

Chambre de combustion de moteur militaire.

**AÉRONAUTIQUE.** Les programmes de recherche Inca, Maia et Iroqua, initiés par Safran, reposent sur un partenariat original et innovant avec les laboratoires publics. Une démarche qui porte déjà ses fruits. D'autres grands acteurs industriels s'y sont associés.

## RECHERCHE : LES FRUITS DU PARTENARIAT

À l'heure où les pôles de compétitivité apparaissent comme un levier essentiel pour stimuler l'économie française, grâce au rapprochement des acteurs privés et publics de l'innovation, Safran fait figure de précurseur sur le sujet. « Nous avons été l'une des premières grandes entreprises françaises – si ce n'est la première – à avoir une partie de notre recherche assurée en partenariat avec des laboratoires publics », explique Alain Coutrot, directeur adjoint Recherche & technologie de Safran.

Cette démarche s'organise aujourd'hui au travers de trois programmes phares, menés avec les laboratoires du CNRS et de l'Onera (Office national d'études et de recherches aérospatiales). Afin d'afficher la cohérence de cette stratégie, les trois programmes portent des noms faisant référence à une même notion : les peuples amérindiens. Ils se nomment donc Inca (Initiative en combustion avancée), Maia (Méthodes avancées en ingénierie mécanique) et Iroqua (Initiative de recherche pour l'optimisation acoustique aéronautique). Si le premier de ces programmes a vu

le jour en 2002, ils sont l'aboutissement d'une longue tradition de collaboration avec les acteurs publics de la recherche. Le Centre des matériaux de l'École des mines de Paris a, par exemple, été créé en 1967, au sein même du site d'Evry-Corbeil de Safran. Plus récemment, à la fin des années 1980, était conclu un accord de création du laboratoire des Composites thermostructuraux, unité mixte de recherche, partenariat entre le CNRS, Snecma Propulsion Solide (Groupe Safran), le CEA (Commissariat à l'énergie atomique) et l'université de Bordeaux, dans la perspective du programme Hermès d'avion spatial européen (ce programme a été arrêté en 1992).

Autre temps fort de la politique de partenariats de Safran : la signature, en 1999, d'un accord-cadre de coopération avec le CNRS, afin de développer une véritable force de recherche dans le domaine de la propulsion aéronautique et spatiale. « Ceci explique qu'en 2002, reprend Alain Coutrot, nous entretenions des relations bilatérales avec de nombreux laboratoires. Nous avons souhaité fédérer ces différents partenariats au sein de programmes thématiques permettant aux équipes de chercheurs de travailler en réseau. » C'est ainsi qu'est d'abord né le programme Inca, alliant les forces de Safran, du CNRS et de l'Onera autour de la recherche en combustion (voir encadré).

### Des synergies qui renforcent le partenariat

Un tel regroupement en réseau présente de nombreux avantages. À commencer par la pluridisciplinarité. « Aujourd'hui, illustre le directeur adjoint R&T de Safran, concevoir une chambre de combustion soulève de nombreux problèmes : l'homogénéité des mélanges air-carburant et la stabilité de la combustion, le refroidissement des parois, le rayonnement infrarouge... Pour apporter une réponse globale, il faut que toutes les compétences nécessaires travaillent ensemble. » L'organisation en réseau permet, par ailleurs, d'atteindre une masse critique. Pris individuellement, les laboratoires français constituent de petites entités en comparaison des laboratoires américains. Mais quand ils travaillent sous une bannière unique, comme c'est le cas notamment en matière de modélisation LES (voir encadré p. 11) sur les flux de fluides turbulents, la très réputée

