



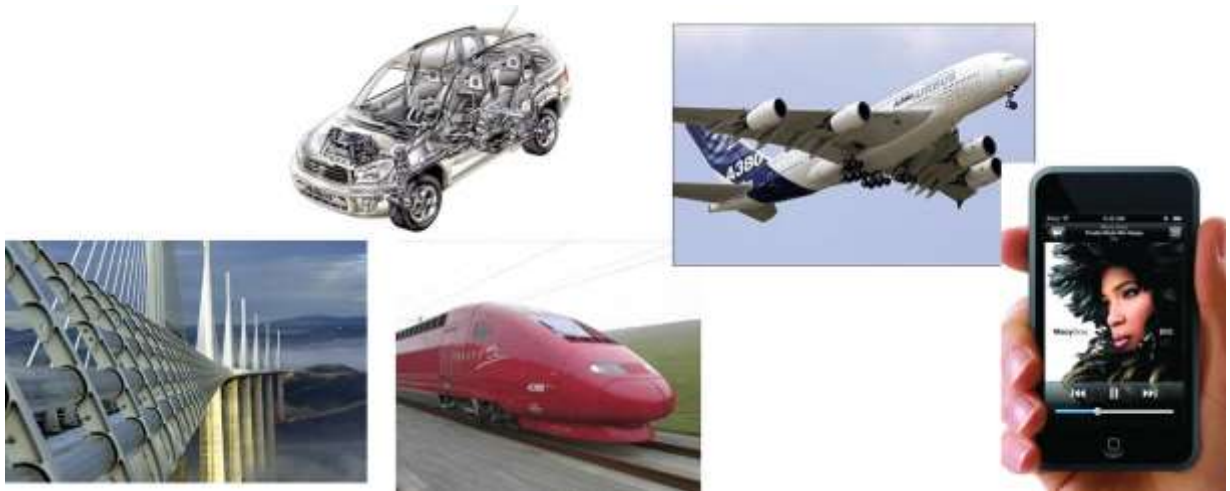
Le projet **DELIRE**
Développement par Equipe
de Livrables Informatiques
et Réalisation Encadrée

**G2 – Evolutions et révolutions depuis
la 2nde moitié du 20^{ème} siècle**



DE LA REVOLUTION INDUSTRIELLE...

Le monde industriel tel que nous le connaissons aujourd'hui...



...est l'héritier d'une période de l'histoire fascinante et foisonnante dans multiples domaines: la révolution industrielle, de la 2^{de} moitié du 18^{ème} siècle à l'aube du 20^{ème} siècle.

1. La métallurgie et les ouvrages d'art.



2. Le transport automobile.

3. Le transport ferroviaire.



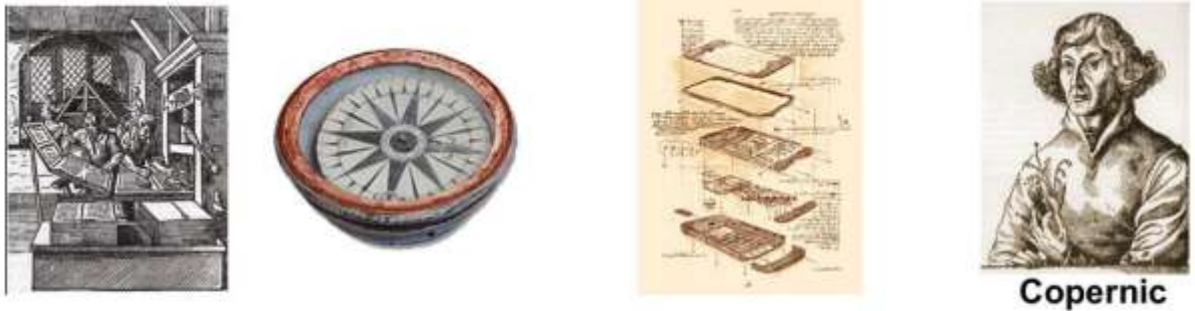
4. L'aéronautique et le spatiale.



5. Les communications, le son et l'image.



La révolution industrielle est l'aboutissement d'une longue maturation ou incubation scientifique et technique



Copernic



Galilée

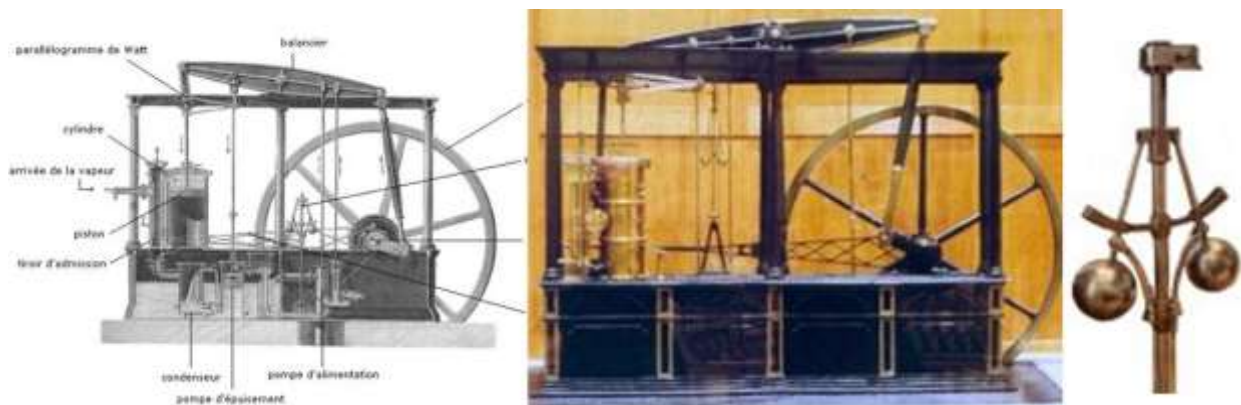
Descartes

Pascal

Leibnitz

Newton

Son histoire commence vraiment au 18^{ième} siècle



C'est James Watt qui, en 1769, crée la première machine à vapeur utilisable industriellement. En offrant à l'homme la capacité de travailler "sans effort", la machine à vapeur va bousculer l'histoire de l'humanité.

La même année, Gaspard Monge invente la géométrie descriptive, méthode de base du dessin industriel. Le graphisme technique va jouer un rôle essentiel dans l'apparition d'une nouvelle activité: la conception. Désormais, conception et réalisation deviennent des activités distinctes.

