



YEARBOOK 2024

Recherche & Innovation

Direction de la Recherche et de l'Innovation Technologique
Berger-Levrault



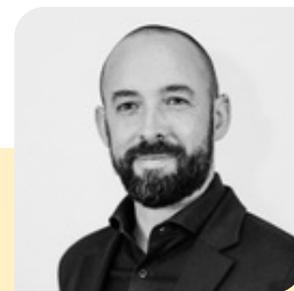
Édito | Allier Recherche, Innovation & Application

Chères lectrices, chers lecteurs,

Bienvenue dans cette première édition du **Yearbook** Recherche et Innovation de Berger-Levrault, une rétrospective annuelle qui marque un moment important, témoignant de l'énergie et de l'ambition qui animent la Direction de la Recherche et de l'Innovation Technologique (DRIT) de Berger-Levrault. Nous souhaitons partager avec vous nos projets les plus ambitieux et nos initiatives les plus innovantes. **Chacune de nos actions adresse des enjeux de société et technologiques, tout en explorant les perspectives qui s'offrent à nous.**

Au-delà de notre volonté constante de comprendre et d'éclairer le chemin pour Berger-Levrault, nous avons toujours placé la recherche à impact au cœur de nos actions. Cependant, l'année 2024 représente un tournant décisif dans notre approche de la recherche et de l'innovation. Cette année est jalonnée par **la concrétisation de nombreuses initiatives de recherche et d'innovation tangibles, désormais accessibles à nos clients à travers nos produits.**

Parmi les faits marquants, nous pouvons citer les différentes applications de l'Assistant Intelligent, notre solution d'IA générative intégrée au sein de WeMagnus et de Legibase, de RemoteAssist, notre solution de télémaintenance, de l'intégration de nos moteurs d'optimisation avec CARL Source, des déploiements de MixedR, notre solution de réalité augmentée. Mentionnons aussi les différentes mises en œuvre de nos outils de génération de code dans nos équipes de développement. Ces exemples illustrent pleinement que **la recherche, l'innovation et le passage à l'échelle industrielle** sont non seulement possibles, mais également à notre portée.



Christophe Bortolaso

*Directeur de la Recherche
Appliquée | Berger-Levrault*

Dans cette première édition, chaque projet présenté illustre évidemment notre expertise, mais démontre aussi notre engagement à **développer des solutions durables et inclusives, qui répondent aux enjeux sociétaux d'aujourd'hui et de demain.** Ce Yearbook vise également à démontrer que l'innovation implique inévitablement l'acceptation du risque et la capacité à naviguer dans une incertitude constante. Pour surmonter ces défis, les intérêts de nos utilisateurs et de nos clients sont intégrés à chaque étape du processus. En effet, c'est souvent sur le terrain que se manifestent les problèmes de recherche fondamentale les plus complexes et stimulants.

Ce Yearbook met également en avant la transversalité de nos innovations, notamment l'intelligence artificielle, le génie logiciel, la frugalité numérique et l'Industrie 5.0. **Ces thématiques résonnent directement dans les produits et services développés par Berger-Levrault,** mettant en lumière leur pertinence dans un monde en pleine mutation.

En feuilletant ces pages, vous découvrirez une sélection de nos initiatives les plus ambitieuses, des réalisations concrètes et des prévisions audacieuses, toutes ciblant **la résolution des défis sociétaux et l'amélioration concrète du quotidien de nos clients.**

Bonne lecture !

Sommaire

04 Mission

05 Valeurs

06 Intelligence Artificielle

- 07 Intelligence Artificielle | Technologie "compagnon" du quotidien
- 09 Des Moteurs de Réponses
- 11 Serait-ce la fin des données structurées ?
- 13 Nos Prédictions à 5 ans & Publications

14 Génie Logiciel

- 15 Génie Logiciel | Vers des pratiques de conception durable
- 17 Des Développeurs Augmentés
- 19 Des Logiciels Économés
- 21 Nos Prédictions à 5 ans & Publications

22 Industrie 5.0

- 23 Industrie 5.0 | L'ère de la collaboration Homme-Machine
- 25 Le Meilleur des deux Mondes
- 27 Planifier, un enjeu industriel et écologique
- 29 L'Apprentissage Fédéré au service de la Maintenance Prédictive
- 31 Nos Prédictions à 5 ans & Publications

32 Impacts

- 33 Partenariats & Écosystème
- 35 Faits marquants | Une résonance internationale
- 37 C'est dans la Presse !
- 38 Innover pour Réinventer : le Défi Berger-Levrault

Ensemble, imaginons aujourd'hui les usages de demain.

Engagée depuis 2010 dans la recherche, BL a l'ambition de **révolutionner les métiers de nos clients et les usages de nos solutions**. Nos équipes de recherche et innovation placent **l'interdisciplinarité** et les **démarches collaboratives** au cœur de leur approche, en s'appuyant sur un engagement fort envers nos utilisateurs. Une innovation est une rencontre ambitieuse entre une invention et un marché. Dans le numérique, innover revient le plus souvent à **établir des connexions jamais explorées** entre les défis rencontrés par nos utilisateurs et nos clients, et les possibilités ouvertes par la technologie.



Une équipe agile et polyvalente, aux actions concrètes

Observations terrain & ethnologie pour comprendre les contextes d'usage et identifier les besoins; Adopter des protocoles expérimentaux pour mettre à l'épreuve la technologie à l'état de l'art vis-à-vis de la réalité du terrain par-delà les laboratoires et les salles blanches

Conception & Développement logiciel pour fabriquer des solutions exploitables, scalables, industrialisables

Évaluation centrée utilisateur pour éprouver rigoureusement l'impact et la valeur de nos solutions dans le quotidien de nos clients

Exploration de nouveaux domaines, conception de solutions aussi simples qu'accessibles, partage et transmissions de connaissances, formation aux nouveaux usages illustrent notre action.

Nous voulons **transformer l'imaginaire collectif dans des actions concrètes qui viennent s'inscrire dans la réalité quotidienne de tous nos utilisateurs.**

Ce que nous visons porte un nom : **la recherche à impact !**

Synergie & Collaboration, pour une recherche ouverte et impactante

Nos équipes sont animées par l'ambition de **transformer les métiers de nos clients et de réinventer l'usage de nos solutions**. Pour cela, la Direction de la Recherche et de l'Innovation Technologique place **la synergie et la collaboration** au cœur de son approche.

Chez Berger-Levrault, la recherche scientifique reflète donc **une ouverture ambitieuse et résolue sur le monde**. Faire avancer notre entreprise exige de nous **un esprit pionnier**, capable d'explorer de nouvelles voies.

Notre **démarche** est intégralement **holistique**, fondée sur la curiosité, l'audace et un engagement sans faille. Chaque projet vise à approfondir notre compréhension pour mieux **tracer la voie de l'innovation**.

"Ils ne savaient pas que c'était impossible, alors ils l'ont fait."
Mark Twain | Écrivain

Excellence

Parce que nous faisons rimer rigueur et agilité, notre équipe pluridisciplinaire engage ses compétences scientifiques et techniques pointues pour déconstruire les savoirs et les connaissances, et progresser de manière éclairée.

Confiance

En plaçant l'éthique et la souveraineté au cœur de chaque projet, nous construisons des partenariats solides, établis sur un prérequis de transparence pour avancer avec assurance vers l'avenir.

Audace

Parce que nous vivons l'invention, nous nous efforçons constamment de dépasser nos limites et contourner nos biais de confirmation en alliant anticipation et ambition.

Bienveillance

Notre écoute attentive et ouverte décuple notre créativité, nous permettant de forger des innovations percutantes pour nos clients.

Responsabilité

Nous nous engageons dans une démarche proactive visant à promouvoir un impact positif et durable dans les domaines scientifiques, sociétaux et environnementaux.

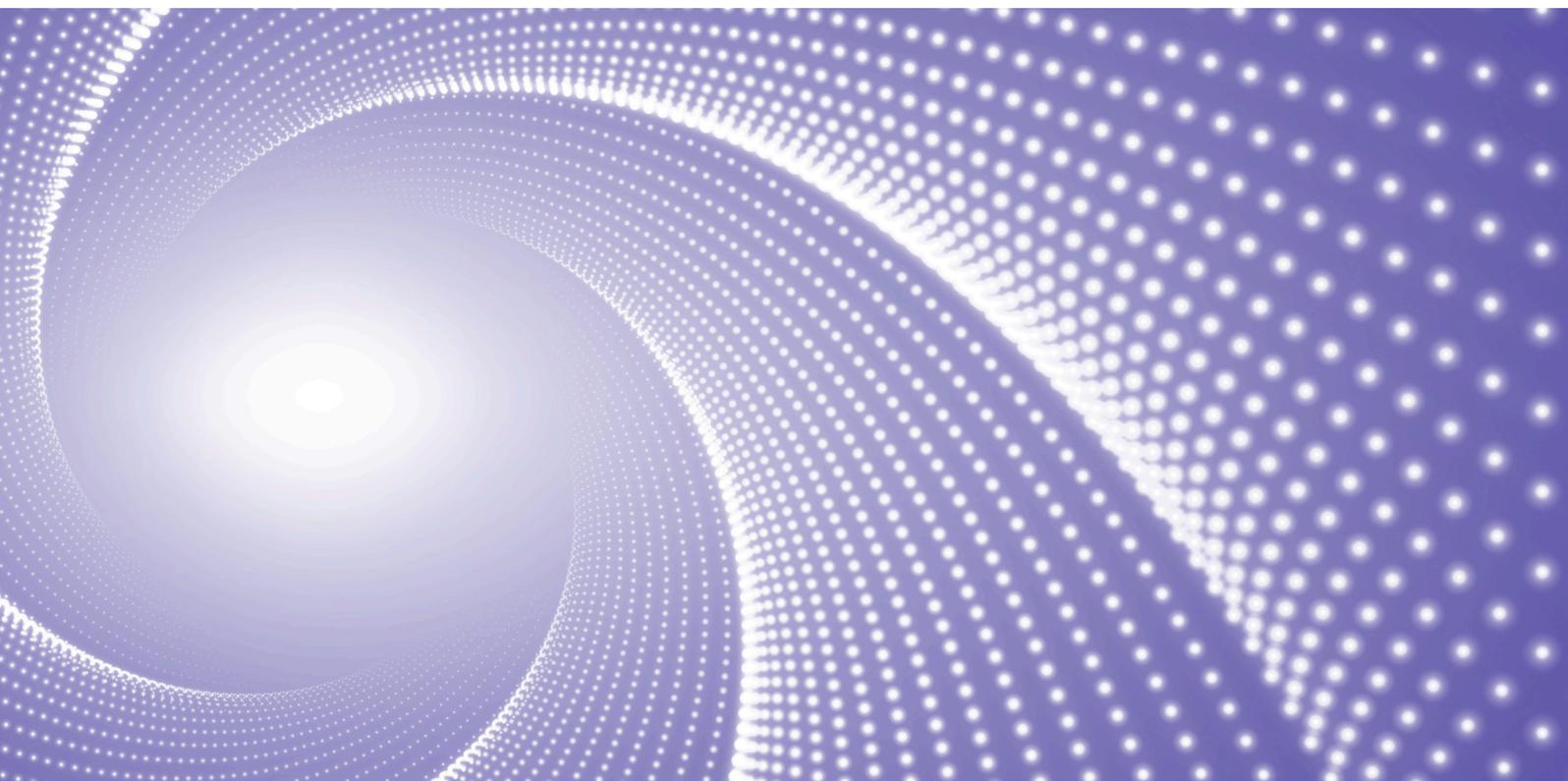
Intelligence Artificielle



Intelligence Artificielle | Technologie

"compagnon" du quotidien

L'intelligence artificielle s'est progressivement immiscée dans notre quotidien, souvent sans que nous en soyons pleinement conscients. Que ce soit dans la recherche d'e-mails sur Outlook, la navigation GPS, le fil d'actualité d'Instagram, les systèmes embarqués de nos véhicules ou les thermostats intelligents de nos maisons. L'IA est donc déjà **très présente, optimisant et enrichissant discrètement nos expériences au quotidien**. Les statistiques montrent une croissance exponentielle de l'intégration de l'IA dans les applications que nous utilisons, illustrant son adoption massive et continue.



