

L'innovation pour des moteurs d'hélicoptère plus verts



PAU, le 27 Nov. 2009
Gérard PATY
Eric Seinturier

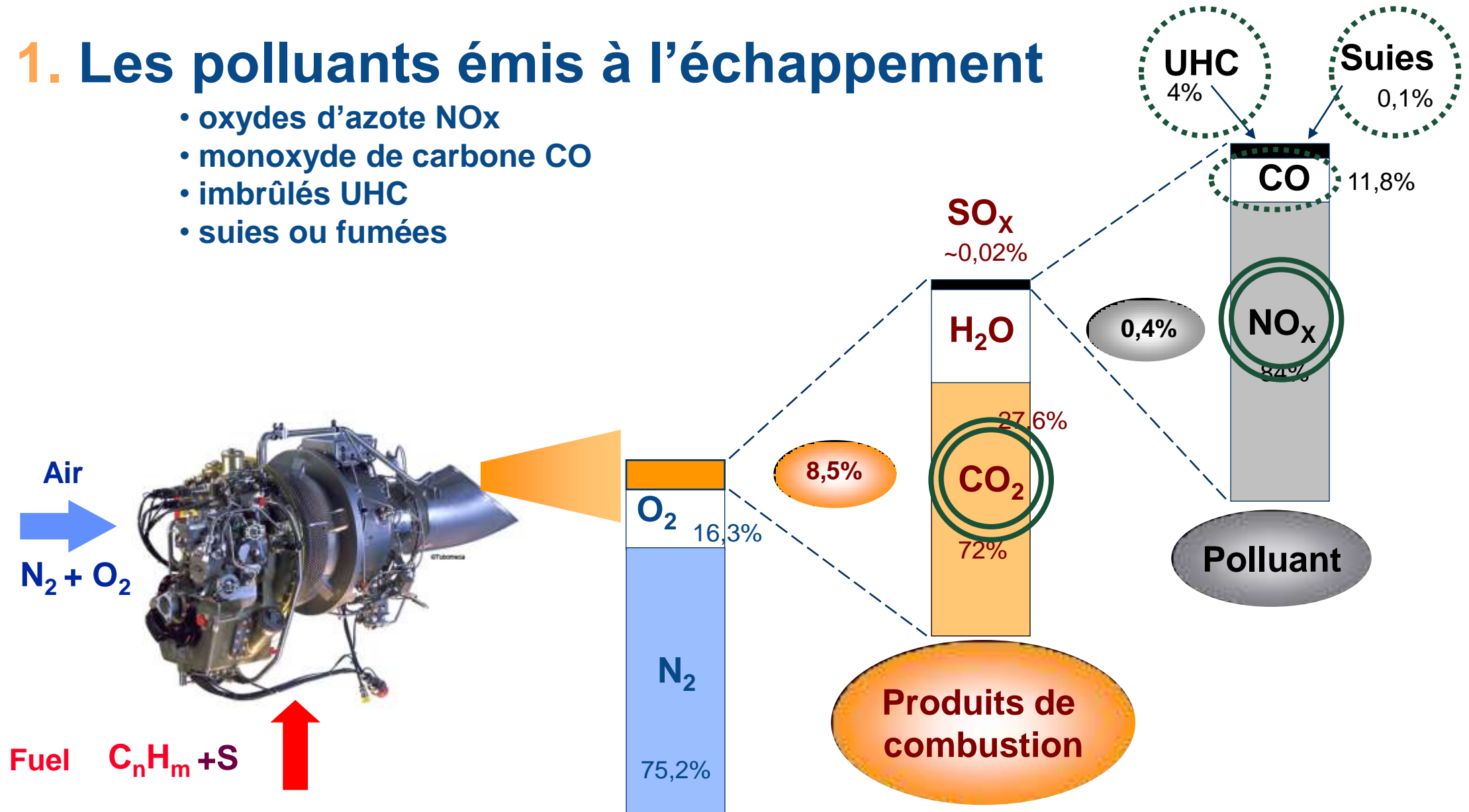
Contenu

- ▶ **Contexte**
- ▶ **Stratégie et exemples de Clefs technologiques**
- ▶ **Exemples de projets collaboratifs de recherche régionaux**

De quelles nuisances environnementales parle-t-on ?

1. Les polluants émis à l'échappement

- oxydes d'azote NO_x
- monoxyde de carbone CO
- imbrûlés UHC
- suies ou fumées



De quelles nuisances environnementales parle-t-on ?

2. Les émissions acoustiques:

La contribution des turbines:

Le bruit émis par les turbines rayonne essentiellement par l'entrée d'air et l'échappement.

