

Un voyage dans les modèles : du logiciel aux systèmes de systèmes socio-techniques

Nicolas Belloir

IRISA, Université de Bretagne Sud
CREC St-Cyr / Académie Militaire de St-Cyr Coëtquidan

Soutenance en vue de l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches

31 janvier 2024

Introduction

Evolution de l'ingénierie pour un système temps-réel embarqué sur trente ans

1969

Margaret Hamilton et le code de l'ordinateur de bord d'Apollo 11



Code-Centric Engineering

2000

Dossier de conception d'une centrifugeuse humaine



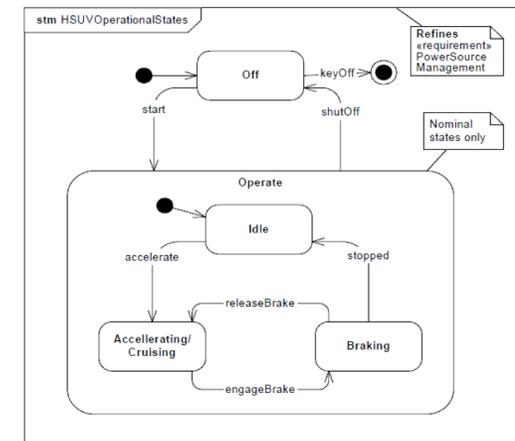
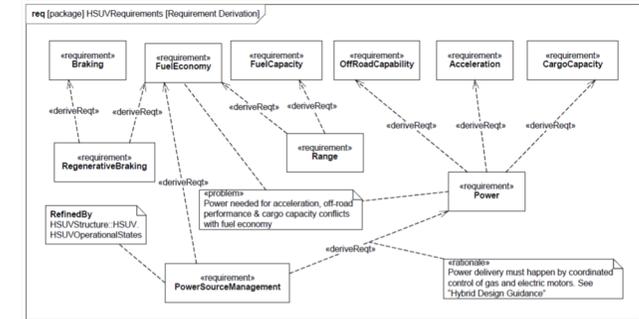
Changement de paradigme



Document-Centric Engineering

Vers une utilisation des « modèles »

2006



Model-Driven Engineering

D. C. Schmidt, "Guest Editor's Introduction: Model-Driven Engineering," in *Computer*, vol. 39, no. 2, pp. 25-31, Feb. 2006, doi: 10.1109/MC.2006.58.

Du concept d'« ingénierie »

- **Processus normalisé** conduisant à la mise en œuvres de **méthodes** ayant pour objectif la **réalisation « industrielle » d'un produit.**

Définition* : « Ensemble des fonctions allant de la conception et des études à la responsabilité de la construction et au contrôle des équipements d'une installation technique ou industrielle »

- Méthode d'ingénierie = langage + processus

Langage = sémantique + syntaxe (Approche IDM)

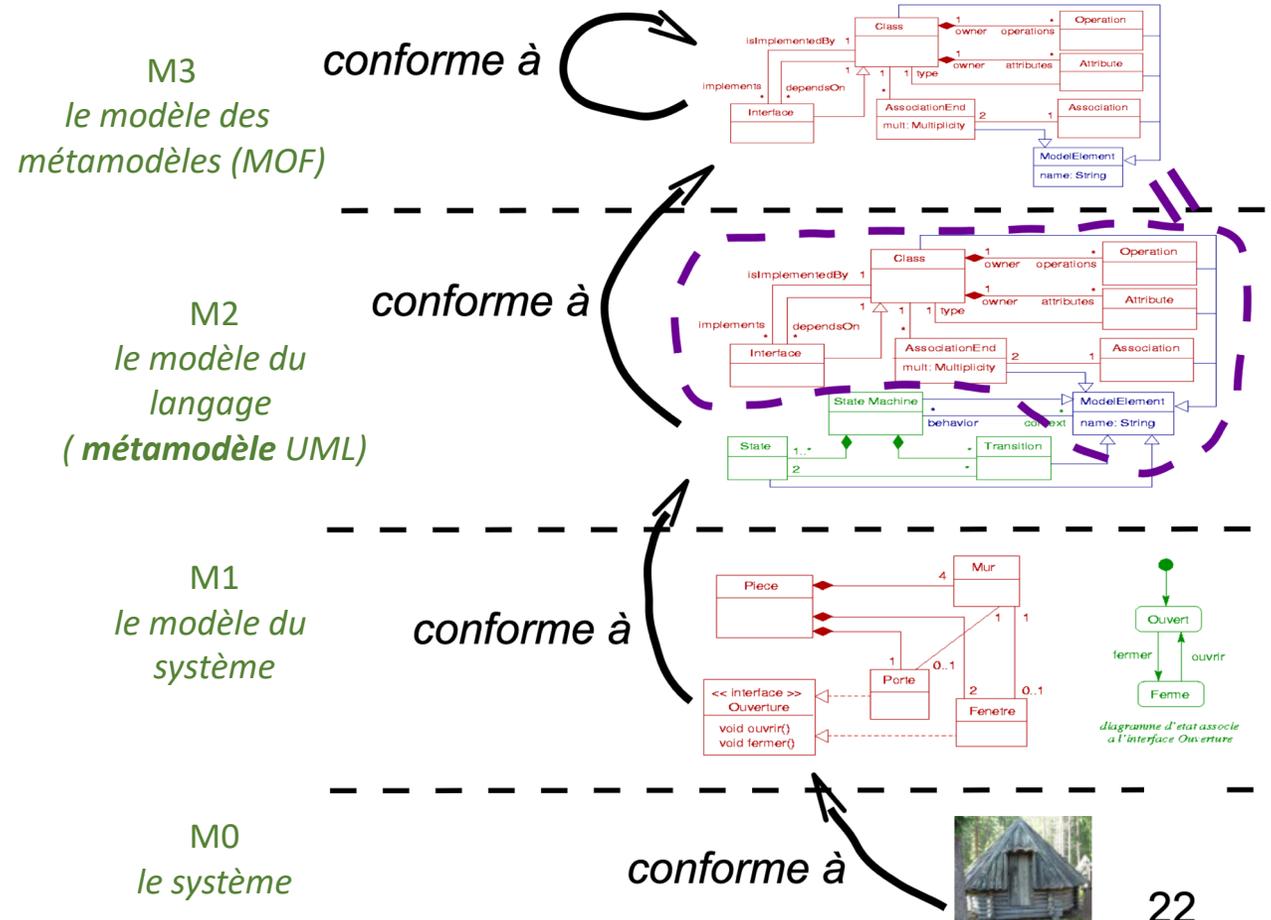
Processus = description des différentes étapes et de leur enchainement

* Arrêté du 12 janv. 1973 ds Lang. fr., Paris, J.O., 1980, p. 21

Du concept de « modèle »

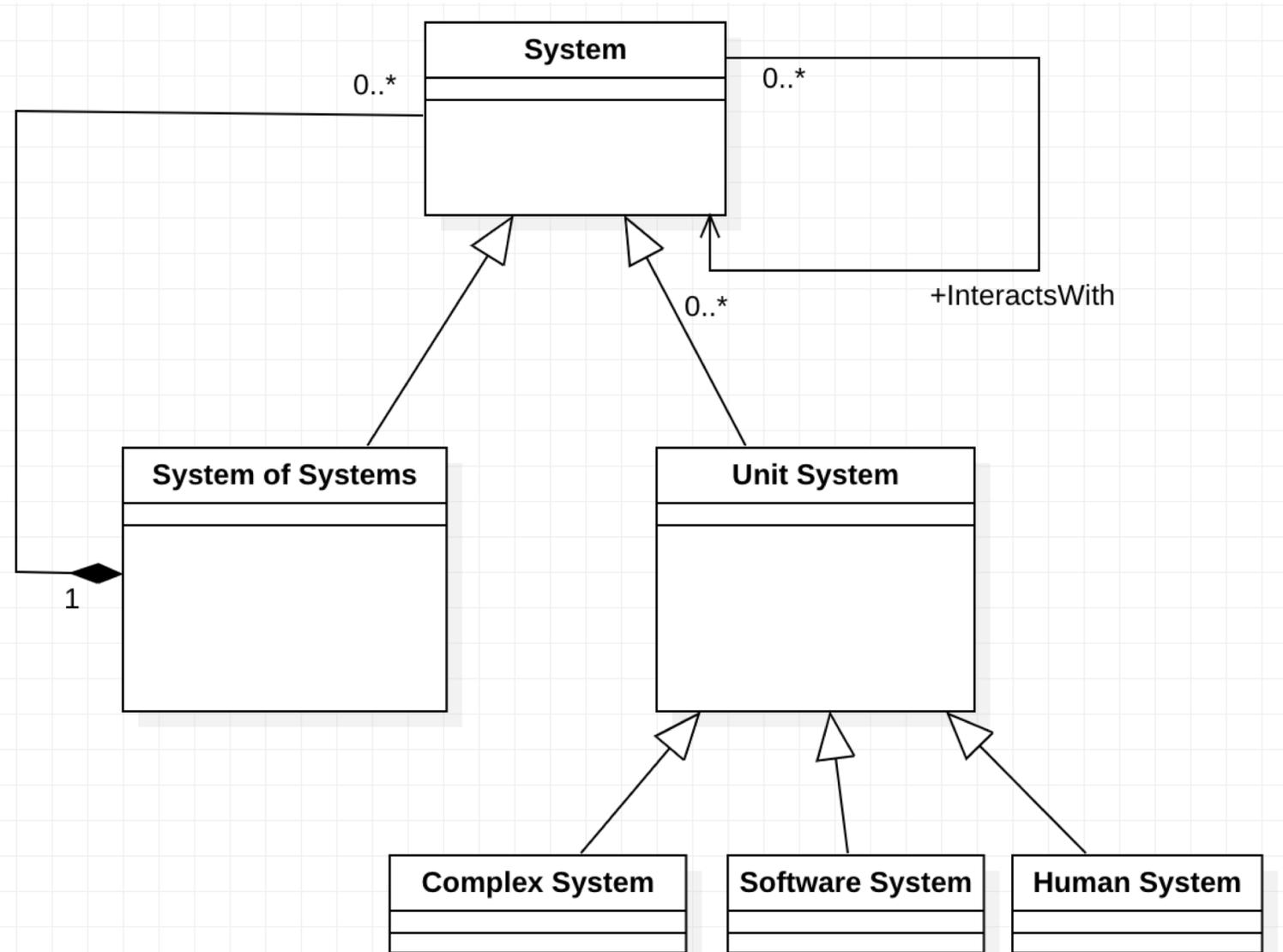
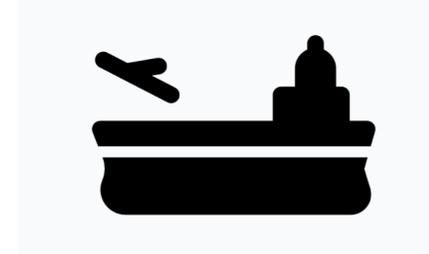
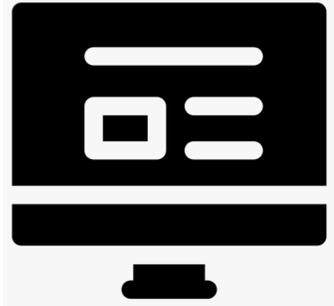
- Représentation **abstraite** de la réalité
- Au sens « UML/SysML »
 - Artéfact de modélisation
 - Représentation diagrammatique
 - Basé sur un **métamodèle**
- Repose sur une **syntaxe** (abstraite et concrète) et une **sémantique**
 - Plus ou moins formelle

Hierarchie de modèles



Tiré du cours d'Eric Cariou, « Ingénierie des Modèles »,
<https://lab-sticc.univ-brest.fr/~ecariou/cours/idm/cours-meta.pdf>

Du concept de « système »



- Questions de recherche

RQ 1 : Peut-on utiliser les concepts et techniques issues de l'IDM pour développer des méthodes d'ingénierie à destination :

d'utilisateurs spécialisés (ingénieurs, militaires, analystes...)?

de propriétés non fonctionnelles diverses (adaptabilité, sécurité ...)?

RQ 2 : Peut-on utiliser ces mêmes concepts et techniques pour prendre en compte des systèmes allant du logiciel au SoSTS?

- La réponse est **OUI**, et je vous invite à un voyage à travers les modèles

Itinéraire



SYSTÈME DE SYSTÈMES SOCIO-TECHNIQUE



SYSTÈME DE SYSTÈMES



SYSTÈME COMPLEXE



SYSTÈME LOGICIEL

DES MODÈLES POUR...



INGÉNIERIE

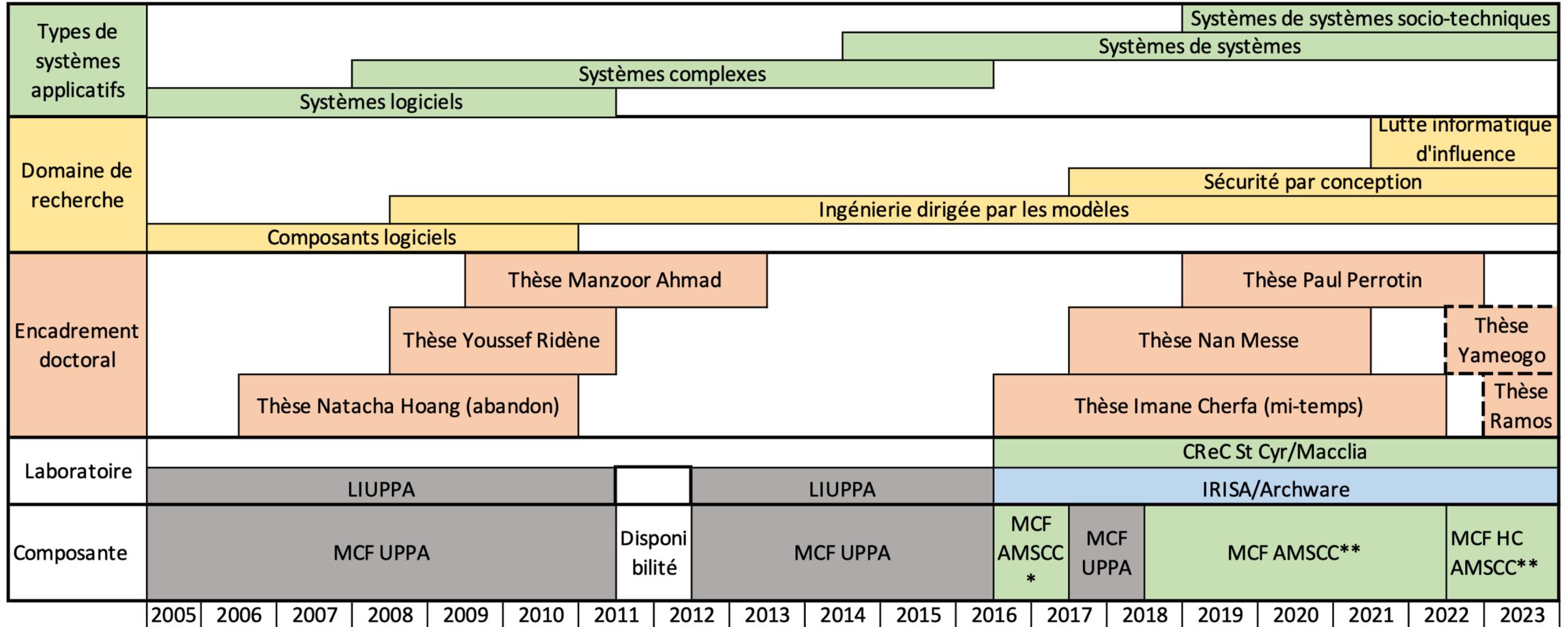


SÉCURITÉ PAR CONSTRUCTION



DÉFENSE





Période	2005 à 2016	2016	2017 à 2023
moyenne eq. TD	232 h	204 h	324 h - pic à 408 h en 2022/2023

* MCF UPPA détaché à AMSCC

** MCF UBS détaché à AMSCC

Tous les chemins mènent aux modèles

Ingénierie des Systèmes de Systèmes

Itinéraire

DES MODÈLES POUR...



