

# Eraole II

## Un avion électrique hybride destiné aux aéroclubs

**VOUS CONNAISSIEZ ERAOLE I, UN PROTOTYPE HYBRIDE ÉLECTRIQUE DONT NOUS AVIONS ÉTUDIÉ LE FONCTIONNEMENT DANS LE NUMÉRO 753 D'IP.**

APRÈS 200 HEURES DE VOL ET QUELQUES RECORDS, RAPHAËL DINELLI, ANCIEN NAVIGATEUR DU VENDÉE GLOBE, PILOTE D'ESSAI ET INGÉNIEUR EN MATÉRIAUX COMPOSITES & ÉNERGIES RENOUVELABLES, SE LANCE AVEC SON ÉQUIPE DANS LA SECONDE PHASE DE SON PLAN : UN AVION BIPLACE POUR LES AÉROCLUBS ET ÉCOLES DE PILOTAGE. **ERAOLE II** : UN AVION BAS CARBONE, HYBRIDE ÉLECTRIQUE, BIPLACE CÔTE-CÔTE, TRAIN TRICYCLE. UNE ALTERNATIVE SUPPLÉMENTAIRE VERS LES SOLUTIONS DE DEMAIN.

**C**'est un projet pensé avec et pour les clubs. Après une étude lancée auprès de 18 aéroclubs, l'équipe d'Eraole a compris les attentes et l'urgence d'un avion bas carbone et s'attelle à développer une solution technique et technologique pour l'aviation légère. Pour cela, Raphaël Dinelli s'appuie sur trois piliers : l'expérience acquise avec Eraole I (cf. IP 753), une équipe élargie et un besoin, sinon une urgence, imposée par le contexte aéronautique et social (baisse de l'empreinte carbone, réduction de bruit, innovations, baisse du coût de revient de l'heure de vol...) La récente augmentation au premier janvier du prix de l'avgas, celle du prix des assurances en hausse de 30 %, les problématiques de nuisances sonores avec les riverains, concourent à la prise de conscience collective et à la recherche de solutions technologiques (bien que nos BB Jodel, Souricette et Druine Turbulent aient déjà été

« écologiques » avant l'heure). Eraole II propose une solution hybride dans laquelle un moteur thermique joue le rôle de générateur (groupe électrogène) pour alimenter un ou plusieurs moteurs électriques. Avantages de la solution : une très faible consommation, un coût de l'heure de vol diminué, une redondance du GMP (gain de sécurité), une faible empreinte sonore et surtout une autonomie accrue.

### PRINCIPE FONDATEUR

Conçu en 2011, Eraole I a cumulé depuis plusieurs records (10 h 37 de vol continu à 10 120 ft), 200 heures de vol d'essai et surtout 40 000 heures de recherche et développement. Le brevet qu'a déposé Raphaël Dinelli sur la chaîne de traction multihybride et qui a volé à bord d'Eraole I fonctionne selon le principe suivant : un moteur thermique tricylindre de

Eraole II sera un biplace côte-côte, aile basse, tricycle. Il aura une capacité d'évolution de changement d'énergie (hydrogène ou batterie à très forte capacité) au fil des évolutions technologiques grâce à un système plug and play de la Box Energie, tout cela sans changer la conception de l'avion et dans le respect du volume, de la masse et du centrage.

**« Notre système hybride est une sécurité supplémentaire en cas de défaillance du moteur thermique... »**

instruments de bord. L'énergie qui passe par les batteries est utilisée pour la propulsion des moteurs électriques. En cas de panne du moteur thermique, ces batteries offrent 10 minutes de vol plein pot, de quoi négocier un retour terrain ou un détournement. Le moteur électrique a besoin de courant alternatif ; or les batteries produisent du courant continu. En sortie des packs batterie, deux contrôleurs-redresseurs conditionnent donc le courant continu en courant alternatif.

