



Architecting a complex world

Les enjeux de l'ingénierie système



Daniel KROB – CESAMES Institut – 29 Octobre 2020

Table des matières

- 0** **CESAMES : qui sommes-nous ?**
- 1** **Les enjeux de la maîtrise de la complexité**
- 2** **Panorama de l'ingénierie système**
- 3** **L'off-shoring de l'ingénierie système**





0

CESAMES en un clin d'œil

Nos compétences

Architecture & ingénierie de systèmes industriels complexes

Modélisation de systèmes industriels complexes

Ingénierie itérative & collaborative pour les systèmes industriels complexes

Prototypage de systèmes industriels complexes

Conception d'organisations industrielles complexes

Optimisation, théorie du contrôle & ingénierie logicielle

Offre

Conseil en transformation industrielle
Conseil & coaching en architecture et en ingénierie système
Formation en architecture système
Animation de communautés

Equipe

35
collaborateurs & coachs tous avec un passé industriel

Revenus

7,5 M€
2019

Présence

Paris
Toulouse
Shanghai

Création



Spin-off en 2011 de la chaire d'ingénierie des systèmes complexes

Partenaires officiels



Contrats cadres

AIRBUS GROUP • ARIANEGROUP • EDF • GROUPE ADP • FRAMATOME • HUAWEI • NISSAN • PSA • RENAULT • SAFRAN • SCHNEIDER ELECTRIC • SOCIETE GENERALE

Méthode CESAM

8.000
ingénieurs certifiés parmi lesquels 800 architectes au niveau senior



Communauté d'architectes systèmes

Evénements

CSD&M Paris & Pékin
Enterprise Architecture Day
Soirées thématiques
Club Dirigeants

LinkedIn

8.600
followers



0

Nos clients

Aéronautique – Electronique

AIRBUS



Autres clients : AVIC – Dassault Aviation – Kawasaki – Softbank Robotics – Somfy – Thales

Mobilité – Energie



framatome



GROUPE RENAULT



Autres clients : ACTIA – Alstom – Audi – Class Tractor – Horiba – JTEKT – Mitsubischi – Nissan – Opel – Rolls Royce – Technip – Yazaki

Banque – Services

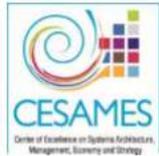


Autres clients : AG2R la Mondiale – ALTEN – Altran – Assystem – AXA – Bouygues Construction – Egis – LCL – Ministère de la transition écologique et solidaire – Ministère de l'éducation nationale – Pôle Emploi – Caisse des dépôts – Opéra National de Paris – PTC – TF1 – Vinci



0

Notre méthode : CESAM (CESAMES Systems Architecting Method)



CESAM: CESAMES Systems Architecting Method A Pocket Guide

Daniel KROB
January 2017

C.E.S.A.M.E.S. – 15, rue La Fayette – 75009 Paris – France

CESAM Pocket Guide Organization

The CESAM pocket guide is organized in eight chapters, plus some appendices specifically dedicated to more specialized material, as described below.

- *Chapter 0 – Introduction to CESAM* that may be skipped for a first approach.
- *Chapter 1 – Why Architecting Systems?* which presents the main motivations of the systems architecting approach and thus of CESAM framework.
- *Chapter 2 – CESAM Framework* that provides an overview of all CESAM concepts.
- *Chapters 3 to 6*, that do present in details, one after the other, each architectural vision of the CESAM systems modelling framework:
 - *Chapter 3 – Identifying Stakeholders: Environment Architecture,*
 - *Chapter 4 – Understanding Interactions with Stakeholders: Operational Architecture,*
 - *Chapter 5 – Defining What shall Do the System: Functional Architecture,*
 - *Chapter 6 – Deciding How shall be Formed the System: Constructional Architecture.*
- *Chapter 7 – Choosing the best Architecture: Trade-off*, that introduces to systems architecture prioritization, a key tool for the systems architect.
- *Chapter 8 – Conclusion* which gives some hints to reader on how continuing the systems architecting journey initiated by this pocket guide.

