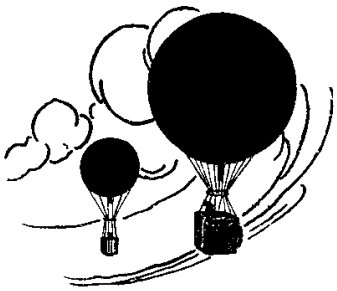
Le développement de la construction amateur des aérostats en France

Arnaud Deramecourt
Ancien élève de l'École Polytechnique
Président de Montgolfière France Records

40, route de Labège 31 450 Baziège
Arnaud.Deramecourt@polytechnique.org



Passionné de ballon libre depuis que j'ai mis le pied dedans en 1993, j'ai décidé de développer cette activité, en partie par le biais de la construction amateur, depuis 1997. Depuis, j'ai construit trois ballons libre, je mène un travail de réfection sur un dirigeable à air chaud, ainsi qu'un projet de ballon à gaz. Je vais vous exposer l'historique du mouvement que j'ai initié, en reprenant les axes forts. Cela nous permettra de comprendre quels types d'initiatives peuvent aider au développement de l'ULM classe 5 en construction amateur.

1 RENCONTRE AVEC L'AÉROSTATION, AVEC LA CONSTRUCTION 2

2 EXPLORATION DE LA CONSTRUCTION 2

2.1 CONSTRUCTIONS FRANÇAISES 3
2.2 CONSTRUCTIONS DANS LE MONDE 4
2.3 LES PLANS 5
2.4 RECHERCHE DE FOURNISSEURS, ÉTUDES DE MATÉRIAUX 6
2.5 QUESTIONS D'ASSEMBLAGE 6
2.6 LES PRIX 8
2.7 LA RÉGLEMENTATION 8

3 CONSTRUCTIONS ET CONCEPTIONS PERSONNELLES 9

4 DÉVELOPPEMENT DE LA CONSTRUCTION 11

4.1 DÉVELOPPEMENT D'UN LOGICIEL DE CALCUL DE BALLON 11
4.2 EDITION D'UN BULLETIN D'ÉCHANGE D'INFORMATIONS 13
4.3 TEST DE MATÉRIEL 14
4.4 DÉVELOPPEMENT D'UN SITE INTERNET DÉDIÉ 15
4.5 ÉTABLISSEMENT D'UNE CENTRALE D'ACHAT 15
4.6 CONTACTS AVEC L'AVIATION CIVILE 16
4.7 DÉVELOPPEMENT DE SERVICE D'AIDE À LA CONSTRUCTION, ACTIVITÉ DE CONCEPTION ET DE RÉALISATION 16
4.8 MISE EN PLACE ET ANIMATION DE STAGES CONSTRUCTION 16
4.9 ACTIONS DE COMMUNICATION 17
4.10 DÉVELOPPEMENT DU MOUVEMENT 19

5 BILAN, CONCLUSION 21

1 Rencontre avec l’aérostation, avec la construction

J’ai rencontré l’aérostation par hasard lors de mon cursus scolaire, l’école d’ingénieur dans laquelle je fus formé disposant d’une montgolfière (c’était l’Ecole Polytechnique). En quittant l’école, le problème de pouvoir continuer à voler se posa de manière aiguë. J’avais alors 23 ans, je poursuivais mes études et mes moyens financiers étaient limités. Je me fis la remarque qu’il était toujours possible de construire moi-même mon ballon, mais personne ne l’ayant fait à ma connaissance à l’époque, je me posais beaucoup de questions. Autant de questions que quelqu’un qui voudrait construire aujourd’hui un ULM classe V en amateur.

En 1995, je mis cette hypothèse de construction amateur de côté. Elle allait resurgir peu après. En effet, au hasard d’un stage quelques mois plus tard, je passais deux mois chez *Sky Balloons*, constructeur professionnel de montgolfières situé au Pays de Galles. Ce constructeur a malheureusement disparu aujourd'hui, absorbé par une société concurrente. Lors de ce stage effectué au bureau des ingénieurs, je m’occupais de tâches variées : design de brûleur, de nacelle, essais pour homologation, inspections qualité. A l’occasion, gonflement de matériel avant livraison (recette), participation à des meetings puis pilote du ballon de démonstration lors de manifestations aériennes.

J'eus l’occasion de constater lors de cette période en entreprise que la fabrication d’un ballon était chose facile. En effet, la fabrication d’un ballon est une suite d’étapes élémentaires simples. Un certain travail d’organisation est cependant nécessaire pour mener les travaux dans la sérénité. La conception me paraissait plus nébuleuse, plus difficile à comprendre, en particulier au niveau du développement de formes sphériques. Nous verrons cependant que c’est une étape désormais assez simple pour des ballons.

J’étais désormais convaincu que je volerai d’ici peu sur un ballon de fabrication personnelle.