Grâce au Dessin Industriel, des milliers, puis des millions de dessinateurs vont parler le même langage



En 1881, la formalisation de l'organisation scientifique du travail (O.S.T.) par Frédéric Winslow Taylor fait passer l'art, le savoir-faire d'un petit nombre au savoir refaire du plus grand nombre en formalisant et standardisant les méthodes, les outils, les connaissances.

Le système apporte trois avantages:

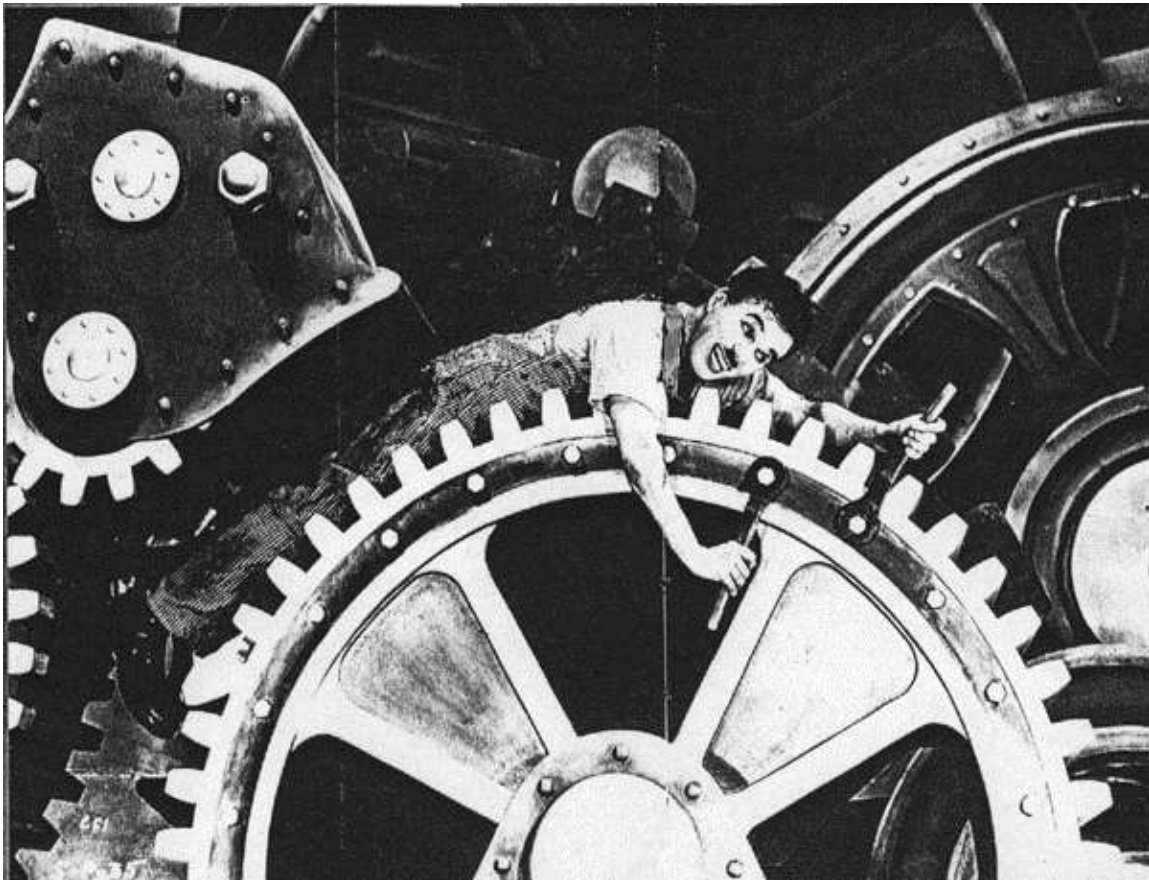
1. Prix de revient de fabrication diminué pour l'entreprise
2. Prix de vente diminué pour le consommateur
3. Salaire supérieur pour l'ouvrier, à iso horaire



L'O.S.T. est à la base au 20ème siècle de l'organisation des entreprises industrielles.



... AU MONDE INDUSTRIEL



Où en sommes-nous en 1900 ?

1. Les machines à vapeur, les moteurs à essence ou électriques permettent de bâtir des usines
2. Les produits peuvent être acheminés par train, ou par véhicule automobile
3. On forme des ingénieurs. Création
 - a. De l'Ecole Royale des Ponts et Chaussées en 1747
 - b. De l'Ecole des mines 1783
 - c. De l'X en 1794
 - d. De l'Ecole Centrale en 1827
4. Notre ingénieur a un langage, le dessin industriel:
 - a. Langage de communication entre ingénieurs.
 - b. Capacité à exprimer des intentions pour la fabrication.
 - c. Langage compréhensible à l'atelier de fabrication.
5. L'O.S.T. permet d'organiser et d'optimiser la production
6. L'accumulation du capital
 - a. Pour favoriser l'investissement, on va chercher l'argent chez les particuliers : c'est la naissance des actions au porteur,
 - b. Le développement des banques favorise également la circulation des capitaux et par là même la croissance
7. La naissance de la notion d'entreprise
 - a. La structure évolue, depuis l'atelier familial à la manufacture, puis à l'usine, et enfin à la grande firme.
 - b. C'est l'apparition des trusts et des cartels.



Tout est prêt pour l'éclosion du monde industriel. Nous venons d'entrer dans le 20ème siècle

Au cours du 20ème siècle, la référence industrielle est le modèle de la grande entreprise intégrée: plusieurs stades de production au sein de la même organisation

Henry FORD (1863-1947)



L'organisation scientifique du travail

1. Est, par définition, répétitive, aliénante et ennuyeuse.
2. Pour la fuir, bon nombre d'ouvrier pratiquent l'absentéisme
3. Obligeant d'un jour à l'autre l'entreprise à leur trouver des remplaçants

Or l'O.S.T. rend toute la chaîne intimement dépendant de l'assentiment des ouvriers.