**SYSTÈME
LOGICIEL**



SYSTÈME COMPLEXE



SYSTÈME DE SYSTÈMES



SYSTÈME DE SYSTÈMES SOCIO-TECHNIQUE



INGÉNIERIE



**SÉCURITÉ PAR
CONSTRUCTION**

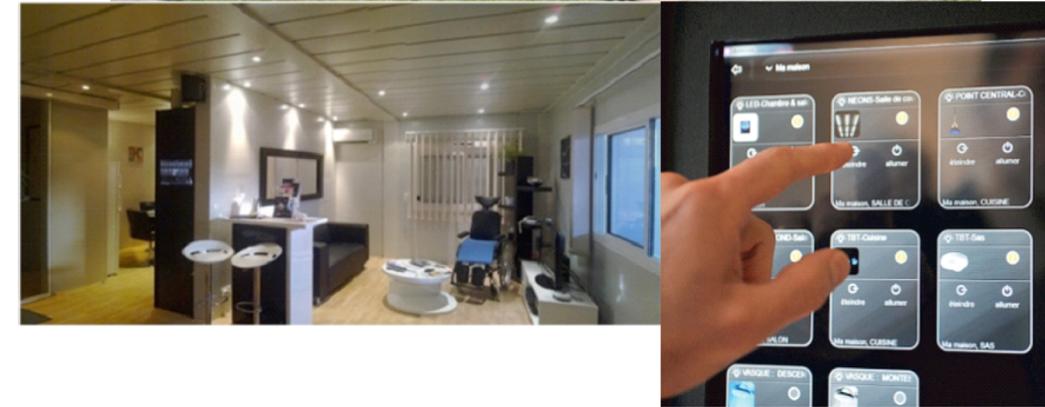


DÉFENSE



Traiter/assouplir les exigences dans les systèmes auto-adaptatifs

- **Domaine** : Ingénierie des systèmes, Ingénierie des exigences, systèmes auto-adaptatifs
- **Constat** : Difficultés à prendre en compte les **exigences** traitant de **l'adaptabilité d'un système**, montée en puissance de SysML
- **Notre approche** : proposer **une méthode orientée modèles** utilisant **des approches reconnues** pour améliorer la prise en compte des exigences traitant de l'adaptabilité d'un système.



Maison intelligente de l'IUT de Blagnac*

*<https://www.iut-blagnac.fr/fr/maison-intelligente>

- Elicitation des exigences : Action de formaliser les « besoins » décrits par un cahier des charges en « exigences » servant à spécifier le système à réaliser.

Relax language*

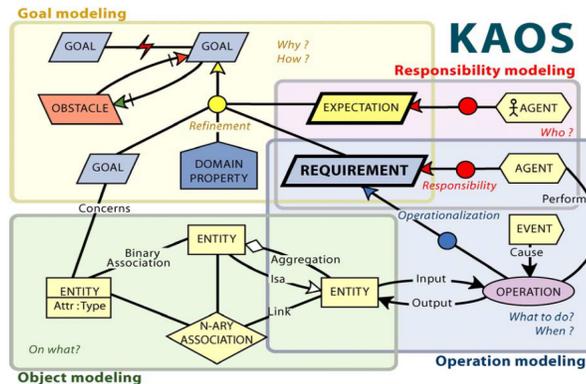
The synchronization process *SHALL* be initiated when Alice enters the room and at 30 minute intervals thereafter



The synchronization process *SHALL* be initiated *AS EARLY AS POSSIBLE AFTER* Alice enters the room and *AS CLOSE AS POSSIBLE TO* 30 minute intervals thereafter
 ENV: location of Alice; synchronization interval.
 MON: motion sensors; network sensors
 REL: motion sensors provide location of Alice; network sensors provide synchronization interval

* Whittle, J., Sawyer, P., Bencomo, N., Cheng, B. H., and Bruel, J.-M. (2009). *Relax : Incorporating uncertainty into the specification of self-adaptive systems*. In 2009 17th IEEE International Requirements Engineering Conference, pages 79–88

Kaos **



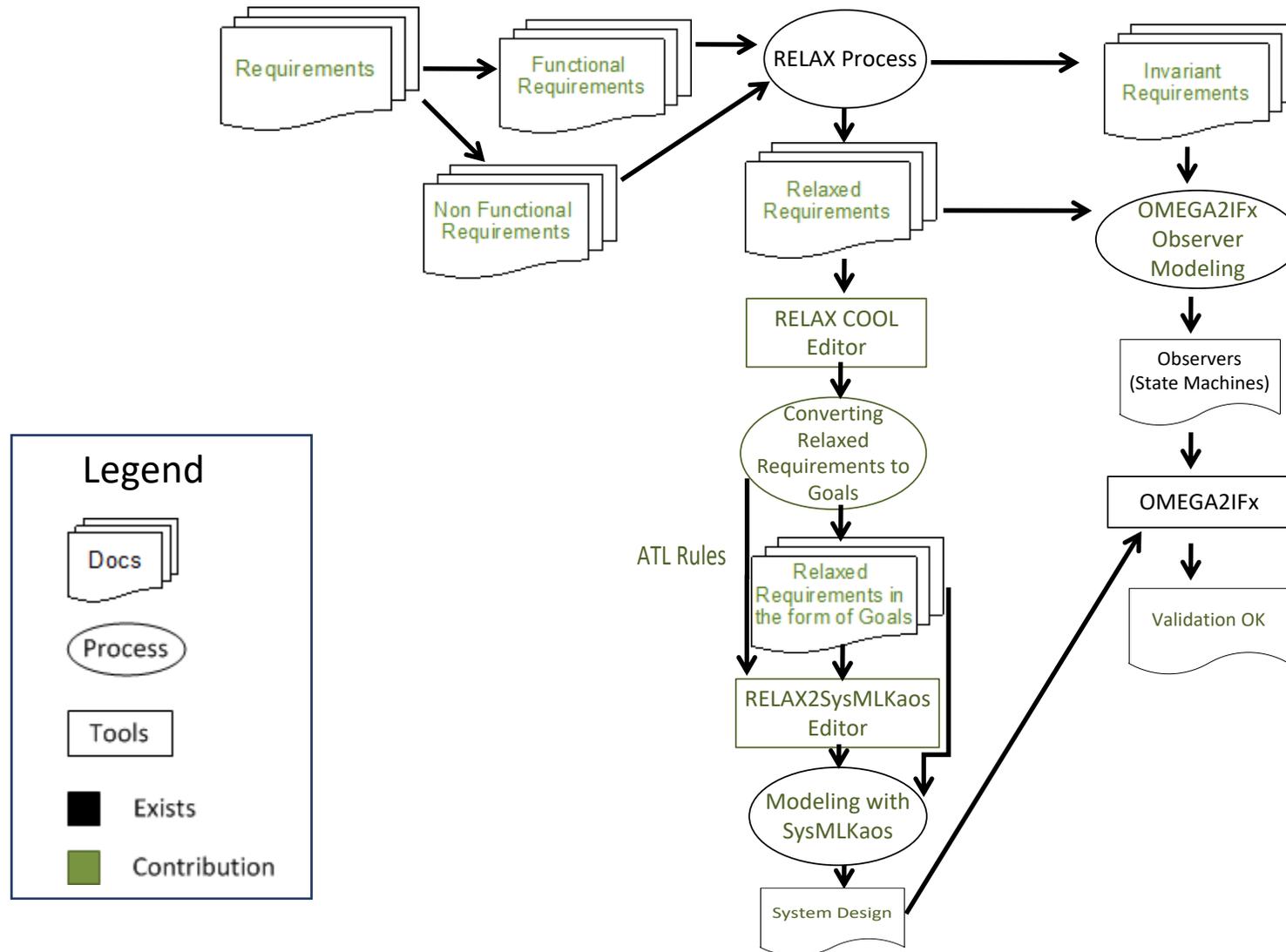
** Axel V. Lamsweerde. *Requirements Engineering: From System Goals to UML Models to Software Specifications*. Wiley, 1st edition edition, 2009.

SysML ***



*** Object Management Group, SysML specification V1.3, <https://sysml.org/.res/docs/specs/OMGSysML-v1.3-12-06-02.pdf>, 2012

Approche intégrée basée modèle



Thèse de doctorat

Manzoor
Ahmad



Modeling and verification of functional and non functional requirements of ambient, self adaptative systems

Directeur : Jean-Michel Briel

Encadrant : Nicolas Belloir

Soutenue le : 07/10/2013



[Ahmad et al., 2013a] Ahmad, M., Araújo, J., **Belloir, N.**, Briel, J.-M., Gnaho, C., Laleau, R., and Semmak, F. (2013a). Self-Adaptive Systems Requirements Modelling : four related approaches comparison. In Proceedings of the Comparing Requirements Modeling Approaches (**CMA@RE'13**) workshop, in the field of IEEE International Conference on Requirements Engineering 2013, pages 37–42, Rio de Janeiro, Brasil. IEEE Computer Press.

[Ahmad et al., 2013b] Ahmad, M., Dragomir, I., Briel, J.-M., Ober, I., and **Belloir, N.** (2013b). Early Analysis of Ambient Systems SYSML Properties using OMEGA2-IFx. In Proceedings of the 3rd International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications (**SIMULTECH'13**), pages 147–154, Reykjavik, Iceland. SciTePress

[Belloir et al., 2014] **Belloir, N.**, Briel, J.-M., and Faudou, R. (2014). Modélisation des exigences en UML/SysML. **Revue Génie Logiciel**. Numéro spécial Ingénierie des Exigences, (111) :6–12.

[Ahmad et al., 2015] Ahmad M., **Belloir N.**, and Briel, J.M. Modeling and Verification of Functional and Non-Functional Requirements of Ambient Self-Adaptive Systems. **Journal of Systems and Software**, 107(C) :50–70, sep 2015 (**Core A**)

[Kienzle et al., 2016] Jörg Kienzle, Gunter Mussbacher, Omar Alam, Matthias Schöttle, Nicolas Belloir, Philippe Collet, Benoit Combemale, Julien Deantoni, Jacques Klein, and Bernhard Rumpe. *VCU: The Three Dimensions of Reuse*. In Proceedings of the 15th International Conference on Software Reuse (**ICSR'16**), pages 122 – 137, Limassol, Cyprus, June 2016. Springer, LNCS (**Core A**).

Itinéraire



SYSTÈME DE SYSTÈMES SOCIO-TECHNIQUE



SYSTÈME DE SYSTÈMES



SYSTÈME COMPLEXE



SYSTÈME LOGICIEL

DES MODÈLES POUR...



