

» Une « gigafactory » d'électrolyseurs à Vendôme

Elogen, entreprise française de l'hydrogène, pourrait produire dès 2025 des électrolyseurs de grande capacité dans une usine située dans le Loir-et-Cher. Elle pense produire jusqu'à 1 GW par an dans ce nouveau site.

L'usine de Vendôme va produire des électrolyseurs PEM (*Proton Exchange Membrane*, figure 1) d'une puissance de 1 MW, pouvant fonctionner jusqu'à 1,3 MW en pointe. Ces électrolyseurs de haute puissance sont extensibles de manière modulaire (figure 2). L'usine de Vendôme sera la deuxième unité de production d'électrolyseurs d'Elogen, après celle des Ulis (Essonne), opérationnelle depuis janvier 2022 et qui produit déjà l'équivalent de 160 MW. Elogen se positionne comme leader français de l'électrolyse PEM.

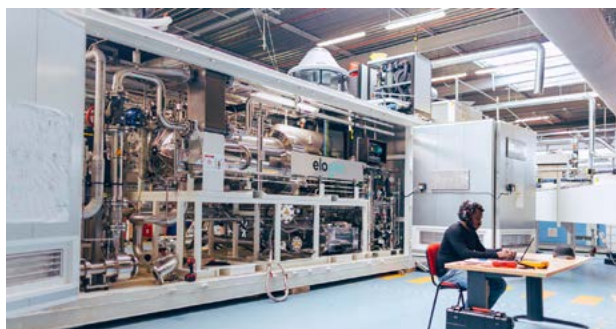


Figure 1 : Electrolyseur d'Elogen PEM dans un conteneur – source Elogen.

Les différents procédés d'électrolyse

Il existe actuellement trois types de procédés pour produire de l'hydrogène par électrolyse (Cf. tableau 1) : l'électrolyse alcaline, l'électrolyse PEM et l'électrolyse SOEC à haute température (*Solide Oxide Electrolyser Cell*).

Electrolyse	Echange	Direction	Température	Equation
Alcaline	HO ⁻	Cathode vers anode	60-80°C	$4\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2 + 4\text{HO}^-$ $4\text{HO}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$
PEM	H ⁺	Anode vers cathode	50-80°C	$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ $4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2$
Haute température	O ²⁻	Cathode vers anode	600-900°C	$2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2 + 2\text{O}^{2-}$ $2\text{O}^{2-} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^-$

Tableau 1 : Les différents procédés d'électrolyse de l'eau.

- La production d'hydrogène par électrolyse alcaline est réalisée à pression atmosphérique, sachant qu'elle peut aussi être opérée sous une pression supérieure. La production à plus forte pression présente l'avantage de garantir une meilleure flexibilité, ainsi qu'un meilleur rendement. Le rendement énergétique de l'électrolyse alcaline sous pression se situe aux alentours de 70 %.

- L'électrolyse à membrane échangeuse de protons (PEM) est une alternative sérieuse à l'électrolyse alcaline. En effet, cette technologie très réactive semble optimale pour adapter en continu une production d'hydrogène aux fluctuations de disponibilité électrique et au besoin en hydrogène. De plus, elle présente un rendement énergétique supérieur aux électrolyseurs alcalins. Elle a l'avantage d'être de plus en plus utilisée également en sens inverse (en mode pile à combustible) par les acteurs de la mobilité, pour la motorisation de leurs véhicules.

- La technologie d'électrolyse à haute température (SOEC) n'est pas encore suffisamment mature pour envisager une application industrielle. Le concept reste toutefois prometteur, en particulier grâce à son rendement élevé, et permet de valoriser la chaleur fatale issue de l'industrie sidérurgique.

L'histoire d'Elogen

A l'origine, la start-up H2TEC a été créée en 1997 au sein de l'Ecole polytechnique, spécialisée dans la R&D des technologies sur l'hydrogène. En 2014, la start-up est devenue Areva H2Gen, elle-même rachetée en 2020 par le groupe GTT (GazTransport & Technigaz), groupe technologique et d'ingénierie spécialisée dans le transport et le stockage des gaz liquéfiés. L'entreprise devient Elogen en février 2021. Elogen emploie pour l'instant 50 collaborateurs, tous sur le site des Ulis. Son chiffre d'affaires a été de cinq millions d'euros en 2021.

L'usine de Vendôme

L'usine de Vendôme devrait occuper 20 000 m², située dans la zone d'activités de la gare TGV. Elle représentera un investissement de plus de 50 millions d'euros du groupe GTT, propriétaire d'Elogen, et fait partie des 15 premiers projets du volet hydrogène de France Relance, doté de sept milliards d'euros. Ce projet doit encore être validé par la commission européenne pour bénéficier d'un appui financier. En cas d'accord, la capacité de production d'électrolyseurs devrait atteindre plus d'un GW à l'horizon 2030.

