

ANUARIO 2025

Investigación & Innovación

Berger-Levrault

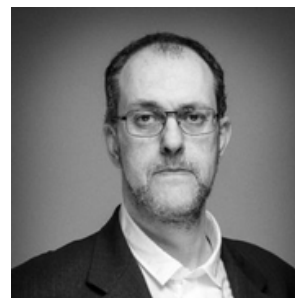
*Departamento
de Investigación
e Innovación
Tecnológica*



La edición 2025 del anuario de Investigación e Innovación de Berger-Levrault marca un hito importante en la forma en que concebimos y llevamos a cabo la investigación dentro del grupo. En 2024, se trataba de afirmar nuestra capacidad para transformar los trabajos de investigación en innovaciones tangibles, integradas y accesibles. En 2025, demostramos que **la innovación es una disciplina exigente, que se enfrenta a la realidad, a sus limitaciones, a sus restricciones y a sus responsabilidades.**

A lo largo del año pasado, nuestro trabajo se ha guiado por una convicción fundamental. **El valor de una innovación ya no se mide por su novedad, sino por su capacidad para ser gestionada a largo plazo.** La inteligencia artificial agencial, la IA de confianza, la ingeniería de software medida, la frugalidad digital, la Industria 5.0 o la economía circular no son proyectos independientes. Forman una misma base metodológica, un marco unificado de ambición que agrupa proyectos de control de sistemas complejos desplegados en producción, en contacto directo con los usos, las profesiones y las exigencias de la sociedad.

Este año, hemos cambiado deliberadamente nuestra perspectiva. Hemos dejado de considerar la **incertidumbre** como un simple riesgo que hay que aceptar para convertirla en **un objeto de investigación por derecho propio**. Reconocer lo que los sistemas no saben hacer, instrumentar la evaluación, trazar las decisiones, medir los impactos, calibrar la autonomía y documentar los límites se han convertido en actos científicos fundamentales. Esta elección no es ni conservadora ni prudente. Es necesaria para cualquier innovación destinada a integrarse en entornos sensibles, regulados y de gran responsabilidad.



Mustapha Derras

*Director de Investigación e
Innovación Tecnológica
Berger-Levrault*

Los proyectos presentados en este anuario dan testimonio de esta maduración. Ilustran **una investigación que avanza mediante iteraciones, pruebas empíricas, métodos reproducibles e integración progresiva.** También muestran que la verdadera innovación no se encuentra únicamente en la tecnología. Lo que realmente la caracteriza es nuestra capacidad colectiva para organizar el paso del laboratorio al producto, sin renunciar ni a la exigencia científica ni a la realidad sobre el terreno.

En 2025, la Dirección de Investigación e Innovación Tecnológica afirma así una ambición clara: hacer de la investigación **no solo un motor de innovación, sino también una instancia de disciplina, lucidez y responsabilidad ante la creciente complejidad de los sistemas digitales.** Es esta trayectoria, exigente y asumida, la que le invitamos a descubrir a lo largo de las páginas de este anuario.

Que disfrute de la lectura.

04 MISIONES

06 VALORES

08 INTELIGENCIA ARTIFICIAL

10. Plataforma de agentes

13. IA de Confianza

18. Predicciones & Publicaciones

21 INGENIERÍA DE SOFTWARE

23. Fin del desarrollo, dinámica de trabajo y productividad

26. Software económico

28. Predicciones & Publicaciones

31 INDUSTRIE 5.0

34. Del algoritmo al terreno: cómo Optim se convirtió en un producto

36. Economía circular

38. Predicciones & Publicaciones

41 COLABORACIONES

43 ASPECTOS DESTACADOS

44 EN LA PRENSA

45 PERSPECTIVAS

Juntos, hagamos de **la investigación** una disciplina **de lo real**

La misión de la Dirección de Investigación e Innovación Tecnológica consiste en dotar a la empresa de las herramientas necesarias para diseñar, implementar y mantener sistemas digitales complejos en condiciones reales de uso. Su objetivo no es multiplicar las innovaciones, sino hacer que las que surgen sean observables, evaluables, gobernables e integrables a gran escala.

En concreto, el objetivo de la DRIT es producir los marcos científicos, metodológicos y técnicos que permitan industrializar la inteligencia artificial, las arquitecturas agenticas y los sistemas de software avanzados sin perder el control de su comportamiento. Esto incluye la gestión explícita de la incertidumbre, la evaluación continua del rendimiento y las desviaciones, la trazabilidad de las decisiones automatizadas y la capacidad de limitar la autonomía de los sistemas en función de los contextos profesionales.

Por lo tanto, la misión de la DRIT es transformar la investigación en capacidad colectiva y viable. Desarrolla métodos reproducibles de transferencia a los productos, basados en la experimentación sobre el terreno, la medición empírica, la iteración y la integración progresiva, para que las innovaciones puedan mantenerse, adaptarse y gestionarse a lo largo del tiempo.

Por último, la DRIT tiene como objetivo alinear el rendimiento tecnológico, la sostenibilidad del software y la responsabilidad social. Mediante la ingeniería de la frugalidad digital, la medición del impacto medioambiental, el análisis de las prácticas de desarrollo y la estructuración de asociaciones científicas a largo plazo, contribuye a una innovación útil, controlada y sostenible, anclada en las realidades industriales y los usos concretos.





La DRIT está compuesta por equipos ágiles y polivalentes que actúan de manera concreta:

Observaciones de campo y etnología para comprender los contextos de uso e identificar las necesidades;

Uso de protocolos experimentales para poner a prueba la tecnología más avanzada frente a la realidad del terreno, más allá de los laboratorios y las salas blancas;

Diseño y desarrollo de software para crear soluciones viables y escalables;

Evaluación centrada en el usuario para comprobar rigurosamente el impacto y el valor de nuestras soluciones en el día a día de nuestros clientes;

Exploración de nuevos ámbitos, diseño de soluciones tan sencillas como accesibles, intercambio y transmisión de conocimientos, formación en nuevos usos que ilustran nuestra acción.

Ya no es suficiente con transformar el imaginario colectivo. En 2025, nuestra ambición es convertir la investigación en una palanca capaz de disciplinar la innovación, medir su valor real y garantizar su impacto duradero en la vida cotidiana de nuestros usuarios.



La investigación, para que la *innovación* se mantenga en *la realidad*

Los sistemas digitales ganan en autonomía, opacidad y complejidad. Lo que fundamenta nuestro enfoque de investigación ya no se basa únicamente en principios de intención. Es necesario establecer puntos de referencia operativos, indispensables para orientar las decisiones científicas, arbitrar las trayectorias tecnológicas y asumir las responsabilidades asociadas al despliegue de innovaciones en condiciones reales.

En 2025, la Dirección de Investigación e Innovación Tecnológica afirma una concepción exigente de la investigación, indisociable de la colaboración, no como una simple modalidad organizativa, sino como condición para el dominio colectivo. Ante tecnologías que trascienden las profesiones, los productos y los usos, ninguna experiencia puede permanecer aislada. La sinergia entre investigadores, ingenieros, equipos de producto, socios académicos e industriales constituye una palanca esencial para comprender, medir y gobernar sistemas cuyos efectos trascienden ampliamente el marco del laboratorio.

Esta apertura no es un principio abstracto. Se basa en una práctica continua sobre el terreno, en la experimentación, la evaluación y el diálogo con los usuarios. Impulsa la investigación hacia una dinámica de curiosidad que nunca se disocia del rigor, de la audacia acompañada de pruebas y de la ambición tecnológica que se enfrenta sistemáticamente a sus impactos concretos.

Nuestros valores no definen lo que proclamamos, sino lo que aceptamos asumir ante la incertidumbre, la complejidad y las crecientes exigencias de la sociedad. Constituyen la base sobre la que se sustenta una investigación abierta, equipada y lúcida, capaz no solo de innovar, sino también de hacer que la innovación sea sostenible en la realidad.

”

“La madurez del espíritu comienza cuando se prefiere lo que es justo a lo que es fácil”
Hannah Arendt



Excelencia

Porque combinamos rigor y agilidad, nuestro equipo multidisciplinar aplica sus competencias científicas y técnicas de vanguardia para deconstruir el conocimiento y la comprensión, y avanzar de forma fundada.

Confianza

Al situar la ética y la soberanía en el centro de cada proyecto, construimos asociaciones sólidas basadas en la transparencia, para poder avanzar con seguridad hacia el futuro.

Audacia

Porque vivimos la invención, nos esforzamos por ir más allá de nuestros límites y eludir nuestro sesgo de confirmación combinando anticipación y ambición.

Bondad

Nuestra escucha atenta y abierta decuplica nuestra creatividad y nos permite forjar poderosas innovaciones para nuestros clientes.

Responsabilidad

Estamos comprometidos con un enfoque proactivo destinado a promover un impacto positivo y sostenible en los ámbitos científico, social y medioambiental.

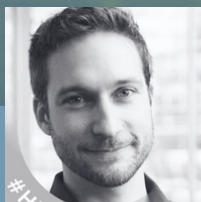
INTELIGENCIA ARTIFICIAL



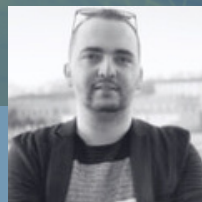
”

*“No estamos entrando en la era de los agentes para automatizar más, sino para comprender de otra manera lo que significa actuar, decidir y asumir. La IA del mañana no será una demostración de poder, sino una arquitectura de responsabilidad.”
Mustapha Derras libremente inspirado en Hans Jonas, Paul Ricoeur y Evgeny Morosov*

Responsables del Laboratorio:



Jean-Baptiste
Vielfaure



Mokhtar B.
Billami

Inteligencia Artificial, **agentes especializados** al servicio del **rendimiento operativo**

En 2025, la IA agéntica pretende ir más allá de las simples interfaces conversacionales que han popularizado la IA entre el gran público. La mayoría de los editores de soluciones de IA agéntica prometen ahora asistentes capaces de pasar de «responder» a «hacer».

Para ello, proponen organizar cadenas de procesamiento (multiagentes, herramientas) basándose en los datos de la empresa a través de RAG (Retrieval Augmented Generation), con el fin de generar acciones y decisiones contextualizadas. Los beneficios esperados se centran, en particular, en el aumento de la productividad y el rápido incremento del uso operativo. Sin embargo, en la práctica, estos agentes suelen estar muy supervisados y tener una autonomía limitada, con frecuentes intervenciones humanas. Estudios recientes muestran que los agentes en producción siguen siendo en su mayoría simples y no autónomos. Más concretamente, el 68 % ejecuta como máximo 10 pasos antes de una intervención humana, el 70 % se basa en indicaciones y el 74 % se basa principalmente en la evaluación humana.

Estos resultados no son sorprendentes cuando se comparan con otros estudios que muestran que la adopción de asistentes genéricos es masiva, pero la industrialización sigue siendo marginal (menos del 5 % de los POC). Por lo tanto, el aporte de valor es muy limitado debido a la dificultad de integración y la falta de alineación con las cadenas de procesamiento reales.

En «Self explanatory the agentic AI advantage», McKinsey destaca precisamente esta línea divisoria. Los asistentes «horizontales» crean uso, pero el impacto real y la escalabilidad provienen de agentes personalizados, diseñados para procesos empresariales de alto riesgo, datos y palancas de valor específicas de cada empresa. La solución no proviene de plataformas «plug-and-play».

Hoy en día, ante promesas difíciles de cumplir, la IA agéntica ha entrado en una fase más pragmática que la DRIT aprovecha al máximo. De hecho, las organizaciones buscan ganancias medibles (productividad, reducción del tiempo humano) en lugar de demostraciones espectaculares. Esta es precisamente la ambición de nuestro proyecto Athena (también llamado Coruscant en su versión para el mantenimiento industrial). Con nuestra «Agentic Assistant Platform» combinamos RAG, orquestación multiagente y especialización profesional (mantenimiento, normativa, colectividad, etc.) para, una vez más, ir más allá de los efectos anunciados y producir usos concretos de la IA.

Al mismo tiempo, hemos enriquecido la plataforma con capacidades diferenciadoras esperadas en producción:

Memoria Conversacional

Athena integra una memoria episódica propia de cada intercambio, conservando los elementos de la conversación. El historial se reintroduce automáticamente para generar respuestas más coherentes y progresivas, sin que el usuario tenga que repetir el contexto en cada nueva pregunta.

Multimodelo

Se pueden utilizar diferentes modelos en función de los agentes y los tipos de tareas (comprensión, búsqueda, síntesis, redacción, extracción estructurada), con el fin de adaptar adecuadamente la generación de respuestas a las necesidades. Este enfoque permite encontrar el equilibrio adecuado entre calidad, latencia, costes y limitaciones de implementación.

Multimodalidad

El asistente es capaz de utilizar documentos que contienen imágenes y esquemas, al tiempo que extrae la información útil cuando esta no aparece explícitamente en el texto. También puede seleccionar y reproducir las imágenes pertinentes para respaldar la respuesta, facilitar la comprensión y acelerar la ejecución de las tareas sobre el terreno.

