



Un voyage, tout le monde le sait, demande beaucoup de préparation : il faut choisir sa destination en fonction de la saison, économiser pour acheter son billet, faire rentrer ses affaires dans une petite valise, rechercher le meilleur trajet pour arriver à l'heure à l'aéroport, etc. En d'autres termes, optimiser chaque pan du voyage jusqu'à son siège dans l'avion. Eh bien, c'est la même chose pour les aviateurs, les contrôleurs du ciel et les responsables de maintenance des appareils.

Cela commence dès la conception de l'avion avec le dessin de sa forme extérieure. Celle-ci doit être optimisée pour réduire la traînée – la force qui s'oppose au mouvement dans l'air – tout en maximisant la portance. En parallèle, les ingénieurs doivent tenir compte de la solidité de la structure, du confort acoustique à l'intérieur et du coût. Un vrai casse-tête ! *“Pendant des années, il fallait réaliser des maquettes et les tester en soufflerie pour voir le mouvement de l'air sur elles et évaluer leur performance aérodynamique”*, explique Pietro Marco Congedo, chercheur à l'Inria au Centre de mathématiques appliquées de l'École polytechnique. Cette méthode permettait, à coups d'essais et d'erreurs, d'affiner la forme – par exemple de l'aile d'avion – jusqu'à trouver le meilleur design possible. *“À chaque nouveau design, il fallait faire une nouvelle maquette. Ce processus était long et coûteux”*, ajoute-t-il.

CORRIGER LES IMPRÉCISIONS

La simulation numérique a peu à peu remplacé cette méthode. Il devient possible de simuler l'effet des forces physiques sur l'appareil modélisé numériquement. *“On peut désormais explorer des milliers de variantes”*, apprécie Pietro Marco Congedo. Différents algorithmes d'optimisation permettent de trouver, étape par étape, le meilleur compromis pour un profil d'aile.

Le problème, c'est que les équations de la physique des fluides régissant le vol d'avion sont particulièrement difficiles à résoudre. *“Selon le nombre de paramètres pris en compte, l'exploration de l'espace des designs*

