



HAL
open science

L'Institut Henri Fayol

Olivier Boissier, Sandrine Berger-Douce, Rodolphe Le Riche, Florent Breuil

► **To cite this version:**

Olivier Boissier, Sandrine Berger-Douce, Rodolphe Le Riche, Florent Breuil. L'Institut Henri Fayol. MINES, La Revue des Ingénieurs, Paris - Saint-Etienne - Nancy , 2024, 525, pp.46-49. hal-04801363

HAL Id: hal-04801363

<https://hal.science/hal-04801363v1>

Submitted on 25 Nov 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

L'INSTITUT HENRI FAYOL

Créé en 2011, l'Institut Henri Fayol est le centre de formation et de recherche de Mines Saint-Étienne en sciences de l'information, de la décision, des organisations et de l'environnement. L'Institut répond aux enjeux des transitions sociétales, numériques et environnementales de l'industrie et des territoires avec une démarche pluridisciplinaire. Ancré sur les campus de Saint-Étienne (42) et de Provence (13), le centre regroupe actuellement plus de 80 personnes développant des partenariats de recherche et de valorisation en synergie avec ses formations d'ingénieurs.

Par l'équipe de direction: **OLIVIER BOISSIER** E83 (Directeur), **SANDRINE BERGER-DOUCE** et **RODOLPHE LE RICHE** (Directeurs adjoints) et **FLORENT BREUIL** (en charge de la communication).



HENRI FAYOL

BIO

Henri Fayol (1841-1925), ingénieur civil des Mines, auteur de L'Administration industrielle et générale, est considéré comme l'un des pionniers de la gestion d'entreprise et l'un des précurseurs du management.

L'Institut Henri Fayol déploie une large palette de compétences scientifiques relevant des domaines des mathématiques et du génie industriel, de l'informatique, de l'intelligence artificielle (IA) et des sciences des données, de l'environnement et de l'économie circulaire, du management et de la responsabilité sociale des entreprises. Les enseignants-chercheurs sont rattachés à trois unités de recherche: le LIMOS (UMR 6158 CNRS), le laboratoire EVS (UMR 5600 CNRS) et le laboratoire CoActis pour les sciences de gestion et du management. Fort de cette pluridisciplinarité, le centre développe des méthodes, des modèles et des technologies, dans une démarche systémique. Dans ce cadre, les activités

menées tant en formation qu'en recherche et valorisation visent à concilier efficacité, résilience et durabilité des entreprises et des territoires et à inscrire les réponses apportées dans une démarche de développement durable et de responsabilité sociétale.

DES RECHERCHES PLURIDISCIPLINAIRES POUR UNE APPROCHE SYSTEMIQUE DES DEFIS SOCIETAUX

Impliqué dans l'écosystème de recherche de l'Institut Mines-Télécom (IMT), national, européen et international, l'Institut Henri Fayol développe des activités avec des partenaires industriels, académiques ou institutionnels. Ces travaux contribuent aux problématiques au cœur des feuilles de route stratégiques de Mines Saint-Étienne et de l'IMT.

