

## SYSTEMES ET LITTERATURE

**Groupe de travail “Modélisation des systèmes complexes”**

**CNAM/AFSCET – 4 avril 2011**



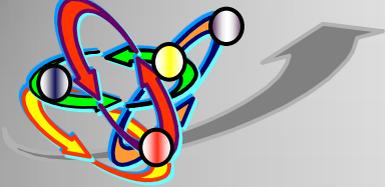
## Sommaire

- ❑ La pratique intuitive et nécessaire de l'Ingénierie Système
- ❑ Le déni du Système
- ❑ Le triomphe définitif de l'esprit Système



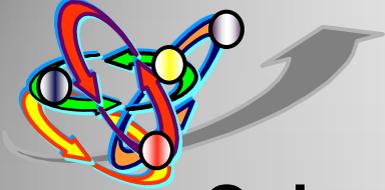
## Littérature ?

- ❑ ~~DoD, NASA, ESA, INCOSE~~
- ❑ Littérature au sens classique + textes fondateurs
- ❑ « Littérature » au sens large : peinture, BD...



- « If everything is under control you are just not driving fast enough. »

**Stirling Moss, coureur automobile, 1929**



## Quizz

□ L'Ingénierie Système remonte à :

□ 1937 (Analyse du système de défense aérienne britannique par une équipe pluridisciplinaire)

Vrai

Faux

□ 1956 : SAGE (Semi-Automatic Ground Environment) Air Defense System : MIT/Jay Forrester

Vrai

Faux

□ 1961 (programme Apollo)

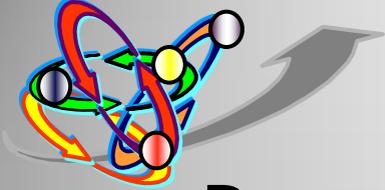
Vrai

Faux

□ 1991 puis 1994 (création de NCOSE puis INCOSE)

Vrai

Faux



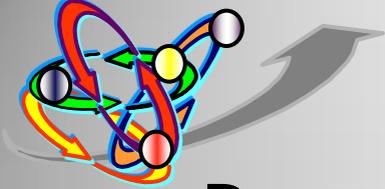
## Deux définitions

- ❑ « Un système est un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but. »

Joël de Rosnay, *Le Macroscopie*, 1975

- ❑ « A system is an integrated set of constituent parts that are combined in an operational or support environment to accomplish a defined objective. These integrated parts include people, hardware, software, firmware, information, procedures, facilities, service, and other support facets. People from different disciplines and product areas have different perspectives on what makes up a system. »

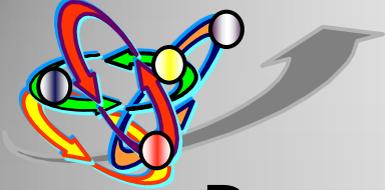
*National Airspace System (FAA), System Engineering Manual, Version 3.1, 06/06/06, Chapter 2*



## Deux définitions - 1

- « Un système est un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but. »

Joël de Rosnay, *Le Macroscopie*, 1975



## Deux définitions - 1

- ❑ « Un système est un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but. »

Joël de Rosnay, *Le Macroscopie*, 1975

- ❑ « Il semble que la perfection soit atteinte non quand il n'y a plus rien à ajouter, mais quand il n'y a plus rien à retrancher. »

Antoine de Saint-Exupéry, *Terre des hommes*, ch.III, 1939

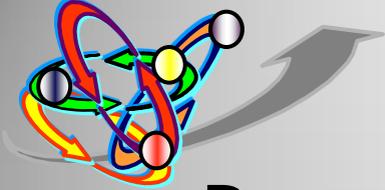
- ❑ Principe du rasoir d'Ockham :

« *Entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem.* » : « Les entités ne doivent pas être multipliées au-delà de ce qui est nécessaire. »

principe attribué à Guillaume d'Ockham, frère franciscain et philosophe du XIVe siècle, mais qui était connu et formulé avant lui :

« *Pluralitas non est ponenda sine necessitate.* » : « Les multiples ne doivent pas être utilisés sans nécessité. »

- ❑ Copernic vs théorie dominante du géocentrisme, lois du mouvement et principe de moindre action, Laplace et son *Explication du système du monde...*



## Deux définitions - 1

- « Un système est un **ensemble d'éléments** en **interaction dynamique**, **organisés** en fonction d'un **but**. »

Joël de Rosnay, *Le Macroscopie*, 1975

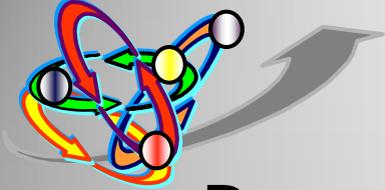
- **Force et faiblesse de la définition :**

- **pas de redondance :**

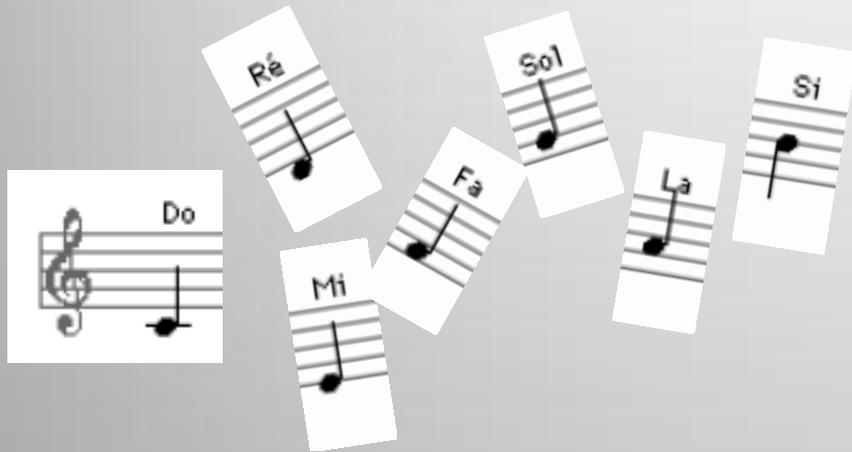
- Longue maturation nécessaire pour parvenir à une définition aussi lapidaire
- Besoin de connaître pour apprécier (réaction possible : « C'est bien évident »)