2 Exploration de la construction

Avant de me lancer, j’avais cependant un certain nombre de problèmes à résoudre :

- Est-ce que quelqu’un a déjà construit un ballon en France, a-t-il un retour d’expérience à faire partager ?
- Y a-t-il des gens ailleurs dans le monde qui ont déjà construit des ballons ? Peut-être ces personnes (individus ou associations) diffusent des informations ?
- Quels plans utiliser pour construire : quel nombre de fuseaux, comment choisir les dimensions des panneaux, quelles dimensions choisir pour la bouche du ballon, pour son trou de soupape ?
- Où trouver les matériaux ?
- Comment choisir les matériaux ? Comment être sûr que les matériaux résistent bien mécaniquement et thermiquement ? Et quid de la résistance au pliage, au rangement ? En effet, un ballon à air chaud doit subir plus de 400 pliages / dépliages dans sa vie.
- Quel assemblage réaliser ? Si c’est la couture, quel type de machine à coudre utiliser ? Où trouver ce genre de matériel ?
- Quels prix vais-je réussir à négocier ? Est-ce que cela ne va pas me coûter plus cher qu'un ballon neuf ?
- Quelle réglementation appliquer ? Comment obtenir cette réglementation ?

Vous voyez que cette liste de questions est longue, pleine d'inconnues. Pendant plus de deux ans, j'ai cherché des réponses à toutes ces questions. J'en ai trouvé pas mal, mais régulièrement, je trouve encore des réponses, preuve que rien n'est jamais définitif.

2.1 Constructions françaises

J'ai tout d'abord cherché des personnes ayant construit leur propre ballon en France. Si les aéronautes français ont gardé une forte culture de la construction amateur de ballons à gaz (AANF, CBLN, R. Dévèque, J. Deschamps), c'était quasiment le vide pour les ballons à air chaud.

Figure 1 : ballon à gaz construit par Jean Deschamps (1997)

J'en ai finalement trouvé deux : Dominique Colombier et Pierre Pflumio. Pierre avait eu la bonne idée d'écrire des articles dans l'aéronaute, bulletin de liaison de la Fédération Française d'Aérostation. Il était parti aux États-Unis, chez Brian Boland, l'un des constructeurs amateurs les plus actifs, puisqu'il a produit plus de 120 ballons en 30 ans. Brian Boland organise des stages de construction, pendant lesquels les participants peuvent juste repartir avec une liasse de plans, ou un lot de matière, ou un lot de matière prédécoupé, ou encore commencer à construire leur ballon sur place…

Pierre Pflumio était revenu en France avec les matériaux et les plans et a construit chez lui, dans l'Est, un ballon de voyage (1 400m^3 et nacelle pliante) en 1995. Il m'apporta quelques réponses, mais son achat de matériaux aux États-Unis ne résolvait pas mes problèmes d'approvisionnement. En effet, je tenais absolument à ne pas acheter aux EU, mais uniquement en Europe. De plus, le design des enveloppes par Boland est très simplifié pour minimiser le temps de fabrication et cela mène à des ballons à facettes, dont je n'aimais pas trop l'esthétique à l'époque.

Dominique Colombier a construit deux machines, au milieu des années 80 : un 2200m^3 et un 3000m^3. Ses plans étaient de conception personnelle et ses approvisionnements nationaux (un importateur de ballon lui avait fourni du tissu).

Figure 2 : ballon de voyage de type "Boland" (réalisation P Pflumio)

J'ai découvert un troisième constructeur amateur en mars 2005 : il s'agit de M Mugnier, qui a fabriqué un 4000m^3 en Savoie en 1995. Je n'ai pas d'autre information sur cette réalisation.

Ces différentes constructions amateurs n'avaient malheureusement pas débouché sur la diffusion de plans, d'adresses de fournisseurs, d'astuces de construction… Et nombreuses étaient mes questions en suspens.

2.2 Constructions dans le Monde

Internet aidant, j'ai recherché dans le reste du Monde des constructeurs amateurs. C'était en 1996, et la "Toile" n'était encore pas trop étendue. Notons au passage le formidable outil qu'est Internet pour fédérer des activités marginales, telle la construction amateur d'aérostats.

Cependant, de fil en aiguille, je trouvais plusieurs sources d'informations :

- Une association américaine, qui diffusait un recueil en quatre volumes sur la construction amateur d'aérostats libres. Ces documents étaient cependant de conception ancienne (1960-1970), et nombre d'adresses de fournisseurs et de références étaient périmées.
- Je trouvais une page d'information sur un site concernant Brian Boland, mais pas d'information vraiment exploitable.
- Enfin, je dénichais le fameux "Balloon Builder Journal" (littéralement "journal du constructeur amateur") de Bob Ledoux, qui était édité aux EU. Cette gazette paraissait de trois à cinq fois par an, pour un volume d'une douzaine de pages à chaque fois. Bob a arrêté au bout de cinq ans car l'édition de cette gazette le sollicitait trop. Cette revue était intéressante, mais elle ne me fournissait toujours pas d'information sur les fabricants européens de matériaux.

Au hasard d'autres sites, je découvrais aussi un constructeur amateur en Corée du Sud, et quelques constructeurs professionnels qui avaient commencé leur carrière comme constructeurs amateurs (Kavannagh en Australie, Llado Costa d'UltraMagic en Espagne). Quelques sites aux EU, où la construction amateur est très représentée.

