

Conception et fabrication assistée par ordinateur *CFAO*

Master construction mécanique

Par Dr. Slamani Mohamed

GÉNÉRALITÉ SUR LA CFAO

La CFAO ou conception et fabrication assistées par ordinateur est la technologie reliée à l'utilisation de l'ordinateur pour des fins de design et de production. Cette technologie évolue de plus en plus vers l'intégration de toutes les activités de production manufacturière.

GÉNÉRALITÉ SUR LA CFAO

CAO (CAD): conception assistée par ordinateur
(computer-aided design)

Application des techniques informatiques de graphisme et d'analyse à l'ensemble des processus de design compris entre l'idée et la réalisation ou la fabrication du prototype, du modèle ou du produit (Ex : dessiner sur un ordinateur une géométrie 2D ou 3D, et sortir des plans de détail.).

GÉNÉRALITÉ SUR LA CFAO

FAO (CAM) : fabrication assistée par ordinateur (Computer-aided manufacturing)

Application des techniques informatiques à l'ensemble du processus de fabrication du modèle conçu en CAO jusqu'à la réalisation ou la fabrication du prototype, du modèle ou du produit (définir des parcours d'outil (usinages) sur une géométrie créée en CAO, en précisant les outils et paramètres d'usinage nécessaires. L'avantage de cette méthode est d'éliminer la plupart des erreurs de programmation grâce aux fonctions évoluées de vérification des usinages (simulation, vérification solide)).

GÉNÉRALITÉ SUR LA CFAO

CFAO (CAD/CAM) conception et fabrication assistées par ordinateur

Application des techniques informatiques regroupant les activités de CAO et de FAO. Les systèmes de CAO/FAO ont révolutionné les techniques de conception et de fabrication. Les concepteurs n'ont désormais plus à résoudre d'équations mathématiques pour calculer des tangences, des intersections, des positions, ou des surfaces complexes. L'utilisation d'ordinateurs pour la conception géométrique et la génération de programmes de commande numérique (CN) procure une réalisation et des modifications quasi-immédiates. La C.A.O/F.A.O fait gagner du temps, des ressources, et des coûts de production grâce à sa souplesse et à sa précision.

GÉNÉRALITÉ SUR LA CFAO

DAO (ICG) dessin assisté par ordinateur (interactive computer graphics)
Application des techniques informatiques de graphisme dont le but est la visualisation et la réalisation du dessin d'un objet ou d'un modèle conçu en CAO.

GÉNÉRALITÉ SUR LA CFAO

IAO (CAE): ingénierie assistée par ordinateur (computer aided engineering)

Ensemble des procédures et des techniques informatiques de graphisme, d'analyse et de gestion utilisées dans la conception et la fabrication d'un objet ou d'un système mécanique.

GÉNÉRALITÉ SUR LA CFAO

GPAO (CIM): gestion de production assistée par ordinateur (computer integrated manufacturing)

Ensemble des procédures et des techniques informatiques utilisées pour la planification, la gestion et la réalisation d'objets manufacturés (intégration de l'organisation, de la planification et de la réglementation comme solution au problème d'amélioration de la productivité).

GÉNÉRALITÉ SUR LA CFAO

CM (NC): machine à commande numérique (numerical control machine)

Machine-outil pouvant être programmée par des techniques de FAO pour l'usinage de pièces.

L'appareil qui pilote la machine-outil à commande numérique est appelée une armoire CN. Cet appareil analyse les données CN et les transforme en signaux électriques qui coordonnent les moteurs pour chaque mouvement sur la machine. En bref, la machine-outil reçoit des ordres lui indiquant de se déplacer d'une position à une autre à une vitesse donnée.

GÉNÉRALITÉ SUR LA CFAO

BD (DB): base de données (data base)

Collection généralisée et intégrée de données qui est structurée selon un format particulier de façon à être accessible à différents logiciels de traitement informatique.

GÉNÉRALITÉ SUR LA CFAO

- La CFAO est la synthèse de la CAO et de la FAO apparue dans les années 1970 avec l'introduction des machines-outils à commande numérique
- La C.F.A.O fait gagner du temps, des ressources, et des coûts de production grâce à sa souplesse et à sa précision.

GÉNÉRALITÉ SUR LA CFAO

L'idée est qu'un système de CAO dispose précisément de toutes les informations nécessaires pour créer le programme d'une machine-outil à commande numérique et que dans ces conditions traiter les deux questions séparément représenterait une perte de temps et d'argent, sans compter les risques d'erreur de transcription.

GÉNÉRALITÉ SUR LA CFAO

La conception de la pièce à fabriquer est réalisée à l'aide d'un progiciel 3D de Conception Assistée par Ordinateur. On nomme le fichier ainsi obtenu « modélisation 3D ». Cette modélisation en trois dimensions de la pièce à réaliser est ensuite exportée, c'est-à-dire traduite dans un langage compréhensible par les logiciels de FAO.

Certains outils de FAO sont capables de relire directement les fichiers des grands fournisseurs de CAO. Dans d'autres cas, la CAO et la FAO sont complètement intégrées et ne nécessitent pas de transfert. Pour ces progiciels, on parle de CFAO (Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur).