- **Ambivalence du terme « dynamique »**

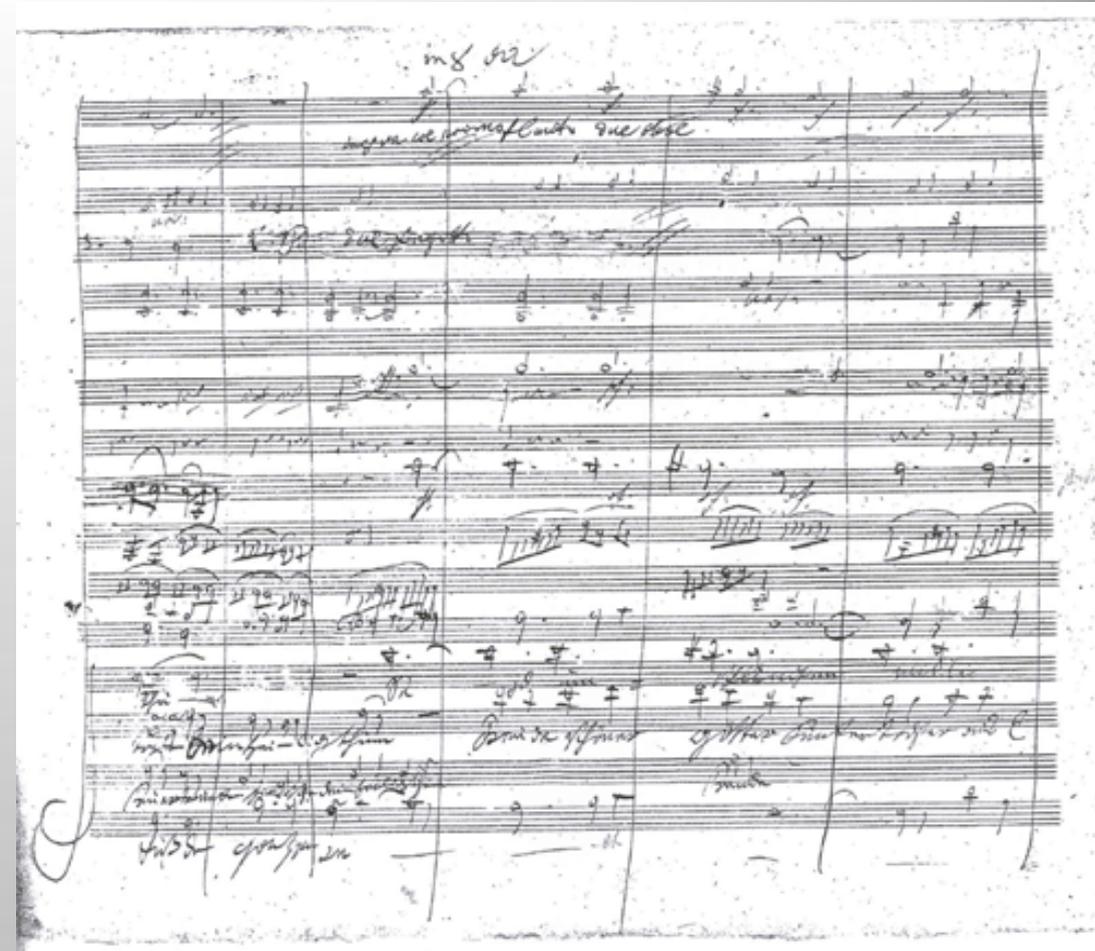
- Echanges, flux... vs interaction continue (caractère évolutif des besoins, itérations, aléas...)
- La saga des piles du vol 517



# Deux définitions - 1



VS



Neuvième Symphonie, Ludwig van Beethoven

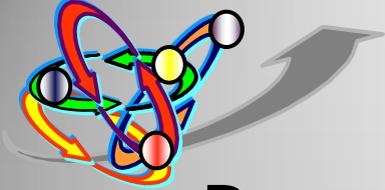


Interactions :  
auditive (esthétique) : combinaison dans les fréquences  
rythmique : combinaison dans le temps  
harmonique : entre instruments

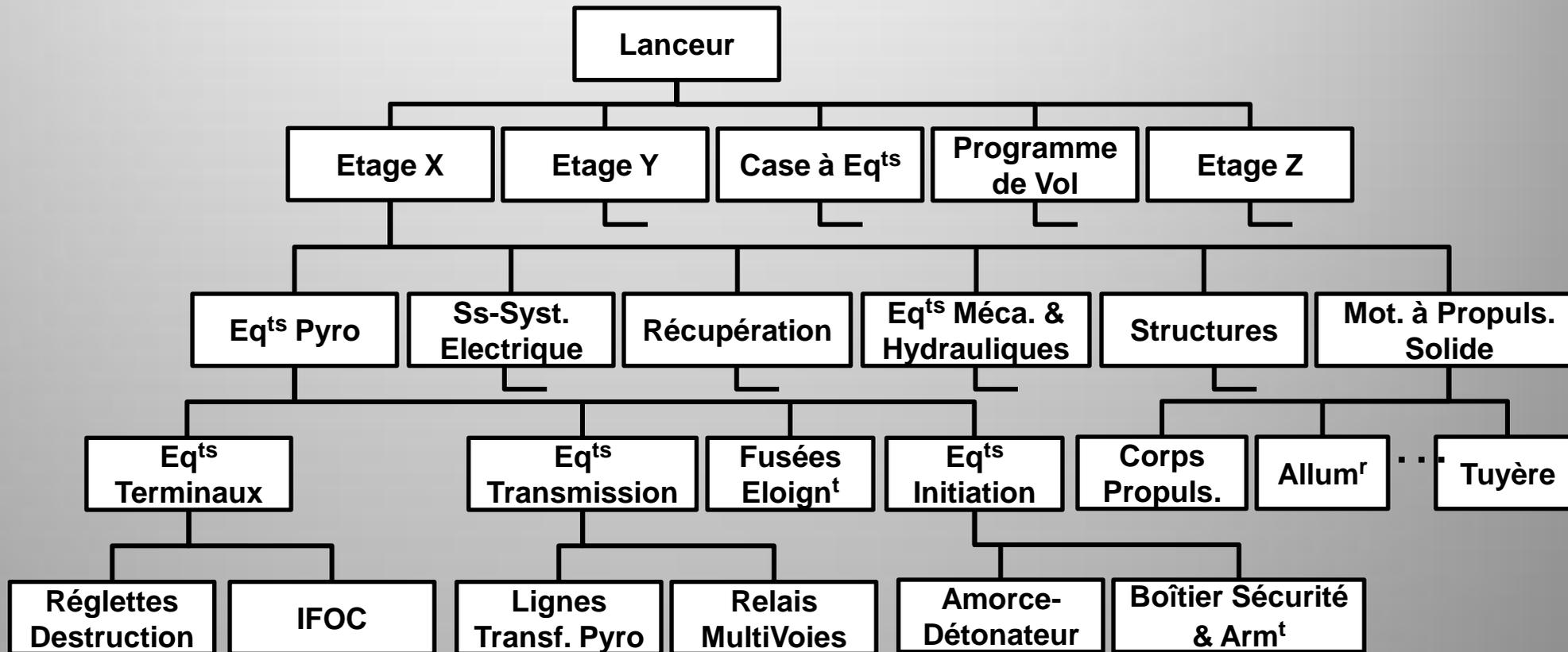
## □ Principe d'émergence

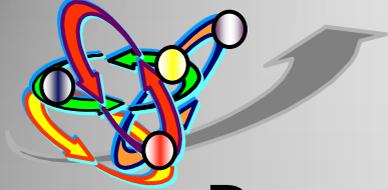
« La somme peut avoir telle propriété que n'a aucune des parties. »