Le mérite de Henry FORD (1863-1947) a été de mettre les idées de TAYLOR en application dans 2 domaines:

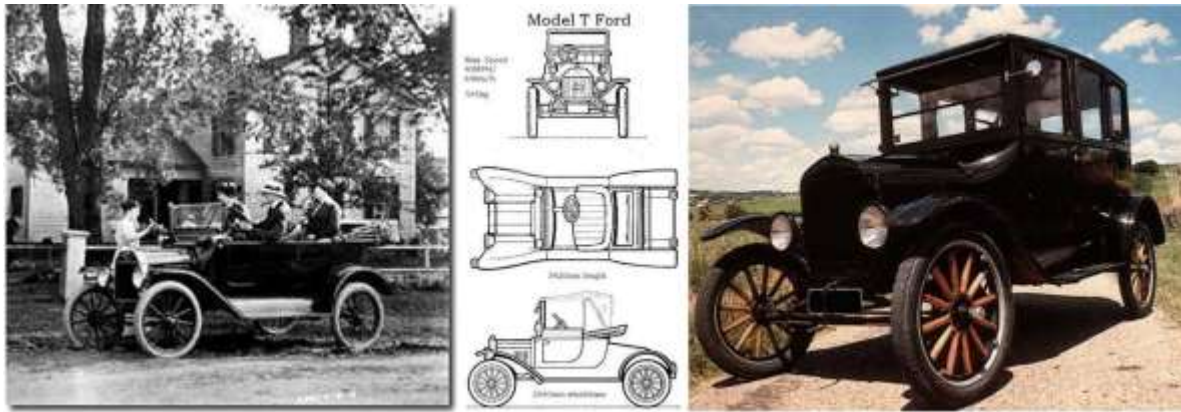
1. Le développement du travail à la chaîne :
 - a. Idée de génie car ce n'est plus l'homme qui fixe la cadence mais le convoyeur
 - b. Chacun est contraint de suivre le rythme sous peine d'être éliminé.
2. L'application sociale de la pensée de TAYLOR
 - a. Les ouvriers de Ford sont les mieux payés des États-Unis
 - b. Non par altruisme, mais par intérêt.
3. « five dollars day », coup de génie de Ford
 - a. Les problèmes disparaissent du jour au lendemain.
 - b. L'absentéisme fait place au désir de bien faire.

Le processus de fabrication des fameuses Ford Model T intègre toutes les étapes:

1. Depuis l'affinage des matières premières
2. Jusqu'à l'assemblage final de l'automobile.

Un seul modèle pour tous : « Choisissez la couleur de votre voiture, dès lors qu'elle est noire. »





En 1903:

1. La France produit 30 000 voitures (quasi 50% de la production mondiale)
2. Les USA: 11 000

La Ford modèle T:

- Arrive sur le marché le 12 août 1908
- L'automobile passe du statut de carrosse motorisé à celui de produit grand public
- Elle sera vendue à plus de 15 millions d'exemplaires

En 1914:

1. Les USA produisent 485 000 voitures dont 250 000 Ford T
2. La France: 45 000

Mis en place en France par Citroën, puis Renault



le modèle du travail à la chaîne est à l'origine de la production de masse, et par voie de conséquence de la consommation de masse

Le monde s'installe dans la production et la consommation de masse

La période de prospérité ininterrompue de 1945 – 1975 est appelée depuis « les 30 glorieuses »



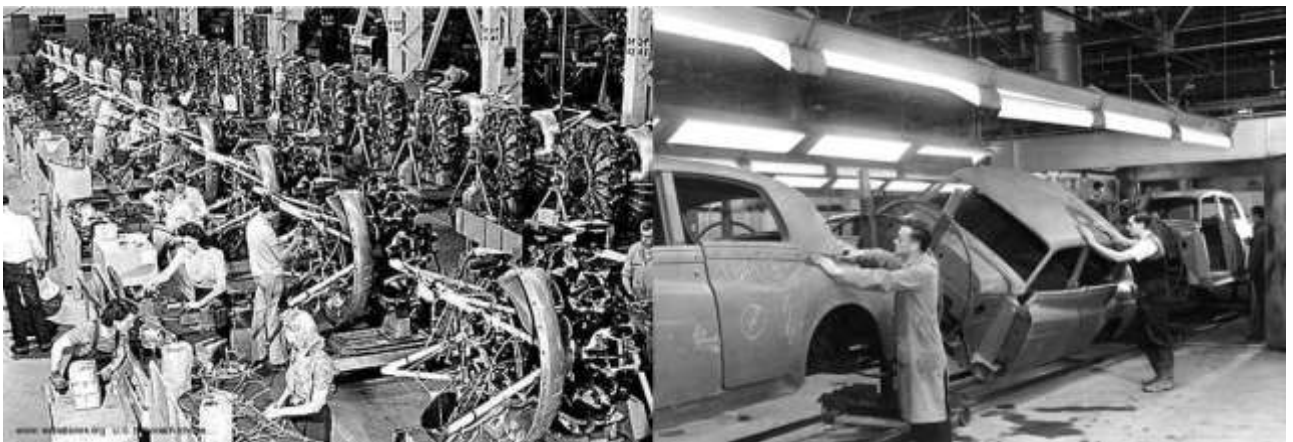
Mais pendant que vos grands parents découvrent les joies de la société de consommation...



... Les contradictions du fordisme sont prévisibles

Les contradictions du modèle sont au nombre de 4

1. L'O.S.T. reste toujours ennuyeuse et aliénante
2. La grande entreprise intégrée atteint ses limites dans les grands projets
3. L'uniformité de la production de masse finit par lasser
4. Et économiquement, le système doit arriver en butée



Le coup de génie de Ford a été le doublement des salaires

La contradiction interne du Fordisme se joue toutefois ici :

1. Il faut doubler le salaire des ouvriers par rapport à ce qu'ils gagnaient avant, et ce qu'ils gagneraient ailleurs.
2. Peu importe de gagner 2 fois plus qu'hier. Ce qui compte c'est de penser qu'on est mieux payé ici que là-bas.
3. Or l'extension du fordisme à l'ensemble de l'économie va progressivement rendre impossible cette fuite en avant.

Isolé dans une société artisanale, le Fordisme peut prospérer.

Généralisé à l'ensemble de la société, il ne peut que dépérir.



A PARTIR DES ANNEES 70

Mai 68

Mai 68 est le moment où les étudiants récusent la société hiérarchique léguée, subie par leurs parents.

L'équation « salaire égale obéissance » leur paraît inacceptable.

Cette protestation est un trait commun à tous les pays industrialisés. La dimension, la réalité de mai 68 sont d'emblée internationale: Etats-Unis, Europe, Japon.

