

AROUND THE WORLD IN A SOLAR AIRPLANE

# SOLARIMPULSE



## INVENTING THE FUTURE

**PRET POUR LES PREMIERS VOLS D'ESSAI**  
Pendant six ans, ingénieurs, physiciens, informaticiens, spécialistes de structure et de matériaux, ont uni leurs forces, du concept à la construction, pour réaliser un avion révolutionnaire.

A la veille des premiers tests, le suspense est entier. Comment une aile d'une telle envergure, pour un poids si léger, se comportera-t-elle en vol? Solar Impulse parviendra-t-il à défier la longueur des nuits grâce à l'énergie solaire?

Dans sa quête des extrêmes, aussi bien technologiques que symboliques, Solar Impulse s'est engagé sur la voie délicate et risquée des pionniers. Voler nuit et jour sans carburant doit permettre de démontrer le potentiel immense des énergies renouvelables pour induire les changements nécessaires à une meilleure utilisation des ressources énergétiques et un plus grand respect de l'environnement.

«Relever un tel défi n'est possible qu'en tirant un profit maximum de l'énergie solaire. Chaque watt compte, et toutes les formes d'économie d'énergie sont recherchées. Seules les solutions les plus pointues, généralement inédites, le permettent. C'est en confrontant les expériences de chaque membre de l'équipe et en additionnant leurs potentiels que nous pensons les avoir trouvées.»

André Borschberg



### TRAJECTOIRE

Solar Impulse s'inscrit en droite ligne dans une tradition d'exploration, d'aventure et de développement scientifique. En initiant ce défi, Bertrand Piccard perpétue l'aventure familiale des Piccard, dans la suite de l'exploration de la stratosphère et des abysses, puis du tour du monde en ballon. Il entraîne dans son sillage une équipe, dirigée par André Borschberg, dont la compétence garantit le succès, et des partenaires qui, comme elle, veulent inventer le futur. Aux défis de notre monde ne peuvent répondre que la valeur de l'esprit de pionnier et la recherche de nouvelles solutions, en dehors des habitudes et certitudes actuelles.



### TANDEM AUX COMMANDES

Deux hommes, pionniers et innovateurs, tous deux pilotes, assurent le développement de Solar Impulse: Bertrand Piccard, psychiatre, aéronaute, auteur du premier tour du monde en ballon sans escale, en est l'initiateur et le président. André Borschberg, ingénieur, licencié en sciences du management, formé comme pilote de chasse et pilote professionnel d'avion et d'hélicoptère, en est le directeur général. A la vision avant-gardiste du premier fait écho l'expérience d'entrepreneur et de manager du second.



### ÉPOPÉE PAR ÉTAPES

Après 6 ans de concept puis de construction, l'avion solaire HB-SIA devra faire ses preuves, avant de se lancer dans son vol de 36 heures, objectif majeur du projet. Des sauts de puces aux tours de piste, plusieurs mois seront nécessaires avant l'accomplissement du premier vol de nuit. Un second avion sera ensuite réalisé pour réécrire dès 2012 à l'énergie solaire quelques grandes premières de l'histoire de l'aviation, comme la traversée des Etats-Unis et de l'Atlantique. Le tour du monde en 5 étapes de 5 jours chacune en sera le point culminant.

### L'AVION ZERO CARBURANT

- > **L'envergure d'un Airbus A340**, afin de minimiser la traînée induite et d'offrir une surface maximale aux cellules solaires
- > **Le poids d'une voiture**, après avoir traqué chaque gramme pour construire un avion hyper léger
- > **La puissance d'un scooter**, après optimisation à l'extrême de toute la chaîne énergétique
- > **La force d'une vision**

«Si un avion est capable de voler nuit et jour sans carburant, propulsé uniquement par l'énergie du soleil, que personne ne vienne ensuite prétendre qu'il est impossible de faire la même chose pour des véhicules, des chauffages, des climatiseurs ou des ordinateurs. A travers ce projet, nous sommes convaincus que l'esprit pionnier et les visions politiques peuvent changer la société et venir à bout de la dépendance aux énergies fossiles.»