Entrada de voz

El usuario puede formular sus solicitudes oralmente, en lenguaje natural, en una lógica de intercambio fluido. La transcripción se muestra para su revisión y posible corrección antes del envío, con el fin de garantizar la comprensión y la calidad de la solicitud.

Apertura controlada de bibliotecas

(o «Open RAG»): se pueden añadir documentos ad hoc a una biblioteca documental compartida para ampliar de forma permanente el ámbito de búsqueda, o de forma temporal, durante una discusión. En este segundo caso, los documentos siguen siendo estrictamente privados, no se comparten con otros usuarios y solo se conservan en la memoria durante el tiempo que dura el intercambio. El acceso a las bibliotecas compartidas sigue estando controlado y compartimentado por cliente o por grupo de usuarios.

Por último, hemos sentado las bases para la integración en los productos con una apertura hacia herramientas profesionales a través del MCP (Model Context Protocol). Ahora estamos consolidando casos de uso de alto valor añadido, como la **vigilancia normativa automatizada**, que se está probando internamente con las unidades de negocio, para que la agentica no se quede en una capa genérica, sino que se integre en los procesos de «extremo a extremo».

Nuestros retos y perspectivas para los próximos logros

La IA agéntica se enfrenta ahora a la prueba de la realidad. De hecho, Gartner estima que una parte importante de los proyectos podría cancelarse de aquí a finales de 2027 si no se controlan el valor empresarial, los costes y los riesgos. Por lo tanto, nuestro objetivo para 2026 es abordar más necesidades empresariales, al tiempo que reforzamos la relevancia, la integración y una autonomía **limitada, trazable y útil** de los agentes. Los retos siguen siendo los de una visión agencial «que realmente funcione» con fiabilidad, confianza, mantenimiento a largo plazo de las respuestas/configuraciones, gestión de contexto a largo plazo, orquestación multiagente y trazabilidad. Para ello, reforzaremos nuestro trabajo sobre la **confianza** (conjuntos dorados automáticos, supervisión, bucles de anotación) con dos ejes de investigación muy estructurantes:

- **Autoevaluación/gestión de la incertidumbre** para reducir la ilusión de certeza
- **Personalización adaptativa** (nivel de tecnicidad, estilo, granularidad, estrategias de ejecución)

Estas evoluciones se imponen como pertinentes ante las especificidades de nuestros usuarios, que no dejan de crecer y que no podemos especializar manualmente de forma razonable. Queremos hacer de Athena una plataforma de interacción en lenguaje natural que reduzca la fricción de las interfaces, al tiempo que mantenga el control mediante la verificación y la prueba por valor.

- El asistente inteligente WeMagnus, una innovación para los ayuntamientos
- El asistente inteligente con control por voz para el mantenimiento
- Implementación de la IA agéntica para los sistemas de GMAO



ITW: IA Agéntica: del comando de voz a la acción



Libro blanco : IA Agéntica



Romain
Liron



Mehdi
Kandi



Florent
Mouysset



Jean-Baptiste
Vielfaure



Pascal
Zaragoza



Vincent
Laval



Louis
Lenoir



Justin
Aubin



Emily I.
Pereira Costa

IA de Confianza

IA fiable: gestión de la incertidumbre, evaluación avanzada y solidez de los sistemas

En 2025, nuestro trabajo en materia de IA generativa tenía como objetivo avanzar en la **construcción de una IA fiable**. Queremos disponer de una IA capaz de proporcionar respuestas fiables, explicables y controladas, especialmente en ámbitos sensibles como el jurídico, el normativo o la asistencia profesional. Este enfoque se estructura en torno a cuatro ejes principales:

- La gestión de las respuestas ante la incertidumbre (IDK por I Don't Know o «no lo sé»);
- La evaluación automática de los modelos;
- La reducción de las alucinaciones;
- La mejora del Sistema de Búsqueda de Información (SRI) mediante la adaptación de las incrustaciones (o inmersiones léxicas).

El papel central de las respuestas «IDK» en una IA fiable



La confianza en un sistema de IA no se basa únicamente en su capacidad para responder, sino también en **su capacidad para reconocer cuándo no puede responder**. En nuestras soluciones de asistencia (GenAI, plataforma agentica Athena), hemos intentado sistematizar el uso de respuestas IDK («I Don't Know» / «No lo sé»), que son las preferidas, especialmente ante el riesgo de alucinaciones.

En este contexto, se instruye explícitamente a los modelos para que respondan «no lo sé» en caso de incertidumbre o falta de información, para que expliquen sus dudas, para que mencionen sus fuentes cuando sea posible y para que sugieran al usuario reformulaciones en caso de preguntas ambiguas.

Esta elección metodológica aumenta la transparencia y añade una dimensión ética a nuestros asistentes, al aclarar los comportamientos esperados en situaciones de incertidumbre. Esta estrategia reduce el efecto de las alucinaciones y consolida la fiabilidad percibida de nuestros sistemas de IA entre nuestros usuarios profesionales.

Evaluación avanzada: LLM-as-Judge y Tree of Thought

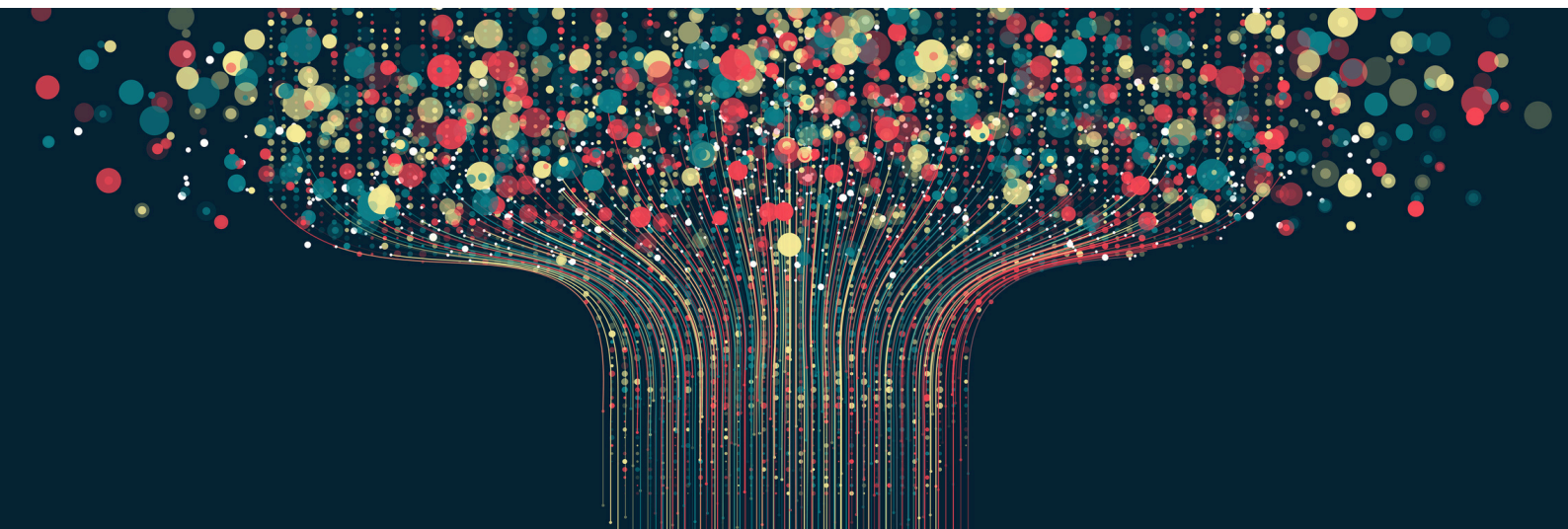
La evaluación de las respuestas generadas sigue siendo uno de los principales retos de la IA generativa. Las métricas clásicas, como ROUGE ([Lin, 2004](#)), diseñada inicialmente para el resumen automático, BLEU ([Papineni et al., 2002](#)), diseñada inicialmente para la traducción automática, **BertScore**, etc., a menudo resultan insuficientes para juzgar la pertinencia, la veracidad o la calidad argumentativa de una respuesta.

Por lo tanto, lógicamente, hemos explorado enfoques LLM-as-Judge para superar las limitaciones de estas medidas, que no tienen en cuenta todos los aspectos semánticos del contexto profesional.

En estos enfoques, un LLM evalúa otro modelo mediante una indicación estructurada.

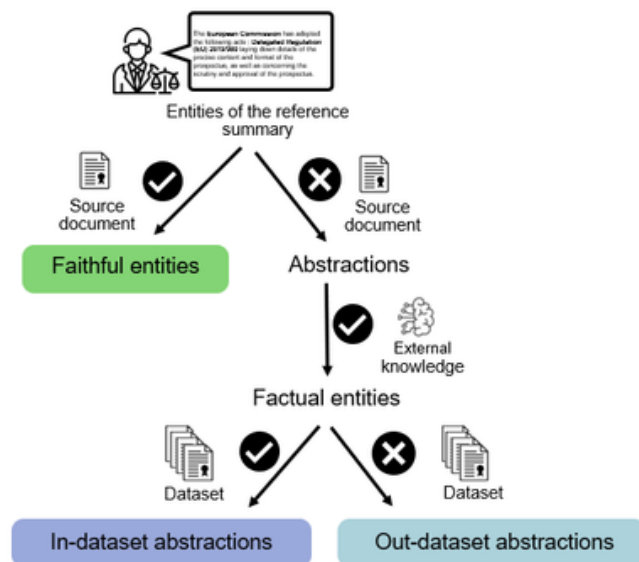
Para reducir los sesgos y sistematizar el análisis, hemos implementado un procedimiento basado en los principios del Tree of Thought (ToT), que guía al evaluador para explorar varias líneas de razonamiento, analizar las respuestas desde diferentes ángulos (exactitud, justificación, fuentes), verificar el uso correcto del IDK e identificar con mayor precisión las alucinaciones, imprecisiones y omisiones.

Este enfoque, junto con nuestras soluciones que utilizan **Argilla** y **RAGAS**, permite automatizar parte de la evaluación, manteniendo al mismo tiempo un nivel de exigencia «casi» humano. Constituye un avance indispensable para garantizar la fiabilidad de los sistemas de IA desplegados en contextos normativos.

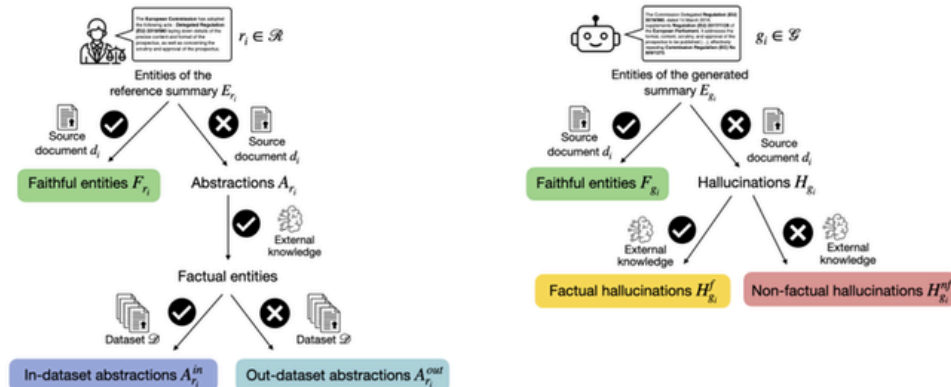


Reducción de las alucinaciones en el resumen jurídico automático

Uno de nuestros principales retos es la generación de contenidos jurídicos, especialmente en nuestra plataforma Légibase Collectivités et Justice. En este contexto, una tesis CIFRE realizada con el IRIT (defendida el 15 de diciembre de 2025) ha permitido estudiar en profundidad la distinción entre entidades jurídicas (artículos, sentencias, leyes) fácticas y no fácticas (alucinadas).



Taxonomía de entidades y triplas en el resumen de referencia



Taxonomía de las entidades del resumen de referencia (izquierda) y de las entidades del resumen generado (derecha)

Los experimentos de fine-tuning (reentrenamiento de modelos) realizados también permitieron poner de relieve que la inyección de entidades procedentes del documento fuente reduce significativamente las alucinaciones de entidades de interés, y que la adición de relaciones entre estas entidades refuerza esta disminución, mejorando sustancialmente la fidelidad global de los resúmenes generados.

Adaptación de los embeddings para mejorar el SRI del proyecto

El rendimiento de un proceso de tratamiento RAG depende en gran medida de la calidad del **sistema de recuperación de información (SRI)**. Si este último no selecciona los mejores documentos de una base documental, ningún modelo generativo podrá proporcionar una respuesta fiable. Sin embargo, los embeddings generales, multilingües y multidominio no se adaptan a nuestros contextos profesionales.

Estos trabajos han demostrado la importancia de clasificar estas entidades según su origen, dependiendo de si provienen de un documento original, de un corpus de entrenamiento o de conocimientos externos.

