

Le Sagita « Sherpa »

Un très original projet belge d'hélicoptère ULM

Cet article, paru dans le Semper Labora n° 3/2014, est reproduit ici avec l'aimable autorisation de la Belgian Defence Rotary Wing Association.

C'est à l'occasion du Salon de l'Aéronautique du Bourget 2013 que la presse aéronautique internationale et les spécialistes des appareils à voilures tournantes ont braqué les projecteurs de l'actualité sur un projet de construction d'un hélicoptère léger (Classe 6 -ULM) dont le développement est en cours en Belgique. Pendant le grand événement aéronautique parisien, la société liégeoise Sagita Helicopters présentait la maquette à l'échelle 1/1 de son biplace « Sherpa » conçu pour rencontrer les critères européens de certification des hélicoptères très léger (Normes EASA-VLR d'un poids inférieur ou égal à 450kg pour un appareil biplace). Le Sherpa est doté de deux rotors coaxiaux bipales contrarotatifs dont le système d'entraînement ne recourt à aucune liaison mécanique avec le moteur : c'est la grande originalité de ce concept « REDT », c'est-à-dire Rotor à Entraînement Direct par Turbine.



Le Sherpa – Maquette à l'échelle 1/1

Dans ce concept innovant d'entraînement pneumatique, l'air sous pression généré par une turbine soufflante (fan) entraînée par un moteur à piston est amené en haut du mat rotor dans une grande coupole circulaire divisée horizontalement en deux éléments indépendants. Chaque demi-coupole est solidaire d'un rotor bipale rigide et, sur son pourtour intérieur, porte des étages de turbines concentriques qui, sous l'action de l'air sous pression, assurent l'entraînement contrarotatif des deux rotors.



Le concept REDT – L'air aspiré à l'arrière du fuselage est comprimé par le fan. Une partie du flux alimente le moteur ; le reste est réchauffé puis dirigé vers la grande coupole lenticulaire pour transmettre sa puissance aux aubages des turbines qui entraînent les deux demi-coupoles et les rotors contrarotatifs. L'air s'échappe alors vers l'extérieur par la fente entre les demi-coupoles.

Après avoir transmis sa puissance sur les aubes des turbines, l'air sous pression s'échappe vers l'extérieur par la fente circconférentielle qui sépare les deux demi-coupoles. Les étages de turbine des deux rotors sont emboîtés à la façon des turbines « Ljungström » inventées au début du XXe siècle et caractérisées par un très haut rendement. La turbine comporte plusieurs rangées d'aubages concentriques alternés, fixés sur deux disques contrarotatifs. Le fluide sous pression se détend du centre vers la périphérie. Il n'y a pas d'aubage statorique fixe : ce rôle est tenu par chaque rangée d'aubages pour la suivante. Sur le Sherpa, la turbine comporte quatre rangées d'aubages, avec entre 64 et 225 aubages par rangée.

Les rotors tournant en sens inverses, il n'y a pas de couple de réaction ; le Sherpa n'est donc pas doté d'un rotor de queue et de sa transmission lourde et complexe.



Gros plan sur les demi-coupoles contrarotatives dans lesquelles sont intégrés les rotors bipales ; on voit la fente d'échappement de l'air.

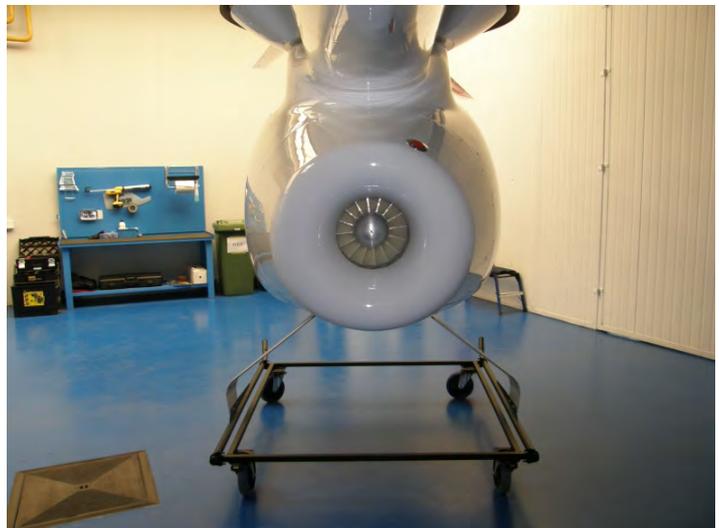
Une veine d'air comprimé à température élevée



Le moteur à pistons et la soufflante qu'il entraîne sont intégrés dans le volume fermé derrière la cabine. Par une large ouverture circulaire à l'arrière du fuselage, l'air ambiant est aspiré et comprimé par la soufflante. Une partie de cet air alimente le moteur ; le reste du flux monte en température en passant sur le radiateur de refroidissement du moteur avant d'être mélangé aux gaz d'échappement et d'atteindre une température d'environ 100°C.

