

Innova- Maintenance

**Intégrer la maintenance dès la
conception**

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

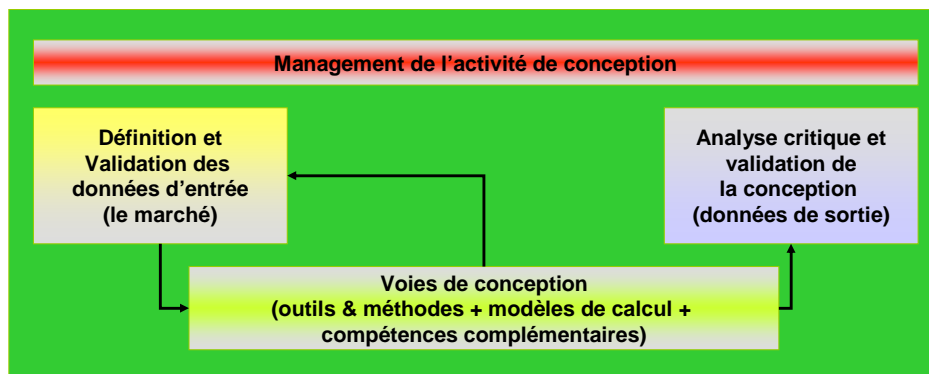
Plan de présentation

- **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)

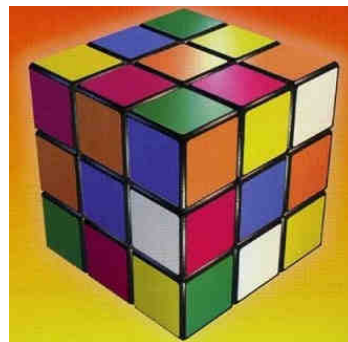
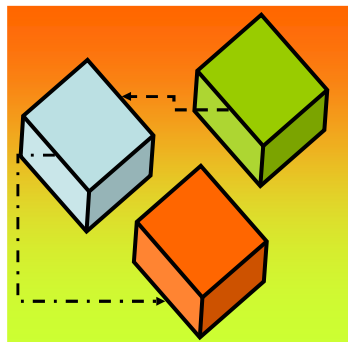
Conception optimale par une vision système des équipements à fournir et à maintenir

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

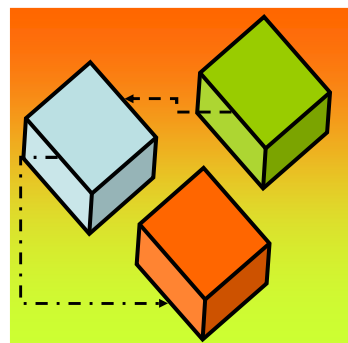


Les champs d'application de la vision système facilitent l'intégration d'exigences légitimes durant l'exploitation et la maintenance

- **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 »



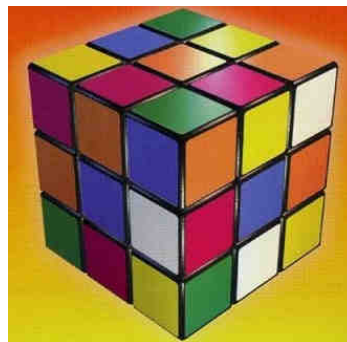
Pas de vision système pour la conception du Concorde

- 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

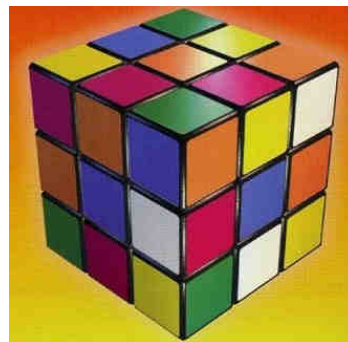
- De la conception au démantèlement

- 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

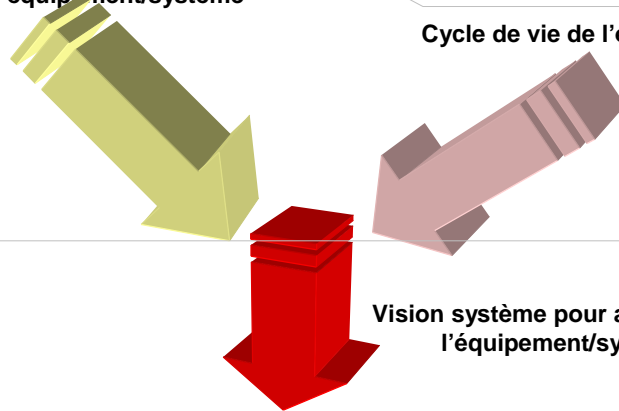
Le file rouge de la démarche

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

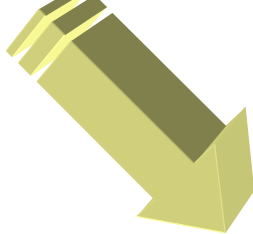
Vision système pour architecturer
l'équipement/système