Esta taxonomía, ilustrada en las figuras adjuntas, revela la complejidad de preservar la fidelidad durante el resumen automático. Esto es aún más cierto en los textos jurídicos densos, muy estructurados y muy sensibles a la interpretación.

Nuestras limitaciones industriales nos obligan a:

- **No reindexar** con demasiada frecuencia las colecciones documentales (coste, complejidad);

Recordatorio: la reindexación consiste en reconstruir la forma en que se representa, organiza y hace accesible un corpus de documentos a los algoritmos de búsqueda, razonamiento o generación. Implica una profunda transformación de la estructura informativa para que pueda ser explotada por modelos estadísticos, neuronales o híbridos.

- Mantener **la agnosticidad con respecto al dominio y al idioma**;
- Implementar soluciones **compatibles** con nuestros sistemas existentes.



Hemos diseñado un mecanismo sencillo que permite adaptar el motor de búsqueda a un ámbito profesional específico sin tener que reconstruir la representación de la base de documentos. En lugar de modificar los contenidos existentes, solo ajustamos la forma en que se interpretan las preguntas. En concreto, cuando alguien formula una pregunta, esta permite modificar ligeramente los embeddings generados para que se ajusten mejor a la lógica y al vocabulario propios del ámbito en cuestión.

Esta transformación actúa como un filtro inteligente que simula una reformulación implícita de la pregunta para que el sistema la comprenda de forma más pertinente. Para aprender a realizar esta adaptación, le mostramos al sistema ejemplos compuestos por preguntas, documentos adecuados y documentos inadecuados. De este modo, aprende progresivamente a acercar las preguntas a los documentos útiles y a alejarlas de los que no lo son.

La siguiente figura ilustra este mecanismo de transformación.

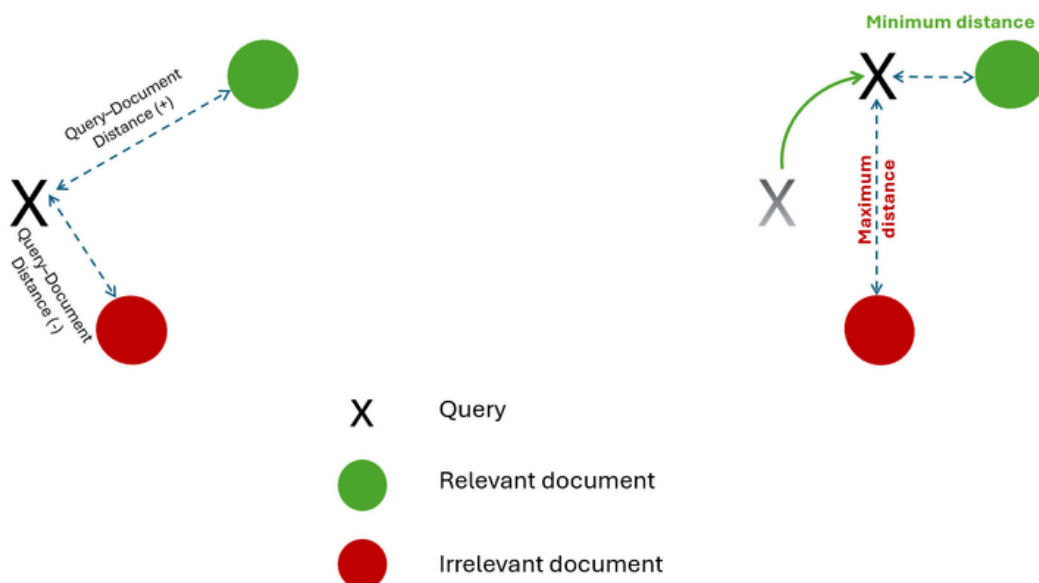


Ilustración de la adaptación del embedding de consultas para mejorar el SRI

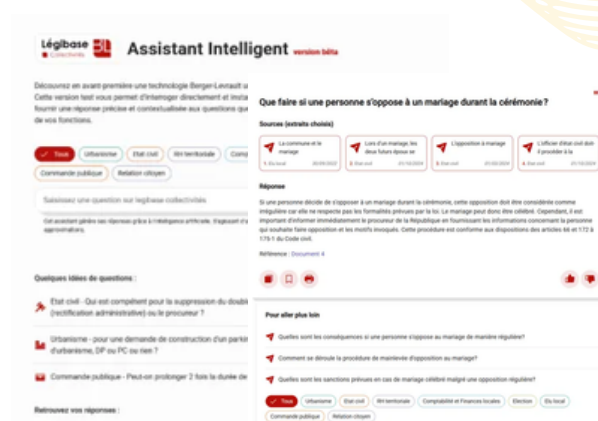
Este enfoque presenta dos ventajas importantes. Por un lado, no requiere **ninguna reindexación**, ya que los embeddings documentales permanecen estrictamente inalterados y solo se adapta la representación de la consulta. Por otro lado, es **independiente del modelo** de embeddings utilizado y se integra fácilmente en cualquier proceso de RAG. Este mecanismo ligero y poco intrusivo ofrece así una ventaja sustancial, reforzando la fiabilidad global de la recuperación (SRI), que es una condición indispensable para el rendimiento de un sistema de generación aumentada.

Gracias a esta adaptación ingeniosa y muy eficaz, hemos observado una mejora notable al aplicarla a nuestro asistente inteligente. La ganancia **supera los 12 puntos**, lo que significa que los documentos correctos se encuentran con mucha más frecuencia entre los primeros resultados.

Esta mejora aumenta directamente la calidad y la fiabilidad de las respuestas generadas.

Este enfoque es especialmente interesante por su simplicidad. No requiere ninguna modificación de los documentos, ninguna reindexación ni ningún cambio de modelo. Solo refina la comprensión de la consulta, lo que lo hace fácil de implementar y compatible con todos los modelos de embeddings del mercado (por ejemplo, el modelo de embeddings de Mistral AI o los de OpenAI). Gracias a estos resultados, este método podrá extenderse a **todas nuestras pipelines RAG**, con el fin de reforzar progresivamente el rendimiento y la solidez de todos nuestros agentes de IA.

- Mejorar las aplicaciones RAG mediante un Fine-Tuning sintético
- Las alucinaciones en los resúmenes jurídicos
- Métodos de evaluación automática de LLM y RAG



La GenAI de nuestra solución de software
Légibase Collectivités



Romain
Liron



Mokhtar B.
Billami



Nihed
Bendhaman

Nuestras **predicciones** a 5 años vista

El año 2025 habrá supuesto un avance decisivo para nuestro trabajo en materia de IA fiable. De hecho, disponemos de una mejor gestión de la incertidumbre, herramientas de evaluación más sólidas, una comprensión más precisa de los fenómenos de alucinaciones y mejoras cuantificables en el rendimiento del SRI sin interrupciones técnicas.

Estas contribuciones refuerzan la calidad de nuestras soluciones de asistencia y sitúan a Berger-Levrault a la vanguardia de las tecnologías de IA generativa aplicadas a nuestros delicados ámbitos profesionales.

De aquí a 2030, los sistemas de IA fiables evolucionarán hacia arquitecturas mucho más estructuradas y explicables, superando con creces los límites de los enfoques actuales basados únicamente en modelos generativos. De nuestros trabajos en curso y del estado actual de la técnica ya se desprenden varias tendencias claras.

Hacia un RAG 2.0 optimizado dinámicamente

Las pipelines RAG de próxima generación se basarán en mecanismos de adaptación dinámica de embeddings (inmersiones léxicas). Estas transformaciones permitirán crear **un sistema de recuperación de información autospecializado** y ofrecerán una selectividad documental similar a la que puede ofrecer un experto humano. La mejora esperada no será solo cuantitativa (aprovechar al máximo los mejores documentos), sino también cualitativa. De hecho, los sistemas serán capaces de explotar, en contexto, la estructura lógica de un corpus profesional para seleccionar las fuentes realmente determinantes, reforzando así la solidez de nuestros sistemas de IA en producción.

El auge de GraphRAG: del RAG local a la visión global del ámbito

La integración de un GraphRAG supondrá un gran avance tecnológico. A diferencia de un RAG clásico, que solo dispone de una percepción local limitada al subconjunto de documentos proporcionados por el SRI, el GraphRAG construirá y movilizará un grafo de conocimientos coherente, que abarcará los conceptos profesionales, sus relaciones y los puntos de apoyo documentales.

Esta evolución permitirá una exploración global de un ámbito profesional, en lugar de una simple recuperación documental. Aportará una explicabilidad nativa, ya que las respuestas se justificarán mediante rutas explícitas en el grafo representativo de un ámbito. También podemos destacar que las **respuestas** serán mucho más **precisas**, especialmente en el caso de consultas complejas que requieran un razonamiento estructural. Estimamos que proporcionará **una mayor resiliencia** frente a las lagunas puntuales del corpus, gracias a la propagación de la información en el gráfico.

El GraphRAG supondrá así un avance decisivo para los agentes de IA con altos requisitos de fidelidad, especialmente en los ámbitos normativo, técnico y jurídico.

Memoria profesional para una mejor experiencia conversacional

Los agentes de IA dispondrán de capacidades de memoria sofisticadas, que responderán simultáneamente a dos objetivos esenciales:

Memoria de interacciones

Dotar al sistema de la capacidad de capitalización multisesión. Se trata de un mecanismo fundamental para comprender al usuario, seguir la evolución de sus necesidades y aprovechar el historial para ajustar el tono, las recomendaciones o la granularidad de las explicaciones.

Memoria profesional (domain memory)

Determinante para contextos de uso profesional. Un agente de IA, potenciado por la memoria, sabrá acumular y estructurar la experiencia derivada de casos profesionales anteriores tratados. Por ejemplo, en un entorno de CMMS (Computerized Maintenance Management System), el sistema podrá construir una **memoria de procedimientos de mantenimiento**, derivada de las intervenciones realmente realizadas, enriqueciendo progresivamente sus recomendaciones. Esta memoria profesional constituirá una base de conocimientos adicionales, distinta del corpus documental, pero esencial para proporcionar una inteligencia operativa contextualizada y evolutiva.

Evaluación de nueva generación, hacia una medición viva y contextualizada

La evaluación de los sistemas de IA irá mucho más allá de las métricas tradicionales, cuyas limitaciones ya se conocen bien. El reto ya no consistirá solo en cuantificar el rendimiento, sino en captar la pertinencia, la exactitud del razonamiento, la gestión de la incertidumbre y el impacto operativo de los modelos. Los enfoques actuales del tipo LLM-as-a-Judge evolucionarán hacia jueces automatizados más robustos, capaces de analizar la coherencia, la exactitud y la transparencia de las respuestas ([Li et al., 2025](#)).

Al mismo tiempo, la evaluación se convertirá en un proceso dinámico, basado en conjuntos de pruebas generados y actualizados continuamente para reflejar los cambios en el corpus, las prácticas y las necesidades del negocio. Las plataformas de observabilidad y prueba permitirán integrar nuevos casos, identificar fallos emergentes y mantener los sistemas bajo control permanente. Esta evolución marcará el paso de una evaluación estática, centrada en puntuaciones numéricas, a una medición verdaderamente contextualizada, capaz de traducir el rendimiento de la IA en valor concreto para el usuario.

De este modo, la evaluación se convertirá en una función integral del ciclo de vida de la IA. Será continua, adaptativa, arraigada en las realidades del terreno e indispensable para garantizar la fiabilidad, la transparencia y el control de los sistemas desplegados en producción.

INGENIERÍA DE SOFTWARE



”

“El corazón del ingenio software no es el código, sino el ser humano que lo concibe, lo aprende, lo transmite y lo mantiene. Nuestras herramientas pueden automatizarse, nuestras arquitecturas pueden evolucionar, pero nuestra responsabilidad permanece. Lo que construimos hoy da forma a los usos, los recursos y las dependencias del mañana”

Mustapha Derras libremente inspirado en Gilbert Simondon e Ivan Illich

Responsable del Laboratorio:



Benoit
Verhaeghe

Ingeniería de software, los requisitos **técnicos y humanos** de la producción de **código**

La ingeniería de software es el núcleo de nuestro aparato productivo y se ocupa de nuestra materia prima, es decir, el código que producimos para nuestras soluciones.

Trabajar con este material esencial no es una actividad mecánica y requiere habilidades accesibles, pero que exigen un aprendizaje continuo. Es una práctica exigente, influenciada por una multitud de factores, tanto técnicos como humanos. La ingeniería de software consiste precisamente en analizar nuestros métodos, nuestras herramientas y nuestro código para ayudar a diseñarlo mejor o, más a menudo, renovarlo y mantenerlo en buen estado de funcionamiento.

El objetivo de esta disciplina es, por tanto, dotarnos de los medios para desarrollar aplicaciones con menos errores, más fáciles de mantener y en el menor tiempo posible.

