

# JOURNEE de l'INGENIEUR et du SCIENTIFIQUE organisée à l'ESMA par l'URIS

## Languedoc-Roussillon en liaison avec les 3AF

Jeudi 10 décembre 2009



A l'invitation de J-Y SOULIER, président de l'URIS L-R, environ 80 personnes s'étaient déplacées afin d'assister aux deux conférences qui se sont déroulées dans la matinée à l'Ecole Supérieure des Métiers de l'Aéronautique à Fréjorgues, suivies l'après midi par la visite de cette école très en pointe au niveau international.

La première conférence animée par le professeur François HENN (Université Montpellier 2) a traité le sujet suivant : « **Stockage électrochimique de l'ENERGIE : "enjeux scientifiques, technologiques et sociétaux"** ».

La deuxième conférence « **Ou s'arrête l'Univers ?** » fut animée par Christian MAGNAN, Astrophysicien au Collège de France.

Les deux exposés remarquables par leur clairvoyance ont suscité un débat scientifique d'un grand intérêt.



## 1 Le STOCKAGE ELECTROCHIMIQUE de l'ENERGIE

### Historique

Le stockage d'énergie est un projet vieux de deux siècles .Le précurseur fut Alexandro VOLLE (1745-1827). Déjà en 1918, un téléphone mobile avec batterie fonctionnait, avec un assistant pour porter la batterie. En 2009, l'appareil tient dans la poche.

Le 4 mars 1899 un véhicule électrique a atteint la vitesse de 105,882 km/h en utilisant des batteries en plomb. Le moteur à explosion est arrivé ensuite.

Dans l'avenir, le véhicule électrique jouera un rôle important .En conséquence, la batterie est un élément incontournable dans notre civilisation.

### Généralités

Deux aspects moteurs devront être satisfaits :

#### 1 Répondre au besoin humain de communication et de mobilité

Actuellement dans les pays développés,

- ✓ les batteries représentent 3 milliards d'accumulateurs Li-ion et  $850 \cdot 10^6$  éléments Ni MH (Ni, Métal Hydrocarbure) ;
- ✓ le parc automobiles a atteint 700 Millions de véhicules en 2009 et sera de 1,5 Millions en 2020.

94% des habitants en possèdent en France a raison de 2,1 hab./voiture (1,7 aux USA) avec un parcours annuel moyen de 10 000 kms. 2 Millions d'immatriculation ont été faites en 2005 dont **500 voitures électriques**. Le permis de conduire est l'examen le plus passé devant le bac (90%)

La France développe des véhicules de petite et de moyenne catégorie.

Les déplacements se font : 50% en voiture ; 31% en avion ; 11% en train. Pour 81% des personnes 3,5 déplacement/jour sont effectués, soit une heure par jour, identique à la période de l'Antiquité.

En résumé **36 kms/jour sont parcourus pour 72%des déplacements**, ce qui correspond à **la capacité des batteries**.

L'automobile représente :

**un impact économique**

L'industrie automobile représente 90 Milliard € et 300 000 emplois. Le transport consomme 20% de l'énergie totale (50 M Tep soit 500Gwh et 35 Milliard € en pétrole brut).

La consommation en carburant est de 50 Millions de litre avec une recette fiscale de 30 Milliard € par an.

**un impact humain**

Ce fut une mini révolution industrielle. La voiture offre une liberté psychologique.

**un impact environnemental**

Elle contribue à la détérioration de l'environnement, pollutions locale et globale. On doit prendre en compte la fabrication des batteries dans l'écobilan.

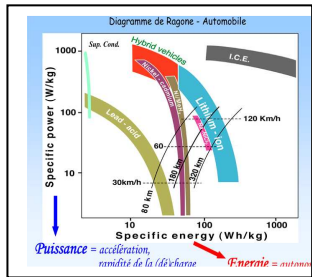
En 1990, l'écobilan était défavorable concernant les grands trajets et favorable pour le cycle urbain.

**2 Répondre au décalage entre production et consommation d'énergie**

En 2009, c'est la source d'énergie nucléaire qui prévaut dans la production électrique.

Dans le futur, il faudra considérer les énergies renouvelables : le vent, le soleil, les marées, la biomasse et l'éolien avec des séquences intermittentes. La gestion de ces systèmes complexes trouve une solution dans la batterie. C'est le système « SMART GRID » qui assure la compréhension des différents flux avec les différentes sources dispersées dans le temps et l'espace.