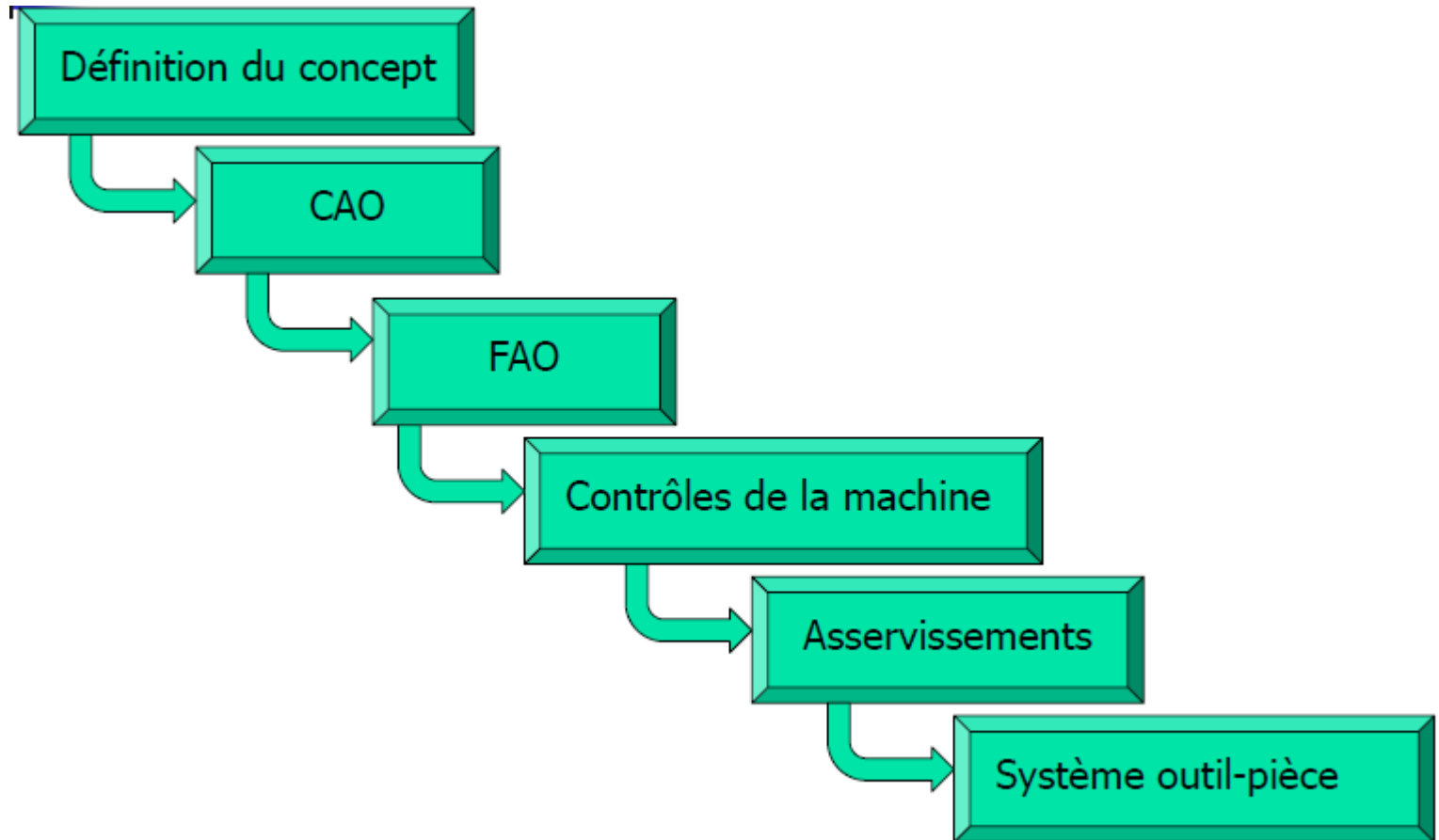
CFAO

- Déterminer comment fabriquer la pièce;
- Dresser la liste des outils;
- Déterminer les trajectoires des outils;
- Écrire le programme en partant des trajectoires choisies;
- Vérification du programme par simulation;
- Charger le programme dans la machine et l'exécuter,

CFAO

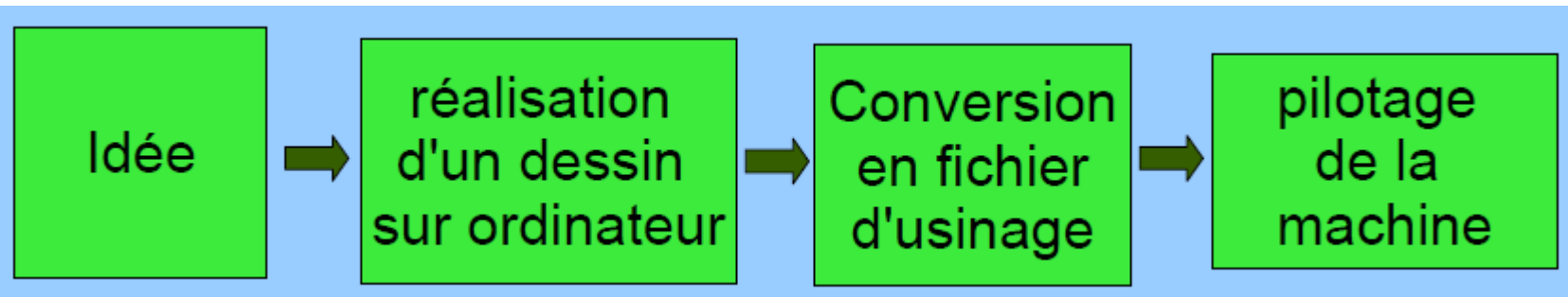
- Démarche différent;
- Il est parfois nécessaire de modifier le concept pour qu'il soit usinable;
- Il faut tenir compte pas seulement du procédé de fabrication, mais aussi des performances des machines qui seraient utilisées;
- Faut tenir compte des particularités des machines utilisées :
- Vitesse plus élevée
- Fonctionnement non supervisé