**Bertrand Piccard**



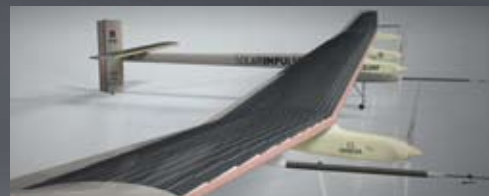
## VISION

Solar Impulse croit en la force des symboles. En écrivant à l'énergie solaire une nouvelle page de l'histoire de l'aviation, jusqu'à effectuer un tour du monde sans carburant ni émissions polluantes, Solar Impulse cherche à promouvoir activement les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique que permettent les nouvelles technologies. La démarche est d'abord scientifique et innovante. Elle est aussi philosophique, par sa volonté de sensibiliser la société et d'amener chacun à économiser les ressources énergétiques de notre planète.



## DÉFI

Faire décoller et voler de façon autonome, de nuit comme de jour, un avion propulsé exclusivement à l'énergie solaire est un défi impossible à relever sans une réduction drastique de la consommation d'énergie. Les 50 ingénieurs et techniciens de Solar Impulse, épaulés par une centaine d'experts et de conseillers, ont dû mettre en œuvre des solutions inédites dans le domaine aéronautique. Solar Impulse n'est pas le premier projet d'avion solaire, mais certainement le plus ambitieux: le prototype HB-SIA devrait être le premier avion à approcher le vol perpétuel.

