



Cofinancé par le
programme Erasmus+
de l'Union européenne



L'avion à hydrogène, vraie ou fausse solution écolo ?

Interview originale en français

L'avion à hydrogène est-il la solution miracle qui va nous permettre de continuer à prendre l'avion ? Auxence, Valéry et Karim, du collège Paul VERLAINE à Paris, interrogent Mickaël CORIAT, chercheur en astrophysique à l'Institut de recherche en astrophysique et planétologie (IRAP) de Toulouse.

Question 01

Qu'est-ce que l'Institut de recherche en astrophysique et planétologie (IRAP) et quelles sont vos missions ?

L'IRAP, c'est l'institut de recherche en astrophysique et planétologie. C'est un institut de recherche dédié globalement aux sciences de l'univers qui se trouve à Toulouse. Et moi je suis chercheur dans ce laboratoire. Il y a plusieurs catégories de chercheurs dans les laboratoires. Il y a les enseignants-chercheurs et les chercheurs CNRS, etc. Et en astronomie, il y a une dernière catégorie de chercheurs qui sont les astronomes. Mes missions, c'est la recherche qui est la moitié de mon temps, une partie d'enseignement avec des cours de physique ou d'astrophysique à l'université, et une autre partie qu'on appelle un service d'observation. C'est un ensemble d'activités qui sont utiles à la communauté astronomique. Ça peut être : faire des observations avec un télescope, maintenir une base de données d'observations astronomiques. Voilà, c'est ce genre de choses.

Question 02

Vous êtes également membres de l'Atelier d'écologie politique (Atecopol). Pouvez-vous nous dire ce que c'est ?

L'Atecopol signifie Atelier d'écologie politique. C'est un collectif qui s'est constitué en 2018. Le but est de réunir un collectif pluridisciplinaire, c'est-à-dire avec des chercheuses et chercheurs de toutes disciplines confondues : sciences naturelles, sciences humaines et sociales toutes confondues. Pour travailler sur toutes les questions écologiques.

Quand on réfléchit un peu à ces questions-là, on s'aperçoit très rapidement que les questions écologiques sont des problématiques qu'on dit systémiques. C'est-à-dire, où il faut arriver à prendre l'ensemble de notre système en compte. On ne peut pas uniquement se focaliser que sur les énergies ou que sur la pollution, ou que sur les gaz à effet de serre. Il faut prendre tout en compte, et y compris tout notre système économique, politique, social, puisque tout est imbriqué.

Comme on est tous des chercheuses et chercheurs spécialisés dans nos disciplines, on n'est pas seul capable de prendre en considération c'est à ces questions. Donc l'idée la plus intéressante pour tout le monde, c'est de s'associer, de travailler ensemble. On fait des conférences, on anime des ateliers, on fait des formations, que ce soit à destination du public en général ou à destination de nos pairs, des personnes qui travaillent dans les autres laboratoires, dans les universités.

On essaye aussi de faire bouger la recherche de manière générale, puisque la recherche a aussi un impact écologique. Donc, voilà tout un ensemble d'activités qui sont autour de ces questions-là.

Question 03

En quoi consiste l'avion à hydrogène ?

L'avion, comme vous le savez sûrement, ça fonctionne avec du kérosène pour l'instant. C'est un dérivé du pétrole. Les avions consomment énormément de kérosène, puisqu'il faut énormément d'énergie pour arriver à soulever toute cette masse et parcourir des distances très importantes. Ils émettent beaucoup de gaz à effet de serre pour transporter, au fond, peu de personnes.

Il y a plusieurs carburants alternatifs. Il y a les biocarburants. On va peut fabriquer des sortes de carburant à partir de résidus végétaux, de résidus agricoles ou des plantations qui ont été dédiées pour fabriquer du biocarburant. Vous avez le bioéthanol et ce genre de choses.

Donc ça, ce sont des carburants qu'on dit durables à priori, mais qui sont limités en quantité.