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

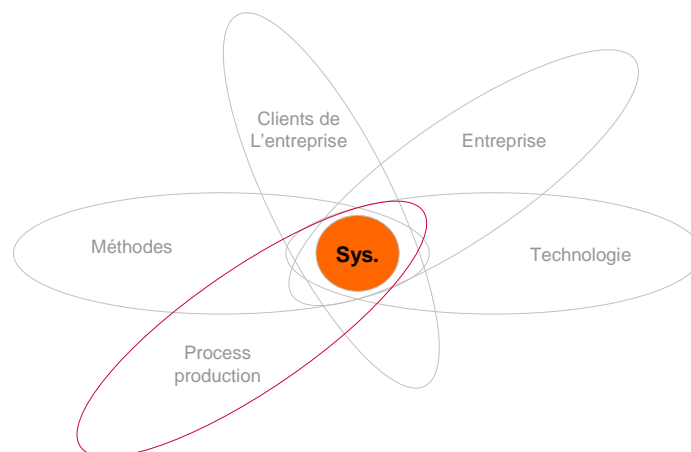
Parties prenantes autour De l'équipement



- 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

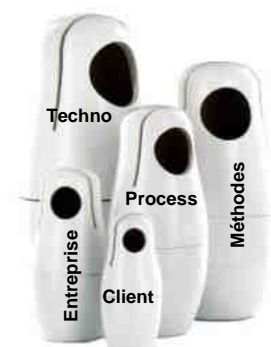
- Notion de périmètre d'influence de l'équipement ou du process à concevoir
- Dans chaque périmètre, l'équipement ou le process répond aux exigences attendues
- L'architecture favorise la maintenabilité donc la disponibilité de l'équipement

Relation des parties prenantes du système : Vision globale

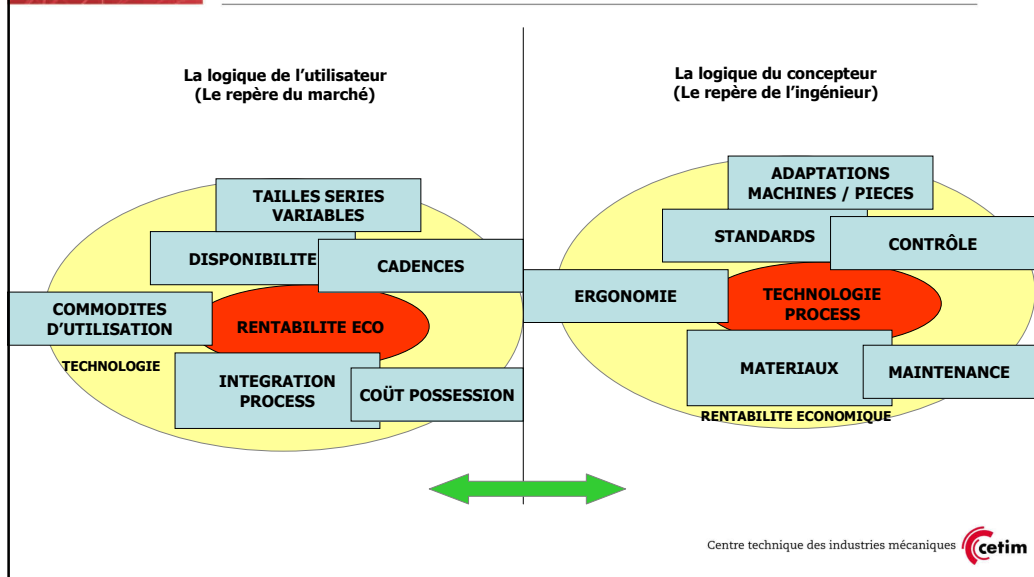


Les logiques qui s'affrontent

Vision globale : 2 logiques s'affrontent



La logique économique / logique technologique



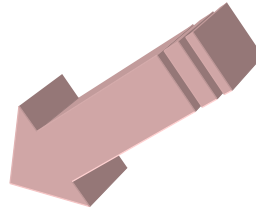
Les visions différentes interfèrent fortement sur la mise en œuvre des solutions

