



2022

**RAPPORT
D'ACTIVITÉS**

Recherche, développement
& innovation de GRTgaz

SOMMAIRE

03

Édito

04

Présentation de GRTgaz et de RICE

06

Cinq programmes pour éclairer l'avenir technologique de GRTgaz

08

Cinq dispositifs d'innovation au service des enjeux de GRTgaz

10

RICE, une dimension internationale à travers ses clients et partenaires au profit de la RDI

12

Les faits marquants

14

Nos cinq programmes de RDI

16

Optimiser le fonctionnement, l'exploitation et la sécurité du système gazier

24

Réduire les impacts environnementaux de la chaîne gazière

30

Préparer les réseaux à l'arrivée des méthanes renouvelables et bas-carbone

36

Prospective énergétique, pilotage et optimisation des réseaux

42

Préparer les réseaux à l'arrivée de l'hydrogène

« Ouvrir la voie, lever les verrous technologiques et accélérer la transition énergétique vers un avenir sûr, performant et neutre en carbone. »

ÉDITO



Pierre Blouet
Directeur de RICE

La guerre en Ukraine a renforcé les ambitions que nous portons depuis plusieurs années : **accélérer et réussir la transition énergétique** et imaginer les réseaux et les solutions énergétiques décarbonées, performantes et sûres.

Pour relever ce défi d'intégration des gaz renouvelables et de l'hydrogène et de transformation des infrastructures gazières, les ingénieurs et techniciens de RICE poursuivent des travaux de recherche, développement et innovation (RDI) couvrant un large spectre d'activités et organisés en **cinq programmes**.

Une première partie de nos travaux consiste à anticiper les évolutions possibles des systèmes énergétiques et préparer l'avenir des réseaux de GRTgaz en modélisant les futurs énergétiques (programme **PREPARE**) tout en optimisant et sécurisant l'existant (programme **OPTISE**). Dans **OPTISE**, nous travaillons en particulier à améliorer nos connaissances sur l'intégrité des canalisations et à améliorer la performance de nos méthodes de maintenance.

RICE concentre également ses efforts de RDI sur la préparation des réseaux de transport à l'arrivée de gaz renouvelables comme le biométhane (programme **NEW CH₄**) et l'hydrogène (programme **H₂**) dans une logique de décarbonation. Objectif : réadapter les infrastructures afin qu'elles puissent accueillir ces nouveaux gaz en veillant à identifier et prendre en compte leurs impacts.

L'effort de décarbonation va au-delà de l'arrivée de ces nouveaux gaz renouvelables. À travers son programme **IMPACT**, RICE s'engage aussi à réduire les effets des activités gazières dans leur globalité en améliorant les connaissances sur l'empreinte carbone des activités de transport et en accompagnant le développement de technologies de rupture plus écologiques.

L'innovation s'inscrit au cœur de l'activité de RICE, avec pour principal objectif d'accompagner les différentes entités de GRTgaz et les clients de RICE en leur fournissant les méthodes et outils qui leur sont nécessaires aujourd'hui, tout en anticipant **les grandes transformations de demain**.



GRTgaz est l'un des leaders européens du transport de gaz et un expert mondial des systèmes gaziers.

En France, l'entreprise exploite plus de 33 000 km de canalisations enterrées pour transporter le gaz des fournisseurs vers les consommateurs raccordés à son réseau (gestionnaires des distributions publiques qui desservent les communes, centrales de production d'électricité et plus de 700 sites industriels).

GRTgaz assure des missions de service public visant à garantir la continuité d'acheminement et propose à ses clients des prestations d'accès au réseau et d'amélioration de leur performance énergétique.

Acteur de la transition énergétique, GRTgaz investit dans des solutions innovantes pour accueillir sur son réseau un maximum de gaz renouvelables, y compris l'hydrogène, soutenir ces nouvelles filières et contribuer ainsi à l'atteinte de la neutralité carbone.

33 779 km
dont 32 618 km en France

708 TWh
de gaz naturel
transporté en 2022

3 807 salariés

2 535 M€
de chiffre d'affaires

31,3 M€
Budget RDI

46 sites biométhane
injectant dans le réseau GRTgaz
soit une capacité totale
de 1,58 TWh/an

110

docteurs, chercheurs et techniciens

8

thèses en cours dont 3 thèses CIFRE

40

clients internationaux

80 familles de brevets
représentant 358 titres

26

bancs d'essais

+ 60

projets d'innovation
accompagnés

4 sites de RDI
(Villeneuve-La-Garenne, Alfortville
et Fos-sur-Mer pour Jupiter 1000,
Immeuble Cityzen de Bois-Colombes)

RICE
Research & Innovation
Center for Energy

RICE, acronyme de Research & Innovation Center for Energy, est le centre de recherche créé le 31/12/2017 par GRTgaz.

Ses missions : concevoir, piloter, réaliser des projets de Recherche, Développement & Innovation (RDI) pour GRTgaz et/ou des clients externes, principalement des opérateurs d'infrastructures gazières.

À ce titre, RICE assure la cohérence des efforts de RDI avec les objectifs de l'entreprise, est force de propositions sur les orientations RDI de GRTgaz, est à l'écoute des directions métiers et éclaire leurs prises de décision, coordonne les activités de RDI de GRTgaz et en assure le suivi, le reporting et la communication.



RICE réalise des études R&D et d'expertise opérationnelle pour GRTgaz et met aussi son expertise et ses savoir-faire au service d'autres opérateurs gaziers.



Cinq programmes pour éclairer l'avenir technologique de GRTgaz

Afin d'apporter à GRTgaz les outils de sa performance de demain, la Recherche Développement Innovation a été organisée en cinq programmes pour optimiser et piloter les réseaux, anticiper l'arrivée des méthanes renouvelables et de l'hydrogène, et réduire les impacts environnementaux de la chaîne gazière.



Tanguy Manchec
Délégué R&D de GRTgaz

Éclairer l'avenir technologique au service des métiers opérationnels de GRTgaz : telle est la mission de la RDI (Recherche, Développement, Innovation), qui n'a de cesse d'explorer de nouvelles technologies performantes pour renforcer la sécurité, la flexibilité et l'efficacité économique du réseau de transport de gaz. Pour ce faire, GRTgaz s'appuie sur RICE, centre de RDI leader en Europe au service des infrastructures gazières, et sur la forte expertise de ses équipes, sur ses moyens d'essais de pointe ainsi que sur un réseau de partenaires français et internationaux de premier plan.

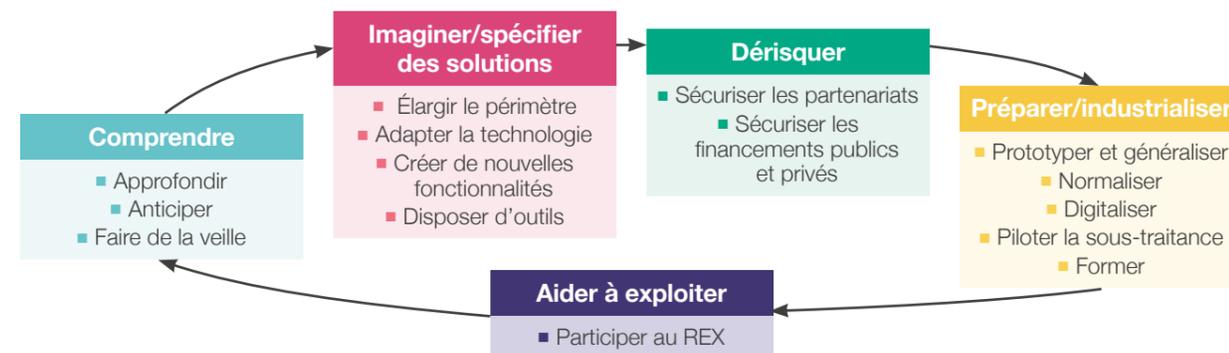
Anticiper les gaz de demain

Pour autant, l'excellence ne rime pas seulement avec performance. Elle impose également de chercher en permanence à réduire l'impact environnemental des activités sur l'ensemble du cycle de vie des infrastructures gazières. GRTgaz se doit d'être un transporteur exemplaire en Europe.

La RDI travaille à maximiser la capacité d'injection de biométhane et de nouveaux gaz renouvelables de synthèse dans les réseaux de GRTgaz. Ces gaz renouvelables produits localement dans nos territoires, à partir de nos déchets agricoles, ménagers ou encore des stations d'épuration urbaines, représentent un atout majeur pour décarboner le paysage énergétique français aux côtés des autres énergies renouvelables comme l'électricité photovoltaïque ou éolienne.

Enfin, en sus du transport de ce méthane de plus en plus renouvelable, GRTgaz se prépare également à accueillir sur son réseau, dans les prochaines années, de nouveaux gaz comme l'hydrogène ou le CO₂. Ces gaz permettront, dans un système multi-énergies intégré et optimisé, d'assurer le même niveau d'excellence opérationnelle et économique que celui atteint aujourd'hui avec le gaz naturel. Pour relever ce défi, les équipes de RICE se positionnent aux avant-postes pour investiguer et développer des technologies adaptées.

UN PHASAGE RDI JUSQU'À L'INDUSTRIALISATION SUR LE TERRAIN



OPTISE
Optimiser le fonctionnement, l'exploitation et la sécurité du système gazier



IMPACT
Réduire l'impact environnemental des activités gazières

LES CINQ PROGRAMMES DE RDI

Les activités de RDI de GRTgaz s'organisent autour de cinq programmes tournés vers la sécurité industrielle, la transition énergétique et l'exemplarité environnementale ainsi que la performance opérationnelle. Ces activités sont structurées en feuilles de route qui sont priorisées par une instance inter-programme disposant d'une vue d'ensemble des besoins de GRTgaz.



NEW CH₄
Préparer les réseaux à l'arrivée des méthanes renouvelables et bas-carbone



HYDROGÈNE
Préparer les réseaux à l'arrivée de l'hydrogène



PREPARE
Prospective énergétique, pilotage et optimisation des réseaux

Cinq dispositifs d'innovation au service des enjeux de GRTgaz

Créée en avril 2020, la Direction de l'Innovation a rapproché ses activités Innovation avec celles de la R&D fin 2022. Cinq dispositifs d'innovation accompagnent le portefeuille de projets vers l'expérimentation et le déploiement. Cette innovation renforce les coopérations internes inter-métiers et interne/externe. Elle s'appuie sur l'organisation de concours de start-up dans les territoires, sur des incubateurs comme NOVA, des partenariats avec des écoles de métiers...



Philippe Mannoni
Directeur délégué Innovation



Camélia Ratiu-Boucher
Déléguée Innovation

« Notre ambition : faire de l'innovation un vecteur de performance et de transformation culturelle des salariés et de l'entreprise. »

AU SERVICE DES TROIS ENJEUX DE GRTgaz

Performance économique

Expérimenter « faire pour apprendre et améliorer » et déployer les projets concrets issus des territoires.

Transition énergétique

Renforcer la sobriété et favoriser l'éco-conception afin de viser la neutralité carbone de nos infrastructures.

Transformation culturelle

Ouverture, confiance, créativité, audace, réactivité, prise de risque calculée, prise en compte des dernières technologies (IA, réalité augmentée...).

en cohérence avec le projet d'entreprise CAP24



MISSION

■ Trouver des solutions innovantes à des problématiques business via des partenariats de co-développement avec l'écosystème externe (start-up, monde académique, associations, laboratoires...).

EN 2022

■ Cinq appels à projet ont été menés avec six lauréats et huit coups de cœur ; le réseau des lauréats compte plus de 20 entreprises.



MISSION

■ Apporter son expertise méthodologique, économique et technique pour booster des projets à potentiel, afin de leur faire franchir un palier et permettre une émergence plus rapide.

EN 2022

■ 20 projets ont été instruits dans l'accélérateur, qui a réalisé un chiffre d'affaires à l'externe de 200 000 € grâce à trois innovations de maintenance verte.



MISSION

■ Détecter, valoriser et accompagner le déploiement des initiatives des salariés les plus prometteuses au travers d'un programme annuel.

EN 2022

■ 400 salariés ont déposé 143 dossiers au challenge, dont 25 ont été primés, parmi lesquels 80 % sont en expérimentation.

Une direction innovation structurée en cinq dispositifs



MISSION

■ Accompagner les phases amont d'exploration et de conception des démarches d'innovation avec des méthodes d'innovation collaboratives (*design thinking, facilitation*), centrées sur le facteur humain.

EN 2022

■ Une vingtaine de projets ont été accompagnés et un nombre équivalent facilités.



MISSION

■ Diffuser la culture innovation à tous les étages de l'entreprise grâce à plusieurs offres (les Rencontres Innovation terrain, la veille innovation, l'incubateur de start-ups NOVA).

EN 2022

■ Six nouveaux épisodes des "Rencontres Innovation terrain", 22 webinaires "Les Jeudis de l'innovation", plusieurs *Learning expeditions* et collaborations avec les partenaires externes. NOVA a lancé sa 1^{ère} promotion avec quatre start-up orientées vers la transition énergétique.



POUR ACCOMPAGNER LES INNOVATIONS DE GRTGAS

» En 2022, une quarantaine de projets d'innovation actifs dans le portefeuille

- 13 innovations expérimentées et 10 déployées, dont 14 pour l'intéressement
- 10 pivots ou renoncements

en synergie avec les programmes R&D

Quelques exemples de projets d'innovation concrets :

SMART REPAIR → P.19

MAINTENANCE VERTE → P.27

GESTION O₂ DANS LE BIOMÉTHANE → P.33

RICE, une dimension internationale à travers ses clients et partenaires au profit de la RDI*



Centres de RDI



Associations RDI



Gestionnaires infrastructures transport/distribution



Partenaires industriels



Partenaires institutionnels



Centres de RDI



Association RDI



Gestionnaires infrastructures transport/distribution



Gestionnaires infrastructures transport/distribution



Institutionnel



Gestionnaire infrastructure transport/distribution japonais



Partenaire institutionnel australien



* Liste non exhaustive

Mars

→ **Tournage du film « L'aventure du Power to Gas » dédié à Jupiter 1000**, démonstrateur industriel français permettant de transformer l'énergie électrique renouvelable en gaz de synthèse.



Octobre

→ **Publication le 4 octobre 2022 de la norme ISO 10715 : 2022 sur l'échantillonnage du gaz.** Ces travaux de normalisation internationale ont été menés par le groupe de travail « Échantillonnage » (WG 20), animé par Alice Vatin de RICE, au sein du sous-comité technique ISO/TC 193/ SC 1 « Analyse du Gaz Naturel ».



Avril

→ **Signature de deux Conventions industrielles de formation par la recherche (Cifre)**, qui ont permis d'accueillir de deux étudiants en thèse : Théo Cousino (modèles d'estimation d'efficacité de maintenance des actifs industriels de GRTgaz) et Nadia Ghernaout (optimisation des tournées de surveillance du réseau de GRTgaz).