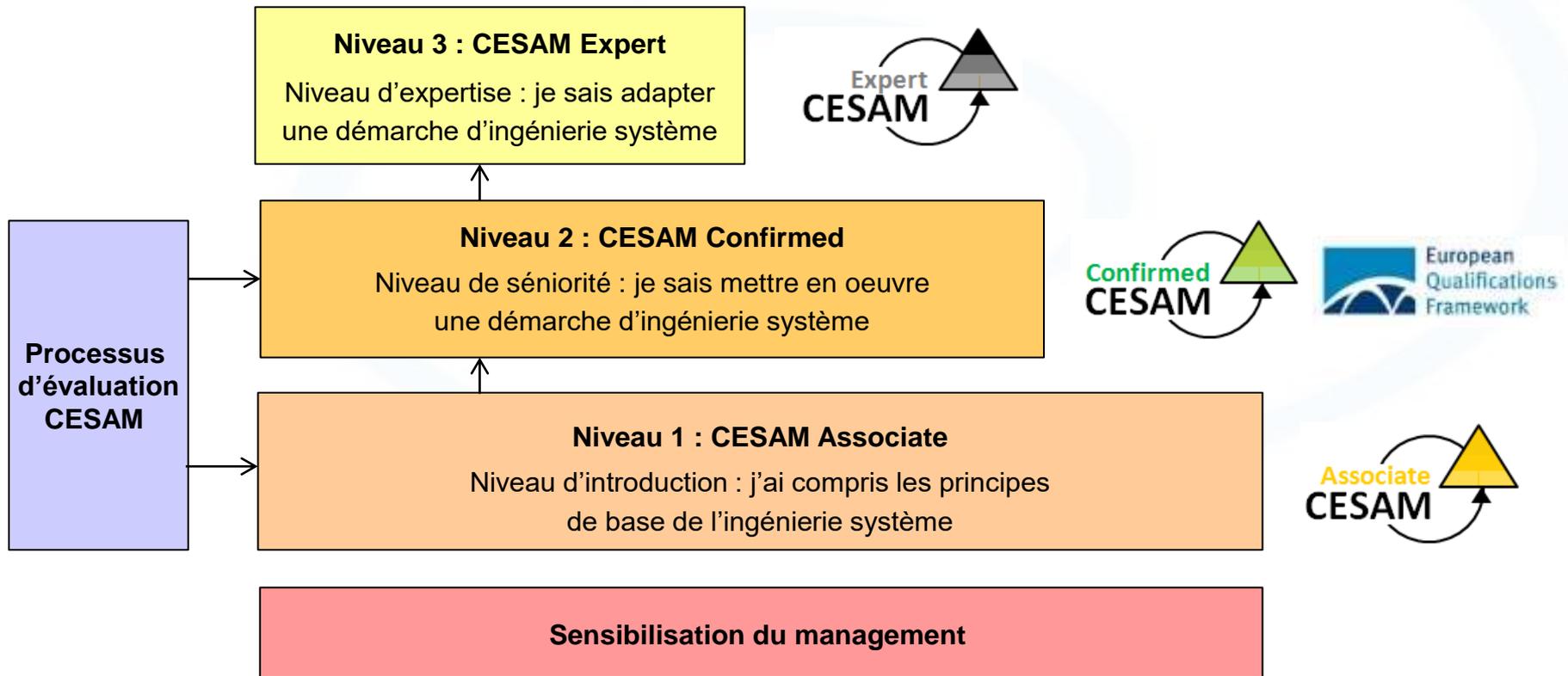


CESAMES développe et promeut une **méthode d'ingénierie système dirigée par les modèles (MBSE)** qui s'appuie sur les cadres d'ingénierie système **de la NASA et de l'INCOSE**



0

Nos activités de formation et de certification (1/2)



Notre **dispositif de formation** qui a été suivi à date par le plus d'ingénieurs au monde



0

Nos activités de formation et de certification (2/2)

AIRBUS
GROUP

50 ingénieurs ont été formés au niveau 2 depuis 3 ans


arianeGROUP

45 ingénieurs ont été formés au niveau 2 depuis 2 ans

 **SAFRAN**
AEROSPACE · DEFENCE · SECURITY

180 ingénieurs ont été formés au niveau 2 depuis 10 ans

PSA
GROUPE

50 ingénieurs ont été formés au niveau 2 depuis 3 ans



50 ingénieurs ont été formés au niveau 2 depuis 4 ans



90 ingénieurs ont été formés au niveau 2 depuis 5 ans

framatome

30 ingénieurs ont été formés au niveau 2 depuis 2 ans

Schneider
Electric

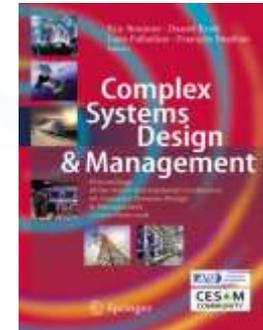
150 ingénieurs ont été formés au niveau 2 depuis 8 ans

800 ingénieurs ont été formés au niveau CESAM 2 au cours des 10 dernières années pour plus de 7.000 au niveau CESAM 1 et un petit nombre au niveau CESAM 3



0

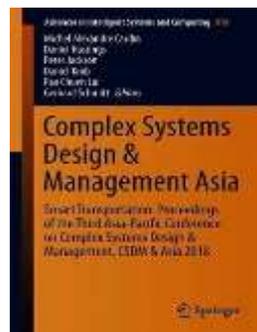
Nos activités d'animation : la conférence CSD&M



CSD&M Paris :
établi depuis
2010 avec
environ 300
participants par
édition

<https://2020.csdm.fr/>

CSD&M Asia :
établi depuis
2014 avec
environ 500
participants par
édition



<https://www.2020.csdm-asia.net/>

Table des matières

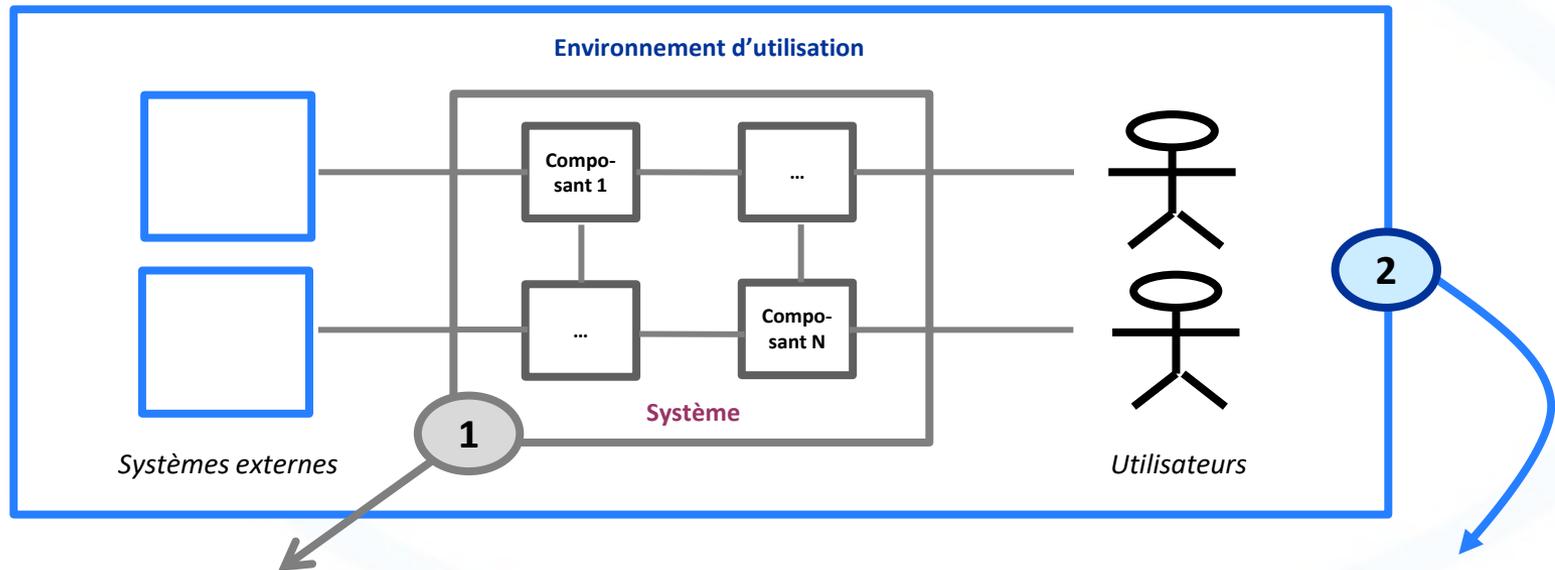
- 0 **CESAMES : qui sommes-nous ?**
- 1 **Les enjeux de la maîtrise de la complexité**
- 2 **Panorama de l'ingénierie système**
- 3 **L'off-shoring de l'ingénierie système**





1

La motivation de l'ingénierie système : mitiger les deux grandes difficultés classiques d'intégration des systèmes industriels



