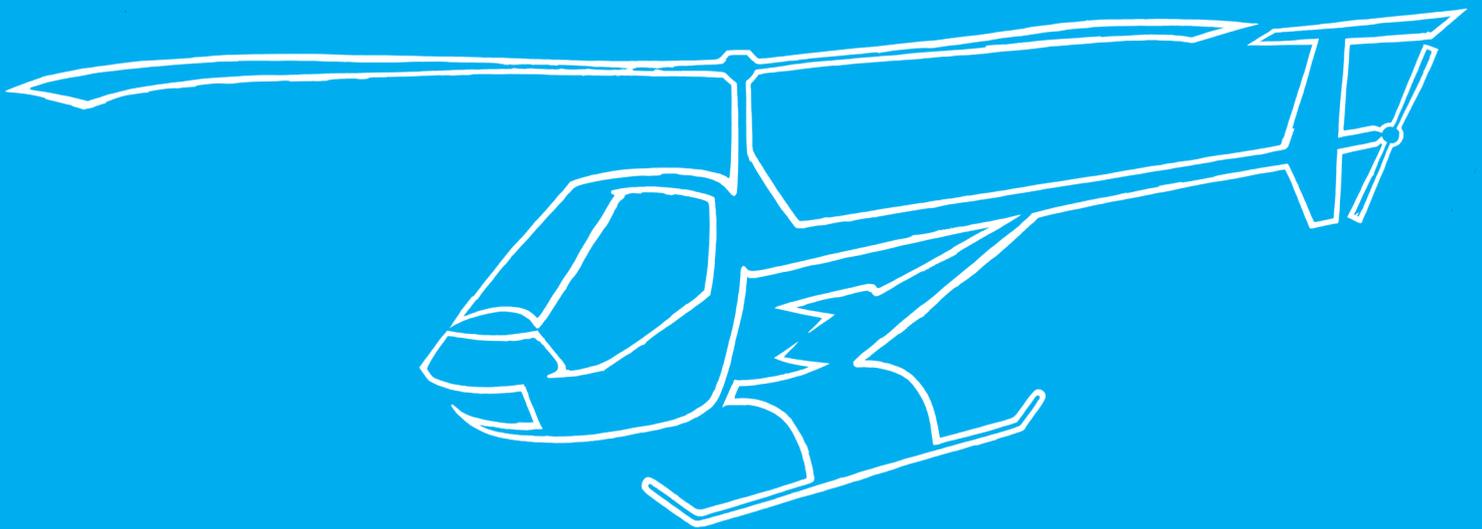


# VOLTA



Le premier vol piloté  
d'hélicoptère électrique conventionnel





Philippe Crébassa, Directeur adjoint de l'ENAC

## Édito

*L'ENAC accompagne, depuis près de 70 ans, l'histoire de l'aviation, ses évolutions et ses révolutions.*

*En tant qu'Ecole de référence au niveau mondial, nous œuvrons pour la formation des meilleurs experts de l'aéronautique et menons une recherche toujours à la pointe de l'innovation, afin d'inventer le ciel de demain. C'est cette quête permanente de l'excellence qui nous conduit à mener avec nos partenaires des projets aussi passionnants que déterminants pour notre avenir.*

*Nous sommes aujourd'hui fiers de contribuer au projet VOLTA, le premier hélicoptère tout électrique conventionnel.*

*Fiers d'avoir pu contribuer à sa conception, grâce à nos chercheurs, qui ont su, en synergie avec les ouvriers de nos différents centres, inventer de nouvelles solutions, adaptées à l'appareil et à ses contraintes techniques.*

*Fiers de nos personnels, qui ont su donner de leur temps, de leur énergie et de leur enthousiasme afin de rendre possible ce premier vol, qui nous semblait être un horizon inatteignable il y a encore un an. Je les en remercie chaleureusement.*

