

## **Innova- Maintenance**

**Intégrer la maintenance dès la  
conception**

- **Philippe GUYOT**
- Cetim – Pôle **Innovation Conception**
- **Simulation**

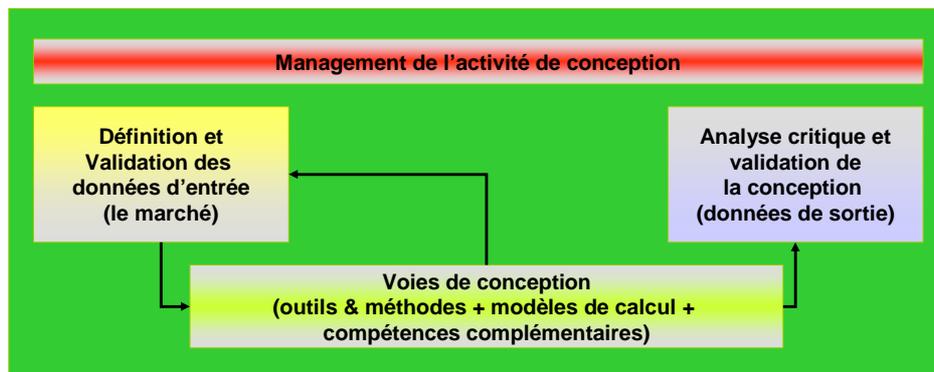
## **Plan de présentation**

- **Le positionnement du pôle ICS dans ses missions**
- **Conception optimale par la vision système des équipements à fournir et à maintenir**
- **Le fil rouge de la démarche de conception cohérente**
- **Les logiques qui s'affrontent**
- **Recouvrement fonctionnel et organique des architectures de l'équipement**
- **Le levier de la durée de vie des composants**

## Les missions du pôle ICS

- **Assister techniquement les entreprises dans la représentation et la résolution de problématiques ciblées conception innovante appliquée**
  - produit
  - process et systèmes
  - formations associées
  - dispositifs d'A.C.R. + projets innovants en co-développement
- **En relation avec :**
  - Les Bureaux d'études
  - Les entités de Recherche et développement
  - Les équipes chargées du déploiement de l'innovation
  - Les équipes de Direction
  - Les équipes opérationnelles sur le terrain (Commercial – Marketing et production intégration des produits)

## Les briques de base d'ICS



## Les missions du pôle ICS

- **Définitions données d'entrée (le marché)**
  - Besoins amont et évolutions
  - Créativité et analyse stratégique + propriété industrielle
  - Veille technologique
  - Analyse marketing
- **Voies de conception ( outils et méthodes + modèles de calcul + compétences complémentaires)**
  - Ingénierie de conception dédiée
  - Proposition de solutions et représentations (CAO, Design descriptif, Architectures...)
  - Intégration des problématiques (Matériaux, TTh, TS, Technologies transformation et assemblage, SDF, fiabilité, Sécurité, éco-conception, L.C.C....)
- **Validation et critique de la conception (données de sortie)**
  - Calcul et dimensionnement
  - Problématique Design Industriel
  - Approche produit/process – industrialisation
  - Intégration des problématiques (marquage CE, notices techniques, ergonomie...)
- **Prise en compte de l'activité de conception (interne ou externe à l'entreprise)**
  - Conduite de projet adaptée (Management et gestion)
  - Travail collaboratif (Réseau de partenaires – platforming collaboratif)

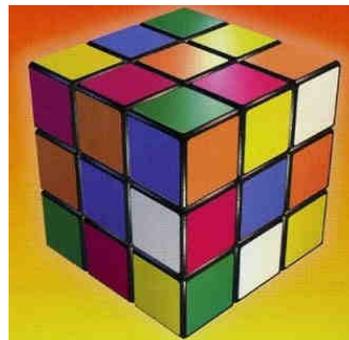
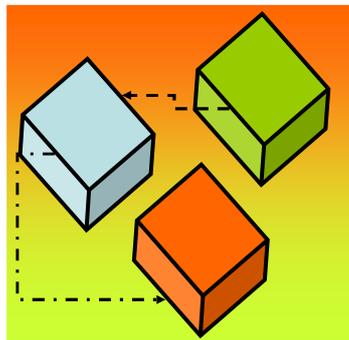
## Conception optimale par une vision système des équipements à fournir et à maintenir