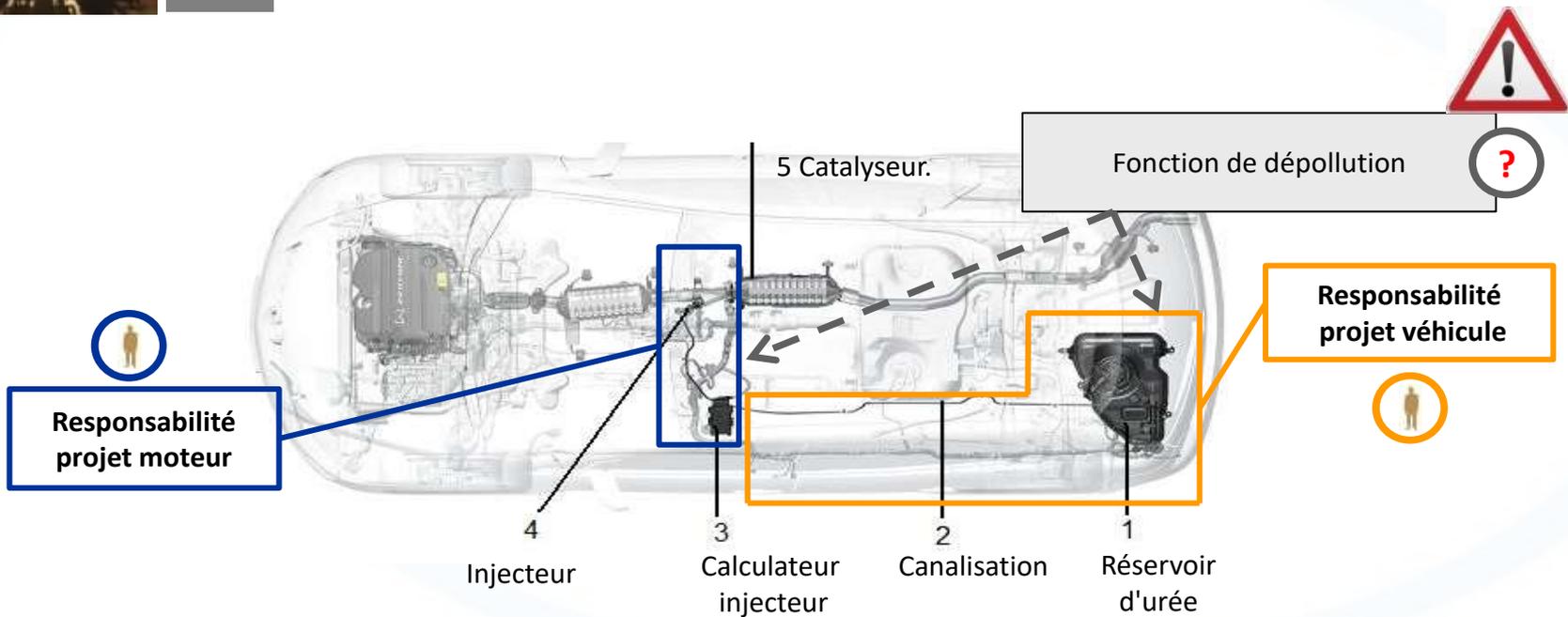
- **Difficulté 1** : *le produit a des problèmes d'intégration technique interne*
- **Les problèmes typiques rencontrés** :
 - mauvaise appréciation du périmètre fonctionnel des composants (d'où du rework et de la customisation)
 - performance de bout en bout non garantie
- **La cause racine classique** : *un manque de collaboration inter-équipes*
 - pas de vision commune du produit
 - trop de passages de relais entre acteurs

- **Difficulté 2** : *le produit ne s'intègre pas bien dans son environnement métier & technique*
- **Les problèmes typiques rencontrés** :
 - des clients trop intrusifs sur la solution technique
 - des cas d'utilisation pas assez explicites et partagés avec les clients
 - des performances imprécises et irréalistes
- **La cause racine classique** : *un manque de prise en compte des parties prenantes du produit*
 - une approche trop client-centrée
 - peu de boucles de validation avec le client



1

Exemple : un projet d'intégration sans ingénierie système



Un constructeur automobile cherche à implémenter une **technologie de dépollution** par injection d'urée dans les gaz d'échappement. La fonction de dépollution est **arbitrairement découpée** en deux sous-systèmes de responsabilité projet véhicule et moteur sans qu'un rôle de responsable de la fonction transverse ait été défini.

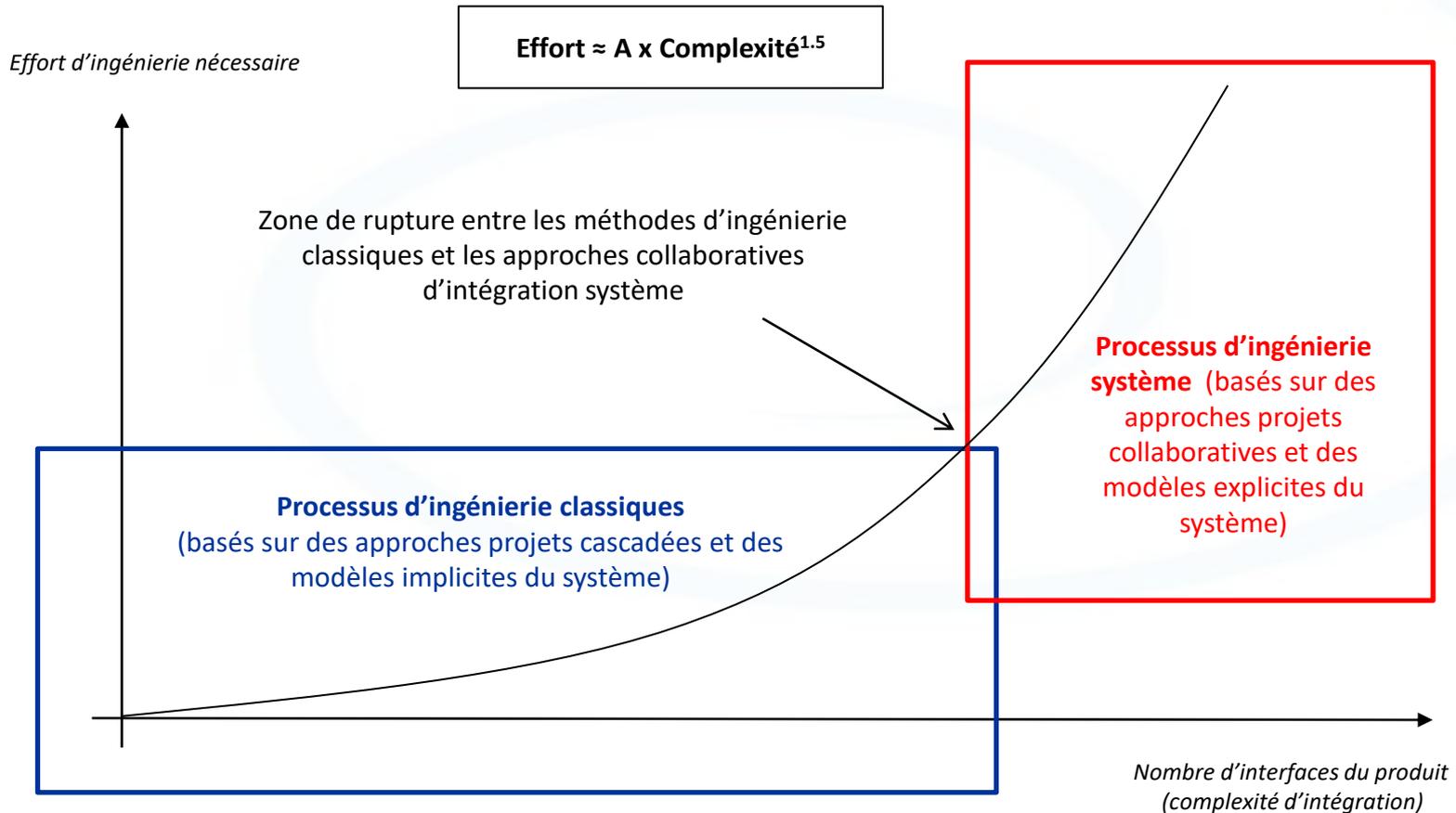
Bilan final : un **dépassement de 5 M€** et un système non endurant sur le cycle de vie

