

Revue critique de littérature sur les modèles conceptuels de gestion d'actifs – Spécificité du secteur de l'électricité

Guy Yakana ¹, Mbarek El Bounjimi ², Georges Abdul-Nour ³

¹Université du Québec à Trois-Rivières, Canada, Guy.Yakana@uqtr.ca

²Université du Québec à Trois-Rivières, Canada, Mbarek.Elounjimi@uqtr.ca

³Université du Québec à Trois-Rivières, Canada, Georges.Abdulnour@uqtr.ca

Résumé :

Diverses organisations éprouvent des difficultés à gérer leurs actifs physiques dans un environnement dynamique et complexe, que peut aborder la gestion d'actifs (GDA) dont le but est de réaliser la valeur au cours du cycle de vie des actifs par une stratégie globale et une décision informée. Les lacunes constatées par ses acteurs, ainsi que le potentiel de l'Industrie 4.0 et de l'Industrie 5.0, introduisent un questionnement sur la conceptualisation en GDA. L'objectif est d'examiner la contribution des modèles conceptuels dans son avancement pour l'organisation et le rôle de l'humain. Par une démarche exploratoire, cette revue critique élabore des critères pour analyser et comparer de façon originale des modèles retenus, tout en relevant la spécificité du secteur de l'électricité. Les réalisations à mener à terme et leurs impacts, l'implication de toutes les catégories d'acteurs, sous certaines conditions, sont des indications pour une GDA multidisciplinaire, collaborative et intelligente, et la maintenance.

Mots clés : Gestion d'actifs ; Industrie 4.0; Industrie 5.0; Modèle conceptuel ; Secteur de l'électricité, Valeur

Critical literature review on asset management conceptual models – specificity of the electricity sector

Abstract:

Various organizations find it difficult to manage their physical assets in a dynamic and complex environment, that can be addressed by asset management (AsM) which the goal is to realize value throughout the assets' life cycle by a global strategy and an informed decision. The shortcomings observed by its actors, as well as the potential of Industry 4.0 and Industry 5.0, introduce a questioning on the conceptualization in AsM. The objective is to examine the contribution of conceptual models in its advancement for the organization and the human role. Through an exploratory approach, this critical review develops criteria to analyze and compare selected models in an original way, while highlighting the specificity of the electricity sector. The achievements to be completed and their impacts, the involvement of all categories of actors, under certain conditions, are indications for a multidisciplinary, collaborative, and intelligent AsM, and maintenance.

Keywords: Asset management; Conceptual model; Electricity sector; Industry 4.0; Industry 5.0; Value

*This is a PDF file of an article that has undergone enhancements after acceptance, such as the addition of a cover page and metadata, and formatting for readability, but it is not yet the definitive version of record. This version will undergo additional copyediting, typesetting and review before it is published in its final form, but we are providing this version to give early visibility of the article.

Citation: Yakana G., El Bounjimi M., Abdul-Nour G., (2026). Revue critique de littérature sur les modèles conceptuels de gestion d'actifs - Spécificité du secteur de l'électricité. *Revue Française de Gestion Industrielle*, 40(X), XX-XX.
<https://doi.org/10.53102/2026.40.xx.xx>

Historique : reçu le 13/05/2025, accepté le 03/03/2026, en ligne le 29/07/2026

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), permitting all non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. INTRODUCTION

Les organisations de différents secteurs (mines, production, infrastructures publiques, énergie, etc.) exploitent des actifs physiques, pour produire de manière fiable, profitable et sûre, des biens ou services, afin de satisfaire à la demande, et faire face à la concurrence. Ces actifs sont des acquis d'une valeur significative pour une organisation, qui lui fournissent et demandent des services durant leur cycle de vie (Ouertani et al., 2008).

Leur exploitation se heurte à plusieurs difficultés telles que la dérégulation intervenue dans le secteur de l'électricité (Khuntia et al., 2016), la globalisation, le vieillissement, la rareté des ressources (Brown et Humphrey, 2005; Komljenovic et al., 2015; Roda et Macchi, 2018), les aspects sécuritaires (Lemerande, 2018), les impacts et interruptions du service de l'électricité (Khuntia et al., 2016; Komljenovic et al., 2016), etc. D'où la nécessité de mieux gérer ces actifs en les préservant, d'assurer la continuité du service, la rentabilité, le développement durable, etc., afin de surmonter la pression provenant de leur environnement (AAMCoG, 2012; Parlikad, 2019).

Cet environnement est caractérisé par de multiples complexités (actifs physiques, systèmes et dépendances, marchés et technologies associées, nombreux acteurs et facteurs d'influence sur le plan politique, socioéconomique, environnemental, légal, etc.), incertitudes (Komljenovic et al., 2016) et divers risques (Komljenovic et al., 2016; Lima et Costa, 2019; Parlikad, 2019). Ces aspects représentent des enjeux pour le développement de stratégies de gestion et la prise de décision, révélant l'existence de conflits d'intérêts, et conduisant à qualifier « les entreprises contemporaines de systèmes adaptatifs complexes (SACs) » (Komljenovic et al., 2016), dont la gestion exige des approches cohérentes (Bale et al., 2015) et globales impliquant la vie entière des actifs (IAM, 2024; Komljenovic et al., 2016; Parlikad, 2019).

La gestion d'actifs (GDA) constitue une approche axée sur le contexte d'une organisation, pour atteindre ses objectifs (Brown et Humphrey, 2005; Konstantakos et al., 2019), et englobe divers concepts favorisant la réalisation de la valeur tout au long du cycle de vie des actifs (Crespo Márquez

et al., 2020), par des décisions optimales (El Bounjimi et Abdul-Nour, 2021). Les principaux modèles conceptuels élaborés (Brown et al., 2014; Germán et al., 2014; IAM, 2024; Konstantakos et al., 2019; Mohamed Yousuf et Abdulhalem, 2019; Shahid et al., 2016), dans une large mesure, peuvent servir de guides ou références pour divers secteurs.

Cependant, les acteurs de ces secteurs relèvent la négligence des facteurs contextuels par de précédents modèles de GDA et les recherches (entre systèmes réels et fictifs) défavorisant l'opérationnalisation (Bara et al., 2021; Laue et al., 2014). La fragmentation des activités, approches, ou de l'environnement (Abdul-Nour et al., 2021; El-Akruti et al., 2018; IAM, 2024; Too, 2012), du corps des connaissances, et les décisions non structurées des praticiens (Roda et Macchi, 2018) sont également concernées. D'autres évoquent l'approche irrégulière des risques, les incidents perturbateurs, une profitabilité pas évidente, une non-satisfaction de la demande, etc. (Brown et Humphrey, 2005; IAM, 2024; Komljenovic et al., 2016; Suakanto et al., 2021). Un consensus sur les normes est recherché (Konstantakos et al., 2019).

De plus, l'émergence de modèles d'affaires et des technologies de l'Industrie 4.0 (I4.0), constitue une opportunité pour la GDA, mais qui ajoute à la pression et à la complexité de l'environnement (Parlikad, 2019), pour des résultats avérés (Rojko, 2017), par l'information fournie en temps réel. Des changements imposent une GDA transversale, intelligente, basée sur les concepts fondamentaux de l'Internet des Objets et des systèmes cyber physiques (Biard et Nour, 2021; El Bounjimi et Abdul-Nour, 2021; Rojko, 2017), mais rééquilibrée par l'introduction de l'Industrie 5.0 (I5.0) avec ses technologies adaptées, et fondée sur les aspects humain, durable et résilient (Xu et al., 2021).

La conceptualisation en GDA, problématique de cette recherche, est traduite par des modèles de haut niveau illustrant la façon de penser de l'organisation et de son contexte par différents acteurs. Cette conceptualisation leur offre des opportunités de vérification des théories pour cette discipline évolutive (Konstantakos et al., 2019), abordant des systèmes complexes (AMC, 2014; Roda et al., 2016; Too, 2012), et requiert la

validation des modèles (Parlikad, 2019).

Cette problématique présente un intérêt pour la Chaire de recherche Hydro-Québec en GDA. Ses activités se focalisent sur une approche globale d'intégration et de développement de plusieurs concepts (cycle de vie, risque, résilience, prise de décision, etc.) et de modèles, sur l'adaptation et le transfert des résultats aux grands services publics d'électricité (Abdul-Nour et al., 2021).

Ces observations suscitent plusieurs questions. La compréhension du contexte d'une organisation, notamment dans sa forme, en intégration verticale ou en réseaux (Fulconis et al., 2014), est importante pour atteindre ses objectifs (ISO, 2024b). La première question porte sur les éléments des modèles de haut niveau de divers secteurs et la façon de les intégrer dès le départ de manière éclairée (Crespo Márquez et al., 2020).

Question 1 : Quels sont les éléments fondamentaux qui traduisent le contexte de l'organisation en GDA à travers ces modèles conceptuels ?

Diverses contributions (Too, 2012) justifient le rôle proactif des acteurs de la GDA, alliant la faisabilité (interdisciplinaire), la validation des théories (Brown et al., 2014; El-Akruti et al., 2018; Roda et Macchi, 2018), l'évaluation des développements (modèles conceptuels, normes, paradigmes de l'I4.0 et de l'I5.0) et la réalisation de la valeur, pour parvenir à une connaissance pratique (IAM, 2024) de la GDA. Ce rôle suscite une deuxième question liée à une indispensable collaboration (Bale et al., 2015), en termes de relations, d'avantages et d'exigences (Derrouiche et Neubert, 2013; Fulconis et al., 2014).

Question 2 : Comment situer l'apport des acteurs de la GDA à partir de ces modèles conceptuels ?

Cet apport repose sur l'aspect holistique de la GDA impliquant la rupture des silos (Roda et Macchi, 2018; Shahid et al., 2016), et sur une démarche conceptuelle orientée vers des modèles existants ou novateurs, en fonction du contexte des organisations, de la familiarité des acteurs avec ces organisations, de l'accès aux données et ciblant leurs intérêts (El-Akruti et al., 2018). L'enjeu que suscite la GDA dans ce sens (Brown et Humphrey, 2005) introduit une troisième question relative aux spécificités (Konstantakos et al., 2019).

Question 3 : Comment justifier la démarcation des modèles dans le secteur de l'électricité ?

L'objectif principal de cette recherche est d'examiner la contribution de divers modèles conceptuels dans la valeur, et dans l'avancement des organisations et du rôle de l'humain, en mettant l'accent sur certains aspects structurants de la GDA en rapport avec l'I4.0 et l'I5.0 (Liboni et al., 2018; Lima et Costa, 2019; Xu et al., 2021)

Ainsi, la section 2 clarifie les concepts de GDA, de l'I4.0 et l'I5.0 soutenus par la revue de littérature. La méthodologie de la section 3 précise l'approche exploratoire retenue, permettant de collecter des données à partir d'une analyse documentaire concernant les modèles identifiés. La section 4 présente une certaine classification des modèles précédents, et des développements récents influencés par les normes ISO 5500x, l'I4.0 et l'I5.0. La section 5 se penche sur une analyse critique et une comparaison des modèles, tout en relevant la spécificité du secteur de l'électricité, et l'incidence de l'I4.0 sur ces modèles. Une discussion est proposée dans la section 6, avant la conclusion de la section 7 indiquant quelques perspectives.

