

Evaluation en conception de Systèmes Mécatroniques

*Une démarche méthodologique
outillée*

Mambaye LÔ : Doctorant (LGI2P – EMA)

Vincent Chapurlat : Professeur (LGI2P - EMA)

Pierre Couturier : Maître de conférence (LGI2P – EMA)

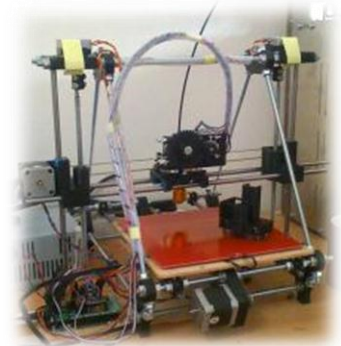
Sommaire

- Contexte
- Problématique
- Propositions
- Hypothèse de travail
- Résultats
- Conclusion
- Bibliographie

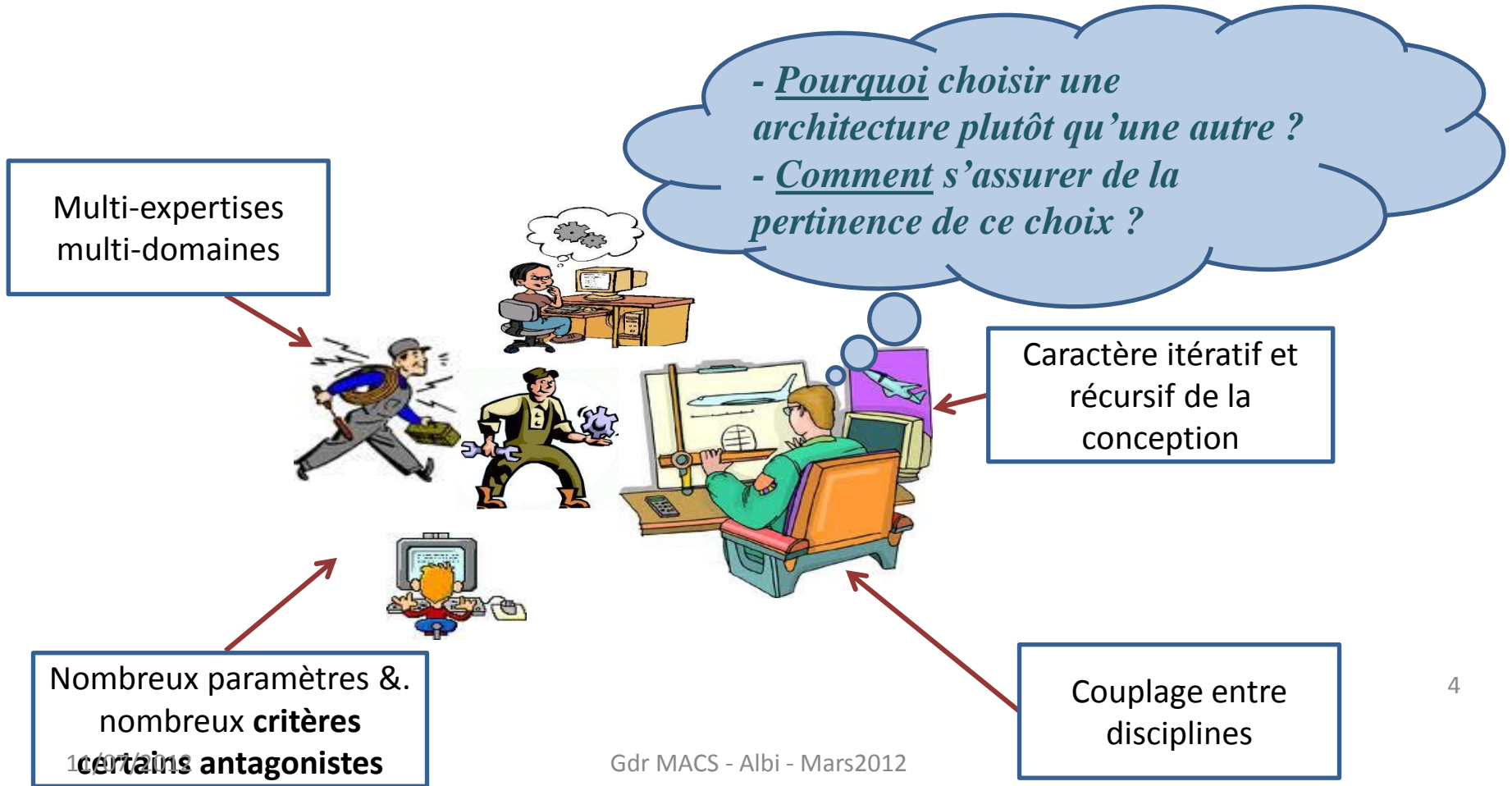


Mécatronique d'après [NF E 01-010]

- Mécatronique : démarche visant l'intégration en synergie de la mécanique, l'électronique, l'automatique et l'informatique dans la conception et la fabrication d'un produit en vue d'augmenter et/ou d'optimiser sa fonctionnalité.
- Produit mécatronique : produit ayant la capacité de percevoir son milieu environnant, de traiter l'information, de communiquer et d'agir sur son milieu, et présentant un niveau complet d'intégration mécatronique, du point de vue fonctionnel et physique.