En atelier, un exemplaire d'essai du compresseur d'air réalisé en polyester. Pour le prototype du Sherpa, il sera fait en carbone époxy.

Ce réchauffement de la veine d'air a été minutieusement calculé par le concepteur : il est en effet important que la température ne dépasse pas 150°C afin de garantir la bonne tenue des roulements, des paliers et des joints situés dans ou à proximité de ce flux. C'est donc de l'air comprimé très chaud qui débouche dans la grande coupole circulaire où il se détend en agissant sur les turbines circumférentielles avant de s'échapper par la fente entre les demi-coupoles contrarotatives.



Vue de l'entrée d'air annulaire et de la face du compresseur.

La pression d'alimentation des turbines est de l'ordre de 1,3 bar.

Le système de transmission de puissance du Sherpa ne nécessite aucun accessoire ou système de lubrification ni de refroidissement forcé.



En atelier, une turbine dont on voit les deux rangs d'aubages concentriques

Caractéristiques

Au stade actuel du développement, les caractéristiques générales annoncées par Sagita sont les suivantes :

- Masse à vide 260 kg
- Masse Max au décollage 450 kg avec une heure de carburant
- Charge utile 190 kg
- Carburant 84 L
- Puissance Max au décollage 100 kW (130HP)
- Vitesse Max horizontale 185 km/h (100 kt)
- Vitesse de croisière 158 km/h (85 kt)
- Stationnaire hors effet de sol 2000 m (6800 ft)
- Autonomie distance 400 km (215 NM)
- Autonomie durée 3 heures

Ces caractéristiques et performances seront corrigées si nécessaire en fonction des résultats des essais en vol du prototype.

Historique du projet

L'idée innovante du système d'entraînement pneumatique est née en 2006. Dès 2007, son concepteur, l'ingénieur Hubert **Antoine**, réalise les premiers calculs et fait l'estimation des performances du futur Sherpa.

En 2008, la sprl Sagita est créée. D'abord établie à Esneux en province de Liège, la société projette de construire un modèle réduit radiocommandé puis un biplace démonstrateur, l'un et l'autre utilisant le concept REDT. Les avantages attendus du nouveau système d'entraînement des rotors sont la plus grande simplicité et le poids réduit de la chaîne dynamique de l'hélicoptère ; son fonctionnement sera ainsi plus sûr et moins coûteux que les systèmes habituels à entraînement mécanique avec rotor de queue anti couple.

En 2009 et 2010 des modèles statiques sont essayés en soufflerie ; puis sont entrepris les essais en vol télécommandé du modèles réduit à motorisation électrique (échelle 1/5). Ces vols démontrent et confirment la faisabilité du concept REDT qui reçoit le brevet européen en 2011 (N° EP 1990275)



La maquette télécommandée (échelle 1/5) dont les vols ont démontré la faisabilité du concept REDT. Différences avec le prototype du Sherpa aujourd'hui en développement : a) les rotors sont ici tripales ; b) le train d'atterrissage n'est pas mono lame ; c) la propulsion est électrique. Les vidéos de deux vols peuvent être vues sur www.sagita.be .

Parallèlement, Sagita conçoit un démonstrateur statique (Iron Bird) dont les premiers essais sont faits durant l'été 2012. Les enseignements de ces essais conduisent à une modification du dessin du fuselage et au développement d'un nouveau compresseur d'air.



Le démonstrateur statique (Iron Bird) dans les installations de WAN à Gosselies. Il permet de tester en fonctionnement le moteur à combustion, la soufflante et l'efficacité de la veine d'air sur les turbines entraînant les demi-coupoles et les rotors contrarotatifs qui, sur cet appareil d'essai, sont tripales.

L'année 2013 est marquée par la présentation très remarquée de la maquette statique grandeur 1/1 au Salon de l'Aéronautique de Paris-Le Bourget où le Sherpa et son REDT connaissent un beau succès d'intérêt. Ils seront ensuite présentés en Allemagne au Salon d'aviation générale de Friedrichshafen puis à Singapour. La société Sagita prend le statut de Société Anonyme et déménage à Wandre.

Au programme de 2014 sont notamment inscrits la poursuite des essais du nouveau compresseur, la réalisation de la nouvelle coupole lenticulaire des rotors, la fabrication en France des pales des rotors et encore l'adaptation au Sherpa du moteur Hirth 3701 (moteur deux temps, trois cylindres en ligne à refroidissement par liquide, cylindrée 939cc, poids 45 kg) et du moteur Weber 750 (moteur quatre temps, bicylindre en ligne refroidi par liquide, turbocompressé, cylindrée 750cc, poids 60 kg)

Le début des essais en vol du prototype est programmé dans le courant de 2015. Ils se feront soit sur une base ULM de la région mosane soit sur une base militaire désaffectée. La difficile procédure de certification, prévue en 2016, se ferait en France avec la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC), la certification d'hélicoptère ULM n'étant pas encore prévue en Belgique.