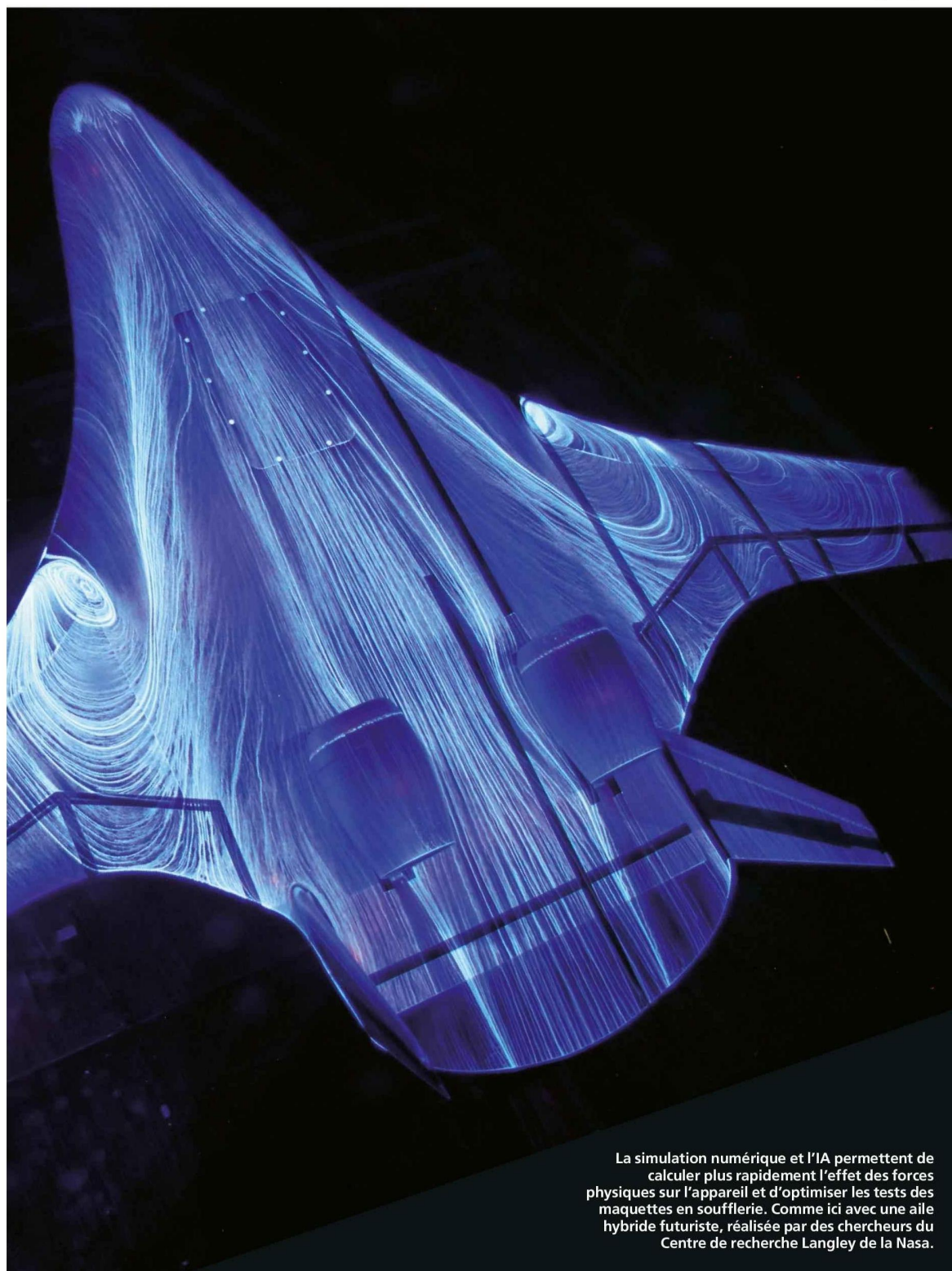
L'IA prend son envol

Les algorithmes et l'intelligence artificielle permettent désormais d'optimiser la conception des avions, leurs trajectoires de vol et même leur maintenance.

PAR CHARLOTTE MAUGER



La course au progrès



La simulation numérique et l'IA permettent de calculer plus rapidement l'effet des forces physiques sur l'appareil et d'optimiser les tests des maquettes en soufflerie. Comme ici avec une aile hybride futuriste, réalisée par des chercheurs du Centre de recherche Langley de la Nasa.