Dans un contexte global avec un monde plus « vert », un renchérissement du pétrole, un transport à faible production de CO2, l'électronique, la télécommande et le « mix » énergétique (stockage d'énergie), la batterie reste une technologie clé pour la gestion et le stockage énergétique de moyenne capacité.



La batterie répond essentiellement aux demandes hiérarchisées suivantes :

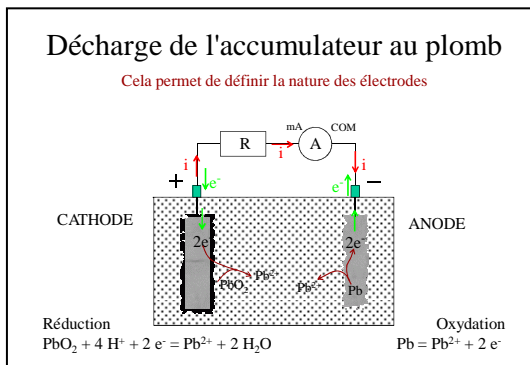
- 1 **communication** (Li-ion et Ni MH)  
Densité, énergie-sécurité-durée, coût-puissance.
- 2 **transport** (Li-ion)  
Sécurité-puissance-densité, énergie-durée, coût.

A chaque spécificité correspond un système électrochimique associé à un couple.

Le choix du couple est régit par le diagramme de *Ragone* (puissance spécifique = f (énergie spécifique)). Ce diagramme offre une comparaison entre les différents couples électrochimiques.

A titre d'exemple, une batterie au plomb est adaptée à la production d'une puissance élevée instantanée (x kWh en quelques secondes). Ainsi le Pb est supérieur au Li au démarrage d'une voiture. Dans le cas d'un besoin d'énergie important, le Li est plus approprié. Un couplage des deux systèmes est possible (Li et super capacité). La super capacité délivre une grosse puissance en un temps très court.

**Batterie au plomb**



Le principe de fonctionnement figure sur le schéma ci-contre. La réaction chimique se fait avec la séparation des deux types de réaction (oxydation et réduction). On obtient de l'énergie sous forme de chaleur.

**Conditions nécessaires au bon fonctionnement.**

Il faut récupérer l'énergie sous forme d'électricité et non de chaleur.

Les critères sont :

- o grande quantité de matière réactive (Ah/g ou l) ;
- o bon contact entre matière réactive et collecteur de courant ;
- o potentiel accepteur et potentiel donneur ;

- circulation facile des e<sup>-</sup>, très faible résistance du circuit ; électrique (R interne la plus faible).

En recharge, le système est réversible, les critères sont :

- bon contact entre matière réactive et collecteur de courant ;
- circulation facile des e<sup>-</sup> ;
- contrôle de l'état de charge, les réactions parasites sont dommageables (électrolyse, corrosion) et l'arrêt de la charge est difficile à déterminer ;
- savoir arrêter la charge.

La batterie est un « *objet vivant* », hors équilibre, qui vieillit, se recharge, à un effet mémoire, sensible au mode d'utilisation, aux conditions extérieures (pays froid et chaud).

Elle doit savoir se faire oublier sauf en cas de panne.

### Matériaux constitutifs

De multiples matériaux sont utilisés :

- aux états physiques différents : solide, liquide, gazeux, condensé ;
- sous forme de : fibre, poudre, céramique, polymère ;
- à la croisée de nombreux savoirs et savoirs faire technologiques (aspect macro) et scientifiques (aspect moléculaire)

### Critères de constitution

$$E = C \cdot \Delta E$$

E : énergie en Wh ; C : Q<sub>e</sub> (quantité énergie en Ah) ; Δ E : tension entre les bornes en V.

#### Critère 1    Δ E = E (donneur)\*E (accepteur)

Il faut choisir le bon couple redox (donneur, accepteur). Parmi tous les couples, en fait une dizaine est utilisée.

Exemple : batterie au Li (anode : Li métal (Ni, Co, Mg)- cathode : oxyde mixte).