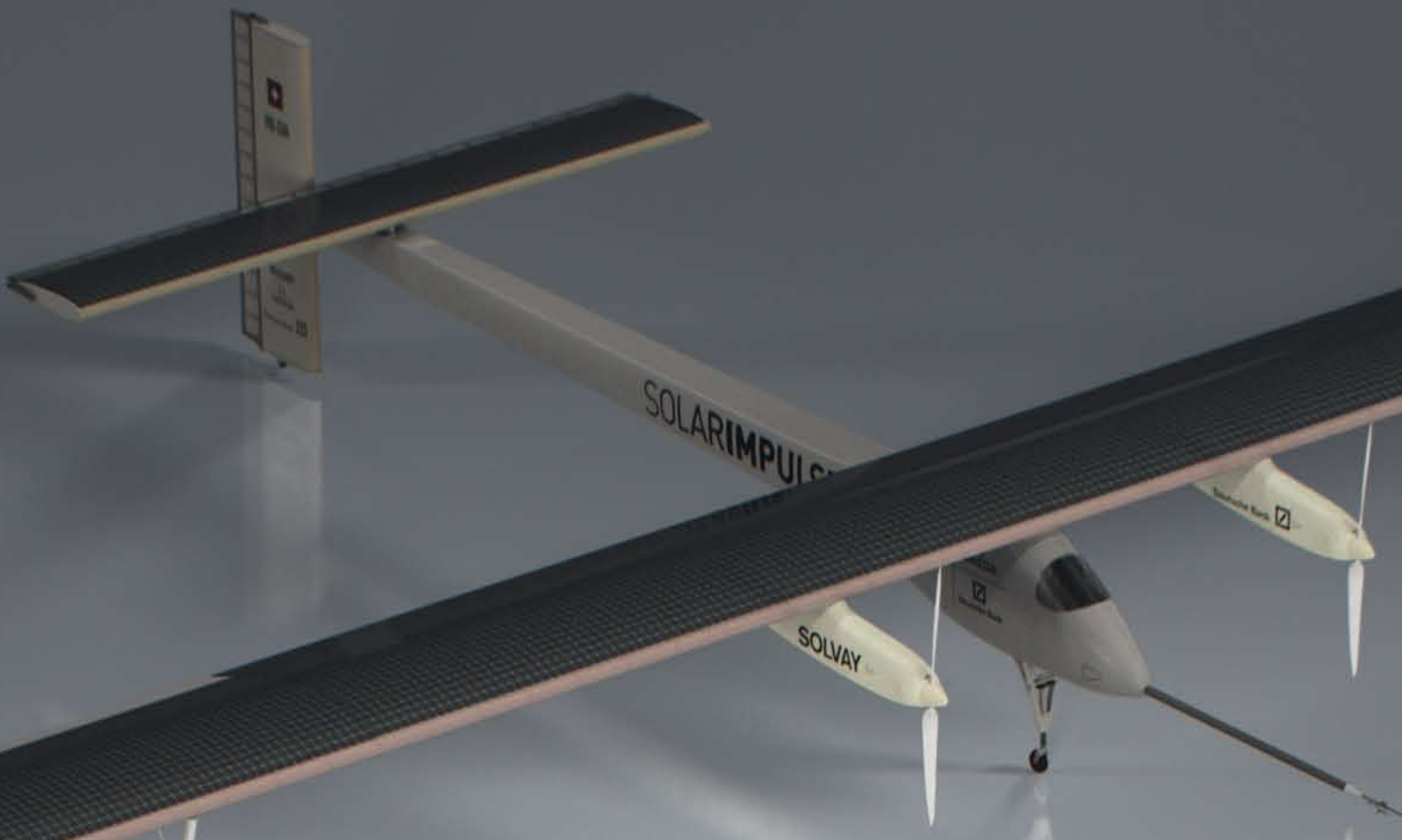


## AVION

D'une envergure gigantesque, équivalente à celle d'un Airbus A340, pour un poids proportionnellement minime, le prototype HB-SIA présente des caractéristiques de construction et d'aérodynamisme jamais rencontrées jusqu'ici. La structure en fibre de carbone, la chaîne de propulsion, le domaine de vol, l'instrumentation de bord, tout a été repensé et conçu à la fois pour économiser de l'énergie, résister aux conditions hostiles que subissent le matériel et le pilote en haute altitude et intégrer les contraintes de poids aux impératifs de résistance.

# VOLER DE NUIT GRACE AU SOLEIL!

# L'AVION ZERO CARBURANT



## TESTS ET VOLS VIRTUELS

Calculs, tests et simulations ont fait partie intégrante de chaque étape de la construction. Les essais de charge et de vibrations ont permis d'affiner les modèles développés par les ingénieurs, qui ont ainsi pu avancer pas à pas dans un domaine totalement inconnu. Pour contrôler un appareil aux caractéristiques aussi inédites, les pilotes doivent également s'adapter à un comportement en vol très différents des autres types d'avion. Un simulateur a été développé spécialement pour leur permettre de se familiariser avec l'aérodynamisme et la mécanique de vol du HB-SIA. Au cours d'un vol virtuel de 25 heures, la résistance des pilotes a été mise à l'épreuve dans l'exiguïté du cockpit de 1,3 m<sup>3</sup>.