© PRESTON MARTIN/SPL

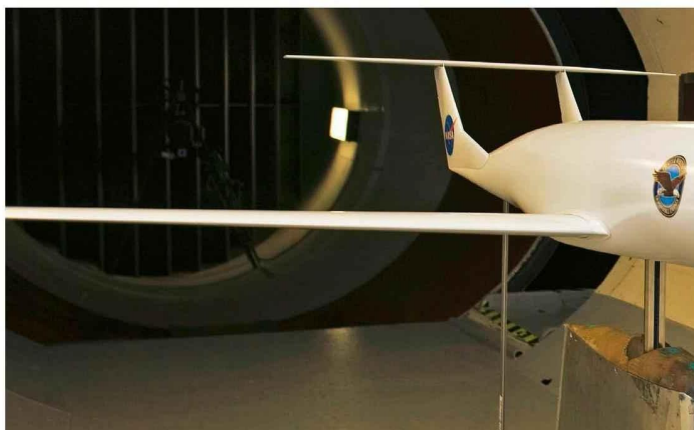
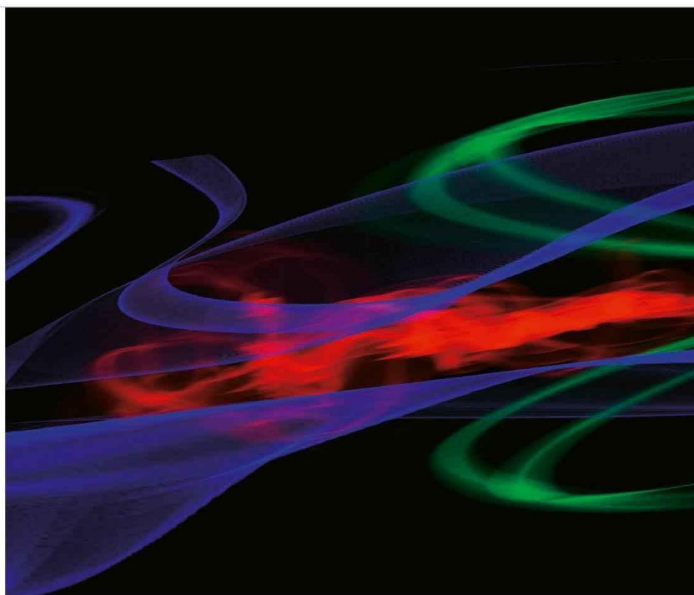
possibles peut prendre des jours ou des semaines juste pour une combinaison de paramètres”, détaille Pooja Narayan, responsable de l'IA chez Airbus. Il faut trouver un compromis entre la précision du résultat de l'optimisation et le temps de calcul qu'on peut s'autoriser. “On essaie de construire en basse fidélité pour une prédiction plus rapide, avec seulement quelques endroits importants en haute fidélité”, explique Pietro Marco Congedo.

Il faut alors corriger les imprécisions de ces calculs et c'est le point sur lequel le chercheur travaille dans le cadre du projet européen Nextair. “Quantifier les incertitudes permet de connaître les éléments qui affectent la performance de chaque forme, d'évaluer la confiance qu'on a sur la prédiction et d'estimer les risques”, énumère le chercheur.