Aristote (384 – 322 av. J.-C), *La Politique*, Livre II, ch. 2



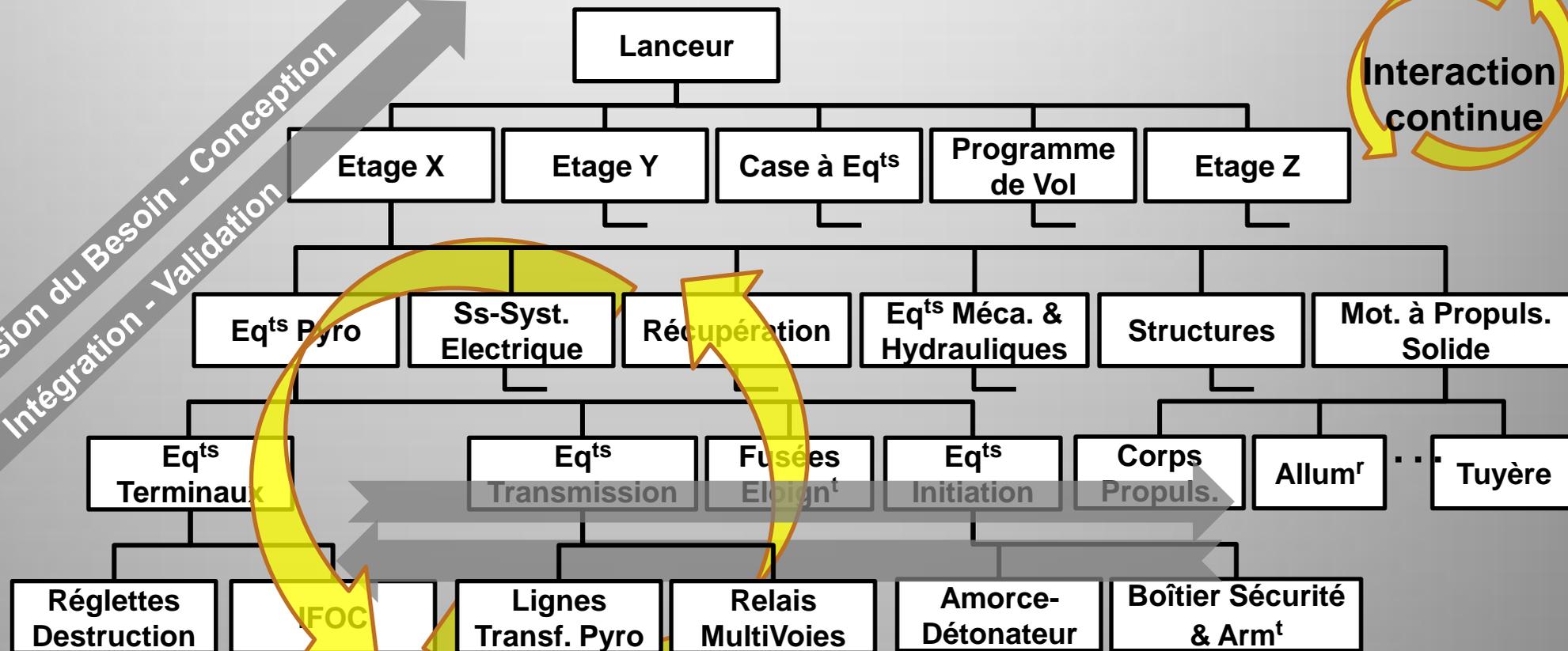
# Deux définitions - 1





## Deux définitions - 1

### Intégrations verticale et horizontale

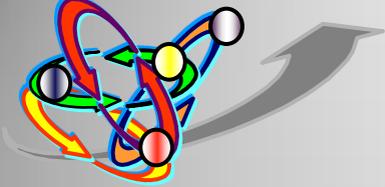


- Il y a interactions entre constituants (équipements...), entre constituants et sous-système ou sous-ensemble, entre constituants ou sous-ensembles ou sous-système et système...
- Il y a même des interactions entre systèmes : missile vs sous-marin, A5 vs CU : précision de mise à poste vs durée de vie de la CU



## Sommaire

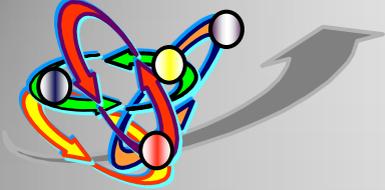
- ❑ La pratique intuitive et nécessaire de l'Ingénierie Système
- ❑ Le déni du Système
- ❑ Le triomphe définitif de l'esprit Système



□ « Ce qui fut sera,  
ce qui s'est fait se refera,  
et il n'y a rien de nouveau sous le soleil. »

□ « Ce qui est fut déjà; ce qui sera est déjà... »

*L'Ecclésiaste, 1, 9 et 3, 15*



□ Une des premières spécifications système...

Systems Engineering has Been Around for Awhile:  
An Early System Specification

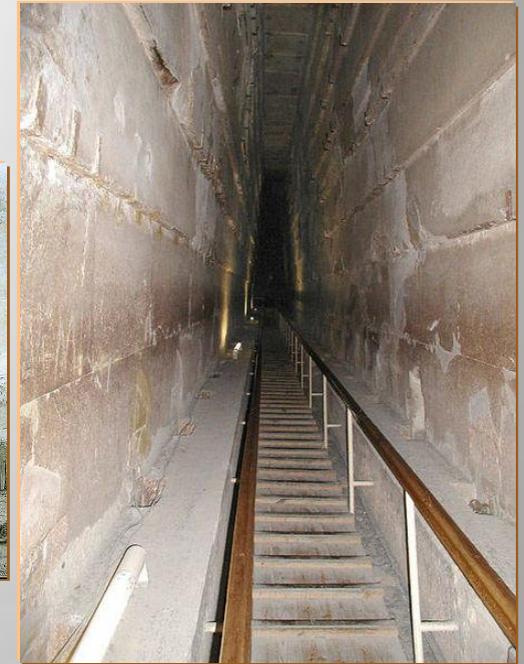
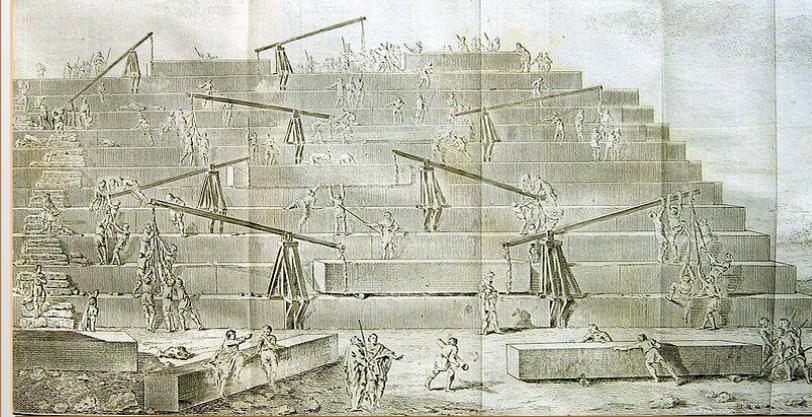
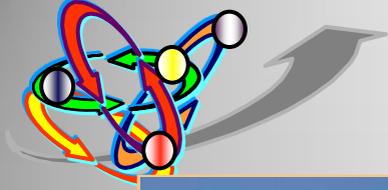
Genesis 6:13-16

So God said to Noah, "... make yourself an ark of cypress wood; make rooms in it and coat it with pitch inside and out. This is how you are to build it: The ark is to be 450 feet long, 75 feet wide and 45 feet high. Make a roof for it and finish the ark to within 18 inches of the top. Put a door in the side of the ark and make lower, middle and upper decks..."



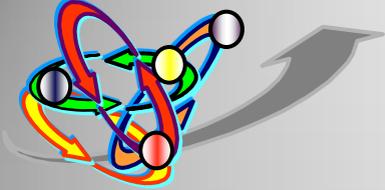
L'Arche de Noé, Edward Hicks (1780-1849)

(adapté de *Systems Engineering: Fundamental Skills and Why They are important*  
David D. Walden, Sysnovation – Minnesota SWE Spring Seminar, 13 March 2010)