#### Critères 2

Matière active à l'état solide : maximum de matière active et minimum d'emplacement ;

Compacité et réversibilité ;

Le solide doit coller au collecteur. Ainsi, on intercale du Li dans du carbone. Par exemple l'alliage Li-Si décuple la capacité.

#### Critères 3

Utilisation d'électrodes à circulation gazeuse et liquide. La matière active est consommée et éliminée.

Exemple : pile à combustible

#### Critères 4

Système mixte : une seule matière active est utilisée et éliminée. Ex : Zn-Air ; Li-Air.

### Problèmes à résoudre

- Changement de volume entre liquide et solide : engendre des courts-circuits d'où risque d'incendie ;
- Perte de capacité d'où surcharge et décohésion.  
Dissolution des solides dans l'électrolyte conduit à une recharge non identique (feu en fin de charge), à un phénomène de croissance dendritique (formation de fines aiguilles de carbone). Le Li intercalé dans des feuillets de graphiques apporte une amélioration fonctionnelle dans la batterie Li-ion.
- Continuité du réseau conducteur.  
Une zone non utilisée conduit à une perte d'énergie de 30 à 40 % . La solution est le dopage de la matière active.

### Constitution des Electrodes

Anode : moins (Li, MH, Cd, Pb, Zn)

Cathode : plus (oxyde mixte : Cd, Ni), Hydroxyde de Ni

### La Pile à Combustible

- Il n'y pas de solution miracle, la batterie joue un rôle clé. En progrès constant, cela est lié actuellement à des matériaux nano composite : les nanomatériaux, électrodes contenant des poudres nanométriques.
- Nécessité de modélisation ;

- Recherche aux échelles moléculaire et macroscopique.

### Remarques :

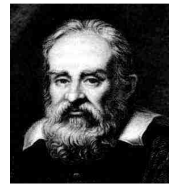
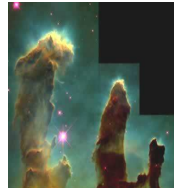
L'approvisionnement en Li est un problème majeur, la quantité sur terre est trop faible (Bolivie)

Le rendement en électricité est < 10%. Le rendement du photovoltaïque est de 17 à 25 %.

Le Cadmium est mauvais pour l'environnement.

## 2 OU S'ARRETE L'UNIVERS ?

### Généralités



Cette question reste énigmatique et semble dépasser l'entendement du terrien.

L'univers aurait de 12 à 15 milliards d'années.

La terre tourne autour d'elle-même à 300 m/s et autour du soleil à 30 km /s .On ne s'aperçoit pas de ces mouvements. En effet, d'après le principe de relativité de Galilée : « *tout mouvement est indétectable dans son propre repère* ». Ceci a été utilisé par Newton et généralisé par Einstein. Ainsi dans une station spatiale, les cosmonautes ne s'aperçoivent pas de leur rotation.

Il a fallu 400 ans avec la révolution copernicienne pour s'apercevoir que c'était la terre qui tournait autour du soleil.

Nicolas COPERNIC (1473-1543) a posé le principe du système solaire avec le soleil au centre. Il a dû vaincre le dogmatisme religieux. GALILEE (1567-1642) s'exprimait ainsi : « *La nature n'a aucune obligation envers les hommes. Elle n'a passé aucun contrat avec eux* ». Il a découvert avec sa lunette les montagnes sur la lune et le soleil « *souillé* » de tâches.

Dans le domaine astronomique, « *on subit plus qu'on prévoit* ».

On a opposé que si la Lune tournait autour de la Terre et que celle-ci tournait autour du soleil, comment pouvait-elle la suivre ? La justification est venue de Jupiter entraînant dans sa course ses satellites Io, Europe, Ganymède, Callisto.



Johannes KEPLER (1571-1630) énonça les trois lois de déplacement des planètes autour du soleil. Lois des orbites, des aires et des périodes. La première exprime : « *les planètes décrivent une ellipse dont le soleil occupe l'un des foyers* ». Tycho BRAHE, élève de KEPLER étudia la planète Mars.

Edmond HALLEY (1656-1742) ami de Newton calcula notamment la trajectoire de la comète portant son nom en s'aidant de la loi de l'attraction universelle .On peut dire qu'il y a conjonction entre la théorie et l'observation sans lien au départ.

### Place de la Terre dans l'Univers.

On ne trouve rien en discutant.