Emission à l'entrée d'air

Emission à l'échappement

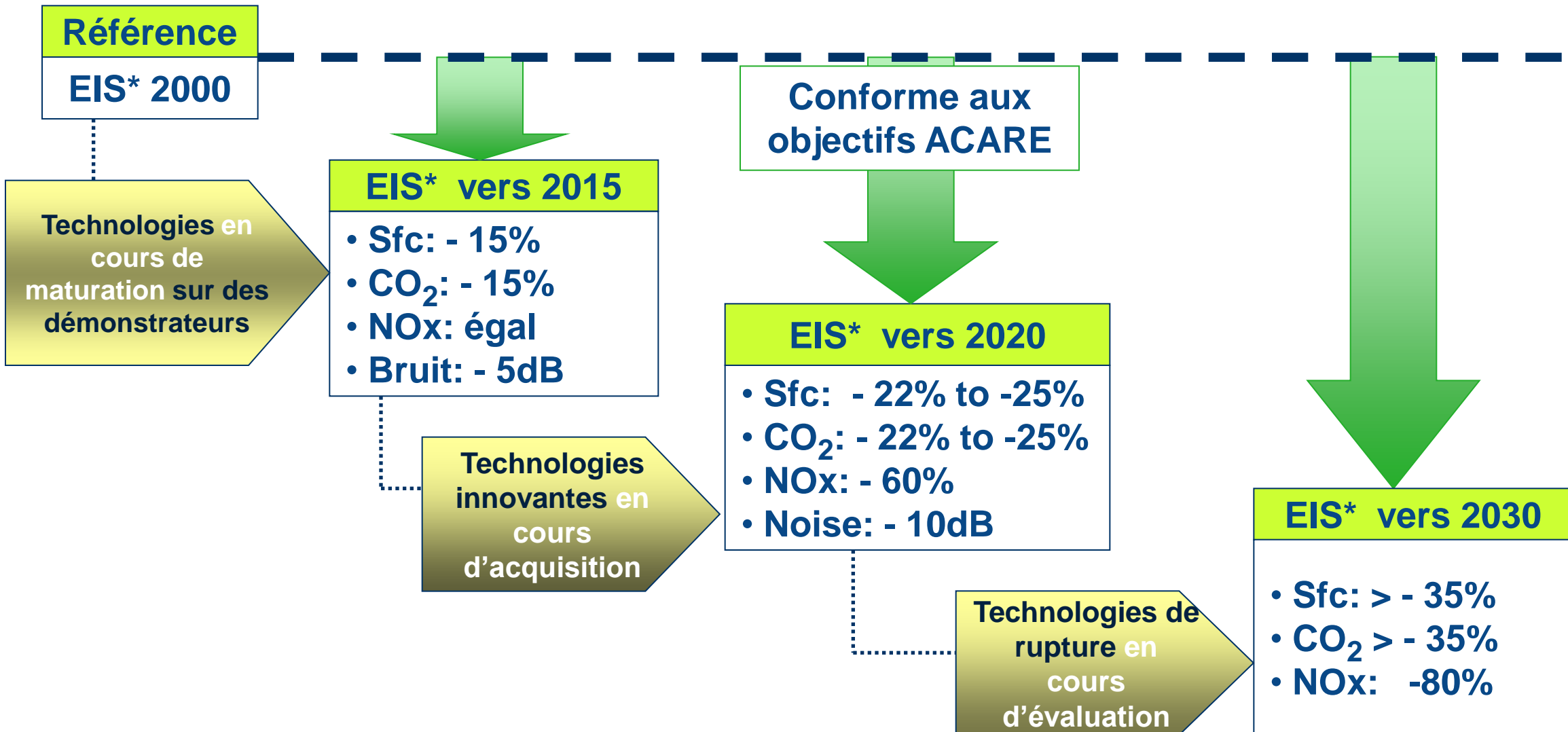
Particulièrement
perçu durant la
phase d'approche



Particulièrement
perçu durant la
phase de décollage



Faire face au déficit de la réduction des nuisances: la route stratégique des moteurs Turbomeca



* EIS: Entrée en service

Contenu

- ▶ **Contexte**
- ▶ **Stratégie et exemples de Clefs technologiques**
- ▶ **Exemples de projets collaboratifs de recherche régionaux**

Les émissions à l'échappement: la stratégie

- Émissions de CO₂: elles sont directement proportionnelles à la quantité de carburant consommée:

$$\text{Masse CO}_2 = \text{Masse carburant} \times 3.16$$

Réduction des émissions de CO₂

Réduire la consommation spécifique

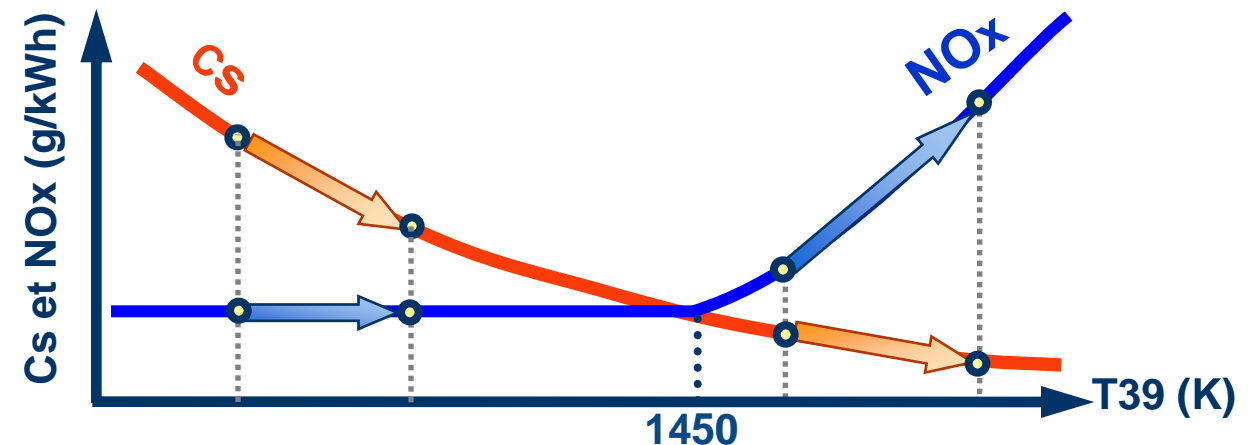
Ou / et

Utiliser des carburants à faible émission de CO₂ sur tout le cycle de vie

- Emissions de NO_x:

Elles sont directement liées à la température de combustion: elles augmentent avec la réduction du CO₂

Développer des technologies « Low NO_x » dédiées à l'objectif



■ Les technologies mise en œuvres pour réduire les émissions de CO2 de 15% en 2015

- ▶ **Plus de 50% des gains sont réalisés sur le compresseur:**
 - Par un cycle thermodynamique plus poussé (+ de pression et de T°)
 - Par l'introduction de la technologie d'aubes d'entrée d'air à calage variable associée au compresseur centrifuge.
 - Par des gains de rendements sur les composants isolés qui sont obtenus par la simulation numérique et la fabrication 3D

