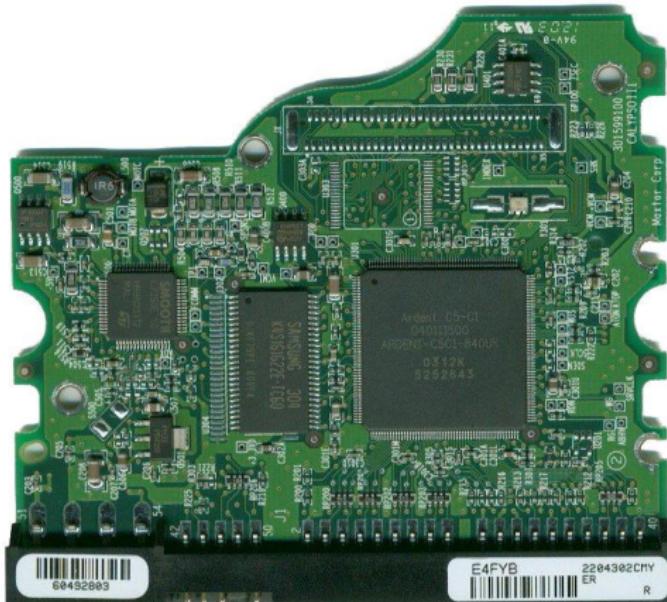
Un peu d'histoire (1)

Avant l'arrivée de la CAO électronique, les circuits intégrés étaient réalisés à la main.



Un peu d'histoire (2)

L'apparition de la CAO électronique au milieu des années 70, a permis la saisie de schéma avec une meilleure qualité graphique et surtout la réalisation plus professionnelle des circuits imprimés.



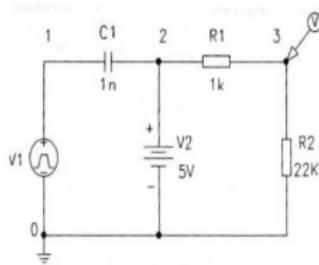
Un peu d'histoire (3)

Les premiers outils de CAO étaient universitaires, l'université de Berkeley avec son outil SPICE est d'ailleurs restée dans l'Histoire de la CAO.



SPICE

Berkeley
University of California



Circuit d'essai

```
.TRAN 10μs 2ms
C1 1 2 1n
R1 2 3 1k
V2 2 0 5V
R2 0 3 22K
V1 1 0 DC 0 AC 0
+PULSE 0 10V 0 0 0 1ms 10 ms
.PRINT TRAN V(3)
.END
```

Titre

Directive d'analyse

Topologie du circuit

Directive de sortie

Très tôt plusieurs grandes sociétés ont créé leur département CAO électronique.

- Hewlett Packard
- Tektronix
- Intel

Au début des années 80, les responsables de ces départements ont créé leur propres compagnies et ont donné une dimension industrielle à ce secteur.

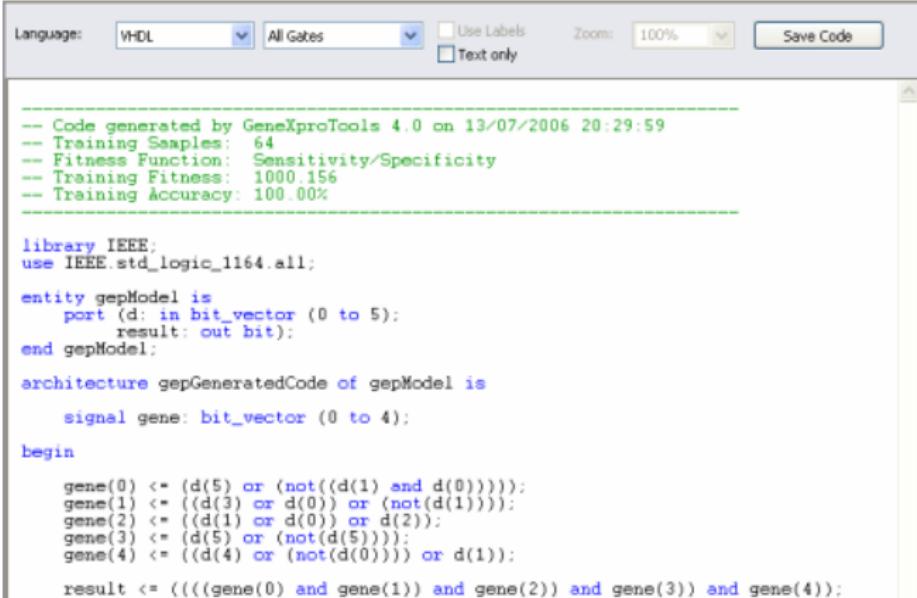
De ce mouvement sont nées :



- Mentor Graphics
- Valid Logix Systems
- Cadence

Un peu d'histoire (5)

Dans la même période les langages de descriptions fonctionnelles, le Verilog-HDL et le VHDL, ont fait leur apparitions. Au lieu de dessiner un composant électronique il est devenu possible de décrire son comportement et l'ordinateur se charge du dessin.



The screenshot shows a software window with the following interface elements:

- Language: VHDL
- All Gates
- Use Labels
- Zoom: 100%
- Save Code

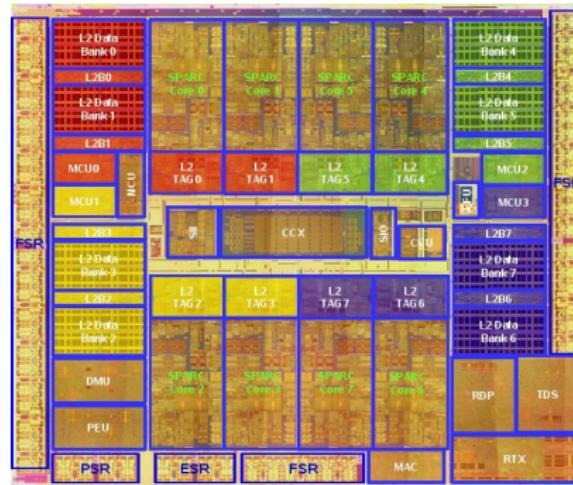
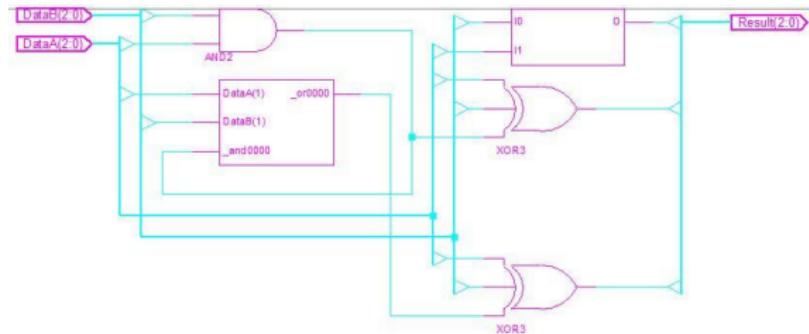
The code generated by GeneXproTools 4.0 is displayed in the main area:

```
-- Code generated by GeneXproTools 4.0 on 13/07/2006 20:29:59
-- Training Samples: 64
-- Fitness Function: Sensitivity/Specificity
-- Training Fitness: 1000.156
-- Training Accuracy: 100.00%
library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;

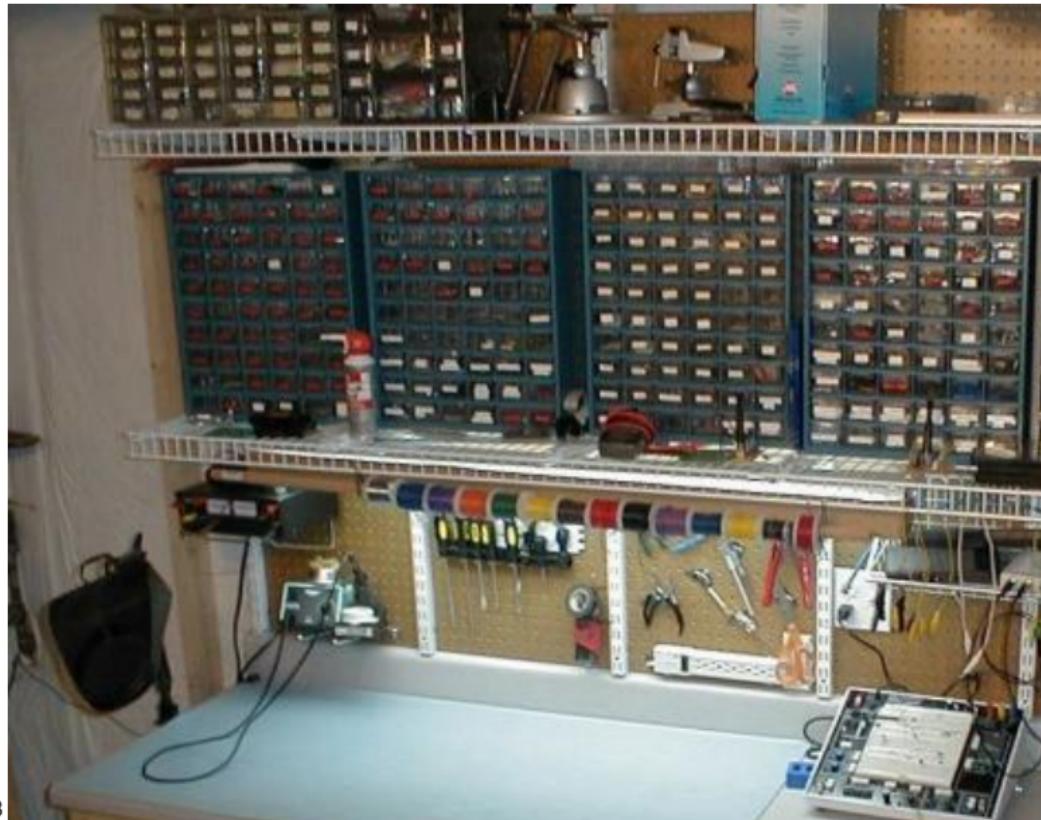
entity gepModel is
    port (d: in bit_vector (0 to 5);
          result: out bit);
end gepModel;

architecture gepGeneratedCode of gepModel is
    signal gene: bit_vector (0 to 4);
begin
    gene(0) <= (d(5) or (not((d(1) and d(0))))) ;
    gene(1) <= ((d(3) or d(0)) or (not(d(1)))); 
    gene(2) <= ((d(1) or d(0)) or d(2));
    gene(3) <= (d(5) or (not(d(5)))); 
    gene(4) <= ((d(4) or (not(d(0)))) or d(1));
    result <= (((gene(0) and gene(1)) and gene(2)) and gene(3)) and gene(4));
end architecture;
```

Un peu d'histoire (6)



En peu de temps le bureau d'étude électronique est passé de...

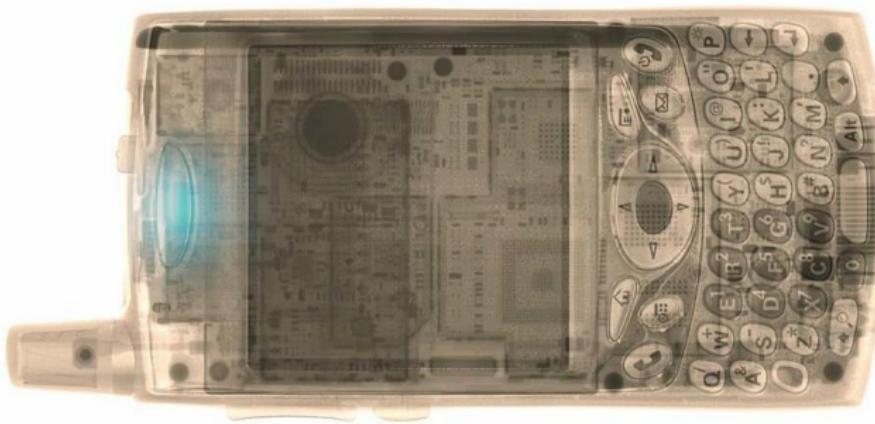


...à...



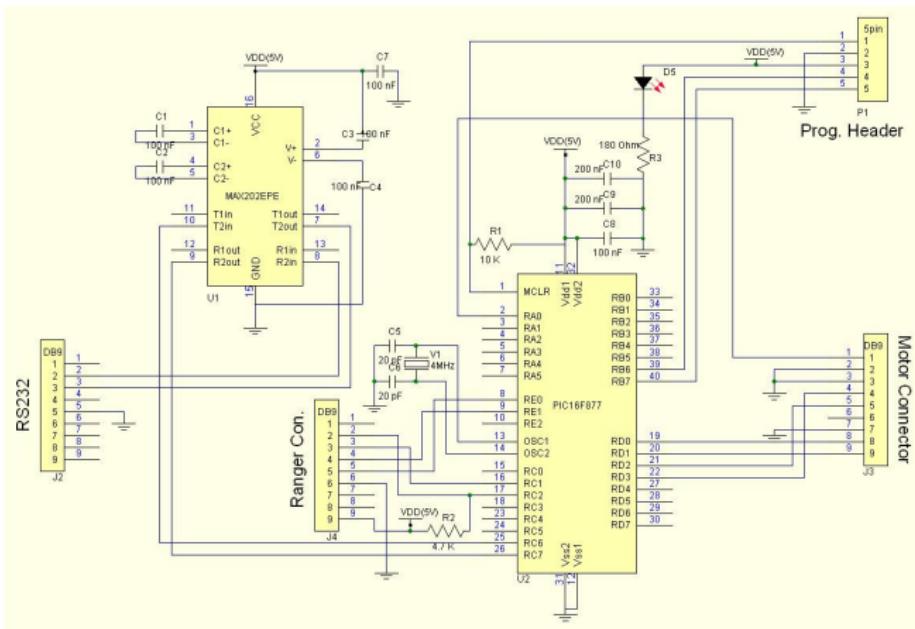
Revue de détails des outils

Ingénierie Numérique et Collaborative



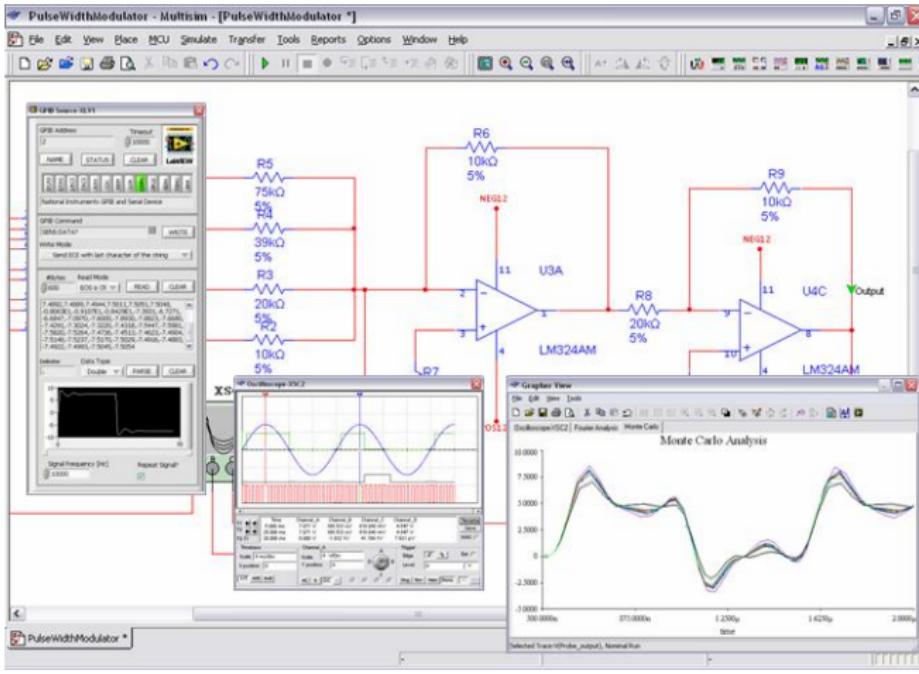
Saisie schéma (Schematic Capture)

- Transfert du cahier des charges fonctionnel sous forme d'interconnections de composants



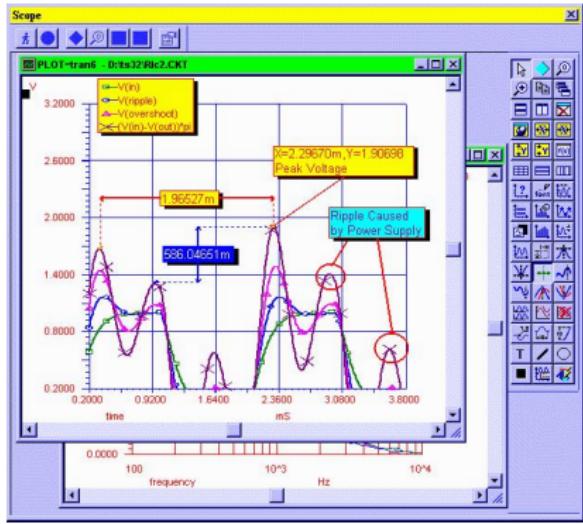
Simulation (1)

- Élaboration et maintenance des modèles de simulation
- Analyse des résultats de simulation

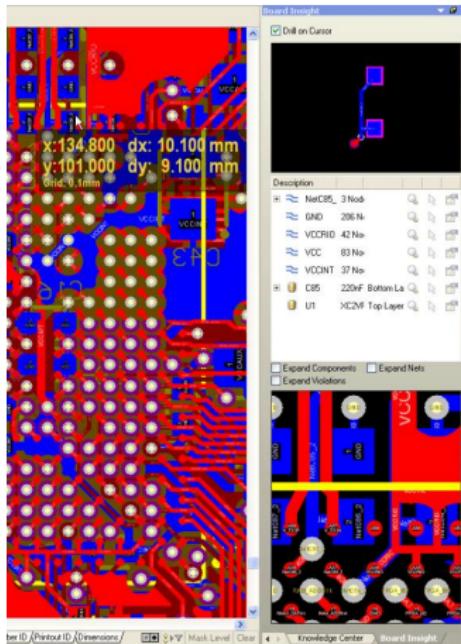
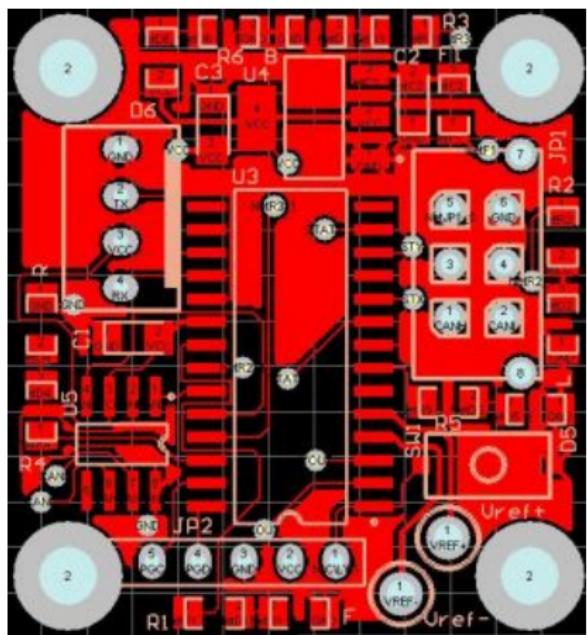