El ser humano sigue siendo el centro de este proceso. Es él quien realiza el código, con herramientas, sus conocimientos técnicos y su conocimiento de las reglas del oficio. Así, la ingeniería de software también se interesa por la forma en que capitalizamos y transmitimos estos conocimientos, con el fin de evitar los errores del pasado y mejorar continuamente nuestras prácticas.

En este contexto, surgen dos cuestiones importantes que acaparan la atención de la comunidad. Por un lado, la inteligencia artificial aplicada al código (IA4Code) está a punto de revolucionar nuestra forma de desarrollar. Sin embargo, plantea dos cuestiones cruciales:

- ¿Cómo transforma la IA nuestros métodos de trabajo?
- ¿Cómo medir su impacto en la productividad de los desarrolladores, un tema cuya complejidad ya se reconoce a escala internacional?

Por otro lado, la urgencia climática impone una profunda reflexión sobre el impacto medioambiental de nuestras soluciones. Nuestro software y nuestras infraestructuras digitales tienen un coste ecológico que es imprescindible medir, localizar y optimizar. La ingeniería de software desempeña aquí un papel clave a la hora de plantearse cómo diseñar software más sobrio, reducir la huella de carbono de nuestras infraestructuras y adaptar nuestros enfoques para una digitalización más sostenible.

Estos dos retos, aunque distintos, convergen en una misma búsqueda cuyo objetivo es la llegada de un ingenio software más eficaz, más responsable e innovador.

Fin del desarrollo, dinámica de trabajo y productividad

En 2023, el mundo ha experimentado un crecimiento en el uso de la inteligencia artificial (IA) para la medicina, las búsquedas en Internet, la generación de imágenes, la creación musical y el desarrollo de software. ¿Cómo medir el impacto de esta tecnología en nuestros hábitos, en particular en el desarrollo de software?

En términos más generales, ¿cómo afectan una nueva herramienta, un enfoque de trabajo o las condiciones externas a nuestros hábitos de trabajo?

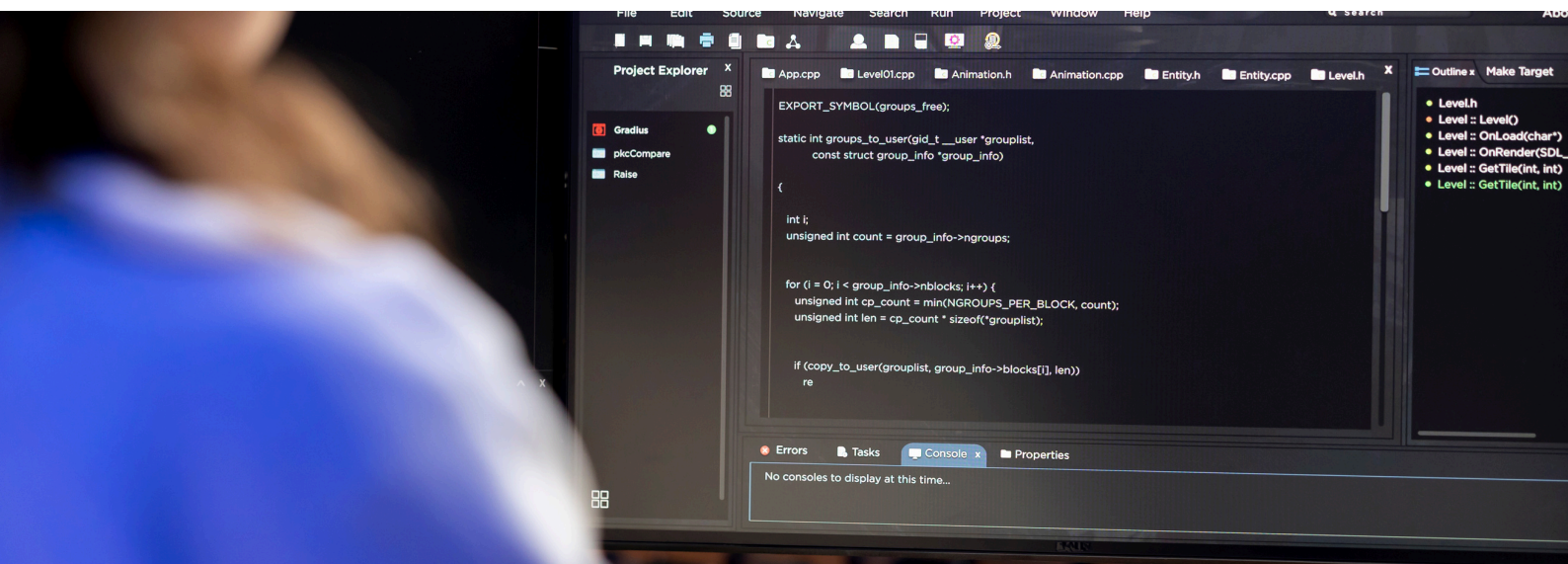
Cuestionar el manejo de las herramientas de IA por parte de nuestros desarrolladores constituye el núcleo de nuestros estudios en 2025.

Basándonos en la participación de 160 desarrolladores, nuestro enfoque cuestionó el impacto de GitHub Copilot en las prácticas de desarrollo. GitHub Copilot es una herramienta que se proporciona a los desarrolladores y que permite generar código automático con el fin de acelerar el desarrollo.

Aplicamos un protocolo de evaluación pre/post test en el que medimos un estado inicial, realizamos una intervención y luego volvemos a medir el estado. Por lo tanto, encuestamos a nuestra población de 160 desarrolladores sobre sus temores, percepciones y adopción de la IA generativa en la creación de código.

Antes de que la herramienta estuviera disponible, nuestros desarrolladores y desarrolladoras habían expresado un gran interés, aunque matizado por una escasa percepción de su utilidad cotidiana. Además, indicaron que querían adoptar un uso pronunciado para crear comentarios de código y pruebas, tareas que a menudo se perciben como poco interesantes, aunque esenciales para la mantenibilidad.

Estos primeros resultados nos hacen plantearnos, en primer lugar, un aspecto crítico de nuestra profesión como editores de software. De hecho, ¿se mantendrá mejor nuestro software en el futuro si la IA ayuda en gran parte del trabajo de documentación y pruebas?



Para comprobar si estas previsiones se materializaban una vez que la herramienta estuviera disponible, establecimos un seguimiento de la actividad de los desarrolladores. Recordemos que los desarrolladores escriben su código y lo almacenan en «repositories git» que conservan un registro del desarrollo (quién lo escribió, qué, cuándo, qué parte se eliminó, se sustituyó, etc.). Este tipo de seguimiento se denomina Mining Software Repository (MSR).

Hemos diseñado una plataforma MSR que permite interactuar y analizar todas las plataformas de nuestros desarrolladores (GitLab, GitHub y Bitbucket). Nuestros primeros análisis no revelan cambios significativos.

Observamos un aumento gradual en el número de commits (guardado de una versión del código), de merge requests (validación por parte de un compañero del trabajo propuesto) y código añadido, pero no lo suficiente como para atribuirlo únicamente a la IA.

Coding Time

Stability

Code churn is at 7%. It is excellent for a new project as WeGF.

We notice some peak meaning there are still major update of the code at some point modifying lot of code. These peaks are vector of unwanted change.

Conclusion



Code Churn represent stability of introduced change
Less is better
expected less than 7% for old project
Less than 14% for new project

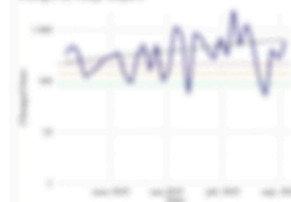
Commit numbers and size

Number of commit is decreasing, and the number of changes by MR is increasing. These metrics might highlight an increasing difficulty to modify the code, and an incorrect division of the work leading too hard to review code.

Conclusion



Changes to this report



Contributors

The number of contributors is stable during the period. Meaning the other schema can be interpreted without considering team variation (in average)

Conclusion



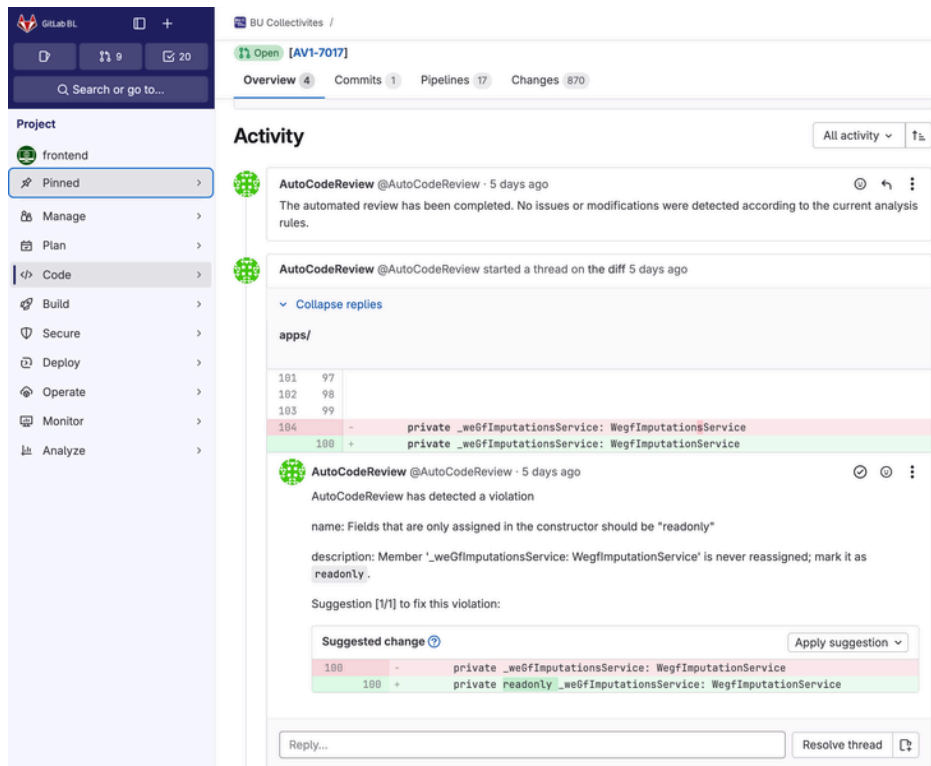
Contributors are different GitLab users committing to project. A contributor contributing to several projects is count several times

Extracto del Mining Software Repository creado por Berger-Levrault

AutoCodeReview : un revisor automático de corrección de código

También hemos desarrollado una herramienta de asistencia para la revisión de código. Para entenderlo, recordemos que durante el trabajo de desarrollo, un desarrollador propone modificaciones al código y otro revisa dicho código para detectar posibles errores por descuido.

Nuestra solución, denominada AutoCodeReview, revisa el código y ofrece sugerencias de corrección que se pueden aplicar con un solo clic, lo que reduce el trabajo de revisión. Estas correcciones se basan en reglas establecidas por los equipos de Berger-Levrault a través de la herramienta SonarQube, así como en reglas empresariales específicas para cada contexto de desarrollo. Para medir la adopción y el uso de esta herramienta, hemos utilizado la plataforma MSR y un cuestionario basado en el Technology Acceptance Model (TAM). Este último nos permite estudiar los factores que incitan o rechazan una herramienta digital en un grupo de personas.



Captura de pantalla de AutoCodeReview, creado por Berger-Levrault

- AutoCodeReview: una herramienta automática para desarrolladores
- GitHub Copilot: Experiencia de un desarrollador en I+D



DevFest 2025 - Un back-end profesional para mi IDE



Gabriel
Darbord



Quentin
Capdepon



Soufyane
Labsari



Benoit
Verhaeghe



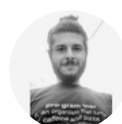
Aless
Hosry



Kilian
Bauvent



Nicolas
Hlad



Bachar
Rima



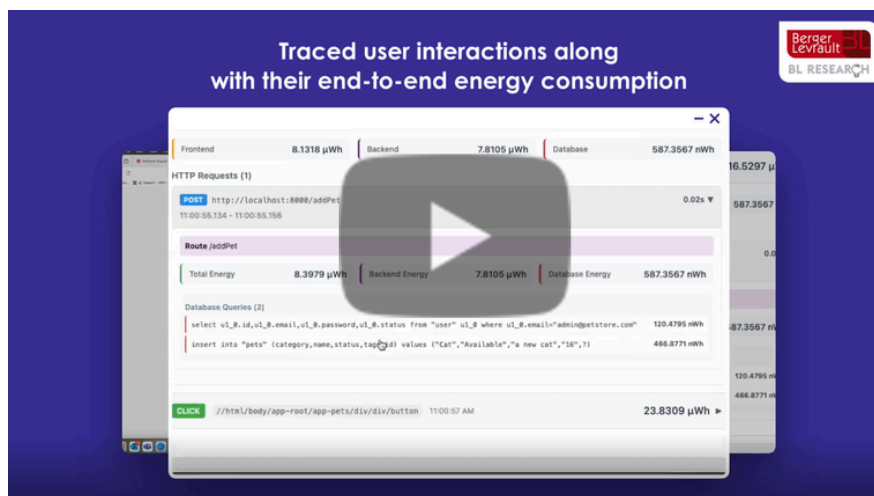
Nour
Ayeche

Software económico

En 2024, demostramos que era posible medir, analizar y reducir significativamente el consumo energético de un software gracias a mejores decisiones arquitectónicas y tecnologías más eficientes. En 2025, continuamos con este enfoque ampliando nuestras medidas para obtener una comprensión más completa y establecida de principio a fin, es decir, que reflejara el consumo energético a lo largo de todo el proceso de ejecución de nuestras aplicaciones.