## INCA

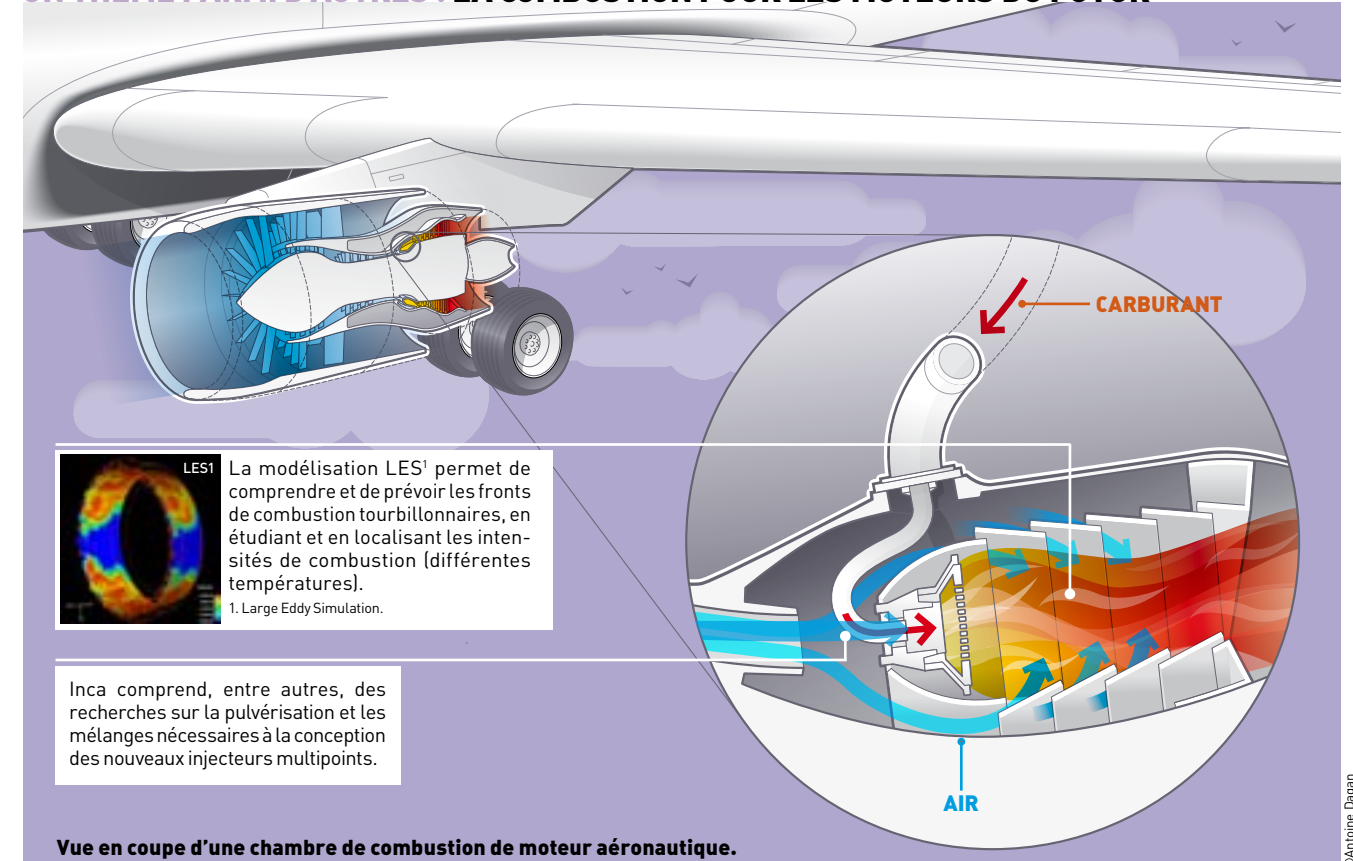
Le programme Inca, lancé en 2002, inclut des recherches sur trois types de propulsion :

- les moteurs d'avions et d'hélicoptères, afin d'obtenir une combustion propre à un coût compétitif
- les moteurs Ariane, afin d'améliorer la performance et la maîtrise de la combustion dans des domaines extrêmes
- la propulsion à propergol solide, utilisée notamment par les missiles et dans d'autres applications militaires.

**INCA EN CHIFFRES**

- 70 chercheurs actifs.
- 40 thèses de doctorat réalisées ou en cours.
- 10 laboratoires du CNRS, l'Onera et le Cerfacs (un laboratoire toulousain).
- 40 millions d'euros d'activité de recherche.

### UN THÈME PARMIS D'AUTRES : LA COMBUSTION POUR LES MOTEURS DU FUTUR



La modélisation LES<sup>1</sup> permet de comprendre et de prévoir les fronts de combustion tourbillonnaires, en étudiant et en localisant les intensités de combustion (différentes températures).  
1. Large Eddy Simulation.

Inca comprend, entre autres, des recherches sur la pulvérisation et les mélanges nécessaires à la conception des nouveaux injecteurs multipoints.

Vue en coupe d'une chambre de combustion de moteur aéronautique.

### DES RÉSULTATS CONCRETS : LA STABILISATION DES FLAMMES PAR DISPOSITIF À PLASMA

Pour réduire la consommation des avions et leurs émissions polluantes, la recherche s'oriente vers la combustion en régime pauvre. Il s'agit de diminuer la proportion de carburant dans le mélange air-carburant utilisé par le moteur. Ainsi, on évite les zones de forte température où se forment les polluants, tels les oxydes d'azote. Ce dispositif a potentiellement des applications très larges, depuis les fours industriels jusqu'aux moteurs aéronautiques et terrestres (automobile, etc.). Or, l'utilisation de mélanges air-carburant pauvres en carburant réduit

considérablement la stabilité des flammes, d'où des problèmes de sécurité, de rendement et de pollution. Pour stabiliser ces flammes, les chercheurs explorent la piste des plasmas froids. Une impulsion haute tension, brève de quelques nanosecondes, entre deux électrodes, produit un plasma qui crée à son tour des molécules très réactives, permettant d'amorcer la flamme dans des conditions où elle serait normalement éteinte ou proche de l'extinction. Les premiers résultats ont montré le fort potentiel de cette technique.