Conclusion : l'absence d'**ingénierie système** en charge de la **fonction transverse de dépollution** n'a pas permis **l'intégration correcte** des deux sous-systèmes



1

La barrière de la complexité

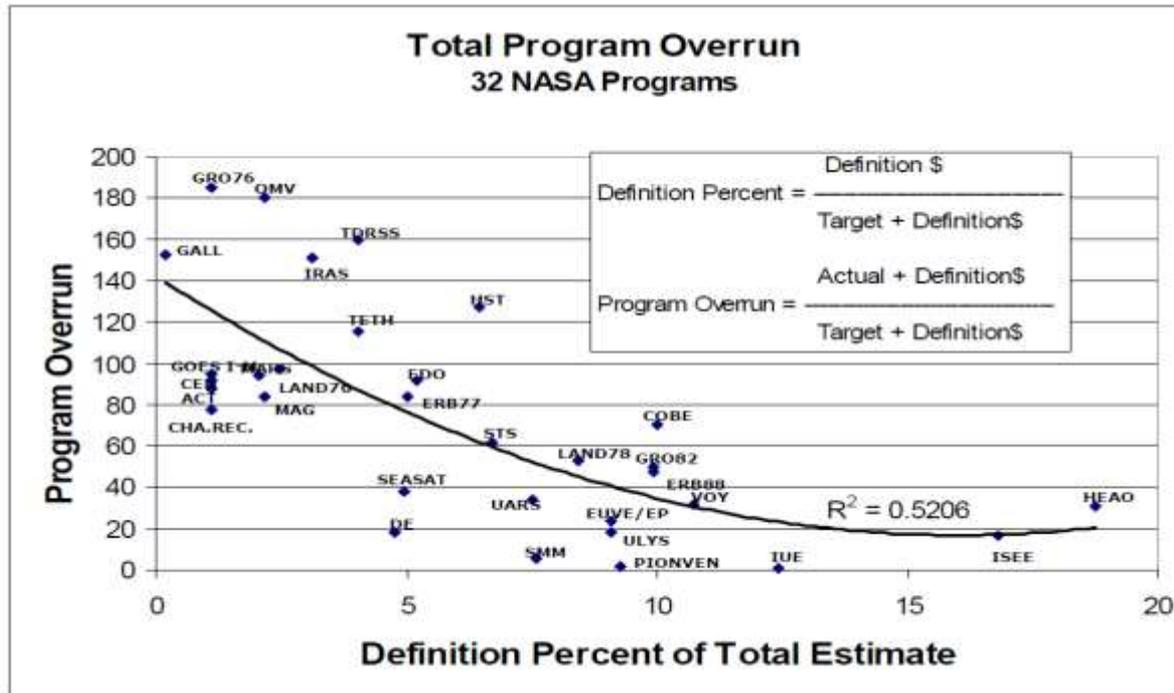


Quand la **complexité d'intégration d'un système augmente**, la capacité à **gérer efficacement les interfaces du produit & les interactions au sein du projet** devient cruciale : ces nouveaux défis nécessitent donc d'utiliser de **nouvelles méthodes**



1

L'impact économique de l'ingénierie système Statistiques de la NASA



Source : Werner
GRUHL , NASA
Comptroller Office,
NASA 1992

En 1992, la **NASA** a analysé **32 projets majeurs** réalisés dans les années 70 et 80 en comparant les **dépassements de budget à terminaison** avec **la proportion du budget allouée à la phase amont de cadrage système**

Conclusion : le **dépassement budgétaire** est **inversement proportionnel** au **temps passé à cadrer le système en phase amont via une approche d'ingénierie système**