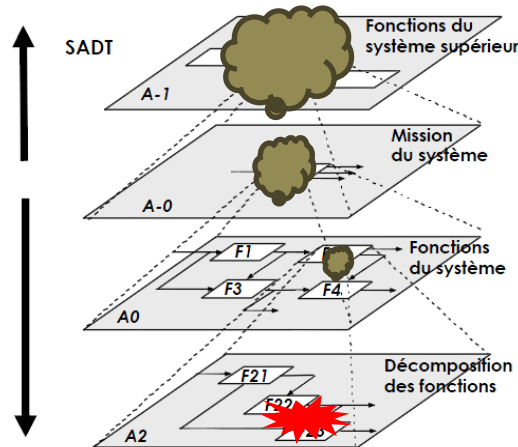
Contexte : conception de produits mécatroniques



Problématique étudiée

- Existence d'approches d'évaluation d'architectures mais peu de travaux permettant de les réunir
- Difficulté de l'estimation des conséquences des choix en cours de conception
- Difficulté de la conception interdisciplinaire en Mécatronique (développer l'interopérabilité entre les métiers)

Hierarchie de fonctions



Problématique de recherche

- Construire un *modèle générique* (compatible avec le cadre IS) des données nécessaires à l'évaluation.
- Identifier l'*influence des choix de conception* sur le respect d'exigences (aspect qualitatif et si possible quantitatif)
- Proposer un moyen de prendre en compte des règles métier mécatroniques « au fur et à mesure » de la conception (rendre interopérable les ingénieries système et métier)

Propositions

- Apport conceptuel, méthodologique et outillé pour l'aide à l'évaluation et à l'analyse d'architectures de produits mécatroniques.
 - Méta-modèle pour l'évaluation
 - Assurer la cohérence des évaluations au cours du projet
 - Guider l'évaluateur à l'aide d'un **outil d'IS intégrant l'évaluation**
- Aider la recherche de compromis entre des solutions candidates
 - Faciliter l'interprétation des résultats d'évaluation pour améliorer la capacité des acteurs à comprendre et à utiliser les données des autres acteurs
- Cas d'application : fauteuil roulant à assistance électrique

Cas d'application : assistance électrique pour fauteuil roulant

- Finalité du système: favoriser l'emploi des personnes en situation de handicap.
- Missions :
 - procurer une réelle amélioration de la mobilité
 - permettre un usage identique à celui d'un fauteuil manuel

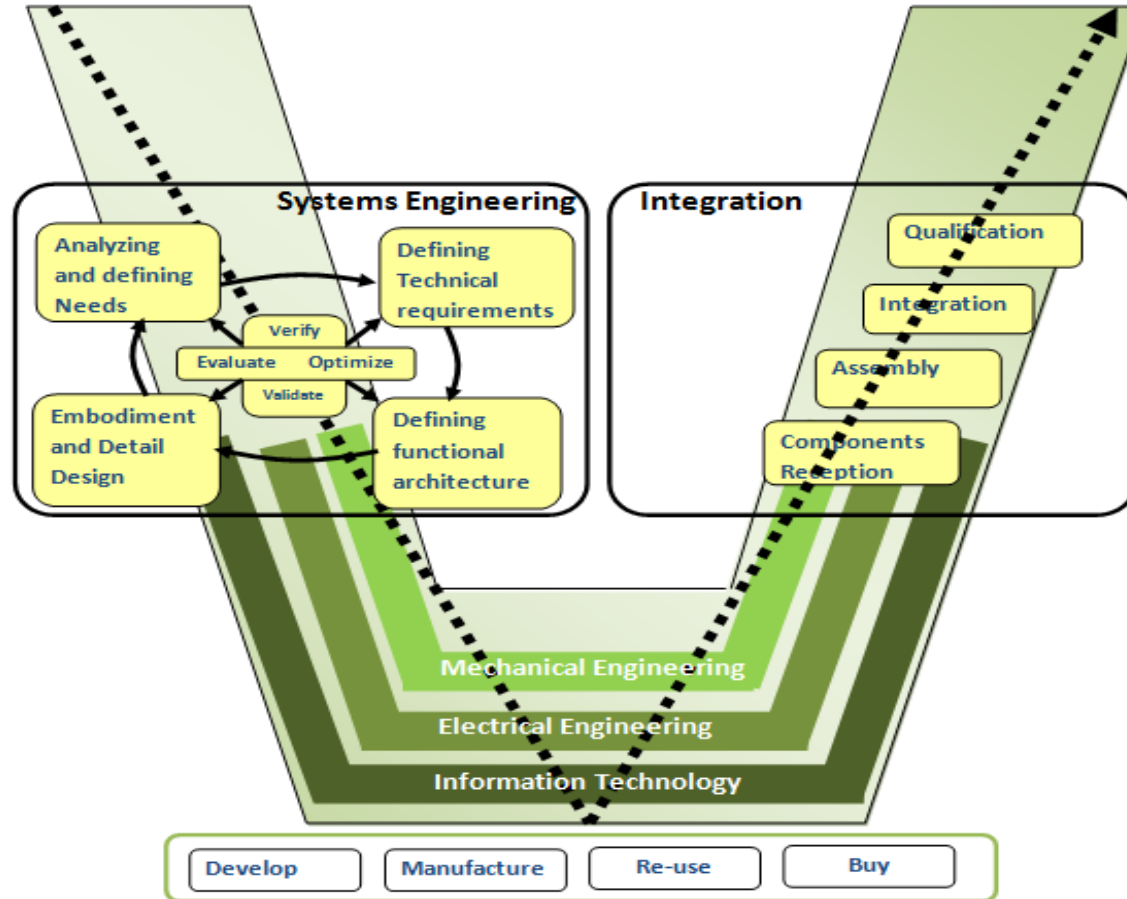
Hypothèse Ingénierie Système (IS) & MBSE

- IS:
 - Fournit un cadre méthodologique basé sur des standards(ISO-IEC 15288, ANSI/EIA 632)
 - Structure les activités de 'spécification / conception' d'un système dans chaque situation de la vie d'un système
- MBSE (Model Based System Engineering):
 - Approche basée sur les modèles du système construits dans le cadre de l'IS.