Une autre possibilité, ça serait d'avoir des avions électriques. Les avions électriques ne pourront pas fonctionner comme les voitures électriques. Dans les voitures électriques, on va mettre des batteries qu'on aura chargées au préalable, et ces batteries vont fournir l'électricité au moteur électrique qui, lui, va faire tourner les roues.

Dans un avion, on ne peut pas utiliser des batteries parce que c'est beaucoup trop lourd. Pour pouvoir faire voler un avion un avion de ligne standard, il faudrait une quantité de batteries très, très importante. Il y aurait une énorme partie de l'énergie produite par ces batteries qui sera utilisée pour soulever les batteries. Ce n'est pas possible. En termes de place aussi, ce serait compliqué.

Donc une autre alternative, c'est d'utiliser de l'hydrogène. L'hydrogène va être converti en électricité à travers ce qu'on appelle une pile à combustible. Alors pourquoi est-ce que c'est durable ou considéré comme durable ? Parce que l'hydrogène, il y a plusieurs façons de le fabriquer - je pourrais détailler si cela fait partie de deux de vos questions - une des façons est aussi d'utiliser de l'électricité, et si cette électricité est issue d'énergies renouvelables : des panneaux photovoltaïques, des éoliennes, etc. À ce moment-là, l'hydrogène est considéré comme non polluant. On peut fabriquer de l'hydrogène en ayant un impact très, très faible.

Question 04

Est-ce que la durée des voyages sera la même ? Tous les trajets sont-ils réalisables avec un avion à hydrogène ?

Il y a des prototypes d'avions à hydrogène qui ont déjà volé, il n'y a pas de problème. On va pouvoir faire assez rapidement des petits courriers et de moyens courriers, puisque la distance n'est pas trop grande. Donc on n'a pas besoin d'embarquer un réservoir d'hydrogène qui va être trop important.

Pour les long-courriers, c'est plus difficile. Pour les long-courriers, on va avoir besoin de réservoirs qui sont très, très gros. Ces réservoirs sont très épais et donc très lourds. On se retrouve avec ce même problème que les batteries, c'est-à-dire que ça prend trop de place et c'est trop lourd. La problématique du long-courrier à l'hydrogène, pour l'instant, n'est pas résolue. Pour tout ce qui est long-courrier, on envisage plutôt des biocarburants.

Pour l'instant, on n'a pas réellement fabriqué encore un vrai avion à hydrogène avec toute l'efficacité énergétique qu'on souhaite. Pour l'instant, ce sont que quelques prototypes, qui ne sont pas du tout au niveau de vitesse que peuvent avoir les avions de ligne. Mais l'idée, effectivement, c'est d'avoir des avions qui ont à peu près les mêmes, les mêmes performances que les avions actuels sur des petits trajets. Mais après, dans une optique on va dire écologique, ce qu'il faut comprendre, c'est que plus on essaie d'aller vite, plus l'énergie utilisée pour faire un même trajet va être importante.

Donc, une des façons d'utiliser moins de carburant et moins d'énergie, c'est aussi d'aller moins vite. Mais il faut changer les mentalités. On pourrait envisager des avions à hydrogène qui utiliseraient moins de carburants parce qu'ils iraient moins vite et qu'ils voleraient moins haut.

Question 05

Cette nouvelle technologie est-elle tout aussi sûre et certaine qu'annoncé par Airbus ?

En termes de sécurité, en principe, ils ne mettront jamais d'avion en circulation s'il y a le moindre doute sur la sécurité. Ils ont des normes drastiques de sécurité pour être autorisés à faire voler des avions.

Donc on pourrait le considérer comme sûr. Le problème avec l'hydrogène, c'est que c'est un gaz qui est très, très volatile, qui arrive à passer à peu près partout, dans tous les interstices, et du coup il est très inflammable. Il y a vraiment des précautions particulières à prendre pour l'utilisation de l'hydrogène. Mais

comme pour d'autres véhicules puisqu'il est envisagé aussi de l'utiliser dans les transports lourds, comme les transports de marchandises. Donc, il faudra de toute façon atteindre des niveaux de sûreté qui soient suffisamment élevés pour pouvoir être utilisés.