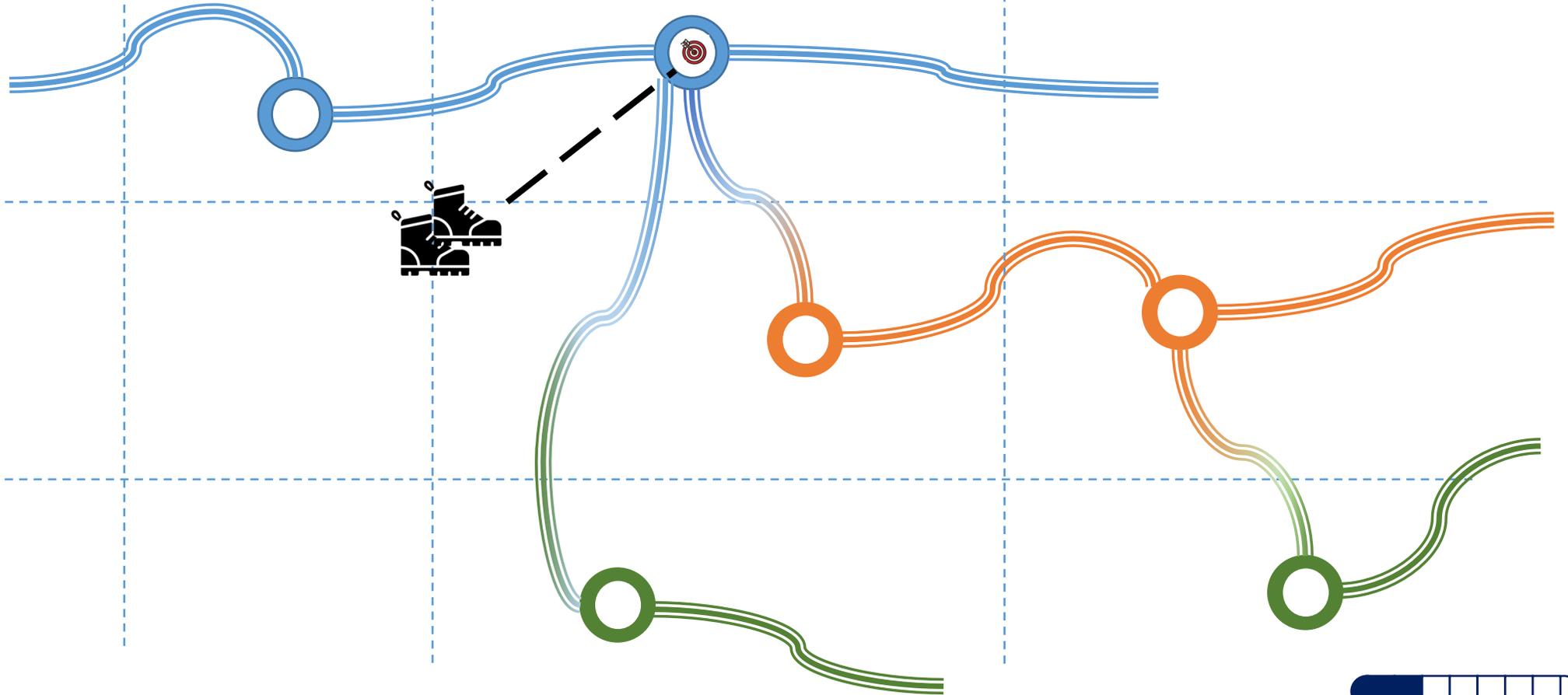
INGÉNIERIE



SÉCURITÉ PAR CONSTRUCTION

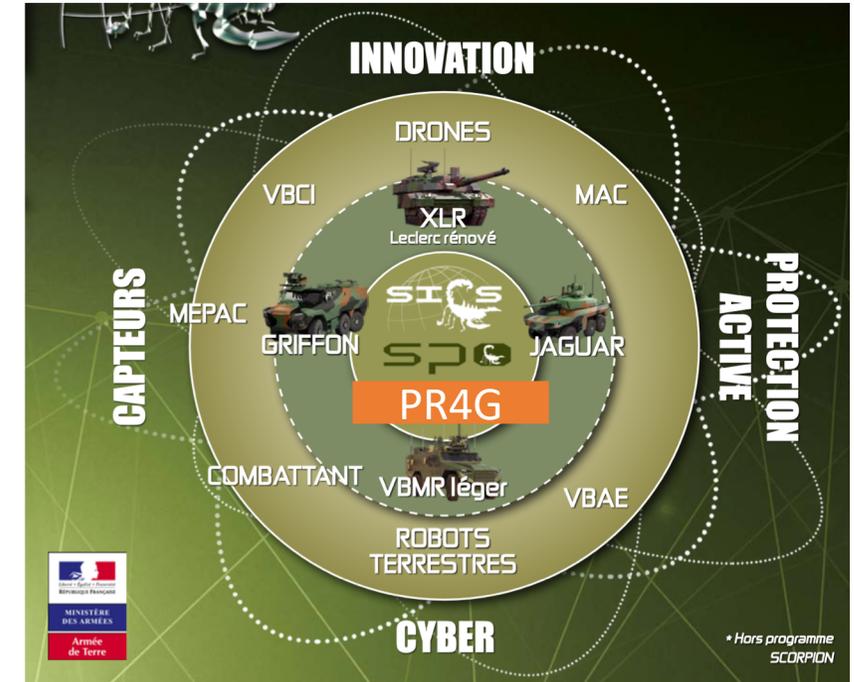


DÉFENSE



Utiliser le paradigme *Mission* pour conserver une spécification stable

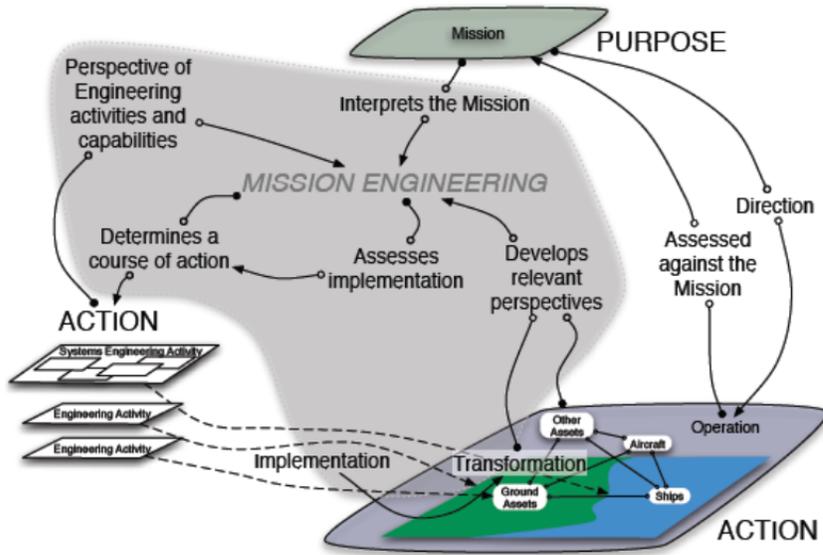
- **Domaine** : Ingénierie des systèmes de systèmes
- **Constat** : De par l'indépendance managériale et opérationnelle des systèmes constitutants, leur adaptation continue, l'architecture des SoS est évolutive et n'est plus la colonne vertébrale d'un système
- **Notre approche** : proposer d'intégrer un niveau conceptuel supplémentaire en utilisant le paradigme « mission » de manière à fournir une « mémoire » des spécifications initiales



■ [redacted] r un 1Md€ en 2012, le programme CONTACT a mal supporté - lors de l'exercice BIA 23 - la montée en charge, "surchauffé" et s'est montré délicat à redémarrer, obligeant les militaires à communiquer en mode "dégradé", via des postes radio de 4e génération entrés en service dans les années 90.

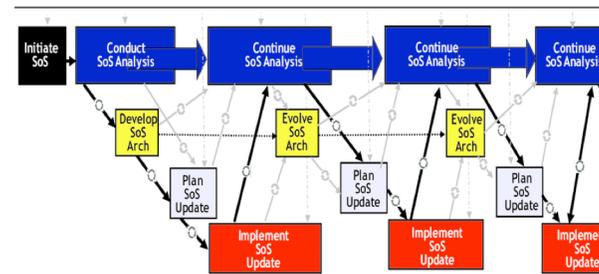
*Antoine Hasday, *l'Informé*, 19 janvier 2024,
https://www.linforme.com/industrie/article/intelligence-artificielle-dans-l-armee-sebastien-lecornu-desavoue-thales-et-sopra-steria_1362.html

Mission engineering*



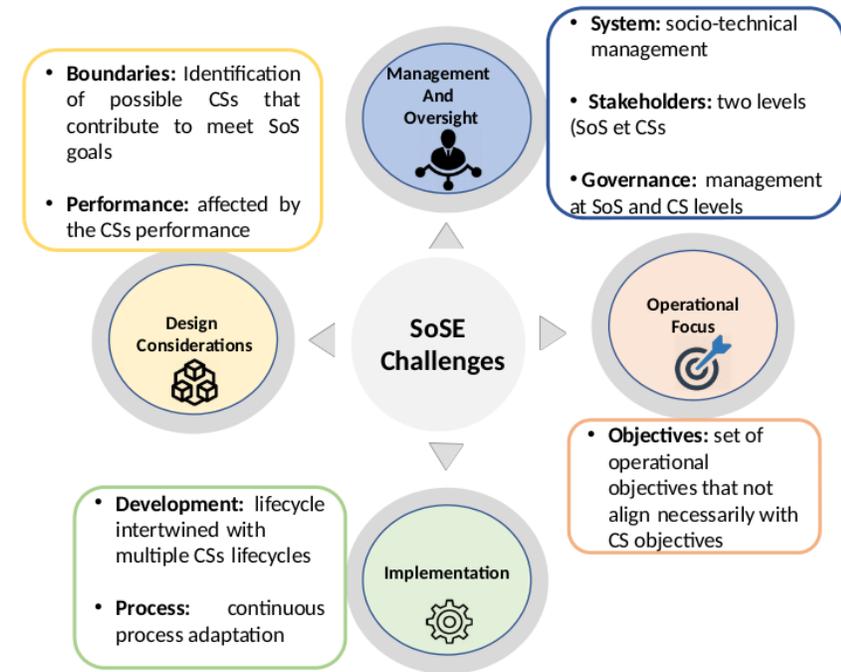
* ANDRES SOUSA-POZA. *Mission Engineering*. *International Journal of System of Systems Engineering*, 6:161, 2015

SoS Wave Model**

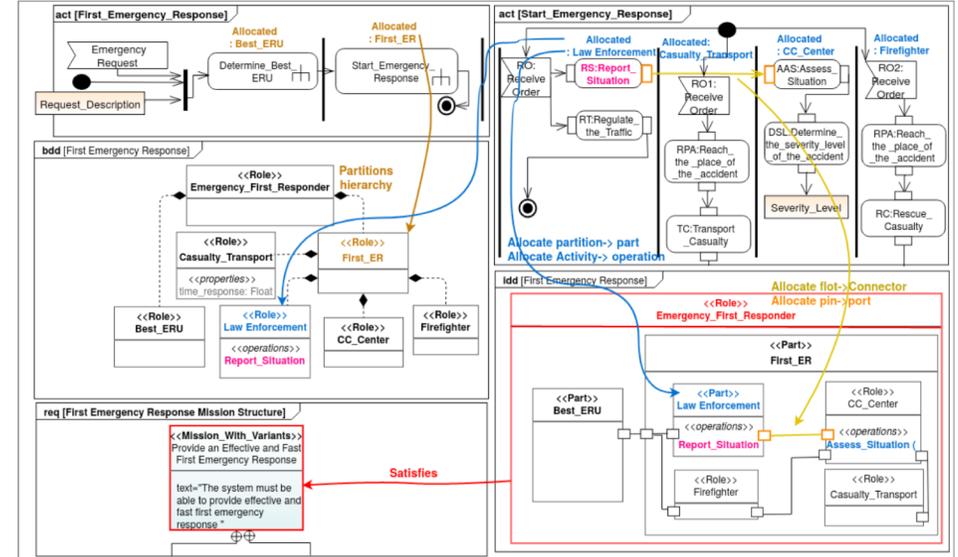
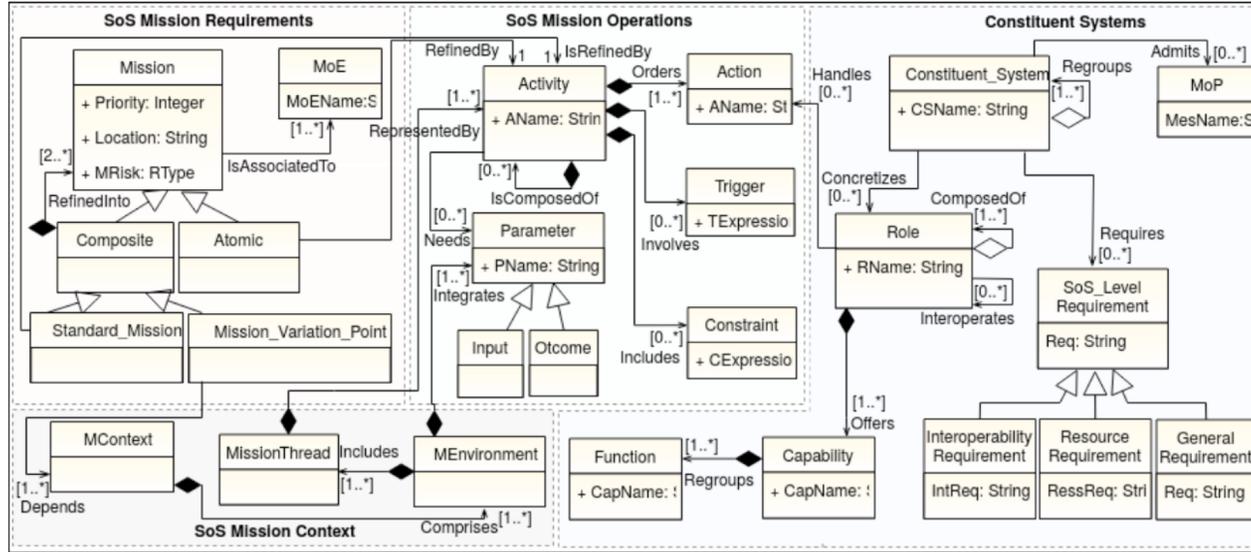


** J. DAHMANN, G. REBOVICH, J. LANE, R. LOWRY, AND K. BALDWIN. *An implementers' view of systems engineering for systems of systems*. In *2011 IEEE International Systems Conference*, pages 212–217, Montreal, Canada, April 2011, 2022

System of Systems Engineering***

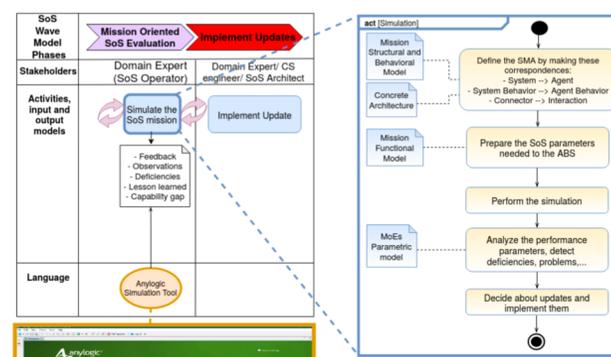
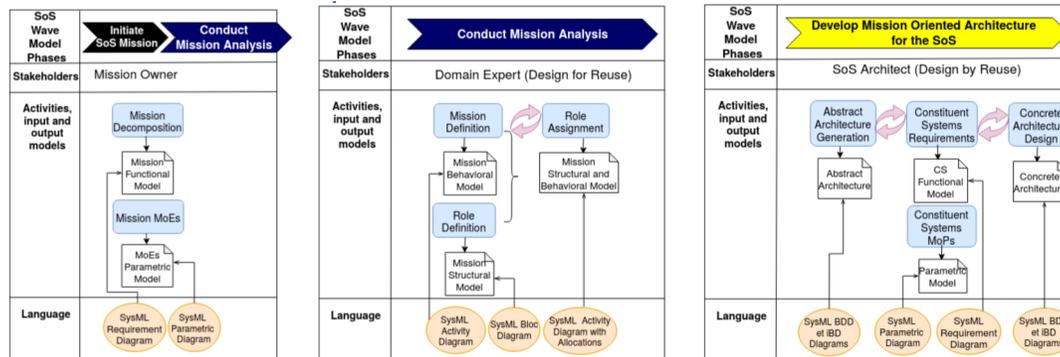


*** Imane Cherfa. *Mission Oriented Process for Systems of Systems Engineering*. Ph. D. Blida University, 2022



Modèle conceptuel de mission – MoP-SoSE

Profile SysML



Intégration dans le processus en vague

Thèse de doctorat

Imane Cherfa



Mission Oriented Process for
Systems of Systems Engineering

Directeur : Salah Sadou

Encadrant : Nicolas Belloir

Soutenue le : 30/05/2022



Cherfa et al., 2018] Cherfa, I., Sadou, S., **Belloir, N.**, and Fleurquin, R. (2018). *Involving the Application Domain Expert in the Construction of Systems of Systems*. In Proceedings of the 13th System of Systems Engineering Conference (**SoSE'18**), pages 335–342. IEEE.

[Messe et al. 2019] Messe, N., **Belloir, N.**, Chiprianov, V., Cherfa, I., Fleurquin, R., and Sadou, S., *Development of Secure Systems of Systems Needing a Rapid Development*. In Proceedings of the 14th IEEE System of Systems Engineering Conference (**SoSE'19**), pages 152–157. IEEE, 19-22 May 2019.

[Cherfa et al., 2019] Cherfa, I., **Belloir, N.**, Sadou, S., Fleurquin, R., and Bennouar, D. (2019). *Systems of systems : From mission definition to architecture description*. **Systems Engineering**, 22(6) :437–454. (**SCIMAGO Q2**)

A la croisée des chemins

Ingénierie de la sécurisation par la conception

Itinéraire

DES MODÈLES POUR...