- 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



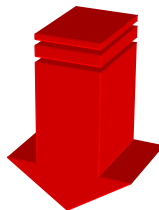
Architecture du système : La construction du système : pour comprendre : Représenter – Décomposer - Organiser

● 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

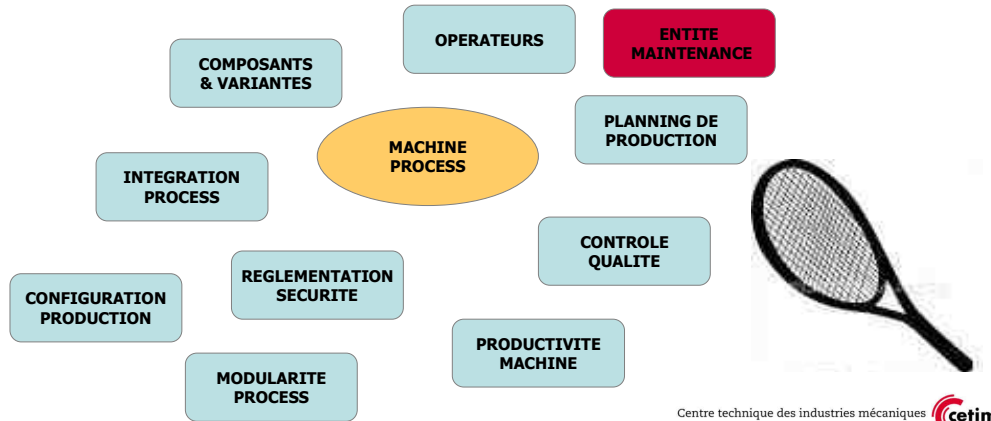
● Résultante : Une conception complète et comprise « sans trous dans la raquette »

Architecturer le système



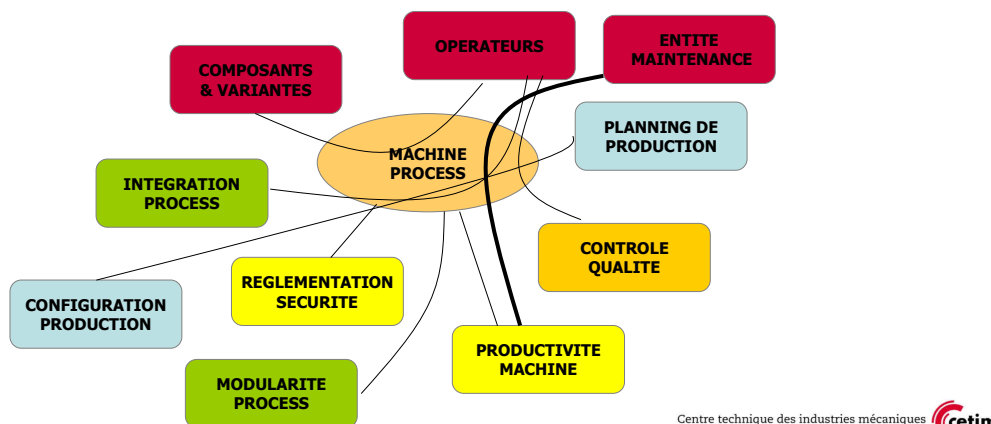
Les domaines et parties prenantes de la conception

- 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

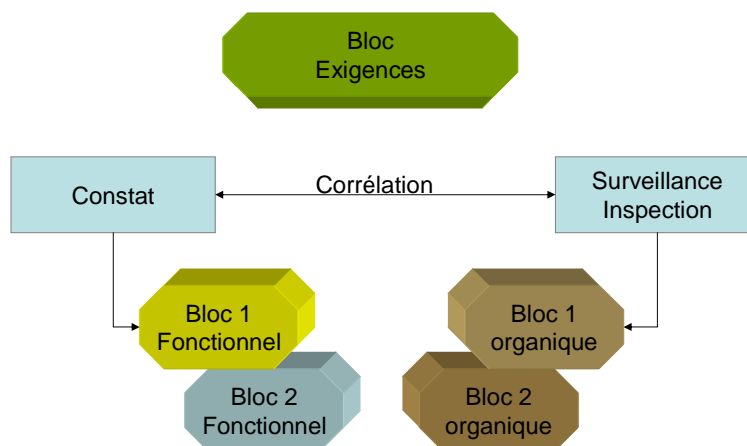
- **Une vision globale plus large par un champ qui sort de l'entreprise et qui prend en compte le client final**
- **Une composition de deux logiques**
 - Logique du concepteur
 - Logique de l'utilisateur
- **Une décomposition suivant les différentes phases de vie du système**
 - Pour une meilleure compréhension 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