



27.10.2022

Traînées de condensation

1. Formation et caractéristiques

Les traînées de condensations sont des nuages qui se forment dans le sillage des avions. Ces nuages se composent essentiellement d'eau sous forme de cristaux de glace et apparaissent en vol de croisière à basse température lorsque l'air est suffisamment humide. Leur apparition ou non dépend essentiellement de six facteurs :

- du taux d'humidité de l'air, à savoir de la quantité de vapeur d'eau¹ que contient l'air traversé par l'avion en vol ;
- de la température de l'air traversé par l'avion en vol ;
- de la quantité d'eau rejetée par le réacteur ;
- de la quantité de particules de suie rejetée par le réacteur et de la quantité de particules naturellement présentes dans l'air au niveau de vol correspondant ;
- de la température des gaz d'échappement et plus précisément du rendement du réacteur ;
- de la pression atmosphérique.

Suivant la manière dont ces facteurs se combinent entre eux et plus particulièrement la relation entre la température et le taux d'humidité de l'air, on notera au choix :

- l'absence de traînées de condensation ;
- des traînées fines qui s'estompent à la sortie du réacteur ;
- de minces traînées qui persistent durant des heures ;
- de minces traînées qui se propagent au fil du temps ;
- des traînées qui se transforment, sous l'effet de la circulation troposphérique de l'humidité et de la chaleur, en nuages duveteux, plats, laiteux ou brumeux.

Les réacteurs d'avion ne rejettent qu'une petite partie de l'eau qui forme les traînées de condensation. Ces dernières sont essentiellement constituées d'eau qui se trouve déjà sous forme gazeuse dans l'atmosphère et se condense au passage de l'avion. Lorsqu'elles s'élargissent, les traînées de condensation ne se distinguent pas foncièrement des nuages qui se forment spontanément à haute altitude.

2. Durée du phénomène

Lorsque l'avion traverse des couches d'air peu humides et modérément froides, les traînées de condensation se dissipent rapidement : les cristaux de glace s'évaporent très vite et les avions ne laissent dans leur sillage que de courtes traînées de condensation. À l'inverse, les traînées de condensation ont une longue durée de vie lorsque l'avion traverse des couches d'air très humides et froides : les cristaux de glace peuvent se développer en profitant de la vapeur d'eau ambiante. Les traînées de condensation peuvent alors subsister pendant plusieurs heures et mesurer plusieurs kilomètres de longs sur plusieurs centaines de mètres

¹ La vapeur d'eau est communément assimilée aux gouttes de vapeur produites par exemple par une casserole sur une cuisinière. En termes de physique, la vapeur d'eau désigne l'état *gazeux* de l'eau. Ce gaz est incolore, donc invisible.

de large. Leur propagation est favorisée par les forts vents d'altitude et les turbulences (cf. ill. 1).



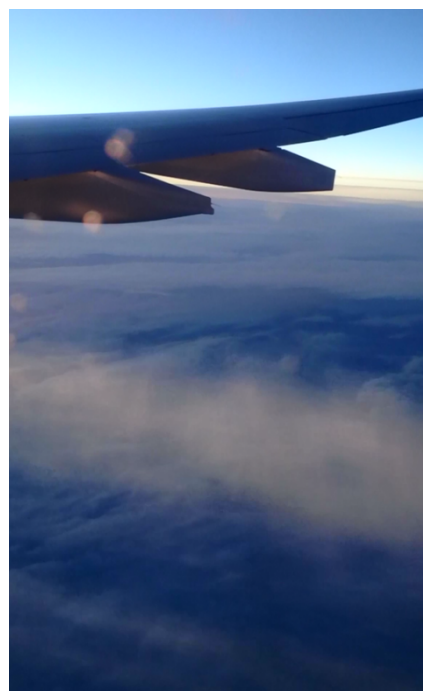
Ill 1 : Vol au-dessus du sud-ouest de l'Angleterre, 1^{er} novembre 2010, altitude : 8 km environ. Les traînées de condensation se propagent jusqu'à former des cirrus (à l'arrière-plan) © OFAC

3. Formes particulières de traînées

Entre 8 km et 12 km d'altitude, le taux d'humidité et la température de l'air sont souvent propices à la formation de traînées de condensation et de nuages. À ces altitudes - les plus fréquentées par le trafic aérien - les avions volent selon les règles de vol aux instruments (IFR) et sont guidés sur les routes aériennes par le contrôle aérien qui veille également à assurer une séparation verticale suffisante entre les appareils, ce qui, vu du sol, donne une impression de quadrillage en règle du ciel.