Je n'avais à ce moment pas de plans originaux de ballons en construction amateur. Les schémas trouvés étaient souvent des copies de ballons existants, ou des copies du premier profil de ballon défini dans les années 60 dans l'étude de Smalley, profil conçu à l'époque pour minimiser les contraintes dans les matériaux des ballons à gaz destinés au transport de charges.

2.3 Les plans

Un des postulats de base à mes travaux de construction a été : dans un premier temps, ne pas réinventer la poudre et appliquer les solutions éprouvées, même si ce ne sont peut-être pas les plus optimisées. Je me disais qu'ensuite, dans un second temps, il me serait toujours possible de faire preuve de plus de créativité, de faire évoluer le design ou les matériaux.

Pour les plans, il y avait deux possibilités : soit copier un ballon existant en mesurant exactement tous les panneaux, soit calculer moi-même un profil et construire un outil (informatique) de calcul de panneaux.

La construction d'un outil de calcul d'un ballon était motivée pas plusieurs éléments :

- pouvoir facilement et rapidement générer des plans, en fonction de quelques paramètres d'entrée, tels la taille de la bouche, la largeur du tissu, le volume, le nombre de fuseaux…
- générer le calcul des forces dans l'enveloppe pour renseigner le dossier d'homologation,
- connaître comment fonctionne l'outil, pour pouvoir analyser les problèmes et le faire évoluer si nécessaire,
- générer un profil d'enveloppe adapté à la pratique loisir du ballon, avec une continuité des forces dans l'enveloppe,
- la récupération du profil d'un ballon existant ne me garantissait pas les points précédents.

Au fur et à mesure des développements (plus d'une vingtaine de versions successives), de nouveaux besoins sont apparus, nous le verrons plus loin dans le texte.

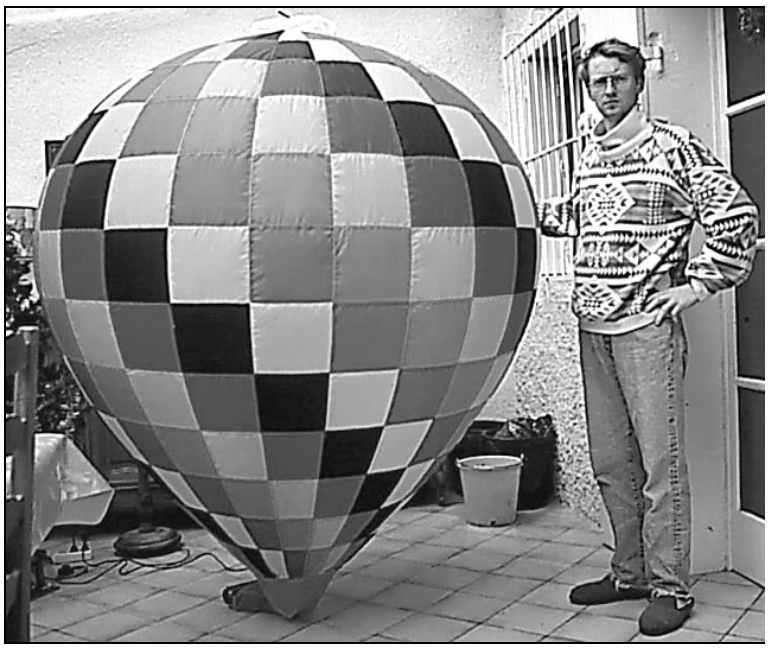


Figure 3 : la photo de la première maquette, de 2m^3, qui comporte 240 panneaux, comme sur le premier ballon "grandeur" fabriqué.

Figure 4 : le premier ballon, cubant 1600m, réalisé grâce à ce logiciel

Après avoir réalisé la première version du logiciel en 1996, j'ai voulu aussitôt vérifier si les calculs étaient corrects et j'ai ainsi réalisé une maquette de 2m^3, comportant près de 200 panneaux. Rassuré par l'aspect du ballon, je me suis senti libéré du poids de la conception. Des plans valables étaient enfin disponibles !

2.4 Recherche de fournisseurs, études de matériaux

La problématique de recherche des matériaux n'est pas simple. Un constructeur de ballon a besoin de certains matériaux en quantité qu'il juge industrielle, mais qu'un fabriquant juge marginale. Il faut donc réussir à trouver des fournisseurs qui veuillent bien livrer à des prix raisonnables, et à qui on peut demander sans les importuner des fiches techniques, des échantillons, des nuanciers, le stock disponible…

Le point dur parmi les matériaux est le tissu. Le choix d'un mauvais tissu condamnera à une carrière raccourcie ou à un ballon trop lourd, mal adapté. Les autres matériaux pour une enveloppe de montgolfière sont : les sangles, le fil à coudre, le tissu anti-feu, les câbles, les velcros… Vu la diversité des approvisionnements, cela fait au moins sept fournisseurs différents. Si on part sur l'hypothèse qu'il faut contacter trois fournisseurs différents par type de produit pour trouver une référence et un prix convenable, cela fait pas moins de 21 contacts à établir, demandes de renseignements, analyses de fiche technique… Une étape qui n'est pas simple et qui n'est jamais terminée. Presque dix ans plus tard, je recherche toujours des fournisseurs de tissu et des produits exploitables pour le ballon. J'ai plus d'une vingtaine de références de tissu plus ou moins utilisables pour le ballon.