Ils alimentent ensuite deux moteurs électriques installés dans le nez de l'avion en tandem. Chaque moteur électrique peut fonctionner indépendamment en cas de panne, car ils ont chacun leur propre contrôleur. Dernier élément : des panneaux solaires recouvrent les ailes et fournissent sous le soleil 5 kW/h, soit une heure de vol gagnée toutes les 4 heures, car pour voler l'avion a besoin de 20 kW/h. Ces panneaux alimentent directement les packs batterie.

Le principe de fonctionnement sera identique sur Eraole II, mais un moteur thermique plus moderne et plus puissant alimentera le système. « Nous sommes en discussion avec Peugeot pour installer leur moteur EB2DTS, 3 cylindres de 96 kW de puissance (128 hp) ce qui donnera une

consommation de 10 l/h et plusieurs carburants seront utilisables : avgas, SP98, bioéthanol ou e-méthanol », explique Raphaël Dinelli. Les batteries Li-Ion seront fabriquées par TYVA Energie, l'objectif est d'avoir une capacité d'environ 10 à 12 minutes d'autonomie en cas de panne du moteur thermique, afin de pouvoir assurer soit un retour au terrain, soit un atterrissage d'urgence. Les ailes offriront une surface de 14 m<sup>2</sup> pour capter 2 kW d'énergie photovoltaïque. L'économie en biocarburant est de l'ordre de 0,5-1 litre/h. De plus, l'avion pourra se recharger au sol sur les parkings sans avoir besoin de station de recharge. Une certification du GMP (JAR E) est donc nécessaire dans ce projet. Cependant, « une partie des contraintes inhérentes à la certification d'un moteur thermique aéronautique classique devraient être allégées car le système hybride permet, grâce aux deux packs batteries montés en parallèle, d'apporter 10 à 12 minutes d'autonomie en cas de panne, il n'est donc plus dépendant du seul moteur thermique, ce qui allège de nombreuses contraintes. Le système sera bien sûr transparent pour le pilote », explique notre collaborateur à la rubrique sécurité et membre de l'équipe Eraole : Michel Barry. Une fois la certification JAR E acquise, Eraole II envisage une certification CS-VLA.



Eraole I, le prototype aux records et 200 h de vol.



Raphaël Dinelli, ingénieur, pilote d'essai et instigateur du projet.



Eraole II vise une mission école avec pour objectif une autonomie de 5h.

Les cellules photo-voltaiques sur les ailes seront une option qui permettra un apport électrique à la recharge de l'avion lorsqu'il est en stationnement.



### Eraole II Biplace école hybride-électrique

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Certification prévue..... | CS-VLA    |
| Envergure.....            | 11 m      |
| Longueur.....             | 5,50      |
| Hauteur.....              | 1,50 m    |
| Train.....                | tricycle  |
| Biplace.....              | côte-côte |
| Finesse.....              | 15        |

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>Vitesses</b>          |  |
| VNE.....                 | 97 kt  |
| V de Croisière.....      | 80 kt  |
| VSO (volets sortis)..... | 45 kt  |
| VS1 (lisse).....         | 48 kt  |
| Tour de piste.....       | 65 kt  |
| Carburants.....          | Avgas, SP 98, bioéthanol<br>ou e-méthanol            |
| Conso.....               | inférieure à 10 litres de biocarburant<br>à l'heure. |

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| <b>Masses</b>                    |        |
| Cellule hors équipement.....     | 250 kg |
| GMP complet.....                 | 180 kg |
| Équipement.....                  | 54 kg  |
| (PV, convertisseurs + batteries) |        |
| Équipages + bagages.....         | 172 kg |
| Bio carburant plein complet..... | 94 kg  |
| Masse au décollage.....          | 750 kg |

