

France 2030

AAP « produire en France des avions bas carbone »

Projet « EICLHAIR »

Engine with Internal Combustion Liquid Hydrogen for Aircraft & industrial Resilient

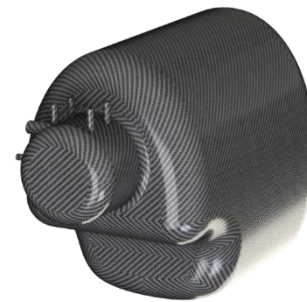
Projet de développement et d'industrialisation TRL4 à TRL 7

d'un avion intégrant un moteur à combustion interne à hydrogène et un système de stockage d'hydrogène liquide

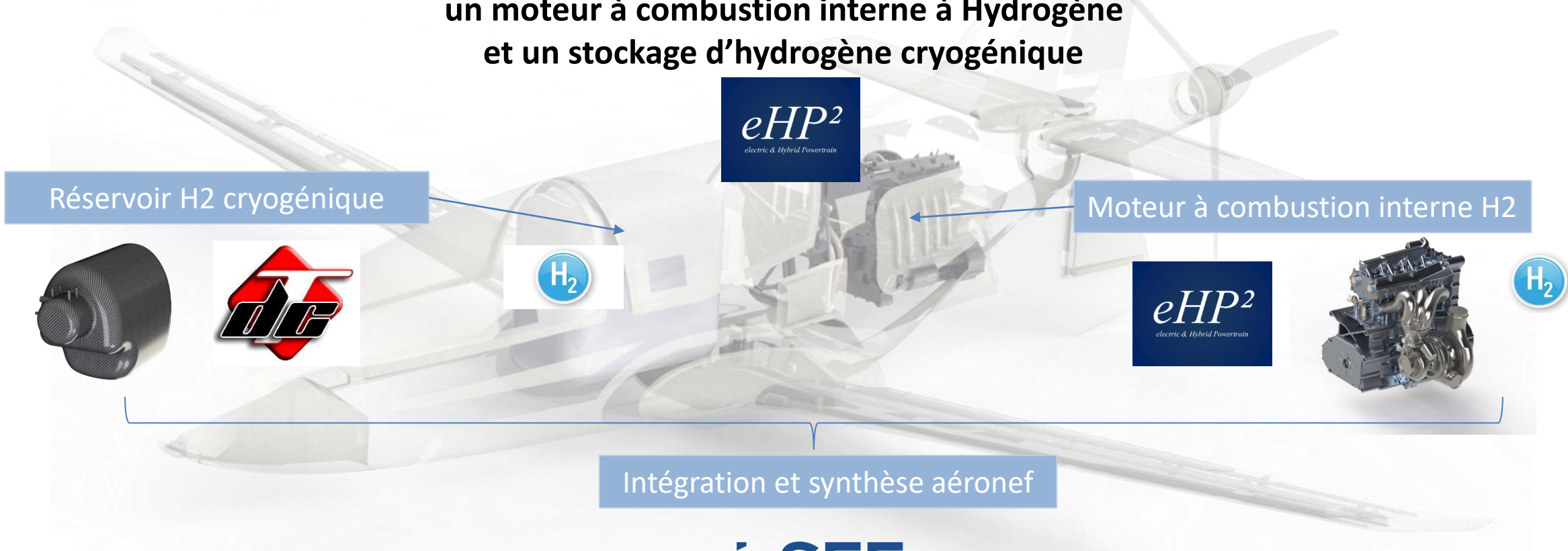


Sommaire

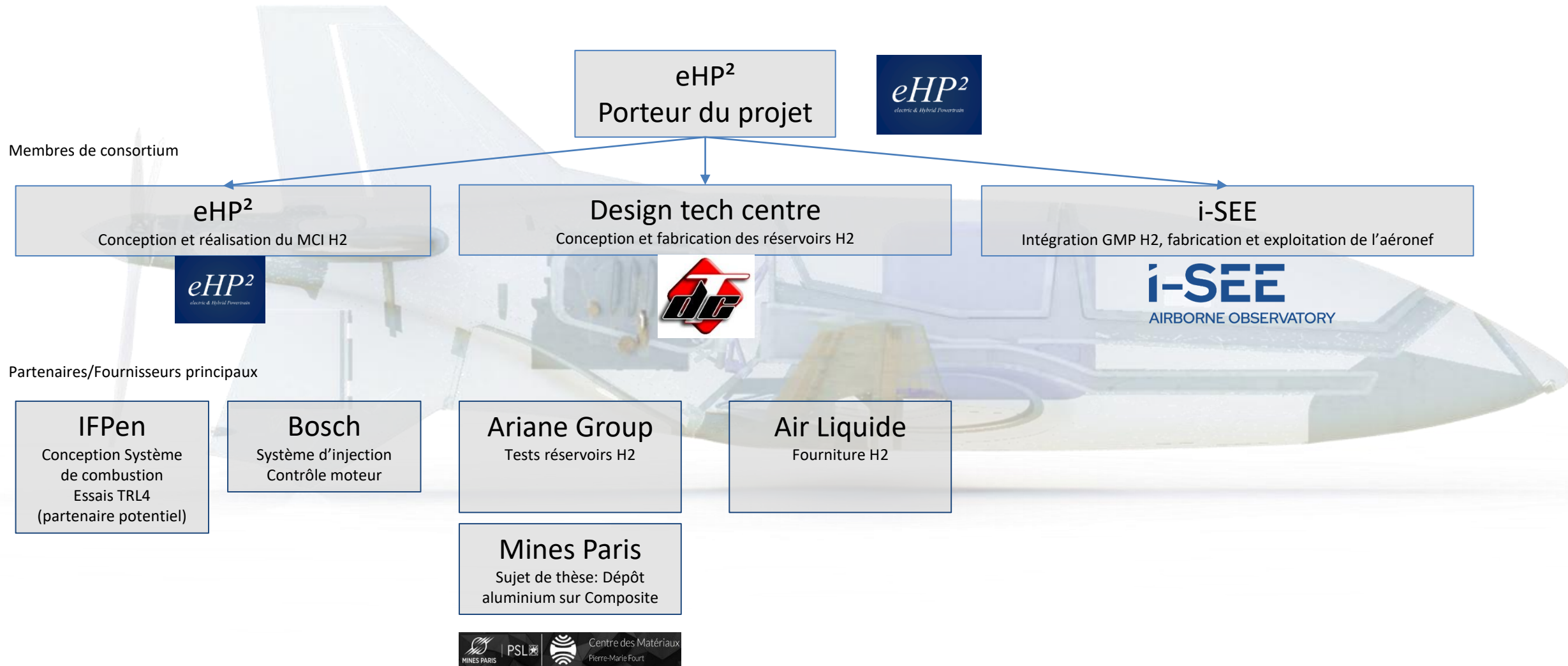
- 1) but du projet
- 2) consortium
- 3) Objectifs principaux du projet
- 4) Descriptif technique du projet
- 5) Verrous technologiques à lever
- 6) Mitigation des risques
- 7) Comparaison de technologies MCI/TM/PAC
- 8) Plan de travail
- 9) Budget du projet
- 10) Financement du projet
- 11) Marché



But du projet:
Développement de TRL 4 à TRL 7 d'un avion décarboné (zéro CO₂) basé sur
Une cellule existante
un moteur à combustion interne à Hydrogène