## 2 – LES ELEMENTS CONTEXTUELS D'UNE CONCEPTION OPTIMALE

- **Cohérence : Le maître mot de la conception**
- **Les exigences, y compris celles qui relèvent du maintien de la disponibilité**
  - Se prévoient
  - Se côtoient
  - S'intègrent
  - Se retrouvent pour l'ensemble des interacteurs concernés par l'équipement ou le système
- **Les fonctions, y compris celle qui permettent de maintenir la disponibilité**
  - Correspondent aux exigences attendues
  - S'interfaçent aux autres fonctions du système
  - Sont analysables, diagnostiquables, traitables
- **Les modules ou sous systèmes qui doivent être maintenus**
  - Sont identifiables
  - Sont modulaires et /ou interchangeables
  - Sont remplaçables sans altération des modules voisins donc sans conséquence pour l'équilibre du système maintenu



## La vision de conception classique et la vision système : deux envergures différentes pour des capacités d'intégration différentes

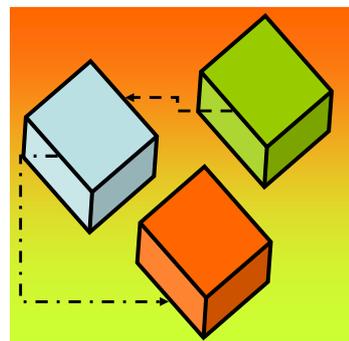


## Les champs d'application de la vision système facilitent l'intégration d'exigences légitimes durant l'exploitation et la maintenance

- **Destinée en priorité aux systèmes complexes caractérisés par**
  - Un nombre de fonctions important
  - Des interactions fortes entre fonctions
  - Un environnement changeant et évolutif
  - Des phases de vie variées et distinctes
  - Des contraintes de coût de possession
- **Finalité de la vision système**
  - Simplifier les architectures de systèmes complexes par une décomposition en sous-systèmes qui remplissent des champs de fonctions réduits durant leur différentes phases de vie (dont la maintenance)
  - Décomposer et architecturer en fonction des métiers et des compétences, les sous-systèmes d'un système complexe
  - Associer une structure humaine collaborative à cette décomposition pour apporter vision globale et partage d'objectifs
  - Interfacer des visions complémentaires comme notamment la maintenance et la sécurité des intervenants

## La vision en conception classique : une envergure limitée « La photo » statique

- Une vision focalisée sur la technologie pure
- Un cheminement de conception séquentiel qui reprend des blocs validés sur des antécédents vécus mais dans d'autres contextes
- Des contraintes empilées au fil de la conception
- Des compromis relatifs devant les grandes bases de l'exploitation de la machine ou de l'équipement
- Une intégration « moyens » difficile et coûteuse
- Risques importants d'adaptations et de modifications suite à l'intégration de contraintes émergentes découvertes « sur le tard »



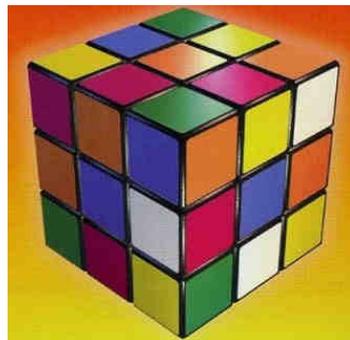
## Pas de vision système pour la conception du Concorde

- Une vision focalisée sur la technologie pure supersonique
- Un raccourcissement du temps de vol entre CDG et JFK (3.5 heures)
- Une dévalorisation du paramètre champion par les trajets connexes (entre 1.5 et 2 heures d'acheminement porte à porte)
- Les paramètres connexes prennent des proportions majeures
  - Consommation kérosène (x4/p) + choc pétrolier
  - Nuisances sonores (30' en dessous de la vitesse du son sur les départs et approches)
  - Horaires programmés difficiles à exploiter pour un business man
  - Programme de fidélité des compagnies
- Un vol sur 2 est rentable dès les premiers jours
- **Des coûts de maintenance exorbitants**



## La vision système : une envergure large « Le film » dynamique

- Plusieurs visions complémentaires de l'équipement à concevoir
- Un cheminement de conception itératif et évolutif en fonction du contexte large
- Des contraintes prises en compte dès l'origine de la conception
- Des convergences respectées tout au long du cycle de vie de l'équipement
- Une intégration globale et coordonnée, en phase avec son environnement
- Risques projets faibles car levés dès le début de la phase de conception par une vision globale et une méthodologie exhaustive