CFAO

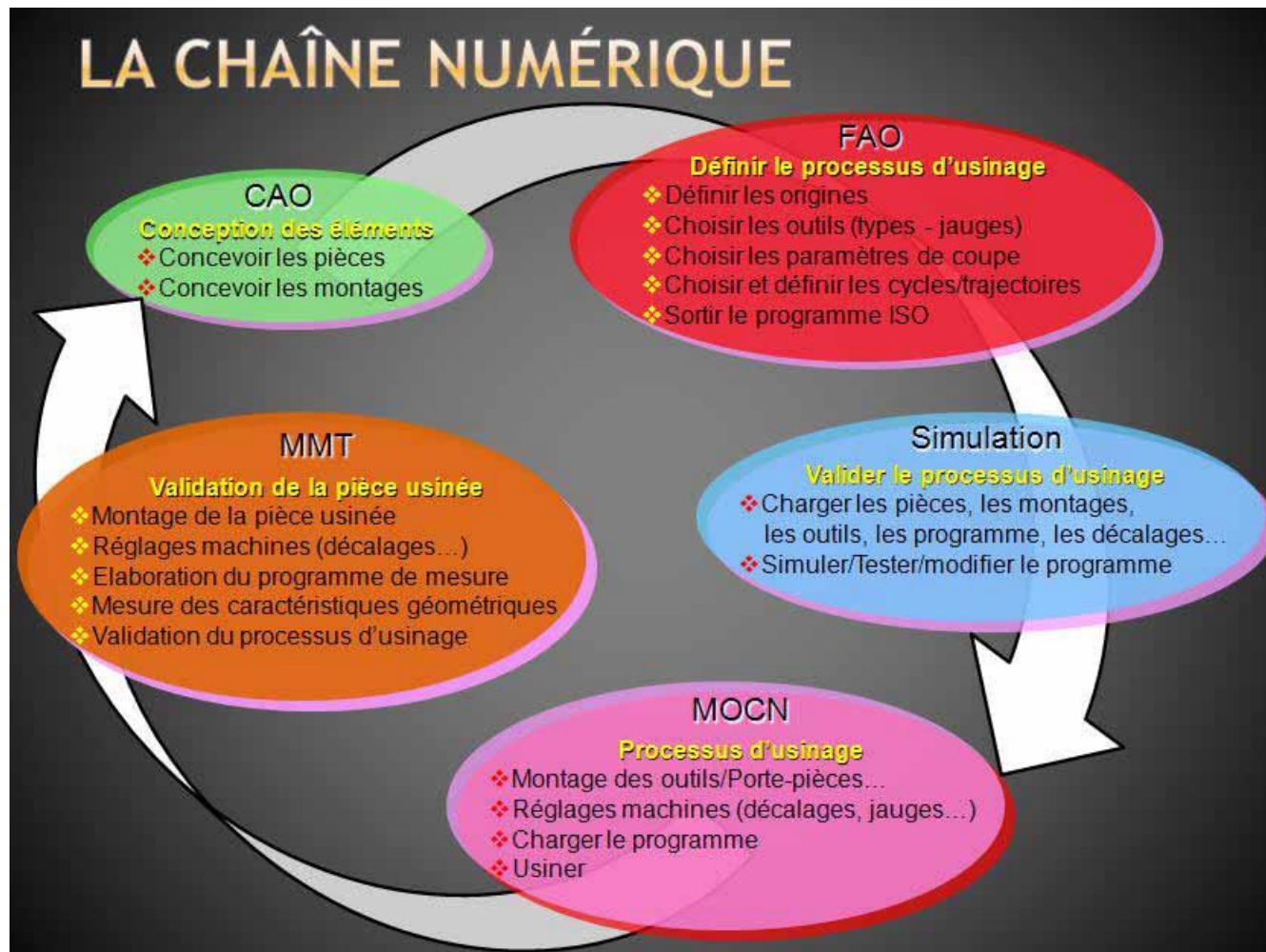


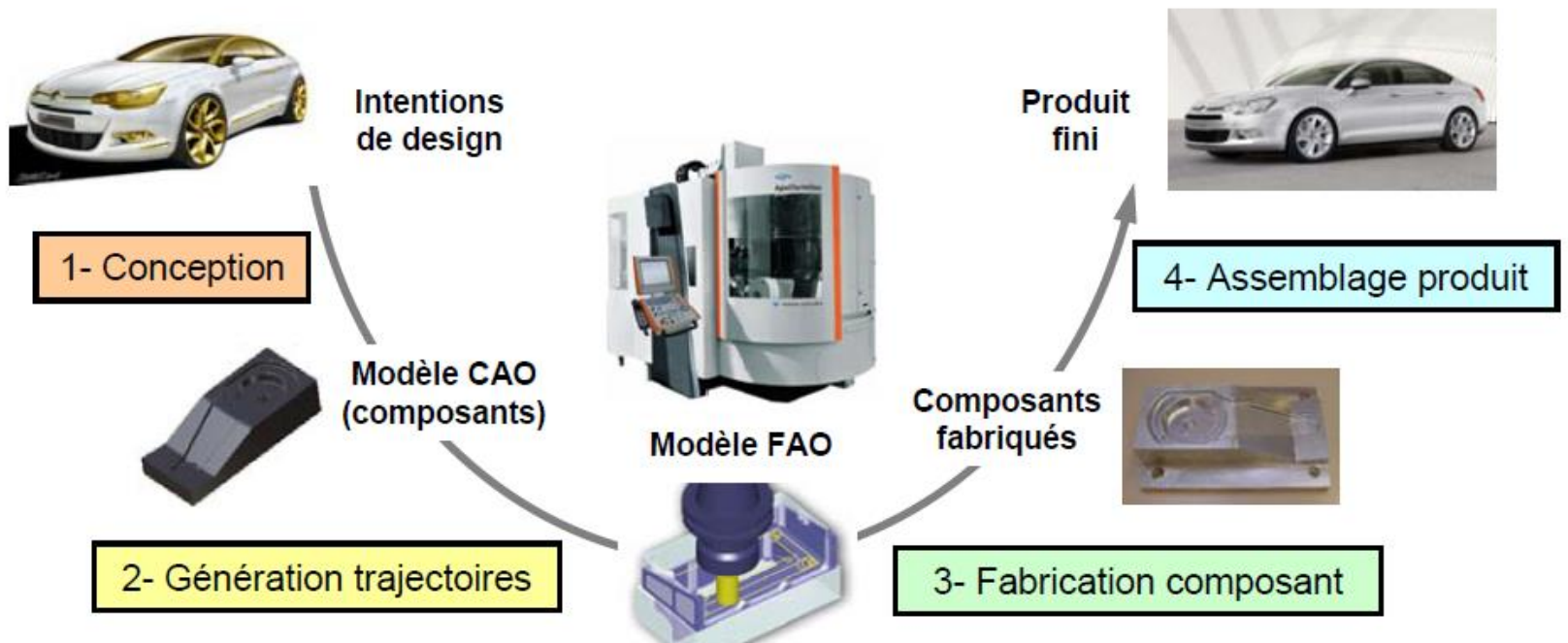
GÉNÉRALITÉ SUR LA CFAO

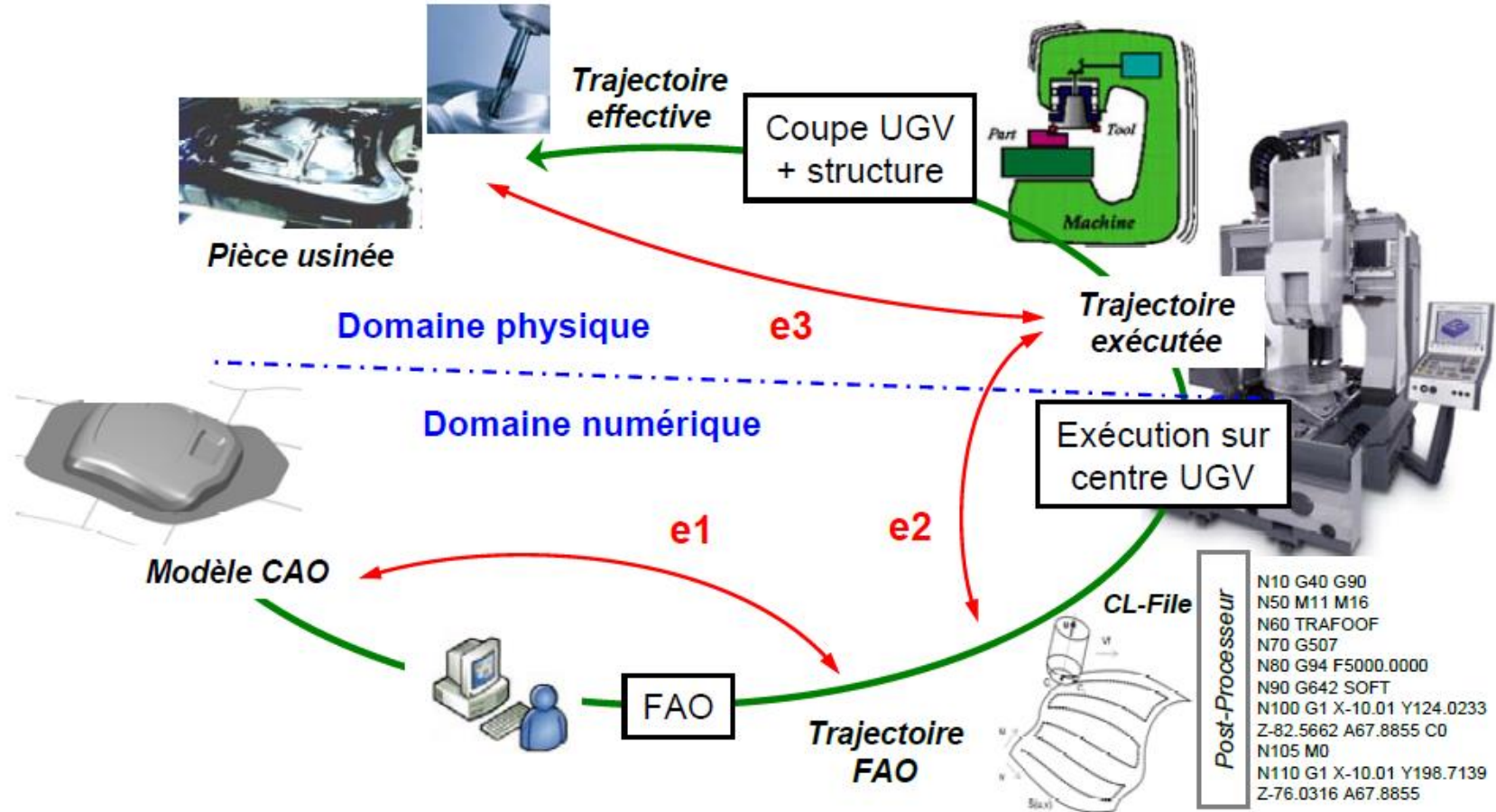
En CFAO, le traitement des informations se fait entièrement de façon , depuis la conception de la pièce jusqu'à l'usinage.