Ma première démarche a été de contacter les revendeurs de tissu, du style voileries. J'ai vite abandonné cette piste, vu les marges pratiquées et la faible compétence technique de ces interlocuteurs. Je me suis ensuite tourné vers les fabricants de tissu qui fournissent les constructeurs professionnels de ballon. Je n'étais cependant pas très satisfait des tissus utilisés par les pros, qui avaient une faible tenue dans le temps (il est courant de dire qu'un ballon à air chaud dure 400 heures). Certains fabricants de ballons (2 sur 40 dans le Monde) vendaient et vendent toujours des ballons en Polyester au lieu du traditionnel Nylon (le polyester est réputé durer plus longtemps, car il résiste mieux à la chaleur et aux UVs). Cela a éveillé mon attention et j'ai aussi approfondi cette piste. Le Polyester et le Nylon ont des prix comparables.

En conclusion, soit on achète des références de tissu utilisées pour les ballons professionnels, soit on a le temps et les moyens, et on teste des échantillons diffusés par d'autres fabricants de tissu : vieillissement à la chaleur, au froissage et aux UVs, avec tests de porosité, de déchirure, de traction.

J'ai initié des études systématiques de matériaux au sein de la Commission Construction Amateur depuis 2001, mais force est de constater que les résultats arrivent lentement, mobilisant uniquement quelques bénévoles.

Lorsque j'ai construit mon premier ballon, j'avais des contacts avec trois fabricants de tissu.

2.5 Questions d'assemblage

Les montgolfières sont traditionnellement constituées de panneaux de textiles tissés cousus entre eux par des coutures à plat ou des doubles coutures rabattues. La technique d'assemblage par couture permet d'associer une sangle de concentration de forces à l'enveloppe de manière simple, mais ce n'est pas un procédé qui améliore l'étanchéité.

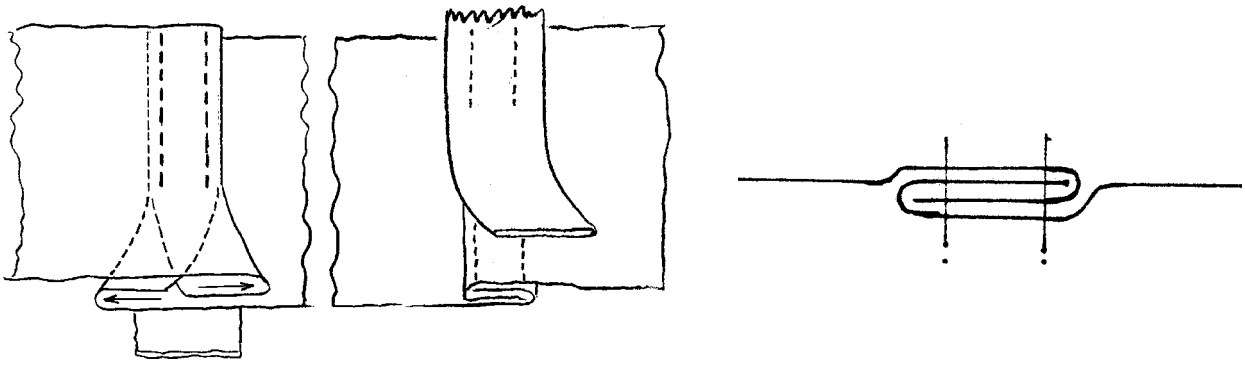


Figure 5 : La couture employée pour les montgolfières est le plus souvent une double couture rabattue

On pourrait imaginer d'autres procédés, impliquant des collages, des thermosoudages ou des thermocollages. Ces procédés n'ont pas cours en ballon à air chaud, peut-être par manque de maîtrise du processus.

Une fois le choix de la couture réalisé, il a fallu trouver une machine adaptée qui permette de tenir sur de longues distances, d'assembler des épaisseurs importantes (jusqu'à 4 mm de sangle). Une piqueuse double aiguille, réalisant le point noué, était indispensable. Avec la déconfiture du secteur de la confection en France, il est assez facile de trouver ces machines sur le marché de l'occasion spécialisé.

Figure 6 : machine à coudre industrielle utilisée pour l'assemblage des ballons

2.6 Les prix

Les amateurs d'électronique auront noté que la fabrication d'un kit électronique est amusante, mais qu'elle revient plus cher que l'achat d'un montage tout fait. Il me fallait vérifier la validité du modèle économique de la construction amateur d'aérostat. Construire mon ballon m'intéresse d'un point de vue philosophique, mais financièrement, il ne fallait pas que le prix de revient soit supérieur à un prix de revient d'un ballon tout fait.

La recherche auprès des grossistes ou des fabricants a confirmé que les prix étaient intéressants, et qu'il y avait intérêt à se grouper pour faire baisser le prix des matériaux.