IS vs. mécatronique

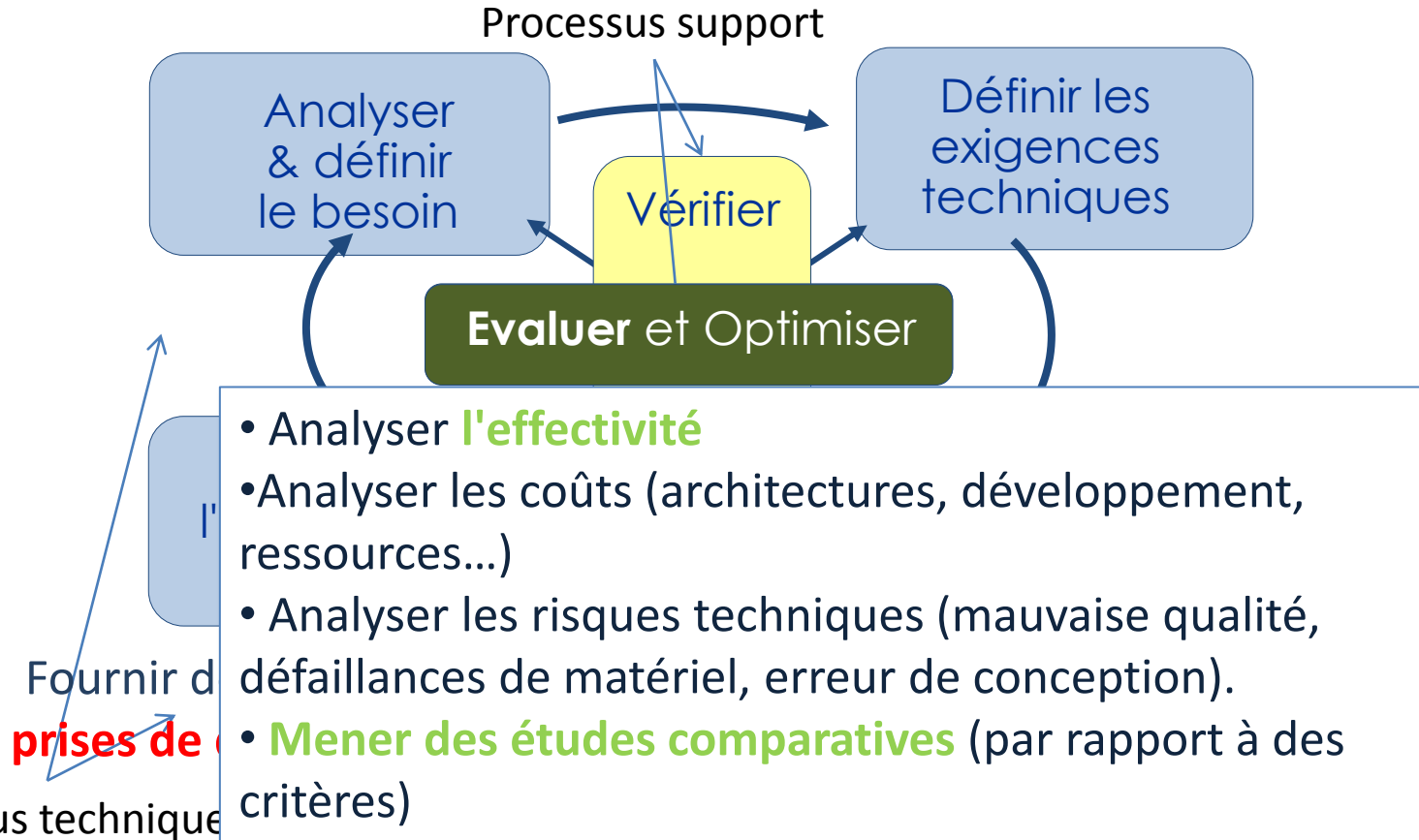
Stakeholder's needs

Operational System



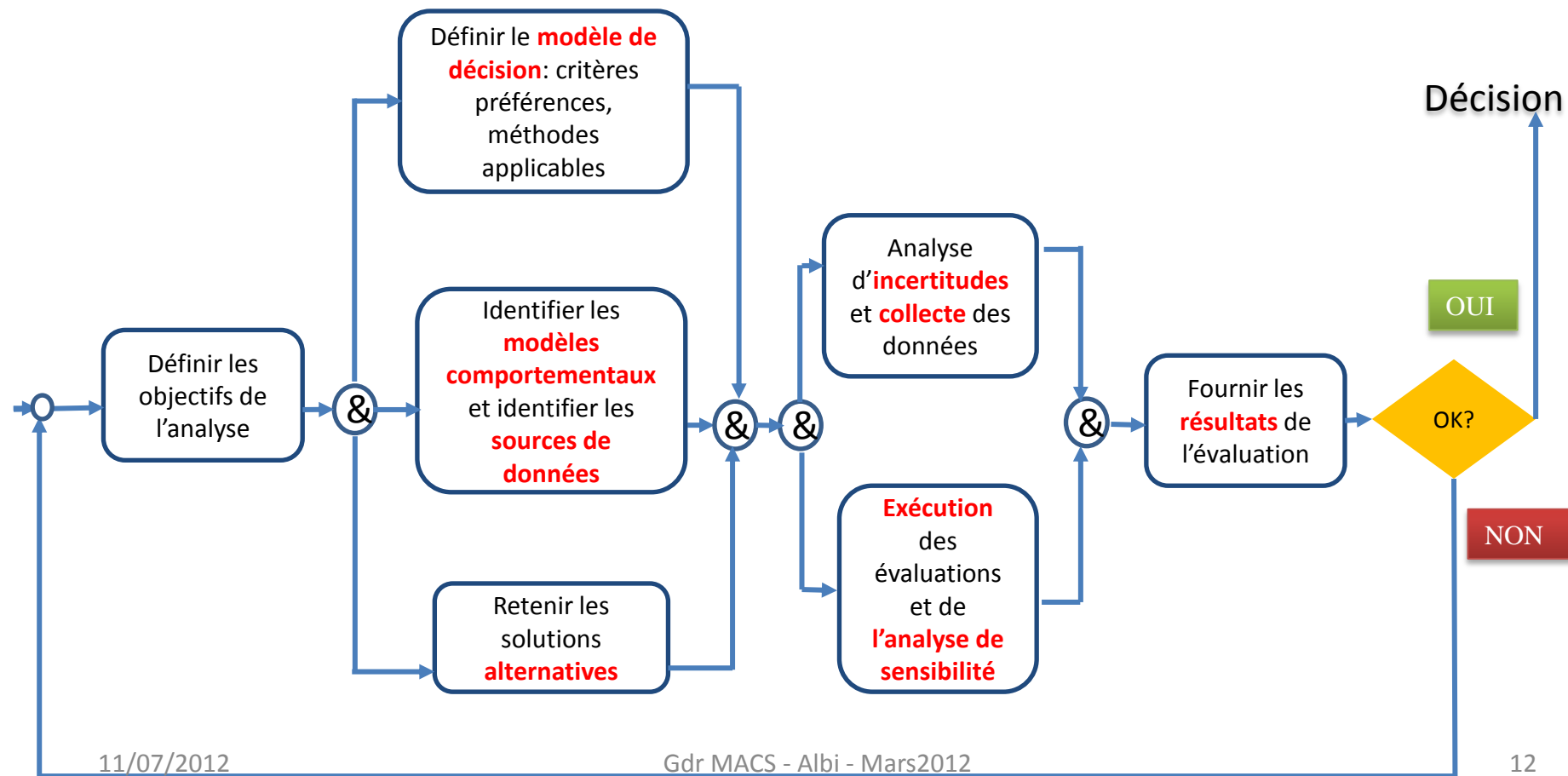
D'après VDI 2206 et Map
Système

Processus support : évaluation/optimisation



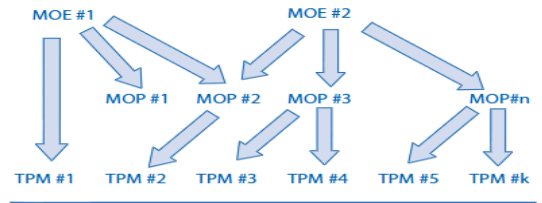
Activités du processus d'évaluation

Selon Blanchard, NASA, Bahil



Modèle décisionnel défini par:

- Les critères : règles d'estimation du niveau de satisfaction des exigences avec les indicateurs techniques (MOE : *Measure Of Effectiveness*, MOP : *Measure Of Performance*, et TPM : *Technical Performance Measures*), [Nasa], [EI1632], [ISO-IEC 15288].