et un stockage d'hydrogène cryogénique



2) consortium



Développement et pré-industrialisation d'un aéronef décarboné basé sur Un aéronef existant (IC10) un moteur à combustion interne à Hydrogène stockage d'hydrogène cryogénique

Zéro CO₂ => *Moteur à combustion interne (MCI) H₂*

Puissance identique à la version de base (rotax 912) => *Puissance croisière/MCP 100cv/75kW mécanique*

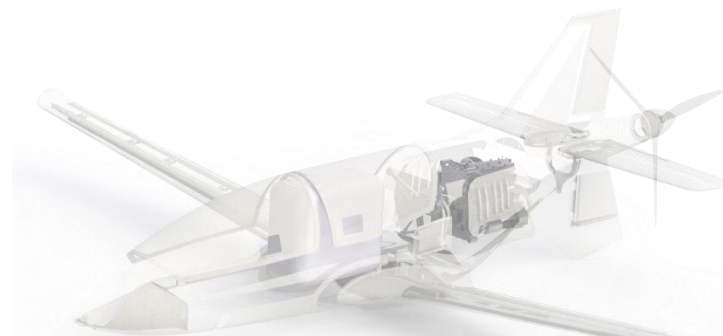
Payload maintenue => Masse GMP+carburant identique => *masse réservoir 50kg + H₂ ~25kg pour mission 4h, moteur 60kg (<150kg)*

Disponibilité maintenue => *avitaillement rapide au sol*

Souveraineté nationale => *conception et fabrication 100% française*

Objectif principaux Réservoir H₂ cryogénique

25-30kg LH₂
50 kg réservoir



Objectif principaux Moteur à combustion interne H₂

130cv/100kW TOP / 100cv/75kW MCP (cruise)
Masse moteur nu 60 kg / installé 70kg
Cse croisière 70/75g/kWh