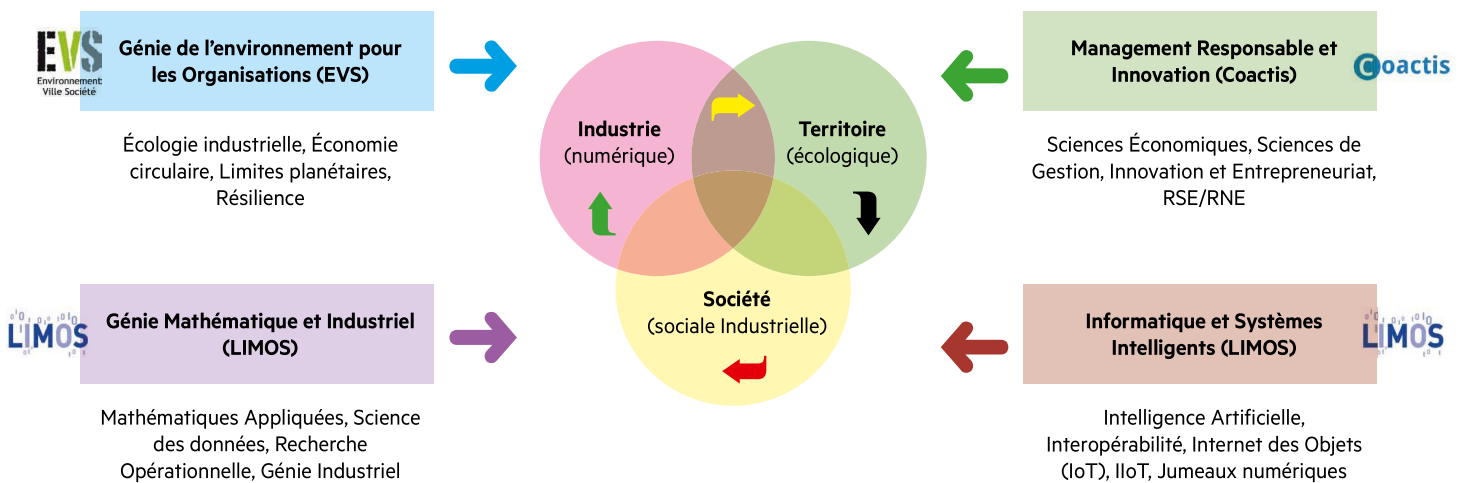
Souveraineté et sobriété numérique

L'arrivée massive de l'IA dans les entreprises transforme en profondeur leurs modes de fonctionnement, tant à l'échelle locale que globale. L'Institut accompagne ces mutations avec son expertise reconnue en matière de graphes de connaissances, d'IA décentralisée, de sciences des données et d'apprentissage machine. Le développement de ces technologies est également nourri par la prise en compte des défis liés à la cybersécurité (AMI CMA TCE¹), l'interopérabilité (implication dans les actions de standardisation de l'ETSI² et du W3C³), la communication et l'interconnexion (PEPR⁴ Réseaux du futur), défis que soulèvent l'omniprésence des objets connectés et la massification des données. Ces travaux répondent aux exigences de souveraineté numérique dans un contexte géopolitique marqué par des crises multiples. Ils répondent aussi aux controverses autour d'une nécessaire sobriété numérique, à la fois en termes de préconisations pour encourager l'indispensable prise de conscience des

Un centre de formation et de recherche pluridisciplinaire

<https://fayol.wp.imt.fr>

- <https://umr5600.cnrs.fr>
- <https://coactis.org>
- <https://limos.fr>



acteurs industriels (notamment start-ups et PME via le projet SobriT), mais également en termes technologiques avec des travaux sur la diminution des dommages environnementaux liés à l'IA (allant de la captation aux traitements et stockages de données). Des travaux transverses sur l'IA responsable et éthique sont menés, avec le développement de systèmes capables d'auto-apprendre une éthique de comportement alignée sur les valeurs des humains avec lesquels ils interagissent (p. ex. ACCELER-AI).

Intelligence des données

Dans la logique des recherches décrites précédemment, les données sont au cœur des travaux menés au sein de l'Institut. Issues de capteurs ou de modèles numériques, rares ou massives, ces nouvelles données sont souvent hétérogènes, tant en termes de modalités (images, sons, textes, etc.) que de sémantique. Elles offrent de nombreuses opportunités de pilotage et d'aide à la décision pour prédire, diagnostiquer, optimiser et décider : réparations de données, diagnostics de défauts dans les processus de fabrication (projets FA4.0⁵, SmartFlow⁶), conception optimale multidisciplinaire et robuste aux incertitudes (thèses avec SAFRAN Tech, Stellantis), prise en compte des incertitudes dans les jumeaux numériques (chaire Digital Twin for Industrial Systems), par exemple. Dans tous ces systèmes d'aide à la décision, la première étape est de synthétiser et traiter ces données au sein de modèles d'apprentissage automatique. L'Institut Fayol, outre les modèles classiques (réseaux de neurones), possède une spécialité autour des modèles de krigeage particulière-

ment adaptés aux données coûteuses et à la description d'incertitudes. À l'origine d'une chaire renouvelée depuis 16 ans (CIROQUO⁷), l'Institut contribue au développement des modèles de krigeage avec des applications à l'automobile, l'aéronautique, la modélisation du risque industriel (inondations, accidents nucléaires), la détection de défauts en micro-électronique, l'implantation d'éoliennes.

À l'autre bout de la chaîne, l'Institut développe des travaux en représentation de connaissances se traduisant par la construction et la gestion de graphes de connaissances pour les entreprises, les territoires et les bâtiments (p. ex. projet ACCORD). Ces différentes approches dirigées par les données ou par les connaissances, autrefois antagonistes ou menées séparément se retrouvent de plus en plus intégrées pour construire des systèmes d'IA hybride facilitant l'explication et la transparence.