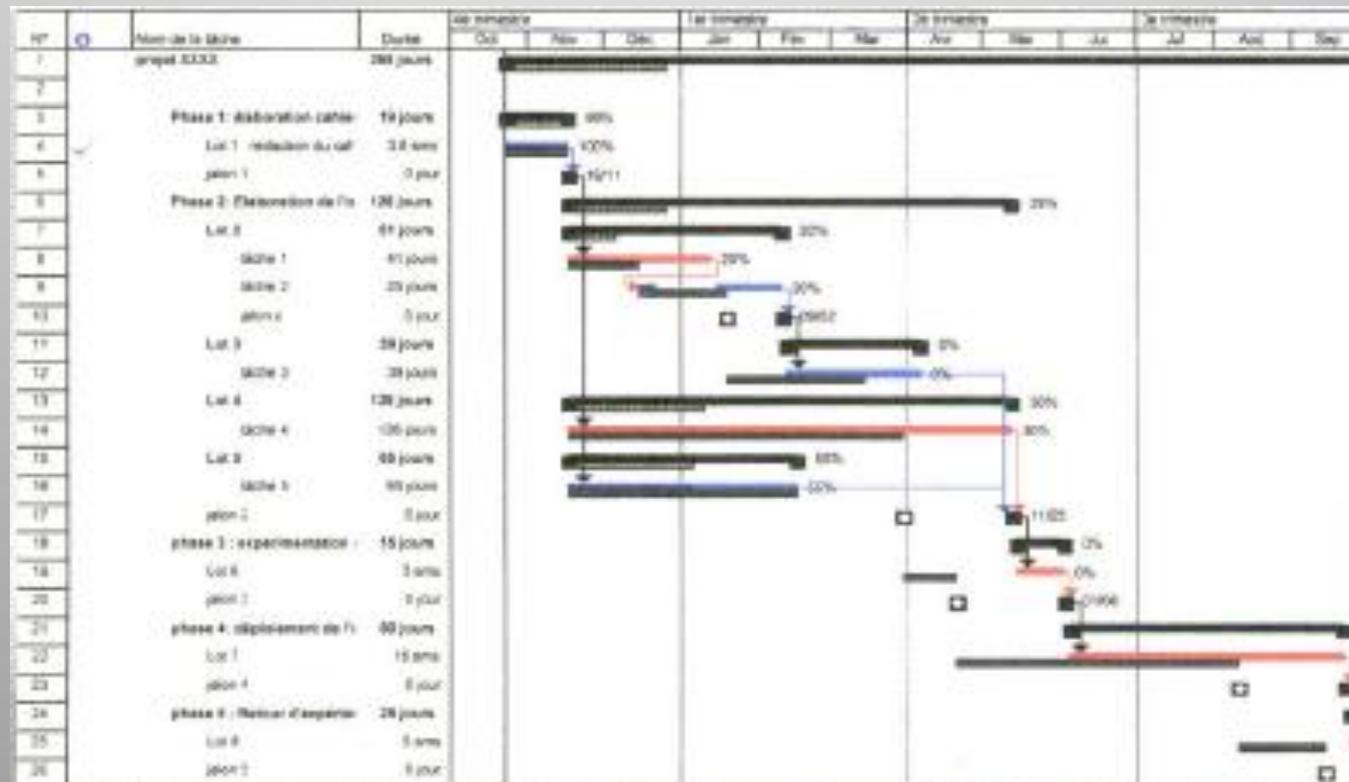
- « La cathédrale est plus rayonnante que le tas de pierres. »

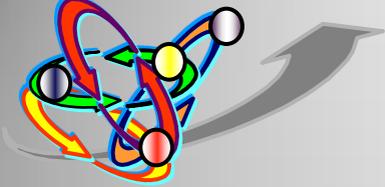
*Saint-Exupéry, Pilote de guerre (1942)*



- « Il y a un moment pour tout et un temps pour toute chose sous le ciel... un temps pour planter, et un temps pour arracher le plant...

*L'Ecclésiaste, 3, 1-2*

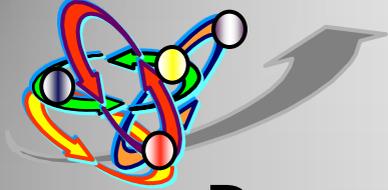




- ❑ « Le soin que j'ai pris de ne rien faire, mais de tout me démontrer par des faits très multipliés, évidents par eux-mêmes, observés avec attention, et comparés avec sévérité, ce soin, dis-je, donnera quelque poids à mes déductions et aux idées qui me restent à présenter. »

Jean-François Champollion (1790-1832)

- ❑ Validation système...

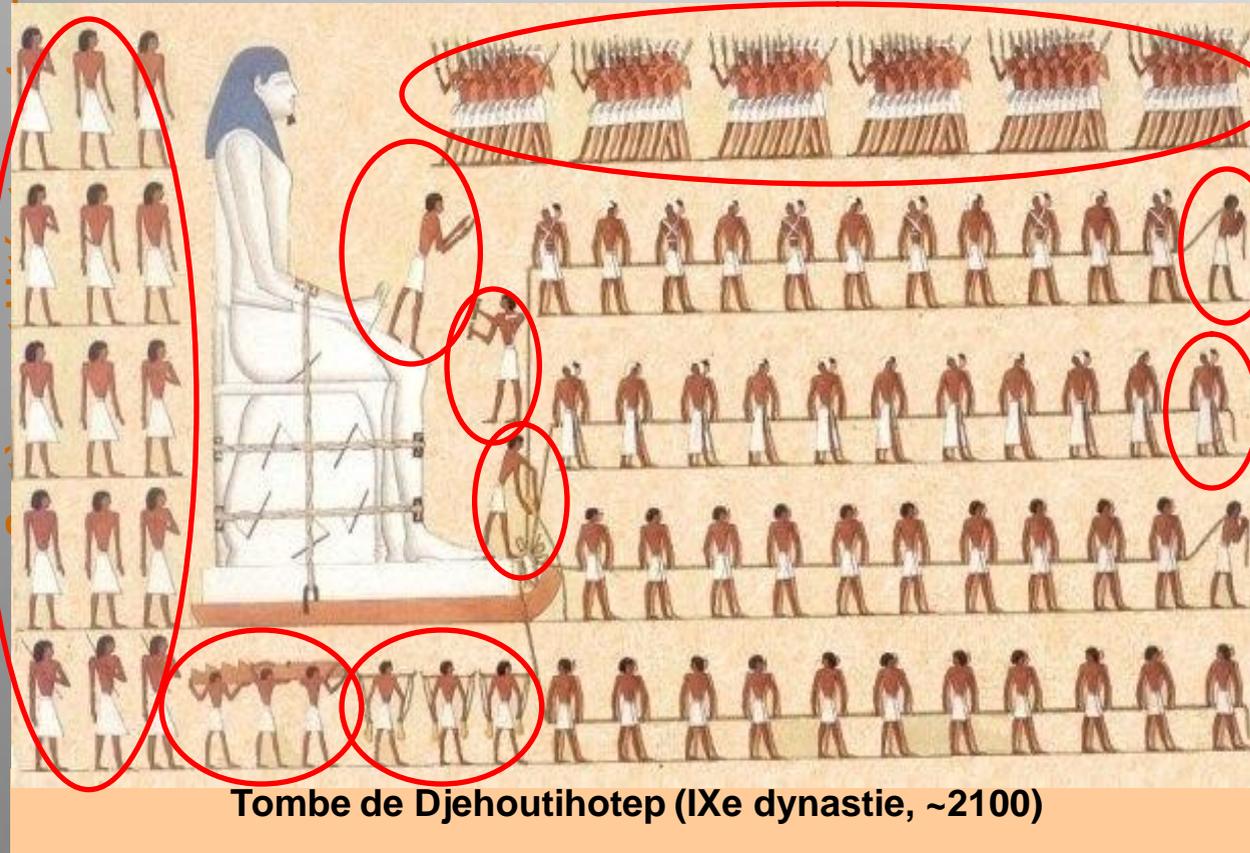


## Deux définitions - 2

- « A system is an integrated set of constituent parts that are combined in an operational or support environment to accomplish a defined objective. These integrated parts include **people**, hardware, software, firmware, information, procedures, facilities, service, and other support facets. **People from different disciplines and product areas** have different perspectives on what makes up a system. »

*National Airspace System (FAA), System Engineering Manual,  
Version 3.1, 06/06/06, Chapter 2*

il 2011

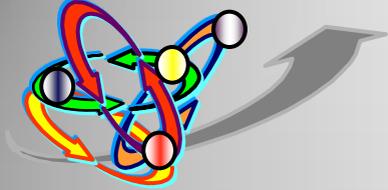


Tombe de Djehoutihotep (IXe dynastie, ~2100)