Mai

→ **Participation à la 28^e Conférence mondiale du gaz (WGC 2022)** organisée tous les trois ans par l'Union Internationale du Gaz (UIG) à Daegu, en Corée du Sud, du 23 au 27 mai 2022. Plusieurs interventions ont permis de mettre à l'honneur l'expertise de RICE et de faire rayonner le savoir-faire de la RDI française et le travail quotidien des équipes.

→ **Remise des prix du Challenge Innovation 2022** le 17 mai à Saint-Herblain, en Loire-Atlantique. Ce challenge s'adresse chaque année aux 3 000 salariés GRTgaz de tous les métiers et territoires. Avec 400 participants, 143 dossiers déposés et 25 projets primés, l'édition 2022 a tenu ses promesses.

→ **Cérémonie de remise des prix des sept lauréats de la 5^e édition de l'Open Innovation Factory**, le 22 juin à la Chambre de Commerce et d'Industrie de Lyon. Les lauréats ont été sélectionnés pour contractualiser avec GRTgaz et déployer leur solution à l'échelle industrielle.

→ **Première production par Jupiter 1000 de méthane de synthèse à partir d'hydrogène renouvelable et de CO₂ recyclé**, afin de l'injecter dans le réseau de GRTgaz. L'équipement permettant cette réaction, appelé « méthaneur », a été construit par Khimod, appuyé par le CEA.

Novembre

→ **Accréditation COFRAC des bancs de débitmétrie d'Alfortville** (Val de Marne) de RICE, permettant l'étalonnage de compteurs domestiques et industriels de gaz naturel. En auditant les laboratoires suivant les exigences de la norme NF EN ISO/CEI 17025 :2017, le COFRAC reconnaît la compétence et l'impartialité des laboratoires et garantit que les résultats délivrés sont fiables, opposables, et traçables au Système international d'unités.

→ **Inauguration de l'incubateur Nova et accueil des quatre start-ups et jeunes pousses sélectionnées** pour un parcours d'accompagnement d'un an :

- **Lynx** pour des lunettes de réalité mixte ;
- **Lium** pour des ballons de surveillance de sites industriels ;
- **Alhomna Systems** pour la production de gaz à partir de déchets par pyrolyse sous rayonnement solaire ;
- **Ylssen** pour connaître à distance et en temps réel, la position ou l'état ouvert ou fermé de vannes industrielles.



Décembre

→ **Premiers retours favorables concernant les dix réponses à des appels à projets déposés en 2022 par RICE** : RICE poursuit une veille active sur l'ensemble des guichets de financement de projets collaboratifs et notamment les guichets européens tels que Horizon Europe, FCH-JU, Eureka-Eurostarts, ainsi que l'ADEME.

→ **Livraison du premier Detox Ton Réseau 16Bar** qui permettra de récupérer le méthane des postes de détente/livraison pour l'injecter sur le réseau aval, évitant ainsi sa mise à l'atmosphère. Cette démarche sera applicable *in fine* aux 5 000 postes de GRTgaz. Il peut également servir à purger des longueurs de 300 m de canalisation de DN100 à 4 bars, chantier type de la distribution.

Juillet

→ **Signature avec l'école d'ingénieurs Mines Paris-PSL d'un partenariat de cinq ans sur la recherche dans le domaine de l'hydrogène**, concrétisé par la création d'un laboratoire commun, Défi H. Destiné à étudier les effets de l'hydrogène sur les matériaux de structure, Défi H permettra de générer de nouveaux travaux de thèses et mettre au point des outils technologiques grâce à une collaboration étroite entre les équipes.

→ **Signature avec le CEA d'un accord de recherche visant à créer un « Lab commun »** pour préparer le paysage énergétique de demain. RICE collabore depuis plusieurs années avec le CEA sur divers projets de recherche innovants, dont le démonstrateur de production d'hydrogène renouvelable et d'e-methane «Jupiter 1000».



OPTISE

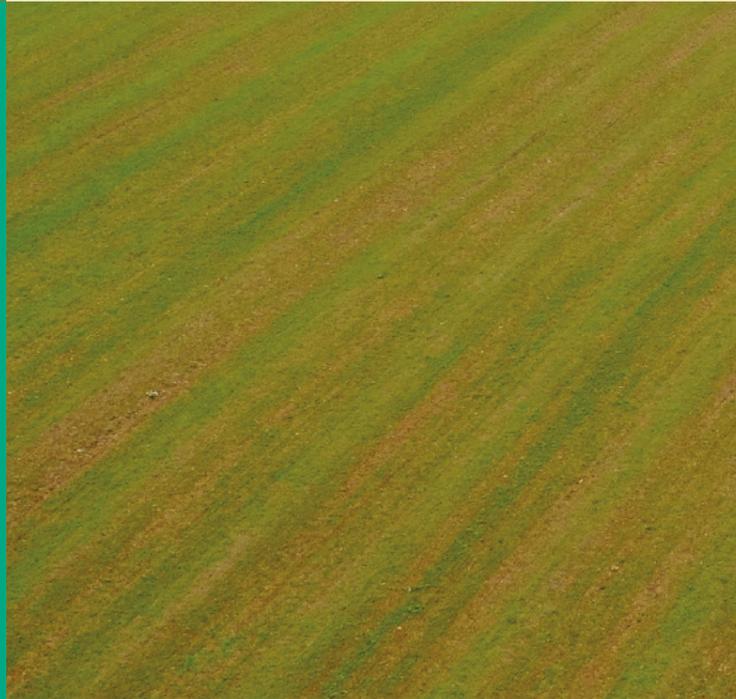
Optimiser le fonctionnement, l'exploitation et la sécurité du système gazier



IMPACT

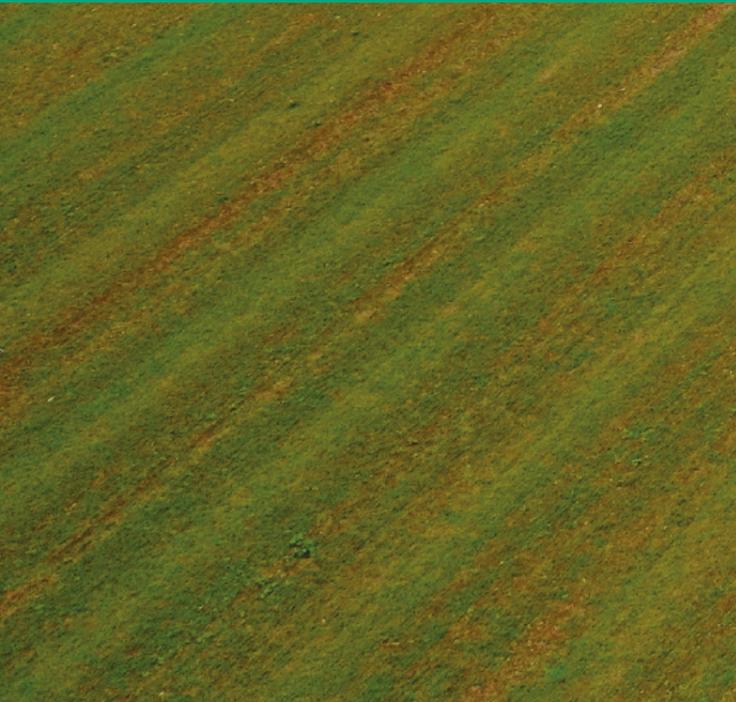
Réduire les impacts environnementaux de la chaîne gazière

NOS CINQ PROGRAMMES DE RDI



NEW CH₄

Préparer les réseaux à l'arrivée des méthanes renouvelables et bas-carbone



PREPARE

Prospective énergétique, pilotage et optimisation des réseaux



HYDROGÈNE

Préparer les réseaux à l'arrivée de l'hydrogène



OPTISE

Optimiser
le fonctionnement,
l'exploitation
et la sécurité
du système gazier



Carine Lacroix
Coordinatrice du programme
OPTISE

Le programme RDI OPTISE a pour premier objectif d'éclairer GRTgaz sur les moyens à mettre en œuvre pour assurer l'intégrité du réseau acier tout en optimisant les coûts des opérations nécessaires. Les canalisations acier sont sujettes au phénomène de corrosion. RICE doit mettre en œuvre toute son expertise et ses moyens laboratoires pour améliorer encore les connaissances relatives à ce domaine scientifique complexe de manière à limiter la cinétique de corrosion par différentes techniques actives ou passives. Cette corrosion, ou d'autres phénomènes, peuvent donner lieu à des défauts qui doivent être détectés de la surface ou en insérant un système dédié dans la canalisation. L'objectif majeur est d'être capable de détecter des défauts de plus en plus petits, de manière rapide et à moindre coût.

La performance économique est au cœur du deuxième enjeu du programme OPTISE avec la volonté de rationaliser les opérations d'exploitation et de maintenance tout en conservant un haut niveau de sécurité. Pour ce faire, des algorithmes sont développés afin d'améliorer le traitement de données et de mieux cibler la maintenance de nos actifs. L'autre volet qui permettra à GRTgaz de limiter ses coûts d'exploitation concerne l'émergence de nouveaux matériaux, tels que les canalisations composites. RICE poursuit ses travaux de recherche dans ce domaine, en raison de la réduction espérée des dépenses d'exploitation liée notamment à l'absence de corrosion de ces canalisations.

Le troisième enjeu d'OPTISE se focalise sur la prévention des accidents gaz ainsi que la limitation et la prédiction de leurs conséquences. Ainsi, RICE réalise une veille permanente sur les nouvelles technologies pour permettre une meilleure détection des fuites à moindre coût. RICE développe également des outils numériques ou logiciels pour réduire les risques industriels des activités gazières.

Ce dernier axe de recherche nécessite également des efforts importants pour maintenir un haut niveau de sécurité. La maîtrise du risque industriel, tout en maintenant un bon niveau de performance économique, s'avère en effet primordiale. En parallèle, l'accélération des progrès techniques permet d'envisager de nouveaux moyens pour limiter les dommages aux ouvrages via l'identification et le test de nouvelles technologies permettant de mieux détecter nos réseaux et les potentiels dangers environnants.

« RICE imagine, réalise et teste les solutions permettant d'acheminer le gaz en toute sécurité tout en maîtrisant les coûts d'exploitation. »



Assurer l'intégrité du réseau

CONTEXTE ET FINALITÉS DES TRAVAUX

La sécurité, l'intégrité et l'opérabilité du réseau représentent trois objectifs majeurs pour GRTgaz et ses clients.

Pour y répondre, RICE conçoit et intègre les techniques et solutions les plus performantes, en prenant en compte plusieurs critères :

- Les phénomènes de corrosion des canalisations, complexes et variables selon les milieux, ce qui nécessite des réponses adaptées à chaque situation ;
- L'inspection de certaines canalisations métalliques qui peut faire l'objet de recherches approfondies ;
- L'évaluation de la criticité des anomalies et défauts qui peut encore être améliorée, grâce aux outils numériques et à une meilleure prise en compte des propriétés mécaniques des matériaux et des incertitudes liées aux données considérées pour l'analyse ;
- Les canalisations en polyéthylène qui peuvent être soumises à des contraintes particulières, notamment en raison de l'augmentation générale de la température ambiante.

PRINCIPAUX CHALLENGES RDI

Corrosion

- Monitorer le traitement de la corrosion ;
- Fiabiliser les diagnostics et les mesures de protection cathodique (PC) pour justifier de la protection permanente des infrastructures ;
- Comprendre, améliorer et développer les revêtements et peintures anticorrosion.

Acier

- Toujours affiner la connaissance des aciers de nos réseaux et la précision de leurs propriétés mécaniques ;
- Augmenter la proportion d'inspectabilité de notre réseau par l'interne et identifier de nouvelles technologies d'inspection par l'externe plus performantes et plus précises ;
- Évaluer la criticité des défauts (défauts plans, défauts dans les soudures...);
- Identifier/tester des techniques de réparations adaptées à la typologie de défaut rencontrée et leur tenue dans le temps.

Polyéthylène (PE)

- Déterminer l'impact réel de l'augmentation générale de température sur les canalisations PE, notamment en remontée sous coffret.

RÉALISATIONS 2022

Corrosion

- Protection des structures en cas de coupure de protection cathodique : essais laboratoires/terrain et observation de l'influence de l'humidité sur la dépolarisation ;
- Peinture anticorrosive sans traitement de surface préalable : essais laboratoires, identification des conditions d'application et préparation d'un argumentaire auprès de l'ACQPA (Association pour la Certification et la Qualification en Peinture Anticorrosion) ;
- Effet des matériaux de remplissage sur la corrosion des fourreaux : essais laboratoires et comparaison des cinétiques de corrosion selon le milieu.

Acier

- Cartographie d'inspectabilité du réseau et veille sur les outils d'inspection non conventionnels par l'externe : analyse multicritère du réseau et exploration de technologies d'inspection spécifiques ;
- Technologies de détection de fissures : suivi du développement de nouveaux pistons instrumentés et essais terrain.

Polyéthylène (PE)

- Mesures de température sur un coffret gaz pendant une année complète qui ont permis de démontrer que l'augmentation globale de température ambiante, notamment lors des épisodes de forte chaleur, ne porte pas atteinte à l'intégrité des canalisations PE en remontée sous coffret.

PERSPECTIVES 2030

Corrosion

- Utilisation de nouvelles techniques de mesure de l'efficacité de la protection cathodique (capteur pH, ballot, télélogage, matériaux sacrificiels...) et adaptation des pratiques face à la surpolarisation, la dépolarisation et à la résistivité des sols ;
- Maîtrise des facteurs de corrosion (courants vagabonds, pression du sol...) et des pratiques pour les limiter (mises à la terre, modèles prédictifs, matériaux de remplissage des fourreaux...);
- Utilisation de nouveaux revêtements et peintures (fortes résistances mécaniques, propriétés intelligentes...).

Acier

- Cartographie complète du réseau en termes de propriétés mécaniques et d'inspectabilité ;
- Utilisation de nouvelles technologies d'inspection, en particulier pour les petits diamètres, pour limiter le nombre de fouilles ;
- Maîtrise de l'évolution des défauts et des techniques de réparation.

PROJETS PHARES



REVÊTEMENTS ANTIGEL

Les postes de détente de gaz sont sujets à des prises en gel importantes qui empêchent la manipulation des organes de manœuvre dans de bonnes conditions par les exploitants. Pour faciliter les manipulations opérationnelles, RICE a testé une

peinture empêchant cette prise en gel sur un poste à Beaune pendant l'hiver 2022.