Cependant, ce n'est qu'un début. Ce qui paraissait autrefois impossible à réaliser devient aujourd'hui non seulement envisageable, mais accessible. Tous les algorithmes qui paraissaient trop complexes à programmer apportent désormais des fonctionnalités pour classer, rapprocher, décoder, extraire, ordonner, synthétiser, extrapoler, optimiser, etc. Des masses de texte en champs libres, auparavant inexploitées par nos solutions historiques, deviennent dorénavant **des mines d'or d'informations exploitables**. Les documents scannés ou les images sont transformés en sources riches de données structurées. Des amas de chiffres précédemment inextricables peuvent révéler des tendances pertinentes. La vidéo et le son, initialement confinés au rôle de médias passifs, peuvent être analysés, transcrits et convertis en données exploitables.

L'IA élargit ainsi les frontières du numérique, ouvrant la voie à une meilleure compréhension et à l'exploitation des aspects les plus physiques de notre réalité.

Entraînement, production, transformation

Cette transformation du numérique entraîne **une nouvelle révolution de l'informatique**, où les méthodes de développement traditionnelles sont radicalement redéfinies. Dorénavant, l'IA ne se contente plus de manipulations limitées de lignes de code, elle se nourrit de vastes quantités de données ; elle ne se programme plus, elle s'entraîne. Elle ne génère plus des informations au sens classique, mais produit des probabilités de résultats.

L'un des enjeux majeurs dans la conception des modèles d'intelligence artificielle est désormais **notre capacité à réduire les taux d'erreur afin d'atteindre des performances comparables à celles des humains**. Dans le traitement du langage naturel, cela inclut la limitation des "hallucinations", ces erreurs d'interprétation qui peuvent induire l'utilisateur en erreur. Ces évolutions représentent un véritable bouleversement de paradigme, redéfinissant les fondements du développement informatique et de l'espace créatif.

"Le véritable pouvoir de l'intelligence artificielle réside dans sa capacité à transformer l'invisible en visible, à exploiter ce nouvel éclairage pour révéler des opportunités là où il n'y avait que des données, et à rendre possible ce qui semblait inimaginable"

Mustapha Derras | Directeur de la Recherche +
de l'Innovation Technologique de Berger-Levrault

Fiabilité, Précision & Résilience

Dans ce contexte de changement profond, le Laboratoire IA de Berger-Levrault mène une mission ambitieuse : développer des technologies d'intelligence artificielle robustes, souveraines et parfaitement intégrables dans nos produits, tout en restant focalisées sur la résolution des problématiques opérationnelles de nos clients.

Par "robustes", nous entendons **des technologies fiables, précises, et résilientes** ; par "souveraines", nous visons la plus grande indépendance technologique possible afin de **garantir la sécurité et la confidentialité des données**.

Nous voulons agir pour que chaque innovation, soit certes une prouesse technique, mais qu'elle ait un **impact concret et positif sur les défis auxquels nos clients font face chaque jour**.

Des Moteurs de Réponses

Dans les domaines pour lesquels l'accès rapide à l'information est essentiel, par exemple, le support client ou l'accueil au sein des mairies, l'IA brille par sa capacité à comprendre une requête en langage naturel et à rapidement **apporter des réponses à tous les types de questions**. En 2024, la DRIT a développé un tout nouveau moteur de réponse fondé sur un système de "retrieval augmented generation" (RAG). Ce système d'intelligence artificielle est conçu pour répondre à toute question formulée en langage naturel, en combinant adroitement une base documentaire, des modèles de plongements lexicaux et la puissance des grands modèles de langage (LLM). L'assistant utilise le RAG pour rechercher les sources d'information les plus pertinentes afin d'extraire les informations d'intérêt et générer une réponse résumée. Cela correspond à la création d'un **robot "bibliothécaire"**.



Cette année, nos équipes ont exploité et amélioré les techniques de RAG dans de nombreux cas d'utilisation, le rendant ainsi quotidiennement utile pour nos services de support au sein de nos différentes business units en leur permettant de tirer profit directement des aides en ligne, des FaQ, des bases de connaissances, des documentations produit, etc.

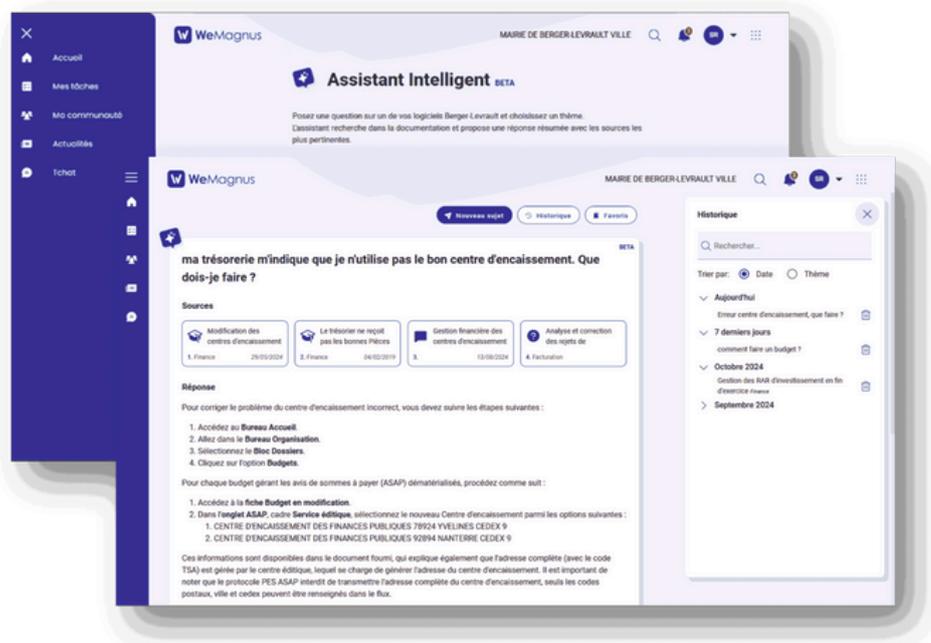
Le service d'assistance de la BU collectivité territoriale **a dépassé les 10 000 questions en novembre 2024**, nous permettant de nous assurer de la solidité de notre architecture technique supportant ces développements.

Un Assistant Intelligent, compagnon fiable et sincère

Cette fonctionnalité est également intégrée dans plusieurs de nos produits, tels que WeMagnus et Legibase sous le nom générique d'Assistant Intelligent. L'objectif est de fournir des réponses fiables aux questions des secrétaires de mairie, entre autres, leur apportant un gain de temps précieux, mais également une interaction exceptionnellement riche et différente au quotidien.

Au-delà de la rapidité, notons la qualité et l'exhaustivité des réponses qui tranchent avec les solutions "traditionnelles" couramment utilisées. Cette solution sera prochainement disponible pour COBA au Québec et pour CARL SaaS dès le début de 2025. Nous continuerons les activités qui visent à industrialiser la plateforme technologique sous-jacente qui porte le nom de **AI Gen Foundation**, en hommage au roman de grande renommée d'Isaac Asimov.

En 2024, nous avons par ailleurs constaté l'émergence de nombreuses propositions d'implémentation de RAG dans la littérature scientifique et dans l'industrie. Cependant, nos observations sont claires : la clé pour obtenir des réponses précises, de qualité et exemptes d'hallucinations repose non seulement sur la capacité du LLM à traiter correctement son contexte, mais surtout sur **la qualité, l'homogénéité et le prétraitement adéquat des données documentaires**.



Extrait d'une réponse générée automatiquement sur WeMagnus

C'est pourquoi nos équipes de recherche et d'innovation se sont concentrées sur le développement de nombreux algorithmes intégrant des techniques avancées de réapprentissage, de prompt engineering, ainsi que de préparation, d'augmentation et de découpage des données documentaires. Grâce à nos processus d'enrichissement approfondi des données, nous atteignons **une fiabilité de 90 %**, bien au-delà des taux de pertinence par défaut des modèles de langage.

Notre approche se distingue également par notre capacité à répondre par "je ne sais pas", ce qui permet de réduire considérablement les dites "hallucinations".

Cette année 2024 marque le début d'un chemin, car demain ces outils transformeront radicalement de nombreuses activités du quotidien, impliquant l'écriture, la collecte d'informations et l'interaction en langage naturel au sein de tous nos produits.

EN SAVOIR +

- [ITW de présentation de l'AI WeMagnus](#)
- [Les innovations logicielles BL en RAG](#)
- [CP de l'AI WeMagnus](#)
- [L'IA Générative pour Légibase Collectivités](#)



Aikaterini Batziakoudi **Ali Can** Kocabiyikoglu **Florent** Mouysset **Mokhtar B.** Billami **Julien** Breton **Mehdi** Kandi **Nihed** Bendhaman **Pascal** Zaragosa **Romain** Liron **Stéphanie** Rey **Valérie** Michel-Pellegrino **Vincent** Laval

Serait-ce la fin des données structurées ?

Le projet Coruscant est né de quelques questions simples : *"Qui aime remplir des formulaires ?"* ou encore *"Est-ce que les données de nos produits sont faciles d'accès ?"*

Nos logiciels de gestion demeurent principalement des assemblages de tableaux, de zones de saisies et de choix multiples qui emprisonnent une très grande quantité de données riches d'intérêt. Rappelons par ailleurs que c'est la mise en place de ces produits qui a permis à nos utilisateurs "d'encoder" des informations précieuses dans ces mêmes bases de données structurées, organisant de fait nos services et nos entreprises.

Genèse du projet

Toutefois, lorsque l'on observe attentivement le terrain au plus près de nos utilisateurs, la réalité est tout autre. De nombreuses et précieuses informations sont capturées dans de nombreux autres formats que ceux prévus à cet effet et souvent en dehors de nos logiciels de gestion, dans des tableurs et des fiches diverses ! Un exemple est assez parlant, lorsque l'on cherche à analyser le contenu des champs "en texte libre" de nos propres logiciels, on observe rapidement que ces derniers regorgent d'informations denses et précieuses. Plus surprenant encore, ce constat transcende tous les secteurs d'activité, qu'il s'agisse des collectivités locales, de la santé ou de l'industrie.

