

## Les très grandes souffleries de l'ONERA : un actif majeur de la France

L'ONERA opère un ensemble unique au monde de 12 souffleries aéronautiques « industrielles <sup>1</sup> ». Couvrant une gamme de vitesse de Mach 0,1 à Mach 20, ce parc de souffleries, réparti sur trois centres, en Savoie, en région toulousaine et sur le plateau de Saclay, représente 60% des grandes installations européennes.

D'une valeur totale de 1.5 milliard d'euros (valeur à reconstruction), ce sont des outils clés qui associent science et industrie.

### Comment fonctionne une soufflerie ?

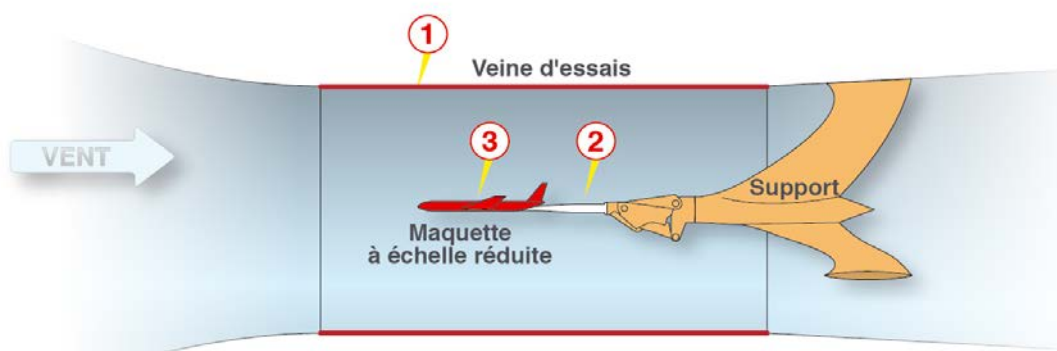
Dessinées selon des principes établis au début du 20<sup>ème</sup> siècle, puis pensées et développées par les décideurs des années 40 et 50, les formes des souffleries de l'ONERA sont toujours valables et restent donc des infrastructures d'une grande pertinence. La preuve en est que la conception des souffleries récemment créées, ainsi que celles en projet dans le monde, respecte ces mêmes principes.

Une soufflerie est caractérisée par :

- L'infrastructure elle-même, c'est-à-dire le circuit, l'acier et le béton,
- Un élément invisible : l'intelligence, représentée par les techniques d'essai et les différents bancs d'expérience utilisés, ainsi que l'expertise qui y est associée. Un domaine où l'ONERA dispose d'un savoir-faire quasi inégalé.

Schématiquement, réaliser un essai en soufflerie consiste à mettre une maquette d'aéronef dans une veine d'essai où elle est soumise à un écoulement d'air à différentes vitesses. La maquette doit être représentative de l'aéronef réel et l'écoulement d'air représentatif de l'action de l'air lors du vol réel.

En soufflerie, à l'inverse du vol réel, la maquette est immobile et l'air avance vers celle-ci. Il est absolument identique que l'air avance vers la maquette ou que l'avion avance dans l'air. On sait en effet que les phénomènes aérodynamiques, les forces qui s'exercent sur cette maquette, sont de mêmes natures que celles qui s'exercent sur l'aéronef. Les efforts mesurés en soufflerie sur une maquette à échelle sont donc transposables aux efforts sur l'aéronef.



### Le rôle des souffleries : de la recherche à l'innovation

Les souffleries de l'ONERA sont couramment utilisées par de grands industriels français, européens et mondiaux des domaines de l'aéronautique civile, de la défense et du spatial.

<sup>1</sup> Par opposition aux souffleries de recherche

# *Les très grandes souffleries de l'ONERA | 2014*

Un aéronef a en effet une vie avant son premier vol. En fonction des programmes développés, dont les innovations peuvent être plus ou moins complexes, cette vie peut s'étendre entre 5 à 8 ans. Fruit du retour d'expérience, de la science théorique, des codes et des essais en soufflerie, la conception d'un avion, tributaire de la science aérodynamique, est complexe. En effet, il n'existe pas d'outil de conception parfait. Il y a toujours une dose d'incertitude. Or, les investissements gigantesques associés aux programmes d'avions nouveaux ne peuvent se satisfaire de trop d'incertitude lors de la conception : c'est la raison d'être des grandes souffleries.