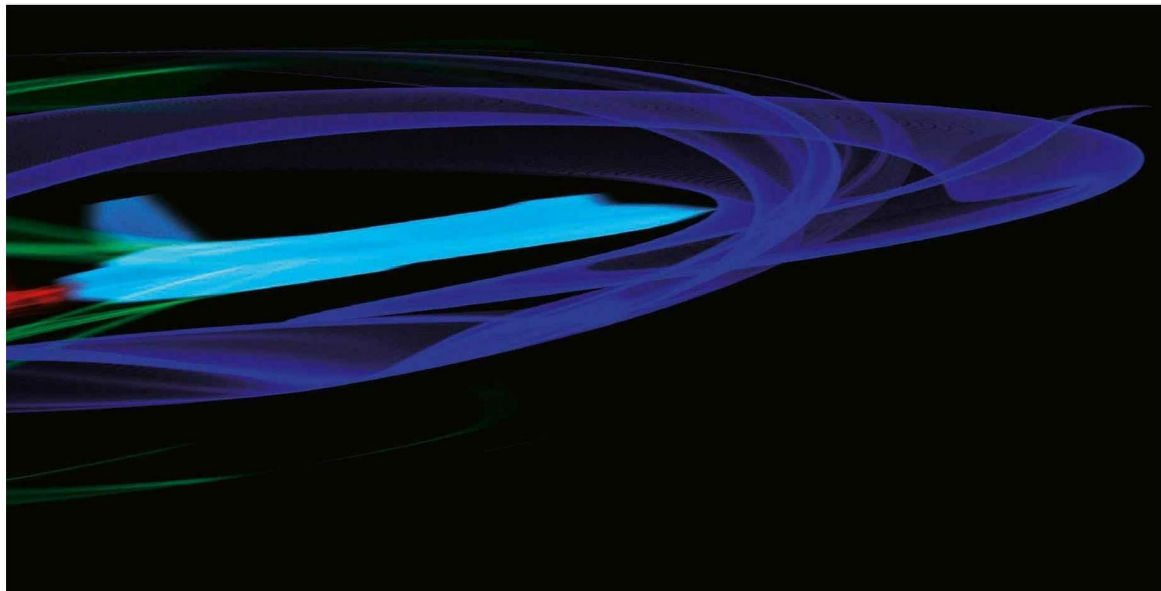
OPTIMISATION DES TRAJECTOIRES

L'intelligence artificielle s'invite bien évidemment dans ce travail. En effet, il est possible d'apprendre les équations de la physique des fluides à un modèle d'apprentissage automatique, en indiquant à la machine quand sa prédiction est contraire à ce que donnent les calculs. “Ces modèles hybrides ont la capacité de réduire drastiquement le temps des simulations, c'est pourquoi nous examinons actuellement leur potentiel chez Airbus”, explique Pooja Narayan. La fin de ce processus reste cependant identique : il faut tester en soufflerie la performance de l'aile maquette.

“ On ne peut pas faire les calculs sur toutes les trajectoires possibles. Il faut trouver comment en éliminer certaines pour réduire le temps de calcul ”



Au fil des optimisations, l'avion idéal est fin prêt ! Mais le labeur n'est pas terminé : il faut encore trouver le meilleur trajet pour relier l'aéroport de départ à celui d'arrivée. Et là, déterminer le chemin le plus rapide ne suffit pas ! Il s'agit aussi de trouver le parcours qui économise le plus de carburant, évite les zones d'intempéries, le trafic aérien trop dense, etc. Un travail d'équilibriste ! Concilier toutes ces contraintes demande de réaliser un schéma de toutes les trajectoires possibles entre les points A et B, puis de trouver le meilleur chemin en fonction des paramètres. Encore une fois, ce calcul est complexe, car il repose sur des équations difficiles à résoudre. “On ne peut pas faire les calculs sur toutes



les trajectoires possibles. Il faut trouver comment en éliminer certaines pour réduire le temps de calcul", détaille Wissem Maazoun, vice-président à l'innovation chez BusPas, qui travaille sur l'optimisation des trajectoires. Ici aussi l'apprentissage automatique a un rôle à jouer pour obtenir plus rapidement des prédictions de trajets. "L'avantage que l'on a aujourd'hui pour l'apprentissage automatique, c'est que les données sont abondantes avec tous les capteurs que les avions embarquent", ajoute-t-il. Cette recherche ne s'arrête pas au décollage de l'avion, puisque le calcul d'itinéraire doit pouvoir évoluer en fonction des données en temps réel, par exemple la mise à jour des conditions météorologiques.

En haut, la modélisation de l'aérodynamique d'un avion. En bas, une maquette de l'avion Double Bubble D8, testée en soufflerie.

Enfin, les avionneurs doivent s'assurer que le matériel arrivé à destination est toujours dans un bon état pour décoller à nouveau. "Vous devez vérifier que tous vos appareils fonctionnent du mieux possible, et cela peut vite être une tâche laborieuse", précise Pooja Narayan. Sans compter qu'un dégât imprévu sur un appareil peut impliquer une maintenance immédiate et des retards sur les lignes. Mais depuis une dizaine d'années, la maintenance prédictive est à l'œuvre pour garantir les meilleures performances à tout moment. Pour ce faire, des centaines de capteurs à l'intérieur et l'extérieur de l'avion collectent des milliers de paramètres par seconde tout le long du vol. Quand l'appareil arrive à quai, ces données sont analysées par des systèmes d'IA pour prédire l'évolution de l'état de santé de l'avion. Si une défaillance risque d'apparaître, une maintenance est prévue sur l'appareil. "Cela permet de les programmer à l'avance. On est ainsi capable de réduire de 20 % les interruptions opérationnelles", ajoute la responsable IA d'Airbus.

Bref, l'intelligence artificielle peut être sollicitée à toutes les étapes du voyage, avant, pendant et après le vol. En attendant le jour où elle sera en mesure d'assister chaque voyageur dans l'élaboration de son projet de vacances, à l'image d'un tour-opérateur ultra-personnalisé. ■

© UN LIGNE DE CRÉDIT