Cette révolte est un fait de génération : les pays où mai 68 a été le plus dur sont également ceux où le contentieux avec les parents aura été le plus lourd : Allemagne, Italie, Japon.

Les événements de Mai 68 sont souvent interprétés comme une poussée d'individualisme au cœur d'une société industrielle qui reste profondément holiste.



Mai 68 : une rupture indiscutable dans le fonctionnement des institutions qui furent exposés à sa vindicte :

1. Famille,
2. Usine
3. Ecole.

Chacune de ces institutions en sort profondément affectée

1. Les familles se recomposent,
2. L'école fait place à la pédagogie
3. L'usine commence son travail d'externalisation.

Les aspirations de la jeunesse révèlent également l'un des fils importants de la révolution technologique qui se produit alors:

1. Les pionniers de l'évolution technologique qu'a connue le monde industriel depuis les débuts des années 1970 sont les mêmes baby-boomers que ceux qui ont fait mai 68.
2. C'est par l'informatique que les étudiants élevés dans la culture contestataire des campus américains des années 1960 vont trouver le moyen de briser la standardisation du monde créé par leurs parents.

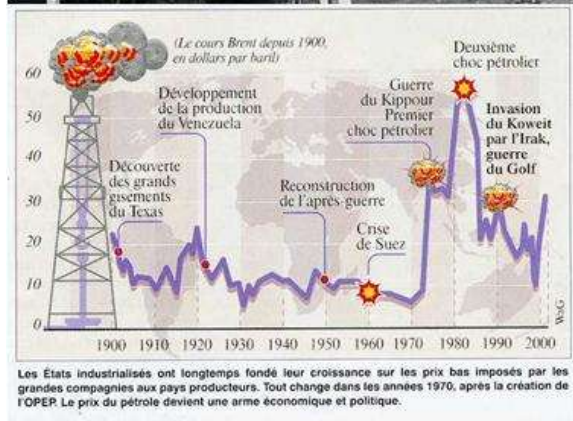
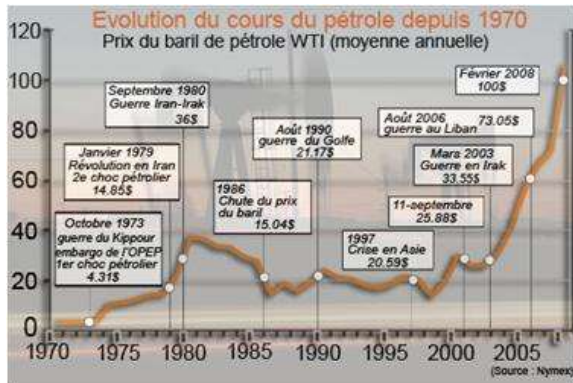


Le premier choc pétrolier

La production et la consommation de masse

1. Conduisent à une surconsommation
2. Conduisent à une sur production
3. Créent une dépendance vis-à-vis du pétrole

Qui se révélera en 1973



Le Fordisme est simple au début de la production de masse, quand l'offre ne peut satisfaire la demande et que c'est strictement toujours le même modèle qui est produit.

Dans les années 70

1. Le début des surcapacités de production
 2. L'explosion du nombre de configurations offertes
 3. La volonté de produire plusieurs modèles sur la même chaîne
- amènent à repenser la gestion de production



Le Toyotisme

Le Toyotisme est une organisation du travail d'origine asiatique (entreprise Toyota), qui s'impose comme la suite du Fordisme.

Elle est à la fois une amélioration du Fordisme:

1. Recomposition du travail et augmentation de la productivité
2. Participation des salariés aux résultats et aux décisions
3. Mise en place de cercles de qualité

Mais elle en diffère également aux travers de principes fondamentaux

1. Just in Time, ou flux tendu
1. Cinq zéros
2. Autonomation

Le Just in Time. Les pièces ne doivent arriver ni trop tôt ni trop tard mais doivent être:

1. en nombre requis,
2. au moment adéquat
3. et à l'endroit exigé.

Les cinq zéros

1. Zéro panne
2. Zéro défaut
3. Zéro papier
4. Zéro délai
5. Zéro stock

L'autonomation

1. C'est la capacité d'une machine à s'arrêter dès qu'elle rencontre un problème.
 - a. Le terme est une contraction d'« autonomie » et de « automatisation ».
 - b. Les ouvriers n'ont donc pas à surveiller constamment cette machine et peuvent travailler sur plusieurs machines.
2. Cette approche permet d'accroître grandement la productivité.



Ce qu'apporte le Toyotisme

1. On fait remonter très en amont les problèmes de fabrication
 - a. On passe du «Design for Design» au «Design for Manufacturing»
 - b. C'est le cout de production qui devient le nerf de la guerre.
2. L'approche qualité
 - a. Fait désormais partie intégrante du travail de l'ingénieur
 - b. Mise en place des opérations de contrôle
 - c. Définition de niveaux de qualité exigée.

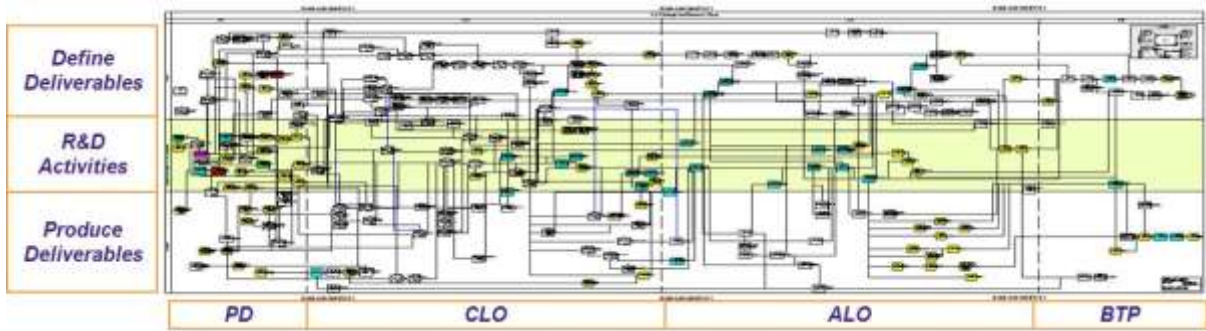


Du Fordisme (la gestion dans une économie de l'offre) ...

Au Toyotisme (la gestion dans une économie de la demande) ...