Les souffleries sont des outils d'aide à la décision : on y teste plusieurs configurations d'aéronef ou de parties d'aéronef afin de déterminer la meilleure configuration pour l'objectif poursuivi.

Pour l'industrie de l'aéronautique civile, ces objectifs peuvent être :

- optimiser la conception d'un avion pour minimiser la consommation de carburant. Avec pour conséquence un résultat sur l'environnement mais aussi sur le prix du billet. Ou la possibilité pour les avions d'affaires de franchir une distance plus importante en embarquant la même quantité de carburant.
- déterminer la réaction de l'avion aux commandes de pilotage, sur tout le domaine de vol, et même au-delà, notamment en configuration de décrochage. Un objectif qui vise le confort et la sécurité des passagers.
- explorer les phases particulières du décollage et de l'atterrissage durant lesquelles l'avion est soumis à des écoulements particuliers. Un objectif qui vise à réduire les nuisances sonores dans les aéroports urbanisés.

En associant différentes disciplines scientifiques au meilleur niveau, tel que le laser, l'infra-rouge, les micro-technologies, la peinture sensible à la pression, la miniaturisation de l'électronique, la métrologie, les très grandes souffleries permettent de pratiquer une activité de compréhension des phénomènes physiques et de choix, de l'étape fondamentale jusqu'aux choix finaux, des meilleures géométries des futurs avions ou système d'armes pour arriver au meilleur produit qui battra la concurrence internationale.

La mise au point des techniques d'essais nécessite également l'intervention d'experts de différentes disciplines : aérodynamiciens, acousticiens, mathématiciens, informaticiens, physiciens, ingénieurs de bureau d'études.

Dans le domaine civil comme militaire, les très grandes souffleries de l'ONERA représentent pour l'industriel un investissement rentable car elles minimisent le risque technique, industriel et financier. Liées au développement du meilleur produit, **les très grandes souffleries interviennent pendant la phase de conception des aéronefs.**

L'ONERA occupe tout l'espace du temps de la conception : de la recherche fondamentale à la recherche appliquée.

Pour améliorer le cycle de conception, et être en position de prendre une décision de lancement (T0) au plus tôt, il faut investir dans les moyens de recherche.

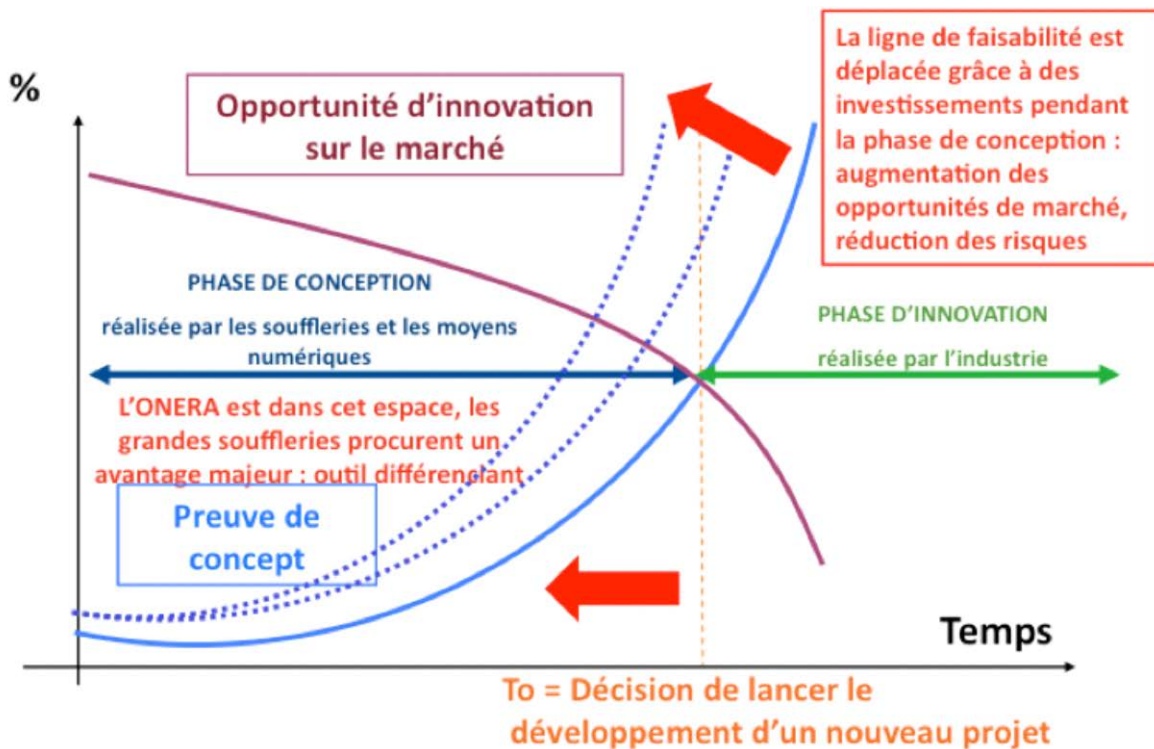
Outils différenciants, les grandes souffleries procurent un avantage majeur. La preuve en est qu'un petit pays comme la France est leader sur l'aéronautique.