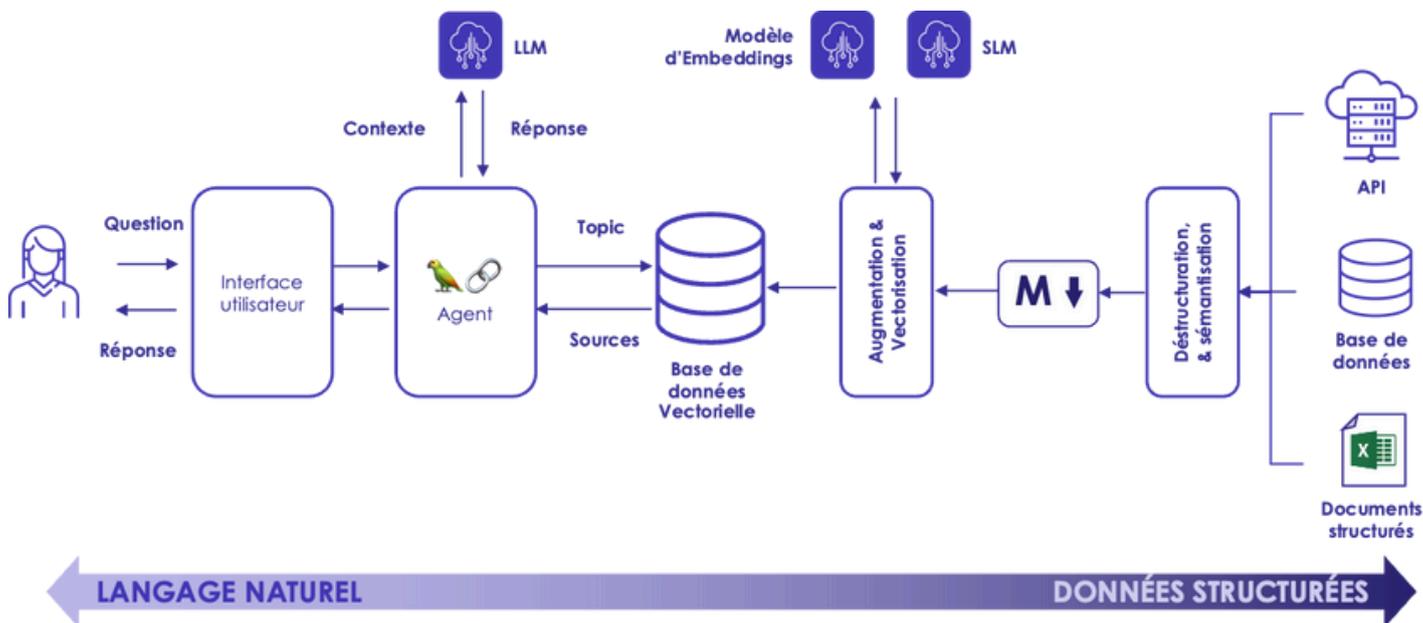
Le projet **Coruscant** (une référence à la planète mère de Star Wars) est né de tous ces constats, avec une ambition simple : créer le liant nécessaire entre des données plus ou moins structurées de logiciels de gestion pour donner la capacité à nos utilisateurs de s'exprimer en langage naturel lorsqu'il faut exploiter ces mêmes données.

Converser en langage naturel avec nos produits de gestion

Dans le domaine de la **maintenance industrielle**, nous pouvons nous intéresser, par exemple, à l'efficacité des techniciens de maintenance. Cette dernière dépend grandement de leur capacité à accéder rapidement à l'historique des interventions qu'ils conduisent. Il est alors essentiel pour eux d'identifier rapidement les solutions éprouvées pour des symptômes de défaillances comparables. En effet, pourquoi s'attarder à rechercher la cause d'une panne si le même problème a déjà été résolu à plusieurs reprises sur le même type d'équipement ? Cependant, ce type de recherche et l'accès à ces informations s'avère très laborieux, complexe et **nécessite une forme d'analyse approfondie des interventions passées ou des bases de connaissances** lorsqu'elles existent. Voilà un exemple qui démontre que **l'optimisation de ces processus est cruciale** pour réduire les coûts et améliorer la réactivité et la qualité des interventions.

Nous pourrions démultiplier les exemples de ce type qui illustrent deux constats qui sont le fruit de décennies d'informatisation. Le premier s'énonce facilement par le fait que l'information est disponible, saisie et matérialisée après des années d'utilisation des solutions de gestion. Le second est également imparable et établit que ces données ne sont pas simplement accessibles et encore moins à la portée de nos utilisateurs.

Le projet Coruscant a donc une ambition claire : **permettre de converser en langage naturel avec nos produits de gestion.**



Parcours d'une génération automatique de réponse-utilisateur

Le défi pour nos équipes de recherche et d'innovation sera de **rendre compatibles les bases de données structurées et les API avec des interfaces en langage naturel**. Les principes fondamentaux de l'agentification des IA, associés à la déstructuration des données, sont essentiels pour concrétiser cette vision.

Les premiers résultats de recherche et les prototypes développés en 2024 indiquent que nous sommes beaucoup plus proches de notre objectif que prévu. En effet, demain, si nous pouvons "opérationnaliser" la gestion de ma collectivité, de notre établissement de santé ou de nos industries grâce à du texte libre et de la voix, qui aura encore besoin de remplir des formulaires ?

EN SAVOIR +

- [Comprendre l'IA pour la Maintenance](#)
- [BL.Assistant : L'automatisation des process](#)



Ali Can
Kocabiyikoglu



Katarzyna
Borgiel



Mokhtar B.
Billami



Pascal
Zaragosa



Vincent
Laval



Younes
Zegaoui

Nos prédictions à 5 ans

- 🤖 Les bases de données structurées voient leur utilisation fortement se réduire au profit d'une **combinaison d'informations faiblement structurée + AI**.
- 🤖 Les interfaces graphiques seront remplacées, a minima partiellement, par **des interfaces en langage naturel** textuelles et/ou vocales.
- 🤖 Les grands modèles de langage vont **diviser leur consommation énergétique par 100**.
- 🤖 30% des **fonctionnalités** de nos produits de gestion seront **automatisables** et pourront disparaître au profit de fonctions de contrôle de flux.

Nos publications scientifiques 2024

Batziakoudi, K., Cabric, F., Rey, S., & Fekete, J.-D. (2024a). A Design Space for Static Visualizations with Several Orders of Magnitude. EuroVis 2024. EuroVis 2024. <https://doi.org/10.2312/evp.20241076>

Batziakoudi, K., Cabric, F., Rey, S., & Fekete, J.-D. (2024b). Lost in Magnitudes : Exploring the Design Space for Visualizing Data with Large Value Ranges (No. arXiv:2404.15150). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.15150>

Batziakoudi, K., Cabric, F., Rey, S., & Fekete, J.-D. (2024c, octobre 14). Designing Visualizations for Enhancing Carbon Numeracy. IEEE VIS 2024 Workshop on Visualization for Climate Action and Sustainability. <https://inria.hal.science/hal-04744209>

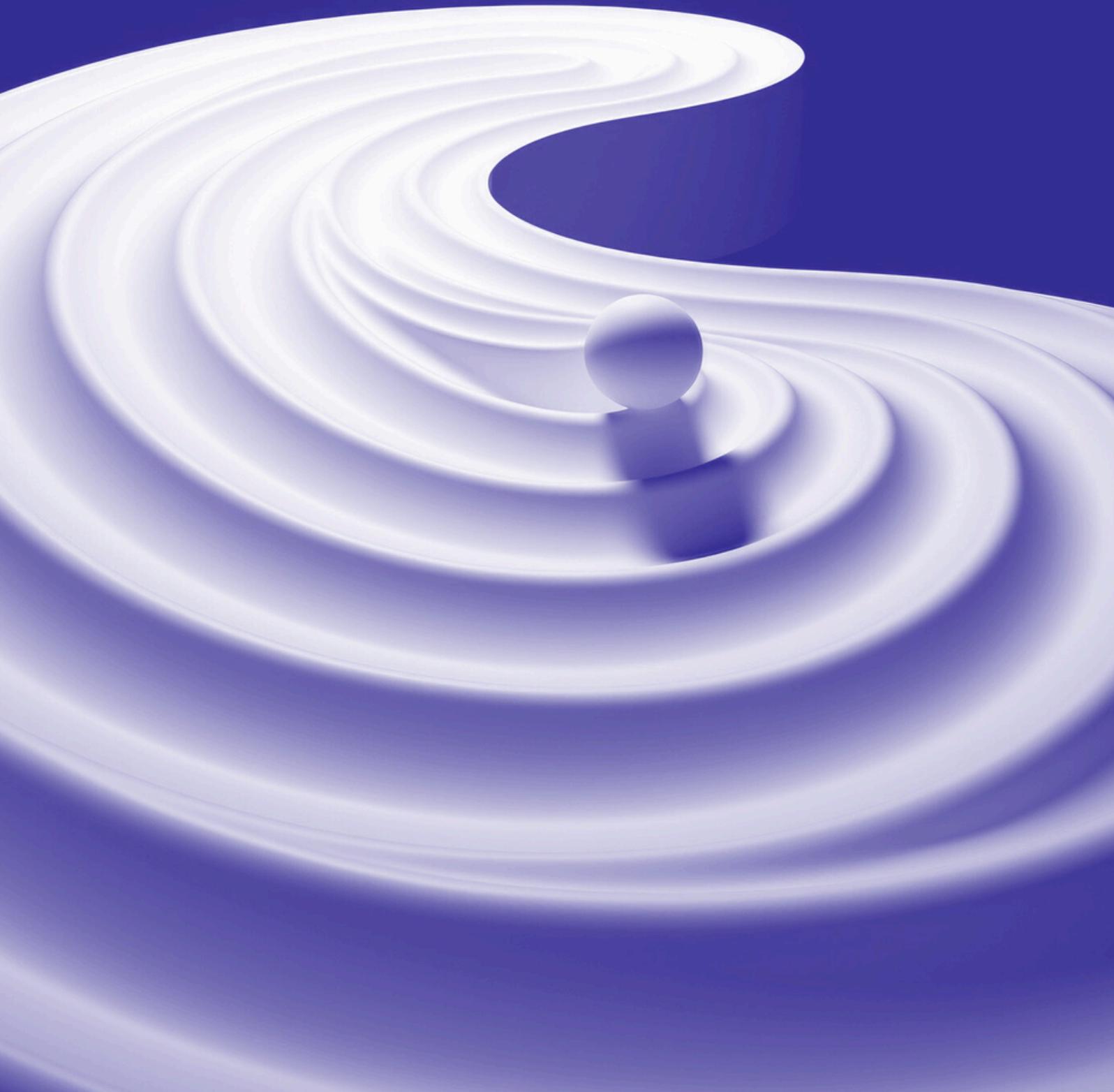
Bendahman, N., Pinel-sauvagnat, K., Hubert, G., & Billami, M. (2024). IRIT-Berger-Levrault at SemEval-2024: How Sensitive Sentence Embeddings are to Hallucinations? In A. Kr. Ojha, A. S. Doğruöz, H. Tayyar Madabushi, G. Da San Martino, S. Rosenthal, & A. Rosá (Éds.), Proceedings of the 18th International Workshop on Semantic Evaluation (SemEval-2024) (p. 573-578). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2024.semeval-1.86>

Bendahman, N., Pinel-Sauvagnat, K., Hubert, G., & Billami, M. B. (2024, avril 3). Détection d'hallucinations dans le cadre de la tâche 6 SemEval-Shroom. 19ème Conférence Francophone En Recherche d'Information et Application. Conférence francophone en Recherche d'Information et Application. https://doi.org/10.24348/coria.2024.abstract_26

Bortolaso, C., Longin, D., & Bonnet, G. (2024, janvier). Équipes industrielles en IA. Bulletin de l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle, 123(123). <https://hal.science/hal-04654657>

Breton, J., Billami, M. B., Chevalier, M., & Trojahn, C. (2024). Leveraging Semantic Model and LLM for Bootstrapping a Legal Entity Extraction: An Industrial Use Case. 20th International Conference on Semantic Systems (Semantics2024). <https://2024-eu.semantics.cc>

Génie Logiciel



Génie Logiciel | Vers des pratiques de conception durable

Le deuxième quart du 21^e siècle dans lequel nous entrons nous apporte une explosion de services managés dans le cloud, de nouveaux langages de programmation, une standardisation croissante des outils web et une profusion de bibliothèques open-source de qualité. Pourtant, malgré ces avancées qui auraient dû préfigurer une révolution dans le développement logiciel, nous restons face à des défis familiers : nous écrivons encore du code, nous installons des systèmes, nous créons des interfaces, et nous indexons des bases de données.

Tendance

Les évolutions récentes auraient dû établir un nouveau paradigme et permettre que le développement logiciel devienne un simple travail d'assemblage de composants, comme si nous construisions avec des briques déjà prêtes.