Une filière industrielle de l'hydrogène se met en place en France

Outre Elogen, trois autres acteurs se sont déclarés pour implanter des « *giga*factories » en France : McPhy, Genvia et John Cockerill. Des projets PIICE (projet important d'intérêt commun européen) sont en cours d'instruction par la commission européenne pour pouvoir bénéficier des aides massives de France Relance et des investissements d'avenir.

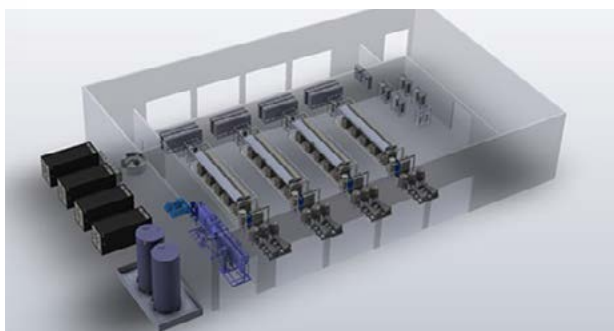


Figure 2 : Système d'électrolyse de haute puissance – Source Elogen.

Coopération avec le monde académique

Elogen s'est associée à l'université Paris-Saclay pour accélérer ses recherches dans le domaine de la production d'hydrogène bas carbone. Les compétences de l'université, reconnues dans le domaine des procédés chimiques et électrochimiques et dans celui des sciences des matériaux, vont être très utiles pour améliorer l'efficacité des électrolyseurs et pour abaisser le coût de la production d'hydrogène.

Les deux partenaires envisagent de créer ensemble un nouveau laboratoire. Des programmes de recherches doctorales vont être mis en place ainsi que des projets d'études pour les étudiants de l'université Paris-Saclay. ■ GS

La fermeture du réseau de boucle locale cuivre est engagée

Avant d'autoriser Orange à fermer son réseau de boucle locale cuivre à horizon 2023, le régulateur des Télécommunications (ARCEP) avait imposé à l'opérateur un certain nombre de conditions dont la production d'un plan de fermeture soumis à consultation publique. Cette étape vient d'être franchie par la publication de ce plan le 7 février 2022 et l'ouverture de la consultation.

Le réseau de boucle locale cuivre d'Orange

Ce réseau construit pour sa majeure partie à partir du début des années 1970 pour faire face à la croissance de la demande téléphonique et permettre le rattrapage de la deuxième moitié des années 70, aura non seulement porté le service téléphonique de façon quasi-exclusive jusqu'au milieu des années 90 (fin 2004 il y avait encore plus de 30 millions de lignes cuivre raccordées au réseau téléphonique commuté (RTC)) mais aussi les services numériques du RNIS et enfin des services de données à haut débit d'accès à Internet avec le déploiement des techniques DSL sur cette infrastructure dans la deuxième moitié des années 90.

Il est constitué d'un réseau de paires de cuivre dont la longueur peut dépasser le kilomètre organisé en étoile autour de locaux dénommés NRA (nœuds de raccordement d'abonnés) : ces locaux abritent les équipements de raccordement des lignes au RTC et les équipements de multiplexage DSL. Leur nombre dépassait 20 000 en 2019.

Ce réseau construit et exploité par la DGT puis France Telecom et enfin Orange est aussi utilisé par ses concurrents depuis la mise en œuvre du dégroupage de la boucle locale imposé pour développer la concurrence face à l'opérateur historique. Ce dernier en louant ses lignes de cuivre à ses concurrents leur a permis de faire des offres à haut et très haut débit et également des offres de service de téléphonie sur IP sans avoir à investir dans des équipements de type RTC. L'opérateur historique a lui-même développé des services de VoIP et peu à peu il est entré dans une phase de contraction de son réseau RTC dont les équipements vieillissants et difficiles à maintenir étaient trop nombreux pour le nombre de lignes téléphoniques et le trafic à desservir.