Mais la question n'est pas : est-ce qu'on arrivera à fabriquer un avion ? Mais est-ce qu'on arrivera à avoir une aviation à l'hydrogène ou au biocarburant ? Et ça, c'est une autre question, parce qu'on est plus dans une question technique de savoir si on va être capable de fabriquer un avion qui fonctionne à l'hydrogène ou pas. Mais est-ce qu'on va être capable de produire suffisamment d'hydrogène et de biocarburants pour arriver à maintenir le trafic aérien tel qu'il est ? Selon les calculs que nous avons faits, la réponse est non. On ne pourra pas produire autant d'hydrogène pour faire voler autant d'avions.

Question 06

La construction de ces avions est-elle plus polluante qu'un avion de ligne habituel ?

Elle n'est pas plus polluante qu'un avion de ligne standard. C'est à peu près similaire. Ce qui va changer par rapport à un avion de ligne standard, c'est que le moteur n'est plus un moteur standard qui fonctionne à l'explosion au kérosène. Ça va être un moteur électrique. Et les moteurs électriques, de ce que j'en sais, sont plus simples à fabriquer, donc ils utilisent moins de matériaux. Donc, en soi, on pourrait dire qu'ils sont un peu moins polluants. Ensuite, il y a la pile à combustible qui quelque chose d'assez simple en fait. C'est une pile qui va simplement reconvertir de l'hydrogène en électricité avec des principes chimiques très simples. Rien de complexe. Donc, il n'y a rien qui va accentuer la pollution de fabrication des avions par rapport à ceux d'aujourd'hui.

Après fabriquer un engin de cette taille-là, de toute façon c'est polluant. Alors c'est polluant dans le sens où il y a des émissions de gaz à effet de serre, mais dans les problématiques écologiques, il ne faut pas uniquement se focaliser sur des questions de gaz à effet de serre. On a aussi une problématique de ressources en matière. Tout ce qu'on fabrique, tout ce qu'on utilise, ça utilise des matières premières : du fer, du cuivre, du cobalt, tout un ensemble de choses qu'il faut extraire des sous-sols. Et pour certains de ces matériaux, la terre a une certaine quantité limitée, ou du moins une quantité limitée de matériaux qui est accessible. Donc, on ne va pas pouvoir continuer à creuser et extraire la terre indéfiniment comme ça, même en recyclant une partie de ces matériaux. On va se retrouver limité sur les quantités de ces matériaux qu'on peut utiliser. Donc, il va falloir aussi, pour répondre à ces problématiques écologiques, ne pas songer seulement : est-ce que j'émet des gaz à effet de serre ou pas ? Mais quelle est la quantité de matériaux que je vais utiliser ? Quelle est la quantité d'énergie ? Parce qu'on va aussi avoir des problématiques de limitation d'énergie.

Question 07

Comment est-ce que les matériaux utilisés pour la construction sont recyclables ?

Tout ce qui est métaux en général se recycle assez bien, donc ça c'est sympa. Tout ce qui est pile à combustible et moteurs électriques, il va y avoir pas mal de matériaux comme le cuivre qui se recycle bien. Il n'y a pas de batterie et du coup la pollution liée à la fabrication et au recyclage des batteries ne sera pas présente pour les avions à hydrogène. C'est plutôt une bonne chose. Et après, à l'intérieur des avions, il va y avoir aussi énormément d'électronique, de plastique, comme les avions actuels. Et cela pose systématiquement des problèmes. Pour l'électronique de manière générale, plus on a des composés complexes qui vont être des alliages de plein de métaux, de plein de choses, plus c'est difficile ensuite de les recycler parce qu'il faudrait qu'on arrive à séparer tous ces assemblages de métaux pour pouvoir les recycler séparément. Et le plastique. On peut le recycler essentiellement une fois. On peut en faire des polaires, par exemple. Mais après, on ne peut pas recycler une polaire. Donc il y a ces questions-là qui vont jouer aussi.