GÉNÉRALITÉ SUR LA CFAO

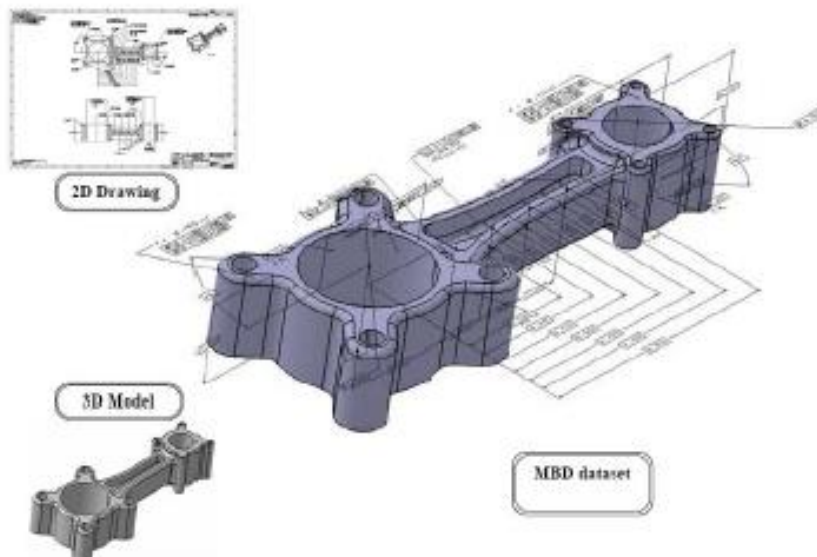






Qu'est-ce que la CAO?

- Application des techniques informatiques de graphisme et d'analyse à l'ensemble des processus de design compris entre l'idée et la réalisation ou la fabrication du produit.
- En génie mécanique!



Quintana et al. (2010)



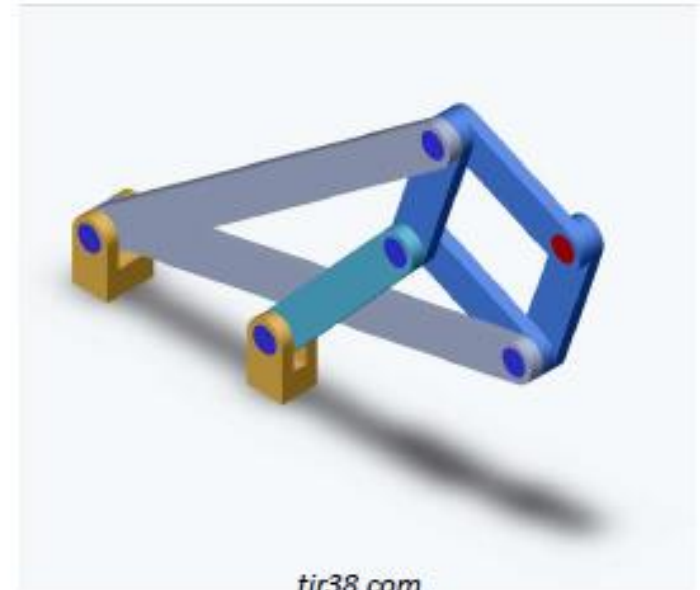
semini.ch

Qu'est-ce que la CAO?

- En génie mécanique!



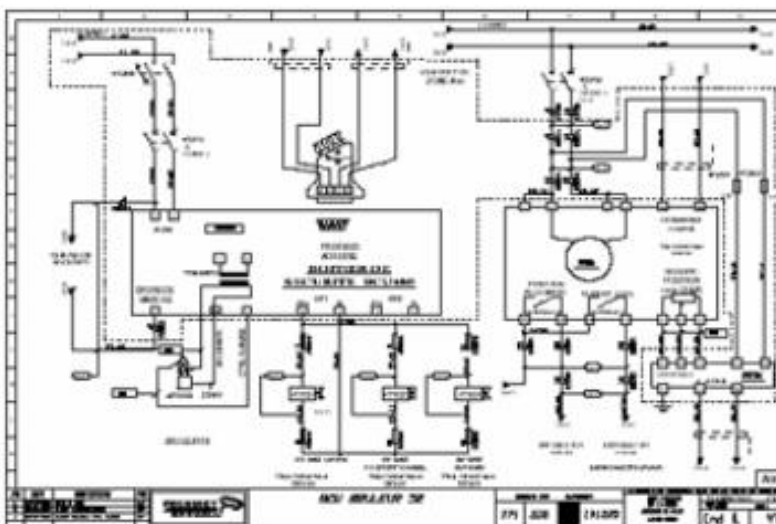
chandkheda.olx.in



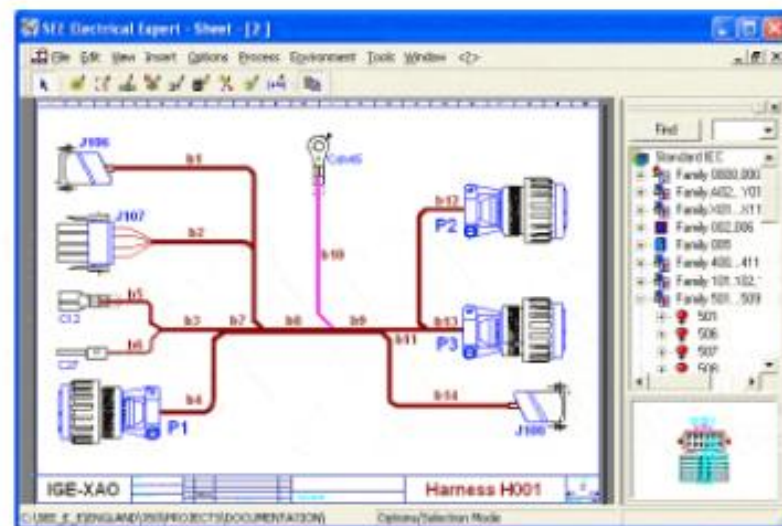
tir38.com

Qu'est-ce que la CAO?

- En génie électrique...



setaelec.com



ige-xao.com

Qu'est-ce que la CAO?

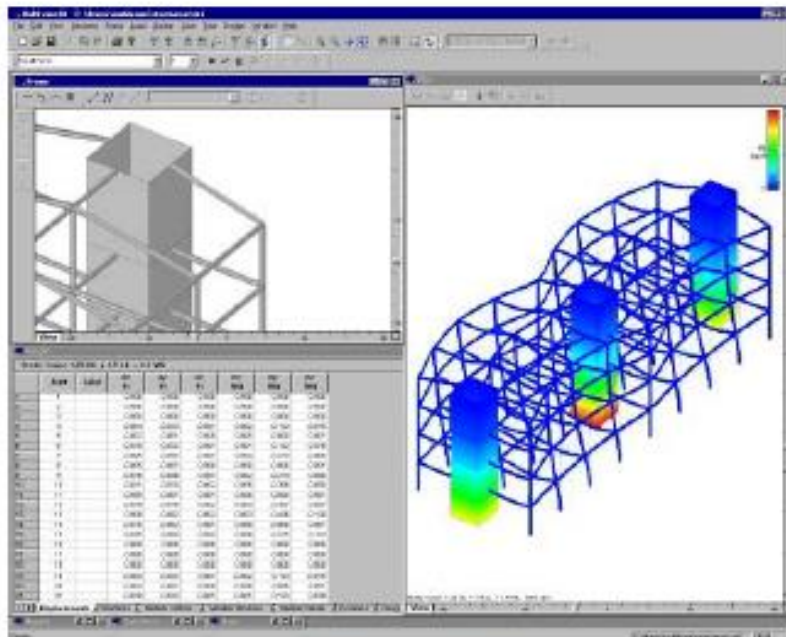
- En architecture...