Parallèlement, la France a entrepris un déploiement à grande échelle de la fibre optique pour la fourniture de services à très haut débit : fin juin 2021 plus de 60 % des locaux en France étaient, selon l'ARCEP, éligibles à un raccordement en fibre optique : de juillet 2020 à juin 2021 le nombre de raccordements en fibre optique a crû de 3,8 millions. L'objectif du gouvernement français est qu'en 2025 le raccordement en fibre optique soit disponible sur l'ensemble du territoire national. La progression du nombre de raccordements optiques s'accompagne de la décroissance du nombre de lignes cuivre actives : il a diminué de plus de 15 % entre 2018 et 2020. Ainsi Orange et les opérateurs se trouvent à devoir gérer et entretenir deux réseaux d'accès, l'un en fibre optique, l'autre en cuivre : cette situation peu viable économiquement dans le temps a amené Orange à proposer en 2019 l'arrêt de son réseau cuivre à partir de 2023. Le régulateur a reconnu la légitimité de cette approche mais a imposé un certain nombre de conditions à respecter comme :



- - l'accessibilité de services de remplacement sur fibre pour les locaux connectés en cuivre avant la fermeture ;
- la distinction entre fermeture commerciale - après laquelle il n'est plus fourni de nouveaux accès cuivre - et fermeture technique ;
- la possibilité d'organiser la fermeture commerciale par plaques géographiques ou éventuellement à l'adresse individuelle ;
- des délais minimaux de prévenance avant fermeture commerciale...

De plus l'ARCEP a imposé à Orange de préparer un plan de fermeture globale qu'elle soumettrait à consultation publique : c'est ce plan qui vient d'être publié.

Le plan de fermeture proposé par Orange

Il tire profit des expérimentations de fermeture menées à partir de 2020 sur quelques territoires avec les différents acteurs concernés, les opérateurs commerciaux (OC), ceux qui fournissent le service au client final et doivent lui proposer un service de remplacement, les opérateurs d'infrastructure (OI) qui doivent être capables de fournir les services d'infrastructure adaptés aux opérateurs commerciaux. Deux enseignements essentiels ont été tirés des expérimentations : la réussite de la fermeture technique est étroitement liée à la capacité de l'opérateur commercial à faire migrer ses clients vers une offre de substitution sur fibre dans un délai donné et l'arrêt complet du réseau cuivre impose un mode industriel de fonctionnement

et une anticipation dans le traitement des cas particuliers complexes en poursuivant des expérimentations.

Comme le montre la figure 1, le plan proposé s'articule autour du jalon de fin 2025 date à laquelle le gouvernement prévoit la couverture totale du territoire par la fibre. La période de 2022 à fin 2025 constituera une phase de transition, la phase de fermeture à grande échelle interviendra de 2026 à 2030.

Orange propose de retenir la commune comme maille de la fermeture technique du réseau de préférence à celle du NRA qui n'est pas connue des clients. Elle permet aussi de bénéficier plus aisément du soutien des élus dans la communication vers les clients concernés. Les communes pour lesquelles la fermeture technique doit intervenir la même année constituent un lot annuel de fermeture technique. Huit lots annuels sont prévus, trois dans la phase de transition, et cinq dans la phase de fermeture.

La phase de transition doit permettre de poursuivre les expérimentations, et par une montée en charge progressive des fermetures techniques de mettre au point, avec l'ensemble des acteurs concernés la démarche industrielle indispensable au succès de l'ensemble du plan de fermeture. L'expérimentation de l'arrêt du RTC menée depuis 2018 par Orange a montré qu'il était difficile pour les opérateurs commerciaux de gérer indépendamment arrêt du RTC et arrêt du réseau cuivre vis à vis de leurs clients sans risquer notamment une double migration de certains clients. C'est pourquoi Orange a décidé d'intégrer le projet d'arrêt du RTC dans le projet d'arrêt du réseau cuivre.

Après avoir déjà engagé dès 2021 la fermeture commerciale anticipée à l'adresse des offres à haut débit sur cuivre, Orange envi-