La méthode du Just in Time séduira toute l'industrie mondiale à partir du 1er choc pétrolier de 1973.

Le Toyotisme est basé sur les notions de flux, processus et workflow



Conséquence, bien qu'initialement basé sur la méthode des Kanban, le Toyotisme nécessite de facto une informatique de gestion



EVOLUTIONS DE LA SOCIETE

Les 3 processus généraux

L'évolution des entreprises depuis 50 ans a été marquée par la révolution numérique. Mais elle a surtout été marquée par 3 processus généraux:

1. L'économie de la demande
2. La globalisation
3. La financiarisation

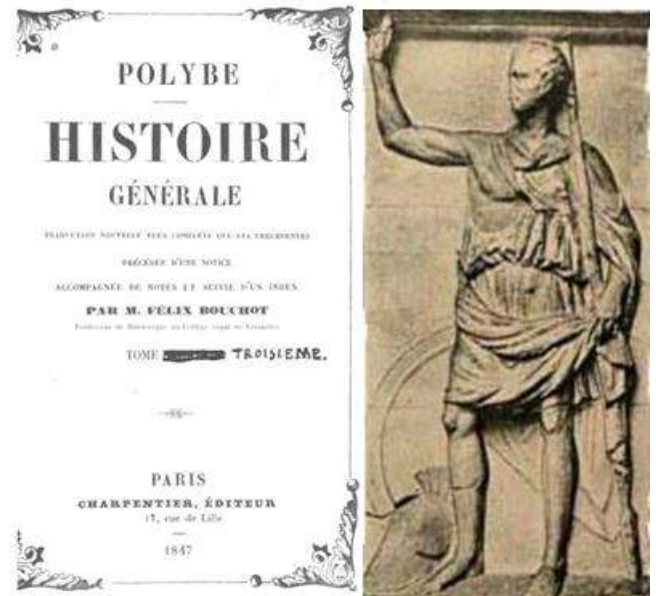
Nous verrons dans ce cours comment ces trois processus conduisent à la démarche du Concurrent Engineering et de l'Entreprise Étendue:

La Globalisation

1. Éclatement des blocs, ouverture des frontières, progrès des communications, containerisation, lissage technologique international... accroissent l'intensité de la concurrence au niveau mondial
2. Celle-ci condamne les firmes à spécialiser leur savoir-faire, à passer des alliances, à réduire leur coût et à différencier leur offre.

Avant, les événements qui se déroulaient dans le monde n'étaient pas liés entre eux. Depuis, ils sont tous dépendants les uns des autres.

Polybe, général historien grec, 2nd siècle avant J.C.



La mondialisation met en concurrence des entreprises autrefois quasi-monopolistiques

1. Pour faire baisser leurs coûts, les entreprises augmentent leurs capacités de production
2. Dans les années 70~75 (période dite « du premier choc pétrolier ») l'industrie bascule dans la surproduction: on passe d'une économie de l'offre à une économie de la demande
3. Il va falloir s'adapter à la demande du client et à l'obsolescence technologique rapide des produits.



Une économie de la demande:

1. qui appelle diversité et différenciation accrue des produits.
2. Des organisations vouées à la satisfaction du client, pour gérer des biens "flexibles" à tous les sens du terme:
 - a. Flexibilité en volume (variation importantes des quantités)
 - b. Flexibilité des produits (diversité, complexité, variabilité, évolutivité)
 - c. Flexibilité en réaction (diminution des délais de réponses)



Financiarisation:

l'influence croissante de la sphère financière sur l'économie.

1. Impératif de "création de valeur pour l'actionnaire"
2. Faire du profit sur le capital le plus faible possible
3. Réduire les charges fixes
4. Externalisation d'activités réputées à "faible valeur ajoutée"
5. Organisation "intelligibles, lisibles" aux yeux de leurs propriétaires



L'ouverture des frontières commerciales force chaque nation à se spécialiser dans un secteur où elle dispose d'un avantage compétitif

1. C'est la renaissance de la théorie de David Ricardo (19ème siècle): le marché pousse chaque nation à se spécialiser dans une tâche où elle excelle par rapport aux autres.
2. La Chine devient l'usine du monde, l'Inde se spécialise dans l'informatique et les centres d'appel.



Elle force les pays à salaires élevés à se renforcer dans 2 domaines: R&D, et Marketing. Le renforcement simultané du système de brevet international n'est certainement pas qu'une coïncidence

Les choses évoluent vite: là où l'industrialisation réussit, les salaires augmentent

Une évolution technique majeure

Dans les années 1970, la standardisation des containers (bateaux, trains, camions, avions...) divise les coûts et surtout les délais de transports de biens manufacturés.

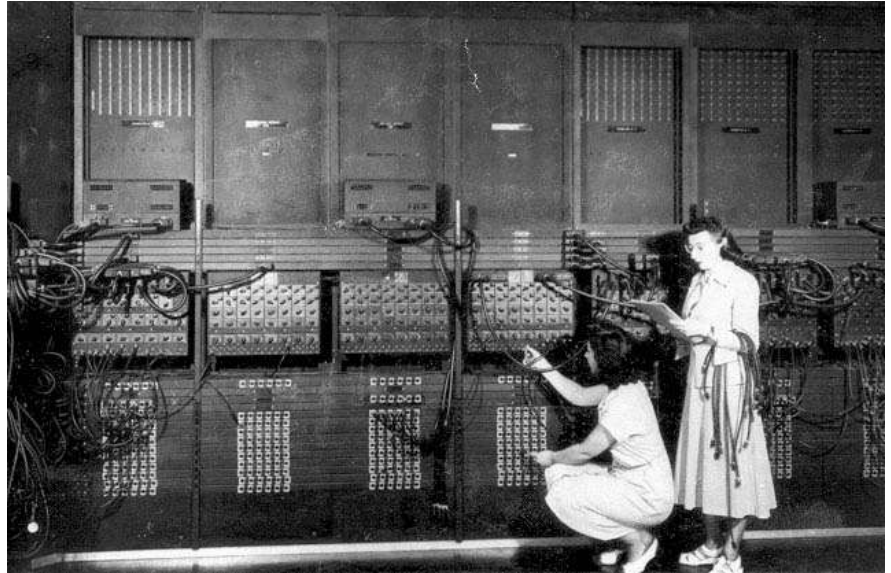


LA REVOLUTION NUMERIQUE

L'apparition des ordinateurs

1943 : l'armée des USA utilise ENIAC (Electronic Numerical Integrator Analyser and Computer,) pour faire de la simulation de calcul balistique