Objectif principaux Intégration et synthèse aéronef

Gestion masse avion, centrage, payload
Gestion H₂ au sol et en vol
Gestion sécurité sol et vol

4) Descriptif technique et spécifications du projet

Spécifications Réservoir H2 cryogénique

Masse réservoir nu ~50kg
Mission 4h/75kW/75g/kWh => 22,5kg H2
25kg à 30kg (sécurité) Hydrogène liquide
Forme cubique
Peau extérieure en composite

Spécifications Moteur à combustion interne H2

4 cylindres ~1,5 suralimenté
TOP/Puissance max 100kW (100kW/l)
MCP/Puissance croisière 75kW (75kW/l)
Rendement MCP 40/45%, Cse 70/75 g/kWh
Masse moteur nu: 60kg
Masse moteur installée: 70kg
MTBO visé 2000h

Spécifications Intégration et synthèse aéronef

Adaptation de la cellule existante
Gestion masse avion, centrage, payload
Gestion des interfaces réservoir/moteur/aéronef
Gestion H2 au sol et en vol
Gestion sécurité sol et vol

4) Descriptif technique et spécifications du projet

Focus MCI

Objectifs techniques du projet/spécifications générales:

- Puissance mécanique: > **80 kW/l**
- Rendement: > **40%**
- Masse moteur nu: **0,5/0,6 kg/kW**
- Masse moteur installé: 0,6/0,7 kg/kW

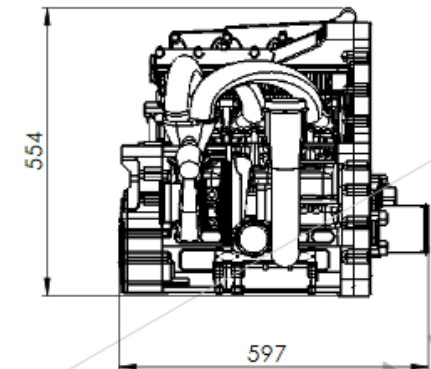
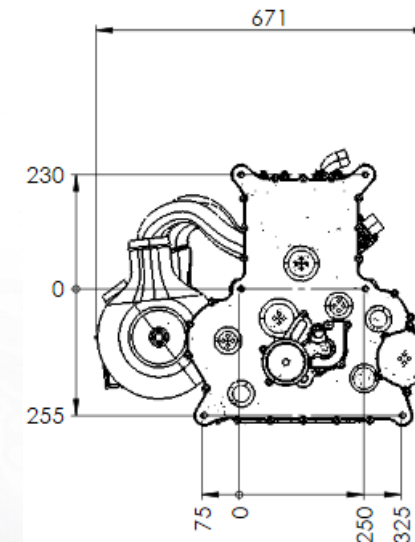
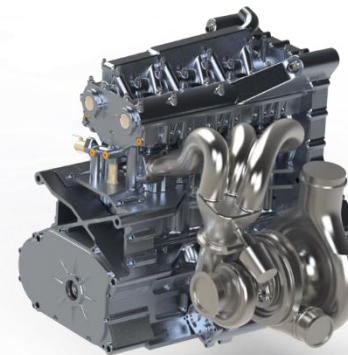
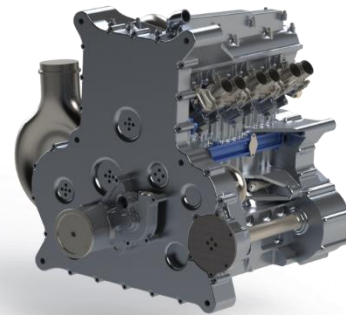
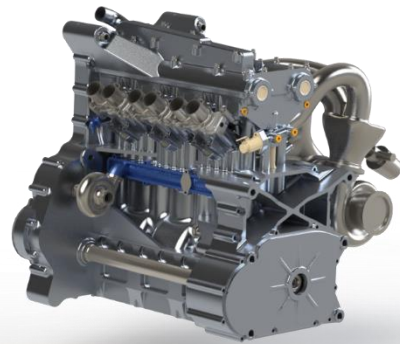
=> Soit pour 100kW ISA SL / 75kW ISA 15000 ft:

Moteur à combustion interne H₂, 4 cylindres, ~1,5l
masse moteur nu:50-60kg, masse moteur installé 60-70kg