**SYSTÈME
LOGICIEL**



SYSTÈME COMPLEXE



SYSTÈME DE SYSTÈMES



SYSTÈME DE SYSTÈMES SOCIO-TECHNIQUE



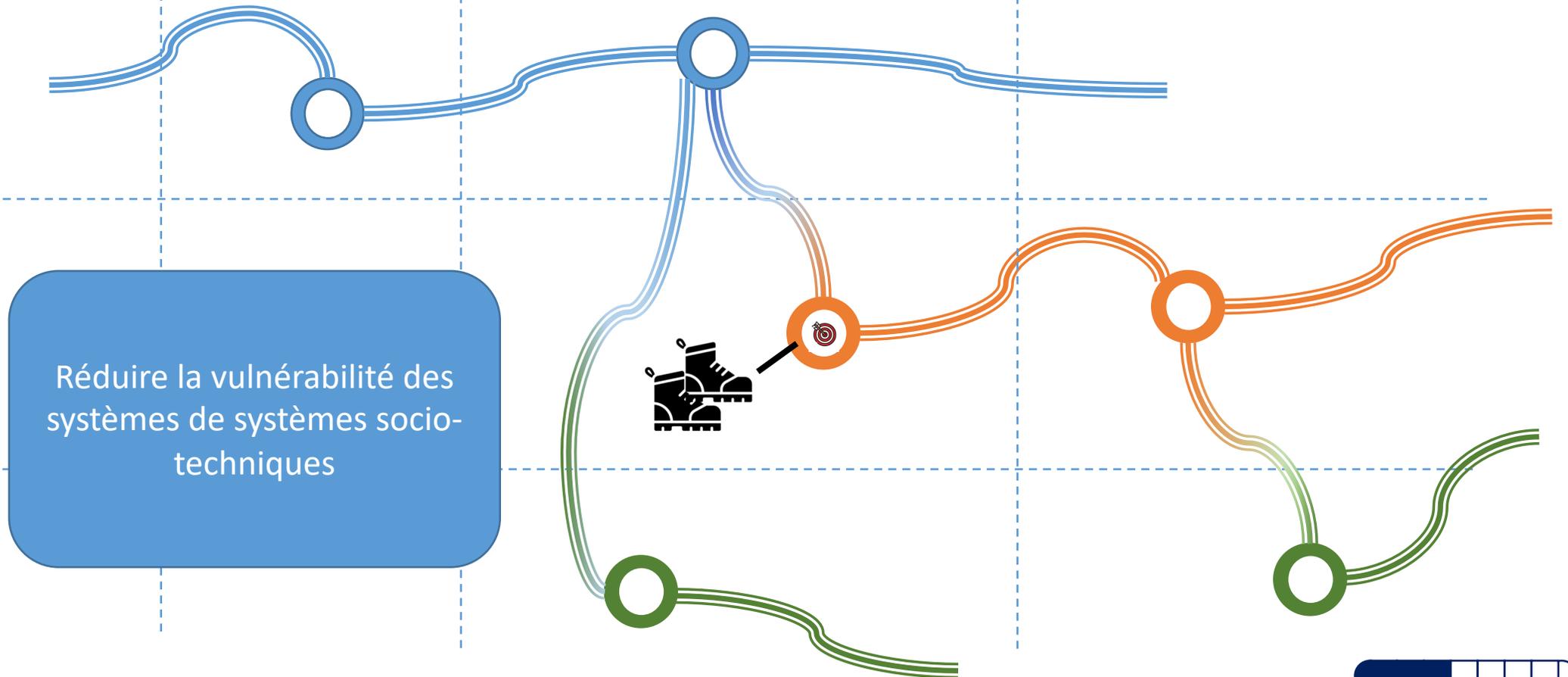
INGÉNIERIE



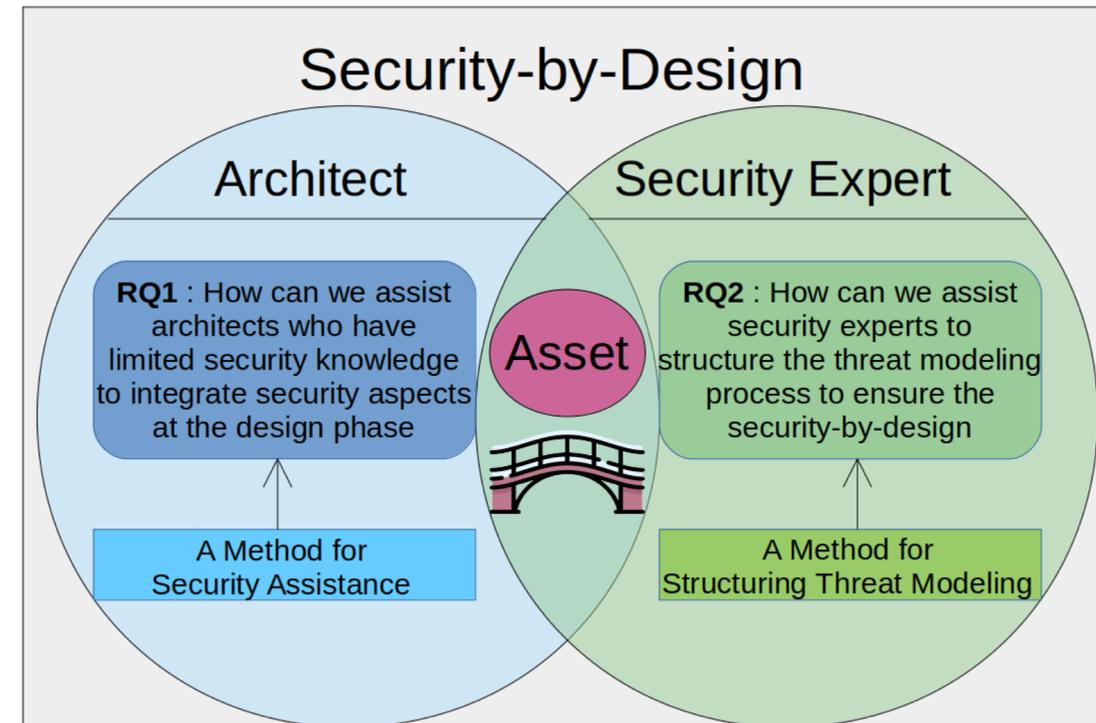
**SÉCURITÉ PAR
CONSTRUCTION**



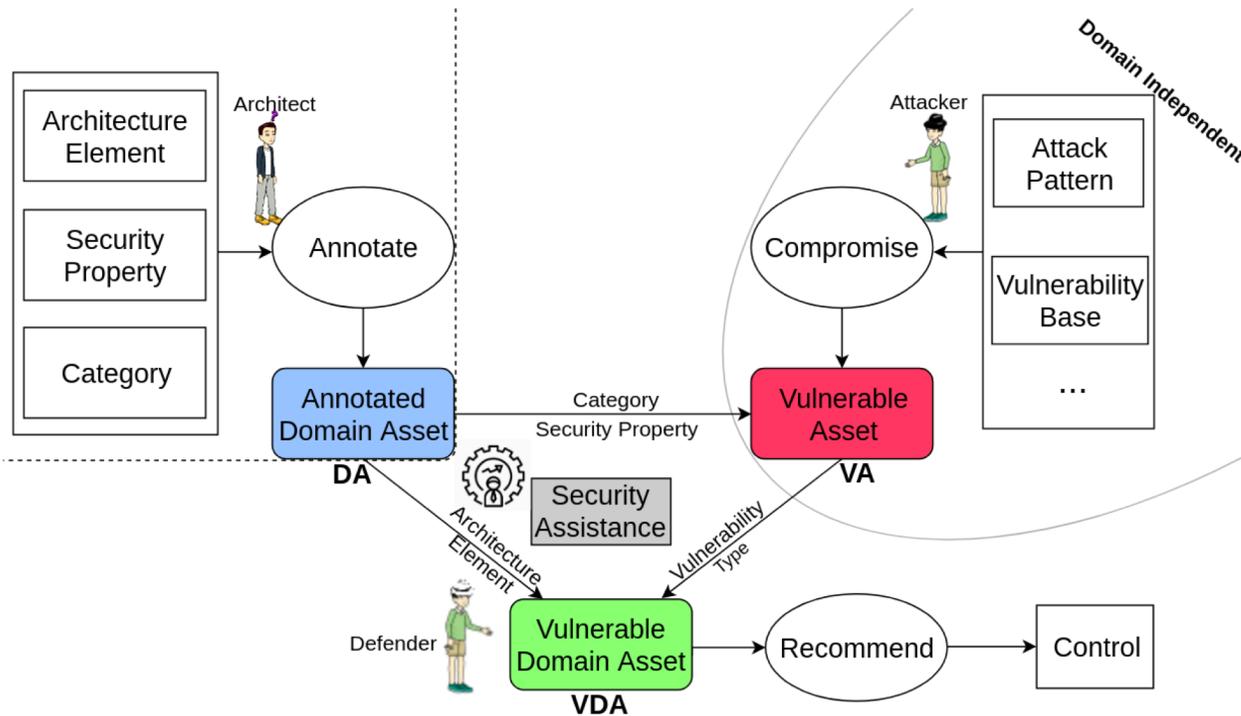
DÉFENSE



- **Domaine** : Sécurité par la conception, analyse des menaces
- **Constat** : Les méthodes d'analyse des menaces **manquent d'un support commun aux architectes et aux experts en sécurité**
- **Notre approche** : proposer une méthode permettant une **meilleure communication** entre architectes et experts en sécurité basée sur la **réification du concept d'asset**

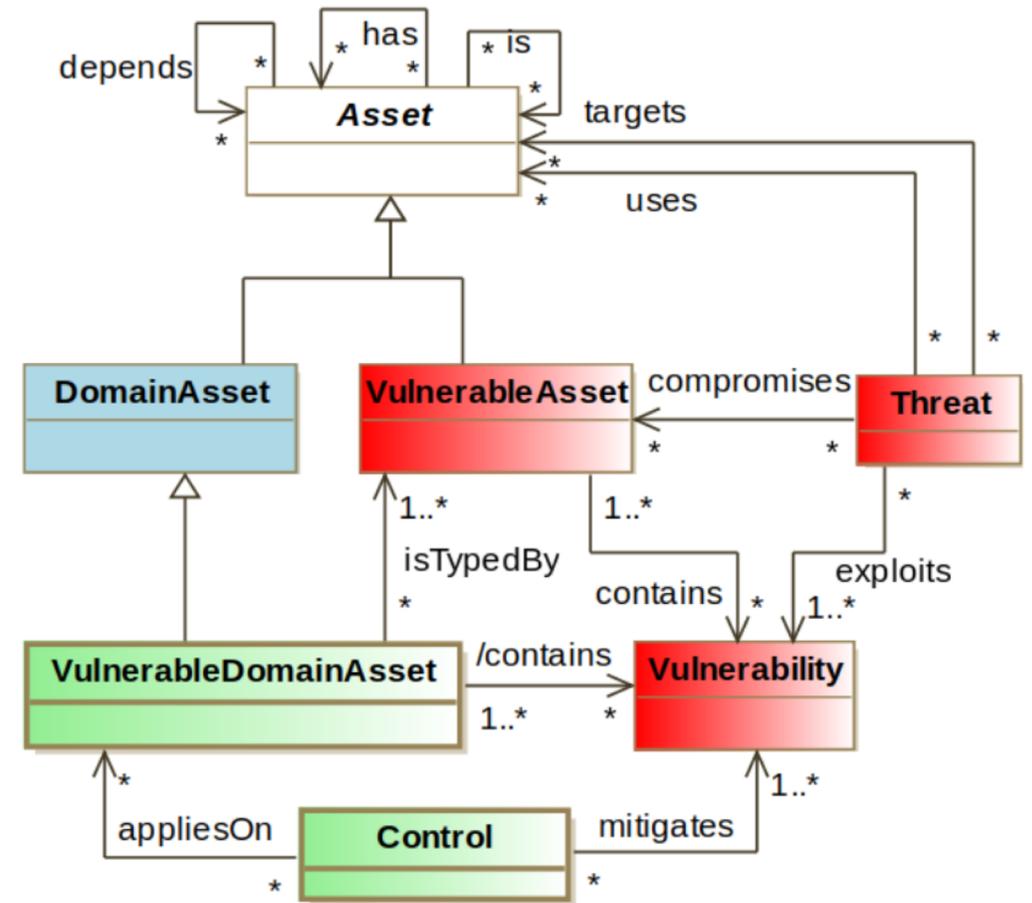


Un framework d'assistance à la sécurité basé « Asset »



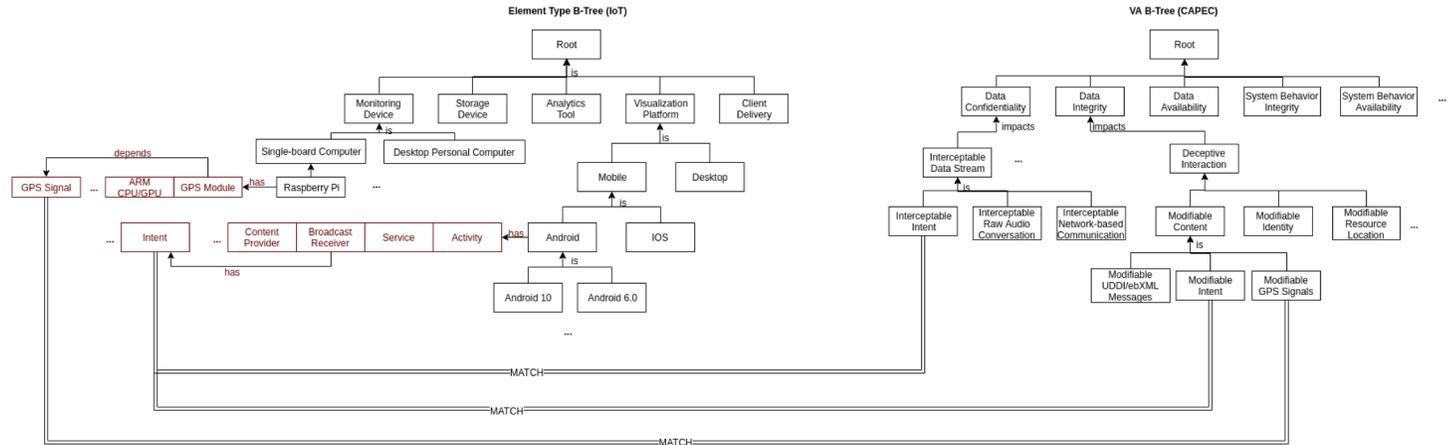
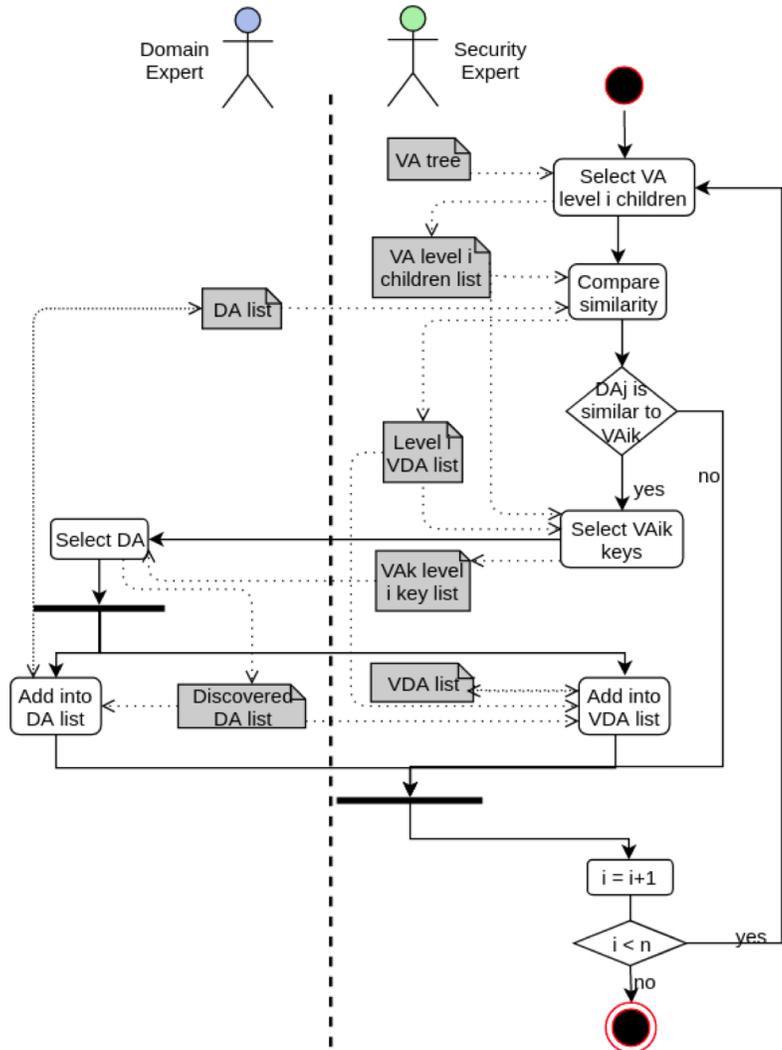
Démarche générale

Prise en compte des niveaux d'abstraction dans l'architecture



Réification du concept d'« Asset »

Un processus structuré d'aide à l'analyse de la menace



Thèse de doctorat

Nan Messe



Security by Design : An asset-based approach to bridge the gap between architects and security experts

Directeur : Régis Fleurquin

Encadrant : Nicolas Belloir, Vanea Chiprianov puis Jamal El Hachem

Soutenue le : 07/01/2021



[Messe et al., 2019] Messe, N., **Belloir, N.**, Chiprianov, V., Cherfa, I., Fleurquin, R., and Sadou, S. (2019). Development of Secure Systems of Systems Needing a Rapid Development. In Proceedings 14th IEEE System of Systems Engineering Conference (**SoSE 19**). IEEE.