2. CONCEPTS ET EXIGENCES

2.1 Concept de gestion d'actifs

Le concept de gestion d'actifs fait son apparition vers les années 1980, à la suite des désastres survenus sur le plan industriel (effondrement d'une plateforme pétrolière, chute des prix du pétrole), et sur le plan public (chute des niveaux de service, mauvaise planification, déclin des investissements, etc.) selon l'IAM (2024). Ce constat interpelle les industries et les organisations gouvernementales (Too, 2012), les corps professionnels, puis la recherche qui s'implique vers les années 1990. La publication des standards PAS 55 (Publicly Available Specification, 2004, 2008) dédiés aux actifs physiques intervient pour clarifier le concept en faveur des industries grâce aux corps professionnels BSI et IAM associés à des chercheurs et autres organisations (IAM, 2024). L'ISO, sur la base de ces standards, formalise le concept par les normes ISO 5500x en 2014, dont certaines sont abrogées et révisées (ISO, 2024a, 2024b), plus approfondies. La

nécessité d'une gestion stratégique en équipes multidisciplinaires qui considère la vie entière des actifs diversifiés, devant s'intégrer et contribuer à un plus vaste ensemble pour réaliser la valeur, est à l'origine du concept (IAM, 2024; Seow et al., 2016). La GDA se focalise sur le contexte de l'organisation ; ainsi, les concepts abordés, les besoins et activités, les intérêts des parties prenantes (PP) nécessitant leur engagement (IAM, 2024), sont intégrés et alignés dans une approche globale pour atteindre les objectifs de l'organisation, notamment la création (ou « co-crédation » (Fulconis et al., 2014)) de la valeur, et l'attractivité des investissements. De plus, les systèmes d'actifs physiques multiples, en interrelation (Petchrompo et Parlikad, 2019), ont une relation critique avec d'autres actifs (humains, financiers, d'information et intangibles) dans le système de GDA (Crespo Márquez et al., 2020).

Sa nature stratégique nécessite que les besoins en actifs et leur retrait, l'allocation des ressources, la planification et les performances relèvent d'une décision globale incluant le risque financier associé aux investissements. Cette décision implique une vision à long terme (Alvarez et al., 2019; Khuntia et al., 2016; Laue et al., 2014), associée à une évaluation, aux compétences et aux technologies intégrées (Konstantakos et al., 2019; Too, 2012).

La GDA est une discipline « *émergente et en pleine maturation* » (Komljenovic et al., 2016). La terminologie peut susciter des difficultés de compréhension, et accentuer la fragmentation (Konstantakos et al., 2019; Too, 2012), ou constituer un obstacle pour l'évolution vers les meilleures pratiques. Les définitions suivantes sont fournies par l'ISO (2024a), et complétées par la littérature : Gestion d'actifs (GDA) : « *activités coordonnées d'un organisme dans le but de réaliser de la valeur à partir d'actifs. La réalisation de la valeur suppose normalement de parvenir à un équilibre des bénéfices des coûts, des risques, des opportunités et des performances* » (ISO, 2024a), avec un impact mutuel (Crespo Márquez et al., 2020; IAM, 2024; Khuntia et al., 2016; Komljenovic et al., 2016). La valeur est donc critique pour la GDA (Crespo Márquez et al., 2020).

Cycle de vie : « *phases d'un actif au cours de sa vie* » (ISO, 2024a), recherche, ingénierie et conception – acquisition – opération – maintenance - retrait

(Mattioli et al., 2020; Shah et al., 2016; Wardani et Naswil, 2017). La gestion de ce cycle s'effectue à la fois sur les plans technique (état des systèmes d'actifs, défaillance, et performance (Komljenovic et al., 2016; Petchrompo et Parlikad, 2019)), économique (coûts, revenus, marchés (IAM, 2024; Lonchamp et al., 2019)), sociétal (impact des interruptions ou perturbations (Komljenovic et al., 2016), et impact sur l'environnement, le climat et la santé des populations, imposant des restrictions aux énergies fossiles (Baxter et Pandey, 2016; Shah et al., 2016; Shahid et al., 2016)). Ce cycle comporte des activités exercées sur les actifs physiques (chaîne de valeur) et de soutien, en interrelations et intégrées (Brown et Humphrey, 2005; Laue et al., 2014), alignées aux objectifs de GDA et contribuant à la réalisation de la valeur.

De manière synthétique, une organisation utilise des actifs physiques durant leur cycle de vie, en relation avec leur environnement, afin d'atteindre ses objectifs, profitant des opportunités et limitant les risques, pour des performances ciblées et des coûts optimisés. Selon Brown et Humphrey (2005) les entreprises doivent accroître leurs revenus et satisfaire les PP, malgré les restrictions (capitaux, incertitudes, etc.), qui sont des opportunités de déclenchement pour une GDA globale et efficace.

La GDA, en tant que discipline holistique, vise l'intégration de savoirs multidisciplinaires qui constituent une valeur ajoutée dans la vie des actifs. Ces savoirs sont organisés autour de modèles, intégrant les concepts de la maintenance qui est au cœur de la gestion des actifs physiques (Seow et al., 2016). La Figure 1 illustre le modèle conceptuel de l'IAM (2024), avec l'étendue de son système de GDA (SGDA), décrivant ses capacités et incluant diverses disciplines.

L'aspect multidisciplinaire de la GDA peut favoriser son renforcement par l'I4.0 dont les modèles d'affaires visent des aspects communs : stratégie, cycle de vie, culture du changement, données appropriées pour la décision, etc. (ISO, 2024b; Rojko, 2017; Silva et al., 2020). Cependant, l'I4.0 révolutionne le modèle de gestion par la prédominance de l'analyse des données massives dans la prise de décision (Biard et Nour, 2021), et par la connectivité avancée (Rojko, 2017). Ces



Figure 1 : Modèle de capacités à 10 boîtes (IAM, 2024)

paradigmes nécessitent d'appréhender le concept et les principes de l'I4.0, complétés par ceux de l'I5.0 plus favorable aux enjeux sociétaux pour l'industrie par l'usage de la technologie moderne.

2.2 Industrie 4.0 et Industrie 5.0 : concepts et principes généraux

Le concept de l'I4.0, apparu en 2011 lors d'une foire organisée à Hanovre par le gouvernement Allemand, débute avec la fabrication industrielle, et est suivi par d'autres affinités : Smart factory (USA), l'Industrie du futur (France) et Made-in-China (Chine), etc. (Rojko, 2017). Ce concept peut se définir comme « une stratégie d'industrie intégrée basée sur l'utilisation des technologies numériques et des données en temps réel pour améliorer la prise de décision, l'efficacité et l'agilité dans les processus administratifs et opérationnels, tout en permettant la personnalisation de masse, tant au niveau des produits que des services offerts » (Gamache, 2019).

L'I4.0 cible les processus, les produits ou actifs, et les services, en vue de leur transformation, avec pour objectifs de développer de nouvelles pratiques d'affaires et gagner des avantages compétitifs (Gamache, 2019; Silva et al., 2020). Son contexte à trois dimensions (cycle de vie du produit, niveau de connectivité, et architecture de l'organisation) (Rojko, 2017), est favorisé par six principes (interopérabilité, virtualisation, capacité en temps réel, décentralisation, orientation service,

modularité) qui sont des conséquences de l'usage des nouvelles technologies (Silva et al., 2020).

La mise en œuvre des préalables axés sur la chaîne de valeur (transformation numérique, intégration dans les systèmes cyber-physiques, intelligence et connectivité) est nécessaire pour le déploiement des technologies regroupées en neuf piliers : IoT (Internet of Things – Internet des Objets), données massives et analytiques, intégration horizontale et verticale des systèmes, simulation, infonuagique, réalité augmentée, robots autonomes, fabrication additive et cybersécurité (Silva et al., 2020).

Dix ans après l'apparition de l'I4.0, la Commission Européenne a introduit l'Industrie 5.0 (I5.0), une vision cohérente du futur de l'industrie Européenne, qui « complète le paradigme actuel (Industrie 4.0) en mettant en avant la recherche et l'innovation en tant que moteurs de la transition vers une industrie européenne durable, centrée sur l'humain et résiliente » (Breque et al., 2021). L'Industrie 5.0 met plus d'accent sur la valeur pour toutes les PP en encourageant un développement technologique qui facilite l'atteinte des buts sociétaux (respect des limites planétaires, prospérité, bien-être des travailleurs, etc.) pour l'industrie (Breque et al., 2021; Xu et al., 2021).

La méthodologie suivante permet d'élaborer l'analyse des modèles conceptuels de GDA en considérant le potentiel des initiatives précédentes.

3. METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

L'introduction à cette partie nécessite de définir un modèle conceptuel, afin de guider la recherche et de retenir des modèles appropriés pour l'analyse. D'après le Global Forum on Maintenance and Asset Management (GFMAM), « un modèle conceptuel décrit, au plus haut niveau, les aspects principaux de la GDA, leurs interactions et leur lien avec les objectifs généraux et le plan d'affaires de l'entreprise » (GFMAM, 2014); c'est le premier niveau d'abstraction (généralement stratégique). Différentes perceptions sont observées dans les approches (définitions de la GDA, arrière-plan, culture, objectifs, (GFMAM, 2014)), et des perspectives des acteurs (Konstantakos et al., 2019; Too, 2012). Selon Peterson (2006), un modèle utile doit être simple (dans son concept), intuitif (principes compris sans orientation), cohérent (dans son application), intégral (comportant les éléments nécessaires au succès). Les modèles peuvent intégrer plusieurs disciplines transversales, des concepts ou théories et des standards vérifiables, liés à des plateformes qui guident leur implémentation (AMC, 2014; El-Akruti et al., 2018; FCM, 2018; Komljenovic et al., 2016; Roda et Macchi, 2018), en visant le principe central de la valeur (Crespo Márquez et al., 2020; Roda et al., 2016). Les modèles conceptuels permettent de documenter les principes et préciser le contexte (concepts, gestion, ou étendue de l'organisation) dans un ensemble cohérent.

3.1 Étapes de la méthodologie

3.1.1 Étape 1: Approche de recherche

La conceptualisation en GDA nécessite une approche pour tenter de comprendre la façon de penser de l'organisation et de son contexte, en vue de la décrire et de l'expliquer en termes de résultat, à l'aide des modèles conceptuels qui l'illustrent (Shah et al., 2016; Shahid et al., 2016); ces auteurs élaborent des modèles novateurs en explorant des références connues et des standards; une recherche qualitative et exploratoire est donc envisagée, car, à notre connaissance, aucune théorie ou étude n'existe sur ce sujet, afin de mettre l'accent sur des aspects structurants (Liboni et al., 2018; Lima et Costa, 2019). Cette démarche conduit à une investigation à l'aide des questions de

recherche évoquées précédemment, et qui nécessitent un examen critique de données de littérature (Shah et al., 2016).

3.1.2 Étape 2 : technique de collecte de données

La technique de collecte des données est basée sur l'analyse documentaire, convenable pour une approche qualitative, qui permet d'identifier et d'analyser des contenus (articles, standards, guides, livres blancs, etc.), et qui privilégie une revue de littérature systématique (RLS) traitant des modèles ou approches conceptuels (Shah et al., 2016; Shahid et al., 2016; Silva et al., 2020). La Figure 2 représente le protocole de recherche des documents.

