

Définition et Évaluation d'un indice de confiance multicritère de l'exactitude d'un Jumeau Numérique

I. Généralités

1.1. Contexte

Le Jumeau Numérique est un concept, généralisant la notion de Maquette Numérique, qui propose une modélisation, dans un environnement numérique, d'un objet, système ou processus du monde physique, appelé le Jumeau Physique [Grievés 2005], [Grievés 2015], [Fei et al. 2018]. Le modèle et l'objet étant représentatif l'un de l'autre. Les applications visées sont multiples dans les cadres de la supervision ou du pilotage [Cimino et al. 2019].

Si le JN est considéré comme un concept clef de la transition numérique des entreprises (manufacturières, gestionnaires d'infrastructures ...) et des institutions (hôpitaux), il reste couteux à mettre en place et doit donc être utilisé par tous les acteurs et actrices concernés pour être rentabilisé. Dans ce cadre, la confiance de l'utilisateur envers celui-ci doit donc être établie¹. En effet, un JN dans lequel les utilisateurs n'auraient pas confiance serait inutile, voire contre-productif.

Le concept de confiance est déjà bien étudié dans le cadre d'applications de gestion de scénarios de type « What-if ? » [Pires et al. 2023]. Dans ceux-ci, le JN est construit à l'aide de modèles comportementaux permettant la simulation d'événements pour prévoir ses réactions. Dans ce cas, de nombreux collègues travaillent sur la confiance envers le « recommandation systems » à l'instar de ce que l'on faisait avec les systèmes experts dans les années 90. Les verrous étudiés sont alors les problèmes liés à l'initialisation du modèle (Cold Start) [Son 2016], le manque de données [Reshma et al 2016] et la qualité des prédictions [Meyer 2012]. Des travaux ont été menés pour améliorer la confiance vis-à-vis du modèle ou du système de recommandation [Pires et al. 2023].

En revanche, dans le cas de JN construits à base de modèles relationnels (nomenclatures, graphes, tables ...), le concept de confiance n'est pas aussi débattu [Issa 2023]. Ce type de JN est utilisé par les manufacturiers (SCP, Systèmes de production, Systèmes complexes ...) et les Gestionnaires d'infrastructures (de transport, bâtimentaires et patrimoniales ...) afin de faire de la Gestion d'Actifs (Assets Management) et de planifier leurs évolutions tout au long de leur cycle de vie (travaux de maintenance, mise à niveau technologique ...) [Issa 2023]. Ici, ce n'est pas tant le problème de confiance vis-à-vis du modèle qui est intéressant mais plutôt celui de la confiance vis-à-vis des données. En effet, l'exactitude de la représentativité du JN par rapport au JP est importante et influe sur la confiance d'un utilisateur envers celui-ci. Or, la représentativité est, à son tour, liée aux données qui permettent d'alimenter les modèles qui constituent le JN. Par conséquent, la confiance en la représentativité du JN est liée à la confiance en les données (sont-elles à jour ? sont-elles compréhensibles ? sont-elles complètes ? ont-elles été corrompues ? ...). Ces questions ont été étudiées par la communauté scientifique depuis de nombreuses années et sont liées à la numérisation des activités

¹ Comme le démontre l'initiative Confiance.ai (<https://www.confiance.ai>), consortium d'entreprises et d'institutions académiques soulignant l'importance de la confiance dans les systèmes à base d'IA.

économiques et à l'essor d'Internet [Abdul-Raham et al 1998] et ont même fait l'objet d'une intention particulière du département de la défense US dès 1985 [DoD 1985]. Il y a donc de nombreuses réponses qui ont été apportées à ces questions, telle que la Blockchain, la certification des données ... [Geisler et al. 2003].

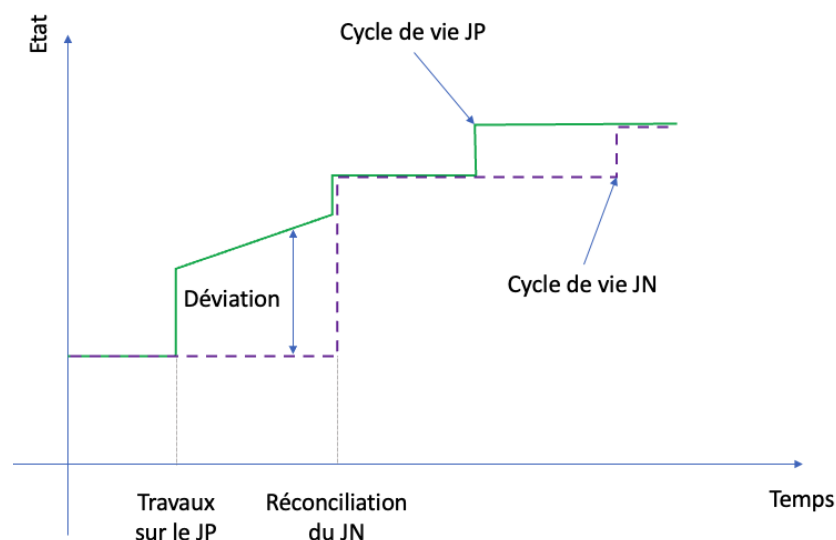
Néanmoins, il manque, dans la littérature, une métrique qui permettrait d'évaluer spécifiquement l'exactitude de la représentativité du JN et donc indirectement la confiance qu'un utilisateur pourrait avoir dans le JN au moment de planifier une évolution du JP, en fonction du scénario d'évolution envisagé.