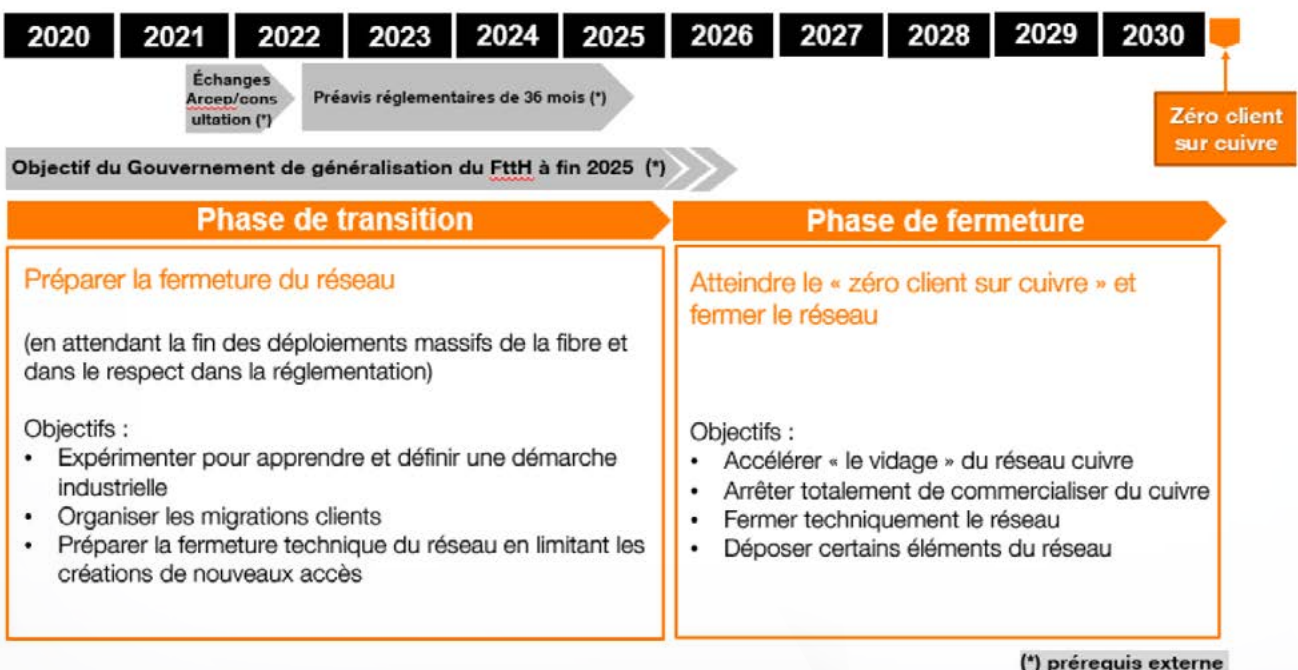


Figure 1 : Proposition de calendrier de fermeture du réseau cuivre - Source : Orange.

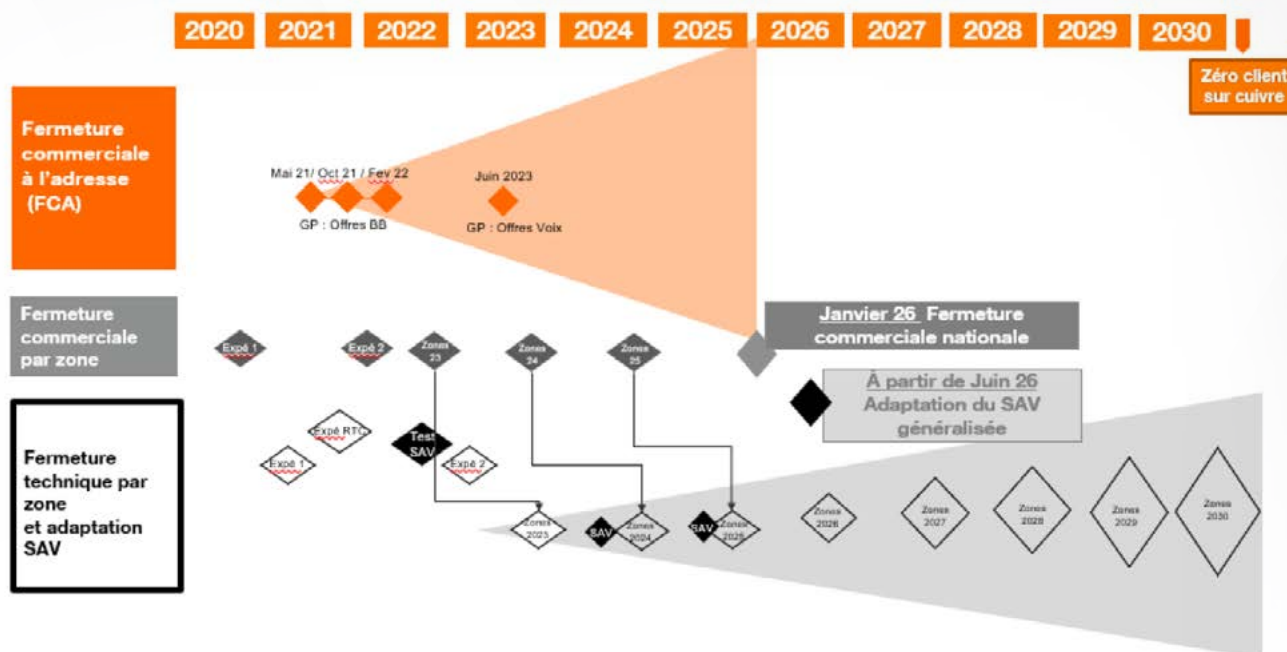


Figure 2 : Plan d'ensemble de la fermeture du réseau cuivre proposé par Orange.

sage d'étendre cette fermeture commerciale anticipée à l'adresse aux offres de téléphonie sur cuivre à compter de mi-2023.