La combinaison des termes suivante a été utilisée ("asset management" OR "asset-management") AND (concept OR model OR framework OR standard) AND (strategic OR strategy OR organisation OR organization OR context OR lifecycle OR "life-cycle" OR "life cycle" OR lifetime OR "real life" OR "life span" OR "service life") dans les

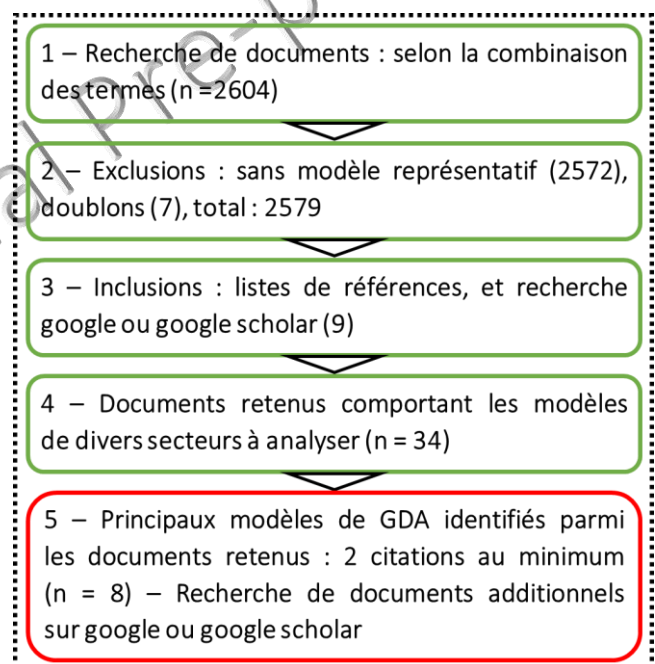


Figure 2 : Protocole de recherche des documents

bases de données SCOPUS (selon les titres, résumés et mots-clés) et IEEE Xplore (selon toutes les métadonnées), ainsi que des listes de références afin d'identifier des documents pertinents pour la période allant de 2015 à 2021; le choix de l'année 2015 est consécutif à l'année 2014, date de référence correspondant à la publication des modèles et standards ISO 5500x et dans la foulée

d'autres publications ou révisions pour alignement : panorama du GFMAM (2014), AMBoK de l'AMC (2014), IAM en 2015, IIMM de l'IPWEA (2020) après celui de 2015 (Konstantakos et al., 2019), AMCL en 2015 (UIC, 2016); des sites Google ou web professionnels ont été consultés pour compléter cette RLS conduisant au passage en revue de différents modèles conceptuels dans la section 4. Le Tableau 1 dresse la liste des trente-quatre (34) documents retenus (sans prétention d'exhaustivité). Cette RLS permet également de retrouver certains modèles conceptuels cités comme des références en GDA.

3.1.3 Étape 3 : mode d'investigation

Le mode d'investigation retenu dans cette approche qualitative est la comparaison ; son aspect général consiste à présenter des différences ou des similitudes (éléments standards), et des avantages de certains cadres ou modèles conceptuels par rapport à d'autres (Konstantakos et al., 2019; Shah et al., 2016; Shahid et al., 2016) ; l'aspect critique, cependant, permet de relever des lacunes, afin de proposer une amélioration (Adiansyah et al., 2015; Benade, 2015; Roda et Macchi, 2018) ; la

Tableau 1 : Liste des documents – auteur(s), année et secteur(s)

N°	Auteur(s) et année	Secteur(s)	N°	Auteur(s) et année	Secteur(s)
1	Adiansyah et al. (2015)	Mines	18	UIC (2016)	Rail
2	Benade (2015)	Manufacturier/Études supérieures	19	(DIT, 2025)	Infrastructures publiques/ Municipalités
3	Glasson et Gibbons (2015)	Infrastructures/Routes	20	Rinaldi et al. (2017)	Électricité/Courants marins
4	Komljenovic et al. (2015)	Mines	21	Wardani et Naswil (2017)	Électricité/ transmission
5	Malcón et al. (2015)	Électricité/Transmission	22	El-Akruti et al. (2018)	Infrastructures publiques, industries de production
6	Vermeer et al. (2015)	Électricité/Réseaux	23	FCM (2018)	Infrastructures publiques/ Municipalités
7	Wijnia et de Croon (2015)	Infrastructures/eau ; Distribution/Gaz, Électricité	24	Hocking et Sproston (2018)	Rail
8	Alkhuraissi et Alwohaibi (2016)	Infrastructures publiques/ Bâtiments, installations	25	Lemerande (2018)	Naval
9	Baglee et al. (2016)	Manufacturier/PMEs	26	Mohammadi et al. (2018)	Infrastructures/Routes
10	Baxter et Pandey (2016)	Électricité, Gaz, Manufacturier	27	Roda et Macchi (2018)	Manufacturier/Industries
11	Komljenovic et al. (2016)	Électricité	28	Alvarez et al. (2019)	Électricité/Distribution
12	Leitch et Ellsworth (2016)	Infrastructures/eau, Hydroélectricité	29	Bosisio et al. (2019)	Électricité, Eau et Gaz/ Réseaux de distribution
13	Roda et al. (2016)	Manufacturier/Industries	30	Lima et Costa (2019)	Électricité/Transmission
14	Seow et al. (2016)	Électricité/Production et Transmission	31	Lonchamp et al. (2019)	Électricité/production et transformateurs
15	Shah et al. (2016)	Électricité/Photovoltaïque	32	Mohamed Yousuf et Abdulhalem (2019)	Électricité
16	Shahid et al. (2016)	Électricité/Éolien	33	Mattioli et al. (2020)	Technologies et services de l'information
17	Shen et al. (2016)	Électricité/Transmission	34	Suakanto et al. (2021)	Manufacturier/Industries

comparaison peut aussi s'effectuer à l'aide de critères judicieusement choisis et de méthodes multicritères de prise de décision dans un souci de priorisation (Vahedi et Movahedi, 2018). Afin de répondre aux questions de recherche énoncées, cette revue critique se sert des critères suivants pour analyser et comparer des modèles conceptuels de GDA de manière originale dans la section 5. Critère 1 : le contexte d'une organisation, principale caractéristique de la pensée de départ de la GDA, doit être perceptible à travers un modèle

conceptuel qui renseigne sur les éléments pertinents du contexte du système de gestion et la frontière (Seow et al., 2016), au niveau stratégique Critère 2 : l'apport des acteurs de la GDA, dont l'aspect qualitatif est privilégié pour parvenir à l'opérationnalisation, est sujet à un changement imposé par le contexte actuel des organisations (Brown et al., 2014). Ce changement conduit à une évaluation des développements d'une manière structurée (El-Akruti et al., 2018) qui renforce la

collaboration, et réduit l'écart entre la recherche et la pratique.

Critère 3 : certains aspects spécifiques du secteur de l'électricité dépassent le cadre des fondations communes à divers secteurs, selon les défis actuels (Lonchampt et al., 2019), et nécessitent une approche de GDA holistique et structurée.

L'analyse critique et comparative de la section 5 s'adresse aux modèles des divers secteurs qui abordent la notion de cycle de vie. Le but est d'apprécier les développements et tendances observés à partir des modèles conceptuels, pour l'avancement de la GDA.

Hypothèse : pour les besoins d'analyse des modèles, l'hypothèse retenue revient à considérer que les documents analysés comportent des plateformes de renseignements pertinents sur ces modèles.

4. PRESENTATION DES MODELES CONCEPTUELS, ET IMPLICATIONS DE L'I4.0 ET DE L'I5.0 EN GDA

Un modèle conceptuel situe la GDA de manière globale selon sa portée (IAM, 2024) dans le contexte d'une organisation, et permet de l'appréhender en rapport avec un système (activités, fonctions, processus, ou items en relation). Cette section permet de distinguer les principaux modèles, les modèles appliqués dans différents secteurs abordés selon leurs objectifs, et relever des aspects méthodologiques de ces modèles et les implications de l'I4.0 et de l'I5.0.

4.1 Principaux modèles conceptuels de GDA

Ces modèles génériques peuvent être utilisés par tous les types d'organisations (IAM, 2024; ISO, 2024a, 2024b; Konstantakos et al., 2019), pour prendre en compte les spécificités de leurs différentes catégories d'actifs physiques ou de leurs secteurs (Brown et al., 2014; ISO, 2024a, 2024b; Komljenovic et al., 2016), et favoriser l'intégration de plusieurs disciplines et standards (IAM, 2024).

Le système de GDA ISO 55001, influencé par le modèle PAS 55, mais sans équivalence (Konstantakos et al., 2019), est décrit, dans sa version révisée, uniquement par ses principes et ses exigences plus approfondies (sans représentation), et convient à toute forme d'organisation ou d'actifs comme un SGDA minimal (IAM, 2024; ISO, 2024b).

Le modèle de l'Asset Management Council, concept de capacités des actifs d'une GDA non-autonome en étroite relation avec la valeur (AMC, 2014; GFMAM, 2014), utilise l'approche PDCA en correspondance avec ses principes, et situe les PP au plus haut niveau d'encadrement de l'organisation (Shahid et al., 2016) et des systèmes de gestion.

Le modèle de Brown et Humphrey (2005) décrit un processus unique d'une GDA axé sur trois fonctions d'actifs dépendantes (propriétaire, gestionnaire et fournisseur de services), considérée comme un modèle d'affaires (Bosisio et al., 2019). Cette séparation de la GDA est en général axée sur les infrastructures de service public (Too, 2012), et vise une meilleure efficacité et la transparence des organisations telles que préconisée par le modèle de risque (en termes de propriété et de niveaux de gestion) du Conseil International des Grands Réseaux d'Électricité (CIGRÉ, 2010), et le modèle du concept de GDA de fourniture d'électricité d'Electric Power Research Institute (EPRI, 2020).

Le modèle d'Australian Asset Management Collaborative Group (AAMCoG, 2012; Laue et al., 2014), correspond à une approche intégrée multi-organisations (dans l'environnement dynamique actuel et complexe), qui conduit à l'évaluation (capacités et maturité).

Le modèle conceptuel de l'IAM (2024), axé sur « une anatomie » de la GDA, décrit l'organisation dans son contexte par un « SGDA standard » d'activités, selon quarante sujets (GFMAM de 2024) répartis en dix capacités (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). La version précédente de 2015 est évaluée dans le cadre d'une priorisation (Vahedi et Movahedi, 2018).

Le modèle International Infrastructure Management Manual (IIMM), en sa cinquième (Konstantakos et al., 2019) et sixième (IPWEA, 2020) éditions, décrit le processus de la GDA (exigences des infrastructures en termes de service, prise de décision et planification des stratégies du cycle de vie, facilitateurs), et vise l'applicabilité des exigences ISO 5500x (implémentation d'un SGDA). Le Tableau 2 résume les principaux modèles cités en références dans les modèles analysés dans la section suivante.

4.2 Modèles appliqués dans différents secteurs

Ces modèles, en général, mettent l'accent sur les caractéristiques des actifs ou du secteur d'activité, soit par manque de publications, soit pour un aspect n'ayant pas eu une attention particulière en GDA.

La production manufacturière nécessite un cadre de principes directeurs intégrant la GDA et conduisant à la décision (Roda et Macchi, 2018; Roda et al., 2016), avec un accent sur les risques (Suakanto et al., 2021) ; dans ce secteur, les PME recherchent une stratégie axée sur des facilitateurs supportant une nouvelle approche de GDA (Baglee et al., 2016) s'appuyant sur l'ISO (version 2014), tandis que Benade (2015) suggère une adéquation des disciplines intégrées avec la formation académique.

Le secteur minier est préoccupé par la prise de décision, et un cadre pour un environnement socio-culturel divers préservant la santé humaine et surtout complexe (Adiansyah et al., 2015; Komljenovic et al., 2015).

Le secteur naval nécessite une GDA satisfaisant des contraintes d'intégrité territoriale, et impliquant plusieurs PP, les compétences en gestion, et la perspective d'un environnement numérique (Lemerande, 2018).