Illustration de l'effet du plasma sur la stabilisation des flammes. À gauche : aucun plasma n'est appliqué et la flamme est proche de l'extinction. À droite : l'application du plasma permet une parfaite stabilité de la flamme.

université de Stanford, en Californie, vient se *benchmarker* avec la recherche aéronautique française. Cette masse critique permet également de répondre aux appels d'offres européens en meilleure position, que ce soit par la qualité des projets déposés ou par la mutualisation de l'expérience face à des critères européens très complexes à intégrer. Alain Coutrot ne cache pas non plus les avantages d'un programme comme Inca en termes de synergies au sein du Groupe Safran. « Nous ne sommes pas un bloc monolithique, mais une constellation d'une vingtaine de sociétés, dit-il. Sans ces programmes, des entités auraient pu délaissé certains aspects de la recherche. Là, nous avançons ensemble. »

### De nouvelles recherches engagées

Les avantages sont tels que, dès 2003, Safran a lancé un second programme sur le principe d'Inca, avec les mêmes partenaires, le CNRS et l'Onera. Baptisé Maia, ce programme vise à améliorer la conception des pièces et des structures des moteurs et de tous les équipements aéronautiques du Groupe (trains d'atterrissage, nacelles, roues et freins...) et à mieux prédire leur comportement sur la durée (voir encadré). Il reprend les principes d'organisation d'Inca : un comité directeur rassemblant Safran, le CNRS et l'Onera fixe la politique générale; une cellule de pilotage organise le travail et monte les projets; enfin, des comités thématiques animés par des binômes chercheurs-ingénieurs Safran proposent les concepts innovants et mènent concrètement le travail de recherche. Ce principe a également été repris avec le troisième programme « indien », Iroqua, lancé en 2005 et dédié à l'optimisation acoustique (voir encadré). Signe du succès de la démarche partenariale public-privé, d'autres industriels se sont joints à Safran : Airbus, Dassault Aviation et Eurocopter, toujours en association avec le CNRS et l'Onera. Plusieurs groupes privés étant partenaires, c'est l'Onera qui assure le pilotage d'Iroqua, à la différence des autres programmes, pour lesquels Safran est maître d'œuvre.

### Des résultats plus que prometteurs

Quelques chiffres permettent de dresser un premier bilan de ces trois programmes :

plus de 120 thèses de doctorat, plusieurs dizaines de brevets, près de 300 chercheurs actifs... « Mais il faut noter, qu'en matière de rupture technologique, nous travaillons sur un horizon de dix ans, au minimum, précise Alain Coutrot. Nous avons, par exemple, déposé un brevet sur la stabilisation des flammes par dispositif à plasma (voir encadré p. 13). C'est une approche innovante majeure, pour laquelle nous sommes encore loin de l'application sur un moteur. Néanmoins, cela constitue un atout qui pourra s'avérer déterminant dans le futur. » Il faut également

noter qu'au-delà des avancées attendues sur la mise au point de moteurs de nouvelle génération, les programmes indiens permettent d'ores et déjà de progresser sur le terrain de la numérisation et de la conception par ordinateur. « Les progrès réalisés en matière de modélisation permettent de diminuer le nombre d'essais pour la mise au point d'une pièce ou d'une structure », pointe Alain Coutrot. Et sur ce terrain, les retombées financières sont à court terme. ■

F. BERGUE

### 3 QUESTIONS À



JEAN-LOUIS GOBERT  
DIRECTEUR DU PROGRAMME  
IROQUA À L'ONERA (OFFICE  
NATIONAL D'ÉTUDES ET DE  
RECHERCHES AÉROSPATIALES)

## Une organisation efficace pour innover

« Plusieurs projets d'Iroqua ont été retenus par la Fondation de Recherche pour l'aéronautique et l'espace »

#### Quelle est la force d'un programme de recherche comme Iroqua ?

Iroqua rassemble, au plan national, la communauté de chercheurs qui contribue à la réduction du bruit, pour la confronter aux enjeux et aux besoins des industriels : Safran, Airbus, Dassault Aviation et Eurocopter. Nous pouvons ainsi orienter nos recherches\*. Il est en effet crucial d'avoir ce fil conducteur pour identifier les zones d'ombre, là où des innovations sont attendues (voir encadré page 13). Rassembler toutes les équipes de recherche permet aussi d'augmenter la synergie entre équipes travaillant sur les mêmes sujets, tout en s'enrichissant

de la pluridisciplinarité. C'est d'ailleurs le sens du choix de l'Onera pour piloter le programme Iroqua, et de ma nomination en tant que directeur de celui-ci. En effet, le département auquel j'appartiens n'est pas orienté vers une discipline de base comme l'aéroacoustique, mais a pour rôle la prospective et la synthèse sur des activités fortement multidisciplinaires. Ce qui me donne du recul pour coordonner un grand nombre de compétences.