#### Mesure des distances



A l'aide de la géométrie, on mesure la distance à un objet céleste (angle = base/distance).

L'étoile la plus proche est à 3 parsec. (1 parsec = 3,3 année lumière, vitesse lumière = 300 000 km/s)

Le diamètre apparent de la Lune est de 0,5°, soit 30' (1800"). 1"= 1 euro à 5 kms.

Lorsque les objets sont plus loin, il faut déterminer leur luminosité (magnitude). Plus elle est petite, voir négative plus l'astre est lumineux. La magnitude du soleil est de -26.

Henrietta LEAVITT (1868-1921) en établissant une relation entre la période et la luminosité des astres pu déterminer leur distance. Il s'appuya sur les Céphéides comme outil de calibration des distances.

#### De quoi se compose notre univers ?

Le catalogue MESSIER fait l'inventaires des comètes et galaxies ( par ex : M31 nébuleuse d'Andromède)

De nombreuses galaxies sont elles semblables à la nôtre ?

#### A quelle distance se situent les nébuleuses spirales ?



Edwin HUBBLE (1889-1953) démontra l'existence d'autres galaxies en dehors de la voie lactée, la nôtre. Le décalage vers le rouge (*redshift*) du spectre lumineux d'une galaxie avec une vitesse proportionnelle

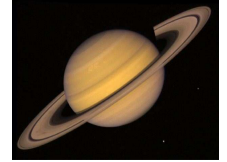
à sa distance exprima la thèse de l'expansion de l'Univers. D'où la prise de conscience de la véritable échelle du monde.

### Les dimensions de notre Univers

Les distances se mesurent en millions d'années lumière

Temps mis par la lumière pour arriver à la terre

- La lune est à 400 000 km, la lumière arrive en 1 sec 13
- Soleil : 8 minutes ;
- Saturne : 1h15, depuis la sonde Cassini ;
- Sonde Voyager 1 lancée en 1977, située aux confins du système solaire : 15 h ;
- Etoiles : 4 à 100 000 a-l (1 année lumière =  $3 \cdot 10^7$ s) ;
- Pléiades : 380 à 410 a-l ;
- Andromède : 2,5 à 3 millions a-l ;
- Galaxies : de 1 à 10 milliard a-l pour les plus éloignées.



Exemples : Combien de fois faut-il multiplier par 10 la distance TERRE-LUNE pour atteindre la galaxie la plus lointaine ?  $10^{80}$ .

Jusqu'au l'horizon cosmologique marque t-il la limite de la partie visible de notre univers ? L'univers fini a 15 milliards d'années. En conséquence, on ne voit que les galaxies qui ont moins de 15 milliards d'année. Ainsi chaque année, on découvre de nouvelles galaxies.

Et au-delà ?

Depuis NEWTON, le miracle de la rencontre entre théorie et observation s'est reproduit.

HUBBLE à crée le modèle de l'expansion de l'Univers démontrant l'éloignement des galaxies. Einstein par contre a ajouté un terme, le coefficient cosmologique afin de montrer qu'il n'y avait pas d'expansion.

### Où s'arrête l'univers ?

Les fourmis ne s'arrêtent pas, elles ne rencontrent jamais de limites.

Un univers euclidien est sphérique, si son rayon de courbure est  $> 1$ . Il est hyperbolique si celui-ci est  $< 1$ .

Le rayon de courbure est tellement grand qu'à notre échelle l'univers semble plat.

L'âge de notre univers se détermine par la formule  $T = D/V$  D : distance en Mpc et V : vitesse en km/s

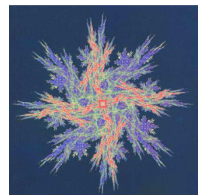
Avec  $D = 100$ Mpc et  $V = 6000$  km/s, l'âge de l'univers serait d'environ 12 milliards d'années.

### Sommes-nous seuls dans l'univers ?

L'univers étant constitué de mille milliards de galaxies ou autres objets célestes, quelle en est la probabilité :

- Serait ce le fruit du hasard (théorie du chaos) ?
- Les gaz dans les mêmes conditions initiales ne donneraient-ils pas la même chose ?