VS

*DANSSON LABORATOIRE, MALGRE L'HEURE  
TARDIVE, LE PROFESSEUR MORTIMER,  
INVENTEUR D'UN ENGIN MYSTERIEUX,  
SURNOMME "L'ESPADON", TRAVAILLE...*

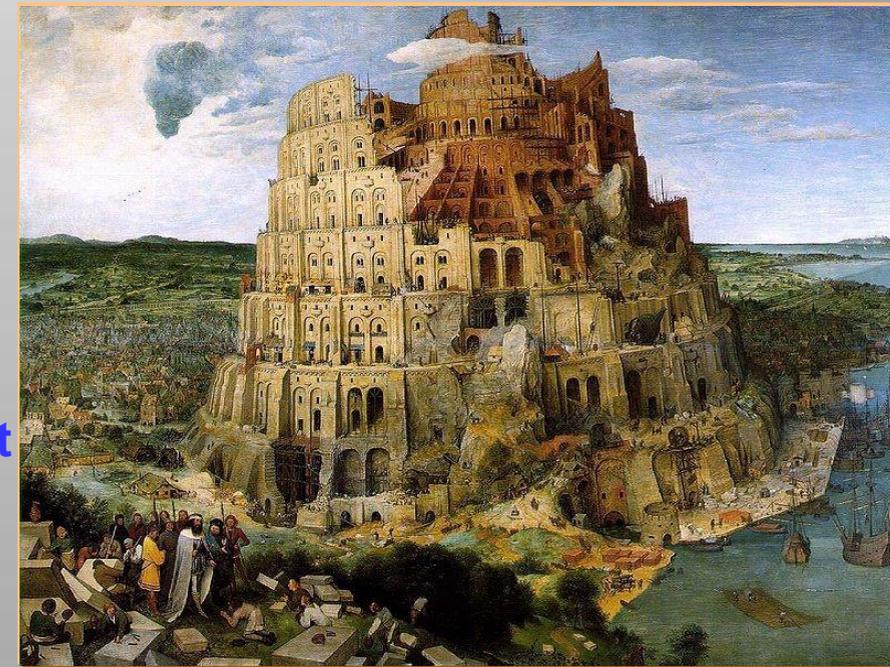
*Le Secret de l'Espadon, T. 1,  
Edgar Félix Pierre JACOBS*



- ❑ « A system is an integrated set of constituent parts that are combined in an operational or support environment to accomplish a defined objective. These integrated parts include **people**, hardware, software, firmware, information, procedures, facilities, service, and other support facets. **People from different disciplines and product areas** have different perspectives on what makes up a system. »

- ❑ « L'Éternel descendit pour voir la ville et la tour que bâtissaient les fils des hommes. Et l'Éternel dit :  
Voici, ils forment un seul peuple et ont tous une même langue, et c'est là ce qu'ils ont entrepris ; maintenant rien ne les empêcherait de faire tout ce qu'ils auraient projeté. Allons ! descendons, et là confondons leur langage, afin qu'ils n'entendent plus la langue les uns des autres.  
Et l'Éternel les dispersa loin de là sur la face de toute la terre ;  
et ils cessèrent de bâtir la ville. »

*Genèse, chap. XI, vers. 1 à 9*

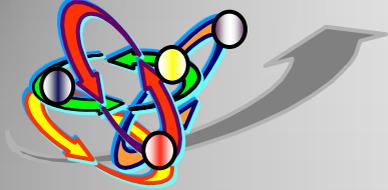


Pieter Bruegel l'Ancien (1526/1530–1569)



## Sommaire

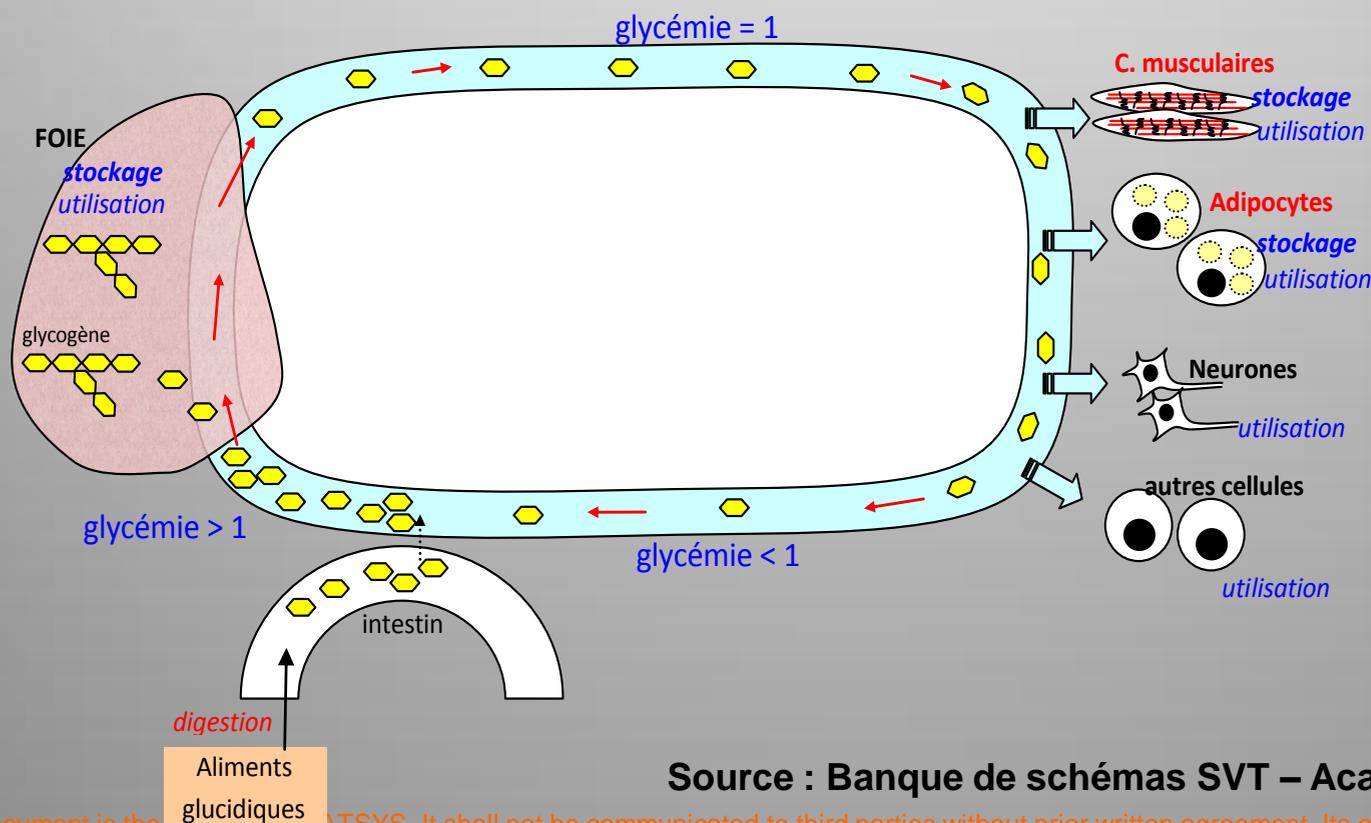
- La pratique intuitive et nécessaire de l'Ingénierie Système
- **Le déni du Système**
- Le triomphe définitif de l'esprit Système



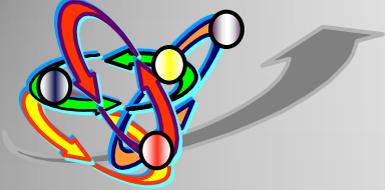
- ❑ « Les systèmes ne sont pas dans la Nature mais dans l'esprit des hommes. »
- ❑ « Qui a jamais vu un système ? »

Claude Bernard (1813-1878)

### Leçons de physiologie expérimentale appliquée à la médecine



Source : Banque de schémas SVT – Académie de Dijon



- ❑ « Les systèmes ne sont pourtant pas dans la Nature mais seulement dans l'esprit des hommes. »
- ❑ « Quia jamais vu un système ? »

Claude Bernard (1813-1878)

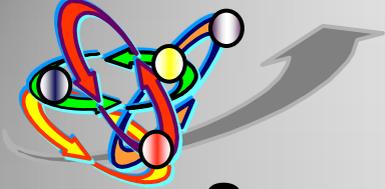
*Leçons de physiologie expérimentale appliquée à la médecine*

- ❑ « Le second [précepte], de diviser chacune des difficultés que j'examinerais, en autant de parcelles qu'il se pourrait, et qu'il serait requis pour les mieux résoudre.