Le secteur des infrastructures civiles en général (transport, construction, eau, installations, routes, etc.) nécessite des investissements lourds et des priorités de services publics assurés par les gouvernements, leurs agences ou les municipalités

Tableau 2 : Principaux modèles conceptuels de GDA

MODÈLES	IAM (2024)	Suite AMC (2014)	Suite IIMM IPWEA (2020)	ISAM AAMCoG (2012)	CIGRÉ (2010)	Brown et Humphrey (2005)	Suite PDAM EPRI (2020)
Description: contexte et organisation	PP Externes	PP	PP, Client et environnement	PP et environnement Gouvernement	Actionnaires, régulateurs, PP Propriétaires	Propriétaires, PP	
	Organisation	Organisation intégrée SGDA	Organisation	Organisations			
	SGDA intégré		SGDA	SGDA intégré		Managers	
						Fournisseurs de services	
SGDA (dimensions)	10 capacités 40 sujets	10 groupes 40 éléments	3 sections 17 directives	3 dimensions 9 domaines 38 processus	3 niveaux 8 exigences 31 relations	3 fonctions 22 éléments	3 fonctions 7 exigences 37 éléments
Conformité	GFMAM, ISO 55001	Cartographie GFMAM	Croisement ISO 55001	ISO 5500x	PAS 55, ISO	-	ISO 55001 et ISO 55002
Nouvelles technologies ou impact	- Jumeaux numériques, IoT, ML, IA, drones - Agilité	Changement vs révisions	Changement vs demande GIS, échange de données, connectivité	Évolution et changement, Service personnalisé	- Concepts, Qualité des données - Simulation, BDA	BI, GIS, SCADA, automatisation	Automatisation justifiée, Support de l'expertise
Secteurs (et citations)	Tous (13)	Tous (7)	Infrastructures (4)	Éolien, PV, Naval (3)	Électricité T et D (3)	Électricité T et D (2)	Électricité T et D (2)

(Alkhuraissi et Alwohaibi, 2016; Glasson et Gibbons, 2015; Leitch et Ellsworth, 2016; Mohammadi et al., 2018). Ces actifs sont accessibles à toute la communauté, en vue du développement durable (DIT, 2025; FCM, 2018), mais sont aussi considérés comme évolutionnaires et comportent des risques importants (Wijnia et de Croon, 2015).

Le secteur du pétrole et du gaz doit faire un choix raisonné pour une GDA permettant d'assurer l'intégrité des installations affectées par le changement (El-Akruti et al., 2018; Vahedi et Movahedi, 2018).

Le secteur ferroviaire prône une GDA commune (UIC, 2016), conforme à l'ISO (version 2014), et structurée par l'information (Hocking et Sproston, 2018).

Pour le secteur des technologies et services de l'information (TSI), l'importance des données, informations et connaissances dans les affaires, justifie l'intégration de l'IA (intelligence artificielle)/ ML (Machine Learning–Apprentissage automatique) pour l'amélioration de la GDA et du cycle de vie (Mattioli et al., 2020).

Le secteur de l'électricité est concerné par une interconnexion de ses composantes production, transmission, distribution (Komljenovic et al., 2016; Malcón et al., 2015; Wardani et Naswil, 2017). La filière nucléaire, avec des enjeux divers de sécurité, s'appuie sur le modèle conceptuel Risk-Informed Asset Management d'EPRI dans le cadre du Nuclear Asset Management. Ce modèle est axé sur la rentabilité et la valeur à long terme, et évolue grâce à la recherche et l'implication du modèle global RIDM (Risk-Informed Decision-Making) de prise de décision informée du risque (Komljenovic et al., 2016). Les restrictions imposées aux énergies fossiles pour la santé, la sûreté, la sécurité et l'environnement (SSSE, et incluant la santé et la sécurité au travail, SST) impliquent une GDA intégrée de la filière thermique (Baxter et Pandey, 2016), et favorisent l'émergence des énergies renouvelables des filières hydroélectrique (Leitch et Ellsworth, 2016), photovoltaïque (Shah et al., 2016), éolienne (Shahid et al., 2016), et des courants marins (Rinaldi et al., 2017). Une coordination des filières ou composantes du secteur est possible et indispensable (Bosisio et al., 2019; Komljenovic et al., 2016; Lima et Costa, 2019; Lonchampt et al., 2019; Seow et al., 2016). La fiabilité accrue de la transmission et la distribution pour la qualité de service et la réglementation concernant des modèles souvent axés sur le cycle de vie, ou la maintenance des transformateurs (Alvarez et al., 2019; Komljenovic et al., 2016; Lima et Costa, 2019; Malcón et al., 2015; Mohamed Yousuf et Abdulhalem, 2019; Shen et al., 2016; Vermeer et al., 2015; Wardani et Naswil, 2017). Le CIGRÉ (2010), par la prise en compte des risques dans la décision, et EPRI (2020), par l'implémentation des bonnes pratiques de GDA, soutiennent de façon active les réseaux d'électricité. Une plus grande considération est accordée aux risques pour les infrastructures (Wijnia et de Croon, 2015), mais ceux d'événements rares et extrêmes (EREs) sont moins perçus (Komljenovic et al., 2016; Shen et al., 2016).

4.3 Les aspects méthodologiques

Le constat des acteurs de la GDA relève une approche partielle de la discipline (Konstantakos et al., 2019; Roda et Macchi, 2018; Too, 2012) ou une négligence de certains aspects du contexte nécessaires à l'implémentation dans un cadre

collaboratif (El-Akruti et al., 2018; Komljenovic et al., 2016; Laue et al., 2014). Ce contexte est important à définir pour un souci de cohérence (Parlikad, 2019), fondée sur des théories facilitant l'évaluation des modèles conceptuels (Brown et al., 2014; El-Akruti et al., 2018; GFMAM, 2014; IAM, 2024; Laue et al., 2014; Roda et Macchi, 2018). La méthode proposée par Vahedi et Movahedi (2018) établit que le choix des modèles d'excellence relève d'une évaluation et d'une priorisation. Les modèles ISO et BSI, cités comme des références, notamment pour le secteur de l'électricité, favorisent l'intégration de l'optimisation du cycle de vie et la décision basée sur le risque (Biard et Nour, 2021). L'ISO influence les développements récents, favorisant un certain consensus par les normes 5500x et une conformité pour différents domaines d'activités (Konstantakos et al., 2019). Selon l'IAM (2024) les exigences de l'ISO sont ouvertes, comme standard minimum d'un SGDA et non une finalité, qui requiert une applicabilité (Konstantakos et al., 2019), sur laquelle se penche le croisement avec l'IIMM (IPWEA, 2020). Un autre consensus est obtenu par le GFMAM (2014) qui présente des caractéristiques des modèles conceptuels retenus pour faciliter l'échange des connaissances et des savoir-faire. Toutefois Benade (2015) dénonce le terme « arbitraire » utilisé sur la désignation des groupes d'éléments, et le fait que la maintenance ne soit qu'un des éléments de la GDA.

Si la complexité et les incertitudes sont admises, les pratiques concernant la modélisation sont basées sur des méthodes traditionnelles limitées, des hypothèses ou des biais trop réductifs (Bale et al., 2015; Komljenovic et al., 2016). La transformation numérique et les nouvelles technologies de l'I 4.0 permettent de suivre et contrôler des actifs physiques, de collecter et partager en temps réel des données massives actionnées par l'IA/ML. Ces données peuvent conduire à des décisions éclairées afin d'atteindre des objectifs et de gérer les risques par le changement de paradigmes impliqués dans la GDA et ses modèles (Biard et Nour, 2021).

4.4 Implications de l'Industrie 4.0 et de l'Industrie 5.0

L'I4.0 est considérée comme la quatrième révolution (Rojko, 2017). Ainsi, les nouvelles pratiques d'affaires et les impacts des nouvelles

technologies dans l'industrie impliquent une innovation dans des modèles perturbateurs (écosystème, technologies, environnement, organisations) et des processus (Silva et al., 2020). Le concept d'écosystème en GDA qui résulte de ces nouvelles pratiques inclut plus de PP dans l'environnement d'une organisation par le partage de quantités importantes de données et informations de manière intelligente afin de réaliser la valeur. Ce partage résulte d'une transition vers les systèmes, produits ou services intelligents constituant l'environnement de l'I4.0 (Silva et al., 2020), pour en avoir le contrôle global. Dans ce sens, l'intégration (technologies opérationnelles et de l'information, personnes, et processus) se trouve renforcée dans le cas de l'I4.0 par une architecture, support d'une GDA intelligente (El Bounjimi et Abdul-Nour, 2021), à partir du cycle de vie d'actifs physiques connectés, pour l'anticipation des risques de défaillances (Liboni et al., 2018) et le traitement des activités ou contraintes en maintenance (Biard et Nour, 2021). Ce partage et cette intégration introduisent de nouveaux risques (défaillances, perturbations ou obsolescence, cybersécurité) associés aux technologies (Komljenovic et al., 2016), pouvant affecter la performance ou l'intégrité des actifs physiques. La GDA rejoint l'I5.0 sur l'aspect de création de la valeur pour l'industrie, mais vise tout type d'organisme. Selon Xu et al. (2021), l'initiative de l'I5.0 se justifie par le fait que l'I4.0 se concentre moins sur les principes généraux de l'équité sociale (adaptation de l'humain à la technologie) et de la durabilité. L'I 5.0 résulte alors du consensus sur une approche systématique de l'innovation technologique, mais aussi sociotechnique (Xu et al., 2021) fondée sur la centralité de l'humain (adaptation de la technologie à l'humain), la durabilité (ou soutenabilité selon ISO (2024a)) et la résilience. Dans le cadre de la GDA, L'IAM (2024) relève le défi de la résilience (en deux dimensions : systèmes d'actifs, organisationnelle), pour adresser divers changements (climatiques, événements adverses accidentels ou délibérés, contexte des affaires, etc.) et leurs perturbations ou menaces, afin de comprendre leurs risques ou opportunités,

notamment pour les actifs ou infrastructures critiques.

5. ANALYSE DES MODELES CONCEPTUELS DE GDA ET DE CYCLE DE VIE

Cette section examine les documents sélectionnés selon les critères retenus dans la méthodologie pour répondre aux questions posées.

5.1 Contexte de l'organisation en GDA

L'ISO (2024b) formule la « connaissance de l'organisme et de son contexte » comme une exigence pour déterminer des enjeux. Cet aspect doit permettre de faire le lien entre l'objectif ou la stratégie envisagés et le modèle de GDA comme étant la représentation d'un phénomène de l'organisation à analyser (El-Akruti et al., 2018). Dans la littérature, le regroupement des éléments du contexte et leur dénomination sont variés (Benade, 2015; Crespo Márquez et al., 2020; GFMAM, 2014; Komljenovic et al., 2016; Laue et al., 2014; Mattioli et al., 2020). Ces éléments interdépendants forment une structure organisée d'activités et de disciplines transversales prenant en charge les actifs physiques en relation avec les autres types indispensables (ISO, 2024b; Komljenovic et al., 2016) contribuant à un haut niveau à la stratégie de l'organisation. Ce contexte se décrit, selon la nature, le but et la portée de l'organisation, par le contexte extérieur, le contexte intérieur et la frontière (Bale et al., 2015; Crespo Márquez et al., 2020; Glasson et Gibbons, 2015; IAM, 2024; ISO, 2024b; Komljenovic et al., 2016; Laue et al., 2014; Seow et al., 2016). Le

Tableau 3 indique les principaux éléments relatifs à un haut niveau pour les documents analysés et les modèles concernés les plus représentatifs.