Simulation (2)

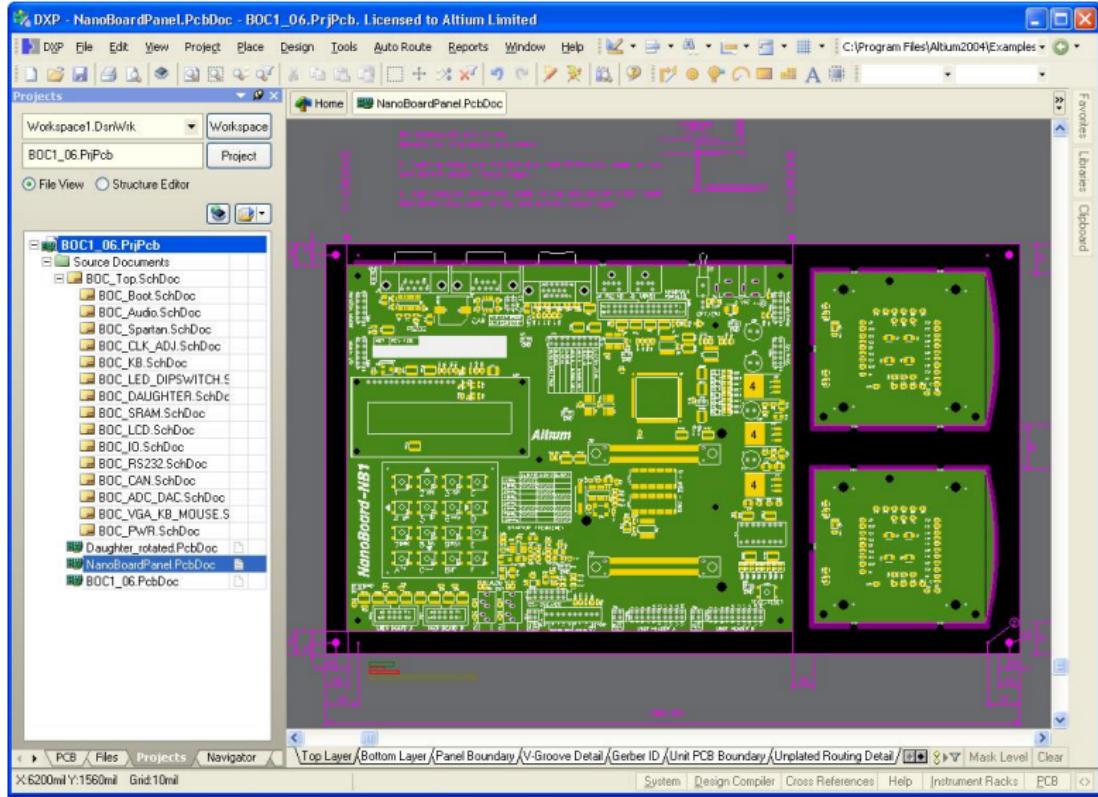
Il est possible de paramétrier les schémas pour obtenir des comportement optimisés



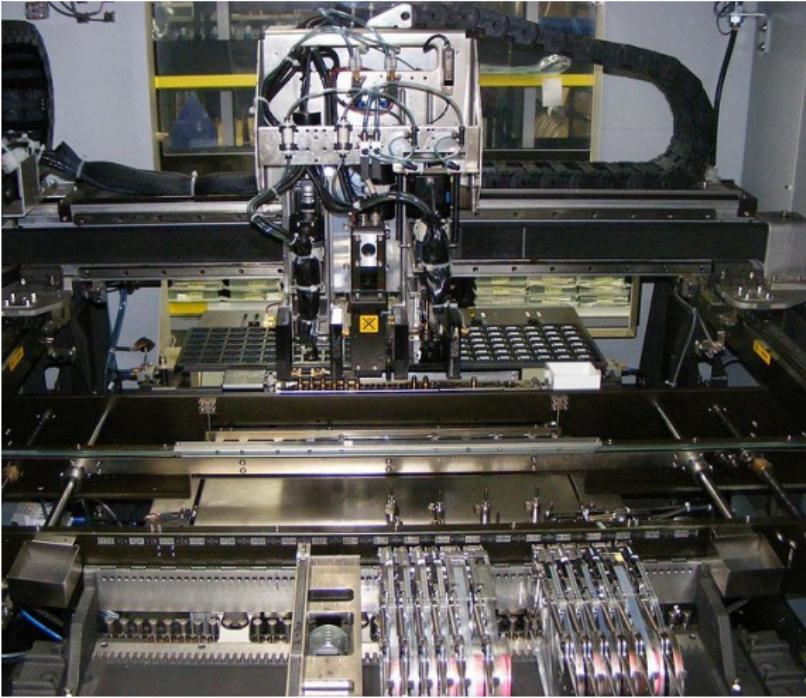
Routage (Layout) (1)



Routage (Layout) (2)



Fabrication



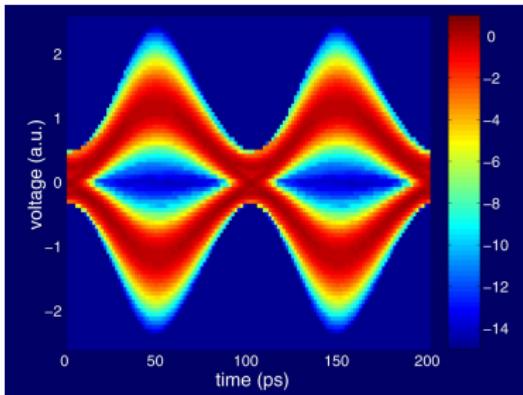
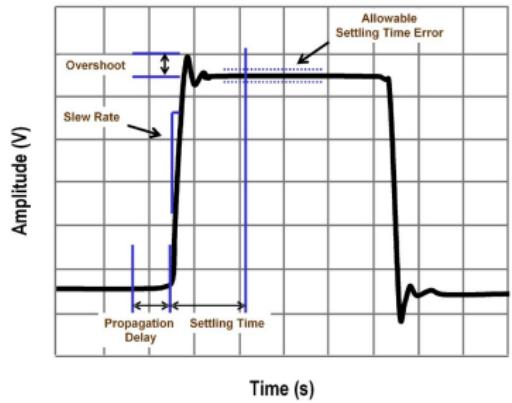
Vidéo —→

▶ <http://www.youtube.com/watch?v=Cci-ZLRXRl8>

▶ <http://www.youtube.com/watch?v=fID34rBUJ2E>

▶ <http://www.youtube.com/watch?v=tS3NKS06HJE>

Intégrité du signal



Langage de description (Cas du VHDL) (1)

```
entity FA is
port (
    A, B, Cin : in bit;
    S, Cout   : out bit
);
end entity;

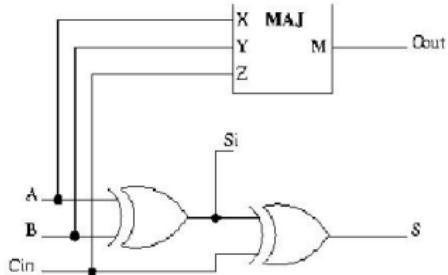
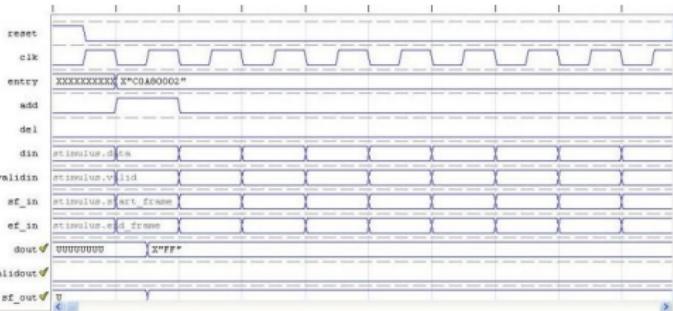
architecture arc3 of fa is
signal SI : bit;

component MAJ
port ( X,Y,Z : in bit;
      M : out bit);
end component;

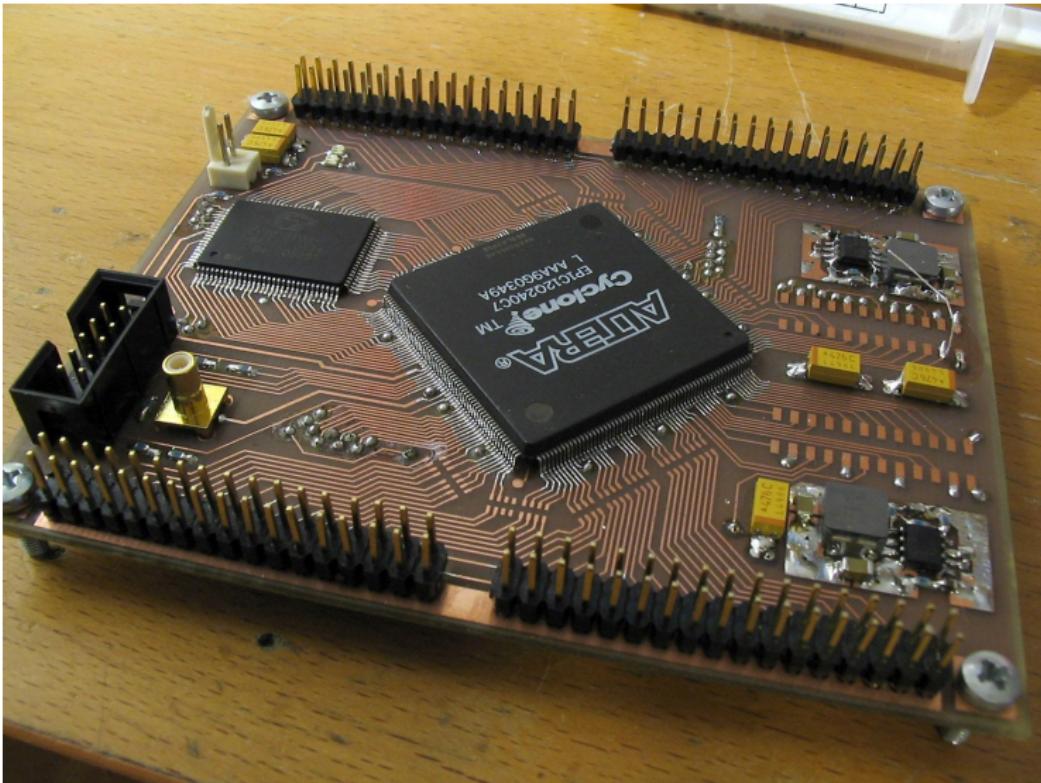
begin
p1 : process(SI, ci)
begin
    S <= SI xor Cin;
end process;

SI <= A xor B;

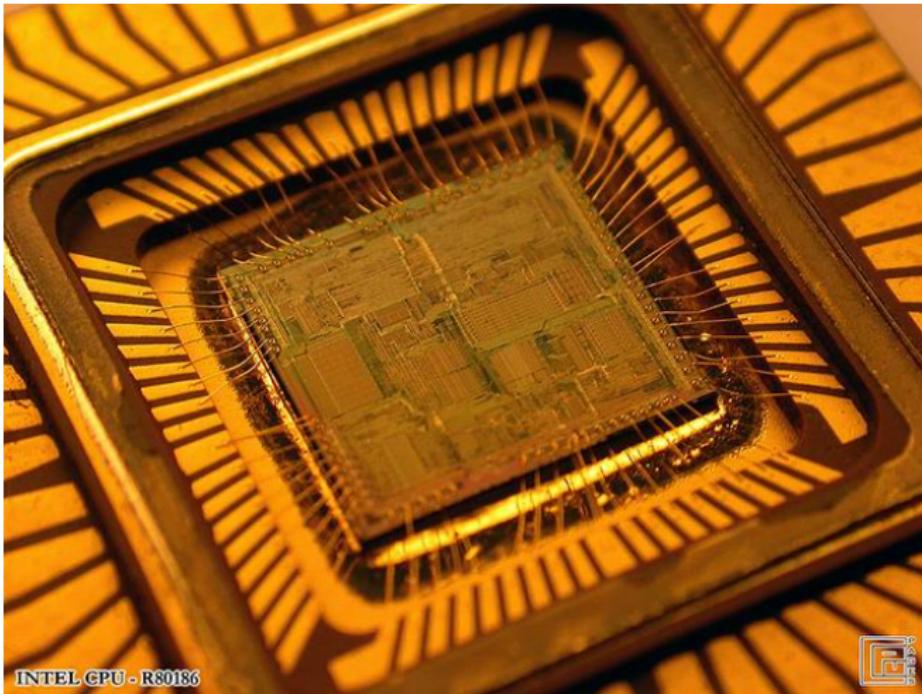
inst_MAJ : MAJ port map (
    X => A, Y => B,Z => CI, M => Cout);
end arc3;
```



Langage de description (Cas du VHDL) (2)



Langage de description (Cas du VHDL) (3)

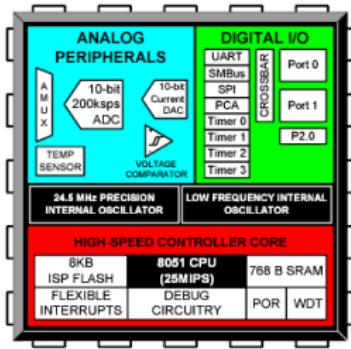


INTEL CPU - R80186

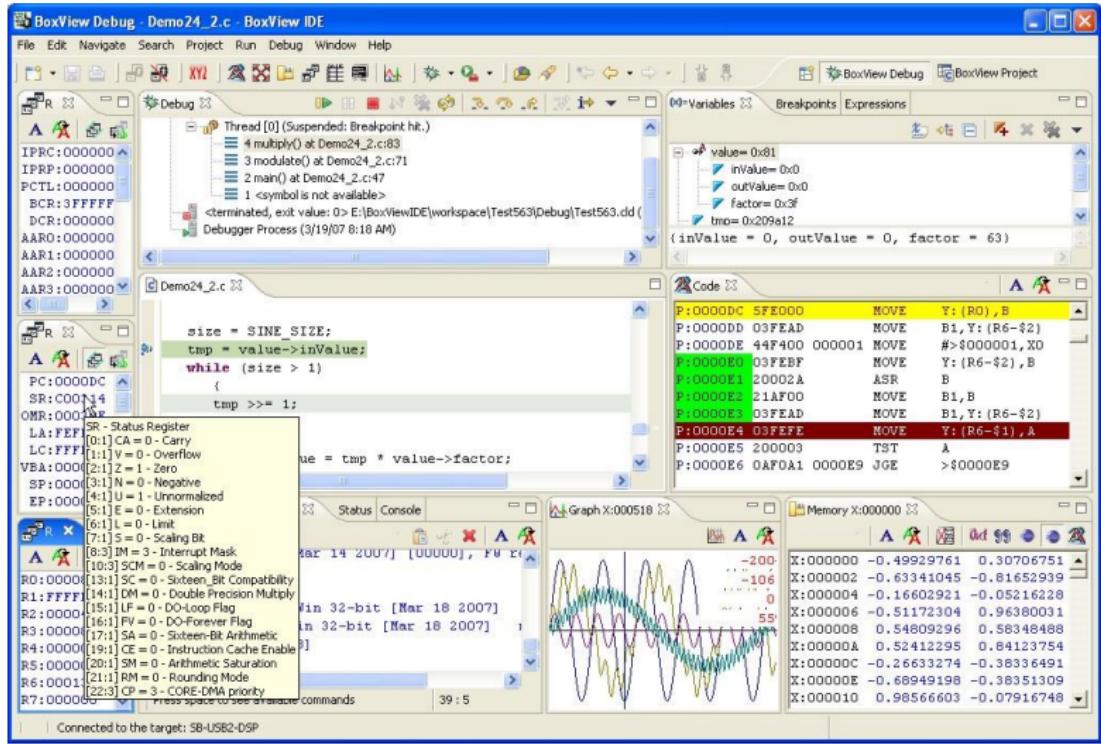


Vidéo → <http://www.youtube.com/watch?v=Vw0EQodkBrY&feature=related>

Programmation de microcontrôleur (1)

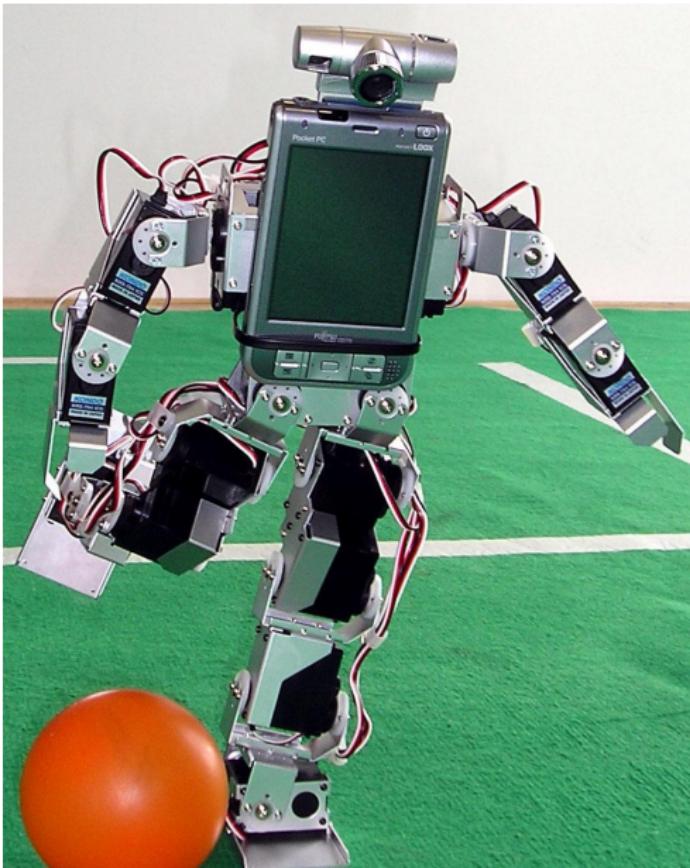


Programmation de microcontrôleur (2)