Domus.cad – lisisoft.com

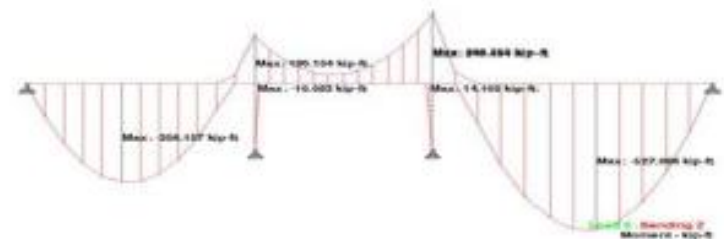
Qu'est-ce que la CAO?

- En conception de structures...

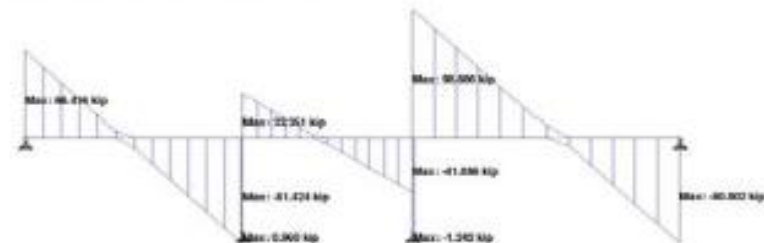


www.prlog.org

Analysis Results:



Bending moment Diagram (Envelope).



Shear Force Diagram (Envelope)

cadoutsourcingservices.com

Processus de conception

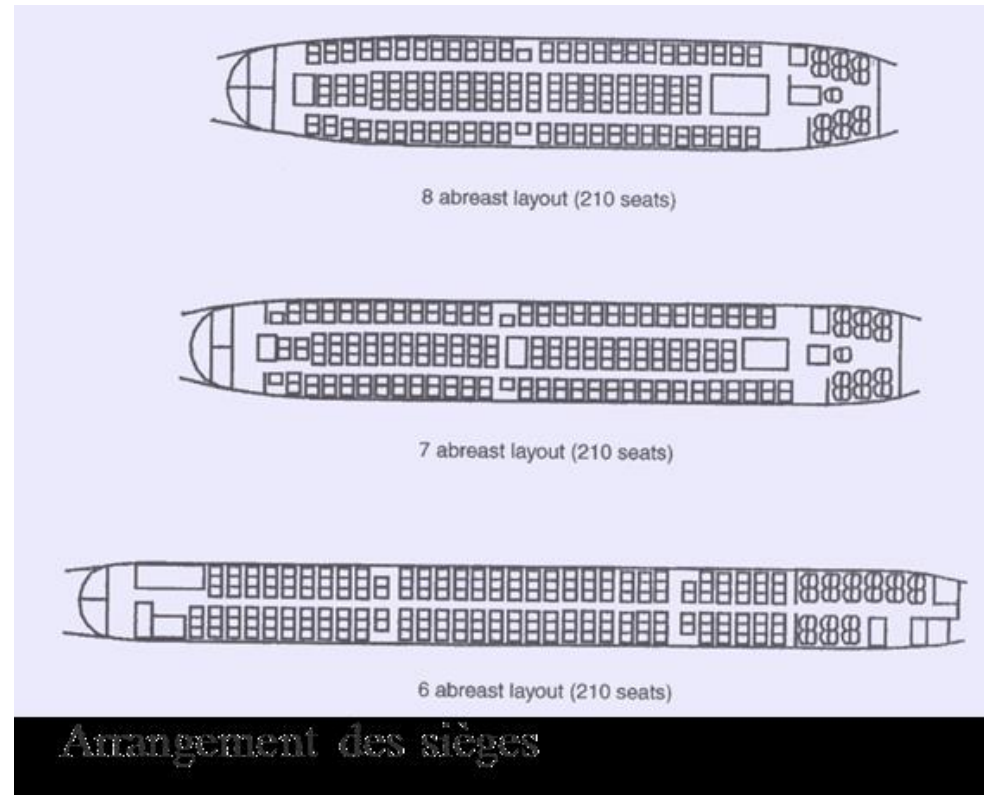
Un processus systématique et intelligent durant lequel les concepteurs génèrent, évaluent et spécifient les conceptions d'appareils, de systèmes ou de procédés dont la forme et/ou les fonctions répondent à la fois aux objectifs du client et aux besoins des utilisateurs, tout en satisfaisant un ensemble précis de contraintes.

Processus de conception

- Caractéristiques d'un problème de conception
- Processus qui transforme un problème incomplètement défini en un produit final;
- Peut mener à une multitude de solutions satisfaisantes sans qu'il ne s'en dégage une clairement meilleure;
- L'incertitude est inhérente au processus de conception.
- La prise de décision est difficile:
 - ✓ Basée sur de l'information incomplète;
 - ✓ Requiert compromis et consensus;

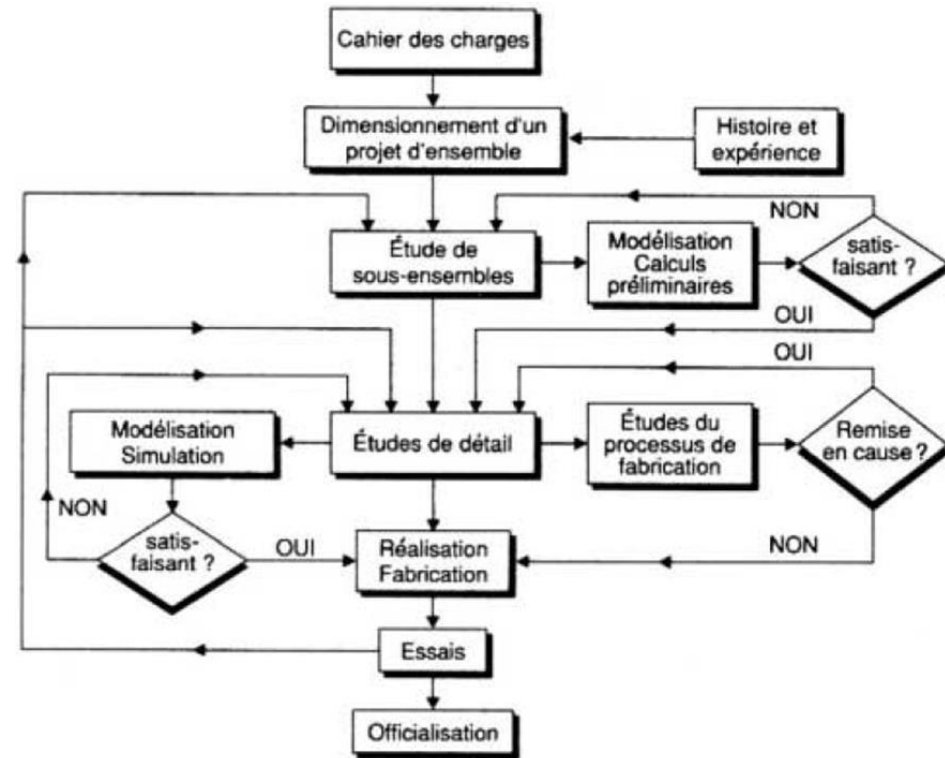
Processus de conception

- ❑ Exemple de compromis:
 - 210 sièges exigés en cabine dans un avion...
 - 8 sièges/rangée ?
 - 7 sièges/rangée ?
 - 6 sièges/rangée ?