[Messe et al., 2020a] Messe, N., Chiprianov, V., **Belloir, N.**, El Hachem, J., Fleurquin, R., and Sadou, S. (2020a). Asset-Oriented Threat Modeling. In The 19th IEEE International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (**TrustCom 2020**). IEEE. (**CORE A**)

[Messe et al., 2020b] Messe, N. , **Belloir, N.**, Chiprianov, V., El Hachem, J., Fleurquin, R., and Sadou, S. (2020b). An Asset-Based Assistance for Secure by Design. In The 27th Asia-Pacific Software Engineering Conference (**APSEC 2020**). IEEE-CS. (**CORE B**)

Itinéraire

DES MODÈLES POUR...



**SYSTÈME
LOGICIEL**



SYSTÈME COMPLEXE



SYSTÈME DE SYSTÈMES



SYSTÈME DE SYSTÈMES SOCIO-TECHNIQUE



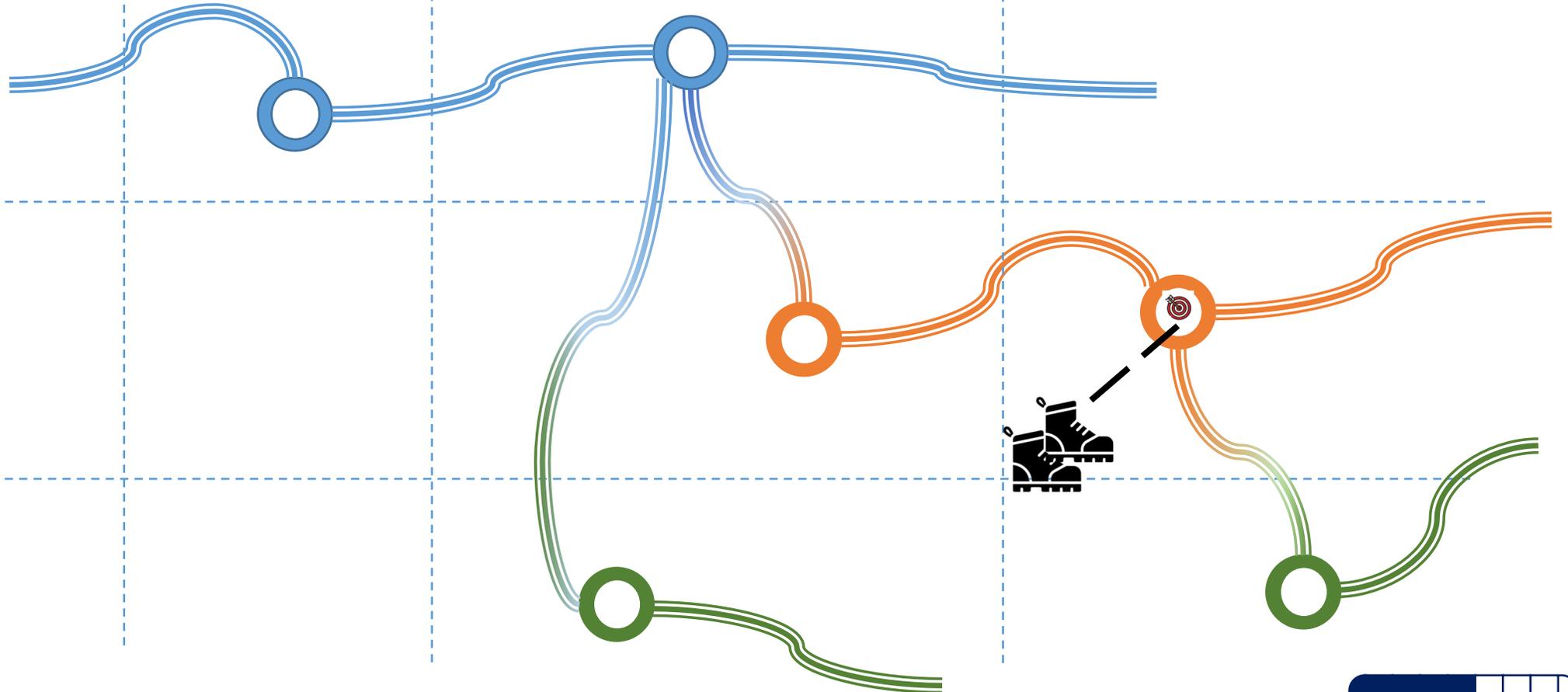
INGÉNIERIE



**SÉCURITÉ PAR
CONSTRUCTION**



DÉFENSE



Analyser la vulnérabilité humaine dans une architecture SoSTS

- **Domaine** : Sécurité par la conception, vulnérabilité humaine
- **Constat** : Le **premier succès tactique** de nombreuses attaques informatiques vient de l'**exploitation d'une vulnérabilité humaine**
- **Notre approche** : proposer une méthode visant à **détecter les risques d'exploitation d'une vulnérabilité humaine** dans l'architecture d'un système de systèmes sociotechnique

Personnel militaire : de la sextorsion au « sexpionnage » ?



Par Alexis Rapin
Chronique des nouvelles conflictualités

[Pour lire la version PDF](#)

Alors que de plus en plus de membres de forces armées à travers le monde recourent aux plateformes de rencontre pour pallier la solitude de la vie en caserne, les institutions militaires s'inquiètent : les fausses romances en ligne peuvent représenter un moyen de soutirer de l'information à valeur stratégique.

La géopolitique s'arrête-t-elle à la sphère intime ? Rien n'est moins sûr. À travers le monde, de plus en plus de forces armées s'inquiètent du fléau grandissant de la sextorsion, soit l'usage d'images ou de vidéos à caractère sexuel comme moyen de pression contre des individus. Entre autres craintes : que des puissances adverses en viennent à soutirer des informations sensibles à du personnel militaire par l'entremise de contenus intimes, par exemple obtenus via de fausses romances sur internet.

** Alexis Rapin, Personnel militaire : de la sextorsion au « sexpionnage » ?, Chronique des nouvelles conflictualités, Chaire Raoul-Danduran, 26/04/2022*

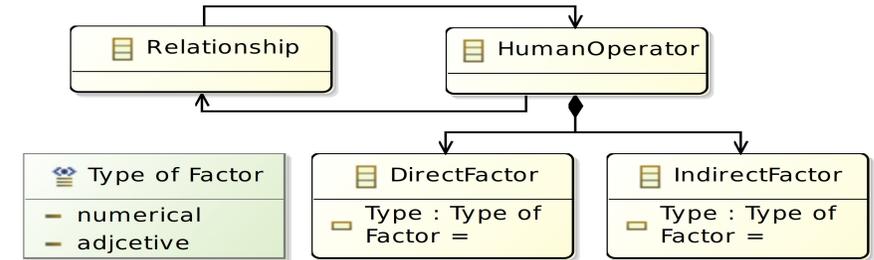


**H. I. Sutton, Positions of Two NATO Ships Were Falsified Near Russian Black Sea Naval Base, US Naval Institute, 21/06/2021*

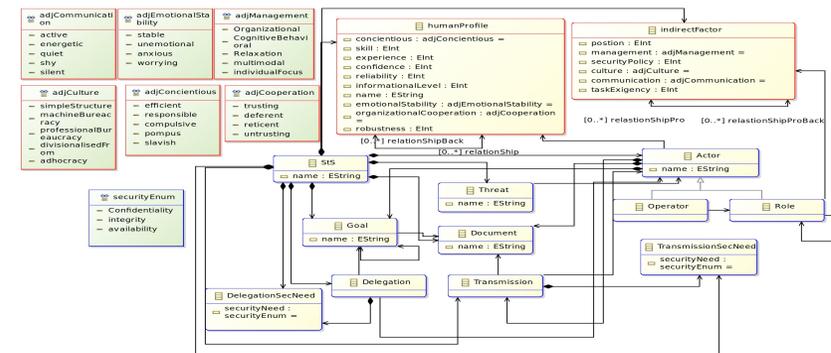
1) Caractériser l'humain

2) Identifier les propriétés

3) Créer un langage de modélisation



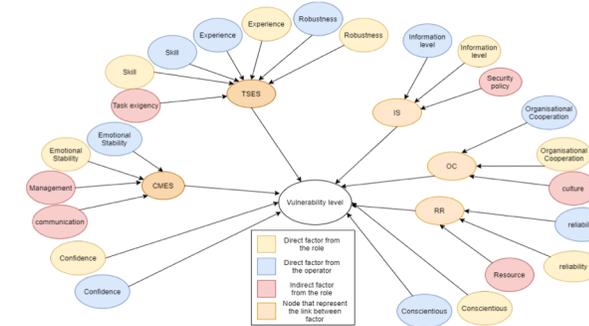
Example: Organizational Cooperation
[Trusting, Deferent, Reticent, Untrusting]
 An individual's ability to believe in the machine, and his or her motivation to establish good cooperation.



4) Définir un moyen d'analyser la vulnérabilité



Role				Actor	
Port Operator				Alice	
Direct factors		Indirect Factor		Direct factors	
Skill	3	Communication	active	Skill	1
Experience	2	Resources	2	Experience	2
Emotional Stability	stable	Security Policy	2	Emotional Stability	anxious



5) Evaluer les risques de propagation

A → B	Direct Link	Indirect Link
Objective delegation	impact(A) > 3 & vulnerability(A) > 3	N/A
Document transmission	impact(A) > 2 & vulnerability(A) > 2	N/A
Personal relationship	impact(A) > 2 & vulnerability(A) > 2 & CMES(B) ≠ Good	impact(A) > 2 & vulnerability(A) > 2 & CMES(B) ≠ Good

Thèse de doctorat

Paul Perrotin



Analyse de la vulnérabilité dans le
cadre des systèmes de systèmes
socio-techniques

Directeur : Salah Sadou,
Antoine Beugnard

Encadrant : Nicolas Belloir

Soutenue le : 14/12/2022



[Perrotin et al., 2020] Perrotin, P., Sadou, S., Hairion, D., and Beugnard, A. (2020). *Detecting human vulnerability in socio-technical systems: a naval case study*. In 2020 2nd Workshop of Secure MDE@MoDELS, MODELS (Companion) (**SecMDE@Models'22**), pages 56:1–56:8.

[Perrotin et al., 2022a] Perrotin, P., **Belloir, N.**, Sadou, S., Hairion, D., and Beugnard, A. (2022a). Hos-ML : Socio-Technical System ADL Dedicated to Human Vulnerability Identification. In 26th International Conference on Engineering of Complex Computer Systems (**ICECCS'22**), pages 1–6, Hiroshima City, Japan. (**CORE A**)

[Perrotin et al., 2022b] Perrotin, P., **Belloir, N.**, Sadou, S., Hairion, D., and Beugnard, A. (2022b). Using the architecture of Socio-Technical System to analyse its vulnerability. In 17th Annual System of Systems Engineering Conference (**SOSE'22**), pages 361–366.

Chemins de traverse

Les modèles dans l'univers de la Défense

Itinéraire

DES MODÈLES POUR...



**SYSTÈME
LOGICIEL**



SYSTÈME COMPLEXE



SYSTÈME DE SYSTÈMES



SYSTÈME DE SYSTÈMES SOCIO-TECHNIQUE



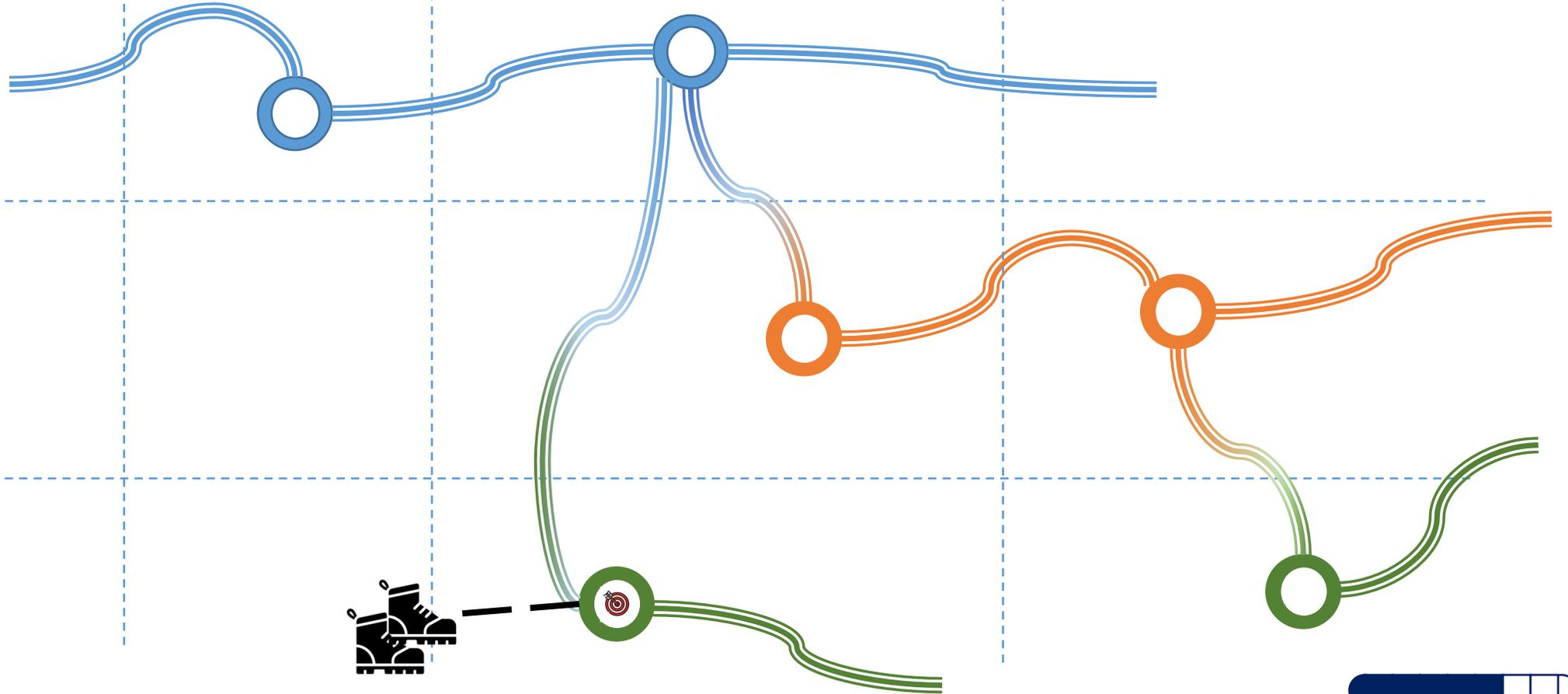
INGÉNIERIE



**SÉCURITÉ PAR
CONSTRUCTION**



DÉFENSE



- **Domaine** : Ingénierie de domaine, concept d'ordre
- **Constat** : Le concept d'ordre est largement supporté par **l'utilisation du langage naturel**. Rédaction des ordres d'opération longue et inutilisable par des machines. **Manque un socle commun**
- **Notre approche** : Définir un **métamodèle** pour offrir un **langage d'ordre** basé sur les modèles jouant le rôle de **socle commun**

0- ARTICULATION

PROTERRE Blue 40, organic with 3 groups (G1-G2-G3)

1- SITUATION

A. ENI

Global ENY: 2 infantry groups (10-12 peoples) equipped with ALI, AC (RPG). These groups are on the point "Carrefour de la Ranger" and "Grande Bosse". They want to destroy the platoon in the best case; else they want to slow us in our progress.