Les locaux concernés par chacun des trois lots annuels de fermeture technique de la phase de transition sont en nombre réduit par rapport au nombre total de locaux concernés par le plan de fermeture qui dépasse 41,8 millions. Ils seraient d'environ :

- 170 000 pour le lot fermé fin 2023 ;
- 450 000 pour le lot fermé fin 2024 ;
- 1 900 000 pour le lot fermé fin 2025.

Les listes des communes incluses dans ces lots ne pourront être annoncées qu'au cours du premier semestre 2022.

La phase de fermeture commencera par une fermeture commerciale unique pour toutes les offres sur cuivre qui devrait être annoncée dès la mi-2022. Le nombre de locaux qu'il est envisagé d'inclure dans les cinq lots annuels de fermeture technique de la phase de fermeture est d'environ :

- 3,8 millions pour le lot fermé fin 2026 ;
- 6,3 millions pour le lot fermé fin 2027 ;
- 8,4 millions pour le lot fermé fin 2028 ;
- 10,5 millions pour le lot fermé fin 2029 ;
- 10,5 millions pour le lot fermé fin 2030 ;

La liste des communes incluses dans un lot donné devrait être annoncée 36 mois avant la date de fermeture planifiée.

Le plan d'ensemble de l'opération de fermeture du réseau cuivre tel que proposé par Orange est résumé dans la figure 2.

Cette opération est très complexe car elle va nécessiter une très bonne coopération entre un très grand nombre de parties prenantes dont l'intérêt à la bonne fin de l'opération est différent. La mise en place d'une gouvernance efficace du projet les réunissant tant au niveau local qu'au niveau national est essentielle pour lever les difficultés qui pourront être rencontrées dans sa conduite. Une incertitude importante est celle liée à la réaction des clients à l'annonce de l'arrêt du réseau cuivre : que faire vis-à-vis de ceux qui ne réagiront pas aux sollicitations de leur opérateur de service ? Dans sa proposition de plan de fermeture, Orange envisage une évolution du cadre législatif pour, par exemple, autoriser dans cette situation l'arrêt du service sans risque d'engager la responsabilité civile de l'opérateur.

Une fois la fermeture technique effectuée dans une zone donnée, Orange devrait démonter les équipements constituant le réseau et placés dans le domaine public, câbles, répartiteurs, etc. et vider les locaux uniquement affectés au raccordement des lignes cuivre : il attend que les opérateurs concurrents dont il héberge des équipements dans le cadre du dégroupage en fassent autant.

La question du financement de l'opération de fermeture du réseau cuivre est posée : Orange semble envisager de prendre à sa charge le démontage de l'infrastructure hors du domaine privé. Restent à financer le coût du projet et celui des travaux qui seront à effectuer chez certains clients pour leur permettre de migrer vers une nouvelle offre. La possibilité d'un financement public est évoquée. Le débat ouvert par la consultation publique sur ce plan de fermeture du réseau cuivre devrait révéler les positions des différentes parties prenantes au projet et permettre d'esquisser des solutions. ■ PC

Le réseau électrique ukrainien est désormais connecté au réseau européen plus tôt que prévu



Depuis le 16 mars 2022, le système électrique ukrainien est connecté au système européen. Jusqu'au 24 février, il était raccordé au système électrique russe.

Situation électrique avant le 24 février 2022

Le raccordement du réseau ukrainien au réseau européen se préparait depuis plusieurs années. En 2017, les gestionnaires des réseaux de transport d'électricité de la région continentale européenne (zone jaune de la figure 1) ont signé un accord de coopération avec Ukrenergo et Moldelectrica, les gestionnaires des réseaux de transport d'électricité respectivement d'Ukraine et de Moldavie.

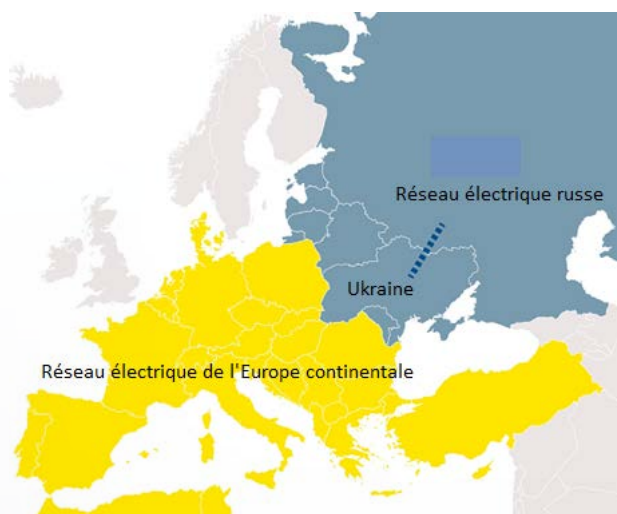


Figure 1 : Avant le déclenchement de la guerre, le réseau électrique ukrainien était connecté à la Russie – source RTE.