Table des matières

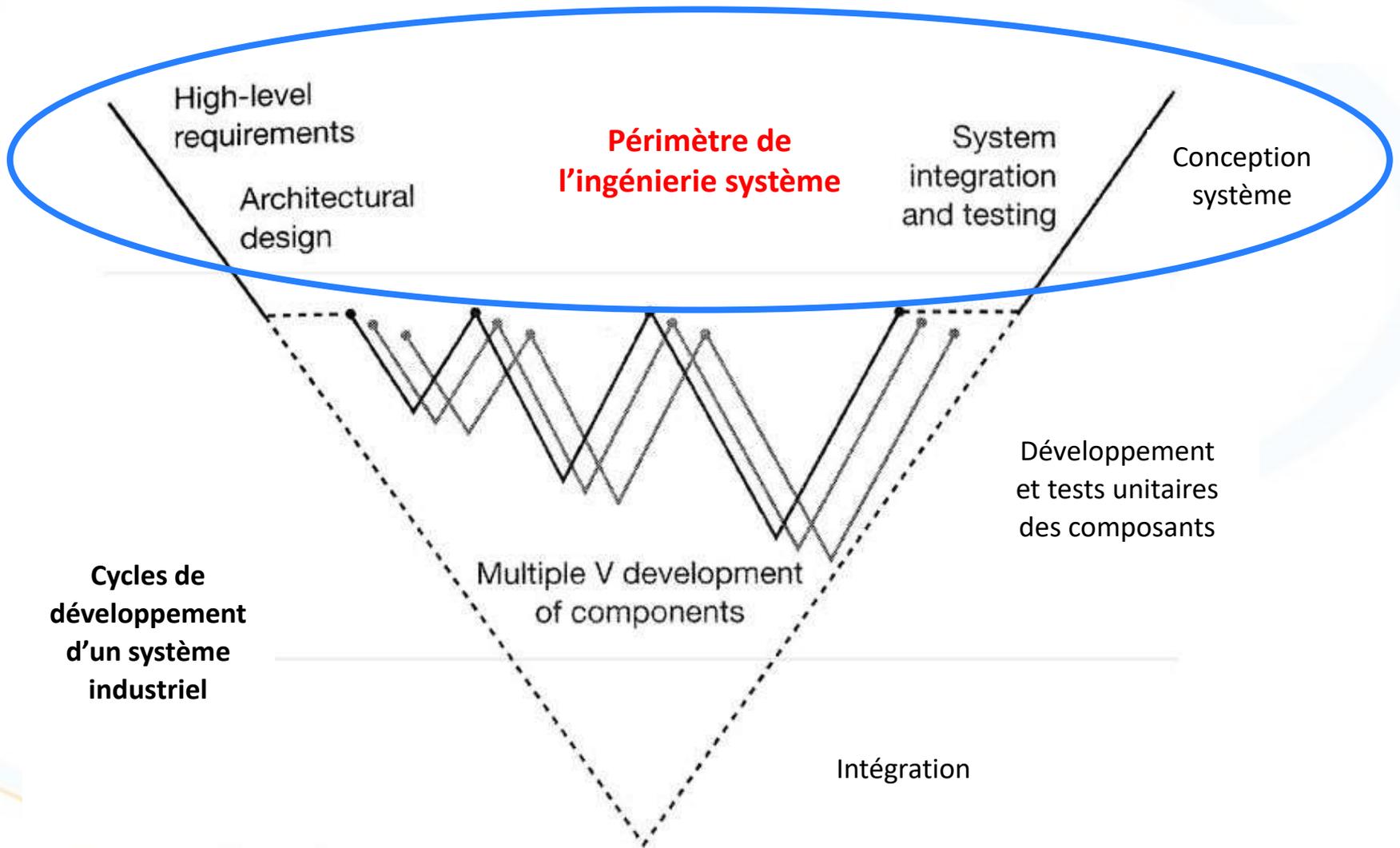
- 0 **CESAMES : qui sommes-nous ?**
- 1 **Les enjeux de la maîtrise de la complexité**
- 2 **Panorama de l'ingénierie système**
- 3 **L'off-shoring de l'ingénierie système**





2

L'ingénierie système dans le cycle de développement (1/2)

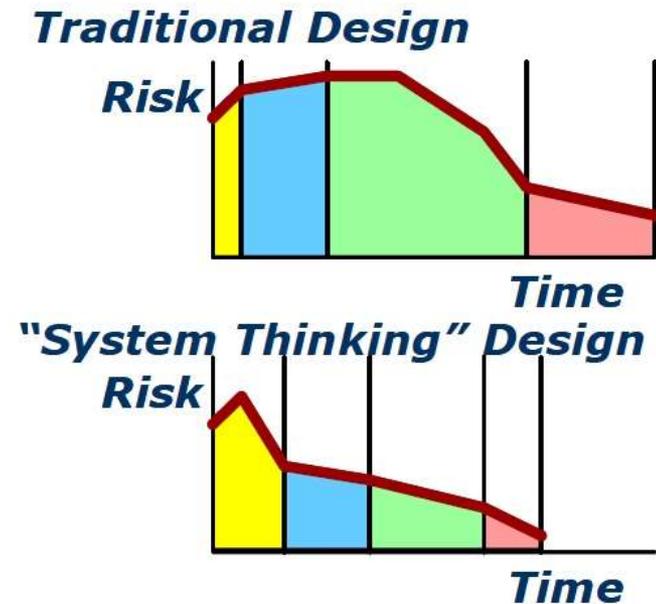
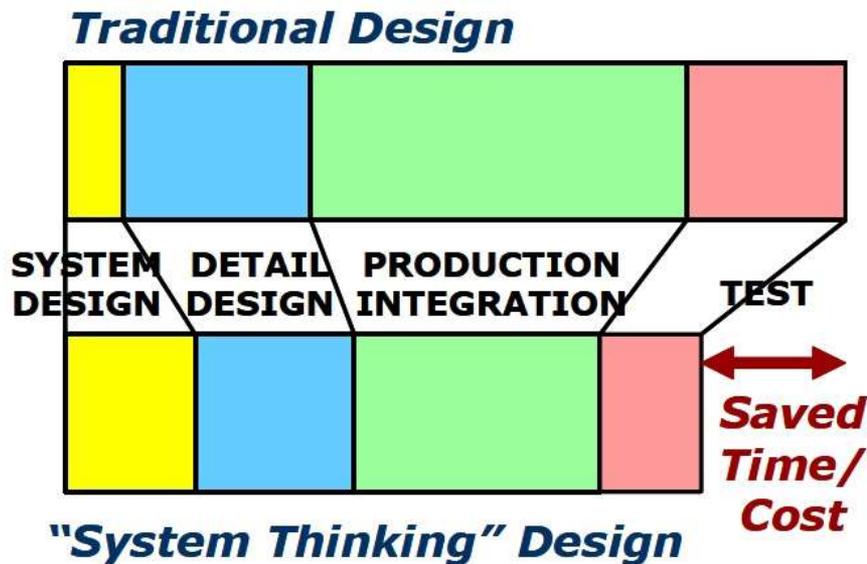


L'ingénierie système s'intéresse au **système dans son ensemble** sans rentrer dans le détail technique de l'ingénierie des composants



2

L'ingénierie système dans le cycle de développement (2/2)