*Fiers, enfin, de participer à cette belle aventure qui s'inscrit pleinement dans la politique Développement Durable du Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, de la Direction Générale de l'Aviation Civile et de notre Ecole. En contribuant à la création d'un hélicoptère tout électrique opérationnel pour le loisir et la formation de la nouvelle génération de pilotes, nous œuvrons pour un avenir de l'aéronautique à la fois plus propre, plus silencieux et plus économique.*

# VOLTA :

## le premier vol piloté d'hélicoptère électrique conventionnel

### CE QUI DIFFÉRENCIE VOLTA DES AUTRES PROTOTYPES EXPÉRIMENTAUX

#### L'autonomie

Le système de batteries de VOLTA lui permettra d'atteindre une autonomie record, au-delà des 3 minutes atteintes par les prototypes actuels, avec un objectif de près de 20 minutes.

#### Le caractère conventionnel

Un hélicoptère conventionnel est équipé d'un seul rotor à pas variable et d'un rotor de queue anti-couple, alors que la concurrence (allemande et chinoise notamment) propose des hélicoptères multi-rotors à vitesse variable semblables aux drones.

L'intérêt de développer un hélicoptère conventionnel est multiple.

Tout d'abord, l'efficacité énergétique : son mono-rotor est 30% plus efficace en termes d'énergie qu'un multi-rotors de surface équivalente.

L'hélicoptère conventionnel permet également une meilleure sécurité des vols. En effet, un rotor à pas variable a des reprises de puissance plus fiables qu'un rotor à vitesse variable. Il possède également des capacités d'autorotation, c'est-à-dire qu'en cas de défaillance moteur, l'hélicoptère descend et crée un vent relatif ascendant qui entraîne le rotor et engendre une portance suffisante pour un atterrissage d'urgence.

Un hélicoptère conventionnel permet une continuité pour la formation des pilotes d'hélicoptère à motorisation classique.

Enfin, VOLTA constitue un projet R&D réaliste, et utilisable à moyen terme.

#### Demain, VOLTA 2

VOLTA 2, l'évolution de VOLTA, sera un hélicoptère école et loisir tout électrique. Il visera une autonomie de 55 minutes en croisière et 45 minutes en stationnaire. Il sera équipé de doubles commandes, de moyeux lamifiés sans entretien, d'un rotor anti-couple électrique et de batteries amovibles Li-S. Il sera trimotorisé et offrira une redondance totale de la chaîne énergétique.

Il sera en mesure d'intégrer le trafic aérien dans des conditions d'utilisation normales, et d'être utilisé pour la formation *ab initio* de pilotes d'hélicoptère et le vol de loisir.



# Un **appareil** **Made in France**

AQUINEA est une entreprise de Haute-Garonne, basée à Pompertuzat.

La fabrication mécanique a été réalisée par la société lorraine SIMB, avec l'appui des toulousains MPC Aero et de l'ACFM.

La partie électronique a quant à elle été conçue par l'entreprise PROTOLEC.

L'ENAC a notamment réalisé les Interfaces Homme-Machine de l'appareil et apporté un soutien technique sur son centre de Castelnau-dary ainsi que sur celui de Muret pour l'organisation des essais de vol.

HELI-HORIZON, spécialiste de l'hélicoptère basé à Toussus Le Noble, a appuyé techniquement le développement de VOLTA en procédant notamment aux vols d'essais.



# Bref **historique** de **VOLTA**

Dans les années 1990, Philippe Antoine, concepteur de VOLTA, initie le projet du Microcopter au sein de l'ESSTIN, son école d'ingénieur, avec le soutien de l'entreprise SIMB. Il s'agit d'un hélicoptère à moteur thermique conçu pour apporter quelques innovations aux hélicoptères de loisir. Après un premier vol en 2004, le Microcopter est mis en stand-by à cause d'une motorisation 2 temps trop instable.