Cet accord fixait les conditions techniques à remplir avant de raccorder les réseaux entre eux. Le processus devait s'achever par la synchronisation des réseaux en 2023, après des tests prévus au cours de l'été 2022. La guerre a accéléré le mouvement. La veille de l'invasion russe, le 23 février, l'Ukraine procédait à un test, programmé de longue date. Le pays s'est alors déconnecté du réseau russe pour faire des tests de fonctionnement en réseau isolé, n'utilisant que ses propres capacités pour stabiliser la fréquence de son réseau.

La connexion du réseau ukrainien au réseau européen

À l'issue de l'exercice de tests, le 26 février, les autorités ukrainiennes ont décidé de ne pas se reconnecter au réseau russe. Elles lancent alors un appel à l'aide et demandent une synchronisation immédiate au réseau européen. Les gestionnaires de réseau d'électricité se mobilisent en urgence pour résoudre les difficultés techniques et juridiques, pour établir notamment les procédures de synchronisation indispensables. Le 11 mars, les vingt-six membres de la zone continentale d'ENTSO-E, l'association européenne des gestionnaires de réseau de transport d'électricité, votent à l'unanimité la synchronisation des réseaux ukrainien et moldave au réseau de la zone continentale européenne (figure 2).

Depuis le 6 mars 2022

Pour des raisons de sûreté électrique, la synchronisation se déroule dans un premier temps sans transfert d'électricité. Le 16 mars 2022 est lancé l'essai de synchronisation du système électrique d'Europe continentale avec les systèmes électriques d'Ukraine et de Moldavie. Pendant une semaine, les réseaux ont fait l'objet d'une surveillance attentive et constante pour détecter des risques de divergence de fré-

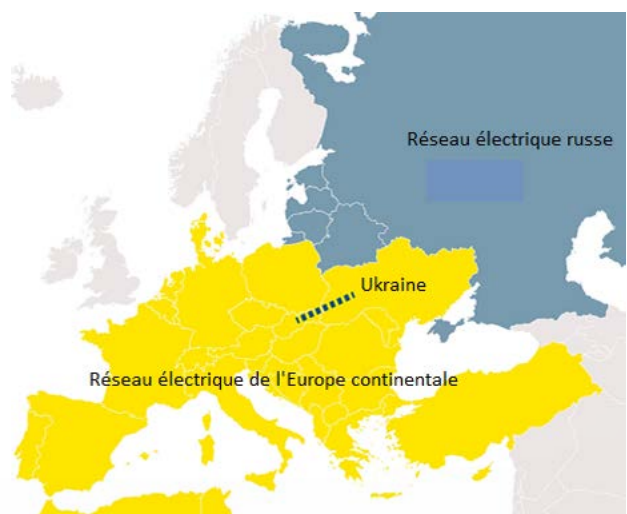


Figure 2 : Les réseaux électriques de l'Ukraine et de la Moldavie sont désormais connectés au réseau européen – source RTE.

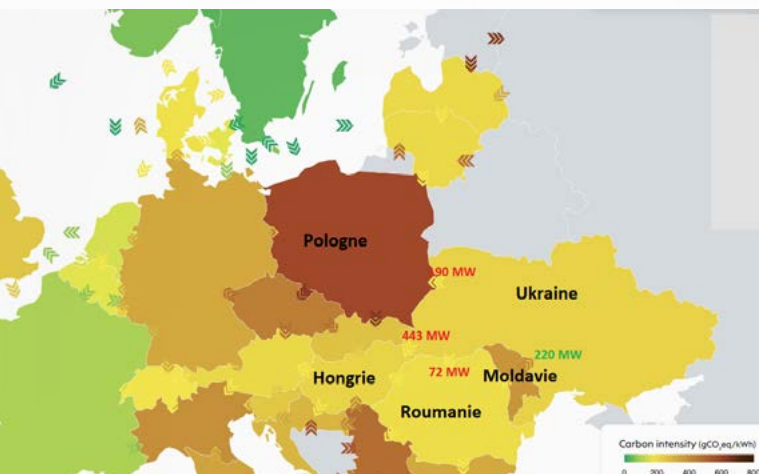


Figure 3 : Echanges d'électricité entre l'Ukraine et les pays voisins, le 3 avril 2022, à 17h00, heure locale – source Electricitymap.

quence. Cette condition est indispensable pour garantir la stabilité du réseau ukrainien.

Une fois cette étape franchie avec succès, les échanges d'électricité ont pu être réalisés.