Au final, on arrive à un prix brut des matériaux compris entre un cinquième et un tiers du prix d'un ballon, pour l'enveloppe. Pour la nacelle, le prix des matériaux est inférieur à un cinquième par rapport au prix d'une nacelle de constructeur.

2.7 La réglementation

Figure 7 : des livres d'Henri Mignet

Défrichant le terrain, il a fallu aller à la pêche aux informations pour la réglementation. La France a la chance d'avoir une grande culture de construction amateur d'aéronefs, même si cette culture englobe peu d'aérostats. Une association, le Réseau des Sports de l'Air (RSA) existe depuis longtemps. En fait, le mouvement de la construction amateur s'est structuré depuis le milieu des années 1930, avec le RAA (Réseau des Amateurs de l'Air), et les initiatives de développement et de vulgarisation d'Henri Mignet en particulier. C'était le grand mouvement de l'aviation populaire.

N'oublions pas qu'aujourd'hui, la France est le deuxième pays dans le monde en terme de machines construites par des constructeurs amateurs.

La DGAC et le GSAC ont une documentation assez étoffée sur le sujet des avions en construction amateur. Il y a actuellement 2000 dossiers de construction amateur avion ouverts dans les locaux du GSAC, et une bonne cinquantaine de machines voit le jour chaque année.

Malheureusement, il y avait très peu de documents sur la construction des ballons à air chaud. Il a donc fallu défricher et établir les règles permettant de poser correctement un dossier, de présenter une justification de calcul des forces…

La réglementation est automatiquement envoyée à toute personne qui en fait la demande auprès du GSAC central à Sèvres. Elle est composée de l'arrêté ministériel, de l'instruction, de formulaires descriptifs et d'un programme d'essais.

Dans le texte qui existait alors, les ballons n'étaient pas mentionnés explicitement, et l'espace de liberté était très grand. Le texte a été refondu cette année et parle désormais explicitement des ballons.

3 Constructions et conceptions personnelles

Ayant répondu à peu près à toutes ces questions, j'ai enfin pu concevoir et construire plusieurs machines aérostatiques, en procédant par étapes :

- En 1997, une maquette de $2m^3$, pour valider le logiciel. Cette maquette comportait 240 panneaux et a nécessité une cinquantaine d'heures de travail. Cf. Figure 3 p 5.
- Un ballon de 3 places de $1600m^3$, en 1998. J'ai commencé par ce "petit" ballon pour valider mes calculs et pour me faire une première expérience dans la construction. Cf. Figure 4 p 5.
- Un ballon de 4 places de $3000m^3$, en 2001. Ce volume m'était nécessaire pour voler en montagne (vols de traversé de massif) et en été dans la région Toulousaine avec quatre personnes à bord.

Figure 8 : de gauche à droite, de bas en haut : , mini ballon de $100m^3$, montgolfière de $3000m^3$, de $1900m^3$, ballon à gaz de $450m^3$.

- Une mini-montgolfière de 100m^3, en 2001. Cette mini est radiocommandée, peut voler en libre ou en captif. Nous l'utilisons pour animer des démonstrations dans des écoles et c'est aussi le ballon habituel de mes enfants.
- En 2003, un ballon de 3 places de 1900m^3. Ce ballon, spécialement conçu pour le voyage, dispose d'une nacelle pliante et d'une masse totale très faible (environ 100kg hors le carburant). Il rentre complètement dans le coffre d'un break.
- La restauration d'un ballon à gaz de 450m^3, début 2005.

D'autre part, j'ai pu participer à la conception de plusieurs autres machines (plus d'une douzaine), soit en fournissant le logiciel de calcul, soit en produisant des plans adaptés, des conseils personnalisés…

Ayant toujours un foisonnement d'idées et d'envies de réaliser des nouvelles machines volantes, on peut lister parmi les projets en cours :

- L'aménagement et la restauration d'un dirigeable de 2000m^3. Cette réalisation est en cours et fera l'objet d'une autre présentation durant le colloque. C'est une machine biplace, catégorisée en ULM. Une partie des travaux est déjà réalisée et le projet devrait s'étaler, selon l'ampleur des modifications envisagées, sur 2006-2007.
- La construction d'un ballon à gaz. Pour pratiquer de longs vols et voler à trois ou quatre, un ballon de 800m^3 est à l'étude. Nous cherchons de plus à optimiser les matériaux pour avoir un profil de vol le plus stable possible (nous recherchons des tissus qui absorbent et rayonnent peu l'énergie). Notre projet est aussi de simplifier le plus possible la mise en œuvre de ce type de ballon afin d'éviter un équipage nombreux (nécessaire sur les ballons à filet). La construction est prévue sur 2006.
- Un ballon à air chaud à forme spéciale. Cette réalisation nécessite (conception en cours) un calcul des panneaux et des forces plus pointu que ce que nous faisions précédemment.