Source : Honour E., *Understanding the value of Systems Engineering*, INCOSE

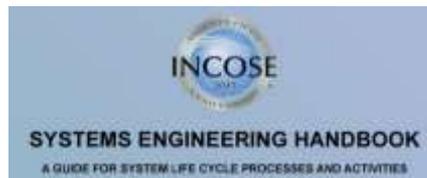
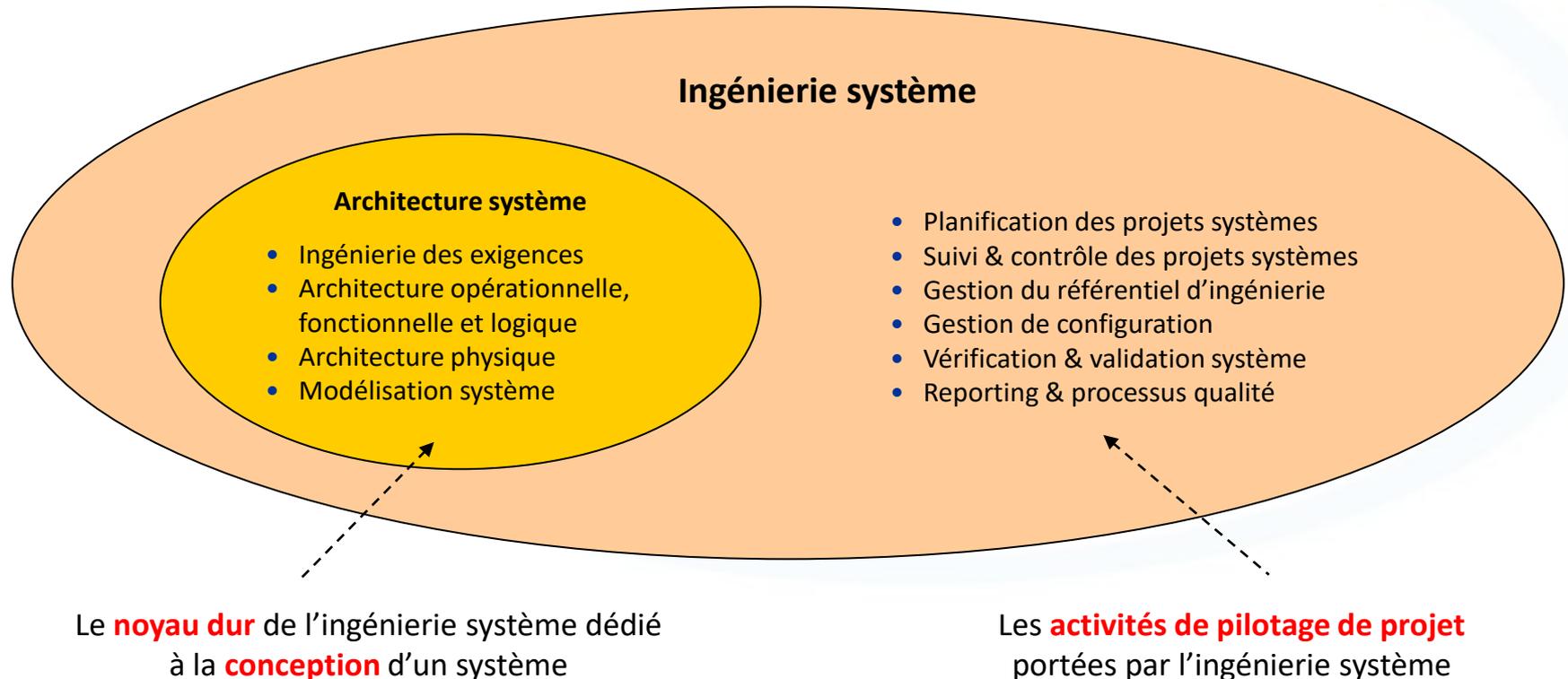
- L'approche système se traduit par :
 - Une redistribution de l'effort d'ingénierie vers les **phases amont d'un projet**
 - Une **anticipation des risques de conception** dès les phases amont du projet