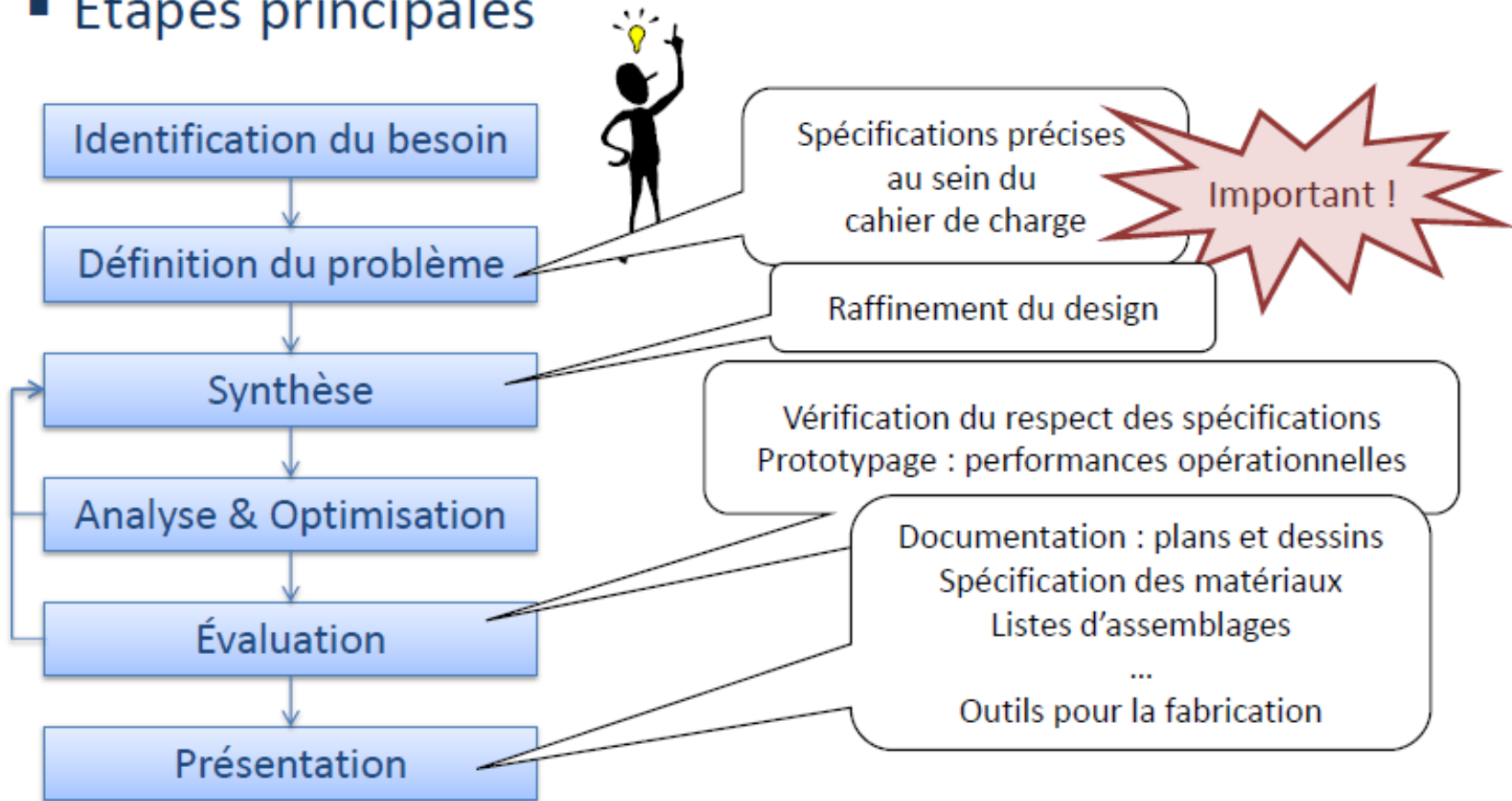
Processus de conception

- ❑ Définir le produit:
 - Fonctions;
 - Géométrie;
 - Matériau; etc.
- ❑ Simuler, calculer:
 - Comportement;
 - Coût;
 - Durée de vie; etc.
- ❑ Préparer sa fabrication:
 - Mode d'obtention du brut;
 - Procédés;
 - Finition; etc.



Processus de conception

■ Étapes principales



Processus de conception

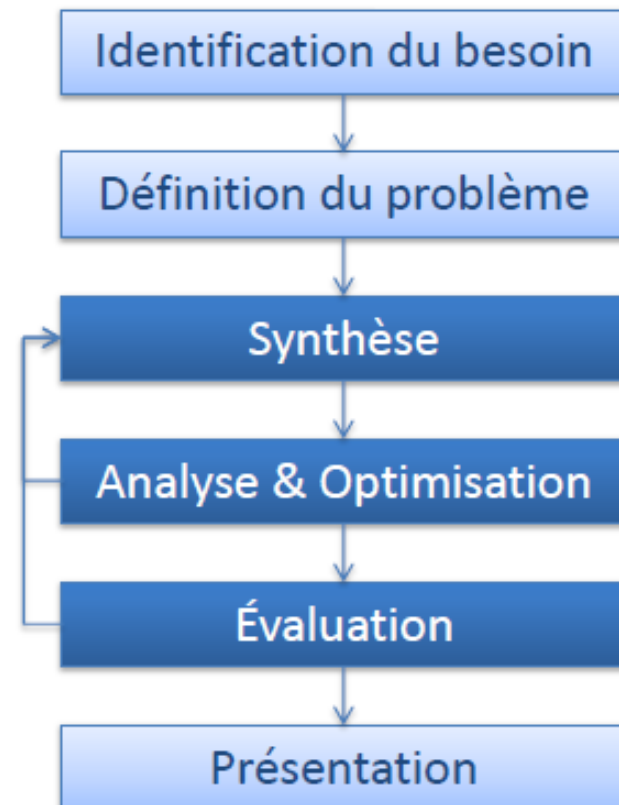
- l'identification du besoin implique qu'une personne réalise l'existence d'un problème pour lequel une action correctrice quelconque doit être entreprise. Par exemple, l'identification par un ingénieur d'un défaut dans la conception d'une machine ou bien, la perception d'un besoin pour un nouveau produit sur le marché par un vendeur;
- la définition du problème implique une description précise de spécifications des items à concevoir;
- la synthèse et l'analyse sont des procédures intimement reliées et hautement itératives à l'intérieur du processus de conception;
 - une certaine partie ou un sous-système du système entier est conçu, analysé, amélioré grâce à cette analyse, puis retravaillé. Toute cette procédure peut être répétée jusqu'à ce que les critères optimaux définis par le concepteur aient été atteints. Les parties et sous-systèmes sont assemblés ou "synthétisés" en un seul système de la même façon.