- Points d'utilisation principal z = 15000ft

Puissance continue: 75kW, z:0-15000ft, ISA

Rendement maxi (>40%), zéro émission de CO₂



5) Verrous technologiques à lever

Verrous technologiques Réservoir H2 cryogénique

Masse réservoir nu ~50kg

30kg (sécurité) Hydrogène liquide, indice gravimétrique >30%

Forme cubique (non cylindrique), volume <400l

Peau extérieure en composite, dégazage et porosité des composites

Perméation Hydrogène

Verrous technologique Moteur à combustion interne H2

Rendement 40/45%, Cse 70/75 g/kWh

pour puissance spécifique >100kW/l

Masse spécifique <0,6 kg/kW

MTBO ~ 2000h

Pompe de recompression H2 embarquée

Verrous technologique Intégration et synthèse aéronef

Gestion des interfaces du circuit carburant réservoir/moteur/aéronef

Gestion H2 au sol et en vol

Gestion sécurité sol et vol

6) Mitigation des risques

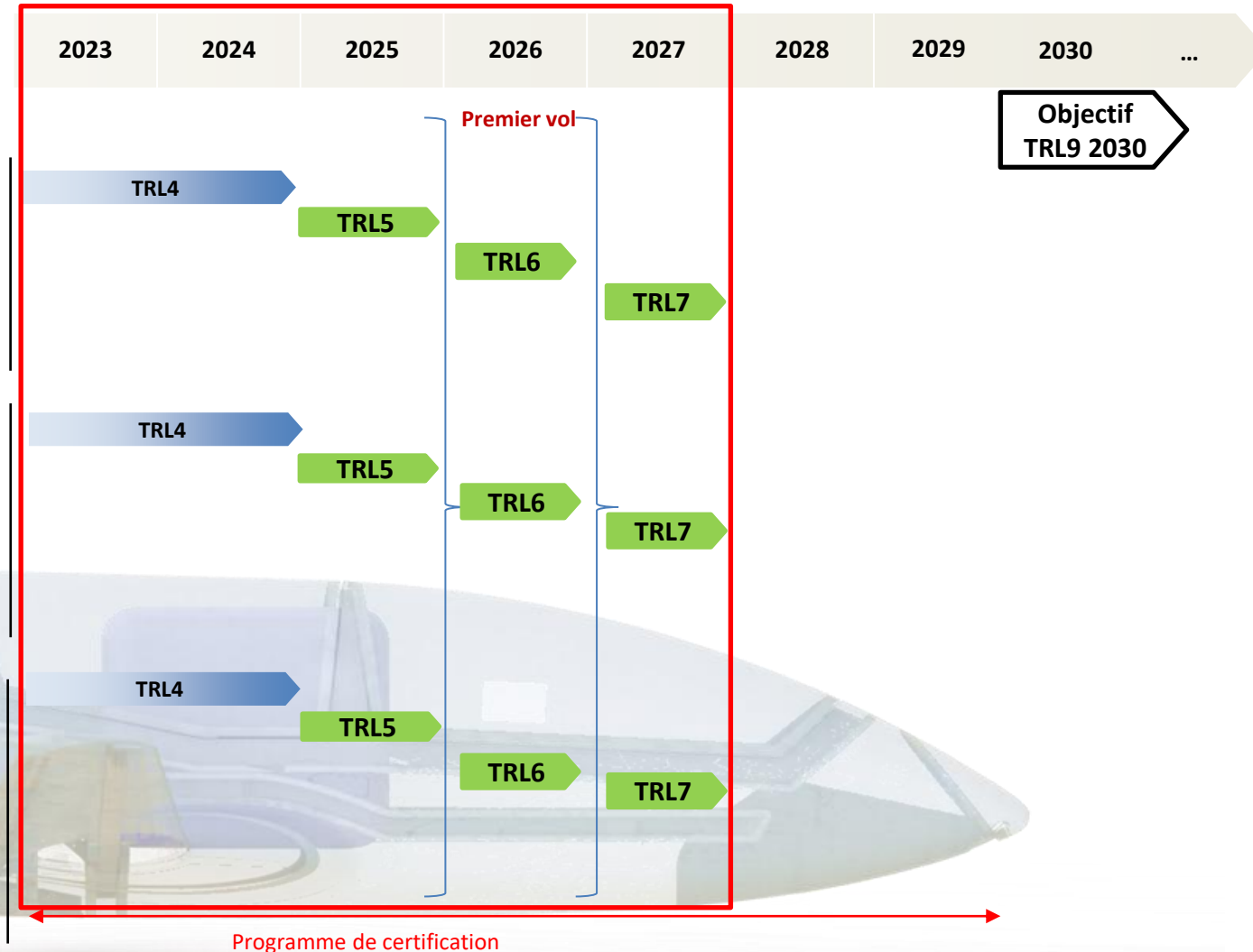
Risque	Occurrence du risque	
Aéronef	Faible	Cellule existante, +1000h de vol, entièrement sous catia 3d
Collaboration consortium	Faible	Collaboration de longue date <ul style="list-style-type: none"> eHP2 et DTC > à 20 ans i-SEE et DTC > à 5 ans
Développement moteur	Faible	eHP2 a conçu plusieurs moteurs (dont aéro) Système de combustion IFPen
Développement réservoir	Faible pour la v1	Peau extérieure en composite, les pré-études confirme la faisabilité
	Moyen pour la v2	Réservoir tout composite, la thèse avec Mines Paris devrait apporter des solutions
Intégration avion	Faible	DTC a conçu et modifié plusieurs avions i-see conçoit et fabrique des aéronefs
Essai vol / sol	Moyen	Intégration de l'EASA dans tous les échanges dès la phase de conception Parachute cellule