Partenariat
**GRDF, PPG
Refinish**

Résultat atteint à
80%

Budget du projet
70 k€/an



INSPECTION DES CANALISATIONS DE PETIT DIAMÈTRE

Pour diagnostiquer l'état des canalisations, 40 % du réseau GRTgaz est inspecté par piston instrumenté. Le reste s'effectue par des méthodes indirectes et s'avère très complexe pour les tubes de petit diamètre (plus de 20 % du réseau est de diamètre inférieur ou égal au DN100). L'enjeu est de répondre à ce besoin, avec des outils d'inspection de fabrication européenne qui ne nécessitent pas d'excavation.

Budget du projet
46 k€

INNOVATION

SMART REPAIR

Smart Repair est une solution d'instrumentation des réparations composites des canalisations enterrées pour allonger leur durée de vie de 2 à 20 ans. En 2022, RICE a lancé un appel à projets Open Innovation afin de choisir un partenaire instrumentiste et la contractualisation

a été signée en décembre 2022. Ce projet permettra d'importantes économies en termes de charges d'investissement et d'améliorer la disponibilité du réseau.



Assurer un optimum coût/performance/sécurité pour l'exploitation et la maintenance du réseau

CONTEXTE ET FINALITÉS DES TRAVAUX

Adapter le fonctionnement et la maintenance de ses réseaux dans un contexte de transition énergétique est essentiel pour tout opérateur. GRTgaz souhaite optimiser les dépenses liées à l'exploitation et à la maintenance de son réseau tout en conservant un haut niveau de sécurité. Pour ce faire, les travaux de RDI du programme OPTISE de RICE visent à identifier les facteurs ou paramètres qui permettront non seulement de mieux cibler les opérations de maintenance et d'exploitation, mais aussi de mieux maîtriser la fiabilité du matériel de réseau. Objectif : déployer de meilleures stratégies d'investissement ou de rénovation des actifs industriels.

PRINCIPAUX CHALLENGES RDI

Gestion des actifs

- Garantir un haut niveau de disponibilité des infrastructures ;
- Optimiser la gestion OPEX/CAPEX* des actifs industriels ;
- Améliorer les solutions de maintenance pour mieux maîtriser les risques et les coûts des actifs industriels.

Optimisation des coûts des travaux

- Identifier et tester de nouveaux matériaux pour augmenter la durée d'exploitation et réduire les coûts de pose de canalisations ;
- Optimiser les phases avant-travaux et travaux permettant notamment de prévenir les dommages aux ouvrages.

* OPEX : dépenses d'exploitation ; CAPEX : dépenses d'investissement

RÉALISATIONS 2022

- Identifier les facteurs permettant de déterminer la fiabilité des régulateurs, analyser ces facteurs et réaliser des développements spécifiques pour disposer d'un outil de modélisation et d'analyse de fiabilité répondant aux caractéristiques des actifs de GRTgaz ;
- Développer un algorithme visant à réaliser de la maintenance prévisionnelle sur les postes de détente/livraison, à partir des données des enregistreurs numériques de pression communicants (EPC), pour anticiper l'occurrence des mauvaises régulations ;
- Préparer le déploiement d'un outil interne permettant de hiérarchiser, prioriser les rénovations et d'orienter les politiques de maintenance notamment des postes de détente/livraison ;
- Préparer une future pose de canalisations composites en complétant les essais laboratoires permettant de mieux déterminer les limites de ces nouveaux systèmes plus flexibles et moins coûteux ;
- Réaliser des essais laboratoires sur des canalisations et accessoires en polyamide (PA) pour mieux connaître ce matériau et l'étendue de son périmètre.

PERSPECTIVES 2030

- Développement et mise à disposition d'outils permettant d'optimiser les politiques de maintenance (fréquence et/ou regroupement des actes) ;
- Industrialisation des solutions de maintenance prévisionnelle ;
- Développement et mise à disposition d'outils d'aide à la décision sur la priorisation du renouvellement des actifs ;
- Évaluation et expertise pour l'amélioration de nouveaux matériels de réseau (régulateurs, compteurs...);
- Exploitation des canalisations polyamide et composites en gaz naturel via des essais laboratoires, la rédaction d'un guide d'installation et d'exploitation et le test d'une ou plusieurs technologies permettant de vérifier ou de s'assurer de l'absence de défauts au sein des canalisations composites.

PROJET PHARE



Partenariat
Fluxys, Gaz-System

Résultat atteint à
60%

TESTER LA LIMITE DES NOUVEAUX MATÉRIAUX

Afin de rendre possible l'installation et l'exploitation des canalisations composites en raison de la souplesse et des gains économiques engendrés par leur utilisation, RICE a proposé un projet collaboratif à Gaz-System et Fluxys. Ce projet comprend notamment un état de l'art et des essais laboratoires. L'objectif : tester la limite de ces « nouveaux matériaux » pour en déterminer leurs conditions d'exploitation optimales, en toute sécurité. Ainsi, RICE a simulé l'agression sur ces canalisations souples d'une pelleuse, via son banc d'essai d'agressions en laboratoire, afin de tester leur résistance. Les résultats encourageants permettent aux membres du projet de poursuivre leurs efforts en vue d'une potentielle future exploitation de ces matériaux.



Prévenir les accidents gaz et prédire leurs conséquences

CONTEXTE ET FINALITÉS DES TRAVAUX

Avec près de 33 500 km de canalisations, 26 stations de compression et plus de 40 000 postes de livraison, le réseau de GRTgaz est une infrastructure industrielle de grande ampleur, complexe et critique pour l'approvisionnement énergétique du pays. Chaque jour, ces infrastructures font face à des enjeux liés au facteur humain, à la transition énergétique et de plus en plus aux événements climatiques extrêmes. Ces dernières nécessitent donc une surveillance et une maintenance de haut niveau afin de garantir en permanence :

- la maîtrise de la qualité des gaz transportés ;
- l'anticipation des évolutions réglementaires en incluant les risques émergents ;
- la maîtrise du risque industriel, tout en conservant un bon niveau de performance économique et en facilitant l'acceptation des sites.

Pour cela, RICE travaille à optimiser les techniques de surveillance actuelles et les techniques de détection de canalisation, ainsi qu'à identifier toute technologie permettant de limiter les dommages aux ouvrages pendant les travaux.

PRINCIPAUX CHALLENGES RDI

- Expérimenter des technologies et solutions terrestres ou aériennes, pour optimiser la recherche systématique de fuites (RSF) sur le réseau dans le cadre de la :
 - réalisation des inspections requises par l'administration pour maintenir l'aptitude au service du réseau ;
 - recherche d'une meilleure discrimination des fuites de méthane.
- Étudier les phénomènes dangereux et développer des outils afin de contribuer à la maîtrise du risque industriel par :
 - l'amélioration de la connaissance des phénomènes dangereux ;
 - l'évaluation plus fine des risques par la modélisation des accidents et de leurs conséquences.
- Renforcer la surveillance et la prévention des dommages aux ouvrages, à coûts opérationnels réduits, par l'identification et le développement de nouvelles solutions de :
 - surveillance terrestre, aérienne ou spatiale du réseau ;
 - détection des canalisations et de géoréférencement pour améliorer la précision de localisation des réseaux ;
 - visualisation des réseaux enterrés, via la réalité augmentée par exemple.

RÉALISATIONS 2022

- Évaluation d'une solution de recherche de fuite de méthane par drone au travers d'essais en condition réelle sur le terrain ;
- Mesures lors d'opérations de brûlage bleu en conditions d'exploitation afin de caractériser les distances d'effet liées à l'usage de la torche bleue innovante ;
- Expérimentations de surveillances satellitaires réalisées en milieu urbain qui ont permis de démontrer le potentiel de la solution ;
- Réalisation d'un état de l'art des techniques de géoréférencement des ouvrages posés en sous œuvre ;
- Lancement d'un Open Innovation sur l'amélioration des performances et de l'utilisabilité des techniques de détection par Géoradar ;
- Précision des cas d'usages et conduite d'essais terrains sur des zones à enjeux élevés de surveillance (projet collaboratif SPADE).

PERSPECTIVES 2030

Détection et recherche de fuites

- Expérimentation de solutions aéroportées (avions ou drone) ou par satellite ;
- Amélioration et conception de nouvelles solutions pédestres ;
- Automatisation de méthodes de détection des fuites.

Sécurité industrielle

- Étude de certains comportements des gaz et des phénomènes de surpression ;
- Évaluation de la résilience des actifs au dérèglement climatique ;
- Développement d'outils d'estimation des événements redoutés (surpression, fuites...) et de modélisation (comportement, explosion...).

Surveillance et détection des canalisations

- Expérimentation de solutions aéroportées (avions ou drone) ou par satellite ;
- Industrialisation de solutions pour la surveillance en temps réel et la préparation des chantiers ;
- Travaux sur le géoréférencement et sur la visualisation des données afin de limiter les accrochages pendant les travaux.

PROJET PHARE

POURSUITE DU DÉVELOPPEMENT ET DES ESSAIS SUR UN ANALYSEUR THT EN PARTENARIAT AVEC L'IFPEN

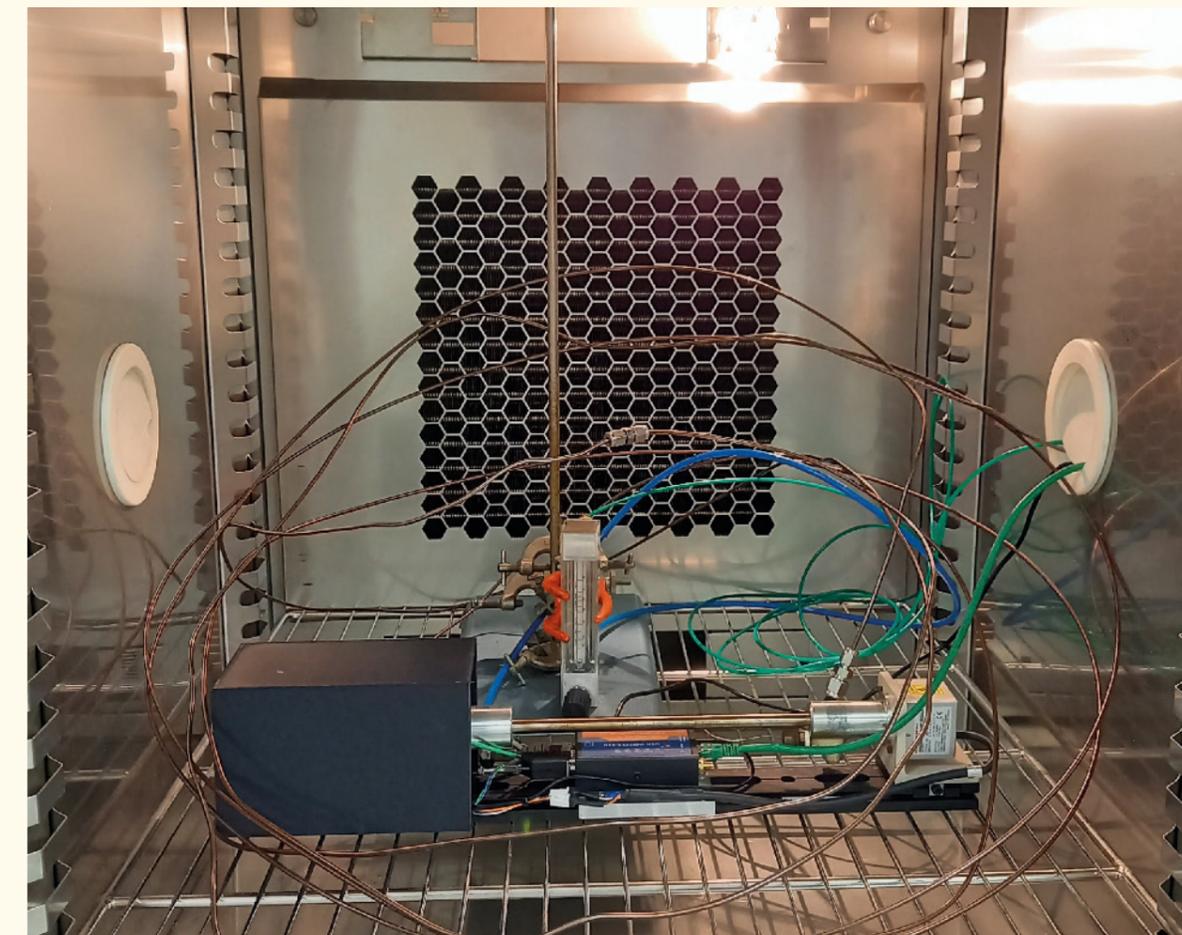
Lorsque du gaz entre sur le réseau de GRTgaz, il est obligatoirement odorisé en injectant une molécule de THT (tétrahydrothiophène). Sur le lieu d'injection de ce gaz odorant, des systèmes appelés « analyseurs THT » sont déployés pour s'assurer que le mélange méthane / THT demeure conforme aux exigences réglementaires.

Afin d'anticiper l'obsolescence de ces analyseurs THT, RICE travaille au renouvellement de ce parc d'équipements. L'objectif est de disposer d'une ou plusieurs solutions moins coûteuses à l'achat

(CAPEX) et à l'usage (OPEX) grâce à une utilisation facilitée et une plus grande polyvalence. Pour ce faire, RICE a testé en 2022 un prototype d'analyseur THT de l'IFPEN (IFP Énergies nouvelles). Les essais laboratoires ont conclu à la nécessité de quelques améliorations techniques avant de pouvoir passer à la phase d'industrialisation. Ces essais et retours d'expériences se poursuivront en 2023 avant un passage aux essais terrain sur un poste de GRTgaz.

Partenariat
IFPEN, acteur industriel confidentiel

Résultat atteint à
100%





Élodie Rousset
Coordinatrice du programme
IMPACT

Réduire ses impacts environnementaux et contribuer à la neutralité carbone : un défi primordial pour GRTgaz. Pour répondre à ces enjeux écologiques majeurs, le programme RDI IMPACT représente un levier important, en tant que source d'innovations et de recherches collaboratives fructueuses.

GRTgaz avait réussi à réduire ses émissions de méthane de 3 000 000 Nm³ en 2021 par rapport à 2019 et poursuit ses efforts depuis, pour répondre à ses ambitions environnementales. La fiabilisation des techniques de mesure et le développement de solutions de réduction des émissions de méthane restent une priorité et constituent le premier axe du programme IMPACT. Ces travaux s'inscrivent dans un contexte réglementaire en pleine accélération, comme en témoigne le projet de futur règlement européen sur les émissions de méthane. Les objectifs de ce programme sont multiples :

- développer et déployer des techniques de détection et de quantification de fuites fugitives ;
- optimiser les campagnes de détection et de réparation ;
- améliorer les connaissances et expérimenter les techniques de quantification des émissions à l'échelle d'un site (techniques dites *Site Level* ou *Top Down*) ;
- et concevoir et implémenter des solutions de réduction des rejets à l'atmosphère.