Initial ENY: Volume: 6 people ALI+AC Mission: Defend "Carrefour de la Ranger"
Location: "Carrefour de la Ranger" Duration: H+6h

Future ENY: Volume: 6 people ALI+AC Location: "Grande Bosse"

H1: (The most dangerous) Reinforce = 20 minutes after the first contact, this ENY could arrive by the West on the position "Carrefour de la Ranger" and help the initial ENY in order to destroy the platoon.

H2: (The less probable) Counter-attack= 20 minutes after the first contact, this ENY try to bypass our position in order to attack by the back

Complementary Threats: Mines
On the "Grande Bosse"

B. FRIENDS

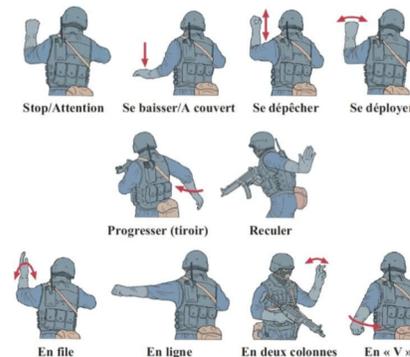
Mission of the company: Destroy simultaneously "Carrefour de la Ranger" - "Moulin de Coëtquidan" for 241000 able to cover North-West

1ere section: support Red 20 during the infiltration and the assault on "Carrefour de la Ranger" able to take the point 62

2eme section: infiltrate and assault on "Moulin de Coëtquidan" for 0730 able to hold this point to 1500



Ordre textuel



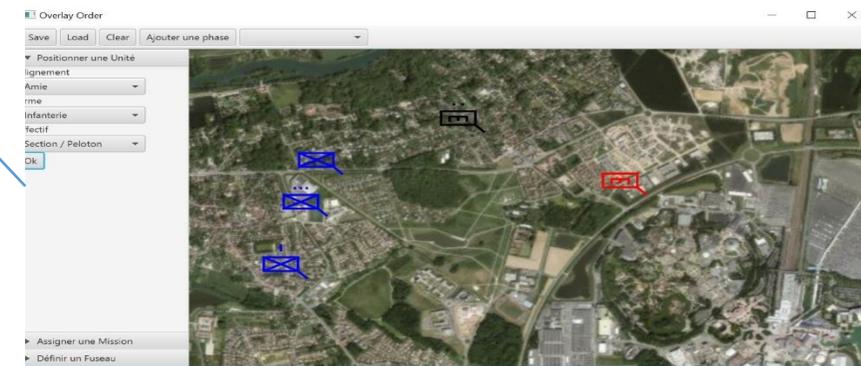
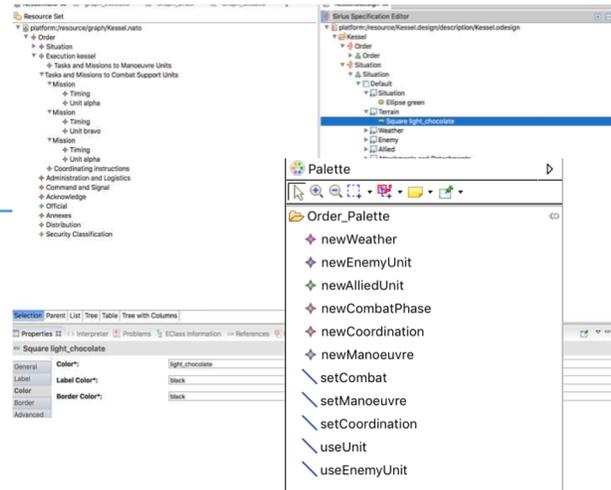
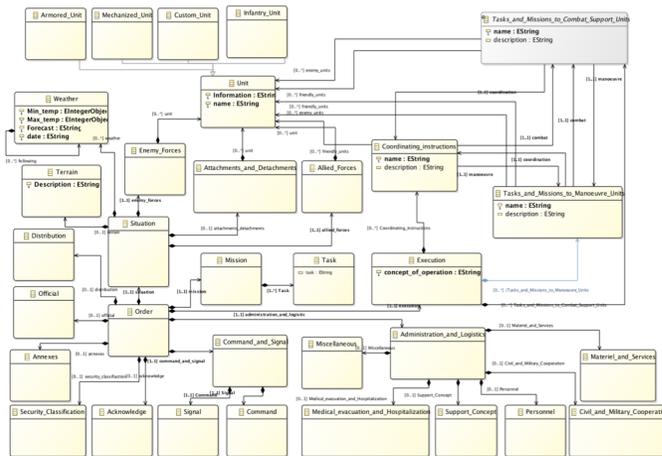
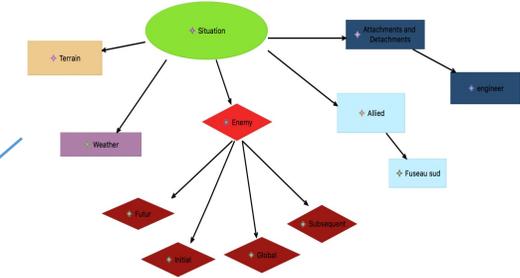
Ordre gestuel

Caisse à sable



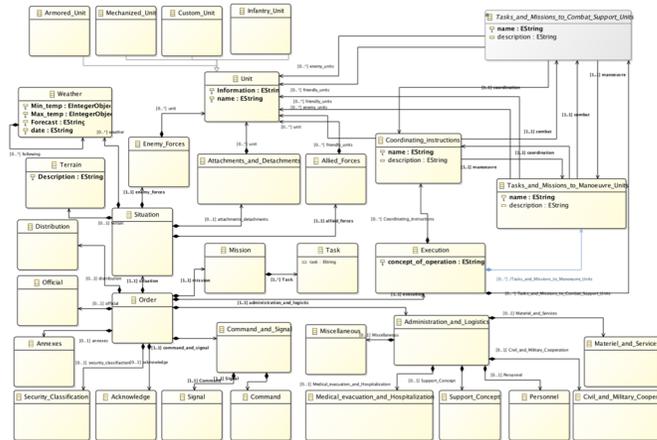
Ordre oral

OPORD-ML : un métamodèle d'ordre pour préparer la mission



Basé sur le STANAG 2014: Formats for Orders and Designation of Timings, Locations and Boundaries,”

OPORD-ML : un métamodèle d'ordre pour exécuter la mission



Ordres donnés via application et/ou geste transmis à un robot implémentant des ordres élémentaires - Utilisation de modèles comme socle de communication

Projet Collaboratif



Jérémy Buisson, Olivier
Bartheye et Lionel
Touseau

En cours



[Belloir et al., 2019] **Belloir, N.**, Buisson, J., and Bartheye, O. (2019). Metamodeling NATO Operation Orders : a proof-of-concept to deal with digitalization of the battlefield. In Proceedings 14th IEEE System of Systems Engineering Conference (**SoSE 2019**), pages 260–265. IEEE.

[Buisson et al., 2020] Buisson, J., **Belloir, N.**, and Mbeck, J. L. (2020). Digitalization in Next Generation C2 : Research Agenda from Model-Based Engineering Perspective. In Proceedings 15th IEEE System of Systems Engineering Conference (**SoSE 2020**), pages 243–248. IEEE.

[Belloir et al., 2022a] **Belloir, N.**, Buisson, J., and Touseau, L. (2022a). Model-driven engineering as the interface for tactical operation order of mixed robot/human platoons. In Developments and Advances in Defense and Security, proceedings of the 2021 Multidisciplinary International Conference of Research Applied to Defense and Security (**MICRADS 22**), pages 205–214, Singapore. Springer.

Itinéraire

DES MODÈLES POUR...



**SYSTÈME
LOGICIEL**



SYSTÈME COMPLEXE



SYSTÈME DE SYSTÈMES



SYSTÈME DE SYSTÈMES SOCIO-TECHNIQUE



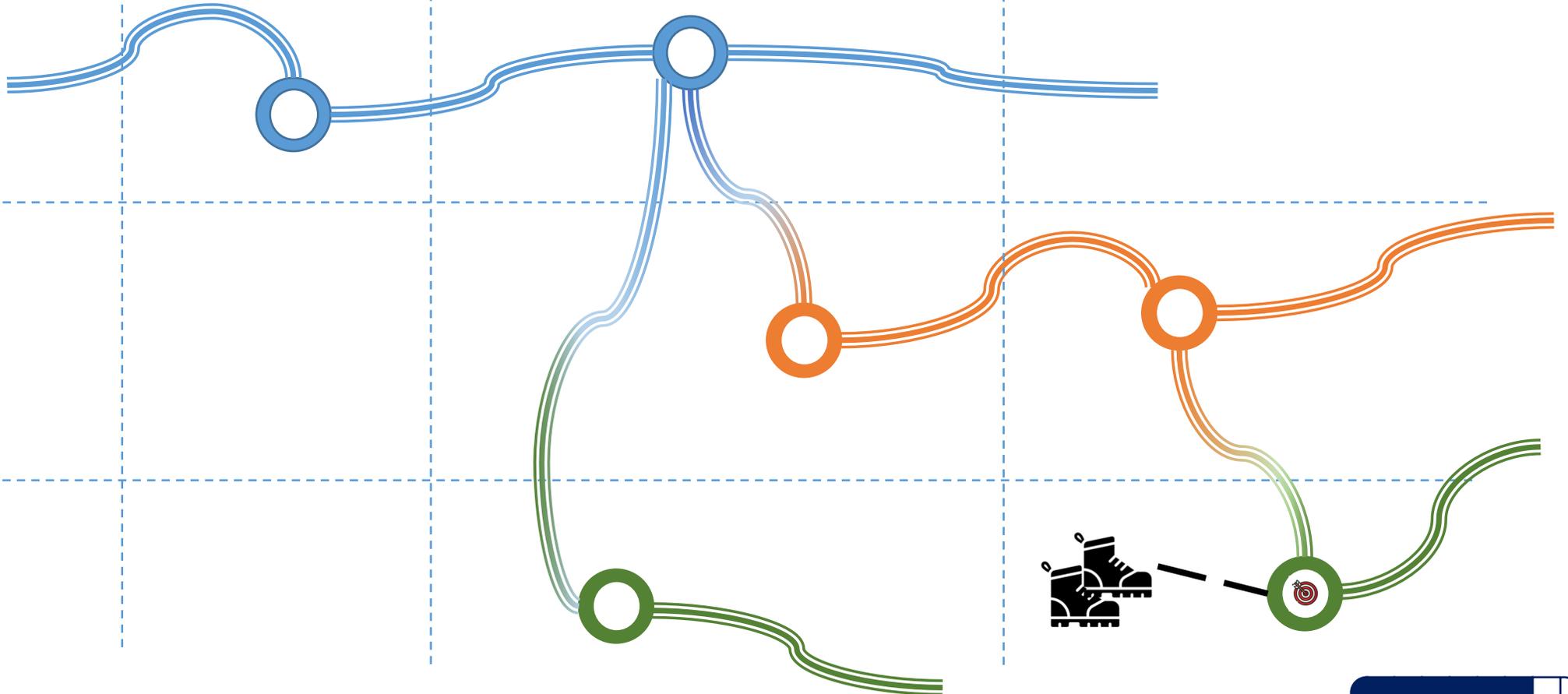
INGÉNIERIE



**SÉCURITÉ PAR
CONSTRUCTION**



DÉFENSE



- **Domaine** : lutte informatique d'influence (LII), Fake News
- **Constat** : existence de multiples approches pour détecter des Fake News (ML, ...)
 - Résultats non explicables
 - Problème de crédibilité
- **Notre approche** : proposer une caractérisation conceptuelle du concept de Fake News
 - Si une nouvelle peut être une instance du modèle conceptuel, alors c'est une Fake News*



Objectif : **Faire changer d'avis sur un sujet** une personne ou un groupe de personne.

Partie d'une campagne de désinformation



Empty hospital beds. Stock photo from Unsplash

OSLO
Norway reclassifies Covid-19: No more dangerous than ordinary flu
Covid-19 is treated in the mass media as a very dangerous disease in the face of which mass vaccination and severe restrictions for the whole society are applauded despite few deaths beyond the risk groups. But in Norway, it has now been decided to treat it like other respiratory diseases, such as influenza or the cold virus, because according to the Norwegian Institute of Public Health it is no longer more dangerous than these.