Il n'en est rien et **développer des logiciels n'a jamais été aussi complexe et exigeant**. Les développeurs doivent désormais répondre à une multitude de contraintes qui s'entrelacent : interopérabilité, cybersécurité, servicisation, multi-tenancy, responsiveness, scalabilité, conformité réglementaire, accessibilité, traçabilité, continuité de service, entre autres.

Plus récemment, une nouvelle exigence est apparue et concerne **la frugalité numérique**. Le numérique représentant déjà plus de 4 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES), il devient impératif de penser à des pratiques plus responsables.

"Les technologies avancent en nous libérant des tâches les plus complexes, mais c'est notre responsabilité de les rendre durables pour l'avenir"

Satya Nadella | Directeur Général de Microsoft

Vers la frugalité numérique pour optimiser la productivité

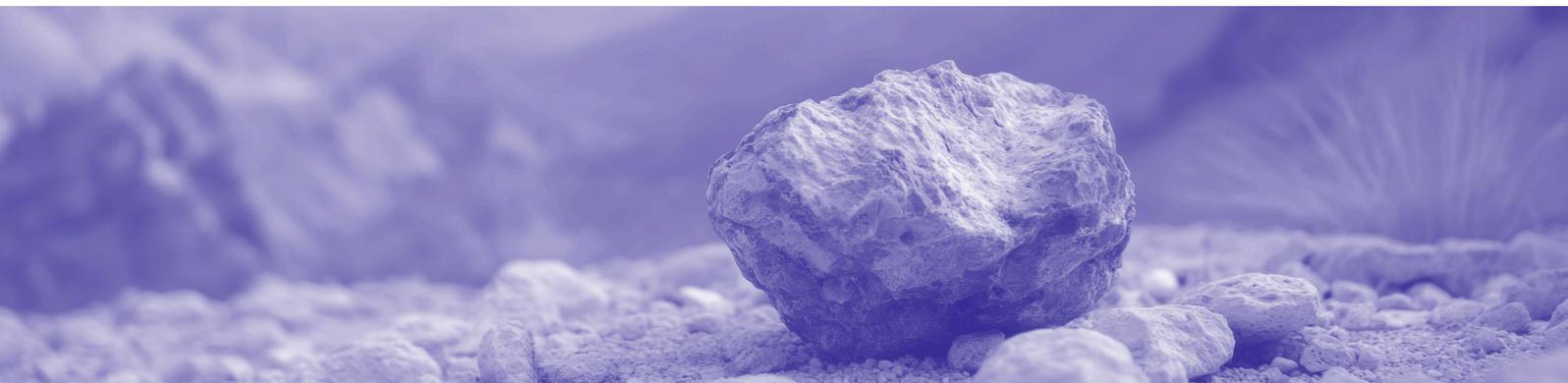
Pour faire face à ces défis, nous avons pris le parti de répondre à deux problèmes :

Accroître la productivité et les capacités de nos développeurs en augmentant la palette d'outils à leur disposition

Cela comprend des générateurs de code et de tests, des robots d'analyse avancée, des aides intelligentes à l'intégration, des outils de reverse-engineering, des moyens propres à la datavisualisation de systèmes, et même des dispositifs de détection automatique des failles de sécurité lors de l'écriture du code. Nous regorgeons de solutions pour développer de tels outils: la plateforme Moose, des LLM dédiés au code, les API de Git, JIRA ou même le Language Server Protocol. Notre ambition est de rendre ces outils disponibles au plus près du quotidien des développeurs, c'est à dire directement dans les environnements de développement quotidiens tels que les IDE et les gestionnaires de dépôts, offrant ainsi des fonctionnalités avancées qui ont vocation à **simplifier et à automatiser les tâches les plus complexes**.

Adopter une trajectoire de frugalité numérique de manière proactive

La pression réglementaire européenne et nationale imposera de nouveaux standards, et les empilements technologiques rendent les choix de conception éco-responsables de plus en plus difficiles. Bien que les enjeux de performance, de maintenabilité et de sécurité soient cruciaux, il est également essentiel de **réduire l'empreinte énergétique de nos applications**. De plus, les ressources numériques et l'énergie deviennent couteuses et auront un impact financier de plus en plus important. Au-delà de la responsabilité environnementale, il y va de la viabilité économique de nos choix. Pour cela, nous développons des recommandations spécifiques et des solutions permettant d'**optimiser l'efficacité énergétique des systèmes**.



Le Lab GL se positionne donc en première ligne pour fournir aux développeurs des outils qui non seulement tenteront de les aider à **augmenter leur efficacité**, mais qui auront vocation à les guider vers des pratiques de conception durable. Notre ambition est de concevoir des **systèmes SaaS économes en énergie et infrastructure**, répondant aux attentes croissantes en matière de frugalité, tant du point de vue réglementaire que sociétal.

Des Développeurs Augmentés

Dès leur mise sur le marché en 2022, les IA génératives ont connu le succès et ont immédiatement constaté une adoption mondiale. En 2023, OpenIA enregistre plus de 21 millions d'utilisateurs actifs sur ChatGPT. Si les Large Language Models (LLM) sont capables de générer des textes ayant du sens à partir de probabilités, ils excellent également pour achever des portions de code écrites par nos développeurs.

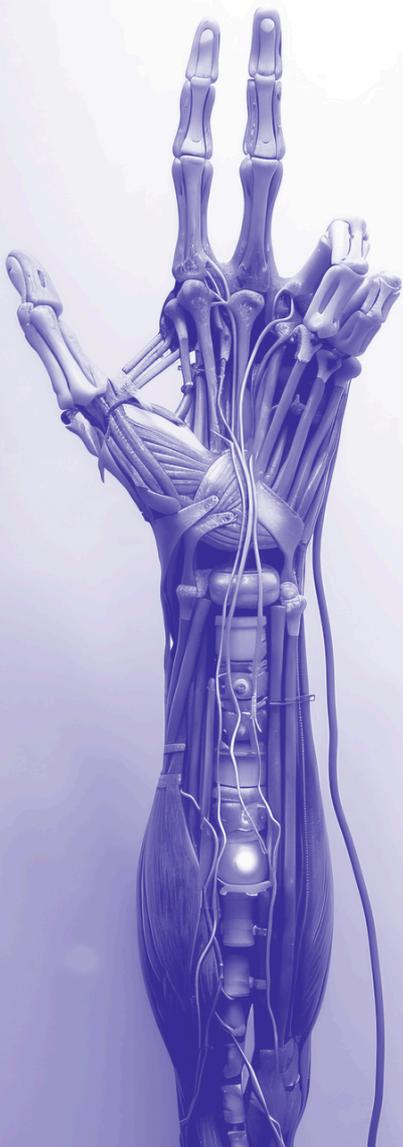
Une recherche par & pour nos développeurs

Début 2024, pour étudier la capacité des LLM à accompagner le travail de nos développeurs, nous avons proposé à vingt d'entre eux, de participer à **une étude d'observation durant trois mois**. Chaque participant a reçu un accès à GitHub Copilot et à Codium, deux outils qui permettent d'intégrer les LLM dans les outils de développement VSCode et IntelliJ. Les participants avaient pour tâches de travailler "normalement" avec ces outils sans instruction particulière. Nous avons **suivi leur utilisation de manière hebdomadaire**, utilisant des questionnaires et des retours informels d'expérience pour analyser la situation. Nous avons également mesuré le nombre de lignes de code, de commits, de merge request, le code churn et d'autres indicateurs pour comprendre les effets de ces outils en particulier.

Trois mois d'étude auront suffi pour démontrer l'adoption au quotidien de ces outils par les développeurs. Ils recommandent même la généralisation de leur usage à tous les développeurs. Mais, ces outils ont-ils un impact significatif sur la productivité de nos participants ?

En effet, nous avons observé que les données de production restent stables. La faible variation peut être expliquée par d'autres facteurs externes, tels qu'une période de développement plus ou moins intense ou la présence du biais d'observation. Ces premières conclusions confirment celles de la littérature qui montrent un **impact significatif sur la perception de productivité des développeurs** [1][2].

Nous avons également démontré en analysant plusieurs millions de lignes de code et des dizaines de milliers de commits que **ces assistants n'affectaient pas la qualité du code produit**. Ces constats appellent à beaucoup de précautions sur les conclusions à tirer. C'est la raison pour laquelle il faut étendre cette étude à un plus large panel de participants tout en poursuivant un suivi approfondi de la mise en place de ces outils.



Nous avons également constaté que les outils de génération de code établis à partir de l'IA ne proposent pas de moyen simple et natif pour "contrôler" le code généré. En effet, comment garantir que les intelligences artificielles produiront un code respectant les normes architecturales d'un produit ainsi que les frameworks de l'entreprise ? Le Lab GL s'est donc fixé comme objectif de **mettre au point des outils** exploitant de manière combinée les capacités des modèles obtenus par analyse de code statique standards et des LLM **pour générer du code primo-compatible avec les standards de Berger-Levrault.**

```
TS sentiments.ts × TS time.ts

1 // Determine whether the sentiment of text is positive
2 // Use a web service
3
4 async function isPositive(text: string): Promise<boolean> {
5
6     const response = await fetch(`http://text-processing.com/api/sentiment/`, {
7         method: 'POST',
8         body: `text=${text}`,
9         headers: {
10             'Content-Type': 'application/x-www-form-urlencoded',
11         },
12     });
13     const json = await response.json();
14     return json.label === 'pos';
15 }
```

Complétion de code généré par l'intelligence artificielle

En 2024, l'introduction de ces nouveaux assistants "compatibles" avec nos normes de génération de code a mis en lumière l'immense potentiel d'amélioration du quotidien des développeurs, rendant leur travail plus facile et efficace. À l'avenir, ces assistants, qu'ils exploitent des LLM ou non, pourraient **devenir les pair-programmeurs de nos développeurs**. Imaginez des robots capables de vérifier les demandes de fusion, des assistants pour générer des tests unitaires, ou encore des environnements de développement intégrés (IDE) qui s'autocorrigent pour respecter les normes de programmation et les frameworks de l'entreprise ! Cette **vision d'un développeur augmenté** pourrait bien se concrétiser plus rapidement que nous ne l'imaginons.

EN SAVOIR +

- [1] A. Ziegler et al., « Measuring GitHub Copilot's Impact on Productivity », Communications of the ACM, vol. 67, n° 3, p. 54-63, 2024.
- [2] M. Coutinho & all., « The Role of Generative AI in Software Development Productivity: A Pilot Case Study », 1st ACM International Conference on AI-Powered Software, 2024, p. 131-138.



Benoit
Verhaeghe



Boubou T.
Niang



Ikram
Boukharouba



Kilian
Bauvent



Nicolas
Hlad



Quentin
Capdepon

Des Logiciels Économes

Les logiciels consomment plus de **6 % de l'énergie mondiale** avec une augmentation annuelle de 6%. La réglementation sur la consommation énergétique des systèmes numériques évolue rapidement (Loi REEN, RGESN, Règlement Européen...). Parallèlement, nos clients expriment un intérêt croissant pour l'empreinte environnementale de nos solutions. Il devient donc indispensable de prendre en compte la réduction de la consommation énergétique d'un logiciel, au même titre que d'autres propriétés telles que la sécurité ou la maintenabilité.

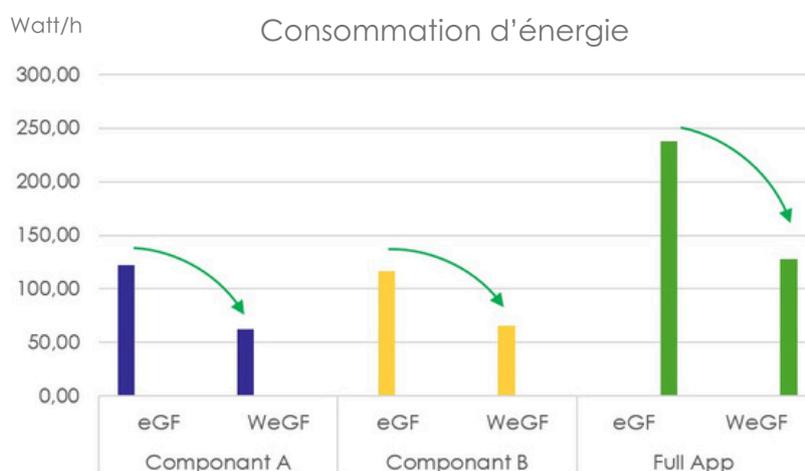
Mais comment procéder ?