L'ingénierie système est **un facteur clé** de **compétitivité**



2

Vue d'ensemble des processus d'ingénierie système



INTERNATIONAL
STANDARD

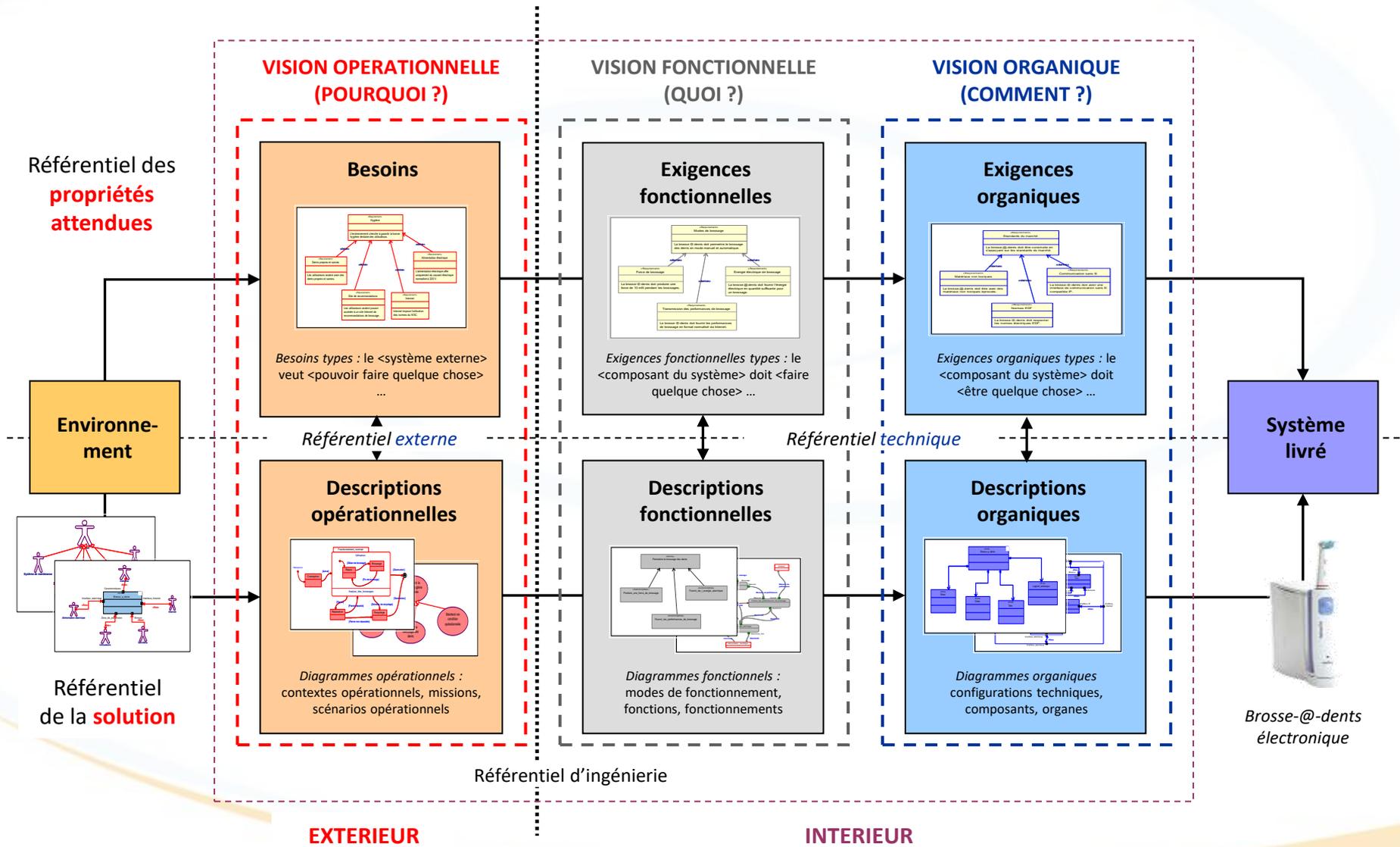
ISO/IEC/
IEEE
15288

Vue d'ensemble des processus d'**ingénierie système**



2

Le noyau dur de l'ingénierie système : l'architecture système

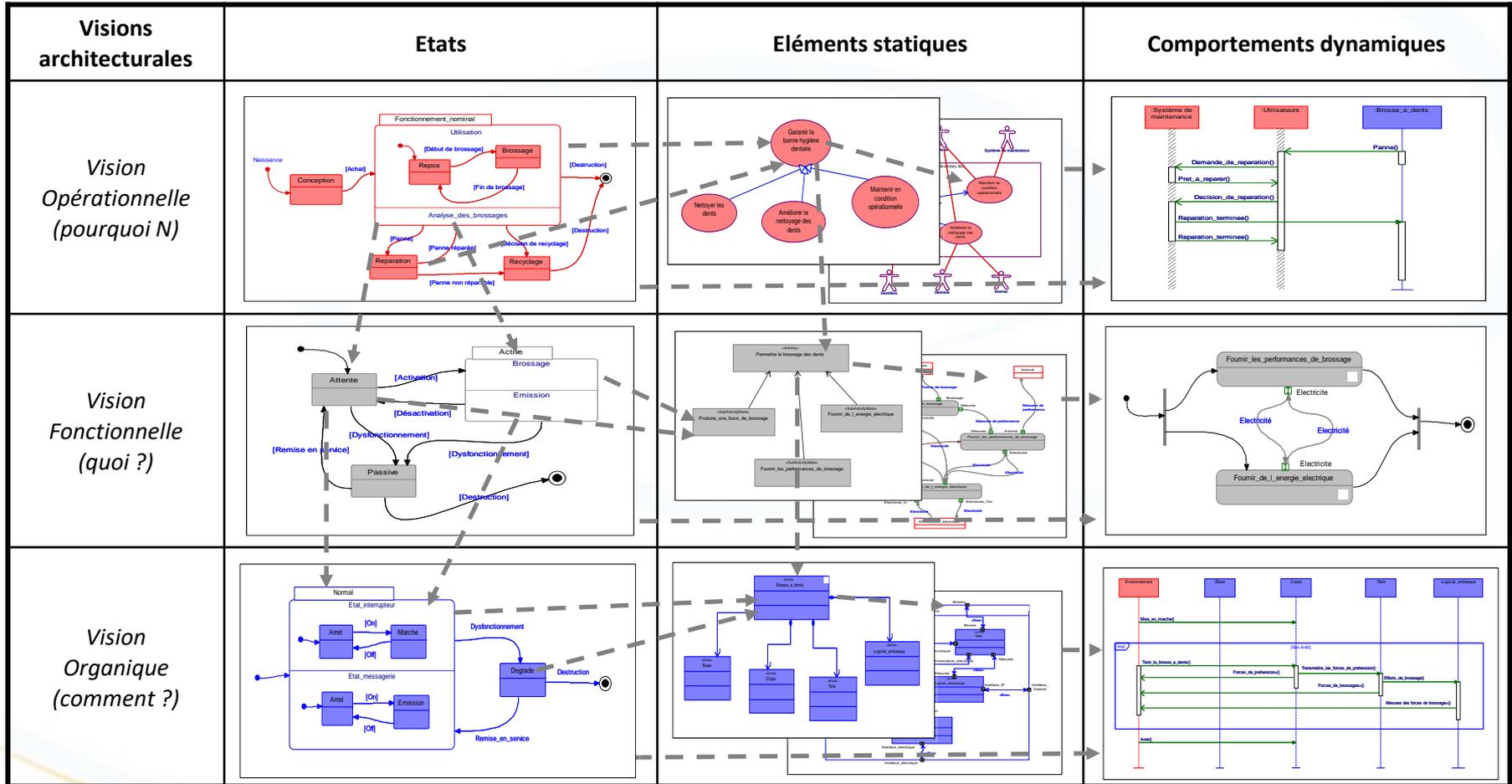




2

Exemple de livrable d'architecture système

Brosse-@-dents
électronique



Livrable type : un **modèle d'architecture système** (décrit ici en SysML)

Table des matières

- 0 **CESAMES : qui sommes-nous ?**
- 1 **Les enjeux de la maîtrise de la complexité**
- 2 **Panorama de l'ingénierie système**
- 3 **L'off-shoring de l'ingénierie système**