Ver lo invisible: medir el consumo energético de principio a fin

En 2025, introdujimos una herramienta de instrumentación capaz de realizar un seguimiento de la huella energética de una interacción del usuario, desde el navegador hasta los servicios backend, incluida la base de datos. Cada paso, renderización de pantalla, llamada a los servidores, ejecución de la lógica empresarial, operación de búsqueda en los datos (consultas SQL), ahora puede asociarse a un consumo energético preciso. Esta visibilidad sin precedentes nos permite ahora identificar los componentes, las funcionalidades o las opciones arquitectónicas que tienen un mayor impacto en el consumo de nuestras soluciones digitales.



Captura de pantalla de la herramienta de medición del consumo energético creada por Berger-Levrault

Comparar tecnologías para orientar nuestras decisiones

2025 también fue un año de experimentos sistemáticos. Con el fin de respaldar las decisiones de ingeniería basadas en datos objetivos, comparamos la eficiencia energética de una amplia gama de tecnologías utilizadas en nuestros productos, incluidas las técnicas de serialización (JSON vs Protobuf), las herramientas de compilación y despliegue de los procesos CI/CD (integración continua/despliegue continuo),

Development), las versiones de JDK, así como varios frameworks backend, frontend y bases de datos. Estos análisis han demostrado que el rendimiento y la eficiencia energética no son incompatibles. En muchos casos, las soluciones más frugales han resultado ser también las más rápidas. Este conocimiento ahora guía a nuestros equipos hacia opciones tan eficaces como sostenibles.

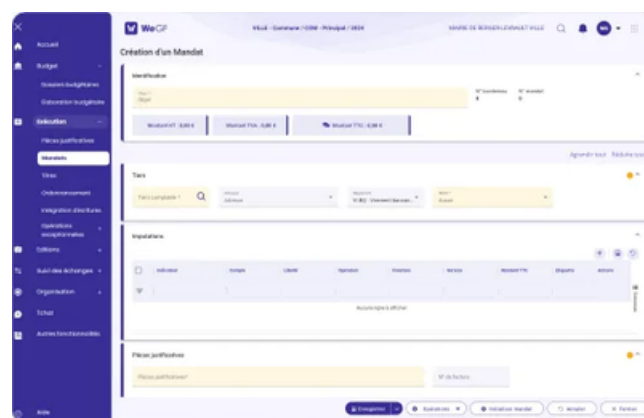
Identificar los puntos «críticos» en el código fuente

Más allá de la medición durante la ejecución, hemos desarrollado técnicas de análisis estático para detectar las áreas del código fuente que consumen más energía. El objetivo es identificar la parte del código que consume más energía para mejorarla. Los objetivos potenciales son el código repetitivo (bucles), una organización optimizable (estructuras de datos), transferencias de datos perfectibles (rutinas de serialización y llamadas API excesivas) y una búsqueda de datos más eficaz (acceso a bases de datos). Todo este trabajo tiene como objetivo identificar los puntos críticos de la aplicación.

Esta capacidad prepara la futura integración de **recomendaciones automatizadas** en los entornos de desarrollo para prevenir, de antemano, la introducción de prácticas ineficaces.

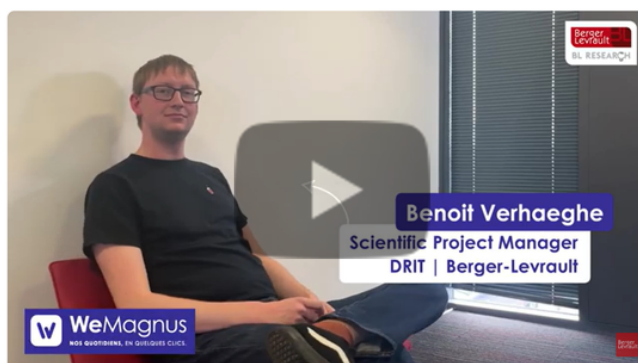
Industrialización para nuestras aplicaciones

El año 2025 también marca el paso de nuestros prototipos de investigación a la producción industrial. Al implementar nuestras herramientas de medición y análisis para WeGF de la gama WeMagnus, hemos validado su solidez en ecosistemas de producción. Estos resultados constituyen ahora una primera base de buenas prácticas internas, estrategias de optimización y futuras evoluciones de nuestros productos.



Captura de pantalla de WeGF de Berger-Levrault

- Mejorar las pruebas funcionales en aplicaciones industriales
- Medir el consumo energético de los sistemas de software



ITW : El diseño ecológico para la gama WeMagnus



Anas
Shatnawi



Kilian
Bauvent



Benoit
Verhaeghe



Boubou T.
Niang



Louay
Khrouf

Nuestras **predicciones** a 5 años vista

Hemos adquirido una visión holística del consumo energético de los sistemas de software. Hemos medido, comparado, analizado e industrializado nuestros enfoques. Ahora podemos afirmar con certeza que la frugalidad digital ya no es una simple aspiración. Se está convirtiendo en una disciplina de ingeniería concreta, estructurada y operativa dentro de Berger-Levrault.

Nuestro enfoque no es meramente simbólico. Se basa en métodos probados, indicadores objetivos, herramientas que pueden implementarse a escala industrial y una capacidad real para transformar las prácticas de diseño, desarrollo y explotación. No buscamos consumir un poco menos. **Estamos redefiniendo en profundidad lo que significa diseñar un software útil, eficiente y sostenible.**

Los conocimientos y las herramientas desarrollados en 2025 abren el camino a una nueva generación de soluciones digitales, capaces de conciliar las exigencias funcionales, la sobriedad energética y la responsabilidad medioambiental.

Este enfoque nos permite anticiparnos a las restricciones normativas, acompañar a nuestros clientes en sus propios procesos de transición digital responsable y ofrecer productos acordes con los retos sociales a largo plazo.

Al invertir en una informática frugal, Berger-Levrault apuesta por una innovación lúcida, orientada al impacto real y no solo a la demostración tecnológica o la publicidad. Construimos una tecnología digital más sobria, más robusta y más sostenible, sin comprometer el rendimiento ni el valor de uso.

Software de bajo consumo energético

La producción de software energéticamente eficiente ya no será una opción marginal ni una simple herramienta de comunicación. Ahora es una prioridad estructural a escala europea, inscrita en las trayectorias normativas, industriales y sociales. Esta restricción transformará profundamente la forma en que se concibe, diseña, estructura y explota el software. El rendimiento ya no se medirá únicamente en términos de velocidad de ejecución o riqueza funcional, sino también en términos de sobriedad, estabilidad, durabilidad y capacidad para aportar valor con un mínimo de recursos. El software más rápido ya no será necesariamente el mejor. El mejor será el que consuma menos, dure más tiempo, se adapte sin exageraciones tecnológicas y respete las limitaciones sistémicas de su entorno. Estamos entrando en una era en la que la excelencia del software integra explícitamente la responsabilidad energética como un criterio de calidad por derecho propio.

Centrarse más en la producción de valor

Reducir el tiempo dedicado a la escritura de código sin formato no significará producir menos valor, sino todo lo contrario: producir más donde realmente importa. Al automatizar, asistir y racionalizar las tareas repetitivas de programación, liberaremos tiempo cognitivo para actividades de mayor valor estratégico. Comprender los procesos empresariales, modelar las reglas de gestión, anticipar los casos límite, dialogar con los usuarios, estructurar las invariantes funcionales, diseñar sistemas inteligibles y evolutivos. El futuro del desarrollo no se basa en la velocidad de escritura, sino en la calidad de la comprensión. El código se convertirá en una consecuencia del pensamiento, no en una restricción impuesta a su expresión. Este cambio redefinirá el papel mismo de los equipos de desarrollo, que se convertirán cada vez más en arquitectos del sentido, ingenieros de la coherencia y traductores de la complejidad empresarial.

Un sistema enfocado a los entornos de desarrollo

Los propios entornos de desarrollo evolucionarán en consecuencia. Ya no se centrarán únicamente en el archivo, la línea de código y la sintaxis, sino en la comprensión global del sistema. Los flujos de datos, las dependencias, las reglas de negocio, las capas de arquitectura, los contratos funcionales y las interacciones se convertirán en las verdaderas unidades de trabajo. El desarrollador ya no solo editará código, sino que manipulará estructuras de significado, lógicas de negocio, gráficos de dependencia y escenarios de uso. Estos entornos permitirán razonar antes de codificar, simular antes de implementar, comprender antes de producir. Se convertirán en instrumentos cognitivos, no solo en editores. Esta evolución marcará el paso de una informática artesanal a una informática verdaderamente «ingenieril», frugal por diseño, legible por esencia y sostenible por estructura.



Nuestras **publicaciones** científicas

- Khrouf, L., Shatnawi, A., Niang, B. T., & Verhaeghe, B. (2025, April). Energy Consumption of Web Applications: Measurement Challenges in Practice. In 2025 IEEE/ACM 9th International Workshop on Green and Sustainable Software (GREENS) (pp. 47-54). IEEE.
- Darbord, G., Anquetil, N., Verhaeghe, B., & Etien, A. (2025, March). A Multi-Language Tool for Generating Unit Tests from Execution Traces. In 2025 IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER) (pp. 241-251). IEEE.
- Soufyane Labsari, Imen Sayar, Nicolas Anquetil, Benoit Verhaeghe, Anne Etien. Service Extraction from Object-Oriented Monolithic Systems: Supporting Incremental Migration. 2025 IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER), Mar 2025, Montréal, Canada.
- Hlad, N., Verhaeghe, B., & Bauvent, K. (2025, April). GitProjectHealth: an Extensible Framework for Git Social Platform Mining. In 2025 IEEE/ACM 22nd International Conference on Mining Software Repositories (MSR) (pp. 596-600). IEEE.
- Khrouf, L., Shatnawi, A., Niang, B. T., & Verhaeghe, B. (2025, April). On the Energy Consumption of Web Applications: An Empirical Study of their Design Solutions. In 2025 IEEE/ACM 9th International Workshop on Green and Sustainable Software (GREENS) (pp. 47-54). IEEE.
- Niang, B. T., Alili, I., Verhaeghe, B., Hlad, N., & Shatnawi, A. (2025, June). Enhancing AI-Generated Code Accuracy: Leveraging Model-Based Reverse Engineering for Prompt Context Enrichment. In 20th International Conference on Software Technologies (Vol. 1, No. 346-354, pp. 346-354). SCITEPRESS-Science and Technology Publications.
- Shatnawi, A., Bahri, A., Niang, B. T., & Verhaeghe, B. (2025). Enhancing Data Serialization Efficiency in REST Services: Migrating from JSON to Protocol Buffers.
- Boukharouba, I., Sèdes, F., Verhaeghe, B., & Bortolaso, C. (2025, August). Benchmarking Embedding Techniques for Modeling User Navigation Behavior on Task-Oriented Software. In International Conference on Database and Expert Systems Applications (pp. 367-375). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Hlad, N., & Verhaeghe, B. (2025). Migrating Katalon Studio Tests to Playwright with Model Driven Engineering.
- Hosry, A., & Verhaeghe, B. (2025). FASTTypeScript Metamodel Generation Using FAST Traits and Tree-Sitter Project.



INDUSTRIA 5.0



”

“No son las máquinas las que fallan, es el conocimiento el que se desvanece. El futuro de la industria no depende de los sensores, sino de nuestra capacidad para preservar, compartir y activar la inteligencia del terreno.”

Mustapha Derras libremente inspirado en Donald Schön y Lucy Suchman

Responsable del Laboratorio:



**Houssem E.
Saidi**

Industria 5.0, la **revolución humana** en beneficio de la **fábrica del futuro**

Son las dos de la madrugada en una importante fábrica agroalimentaria. Un compresor de la cámara frigorífica acaba de averiarse, poniendo en peligro 50 000 euros en productos perecederos. El experto que conocía esta máquina se jubiló el año pasado. El técnico de guardia, que llegó hace ocho meses, pasa dos horas revisando archivos PDF y Excel antes de dar un diagnóstico.

Esta escena se repite cada noche en algún lugar de Europa, lo que ilustra la doble crisis que atraviesa nuestro sector con la pérdida de conocimientos técnicos y la fragmentación de los datos operativos.