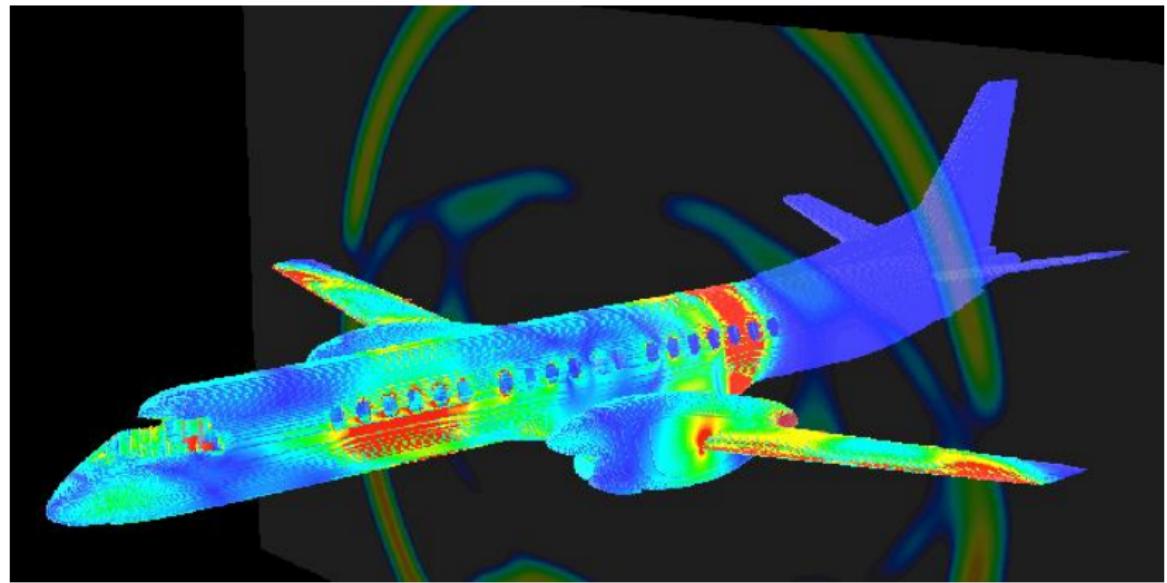


CENTRALE
PARIS
www.acp.fr

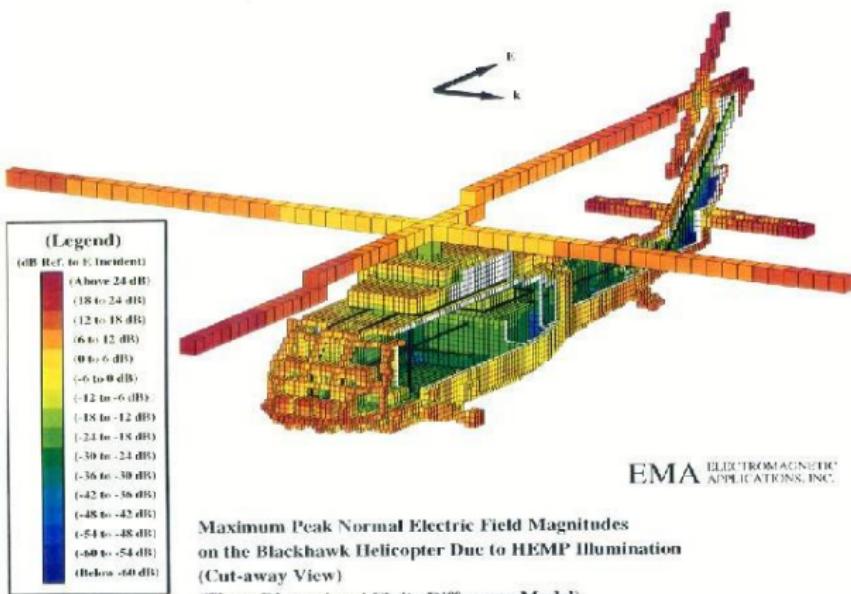
Programmation de microcontrôleur (3)



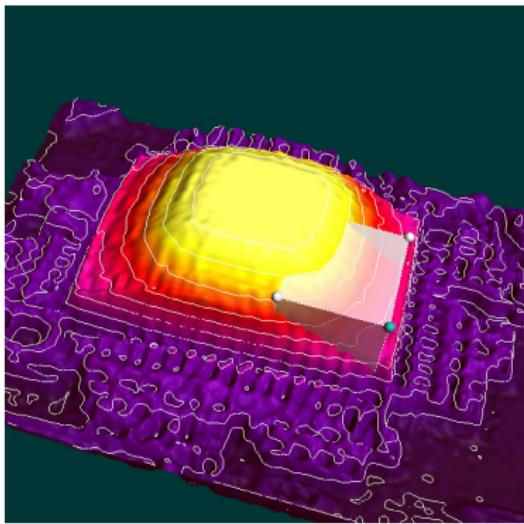
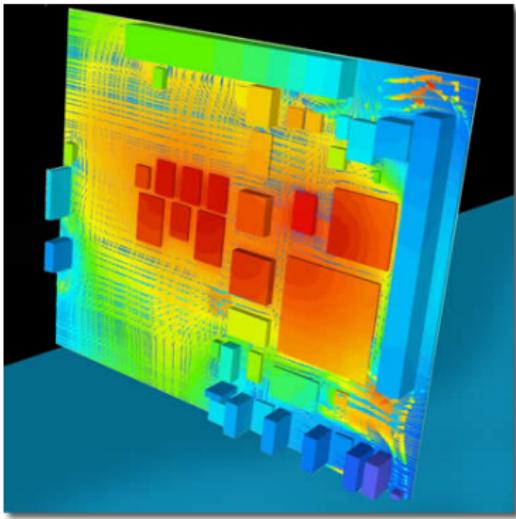
Compatibilité ElectroMagnétique (CEM)(1)

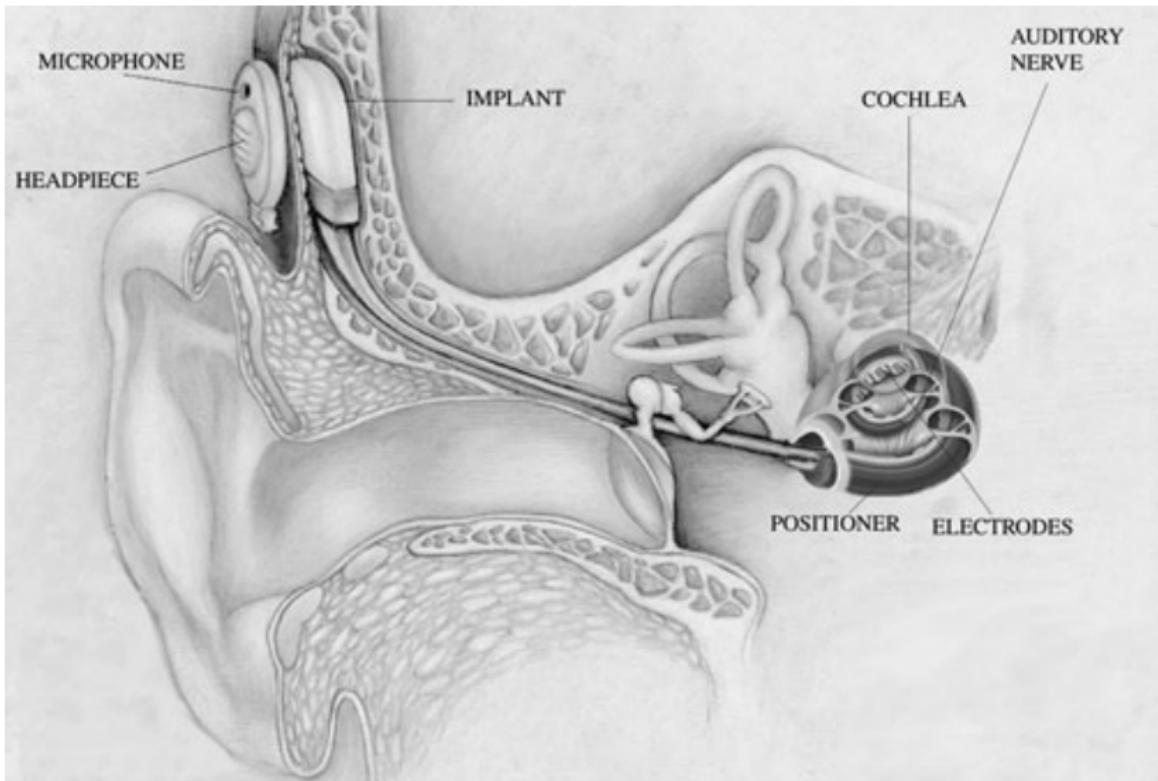


Compatibilité ElectroMagnétique (CEM)(2)



Analyse thermique





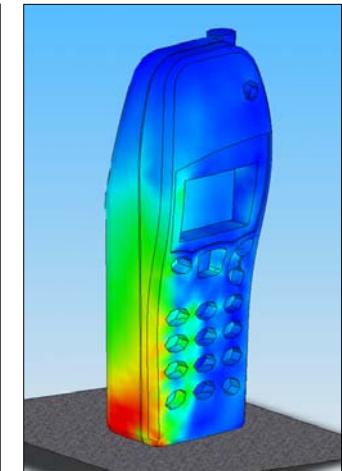
► http://altium.com.edgesuite.net/cochlear_video/index.htm



CENTRALE
PARIS
www.acp.fr

Ingénierie Numérique & Collaborative

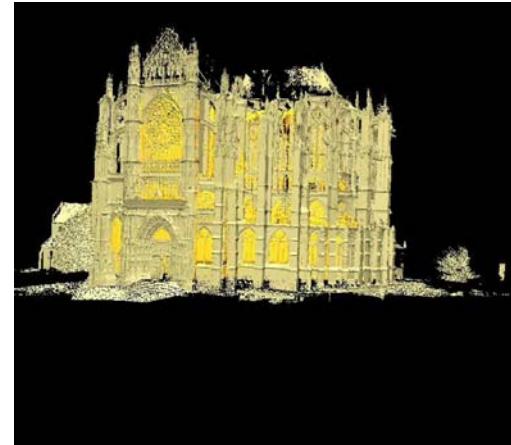
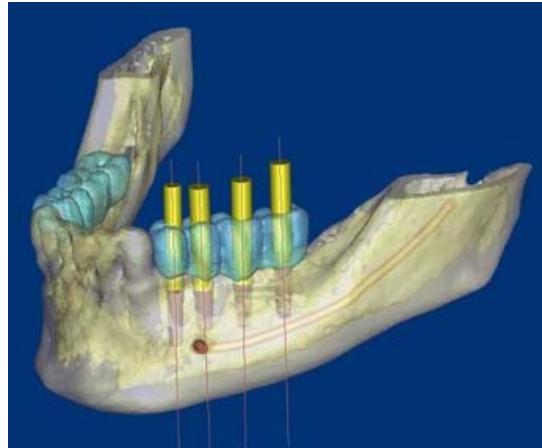
4 – La CAO mécanique



Pascal MORENTON
pascal.morenton@ecp.fr
<http://cao.etudes.ecp.fr>

- 1. Le marché de la CAO mécanique**
- 2. Typologie des modeleurs CAO**
- 3. Un exemple de modeleur paramétré : CATIA V5**
- 4. Un exemple de modeleur explicite : SPACECLAIM**

Nombreux secteurs d'activités concernés



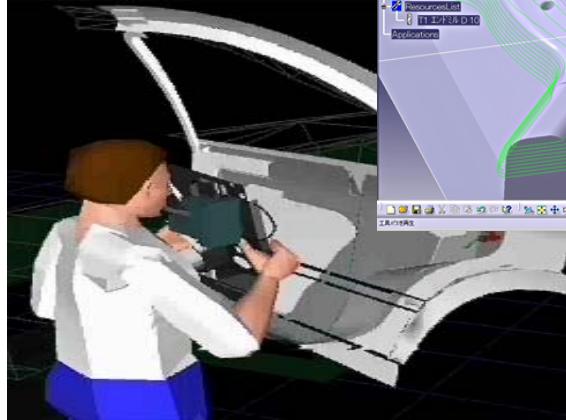
Médical
(Computer Guided Implantology)

Luxe
(ex : JewelCAD)

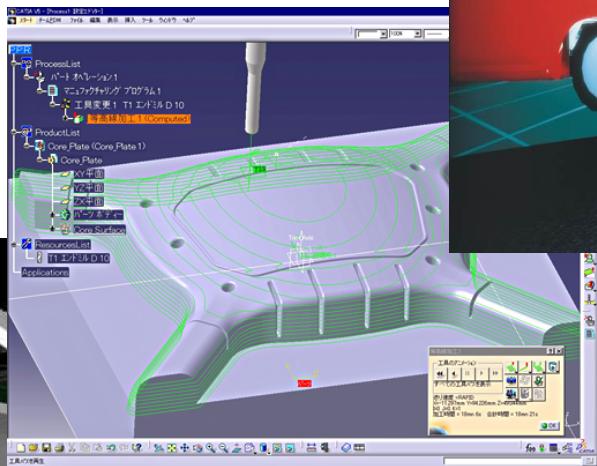
Architecture
(Scan 3D d'une cathédrale)

Archéologie, art etc

NOMBREUSES ACTIVITÉS D'INGÉNIERIE CONCERNÉES

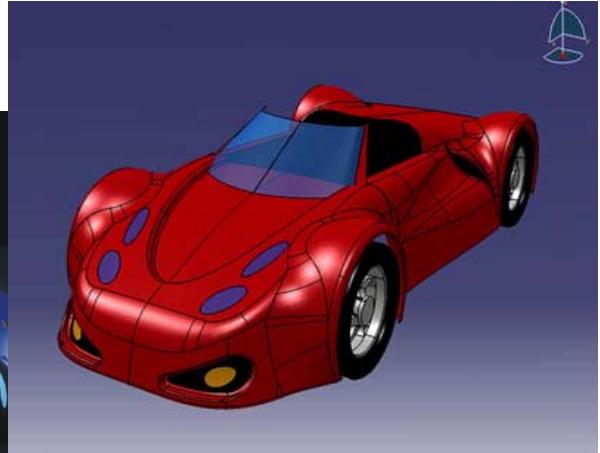


Ingénierie du Processus
Assistée par Ord.
IPAO



Fabrication
Assistée par Ord.
FAO

Pascal MORENTON



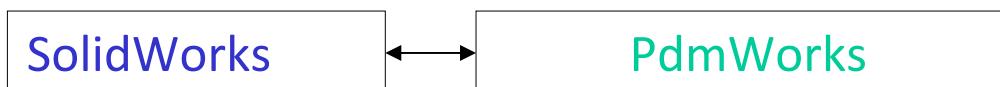
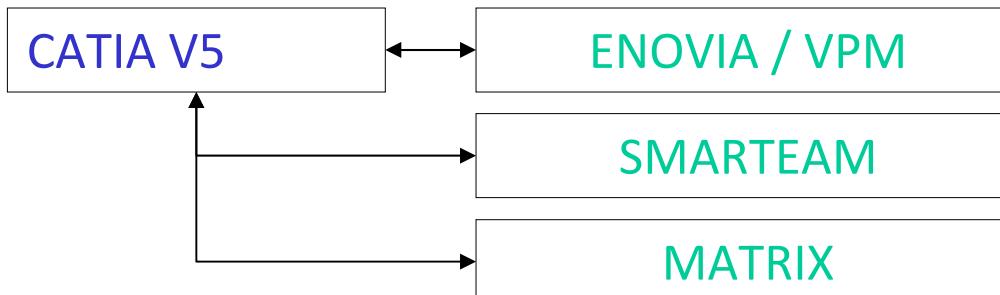
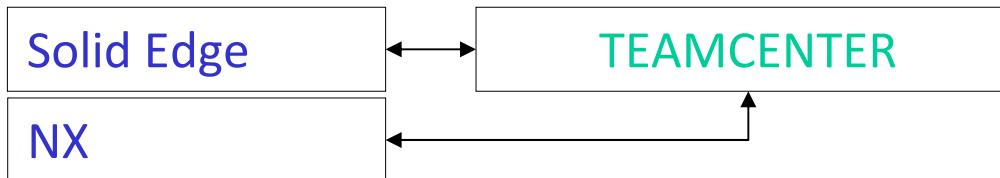
Conception
Assistée par Ord.
CAO

Ingénierie
Assistée par Ord.
IAO

Outils dits
« XAO »

Solutions des éditeurs de CAO mécanique

Autodesk®



Chiffre d'affaires des principaux éditeurs

PTC : CA = 940 M\$
(Informations investisseurs – 2007)

DS : CA = 1250 M€
(Informations investisseurs – 2007)

UGS : CA = 1220 M\$
(Informations investisseurs – 2006)

AUTODESK : CA = 2127 M\$
(Informations investisseurs – 2008)

MICROSOFT : CA = 44 292 M\$
(Informations investisseurs – 2006)

IBM : CA = 100 000 M\$
(Informations investisseurs – 2008)

Résultats = 156 M\$ (16%)

Résultats = 250 M€ (20%)

Résultats = 297 M\$ (24%)

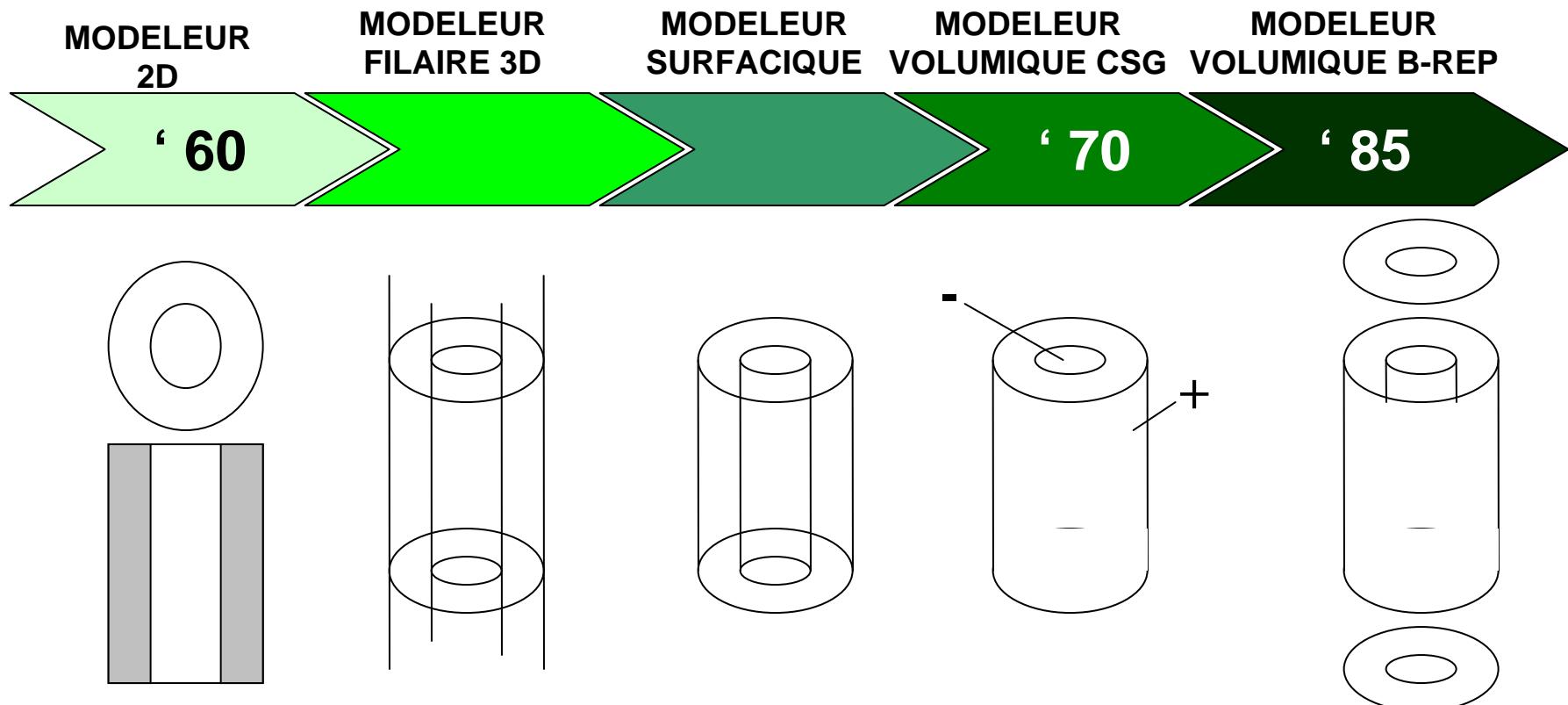
Résultats = 446 M\$ (21%)