La figure 3 montre par exemple la situation des échanges d'électricité le 3 avril 2022 à 17 h 00, heure de Kiev. A ce moment-là, l'Ukraine exportait 190 MW vers la Pologne, 443 MW vers la Hongrie, 72 MW vers la Roumanie et importait 220 MW de la Moldavie. Au total, l'Ukraine était à ce moment-là en situation d'exportation (485 MW).

L'association des gestionnaires de réseaux de transport d'électricité (ENTSO-E) a su faire preuve d'une grande réactivité pour permettre ce raccordement anticipé des réseaux ukrainiens et moldaves. La mobilisation et la coopération de tous les acteurs concernés, au sein des compagnies électriques et aussi de la Commission européenne ont permis de réaliser cette synchronisation en urgence, tout en garantissant des systèmes électriques sûrs et sécurisés de part et d'autre. ■ GS

➤ Les émissions 5G interfèrent avec les radioaltimètres des avions de ligne

Un problème d'interférence électromagnétique possible a été mis à jour aux États-Unis entre les réseaux radiomobiles 5G et les radioaltimètres de l'aviation civile. En France, la DGAC et l'ANFR restreignent l'usage de certaines fréquences dans les zones aéroportuaires.

Les radioaltimètres de l'aviation civile

Ces appareils sont utilisés par toutes les compagnies pour déterminer avec précision l'altitude de l'appareil, en particulier dans ses évolutions à basse altitude. Ils sont conformes au standard ARINC 707. Leur principe de fonctionnement est celui d'un radar mesurant la durée de retour du signal émis après réflexion sur le sol ou la mer. Ils en déduisent l'altitude relative de l'avion.

Les radioaltimètres peuvent être utilisés pour des altitudes moyennes à grandes, comme celle d'un satellite. Ils fonctionnent alors avec une onde pulsée. Pour les altitudes basses, ils utilisent une onde entretenue à modulation de fréquence.

Ils fonctionnent à une fréquence comprise entre 4,2 et 4,4 GHz.

Les réseaux de radiotéléphonie 5G

Pour augmenter les débits servis en internet mobile et tirer bénéfice des études 5G faites par le consortium 3GPP, il est nécessaire de faire fonctionner les radiotéléphones dans une bande de fréquence libre et suffisamment large. C'est la bande 3,4 GHz-3,8 GHz qui a été choisie en Europe.

L'ARCEP vient de terminer les enchères pour ces fréquences et a attribué des bandes de fréquence aux opérateurs candidats.

Aux Etats-Unis, la FCC planifie d'attribuer la bande 3,45-3,99 GHz aux opérateurs 5G pour le même usage, ce qui laisse seulement 200 MHz de garde avec la bande affectée aux radioaltimètres.

Les antennes de la radio mobile 5G

Il est défini dans le système 5G que les émetteurs des stations de base radio seront dotés d'antennes MIMO (*Multiple Input-Multiple Output*). Ces antennes sont des antennes électroniques, qui forment leurs faisceaux par calcul. Elles sont composées d'une matrice de dipôles ou microantennes au minimum au nombre de 4x4 et qui peut monter jusqu'à 64x64. A 3,5 GHz, on utilise en extérieur une antenne de 16x16 dipôles au moins.

L'antenne forme des faisceaux à la demande (*beamforming*) et les pointe en direction des mobiles. La directivité d'une telle antenne est très bonne, car l'énergie est envoyée uniquement dans les faisceaux dirigés vers les mobiles et il n'y a donc pas d'émission omnidirectionnelle. Chaque faisceau est formé par l'addition des émissions venant des dipôles qui sont modulées en amplitude et en phase pour s'assembler. Les lobes secondaires sont en fait l'addition des lobes secondaires des dipôles relatifs à un faisceau.