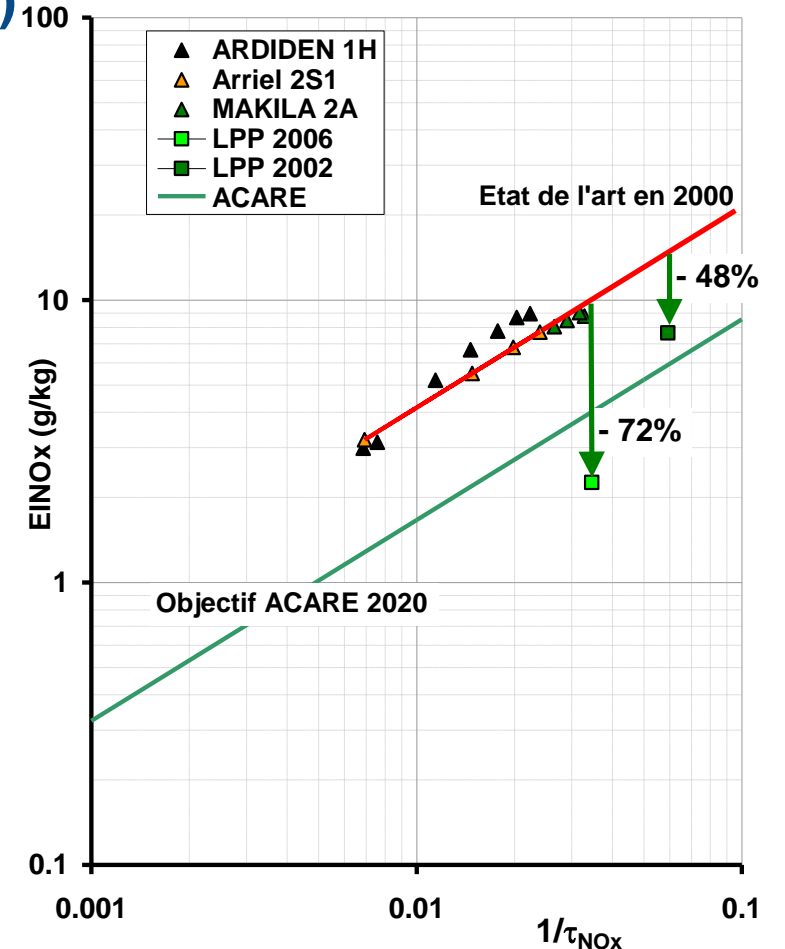
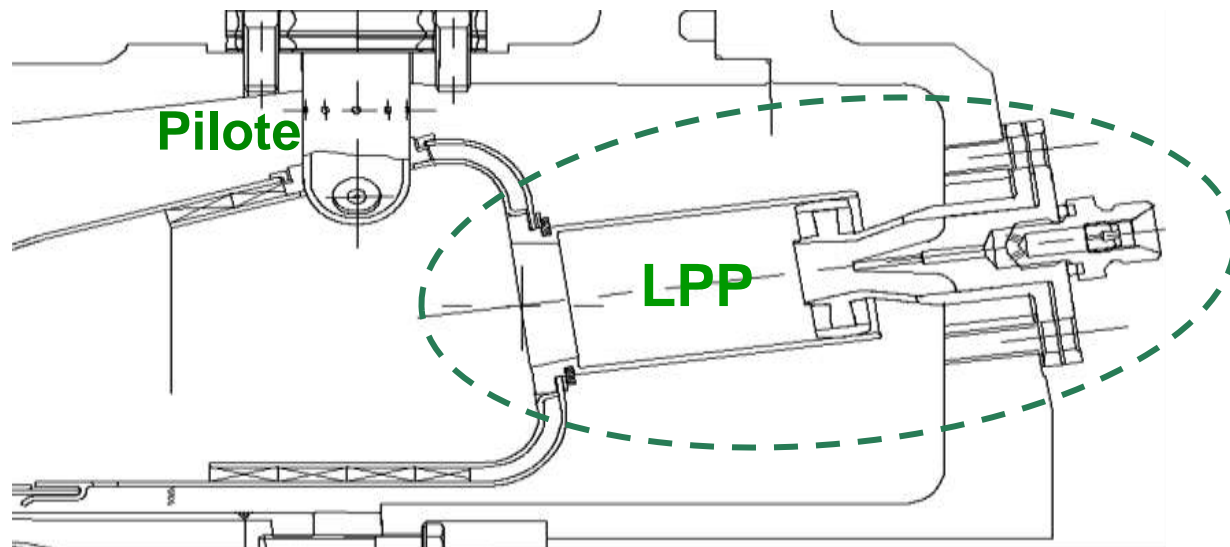


- ▶ **L'autre partie des gains résulte des parties chaudes et leur architecture:**