Le deuxième axe du programme Impact concerne la réduction de l'empreinte carbone, hors émissions de méthane. GRTgaz travaille sur la récupération et la valorisation de l'énergie de détente sur ses postes. Cette énergie libérée lors de la détente du gaz qui est aujourd'hui perdue.

Enfin, le programme IMPACT de RICE comporte également un troisième et dernier volet qui travaille sur de nouvelles solutions de décarbonation des usages industriels du gaz naturel et de nouvelles utilisations. Par exemple, la technologie de pyrolyse du méthane permet une conversion du méthane en dihydrogène et en carbone solide.

« **Notre priorité : la fiabilisation des techniques de mesure et le développement de solutions de réduction des émissions de méthane.** » »



Mesurer et réduire les émissions de méthane

CONTEXTE ET FINALITÉS DES TRAVAUX

La réduction des émissions de méthane représente un axe prioritaire de GRTgaz afin de limiter son impact sur le changement climatique car le méthane est un gaz à effet de serre avec un pouvoir réchauffant 30 fois supérieur au CO₂. GRTgaz a adhéré en 2020 à l'initiative de l'*Oil&Gas Methane Partnership 2.0* (OGMP 2.0), géré par le Programme des Nations-Unies pour l'Environnement (PNUE) et qui fournit un cadre de reporting international pour déclarer de manière transparente les émissions de méthane des opérateurs gaziers. Ses enjeux : améliorer les méthodes de quantification et d'estimation des émissions de méthane, développer de nouvelles solutions ou adapter les pratiques afin de limiter les rejets à l'atmosphère. Ces travaux s'inscrivent dans le prisme d'une réglementation européenne en cours d'élaboration.

PRINCIPAUX CHALLENGES RDI

- Optimiser les campagnes de détection et de réparation, de façon à détecter rapidement et efficacement les fuites fugitives et réparer plus rapidement le matériel fuyard ;
- Mesurer, identifier et développer de nouvelles techniques de mesures directes de quantification au niveau des sources d'émissions (appelées *source level* ou *bottom-up*) pour fiabiliser les facteurs d'émissions et les estimations inscrites dans les reportings ;
- Comprendre, tester et évaluer les techniques de quantification d'émissions à l'échelle d'un site entier (appelées *site level* ou *top down*) et réconcilier ces résultats avec les estimations *source level*, en adéquation avec les exigences du dernier niveau du reporting OGMP 2.0 ;
- Concevoir, développer, tester et déployer de nouvelles solutions de réduction d'émissions de méthane.

RÉALISATIONS 2022

- Finalisation du projet GERG (Groupe européen de recherches gazières) sur les tests de techniques de quantification dites *source level*, *site level* et capteurs fixes sur des fuites artificielles en environnement contrôlé (Phase 2.A) ;
- Participation au projet GERG sur les tests de techniques de quantification dites *site level* sur un site de compression (Phase 2.B) ;
- Lancement d'un projet GERG sur la réduction des émissions des chromatographes et des boucles d'analyse ;
- Réalisation d'une campagne de quantification d'émissions *site level* sur le site de stockage de gaz naturel en nappe aquifère de Saint-Illiers-la-Ville (Yvelines) avec une technologie de drone ;
- Poursuite du développement d'une solution de brûlage des émissions des boucles rapides d'échantillonnage pour analyse, pour un site de compression et un site de stockage ;
- Poursuite du développement d'une solution de quantification de fuites fugitives par aspiration ;
- Réalisation de campagnes de quantification des émissions par bagging sur deux terminaux méthaniers et sur du matériel du réseau de distribution ;
- Recherche de solutions de détection d'ouverture de soupapes ;
- Livraison du premier dispositif « Détox Ton Réseau » (DTR 16 bar) qui permettra de récupérer le méthane des postes pour l'injecter dans le réseau aval, évitant ainsi sa mise à l'atmosphère (dispositif applicable *in fine* sur 5 000 postes).

PERSPECTIVES 2030

- Évaluation ou co-conception de solutions de réparation provisoire (ou obturation temporaire) pour optimiser les campagnes de détection de fuites fugitives et de réparation (campagnes LDAR, *Leak Detection And Repair* ou Détection et réparation de fuites) ;
- Veille, évaluation de solutions de quantification à la source (*source level*) et industrialisation de l'outil de quantification de fuites fugitives par aspiration ;
- Mise à disposition d'une méthode de quantification *site level* fiable pour les sites ;
- Participation au développement de méthodes standardisées d'évaluation de techniques de quantification ;
- Développement de solutions pour limiter les mises à l'évent ;
- Amélioration des connaissances des émissions de méthane pour d'autres installations gazières.



INNOVATION

DES GAS BOOSTERS ET UN BRÛLAGE BLEU POUR ÉVITER TOUT REJET DE MÉTHANE

Afin de décarboner le secteur de l'énergie, le rejet du méthane à l'atmosphère sera interdit sauf en cas d'urgence. Aussi, des technologies de *gas booster* doivent être mises en œuvre afin de transférer, lors des opérations nécessitant une purge, le gaz d'un point du réseau à un autre. Deux projets de *gas booster* de taille différente, *Detox your grid* et *Quick Booster Access 500*, ont bénéficié du soutien de la Direction Innovation.

Et pour les cas où le torchage reste incontournable, le brûlage bleu, qui assure une combustion complète du méthane, a également été soutenu par les équipes de la Direction Innovation.

Accompagnées et accélérées durant l'année 2022, ces trois innovations permettent à GRTgaz de poursuivre la réduction de ses émissions de méthane.



Detox your grid pour purger les postes de maintenance

L'innovation *Detox your grid* repose sur un mini *gas booster* (DTR4Bars ou DTR16Bars) destiné à purger les postes avant maintenance et ainsi à sauvegarder le gaz présent dans celui-ci (volumes de gaz jusqu'à 20 Nm³). Aucun méthane n'est rejeté, puisque le gaz est réinjecté en aval. La pression minimale est de seulement quelques millibars et la pression maximale de 16 bars.

Le Quick Booster Access 500 pour purger les canalisations avant travaux

Pour purger des canalisations avant travaux et transférer le gaz à un autre point du réseau afin d'éviter tout rejet, un *gas booster* moyen a également été conçu : le *Quick Booster Access 500* (QBA 500), dont le volume maximal atteint 20 000 Nm³. À l'aspiration, la pression minimale est de 300 mbar; au refoulement, elle atteint au maximum 68 bars. Six opérations avec le QBA ont permis d'éviter 53 540 m³ de gaz naturel rejetés à l'atmosphère en 2022.



Le brûlage bleu : pour une combustion complète avec une flamme invisible

Le brûlage bleu représente une nouvelle façon de torcher le gaz sans émissions de méthane, via une combustion complète de celui-ci. La torchère génère une flamme invisible, ce qui facilite l'acceptabilité de cette innovation, notamment pour les travaux menés en ville. Le système, ergonomique, peut être installé en 15 minutes par deux opérateurs. Il assure un débit de 8 000 Nm³/h avec une pression maximale de 16 bars. 45 brûlages bleus ont été réalisés avec la Direction des Opérations.



Réduire l'empreinte carbone (hors réduction des émissions de méthane)

CONTEXTE ET FINALITÉS DES TRAVAUX

Pour contribuer efficacement aux objectifs de neutralité carbone à horizon 2050, RICE travaille à réduire les émissions directes à l'atmosphère non seulement en limitant les rejets de méthane de GRTgaz (1^{er} axe du programme, voir page précédente) mais aussi en réduisant l'empreinte carbone des autres postes de l'entreprise : moindres consommations énergétiques nécessaires au transport du gaz via la valorisation des énergies aujourd'hui perdues ; participation à la réduction des émissions à l'aval du réseau, c'est-à-dire celles générées par les usages industriels du gaz naturel, qui représentent 80 % des émissions de CO₂ totales de GRTgaz (scope 3 à responsabilité partagée).

PRINCIPAUX CHALLENGES RDI

- Développer des solutions de récupération et de valorisation de l'énergie de détente des postes ;
- Participer à des groupes de travail sur le sujet de la décarbonation dans des instances françaises et internationales ;
- Comprendre, évaluer, participer au développement de solutions pour améliorer l'efficacité énergétique des process et récupérer la chaleur fatale (chaleur générée au niveau des procédés industriels et non valorisée) applicables aux différentes industries utilisatrices du gaz naturel ;
- Éclairer les clients industriels sur les solutions les plus pertinentes de captage, d'utilisation et de stockage du CO₂ applicables à l'industrie ;
- Soutenir le développement de nouveaux procédés de production d'hydrogène bas carbone utilisant du gaz naturel (pyrolyse du méthane).

RÉALISATIONS 2022

- Poursuite du partenariat avec la start-up SARUS pour le développement de solutions de récupération et valorisation de l'énergie de détente, actuellement perdue ;
- Réalisation d'une analyse de cycle de vie pour mettre à jour le facteur d'émissions du gaz naturel consommé en France dans la base Carbone de l'ADEME, en partenariat avec GRDF, Storengy, Elengy et Teréga ;
- Évaluation des projets lauréats des derniers appels à projets Décarbonation et Efficacité Énergétique de l'ADEME ;
- Retour d'expérience sur l'utilisation de chaudières Biomasse et CSR (Combustibles solides de récupération) ;
- Participation aux projets de développement de technologies de pyrolyse du méthane de Ember-TNO (Pays-Bas) qui consiste à faire « buller » du méthane à travers une colonne remplie de métal en fusion, et de New Wave Hydrogen (NWH₂) reposant sur la technologie du rotor à ondes (pas d'utilisation d'eau, pas de rejet de CO₂) ;
- Participation à un projet européen sur l'identification et la réduction des émissions de méthane dans les différents secteurs des usages des gaz.

PERSPECTIVES 2030

- Déploiement des dispositifs de récupération et de valorisation d'énergie fatale de détente pour différents cas d'usage ;
- Accompagnement des clients industriels dans leur transition énergétique et dans leurs choix d'investissements décarbonés ;
- Soutien au déploiement de technologies permettant de limiter l'empreinte carbone des clients industriels (technologies innovantes gaz, technologies utilisant les gaz renouvelables, technologies de valorisation de chaleur fatale, technologies de CCUS* et de détection des émissions de méthane) ;
- Soutien au déploiement de nouveaux procédés de production d'hydrogène bas carbone utilisant du gaz naturel (pyrolyse du méthane) ayant gagné en maturité.

* technologies de captage, stockage et valorisation du CO₂ (CCUS-Carbon Capture, Use and Storage) qui consistent à capter le CO₂ dès sa source de production, à le stocker et à le valoriser.

INNOVATION

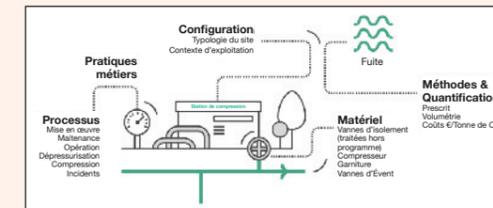
IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES STATIONS DE COMPRESSION

Réduire les émissions de méthane dans les stations de compression est un défi complexe nécessitant une approche globale. Cette approche englobe divers aspects, notamment (cf. schéma) :

- les processus opérationnels ;
- les pratiques métiers et configuration des sites ;
- le matériel ;
- et les méthodes de quantification.

L'objectif est d'optimiser la réduction des émissions de méthane, et cela implique la coordination de multiples acteurs et disciplines.

Le programme vise à anticiper les évolutions réglementaires et technologiques, à évaluer l'état des installations, à concevoir des solutions innovantes, à capitaliser sur les retours d'expérience, et à soutenir la mise en pratique de ces solutions.



De plus, étant donné la variété des causes de fuites de méthane, plusieurs approches peuvent être envisagées pour les résoudre. Le dispositif de réduction des émissions cherche à déterminer la meilleure combinaison de solutions, allant de la valorisation à la maintenance, en fonction des caractéristiques spécifiques des fuites. L'objectif est d'optimiser l'efficacité de la réduction des émissions en utilisant des opérations isolées ou combinées.



ACCEPTABILITÉ SOCIALE DES PROJETS BIOMÉTHANE AU SEIN DES TERRITOIRES

L'acceptabilité sociale des projets biométhane dans nos régions est d'une importance capitale. Bien que jusqu'à présent aucun projet n'ait été annulé en raison de désaccords avec les collectivités, les résidents ou les organismes locaux, il est essentiel d'intégrer cette dimension dans notre stratégie de déploiement. Cette considération pourrait potentiellement ralentir nos projets de plusieurs mois, voire de plusieurs années, en attendant que toutes les parties impliquées adhèrent pleinement.

Pour remédier à cette situation, nous avons engagé une collaboration avec les acteurs internes de GRTgaz, en mettant en avant les chefs de projet. Notre objectif est d'identifier des outils, des méthodes et des processus, tels qu'un kit de communication ou une plateforme de pilotage, qui permettront aux chefs de projet de disposer des ressources nécessaires pour créer des conditions optimales de réalisation des projets

biométhane. Cela implique un dialogue constructif entre les experts et les chefs de projet, afin de partager des expériences, notamment sur la gestion des défis liés aux aspects politiques et à la communication. En définitive, notre objectif ultime est que nos projets aboutissent en étant pleinement acceptés par toutes les parties prenantes.



NEW CH₄

Préparer
les réseaux
à l'arrivée
des méthanes
renouvelables
et bas-carbone



Dairo Ballestas Castro

Coordinateur du programme
NEW CH₄

Les filières gaz renouvelables et bas-carbone sont nécessaires à la réussite de la transition énergétique. En 2022, près de 150 installations de biométhane ont été mises en service, portant leur nombre total à plus de 500 sites en France, pour une production annuelle de 9 TWh/an. Cette dynamique devait se ralentir, notamment en raison de la baisse des tarifs d'achat décidée en 2020. Mais le contexte géopolitique actuel s'est traduit par le plan RePowerEU à l'échelle européenne et par le dépôt en France du projet de loi d'accélération du développement des énergies renouvelables. Ces initiatives pourraient redynamiser le biométhane et booster les filières émergentes. La filière pyrogazéification compte plusieurs projets commerciaux en cours d'étude en France et les premiers éléments montrent que la gazéification hydrothermale pourrait bénéficier du cadre du biométhane.

GRTgaz vise l'accélération du développement des nouveaux méthanes et leur injection à moindre coût. RICE contribue à atteindre ces objectifs avec le programme New CH₄ qui repose sur des valeurs fortes :

- soutenir l'industrialisation durable des infrastructures d'injection ;
- approfondir la connaissance des méthanes renouvelables et bas-carbone pour mieux gérer leurs impacts potentiels ;
- contribuer à l'émergence de technologies pertinentes de production de nouveaux méthanes.