Savez-vous comment **mesurer la consommation énergétique d'un logiciel** ? Quels choix technologiques ou architecturaux entraîneront les conséquences les plus économes ? Serait-il possible d'optimiser le code pour le rendre plus respectueux de l'environnement ?

La **frugalité énergétique** est donc un enjeu que nos équipes de recherche et d'innovation considèrent prioritaire depuis 2020. En 2024, nous avons décidé de repousser les limites et de développer un ensemble d'outils dédiés à la mesure, à la comparaison et à l'optimisation de la consommation énergétique de nos solutions.

Le cas de notre produit SaaS-Web WeGF

Ainsi, cette année, nous avons comparé l'empreinte énergétique de l'un de nos produits SaaS-Web (WeGF) avec son prédécesseur développé en client riche (eGFevolution). Dans le cas de WeGF, les premiers résultats semblent très encourageants. La modernisation du front-end, c'est-à-dire tout ce qui est directement accessible par l'utilisateur au travers de son navigateur web et la mise en place d'une architecture cloud mutualisée ont permis une réduction de **21 fois sa consommation énergétique globale**. Ces gains sont en partie obtenus grâce à une meilleure architecture logicielle et à une rationalisation des ressources matérielles utilisées. Ces mesures, réalisées grâce aux sondes déployées sur nos environnements de production, nous permettent désormais d'avoir un suivi permanent de la consommation en kWh de nos produits SaaS.



Évolution des consommations énergétiques entre eGF et WeGF

Il est impératif de ne pas s'arrêter à ce stade. Tout d'abord, nous souhaitons montrer comment il est possible de mesurer en permanence la consommation de nos logiciels afin de répondre aux exigences réglementaires ainsi qu'à celles de nos clients. Par ailleurs, nous voulons entamer **un plan concret pour optimiser nos solutions et réduire leur impact carbone** dès leur transition vers le mode SaaS. Pour ce faire, nous avons également mis en place des outils permettant de détecter les anti-patterns énergivores dans les processus CI/CD et dans le code. La prochaine étape consistera à identifier, en amont, ces optimisations énergétiques au moment du développement dans les IDE et à proposer des corrections automatiques, afin de construire des applications plus économes.

Nous avons également entrepris un travail comparatif sur des technologies équivalentes. Par exemple, nous avons examiné l'efficacité énergétique des appels REST JSON par rapport à celle des appels utilisant Protobuf (c'est-à-dire Protocol Buffers). Les résultats sont surprenants car nous avons constaté une réduction significative de la consommation d'énergie grâce à Protobuf, sans compromettre la performance. Être plus économe en énergie ne signifie pas nécessairement être plus lent.



Interview de Benoit Verhaeghe - L'éco-conception pour la gamme WeMagnus

Nous entamons une nouvelle ère avec un processus ambitieux qui porte sur la Frugalité Numérique. Ce projet exige une approche globale, car il existe encore peu de technologies et de méthodes prêtes à l'emploi pour mesurer, concevoir et optimiser les logiciels. Bien entendu, cette démarche ne se limite pas à la résolution de problèmes techniques. Nous prenons également en considération l'économie de fonctionnalités, qui façonnera nos logiciels de demain, en veillant à ce qu'ils utilisent uniquement les ressources computationnelles strictement nécessaires.

EN SAVOIR +

- [Mesurer les consommations énergétiques de nos logiciels](#)
- [Transformation numérique écoresponsable pour les petites collectivités avec WeMagnus](#)



Anas
Shatnawi



Bachar
Rima



Benoit
Verhaeghe



Boubou T.
Niang

Nos prédictions à 5 ans

- 🤖 Nous augmenterons **par dix le nombre de robots qui soutiennent** les développeurs dans leurs tâches quotidiennes.
- 🤖 Chaque application aura son "**eco-index**".
- 🤖 **La gestion de projet** sera en grande partie **automatisable**: création des tickets, génération de planning, estimation des charges.
- 🤖 Les architectes auront la possibilité de **réorganiser le code en utilisant des plans et des visualisations de données**.

Nos publications scientifiques 2024

Capdepon, Q., Hlad, N., Verhaeghe, B., & Seriai, A.-D. (2024). Assessing the feasibility of Micro frontend architecture in native mobile app development. Proceedings of the 39th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering, 2309-2313. <https://doi.org/10.1145/3691620.3695313>

Darbord, G., Vandewaeter, F., Etien, A., Anquetil, N., & Verhaeghe, B. (2024, juillet). Modest-Pharo: Unit Test Generation for Pharo Based on Traces and Metamodels. IWST 2024: International Workshop on Smalltalk Technologies. <https://hal.science/hal-04622256>

Niang, B. T. (2024). A Model-Driven Engineering and Software Product Line Approach to Support Interoperability in Systems of Information Systems. [Phdthesis, Université Lumière - Lyon II]. <https://theses.hal.science/tel-04690416>

Niang, B. T., Kahn, G., Ouzrout, Y., Derras, M., & Laval, J. (2024). PhaDOP: A Pharo Framework for Implementing Software Product Lines using Delta-Oriented Programming and Model-Based Engineering. Elsevier, 101283. <https://hal.science/hal-04599790> . <https://doi.org/10.1016/j.cola.2024.101283>

Industrie 5.0



Industrie 5.0 | L'ère de la collaboration Homme-Machine

L'industrie est sur le point de connaître une nouvelle vague de transformations. Après avoir connu la mécanisation (Industrie 1.0), l'électrification (Industrie 2.0), l'automatisation des chaînes de production (Industrie 3.0) et la numérisation (Industrie 4.0), l'Industrie 5.0 marque **un nouveau tournant** vers la volonté d'organiser une collaboration efficace entre l'humain et la machine. Cette démarche innovante redéfinit les processus industriels en établissant **une triple priorité** comme objet des transformations à organiser : **l'humain, la résilience et la durabilité**. Contrairement à l'Industrie 4.0, concentrée sur l'automatisation et la productivité, cette nouvelle ambition 5.0 doit favoriser des interactions plus naturelles et adaptées aux besoins réels des utilisateurs, de même que l'intégration des contraintes environnementales et de compétitivité de l'Europe.

Maintenance, jumeaux numériques et bien d'autres...



Dans cette optique, les activités de maintenance devront se transformer pour réintroduire les opérateurs "dans la boucle". La finalité de la **maintenance 5.0** est de devenir plus **intelligente, sobre et résiliente** pour faire face aux défis économiques et énergétiques qui se dressent devant nous. Concrètement, cela se traduit par des solutions qui permettront aux techniciens de maintenance d'être "augmentés" grâce au numérique, en leur fournissant des interactions intuitives, des données enrichies et contextualisées, ainsi qu'un outillage physique et cognitif pour les soutenir dans leur quotidien. Pour Berger-Levrault, cela signifie le développement de modalités d'interactions novatrices telles que l'intégration de solutions de réalité augmentée qui créent un **continuum entre les machines physiques et le système d'information**. Mais, cela signifie surtout une transformation de fond de l'emploi des solutions logicielles "traditionnelles" qui devront se réinscrire dans cette interactivité de nouvelle génération.

Les **jumeaux numériques** joueront probablement un rôle central dans cette évolution. Ils ne constitueront plus de simples représentations inertes, mais seront des entités dynamiques capables de faciliter la modélisation, la simulation, la prévision et la planification des actions dans le monde physique. Ces répliques informationnelles permettront une gestion plus intelligente des actifs et favorisant la circularité des équipements, l'anticipation des pannes et l'optimisation de la durée de vie des ressources tout en réduisant les impacts environnementaux. Ils constitueront la principale base de liaison réaliste et efficace entre les opérateurs humains et les univers numériques.

Le rôle de l'IA dans l'Industrie 5.0

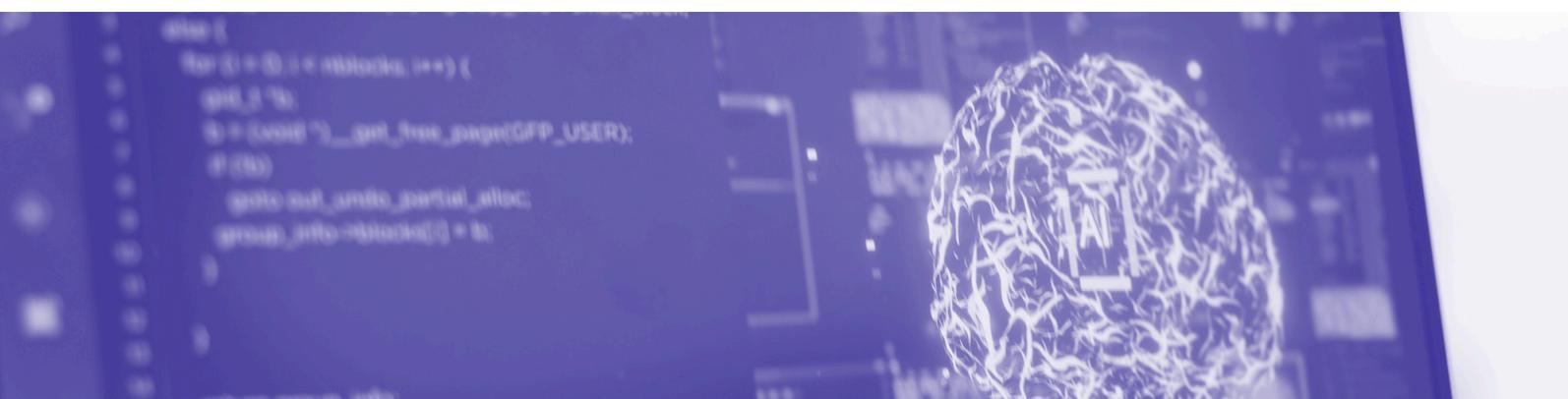
L'**intelligence artificielle multimodale** aura un rôle clé dans cette équation. Grâce à l'IA, les machines se dotent actuellement de capacités pour **capter des "portions" de la réalité du monde physique à travers des capteurs** dits smart (IoT). Ces capteurs rendent compte en temps réel de dimensions telles que le son ou la vidéo. Mais, ils permettent aussi de restituer des éléments plus subtils tels que les vibrations ou la température, ou imperceptibles aux humains comme le taux de dioxyde de carbone ou certaines fréquences inaudibles ou invisibles. Le jumeau numérique permettra donc de concevoir une vision holistique et une analyse plus fine des situations pour améliorer la prise de décision et l'efficacité des interventions des opérateurs dans des environnements complexes.

"Le couplage de l'homme à la machine commence à exister à partir du moment où un codage commun aux deux mémoires peut être découvert, afin que l'on puisse réaliser une convertibilité partielle de l'une en l'autre, pour qu'une synergie soit possible."

Gilbert Simondon | Philosophe

L'Industrie 5.0 inaugure une ère dans laquelle technologie et humanité coévoluent pour relever les défis économiques, sociaux et environnementaux de manière collaborative. En favorisant l'interaction entre humains et systèmes numériques, cette approche place les individus au cœur des transformations, visant à établir un avenir industriel durable, inclusif et compétitif, ancré dans nos territoires.