En 2010, le constructeur allemand Sikorsky annonce l'arrêt du programme de l'électrification du S300, un modèle à pistons, lancé deux ans plus tôt. Philippe Antoine, constatant qu'il disposait d'un hélicoptère volant, décide de procéder à quelques études d'intégration des systèmes, à un bilan de masse approximatif et à un calcul grossier de performances. Il constate alors qu'il était possible d'électrifier son hélicoptère conventionnel et de lui permettre de voler suffisamment longtemps pour susciter l'intérêt et envisager des développements ultérieurs.

**LE PROJET VOLTA ÉTAIT NÉ.**



## Questions à...

**PHILIPPE ANTOINE, Concepteur de VOLTA**

COMMENT L'AVENTURE VOLTA A-T-ELLE COMMENCÉE ?



Lorsque j'ai initié le projet Microcopter avec l'ESSTIN dans les années 90, j'ai compris combien l'hélicoptère est un objet « magnétique » : des dizaines d'élèves-ingénieurs ont travaillé pendant 10 ans sur les stations Catia mises à disposition par l'école, faisant preuve d'un enthousiasme extraordinaire.

Il convient de préciser que ni moi, ni aucun des étudiants et professeurs n'avions la moindre expérience de la conception d'un aéronef. A l'évidence toute autre école à vocation aéronautique nous aurait pris pour des poètes. Nous avons évidemment fait un nombre incalculable d'erreurs mais au final, année après année, le concept mûrissait. La construction du prototype a pris 3 ans.

C'est ce même enthousiasme qui porte le projet VOLTA : avec quelques associés passionnés par l'aéronautique, nous avons ainsi créé une société commerciale, AQUINEA, dont les profits alimenteraient le projet depuis l'origine.

## COMMENT LE PROJET EST-IL FINANÇÉ ?

VOLTA est entièrement autofinancé. C'était un pari risqué mais la passion et l'engagement ont fait le reste. L'autofinancement n'était ni la voie la plus rapide ni la plus facile. Dans le contexte du démarrage du projet, aucun hélicoptère électrique n'avait encore volé et il fallait donc être discret, d'autant que le résultat était loin d'être garanti.

Je souhaitais également pouvoir mener ce développement le plus loin possible en toute indépendance. Il va sans dire que ce projet requiert de multiples compétences que je n'ai pas : j'ai trouvé au fil du projet des partenaires techniques de grande valeur sans lesquels VOLTA n'aurait pas abouti.

## QUELS EN SONT LES OBJECTIFS ?

La finalité de ce projet est le développement d'un hélicoptère électrique biplace dédié à la formation initiale des pilotes, vu comme une réponse économique, silencieuse et écologique aux hélicoptères traditionnels pour les premières heures d'instruction.

Ce développement suppose de réunir un large spectre de compétences et des moyens financiers que nous nous emploierons à rechercher sitôt que les avantages de la formule auront démontrés par les premiers vols.

Mais dans l'immédiat, nous souhaitons démontrer les résultats attendus en termes d'autonomie, de qualités de vol, de sécurité et de performances. Une fois éprouvé, le prototype sera utilisé comme banc d'essai pour appliquer des solutions résolument nouvelles, comme le rotor anti-couple électrique.



# Questions à...

**STÉPHANE CONVERSY, enseignant-chercheur à l'ENAC**



**QUEL EST LE RÔLE DE L'ENAC DANS LE DÉVELOPPEMENT DE VOLTA ?**

Le Laboratoire d'Informatique Interactive de l'ENAC (LII) a développé les Interfaces Hommes-Machines (IHM) avioniques de VOLTA, c'est-à-dire toute la partie informatique qui permet d'interagir avec l'hélicoptère dans le cockpit.

Cette avionique offre au pilote des représentations des paramètres de l'hélicoptère : vitesse rotor, charge totale des batteries, températures de cellules de batterie individuelles...

L'ENAC a également un rôle d'expert et de facilitateur dans les démarches expérimentales et de certification de l'appareil. VOLTA a pu bénéficier du soutien logistique de l'ENAC avec la mise à disposition de locaux pour travailler sur le projet et la collaboration des Centres de Castelnaudary pour la partie technique et de Muret pour la partie opérationnelle ainsi que pour les premiers tests en vol.