On peut se poser la question ; **« Si la vie est improbable, comment se fait-il que nous soyons là ? »**



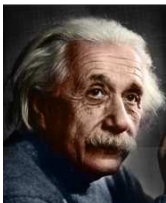
### Introduction de la théorie des fractales pour mieux comprendre l'univers

Rappelons qu'une fractale est une forme imbriquée dans elle-même dont certaines parties sont semblables. Exemples : un chou fleur, un caillou représente aussi une montagne.

Pour l'essentiel :

- Les fractales possèdent une curieuse propriété mathématique, elles présentent essentiellement la même structure dans toutes les dimensions ;
- Les modèles d'univers fondés sur la relativité générale sont incapables de prédire théoriquement les différentes échelles observées : galaxies, amas, grandes structures...Le principe d'Einstein n'est pas général. L'élaboration d'une nouvelle relativité intégrant des lors l'échelle se révèle intéressante dans l'interprétation des débuts de l'univers.

Comment comprendre les lois d'échelles qui les relient ?



### Commentaires

Notre terre est sans doute unique. La probabilité d'en découvrir une autre est faible. Toutefois le fait du hasard dérange les gens. Il n'est pas possible de visiter l'Univers à moins d'utiliser des vaisseaux spatiaux

dotés de moteur à plasma se déplaçant à la vitesse proche de celle de la lumière et sur plusieurs générations de cosmonautes ?

## 2 VISITE de l'ECOLE SUPERIEURE des METIERS de l'AERONAUTIQUE (ESMA)

La présentation de l'Ecole a été faite par son Directeur général Jean DURAND.

### 2.1 Généralités



Elle fut créée en 1988 par Air littoral. En France, c'est l'Ecole la plus titrée en homologation et agrément. C'est aussi la première école aéronautique certifiée ISO 9001. Elle a ouvert une école en 2008 en Chine et au Vietnam. 1000 élèves par an y sont formés.

A l'ESMA quatre métiers aériens y sont enseignés :

Pilote, hôtesse et steward, maintenance et métiers de l'aéroport.

Elle assure aussi :



Formation initiale, formation avancée et conseil/ expertise

Les qualifications et réparation se font par type d'avion (ATR, Airbus). Conseil et expertise sont réalisés avec EADS et Airbus. De nouveaux pilotes sont formés pour la Chine, l'Inde et les pays émergents. Des écoles sont implantées destinées aux clients d'Airbus.

Le marché français stagne (150 élèves/an) , 22 écoles.

Aussi l'ESMA s'ouvre à l'internationale en créant 11 000 m2 de locaux et des équipements de haute technologie. Elle se dote d'un training center. Un accord de partenariat est réalisé avec l'ENAC (théorie, formation d'ingénieurs), le CEFA (formation pratique) et l'ESMA (formation de pilotes).

### 2.2 Formations

#### Recrutement et Formation de pilotes

Un bac scientifique est suffisant. La formation est payante (financement auprès d'une banque ou de la famille).

Deux années sont nécessaires :

- un an théorique (licence comportant 14 modules) ;
- un an pratique (200 heures).

Coût de la formation :

a/ en 2 ans : formation sur mono moteur, bi moteur, simulateur - 70 000 à 80 000 €. Les banques acceptent le financement au taux d'intérêt de 3%.

b/ 6 semaines : qualification de type ATR, Boeing, Airbus - 25 000 € en fonction du marché ;

c/ 500 h de vol, expérience dans une compagnie aérienne - de 30 000 à 125 000 € maxi.

Le marché européen demande les 3 qualifications a,b,c. La qualification a/ suffit en Chine, au Vietnam et au Moyen Orient. Les qualifications b/ et c/ sont financés par les compagnies.

Concernant les compagnies africaines, il est insisté sur la maintenance.

Remarque : La formation d'un pilote d'hélicoptère coûte très chère (Eurocopter) : 170 000 € sur 2 ans.

La Chine investit dans la formation (capitales de Hong Kong). Les besoins dans les métiers de l'aéronautique sont importants (2000 à 2500 pilotes/an). Or leur capacité de formation est de 1000 à 1200 pilotes/an. Le marché nécessite donc un transfert de savoir faire.

Une formation en relation avec Airbus est dispensée au Qatar, Chine, Vietnam, Magreb, comportant 50 % de pilotes français et 50% de pilotes étrangers.