Los costes de las paradas no planificadas varían según los sectores, pero siguen siendo considerables en todos ellos. En la industria automovilística, una línea parada cuesta entre 1,6 y 2,3 millones de euros por hora. Las pérdidas en la industria pesada oscilan entre 150 000 y 300 000 euros, en logística se sitúan en un rango similar y en la industria agroalimentaria, entre 18 000 y 30 000 euros. Incluso una planta de tamaño medio puede perder varios millones al año en paradas evitables ([IDS-INDATA](#), [Siemens Survey](#)).

El tiempo de resolución depende directamente de la forma en que trabajan los técnicos. Las observaciones sobre el terreno sugieren que solo dedican alrededor del 30 % de su tiempo a la intervención propiamente dicha ([Reliability Academy](#)). Casi el 45 % lo dedican a buscar información, consultar historiales, realizar seguimientos para obtener un esquema, pero también a desplazamientos y tiempos de espera, especialmente para las piezas de recambio. El resto, alrededor del 25 %, corresponde a tareas administrativas ([McKinsey](#), [Cottrill Research](#)).

La multiplicación de sistemas, la escasez de historiales y la redundancia documental destruyen la eficacia incluso antes de que comience el trabajo. El MTTR (tiempo medio hasta la reparación), el MTBF (tiempo medio entre fallos) y las tasas de resolución en la primera intervención siguen estando lejos de los estándares de referencia. La mayor parte del mantenimiento sigue siendo reactivo y el tiempo productivo se estanca por debajo del 40 % ([Reliability Academy](#)). Una planificación optimizada permitiría obtener ganancias del 20 al 30 %, pero requiere información fiable y accesible.



A esta ineficiencia se suma una crisis humana. En los próximos 10 años, el 35 % del personal de mantenimiento se jubilará ([Arsa](#)), llevándose consigo varias décadas de experiencia. Al mismo tiempo, el 38 % de los nuevos empleados abandonan la profesión en su primer año ([ATA recruitment](#)). Las previsiones europeas anticipan un déficit de tres millones de profesionales para 2040 ([MaintWorld](#)). Los conocimientos tácitos (las particularidades de los equipos, los trucos de los proveedores, las soluciones alternativas que funcionan) desaparecen con quienes los poseen. Las prácticas actuales se basan en traspasos de unas pocas semanas, documentos dispersos y la promesa de volver a llamar al jubilado en caso de necesidad.

Además, las intervenciones reactivas multiplican los costes. Un trabajo estimado en 1000 euros en prevención alcanza los 2100-3000 euros en reparación, debido a las horas extras, los desplazamientos urgentes no previstos, las piezas pedidas por correo urgente con un sobre coste del 25-50 % y las repeticiones relacionadas con diagnósticos incompletos ([Released](#)). A escala de un grupo industrial, esta diferencia representa millones de euros cada año. La paradoja es que disponemos de abundantes datos (sensores, historiales, costes), pero solo el 15 % de los gastos de mantenimiento se basan en un enfoque predictivo, cuando este podría reducir las paradas en un 25 %. Somos ricos en datos y pobres en decisiones.

El panorama tecnológico no ayuda. Sobre el terreno, los comentarios son claros y reflejan una gran ineficiencia. Los testimonios nos dicen: «La formación lleva meses», «Dedico el 30 % de mi tiempo a documentar», «Necesito tres sistemas para tener una visión completa». La coexistencia de CMMS, ERP, Excel, IoT y SCADA da lugar a una arquitectura en la que ningún dato circula en tiempo real. Los CMMS están parcialmente completos, los archivos Excel están obsoletos, los PDF tienen varios años de antigüedad y el conocimiento tribal llena los vacíos. Se toman decisiones por valor de varios millones de euros basándose en información incompleta u obsoleta ([CMS Wire](#)).

Estas cuestiones siguen resolviéndose en su mayoría de forma intuitiva, por parte de planificadores experimentados que también se jubilan. Los resultados son bien conocidos y se traducen en roturas de stock, desplazamientos innecesarios, MTTR prolongados y un mantenimiento preventivo excesivo. Sin algoritmos, sin optimización y, pronto, sin nadie que lo compense con su criterio.

En cuanto a la optimización, sigue estando muy ausente. ¿Qué hay que reparar con prioridad? ¿Cuándo intervenir? ¿A quién enviar?

Nuestro trabajo de I+D se inscribe en esta perspectiva. Nuestra función no es producir prototipos espectaculares ni seguir las modas tecnológicas. Consiste en construir, con paciencia, los ladrillos que permitirán capturar el conocimiento a medida que se crea, hacer que la información sea accesible en el momento oportuno y dotar de herramientas a las decisiones que hoy en día se basan en la experiencia de unos pocos.

El mantenimiento no es un centro de costes que se pueda reducir, sino una capacidad estratégica que hay que desarrollar. Nuestra contribución se mide a largo plazo, en la fiabilidad de las instalaciones, la calidad de las decisiones y la transmisión del oficio.

Del algoritmo al terreno: cómo Optim se convirtió en un producto

Optim es un motor de optimización diseñado para resolver problemas complejos de planificación, enrutamiento y programación. Se basa en metaheurísticas avanzadas, una arquitectura modular y una gran capacidad de adaptación a los contextos empresariales de nuestros clientes. Pero más allá de la tecnología, nuestro objetivo es compartir el enfoque que nos ha permitido transformar un ambicioso proyecto de investigación en un componente realmente industrializado. Este enfoque, que hemos concebido como un modelo reproducible para otros proyectos, se basa en tres principios: la co-construcción, la experimentación continua y la integración progresiva.



Co-construir en un diálogo continuo y estructurado

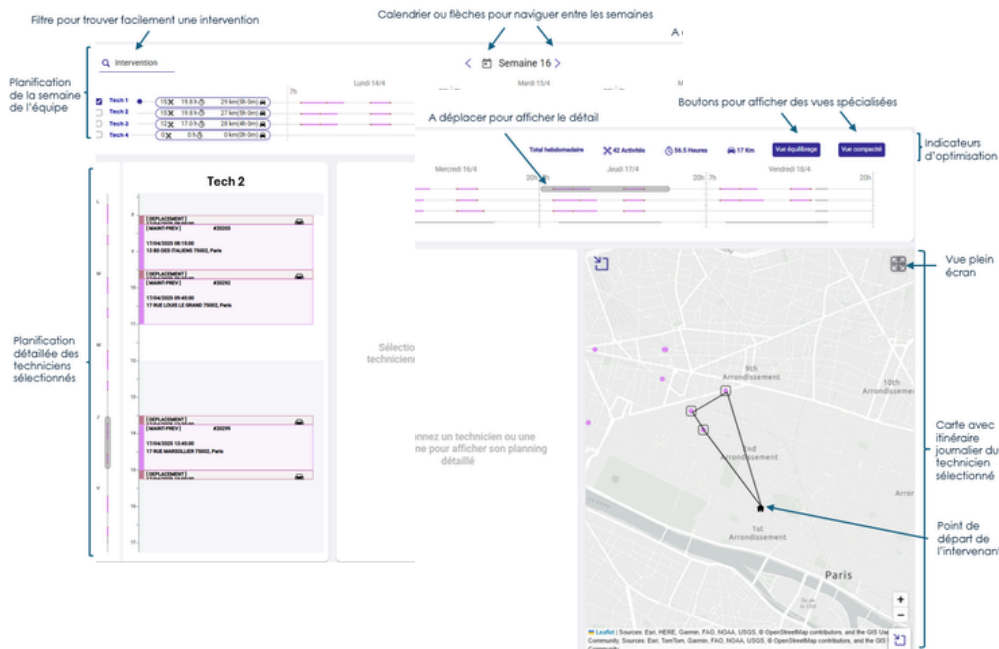
Desde el inicio de este proyecto, hemos establecido una estrecha colaboración entre investigadores, ingenieros, desarrolladores, responsables de producto y equipos especializados. Esta dinámica se ha visto reforzada por un trabajo regular con los equipos de desarrollo del producto final CARL (Product Owner, Scrum Master, desarrolladores, testers, producción, etc.). Participamos en sprints, reuniones de seguimiento y pruebas de aceptación. Este trabajo nos permitió anticipar muy pronto la viabilidad, la ergonomía y la industrialización del futuro motor, al tiempo que alineábamos las actividades del proyecto de investigación con las necesidades concretas del producto.

Experimentar continuamente para afianzar la solución en la realidad de los usos

Para garantizar una solución genérica y realmente adaptada a una variedad de contextos, hemos llevado a cabo varios talleres en profundidad con varios clientes piloto. El proceso comenzó con el envío de cuestionarios detallados, seguidos de un análisis sistemático de las respuestas para identificar sus limitaciones y prioridades. A continuación, realizamos talleres profesionales de análisis de necesidades y, a lo largo del desarrollo, talleres de demostración y simulación. Al trabajar con clientes con perfiles muy diferentes, fuimos explorando múltiples casos de uso y validando las opciones funcionales y algorítmicas. Este enfoque constituyó una verdadera «prueba en condiciones reales» desde las primeras versiones, lo que garantizó que la solución no solo fuera eficaz en teoría, sino que estuviera sólidamente anclada en la realidad de los usuarios.

Integración progresiva: del prototipo al producto industrial

La última etapa consistió en preparar la integración industrial de Optim. Paralelamente al desarrollo tecnológico, diseñamos los elementos necesarios para su implementación, entre los que se incluyen la documentación, la estandarización de las normas, los mecanismos de configuración, las herramientas de análisis y una interfaz de visualización específica.



Este doble movimiento de investigación e industrialización ha convertido a Optim no solo en una simple prueba de concepto, sino en un componente operativo, robusto y ya integrado en productos como CARL Source.

Interfaces de visualización de Optim

Todo este proceso forma parte de una firme voluntad de demostrar que un proyecto de investigación puede convertirse en un producto industrial siempre que se combine con método, colaboración y transparencia. Constituye un marco estructurador para acompañar los futuros proyectos de investigación de la empresa hacia la industrialización.

- Re.Optim: respuesta dinámica a imprevistos en las planificaciones generadas



ITW: Planificar con BL.Optim



Clément
Colin



Liwen
Zhang



Sara
Maqrot



Salah
Ben Salha

Economía Circular

La quinta revolución industrial está cambiando la forma en que se aplica la tecnología a la industria. La Industria 4.0 buscaba mejorar el rendimiento de la industria, mientras que la Industria 5.0 utiliza las mismas tecnologías para reconstruir la industria en torno a cuestiones de sostenibilidad, viabilidad y sociedad.

En este sentido, la economía circular se posiciona como un concepto fundamental para repensar la industria. Es tanto un concepto, un marco de pensamiento y un conjunto de principios como un modelo operativo. No se reduce a un simple proceso ni a una técnica aislada. Constituye un cambio de paradigma en la forma de concebir la producción, el consumo y el valor. Se trata de concebir el uso de los recursos desde una lógica de sostenibilidad, rompiendo con el modelo lineal de «tomar, fabricar, usar y tirar», basado en la extracción, la producción, el consumo y la eliminación, para sustituirlo por modelos circulares basados en la reutilización, la valorización, la regeneración y la continuidad de los ciclos. La economía circular ofrece así soluciones resilientes y sostenibles, al tiempo que favorece la relocalización.

Marcos para la economía circular

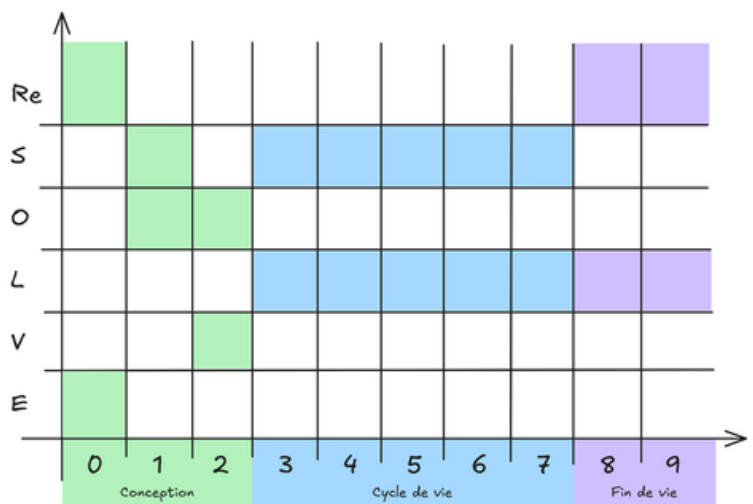
Existen dos frameworks que definen los límites de la economía circular: el marco ReSOLVE (Regenerate, Share, Optimize, Loop, Virtualize, Exchange) y las estrategias R (R0: Refuse, R1: Rethink, R2: Reduce, R3: Reuse, R4: Repair, R5: Refurbish, R6: Remanufacture, R7: Repurpose, R8: Recycle, R9: Recover).

El framework ReSOLVE, propuesto por la Fundación Ellen Macarthur, se define como un conjunto de seis acciones que permiten acompañar a la industria en la transición hacia la economía circular. Se organiza en torno a tres valores clave, a saber, la regeneración de los recursos, la optimización del ciclo de vida de los productos y la reducción de los residuos y las pérdidas relacionados, en particular, con la producción.