Figure 9 : restauration en cours sur le dirigeable à air chaud

Mais si construire des machines et voler avec m'apporte beaucoup de satisfaction, j'ai souhaité faire bénéficier d'autres amateurs de mes recherches, efforts… afin de développer l'aérostation d'une autre manière, afin de développer un **comportement d'acteur** dans l'aérostation et pas seulement un comportement passif d'utilisateur/acheteur.

A ce sujet, la question du temps de construction est souvent abordée. La construction d'une enveloppe de ballon à air chaud de taille moyenne nécessite une grosse centaine d'heures (ceci comprend la découpe, la couture, toutes les finitions), soit quatre mois en y consacrant une heure par jour. Tablons sur six mois en comptant des périodes de non activité. En ajoutant le processus d'homologation (quelques heures de vol, d'éventuelles modifications et des formulaires à remplir), on approche les 9 mois. Au total, disons qu'en un an le projet est bouclé (hors phase d'achat des matériaux), ce qui en fait un projet à taille humaine. Ce chiffre est à comparer à un projet de construction d'avion, où il est courant de voir les porteurs de projet consacrer plusieurs milliers d'heures sur 5 à 15 ans, et d'y sacrifier leur vie de famille.

Notons qu'une centaine d'heures est nécessaire pour construire une nacelle (pliante ou traditionnelle en bois/vannerie).

4 Développement de la construction

J'ai constaté que d'autres personnes intéressées par la construction n'osaient pas se lancer par manque d'information, de plans, de connaissance, d'adresses de fournisseurs... Par manque de culture générale sur le sujet.

Beaucoup de personnes se posaient en fait exactement les mêmes questions que celles que je m'étais déjà posées. Pour capitaliser et partager le fruit de mes efforts, de mes recherches, j'ai pris plusieurs initiatives, parmi lesquelles :

- Le développement et l'amélioration d'un logiciel de calcul de ballon.
- La création d'un bulletin d'information, abordant adresses de fournisseurs, plans, astuces de construction, témoignages.
- La fourniture d'adresses (et problèmes pour acheter chez des industriels en tant que particulier).
- Le test de matériel, en particulier des tissus.
- Le développement d'un site Internet dédié.
- L'établissement d'une centrale d'achat.
- Le développement de contacts avec l'aviation civile.
- La mise en place et l'animation de stages de construction.
- Les actions de communication, à destination du public aéronaute ou du grand public.

J'attire votre attention sur le fait que tous ces points sont exploitables, "copiables" pour développer la construction amateur de classe 5, à gaz ou à air chaud.

4.1 Développement d'un logiciel de calcul de ballon

Comme écrit précédemment, j'ai développé en 1996 un petit logiciel qui tenait alors en quelques centaines de lignes de code. Ce logiciel me permettait de calculer automatiquement et rapidement (en moins d'une minute) les dimensions des panneaux d'un ballon et d'estimer les quantités de matériaux nécessaires.

Le logiciel a une interface DOS assez rustique. On y entre les paramètres principaux d'un ballon à air chaud : volume, taille de parachute, nombre de fuseaux, taille de bouche, largeur des laizes de tissu, largeur de la laize de tissu anti-feu. En sortie, il donne les dimensions des panneaux, un calcul

des forces par éléments finis, les abaques de chargement en fonction des conditions atmosphériques.

Au fur et à mesure des développements (plus d'une vingtaine de versions), de nouveaux besoins sont apparus, transmis par les utilisateurs ou établis pour mes usages personnels :

- Des demandes extérieures se sont manifestées ; d'autres personnes voulaient utiliser le logiciel, il fallut rendre l'interface plus facile à comprendre pour un non-initié
- Améliorer la gestion des cas d'erreur, rendre le logiciel plus robuste.
- Assurer un support minimal pour les utilisateurs qui rencontraient des problèmes.
- Proposer dans l'interface des valeurs adaptées par défaut (par exemple : taille de trou de soupape, de bouche), afin de guider le débutant.
- Proposer une version en langue anglaise.
- Générer des fichiers de sortie sous format CAO 2D des panneaux (fichiers .dxf), pour utilisation dans des machines de découpe, ou simplement pour vérifier visuellement l'aspect, mieux comprendre comment sont répartis les panneaux dans un ballon.
- Générer des fichiers de tablature de découpe pour l'automatisation de la découpe (fichiers lus par des machines de découpe automatique),
- Générer des fichiers de sortie sous format CAO 3D (fichiers .dxf) pour vérifier l'aspect du ballon, l'importer dans une application de CAO et compléter le design par des données de couleur.
- Générer un bilan complet de masse.
- Générer un bilan complet des quantités de matériaux nécessaires, intégrant les marges de travail et les pertes.
- Générer un bilan financier complet.

Ce logiciel est librement téléchargeable sur le site http://aerostation.free.fr/mfr/fr/mfr_4.shtml#info.