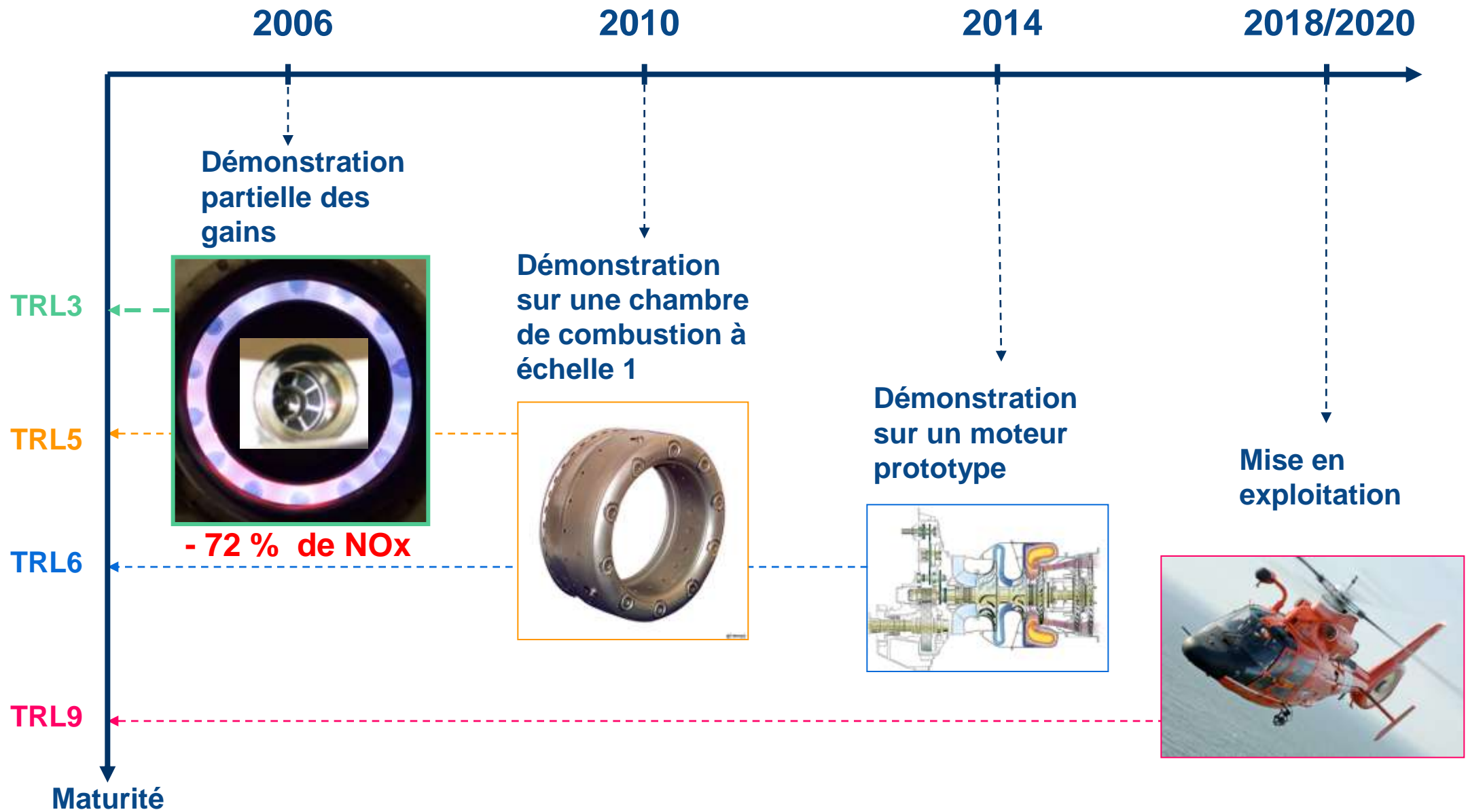
- Palier inter-arbre: permet la suppression des bras inter-turbines et leurs pertes
- Architecture de structure AR autorisant une conception de tuyère « faibles pertes »
- Meilleur contrôle de jeu de turbine haute pression par un nouvel anneau de turbine.

Les technologies mise en œuvres pour réduire les émissions de NOx de 60% en 2020

- ▶ La stratégie de réduction des NOx passe par la création des conditions de combustion pauvre
- ▶ Le moyen d'y parvenir consiste à pré-mélanger et pré-vaporiser le carburant avant la combustion dans la chambre (injection « LPP »)
- ▶ Les technologies Low NOx pour les turbomoteurs sont différentes de celles des gros moteurs en raison de la taille.

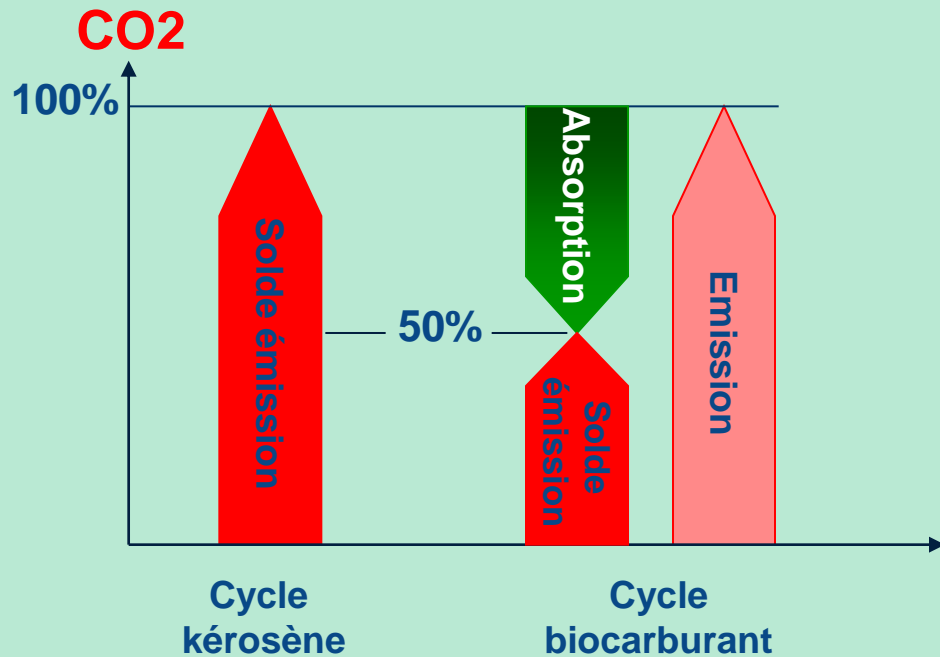


Les échéances calendaires du turbomoteur Low NOx



Direction / Référence / Date

■ ■ ■ ■ L'apport potentiel des biocarburants pour le CO2



Le bilan des émissions de CO2 d'un biocarburant est positif du fait de l'absorption du CO2 pour la croissance de la plante dont il est issu.
Ceci est d'autant plus vrai que l'espace cultivé ne l'était pas auparavant (n'absorbait pas déjà du CO2)

Biocarburants pour usage aéronautique:

- A base de Jatropha ou autre plante semi-tropicale
- A base d'algues: voie très prometteuse mais encore beaucoup d'efforts à consacrer pour arriver au stade industriel (satisfaire la demande mondiale pour l'aéronautique / ~3% des besoins / nécessite la surface de la Belgique)



Les émissions acoustiques: la stratégie de réduction

Il y a 2 façons d'aborder le problème de la réduction du bruit:

1. Réduire le bruit émis à la source par conception: c'est l'objet du développement de méthodes numériques aéro-acoustiques qui permettent de faire des compromis de conception; à ce jour les gains sont limités
2. Filter la transmission du bruit vers l'extérieur: c'est la voie mis en œuvre depuis 10 ans; des progrès très importants ont été obtenus par le traitement acoustique externe au moteur; l'étape en cours est l'intégration des traitements acoustique dans l'enceinte moteur.