Les orientations du programme convergent avec les besoins des opérateurs de gaz français, ce qui permet la mutualisation des efforts et l'avancée des travaux. Ainsi, en 2022, les travaux RDI ont été marqués par l'analyse des premières molécules de méthane de synthèse injectées en France, par l'avancement des pilotes RDI de pyrogazéification et par la première étude sur les composés traces des gaz issus de gazéification hydrothermale. Des réalisations qui s'appuient sur un solide réseau de partenaires à l'échelle française et européenne.

« Le plan européen RePowerEU et le projet de loi d'accélération du développement des énergies renouvelables en France pourraient redynamiser le biométhane et booster les filières émergentes. »



Connaître les nouveaux méthanés et maîtriser leurs impacts

CONTEXTE ET FINALITÉS DES TRAVAUX

L'enjeu des méthanés renouvelables et bas carbone (nouveaux méthanés) est que leur opération et usages soient comparables au gaz naturel. Cet objectif suppose de connaître les qualités des nouveaux méthanés issus de divers intrants et procédés de production : méthanisation de biomasses, gazéification hydrothermale d'intrants liquides, pyrogazéification de déchets solides. La qualité des gaz permet d'évaluer les impacts potentiels sur la chaîne de valeur du gaz. En cas d'impact, l'enjeu est de le maîtriser. Pour répondre à ces enjeux, RICE, en collaboration avec ses partenaires :

- Développe et met en œuvre des solutions d'analyse de gaz ;
- Réalise des études clés en évaluation d'impacts ;
- Étudie des solutions innovantes pour la gestion de l'O₂ dans le biométhane, composé ayant un impact sur certains usages selon sa teneur.

PRINCIPAUX CHALLENGES RDI

- Développer et optimiser des méthodes analytiques robustes permettant d'analyser des nouveaux méthanés de qualité diverses ;
- Appuyer l'industrialisation de chaînes analytiques fiables pour le contrôle ponctuel du biométhane de méthanisation ;
- Acquérir des connaissances de la qualité des nouveaux méthanés injectables, ainsi que des gaz non encore épurés issus des filières en voie d'émergence en France (pyrogazéification, gazéification hydrothermale, méthanation) ;
- Étudier les impacts potentiels associés aux diverses qualités des gaz, ainsi que les solutions techniques pour réduire ces potentiels impacts. Un défi spécifique concerne la gestion de l'O₂ dans le biométhane, qui nécessitera d'avoir un portefeuille de solutions adaptées à la diversité des conditions des points de la chaîne où la teneur en O₂ doit être réduite.

RÉALISATIONS 2022

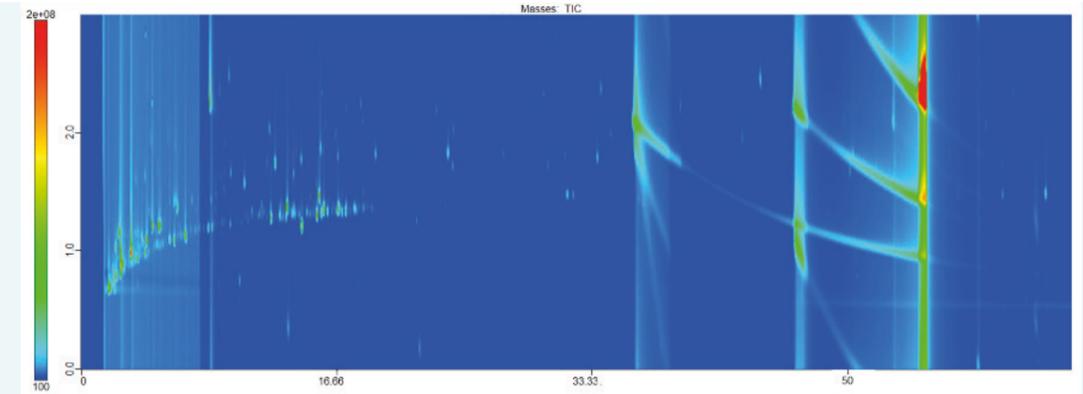
- Réalisation de cinq campagnes d'analyse de biométhane de méthanisation dans le cadre de l'étude CARABIO (CARActérisation des BIOMéthanés) cofinancée par GRTgaz, GRDF, Teréga et Storengy, ce qui porte à plus de 80 le nombre de campagnes réalisées depuis 2016 ;
- Pilotage de la phase 2.B du projet du GERG (Groupe européen de recherches gazières) sur les impacts du biométhane, avec la participation de RICE au conseil de surveillance et la réalisation de campagnes de caractérisation de bioGNL ;
- Consolidation de méthodes de caractérisation du gaz injecté lors de la 1^{ère} démonstration d'injection de méthane de synthèse en France (ENERGO, lauréat du bac à sable réglementaire) ;
- Évolution dans le développement de méthodes de caractérisation des nouveaux méthanés, dans le cadre d'une thèse avec l'école ESPCI Paris, École supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris (voir l'encadré "Projet phare" page suivante) ;
- Réalisation d'un *Open Innovation* multi-opérateurs des réseaux des gaz autour de solutions innovantes pour la gestion de l'oxygène dans le biométhane (voir l'encadré "Innovation" page suivante).

PERSPECTIVES 2030

Les perspectives 2030 impliquent la mutualisation des efforts des opérateurs français et/ou de l'Europe :

- Consolidation des apprentissages sur la qualité des biométhanés de méthanisation et leurs impacts potentiels ;
- Réalisation de campagnes d'analyses des gaz non encore épurés issus des pilotes RDI de pyrogazéification des partenaires de GRTgaz ;
- Acquisition de connaissances sur la qualité des gaz injectables issus des filières émergentes (pyrogazéification, gazéification hydrothermale) et sur leurs impacts potentiels, en amont de leur industrialisation en France ;
- Accompagnement des premiers projets d'injection des filières émergentes via des campagnes de caractérisation des gaz, dont le premier démonstrateur de gazéification hydrothermale ;
- Appui à GRTgaz dans l'établissement des stratégies de gestion des impacts qualité des gaz, incluant l'étude des solutions techniques pour la gestion de l'oxygène dans le biométhane.

PROJET PHARE



THÈSE ESPCI : ANALYSE SCREENING DES NOUVEAUX MÉTHANÉS

Dans le cadre d'un partenariat entre RICE et l'ESPCI Paris (École supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris), un doctorat se consacre, entre 2021 et 2024, au développement de chaînes analytiques pour le screening des composés traces dans les nouveaux méthanés. La technique d'analyse développée, fondée sur la chromatographie gazeuse bidimensionnelle, permet l'identification d'un large panel de composés présents parfois en quantités infinitésimales dans le gaz. La méthode d'échantillonnage a été mise au point en 2022. La chaîne analytique a été testée sur quelques gaz injectables ou pas encore épurés. Elle devra être optimisée et appliquée sur plusieurs campagnes d'analyses des gaz.

Partenariat
ESPCI Paris
Résultat atteint à
50%

INNOVATION



Partenariat
**GRDF, GRTgaz,
Storengy France et Teréga**
Résultat atteint à
20%

GESTION DE L'O₂ DANS LE BIOMÉTHANE DE MÉTHANISATION

Le biométhane présente des teneurs en oxygène supérieures à celles du gaz naturel. Afin garantir le développement du biométhane, GRTgaz, GRDF, Storengy France et Teréga se sont associés pour identifier des solutions permettant de maîtriser la teneur en oxygène sur la chaîne gazière. Un *Open Innovation* a été réalisé en 2022 pour faciliter la mise en œuvre de solutions de traitement de l'O₂. A partir de 2023, des études seront réalisées sur les lauréats et coups de cœur sélectionnés.



Catalyser l'émergence des filières nouveaux méthanes via la réalisation d'études et de campagnes d'essais sur les pilotes de production pertinents

CONTEXTE ET FINALITÉS DES TRAVAUX

Afin d'identifier les nouvelles filières émergentes et prometteuses de production de méthanes renouvelables et bas-carbone, RICE noue des partenariats avec différents secteurs : des territoires, des porteurs de technologies, des gestionnaires de déchets, des académiques, etc. L'accompagnement des filières émergentes, notamment la pyrogazéification* et la gazéification hydrothermale**, aident à s'assurer que les procédés de production permettront la valorisation de nouvelles ressources en énergie via la production de nouveaux méthanes injectables dans les réseaux.

Ces ressources s'avèrent complémentaires de celles adressées par la méthanisation. Ces travaux favoriseront le développement d'une économie circulaire grâce notamment à la réduction du volume et du traitement de déchets, initialement non valorisés et utilisés dorénavant comme intrants. Enfin, ils contribueront à l'émergence en France de technologies matures de production et de traitement des nouveaux méthanes, facteurs clés pour le démarrage et le développement durable de ces filières.

* Pyrogazéification : procédé de valorisation des déchets solides décomposant la matière en différentes molécules gazeuses en les chauffant à très haute température (entre 800 et 1500°), avec peu (ou pas) d'oxygène
** Gazéification hydrothermale : procédé de valorisation des déchets organiques liquides ou humides (voire secs, avec un apport d'eau unique) reposant sur une conversion thermo-chimique à haute pression (210 à 350 bar) et haute température (360 à 700°C). Sont produits des gaz renouvelables et bas-carbone injectables, et des co-produits inorganiques valorisables (minéraux, métaux, azote et/ou eau en fonction du déchet valorisé).

PRINCIPAUX CHALLENGES RDI

- Coupler des technologies plus ou moins matures (différents niveaux de TRL, *Technology Readiness Level*), soumis à des aléas propres à la RDI ; ce travail est réalisé notamment par les partenaires de RICE sur les pilotes RDI et démonstrateurs ;
- Analyser de façon fiable des gaz non encore épurés issus des pilotes de RDI afin de fournir des informations clés aux partenaires porteurs de technologies ;
- Analyser et réaliser des analyses de cycle de vie (ACV) permettant d'évaluer l'intérêt de ces technologies en termes de réduction des impacts environnementaux et de décarbonation de la chaîne des infrastructures gazières.

RÉALISATIONS 2022

- Poursuite des travaux de RDI au sein des pilotes RDI de pyrogazéification Titan V (lancé en 2020 dans les Pays de la Loire par Leroux & Lotz Technologies et Terrawatt), Synthane (technologie de la société ETIA basée à Compiègne) et Plainénergie (porté par un consortium réunissant des acteurs publics du département de l'Ain, des industriels, des acteurs académiques et une plateforme technologique), en partenariat avec GRTgaz ;
- Finalisation de la seconde phase du projet Méthagrid (méthanation* membranaire) ;
- Avancement dans les études pour le montage du démonstrateur de gazéification hydrothermale GHAMA, dans le cadre du Pacte pour la transition écologique et industrielle de la centrale de Cordemais et de l'estuaire de la Loire ;
- Réalisation de tests de gazéification hydrothermale d'intrants liquides en partenariat avec un acteur académique en Suisse.

* Méthanation : procédé qui permet de convertir le monoxyde de carbone (CO) et/ou le dioxyde de carbone (CO₂) en méthane (CH₄) par une réaction chimique avec le dihydrogène (H₂).

PERSPECTIVES 2030

- Finalisation des projets impliquant les pilotes RDI de pyrogazéification existants, en partenariat avec GRTgaz ;
- Participation au montage, lancement et suivi d'un démonstrateur de gazéification hydrothermale en France avec injection dans le réseau de transport.



PROJET PHARE



GAZÉIFICATION HYDROTHERMALE : UN PARTENARIAT AVEC L'INSTITUT PAUL SCHERRER

GRTgaz, l'Institut Paul Scherrer (PSI) et TreaTech se sont associés pour réaliser une étude expérimentale de gazéification hydrothermale d'une biomasse liquide. L'installation de gazéification hydrothermale a été développée dans le cadre d'un projet tiers. RICE a réalisé une campagne d'analyses complémentaires à celles réalisées en ligne sur le pilote. Le gaz obtenu, très riche en méthane, montre un potentiel intéressant pour une épuration pour injection dans les réseaux. Les composés traces mesurés sont similaires à ceux des gaz naturel, mais en plus faible concentration. La filière gazéification hydrothermale peut contribuer, aux côtés des autres filières méthanes renouvelables et bas carbone, à l'atteinte de la neutralité carbone en 2050.

Partenariat
**GRTgaz, PSI,
TreaTech**

Résultat atteint à
50%



Optimiser les infrastructures pour réduire le coût du transport

CONTEXTE ET FINALITÉS DES TRAVAUX

Le développement du biométhane et la réussite des filières émergentes supposent notamment de réduire les CAPEX et les OPEX* des postes d'injection. Aussi, les activités RDI de RICE relatives à l'industrialisation durable des infrastructures d'injection comprennent-elles :

- Des recherches permettant d'identifier et d'évaluer, dans les laboratoires de RICE, de nouvelles technologies d'analyse et d'odorisation pour les postes d'injection nouveaux méthanes ;
- L'appui aux travaux de conception des nouveaux paliers techniques des postes d'injection, via, entre autres, des études de modélisation de mélanges.

Depuis 2021, des tests des nouvelles versions des postes d'injection dans les laboratoires de RICE d'Alfortville sont menés sur une large gamme de conditions opératoires réelles typiques du terrain.

* CAPEX : dépenses d'investissement ; OPEX : dépenses d'exploitation

PRINCIPAUX CHALLENGES RDI

- Identifier des technologies techniquement fiables et au meilleur coût pour l'analyse et l'odorisation des nouveaux méthanes ;
- Évaluer les performances des analyseurs et des skids d'odorisation intéressants, suivant des modes opératoires et des modèles statistiques mis au point par RICE ;
- Dynamiser l'émergence de solutions d'analyse et d'odorisation en phase avec les besoins des opérateurs ;
- Évaluer les nouveaux postes d'injection de GRTgaz suivant des conditions opératoires propres du terrain, afin de réduire les problèmes potentiels lors de la mise en service ;
- Modéliser des mélanges du THT (tétrahydrothiophène, gaz odorant) avec les nouveaux méthanes afin d'optimiser la configuration des montages d'odorisation ;
- Concevoir et disposer d'étalons des gaz représentatifs des nouveaux méthanes.

La plupart de la RDI relative aux analyseurs et skids d'odorisation pour les postes d'injection est mutualisée avec GRDF.

RÉALISATIONS 2022

- Identification de nouveaux analyseurs intéressants pour l'analyse en ligne dans les postes d'injection de biométhane et des méthanes de synthèse ;
- Évaluation de plusieurs analyseurs dans les laboratoires de RICE à Villeneuve-la-Garenne, suivant des modes opératoires et des modèles statistiques mis au point par RICE, sachant que les tests ont impliqué des études d'impact de la température sur les mesures ;
- Reprise des études de modélisation des mélanges du THT avec le biométhane pour les postes d'injection GRTgaz ;
- Finalisation des tests d'une nouvelle technologie d'odorisation pour poste d'injection.