Las estrategias de las R, que han evolucionado desde principios de la década de 2000 para pasar de 3 a 10 valores, se utilizan para orientar y posicionar las propuestas de economías circulares.

Las diferentes estrategias abarcan la fase de diseño de los productos (R0 a R2), su ciclo de vida (R3 a R7) y la gestión del final de su vida útil (R8 y R9).

Estos dos frameworks coexisten y proporcionan un conjunto de objetivos que deben abordarse para garantizar la transición de la industria hacia la economía circular.



Cruce entre el framework ReSOLVE y las estrategias de las R

Las redes colaborativas en el centro del sistema

El principio de las redes colaborativas se posiciona como un pilar central de los trabajos sobre la economía circular. Se trata de redes compuestas por entidades diversas (organizaciones, personas, máquinas inteligentes y conectadas) que suelen ser autónomas, estar distribuidas geográficamente y ser heterogéneas en cuanto a su cultura, entorno, capital social y objetivos, pero que colaboran para alcanzar determinados objetivos comunes o, como mínimo, compatibles.

El vínculo entre la economía circular y las redes colaborativas es esencial para garantizar los intercambios necesarios entre los diferentes actores de la industria. Este vínculo también es indispensable en lo que respecta a las tecnologías integradas para permitir la prolongación del ciclo de vida de los productos y la optimización de los procesos. El proyecto europeo Circuloos, cuyo objetivo es acompañar a los industriales en la transición hacia la economía circular, es un buen ejemplo de red colaborativa.

Aplicación a la gestión de activos

Los retos de la economía circular encajan naturalmente con los de la gestión de activos empresariales. En ambos casos, el objetivo es prolongar la vida útil de los recursos, maximizar su uso real y limitar las pérdidas de valor relacionadas con la obsolescencia o la sustitución prematura. Este enfoque lleva a considerar los activos no como objetos de consumo, sino como recursos que hay que mantener, desarrollar y revalorizar con el tiempo.

Esta lógica tiene una aplicación directa en la gestión de piezas de repuesto. Favorece la reparación, la reutilización, el reacondicionamiento y un mejor control de las existencias. También permite reforzar la resiliencia operativa, al tiempo que reduce los costes y la huella medioambiental.

Si bien CARL Source se define precisamente como una herramienta de gestión del ciclo de vida de los activos, el trabajo del Lab I5.0 podría ampliar esta cobertura con funcionalidades tales como:

La optimización de la gestión de existencias;

- La ayuda a la verificación del estado y al desmontaje con realidad mixta;
- El desarrollo de redes colaborativas inteligentes.

-
- Economía circular y redes colaborativas: el futuro de la gestión de activos



Kevin
Ducharlet

Nuestras **predicciones** a 5 años vista

De reactivo a predictivo

La era en la que había que esperar a que una máquina se averiara para intervenir está llegando a su fin. Gracias a los sensores IoT, los gemelos digitales cognitivos y los algoritmos de aprendizaje automático, los equipos serán capaces de autodiagnosticarse y anticipar sus propios fallos. Esta evolución no se limitará a predecir la inminencia de una avería, sino que permitirá comprender por qué se producirá y cómo evitarla. Los sistemas autoadaptativos ajustarán en tiempo real sus parámetros de funcionamiento para prolongar la vida útil de los activos y minimizar las paradas no planificadas. De este modo, el técnico pasará de ser un simple ejecutor a convertirse en un socio estratégico, capaz de interpretar las recomendaciones de la IA y tomar decisiones informadas.

Human-Machine Teaming

A diferencia de la Industria 4.0, que a menudo tenía como objetivo sustituir al ser humano por la máquina, la Industria 5.0 devuelve al operador al centro del ecosistema tecnológico. El concepto de **Human-Machine Teaming** (HTM) va mucho más allá de la simple interacción entre el hombre y la máquina. Establece una colaboración simbiótica en la que la IA se anticipa a las necesidades del técnico, al tiempo que le deja el control de la toma de decisiones. Las gafas de realidad aumentada mostrarán en tiempo real las instrucciones contextuales, los asistentes de voz inteligentes guiarán a las

intervenciones complejas y los copilotos de IA propondrán diagnósticos basados en el historial del equipo y la experiencia colectiva de la empresa. El objetivo ya no será automatizar las tareas, sino amplificar las capacidades humanas, reduciendo la carga cognitiva y aumentando la precisión y la rapidez de intervención.

La sostenibilidad, una variable de optimización fundamental

La optimización industrial ya no puede limitarse únicamente a criterios de coste y productividad. La huella de carbono, el consumo energético y los principios de la economía circular se están convirtiendo en parámetros imprescindibles en cualquier decisión operativa. Los algoritmos de optimización multiobjetivo presentarán a partir de ahora compromisos entre OPEX, emisiones de CO₂ y vida útil de los activos, lo que permitirá a los responsables de la toma de decisiones realizar arbitrajes equilibrados y elegir con conocimiento de causa. Los gemelos digitales ofrecen una proyección en tiempo real del impacto medioambiental de cada intervención. La pregunta «¿hay que reparar o sustituir?» integrará sistemáticamente el análisis del ciclo de vida completo, favoreciendo la remanufacturación, la reutilización de componentes y la trazabilidad de los materiales reciclados.



Cerrar la brecha de competencias en los oficios del mantenimiento

El sector del mantenimiento se enfrenta a un importante reto demográfico:

Toda una generación de técnicos experimentados se jubila, llevándose consigo décadas de conocimientos tácitos. Al mismo tiempo, los nuevos empleados deben dominar una gama de habilidades mucho más amplia que antes, desde el análisis de datos hasta el uso de la realidad aumentada, pasando por la colaboración con sistemas de inteligencia artificial.

La respuesta a este reto reside en las tecnologías de aumento que ofrecerán formación inmersiva en RA/RV (Realidad Aumentada/Realidad Virtual), para acelerar considerablemente la adquisición de competencias. Estas técnicas se complementarán eficazmente con asistentes de IA que capturan y redistribuyen la experiencia de los mayores, y con interfaces intuitivas de acceso a diagnósticos avanzados. El papel del técnico pasará de ser el de un ejecutante aislado al de un analista conectado, capaz de intervenir con el apoyo de expertos remotos y de una inteligencia artificial contextual.

Edge Computing y Federated Learning

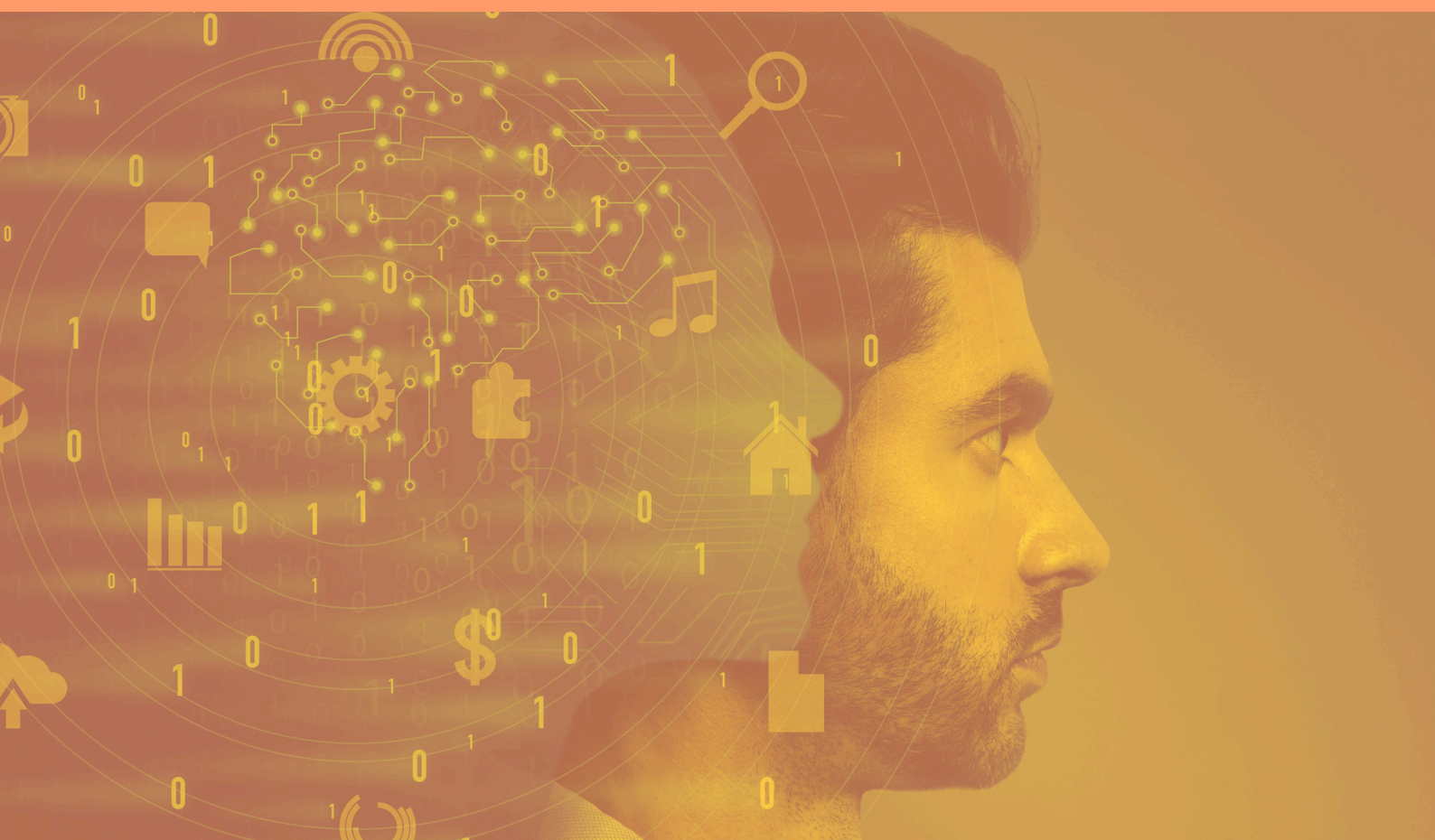
Los entornos industriales imponen restricciones que la nube por sí sola no puede satisfacer. Es absolutamente necesario tener en cuenta la conectividad intermitente, la latencia incompatible con las decisiones en tiempo real y los requisitos de confidencialidad de los datos. Por lo tanto, el futuro pertenece a las arquitecturas híbridas en las que la inteligencia se ejecuta lo más cerca posible de los equipos.

El Edge Computing permite ejecutar modelos de inferencia directamente en los sensores y autómatas, lo que garantiza una capacidad de respuesta inmediata incluso en caso de desconexión de la red. El Federated Learning va más allá y permite entrenar modelos de IA a partir de datos distribuidos en varios sitios sin centralizar nunca los datos brutos, preservando así la confidencialidad y beneficiándose al mismo tiempo del aprendizaje colectivo. Este enfoque «offline-first» transformará cada fábrica en un nodo inteligente de una red resistente y adaptable.



Nuestras **publicaciones** científicas

- Zhang, L., Maqrot, S., Mouysset, F., & Bortolaso, C. (2025). A Constraint Satisfaction Problems Based Scalable Framework to Address Large-Scale Realistic Scheduling and Routing Problems. 14th International Conference on Operations Research and Enterprise Systems, 45-56. [SCITEPRESS](#)
- SAFRI, H. (2025). Apprentissage Fédéré pour l'IoT: Application pour l'industrie 4.0 Federated Learning for IoT: Application to Industry 4.0. UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES.
- Dupré, C., Pietriga, E., Gladin, O., Rey, S., Saidi, H., & Appert, C. (2025). Investigating Hand-Bound Pads for AR Input Using Hand-Tracking Only. Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, 9(5), 1-25. <https://doi.org/10.1145/3743707>
- Dupré, C. (2025). Pad-based Interaction in Mixed Reality environments (Doctoral dissertation, Université Paris-Saclay).
- Ducharlet, K., Zhang, L., Maqrot, S., & Saidi, H. (2025, October). A Recommendation System-Based Framework for Enhancing Human-Machine Collaboration in Industrial Timetabling Rescheduling: Application in Preventive Maintenance. In Working Conference on Virtual Enterprises (pp. 363-381). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Zhang, L., Chetouan, Y., Maqrot, S., Ducharlet, K., & Saidi, H. (2025, July). Bayesian Optimization for Fine-Tuning an AI Solver: Application to Preventive Maintenance Scheduling Problems. In International Conference on Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems (pp. 55-67). Singapore: Springer Nature Singapore.



Colaboraciones *Públicas*

El ecosistema de socios de la DRIT estructura colaboraciones dinámicas entre los sectores público y privado, lo que convierte la diversidad de sus actores en una palanca estratégica para innovar y responder de manera concreta a los retos tecnológicos. Estas interacciones alimentan sobre todo una comprensión detallada de las necesidades de nuestros usuarios, lo que orienta las investigaciones de gran impacto.