Le contexte extérieur comporte les éléments de l'environnement externe de l'organisation (besoins, attentes, influences) permettant d'identifier les

Tableau 3 : répartition des documents selon les éléments du contexte et les secteurs

Éléments du contexte		Électricité	Autres secteurs	
Contexte extérieur	Institutions (politique, législation , régulation, foncier, finances), investisseurs , média	10, 11, 14, 15, 16, 17, 20, 29	1, 2, 3, 4, 8, 12, 18, 19, 22, 23, 25	
	Marchés de produits et services, agrégateurs, prosommateurs, commercialisation , agréments, compétition, benchmarking			
	Nouvelles technologies (marchés, expertise, veille, CC)			
	Environnement social, naturel, climat, évènements rares, site (choix, préservation)			
	Clients ou usagers (satisfaction, attraction), réputation de l'organisation			
	Partenariat (fournisseurs, contracteurs, consulting, recherche, industries, praticiens)			
Frontière	Organisation/multi-organisations (agences) : étendue, plan stratégique organisationnel , vision (ou orientation), mission, valeurs, niveaux de service	10, 11, 14, 15, 16, 21	3, 4, 12, 13, 18, 19, 22, 23,24, 25, 27, 33	
	Connectivité, échange de données, informations, connaissances et écosystème	5, 32	24, 25	
	Haut niveau des risques ou agrégation, opportunités, sécurité	10, 11, 14, 31	4, 7, 8, 12, 19, 25	
	Risques et Résilience	11	4, 12, 23, 34	
Contexte intérieur	Gouvernance (objectifs, politiques, leadership), stratégie et plans , standards, revue	6, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 28, 32	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 12, 13, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 33, 34	
	Organisation et personnes : compétences, culture, apprentissage, changement, SST			
	Information sur les actifs physiques , connaissances, capacités, communication			
	Prise de décision (demande, investissements, planification, délibération)			
	Intelligence (données, connaissances, performance), connectivité, intégration des technologies et Hub intelligent, plateforme IoT, AMI		5, 14, 16, 17, 32	3, 24, 33, 34
	Cycle de vie	Actifs physiques, produits ou services	10,11,14, 15,16,17,21	3, 4, 7, 12, 18, 19, 22, 23, 25, 27, 33, 34
		Connectivité, intelligence et autonomie	14, 17, 32	33, 34
Contexte global		10, 11, 14, 15, 16	3, 4, 8, 12, 18, 19, 22, 23, 25	

entrées et sorties reliées à la réalisation de valeur.

Le contexte intérieur renferme les éléments de l'environnement interne (attentes, besoins, politique et stratégie, principes) et du SGDA avec leurs interactions pour contribuer à la valeur.

La frontière (ou l'interface) délimitant les contextes extérieur et intérieur, est définie par les éléments qui assurent leur connectivité et indiquent la portée, la vision et les valeurs de l'organisation, l'agrégation des risques, et les sphères d'influences de l'environnement opérationnel et des affaires permettant d'identifier l'ensemble de ses facteurs, les entrées et les sorties.

La symbolique et les concepts de l'I 4.0 liés aux nouvelles technologies, constitue un nouvel aspect dans le contexte intérieur (collecte de données, surveillance, cycle de vie, gestion des risques et décisions multicritères de manière intelligente), et au niveau de la frontière (échange des données, informations et connaissances) : IoT et plateforme, GDA numérique ou intelligente, réseaux intelligents, infonuagique, organisation connectée, actifs,

physiques et produits ou services connectés, intelligents ou autonomes.

La plupart des modèles se concentrent sur le contexte intérieur, avec une approche de cycle de vie, une frontière et un contexte extérieur souvent abordés de manière partielle. Les documents relevant à la fois du contexte extérieur, de la frontière et du contexte intérieur satisfont le contexte global, avec 5 sur 15 pour le secteur électricité, et 9 sur 19 pour les autres secteurs.

La Figure 3 est une synthèse du **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** regroupant les documents analysés selon les éléments du contexte en GDA.

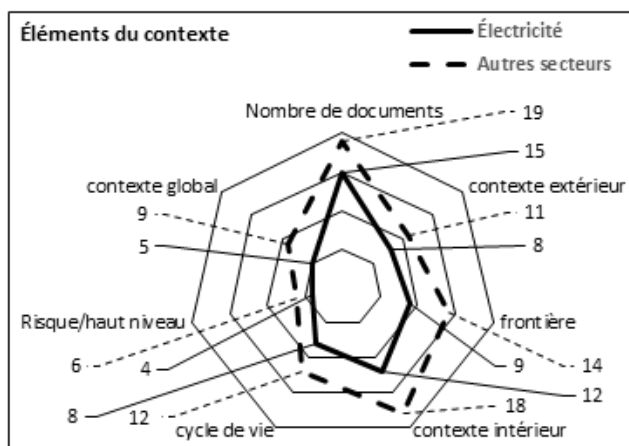


Figure 3 : Synthèse des éléments du contexte

La définition d'un modèle conceptuel (GFAMM, 2014; Peterson, 2006) implique une structuration de la GDA, favorisant la visibilité et la compréhension des items, de leurs relations en rapport avec les nouvelles technologies, en comparant par exemple les modèles de l'IAM et de Mattioli et al. (2020) en ce qui concerne la phase maintenance et la maintenance prédictive. Cette structuration concerne les rubriques et notions clés suivantes.

Approche du cycle de vie : « gestion rentable du cycle de vie des actifs » (IPWEA, 2020) ; méthode structurée favorisant une planification transparente (Shah et al., 2016) ; phases du cycle et impact sur les suivantes, la condition des actifs et leur environnement (Shah et al., 2016; Shen et al., 2016; Wardani et Naswil, 2017) ; approches partielles à éviter (IAM, 2024; Khuntia et al., 2016; Komljenovic et al., 2016; Shen et al., 2016) ; actifs physiques et produits ou services associés (secteurs électricité, mines, etc.), pour réaliser la valeur (Komljenovic et al., 2015; Lima et Costa, 2019; Malcón et al., 2015), et connectés (El Bounjimi et Abdul-Nour, 2021; Mattioli et al., 2020; Mohamed Yousuf et Abdulhalem, 2019; Seow et al., 2016).

Information : support indispensable reliant tous les processus et la vie des actifs dans la gestion (Hocking et Sproston, 2018) ; gestion proactive, dans le contexte de l'I4.0, des données et informations sur l'état et les performances des actifs (pour la prédiction d'extension ou de fin de vie), et des compétences transversales (renforcement de capacités d'actifs et d'acteurs impliqués en GDA) en vue de l'évaluation des performances.

Prise de décision : processus visant l'optimisation de la valeur (IAM, 2024) et ayant un sens (Bara et al.,

2021) ; importance pour la vie des actifs et leur environnement (Brown et al., 2014; IAM, 2024) ; plusieurs scénarios ou classes de décisions (Khuntia et al., 2016; Petchrompo et Parlikad, 2019) de cycle de vie et impacts des décisions à assumer par la gestion (Bara et al., 2021) ; renforcement par des connaissances basées sur leur source, et de nouvelles approches basées sur les données (El Bounjimi et Abdul-Nour, 2021) selon l'I 4.0.

Risque : définition (Adiansyah et al., 2015; ISO, 2024a), lien avec un changement dans l'environnement (Komljenovic et al., 2016; Roda et Macchi, 2018; Shah et al., 2016) ; incertitude ou état d'insuffisance d'informations (ISO, 2024a) et impact sur l'organisation ou sa performance (Komljenovic et al., 2016) ; dimension (Brown et Humphrey, 2005; Roda et Macchi, 2018), agrégation (Wijnia et de Croon, 2015) pour la décision ; nouveaux risques (Komljenovic et al., 2016) par l'échange de données (Lemerande, 2018; Malcón et al., 2015).

La GDA peut être renforcée (Komljenovic et al., 2016; Lima et Costa, 2019; UIC, 2016), en profitant des contributions d'autres disciplines ou stratégies telles que l'I4.0 (El Bounjimi et Abdul-Nour, 2021; Suakanto et al., 2021) selon le contexte. Cet aspect du contexte de l'organisation permet d'identifier les facteurs de son environnement et leurs influences reliés à des savoirs, et interpelle divers acteurs (Bale et al., 2015) au sujet de leur apport.

5.2 Apport des acteurs de la GDA

Différents contributeurs de modèles conceptuels jouent un rôle proactif important (qualitatif) dans l'avancement de la GDA ; ces acteurs peuvent être classés en trois catégories (AAMCoG, 2012; Bale et al., 2015; EPRI, 2020; FCM, 2018; Parlikad, 2019) : Chercheurs ou académiciens (construction des théories, concepts et modèles novateurs) Corps professionnels ou consultants (vérification des théories ou technologies par des retours d'expériences, offre d'expertise par des modèles ou standards)

Gestionnaires, praticiens ou propriétaires des industries et agences diverses gouvernementales ou non (applications, développement de meilleures pratiques, des processus et des activités).

Le

Tableau 4 dresse la répartition des documents selon le cadre de la collaboration. La recherche exploratoire concerne les chercheurs d'une ou de plusieurs organisations ou institutions dont les

modèles conceptuels sont novateurs et hypothétiques. Les enquêtes ou interviews sont des opportunités de collaboration des chercheurs avec les praticiens ou experts de divers domaines pour la

Tableau 4 : Répartition des documents par secteurs et cadre de collaboration

Cadre de la collaboration	Électricité	Autres secteurs
Recherche exploratoire	15, 16, 32	1, 2, 4, 9, 13, 25
Enquêtes / interviews	30	2, 9, 22, 27, 34
Recherche / pratique	11, 17, 28, 29, 30, 31	2, 9, 12, 22, 25, 26, 27, 33, 34
Consulting / pratique	5, 6, 10, 14	3, 7, 8, 19, 23, 24
Recherche / consulting / pratique	20	18
Expérimentation	5, 20, 17	
Études de cas / validation	6, 10, 11, 14, 21, 28, 29, 30, 31	3, 7, 8, 12, 18, 19, 22, 23, 26, 27, 33

collecte de données. Plusieurs acteurs sont concernés par la collaboration impliquant des praticiens pour la mise en œuvre de méthodologies qui visent des aspects disciplinaires permettant d'aboutir aux meilleures pratiques. Toutefois l'étape de la validation de leurs modèles conceptuels n'est pas toujours franchie. Le cas du document 21 (Wardani et Naswil, 2017) est singulier : ces praticiens du secteur de l'électricité nécessitent une implication de la recherche ou du consulting, par la nature interdisciplinaire et collaborative du système de GDA bénéfique pour l'approche de cycle de vie (Crespo Márquez et al., 2020; El-Akruti et al., 2018; Suakanto et al., 2021), qui pose des défis majeurs ; les modèles des documents 4, 15 et 16 (Komljenovic et al., 2015; Shah et al., 2016; Shahid et al., 2016) de chercheurs considérés comme satisfaisant le contexte global pour le critère précédent sont de potentiels candidats à une collaboration avec le consulting ou la pratique pour franchir l'étape de la validation.