Résultats = 12600 M\$ (28%)

Résultats =

1. Le marché de la CAO mécanique
2. Typologie des modeleurs CAO
3. Un exemple de modeleur paramétré : CATIA V5
4. Un exemple de modeleur explicite : SPACECLAIM

Typologie des modeleurs géométriques



Les modeleurs géométriques 2D – 1/2

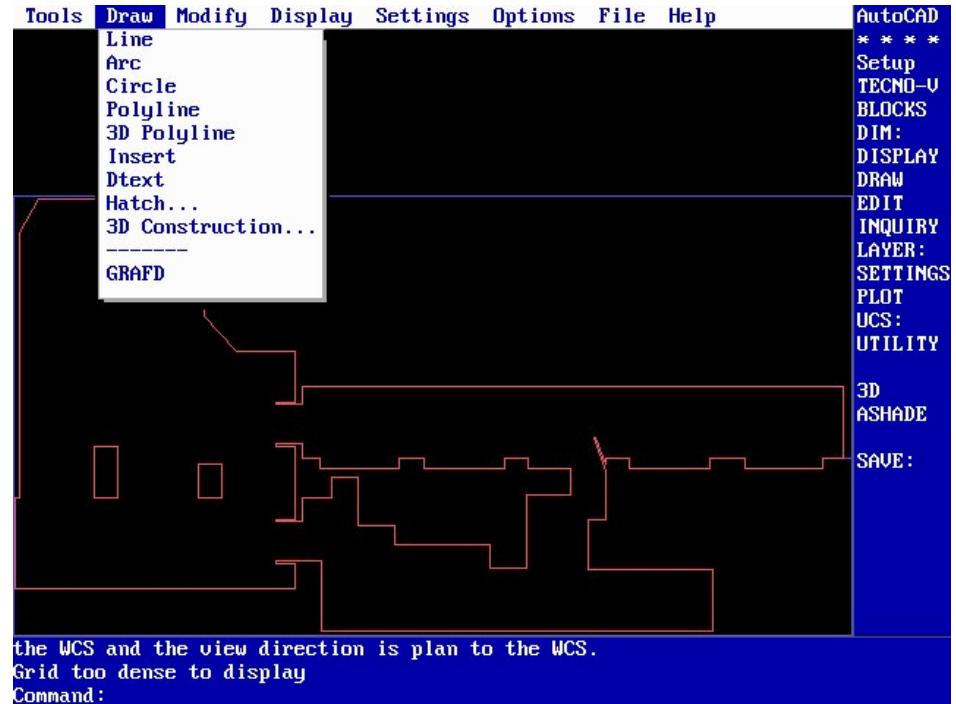


Unigraphics Model 319 Workstation

Pascal MORENTON

Les modeleurs géométriques 2D – 2/2

- Proche du travail à la planche à dessin
- Aucune fonctionnalité 3D, pas de correspondances entre les vues 2D



Début du processus d 'informatisation des méthodes de dessin
(DAO)

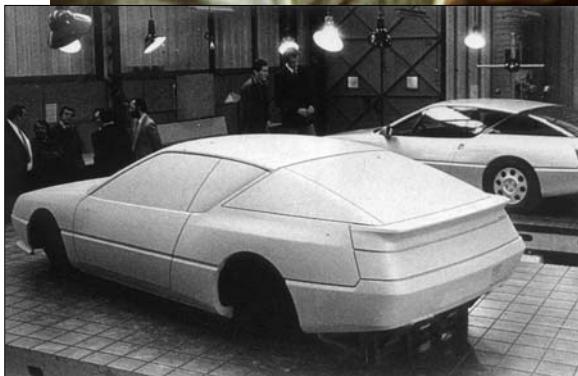
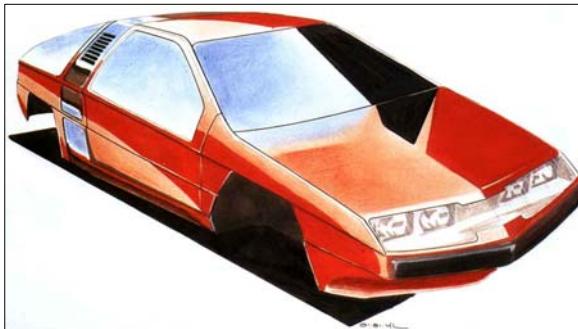
Les modeleurs surfaciques – 1/3



DDS-100C Unigraphics Workstation

Pascal MORENTON

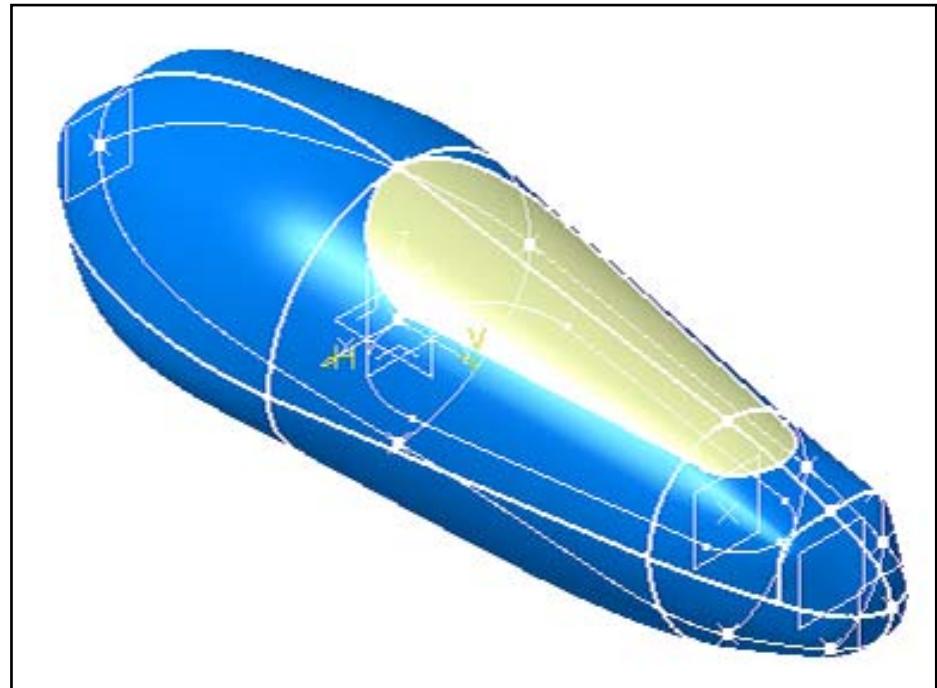
Les modeleurs surfaciques – 2/3



Pascal MORENTON

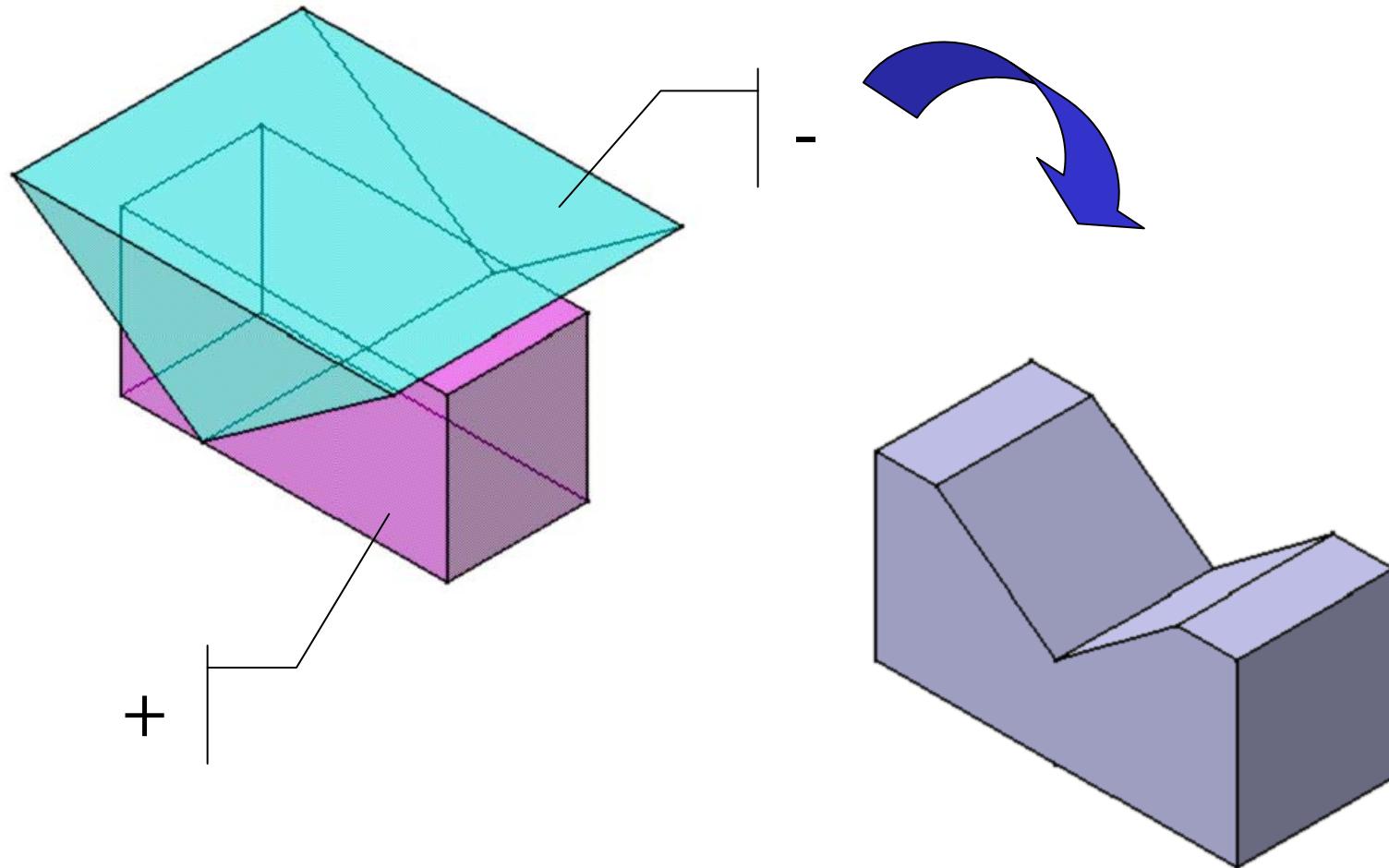
Les modeleurs surfaciques – 3/3

- Courbes et primitives surfaciques telles que plans, cylindres, cônes, sphères
- Courbes et surfaces paramétrées : Bézier, B-splines, β -splines, NURBS
- Possibilité de construire des surfaces avec contraintes de raccordement : C_0 , C_1 ou C_2



**Construction de surfaces avec de fortes contraintes :
tôlerie, design de carters, contenants etc**

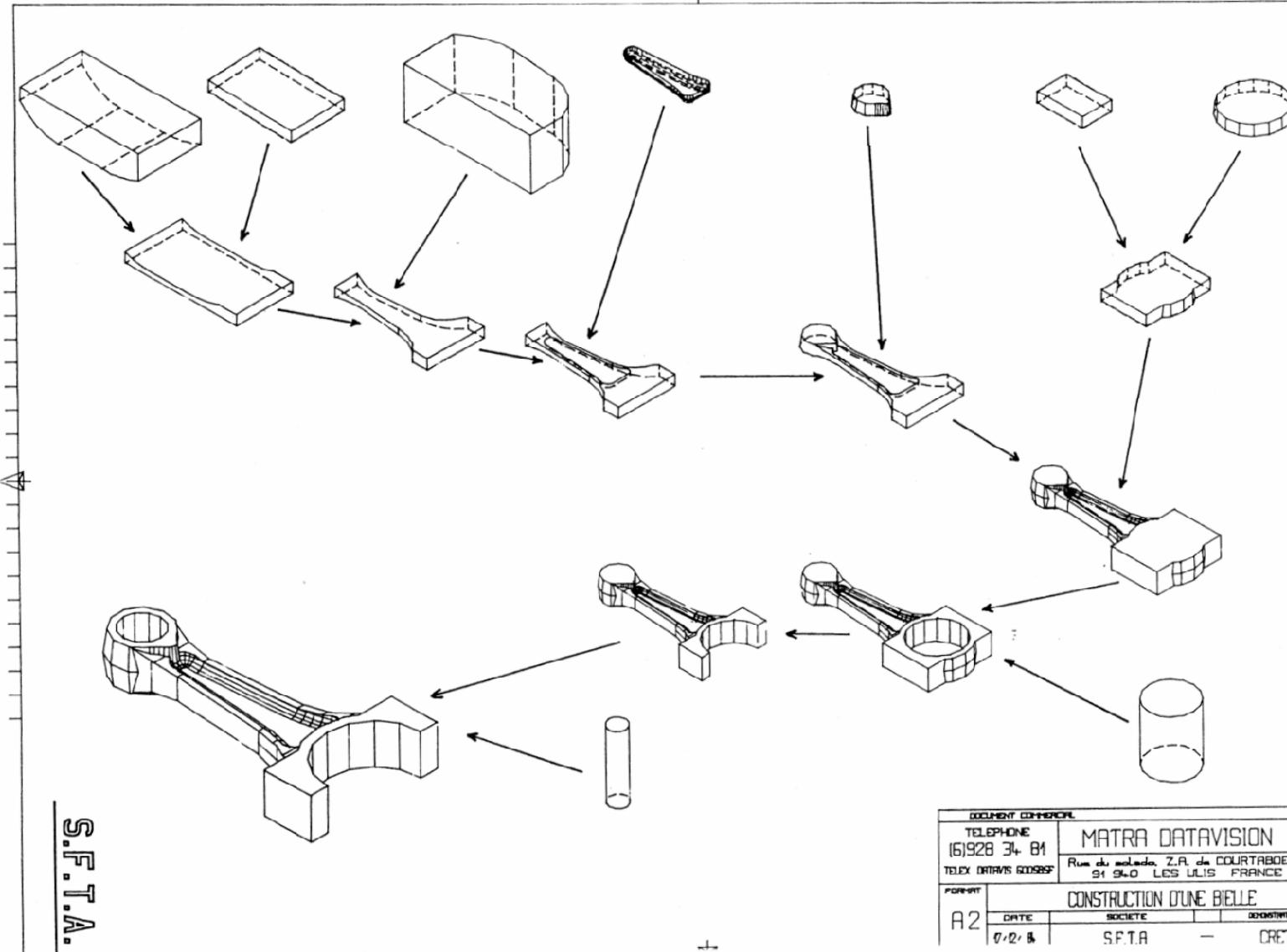
Les modeleurs volumiques CSG – 1/3



Modèle géométrique = opérations booléennes sur des solides primitifs

Les modeleurs volumiques CSG – 2/3

CONSTRUCTION D'UNE BIELLE

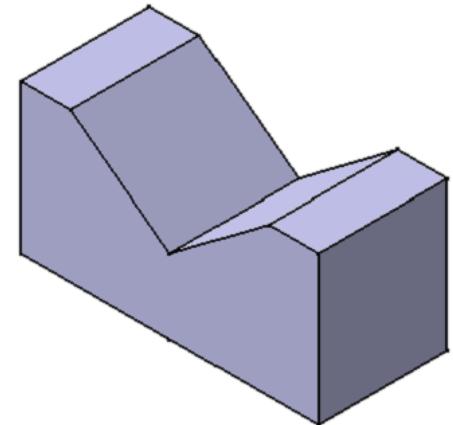
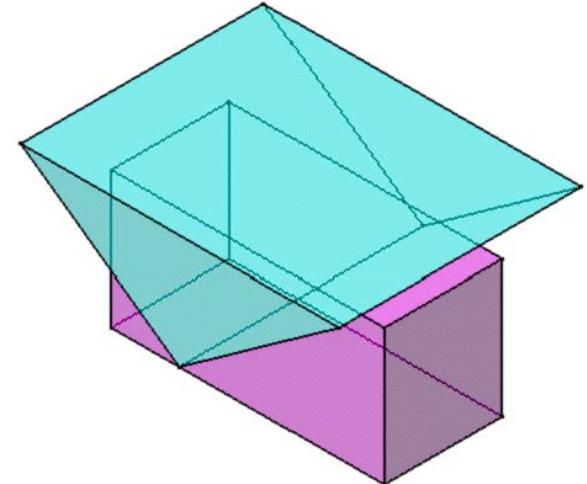


S.F.T.A.