Ainsi, dans le domaine de l'aéronautique civile, les souffleries de l'ONERA ont contribué à concourir à la réussite de tous les grands programmes d'aviation civile de ces 40 dernières années (A380, A400M, A350, famille Falcon). Snecma a également utilisé très largement les grandes souffleries de l'ONERA pour développer et mettre au point ses moteurs civils comme le CFM. Quant à Airbus Helicopters, il y a optimisé

## Les très grandes souffleries de l'ONERA / 2014

les formes de ses pales. Si les souffleries françaises n'avaient pas existé, les groupes Airbus et Dassault n'auraient pas les produits qu'ils ont aujourd'hui.

Dans le secteur de la Défense, où la composante aérienne est importante et revêt un caractère fortement technologique, les souffleries de l'ONERA ont contribué à développer, de façon indépendante, la performance des avions de combat Rafale, ainsi que les missiles MICA, ou encore ASMP au bénéfice du missilier MBDA et de la France. Quant à l'export d'armement, les souffleries y jouent un rôle important, puisqu'à chaque fois qu'un pays achète un avion de combat, il faut valider la compatibilité des missiles que le pays va acheter avec le porteur.



Ces compétences en matière de soufflerie sont également reconnues hors de France : de nombreux utilisateurs étrangers viennent en effet demander à l'ONERA de réaliser des essais pour leurs propres programmes.

Enfin, les grandes souffleries participent à l'expertise française sur les aspects internationaux, notamment en matière de certification et réglementation. En effet, pour établir ces règles, des essais réalisés dans les souffleries de l'ONERA permettent à la France d'avoir une voix importante dans ces négociations.

**Et demain ? Contribution à une industrie aéronautique européenne innovante, performante et compétitive.**

**Pour répondre aux défis majeurs sur la consommation, les émissions, le bruit, la sécurité, la flexibilité et la discrétion, les formes doivent considérablement évoluer.**

**Les innovations de l'industrie aéronautique** civile de ces 40 dernières années ont été réalisées en optimisant au maximum les formes aérodynamiques et concepts d'avions définis selon une géométrie apparue dans les années 50/60. Ceci explique que les usagers actuels n'aient pas forcément conscience des innovations apportées sur les avions civils. Si ces options de forme étaient justifiées à l'époque, et

# Les très grandes souffleries de l'ONERA / 2014

qu'elles ont fait jusqu'à présent leurs preuves sur tous les programmes majeurs, cette stratégie d'optimisation tire aujourd'hui à sa fin : les gains encore à espérer selon ce schéma sont en effet désormais faibles.

Dès lors, quelles évolutions rechercher ?

Envisagées à l'horizon 2030 et présentées dans les feuilles de route du CORAC ou dans les 34 plans du projet Nouvelle France Industrielle, certaines intègrent déjà des pistes d'évolutions en rupture très nette par rapport aux configurations d'avions produites depuis les années 60 :

- Quelles solutions considérer pour permettre à l'avion de décoller et d'atterrir en consommant moins et sur des pistes moins longues ?
- Quelles nouvelles techniques concevoir pour continuer de minimiser les effets de la traînée et les instabilités dues aux flux d'air ?
- Quelles nouvelles techniques inventer pour mieux réduire les nuisances sonores pour les passagers : en jouant sur un meilleur contrôle de la fatigue de la carlingue ? Et comment diminuer le bruit perçu, source de nuisance pour les riverains à l'atterrissage et au décollage ?
- Les moteurs des futurs avions seront-ils encore dans une nacelle (carénés) ou non ? Quelles positions auront ces nacelles vis à vis du reste de l'avion pour que les moteurs continuent d'être bien alimentés en air, et optimisent ainsi le « bilan propulsif global » de l'avion ? Seront-elles directement intégrées à la voilure et au fuselage ?
- Les concepts d'avions supersoniques vont-ils faire une percée majeure, sans être empêchés dans leur déploiement en raison du bang supersonique dont il faudra apprendre à minimiser les effets ?
- Quelles marges d'amélioration envisager pour améliorer les performances des hélicoptères ?