Question 08

Question bonus : Comment sera produit l'hydrogène ? Et l'énergie utilisée pour cette nouvelle technologie aura-t-elle un impact plus sur l'environnement ?

Il faut savoir que l'hydrogène est déjà énormément utilisé sur terre, notamment pour produire des engrais azotés, des engrais chimiques qui sont utilisés pour l'agriculture. L'hydrogène est déjà un composé très, très utilisé, essentiellement pour ses propriétés chimiques.

Il est fabriqué par une méthode qu'on appelle le vaporeformage. Ça, c'est très, très polluant. Parce que la méthode de vaporeformage arrive à extraire de l'hydrogène, mais elle émet du CO₂, et puis énormément. Donc, il faut qu'on change les techniques de fabrication d'hydrogène parce que c'est extrêmement polluant déjà pour les industries qui l'utilisent actuellement. Mais aussi pour tous les besoins qui sont envisagés pour l'hydrogène tel qu'on le voit un peu partout dans les médias.

La deuxième technique, ensuite, qui est envisagée, qui est donc cette technique qui est censée fabriquer de l'hydrogène vert, c'est la technique d'électrolyse. C'est un principe physico-chimique assez simple qui va, à l'aide d'un courant électrique, casser la molécule d'eau et récupérer uniquement l'hydrogène. Donc le H₂ dans H₂O. Pour fabriquer cet hydrogène là, globalement, on a besoin d'eau et on a besoin d'électricité. On va considérer que c'est de l'hydrogène vert si l'électricité qui est utilisée pour faire cette électrolyse-là vient de ressources renouvelables.

Pour fabriquer de l'hydrogène, il faut de gros électrolyseurs industriels. On sait les fabriquer. La limitation, ça ne va pas être la quantité électrolyseur qu'on va pouvoir fabriquer, mais plus la quantité d'électricité qu'on va pouvoir utiliser pour alimenter ses électrolyseurs. Ça, ça va être limité, parce que les ressources qui produisent de l'électricité en France, si on néglige toutes les productions d'électricité à partir de charbon, etc. C'est globalement du nucléaire, du solaire, de l'éolien et de l'hydro-électrique. Donc ces ressources qu'on utilise déjà à fond, avec les besoins qu'on a actuellement.

Il va falloir augmenter cette production d'électricité, parce qu'on est en train de passer tous les véhicules thermiques à l'électricité, on est en train d'électrifier plein, plein de choses. Donc, les besoins en électricité vont être très, très importants. Donc, il faut clairement qu'on augmente nos capacités de production d'électricité. Pour avoir de l'électricité produite par des panneaux solaires et des champs d'éoliennes, il faut de la surface. Il faut du sol. Et ce sol. On en a aussi besoin pour plein de choses, notamment pour produire de la nourriture. Donc, on ne peut pas recouvrir notre pays de panneau photovoltaïque et d'éolien, etc. Pour assurer nos besoins énergétiques. Donc, on va être confrontés à des choix.

On va avoir une certaine quantité d'électricité produite qui va être limitée, parce qu'on ne peut pas recouvrir toute la France de panneaux photovoltaïques ou d'éoliennes. On ne va pas construire non plus des dizaines et des dizaines de centrales nucléaires. Donc avec cette électricité qui va être limitée, il va y avoir plein de demandes en électricité pour les voitures et pour plein, plein de choses. Et donc l'hydrogène dans tout ça. Comme c'est très cher à produire énergétiquement, on va l'utiliser en principe que pour des domaines pour lequel on n'a pas d'autre choix. Donc essentiellement avec les transports lourds.