DOCUMENT COMMERCIAL		MATRA DATAVISION		DÉCH
TÉLÉPHONE (16) 928 34 81		Rue du Moléda, Z.A. de COURTABOEUF 91 940 LES ULIS FRANCE		
TELEX DATAVIS 60085F				
FORMAT	CONSTRUCTION D'UNE BIELLE			
A2	DATE	SOCIÉTÉ	DÉPARTEMENT	
	0/0/88	S.F.T.A	-	CRETIN

Les modeleurs volumiques CSG – 3/3

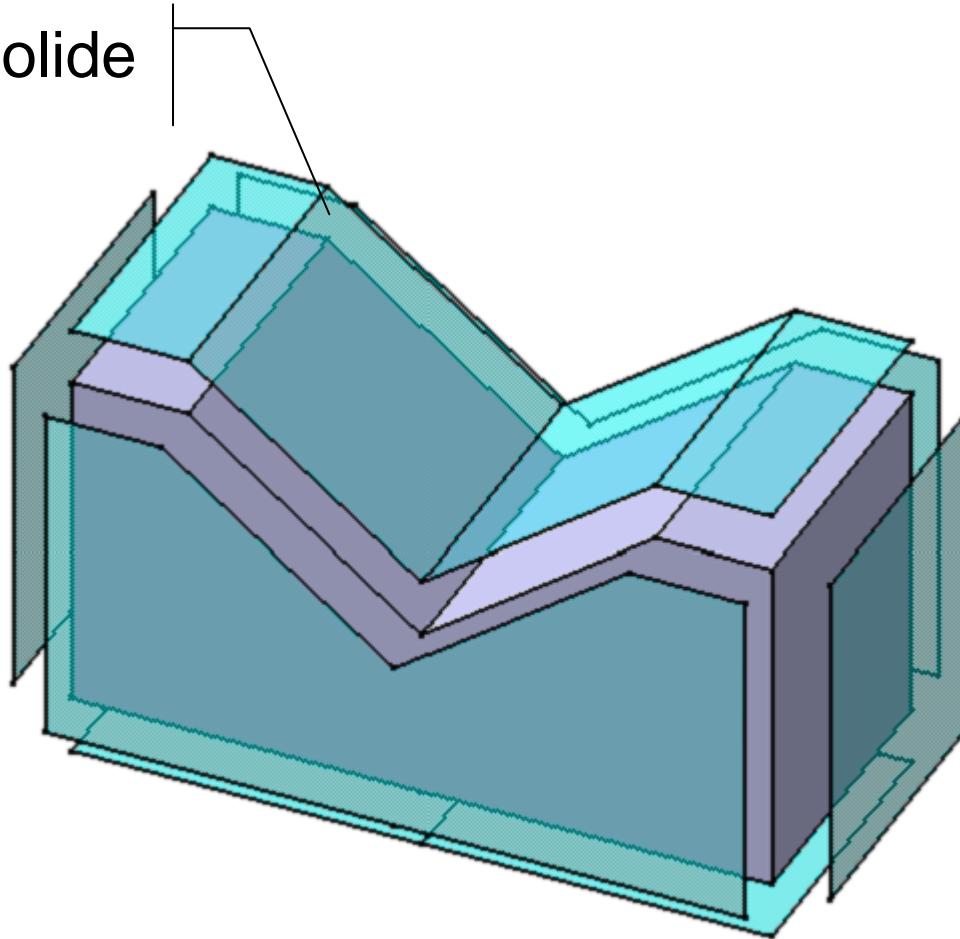
- Grande simplicité du modèle et compacité de stockage
- Utilisation des primitives pour les calculs massiques et de maillage
- Approche sensiblement différente de celle d'un concepteur
- 1 modèle = plusieurs arbres CSG possibles



Modeleur volumique simple à mettre en œuvre servant de base à la modélisation

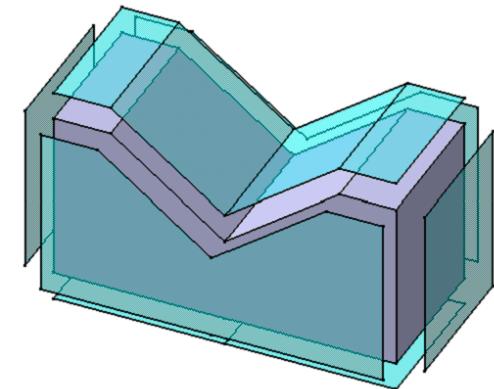
Les modeleurs volumiques B-Rep – 1/2

« Peau » du solide



Les modeleurs volumiques B-Rep – 2/2

- B-Rep = Boundary Representation
(représentation par les frontières)
- Modèle composé de :
 - sommets topologiques (points caractéristiques de l'enveloppe)
 - arêtes topologiques (éléments filaires) et de faces topologiques (« peaux » tendues limitées par des arêtes)
 - opérateurs d'Euler = union, soustraction et intersection
- Surfaces nouvelles : tuyau, extrusion, révolution
- Modèles B-Rep exact ou facetisé

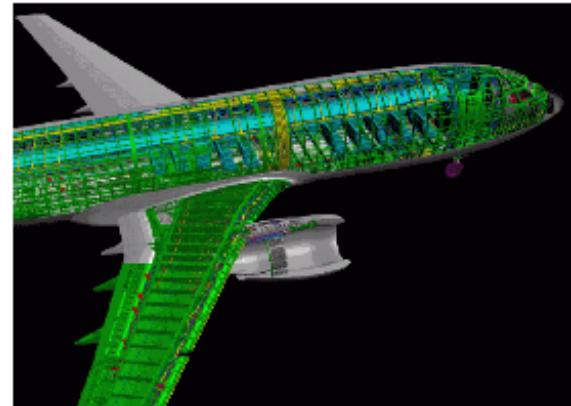
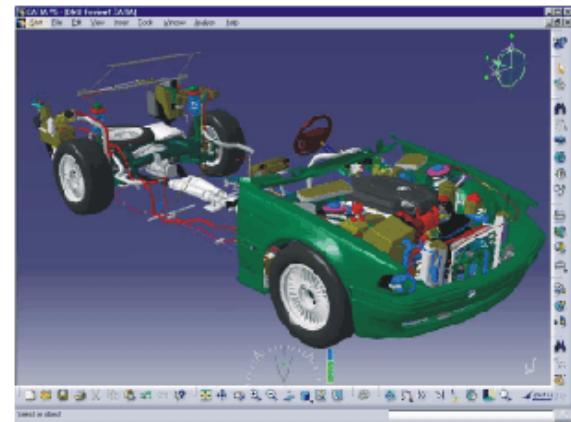


Modeleur intégrateur entre modeleur CSG et modeleur Surfacique

1. Le marché de la CAO mécanique
2. Typologie des modeleurs CAO
3. Un exemple de modeleur paramétré : CATIA V5
4. Un exemple de modeleur explicite : SPACECLAIM

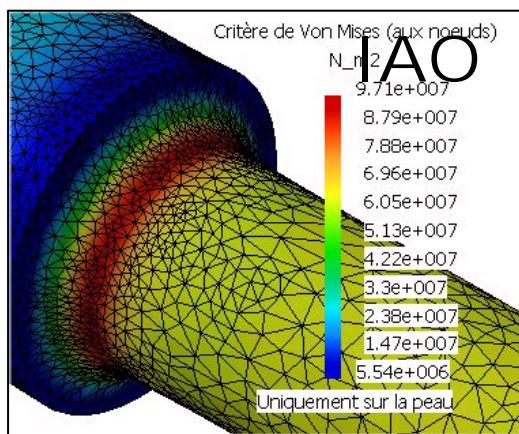
La gamme CATIA V5

- Logiciel développé par Dassault Systèmes et commercialisé par IBM
- Leader de la CAO mécanique dans les secteurs, entre autres, de l'automobile et de l'aviation civile
- Catia est développé en natif sous Windows et dispose donc de toutes les fonctionnalités de ce système : copier-coller, glisser-déposer etc (versus les stations Unix)
- Migration des grands comptes à partir de 2006 (Peugeot : Janvier 2006)

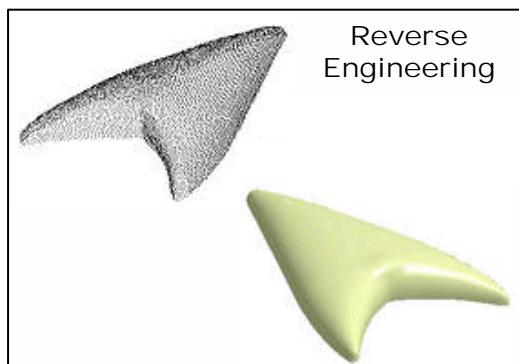
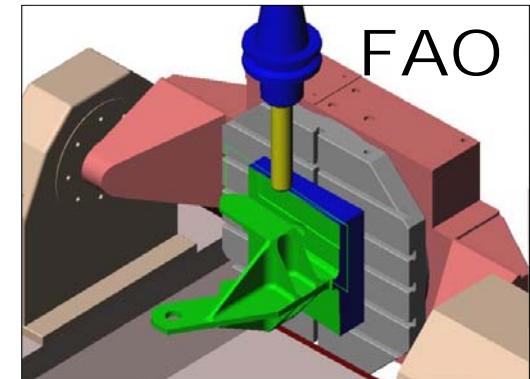
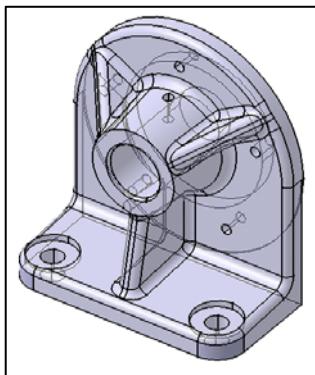


Les modules de CATIA V5

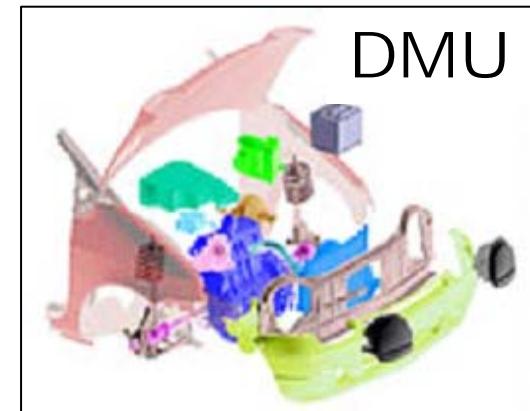
CATIA V5 regroupe plus de 120 ateliers « métier » autour du noyau de modélisation solide & surfacique



CAO



vers IPAO
etc

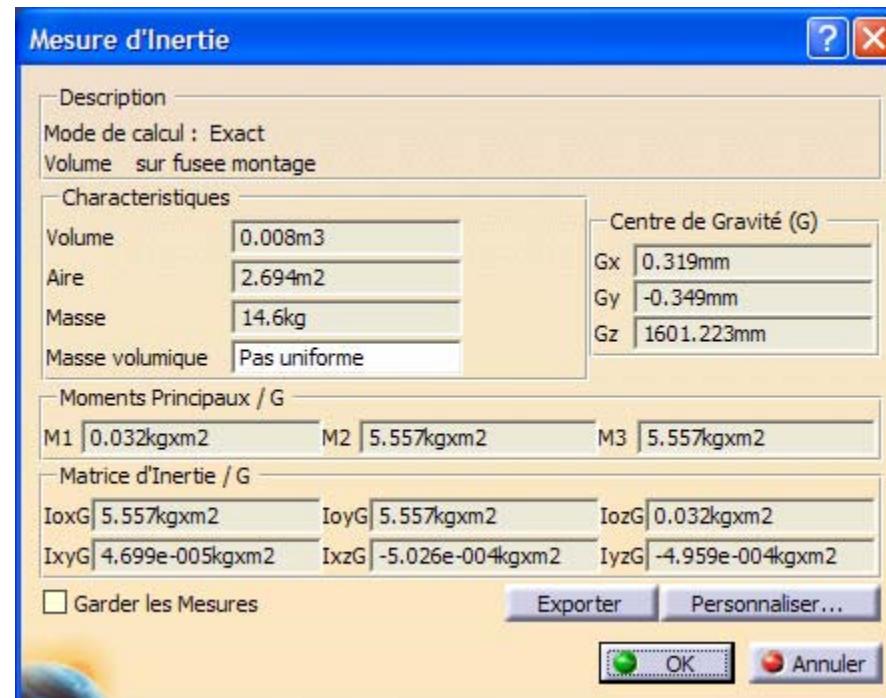
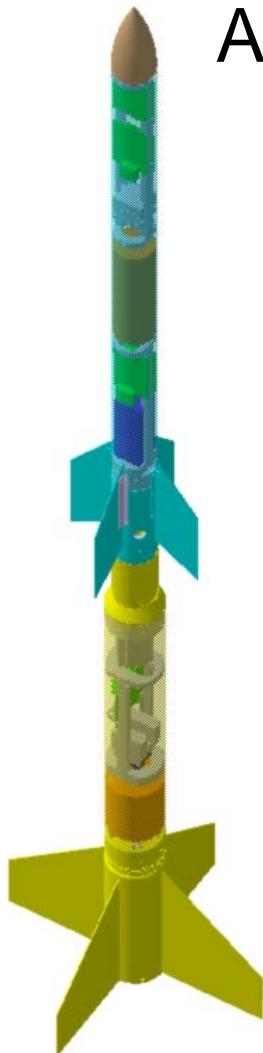


Catia V5 est un modeleur :

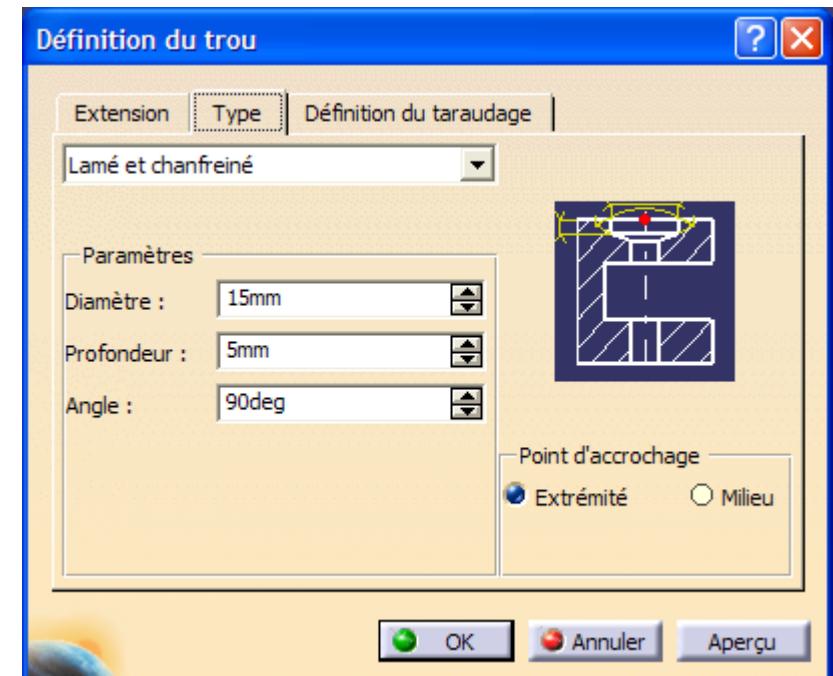
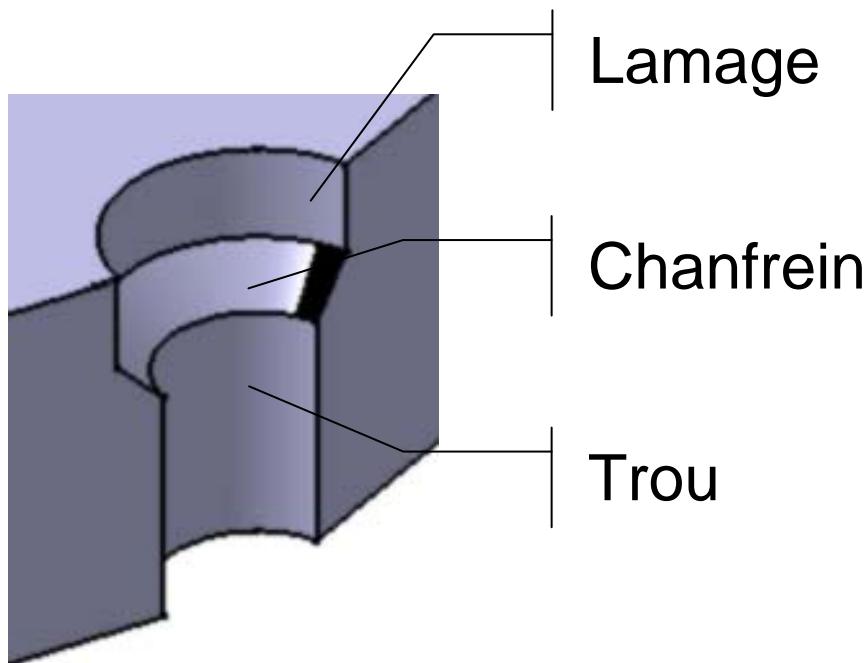
- solide
- basé sur les fonctions technologiques
- paramétrique
- permettant l'intégration de savoir-faire

C'est (beaucoup) plus
qu'un simple modeleur géométrique 3D ...

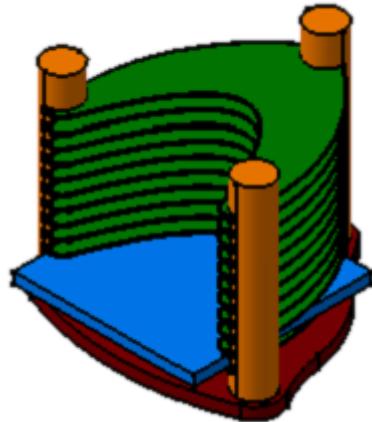
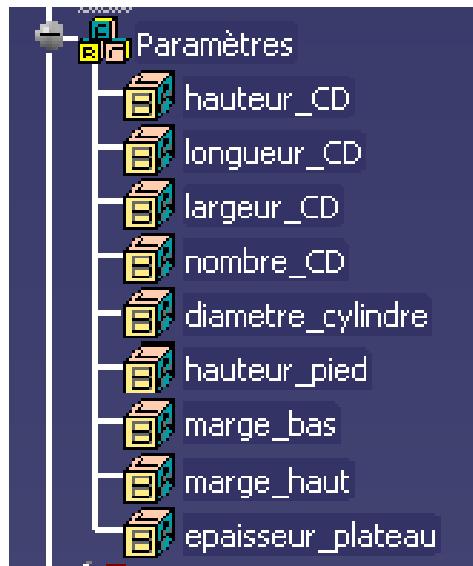
Accès aux propriétés massiques d'un modèle



Fonctions représentatives d'un savoir-faire « métier »

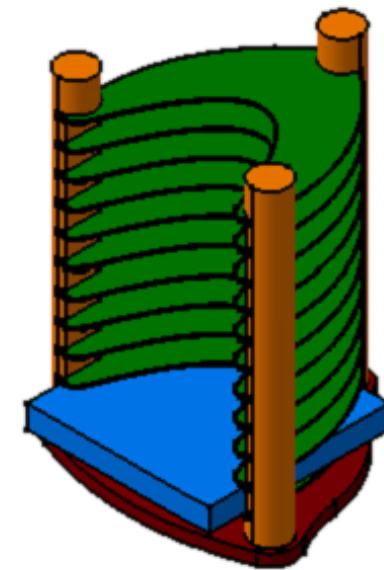
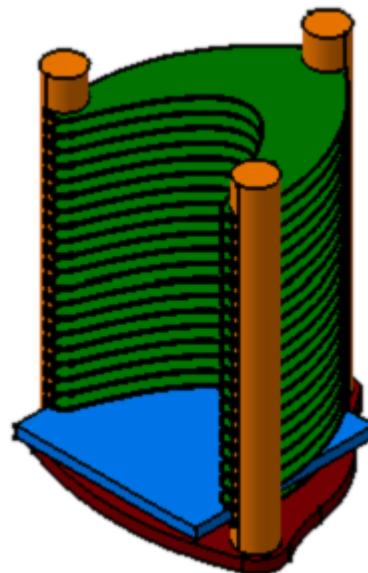