En comparaison avec les E-U, la formation en France qui dure 2 ans est plus coûteuse. Aux E-U elle se fait sur une année. Par contre, en Europe il faut 2 ans et 6 semaines de qualification type permettant d'accéder au poste de commandant de bord au bout de 5 ans. Aux E-U, avec une formation d'une année et 6 semaines de qualification, ce poste est obtenu après 6 à 8 années d'expérience.

Le taux de réussite est :

- partie théorique (14 modules en 18 mois) : 87 % ( moyenne nationale 66 %) ;
- pratique : première présentation 98%.

### Formation sur « FULL FLIGHT SIMULATOR » ( FFS)

Elle dure 6 semaines. Il existe 40 écoles avec FFS

(Air France, Toulouse, Morlaix, Madrid, Bruxelles...).

A la fin, on passe sur avion réel durant 1 h à 1 h 30. Le stagiaire effectue 6 décollages et 6 atterrissages.

Il est assisté par deux pilotes expérimentés (500 h de vol).

Une très bonne école de formation sur Boeing existe au Maroc.



### Formation sur différents appareils

Il est aisé de passer d'un Airbus à un Boeing. Un pilote d'A320 exerce sur un A340 après une formation d'une semaine seulement. Alors que 6 semaines de qualification sont nécessaires au pilotage d'un Boeing 747 pour un pilote de 737. Sur l'A380 au niveau du pilotage, le personnel est passé de trois à deux.

### Formation à la maintenance aéronautique

L'équipement est au top niveau.

Elle est dispensée en :

- 2 années de formation entrecoupées de stages pratiques en atelier ;
- qualification de type Airbus, Boeing ;
- simulateur de maintenance.

Des travaux pratiques sont effectués avant autorisation de révision d'un avion.

Un bon mécanicien gagne autant qu'un pilote (à H-K à 25 ans, son salaire mensuel atteint 4500 €).

Une autre formation modulaire est possible en passerelle, mais plus longue.

- bac et BTS aéronautique en 2 ans ;
- formation complémentaire de 6 à 8 mois.

Cela donne une licence en aéronautique.

En Allemagne et en G-B la licence est d'accès aisé, en France la licence européenne est difficile à obtenir. Il n'y a pas d'équivalent avec l'éducation nationale.

Le cursus français et le niveau européen s'obtient en 2 ans et coûte cher : 18 000 €

### Contrôleur aérien

L'ENAC a seul le droit de former les contrôleurs aériens. Le concours est difficile, la formation est excellente.

### Métiers d'aéroport

On y trouve notamment :

Agent de trafic autour de l'avion.

C'est le patron de l'avion au sol.

Il s'occupe du remplissage en fuel, de la restauration et de la météo.

Agent d'opération

En cas de panne, il trouve la solution rapidement.

Stewart, hôtesse de l'air

La formation dure 135 heures. Elle porte sur la sécurité et le secourisme. Une qualification de 2 jours est aussi dispensée. Coût : 2000 €. Un examen agréé par la DGAC sanctionne cette formation (Délégation Générale de l'Aviation Civile).

### **2 3 Visite de l'Ecole**

Sur 11 000 m<sup>2</sup> sont disposés 4 bâtiments :

1 bâtiment administratif

2 bâtiment formation

Il comporte 28 salles de cours situées sur deux étages, avec 24 élèves par salle. Une pédagogie moderne est pratiquée (vidéo projecteur, informatique). Une plate forme cours par correspondance existe.

3 bâtiment « hall simulateur », secours et technique

1<sup>ère</sup> partie (simulateur)

Au RdC, le simulateur est destiné à différents type d'avions.

Au 1<sup>er</sup> étage, il assure une formation sur un seul type le bimoteur.



Le simulateur FFS dernière génération coûte de 10 à 12 M €.

La Chine a demandé à l'ESMA l'achat d'un simulateur pour l'A320. 18 mois sont nécessaires concernant sa mise en place. Ainsi l'intégralité de la formation sera assurée.

## 2<sup>ème</sup> partie (secours)

Elle est dédiée à la formation des navigants (hôtesse, steward).

Les équipements sont homologués par la DGAC. Elle comporte :

- une salle de cours, sécurité tout équipement ;
- un tunnel à fumée test (masque, chemin lumineux et interphone) ;
- une hotte à feu avec deux foyers (haut et bas). On y pratique l'exercice d'extinction.
- une maquette d'évacuation en vrai (aile d'un A 320 avec issue de secours) ;
- une cabine hybride de Boeing 747 intégrale. Il est utilisé à des exercices commerciaux et techniques.