7) Comparaison technologies MCIH2-TMH2-PAC propulsion directe 15000 ft

	Moteur à combustion interne H2	Turbomachine (sans récup)	PAC
Rendement moteur seul	40/45%	20%	50/60%
Rendement installé 15000ft	40/45%	15/20%	25/30% (sural, DC/DC, propulsion)
Puissance refroidissement à évacuer (%Pe)	50%	15%	100%
T° fluide refroidissement/grade de refroidissement	100/130°C	100/130°C	60°C
Trainée de refroidissement induite (150 Knots)	150N	40N	870N
Densité de puissance moteur seul	0,5/0,6 kg/kW	0,3/0,4 kg/kW	0,3 kg/kW
Densité de puissance installé	0,6/0,7 kg/kW	0,4/0,5 kg/kW	1,2 à 2 kg/kW
Masse GMP+H2+réservoir cryo / mission 4h à MCP 75kW/TOP 100kW	~150kg	~200 kg	~250 kg
Gestion des transitoires de puissance	bonne	moyenne	Mauvaise/nécessite une batterie
CO2	0	0	0
NOx	Traces et traitable (post traitement)	traces, non traitable	0
Bruit	traitable	Difficilement traitable	faible
Maturité technologique et industrielle	Bonne et connue Industrie automobile et aéronautique	Bonne et connue Industrie aéronautique	Non connue en opération
Fiabilité (MTBO)	>4000h potentielle	>4000h	Non connue en opération
Tolérance à la qualité carburant/comburant	Très faible sensibilité	Très faible sensibilité	Très forte sensibilité
Cout de possession et maintenance	faible	moyen	élevé

8) Plan de travail

Projet F2030: AAP



Moteur à combustion interne H2:

- TRL 4: CDC / Conception / fabrication premier prototype/essais bancs préliminaires.
- TRL5: développement et validation banc (dont CSE ouverture de vol) et suivi essais sol
- TRL6: suivi essais aéronef et poursuite Validation banc (CSE)
- TRL 7: industrialisation, certification CS-E

Réservoir cryogénique H2

- TRL 4: Conception réservoir V1 et circuit carburant
- TRL 5: Test unitaire, au banc et au sol
- TRL6: Test sur aéronef
- TRL 7: Industrialisation réservoir et circuit carburant, certification CS-23

Intégration et synthèse aéronef

- TRL 4: Intégration avion
- TRL 5: Essais au sol
- TRL 6: essais en vol, ouverture de domaine et qualité de vol
- TRL7: Industrialisation aéronef et certification catégorie spécifique drone et CS-23

11) Marché

Taille du Marché mondial en 2027	Part de Marché visé en 2027	Part de Marché (stabilisé) visé en 2030/2034
----------------------------------	-----------------------------	--

**26 emplois directs créés par le projet en 2027
+ 2000 emplois directs > 2030/2034**

Marché aéronef



Drone longue et moyenne endurance/
drones tactiques
(transport et observation)



Marchés connexes: GMP H2 (moteur+réservoir)



Aviation légère, eVtol et ultralégère
(première monte et retrofit)



Aviation professionnelle et Aviation commerciale (APU)
(Première monte et retrofit)



Sources: GAMA/ Statistica/Global Market insight / Geofencing

Contact

Jean-François NICOLINO

Courriel: Jf.nicolino@ehp2.com

Tel: 06.32.74.60.45