PERSPECTIVES 2030

Contribuer à améliorer les services de GRTgaz pour les producteurs des nouveaux méthanes grâce à des équipements offrant de meilleures performances par rapport à l'existant, et/ou des CAPEX/OPEX compétitifs permettant une diminution du coût de l'injection de biométhane :

- Identification et évaluation d'analyseurs et de skids d'odorisation pertinents pour application sur les postes d'injection nouveaux méthanes issus des filières émergentes, incluant des équipements compatibles avec plusieurs types de nouveaux méthanes ;
- Appui à l'émergence de solutions clés pour l'analyse et l'odorisation des nouveaux méthanes, compatibles avec les besoins des opérateurs des réseaux ;
- Optimisation de l'appui à la conception et des tests des nouvelles versions de postes d'injection de nouveaux méthanes issus de différentes filières.



PROJET PHARE

DES ANALYSEURS POUR POSTES D'INJECTION NOUVEAUX MÉTHANES

Le poste d'injection, actif clé des infrastructures des opérateurs des réseaux, est un service des opérateurs pour les producteurs de biométhane. Leur optimisation contribue au développement durable des filières nouveaux méthanes.

Les principaux paramètres des nouveaux méthanes sont mesurés en ligne avec des analyseurs représentant une part importante des coûts des postes. Un analyseur performant doit permettre d'obtenir des mesures fiables avec une opération durable et robuste. La RDI doit permettre de disposer de technologies moins coûteuses en conservant des performances adéquates, si possible avec des opérations plus rapides.

Les études comportent deux étapes clés :

- des efforts permanents pour identifier et dynamiser l'émergence de nouveaux analyseurs pertinents ;
- l'évaluation, dans les laboratoires de RICE de Villeneuve-la-Garenne, des performances de ces analyseurs.

Cette démarche est optimisée chaque année afin de répondre aux challenges dynamiques des filières nouveaux méthanes.

Partenariat GRDF, GRTgaz

Résultat atteint à 100%





PREPARE

Prospective
énergétique,
pilotage
et optimisation
des réseaux



Christophe OLRY
Coordinateur du programme
PREPARE

L'année 2022 est marquée par une succession inédite d'événements qui questionnent durablement le fonctionnement de notre système énergétique. La nouvelle situation géopolitique et les réponses réglementaires européennes et françaises (REPowerEU, loi d'accélération ENR...) poussent à des actions rapides et ciblées pour réussir une transition énergétique essentielle mais empreinte d'incertitudes.

Dans ce contexte, GRTgaz doit être en mesure de se projeter dans l'avenir, d'anticiper les ruptures et les évolutions possibles de ses infrastructures. Ces évolutions viseront notamment à adapter son réseau à la circulation des gaz renouvelables et de l'hydrogène, tout en garantissant la sécurité d'approvisionnement. Pour ce faire, GRTgaz explore les scénarios de mix énergétiques à l'horizon 2050 et leurs impacts sur les infrastructures au travers d'études prospectives multi-énergies ainsi que par l'utilisation et le développement de modèles prospectifs.

GRTgaz fait également évoluer ses outils de conduite et de dimensionnement. Pour répondre aux enjeux actuels liés à l'injection du biométhane et à l'émergence des gaz renouvelables, ces modèles métier s'orientent vers des fonctionnements plus dynamiques et vers une résolution temporelle plus fine. Le couplage de ces simulateurs physiques avec les modèles de marché multi-énergies permettra également d'éprouver la robustesse des mix énergétiques futurs.

Enfin, le réseau de GRTgaz de demain sera également un système optimisé grâce à un pilotage plus agile, reposant sur une instrumentation ciblée et sur une intégration de schémas d'exploitation locaux plus dynamiques et réactifs face aux besoins de consommation. Cela nécessite d'étudier, déployer à l'échelle et opérer de nouvelles chaînes et matériels communicants.

« La nouvelle situation géopolitique et les réponses réglementaires poussent à des actions rapides et ciblées pour réussir une transition énergétique essentielle mais empreinte d'incertitudes. » »

Explorer les scénarios multi-énergies 2050, dimensionner et optimiser le réseau de transport

CONTEXTE ET FINALITÉS DES TRAVAUX

La France s'est fixé comme objectif pour 2050 de réduire de 50 % la consommation énergétique finale par rapport à 2012, ainsi que d'atteindre la neutralité carbone. Cette ambition implique une transition énergétique empreinte de nombreux enjeux et incertitudes.

Pour GRTgaz, ce contexte requiert de disposer de scénarios multi-énergies (méthane, hydrogène, électricité...) à l'horizon 2050 permettant d'éclairer les décideurs et les feuilles de route à mettre en œuvre.

En parallèle, le système gazier se transforme. GRTgaz doit donc faire évoluer les modèles métier, affiner la représentation du vecteur gaz et de ses interactions avec les autres vecteurs énergétiques dans les scénarios, et adapter les outils de dimensionnement et d'optimisation du réseau aux infrastructures de demain.

PRINCIPAUX CHALLENGES RDI

- Explorer les mix énergétiques 2050 :
 - utiliser et développer de nouveaux modèles, ainsi que coupler certains modèles existants pour réaliser des études prospectives multi-énergies à l'horizon 2050 ;
 - renforcer les collaborations avec les opérateurs adjacents (électricité, chaleur...) afin de partager et enrichir nos connaissances dans la construction de ces scénarios.
- Optimiser la conduite et le dimensionnement des infrastructures :
 - faire le lien avec les scénarii prospectifs. Notamment, éprouver la robustesse des mix énergétiques futurs par le couplage des simulateurs physiques avec les modèles de marché multi-énergies ;
 - intégrer les nouveaux gaz, des fonctionnements plus dynamiques, ainsi qu'une résolution temporelle plus fine au sein des outils de conduite et de dimensionnement des réseaux.

RÉALISATIONS 2022

- Poursuite de l'approche collaborative sur la thématique prospective au travers de la participation à des appels à projets nationaux et européens, ainsi que par l'instruction de potentiels partenariats de RDI ;
- Consolidation de l'outil BIOZONE* par la prise en compte de la maille réseaux de distribution, l'optimisation des maillages et l'amélioration du modèle pour les scénarios d'injection élevée au niveau national ;
- Réalisation et optimisation d'études rebours conjointes et spécifiques avec les gestionnaires des réseaux de distribution gaz, permettant d'accompagner le développement des gaz renouvelables dans les territoires ;
- Refonte de l'outil MinOPEX (outil de minimisation des coûts d'exploitation du réseau de transport) afin d'améliorer les temps de traitement et de disposer d'un cœur de calcul tirant profit des architectures multicœurs, plus évolutif et adapté aux besoins métier (passage potentiel au multi pas de temps par exemple).

* BIOZONE : outil d'optimisation technico-économique qui vise à déterminer, pour chaque unité de production de biométhane, le meilleur raccordement possible aux différents réseaux dans le cadre de trajectoires d'investissements aux horizons 2030-2035.

PERSPECTIVES 2030

- Développement de partenariats avec des opérateurs nationaux et européens autour des outils prospectifs et des interactions entre les différents vecteurs énergétiques (gaz renouvelables, hydrogène, électricité, CO₂...);
- Amélioration des modèles de projection de la demande et des études prospectives multi-énergies à l'horizon 2050, sur différentes mailles spatiales et composantes technico-économiques ;
- Évolution des outils de dimensionnement et d'optimisation afin qu'ils soient à la fois plus dynamiques, multi-gaz et fonctionnent à différents pas de temps jusqu'au pas de temps horaire. Cette évolution s'appuyera notamment sur les synergies entre modèles prospectifs et modèles « physiques » de dimensionnement.

PROJET PHARE

ÉTUDE AVEC RTE SUR LES BESOINS D'INFRASTRUCTURES HYDROGÈNE ASSOCIÉS AU DÉVELOPPEMENT DE L'ÉLECTROLYSE ET LEVIERS D'OPTIMISATION AVEC LE SYSTÈME ÉLECTRIQUE

Mené conjointement avec RTE, ce travail mobilise différents outils de modélisation et de simulation issus de RTE et de GRTgaz et rapproche deux optimisations distinctes : la modélisation électrique réalisée par RTE, puis la modélisation hydrogène et méthane effectuée par GRTgaz.

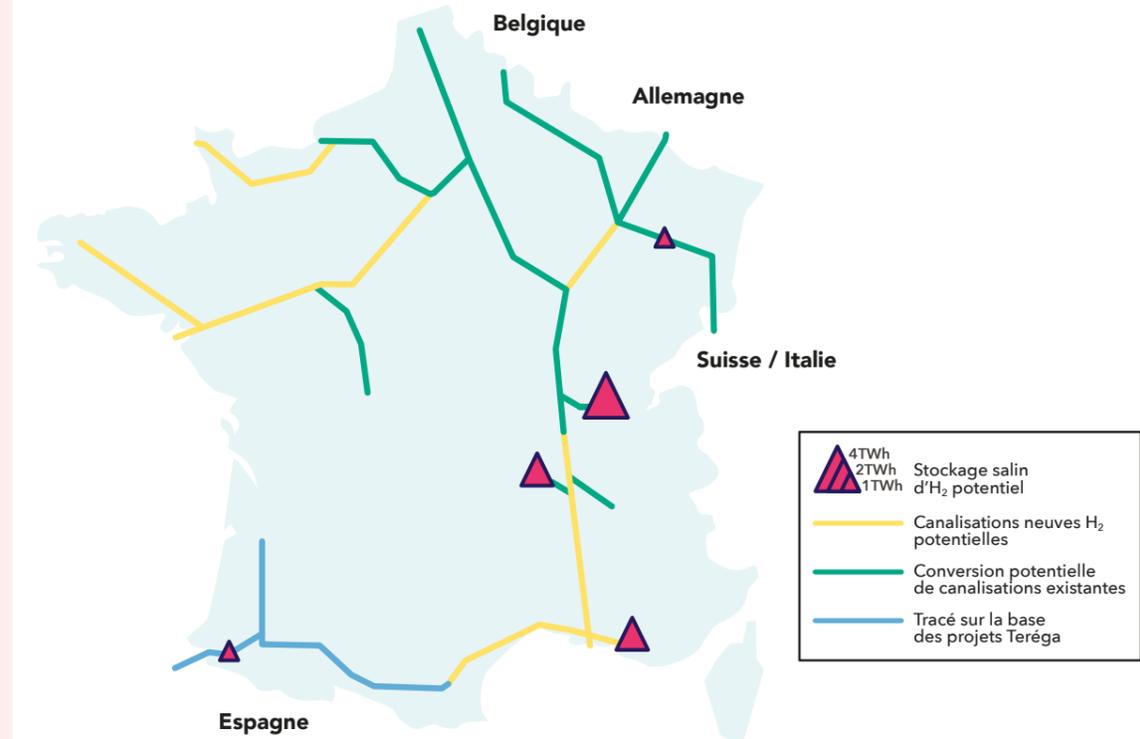
Dans cette étude à la maille nationale, diverses hypothèses de positionnement des électrolyseurs, de demande hydrogène, de flexibilité du système hydrogène et de transit d'hydrogène par la France sont explorées afin d'évaluer :

- les infrastructures de réseaux et de stockages d'hydrogène nécessaires au fonctionnement du système hydrogène dans ces différents scénarios ;
- les coûts et bénéfices associés au développement d'un système hydrogène flexible ;
- la sensibilité du besoin en infrastructures à différents paramètres.

Partenariat
RTE

Résultat atteint
publication réalisée en juillet 2023

Infrastructure de stockage et de réseau d'hydrogène considérée dans le scénario de référence





Piloter un réseau plus agile

CONTEXTE ET FINALITÉS DES TRAVAUX

GRTgaz pilote et exploite un réseau qui fait face à un contexte de transition rapide, où les acteurs sont multiples et les qualités de gaz différentes. En effet, à l'horizon 2050, le réseau de gaz renouvelable cohabitera avec un réseau dédié à l'hydrogène, le tout intégré dans un système énergétique fortement interconnecté (électricité, réseaux de chaleur...) et aux moyens de production décentralisés.

Dans ce contexte, le réseau de GRTgaz de demain sera un système optimisé grâce à un pilotage plus agile, reposant sur une instrumentation ciblée et sur une intégration de schémas d'exploitation locaux plus dynamiques et réactifs face aux besoins de consommation.

Le développement d'un réseau plus intelligent, le *Smart Gas Grid*, s'impose pour réussir cette transition, tout en maîtrisant les risques, les coûts, les émissions de gaz à effet de serre, ainsi qu'en assurant transparence et non-discrimination.

PRINCIPAUX CHALLENGES RDI

Le *Smart Gas Grid* nécessite d'étudier, de déployer à l'échelle et d'opérer de nouvelles chaînes et matériels communicants, de nouveaux flux de données et de nouveaux algorithmes, dans l'optique de :

- maximiser l'intégration de gaz renouvelables et bas carbone en optimisant les flux ;
- mettre en place un pilotage local et réactif en instrumentant, en adaptant le parc d'équipements et en développant les solutions numériques ;
- optimiser le nombre d'interventions sur site, tout en évaluant la pertinence de l'automatisation ;
- renforcer les interactions avec les opérateurs adjacents et faire évoluer les gouvernances avec ces derniers.

Sa réussite nécessitera dans le même temps de former et d'adapter les métiers aux évolutions du réseau et ses outils associés.

RÉALISATIONS 2022

- Tests complémentaires sur l'expérimentation « Téléajustage RAF » suivant différents cas d'usages et en coordination avec les principales parties prenantes du réseau : tests de changements de consigne du poste à distance, remontée de données via capteurs IoT (Internet des objets), fiabilisation de la prise de commande et du contrôle à distance ;
- Évaluation des besoins de pilotage d'une maille régionale du réseau gaz à l'horizon 2050 selon trois scénarios de consommation-production, afin d'identifier quels seront, en 2050, les comportements d'un réseau régional avec des équilibres locaux entre gaz renouvelables et consommations, de mesurer les besoins en installations gazières et d'en déduire les mouvements de gaz et le rôle du réseau principal ;
- Participation au lancement d'un *Proof Of Concept* pour une plateforme de partage de données à une maille locale (consommation, production et pilotage de réseau) ;
- Étude de faisabilité pour la réalisation d'un banc d'essai connecté et partagé.