Le troisième, de conduire par ordre mes pensées, en commençant par les objets les plus simples et les plus aisés à connaître, pour monter peu à peu comme par degrés jusques à la connaissance des plus composés...

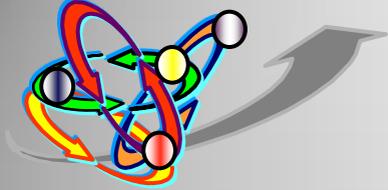
Et le dernier, de faire partout des dénombrements si entiers et des revues si générales, que je fusse assuré de ne rien omettre. »

René Descartes (1596-1650)



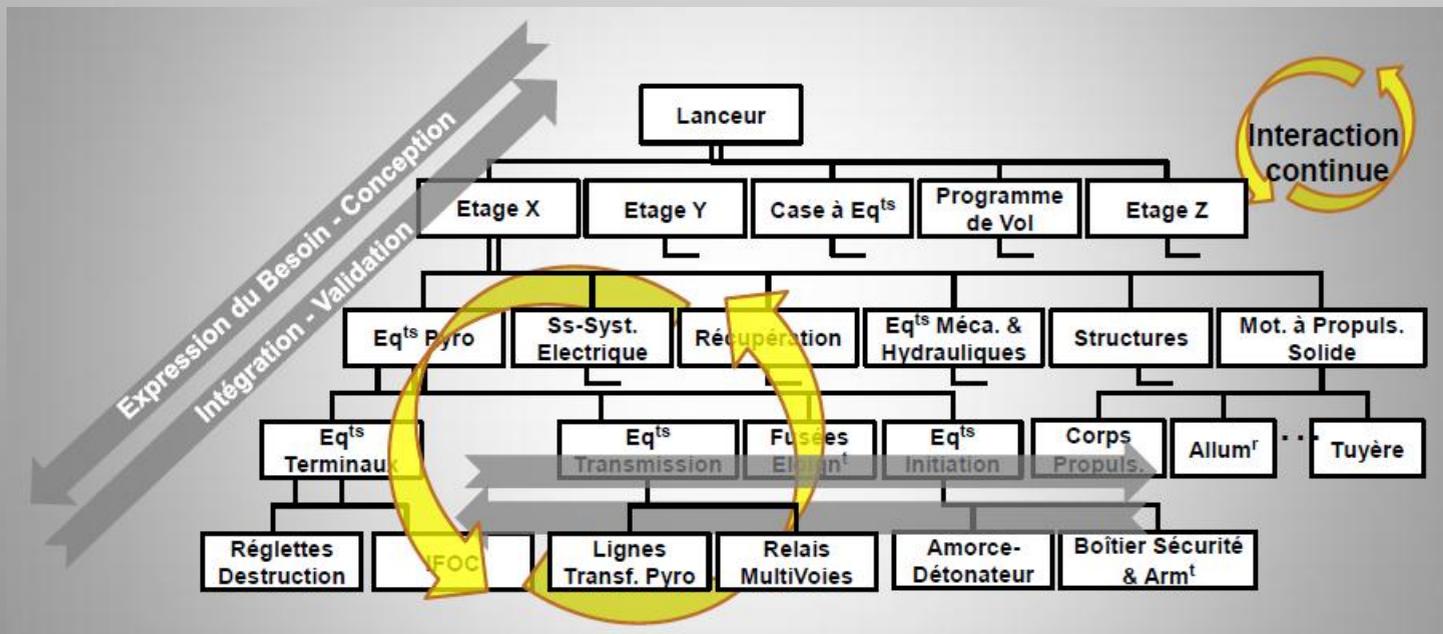
## Sommaire

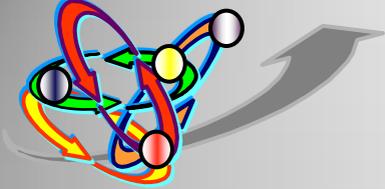
- ❑ La pratique intuitive et nécessaire de l'Ingénierie Système
- ❑ Le déni du Système
- ❑ **Le triomphe définitif de l'esprit Système**



- « Donc toutes choses étant causées et causantes, aidées et aidantes, médiates et immédiates, et toutes s'entretenant par un lien naturel et insensible qui lie les plus éloignées et les plus différentes, je tiens impossible de connaître les parties sans connaître le tout non plus que de connaître le tout sans connaître particulièrement les parties. »

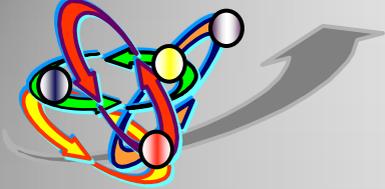
Blaise Pascal (1623-1662)





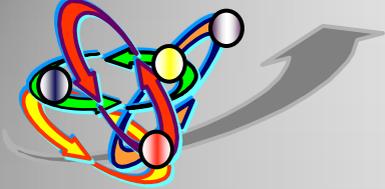
- ❑ « Le deuxième précepte de Monsieur Descartes nous est de bien peu d'utilité aussi longtemps qu'il ne nous dit pas comment décomposer en parties. »  
Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716)

- ❑ « Tout système n'est qu'une combinaison raisonnée, une ordonnance des choses et des idées, et c'est le génie seul qui peut faire cette ordonnance. »  
Georges-Louis Leclerc, comte de Buffon (1707-1788)



- ❑ « On ne peut comprendre la fleur en retirant les pétales. »
- ❑ « ... la nature, en formant le calice, ne produit aucun nouvel organe, mais elle réunit et modifie les organes déjà connus, et se prépare par là un pas de plus vers son but. »

Johann Wolfgang Goethe (1749-1832)



- ❑ « ... cette faculté mentale qui permet de relier de manière rapide, appropriée et heureuse, des choses séparées ... » : « ... *hanc mentis virtutem distracta celeriter, apte et feliciter uniendi...* »

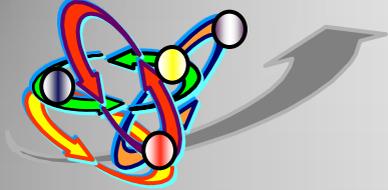
Giambattista VICO, *La Méthode des Etudes de notre temps* (1708)

- ❑ « Ce qui est difficile, c'est de subordonner chaque détail à l'ensemble et de retrouver chaque partie dans le tout, comme le reflet du tout dans chaque partie. »

Mme De Staël, *De l'Allemagne* (1813)