Contact  
www.eraole.com

### RENDEMENT ET REDONDANCE

« Un moteur thermique traditionnel de type Lycoming a environ 25 % de rendement, poursuit Michel Barry. Le moteur moderne que nous avons choisi et l'optimisation de l'injection selon le carburant utilisé par des cartes d'alimentation électroniques nous permettent d'obtenir un rendement autour de 34 % (optimisation de la gestion carburant : avance, mélange, injection...) C'est une avancée considérable. Il faut prendre en compte le fait que notre système est redondant et que l'ajout d'un élément dans la chaîne entraîne forcément une perte de rendement. Il ne servirait à rien de développer un avion "biocarburant" si derrière nous avions 40 % de perte de rendement. Or nous n'avons que 10 % de perte sur notre chaîne de rendement. Certes, on peut dire finalement que la redondance ajoute de la masse, mais nous économisons sur l'emport carburant puisque nous consommons moins. En un sens, nous compensons ». Eraole II ne consommera pas davantage en voyage qu'en école. « Nous consommons 4,5 l/h sur Eraole I avec 54 kW, nous serons à 10 l/h sur Eraole II avec 96 kW, ajoute Raphaël Dinelli, ce qui aura un impact direct sur le coût de l'heure de vol que nous estimons à moins de 100 €. Nous visons d'après nos calculs une autonomie de 4 heures plus 30 minutes de réserve ».

### VOLER À LA FINESSE MAX ET EN SILENCE

« Partir d'une cellule existante entraînait des contraintes trop importantes, notamment sur l'intégration du moteur, des systèmes et du centrage, explique Michel Barry. C'est pourquoi nous concevons une cellule nouvelle autour de notre système de propulsion. Fuselage en nomex carbone, une aile longeron carbone, mais aussi des matériaux plus classiques pour le reste de l'avion. La définition finale sera un avion aile basse train tricycle biplace côte-côte, idéale pour l'écolage. En revanche, nous travaillons sur un point crucial du rendement énergétique : optimiser l'aérodynamique pour que l'avion vole à son point de max range\*. Pour faire voler Eraole II à sa vitesse de finesse maximale et obtenir le meilleur rendement, nous avons établi l'envergure à 11 mètres,

ce qui reste un encombrement acceptable dans les hangars d'aéroclubs. Finalement un DR-400 120 qui croise à 110 kt mais qui à une finesse max à 73 kt, c'est une forme de gâchis énergétique ». Côté empreinte sonore, Eraole I a été mesuré à 55 dB sous trajectoire à 100 mètres et son successeur vise la même discrétion. « J'ai beaucoup travaillé à Little Rock, pour Dassault, sur les questions d'acoustique mais aussi sur l'aéroport de Lima qui est encadré dans la ville et nous sommes capables aujourd'hui d'améliorer de manière significative notre empreinte sonore, par des techniques de capitonnage, de formes d'hélice améliorées et de vitesse de rotation plus faible », explique John Adrien, directeur général du projet, ingénieur centralien, expert en acoustique (12 ans chez Dassault) et diplômé d'un master en business.

### UN PROJET, DES BESOINS

Aujourd'hui, le projet Eraole II est en phase de lever de fonds et ouvre ses portes aux compétences et technologies qui veulent s'investir et investir dans le projet. « Nous restons très pragmatiques. Nous avons qualifié une technologie et possédons plusieurs brevets mais nous voulons avancer avec humilité. Nous pourrions aller à la chasse aux millions en présentant une machine très sexy mais irréaliste comme nous le voyons souvent dans des projets eVtol, mais nous avons pour objectif de réussir à produire de manière concrète une machine pour les aéroclubs. Les pilotes de ligne de demain sont formés dans les aéroclubs et les machines à systèmes hybrides feront partie de leur quotidien. Nous pensons qu'Éraole II sera une bonne plateforme d'apprentissage à cet égard. Notre première étape va consister à construire un prototype en Fox Whisky et d'aller le présenter aux aéroclubs, aux présidents, aux pilotes, explique Raphaël Dinelli. Nous restons dans la prudence et la mesure. Premier objectif : atteindre 1,5 million d'euros pour la partie prototype et 3,5 millions d'euros pour la certification. Notre rêve serait de produire la première machine-école en moins de 5 ans. Si des aéroclubs veulent nous écrire une lettre d'intérêt pour ce projet [www@eraole.com](mailto:www@eraole.com), nous serions heureux d'y répondre », conclut Raphaël Dinelli. ●  
Texte : Jean-Marie Urlacher. Photos : DR



Le moteur automobile Peugeot EB2DTS 3 cylindres de 128 hp (96 kW).