La GDA préconise l'anticipation et le retrait des silos, favorisant ainsi l'émergence d'un rôle basé sur une approche collective ou intégrée pour obtenir un avantage collaboratif, en visant l'avancement de la discipline par un groupe étendu à toutes les catégories d'acteurs (Brown et al., 2014), avec des atouts multiples : efficacité, cadre de partage favorable et de validation des modèles conceptuels, combinaison et complémentarité, développement de réseaux, réduction des approches fragmentées et structuration de la GDA (Bale et al., 2015; El-

Akruti et al., 2018; Parlikad, 2019), croissance et apprentissage par l'interaction (Derrouiche et Neubert, 2013). Ce rôle proactif confirme l'humain comme facteur de création de valeur dans le contexte de l'I4.0 (Liboni et al., 2018) et pour l'avancement de la GDA, exigeant ainsi le développement de ses capacités et capacités (IPWEA, 2020), pour parvenir à une connaissance pratique (IAM, 2024). Ce concept de capacité inhérent à l'aspect de garantie de la GDA (AMC, 2014; ISO, 2024a), tout comme celui de maturité (Laue et al., 2014; UIC, 2016) concernent aussi bien le facteur humain que les processus et les organisations, reflétant la démarche aboutissant à l'opérationnalisation. Les standards (El-Akruti et al., 2018), et la terminologie, doivent être cohérents, pour réduire la complexité, favoriser les échanges et la communication entre acteurs, et l'évaluation de la recherche (Parlikad, 2019). Ainsi, ces acteurs ont la possibilité d'évaluer des modèles conceptuels à l'aide d'études de cas ou de contextes diversifiés (Abdul-Nour et al., 2021; El-Akruti et al., 2018; Parlikad, 2019; Roda et Macchi, 2018), pour en faire des références (DIT, 2025; FCM, 2018; Leitch et Ellsworth, 2016; Lemerande, 2018; Seow et al., 2016; Shah et al., 2016; Shahid et al., 2016) en GDA, ou justifier ses spécificités.

5.3 Démarcation ou spécificité du secteur de l'électricité

5.3.1 Caractéristiques du secteur de l'électricité

Une démarcation d'autres réseaux (assainissement, gaz) concerne la difficulté de stockage de l'électricité, le respect des politiques de régulation ou liées à l'environnement (Liboni et al., 2018), la constitution du mix énergétique posant des risques divers (Malcón et al., 2015; Rinaldi et al., 2017; Shah et al., 2016; Shahid et al., 2016). La partition de ce secteur, qui constitue des silos pour « l'objectif global de la chaîne devant fournir l'électricité aux consommateurs », doit se confronter, selon les modèles choisis, à la révolution de l'I4.0 (Biard et Nour, 2021). Du domaine d'utilité publique (Bosisio et al., 2019; Lima et Costa, 2019), avec des défaillances visibles (Wijnia et de Croon, 2015), ce secteur fait face à un environnement complexe (diverses contraintes), une approche de cycle de vie intégrant plusieurs phases, des actifs physiques coûteux, diversifiés, opérant sur de longues durées et vieillissants, critiques pour les organisations (impacts des interruptions ou de l'exploitation sur l'écosystème). Les incertitudes favorisent un grand intérêt pour les risques associés à la GDA et récurrents pour la décision et la maintenance (Alvarez et al., 2019; Bosisio et al., 2019; Komljenovic et al., 2016; Lima et Costa, 2019; Malcón et al., 2015; Seow et al., 2016; Shah et al., 2016; Shen et al., 2016; Vermeer et al., 2015; Wijnia et de Croon, 2015). Aussi, l'ISO (2024a) préconise une approche de GDA (Risk-based asset Management - RBAM) basée sur les risques liés aux actifs et les risques financiers associés pour réaliser la valeur ou des objectifs, et améliorer le SGDA.

Le Tableau 5 illustre divers aspects de la GDA et des risques pour le secteur de l'électricité. Plusieurs

standards sont utilisés, impliquant une compatibilité et une adéquation des connaissances, des ressources et du cadre organisationnel pour la GDA qui doit intégrer les risques présents dans toutes les activités (Komljenovic et al., 2016; Lima et Costa, 2019; Seow et al., 2016). Le vieillissement et la défaillance des actifs physiques constituent le centre d'intérêt de nombreuses organisations du secteur en termes du risque d'interruptions, mais qui est relativement mineur selon Komljenovic et al. (2016), comparé à celui des EREs, notamment les conditions climatiques extrêmes, à faible probabilité (occurrence) et impact élevé (plusieurs semaines d'interruptions, et ressources à mobiliser en termes de continuité du service de l'électricité et résilience (Abdul-Nour et al., 2021)). Deux approches de GDA intégrant le risque émergent ; l'approche RBAM, plus usitée, pour décider de la priorisation (actions ou actifs), et le RIDM, non limité à l'appréciation numérique du risque (cas précédent), qui analyse plusieurs composantes qualitatives et quantitatives incluant le risque et leur interaction, pour aboutir à une décision par délibération (Komljenovic et al., 2016; Lonchampt et al., 2019). Cette décision, certes complexe, mais informée, est un atout majeur dans le contexte de l'I4.0 qui privilégie des méthodes basées sur les données (Komljenovic et al., 2016; Seow et al., 2016; Vermeer et al., 2015).

5.3.2 Impact de l'I 4.0 dans le secteur électrique

Dans le secteur de l'électricité, le concept de l'industrie intelligente vise la transformation du réseau, selon le concept de réseau intelligent, qui doit s'appuyer sur un système structuré de GDA selon les spécificités du système électrique complexe, à surveiller, optimiser et contrôler, conduisant ainsi à un service public intelligent

Tableau 5 : Aspects de la GDA et des risques pour le secteur électrique

1 – Standards	Documents
ISO 31000, ISO Guide 73 : Management du risque	11, 28, 30
ISO 55000, ISO 55001, ISO 55002 : Gestion d'actifs ; ISO 9001 : Qualité ; ISO 14001 : Environnemental ; ISO 22301 : Continuité d'activité	10, 11, 14, 15, 16, 28, 29, 30, 32
CEN/CENELEC/ETSI : Normes pour les réseaux intelligents	5
BS OHSAS 18001 : SST, AIEA No SF-1, AIEA 75-INSAG-3 rev.1 : protection (personnes, société et environnement) contre les rayonnements ionisants et dangers radiologiques	10, 11
2 - Domaines ou concepts associés au risque	
Défaillance - vieillissement (réseaux électriques, courants marins) : risque de défaillance et interruptions, dilemme maintenance / remplacement, coût / risque, priorités maintenance /entreprise, plan /urgence	6, 14, 17, 20, 21, 28, 29

Politique SSSE (thermique) : fonctions critiques et risques, facteurs de risque d'impact, risque opérationnel, évaluation des investissements, risque résiduel (faible probabilité et conséquence élevée)	10, 31
Contrat d'achat - interaction climat et fiabilité (Éolien) : partage des risques (parties prenantes du contrat, référence pour les plans liés aux phases du cycle de vie), risque fonction de l'interaction	16, 31
Changement de politique (solaire photovoltaïque) : appréciation des risques, surveillance de l'exposition au risque (phase du cycle de vie et plan en GDA)	15
Gestion intégrée des initiatives (réseaux intelligents) : évaluation des risques, meilleur rapport coût-risque-performance	5
Évènements extrêmes et rares en GDA (transmission, distribution, nucléaire) : environnement, risques nouveaux, perturbateurs, extension du concept, continuité d'activité / résilience , risque agrégé, impacts	11, 17
Réglementation (transmission) : risques / vie des actifs, conformité, priorités et réalisation de la valeur, leadership et engagement, implémentation du risque et structuration des actifs (maturité)	30
Nouvelles technologies (transmission) : anticipation et reconnaissance des sites et actifs à risque (IA), prévention / maintenance prédictive, prédiction et contrôle du niveau du risque en temps réel (IoT)	32, 17, 5, 14

(Liboni et al., 2018). Ce réseau génère une grande quantité de données (Seow et al., 2016) grâce à l'IoT, à l'infrastructure de mesurage avancée, et permet de tracer les performances, d'anticiper des défaillances, des surcharges des actifs en temps réel, de développer des modèles de maintenance prédictive à l'aide de l'IA et de la simulation (Biard et Nour, 2021; Liboni et al., 2018; Malcón et al., 2015); le résultat est une réduction des interruptions et des coûts de maintenance, la surveillance (ensemble du cycle de vie des actifs), l'analyse des scénarios (risques, complexité) aidant à la décision pour améliorer le cycle de vie (Biard et Nour, 2021; Liboni et al., 2018; Mattioli et al., 2020).

6. DISCUSSION

Une préoccupation essentielle porte sur l'autonomisation de la GDA, discipline transversale, décrite par un système, soit intégré (ISO, 2024a), soit complémentaire ou en réseau, contribuant à la stratégie de l'organisation (AMC, 2014; Fulconis et al., 2014). La complexité de l'environnement opérationnel et des affaires (Komljenovic et al., 2016) introduit de facto une complexité au niveau de la modélisation des systèmes (réels ou fictifs), puis de la prise de décision et l'opérationnalisation (Bara et al., 2021). Un éclairage par les concepts ou les construits pertinents impliquant les SACs, tels que les organisations en GDA (Bale et al., 2015; Komljenovic et al., 2016), doit aider dans cette préoccupation, et à appréhender le contexte dans un cadre à valeur collaborative générée (Derrouiche et Neubert, 2013).

Selon l'IAM (2024), les réalisations à mener à terme et leurs impacts doivent être le point de départ d'une organisation, pour définir des objectifs et

établir des capacités. Mais sa raison d'être est une condition essentielle pour s'insérer dans son contexte et déterminer ses objectifs. L'aspect du contexte de l'organisation doit favoriser une bonne visibilité de ses éléments constitutifs (GFMAM, 2014; Peterson, 2006), une approche de cycle de vie complète (Mattioli et al., 2020; Mohamed Yousuf et Abdulhalem, 2019). Les modèles conceptuels doivent être enrichis des possibilités (plateforme IoT, connectivité, etc.) offertes par l'I4.0 (El Bounjimi et Abdul-Nour, 2021; Mattioli et al., 2020). L'environnement des organisations est affecté d'incertitudes, qui caractérisent les risques étroitement liés à la satisfaction des PP. La gestion des risques doit être rattachée à l'entité du plus haut niveau (Komljenovic et al., 2016; Leitch et Ellsworth, 2016) qui sert d'interface entre une organisation et son environnement pour intégrer les facteurs influents externes et internes. L'approche de GDA intelligente, basée sur les données, telle que proposée par El Bounjimi et Abdul-Nour (2021), répond au besoin d'information sur le plan stratégique pour la prise de décision.

L'humain disposant de nouvelles capacités introduites par l'I4.0 ou l'I5.0 (Liboni et al., 2018; Xu et al., 2021) est également indispensable, afin de satisfaire les attentes des PP, en considérant les risques nouveaux. Par l'aspect de la centralité de l'humain, l'I5.0 vient compléter l'I4.0 et la GDA par son approche systématique de l'innovation technologique (intégrant des priorités sociales et environnementales), mais aussi sociotechnique (besoins sociétaux en tant que but ultime, et technologie comme outils facilitateurs). Cette centralité peut être rapprochée du concept de cycle de vie en rapport avec le besoin ou la perte de main d'œuvre, de compétences, avec la SST ou le bien-

être au travail, etc., pouvant redéfinir une GDA centrée sur les actifs physiques.

Dans le secteur de l'électricité, la structuration repose sur des modèles élaborés selon une approche globale basée sur la valeur, et sur le concept du réseau intelligent. Ce concept favorise un service intelligent de l'électricité (Liboni et al.,

2018), allié au cycle de vie d'actifs physiques connectés et priorisant leur maintenance optimale vis-à-vis du risque (Khuntia et al., 2016; Seow et al., 2016). Cette recherche fournit des indications pertinentes sur le contexte de la GDA et de la maintenance, résumées dans la Figure 4.