## 3<sup>ème</sup> partie (salle technique)

### 1 Hall

On y réalise les travaux pratiques :

- formation en aéronautique pour les élèves et audit tous les 6 mois ;
- comment fonctionne un avion (modèle ancien d'abord)

### 2 Atelier de maintenance, training

- 2 mécaniciens, réglementation européenne

### 3 Atelier spécial

- 8 personnes se forment sur le câblage électrique et la réparation des moteurs.



## 4 bâtiment « centre d'hébergement »

Il assure la restauration et le logement pour 180 personnes.



## **3 La HAUTE VOLTIGE**

La haute voltige aérienne nous a été présentée par Thierry AMAR, pilote international de voltige et responsable de la très brillante équipe héraultaise. Elle comporte 7 pilotes internationaux dont un champion du monde Renaud ECALLE.

L'équipe de voltige de l'aéroclub Languedoc-Roussillon est en partenariat avec l'ESMA. Elle apporte un côté « fun » à l'aéronautique (formation de pilote de chasse, de ligne et de haute voltige) C'est une histoire de passion entre eux en dehors du sport.

La compétition obéit à des règles internationales avec des arbitres juges au sol. Le programme dure 4 à 5 minutes et comporte 3 épreuves connue, libre et inconnue. Les avions sont performants. Notation sur l'avion. Une note éliminatoire sanctionne l'insécurité et la mauvaise réalisation.

Au début on utilise le biplace K10, puis le monoplace. Trois niveaux de qualification sont établis : sur monoplace, national et international.

Actuellement, on utilise le Cap 231 qui sera remplacé par le Sbach 342 et le Xtreme Air.

### L'appareil

Sa puissance est illimitée, il n'y a pas de plafond, c'est l'homme qui encaisse 8 à 10 G.

- Limite du rapport Poids/Poussée : 300 à 380 Cv / 650 Kg
- Taux de roulis 420°/s, ce qui est important, précision d'appréciation 5 °
- Facteur de charge : après avoir pris 8 G, on passe à - 6 G, soit un  $\Delta G = 14$  en 3 s d'où la fluctuation sanguine

Vitesse maximale : 405 Km/h

Il n'y a pas de dièdre incliné entre le fuselage et l'aile, l'avion vole sur le dos, sur le ventre. Il a deux roues sous les ailes pour l'atterrissage. Sur le dos, sa réserve d'essence est de 2 minutes. Il plane très mal.



Le système d'éjection est le parachute. Le pilote construit son propre siège. Compte tenu du peu d'espace, le pilote n'a pas de casque, celui-ci présenterait un danger.

### Entrainement

L'artiste reproduit au sol toutes les figures faites dans l'avion par la lecture du programme tel un musicien (boucle, vrille...). Une zone de voltige représente 1000 m<sup>2</sup> au sol.

Un vol d'un quart d'heure nécessite 30 h /an d'entraînement et 120 vols.

Elévation du niveau avec la patrouille de France qui travaille en groupe de 9 avions, les meetings et la voltige. Les pilotes partagent leur passion et ont un besoin de compétition. C'est le regard des autres qui les valorisent. On se bat contre soi même avec pugnacité et persévérance. Il n'y a pas d'adversaires.

Il faut sentir l'avion, sa finesse, avoir l'énergie de déclencher, sentir l'espace, la vitesse, savoir tricher, s'adapter à l'influence du vent. Il est possible de pratiquer jusqu'à 60 ans (78 ans).

### Conclusion

Il faisait nuit lorsque cette journée s'acheva. Elle nous a apporté un éclairage intéressant sur des sujets qui peuvent faire rêver, tel l'Univers où le terrien est peu de chose à cette échelle. Toutefois, le professionnalisme de l'ESMA peut nous rassurer lorsque nous prendrons l'avion. La passion de la haute voltige démontre aussi la maîtrise de l'homme sans adversité dans ce monde plutôt conflictuel.



Jean-Louis PATUREAU  
URIS, EC Nantes, IFFI  
[jepatureau@wanadoo.fr](mailto:jepatureau@wanadoo.fr)