Industrie du futur

L'Institut Henri Fayol envisage l'industrie du futur de manière holistique à l'aune des transitions numérique et écologique. Il conçoit ainsi un ensemble de méthodes contribuant à des systèmes de production intelligents, capables de s'adapter à une demande fluctuante (rampup ou rampdown), notamment dans le cadre de l'Académie Franco-Allemande au travers de projets avec la TUM⁸. Depuis 2023, par exemple, la chaire Digital Twin for Industrial Systems est consacrée aux jumeaux numériques. L'intégration de préoccupations environnementales dans l'industrie, combinée à une vision produit-service, donne lieu à différents travaux originaux sur l'offre des ►►

Les Mines et la Recherche

► acteurs de l'économie circulaire. Ce sont par exemple les recherches menées dans la chaire industrielle CORENSTOCK avec IMT Nord Europe et ELM Leblanc (HC Bosch) sur la production durable de produits-services de chauffe-eaux intelligents, ou les travaux en partenariat fort avec le RRECQ⁹ au Québec (développement de méthodologies pour un déploiement à large échelle de l'économie circulaire). La démarche méthodologique et l'outil ADALIE, développés avec MACEO et mis en application avec NymphéA, visent à soutenir les acteurs territoriaux dans le développement de stratégies d'économie circulaire. ADALIE renforce la résilience des territoires en permettant un maillage des activités économiques tout en réduisant les déchets et en optimisant l'utilisation des ressources.

Soutenabilité

La prise en compte des problématiques environnementales et plus spécifiquement celles dues au dépassement des limites planétaires sont des enjeux mondiaux incontournables intégrés dans nos recherches. Les chercheurs de l'Institut mènent des travaux sur les thématiques liées à l'économie circulaire, les MTD¹⁰, le MFA¹¹, l'ACV¹², notamment. Si l'industrie du futur apparaît souvent comme basée sur des technologies toujours plus avancées (et aussi souvent consommatrices de ressources en cours de raréfaction), nous explorons dorénavant des solutions alternatives basées sur les low-tech, et ce dans une perspective de soutenabilité forte. En complément des entreprises, les territoires sont de

puissants catalyseurs pour décliner les impératifs de la soutenabilité forte à l'échelle locale, et ce au regard de leur capacité de résilience et de leur importance dans les transitions (p. ex : projet DTechnoSS, projet IMOPE).

Toutes ces transformations impliquent également de revisiter les modèles d'affaires des entreprises, une autre dimension centrale de l'Institut, au travers des impératifs liés à l'économie de la fonctionnalité et, plus généralement, à la RSE sous-tendant l'émergence de modèles d'affaires durables. Ce sont par exemple les travaux menés au sein du "PEPR Recyclage, recyclabilité et réutilisation des matières" où est explorée de manière concomitante l'élaboration d'une filière de recyclage papier et carton sur un territoire donné.

UN LABORATOIRE DES TRANSITIONS POUR EXPERIMENTER LES TRANSFORMATIONS DES INDUSTRIES ET DES TERRITOIRES

Afin de donner une visibilité à ses savoir-faire technologiques et méthodologiques, l'Institut Henri Fayol a mis en place un laboratoire des transitions constitué de plateformes et démonstrateurs de ses activités de recherche et de formation, pour former, démontrer et expérimenter les transformations à venir des industries et des territoires.

IT'm Factory: une vision 360° de l'industrie

Créée en 2018 à l'initiative de Mines Saint-Étienne et de l'UIMM¹³ de la Loire, la plateforme IT'm Factory¹⁴ a pour ambition de contextualiser la transformation de l'entreprise,

IT'm Factory : une plateforme de l'Institut Henri Fayol au service des transitions numérique, écologique, industrielle et sociétale de l'industrie.



depuis les aspects stratégiques et tactiques (l'entreprise dans son territoire, la structuration de l'entreprise, les produits/process) jusqu'aux aspects opérationnels (Excellence Opérationnelle). Elle est un outil de formation des élèves et un outil de sensibilisation des PME/PMI et ETI à la transition industrielle. C'est également un lieu de développement et de démonstration de nos activités de R&D dans le domaine de l'usine numérique. Son originalité est de proposer une approche ouverte sur l'ensemble des disciplines et fonctions influencées par l'industrie 4.0 avec des îlots de formation scénarisés. IT'm Factory a fortement inspiré la création de DIWII¹⁵ sur le campus numérique régional¹⁶, au service des entreprises de plus grande taille.

Plateforme Territoire: de l'observation des données à l'aide aux décisions

La création en 2014 de la Plateforme Territoire¹⁷ est le fruit de la capitalisation sur un savoir-faire des chercheurs de l'Institut en matière de systèmes d'information géographique, de représentation de données et de connaissances, et d'outils d'aide à la décision. L'objectif est de fournir aux décideurs des territoires une large gamme d'outils permettant d'objectiver la décision, répondant à l'hétérogénéité des domaines concernés pour répondre à des enjeux tels que la rénovation énergétique des bâtiments, l'organisation de collecte de déchets, le pilotage de la consommation électrique de bâtiment, la gestion de flottes de véhicules intelligents ou la mobilité urbaine. Il s'agit d'aider à trouver des politiques de gestion durable des ressources en prenant en compte les dynamiques des territoires considérés et en ajustant les paramètres des stratégies collectives de régulation. Au travers de cette plateforme, l'Institut a permis la création en 2015 d'une spin-off (URBS¹⁸) qui compte désormais une dizaine de collaborateurs.