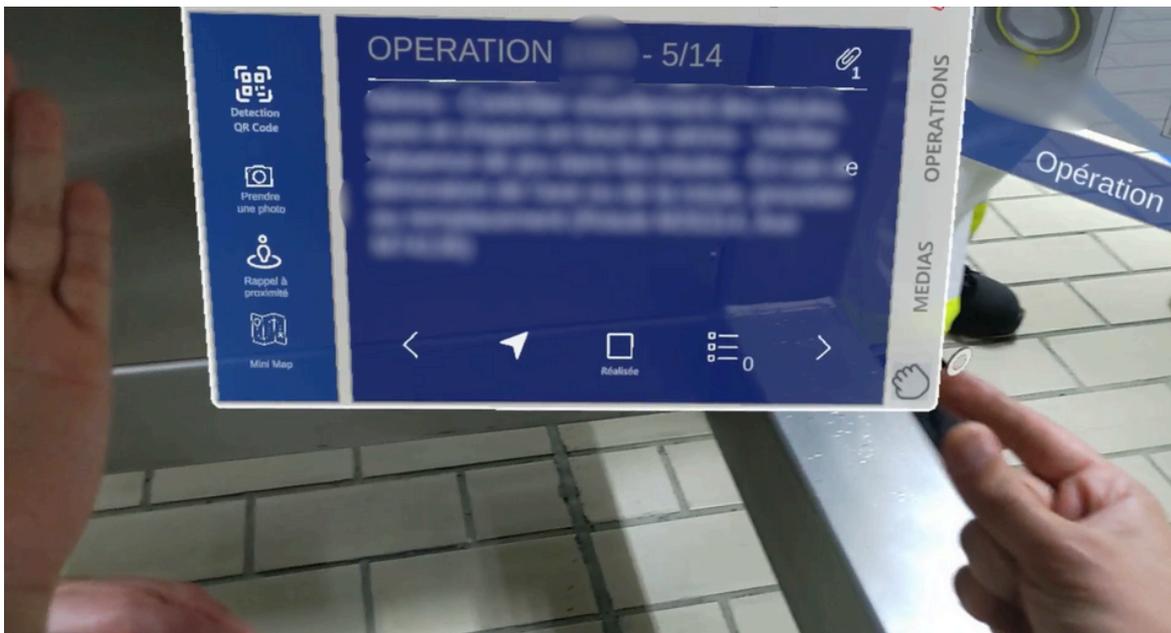
Pour CARL-Berger-Levrault, cela se traduit d'ores et déjà par de nombreuses solutions en phase de commercialisation ou en test chez plusieurs de nos clients. Par exemple, MixedR augmente les capacités des opérateurs avec la réalité augmentée ; Optim optimise l'utilisation des ressources et des plannings et contribue déjà à réduire la consommation de nombreuses ressources grâce à ses méta-heuristiques ; BL.Predict est un élément central de cette stratégie et nous dote d'une plateforme IoT digne de nos futures ambitions facilitant la réduction de l'impact énergétique des bâtiments et des industriels.



Le Meilleur des deux Mondes

Les opérations industrielles sont souvent confrontées à des processus complexes, des coûts élevés, et des risques d'erreurs humaines qui peuvent entraîner des pertes de temps et une baisse d'efficacité. MixedR s'attaque à ces défis en réduisant les temps d'arrêt des équipements, en améliorant la précision des interventions grâce à des données en temps réel et en optimisant la gestion des stocks via une interface immersive en réalité augmentée.

La promesse de MixedR est de ramener les données issues de la GMAO dans le champ de vision du technicien, lui permettant ainsi de **garder les mains libres tout en accédant à toutes les informations à tout moment**. MixedR utilise des dispositifs de réalité mixte, comme le Microsoft HoloLens, pour procurer des expériences immersives. Grâce à des procédés précis qui ancrent des informations numériques et des visualisations en temps réel dans le monde physique, les techniciens accèdent instantanément aux informations essentielles, directement extraites de la base de données de CARL Source.



Opération de maintenance d'une chaîne de production assistée par Réalité Augmentée

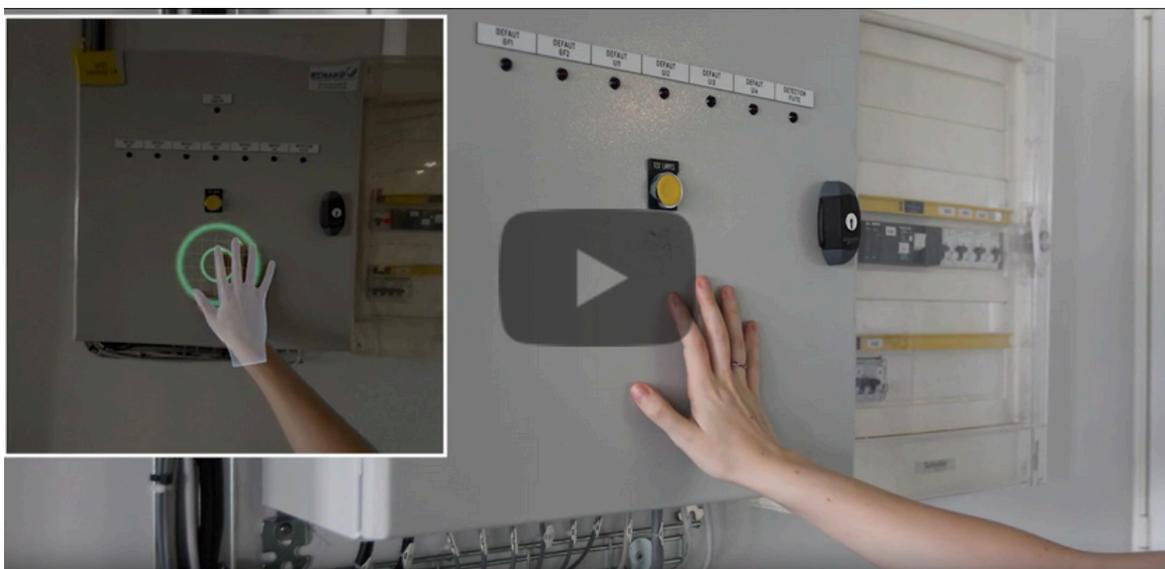
Au-delà de ses prouesses technologiques, alliant gestion de réseau, affichage 3D et interaction en mid-air, MixedR a démontré son efficacité à travers des déploiements concrets chez des clients importants de CARL. En facilitant **un accès rapide et intuitif aux informations critiques**, MixedR contribue à réduire les erreurs humaines, à améliorer la productivité et à favoriser des opérations plus sûres.

Nous avons simplifié l'accès à une expertise de pointe en proposant une assistance via une IA intégrée dans le casque, tout en permettant aux utilisateurs de se connecter à des experts humains lorsque cela est nécessaire.

Redéfinir les interactions pour accompagner la performance

MixedR n'en est qu'à ses débuts. Nos équipes explorent également le développement de diverses techniques d'interaction pour faciliter la manipulation des interfaces dans l'espace. Interagir avec un ensemble de fenêtres flottantes représente une expérience fondamentalement différente de l'usage du smartphone, du clavier ou de la souris. Il est donc essentiel de réinventer les paradigmes d'interactions afin de démocratiser l'utilisation de la réalité augmentée.

Ainsi, nos chercheurs se concentrent sur l'exploration "d'interactions opportunistes" sur différentes surfaces disponibles dans l'environnement (mur, table, chaise, vitre) ou même sur le corps, afin de transformer n'importe quelle surface en un moyen de sélectionner, valider ou accéder à des informations. Finalement, ai-je besoin d'un smartphone si je peux simplement utiliser mon bras ou ma jambe ?



Travaux sur la maintenance augmentée via saisie tactile avec le Tripad

EN SAVOIR +

- [La Réalité Augmentée pour aider à l'assistance à distance](#)
- [Tripad : Saisie tactile en réalité augmentée en maintenance industrielle](#)



Housseem E.
Saidi



Mehdi
Ayadi



Camille
Dupré

Planifier, un enjeu industriel et écologique

Dans un environnement socio-économique dans lequel les contraintes augmentent et les besoins se diversifient, les entreprises sont confrontées à une gestion de plannings complexes. En particulier dans la maintenance, **le rôle de planificateur s'avère particulièrement exigeant** : il s'agit d'assigner les compétences appropriées aux interventions nécessaires, de répondre rapidement aux demandes de maintenance curatives, d'anticiper les interventions préventives sans surcharger les plannings quotidiens, de minimiser les temps de déplacement pour réduire la consommation de carburant et les émissions de dioxyde de carbone, de respecter les horaires de travail, de répartir intelligemment la charge de travail entre les employés et de gérer des modes de fonctionnement multi-sites ou complexes, y compris avec des équipes effectuant les 3/8.

Dans ce contexte, élaborer un planning efficace représente un défi considérable. Comment optimiser sa productivité dans un tel contexte ?

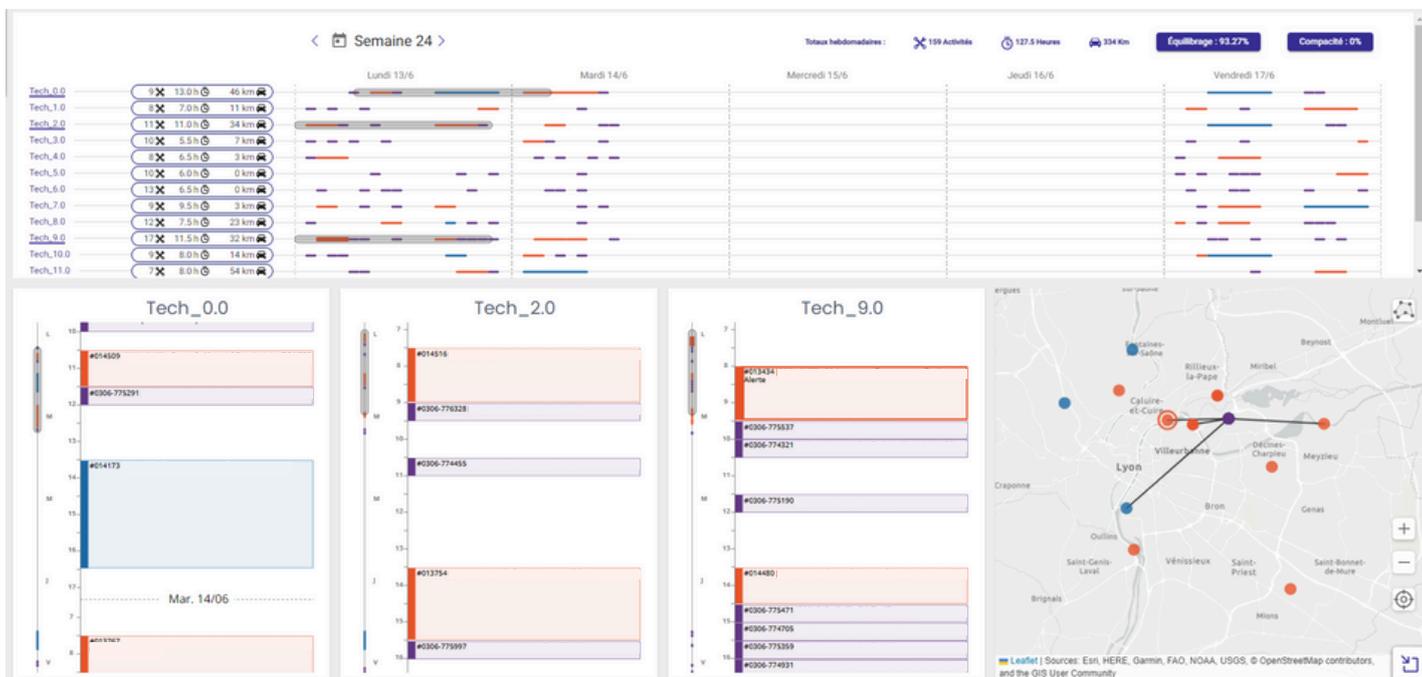
BL.Optim s'attaque à ces défis en procurant une solution novatrice qui **automatise la planification et optimise l'allocation des ressources**, dans le but de maximiser l'efficacité tout en réduisant les coûts. Cette plateforme repose sur des algorithmes d'intelligence artificielle, appelés méta-heuristiques, spécialement conçus pour résoudre des problèmes pour lesquels il serait impossible de tester toutes les options disponibles.