- Les préférences : priorités entre les objectifs de conception
- La ou les méthodes d'analyse multicritère

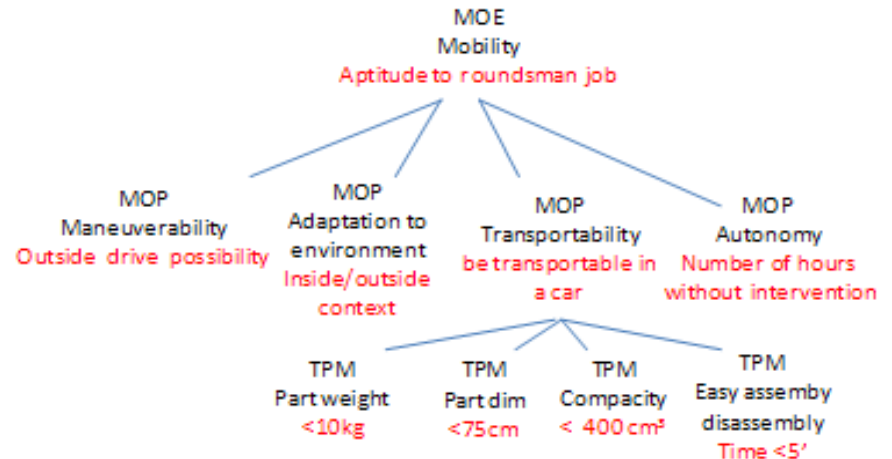


MOEs Derived from stakeholder expectation statements; deemed critical to mission or operational success of the system

MOPs Broad physical and performance parameters; means of ensuring meeting the associated MOEs

TPMs Critical mission success or performance attributes; measurable; progress profile established, controlled, and monitored