Desde hace más de quince años, nuestros equipos de investigación e innovación colaboran estrechamente con universidades e institutos de investigación. Entre ellos, Inria ocupa un lugar destacado. Firmada en 2021, nuestra colaboración estratégica es a largo plazo y apoya el trabajo realizado en nuestros tres laboratorios: Ingeniería de Software, Inteligencia Artificial e Industria 5.0. Desde 2024, reforzamos aún más esta colaboración compartiendo nuestra hoja de ruta de IA a largo plazo, articulada en particular en torno a la destilación de LLM, las interacciones vocales y los grafos de conocimiento.

Esta colaboración se materializa de manera ejemplar en el equipo de proyecto conjunto EVREF (Evolución reflexiva de los sistemas de software eternos), codirigido desde 2022.

Tras tres años de trabajo dedicado a la evolución continua de los grandes sistemas de software, con especial atención al análisis y la migración de los sistemas existentes, EVREF está en vías de renovación para 2026.

Nuestras iniciativas conjuntas también incluyen varias tesis doctorales. Con el equipo Wimmics, se han iniciado dos nuevas tesis sobre grafos de conocimiento y agentificación. Otras colaboraciones han dado lugar a defensas destacadas:

- Hamza Safri (equipo DataMove) sobre el aprendizaje federado;
- Katarina Batziakoudi (equipo AVIZ), cuyo trabajo en visualización de datos explicable ha recibido varios premios;
- Camille Dupré (equipo ILDA) sobre la espacialización en realidad aumentada.

Estos logros ilustran la vitalidad y la profundidad de nuestras colaboraciones, que son el núcleo de nuestra estrategia científica y tecnológica.



Anaïs
Vatinel

Colaboraciones *Privadas*

Las colaboraciones privadas constituyen un pilar esencial de la estrategia de investigación e innovación de Berger-Levrault. Nuestro equipo se apoya en una red de empresas innovadoras, startups tecnológicas, clientes y socios industriales que contribuyen a transformar los avances científicos en soluciones concretas y operativas. Este ecosistema nos permite basar nuestro trabajo en una lógica de investigación aplicada, directamente alineada con las necesidades del mercado.

En el centro de este enfoque, desplegamos una metodología de innovación colaborativa basada en el diseño conjunto centrado en el usuario. Todas las partes interesadas, usuarios finales, responsables de la toma de decisiones y financiadores, participan en cada etapa de maduración de las soluciones. Este enfoque garantiza una comprensión detallada de los usos, la consideración sistemática de las necesidades y los comentarios sobre el terreno, así como la seguridad del proceso de innovación.

Reunir a expertos académicos y socios industriales en torno a las actividades de Berger-Levrault es el núcleo de nuestra estrategia: una dinámica que ilustra nuestro compromiso de superar los límites tecnológicos sin perder de vista la realidad sobre el terreno.

Varias colaboraciones industriales nos permiten experimentar y validar nuestras tecnologías en condiciones reales gracias al despliegue de Minimum Viable Products (MVP). Olymel, Lindt y Auchan han contribuido así a la implementación de MixedR, nuestra solución de mantenimiento aumentado. Sodebo y Fraîcheur de Paris han participado en los experimentos de BL.OPTIM. Con Coruscant, desarrollamos agentes capaces de automatizar cadenas de procesamiento o acciones de los usuarios en la solución CMMS CARL Source, en estrecha colaboración con Anios, Olymel, Somfy, Air France y Alstef.

Estas sinergias permiten acelerar la integración de nuestras innovaciones entre los usuarios, al tiempo que orientamos nuestras inversiones en investigación hacia necesidades explícitamente identificadas.





07/25 | FRANCIA
AI SUMMIT
2*Ganadores



02/25 | PORTUGAL
ICORES
Presidenta de la sesión



03/25 | FRANCIA
GLOBAL INDUSTRIE
Expositor | Area IA



05/25 | EE.UU.
NAACL
Conferencia



07/25 | POLONIA
ESUG'25
2*Ganadores



07/25 | JAPÓN
IAE/AIE
Conferencia



10/25 | PORTUGAL
PRO/VE
Conferencia



TATAMI IPPON X BERGER-LEVRAULT QUAND L'IA DEVIENT UN TERRAIN D'EXPERIMENTATION



Christophe Bartoloso
Directeur Recherche
Appliquée,
Berger-Levrault

Justin Aubin
Data Engineer
Ippon Technologies

12/25 | FRANCIA

WEBINARIO IA AGÉNTICA

Colaboración entre Ippon Technologies y Berger-Levrault



Gaëlle
Baudry

Le 24/02/2025 à 15:11


 Informatique industrielle Logiciels



Berger-Levrault est lauréat de l'appel à manifestation d'intérêt international « IA pour l'Efficience » - © Berger-Levrault

l'économie, l'industrie ou le service public.

02/25 | MESURES

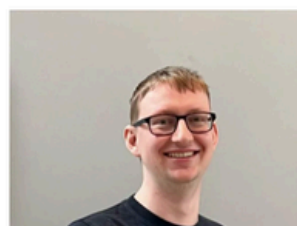
GANADOR CEI "IA EFICIENCIA"

Los premios otorgados en la IA SUMMIT - París

4 Décembre 2025 | Entreprises Et Métiers | Margot Barberousse
Monde Des Grandes Écoles Et Universités LE MAGAZINE • N°115 • JUIN 2025

DÉCEMBRE
2025

Berger-Levrault est leader des solutions logicielles de RH et de GF pour les secteurs public et parapublic en France et en Espagne et leader européen des solutions de gestion de maintenance. ETI engagée, elle développe des logiciels tout en plaçant la durabilité à l'inclusion au cœur de sa stratégie. Benoît Verhaeghe (Polytech Lille – 2018), Manager de projets scientifiques, nous en dit plus.



Concevoir des logiciels responsables, c'est possible. Et chez Berger-Levrault, c'est une priorité : « Notre engagement pour un numérique plus responsable se décline en trois axes : la sobriété via l'écoconception des logiciels pour réduire l'empreinte carbone du secteur, mettre le numérique à la portée de toutes et de tous, et renforcer la place des femmes dans la tech. L'idée, c'est de concevoir avec les clients des outils

06/25 | LE MONDE DES GRANDES ÉCOLES ET UNIVERSITÉS

ENTREVISTA A BENOIT V.

Un compromiso digital más responsable

COMMUNIQUÉ DE PRESSE - 13 OCTOBRE 2025

Collectivités et administrations

Partager



Au Salon des Maires et des Collectivités Locales (SMCL), Berger-Levrault lance WeDelib, solution numérique inédite de gestion des assemblées délibérantes, qui embarque une IA générative souveraine exploitant les modèles de fondation de Mistral AI.

Conçue en co-construction avec des collectivités pilotes de moins de 5 000 habitants, cette solution cible les secrétaires généraux de mairie, DGS, agents et élus, confrontés à des obligations réglementaires et administratives croissantes.

Une IA générative souveraine au cœur du dispositif

10/25 | BERGER-LEVRAULT

IA Generativa soberana

Mistral AI integrado en nuestro producto WeDelib

Secteur public – Berger-Levrault revient avec une solution de gestion des assemblées délibérantes dopée à l'IA

Un outil souverain pour épauler les agents de la fonction publique au quotidien, notamment dans le cadre des assemblées délibérantes. Tel est l'objectif de l'éditeur Berger-Levrault avec sa solution WeDelib présentée au salon des maires cette semaine.

Industrie – "Avec l'IA générative, les expertises métier sont rendues accessibles aux machines", estime Anne-Delphine Beaulieu, directrice de la transformation digitale de Lisi

Depuis un an, le groupe Lisi introduit l'IA générative dans le quotidien de tous ses métiers, y compris industriels, témoigne Anne-Delphine Beaulieu, directrice de la transformation digitale de l'ETI familiale. Celle qui est aussi directrice RSE prédit un profond bouleversement de tous les métiers.

Secteur public – La mairie de Madrid fait appel à Atos pour accélérer la mise en œuvre de l'IA dans les processus administratifs et services municipaux

11/25 | L'USINE DIGITALE

Mistral AI integrado en nuestro producto WeDelib

Reiniciar *un ciclo* de *Investigación* para renovar la *base estratégica*

El año 2025 confirma una evidencia que muchos intuían sin llegar a nombrarla. La innovación ya no es un acontecimiento excepcional que se celebra cuando se produce. Se convierte en una materia continua que atraviesa nuestros productos, nuestras organizaciones y las profesiones de nuestros clientes. Se instala en cadenas de uso reales, bajo restricciones normativas, operativas, presupuestarias y medioambientales. En este contexto, la cuestión determinante ya no es solo producir novedades. Se trata de garantizar el mantenimiento de nuestro flujo de innovaciones a lo largo del tiempo, en la realidad y bajo restricciones.

Este cambio nos recuerda la naturaleza misma del papel de la investigación. Cuando las tecnologías se vuelven más autónomas, más complejas y más difíciles de explicar, el dominio no se decreta. Se construye con paciencia, se equipa con seriedad, se mide lentamente y se prueba a diario. Hacer que la innovación se mantenga en la realidad significa asumir la incertidumbre como un hecho para transformarla en objeto de conocimiento e ingeniería. Esto supone establecer marcos de evaluación, mecanismos de trazabilidad, protocolos de validación y límites explícitos, para que el rendimiento nunca se obtenga a costa de la confianza.

Este anuario muestra que hemos cruzado un primer umbral. Los usos crecen, los perímetros se amplían, las exigencias de soberanía y seguridad se intensifican. Al mismo tiempo, la agencia abre nuevas posibilidades, pero impone una disciplina aún mayor, ya que pasar de «responder» a «hacer» desplaza el riesgo y modifica la responsabilidad. La frugalidad digital deja de ser una intención y se convierte en una exigencia que hay que instrumentar, ya que el impacto de lo digital ya no puede ser un ángulo muerto. Por lo tanto, la ingeniería de software ya no se reduce a desarrollar herramientas para producir código. Se convierte en una ciencia de la mantenibilidad, la observabilidad y la robustez de un universo de software cada vez más complejo. Por último, la Industria 5.0 nos recuerda que la tecnología solo tiene sentido si se inscribe en sistemas humanos, industriales y territoriales que deben seguir siendo viables.

Esta nueva tendencia nos lleva de vuelta a consideraciones que requieren esfuerzos concretos en materia de investigación.



Para 2026 y más allá, esta maduración y estos nuevos retos exigen el relanzamiento decidido de un nuevo ciclo de investigación como base estratégica. Se trata de establecer hojas de ruta estructurantes, explícitas y exigentes para cada uno de nuestros ejes, con objetivos de conocimiento, criterios de prueba, trayectorias de industrialización y condiciones de gobernanza. Estas hojas de ruta deberán articular la exploración y la integración, la innovación y la sostenibilidad, la autonomía y el control, la velocidad y la solidez. Deberán integrar la realidad de las profesiones, las limitaciones de los mercados, los requisitos de conformidad y las exigencias de soberanía, al tiempo que preservan la capacidad de explorar vías que aún no son evidentes.

Este relanzamiento también implica una elección organizativa. La investigación ya no puede ser solo un acelerador de soluciones. Debe actuar como una instancia de disciplina colectiva, capaz de federar a todos los actores importantes de nuestro ecosistema. Debe organizar la prueba mediante la medición, el valor mediante la evaluación sobre el terreno, la confianza mediante la transparencia y la sostenibilidad mediante la frugalidad y la mantenibilidad. En otras palabras, la investigación debe convertirse en el lugar que transforme la complejidad en trayectorias controlables y que haga explícitos los límites. Pero también debe permitirnos aprender rápidamente sin desviarnos, al tiempo que contribuye a la industrialización sin renunciar a las exigencias que impone la producción de saberes y conocimientos.

Es sobre este nuevo ciclo de investigación, concebido como una base estratégica a largo plazo, sobre el que Berger-Levrault pretende construir una tecnología digital capaz de hacer frente a la complejidad, generar valor sostenible y preparar, con lucidez y exigencia, las transformaciones venideras.

”

“Si bien el futuro no se puede predecir, sí se puede imaginar bajo ciertas restricciones. Cuando la realidad se resiste, la investigación se convierte en el arte de transformar la incertidumbre en trayectorias gobernables”

Mustapha Derras, inspiración libre de Paul Valéry, Bruno Latour y Edgar Morin

Editor: Dirección de Investigación
e Innovación Tecnológica de Berger-Levrault
Comité editorial: Mustapha Derras
Diseño: Gaëlle Baudry

*Direction de la Recherche et de l'Innovation
(2025), Rapport de Recherche & Innovation,
Yearbook 2025, Berger-Levrault.*

© Berger-Levrault, Freepik



#InnoByBL



BL Research



research-bl.com

ANUARIO 2025 - Investigación & Innovación

Berger-Levrault

Direction de la Recherche et de l'Innovation Technologique

64 rue Jean Rostand

31 670 Labège

www.research-bl.com