**COMMENT S'EST DÉROULÉE LA CONCEPTION DES INTERFACES HOMME-MACHINE DE VOLTA ?**

Le LII a deux axes de recherche : «ingénierie des systèmes interactifs», qui étudie les bases théoriques de la spécification et la réalisation de systèmes informatiques interactifs, et «systèmes homme-machine aéronautiques», qui étudie le fonctionnement du couple humain-machine et invente des IHMs innovantes.

Pour le LII, ce projet s'inscrit donc plutôt dans l'axe «ingénierie». En effet, c'est à partir des spécifications fournies par Aquinéa que nous avons programmé l'interface et produit un environnement logiciel pour la faire fonctionner sur la plateforme embarquée.

Pour ce faire, nous avons utilisé la technologie « djnn ». Il s'agit d'un outil de programmation, développé sur la base des recherches théoriques menées au LII, pour la spécification, la réalisation et la validation d'applications interactives. «djnn» est utilisé par exemple pour créer des postes de pilotage de drone, des outils de contrôle aérien ou des prototypes de cockpit d'avion.

«djnn» était donc particulièrement adapté pour la conception logicielle et la programmation de l'avionique de VOLTA. Nous comptons d'ailleurs utiliser cette avionique comme support de recherche pour la suite de nos travaux sur «djnn».

Par ailleurs, l'ENAC a proposé des ajouts pour certaines fonctionnalités, comme l'affichage des erreurs. Le développement et les besoins ont été affinés au fil du projet entre les partenaires.



## COMMENT S'EST PRODUIT LA RENCONTRE ENTRE VOLTA ET L'ENAC ?

C'est Jean-Pierre Celton, enseignant et expert hélicoptère à l'ENAC, qui a nous a mis en relation durant la première journée «Hélicoptère» organisée à l'ENAC en avril 2015. AQUINEA nous a fait part de la nécessité de réaliser l'IHM de VOLTA en moins d'un mois, afin de devenir le premier appareil à voilure tournante piloté capable de voler pendant plus de 20 mn. Le LII a donc décidé de réaliser l'interface.

C'est définitivement une belle collaboration : elle nous a permis d'évoluer en mettant en œuvre des technologies directement dans le cockpit d'un nouvel aéronef. Grâce à «djnn», nous avons pu travailler en séparant le graphisme et la programmation durant le développement du projet : notre designer graphique a travaillé sur le rendu final, pendant que d'autres travaillaient sur la programmation des interfaces.

Mais c'est aussi à titre personnel que le challenge était passionnant : contribuer au développement du premier hélicoptère tout électrique piloté et travailler, littéralement, au fond d'un garage [ndlr : celui de l'ENAC Toulouse] a été une expérience particulièrement motivante.



# Le projet **VOLTA** à l'ENAC :

allier **RECHERCHE** et **PÉDAGOGIE**

Travailler sur un aéronef pionnier dans son domaine est un grand défi qui permet à l'ENAC de proposer aux futurs ingénieurs aéronautiques des projets pédagogiques concrets et passionnants.

Ainsi, depuis le début du projet, pas moins de 28 étudiants de l'ENAC ont travaillé sur des projets liés à VOLTA, sur diverses thématiques, avec notamment :

- Des projets de développement informatique pour la gestion de la charge batterie
- Des exercices de recueil de besoins pour la conception et l'exploitation d'un cockpit spécifiquement destiné à l'instruction. Les étudiants ont pour cela procédé à des entretiens auprès d'HeliDax, de l'école de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre sur le site de Dax, et d'Hélihorizon à Toussus-le-Noble.

Par ailleurs, deux projets de longue durée en 3ème année de formation d'ingénieur contribueront au développement de VOLTA 2.