Figure 6.7-4 Relationships of MOEs, MOPs, and TPMs



[Nasa Handbook]

Identification des alternatives

- Obtenir des solutions candidates les plus différentes possibles les unes des autres (éviter les phénomènes de couplage => rendre le compromis possible).
- Limiter le nombre de solutions candidates (3 à 7).
- Vérifier et valider les aspects non négociables des solutions candidates avant de les analyser plus finement



Entrainer l'axe de la roue



Tracter



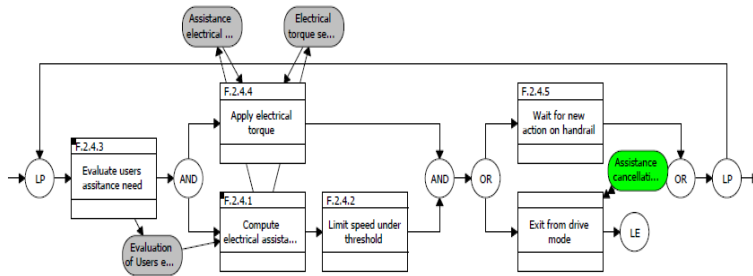
Entrainer la roue par friction



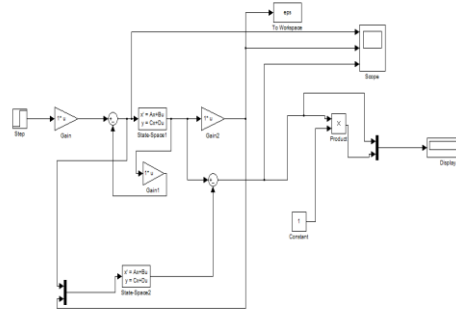
Pousser

Modèle et sources d'informations

- Estimer à l'aide de modèles les valeurs des TPMs associés au 'Design Dependant Parameters' (caractéristiques du système conçu découlant des choix de conception)