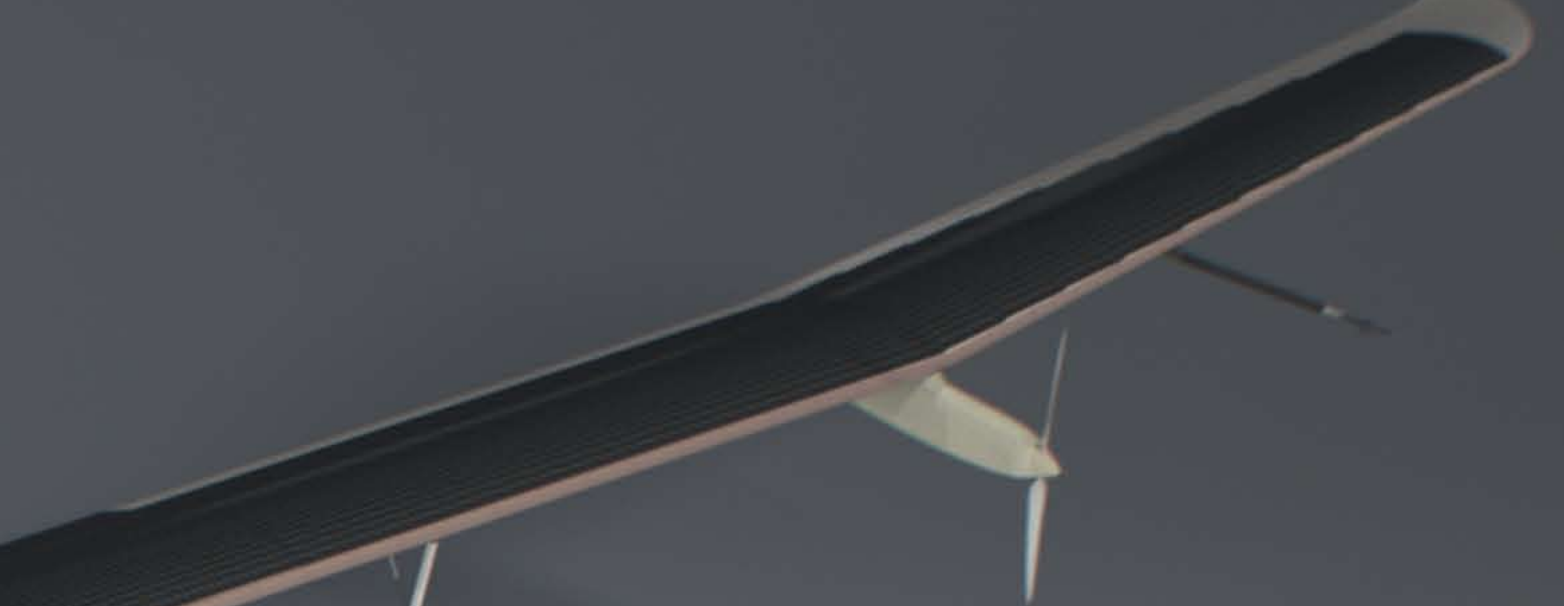
## CAPTATION ET STOCKAGE DE L'ENERGIE

Les 11 628 cellules en silicium monocristallin de 150 microns d'épaisseur ont été sélectionnées pour leurs qualités de légèreté, de flexibilité et d'efficacité. Avec 22%, leur rendement aurait pu être encore meilleur, mais leur poids aurait alors été excessif, pénalisant l'avion pendant le vol de nuit. Cette phase étant la plus critique, la contrainte majeure du projet se situe au niveau du stockage de l'énergie dans les batteries au lithium polymère. Au stade actuel, la densité énergétique maximale est de 220 Wh/kg. La masse d'accumulateurs nécessaire pour le vol de nuit de Solar Impulse se monte à 400 kg, soit le ¼ de la masse totale de l'avion. Le succès ne peut passer que par la maximisation des performances aérodynamiques et l'optimisation de la chaîne énergétique.



## STRUCTURE ET MATERIAUX

Atteindre 63,40 mètres d'envergure pour 1600 kg tout équipé est un défi jamais réalisé à ce jour dans l'aéronautique, en termes de rigidité, de légèreté et de contrôlabilité en vol. Le Solar Impulse est construit autour d'une structure en matériaux composites constitués de fibre de carbone et de nid d'abeille assemblés en sandwich. L'extrados de l'aile est recouvert d'une peau composée de cellules solaires encapsulées, et l'intrados d'un film flexible à haute résistance. 120 nervures en fibre de carbone réparties tous les 50 cm profilent ces deux couches pour leur donner leur forme aérodynamique.



## UN PROTOTYPE, TROIS OBJECTIFS

- > Valider les résultats des simulations numériques, les choix technologiques et les techniques de construction.
- > Tester un domaine de vol inexploré, car jamais jusqu'ici un avion présentant ces caractéristiques de taille, de poids et de vitesse n'a réussi à voler.
- > Démontrer l'efficacité énergétique de l'ensemble en étant capable de voler toute la nuit après avoir stocké suffisamment d'énergie solaire durant la journée.

Les enseignements tirés du prototype HB-SIA seront intégrés dans la conception, le design et les choix technologiques du HB-SIB, l'avion qui tentera de faire le tour du monde.



### SYSTÈME DE PROPULSION

Sous l'aile sont fixées 4 nacelles contenant chacune un moteur de 10 CV, un ensemble de batteries au lithium polymère et un système de gestion contrôlant le seuil de charge et de température. L'isolation thermique est conçue pour conserver la chaleur dégagée par les batteries et leur permettre ainsi de fonctionner malgré les  $-40\text{ °C}$  rencontrés à 8500 mètres. Chaque moteur est muni d'un réducteur limitant à 200-400 tours / minute la rotation d'une hélice bipale de 3,5 mètres de diamètre.



### RESSOURCES ENERGETIQUES

A midi, chaque  $\text{m}^2$  de surface terrestre reçoit l'équivalent de 1000 Watts, soit 1.3 CV sous forme d'énergie lumineuse. Sur 24 heures, le soleil ne fournit qu'une moyenne de  $250\text{ W/m}^2$ . Avec  $200\text{ m}^2$  de cellules photovoltaïques et 12% de rendement total de la chaîne de propulsion, la puissance moyenne fournie par les moteurs de l'avion n'atteint plus que 8 CV ou 6 KW. C'est à peu de chose près ce dont disposaient les frères Wright en 1903 lorsqu'ils ont réalisé le premier vol motorisé. Et c'est avec cette énergie-là, optimisée du panneau solaire à l'hélice par le travail de toute une équipe, que Solar Impulse ambitionne de voler jour et nuit sans carburant!



