

> exceptionnel, mais elle sonne comme un avertissement. Les modèles des climatologues prédisent qu'avec le réchauffement global en cours, ces épisodes caniculaires se multiplieront sur toute la planète. Une équipe de l'université Columbia a donc entrepris d'étudier l'impact du réchauffement climatique sur le trafic aérien. Si certains aéroports ou appareils s'en sortent bien (Charles-de-Gaulle, à Paris, JFK, à New-York, les A320 et A380...), certains binômes seront fragilisés.

UN RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE PERTURBANT POUR LE TRAFIC AÉRIEN

Ainsi, vers 2050, à l'aéroport La Guardia, à New York, où la piste ne fait que 2 100 mètres, un avion 737-800 devra subir 40 jours par an des allègements d'au minimum 2,7 tonnes de sa masse à pleine charge pour décoller aux heures les plus chaudes de la journée. Sachant que sur cet appareil, 100 kilogrammes d'allègement s'obtiennent en enlevant 83 kilogrammes de charge utile et 17 kilogrammes de carburant, il faudra embarquer au minimum 22 passagers en moins ! La gestion du trafic aérien n'en sera pas facilitée...

Qu'advient-il durant le vol si la hausse des températures modifie aussi la masse volumique de l'air en altitude ? Pour le coup, pas grand-chose. En vol de croisière, à vitesse constante, la portance compense le poids et la poussée des moteurs la traînée. Comme le rapport portance/traînée est presque une constante, il en est de même du rapport poids/poussée. L'énergie consommée pendant le vol (produit de la poussée par la distance parcourue) sera donc la même quelle que soit l'altitude choisie. Tout au plus l'avion devra-t-il augmenter sa vitesse de croisière pour compenser une diminution de la masse volumique : les moteurs devront fournir plus de puissance, mais le temps de parcours en sera réduit d'autant.

Plus inquiétantes sont les modifications prévues des jet-streams (ou courants-jets), couloirs venteux permanents qui règnent entre 8 000 et 12 000 mètres d'altitude, là où justement volent les avions de ligne. Ces « rivières » d'air, deux dans chaque hémisphère, sinueuses et changeantes, circulent d'ouest en est à une vitesse moyenne d'environ 21 mètres par seconde.

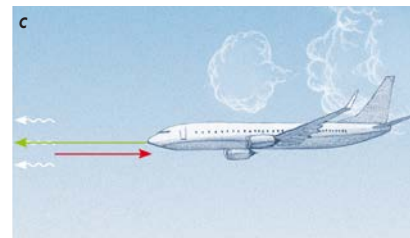
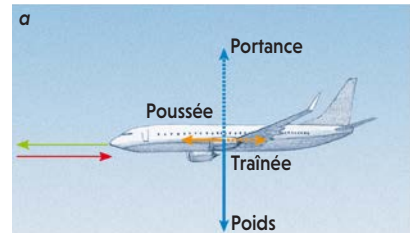
Face au vent, la vitesse de croisière de l'avion sera inférieure, car les forces aérodynamiques dépendent du vent relatif : la

VENT DE FACE OU VENT ARRIÈRE

En vol de croisière, le poids de l'avion est compensé par la portance aérodynamique, et la poussée fournie par les moteurs est compensée par la traînée aérodynamique (a). Comme la portance dépend de la vitesse de l'avion par rapport à l'air ambiant, la vitesse de l'air relativement à l'avion (flèche rouge) doit être la même, qu'il y ait ou non du vent et quelle que soit la vitesse de ce dernier.

Par conséquent, en présence d'un vent de face de vitesse v , l'avion doit réduire sa vitesse par rapport au sol d'une valeur v (b), tandis qu'il doit l'augmenter de v en cas de vent arrière (c). Ainsi, contrairement à ce qu'on pourrait penser, le retard pris par un avion qui vole face au vent n'est pas dû à la résistance plus forte rencontrée par l'appareil, mais à la nécessité de ralentir pour garder une portance égale au poids.