Ex: Modèle fonctionnel



Ex: Modèle dynamique

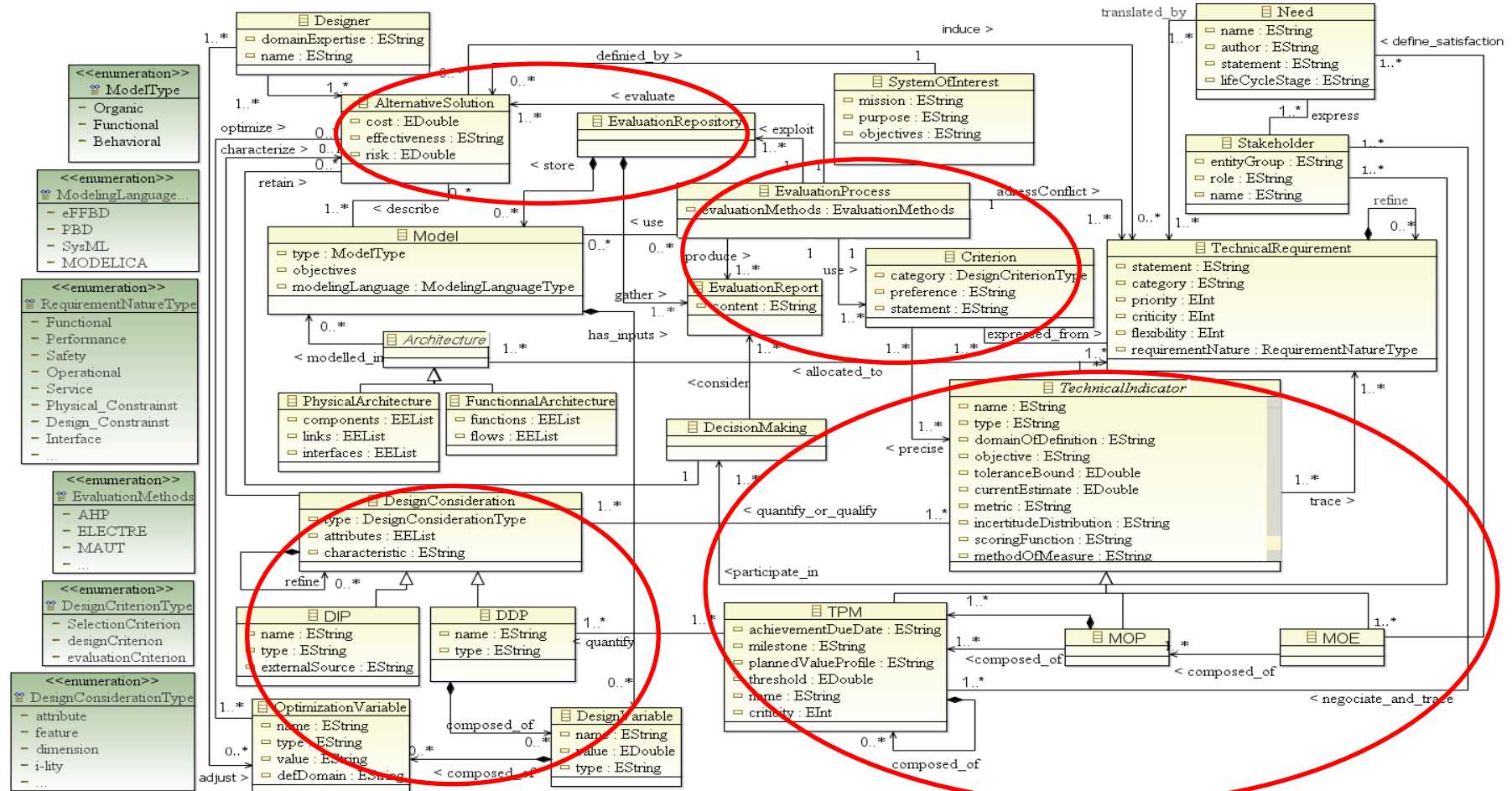


Ex: Base de données

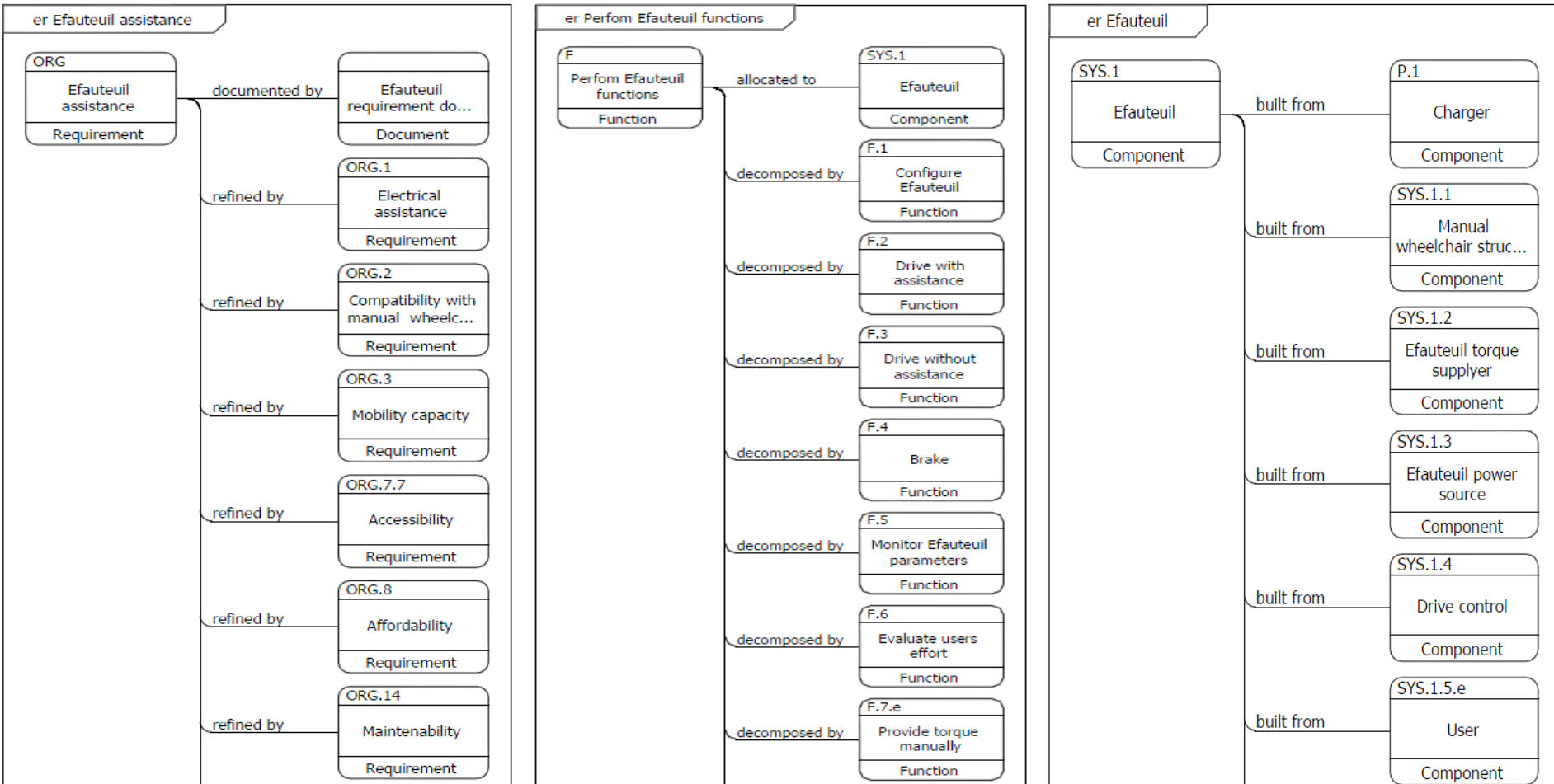
11/07/2012



Aspect Evaluation/comparaison



Ingénierie du système assistance électrique



Application du méta-modèle pour la comparaison d'alternatives de solutions avec la méthode AHP