3

L'état des lieux de l'off-shoring en ingénierie système

alTRAN

ow
assystem

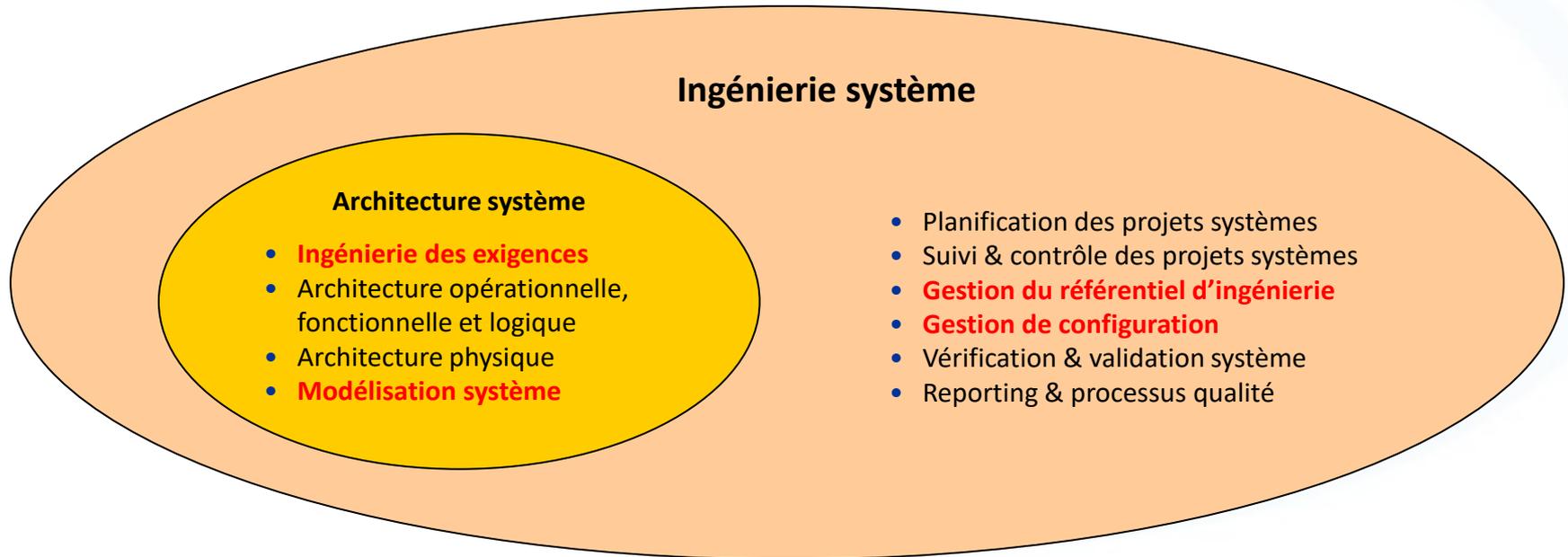


Plusieurs sociétés d'ingénierie Française ont des **entités off-shore au Maroc** où sont sous-traitées des activités d'ingénierie système. Nous **formons environ 4 fois par an** leurs équipes au niveau CESAM 1 depuis 4 ans à la demande des donneurs d'ordre (principalement dans l'automobile).



3

Périmètre actuel de l'off-shoring en ingénierie système (1/2)

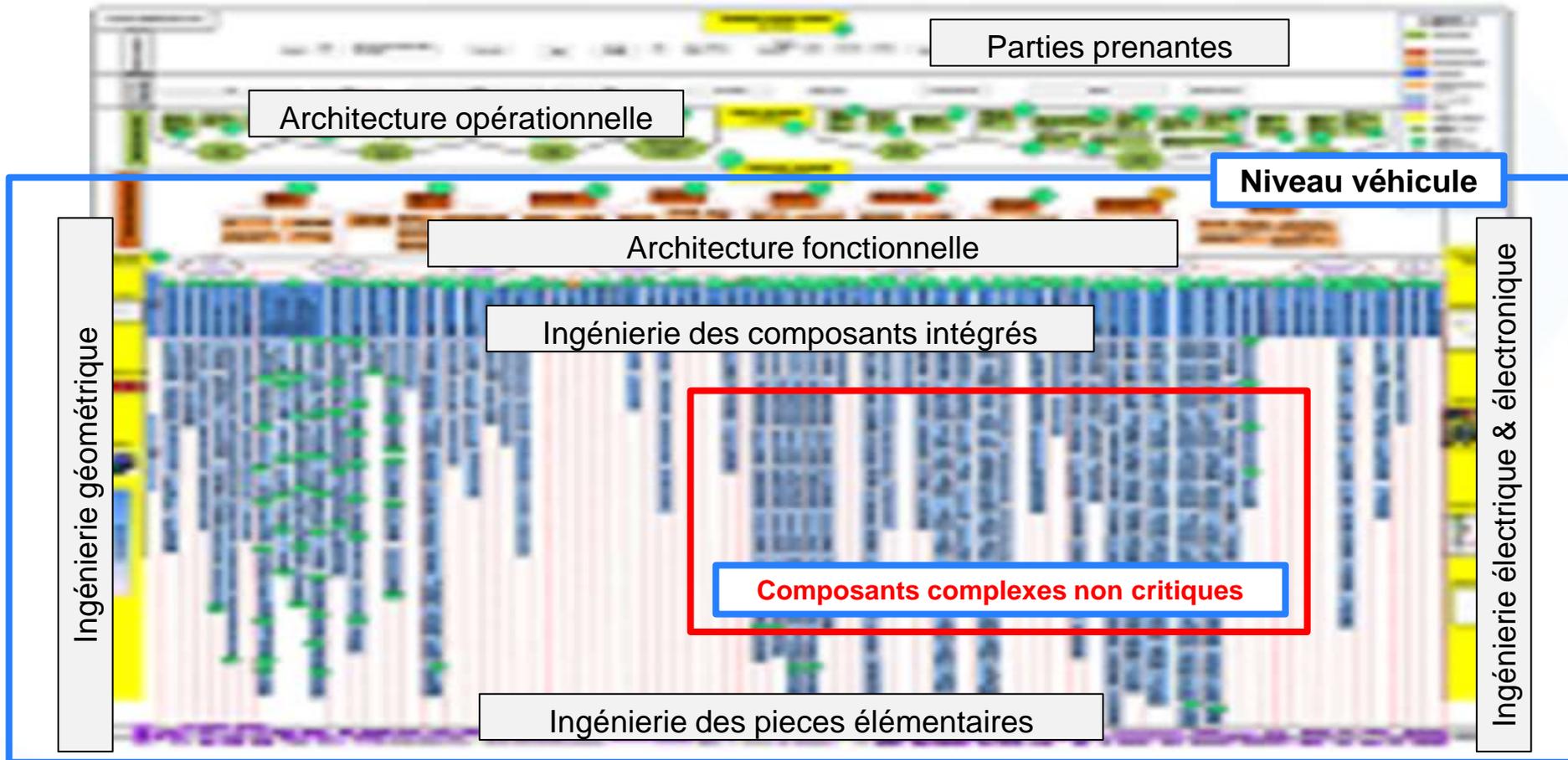


Le **périmètre actuel de l'off-shoring en ingénierie système** couvre d'abord des **processus d'ingénierie système non critiques** ou des **activités à très forte volumétrie** (remise à jour de référentiels d'ingénierie système, modélisation systémique). Nous avons ainsi recommandé à un de nos clients de remettre à jour et de simplifier un référentiel formé de 1.500.000 exigences, activité qui a été intégralement off-shorée au Maroc par notre client avec notre aide.



3

Périmètre actuel de l'off-shoring en ingénierie système (2/2)



Un **second axe émergent d'off-shoring en ingénierie système** semble être **l'ingénierie système complète** (architecture opérationnelle, fonctionnelle, logique et physique et ingénierie des besoins et des exigences fonctionnelles et techniques) de certains **composants complexes non critiques**



3

Notre apport potentiel



Aide commerciale pour identifier et capturer des affaires



Aide méthodologique pour former les ingénieurs à l'ingénierie système



Assistance à la mise en œuvre de processus d'ingénierie système off-shoré

Nous pouvons **aider à la mise en place d'activités d'ingénierie système off-shorées** sous différents angles (commercial, formation, conseil).



C.E.S.A.M.E.S. INSTITUT

SAS au capital de 965.000 euros

SIRET : 529 638 314 00045 – APE : 7112B

Siège social : 15, rue La Fayette – 75009 PARIS

Contact : daniel.krob@cesames.net

Téléphone : + 33 (0)6 60 42 34 49



CESAMES vous accompagne pour architecturer un monde complexe