PERSPECTIVES 2030

- Anticipation des besoins d'instrumentation sur un réseau 2030-2050 en forte transformation ;
- Évaluation des chaînes communicantes et de télé-action, notamment les passages de consignes automatisés asservis à la production de biométhane ;
- Solutions de matériels communicants opérationnelles pour un déploiement ultérieur à moyenne / grande échelle pour informer les clients et parties prenantes ;
- Information des clients et parties prenantes de la qualité du gaz en temps réel et de façon prédictive ;
- Développement des outils d'analyse (évaluation de fuite, défaillance) ;
- Renforcement des interactions avec les opérateurs adjacents, les producteurs, les industriels, ainsi qu'avec les différents vecteurs énergétiques.

PROJET PHARE

PEPITO, FUTURE PLATEFORME DE TESTS DE MATÉRIELS COMMUNICANTS

GRTgaz se dotera en 2023 d'une plateforme de tests de matériels communicants. Cette plateforme permettra de réaliser des tests automatisés pour générer des cycles (pression, débit) ainsi que des tests reproductibles dans un environnement de travail sécurisé : les développements s'en trouveront ainsi accélérés. De plus, les problématiques électroniques et numériques inhérentes aux projets actuels et futurs de GRTgaz pourront être spécifiquement adressées. Du matériel tel que des vannes,

des régulateurs, des compteurs pourront y être connectés et instrumentés. Les comportements du matériel seront analysés et alimenteront les cas d'usage suivants :

- maintenance prédictive (détection de fuite, analyse de défaillance) ;
- jumeau numérique ;
- analyse de nouveaux systèmes communicants.

Partenariat
Aucun

Résultat atteint
Réalisation du banc d'essais prévue en 2023





HYDROGÈNE

Préparer
les réseaux
à l'arrivée
de l'hydrogène



**Tanguy
MANCHEC**

Coordinateur du programme
HYDROGÈNE

Convaincu du rôle que l'hydrogène pourrait jouer dans la transition énergétique, GRTgaz s'est engagé dès le milieu des années 2010 dans une ambitieuse stratégie de développement de cette filière, notamment à travers le démonstrateur Jupiter 1000. Cette ambition s'est construite en parallèle d'un engagement national et européen qui n'a cessé de se réaffirmer. En mai 2022, le plan RePowerEU présenté par la Commission européenne a ainsi renforcé encore davantage la dynamique européenne en faveur de l'hydrogène, déjà fortement soutenue par les mesures du paquet *Fit for 55*¹ de 2021.

Afin de soutenir le positionnement de GRTgaz dans cette dynamique européenne, RICE articule les activités de son programme HYDROGÈNE autour de deux axes :

- garantir la sécurité et l'intégrité des actifs industriels de GRTgaz en présence d'hydrogène ;
- maintenir la qualité des missions assurées par l'opérateur de transport.

Les activités de RDI pilotées par RICE s'inscrivent dans une feuille de route de moyen terme qui permettra d'une part une intégration sécurisée des méthanés de synthèse pouvant contenir quelques pourcents d'hydrogène et d'autre part le bon déploiement des premiers projets industriels de GRTgaz en hydrogène pur. Ces projets sont notamment incarnés par MosaHYc (Moselle Sarre HYdrogène Conversion) annoncé pour 2027, H2MED en collaboration avec les transporteurs de gaz portugais, espagnol ainsi que TEREKA, et plus largement l'ensemble des futurs hubs sur lesquels GRTgaz a lancé en 2022 ses nouvelles «*Open Season*» (appels à manifestation d'intérêt), comme à Dunkerque, Valenciennes ou dans le sud de l'Alsace.

RICE mène également une stratégie résolument ambitieuse de partenariats internationaux concrétisée en 2022 avec les projets OPTHYCS, THOTH2 ou SafeH2Pipe qui bénéficient de financements européens. Ils permettront respectivement de lever des verrous sur les moyens de détection, de comptage ou la qualification de matériaux adaptés à l'hydrogène.

« **Le plan RePowerEU présenté par la Commission européenne en 2022 a renforcé la dynamique européenne en faveur de l'hydrogène.** »

1 Fit for 55 (« Paré pour 55 ») est un paquet de 12 propositions législatives de la Commission européenne visant à traduire concrètement l'objectif de réduction des émissions d'au moins 55% d'ici 2030, afin de respecter la trajectoire fixée par l'Accord de Paris.

Garantir la sécurité et l'intégrité des actifs industriels de GRTgaz en présence d'hydrogène

CONTEXTE ET FINALITÉS DES TRAVAUX

L'injection et le transport d'hydrogène, pur ou issu des méthanes de synthèse, doivent s'effectuer dans des conditions de sécurité similaires à celles appliquées lors du transport de gaz naturel. Ces impératifs de sécurité doivent s'appliquer quel que soit le type d'infrastructures, neuves ou existantes, et pour tous les éléments constitutifs du réseau de transport.

Ainsi, les activités conduites par RICE dans le cadre de ce sous-programme impliquent cinq domaines d'expertises faisant appel à des compétences spécifiques et à des bancs d'essais dédiés :

- Intégrité mécanique des canalisations et corrosion, pour comprendre et caractériser finement les interactions potentielles de l'hydrogène avec la structure cristalline des aciers constitutifs des canalisations du réseau, pour différentes concentrations d'hydrogène injectées ;
- Matériels de réseau afin de valider le bon fonctionnement des équipements du réseau (vannes, régulateurs, clapets, joints...) en présence d'hydrogène ;
- Sécurité pour simuler les éventuels risques générés par l'hydrogène et proposer des solutions de prévention des risques adaptées ;
- Nouveaux matériaux comme leviers de recherche d'alternatives à l'acier (PE, polymères et nouveaux matériaux) pour proposer des solutions technologiques nouvelles et compétitives pour la réhabilitation du réseau ou le déploiement de réseaux neufs.

PRINCIPAUX CHALLENGES RDI

- Vérifier la tenue mécanique et le bon fonctionnement des actifs de GRTgaz en présence d'hydrogène par des essais combinant vieillissement des aciers et des équipements du réseau en atmosphère hydrogène suivi d'une phase de mise sous contrainte ;
- Connaître et maîtriser l'effet de l'hydrogène sur les phénomènes dangereux afin d'adapter les procédures de mise en sécurité des exploitants et des ouvrages ;
- Identifier des solutions innovantes permettant de limiter l'impact de l'hydrogène. Cette protection des ouvrages peut passer par l'application de revêtements protégeant les équipements des effets de l'hydrogène ou par le déploiement d'équipements innovants en remplacement des canalisations et matériels actuellement utilisés.

RÉALISATIONS 2022

- Simulations numériques sur la tenue du réseau GRTgaz sous 2% H₂ : les équipes de RICE ont développé un outil de modélisation permettant d'évaluer de façon systématique la tenue du réseau à l'H₂. Cet outil permettra de déterminer pour l'ensemble du réseau les conditions d'exploitations maximales en termes de PMSH₂ (pression minimale de service) et ΔPH₂ (pression différentielle) ;
- Étude des nouveaux matériaux permettant la réhabilitation de canalisations existantes (par tubage) et/ou la pose de réseaux neufs. Ces matériaux doivent être économiquement compétitifs et sûrs pour permettre le transport des méthanes de synthèse et d'H₂ ;
- Actualisation du logiciel PERSEE+, outil interne de modélisation des conséquences de phénomènes dangereux présentés dans les études de dangers. La version 2.0 de PERSEE+ (actualisation initiée en 2018) présente désormais un niveau de précision satisfaisant pour les calculs de débit à la brèche, de dispersion, de surpression à l'inflammation et de feux de jet.

PERSPECTIVES 2030

- Compréhension, quantification et qualification de tous les impacts mécaniques que pourraient subir les aciers constitutifs des canalisations du réseau de transport en fonction de la concentration d'hydrogène injecté. La qualification des matériaux et l'adaptation du guide d'acceptation des défauts seront des actions requises en amont de la mise en exploitation progressive des projets de GRTgaz ;
- Caractérisation de l'influence de l'hydrogène sur les phénomènes dangereux. Cette compréhension permettra dans un second temps de développer et adapter les outils d'analyse et de simulation des phénomènes. C'est sur la base de ces outils de simulation que les méthodes de design et d'opération pourront être mises à jour ;
- Identification et sélection des technologies de réhabilitation les plus pertinentes afin de mettre en œuvre un projet démonstrateur de canalisation réhabilitée soit par *tubing (pipe in pipe)* soit par application d'un revêtement protégeant des effets indésirables de l'hydrogène.

PROJET PHARE

SIGNATURE ET MONTAGE D'UN PARTENARIAT INTER OPÉRATEURS SUR L'INTÉGRITÉ DES ACIERS

Engagées en faveur de l'intégration et/ou la conversion vers l'hydrogène des infrastructures gazières existantes, les sociétés GRTgaz, Teréga et Storengy, ont décidé de créer un « Workshop Intégrité », qui permettra de partager leurs efforts de R&D sur plusieurs années.

Signé à la fin de l'année 2022, ce partenariat aura pour objectifs de partager les retours d'expérience, de se coordonner sur les sujets à investiguer, de constituer une base de connaissance commune, de mutualiser les travaux R&D à forte valeur ajoutée et en lien avec l'impact de l'hydrogène sur la

ténacité des aciers présents sur les infrastructures de transport et de stockage du gaz naturel.

La complexité des études R&D sur ces thématiques implique d'associer des acteurs de référence qui conduisent d'ores et déjà des travaux de recherche en lien avec l'hydrogène. C'est ainsi que le CEA et l'Institut Pprime (Unité de recherche du CNRS, de l'ISAE ENSMA et de l'Université de Poitiers) sont associés à ces ateliers de réflexion et de partage.

Partenariat
**CEA, GRTgaz, laboratoire Pprime,
Storengy, Teréga**

Résultat atteint à
30% à la fin 2022



Maintenir la qualité des missions assurées par de l'opérateur de transport

CONTEXTE ET FINALITÉS DES TRAVAUX

L'injection et le transport d'hydrogène dans les réseaux ne doit pas s'effectuer au détriment des missions historiques liées au transport de gaz naturel. Ainsi, notamment pour les mélanges, les activités de mesurage (comptage et qualité de gaz), de pilotage des réseaux et de maintenance doivent perdurer avec le même niveau d'exigence et de qualité que pour le transport de gaz naturel seul.

Les activités de ce sous-programme se répartissent dans les domaines d'expertise suivants :

- Matériel de comptage pour valider et qualifier le fonctionnement des équipements du réseau en présence d'hydrogène (étanchéité, intégrité, validation de la métrologie) et assurer une veille et accompagner le développement des nouvelles solutions de comptage adaptées à l'hydrogène ;
- Qualité des gaz afin de disposer d'analyseurs capables de mesurer correctement les flux d'hydrogène pur et/ou en mélange. Cette mesure constitue un défi par rapport à l'existant dans la mesure où l'injection d'hydrogène impacte la mesure du Pouvoir Calorifique Supérieur (PCS) du gaz naturel, et par conséquent la facturation du gaz mais également d'autres indicateurs de qualité gaz (indice de Wobbe, densité, composition...);
- Le pilotage du réseau en hydrogène pur ou en mélange implique d'adapter les outils actuellement utilisés au sein de GRTgaz. Pour cela, il est nécessaire de définir les règles de pilotage induites par la présence d'hydrogène dans le réseau et de spécifier les nouveaux besoins et données nécessaires à la conduite du réseau.

PRINCIPAUX CHALLENGES RDI

- Assurer le transport du gaz en maintenant le niveau d'exigence actuel quel que soit la teneur en hydrogène. Cette volonté implique d'assurer la compatibilité des outils de comptage avec l'hydrogène afin de garantir la juste facturation aux consommateurs finaux. La mission du transporteur ne peut être accomplie que si les outils de pilotage du réseau sont également compatibles avec l'hydrogène, ce qui nécessite une adaptation des outils de calcul et de modélisation des flux ;

- Prolonger nos engagements contractuels de transporteur d'énergie envers nos clients et la Commission de régulation de l'énergie (CRE) en présence d'hydrogène. Afin d'alimenter les acteurs « consommateurs d'hydrogène », GRTgaz doit être en mesure de garantir la qualité du gaz acheminé et sa compatibilité avec les spécifications techniques consommateurs, quel que soit leur secteur d'activité (industriel, mobilité, énergéticiens...).

RÉALISATIONS 2022

- Évaluation de l'impact des fuites d'hydrogène sur le réchauffement climatique : l'objectif de cette étude était de comprendre et synthétiser les liens entre émission des molécules d'hydrogène et effet de serre. Les résultats permettent d'établir que l'H₂ n'est pas un GES « direct » mais sa présence dans l'atmosphère a bien un effet sur le réchauffement climatique : il s'agit d'un GES « indirect » ;
- Implémentation de bornes pour contrôler le taux de H₂, sur le Pouvoir Calorifique Supérieur (PCS) dans BAMBOU : cette activité constitue la première action permettant d'adapter les outils de pilotage du réseau GRTgaz à un environnement H₂. Le mode opératoire construit au cours de l'année permet notamment d'administrer l'outil BAMBOU à 2% H₂.

PERSPECTIVES 2030

- Construction des outils permettant le pilotage de réseaux d'H₂ pur, que ce soit pour l'aide à la décision sur le dimensionnement des réseaux, pour les cœurs de calcul des outils de GRTgaz ou le développement de nouveaux outils d'optimisation des OPEX / CAPEX (dépenses d'exploitation / dépenses d'investissement) en 100% H₂ ;
- Caractérisation des usages H₂ dans les différents secteurs économiques pour évaluer la qualité d'hydrogène compatible avec les process industriels et les éventuels besoins d'adaptation de ces process ;
- Qualification d'analyseurs permettant de mesurer finement la qualité de l'hydrogène et identifier les éventuels composés traces qui seraient issus des installations de production de l'hydrogène.

PROJET PHARE

CAMPAGNE D'ESSAI SUR DES VANNES EN MÉLANGE GAZ NATUREL / H₂

Avec l'injection croissante d'hydrogène dans les infrastructures gazières, l'impact de l'introduction de cet H₂ doit être évalué sur les composants des turbines à gaz à haut rendement. RICE a mené une première campagne de tests sur différentes vannes pour un de ses clients historiques, simulant plusieurs teneurs d'hydrogène en mélange avec le gaz naturel.

Grâce aux bancs de la plateforme FenHYx dédiés aux matériels de réseaux, les experts RICE ont réalisé un grand nombre de mesures, portant

notamment sur l'étanchéité (interne et externe) et le temps de déclenchement (ouverture et fermeture) du matériel.

Ces mesures ont été effectuées pour différentes configurations de pression, représentatives des conditions d'exploitation du réseau. Elles ont révélé un besoin d'adaptation des équipements testés pour répondre dans la durée aux exigences des fournisseurs et exploitants.