L'effet Coanda



Pour augmenter l'efficacité du contrôle en lacet de l'hélicoptère en vol stationnaire, le concepteur a choisi d'utiliser l'effet Coanda engendré par le souffle vertical des rotors sur la poutre de queue. À cet effet, dans les flancs latéraux de celle-ci sont aménagées de fines fentes longitudinales qui peuvent être ouvertes ou fermées sous l'action des commandes de vol.

Vue sur l'entrée d'air annulaire, sur la poutre de queue et sur les plans stabilisateurs. Sur cette maquette, les fentes longitudinales prévues pour produire l'effet Coanda ne sont pas percées dans les flancs de la poutre de queue.

La circulation de la couche limite sur la surface convexe de la poutre de queue est aidée par l'effet aérodynamique Coanda dû à l'éjection par les fines fentes latérales d'air basse pression prélevé sur la sortie du compresseur (maximum 3% du débit). L'air éjecté par la fente gauche ou droite crée une zone de basse pression, donc une force latérale utilisée pour le contrôle en lacet. Notons que l'utilisation de l'effet Coanda pour contribuer au contrôle en lacet a été choisie pour les hélicoptères dits « NOTAR » (No Tail Rotor = sans rotor de queue) commercialisés par MD Helicopters, les modèles MD-520N et MD-900 Explorer dont des exemplaires sont en service dans l'unité d'appui aérien de la Police fédérale.

Les partenaires

Pour réussir ce projet ambitieux, Sagita s'est entourée de partenaires compétents dans des domaines avancés liés à l'aéronautique moderne. Ce sont des sociétés ou organismes tant privés qu'officiels.

- **Régions Wallonne – DGTRE**

Le projet 5912 REDT a été introduit en 2008 auprès de la Direction Générale des Technologies, de la Recherche et de l'Énergie de la Région Wallonne. Une convention règle l'attribution à Sagita de crédits de recherche et de développement.

- **Global Design Technology Engineering (GDTECH Engineering)**

Cette société anonyme est implantée dans le Parc scientifique du Sart-Tilman à Liège-Angleur. Ex-filiale du Groupe SAMTECH (éditeur de logiciels), elle fournit des services en ingénierie électromécanique pour des applications diverses dont l'aéronautique. Une de ses spécialisations concerne la simulation numérique de structures et de vibrations.

- **Dimma Design**

Société anonyme installée à Liège-Wandre et spécialisée dans les activités de carrosserie. L'entreprise a développé une grande expertise dans la fabrication de moules pour éléments en polyester. Les outillages spéciaux qu'elle a développés sont utilisés notamment par la Groupe Airbus (avions et hélicoptères) et par le Centre National d'Étude Spatiale (CNES - lanceurs Ariane). Dimma Design participe à la construction et à la mise au point du prototype.

- **JD'C Innovation (Atelier Jean Del'Cour)**

L'entreprise, établie à Grâce-Hollogne pas loin de l'Aéroport de Liège, est experte en fabrication et assemblage de matériaux composites pour l'aéronautique et le spatial.

- **WAN (Wallonie Aerotraining Network)**

Basé à l'aérodrome de Charleroi-Gosselies, c'est un Centre de compétence de la Région Wallonne spécialisé dans l'organisation de la formation de personnel à destination de l'aéronautique ; il est agréé par la Direction Générale du Transport Aérien (DGTA). Le WAN a accordé un support logistique au projet de Sagita. Le démonstrateur statique (Iron Bird) du Sherpa a été assemblé dans ses installations et les premiers essais de fonctionnement ont eu lieu à Gosselies avant d'être transférés en 2014 chez Sagita à Wandre.

- **AWEX**

C'est l'Agence Wallonne de promotion des exportations ; son siège est à Bruxelles, avec un centre régional à Liège. L'AWEX a aidé Sagita dans la préparation de la présentation du Sherpa et du concept REDT lors des salons de l'aéronautique de Paris-Le Bourget, de Friedrichshafen et de Singapour.

- **Université de Liège (Ulg)**

La faculté des Sciences appliquées de l'ULg met en œuvre une soufflerie aérodynamique pluridisciplinaire qui a contribué aux études initiales du REDT et du Sherpa par des mesures précises et des essais d'éléments aérodynamiques de l'hélicoptère.

- **Université libre de Bruxelles (ULB)**

Ses organes de recherche et de calcul ont accordé aussi leur support académique au projet wallon et ont réalisé pour lui des essais en soufflerie aérodynamique.

Le prototype

La fabrication d'éléments du Sherpa prototype est en cours.