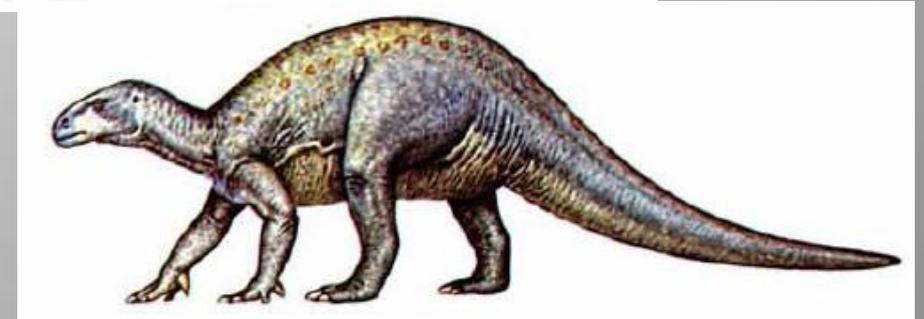
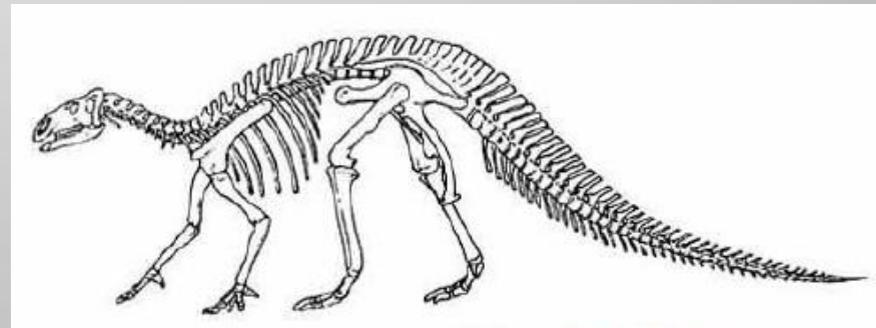
- ❑ « Une cathédrale est bien autre chose qu'une somme de pierres... Ce ne sont pas les pierres qui la définissent, c'est elle qui enrichit les pierres de sa propre signification. »

Antoine de Saint-Exupéry, *Pilote de Guerre* (1942)

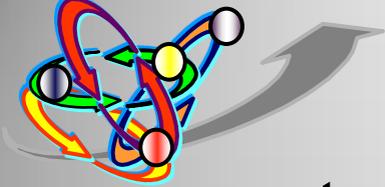


- ❑ « Son jupon de laine tricotée, qui dépasse sa première jupe faite avec une vieille robe, et dont la ouate s'échappe par les fentes de l'étoffe lézardée, résume le salon, la salle à manger, le jardinet, annonce la cuisine et fait pressentir les pensionnaires. »

Honoré de Balzac, *Le Père Goriot* (1835)



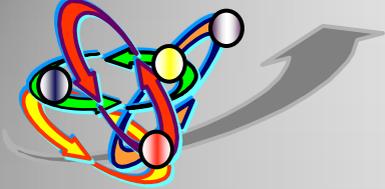
- ❑ Cf. restitutions de systèmes d'armes étrangers



« ... toutes s'entretenant par un lien naturel et insensible qui lie les plus éloignées et les plus différentes... »

Pascal

- ❑ La saga des piles du vol 517
- ❑ Unexpected & late interactions
- ❑ What is (apparently) more simple to design than a battery ?
- ❑ 19<sup>th</sup> century technologies are still in use
- ❑ But...



- ❑ « L'échange est une transaction admirable dans laquelle les deux contractants gagnent toujours tous deux. »
- ❑ « ... l'essence de l'échange est d'être utile aux deux parties... »

Antoine Destutt de Tracy (1754-1836), *Eléments d'idéologie*

À comparer aux définitions actuelles :

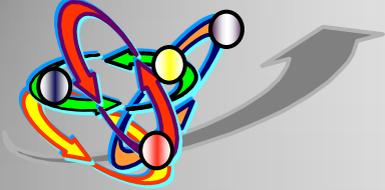
- *A trade study or trade-off study (\*) is the activity of a multidisciplinary team to identify the **most balanced** technical solutions among a set of proposed viable solutions*

*(Federal Aeronautic Administration 2006, in Wikipedia)*

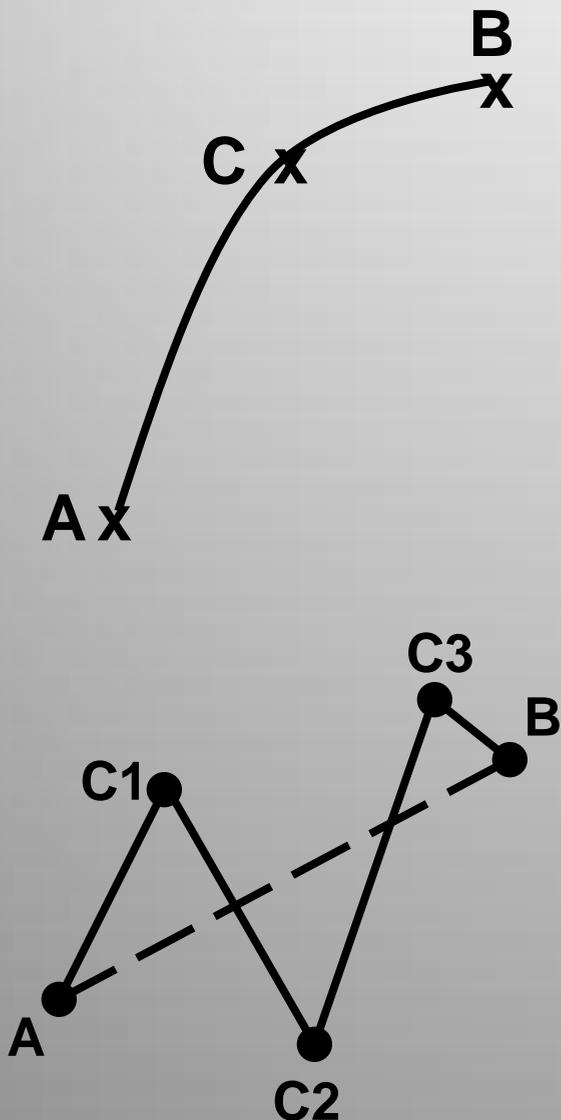
- *Trade-off = Decision making actions that select from various requirements and alternative solutions on the basis of **net benefit to the stakeholders***

*(IPMC/3DSR : Astrium Space Systems Engineering Training)*

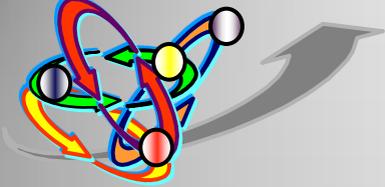
(\*) en français : étude comparative



Principe de Totalité (théorème de Bellman)



La Ronde de Nuit (1642), Rembrandt – Rijksmuseum d'Amsterdam  
(Exemple dû à Jean-Pierre Bombled)