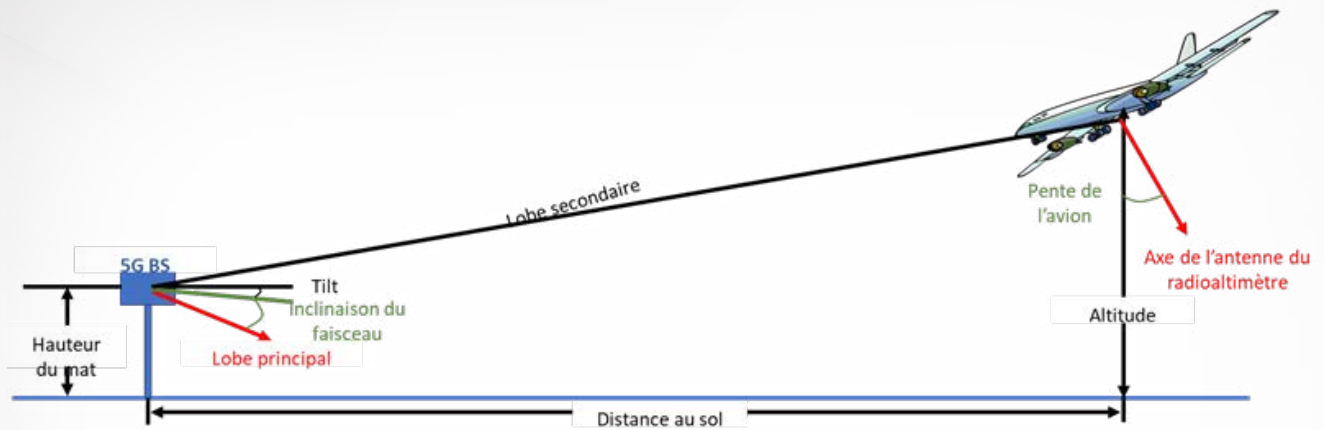


Figure 1 : Interférences entre l'antenne au sol et l'avion à basse altitude – Source : rapport AVSI (octobre 2020).

- Le lobe secondaire vers le haut d'une antenne MIMO horizontale doit être mis sous contrôle car il est la source de la perturbation du radioaltimètre d'un avion en approche de la piste, qui suit souvent une pente de l'ordre de 3°.

Les essais réalisés aux Etats-Unis et la conclusion du RTCA (*Radio Technical Commission for Aeronautics*)

Les essais ont été réalisés et conclus en avril 2020 par l'institut *Aerospace Vehicle Systems* (AVSI) au Texas. Il a confronté les radioaltimètres existants chez les fabricants avec une émission perturbatrice venant de la bande 5G. Pour être réaliste, la bande 5G utilisée a été celle délimitée par la FCC jusqu'à la borne supérieure 3,99 GHz, laissant 200 MHz de garde avec la bande utilisée par les radioaltimètres.

Les tests ont été faits en considérant les interférences provoquées par les antennes des stations de base dans la bande 5G pour les lobes principaux et les lobes secondaires. A ceci ont été ajoutées des considérations sur les émissions des mobiles UE 5G situés au sol ou bien à bord de l'avion, dans la poche d'un passager par exemple.

Les conclusions du RTCA sont que les émissions potentiellement sources de brouillages reçues par les radioaltimètres sont supérieures à la limite fixée par les standards les régissant. Il y a donc risque de perturber la mesure d'altitude de l'avion en basse altitude, en particulier à l'approche aux instruments, ce qui apparaît inacceptable. Les émissions des terminaux des passagers à bord des avions sont également identifiées comme sources de brouillage, sur les avions légers et les hélicoptères.

La situation en Europe et en France

En Europe, l'aviation civile est régie par les mêmes standards et les avions ont bien sûr les mêmes équipements. Par contre, la bande 5G allouée autour de 3,5 GHz est limitée et

va de 3,4 GHz à 3,8 GHz. La garde avec la bande allouée aux radioaltimètres est donc de 400 MHz au lieu de 200 MHz, ce qui devrait apporter une protection supplémentaire.

Suite à la demande de l'aviation civile, L'ANFR a publié des mesures immédiates de précaution destinées aux opérateurs 5G, ainsi qu'un contour de zone de sécurité autour des aéroports large de 1,8 km et longue de 2,1 km à chaque extrémité de la piste d'atterrissage. Une zone de précaution de 6,1 km supplémentaires dans l'axe de piste est définie pour analyse et limitation des lobes secondaires des antennes au sol.

Des tests sont conduits en coordination européenne sur ce sujet ainsi qu'en coordination avec la FCC.

Pendant ce temps là

Aux Etats-Unis, la FCC a mené ses enchères sur la bande 5G de 3,7 à 3,99 MHz. Les offres reçues totalisent plus de 80 milliards de dollars US, tous territoires et tous opérateurs confondus. Naturellement les grands opérateurs comme AT&T et Verizon Wireless sont parmi les plus gros attributaires.

La *Federal Aviation Administration* (FAA) a décidé de créer une zone de tampon autour de 50 grands aéroports américains, dotés de systèmes d'atterrissage tous temps et à proximité d'installations radio 5G potentiellement perturbatrices. Elle a mis au point avec les opérateurs AT&T, Verizon Wireless et d'autres les mesures techniques à appliquer dans ces zones tampon (*buffer zones*) aux installations radio 5G (antennes, mâts, puissance, fréquence).

La FAA a également émis en Janvier 2022 une instruction aéronautique aux pilotes NOTAM détaillant les effets des interférences sur les instruments de bord liés à la radioaltimétrie. Elle a enfin qualifié les radioaltimètres existants pour presque tous les modèles d'avions et indique ceux dont le fonctionnement peut être perturbé et dont l'usage est prohibé dans les zones d'interférences autour des aéroports. ■ DM