Quand on fait des calculs, on prend le nombre d'avions qui partent de l'aéroport Charles de Gaulle, par exemple. Et on se dit qu'on va remplacer tous ces avions par des avions à hydrogène. Et quand on regarde quelle quantité d'électricité il faudrait pour produire l'hydrogène nécessaire pour faire voler les avions de Charles de Gaulle, on se retrouve avec des surfaces, par exemple recouvertes de panneaux photovoltaïques ou d'éolien, qui sont complètement déraisonnables. On parle de régions entières recouvertes de panneaux photovoltaïques ou d'éoliennes. On parle de dizaines et de dizaines de centrales nucléaires, uniquement pour faire voler des avions. Et ce n'est pas envisageable. On ne pourra pas maintenir une aviation avec un trafic aussi élevé que maintenant. Et de la même façon que le transport de marchandises aussi par bateau, par avion, etc. qui va aussi nécessiter des carburants alternatifs, donc soit biocarburant, soit hydrogène ou des dérivés d'hydrogène, qu'on appelle les électros carburants. Il va y avoir aussi une demande forte, donc il va falloir aussi qu'on baisse le transport de marchandises. Qu'on ne fasse pas venir toutes nos marchandises des quatre coins de la planète, et donc qu'on essaie de te recentrer, de relocaliser.

Question 09

Est-ce que l'eau rejetée par les moteurs peut être récupérée, pour en faire profiter des zones arides par exemple ?

Dans un circuit à l'intérieur qui va utiliser l'hydrogène et produire de l'eau, on n'est pas obligé de perdre l'eau, on la récupère. On est dans un système qui peut être considéré comme fermé. Oui, on peut récupérer l'eau. Ça reste des molécules d'eau H₂O. Après, il faut voir si l'eau n'est pas mélangée avec d'autres composants qui sont liés à la structure du circuit dans lequel elle évolue. Il faudra peut-être la nettoyer et la purifier à la sortie. Mais globalement, le principe d'une pile à combustible, c'est faire l'inverse de l'électrolyseur. L'électrolyseur va prendre la molécule d'eau H₂O, il va la casser en 1 molécule de H₂ et 1 atome d'oxygène. La pile à combustible fait l'opération inverse. Elle va associer de l'hydrogène avec de l'oxygène, et ce mécanisme va produire une certaine quantité d'électricité qu'on récupère pour alimenter le moteur. Mais après, il ressort de l'H₂O, de l'eau. Et donc cette molécule, si on conçoit le système bien, on peut la récupérer. C'est techniquement possible de récupérer l'eau. On n'a pas besoin de la perdre et de l'évacuer comme ça.

Question 10

Comment est-ce que cette nouvelle technologie va avoir des répercussions sur le prix des billets ?

Le prix des billets dépend de plusieurs facteurs pour une compagnie aérienne. Ça va être les investissements qu'elle a dû faire pour acheter de nouveaux avions. Donc, elle va peut-être le répercuter sur le prix des billets. Ça va être sur le taux de remplissage des avions. Ça va être sur le coût des carburants. Donc en ce moment, fabriquer de l'hydrogène, c'est plus cher que d'utiliser du kérosène. On peut imaginer que, au fur à mesure que les infrastructures de production d'hydrogène se développent, le coût de fabrication va baisser. Donc ça pourra devenir un petit peu plus rentable. Et donc, si on est obligé d'utiliser moins d'avions parce qu'on ne peut pas faire voler tous les avions, mécaniquement s'il y a moins d'avions, j'imagine que les prix des billets vont être aussi plus chers. Le mécanisme d'offre et de demande quoi.

Question 11

Question bonus : L'aviation représente un enjeu très important dans le cadre de la lutte contre le réchauffement climatique. Selon vous, quelle serait la solution pour limiter l'impact de ce secteur ?