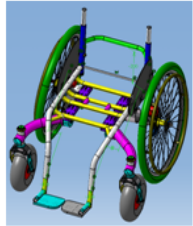
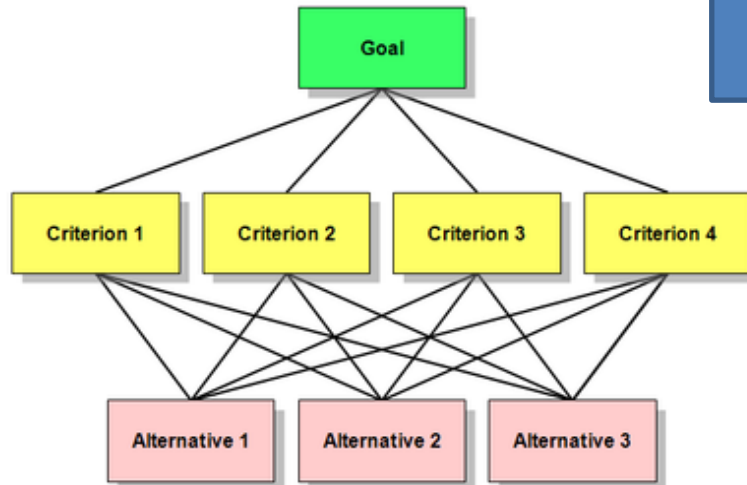
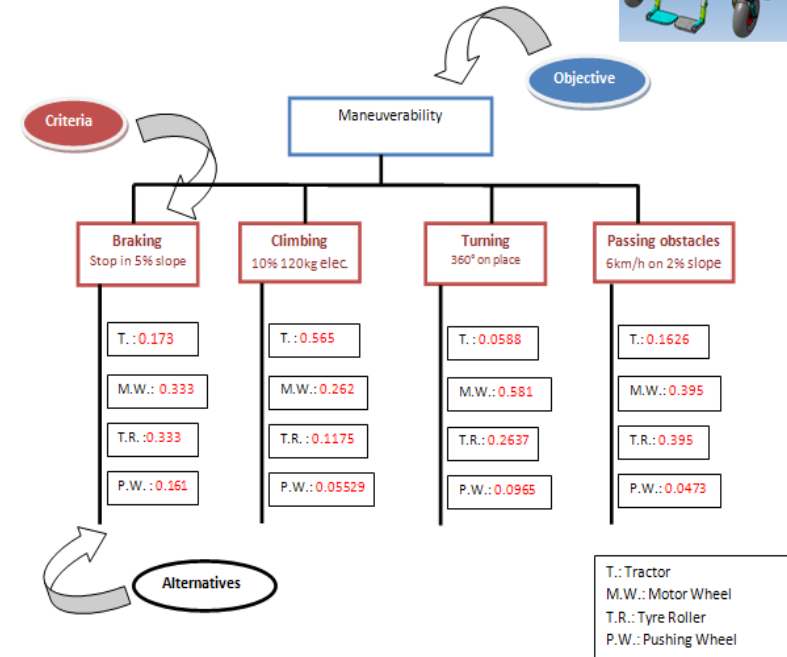


Illustration: choice 1

	Braking	Climbing 10%	Turning 360°	Passing Obstacles	Speed
Braking	1	5	3	3	5
Climbing 10%	1/5	1	3	1/5	3
Turning 360°	1/3	1/3	1	1/5	1/3
Passing Obstacles	1/3	5	5	1	3
Speed	1/5	1/3	3	1/3	1

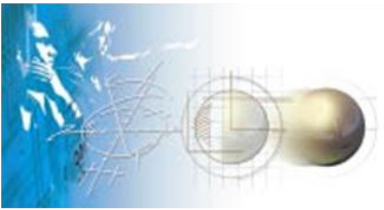


Principe
de AHP



Results (No coefficients.)

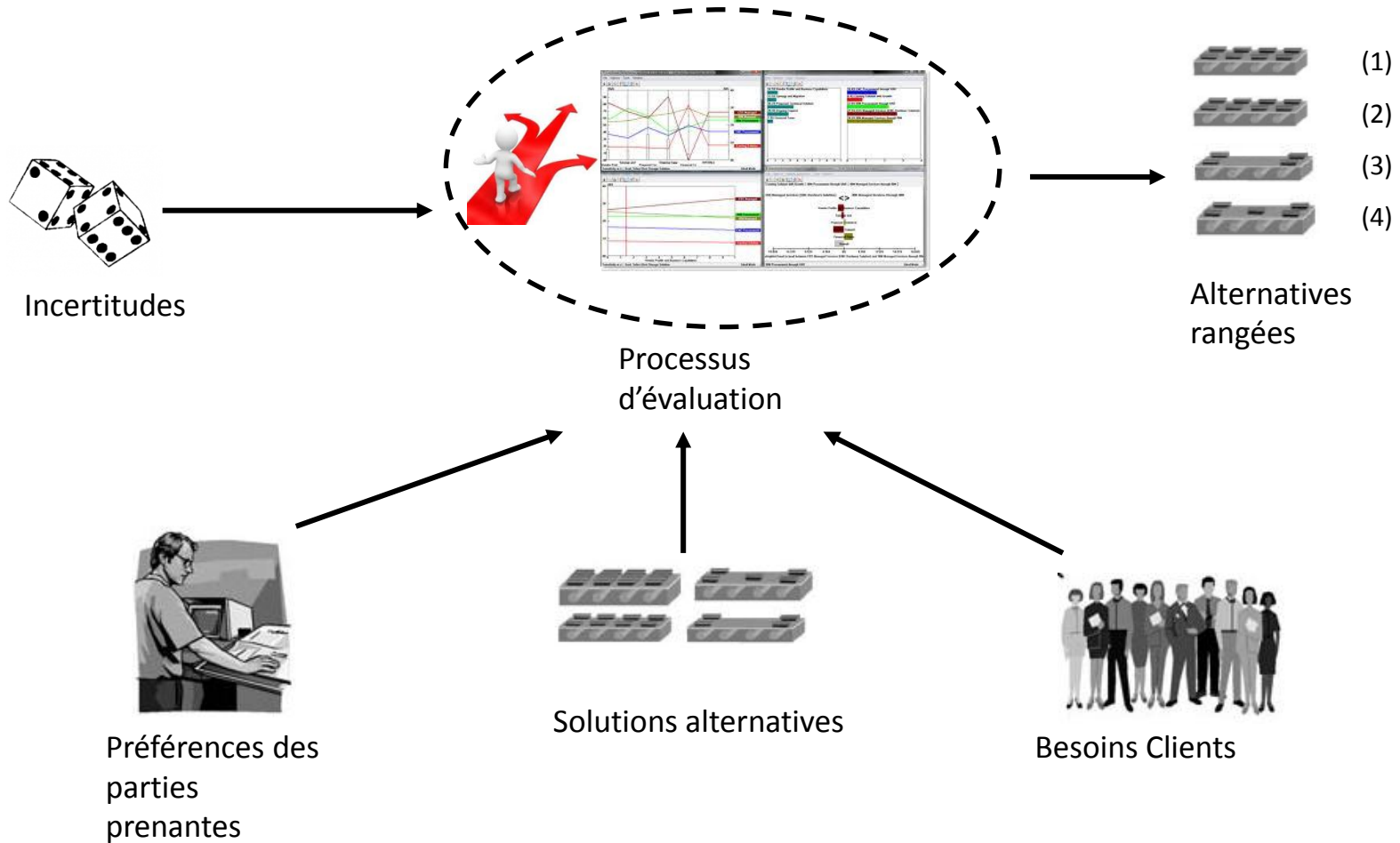
Braking	0.23985
Climbing	0.39275
Turning	0.27
Passing obstacles	0.09