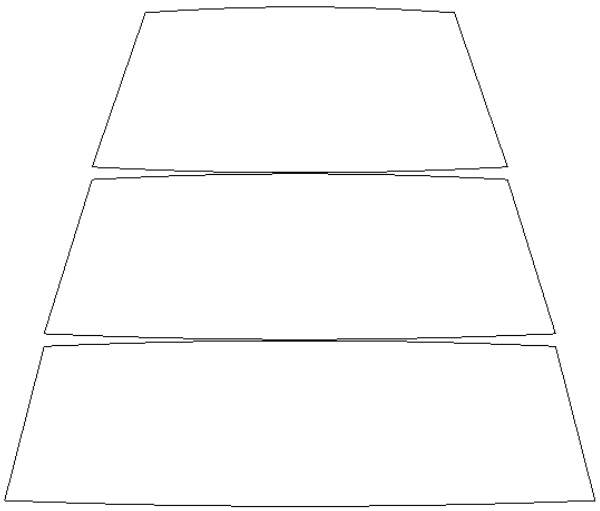


Figure 10 : vue en CAO 2D de trois panneaux du haut d'un ballon

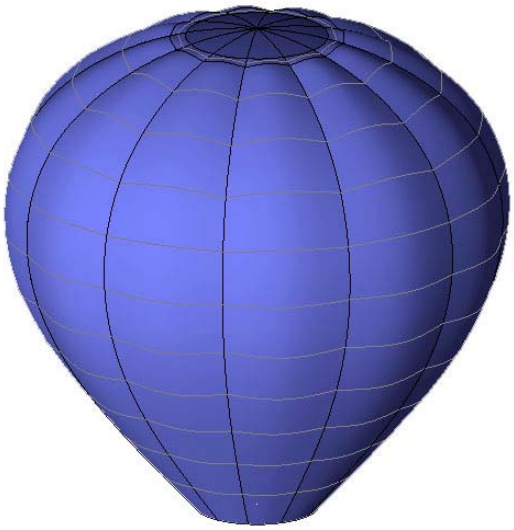


Figure 11 : une vue 3D générée à partir des fichiers du logiciel, sous un logiciel de CAO, avec galbes

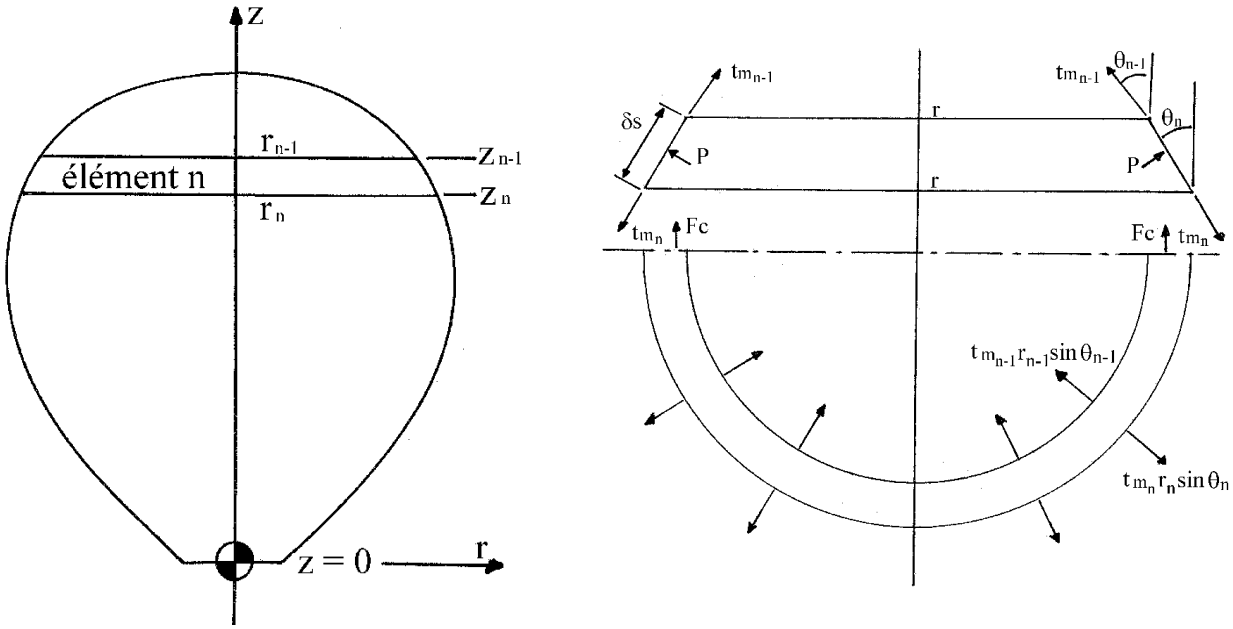


Figure 12 : principe du découpage en tranches pour le calcul des forces

Début 2003, à la demande d'un groupe de constructeurs amateurs, j'ai introduit la notion de ballons galbés. La demande était liée à une considération esthétique. Il est intéressant de savoir que le galbe permet également de diminuer les contraintes dans le tissu (il y en revanche une augmentation de contraintes dans les sangles). Cela peut permettre d'augmenter la longévité de ballons construits en tissu assez léger. Cette version avec le calcul des galbes n'étant pas stabilisée, elle n'est pas disponible au téléchargement.