Bien sûr, il y a des incertitudes très grosses, parce qu'arriver à estimer combien de biocarburants on pourrait produire, combien d'hydrogène on pourrait produire, c'est compliqué et ça dépend de choix de société. Mais globalement, on peut avoir des scénarios où on va avoir une aviation qui va être considérablement réduite. Je n'envisage pas l'arrêt total de l'aviation. Mais de devoir, de façon démocratique, décider : « on va avoir la quantité d'avions qui vont voler, qui va être limitée. A quoi on va l'utiliser ? ».

Et donc de prioriser. Ce sont des choix démocratiques, je ne peux pas dire il faudrait faire ça, il faudrait faire ça, ça serait mieux. Mais globalement, j'imagine que tout ce qui est aviation, pour tous les aspects - on va dire humanitaire, pour les transports militaires, ça devrait être prioritaire. Pour tout ce qui est médical, santé, etc. Ça devrait être aussi prioritaire.

Si on a aussi de l'aviation pour du loisir, du coup, on pourrait imaginer plutôt que le nombre de billets d'avion disponibles soit réparti de façon à peu près équitable déjà dans la population, et pas uniquement pour les personnes qui ont plus les moyens de se financer un billet d'avion.

Pour vous, moins prendre l'avion fait partie de la solution ?

Il n'y a pas de doute. Les changements nécessaires pour faire cette transition écologique sont des changements assez profonds dans nos modes de vie. Et encore, réduire l'aviation, ce n'est pas ce qu'il y a de plus important comme changements qui vont être nécessaires.

L'idée n'est pas de se dire qu'on va arrêter d'aller loin. Mais c'est : on va aller loin et ça va juste prendre plus de temps parce qu'on va utiliser des moyens de transport qui sont plus lents et moins polluants. On peut utiliser des bateaux à voile, le train, des véhicules électriques, ce genre de choses. Il y a plein de moyens de se déplacer qui ont moins d'impact, mais c'est juste qu'ils sont plus lents.

Et donc si on veut aller découvrir, l'Amérique latine, l'Asie, il ne va pas falloir prendre l'avion, passer 2 semaines et revenir. Ce n'est pas possible. On va devoir considérer de devoir prendre plusieurs mois, par exemple. Prendre plusieurs mois, cela veut dire que le rapport au travail va devoir changer aussi. C'est tout un ensemble de changements de société et de rythme de vie qui ne sont pas dédiés tout le temps à l'efficacité.

et la production. Il faut d'autres rythmes de vie. Et de toute façon, on en a besoin puisqu'on produit trop de choses, on consomme trop de choses et on utilise trop d'énergie. Donc, il faut qu'on ralentisse. Il n'y a pas le choix. Et on peut tourner le problème dans tous les sens, peu importe, on va dire le courant politique ou les idéaux politiques. Je veux dire d'un point de vue technique, physique. La Terre a des limites. Ici on ne respecte pas dans ces limites-là, tout s'écroule.

On va devoir jouer dans ces limites-là et ça voudra dire des changements assez profonds. Et le mieux, ce serait qu'on les anticipe de manière à ce qu'ils soient choisis et non pas subis. Parce que sinon on va les subir.

Question 12

Question bonus : Avez-vous un message pour les jeunes qui nous écoutent ?

J'aimerais leur transmettre un message d'espoir parce que, à leur place, je pourrais comprendre que, étant donné tout ce qu'on entend à la télé, les messages alarmants et de voir à quel point les choses mettent du temps à changer, ça peut être inquiétant.

Je vais leur dire de garder l'espoir parce que les choses changent et elles peuvent changer très rapidement. Si on continue à maintenir la pression, à essayer tous de bouger dans la bonne direction, on peut encore y arriver. Il y a plein de choses qui peuvent fonctionner. Il faut juste garder un esprit critique sur les solutions un peu magiques qu'on nous avance. Il faut arriver à garder cet esprit critique et donc le journalisme fait partie des points extrêmement importants pour arriver à décortiquer l'information, à la comprendre et à garder un esprit critique sur ce qui se passe. Donc, garder espoir parce que les choses en sont en train de bouger rapidement. On peut y arriver si on décide de tous s'engager le plus possible.