Modeleur paramétrique



Modèle paramétré de haut niveau

Démo – Range-CD



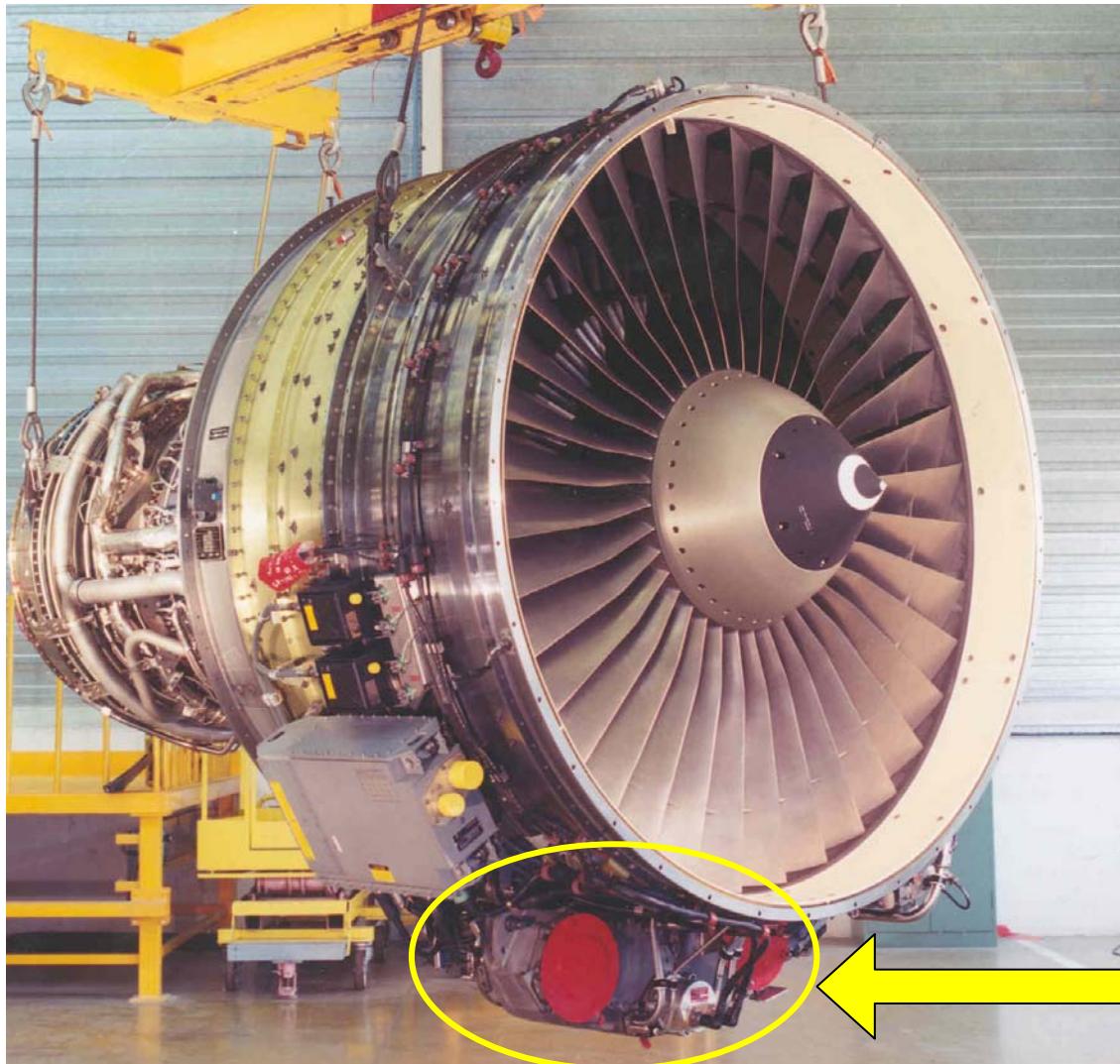


KnowledgeWare :
Intégration du savoir-faire et
des connaissances « métier »

Exemple de la société Renault

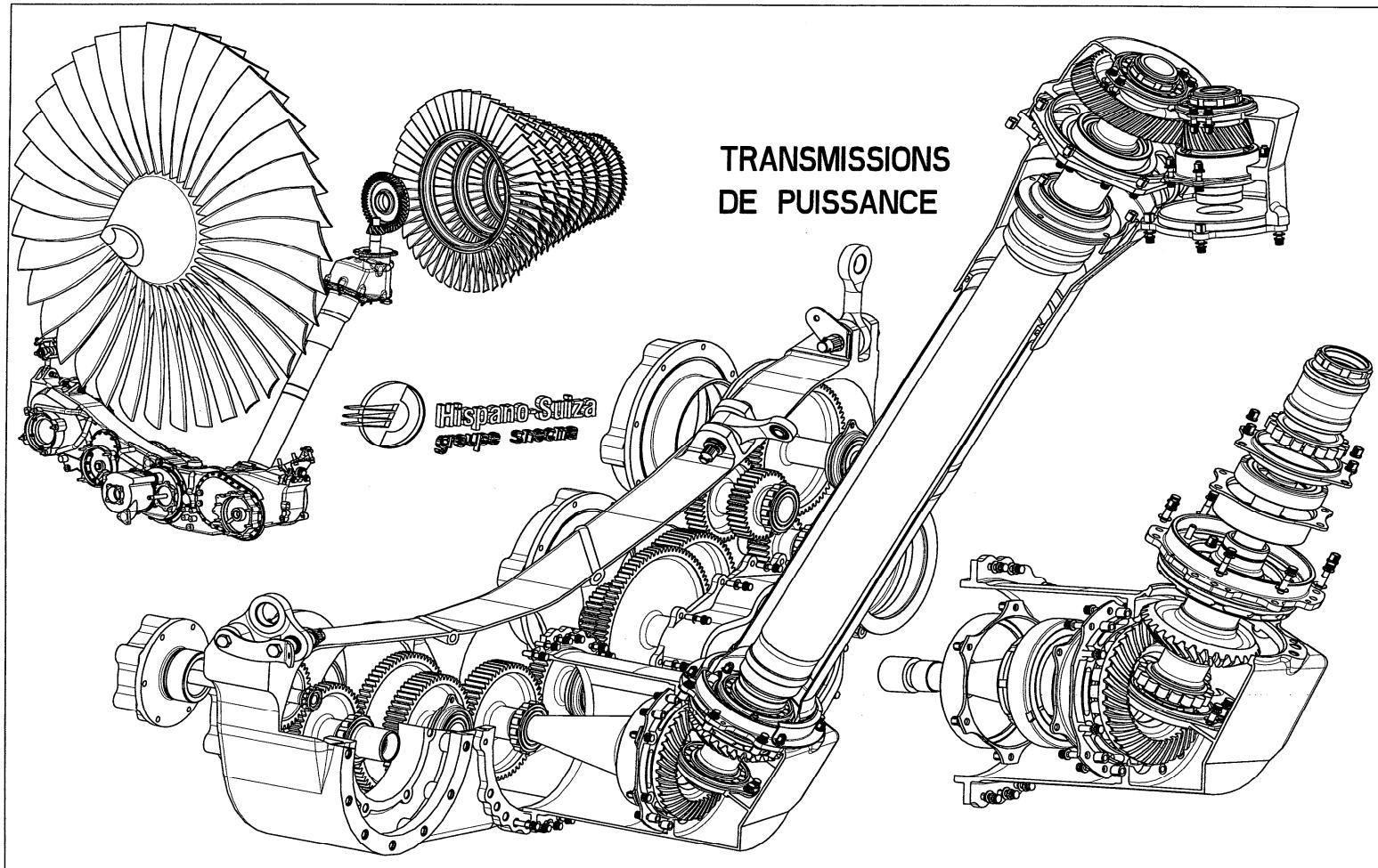
- Déploiement commencé en 2005
- Fin du déploiement fin 2007
- A terme, **500** modèles génériques pour l'ingénierie véhicule
- **Méthodologies de conception sous CATIA brevetées**

Exemple : conception d'une boite-relais - 1



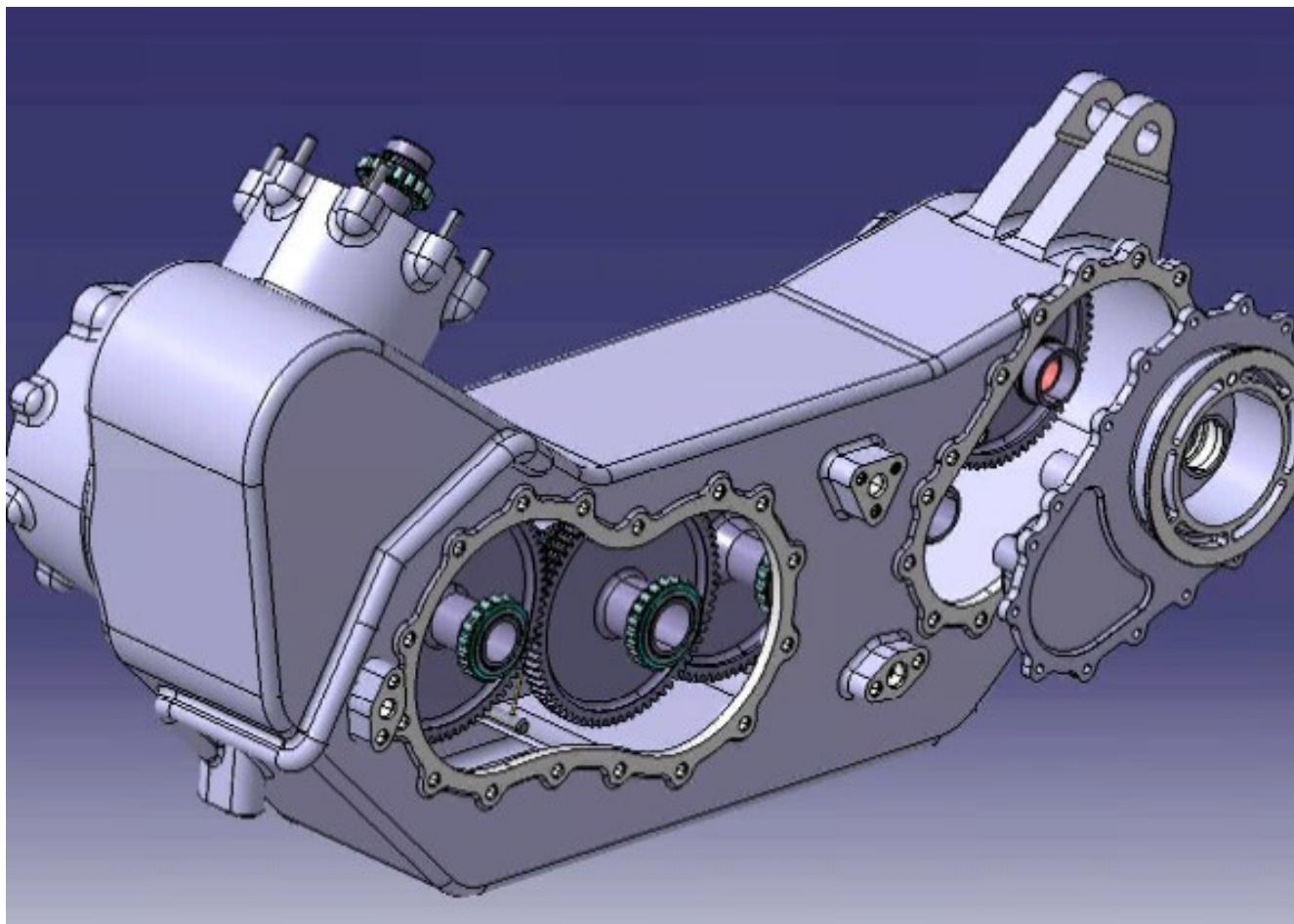
Boite relais

Exemple : conception d'une boite-relais - 2

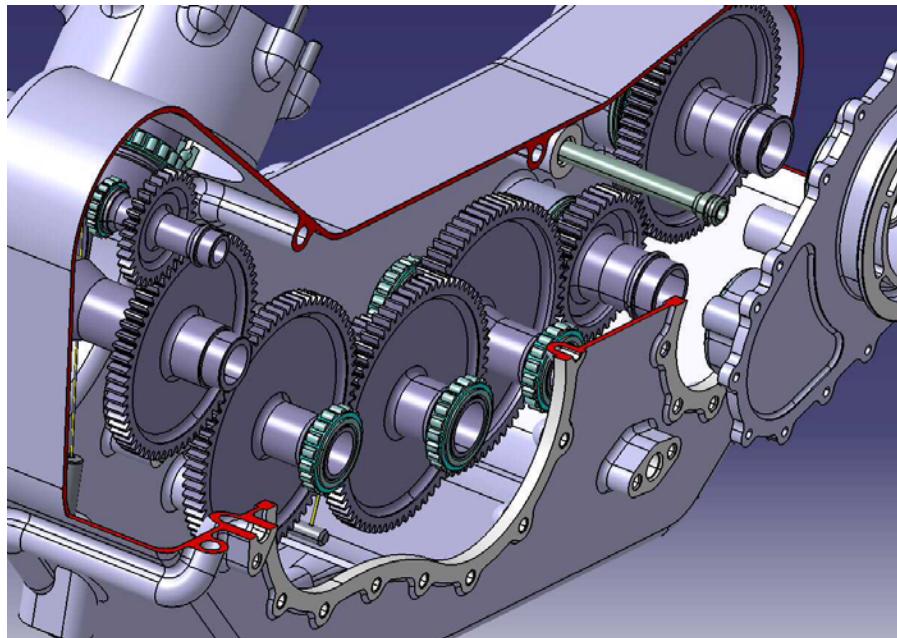


avec l'aimable autorisation de la société Hispano-Suiza (Groupe SAFRAN)

Exemple : conception d'une boite-relais - 3

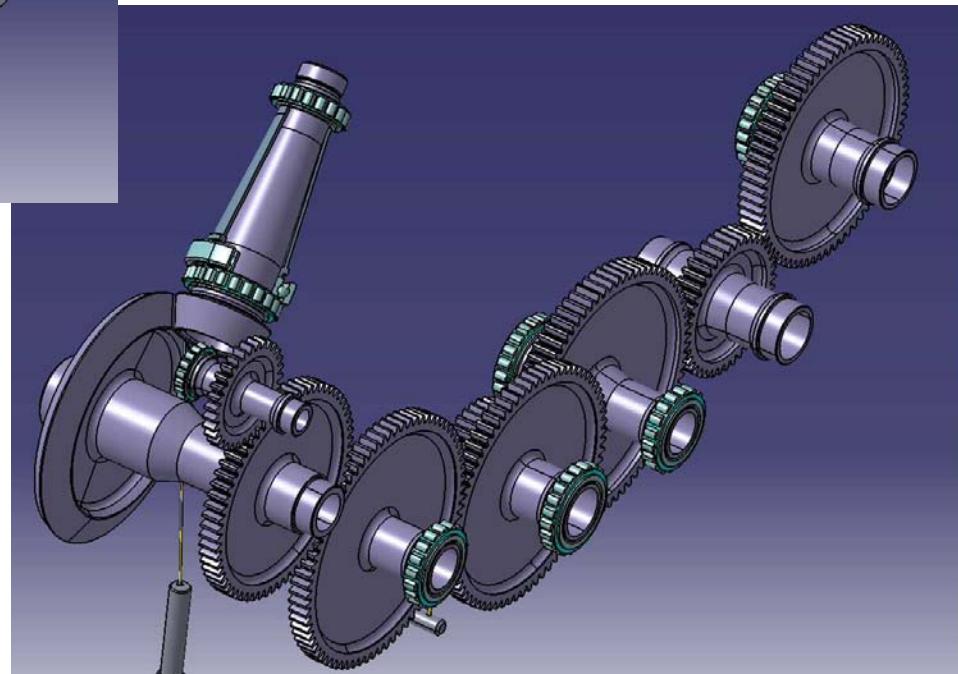


Exemple : conception d'une boite-relais - 4



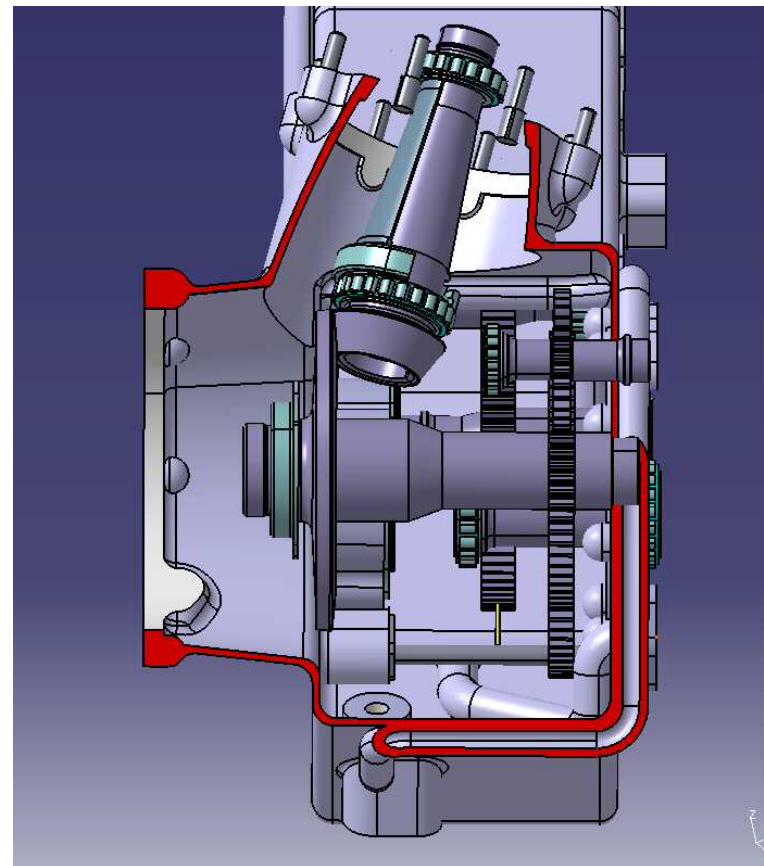
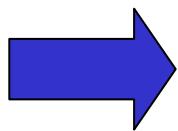
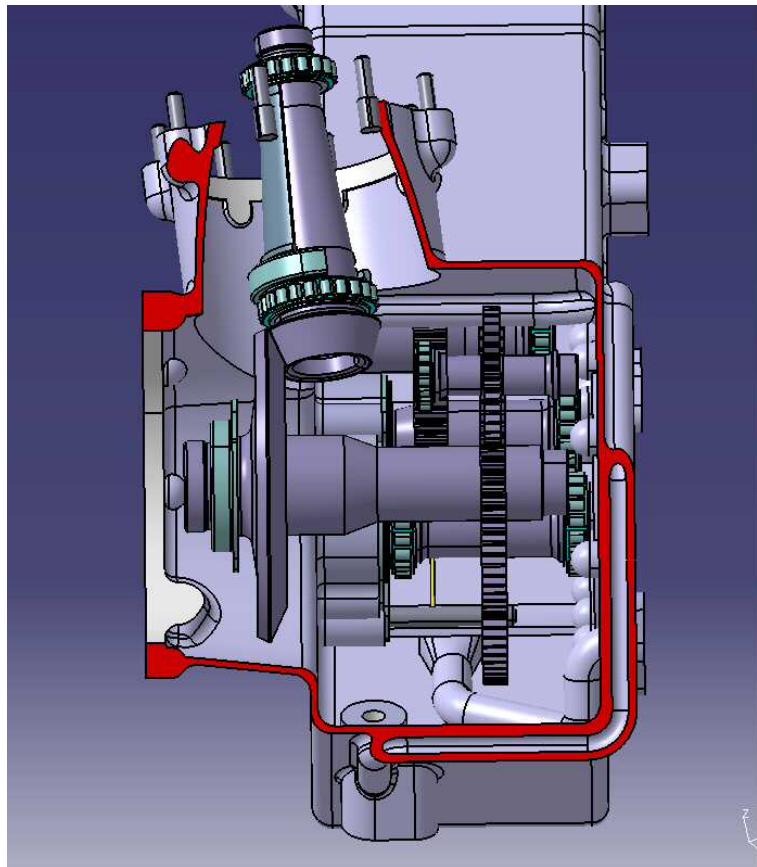
Chaine cinématique
modélisée