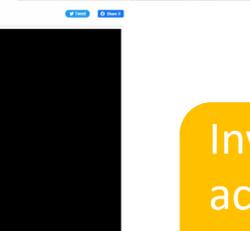
Other operations are being conducted



200 Stranded Marines Needed A Plan To Ride Home, Here's How Donald Trump Responded



4:17 PM · Nov 22, 2020 · 154 Retweets · 162 Likes



FAKE NEWS

Distorsion entre des faits réels et des faits faux

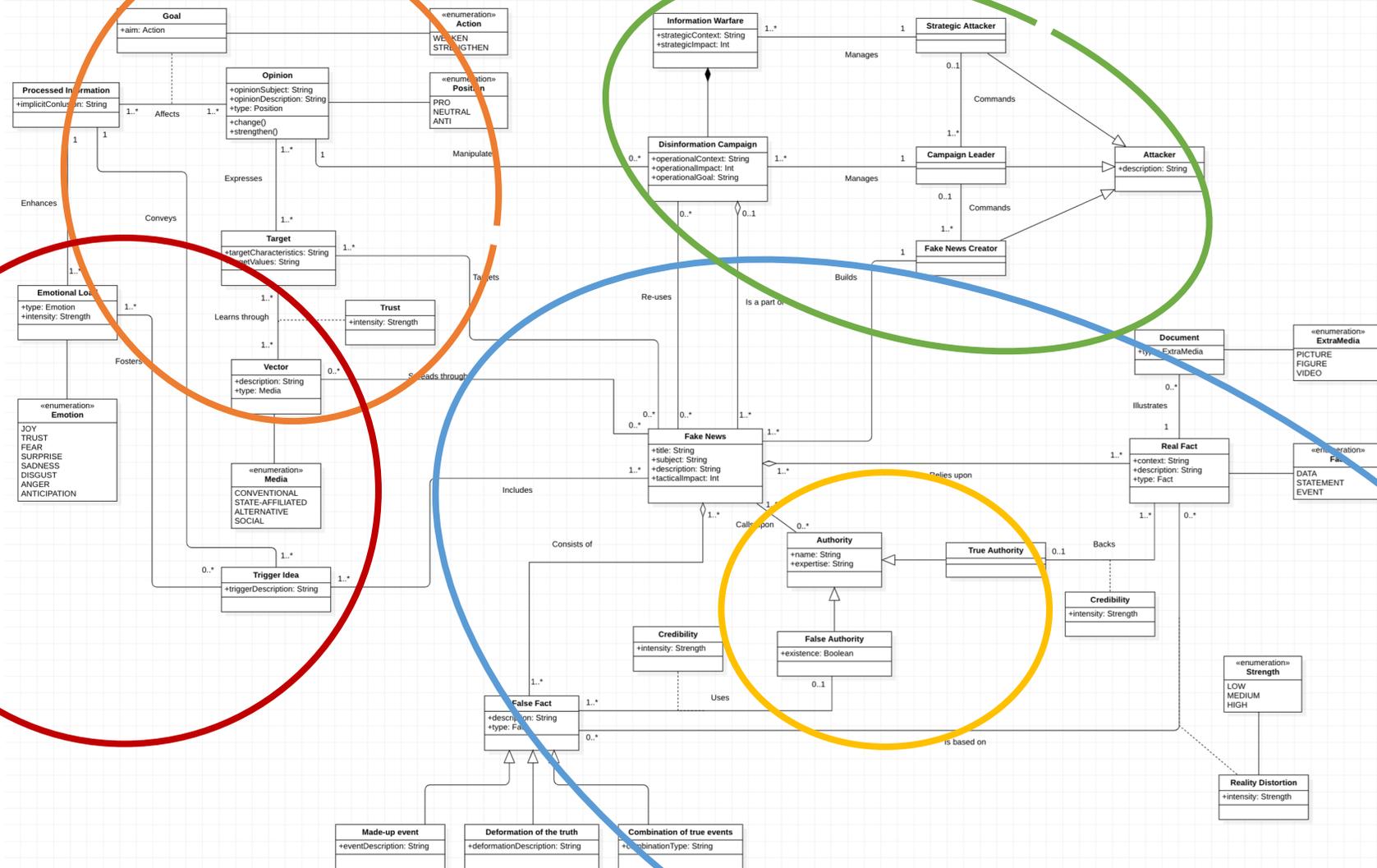
Influencer l'opinion d'une cible en générant une charge émotionnelle

Invoquer une autorité pour accroître la crédibilité d'une Fake News

Notre définition

Une Fake News est une nouvelle fausse mais vérifiable, composée de faux faits basés sur des faits réels. Rédigée de manière à déclencher une charge émotionnelle, elle vise à tromper ses lecteurs et à influencer leur opinion par le biais d'une conclusion implicite.

Un modèle conceptuel de Fake News



Projet Collaboratif



Wassila Ouerdane et Oscar
Pastor

En cours



[Belloir et al., 2022b] **Belloir, N.**, Ouerdane, W., and Pastor, O. (2022b). Characterizing fake news : A conceptual modeling-based approach. In 2022 41th International Conference on Conceptual Modeling (**ER'22**), pages 115–129. (**CORE A**)

[Belloir et al., 2022c] **Belloir, N.**, Ouerdane, W., Pastor, O., Frugier, É., and de Barmon, L.-A. (2022c). A conceptual characterization of fake news : A positioning paper. In Guizzardi, R., Ralyté, J., and Franch, X., editors, Research Challenges in Information Science (**RCIS'22**), pages 662–669, Cham. Springer International Publishing. (**CORE B**, Short Paper, **Best Forum Paper Award**)

[Limonier et al. 2023] Kevin Limonier, **Nicolas Belloir**, Didier Danet, Saïd Haddad, Julien Nocetti, and Stéphane Taillat. Cognitive Security: from FIMI threats analysis to cognitive security policy. Technical report, **European Union External Action/STRATCOM**, 2023.

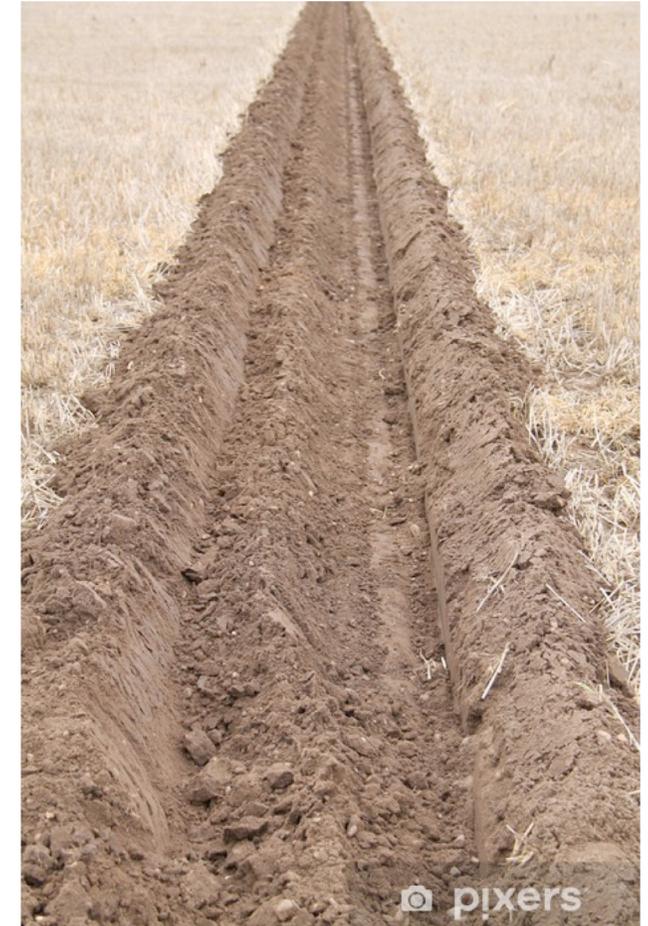
Au bout des chemins

Conclusion



En quelques mots

- Une démarche de recherche plutôt en **largeur** qu'en profondeur
 - Trois axes
 - 1) ingénierie « traditionnelle »
 - 2) sécurité par construction
 - 3) univers de la Défense
- Proposant
 - des approches d'**ingénierie basées sur les modèles**
 - à **tout type de systèmes**
- Dans un esprit **transdisciplinaire et collaboratif**



2018-2022	<i>Paul Perrotin</i>	33%	Enc.	Chaire Cyber des Systèmes Navals	Chercheur DGA
2016-2022	<i>Imane Cherfa</i>	50%	Enc.	Mi-temps en co-tutelle, Enseignante à l'Université de Blida 1, Algérie	MCF Université Blida 1
2017-2021	<i>Nan Messe</i>	33%	Enc.	Pôle Excellence Cyber	MCF, Université Toulouse - Jean Jaures
2009-2013	<i>Manzoor Ahmad</i>	25%	Enc.	Gouvernement Pakistan	Enseignant contractuel (CDI) - UPPA
2008-2011	<i>Youssef Ridene</i>	33%	Enc.	CIFRE Néomades	Senior Software Manager, Amazon Web Services
2007-2010 abandon	<i>Natacha Hoang</i>	50%	Enc.	Bourse aggro. pa-loise	Ingénieur d'études

Bilan collaborations

PÔLE D'EXCELLENCE
CYBER



NEOMADES



NAVAL
GROUP



PAU BÉARN
PYRÉNÉES
Communauté d'Agglomération

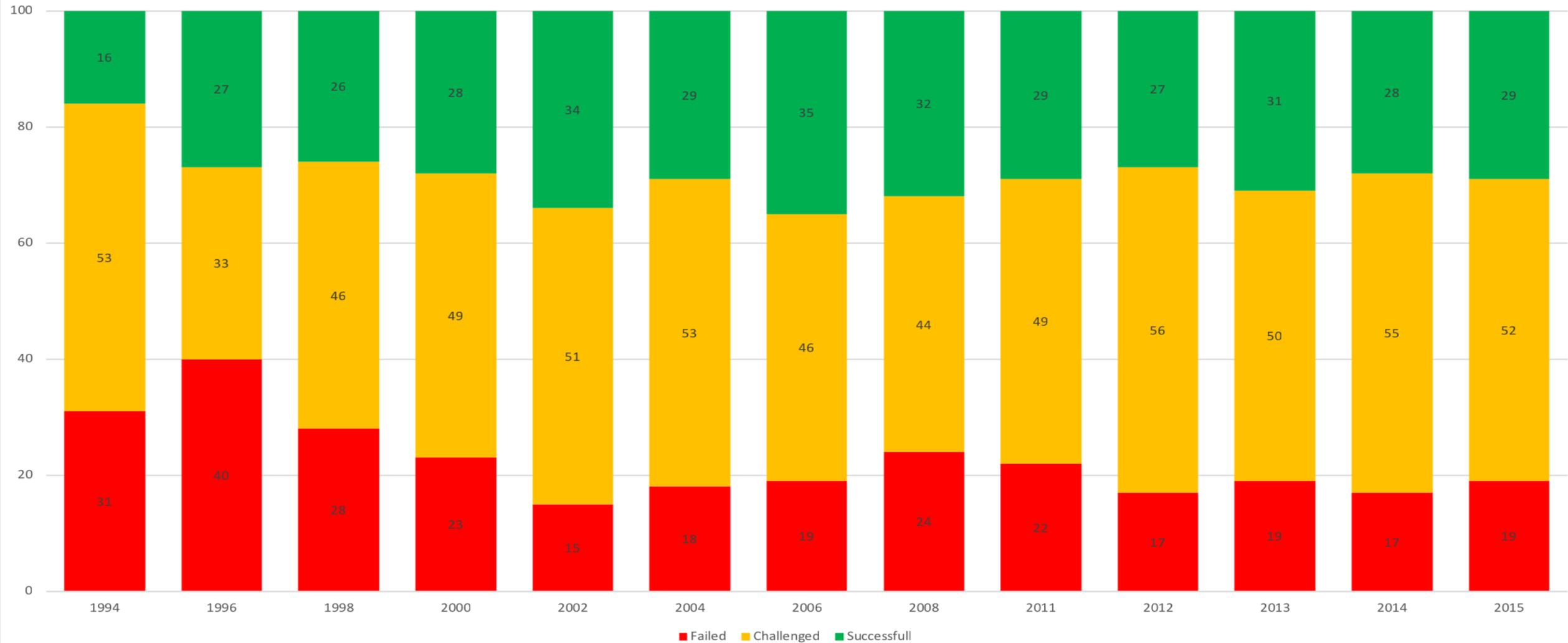


**MINISTÈRE
DES ARMÉES**
*Liberté
Égalité
Fraternité*



THALES

Nos techniques d'ingénierie sont-elles suffisamment matures?



Continuons la route

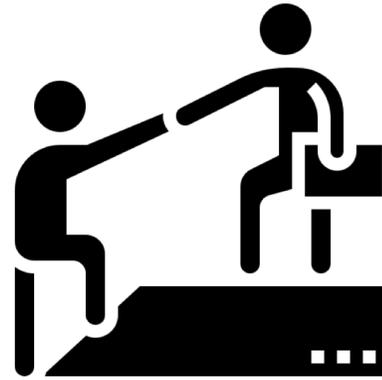
Perspectives



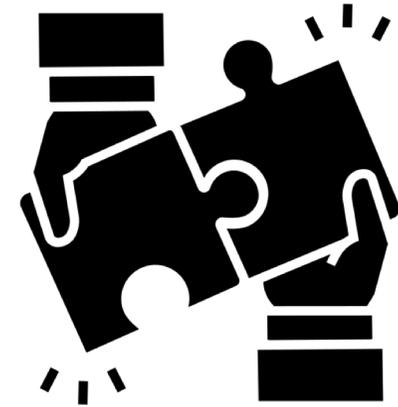
Objectifs



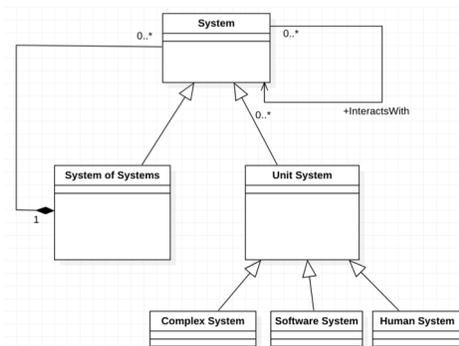
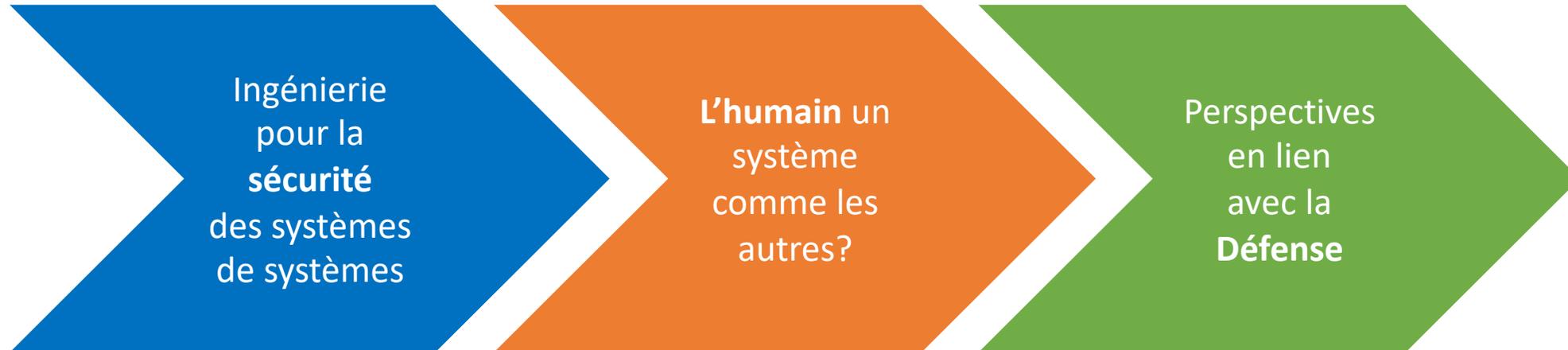
Accroître la **qualité**
des publications



Prendre des **responsabilités**
plus larges



Monter des **projets**
collaboratifs



Cybersécurité et SoS : un constat

Parmi les dix vulnérabilités les plus utilisées dans le cadre de cyberattaques en 2022, “ certaines [...] sont corrigées depuis 2021 ”

ANSSI, Panorama de la cybermenace 2022, CERTFR-2023-CTI-001, <https://www.cert.ssi.gouv.fr/cti/CERTFR-2023-CTI-001/>, février 2023.

→ LISTE DES VULNÉRABILITÉS
LES PLUS EXPLOITÉES DANS LES INCIDENTS
TRAITÉS PAR OU RAPPORTÉS À L'ANSSI EN 2022.