1. 17468 tubes électroniques, 1600 relais
2. 23 mètres cube, 160 mètres carré au sol
3. 30 tonnes
4. 2 puissants moteurs
5. 1/2 million de \$
6. 200 kilowatts



1956: Création du langage FORTRAN

1. FORMula TRANsition
2. pour IBM 704, le plus gros ordinateur scientifique standard



John Backus, the inventor of FORTRAN



First page of the first FORTRAN manual with an autograph of John Backus



Mais l'évènement majeur reste il y a près de 40 ans, en 1964, l'apparition de l'IBM 360

1. Un des plus gros pari mondial de l'industrie (22 milliards \$)
2. Jeu d'instructions étendu
3. Microprogrammation:
 - a. de la petite machine de gestion (ou elles sont émulées)
 - b. au géant pour banque ou laboratoire (ou elles sont cablées)...
4. ... un même jeu d'instructions interne
5. Format unique de représentation: l'Octet
6. Canaux programmés, pour des possibilités d'entrées sorties très évoluées
7. Adressage interne sur 24 bits
8. Enorme ensemble de logiciels:

L'IBM 360 assure à IBM une domination quasi totale sur le marché mondial de l'informatique, d'abord dans la gestion et la banque, puis dans l'industrie, à la fin des années 60



1968: Première unité d'affichage autonome

1. capable de gérer le rafraîchissement
2. dotée d'un générateur de caractères Alphanumériques.



Premières formalisations des logiciels de géométrie

1. Pierre Bézier, Renault
2. Paul de Casteljau, Citroën
3. Steven Coons, USA

1969: Premiers essais de CAO graphique chez Citroën

1969 : l'ARPA crée le réseau Arpanet, démontré en 1972, et qui deviendra à terme Internet.



Malgré l'arrivée de la console IBM 2250, l'informatique industrielle n'existe pas en 1970

1981: IBM PC

1. Processeur 8088 4.77MHz 8 bits
2. 64 ko de mémoire, écran monochrome
3. lecteur de cassette.





Les raisons:

1. La technologie
2. La concurrence entre constructeurs
3. Des volumes beaucoup plus élevés

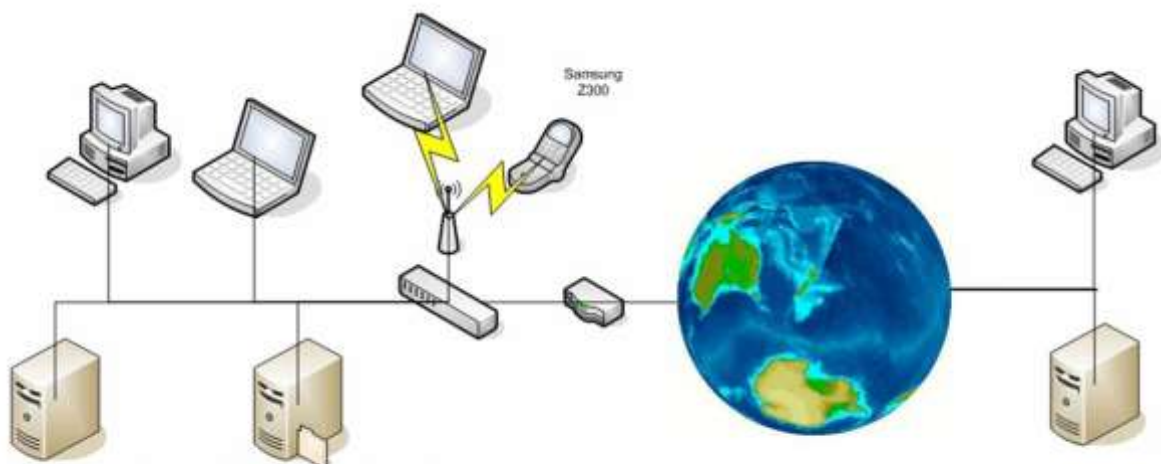
Les moteurs de recherche

Mon père, ce héros, était conservateur à la Bibliothèque de l'Institut de France. Chercher un livre voire un article précis dans ce tas de quelques 2 millions de références pouvait lui prendre parfois plus d'un mois



Aujourd'hui, faire une requête sur GOOGLE prend quelques secondes dans un ensemble de plusieurs dizaines de milliards de références.

Architectures distribuées



L'analyse numérique

Mais également

1. Résolution de systèmes de règles (systèmes expert)
2. Algorithmes génétiques
3. Résolution de systèmes de contraintes
4. Méthode d'optimisation

Qui permettent

1. Simulation numérique de phénomène physique
2. Optimisation de processus de fabrication
3. Concurrent Engineering

IMPACT SUR L'ENTREPRISE

Une entreprise c'est

1. Des opérations
2. Des projets

Et un objectif majeur : maximiser les profits

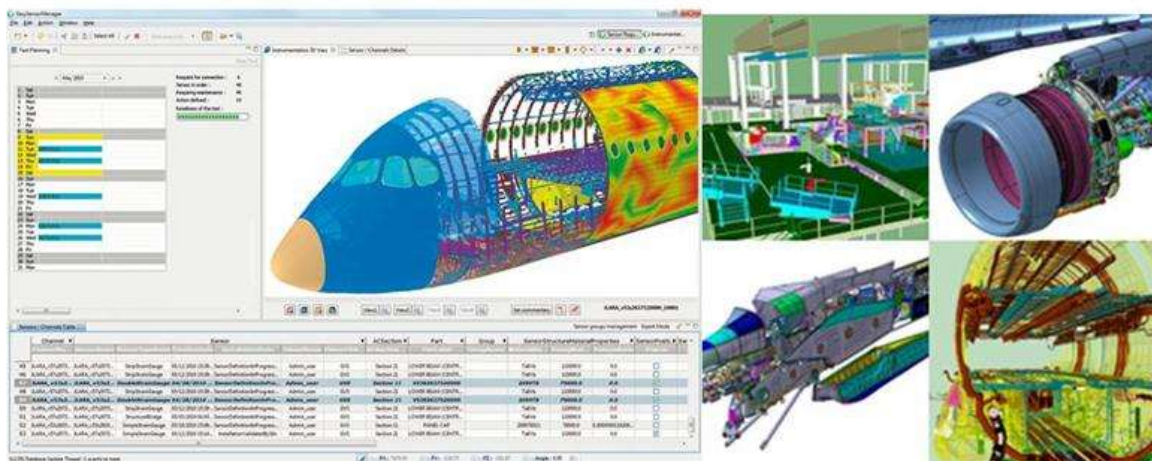
2 types d'entreprise

1. Celles qui sont pilotées par le flux de gestion



2. Celles qui sont pilotés par le flux de données techniques





A l'évidence, deux mondes non indépendants



Les entreprises sont amenées à collaborer de plus en plus:

1. Au sein de la société
2. Entre sociétés

Les entreprises sont amenées à externaliser et décentraliser:

1. Pour innover plus vite et moins cher
2. Pour grandir et gagner des parts de marché
3. Pour engager plus de spécialistes.