Un travail itératif pour intégrer les réalités de nos clients

En 2024, nos équipes ont mis cette solution à l'épreuve à travers de nombreux cas clients de CARL, tant dans l'industrie alimentaire que dans le facility management. Ce travail approfondi nous permet de confronter la réalité extrêmement exigeante du terrain aux capacités des algorithmes d'optimisation. Ainsi, nous avons modélisé les contraintes de nos clients avec une grande précision afin d'obtenir **des plannings qui respectent toutes les exigences organisationnelles et les spécificités de la gestion des équipes** de maintenance. Au-delà de ce premier succès, BL.Optim a permis une réduction significative des temps de déplacement, des ressources nécessaires et libéré du temps pour les équipes de maintenance.

Ce travail itératif, qui oscille entre recherche fondamentale et innovation sur le terrain, nous a permis de développer une solution hautement flexible, capable de s'adapter efficacement aux divers besoins de nos clients. Cela garantit simultanément **performance et évolutivité grâce à des améliorations continues**. Par ailleurs, nos équipes s'emploient à élaborer une méthode pour traduire les exigences opérationnelles et réglementaires en plans de modélisation mathématique, alimentant ainsi nos algorithmes.



Vue d'ensemble d'un planning généré par la plateforme BL.Optim

Face aux exigences de performance industrielle qui nous attendent, ainsi qu'aux contraintes énergétiques et écologiques pour lesquelles nous devons trouver des solutions, les défis de la planification sont loin d'être résolus. C'est pourquoi nous continuerons à repousser les limites de l'état de l'art en intégrant dans nos algorithmes des capacités de replanification en temps réel pour faire face aux aléas. Nous développerons également **des outils de simulation** afin de comprendre, vérifier et rendre explicables les choix et options explorés par ces algorithmes, qui s'intègrent progressivement dans notre quotidien.

EN SAVOIR +

- [Simulation et analyse d'événements perturbateurs avec BL.Optim](#)
- [Le cas des planning de soins de santé à domicile avec le nouveau modèle de BL.Optim](#)



Clément
Colin



Florent
Mouysset



Housseem E.
Saidi



Kevin
Ducharlet



Liwen
Zhang



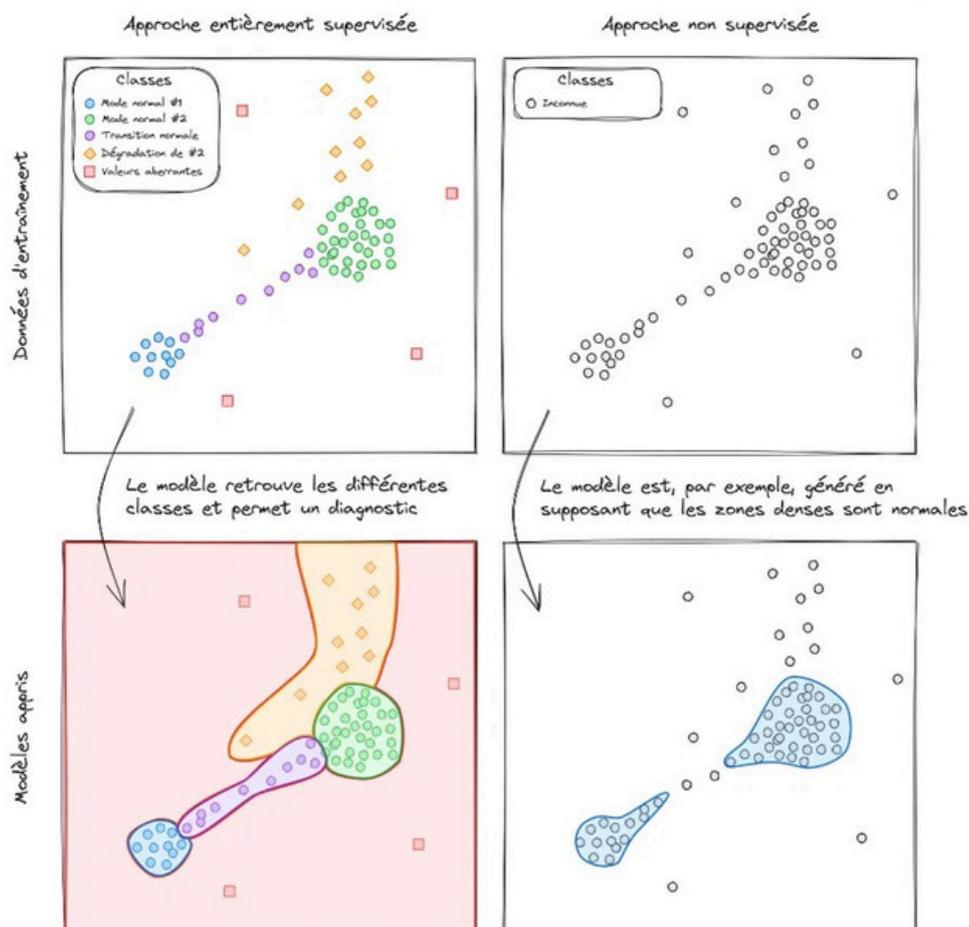
Sara
Maqrot

L'Apprentissage Fédéré au service de la Maintenance Prédictive

Combinée avec l'Internet des Objets (IoT), l'IA permet d'analyser les données de divers capteurs et de **prévenir de potentielles défaillances** des équipements avant qu'elles ne surviennent. L'IA transforme ces données en insights précis, permettant aux gestionnaires de planifier des interventions ciblées, minimisant ainsi les interruptions imprévues et les coûts associés. Ce principe, appelé maintenance prédictive, optimise non seulement les performances opérationnelles de la maintenance, mais également **prolonge la durée de vie des équipements** critiques.

Automatiser la découverte des comportements des machines

Concrètement, cela se traduit notamment par le **développement d'algorithmes de détection d'anomalies**. Nous avons mis au point des méthodes non supervisées pour identifier des anomalies dans les flux de données des réseaux de capteurs, en nous fondant sur des approches hybrides d'intelligence artificielle. Durant ces dernières années, nous avons expérimenté plusieurs algorithmes innovants, tels que DyCF et DyCG, qui tirent parti des propriétés de la fonction de Christoffel et réduisent les besoins en paramétrage.



Différents degrés de supervision pour la détection d'anomalies

La détection d'anomalies est un défi complexe, influencé par le contexte, dans lequel des défaillances sur des machines identiques peuvent se manifester différemment. Pour être efficaces, les intelligences artificielles doivent traiter les spécificités contextuelles tout en généralisant les éléments communs. C'est pourquoi les équipes de recherche se concentrent sur **l'apprentissage fédéré dans le domaine de la maintenance prédictive**. De plus, cette approche permet d'entraîner des modèles sur des appareils en périphérie, réduisant les coûts de transmission de données et les risques de confidentialité. Elle exploite les données locales pour créer un modèle global robuste, tout en respectant la diversité des équipements et des contextes industriels.



En 2024, nous avons abordé les défis concrets liés à la surveillance des convoyeurs de bagages en exploitant les promesses de l'apprentissage fédéré. Nous avons examiné les moments propices pour entraîner les modèles ainsi que la sélection des périphériques (edges), tout en tenant compte des horaires aéroportuaires dans différentes zones temporelles. Notre analyse a révélé que les périodes optimales pour l'entraînement ne se limitent pas uniquement à la nuit, mais varient selon les fuseaux horaires et l'estimation du temps requis. Par exemple, les données des aéroports de Zagreb et de Christchurch montrent que certaines périodes de la journée peuvent s'avérer particulièrement avantageuses.

Nous avons également comparé le Clustered Federated Learning au Traditional Federated Learning grâce à notre algorithme FeDStack. Les résultats indiquent que l'apprentissage fédéré améliore de manière significative les performances des convoyeurs par rapport à l'apprentissage traditionnel, tandis que le Clustered Federated Learning renforce cette amélioration grâce à l'homogénéité statistique des données.

En intégrant ces approches, **l'IA révolutionne les pratiques** de maintenance industrielle en proposant des solutions qui allient **précision, durabilité et respect des contraintes opérationnelles**. Que ce soit par la détection proactive des anomalies ou par la formation collaborative de modèles prédictifs, l'IA établit une norme nouvelle et indispensable pour une gestion optimisée des actifs industriels.

EN SAVOIR +

- [L'Apprentissage Fédéré, atout sécurité pour la maintenance locale des données](#)
- [Les détections d'anomalies automatisées avec BL.Predict](#)
- [Témoignage d'Alstef Groupe : la GMAO pour assurer la maintenance des systèmes de tri bagages](#)



Youssef
Miloudi



Sébastien
Dufour



Mehdi
Kandi



Kevin
Ducharlet



Karim
Boutamine



Jean-Michel
Joerger



Hamza
Safri

Nos prédictions à 5 ans

- 🧑‍🔧 **La réalité augmentée et l'interaction vocale** prennent une place prédominante **dans le quotidien des techniciens de maintenance.**
- 🧑‍🔧 Les outils de **GMAO sont augmentés de nombreux modèles d'IA** pour anticiper les pannes, optimiser les plannings, gérer automatiquement les stocks.
- 🧑‍🔧 **La GMAO** collecte des informations provenant de sources de données diverses, mettant en commun les commonalités entre les équipementiers et ouvrant de fait **une économie de la data.**

Nos publications scientifiques 2024

Colin, C., Vinasco-Alvarez, D., Samuel, J., Servigne, S., Bortolaso, C., & Gesquière, G. (2024). A model-driven methodology for integrating heterogeneous 3D geospatial urban entities. *AGILE: GIScience Series*, 5, 1-11. <https://doi.org/10.5194/agile-giss-5-3-2024>

Ducharlet, K., Travé-Massuyès, L., Lasserre, J.-B., Le Lann, M.-V., & Miloudi, Y. (2024). Leveraging the Christoffel function for outlier detection in data streams. *International Journal of Data Science and Analytics*. <https://doi.org/10.1007/s41060-024-00581-2>

Dupré, C., Appert, C., Rey, S., Saidi, H., & Pietriga, E. (2024, mai 11). TriPad: Touch Input in AR on Ordinary Surfaces with Hand Tracking Only. *Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Honolulu, Hawaiï, USA. <https://doi.org/10.1145/3613904.3642323>

Safri, H., Kandi, M. M., & Miloudi, Y. (2024, septembre 17). Towards Efficient Belt Conveyor Maintenance: Leveraging Federated Learning. *The 2nd IEEE International Conference on Federated Learning Technologies and Applications (FLTA24)*. Valencia, Espagne.

Safri, H., Papadimitriou, G., & Deelman, E. (2024). Dynamic Tracking, MLOps, and Workflow Integration: Enabling Transparent Reproducibility in Machine Learning. *2024 IEEE 20th International Conference on e-Science (e-Science)*, 1-10. <https://doi.org/10.1109/e-Science62913.2024.10678658>

Safri, H., Papadimitriou, G., Desprez, F., & Deelman, E. (2024). A Workflow Management System Approach To Federated Learning: Application to Industry 4.0. *20th International Conference on Distributed Computing in Smart Systems and the Internet of Things, DCOSS-IoT 2024*, Abu Dhabi, United Arab Emirates, April 29 - May 1, 2024, 259-263. <https://doi.org/10.1109/DCOSS-IOT61029.2024.00047>

Zhang, L., Maqrot, S., Mouysset, F., & Bortolaso, C. (2024, septembre). BL.Optim: An OptaPlanner based optimizer towards resolution of large-scale realistic scheduling and routing problems. *International Conference on Operations Research (OR 2024)*. <https://hal.science/hal-04699740>

Impacts



Écosystème & Partenariats

L'écosystème de partenaires de la DRIT permet d'organiser **des collaborations dynamiques** entre les secteurs publics et privés. Ces acteurs diversifiés constituent un atout stratégique qui permet d'innover et d'**apporter des solutions tangibles aux défis technologiques actuels**. Toutefois, ces interactions permettent avant tout de bien cibler les véritables défis qui se traduisent par des difficultés ou des attentes de nos utilisateurs.