Configuration des trains
d'engrenages

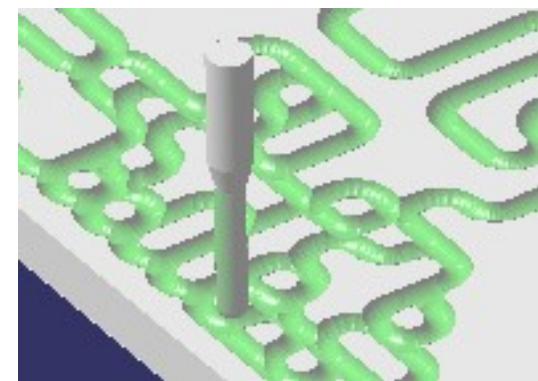
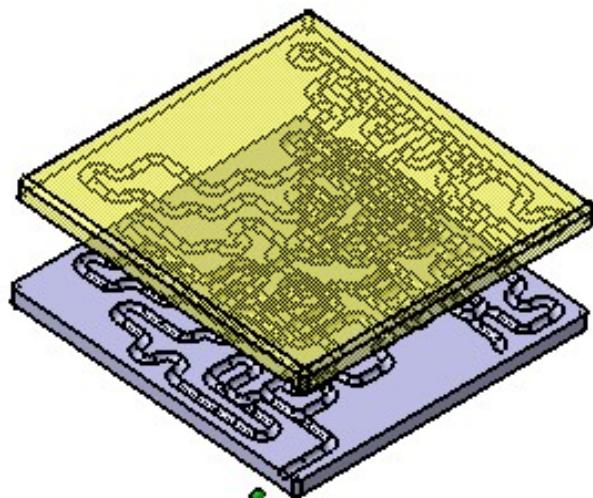


Exemple : conception d'une boite-relais - 5

Modification de l'angle du couple conique



Démo :
Knowledge



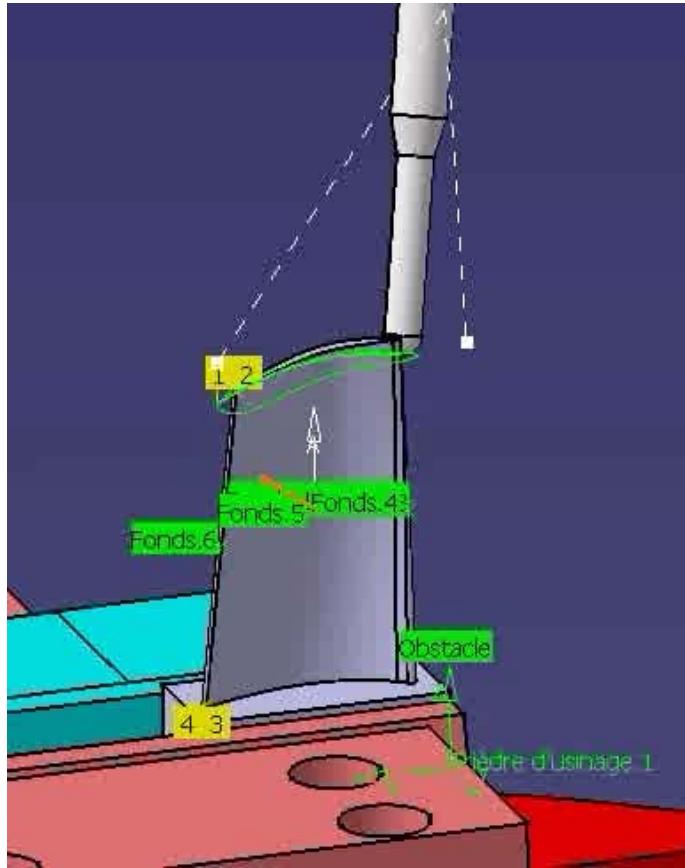
Plus de **120** modules « métier » sont à la disposition du concepteur sous CATIA V5 pour réaliser des tâches de :

- Conception mécanique
- Fabrication
- Tôlerie
- Calculs
- Numérisation et reconstruction de surfaces
- Analyse ergonomique
- etc

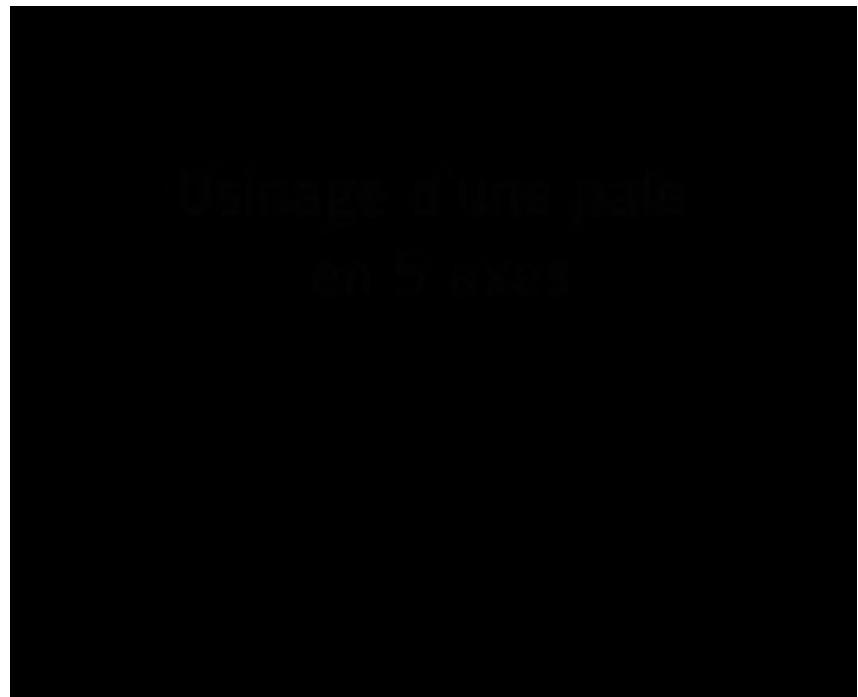
En voici quelques exemples ...

Module « FAO »

Simulation 5 axes



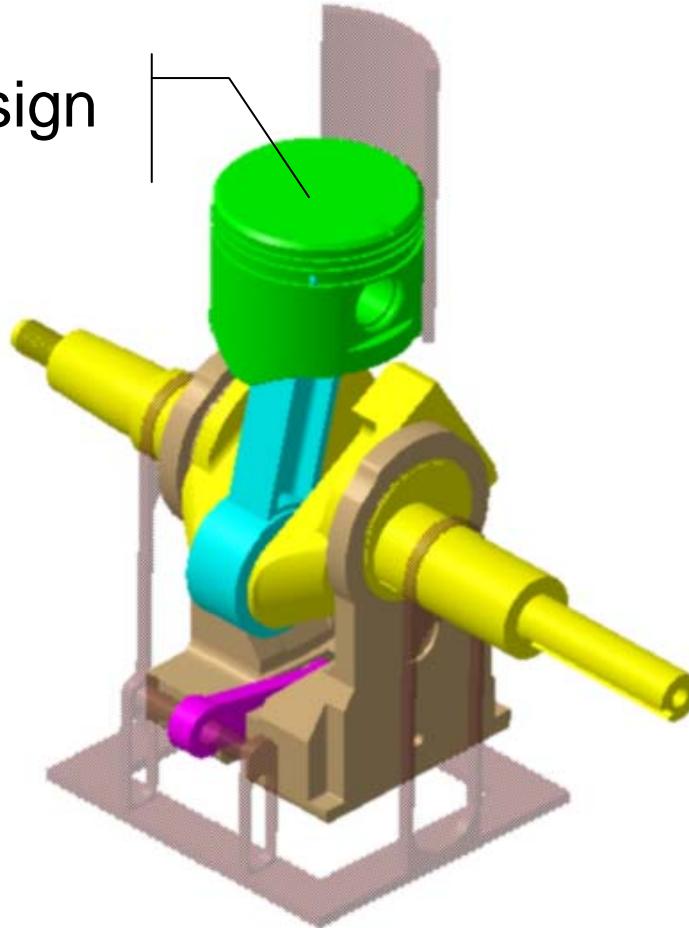
FAO 5 axes



Assembly design (conception d'assemblage)

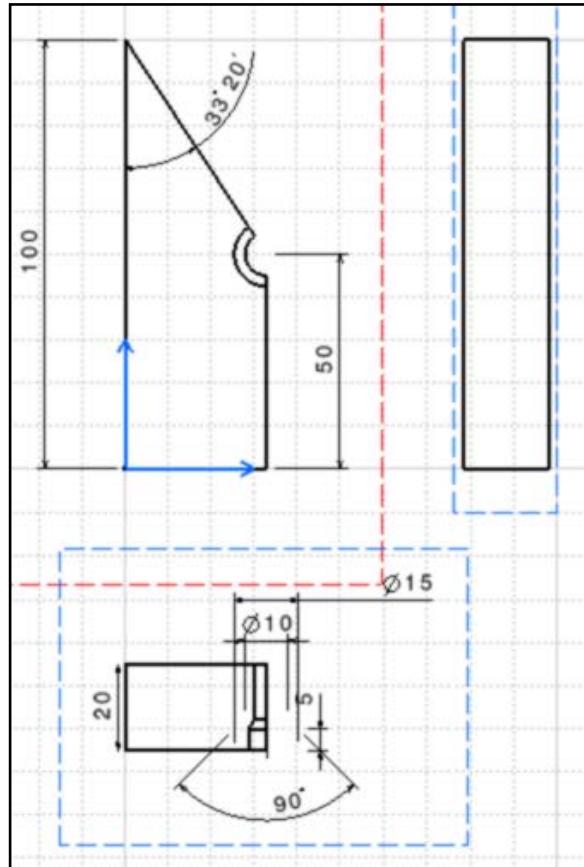
Définition d'assemblage de pièces

Défini en Part Design

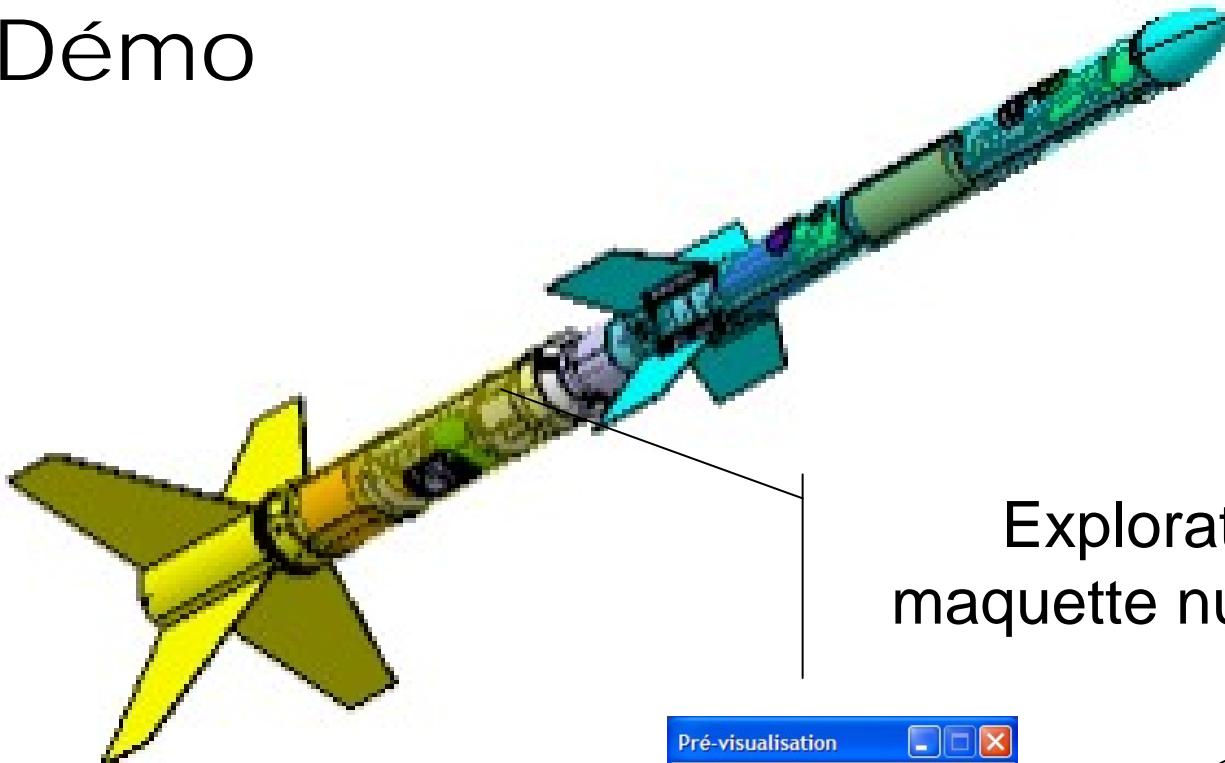


Drafting (mise en plan)

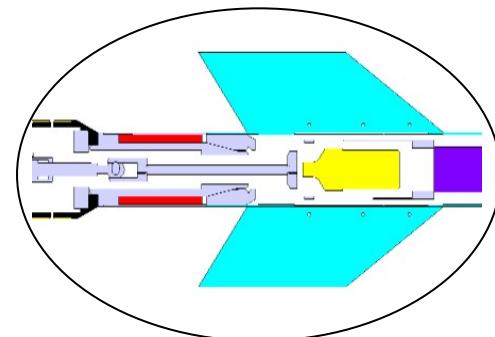
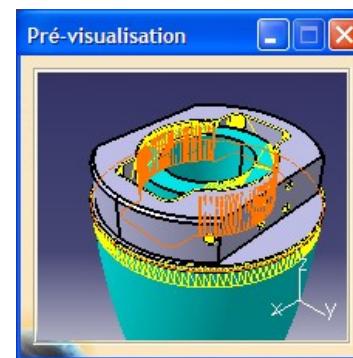
Définition de dessins techniques 2D