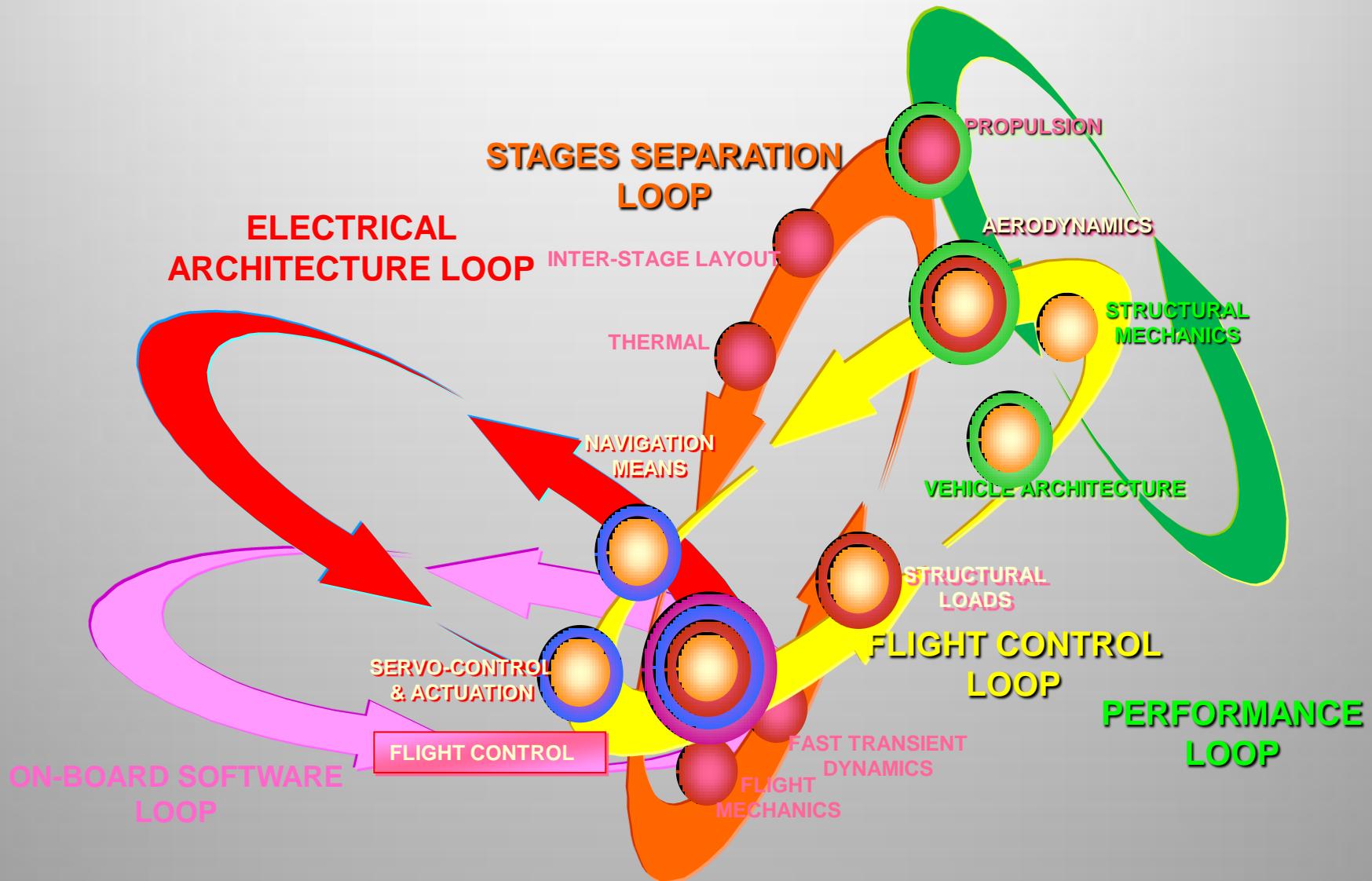
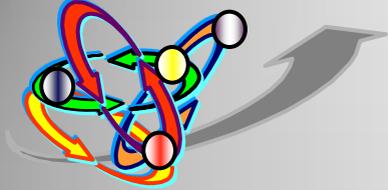


- « Hâtez-vous lentement, et sans perdre courage,  
Cent fois sur le métier remettez votre ouvrage,  
Polissez-le sans cesse et le repolissez.  
Ajoutez quelquefois, et souvent effacez. »

Nicolas Boileau, *Art poétique* (1674)

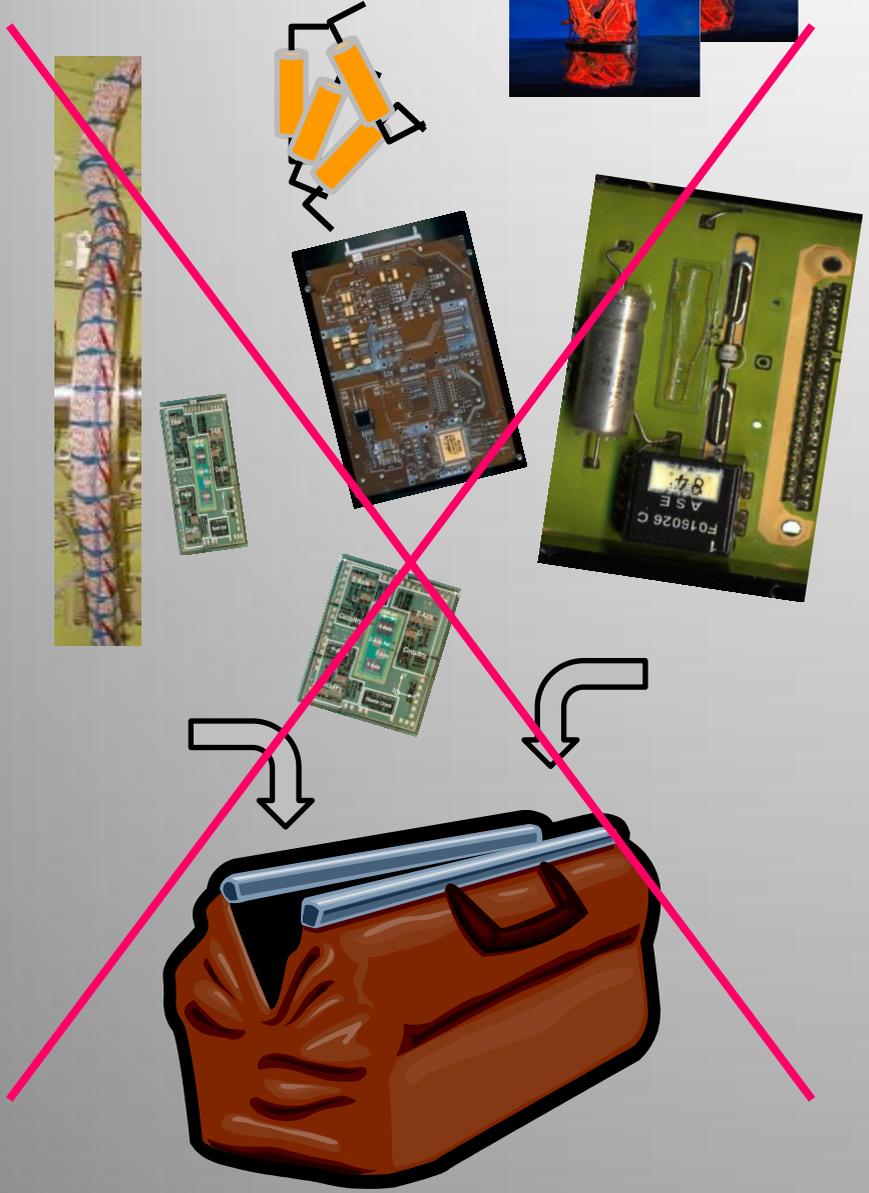
- « Que doit faire l'homme pour créer le premier navire? La formule est bien trop compliquée. Ce navire naîtra, en fin de compte, de mille tâtonnements contradictoires. »

Antoine de Saint-Exupéry, *Pilote de guerre*, 1942



(Engineering and Validation on Space Transportation Avionics Systems, J.-C. MOREY, G. ABOUT - Complex and Safe Systems Engineering, 21-22 juin 2004 – Arcachon)

**Conclusion**



**VS**

**SRI ND (Système de Référence Inertiel(le) -  
Inertial Measurement Unit)  
ARIANE 5**

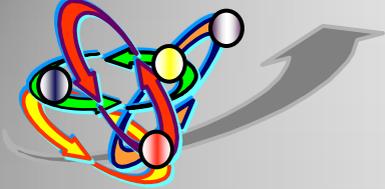
Systemes et Littérature – 4 avril 2011



## Conclusion

- ❑ « Partout, autour de nous, des systèmes. »

Karl Ludwig von Bertalanffy



❑ **Merci de votre attention**