### FICHE TECHNIQUE

**Envergure** 63,40 m  
**Longueur** 21,85 m  
**Hauteur** 6,40 m  
**Motorisation** 4 moteurs électriques de 10 CV chacun  
**Cellules solaires** 11 628 (10 748 sur l'aile, 880 sur le stabilisateur horizontal)  
**Vitesse moyenne** 70 km/h  
**Altitude maximale** 8500 m (27 900 ft)  
**Poids** 1600 kg  
**Vitesse de décollage** 35 km/h

## DES PARTENAIRES INCONDITIONNELS

Solar Impulse rassemble toute une famille de partenaires qui partagent l'esprit pionnier du projet, garantissent sa faisabilité et s'engagent pour la promotion des énergies renouvelables.

Les Partenaires de Solar Impulse ont un esprit de pionnier, une vision à long terme et un désir d'explorer de nouveaux horizons. Ils se reconnaissent dans les valeurs fondamentales de cette aventure humaine avant tout: exploration, innovation technologique, excellence entrepreneuriale, passion, travail d'équipe, rêve et émotion. Comme les initiateurs de Solar Impulse, ils désirent les mettre au service de la promotion des énergies renouvelables et des développements technologiques nécessaires à la protection de l'environnement. Leur volonté est de contribuer concrètement à la réussite de cette aventure par le financement de l'avion et la mise à disposition de compétences dans leurs domaines spécifiques.

### PARTENAIRES PRINCIPAUX

#### Solvay

Premier partenaire principal à être entré dans l'aventure Solar Impulse, Solvay, groupe chimique et pharmaceutique international connu pour ses plastiques et polymères, est actif dans le développement de nouveaux matériaux et de solutions technologiques innovantes.

#### Omega

De la lune au soleil... Pour Omega, être partenaire de ce défi, c'est l'occasion de reprendre la route des pionniers et de revivre une aventure mêlant passion et innovations technologiques d'avant-garde, tout en apportant une expertise en micromécanique et microélectronique.

#### Deutsche Bank

Porte ouverte sur le monde financier et industriel, Deutsche Bank, de par son expérience dans le développement durable, insuffle sa passion de la performance et sa vision à long terme pour crédibiliser le lien fondamental qui devrait exister entre économie et écologie.

**SOLVAY**

**Ω  
OMEGA**

**Deutsche Bank**



### PARTENAIRES OFFICIELS

#### Altran

Partenaire en Ingénierie, leader du conseil en innovation, Altran met à disposition de Solar Impulse des moyens humains et ses expertises pluridisciplinaires et multisectorielles.

#### Swisscom

Partenaire national en télécommunications, Swisscom développe les outils qui permettront d'assurer la communication entre l'avion et le sol sur toute position autour de la Terre.

**altran**

 **swisscom**

### SUPPORTERS OFFICIELS

La société genevoise SEMPER, première compagnie à soutenir le projet, et le Groupe Clarins appuient la vision de la technologie, la volonté d'innovation et le respect de l'environnement que défend Solar Impulse. BKW/FMK (Forces Motrices Bernoises), Toyota Suisse et SIG (Services Industriels de Genève) soutiennent le projet au niveau national.

**semper**

**CLARINS**

**BKW**  **TOYOTA**  
BKW FMB Energie AG

### PARTENAIRES INSTITUTIONNELS ET AÉRONAUTIQUES

Après l'étude de faisabilité menée en 2003, l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne est devenue Conseillère Scientifique Officielle et apporte au projet les compétences de ses différents laboratoires. Pour ces explorateurs de la connaissance, Solar Impulse représente un champ de recherches de très haut niveau, assorti d'innombrables perspectives d'applications.

**EPFL**  
ECOLE POLYTECHNIQUE  
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

 **DASSAULT  
AVIATION**

Solar Impulse bénéficie du savoir-faire et de l'expérience de grands acteurs de l'aviation et de l'espace, qui ont accueilli l'aventure solaire à bras ouverts, comme l'ESA (European Space Agency), Dassault Aviation et IATA (Association Internationale du Transport Aérien).

 **IATA**  **esa**

### FOURNISSEURS OFFICIELS

Victorinox – SolarMax – Cafés La Semeuse – Clinique Hirslanden – Imprimerie Abächerli – SQS.