Des choix technologiques qu'il faudra adapter au rayon d'action : court, moyen, long courrier.

Et pour 2050 ? Des projets à un horizon plus lointain sont déjà au cœur de réflexions, comme par exemple une intégration beaucoup plus poussée entre motorisation et cellule. Pour diminuer une résistance à l'avancement importante, le moteur sera-t-il intégré au fuselage ? Existera-t-il encore demain une différence entre ailes et fuselage ? Ou les différents composants d'un avion seront-ils intégrés dans un ensemble qui ne fera plus de différence ?

**Quant à la Défense**, les choix technologiques faits devront permettre d'augmenter les performances des systèmes d'armes, qu'il s'agisse d'avions de combat, de drones de combat, de missiles ou de moteurs, avec un budget plus contraint que pour les programmes précédents.

## **Le moteur de ce courant de progrès : la compétition mondiale**

Quelle autre raison justifierait d'aller au-delà de la configuration actuelle ? La compétition mondiale. C'est en effet le moteur essentiel de ce courant.

Les questions que l'on doit dès aujourd'hui se poser sont :

- Quels seront les nouveaux entrants sur le marché ?
- Combien de grands constructeurs seront présents à l'horizon 2050 ?

La France a tous les atouts pour faire face à cette compétition mondiale. Si l'industrie française souhaite rester dans la course mondiale et faire face aux acteurs historiques (Etats-Unis) et aux nouveaux entrants (Chine), elle devra lancer d'ici 2030 des technologies de rupture et pour cela posséder les outils de recherche adéquats, comme des souffleries « industrielles ».

**Rôle des très grandes souffleries dans cette course à l'innovation :**

# *Les très grandes souffleries de l'ONERA / 2014*

Quelque soit les ruptures qui seront envisagées, leurs faisabilité et pertinence seront totalement à démontrer. Une démonstration dans laquelle les comportements aérodynamiques joueront un rôle clé et qui ne pourra se faire uniquement par la simulation numérique.

Car, si le calcul numérique a fait d'énormes progrès, il demeure un outil perfectible. Il serait en effet tout à fait erroné de croire que le calcul théorique détient une « vérité absolue ». Il existe des zones inconnues des modèles théoriques, où les prédictions se révéleront fausses. Le besoin d'explorer des domaines inconnus, de simuler les écoulements d'air sur des formes nouvelles et complexes (aile de forme très évoluée...), de tenir compte de tous les paramètres physiques (comportement de l'écoulement à la paroi des ailes et fuselage, effets de la viscosité, de la turbulence), de déterminer le rôle joué par les phénomènes d'instabilité (apparition localisée de zones turbulentes, décollements, effets des chocs...) fixe les limites du calcul numérique et démontre l'apport des souffleries.

Les technologies de rupture à l'horizon 2030 et au-delà, qui imposeront d'explorer des données inconnues, ne pourront être évaluées, validées et mises au point que par l'utilisation des souffleries industrielles ONERA ; ceci aussi bien pour les avions civils que pour ceux de la défense.

Mais, les souffleries de l'ONERA seront-elles en mesure d'accompagner, dans 5, 10 ou 15 ans, industriels et acteurs étatiques pour explorer ces données inconnues et ainsi contribuer à relever ces défis ? Très concrètement, non, si on ne fait rien pour les conserver dans un état opérationnel et productif.

## **Situation actuelle des très grandes souffleries ONERA**

Bien adaptées, robustes et performantes, disposant d'un savoir-faire quasi inégalé en matière de techniques d'essai, le niveau d'investissement dans les très grandes souffleries est faible depuis plusieurs années.

Pourquoi ? Parce que les investissements nécessaires sont très importants<sup>2</sup> et n'ont pu être assurés par l'ONERA seul. Certains équipements sont aujourd'hui vieillissants et souffrent d'une situation critique.