MaqIT: prototypage et démonstrations

La plateforme MaqIT¹⁹, dernière-née au sein de ce laboratoire des transitions, propose un environnement robotique et logiciel conçu pour expérimenter et former aux thématiques telles que l'IA, l'interopérabilité, les modèles de connaissance, le web des objets et les systèmes multi-agents, pour répondre à des problématiques de logistique, de mobilité intelligente et de transitique.

Jeux sérieux

De manière complémentaire à ces supports techniques de formation et de démonstration, l'Institut Henri Fayol développe depuis sa création une pédagogie de "jeux sérieux" tournée à la fois vers les étudiants pour enrichir leur expérience d'apprentissage de manière ludique et interactive, mais aussi vers les acteurs industriels et institutionnels. Les jeux sérieux, en simulant des situations réelles et complexes, favorisent l'engagement, la réflexion critique et la prise de décision, tout en rendant l'apprentissage plus dynamique et pertinent. Citons le jeu sérieux Cit'In Crise, jeu de table s'ap-

puyant sur un dispositif de simulation semi-virtuelle, qui rencontre un réel succès auprès des acteurs des collectivités territoriales et du grand public qui appréhendent la complexité de la gestion d'une crise (une inondation) au sein d'une commune. C'est aussi le jeu de plateau TaMoLaViVa visant à sensibiliser aux enjeux de la collecte et de la gestion de déchets par une mise en situation des apprenants ou, encore, le jeu de plateau PhonEthic dont l'objectif est de sensibiliser à la complexité de la maîtrise de l'ensemble de la chaîne de valeur de la fabrication d'un smartphone: depuis l'extraction des matières premières, en passant par la fabrication, jusqu'au recyclage final, en intégrant les dimensions technologique, environnementale, économique, sociale, juridique et géopolitique.

ET DEMAIN?

Parce que les besoins des entreprises et de la société en termes de création de connaissances sont le plus souvent aux interfaces entre les disciplines constituées, l'ambition de l'Institut Henri Fayol est d'être un laboratoire interdisciplinaire des transitions. Pour cela, l'Institut pourra s'appuyer sur ses réseaux académiques en France et à l'international (Canada Québec pour l'économie Circulaire, TUM/Allemagne pour l'industrie du futur par exemple) afin de répondre avec le plus d'acuité possible aux besoins de ses multiples parties prenantes, à savoir les étudiants, les partenaires académiques et industriels, sans oublier les alumni dont les retours sont si souvent inspirants. Les membres de l'Institut ont à cœur de prendre part à l'accompagnement des acteurs industriels, notamment par leur implication dans plusieurs réseaux professionnels comme Digital League, CIMES, Mécaloire ou le pôle éco-conception, et les pôles de compétitivité tels qu'AXELERA, MINALOGIC, tous activement engagés dans les transformations sociétales de notre siècle! ▲

1- Appel à Manifestation d'Intérêt (AMI) Compétences et Métiers d'Avenir (CMA) Train Cyber Experts (TCE), dans le cadre de France 2030.

2- European Telecommunications Standards Institute – www.etsi.org

3- World Wide Web Consortium – www.w3.org

4- Programme et équipements prioritaires de recherche pour les réseaux du futur

5- FA4.0: projet européen Failure Analysis in semi-conductor industry – <https://bit.ly/4fjSPxv>

6- Smartflow: projet région AuRA avec l'entreprise WipSim

7- CIROQUO: Consortium Industrie Recherche pour l'Optimisation et la QUantification d'incertitudes pour les données Onéreuses – <https://cirqoquo.ec-lyon.fr>

8- Technische Universität München

9- RRECQ: Réseau de Recherche en Économie circulaire du Québec: <https://rrecq.ca>

10- Meilleures techniques disponibles

11- Material flow analysis

12- Analyse du cycle de vie

13- Union des Industries et Métiers de la Métallurgie

14- <https://itmfactory.wp.imt.fr>

15- Digital Intelligence Way for Industry Institute – <https://www.diwii.fr>

16- <https://campusnumerique.auvergnerhonealpes.fr>

17- <https://territoire.emse.fr>

18- <https://www.urbs.fr>

19- <https://maqit.wp.imt.fr>