En fonction des facteurs mentionnés plus haut, un avion produira ou non des traînées de condensation. La température, le taux d'humidité et la pression atmosphérique varient d'une couche d'air à l'autre. Il peut arriver que de deux avions volant à la même altitude, l'un produise des traînées de condensation et l'autre non si les taux d'humidité de l'air ambiant sont différents. De même, à conditions ambiantes et altitudes identiques, deux avions ne produiront pas forcément des traînées de condensation identiques. Des facteurs tels que la température des gaz d'échappement, le brassage de l'air à la sortie du réacteur et la quantité d'eau et de particules de suie rejetée par ce dernier (qui varie d'un modèle à l'autre) jouent également un rôle. Les réacteurs de conception récente ont tendance à générer davantage de traînées de condensation que les réacteurs plus anciens. En effet, les réacteurs modernes consomment moins et rejettent des gaz plus froids que les réacteurs des générations précédentes, ce qui se traduit fréquemment par la condensation de vapeur d'eau.

Les traînées de condensation n'apparaissent pas nécessairement dans le sillage des réacteurs. Sur les éléments présentant une forte convexité (comme les volets), l'air s'écoule



Ill. 2 Vol au-dessus du Jura, 20 mars 2014, altitude : 11 km environ. Traînées de condensation prenant naissance à la jointure entre le fuselage et l'aile. © OFAC

plus rapidement ce qui entraîne une chute de pression accompagnée d'une dilatation de l'air qui refroidit ce dernier. S'il y a suffisamment de vapeur d'eau, celle-ci se condense sous l'effet du refroidissement générant des traînées de condensation. Les passagers peuvent observer ce phénomène en vol (ill. 2).

4. Influences sur le climat

En l'état actuel des connaissances, on sait que les voiles nuageux générés par les avions influencent le climat. L'industrie aéronautique cherche à atténuer cet impact. Des programmes de recherche sont en cours afin de trouver une solution qui permette aux avions de modifier leur altitude à court terme en fonction des conditions météorologiques sans pour autant accroître les émissions de CO₂. Les travaux du Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique) ont montré qu'une modification de quelques centaines de mètres de l'altitude suffisait à prévenir la formation de voiles nuageux. Problème : il est ce faisant plus compliqué de maintenir les distances de sécurité entre avions. Qui plus est, les avions qui s'écartent de l'altitude optimale consomment davantage de carburant. Ces deux inconvénients empêchent pour l'instant la mise en œuvre de cette solution.

L'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) s'est fortement engagé ces dernières années pour la mise en place d'une norme mondiale en matière d'émissions de poussières fines des réacteurs d'avion afin de réduire les émissions globales de poussières fines dues au transport aérien. Tous les gros réacteurs en production sont certifiés depuis le 1^{er} janvier 2020 en application de la nouvelle norme. Les carburants d'aviation durables (*sustainable aviation fuels* [SAF], carburants dérivés p. ex. de déchets biogènes ou carburants de synthèse aussi neutres en carbone que possible) permettent également de réduire les émissions de poussières fines en raison d'une meilleure composition chimique. La réduction des émissions de poussières fines contribue à réduire l'effet sur le climat des traînées de condensation sans augmenter les émissions de CO₂.

La réponse à l'intervention du Conseiller national Luc Recordon en 2007 donne un aperçu de la situation concernant les émissions des aéronefs :

<https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaeft?AffairId=20073387>.

5. La thèse des *chemtrails*

L'Internet fourmille de sites qui propagent la thèse selon laquelle des avions sillonnent le ciel pour répandre volontairement et à notre insu des substances chimiques dans l'atmosphère (les *chemtrails*). Selon ces théories conspirationnistes, ces opérations serviraient, c'est selon, à manipuler le climat, à réduire sciemment la population ou poursuivraient des objectifs militaires.

Cette thèse a commencé notamment à se développer à partir du brevetage aux États-Unis d'un procédé - « Stratospheric Welsbach seeding for reduction of global warming » - qui prévoit l'utilisation de produits chimiques pour lutter contre le réchauffement climatique. En 2001, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a indiqué que cette méthode pouvait en théorie modifier le climat. Les tenants de la thèse des *chemtrails* y ont vu la preuve que des vols d'épandage de produits chimiques sont organisés à cet effet. Cette thèse a depuis pris de l'ampleur au point que les épandages ne visent plus en priorité à lutter contre le réchauffement climatique, mais à contrôler les esprits, voire à empoisonner la population.

Ces affirmations sont sans fondement :

- La formation de traînées de condensation sous toutes leurs formes est un phénomène naturel causé par les avions et connu de longue date. Songeons par exemple aux traînées laissées par les bombardiers de la Seconde Guerre mondiale volant à haute altitude. Le meilleur rendement des avions modernes et l'augmentation du nombre de gros-porteurs sont des facteurs favorisant la formation de traînées de condensation.