Partenariat
Confidentiel

Résultat atteint à
100%
pour la campagne d'hydrogène
en mélange avec le gaz naturel



Plateforme Jupiter 1000 : préparer l'émergence de la filière Power-to-Gas française

CONTEXTE ET FINALITÉS DU PROJET

Le projet collaboratif Jupiter 1000 prépare l'émergence de la filière Power-to-Gas française en mettant en œuvre à l'échelle industrielle :

- Une installation de production d'hydrogène de 1MWe via deux technologies différentes d'électrolyse : alcaline et PEM (Proton Exchange Membrane) ;
- Une unité de captage et valorisation de CO₂ industriel (rejeté par la chaudière d'Asco Industrie, une aciérie située à proximité) pour alimenter la réaction de méthanation ;
- Une unité de méthanation pour convertir l'hydrogène vert issu de l'électricité renouvelable et le CO₂ capturé, en méthane de synthèse.

Il s'agit également de tester l'injection de l'hydrogène et du méthane produits dans le réseau de transport de GRTgaz et la capacité de celui-ci à servir de stockage pour gérer les variations des productions électriques renouvelables.

Le pilote est localisé à Fos-sur-Mer (Bouches-du-Rhône), sur une plateforme Innovex du Grand Port Maritime de Marseille (GPMM) dédiée à l'accueil de démonstrateurs préindustriels en lien avec l'innovation et la transition énergétique.

PRINCIPAUX CHALLENGES RDI

- Tester le captage de CO₂ ;
- Réaliser les essais de performance du méthaneur ;
- Réaliser les essais sur le site en pilotage optimisé, à distance, avec nos partenaires ;
- Capitaliser sur les enseignements de Jupiter 1000 et les partager.

Projet financé par :



RÉALISATIONS 2022

- Mise en service de la chaîne complète de capture du CO₂ (2023) ;
- Finalisation de la mise au point des équipements (électrolyseurs, compresseurs) ;
- Essais de performance des électrolyseurs ;
- Installation du captage de CO₂ ;
- Premiers essais du méthaneur avec du CO₂ en bouteilles puis mise en service mi-2022 du méthaneur construit par Khimod, appuyé par le CEA, qui a produit ses tous premiers m³ de gaz.

PERSPECTIVES 2030

- Poursuite des essais ;
- Réflexions sur l'usage futur du site, une fois le projet Jupiter 1000 achevé, afin d'accroître la connaissance sur l'hydrogène et les équipements industriels associés.



PROJET PHARE

CMA CGM, UN PARTENAIRE SUPPLÉMENTAIRE POUR JUPITER 1000

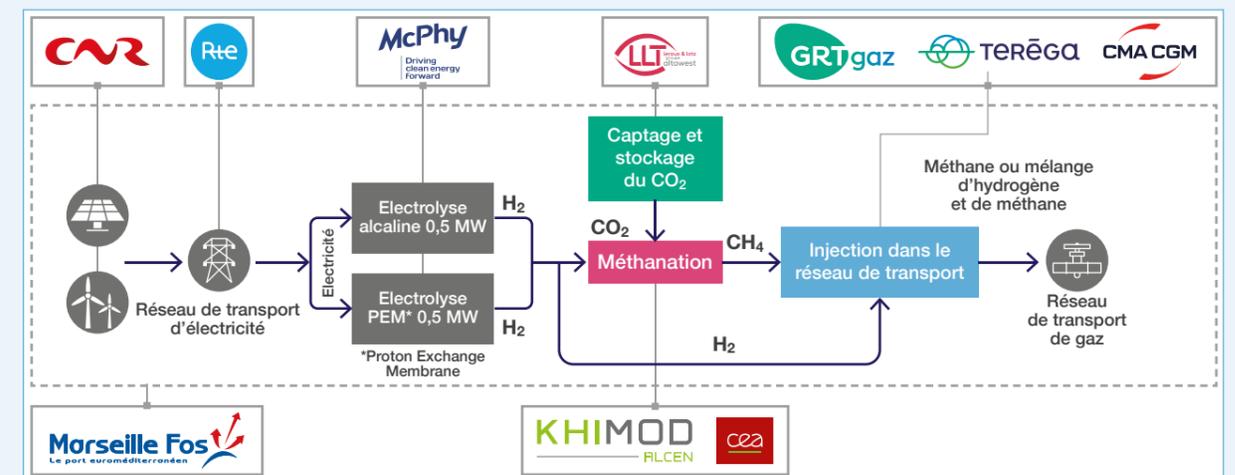
En 2022, CMA CGM, opérateur mondial du transport maritime et de la logistique, a rejoint les partenaires du démonstrateur industriel Jupiter 1000. Ce groupe montre ainsi tout son intérêt pour le méthane de synthèse, une des solutions pour les futurs carburants très bas carbone de sa flotte.

Fin 2022, le projet collaboratif Jupiter 1000 compte donc parmi ses partenaires actifs :

- **McPhy**, en charge de la conception et de l'installation des électrolyseurs ;
- **Leroux & Lotz** qui construit l'unité de captage de CO₂, sur le site d'Ascométal, à moins de 2 km de Jupiter 1000 ;
- **Khimod** qui assure la conception et l'installation de l'unité de méthanation ;
- la **CNR** qui fournit l'électricité renouvelable nécessaire au fonctionnement du site et sera également partie prenante dans les tests

de pilotage du site ;

- le **CEA** qui assure la conduite des tests et la modélisation technico-économique du démonstrateur ;
- le **Grand Port Maritime de Marseille** (GPMM), en charge de la mise à disposition de la plateforme pour le projet, de sa viabilisation, ainsi que de la construction de la canalisation de CO₂ entre l'unité de captage et le site ;
- **TEREGA** et **RTE** qui participent au financement et apportent leur expertise ;
- **CMA CGM** qui apporte un financement complémentaire ;
- **GRTgaz** en charge de l'intégration globale du projet, de la conception et la construction de la plateforme avec notamment un poste de mélange et d'injection, et de l'exploitation.



www.jupiter1000.eu
X (Twitter) : @Jupiter1000PtG



GRTgaz a démarré la production d'e-méthane sur son site Jupiter 1000



CMA CGM devient partenaire du projet Jupiter 1000



Visite virtuelle de Jupiter 1000



FenHYx : préparer les infrastructures à l'injection d'hydrogène

CONTEXTE ET FINALITÉS DU PROJET

Afin d'accompagner le développement de la filière et l'utilisation de l'hydrogène, RICE a investi dans des nouveaux moyens techniques pour convertir les réseaux de gaz naturel en réseaux d'hydrogène, regroupés au sein du projet FenHYx (*Future Energy Network for Hydrogen and miX*). Objectif : tester la capacité des infrastructures gazières existantes, comme nouvelles, à transporter et intégrer l'hydrogène. En effet, favoriser l'utilisation des réseaux de gaz existants pour le transport de l'hydrogène représente la solution la plus respectueuse de l'environnement, la plus flexible et la plus compétitive.

Suite à l'inauguration de la plateforme RDI située à Alfortville (94) en novembre 2021, les différents bancs de FenHYx sont entrés en service au cours du premier trimestre 2022.

PRINCIPAUX ESSAIS RDI

Les différents bancs de FenHYx permettent des essais de caractérisation mécanique (essais de traction, de ténacité, de propagation de fissure, de fatigue) sous pression (jusqu'à 100 bars de chargement gazeux hydrogène et mélanges).

- Étude des phénomènes de corrosion :
 - une autoclave électrochimique permet d'étudier le vieillissement d'échantillons (en flexion, pré-fissurés, revêtus ou nus, métalliques ou polymères...) sous chargement gazeux, électrolytique ou électrochimique avec ou sans contrainte statique ;
 - une cellule de perméation permet de mesurer les flux de perméation (hydrogène et mélanges avec éventuellement des éléments traces et impuretés dans la matrice gaz) à travers des plaques minces et coupons métalliques, à des pressions de 10, 100 ou 200 bars et une température pouvant varier de 0 à 200°C.
- Impact de l'hydrogène sur les équipements :
 - essais sous pression (0 à 100 bars) de matériel en environnement hydrogène (hydrogène et mélanges variés – gaz non corrosifs uniquement) avec un conditionnement climatique (-20 °C à + 60 °C) ;
 - vieillissement statique en environnement hydrogène avec suivi périodique des performances dynamiques des équipements.

RÉALISATIONS 2022

Le module dédié aux matériels de réseaux a notamment permis d'amorcer le vieillissement de différents équipements (régulateurs, robinets, soupapes...) dans des atmosphères composées de mélanges de gaz naturel et d'hydrogène, à différentes teneurs. Cette phase de vieillissement constitue la première étape des études de compatibilité des matériels de réseau avec l'hydrogène. Une seconde étape visant à vérifier le bon fonctionnement des équipements à la suite de leur exposition prolongée à une atmosphère comprenant de l'hydrogène sera réalisée en 2023.

PERSPECTIVES 2030

La plateforme de recherche FenHYx démontre l'engagement de RICE à devenir l'un des leaders mondiaux de la RDI pour l'injection d'hydrogène dans les infrastructures de transport, distribution, stockage et les terminaux méthaniers.

GRTgaz est convaincu que le développement de l'hydrogène passe par la disponibilité d'une infrastructure capable de transporter et de stocker de grandes quantités d'hydrogène, reliant des bassins de production et de consommation entre eux, tant à l'échelle locale, nationale qu'au niveau européen. Ainsi, la plateforme FenHYx permet d'accélérer à la fois la transformation des infrastructures gazières et les collaborations avec des partenaires académiques, des *start-ups* industrielles françaises et européennes pour favoriser l'émergence d'un nouveau vecteur indispensable à la transition énergétique : l'hydrogène.



INNOVATION

FENHYX, AU CŒUR DE PROJETS COLLABORATIFS EUROPÉENS

En complément des campagnes d'essais réalisées pour GRTgaz et des clients externes, la plateforme FenHYx représente également un atout pour le montage de partenariats et pour répondre à des projets européens d'envergure.

L'hydrogène : un objectif partagé à l'international

Trois ans d'études et de travaux ont été nécessaires à la construction de la plateforme FenHYx, l'une des premières du genre en Europe. Ils ont été conduits sur un mode résolution collaboratif : des ateliers ont été menés avec les différentes directions de GRTgaz et les experts de RICE pour définir les besoins du programme d'essais ; l'expertise des équipes ayant travaillé sur des projets hydrogène existants comme Jupiter 1000 a été sollicitée ; de nombreux échanges ont été organisés avec les autres transporteurs de gaz européens.

La conversion des réseaux de gaz au transport d'hydrogène constitue en effet un objectif partagé par de nombreux opérateurs européens. Confrontés aux mêmes défis, dotés du même type d'installation, ils explorent les mêmes voies de

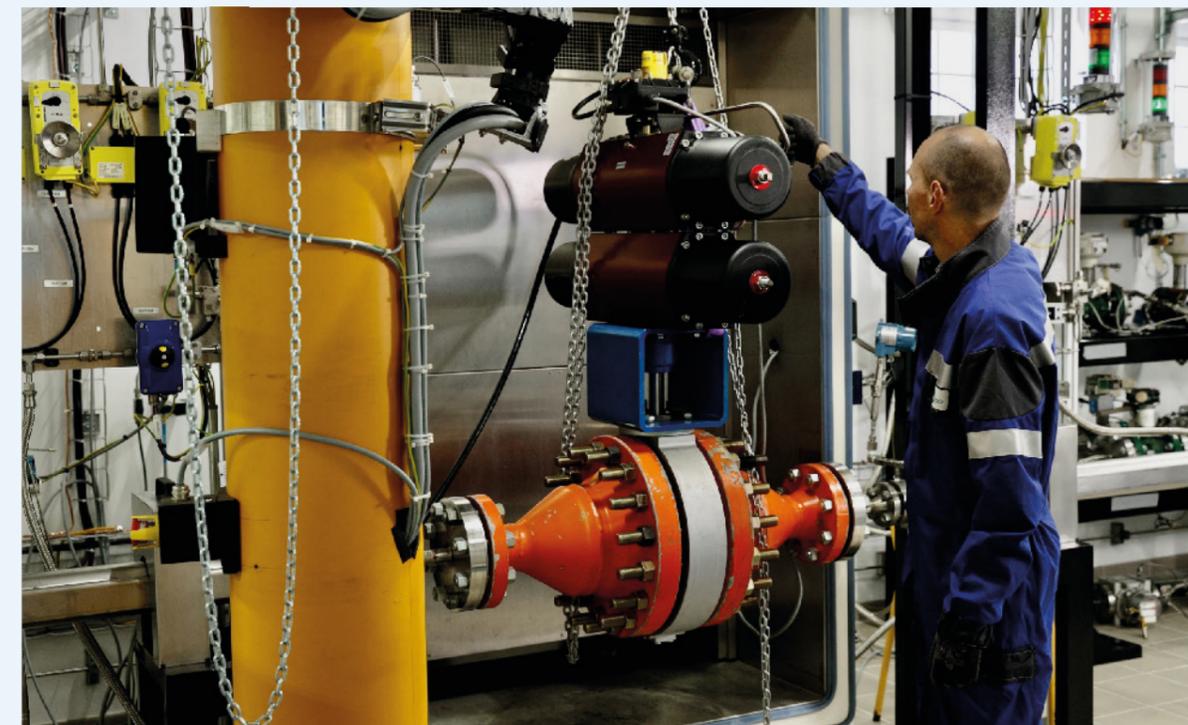
progrès que GRTgaz, sans pour autant disposer des mêmes capacités de recherche. D'où leur intérêt pour les moyens d'essais mis en place par RICE afin de réaliser leurs propres programmes.

Trois consortiums rejoints

En 2022, RICE a rejoint trois consortiums dont les propositions ont été retenues :

- **CandHY** : évaluation de la compatibilité avec l'hydrogène des matériaux métalliques (hors acier) utilisés pour les réseaux de distribution de gaz ;
- **SafeH₂Pipe** : alignement des lignes directrices pour la sélection et la qualification des matériaux pour un transport de mélanges d'hydrogène et de gaz naturel dans les pipelines européens ;
- **THOTH₂** : définition des méthodes d'essai et des exigences relatives aux dispositifs de mesure des fluides comprenant de l'hydrogène.

Dans le cadre de ces projets, GRTgaz sera notamment en charge de caractériser le fonctionnement des équipements sur les bancs de la plateforme FenHYx.



researchbyrice.com
grtgaz.com



twitter.com/@grtgaz
twitter.com/@RICE_Energy



linkedin.com/company/
rice-research-innovation-center-for-energy/

GRTgaz

Siège social — Immeuble Bora — 6 rue Raoul Nordling — 92277 Bois-Colombes cedex — 01 55 66 40 00

RICE

1-3 rue du commandant d'Estienne d'Orves — 92390 Villeneuve-la-Garenne — 01 41 11 59 30