On voit se dégager deux types d'entreprise:

1. Des assembleurs, qui maîtrisent marketing, conception des systèmes, gestion de programmes et assemblage final
2. Des équipementiers et des sous-traitants, qui maîtrisent toute une branche technologique

Les deux types d'entreprise se recentrant sur leur cœur de métier

Seuls quelques acteurs ont initialement entrepris de réorganiser ainsi leurs modes de production dans les années 1980 .

C'est cette réorganisation progressive dans l'ensemble de l'économie qui a contribué à l'accélération de la productivité dans les années 1990



RENAULT

Autrefois symbole de la société industrielle, Renault fabriquait, dans les années 50, 80% de la voiture qui était livrée au concessionnaire



Renault se présente désormais comme concepteur d'automobile.

Au début des années 2000, le nombre de « cols blancs » a dépassé le nombre de « cols bleus ».





Renault ne fabrique plus que 20% de la voiture livrée

Pour ce faire, Renault s'appuie sur tout un ensemble de sous-traitants

1. Phares, électricité
2. Moteurs électriques
3. Consoles



Ou des équipementiers qui conçoivent, fabriquent et livrent:

1. Des portières
2. Des tableaux de bords...



Aujourd'hui le technopole de Guyancourt est le plus grand site industriel de la firme
Son but: la conception des nouveaux modèles.





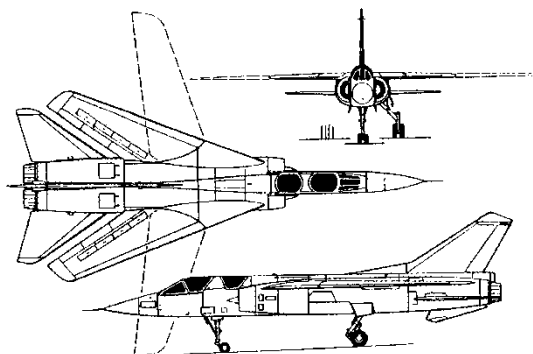
DASSAULT

En 1968, AMD-BA (Avions Marcel Dassault-Breguet Aviation):

1. Une entreprise qui emploie près de 9000 personnes
2. Un Bureau d'Etudes de quelques centaines de personnes.



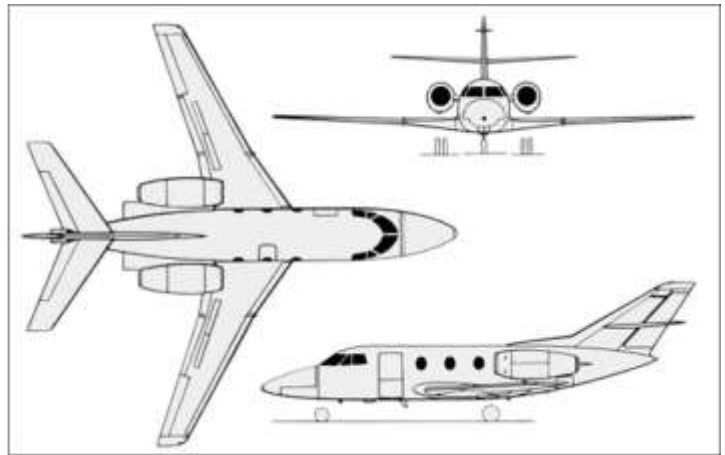
3. Le B.E. d'AMD-BA travaille sur 4 projets simultanés:
 - a. Les mirages G4 et G8, à géométrie variable



b. Le mercure



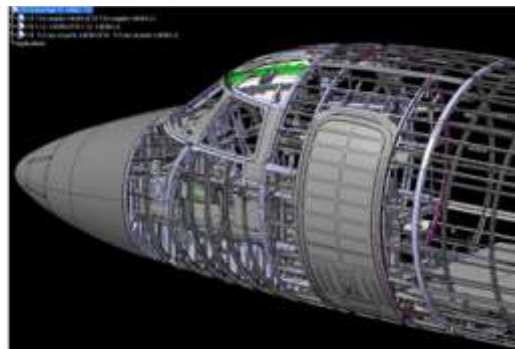
c. Le Mirage F1



d. Le Falcon 10 (ex Mystère 10)

40 ans plus tard, Dassault Aviation

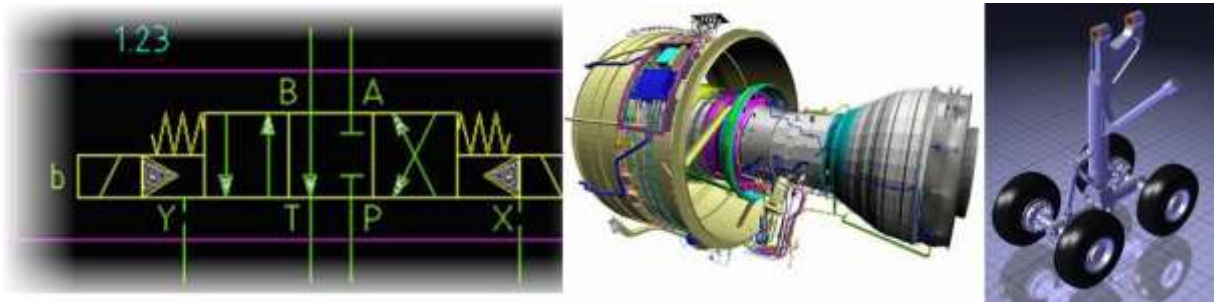
1. Une entreprise qui emploie près de 9000 personnes
2. Un Bureau d'Etudes de quelques centaines de personnes.
3. Mais ces dernières années, le BE de DA a essentiellement travaillé sur quelques tronçons du Falcon 7X, puis du 5X



Et pourtant

1. Le nombre de compagnons s'est réduit
2. En particulier au profit d'ingénieurs de la DGT (Direction Générale Technique)

Mais le travail a bien changé : aujourd'hui, une partie importante de Saint Cloud est affectée à la coordination des projets et des sous-traitants.