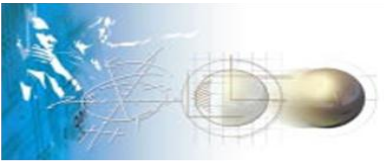


Conclusion et perspective

- Etablissement d'un **méta-modèle** des données nécessaires à l'évaluation et commun à tous les acteurs de la conception
- Spécification et développement d'un **outil logiciel** prenant en charge des activités de l'**évaluation** et permettant de **tracer** les conséquences des choix de conception

Schéma - Bilan





Bibliographie

- [1] Hehenberger, F. et al., 2010, "Hierarchical design models in the mechatronic product development process of synchronous machines", *Mechatronics*, Vol 20, issue 8, p.64-875.
- [2] Torry-Smith J.M. and all, 2011, "Mechatronic design – still a considerable challenge", *ASME IDECT/CIE*, Washington, August 28-31, 12p.
- [3] Couturier P., Lo M., Ouail M., 2011, "Evaluation process in mechatronic design", *ASME/IEEE / IDECT/MESA*, Washington, August 28-31, 2011, 9p.
- [4] Scheidl, R., Winkler, B., 2010, "Model relations between conceptual and detail design", *Mechatronics*, Vol 20, Issue 8, p. 842-849.
- [5] INCOSE, 2011, System Engineering (SE) Handbook Working Group, *System Engineering Handbook*, A Guide For System Life Cycle Processes And Activities, Version 3.2.1, INCOSE TP 2003 002 03.2.
- [6] Nasa System Engineering Handbook, 2007, *Nasa SP-2007-6105*, Rev 01, 340 p
- [7] Wood, K. L., Antonsson, E. K., 1989, "Computations with imprecise parameters in engineering design: background and theory", *ASME Journal of Mechanisms, Transmissions, and Automation in Design*, Volume 111, Number 4, pp. 616-625
- [8] Gausemeier J., Moehringer S., 2002, "VDI 2206 - a new guideline for the design of mechatronic system," *Mechatronic Systems 2002: A Proceedings Volume from the 2nd Ifac Conference Berkeley, California, Usa*, 9-11, p. 785 - 790.
- [9] Blanchard, B.S., Wolter, J. F., 2011, *Systems Engineering and Analysis*, Fifth Edition, Prentice Hall Series, Industrial And Systems Engineering, 800 p.
- [10] Maier, M. W., Rechten E., 2009, *The Art of System Architecting*, Third Edition, CRC Press, 472 p.
- [11] Moulitanitis V.C., Aspragathos N. A., Dentsoras A. J., 2004, "A model for concept evaluation in design—an application to mechatronics design of robot grippers," *Mechatronics*, vol. 14, no. 6, pp. 599-622.
- [12] Keeney R. L., Lilien, G. L., 1987, "New Industrial Product Design and Evaluation Using Multiattribute Value Analysis", *J. Prod Innov Manag*, pp. 185-198.
- [13] Saaty, T.L., Tranb L.T., 2007, "On the invalidity of fuzzifying numerical judgments in the Analytic Hierarchy Process", *Mathematical and Computer Modelling*, 46 , pp. 962–975.
- [14] Roy, B., 1991, "The outranking approach and the foundations of electre methods", *Theory and Decision*, Volume 31, pp. 49-73.
- [15] Fülöp, J., 2005, Introduction to Decision Making Methods, Laboratory of Operations Research and Decision Systems, Computer and Automation Institute, Hungarian Academy of Sciences, 15p.
- [16] Lee K.D., Suh N.P., Oh J.H., 2001, "Suh's Axiomatic, Design of Machine Control System", *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Volume 50, Issue 1, 2001, p. 109-114
- [17] OMG, Object Management Group , 2011, OMG Unified Modeling Language TM (OMG UML), Infrastructure, Version 2.4.1.
- [18] INCOSE, 2008, "Survey of Model-Based Systems Engineering (MBSE) Methodologies", *INCOSE-TD-2007-003-01*, Version/Revision: B, 10.
- [19] Vitech Corporation, 2011, A primer for Model Based Systems Engineering, 66p.
- [20] Browning Tyson R., 2001, "Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions", *IEEE Transactions*



LGI2P



Merci de votre attention!