Emission à l'entrée d'air

Particulièrement
perçu durant la
phase d'approche

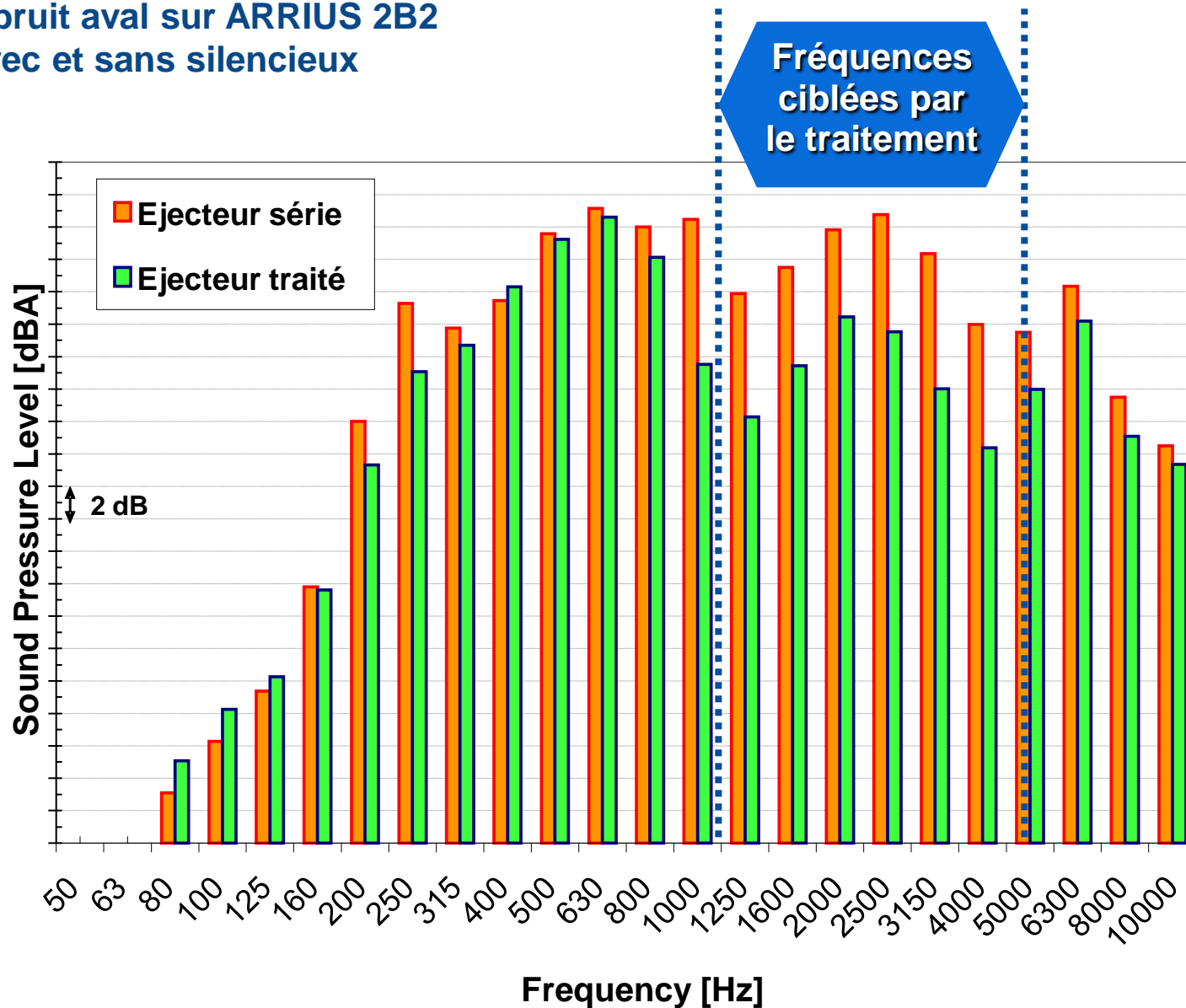


Emission à l'échappement

Particulièrement
perçu durant la
phase de décollage

Les gains acoustiques des traitements

Mesure du bruit aval sur ARRIUS 2B2
seul avec et sans silencieux



Contenu

- ▶ **Contexte**

- ▶ **Stratégie et exemples de Clefs technologiques**

- ▶ **Exemples de projets collaboratifs de recherche régionaux**
 - **CARAIBES (retombées à 5 ans)**
 - **MOSART (retombées à 10 ans)**
 - **CALAS (retombées à 15 ans)**

■ CARAIBES: Le magnésium pour l'aéronautique

- ▶ **CARters Aéronautiques Innovants à Bénéfice Environnemental**
 - Le développement des alliages légers est hautement stratégique
 - Avantage concurrentiel par une différenciation technologique et environnementale