-  Vitesse du vent par rapport à l'avion
-  Vitesse de l'avion par rapport au sol
-  Vitesse du vent par rapport au sol



condition de sustentation (portance égale au poids) sera donc atteinte à des vitesses plus basses, et le temps de vol sera rallongé. Avec un vent arrière, c'est le contraire (voir la figure ci-dessus).

Les passagers des vols transatlantiques le savent bien : entre New York-JFK et Londres-Heathrow (5 540 kilomètres), le temps de vol à 900 kilomètres par heure serait de 6 heures et 9 minutes s'il n'y avait pas de jet-stream. En raison du jet-stream et en optimisant la trajectoire de l'avion, on gagne ou perd environ une demi-heure sur ce trajet.

Or les modèles climatiques prévoient une augmentation de la vitesse moyenne du jet-stream, typiquement de l'ordre de 3 mètres par seconde, ainsi qu'une plus grande variabilité. Si l'impact moyen sera modeste (gain de 4 minutes de New York à Londres, perte de 5 minutes et 20 secondes dans l'autre sens), les probabilités de vol exceptionnellement courts (moins de 5 heures et 20 minutes) ou longs (plus de 7 heures) vont doubler, avec des perturbations associées du trafic aérien. Les voyageurs du XXI^e siècle ne sont donc pas au bout de leurs peines, entre retards et annulations. Et c'est sans compter avec l'accroissement prévu des turbulences aériennes ! ■

BIBLIOGRAPHIE

E. D. Coffel et al.,
The impacts of rising temperatures on aircraft takeoff performance, *Climatic Change*, pp. 1-8, juillet 2017 (doi 10.1007/s10584-017-2018-9).

P. D. Williams,
Transatlantic flight times and climate change, *Environmental Research Letters*, vol. 11, article 024008, 2016.

737 : Airplane characteristics for airport planning, document Boeing, 2013 (www.boeing.com/assets/pdf/commercial/airports/acaps/737.pdf).

ABONNEZ-VOUS À **POUR LA SCIENCE** EN TOUTE LIBERTÉ

NOUVELLE
FORMULE



FORMULE
PASSION
-28%



FORMULE
DÉCOUVERTE
-25%

FORMULE
INTÉGRALE
-42%



8,20€*



6,50€*



4,90€*

BULLETIN D'ABONNEMENT

À renvoyer accompagné de votre règlement à : Pour la Science - Service abonnements - 19 rue de l'Industrie - BP 90 053 - 67 402 Illkirch cedex

☐ OUI, JE M'ABONNE À **POUR LA SCIENCE** EN PRÉLÈVEMENT AUTOMATIQUE, JE CHOISIS MA FORMULE ET JE COMPLÈTE L'AUTORISATION DE PRÉLÈVEMENT CI-DESSOUS.

☐ FORMULE **INTÉGRALE**
12 n° de Pour la Science + 4 Hors-Séries
+ Accès illimité aux archives en ligne depuis 1996

8,20€
Par mois
-42%
IPV8E20

☐ FORMULE **PASSION**
12 n° de Pour la Science
+ 4 Hors-Séries

6,50€
Par mois
-28%
PPV6E50

☐ FORMULE **DÉCOUVERTE**
12 n° de Pour la Science

4,90€
Par mois
-25%
DPV4E90

MES COORDONNÉES

Nom : _____
Prénom : _____
Adresse : _____

Code postal _____

Ville : _____

Tél. Pour le suivi client (facultatif) : _____

E-mail obligatoire : _____@_____

J'accepte de recevoir les informations de **Pour la Science** ☐ OUI ☐ NON
et de ses partenaires ☐ OUI ☐ NON

MANDAT DE PRÉLÈVEMENT SEPA

PAS480P

En signant ce mandat SEPA, j'autorise Pour la Science à transmettre des instructions à ma banque pour le prélèvement de mon abonnement dès réception de mon bulletin. Je bénéficie d'un droit de rétractation dans la limite de 8 semaines suivant le premier prélèvement. Plus d'informations auprès de mon établissement bancaire.

