

Sujet de Master : Méthodologie d'Ingénierie Système de Jumeau Numérique

Descriptif du sujet :

Un jumeau numérique (JN) peut être défini comme une représentation virtuelle d'un objet, d'un système ou d'un processus physique, capable de capter des informations de son double physique, d'apprendre, de prendre des décisions et de s'adapter à son environnement de manière autonome [1]. Concept majeur de l'industrie du futur, le JN est devenu progressivement un objet d'étude important au sein du département Modélisation, Pilotage et Sécurité des systèmes Industriels (MPSI) du CRAN CNRS UMR 7039, Université de Lorraine. Il est traité selon des aspects variés et des domaines d'applications multiples (productique, maintenance, réseau)

Concevoir le JN est une tâche complexe du fait de la spécification et l'évaluation de l'architecture, de l'implémentation de celle-ci et de la vérification&validation de celle-ci par rapport aux besoins initiaux. La littérature cite de nombreux articles proposant des architectures de référence génériques pour les jumeaux de systèmes industriels (i.e. 5C, CP2S, DTDL-C2PS) [2], ainsi qu'un standard [3]. Il existe aussi des démarches de conception réputées génériques (4R DT Framework [4]). Cependant, ces démarches sont le plus souvent non outillées et ne proposent pas de méthodologie et de modélisation adéquate pour assurer l'ensemble du cycle de développement du jumeau. En effet, comme le soulève [2], l'évolution du JN tout au long de ses différentes phases de vie n'est pas abordé dans la littérature. Peu de travaux s'intéresse à l'ingénierie système basée sur les modèles (MBSE – Model Based Systems Engineering), alors même que nous considérons cette approche comme fondamentale pour le développement de JN, qui est un système complexe aussi bien par les expertises qui sont mises en œuvre que par la diversité des interactions internes et externes au jumeau numérique.

L'objectif de ce master est donc de s'intéresser à l'applicabilité de l'ingénierie système à la conception d'un jumeau numérique, en s'attaquant aux questions de recherche suivantes :

1. Le jumeau numérique nécessite-t-il une méthode d'ingénierie système spécifique ?
2. Existe-t-il des invariants de modélisations, des patrons MBSE pour la conception d'un JN ?
3. Comment Les phases de vie du JN s'intègrent, interagissent avec les autres phases de vie du système physique et son support réseau ?

Une étude bibliographique viendra initier les réflexions autour de ces 3 questions de recherche, pour identifier les travaux du domaine traitant d'applications de l'ingénierie système basée sur les modèles aux JNs.

A partir de la synthèse de l'état de l'art, une méthodologie de conception du JN sera proposée via des patrons de modélisation et une approche itérative s'inscrivant dans une démarche générale MBSE.

Une application sur la plateforme ProGreSS du CRAN hébergée à l'AIPL sera menée en parallèle de ces travaux de recherche, afin d'aboutir à un jumeau numérique exploitable sur une partie de la plateforme.

Financement : Bourse de Master (CNES)

Début du stage : 17/03/2025

Encadrants : Pascale Marangé, Alexis Aubry, William Derigent