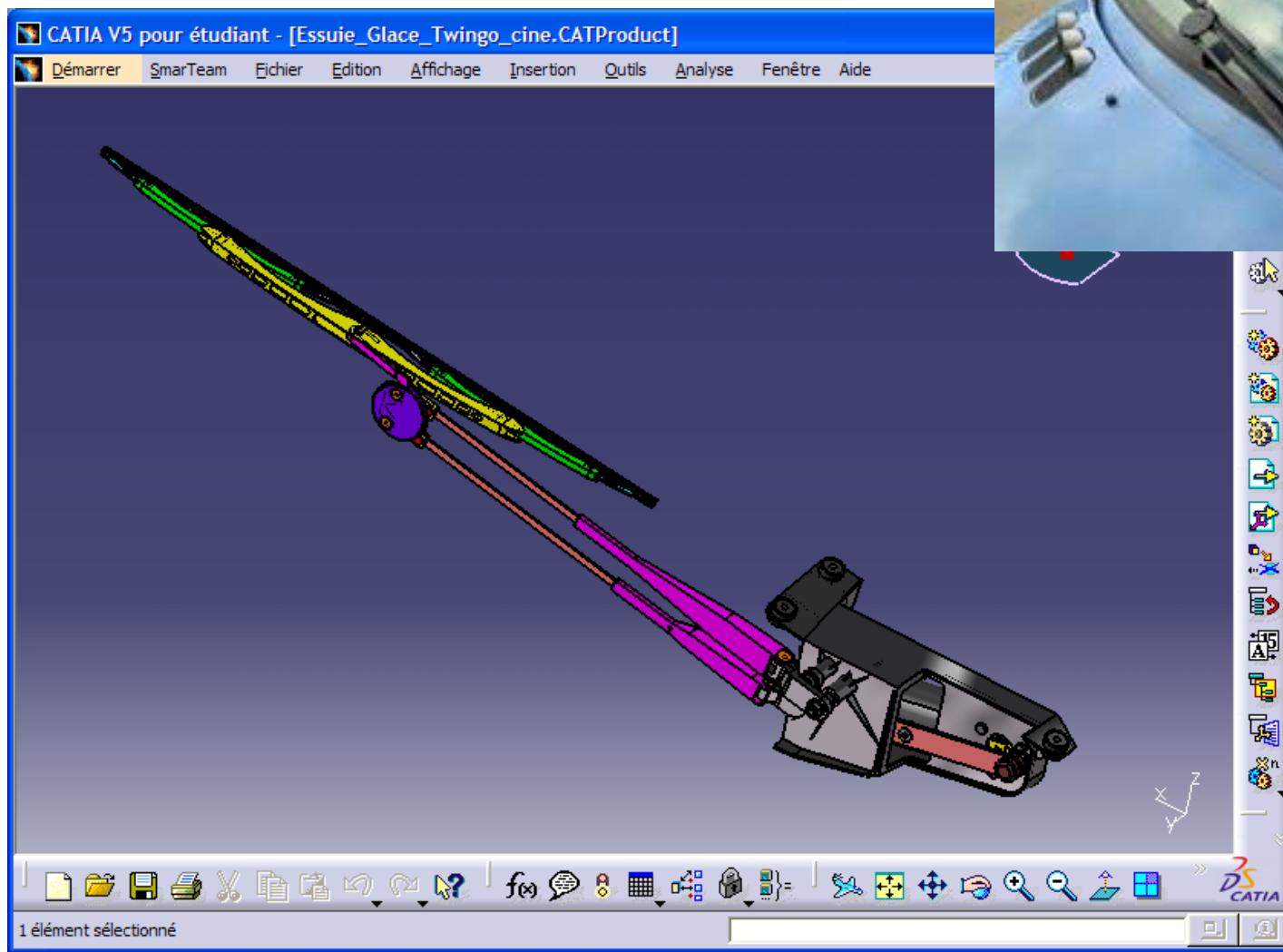
Démo



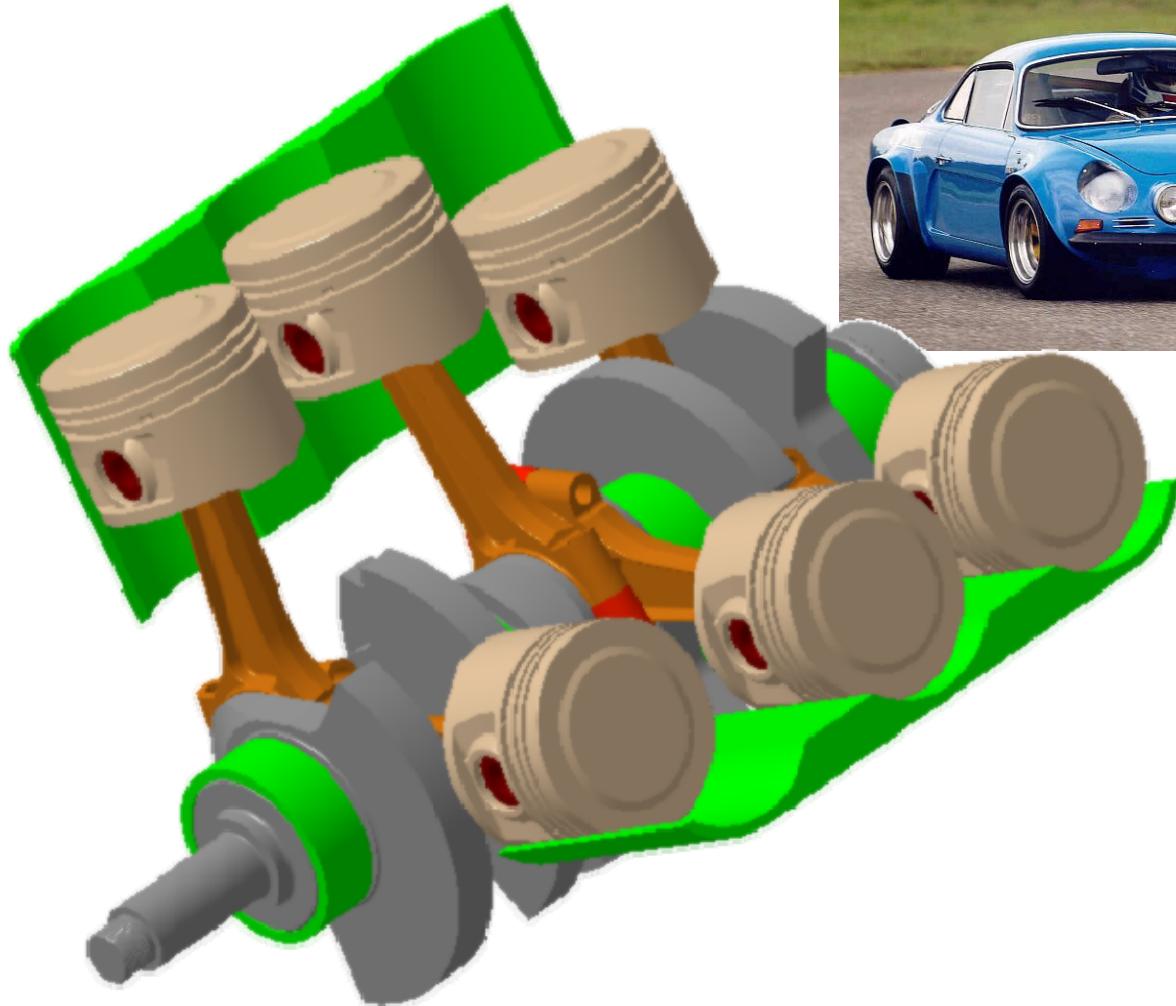
Exploration de la
maquette numérique



Démo 1 – Essuie-glace Twingo

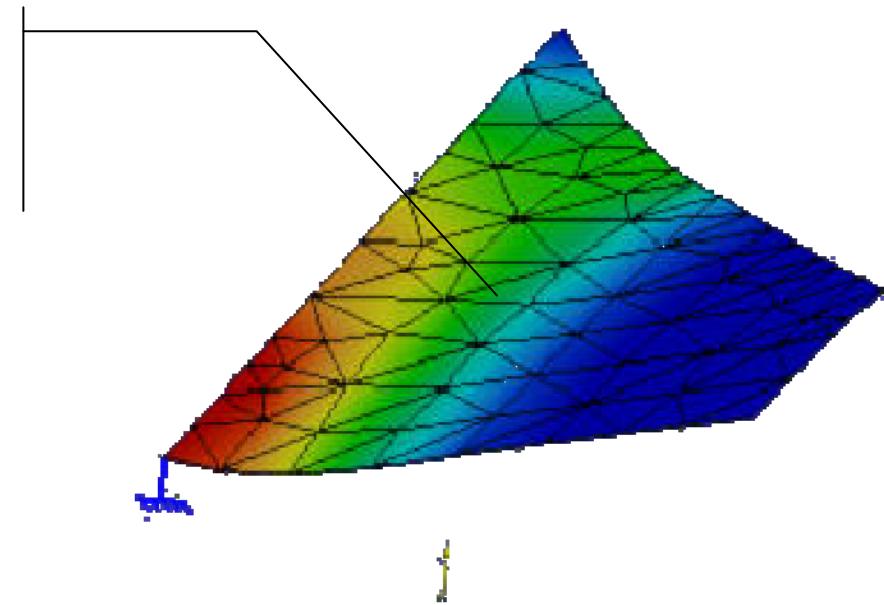


Démo



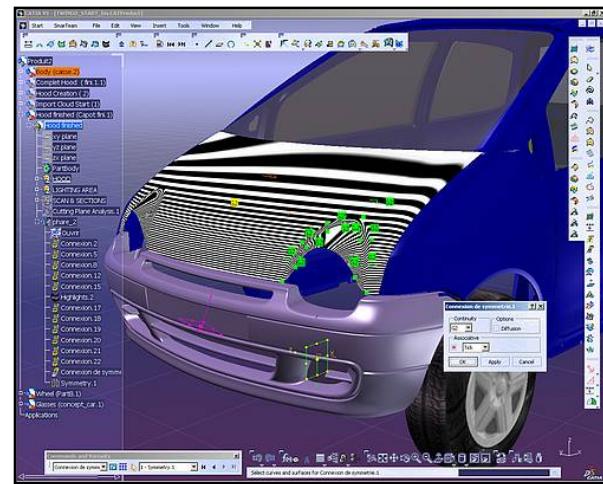
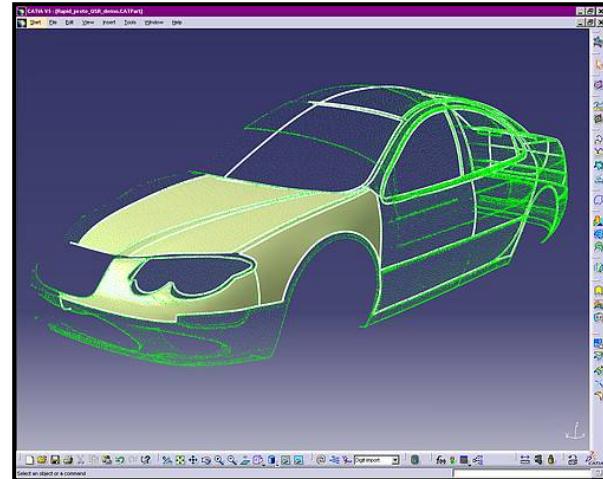
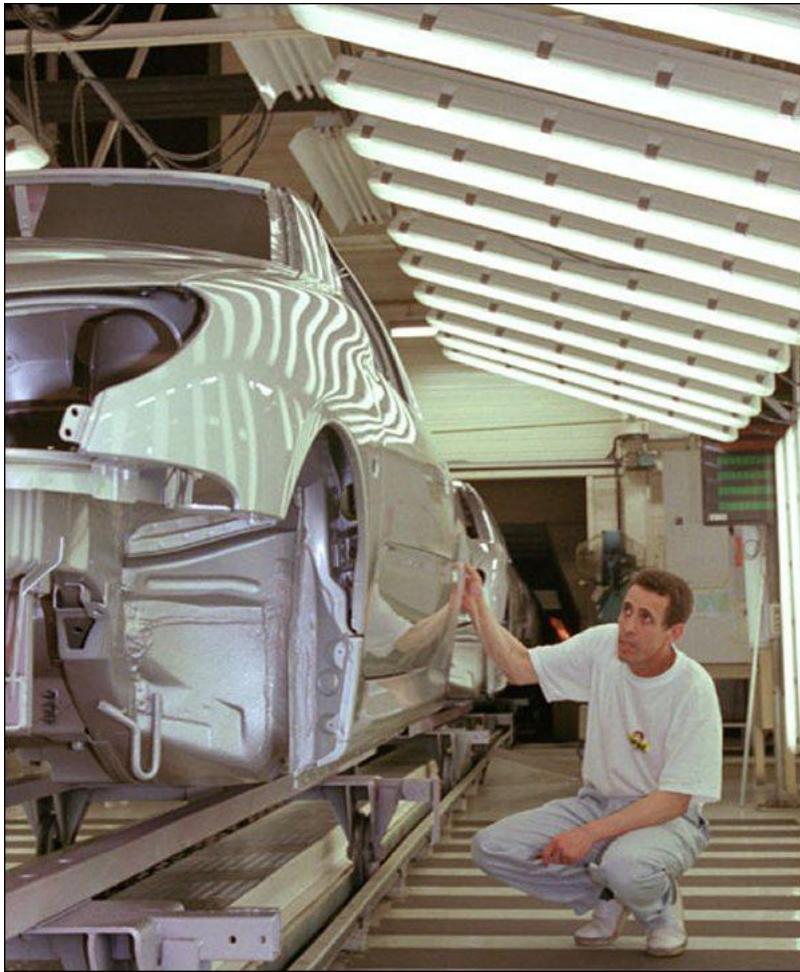
Démo

Analyse par éléments finis
1D, 2D ou 3D

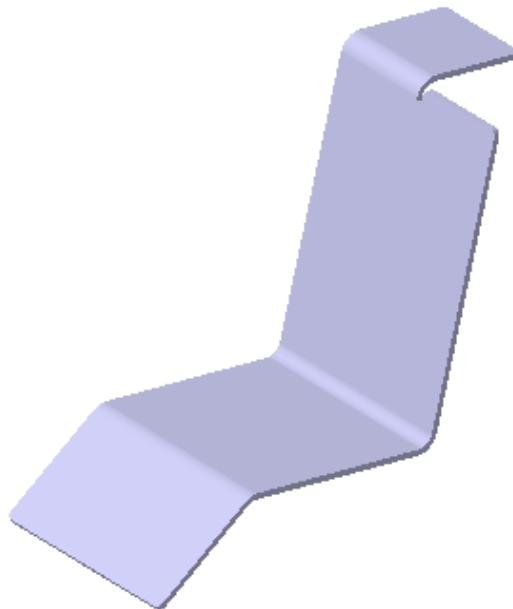


Outil de calcul pour le bureau d'études.

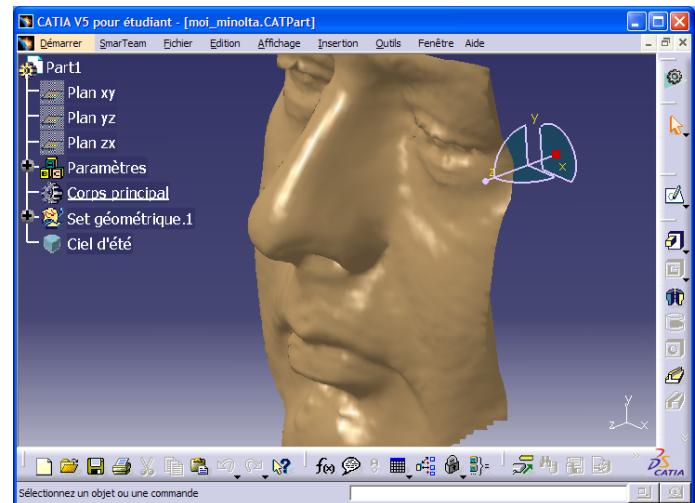
Modélisation hybride Surfacique / Solide



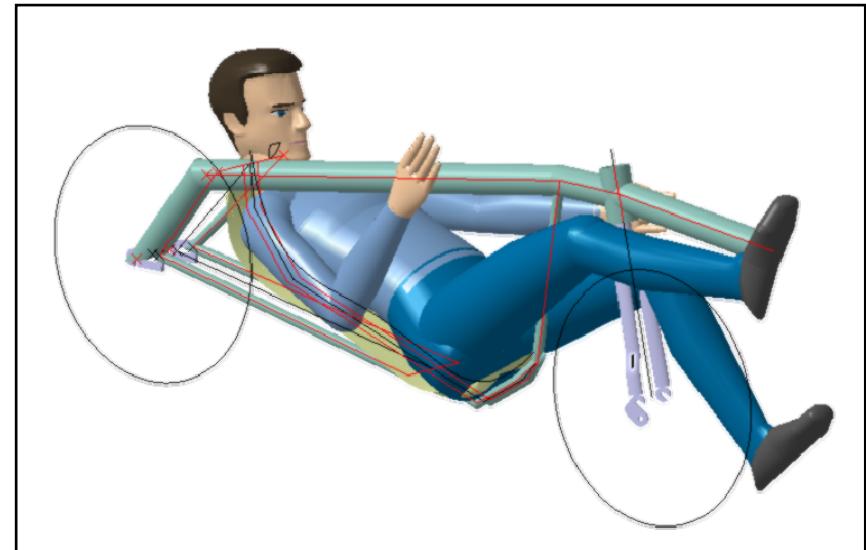
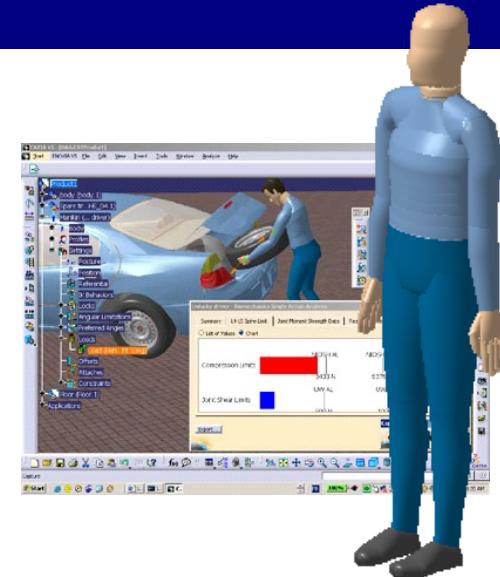
Démo : Tolerie (Sheet Metal)



Démo : reverse engineering



Démo : le mannequin



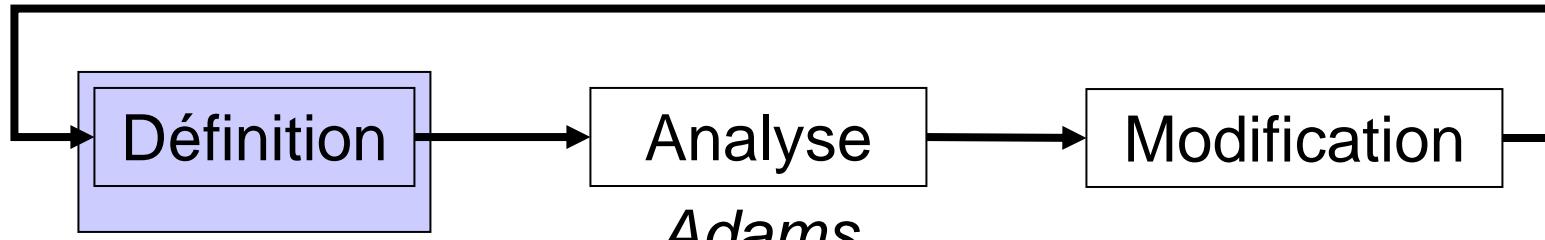
Résumé des principaux modules mécaniques

- **Sketcher** : définition des esquisses 2D.
- **Part Design** : définition des pièces en volumique
- **Assembly Design** : définition des assemblages
- **Drafting** : mises en plan (dessins techniques 2D)

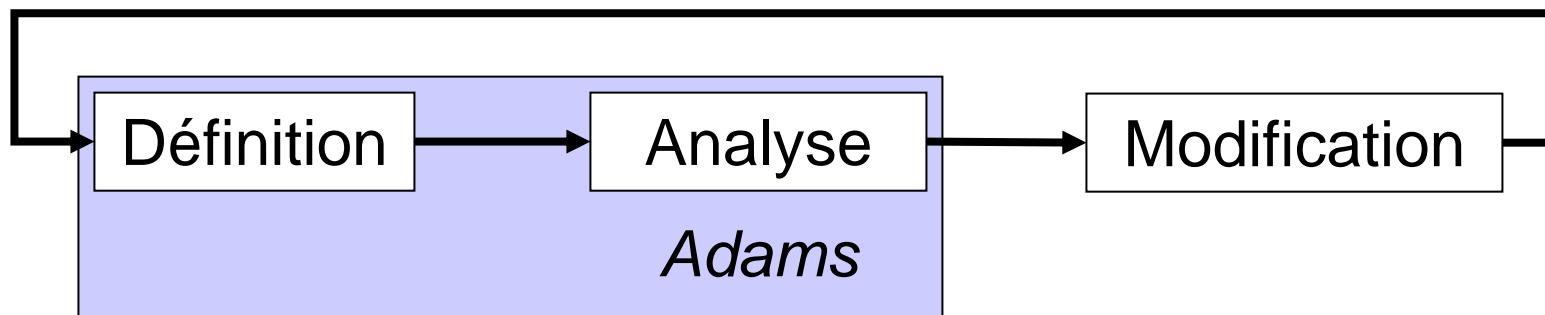
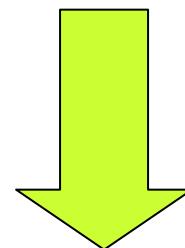
- **DMU Space Analysis** : analyse 3D d'une maquette
- **DMU Kinematics** : simulation cinématique
- **Generative Structural Analysis** : FEM en linéaire
- **Generative Shape Design** : modélisation surfacique

Intégration des modules

La tendance est à l'intégration d'outils métiers :



Catia



Catia

CAO : CATIA V5 – Pascal MORENTON

Techniques de l'ingénieur - <http://www.techniques-ingenieur.fr/>

CAO : modélisation géométrique – Yvon GARDAN

Techniques de l'ingénieur - <http://www.techniques-ingenieur.fr/>

Site « Utilisation de la CAO dans les projets de conception »

<http://cao.etudes.ecp.fr>

1. Le marché de la CAO mécanique
2. Typologie des modeleurs CAO
3. Un exemple de modeleur paramétré : CATIA V5
4. Un exemple de modeleur explicite : SPACECLAIM

**Place à une démonstration
puis à la formation ..**