Processus de conception

- l'évaluation permet d'apprécier le produit et de vérifier si les spécifications établies lors de la définition du problème ont été respectées. Cette phase nécessite souvent la fabrication et la vérification d'un prototype permettant d'en évaluer les performances opérationnelles, la qualité, la fiabilité, etc;
- la phase finale du processus de conception est la présentation du modèle. Cette phase comprend la documentation à l'aide de plans et dessins, les spécifications des matériaux, les listes d'assemblage, etc.

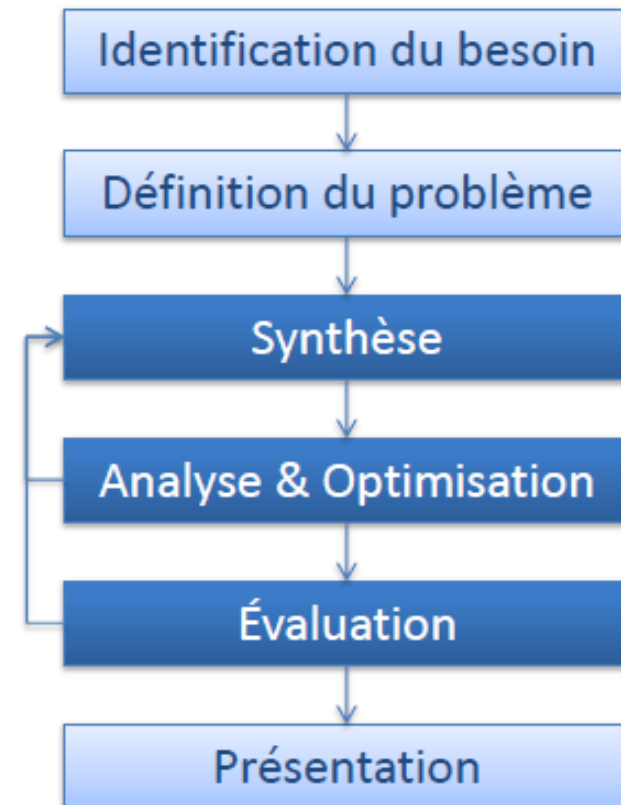
Processus de conception

- Étapes d'analyse et d'évaluation:
 - Non-ambiguës, libre de contradictions;
 - Solution unique et « correcte » au problème;
 - Le problème est résolu lorsque le cahier des charges est satisfait;
 - Requierent l'application d'un savoir-faire bien identifié.
- À titre d'ingénieur, il faut savoir:
 - Identifier des objectifs précis sur des critères d'évaluation tout en conservant une certaine flexibilité;
 - Relativiser ces objectifs afin de pouvoir établir des compromis entre critères.
- Comment évaluer la pertinence d'un ensemble de critères et du barème?
 - Évaluer la concurrence!



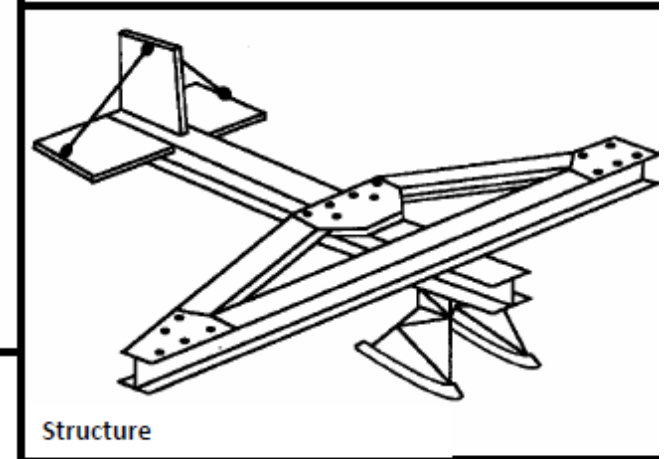
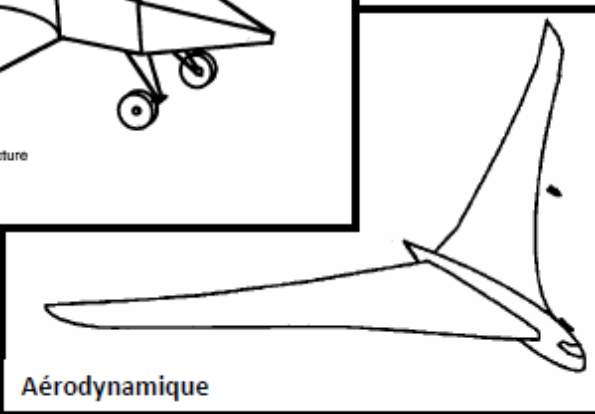
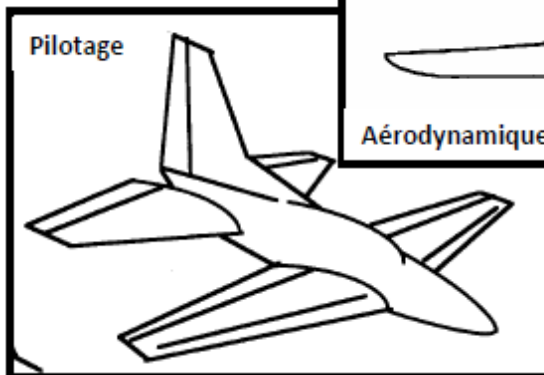
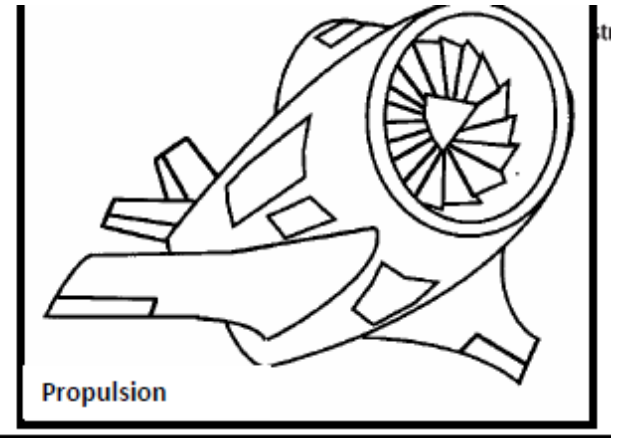
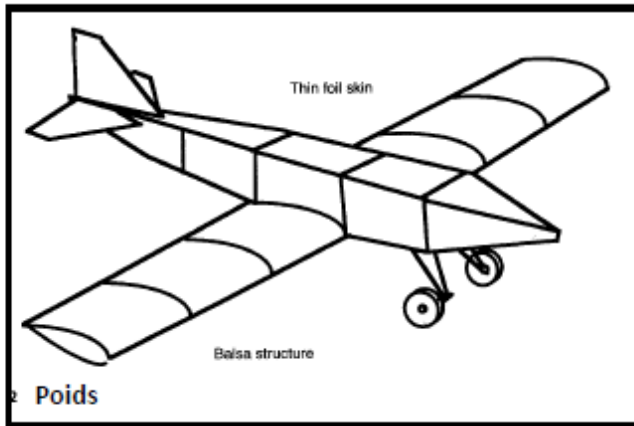
Processus de conception

- Mise en situation:
 - Vous voulez acheter une caméra numérique. Vous voulez dépenser **moins de \$300** et au moins **7.2 megapixels**. En ligne, vous trouvez une caméra avec la résolution désirée, mais elle coûte 305\$. L'achetez-vous?
 - Il y a deux caméras disponibles, une possède **6.3 megapixels** et coûte **\$305**, et une autre ayant **7.2 megapixels** et coûtant **\$330**. La question est, à quel point êtes-vous prêt à dépasser le coût pour de la résolution?