## La vision système pour l'automotrice à grande vitesse chez ALSTOM TRANSPORT

- Plusieurs visions complémentaires de l'équipement à concevoir

- Habitabilité des rames
- Performance technique
- Comportement
- Maintenance

- Des motorisations déportées autorisant une modularité intéressante

- Nouvelles conception des chaudrons par tronçons assemblés

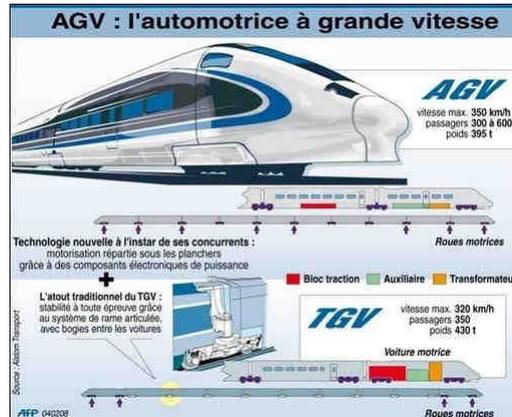
- Eléments standards réduits et temps d'assemblage divisés par trois

- Conception optimisée

- Assemblage optimisé

- **Exploitation et maintenance optimisées**

- Démantèlement et recyclabilité accrue



## La prise de recul en vision système : un produit/système conçu pour une gamme évolutive où tous les interacteurs s'y retrouvent

- Une vision large sur tous les interacteurs

- Les protagonistes s'y retrouvent

- Un contexte d'utilisation large

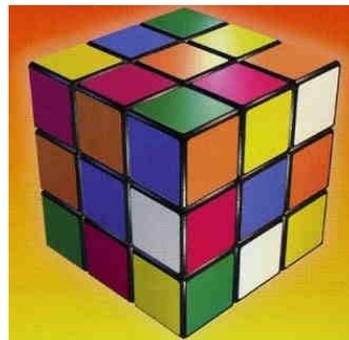
- De la conception au démantèlement

- Des conceptions adaptées générant des gammes de produits issues d'un même concept ou d'hybridations de concepts

- Génération de produit en platforming autorisant des gammes étendues en limitant le nombre de modules spécifiques

- **Maintenabilité facilitée**

- Retour d'expérience facile et capitalisable



## La vision système met au même niveau toutes les exigences fonctionnelles

- **Les exigences de maintenance identifiées et légitimées sont traitées sur le même pied d'égalité que les fonctions principales ou les fonctions de contraintes prioritaires**
- **La mise en œuvre des solutions de maintenance en terme d'architecture sont riches et variées**
- **Les solutions de maintenance innovantes doivent et nécessitent une intégration irréprochable pour une efficacité optimale**
  - Approche diagnostic
  - Intégration de capteurs
  - Réseau de communication
  - Réseau de surveillance
  - Maintenance à distance
  - Inspections
  - Surveillance

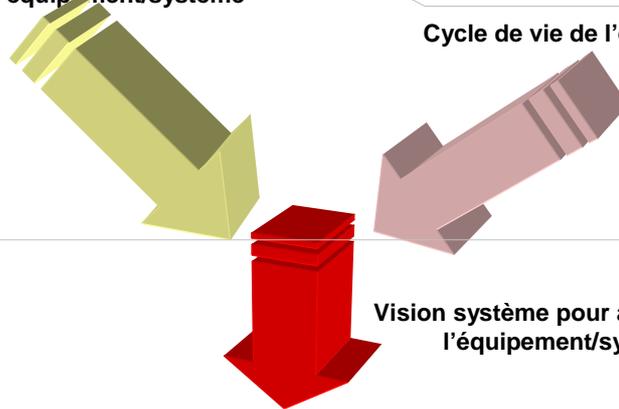
## Le file rouge de la démarche

## Fil rouge de la démarche : Deux visions complémentaires à synchroniser

Parties prenantes autour  
De l'équipement/système

Compréhension

Cycle de vie de l'équipement/système



Construction

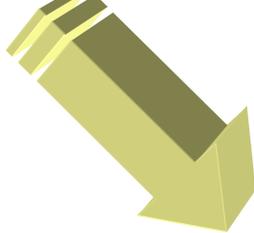
Vision système pour architecturer  
l'équipement/système