D'un côté, des élèves ingénieurs en option Ingénierie des Systèmes Interactifs (ISI) travailleront sur sa modélisation système et son architecture. De l'autre, des élèves du Master Interaction Homme-Machine (IHM) travailleront sur la conception de son cockpit.



# Les centres **ENAC** et **VOLTA**

Si l'histoire de VOLTA a commencé dans un garage, elle s'est ensuite concrétisée dans les centres ENAC, tout d'abord à Toulouse, puis à Castelnaudary et enfin à Muret.

## **VOLTA** à Castelnaudary



Le centre ENAC de Castelnaudary (Aude) est un centre de maintenance aéronautique. Véritable référence dans son domaine, il est notamment en charge de l'entretien de la flotte de l'ENAC, la deuxième en France, avec plus de 120 appareils.

L'hélicoptère VOLTA a été locataire de l'ENAC Castelnaudary durant de longues semaines, bénéficiant à la fois de ses infrastructures et du savoir-faire de ses personnels. Un hangar rénové pour l'occasion a été mis à la disposition de VOLTA, ainsi qu'une partie de l'atelier et bien sûr une aide logistique et technique. C'est aussi

l'équipe de Castelnaudary qui a vécu, aux côtés de l'équipe, les premiers essais de VOLTA sur une plate-forme dédiée, partageant avec eux l'adrénaline, les déceptions et les joies et de cette formidable aventure.

# **VOLTA** à Muret

L'ENAC Muret (Haute-Garonne) est un centre opérationnel spécialisé dans la formation au pilotage, notamment pour le maintien de compétences et l'entraînement des pilotes, des contrôleurs aériens, ou des personnels techniques de la Navigation Aérienne.

Il est également une plate-forme expérimentale pour la recherche et l'innovation, notamment dans les domaines du contrôle aérien ou des drones, et plus globalement pour les nouveaux systèmes de transport aérien.



Le centre servira également de base pour les opérations du projet VOLTA, qui bénéficiera ainsi de l'expertise de ses personnels.