#### Quel en est l'intérêt pour l'Onera en particulier ?

Iroqua a également permis de créer de nouvelles synergies au sein de l'Onera. Dix des

## IROQUA



contrôle actif constituent les voies à explorer en priorité pour la recherche de sauts technologiques.» Aujourd'hui, un avion à l'approche fait, par exemple, autant de bruit du fait des moteurs que du « bruit de planeur », c'est-à-dire le bruit aérodynamique généré par le fuselage, les ailes, le train d'atterrissage, les volets sustentateurs, etc. Iroqua travaille donc aussi sur l'aérodynamisme. « Nous envisageons toutes les pistes, explique Jean-Louis Gobert, en regardant également les effets d'installation : le bruit que fait un moteur, non pas en laboratoire, mais en fonction de son intégration et de sa position sur un avion. » Enfin, pour atteindre les objectifs de l'Acare en matière de réduction des nuisances sonores, la recherche de trajectoires à moindre bruit constitue aussi une voie complémentaire.

### COMMENT RÉDUIRE LE BRUIT AUTOUR DES AÉROPORTS ?

Les objectifs du programme de recherche Iroqua s'inscrivent dans le cadre des recommandations de l'Acare (Advisory council for aeronautics research in Europe), un comité d'experts européens qui a notamment fixé comme objectif une réduction, d'ici à 2020, de 10 décibels du niveau de bruit autour des aéroports, soit une division par 10 de la puissance sonore. « Des progrès importants ont déjà été accomplis depuis 20 ans, essentiellement grâce à la réduction du bruit des moteurs, observe Jean-Louis Gobert, directeur du programme Iroqua. Pour espérer de nouvelles améliorations significatives, il faut désormais travailler sur les autres causes et surtout anticiper les sauts technologiques. Le domaine des matériaux et structures absorbants ainsi que celui des techniques de

dix-sept départements de l'Office contribuent à ce programme, qui constitue une plate-forme d'échanges transversaux. Le réseau compte aujourd'hui plus de 25 laboratoires et 11 PME : les deux premières éditions des Journées Iroqua (2005 et 2006) ont rencontré un vif succès, puisque plus de 80 chercheurs et représentants des industriels y ont participé.

#### Comment est mené le programme ?

Au-delà du budget de fonctionnement propre à chaque partenaire, chacun doit trouver les financements de ses projets de recherche. Travailler en réseau facilite cette démarche : Iroqua permet de structurer, en amont, les laboratoires du CNRS et de l'Onera, pour des réponses communes et cohérentes aux appels d'offres,

en évitant de nous concurrencer. À ce stade, plusieurs projets d'Iroqua ont été retenus par la Fondation de recherche pour l'aéronautique et l'espace. D'autres candidatures sont en cours, notamment dans des programmes européens. Mais pour un programme de cette envergure, deux ans sont à peine suffisants pour atteindre une vitesse de croisière : les prochaines étapes seront, dès cette année, la définition d'une véritable stratégie scientifique et technologique et sa concrétisation dans une banque de projets.

\* Iroqua se décline en 5 groupes de travail thématiques : modélisation physique et outils numériques, structures et matériaux absorbants, technologies actives, benchmarks expérimentaux et numériques, intégration des technologies.

PLUS D'INFO sur [www.iroqua.net](http://www.iroqua.net)

## MAIA

### L'IMPACT DES INCIDENTS DISSÉQUÉ

Maia (Méthodes avancées en ingénierie mécanique) étudie la modélisation de vibrations très complexes et de dynamiques transitoires : que se passe-t-il, par exemple, quand un corps étranger (glaçon, oiseau, etc.) est avalé par un moteur ? Le programme s'intéresse également à la mécanique des contacts, permettant, entre autres, de prévoir les conséquences du roulage sur jante suite à la crevaisson d'un pneu. On peut aussi citer, parmi les objectifs de Maia, la prévision des durées de vie des structures, ce qui se traduira par une optimisation des cycles de maintenance.

### REPÈRES

### MAIA EN CHIFFRES

- Lancé en 2003.
- 100 chercheurs actifs.
- 86 thèses de doctorat réalisées ou en cours.
- 25 laboratoires, également en Belgique et au Canada.
- 42 MILLIONS d'euros d'activité de recherche.