## Etape de compréhension du système et de son environnement

- **Les parties prenantes et leur point de vue respectifs**
  - Fonctions attendues dans l'environnement
- **Le cycle de vie du système**
  - Conception
  - Fabrication
  - Exploitation
  - **Maintenance**
  - Adaptation
  - Démantèlement
  - Recyclabilité

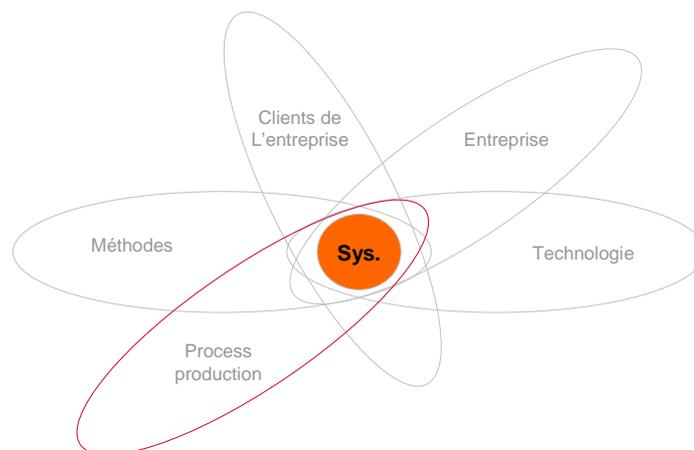
## Les parties prenantes autour de l'équipement : La compréhension de l'environnement du système

### Parties prenantes autour De l'équipement



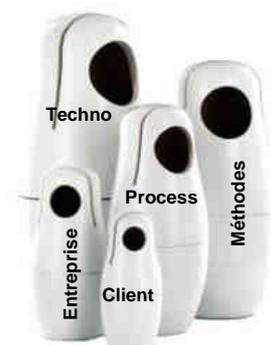
- Permet de définir les principaux interacteurs autour de l'équipement à concevoir
- Chaque interacteur détermine ses propres besoins et doit se « reconnaître » dans la conception de l'équipement
- L'architecture future de l'équipement doit intégrer l'ensemble des besoins des interacteurs en bonne cohérence et suivant des priorités
  
- Notion de périmètre d'influence de l'équipement ou du process à concevoir
- Dans chaque périmètre, l'équipement ou le process répond aux exigences attendues
- L'architecture favorise la maintenabilité donc la disponibilité de l'équipement

## Relation des parties prenantes du système : Vision globale

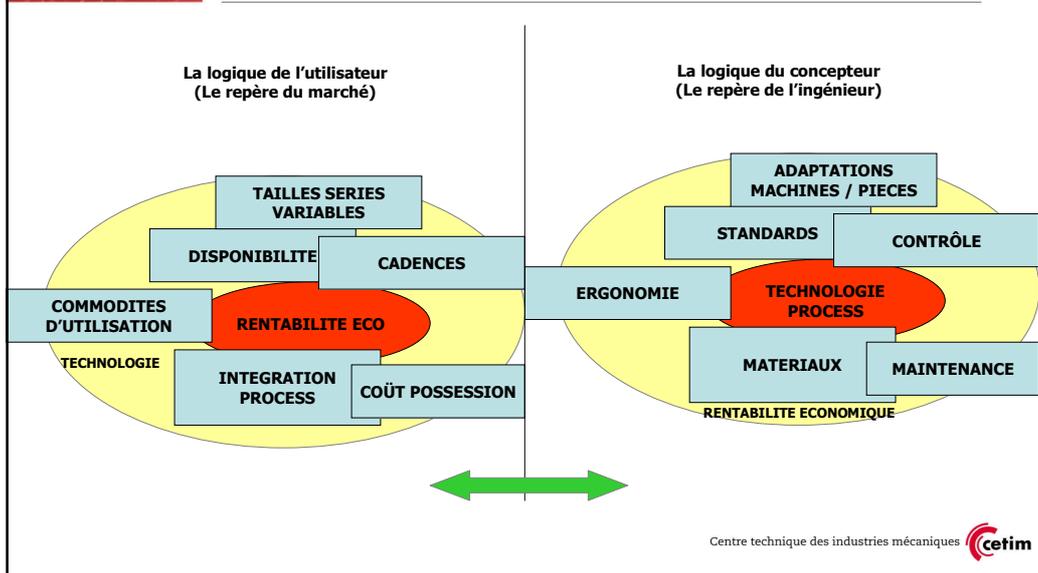


## Les logiques qui s'affrontent

## Vision globale : 2 logiques s'affrontent



## La logique économique / logique technologique



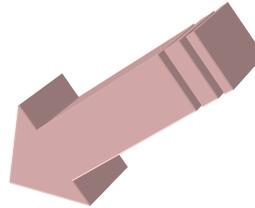
## Les visions différentes interfèrent fortement sur la mise en œuvre des solutions