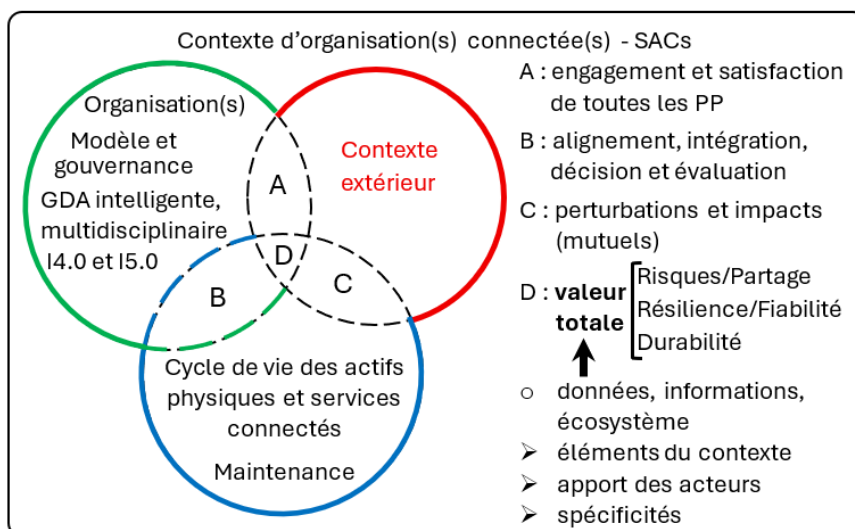


Figure 4 : Contexte de GDA et maintenance

7. CONCLUSION

La conceptualisation d'une GDA multidisciplinaire, se présente comme une des clés permettant aux organisations de surmonter les difficultés rencontrées dans leur environnement d'affaires et opérationnel complexe. Cette façon de penser, est traduite au départ par des modèles conceptuels qui s'inspirent des réalisations à mener à terme et de leurs impacts, pourvu que la raison d'être des organisations soit en adéquation avec leur contexte (en termes de ce qui peut être contrôlé, influencé ou non). Ces modèles doivent ensuite décrire, à partir des objectifs, et avec une bonne visibilité, les éléments de ce contexte (capabilités, activités, fonctions ou processus) et leur interaction, de manière stratégique pour déterminer les facteurs de leur environnement. Les potentiels de l'I4.0 et de l'I5.0, quoique perturbateurs, conduisent à réviser ces modèles, pour introduire de nouvelles capacités en faveur d'une GDA intelligente, durable et résiliente, notamment pour le secteur de l'électricité, adressant les complexités, les risques, et les implications sur le cycle de vie et la maintenance. Une approche de cycle de vie

complète demeure fondamentale pour un modèle conceptuel en GDA et l'I4.0, impliquant tous les actifs physiques et services ou produits connectés, les données, les compétences transversales associées, et les risques pour une décision informée. Les acteurs de la GDA sont donc concernés par leur rôle collaboratif qui s'inscrit dans une vision large de la discipline impliquant toutes les catégories pour réduire les écarts entre recherche, pratique et expertise, dans un environnement dynamique et complexe pour les organisations, et favorisant la validation des modèles conceptuels par des théories adéquates. De la centralité de l'humain selon l'I5.0 peut émerger une GDA qui rallie diverses théories pouvant être perçues comme exclusives.

Des recherches futures présentant un intérêt pour les modèles conceptuels sont les suivantes :

- ◆ le partage des risques associé à l'écosystème issu de l'I4.0, notamment par l'échange de données entre organisations et PP, utile pour une GDA intelligente, constitue une priorité pour l'élaboration des modèles ;
- ◆ l'impact de l'I4.0 sur les regroupements des éléments du contexte d'une organisation dans

les modèles de GDA nécessite une compatibilité avec les principes préconisés par l'ISO ;

- ♦ la complexité peut être adressée par l'apprentissage, aspect non développé mais tout aussi pertinent pour la conceptualisation en GDA, en considérant les interactions impliquant les organisations ou leurs actifs.

8. REFERENCES

- AAMCoG. (2012). *Guide to Integrated Strategic Asset Management, Version 2.0*. Australian Asset Management Collaborative Group. https://www.academia.edu/1889952/Guide_to_Integrated_Strategic_Asset_Management
- Abdul-Nour, G., Gauthier, F., Diallo, I., Komljenovic, D., Vaillancourt, R. et Côté, A. (2021). Development of a Resilience Management Framework Adapted to Complex Asset Systems: Hydro-Québec Research Chair on Asset Management. Dans A. Crespo Márquez, D. Komljenovic et J. Amadi-Echendu (dir.), *14th WCEAM Proceedings 2019* (p. 126–136). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64228-0_12
- Adiansyah, J. S., Rosano, M., Vink, S. et Keir, G. (2015). A framework for a sustainable approach to mine tailings management: Disposal strategies. *Journal of Cleaner Production*, 108, 1050–1062. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.139>
- Alkhuraissi, S. H. et Alwohaibi, A. A. (2016). Benefits of implementing a new asset management operating model within buildings and facilities in Saudi Arabia. Dans *Asset Management Conference (AM 2016)* (p. 304–308). IET. <https://doi.org/10.1049/cp.2016.1436>
- Alvarez, D. L., Rosero, L. S., Rivera, S. R. et Romero, A. A. (2019). A Framework For Asset Management in Electrical Systems, Part I: Conceptual Model. Dans *2019 IEEE Workshop on PEPQA* (p. 126–131). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PEPQA.2019.8851575>
- AMC. (2014). *AMBoK Publication 000: Framework for Asset Management, Second Edition*. Asset Management Council Ltd. <https://www.amcouncil.com.au/free-download-framework-for-asset-management-second-edition-pdf/>
- Baglee, D., Ihemegbulem, I. et Marttonen-Arola, S. (2016). Identifying organizational requirements for the implementation of ISO 55000 in small to medium sized enterprises (SMEs). Dans *Euromaintenance 2016 Conference*. EFNMS. <http://sure.sunderland.ac.uk/id/eprint/8015>
- Bale, C. S. E., Varga, L. et Foxon, T. J. (2015). Energy and complexity: New ways forward. *Applied Energy*, 138, 150–159. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.10.057>
- Bara, N., Gautier, F. et Giard, V. (2021). Problèmes méthodologiques posés par les systèmes de valorisation dans les modèles économiques de management industriel. *Revue Française de Gestion Industrielle*, 35(1), 40–56. <https://doi.org/10.53102/2021.35.01.905>
- Baxter, J. E. et Pandey, A. K. (2016). Implementation of an integrated asset management system. Dans *Asset Management Conference (AM 2016)* (p. 183–190). IET. <https://doi.org/10.1049/cp.2016.1423>
- Benade, S. J. (2015). Merging disciplines: An exploratory study. Dans *2015 PICMET* (p. 1121–1132). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PICMET.2015.7273071>
- Biard, G. et Nour, G. A. (2021). Industry 4.0 Contribution to Asset Management in the Electrical Industry. *Sustainability*, 13(18), article 10369. <https://doi.org/10.3390/su131810369>
- Bosisio, A., Giustina, D. D., Fratti, S., Dedè, A. et Gozzi, S. (2019). A Metamodel for Multi-utilities Asset Management. Dans *2019 IEEE Milan PowerTech* (p. 3465–3468). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PTC.2019.8810812>
- Breque, M., De Nul, L. et Petridis, A. (2021). Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. *Luxembourg, LU: European Commission, Directorate-General for Research and Innovation*, 46. <https://doi.org/10.2777/308407>
- Brown, K., Laue, M., Tafur, J., Mahmood, M. N., Scherrer, P. et Keast, R. (2014). An Integrated Approach to Strategic Asset Management. Dans A. V. Gheorghe, M. Masera et P. F. Katina (dir.), *Infranomics* (vol. 24, p. 57–74). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02493-6_5
- Brown, R. E. et Humphrey, B. G. (2005, May–June). Asset management for transmission and distribution. *IEEE Power and Energy Magazine*, 3(3), 39–45. <https://doi.org/10.1109/MPAE.2005.1436499>
- CIGRÉ. (2010). *Transmission Asset Risk Management, TB422*. Working Group C1.16. Conseil International des Grands Réseaux Électriques. <https://www.e-cigre.org/publications/detail/422-transmission-asset-risk-management.html>
- Crespo Márquez, A., Macchi, M. et Parlikad, A. K. (2020). Fundamental Concepts and Framework. Dans A. Crespo Márquez, M. Macchi et A. K. Parlikad (dir.), *Value Based and Intelligent Asset Management* (p. 3–38). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20704-5_1
- Derrouiche, R. et Neubert, G. (2013). Supply Chain Collaborative: revue de littérature des attributs de caractérisation des relations dyadiques. *Revue Française*

de Gestion Industrielle, 32(1), 7–26.
<https://doi.org/10.53102/2013.32.01.686>

DIT. (2025). *Strategic Asset Management Framework*. State of South Australian DIT.
https://dit.sa.gov.au/data/assets/pdf_file/0018/1137150/DOCS_AND_FILES-23186015-v1-Framework_-_Strategic_Asset_Management.pdf

El-Akruti, K., Kiridena, S. et Dwight, R. (2018). Contextualist-retroductive case study design for strategic asset management research. *Production Planning & Control*, 29(16), 1332–1342.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1535145>

El Bounjimi, M. et Abdul-Nour, G. (2021). Smart Asset Management in Power Industry: A Review of The Key Technologies. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 10(10), 388–393.
<https://doi.org/10.17577/IJERTV10IS100149>

EPRI. (2020). *Power Delivery Asset Management Guidelines: 2020 Update*. EPRI, Palo Alto, CA: 2020. 3002018819.
<https://www.epri.com/research/products/000000003002018819>

FCM. (2018). *How to develop asset management policy strategy : Set up a consistent approach to asset management in your municipality*. Federation of Canadian Municipalities (FCM).
<https://fcm.ca/sites/default/files/documents/resources/guide/how-to-develop-asset-management-policy-strategy-mamp.pdf>

Fulconis, F., Paché, G. et Solle, G. (2014). Évaluer la performance des réseaux inter-organisationnels: le contrôle de gestion au défi du collectif. *Revue Française de Gestion Industrielle*, 33(4), 45–63.
<https://doi.org/10.53102/2014.33.04.792>

Gamache, S. (2019). *Stratégies de mise en oeuvre de l'industrie 4.0 dans les petites et moyennes entreprises manufacturières québécoises* [Thèse de doctorat, Université du Québec à Chicoutimi, Canada].
<https://depot-e.ugtr.ca/id/eprint/8821>

Germán, M. O., Molina, J. D., Romero, A. A., Gómez, H. D. et García, E. (2014). Power asset management: Methods and experiences in Colombian power system. Dans P. Beltran et A. Aldana (dir.), *2014 IEEE PES T&D Conference and Exposition - Latin America* (p. 603–608). IEEE. <https://doi.org/10.1109/TDC-LA.2014.6955209>

GFMAM. (2014). *The Asset Management Landscape* (2^e éd.). The Global Forum on Maintenance and Asset Management (GFMAM).
https://www.gfmam.org/sites/default/files/2019-05/GFMAMLandscape_SecondEdition_English.pdf

Glasson, J. et Gibbons, P. (2015). Understanding the context of the organisation: adopting a systems thinking

approach to asset management. Dans *Asset Management Conference 2015* (p. 92–105). IET.
<https://doi.org/doi:10.1049/cp.2015.1721>

Hocking, B. et Sproston, C. (2018). A model-based systems engineering approach to developing an asset management framework for rail organisations. Dans *SETE Conference 2018 : Unlocking the Future Through Systems Engineering* (p. 209–220). Engineers Australia.
<https://doi.org/10.3316/informit.631240558320762>

IAM. (2024). *Asset Management - an anatomy, Version 4*. The Institute of Asset Management (IAM).
<https://theiam.org/media/5615/iam-anatomy-version-4-final.pdf>

IPWEA. (2020). *Supplement to the IIMM 2020: Meeting ISO 55001 Requirements*. Institute of Public Works Engineering Australasia (IPWEA).
<https://www.ipwea.org/resourcesnew/bookshop/iimm-supplement-2020>