À l'exception des moteurs achetés chez les constructeurs et à l'exception des pales rotors en carbone époxy confiées à un spécialiste français, c'est chez Sagita à Wandre que sont fabriqués et assemblés les éléments du Sherpa.

Le fuselage et les demi-coupoles des rotors sont faits d'éléments moulés en carbone époxy ; le châssis est lui constitué de panneaux sandwich-aluminium.

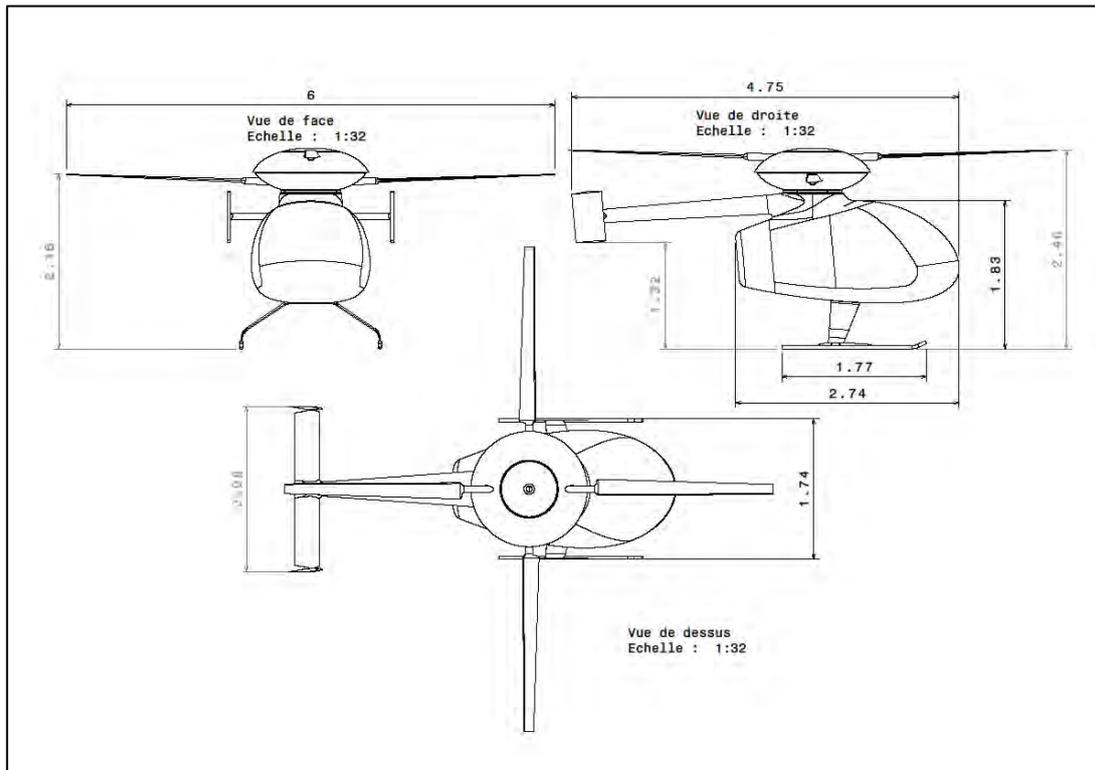
Le train d'atterrissage mono lame très simple est d'un dessin particulier déposé : les patins sont fixés à une lame métallique unique attachée au centre du châssis par quatre boulons.



Gros plan sur l'atterrisseur mono lame boulonné au châssis.

Le tableau de bord portera quatre instruments de type analogique mais le projet d'un « glass cockpit » est d'ores et déjà étudié.

Sagita prévoit que le prototype sera prêt pour les premiers essais en vol en 2015, ce qui permettrait d'envisager le début de la procédure d'homologation ULM Classe 6 au cours de 2016.



Plan trois vues et dimensions

À l'été 2014, le budget total utilisé pour le Sherpa se montait à 2,03 Millions € dont 1.31 Million € en subsides de la Région Wallonne. Les ardents protagonistes de cette fascinante « héli-aventure » espèrent que l'aide régionale continuera à assurer le niveau élevé de la recherche, du développement et des essais de ce très intéressant projet innovant d'hélicoptère ultra léger. Car, puisque c'est un hélicoptère.....il faut se préparer à affronter et maîtriser, dans la phase des vols, les épineux problèmes de l'aérodynamique propre aux voilures tournantes, à leur régime vibratoire et aux charges qu'induisent inévitablement chacune des phases de l'évolution du gyration, pendant le vol stationnaire, la montée, le vol de croisière, la descente, les virages et l'indispensable maîtrise de l'autorotation. C'est là, avec le Sherpa et son REDT, une voie neuve et audacieuse dont on suivra avec grand intérêt le développement et l'aboutissement !

Alphonse Dumoulin