ANSSI		
CVE	ÉDITEUR	RÉFÉRENCE CERT-FR
CVE-2021-34473	MICROSOFT EXCHANGE	CERTFR-2021-ALE-017
CVE-2021-44228	APACHE	CERTFR-2021-ALE-022
CVE-2022-26134	CONFLUENCE	CERTFR-2022-ALE-006
CVE-2022-35914	GLPI	CERTFR-2022-ALE-010
CVE-2022-27925	ZIMBRA	CERTFR-2022-AVI-736
CVE-2022-41040 CVE-2022-41082	MICROSOFT EXCHANGE	CERTFR-2022-ALE-008
CVE-2021-26855	MICROSOFT EXCHANGE	CERTFR-2021-ALE-004
CVE-2021-31207 CVE-2021-34523	MICROSOFT EXCHANGE	CERTFR-2021-ALE-017
CVE-2022-22954	VMWARE WORKSPACEONE	CERTFR-2022-AVI-318
CVE-2021-34527	MICROSOFT WINDOWS	CERTFR-2021-ALE-014

Sous-évaluation du risque Cyber dans les processus d'ingénierie

« Pour la sécurité, on verra plus tard »

[conversation avec le chef de projet d'un système d'arme critique utilisé opérationnellement, 2023]

Les systèmes de systèmes sont particulièrement sensibles

L'indépendance managériale et opérationnelle augmente le risques

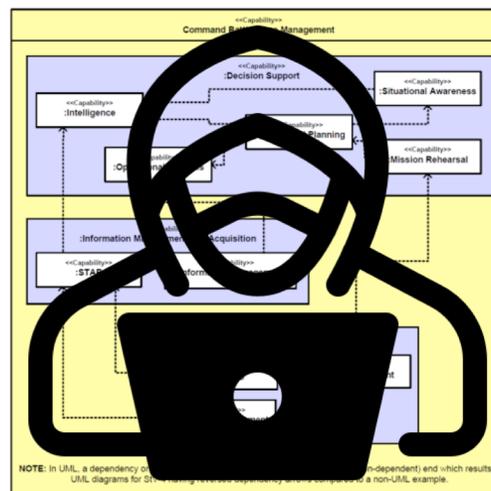
Comportement **émergent** source de vulnérabilité

Ingénierie pour la sécurité des systèmes de systèmes (2/4)

Renforcer le lien entre experts en sécurité et architectes

Lien avec les **objectifs opérationnels** du système et **objectif de l'attaquant**

Capability View et Operationnal View de Nato Architecture Framework (NAF)



Anticiper l'émergence de **vulnérabilités non désirées**

Travaux de Rymel Benabidallah (simulation)

Penser les attaques **multi-niveaux**

Techniques et opérationnelles

Intégrer la sécurité au plus tôt dans le cycle de vie des SoS

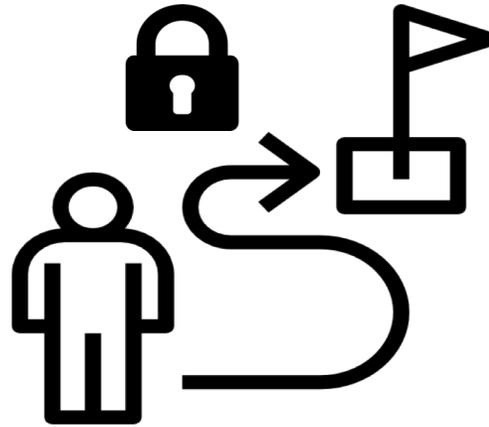
1 thèse
débutée en
janvier 2023

Développer la prise en compte de la sécurité dans l'ingénierie orientée mission

Lien avec les travaux précédents sur le niveau **capacitaire**

Gestion de la sécurité sur le temps **long**

Quid de l'évolution?



Intégrer les concepts de **sécurité** dans une mission

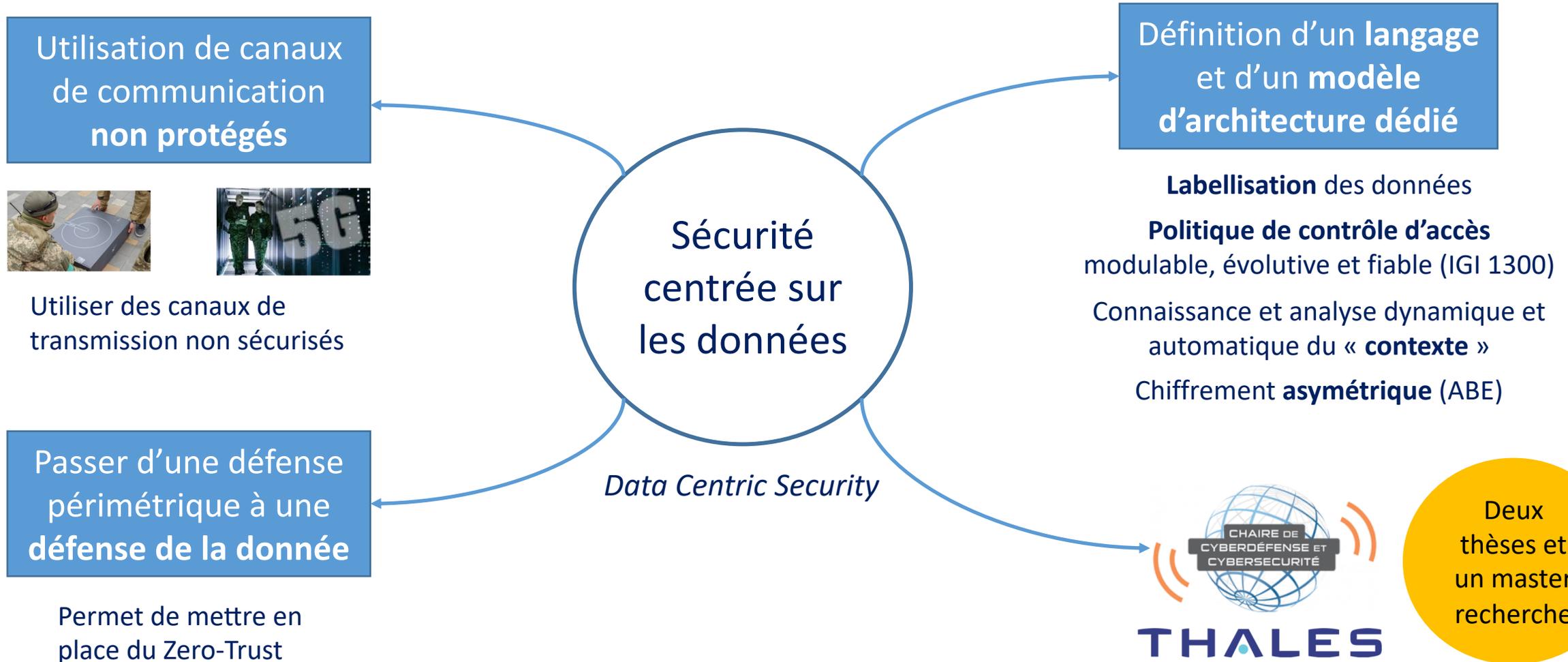
Niveau de détail dans les propriétés

Quelle **granularité** (mission, sous-mission, activité, ...)?

Application sur les architectures abstraites/concrète

Comment **vérifier**?

Vers une architecture soutenant une approche de sécurité centrée sur les données



L'humain, un système comme les autres?

Intégrer l'humain comme partie intégrante d'un système



« ... There are benefits in shifting this view by **bringing humans into an architectural design as first-class entities** ... to better exploit human-system synergies ».

Davis Garlan « Humanizing Software Architecture », ECSA 22

Aller au-delà de la sécurité

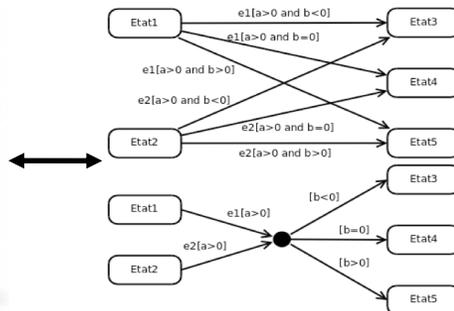
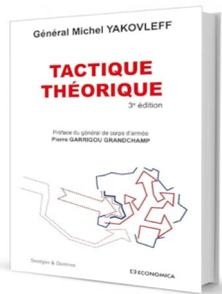
(Identifier/formaliser/catégoriser
les propriétés « **utiles** » caractérisant l'humain)

Un
chercheur
DGA à mi-
temps sur le
projet

Utilisation de l'IDM pour la notion d'ordre

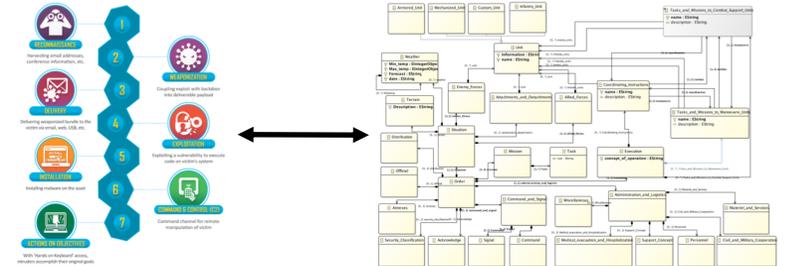
Prise en compte des **patrons tactiques**

Simulation numérique / Suivi en temps réel
Model@runtime



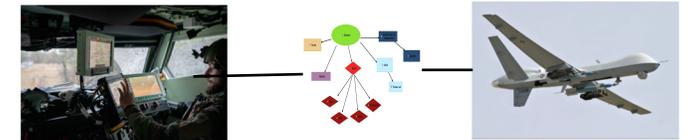
Gestion des ordres hybrides

Ordres dans la **guerre hybride**
Intégration des ordres cinétiques et cybers



Liaison directe ordre système d'arme via modèles

Rapidité



Vers une coloration « cyberdéfense » basée sur les modèles

Lutte Informatique d'Influence

Approche outillée basée
modèles pour la détection
d'attaques informationnelles

Traitement d'un ensemble
de Fake News

1 thèse
débutée en
novembre
2022
(UBS)



The screenshot shows a social media post from 'Jerusalem.be' featuring a video of Donald Trump with the caption 'Le QI de Donald Trump, à 156, le classe dans les présidents les plus intelligents des États-Unis'. Below it is a tweet from 'Dia Diarra @DiaDiarra6' with a video of bodies and the text 'Une vidéo qui montre des corps sans vie près de la base à #Gossi. Pour ceux qui ont des doutes. #Mali'. A blue arrow points from the tweet to the Trump video, and another points from the Trump video to the bodies video. A large blue arrow at the bottom points right with the text 'Attaque informationnelle?'.

Création d'un observatoire
(interdisciplinaire) de
l'influence et de la
désinformation

Identification de nouvelles
vulnérabilités

Là où il est question de gros sous

Perspective	Sous-Perspective	Financement	Durée	Période
Ingénierie pour la sécurité	Renforcer le lien entre experts en sécurité et architectes	Thèse de de Jesus Antonio Sanchez Ramos - Financement Pôle d'Excellence Cyber (DGA)	3 ans	01/2023 12/2026
	Security for Mission Engineering	<i>Non encore financé</i>	?	
	Data Centric Security	Chaire " Cyberdéfense - Cybersécurité " St Cyr Thales	4 ans	01/2023 12/2027
L'humain un système comme un autre	Lien opérateur humain - Système	chercheur DGA à mi-temps	2 ans (renouvelable)	09/2023 08/2025
Applicatifs militaires	IDM4Mili	<i>Non encore financé</i>	?	
	LII et guerre informationnelle	Thèse Angélique Yameogo (financement UBS)	3 ans	12/2022 11/2025

Merci de votre attention!

DES MODÈLES POUR...



**SYSTÈME
LOGICIEL**



SYSTÈME COMPLEXE



SYSTÈME DE SYSTÈMES



SYSTÈME DE SYSTÈMES SOCIO-TECHNIQUE



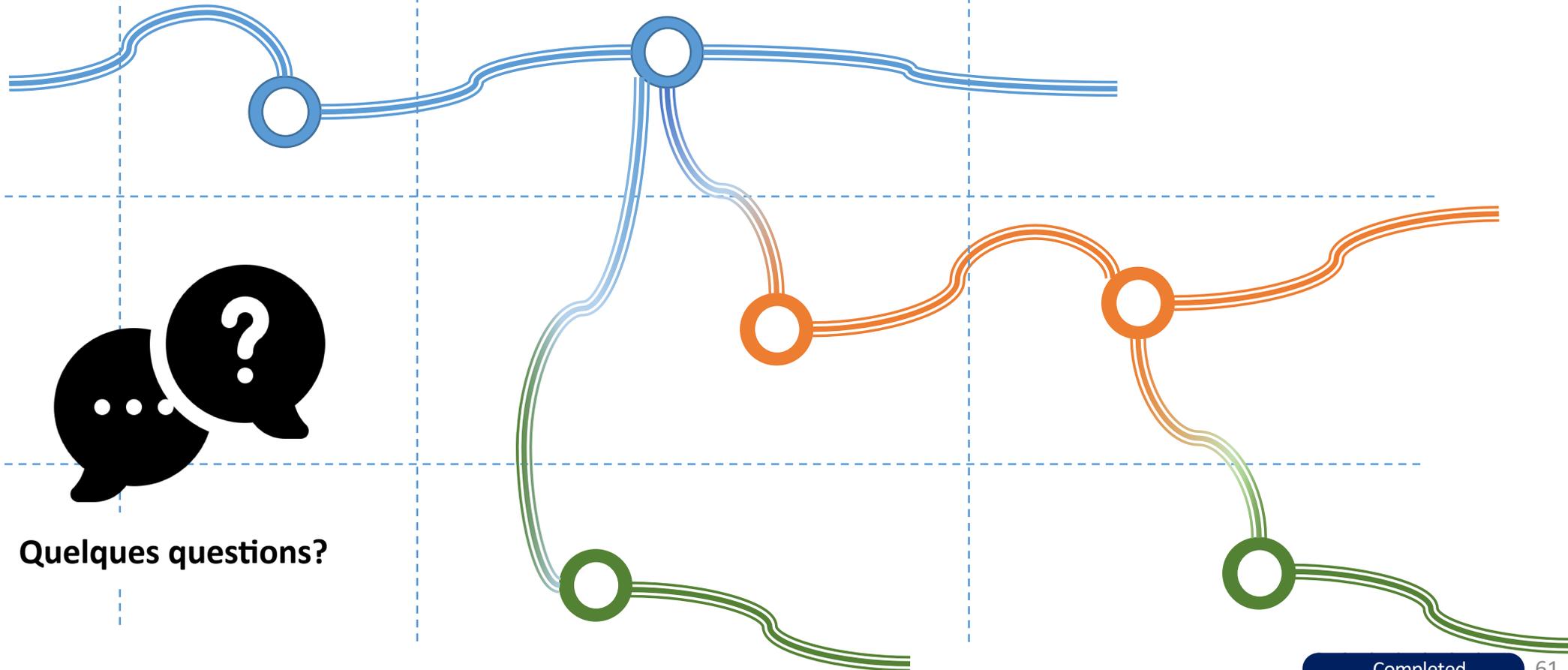
INGÉNIERIE



**SÉCURITÉ PAR
CONSTRUCTION**



DÉFENSE



Annexes