ISO. (2024a). *Norme internationale. ISO 55000. Gestion d'actifs - Vocabulaire, aperçu général et principes*. Organisation internationale de normalisation (the International Organization for Standardization - ISO).
<https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:55000:ed-2:v1:fr>

ISO. (2024b). *Norme internationale. ISO 55001. Gestion d'actifs - Systèmes de gestion d'actifs - Exigences*. Organisation internationale de normalisation (the International Organization for Standardization - ISO).
<https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:55001:ed-2:v1:fr>

Khuntia, S. R., Rueda, J. L., Bouwman, S. et van der Meijden, M. A. M. M. (2016). A literature survey on asset management in electrical power [transmission and distribution] system. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 26(10), 2123–2133.
<https://doi.org/10.1002/etep.2193>

Komljenovic, D., Abdul-Nour, G. et Popovic, N. (2015). An approach for strategic planning and asset management in the mining industry in the context of business and operational complexity. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, 6(4), 338–360. <https://doi.org/10.1504/IJMME.2015.073047>

Komljenovic, D., Gaha, M., Abdul-Nour, G., Langheit, C. et Bourgeois, M. (2016). Risks of extreme and rare events in Asset Management. *Safety Science*, 88, 129–145. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.05.004>

Konstantakos, P. C., Chountalas, P. et Magoutas, A. (2019). The contemporary landscape of asset management systems. *Quality - Access to Success*, 20(169), 10–17. <https://ssrn.com/abstract=3380765>

Laue, M., Brown, K., Scherrer, P. et Keast, R. (2014). Integrated strategic asset management: Frameworks and

dimensions. Dans A. V. Gheorghe, M. Masera et P. F. Katina (dir.), *Infronomics*. (vol. 24, p. 75–87). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02493-6_6

Leitch, R. B. et Ellsworth, D. E. (2016). Implementing asset management for the U.S. Army Corps of Engineers civil works. Dans *Asset Management Conference (AM 2016)* (p. 31–39). IET. <https://doi.org/10.1049/cp.2016.1404>

Lemerande, T. J. (2018). Leading the Naval Asset Management Effort with a Framework for Fleet Life Cycle Management. Dans *E-proceedings of AMPEAK 2018*. AMC. <https://www.researchgate.net/publication/324923632>

Liboni, L. B., Liboni, L. H. B. et Cezarino, L. O. (2018). Electric utility 4.0: Trends and challenges towards process safety and environmental protection. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 593–605. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.027>

Lima, E. S. et Costa, A. P. C. S. (2019). Improving Asset Management under a regulatory view. *Reliability Engineering & System Safety*, 190, article 106523. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.106523>

Lonchamp, J., Aubert, K., Dautrême, E. et Sueur, R. (2019). Engineering Asset Management for Various Power Sources: Common Concepts and Specificities. Dans J. Mathew, C. Lim, L. Ma, D. Sands, M. Cholette et P. Borghesani (dir.), *Asset Intelligence through Integration and Interoperability and Contemporary Vibration Engineering Technologies* (p. 393–403). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95711-1_39

Malcón, J., Sardi, G., Carnelli, E. et Franco, R. (2015). Smart Management of Transmission Network in UTE. Dans *2015 IEEE PES ISGT Latin America* (p. 440–444). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISGT-LA.2015.7381195>

Mattioli, J., Perico, P. et Robic, P.-O. (2020). Artificial intelligence based asset management. Dans *2020 IEEE 15th International Conference of SoSE* (p. 151–156). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SoSE50414.2020.9130505>

Mohamed Yousuf, S. et Abdulhalem, R. A. (2019). Asset management in power network towards optimization performance using integrated, intelligent and automated (lia) scheme. *International Journal of Scientific & Technology Research (IJSTR)*, 8(11), 2372–2375. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:212560824>

Mohammadi, A., Igwe, C., Amador-Jimenez, L. et Nasiri, F. (2018). Novel Asset Management Framework for Road Maintenance. Dans J. Rankin (dir.), *CSCE General Conference 2018* (p. 481–489). Canadian Society for Civil Engineering (CSCE). https://legacy.csce.ca/elf/apps/CONFERENCEVIEWER/conferences/2018/pdfs/Paper_TR49_0610045716.pdf

Ouertani, M.-Z., Parlikad, A. K. et McFarlane, D. C. (2008). Towards an approach to Select an Asset Information Management Strategy. *International Journal of Computer Science and Applications (IJCSA)*, 5(3b), 25–44. https://www.academia.edu/1877492/Towards_an_approach_to_select_an_asset_information_management_strategy

Parlikad, A. K. (2019). Research challenges in Asset Management. Dans C. Lloyd et M. Corcoran (dir.), *Asset Management* (2^e éd., p. 45–66). ICE Publishing. <https://doi.org/10.1680/amse.61439.045>

Petchrompo, S. et Parlikad, A. K. (2019). A review of asset management literature on multi-asset systems. *Reliability Engineering and System Safety*, 181, 181–201. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2018.09.009>

Peterson, S. B. (2006). The future of asset management. Dans J. Mathew, J. Kennedy, L. Ma, A. Tan et D. Anderson (dir.), *Engineering Asset Management* (p. 460–472). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-84628-814-2_50

Rinaldi, G., Thies, P. R., Walker, R. et Johanning, L. (2017). A decision support model to optimise the operation and maintenance strategies of an offshore renewable energy farm. *Ocean Engineering*, 145, 250–262. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2017.08.019>

Roda, I. et Macchi, M. (2018). A framework to embed Asset Management in production companies. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*, 232(4), 368–378. <https://doi.org/10.1177/1748006X17753501>

Roda, I., Parlikad, A. K., Macchi, M. et Garetti, M. (2016). A Framework for Implementing Value-Based Approach in Asset Management. Dans K. T. Koskinen, H. Kortelainen, J. Aaltonen, T. Uusitalo, K. Komonen, J. Mathew et J. Laitinen (dir.), *Proceedings of the 10th WCEAM 2015* (p. 487–495). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27064-7_47

Rojko, A. (2017). Industry 4.0 Concept: Background and Overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 11(5), 77–90. <https://doi.org/10.3991/ijim.v11i5.7072>

Seow, K. S., Nguyen, L. K., Tan, K. et Oeveren, K. V. (2016). Moving towards reliability-centred management of energy, power and transportation assets. Dans *2016 ACEPT* (p. 61–67). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ACEPT.2016.7811520>

Shah, S. W. A., Mahmood, M. N. et Das, N. (2016). Strategic asset management framework for the improvement of large scale PV power plants in Australia. Dans *2016 AUPEC* (p. 260–264). IEEE. <https://doi.org/10.1109/AUPEC.2016.7749311>

Shahid, M. A., Mahamood, M. N. et Das, N. (2016). Integrated asset management framework for Australian wind farms. Dans 2016 AUPEC (p. 65–69). IEEE. <https://doi.org/10.1109/AUPEC.2016.7749310>

Shen, X., Cao, M., Lu, Y. et Zhang, L. (2016). Life cycle management system of power transmission and transformation equipment based on Internet of Things. Dans 2016 CIED (p. 398–402). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CIED.2016.7575999>

Silva, C. E. L. d., Narcizo, R. B., Cardoso, R., Gonçalves, L. M. et Carvalho, Y. (2020). Industry 4.0: Proposing A Framework. *Archives of Business Review*, 8(6), 250–267. <https://doi.org/10.14738/abr.86.8541>

Suakanto, S., Nuryatno, E. T., Fauzi, R., Andreswari, R. et Yosephine, V. S. (2021). Conceptual Asset Management framework: A Grounded Theory Perspective. Dans 3rd ICADEIS 2021 (p. 202–208). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICADEIS52521.2021.9701948>

Too, E. G. (2012). Strategic Infrastructure Asset Management: The Way Forward. Dans J. Mathew, L. Ma, A. Tan, M. Weijnen et J. Lee (dir.), *Engineering Asset Management and Infrastructure Sustainability* (p. 945–958). Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-0-85729-493-7_73

UIC. (2016). *UIC Railway Application Guide - Practical implementation of Asset Management through ISO 55001*. International Union of Railways (UIC). https://uic.org/IMG/pdf/iso_55000_implementation_guidelines_on_railways_infrastructure_organisations.pdf

Vahedi, M. et Movahedi, M. M. (2018). Evaluating and Prioritizing Asset Management Excellence Model Based on Critical Criteria Using the Combination of DEMATEL and ANP Techniques. *Petroleum Business Review*, 2(3), 56–65. <https://doi.org/10.22050/pbr.2018.93429>

Vermeer, M., Wetzter, J., Wielen, P. v. d., Haan, E. d. et Meulemeester, E. d. (2015). Asset-management decision-support modeling, using a health and risk model. Dans 2015 IEEE Eindhoven PowerTech (p. 1868–1873). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PTC.2015.7232556>

Wardani, N. U. A. et Naswil, S. (2017). Transmission asset lifecycle management in PLN TJBB. Dans 2017 ICHVEPS (p. 95–98). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICHVEPS.2017.8225920>

Wijnia, Y. et de Croon, J. (2015). The Asset Management Process Reference Model for Infrastructures. Dans J. Amadi-Echendu, C. Hoohlo et J. Mathew (dir.), *9th WCEAM Research Papers* (p. 447–457). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-15536-4_35

Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B. et Wang, L. (2021, 2021/10/01/). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing*

Systems, 61, 530–535. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>

9. BIOGRAPHIE



Guy Yakana est titulaire d'une Maîtrise (M.Sc.A.) en Génie Industriel de l'Université du Québec à Trois-Rivières ; son intérêt pour la recherche porte sur la gestion optimale des systèmes d'actifs physiques complexes, leur fiabilité et leur cycle de vie, l'Industrie 4.0 et l'industrie 5.0, notamment dans le secteur de l'électricité, l'intégration des personnes, processus, technologies, l'évaluation des risques et l'apprentissage à partir des systèmes de gestion.



Mbarek El Bounjimi est Chercheur Post-doctoral en Génie Industriel à l'Université du Québec à Trois-Rivières, où il a complété son PhD. ; auteur de plusieurs publications, ses recherches sont axées sur la gestion de la chaîne logistique et de ses réseaux dans le domaine manufacturier, le lean six sigma, la gestion des actifs et l'industrie 4.0.



Georges Abdul-Nour est Professeur émérite au Département de génie industriel (G.I.) de l'Université du Québec à Trois-Rivières, au Canada; il a complété son PhD. en G.I. à la Texas Tech University (Lubbock, États-Unis). Auteur et co-auteur de 25 ouvrages et chapitres d'ouvrages, plus de 450 articles publiés, actes de conférences et rapports techniques, ses recherches portent sur la gestion intelligente des actifs, la résilience des systèmes complexes, la fiabilité et la maintenance, la fabrication intelligente, l'Industrie 4.0, 5.0 et X.0, le Lean Six Sigma et le JAT. Il est membre du comité de rédaction de l'International Journal of Production Research.

¹**Guy Yakana**, Université du Québec à Trois-Rivières,

Guy.Yakana@uqtr.ca,

 : <https://orcid.org/0000-0002-8578-9914>

²**Mbarek El Bounjimi**, Université du Québec à Trois-Rivières, Mbarek.Elounjimi@uqtr.ca

 : <https://orcid.org/0000-0002-4840-6582>

³**Georges Abdul-Nour**, Université du Québec à Trois-Rivières, Georges.Abdulnour@uqtr.ca

 : <https://orcid.org/0000-0001-9550-599X>

In Press, Journal Pre-proof*