- Les volumes gigantesques des nuages issus des traînées de condensation sont dus à la vapeur d'eau présente dans l'air ambiant. Un avion ne serait guère en mesure de transporter la quantité de substances nécessaire à la formation de nuages aussi imposants.
- Les avions engagés dans les vols d'épandage en question devraient en principe se soumettre à une procédure de certification techniquement complexe, qui plus est sous l'étroite supervision des autorités aéronautiques. Or, l'OFAC n'a pas connaissance que des avions aient été modifiés pour ce genre de missions.
- Les réacteurs et le circuit de carburant sont conçus et certifiés pour des carburants spécialement destinés aux avions à réaction. Or, l'OFAC n'a pas connaissance de certificats d'émissions des réacteurs pour l'ajout d'aluminium ou de substances analogues. De plus, des prélèvements de carburants provenant de différents fournisseurs ont été systématiquement analysés ces dernières années en Suisse dans le cadre de tests des réacteurs. Comme pour tout carburant à base de pétrole, on y a décelé des traces d'aluminium et de baryum, éléments que l'on retrouve à l'état naturel dans le pétrole brut. Tout ajout intentionnel d'aluminium ou de baryum dans les carburants d'aviation est donc exclu.
- En Suisse, la proportion d'aluminium dans les poussières fines est inférieure à 0,5 %, celle de baryum inférieure à 0,01 %. Ces éléments sont également présents dans le sol de sorte que les méthodes d'analyse actuelles très précises permettent de les détecter dans l'air ou dans l'eau de pluie après mise en suspension. Une forte proportion de l'aluminium mesuré dans l'air est formée de poussière minérale naturelle, l'aluminium étant le troisième élément le plus abondant dans l'écorce terrestre. Un quart environ de l'aluminium présent dans l'air ambiant provient du trafic routier. Les concentrations de baryum et d'aluminium mesurées en Suisse sont pratiquement restées stables depuis les années 90. Elles sont près de 50 fois inférieures aux valeurs au-delà desquelles on considère que ces éléments représentent un risque pour la santé. Autrement dit, ces éléments ne mettent pas en péril la santé de la population suisse.
- Les fusées anti-grêle dirigées contre les nuages d'orage visent à agglomérer les cristaux de glace afin qu'ils tombent et se transforment en pluie avant que des grêlons aient pu se former. Ce procédé peut être considéré comme une manipulation localisée de la météo mais n'a rien à voir avec les *chemtrails*.
- En raison de la surveillance permanente dont fait l'objet l'espace aérien, il est pratiquement impossible que la pulvérisation systématique de produits chimiques passe inaperçue. Tous les aéronefs sillonnant le ciel européen doivent respecter un plan de vol détaillé, contrôlé par les services de la navigation aérienne. En Suisse, l'espace aérien contrôlé s'étend verticalement du sol jusqu'à 20 km de hauteur. Tout avion non identifié qui y pénétrerait déclencherait une mission d'interception des Forces aériennes suisses.
- En Suisse, les organes de surveillance de l'espace aérien et les autorités sanitaires et environnementales interviendraient immédiatement si elles avaient le moindre soupçon que de telles méthodes étaient effectivement mises en œuvre. À ce jour, les autorités n'ont jamais eu à intervenir.
- Les techniques qui visent à manipuler le système climatique terrestre pour contrecarrer les effets du réchauffement global provoqué par l'homme, ou tout au moins les freiner, ont été rassemblées par le passé sous des appellations telles que géo-ingénierie, ingénierie climatique, etc. Ces appellations prêtent toutefois à confusion dans la mesure où les techniques regroupées sous ces notions comme les technologies d'émission négative (NET) et la gestion du rayonnement solaire (SRM) répondent à des logiques bien différentes (cf. [les NET sur le site de l'OFEV](#) et [fiche de l'OFEV sur les NET](#)).
- Les technologies d'émission négative (NET ou technologies CDR pour *carbon dioxide removal*) retirent durablement le dioxyde de carbone (CO₂), gaz à effet de serre, de l'atmosphère terrestre. Elles interfèrent avec le cycle du carbone de la planète,

s'attaquant directement à la cause première des changements climatiques. Les techniques SRM visent quant à elles à diminuer le rayonnement solaire reçu à la surface de la Terre et, ce faisant, à limiter le réchauffement global. Les techniques SRM s'attaquent par conséquent uniquement aux symptômes du réchauffement climatique et non à sa cause, à savoir l'élévation de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère.

- Un procédé SRM consiste par exemple à injecter des produits chimiques (aérosols) dans les hautes couches de l'atmosphère où elles resteraient pendant plusieurs années. La recherche menée sur les techniques SRM se concentre aussi sur les dangers des différentes applications. Celles-ci ne seraient de toute manière pas autorisées en Suisse car contraires notamment à la loi sur la protection de l'environnement. La communauté internationale a également de grosses réserves sur le recours aux techniques SRM, au point que la Conférence des Nations Unies sur la diversité biologique a *de facto* décrété un moratoire tandis que la Suisse s'engage pour que le contrôle international sur les techniques SRM soit plus sévère.