Cette métrique permettant de qualifier l'exactitude de la représentation est le sujet d'étude proposé dans le cadre de cette demande de financement de thèse de doctorat.

1.2. *Sujet*

Mots clefs : Cycle de vie, hétérogénéité des données, métadonnées, ontologie de création de connaissances, modèles relationnels.

Le travail de thèse aura pour ambition de définir et d'évaluer une métrique de confiance qui sera fonction de l'exactitude de représentation du Jumeau Numérique (JN) par rapport au Jumeau Physique (JP). Comme nous pouvons le voir sur la figure ci-après, une déviation peut apparaître car les cycles de vie du JN et du JP évoluent parallèlement. D'un côté (JP), il y a des travaux/évolutions, prévus ou non, documentés ou non par une remontée d'information dans le JN et, de l'autre (JN), une mise à jour fréquentielle ou événementielle, automatique ou manuelle des données, en amont ou en aval des évolutions du JP. Cette déviation devra être étudiée.



Notre hypothèse de travail est que cette déviation peut être soupçonnée et/ou constatée par l'apparition de valeurs différentes pour une même donnée dans des sources documentaires redondantes. En effet, ces sources redondantes décrivent tout ou partie du JP et contiennent les informations qui permettent d'instancier le JN. Elles proviennent de différentes phases du cycle de vie du système (conception, fabrication, maintenance ...) et peuvent être de natures

et de formes hétérogènes (Rapports textuels, modèles 2D/3D, modèles mathématiques, photographie ...).

La déviation devra être identifiée et évaluée. Pour cela, il est possible d'imaginer l'utilisation de la théorie des graphes pour naviguer dans la structure de données du JN et celle d'une ontologie d'homogénéisation des données pour pouvoir les comparer (ou une ontologie d'extraction de métadonnées).

Une fois cette déviation identifiée, définie et modélisée, le doctorant ou la doctorante devra proposer une métrique de confiance basée sur celle-ci. Pour ce faire, il ou elle s'appuiera sur une étude bibliographique internationale mais aussi sur certains travaux de modélisation relationnelle du laboratoire [Naanaa 2022] ou de l'équipe encadrante [Issa 2023],[Tchana 2021].

II. Bibliographie

[Abdul-Raham et al 1998] Abdul-Raham, A., Hailes, S., 1998. Distributed trust model. Proc. 1997 Workshop N.S Secur. Paradig. 48–60.

[Cimino et al 2019] Cimino, C., Negri, E., & Fumagalli, L. (2019). Review of digital twin applications in manufacturing. *Computers in Industry*, 113. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103130>

[DoD 1985] U.S. Department of Defense. Department of Defense Trusted Computer System Evaluation Criteria. DoD 5200.28-STD, 26 December, 1985.

[Fei et Al. 2018] Fei, F., Cheng, J., Qi, Q., Zhang, M., Zhang, H., & Sui, F. (2018). Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(9), 3563–3576. (Publisher : Springer)

[Geisler et al. 2003] E. Geisler, P. Prabhaker and M. Nayar, "Information integrity: an emerging field and the state of knowledge," *PICMET '03: Portland International Conference on Management of Engineering and Technology Technology Management for Reshaping the World, 2003.*, Portland, OR, USA, 2003, pp. 217-221, doi: 10.1109/PICMET.2003.1222797. keywords: {Government;Costs;Monitoring;Error correction;Information security;Control systems;Information systems;Aerospace industry;Defense industry;Electrical equipment industry},

[Grieves 2005] Product lifecycle management: the new paradigm for enterprises. *International Journal of Product Development*, 2 (1-2), 71–84. Consulté le 2022-10-21, sur <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJPD.2005.006669> (Publisher: Inderscience Publishers) doi: 10.1504/IJPD.2005.006669

[Grieves 2015] Grieves, M. (2015, mars). Digital Twin : Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication.

[Issa, 2023] Moussa Issa, Intégration des données hétérogènes pour la mise à jour d'un jumeau numérique de système ferroviaire, Thèse de doctorat de l'UTT, 2023.

[Meyer 2012] Meyer, F., 2012. Recommender systems in industrial contexts. Ph.D. thesis. URL: <http://arxiv.org/abs/1203.4487> , arXiv:1203.4487.

[Naanaa 2022] Naana, H., Lezoche, M., El Haouzi, H. B., & Derigent, W. (2023, July). Knowledge formalization based on NeOn methodology for building renovation domain: Application to the IsoBIM project. In *22nd IFAC World Congress, IFAC 2023*.

[Pires et al. 2023] Pires F., Leitao P., Moreira A.P., Ahmad B. Reinforcement learning based trustworthy recommendation model for digital twin-driven decision-support in manufacturing systems, *Computers In Industry* 148, 2023.

[Reshma et al 2016] Reshma, R., Ambikesh, G., Santhi Thilagam, P., 2016. Alleviating data sparsity and cold start in recommender systems using social behaviour. 2016 International Conference on Recent Trends in Information Technology (ICRTIT). IEEE,, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1109/ICRTIT.2016.7569532>.

[Son 2016] Son, L.H., 2016. Dealing with the new user cold-start problem in recommender systems: a comparative review. *Inf. Syst.* 58, 87–104. <https://doi.org/10.1016/j.is.2014.10.001>.

[Tchana 2021] Yvan Tchana de Tchana, Proposition d'un jumeau numérique pour soutenir la gestion de l'exploitation d'une infrastructure linéaire, Thèse de Doctorat UTT, 2021.