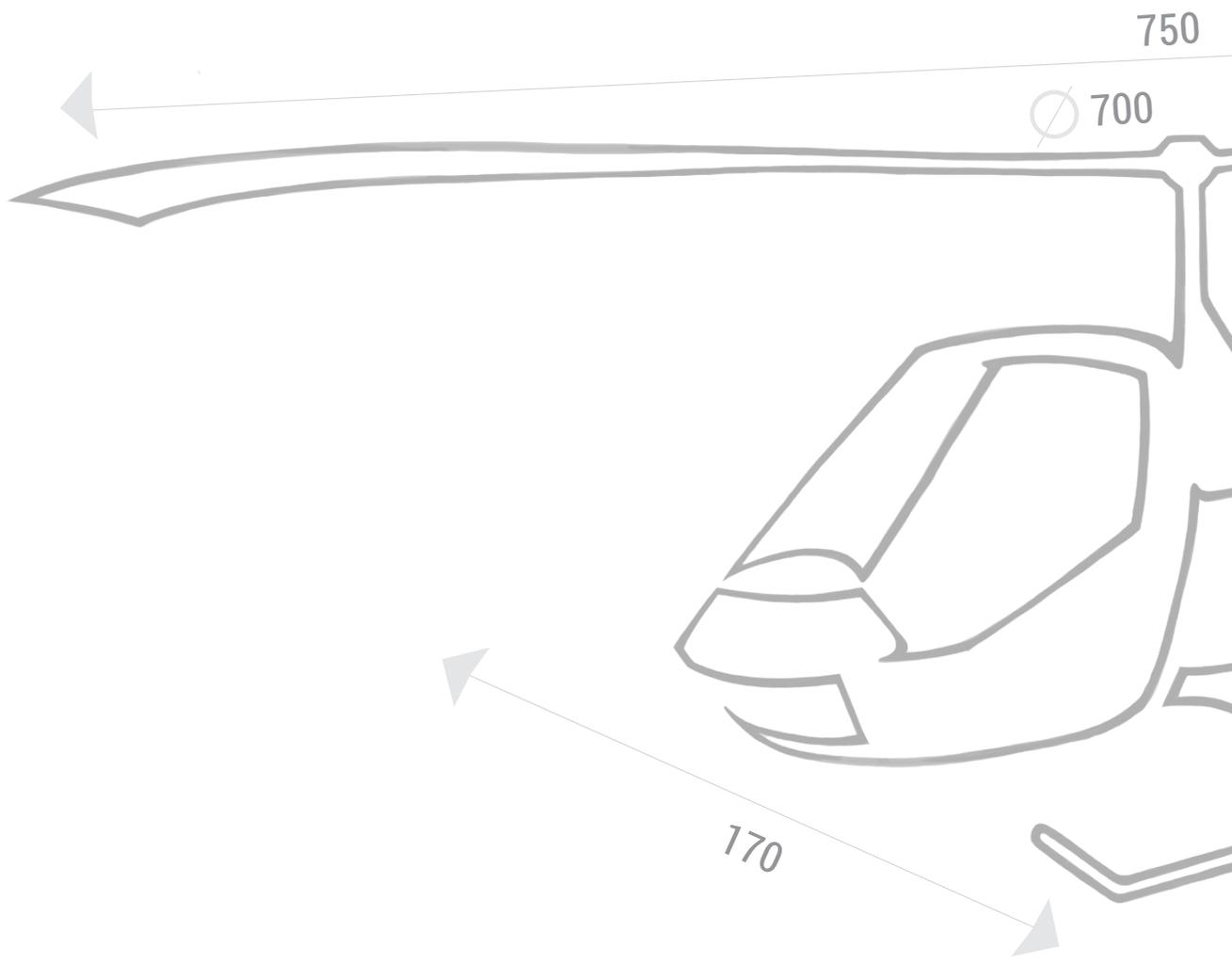


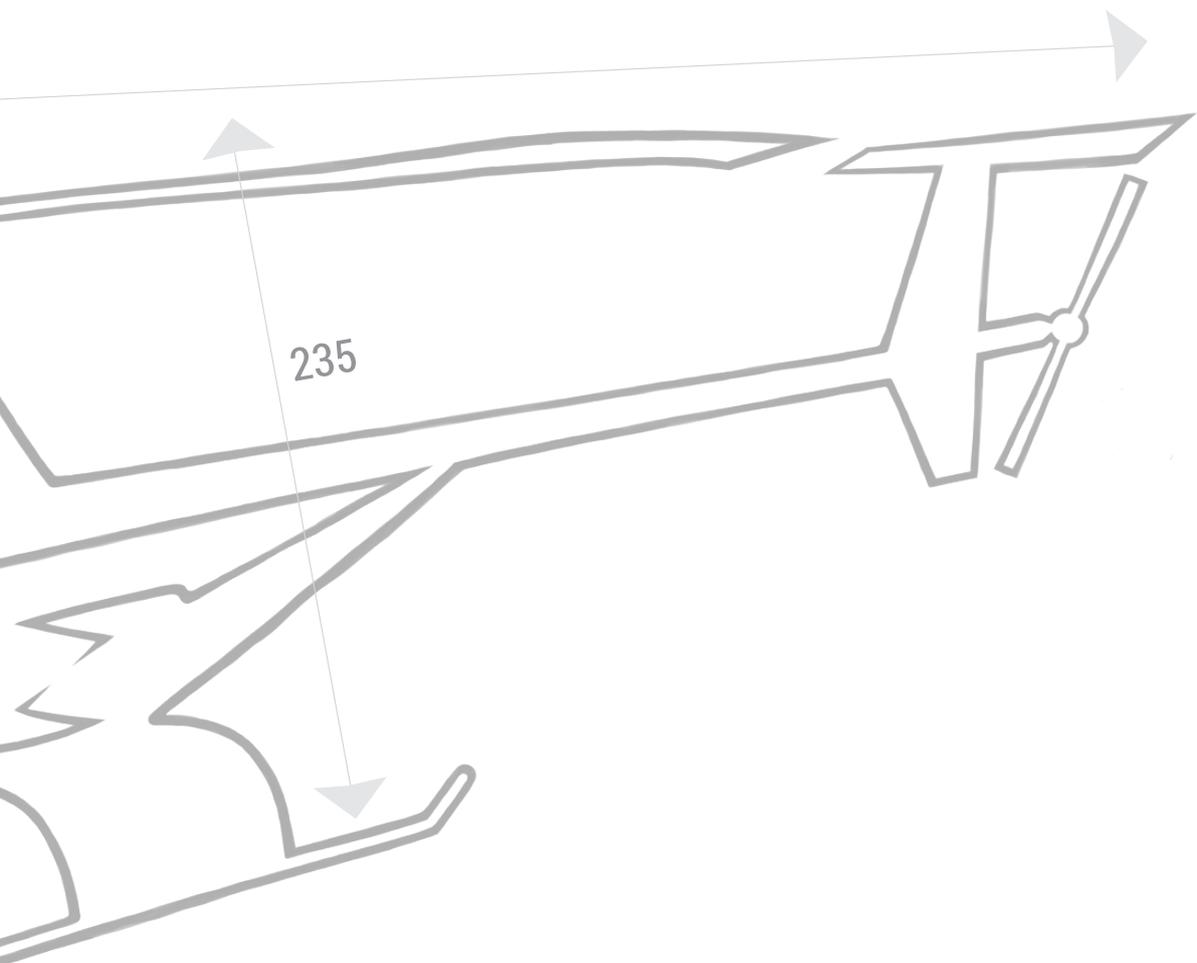
#### Les économies d'émission de CO2 de VOLTA