- L'architecture d'un équipement ou d'un système qui intègre les exigences de « l'utilisateur » permet et garantit la compréhension mutuelle des deux logiques
- Le client se reconnaîtra
- Le concepteur, l'exploitant, l'agent de maintenance aussi

## Le cycle de vie du système : La compréhension des modes du système

- Evaluer les différentes étapes qui rythment la vie du produit
- De la conception jusqu'au démantèlement
- Conditionnent des choix technologiques et des architectures adaptées
- Couplée aux exigences des interacteurs la vision système permet

Cycle de vie de l'équipement



## Architecture du système : La construction du système : pour comprendre : Représenter – Décomposer - Organiser

### ● Une construction basée sur ces 3 piliers qui conduisent à :

- La simplification du système
- La décomposition en blocs sous-systèmes
- La représentation globale du système
- Les interactions entre les blocs et leur compréhension mutuelle
- L'organisation humaine associée à la conception du système

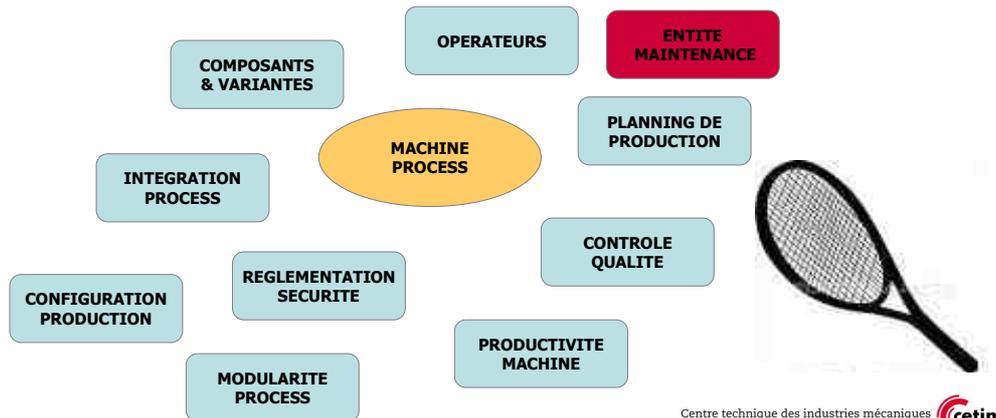
### ● Résultante : Une conception complète et comprise « sans trous dans la raquette »

Architecturer le système



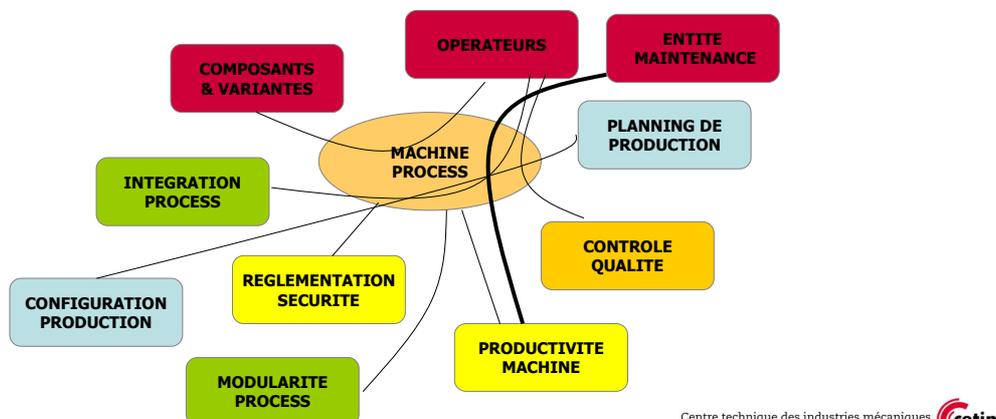
## Les domaines et parties prenantes de la conception

- La conception optimale d'une machine, d'un système n'est que la conséquence de la prise en compte exhaustive du besoin des acteurs qui gravitent autour.