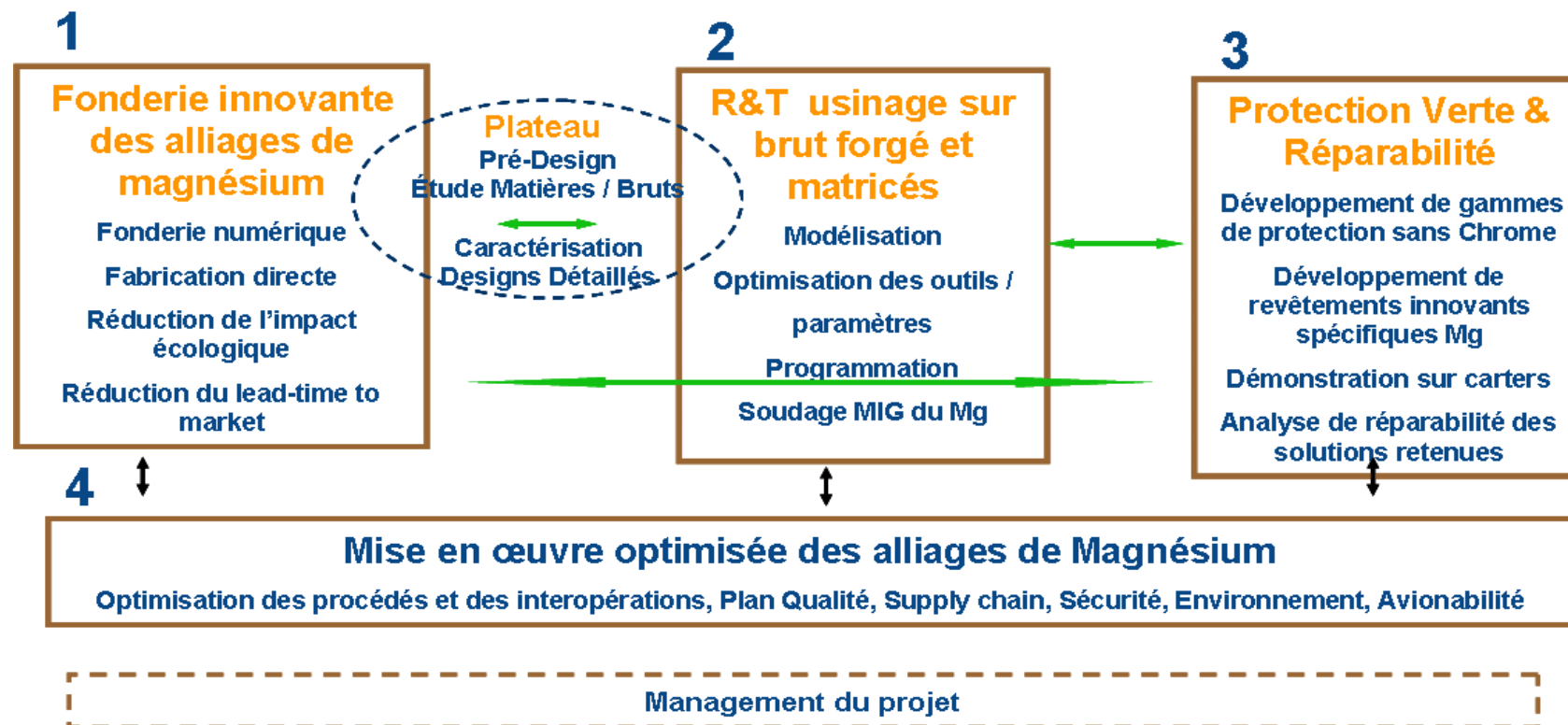
- ▶ **Le magnésium est très prometteur (1.74kg/dm³) mais**
 - La fonderie de précision ne répond pas aux exigences du secteur aéronautique
 - L'usinage du Magnésium est mal connu
 - La corrosion est un verrou technologique majeur
 - L'utilisation du Magnésium dans l'aviation civile est très contrainte

- ▶ **CARAIBES vise à développer l'usage du magnésium dans l'aéronautique**
 - **Réaliser des démonstrateurs TRL5 pour maîtriser la mise en œuvre des alliages de magnésium et en minimiser l'impact écologique**
 - Fonderie: Numérisation process / Fabrication Directe outil. / suppression SF6
 - Usinage : Stratégies spécifiques, optimisée et sécurisée
 - Anti-corrosion : Viser la qualité anticorrosion du mordantage... sans les Cr6
 - **Optimiser le processus industriel pour structurer une filière compétitive**

CARAIBES: Un projet « pôle de compétitivité » de 36 mois

► Développer deux alternatives technologiques permettant de réduire les masses et les délais d'industrialisation

- Fonderie + Finition ou Forgeage + Usinage
- Développer des éco-technologies de protection anti-corrosion sans Cr6,
- Optimiser la mise en œuvre à l'échelle de l'entreprise étendue



CARAIBES: La naissance d'une filière industrielle

- ▶ **CARAIBE porte le sujet « magnésium » à l'échelle de l'entreprise étendue (lot4),**
 - **Le lien Fondateurs / Usineurs initié dans CARAIBE structure une filière émergente**

- ▶ **Les grands groupes améliorent les performances de leur produit final**
 - **LIEBHERR, EUROCOPTER et TURBOMECA**

- ▶ **13 acteurs industriels PME développent leur compétences et structurent une filière cohérente**
 - **Fonderie Messier, Micron, Sofop, Infodream, Spiaero, Iris Partner, Mecaprotec, Polyrise, Forge de Bologne**

- ▶ **Avec le soutien scientifique de 4 Acteurs de la formation et de la recherche**
 - **ICA, UPPA, CIRIMAT, CTIF**

Contenu

- ▶ **Contexte**

- ▶ **Stratégie et exemples de Clefs technologiques**

- ▶ **Exemples de projets collaboratifs de recherche régionaux**
 - **CARAIBES (retombées à 5 ans)**
 - **MOSART (retombées à 10 ans)**
 - **CALAS (retombées à 15 ans)**

■ MOSART: les enjeux de la simulation aéronautique

- ▶ **La simulation est un vecteur d'innovation et de compétitivité mais son accès est trop sélectif, réservé aux entreprises « spécialisée »**
- ▶ **Le programme fédérateur MOSART vise à mettre en place une plateforme de service pour faciliter l'accès à la simulation**
 - **Des moyens de simulation adossés à un service et des compétences**
- ▶ **La cible visée: les PME/PMI de la supply chain aéronautique des régions Midi-Pyrénées et Aquitaine**
 - **Élargissement à d'autre métiers et d'autres régions dans un second temps**
- ▶ **Le programme MOSART est constitué de plusieurs projets permettant de converger vers cet objectif**

Les partenaires de MOSART

▶ Le consortium qui porte le programme MOSART

- AIRBUS : Toulouse (31)
- MESSIER-DOWTY : Oloron-sainte-Marie (64) et Vélizy (78)
- TURBOMECA [**PILOTE**]: Bordes (64) et Tarnos (40)
- ONERA : Toulouse (31) + Châtillon (92)
- CEA : CESTA: Barp (33)
- CS : Toulouse (31), Mérignac (33), Pau (64)