Partenariats Publics

Nos équipes de recherche et innovation travaillent depuis plus de 15 ans en étroite collaboration avec des universités et des instituts de recherche. Parmi ces derniers, nous comptons l'**Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique (Inria)**, avec lequel nous avons signé, en 2021, un accord de partenariat stratégique pour développer des solutions numériques issues de la recherche. Nous menons également de nombreuses thèses en collaboration avec l'Inria, mettant l'accent sur des applications concrètes et innovantes, en particulier en Génie Logiciel, et dans l'industrie 5.0.

De manière remarquable, depuis 2022, Berger-Levrault co-dirige **une équipe projet commune**, nommée Évolution réflexive des systèmes logiciels éternels (**EVREF**) qui nous permet de contribuer à tous nos travaux en génie logiciel. L'année 2024 marque un renfort supplémentaire en termes de collaboration avec l'Inria avec le partage de notre feuille de route long terme en Intelligence Artificielle.

Pareillement, un accord-cadre de cinq ans a été établi avec le **Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)** pour mener des projets de recherche communs. Ces accords nous permettent de bénéficier d'une expertise scientifique de pointe et de contribuer activement à l'avancement de la recherche fondamentale et appliquée.



Rencontre Inria & Berger-Levrault dans le cadre du partenariat stratégique pour un numérique plus responsable

Partenariats Privés

Notre équipe de recherche et innovation s'appuie également sur un réseau d'entreprises innovantes, de startups technologiques, de clients et de partenaires industriels. Cet écosystème favorise la réalisation de projets de recherche appliquée et le développement de produits et services qui répondent directement aux besoins du marché.

Par exemple, nous avons collaboré avec la société **Adeunis** pour développer **une solution de maintenance connectée** fondée sur des technologies IoT, permettant de **superviser en temps réel les équipements techniques** des bâtiments. Ce partenariat a permis de mettre en œuvre une solution de maintenance prédictive en exploitant les données issues des capteurs, améliorant ainsi la réactivité des interventions et réduisant les coûts liés aux pannes imprévues.

Certains partenaires industriels nous accompagnent dans le déploiement de Minimum Viable Products (MVP) pour évaluer les innovations en conditions réelles. Par exemple, des acteurs majeurs de l'industrie agro-alimentaire et du retail ont participé à la mise en œuvre de MixedR, notre solution de maintenance augmentée. De même, des structures territoriales et grands groupes internationaux ont collaboré au développement et au déploiement de BL.Predict, une plateforme IoT dédiée à la maintenance prédictive des équipements.



Solution Smart Delta P - Une collaboration entre Adeunis & Carl Berger-Levrault

Ces synergies sont activement recherchées et permettent d'accélérer **la mise en œuvre des innovations auprès des utilisateurs**. Elles favorisent surtout la mise en adéquation de nos investissements en recherche et des attentes en matière d'innovations.

Réunir des experts académiques et des partenaires industriels autour des métiers de Berger-Levrault est au cœur de la stratégie d'innovation de Berger-Levrault. Cette démarche incarne l'engagement de Berger-Levrault à repousser les limites de la technologie, tout en restant connectée aux réalités concrètes du terrain.



Anaïs
Vatinel



Thierry
Thepaut

Faits marquants | Une résonance internationale



25/03 - 28/03 | Paris

Stand Global Industrie avec CARL Berger-Levrault, **pour promouvoir BL.Predict**, notre plateforme IA/IoT de gestion des équipements et infrastructures

Youssef Miloudi, Thierry Thepaut



29/04 - 01/05 | Emirats Arabe Unis

Conférence Internationale sur **l'Informatique Distribuée dans les systèmes intelligents et l'Internet des Objets** | DCOSS-IOT

Hamza Safri : *"A workflow Management System Approach To Federated Learning"*



11/05 - 16/05 | États-Unis d'Amérique

Conférence Internationale sur **les facteurs humains dans les systèmes informatiques** | ACM CHI 2024

Camille Dupré : *"TriPad: Touch Input in AR on Ordinary Surfaces with Hand Tracking Only"*



25/06 | On-Line

Webinaire co-animé avec CARL Berger-Levrault dévoilant les défis actuels et les perspectives de **la maintenance 5.0**

Christophe Bortolaso, Laurent Truscello
"Les bénéfices de l'IA appliquée à la GMAO !"

Faits marquants | Une résonance internationale



08/07 - 11/07 | Lille

Conférence Internationale European Smalltalk **User Group** | ESUG 2024 & Remise du **Prix du Meilleur Article** à Gabriel pour son travail sur les **tests unitaires des applications logicielles**

Gabriel Darbord "*Modest-Pharo: Unit Test Generation for Pharo Based on Traces and Metamodels*"



12/09 | Paris

Lancement du projet P16 de l'Inria sur la souveraineté numérique, pour développer des **technologies numériques open source et interopérables**

Christophe Bortolaso | Partenariat stratégique Berger-Levrault et Inria



06/11 | Lille

Remise du **Prix Science Ouverte** à Benoit pour sa thèse menée avec Berger-Levrault (soutenue en 2021) sur **les interfaces graphiques des logicielles**

Benoit Verhaeghe : "*Incremental approach for application GUI migration using metamodels*"

Retrouvez notre actualité Recherche & Innovation sur www.research-bl.com



Gaëlle
Baudry

C'est dans la Presse !



Berger-Levrault et Inria : un partenariat stratégique pour un numérique plus responsable



le 2 octobre 2024, par Thomas Calvi.

Depuis 2017, l'éditeur de logiciels Berger-Levrault, et Inria, l'Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique, travaillent de concert pour accélérer le développement de solutions numériques basées sur l'IA destinées aux acteurs des collectivités, de la santé et de l'industrie auxquels Berger-Levrault adresse. Ils ont récemment présenté les résultats concrets de leur collaboration.

L'IA générative au service des pratiques métier des utilisateurs de Légibase Collectivités



Du machine Learning à l'IA générative – L'innovation au service de la maintenance

Comment le Machine Learning et l'IA générative redéfinissent la maintenance pour plus d'efficacité.



L'assistant intelligent de WeMagnus : une innovation numérique pour simplifier la vie des secrétaires générales de mairie



Innover pour Réinventer : Le Défi Berger-Levrault



Mustapha Derras

*Directeur de la Recherche & de
l'Innovation Technologique
Berger-Levrault*

Qu'est-ce qui justifie une démarche de Recherche et Innovation (R&I) dans une entreprise telle que Berger-Levrault en dehors de l'affirmation généralement admise que c'est un véritable vecteur de croissance pour l'entreprise ? Pourquoi investir dans des activités de recherches qui, de toute évidence, sont complexes, lentes, difficiles à animer et qui s'organisent sur de longues durées ? En d'autres termes, la société Berger-Levrault a-t-elle vraiment besoin d'une telle démarche pour apporter des différenciateurs forts sur ses marchés, pour innover ?

Pour bien saisir les enjeux, rappelons quelques éléments de contexte caractérisant les marchés et métiers de Berger-Levrault. Pour commencer, nous produisons des outils de gestion, des solutions qui, très souvent, requièrent un bon niveau de technicité métier et des expertises clients solides. Ensuite, **nos solutions adressent essentiellement des activités du quotidien**, depuis la gestion des villes jusqu'à la maintenance industrielle. Ce sont des processus qui ont inmanquablement un impact direct sur la vie des citoyens, sur le travail des salariés et sur le fonctionnement des services et des opérations en général. En dépit des apparences, ces processus sont intrinsèquement complexes, car en prise directe avec des considérations très opérationnelles de la vie au quotidien. Rappelons également que la recherche peine généralement à répondre à ce type de complexité très tangible, très opérationnelle.

Enfin, il semble difficile de révolutionner les métiers concernés, souvent inscrits dans des habitudes et des formats qui les contraignent et leur imposent de multiples obligations, ce qui ajoute une difficulté supplémentaire à notre travail.

C'est précisément ce contexte exigeant et anodin en apparence qui motive une innovation authentique et en rupture avec les produits et solutions établis. Ce sont a priori des approches de transformations fortes qui peuvent nous amener la différence clé pour chacune de nos solutions. Nous ne cherchons donc pas simplement à améliorer l'existant, mais à établir de nouvelles bases solides qui permettent des mutations assurément novatrices et audacieuses. En évitant les approches simplificatrices, Berger-Levrault ancre son action au-delà de simples évolutions technologiques ou fonctionnelles habituelles, et adopte **une perspective globale qui valorise la réinvention profonde des métiers.**



La Direction de la Recherche et de l'Innovation Technologique (DRIT) vise **la création de nouvelles plateformes** destinées à projeter tous nos métiers vers les nouveaux paradigmes. Ces derniers sont induits entre autres par l'IA, les algorithmes de nouvelle génération, les architectures distribuées du cloud et les nouvelles contraintes de toutes sortes qui peuplent notre quotidien. Contrairement aux évolutions technologiques passées, une nouvelle dynamique est en train de se mettre en place, qui cumule des avancées multiples et qui créera une toute nouvelle approche du numérique. Cette transformation ne se contentera pas d'améliorer les usages actuels, elle reconditionnera entièrement les usages, redéfinira les métiers, reconfigurera les processus, et installera progressivement un espace numérique totalement renouvelé, aussi bien dans les établissements publics que privés. Les opportunités business sont donc nombreuses, mais elles ne sont plus aussi immédiates et évidentes à définir et à saisir qu'auparavant. La nouvelle vague de transformations demandera **un accompagnement client plus pointu**, ainsi que **des compétences techniques et métiers bien plus solides**. Cette révolution est susceptible de remodeler l'ensemble du paysage durant la prochaine décennie.

C'est précisément dans cette perspective que s'inscrit la raison d'être de la DRIT. Ce qui motive la DRIT, c'est son ambition de déployer des solutions qui non seulement suivent ces nouvelles tendances, mais qui sont à la pointe de cette révolution technologique. Son rôle est renforcé par la construction depuis près de 15 ans d'approches solides, d'une dynamique agile, et de compétences techniques et intellectuelles avancées, accompagnées d'un état d'esprit en constante évolution, indispensable à la réussite. Nous croyons fermement que cette capacité à évoluer et à se réinventer en permanence est notre meilleure carte pour affronter les bouleversements à venir.

C'est cette faculté d'adaptation et cette disposition à anticiper et à saisir les nouvelles opportunités qui nous permettront de demeurer des leaders sur nos marchés. **Berger-Levrault est prêt à relever ce défi**, et nous sommes convaincus que l'innovation par la recherche, loin d'être une option, est une nécessité impérieuse pour assurer notre avenir commun et prospérer dans un environnement de plus en plus complexe.



Nous faisons nôtre, la synthèse suivante des idées de J.B. Lamarck et de C. Darwin :

"Ce ne sont pas les plus forts qui survivent, ni les plus intelligents, mais ceux qui survivent à l'accroissement de la complexité, qui s'adaptent le mieux et qui réagissent le plus rapidement aux changements. Ils en tirent le meilleur avantage et se préparent invariablement à la transformation suivante."

Jean-Baptiste Lamarck + Charles Darwin | Naturalistes



#InnoByBL

YEARBOOK 2024 - Recherche & Innovation

Berger-Levrault
Direction de la Recherche et de l'Innovation Technologique
64 rue Jean Rostand
31 670 Labège

www.research-bl.com