TYPE DE PAIEMENT : PAIEMENT RÉCURRENT

Titulaire du compte

Nom : _____

Adresse : _____

Code postal _____ Ville : _____

Désignation du compte à débiter

BIC (Identification internationale de la banque) _____

IBAN _____

(Numéro d'identification international du compte bancaire)

Établissement teneur du compte

Nom : _____

Adresse : _____

Code postal _____ Ville : _____

Date et signature

Organisme Créancier : Pour la Science
170 bis, bd. du Montparnasse - 75014 Paris
N° ICS FR92ZZZ426900
N° de référence unique de mandat (RUM)

Merci de joindre impérativement un RIB

Partie réservée au service abonnement. Ne rien inscrire

* Par mois et par rapport au prix de vente en kiosque, l'accès numérique aux archives. Délai de livraison : dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre réservée aux nouveaux abonnés, valable jusqu'au 31/12/2017 en France métropolitaine. Pour un abonnement à l'étranger, merci de consulter notre site www.pourlascience.fr. Conformément à la loi "Informatique et libertés" du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant en adressant un courrier à Pour la Science. Votre abonnement en prélèvement est reconduit automatiquement et peut être interrompu par simple lettre. Photos non contractuelles.

L'AUTEUR



HERVÉ LE GUYADER
professeur émérite de biologie
évolutive à l'université
Pierre-et-Marie-Curie, à Paris

POURQUOI LE MAÏS VIENT DU POP-CORN

Ou comment la solution récente d'une énigme tricentenaire – de quelle plante sauvage le maïs est-il issu? – a renversé ce qui semblait une évidence: l'origine du pop-corn.

La provenance géographique du maïs est claire; en 1493, Christophe Colomb revient de son premier voyage avec des grains récoltés à Cuba. Plus tard, en 1535, lors de sa première remontée du Saint-Laurent, Jacques Cartier fonde Montréal au milieu de champs de maïs (ou blé d'Inde) cultivés par les Iroquois. Le maïs est donc américain. Mais de quelle plante sauvage provient-il? Dans la plupart des cas, la réponse à une telle question est évidente. Par exemple, quand on compare cerisiers sauvages et cerisiers cultivés, fraisiers des bois et fraisiers cultivés... inutile d'être un bon botaniste pour constater que, globalement, à part des variations sur le fruit, tout reste égal par ailleurs. Or, pour le maïs, aucune plante sauvage ne paraît lui ressembler. La réponse n'est apparue avec certitude que depuis peu de temps au terme d'une enquête longue et

conflictuelle, bousculant au passage une idée bien ancrée: non, le pop-corn ne vient pas du maïs...

ACTE I. LA VRAIE NATURE DE *ZEa CANINA*

Au milieu du XVIII^e siècle, le naturaliste suédois Carl von Linné nomme le maïs *Zea mays*. En 1784, l'agronome Antoine Parmentier publie le premier ouvrage sur le maïs. Un demi-siècle plus tard, en 1832, le botaniste allemand Heinrich Schrader décrit une poacée (autrefois graminée) d'Amérique centrale, appelée téosinte. Il la baptise *Euchlaena mexicana* et la considère comme proche du riz. Or, en 1896, José Segura, un agronome mexicain, découvre que téosinte et maïs sont interfertiles. Réalisant expérimentalement de tels croisements, il constate que les hybrides sont identiques à *Zea canina*, une plante trouvée dans la nature et décrite, en 1891, par le botaniste

L'épi femelle est petit et distique, c'est-à-dire que la douzaine de grains se distribue en deux rangées. Il peut se désarticuler, c'est-à-dire qu'à maturité, les grains se dissocient, ce qui facilite leur dissémination. Enfin, ces derniers sont protégés intégralement dans une enveloppe (cupule) coriace.



Téosinte

La téosinte forme un buisson: de la tige centrale partent plusieurs longues branches latérales, chacune portant de nombreux petits épis femelles et, en situation terminale, une inflorescence composée de fleurs mâles – une grappe de grappes appelée une panicule.