Processus de conception

■ Développement aéronautique...



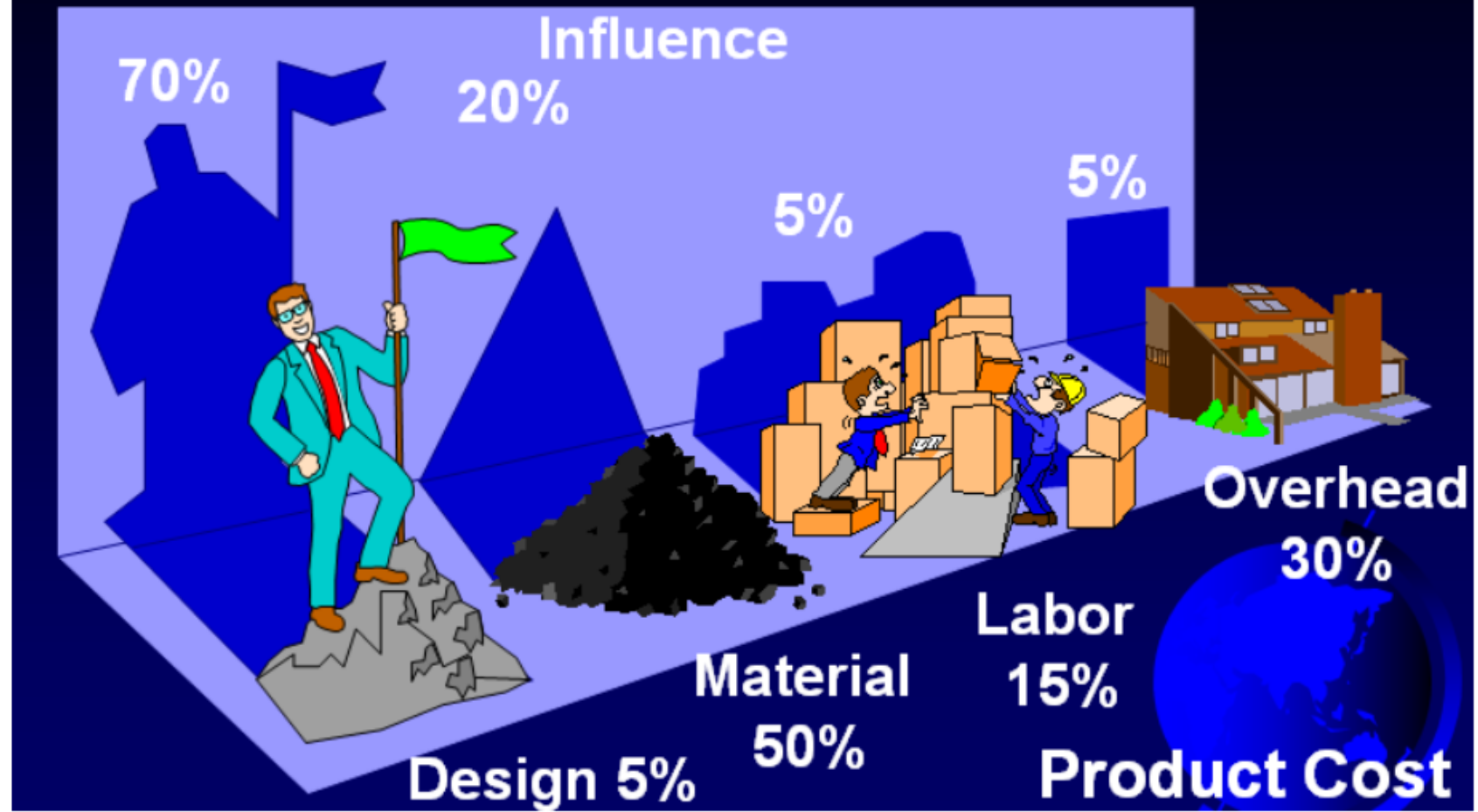
■ Compromis et consensus!

Processus de conception

- On estime que 70% des coûts résultant de la non qualité seraient dus à une mauvaise conception. De plus on constate que la conception du produit est pratiquement responsable de 75% du coût du produit.
- Lorsque le produit sort du bureau d'études (sortie de la phase de développement) le coût du produit est déjà prédéterminé pour près 75% et les possibilités de réduction des coûts ne peuvent donc s'exercer que sur les 25% restants

Processus de conception

Who Casts the Biggest Shadow?



Conception pour X (*Design for X*)

- Des techniques de conception sont proposées afin de maximiser l'atteinte d'objectifs bien particuliers, mais fréquents...
- Conception pour l'assemblage (*Design for Assembly*)
 - Réduction du nombre de pièces à assembler;
 - Diminution du temps nécessaire à l'assemblage;
 - Rendre l'assemblage le plus simple possible;
 - Minimisation des coûts; etc.
- Conception pour la fabrication (*Design for Manufacturing*)
 - Faciliter le choix du procédé de fabrication:
 - Caractéristiques de la pièces;
 - Caractéristiques spécifiques du procédé de fabrication;
 - Minimisation des coûts.
 - **Méthodes spécifiques:**
 - Conception de pièces de métal en feuille (*Sheet Metal Part design*)
 - Conception pour l'injection plastique (*Design for injection molding*);
 - Conception pour le prototypage rapide (*Design for rapid prototyping*); etc.

Conception pour X (*Design for X*)

- Conception pour le désassemblage, le recyclage & l'environnement (*Design for disassembly, recycling & environment*)
 - Réduction – réutilisation – recyclage;
 - Impact du désassemblage et du recyclage sur l'environnement;
 - Minimiser l'impact financier; etc.
- Conception pour la qualité (*Design for Quality*)
 - Plus grande prise en compte des exigences du client;
 - Réalisation d'un produit robuste;
 - Minimisation de la variation en fabrication;
 - Amélioration de la fiabilité, performance et technologie; etc.
- Conception pour la maintenance (*Design for Maintainability*)
 - Réparation sans difficulté et à faible coût;
 - Temps d'immobilisation faible;
 - Exemple: changement d'un essieu de poids lourds → 2 à 3 jours...

Processus de conception

- Caractéristiques des problèmes de conception
 - Différencier la conception (design) de l'analyse...
 - Exemple Problème de conception/analyse d'un attachement:
 - **A:** Quel taille de boulon SAE grade 5 doit être utilisé pour attacher deux pièces d'acier 1045 de 4mm d'épaisseur et de 60mm de largeur, afin de supporter une charge de 100N si les deux pièces doivent se chevaucher?
 - **B:** Comment attacher deux pièces d'acier 1045 de 4mm d'épaisseur et de 60mm de largeur, afin de supporter un charge de 100N si les deux pièces doivent se chevaucher?
 - A est un problème d'analyse
 - B est un problème de conception
- Le problème de conception exige que le concepteur détermine l'information manquante et nécessaire à une compréhension complète du problème. Il y a des choix, il y a une prise de décision.