## Détermination des fonctions principales et de contraintes par l'analyse fonctionnelle externe

- Les interacteurs appartiennent aux parties prenantes



## Un plus par rapport à la conception classique

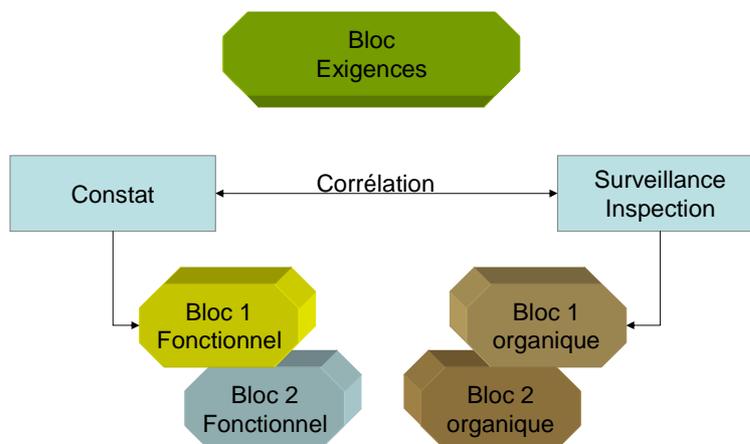
- **Une vision globale plus large par un champ qui sort de l'entreprise et qui prend en compte le client final**
- **Une composition de deux logiques**
  - Logique du concepteur
  - Logique de l'utilisateur
- **Une décomposition suivant les différentes phases de vie du système**
  - Pour une meilleure compréhension du système
  - Pour une définition compréhensible des relations fonctionnelles entre les phases de vie
    - Un désassemblage bien adapté pour un démantèlement plus facile
    - Un composant de sécurité intégré
    - **Un accès aménagé pour une maintenance facilitée...**

## Recouvrement fonctionnel et organique

## Homogénéité des couvertures fonctionnelles et organiques

- **Les architectures fonctionnelles guidées par les exigences organisées doivent être compatibles avec les modules organiques qui répondent aux fonctions**
- **Précieuse cohérence pour sauvegarder les interfaces qui si elles sont altérées par des recouvrements « douteux »**
  - Peuvent générer une instabilité du système
  - Des pertes de fonctions connexes et des effets de bord non maîtrisés

## La cohérence du recouvrement facilite la corrélation entre une perte de fonction probable ou avérée et un composant devenant critique



## Durée de vie de composants

## La durée de vie des composants clés de la maintenance optimale

- **La détérioration des composants engendre la perte de fonctions principales et de contraintes**
- **La détérioration est liée à l'histoire du composant**
  - Sa mise en œuvre
  - Son utilisation
- **La perte de données au niveau d'une interface engendre la perte de fonctions**
  - La problématique « soft » et « hard » est capitale
- **La perte de flux au niveau d'une interface de composants engendre la perte de fonctions**
  - Flux physique
  - Flux électrique
  - Flux thermique
  - Flux d'informations...
- **L'estimation de la durée de vie par l'intégration de composants mécatroniques ou la greffe d'instruments de mesures constitue des champs d'investigation forts**

## Nombreux projets et prestations CETIM autour de ces problématiques

- **Intégration de capteurs dans des filtres aéronautiques**
  - Mesure de colmatage des filtres
- **Intégration de capteurs dans des composants structuraux de remontées mécaniques**
  - Comptage de cycles et lois d'endommagement à la fatigue
- **Intégration de composants dans des ensembles vissés pour le maintien de la tension dans le corps de la vis**
  - Mesure de la tension
- **Simulation numérique au service de la détermination de l'usure mécanique de pièces et de tenue aux contraintes et déformations**
- **Service au pôle IBV sur des déploiements de mesures vibratoires pour la surveillance de composants critiques dans des ensembles mécaniques difficilement accessibles**

## le triptyque exigences, fonctions, sous- système ou module organique est incontournable

- **Architecturer et formaliser un besoin dans le repère client utilisateur permet**
- **d'identifier des fonctions nécessaires et suffisantes**
- **Implémentées et mises en œuvre par des modules ou sous-systèmes homogènes**
- **Eux-mêmes conçus avec des composants utiles à la seule fonction implémentée.**

## Et pour se maintenir dans la course à l'innovation...

---

*Never forget that only dead fish  
swim with the stream...*

*Malcolm Muggeridge - Ecrivain et journaliste britannique*

**Merci de votre attention**

Pour tout renseignement :

***philippe.guyot@cetim.fr***