Considérant une endurance moyenne de 25 min, chaque vol électrique de VOLTA permet d'éviter le rejet de : 13kg de CO<sup>2</sup> et 24g de NOx.

Sur une durée de vie escomptée de 350 heures, la batterie de VOLTA permet d'éviter le rejet de plus de 11 tonnes de CO<sup>2</sup>, de 22kg de NOx et la consommation de 17000 litres de carburant.

Cela équivaut à une économie de près de 30 tonnes de CO2 pour 1 000h de vol.





**VOLTA** est développé par la société AQUINEA et l'ENAC. Il s'agit du premier hélicoptère conventionnel tout électrique à effectuer un vol piloté.

La société AQUINEA est une TPE composée de trois passionnés d'hélicoptère qui ont relevé le pari fou de convertir un appareil thermique en appareil électrique. Après trois années de développement, et avec le support de l'ENAC depuis 2015, VOLTA est désormais opérationnel.

L'objectif des essais en vol est d'évaluer les avantages du concept en termes de sécurité, d'autonomie, de performances et de qualités de vol par des essais en conditions réelles. A terme, le projet vise la conception et la réalisation d'un démonstrateur certifiable d'hélicoptère biplace entièrement électrique, pour la formation initiale au pilotage d'hélicoptère.

Pourquoi un hélicoptère tout électrique ?

Il permet tout d'abord une réduction considérable de la pollution atmosphérique, ainsi que des nuisances sonores. Par ailleurs, l'électricité peut être une énergie renouvelable, par exemple grâce à des panneaux solaires placés sur les hangars des aérodromes.

Les coûts d'exploitation sont fortement diminués : l'énergie électrique est peu coûteuse, et la motorisation nécessite peu de maintenance. Celle-ci, très simplifiée, assure une plus grande sécurité des vols.



**AQUINEA**

EURO-QUALITY SYSTEM



Ecole Nationale de l'Aviation Civile  
7, avenue Edouard Belin  
CS 54005  
31055 Toulouse Cedex 4

[www.enac.fr](http://www.enac.fr)