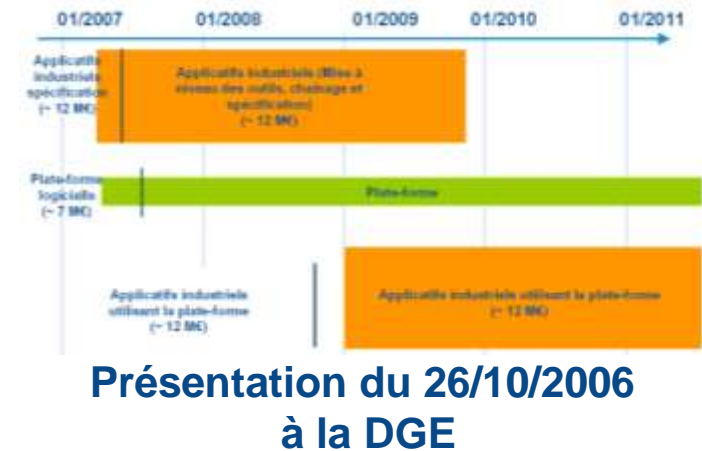
▶ Équilibre Midi-Pyrénées - Aquitaine



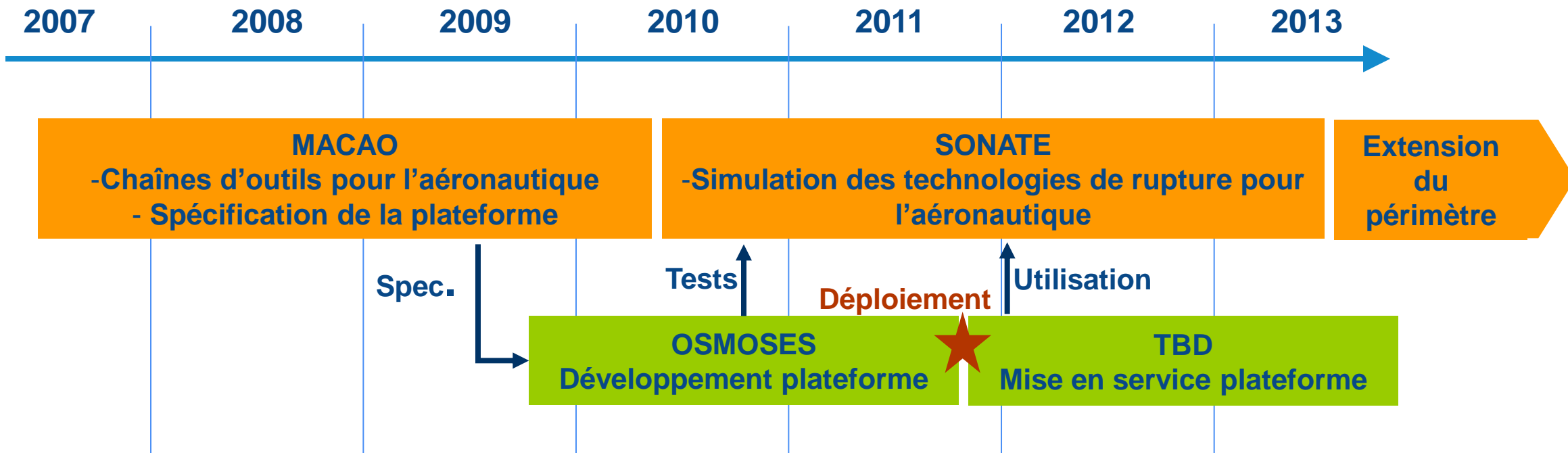
Une feuille de route MOSART figée depuis 2006

► Des projets en cours

- MACAO (2007-2010) – 17 partenaires
- OSMOSES (2009-2011) – 14 partenaires
- SONATE (Labélisé en 2009) – 28 partenaires

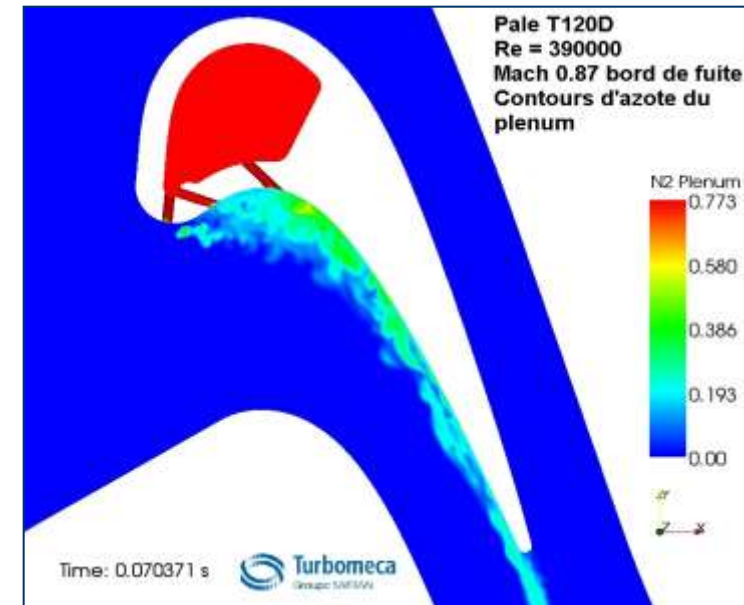
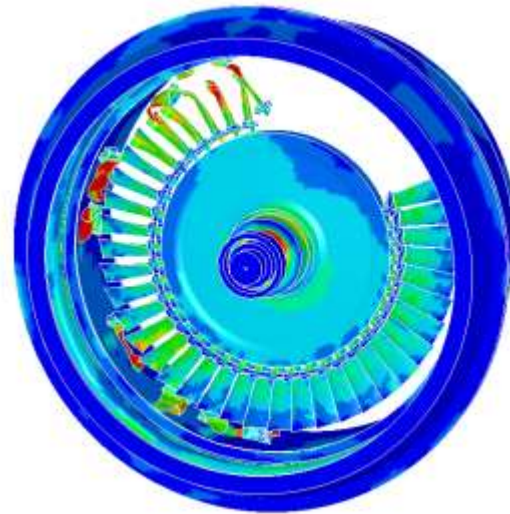
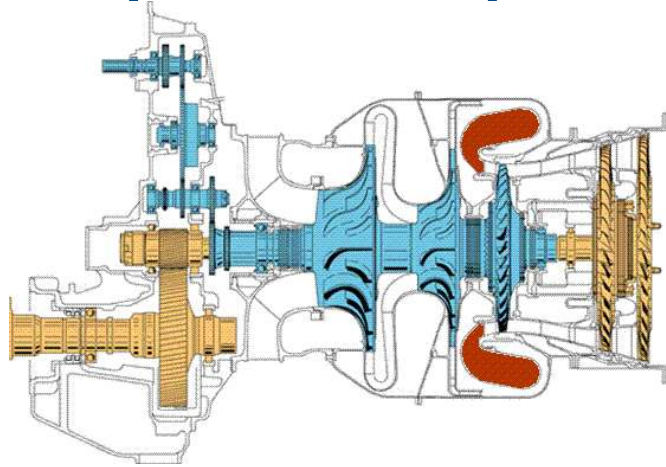