Pour maintenir l'état opérationnel de ces infrastructures et fournir aux utilisateurs des informations de plus en plus précises et à forte valeur ajoutée, une remise à niveau durable, doit être entreprise. En effet, des éléments, au niveau de l'infrastructure comme des techniques d'essai, sont à changer ou à améliorer afin de remplacer des composants en fin de vie, de les fiabiliser, ou de proposer de nouvelles performances. Une remise à niveau dont le financement devra faire l'objet d'une concertation nationale.

## **Le plan ATP<sup>3</sup> France : un plan de financement de 218 millions d'euros sur une période de 11 ans soumis à l'évaluation du 1er Ministre**

Début 2012, un think tank, constitué de Airbus, Airbus Defense & Space, BAE Systems, Dassault Aviation, MBDA et Cassidian, identifie les souffleries européennes indispensables au développement des avions et systèmes d'arme. Le 13 février 2012, dans une lettre de position<sup>4</sup>, le think tank, dont la réflexion est également partagée par Safran, établit 8 des 12 souffleries que possède l'ONERA, comme stratégiques pour le futur d'une industrie aéronautique européenne innovante et compétitive.

---

<sup>2</sup> Bien que faibles par rapport à la valeur du parc installé en France (valeur à reconstruction de 1,5 milliard d'euros)

<sup>3</sup> Aero Testing Programme

<sup>4</sup> European Aeronautical Industry view on the future European Wind Tunnel facility landscape

## *Les très grandes souffleries de l'ONERA / 2014*

Fort de cette reconnaissance des industriels européens, l'ONERA a élaboré un plan de soutien, le plan ATP France, pour ces 8 très grandes souffleries.

D'un montant total de 218 M€ sur une période de 11 ans, soit un investissement d'un peu plus de 14% de la valeur totale des souffleries, ce plan propose 51 projets d'investissements touchant les infrastructures ou le développement de techniques d'essai et d'expertise.

Après avoir recueilli l'avis et pris en compte les recommandations des industriels, le plan est maintenant soutenu par le GIFAS, au plus haut niveau. Il sera soumis pour évaluation d'ici fin novembre aux autorités étatiques dans une approche interministérielle, compte tenu du caractère dual des installations concernées.

Objectif ? Permettre à l'ONERA de conserver, face à une concurrence de plus en plus accrue, son avance actuelle pour assurer sa position de leadership mondial dans le domaine des essais en soufflerie, et par voie de conséquence le leadership dans la conception et la production des aéronefs par l'industrie française et européenne de façon plus générale.

En effet, abandonner les souffleries n'aurait pas qu'un impact sur l'ONERA, mais aussi sur l'industrie, la défense et l'économie française. Car, d'autres pays déploient actuellement leur stratégie :

- Les Etats-Unis : après s'être un temps détournés de leurs souffleries au profit de la simulation numérique, les USA ont lancé en 2010, suite à une décision votée par le Congrès, un plan de financement de 600 millions de \$ sur 10 ans pour remettre à niveau leurs souffleries.
- La Chine : le pays opère actuellement la construction accélérée de plusieurs grandes souffleries semblables aux souffleries européennes<sup>5</sup>. Certaines installations chinoises sont déjà opérationnelles.
- La Grande-Bretagne : alors qu'ils soutiennent leur dernière soufflerie, ARA, les anglais ont pris l'option de se rapprocher des USA.
- L'Allemagne, elle, soutient ses installations par des programmes nationaux.

Des investissements lourds, qui, comme l'ONERA le pense, ne peuvent viser que des objectifs d'exploration de configurations d'aéronefs en rupture. Si la vision stratégique des USA et de la Chine, pour ne citer que ces 2 états, était en effet de produire des avions de configurations conventionnelles, il n'y aurait pas de justification à investir autant.

**Les souffleries de l'ONERA seront en mesure d'accompagner, dans 5, 10, 15 ans, industriels et acteurs étatiques pour explorer des configurations d'aéronefs en rupture si une pérennisation des infrastructures et un développement des techniques d'essai de ses 8 souffleries stratégiques est assurée par le biais d'un plan de financement étatique de 218 millions d'euros, un plan à hauteur de 14% de sa valeur totale.**

**C'est la mission de l'ONERA d'alerter sur cette situation et les impacts possibles des décisions ou non-décisions.**

---

<sup>5</sup> 8 à 10 ans sont nécessaires pour construire et mettre au point une nouvelle soufflerie