Depuis plusieurs années, Dassault Aviation a fait évoluer son organisation pour optimiser son cœur de métier: l'ingénierie des systèmes

L'entreprise est passée d'une organisation classique, héritée de la révolution industrielle:

1. Bureau d'Etude
2. Bureau des méthodes
3. Bureau de Calcul...

à une organisation construite autour des principaux systèmes de l'avion





La tourmente dans laquelle s'est trouvé le groupe Boeing en 2002 l'a conduit à recentrer ses activités sur son cœur de métier.

Ainsi sa branche avions commerciaux a reçu l'ordre de se consacrer au développement de nouveaux produits et de leur assemblage final

Laissant à des partenaires le soin de produire les pièces unitaires et les sous-ensembles avant qu'ils ne rejoignent les halls de montage d'Everett et Renton.

C'est ainsi qu'est né le groupe Spirit AeroSystems, détenu par le fond canadien d'investissements Onex



1. Issu de la vente des unités de production de Boeing à Wichita, Tulsa et MacAlester.
2. Il s'est depuis porté acquéreur des usines d'aérostructure de BAE (qui se recentre sur la défense) à Prestwick et à Samlesbury
3. A également repris la firme Raytheon Aircraft
4. A été un candidat sérieux pour le rachat de certaines unités de production d'Airbus dans le cadre du plan Power8
5. Spirit AeroSystems produit des fuselages, des sous-ensembles d'aérostructure, des nacelles et des inverseurs de poussée.

Néanmoins, cette transformation complète de l'entreprise dans le cadre du programme B787 ne s'est pas faite sans quelques difficultés:

1. Certains suppliers ont eu du mal à pouvoir tenir à terme la cadence que le succès de ce nouvel avion imposait
2. Problèmes de tenue à l'effort des premiers rivets livrés
3. Retard dans le logiciel de contrôle de vol d'Honeywell.
4. De même, du fait des spécificités liées à la conception très innovante du fuselage en composite, Boeing a été conduit à devoir, vis-à-vis de grands partenaires:
 - a. Détacher des équipes commandos
 - b. Rapatrier certaines tâches à Seattle,
 - c. Redéfinir des séquences de production

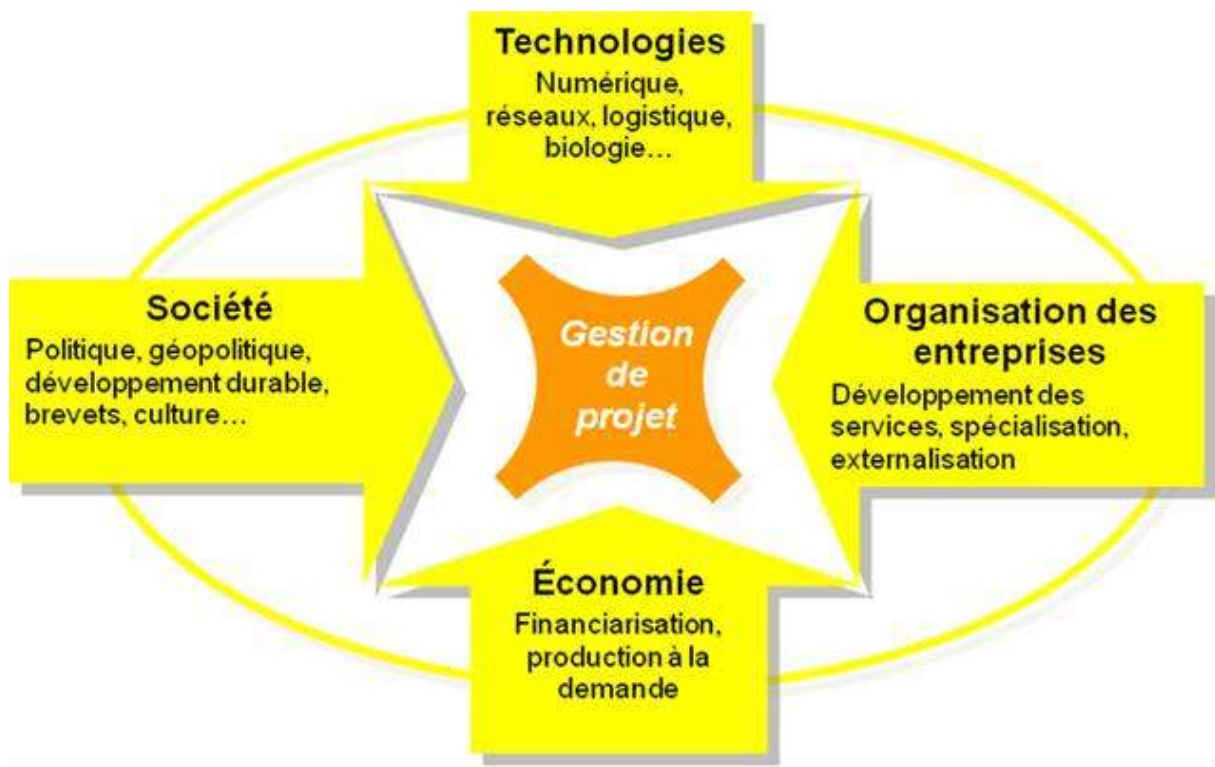


Les messages à retenir

L'économie et la société influent sur l'organisation des entreprises,
Les évolutions de la technologie influent sur l'organisation des entreprises,
L'économie et la société influent sur les évolutions de la technologie, qui influent sur les évolutions de la technologie

Toutes ces évolutions conduisent à faire évoluer la façon dont on gère les projets dans les entreprises.

L'organisation « optimale » de l'entreprise est passée de l'entreprise intégrée à l'entreprise étendue.



Ce qui est important est de ne pas limiter son champ d'exploration à une discipline trop réduite, mais de comprendre les interactions entre des domaines a priori déconnectés. Bref, tout est dans tout et réciproquement.