► Des projets futurs potentiels pour augmenter le domaine couvert



MOSART: Simuler les technologies de demain

► Amélioration de la performance environnementale des moteurs par une optimisation poussée



► Prospections de technologies de rupture

- 510 - Blindage multifonctionnel (TM, ONERA, GDTech)
- 520 - Combustion à détonation tournante (TM, CERFACS, LCD, ICARE)
- 530 - Intégration motrice en basse vitesse (Airbus, SOGETI, ALTRAN)
- 540 - Nouvelle technologie de baignoire de pale HP (TM, GDTech)
- 550 - Tuyères à forte efficacité aérodynamique (TM, GDTech, SNLouit)
- 560 - Simulation des plastiques renforcés fibres courtes (TM, GDTech)

Contenu

- ▶ **Contexte**

- ▶ **Stratégie et exemples de Clefs technologiques**

- ▶ **Exemples de projets collaboratifs de recherche régionaux**
 - **CARAIBES (retombées à 5 ans)**
 - **MOSART (retombées à 10 ans)**
 - **CALAS (retombées à 15 ans)**

PROJET CALAS

Cellule d'Allumage LASER Autonome Sécurisée

- ▶ **Développer une chaîne d'allumage laser et effectuer une démonstration sur banc partiel chambre puis sur moteur complet.**
 - En intégrant les dernières évolutions de la technologie (source et fibre)
- ▶ **Améliorer les performances d'allumage dans tous le domaine pour optimiser les performances des chambres de combustion**
 - Libérer des contraintes sur la conception, souplesse de rallumage dans tout le domaine (transitoire, combustion pauvre, Low Nox, ...)
 - En respectant les contraintes de coût, masse, sûreté, environnement, maintenabilité propres aux turbines à gaz aéronautiques
- ▶ **La mise en commun des compétences de deux pôles de la région (Laser / Aéronautique) dans un projet de 24 mois (2009-2011)**
 - Soutenu par le CR d'Aquitaine (dossier de transfert de technologie)

■ CALAS: la rencontre de deux pôles de compétitivité

- ▶ **Les systèmes d'allumage des turbines à gaz (injecteurs de démarrage + bougies) ont des points faibles:**
 - complexes, encombrants, coûteux, nécessitant beaucoup de maintenance
 - inefficaces dans certaines conditions opérationnelles

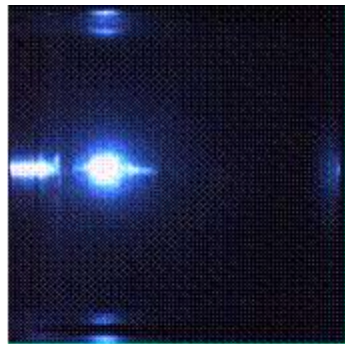
- ▶ **La maturité des technologies LASER offre une alternative pertinente**

- ▶ **Démontrer la crédibilité de la solution LASER pour l'allumage des Turbines à Gaz est une première mondiale**

- ▶ **Un transfert de technologie du laboratoire vers une application industrielle avec une forte implication de 2 PME innovantes**
 - Route des LASER: CPMOH (CNRS, fondements scientifiques), ALPHANOV (intégration/développement), NOVALASE (industrialisation)
 - Aerospace Valley: ONERA (essais), CERFACS (simulation), TURBOMECA (application)

■ ■ ■ ■ ■ Allumage laser réussi filmé avec une caméra rapide en Juin 2009

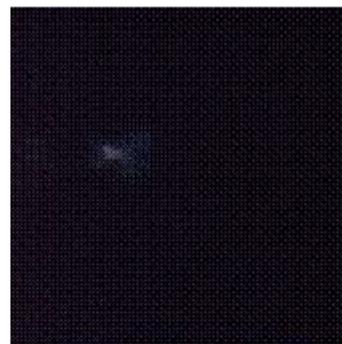
- ▶ Faisabilité démontrée d'un allumage Laser sur banc partiel pour tous les régimes des bougies conventionnelles (richesse, débit,...)
- ▶ Optimisation à réaliser pour faciliter encore l'allumage et réduire les puissances nécessaires: dimensionner un dispositif « moteur »



t = 0 ms



t = 1 ms



t = 5 ms



t = 10 ms



t = 15 ms



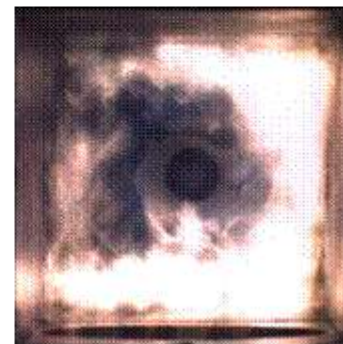
t = 20ms



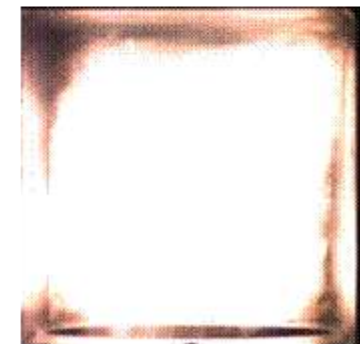
t = 35 ms



t = 50 ms



t = 70 ms



t = 90 ms