4.2 Edition d'un bulletin d'échange d'informations

En 1997, alors que je n'avais pas encore construit de ballon (cela allait être le cas un an plus tard), je décidais d'initier un mouvement d'ampleur en éditant un bulletin de construction amateur. Ce bulletin s'inpirait de la formule établie par Bob LeDoux aux EU. Par rapport à la version nord-américaine, je désirais un bulletin plus technique, plus rigoureux et plus complet. J'avais dévoré les bulletins de Bob, mais je restais souvent sur ma faim, et le trouvais incomplet sur certains points.

Le bulletin que je publie paraît trois à quatre fois par an, en noir et blanc. Le numéro 24 est paru début 2005. Ses colonnes sont ouvertes à tous les abonnés. Chaque numéro, qui compte une vingtaine de pages, contient des informations diverses : adresses de fournisseurs, plans, astuces de construction, témoignages, comptes-rendus de découpe, d'assemblage, photos de machines réalisées. La cible est essentiellement le ballon à air chaud, mais les colonnes sont aussi ouvertes au ballon à gaz, au dirigeable… Il y a eu pour l'instant peu d'articles proposés sur ces deux sujets.

Une centaine de personnes lit le bulletin. Le lectorat est surtout situé en France, mais il y a quelques abonnés aux EU, au Portugal, en Belgique.

Il est intéressant de noter que des non abonnés lisent aussi le bulletin. Parmi eux, plusieurs fabricants de ballon professionnels…

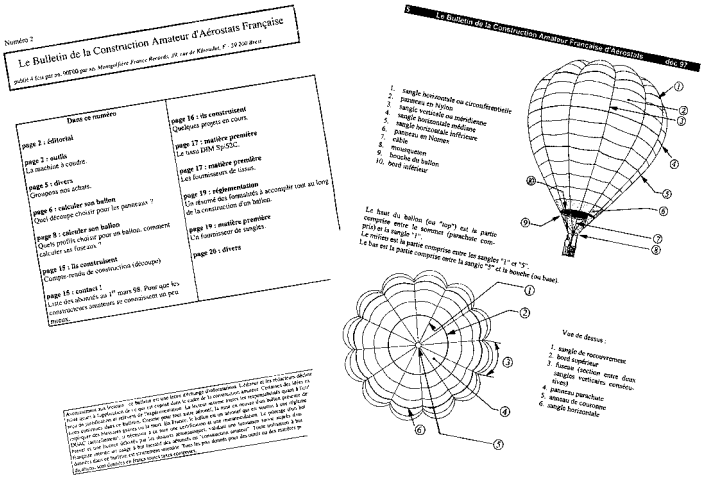


Figure 13 : le bulletin de construction amateur d'aérostat paraît depuis 1997

4.3 Test de matériel

Un point dur listé ci-dessus était d'établir une liste de produits, en particulier de tissus, pertinents pour la construction de montgolfière. Certes, sur demande les fabricants de tissu fournissent des fiches techniques. Ces fiches techniques n'intègrent malheureusement quasiment jamais de renseignements sur la tenue face à une exposition UV ou à la chaleur, voire aux cycles de pliage/dépliage.

Comment être sûr que le tissu acheté chez un fournisseur miracle va toujours permettre une consommation raisonnable après 400 heures de vol du ballon, et pas seulement après 40 heures ? Et quid de la résistance mécanique ?

Nous avons donc conçu et commencé à acquérir un banc de test. Ce banc doit permettre à terme la caractérisation d'un tissu, de manière répétitive et fiable.

Le banc sera constitué de :
- un banc UV,
- une étuve de température,
- un froisseur,
- un porosimètre,
- un banc de traction,
- un mouton pendulaire,
- un système d'enregistrement des conditions de test (thermomètre et hygromètre enregistreurs).

Ce banc servira à tester des produits tels que :
- tissus,
- sangles,
- câbles,
- cordelettes et cordes,
- mousquetons, maillons, anneaux.

Ce banc de test est un des points clefs d'un développement pérenne du mouvement.

4.4 Développement d'un site Internet dédié

Dès le début, j'ai développé un site Internet dédié, en m'assurant d'un référencement performant. L'outil Internet est en effet formidable pour diffuser une information très ciblée, à un auditoire très restreint. Il constitue d'autre part une vitrine où on peut exposer un contenu riche : photos de réalisations, textes avec liens hypertexte, vidéos…

Sur ce site (bilingue anglais / français pour la partie construction), sont mis à disposition :

- Des modèles sous format word de manuels de vol, de manuels d'entretien. Tout un chacun peut ainsi charger le document, l'adapter à la machine qu'il est en train de construire et l'imprimer.
- Le suivi de correspondances avec le GSAC et la DGAC, concernant les problèmes de facturation essentiellement.
- Le logiciel de calcul de ballons, présenté ci avant.
- Les photos des réalisations des adhérents au bulletin : enveloppes, nacelles, brûleurs, projets divers.
- Les textes réglementaires.
- Les formulaires vierges utiles pour la construction.
- Les fiches techniques de quelques produits.
- Et bien d'autres choses encore…

J'ai aussi créé une liste de discussion pour les personnes souhaitant construire. Ce forum est volontairement restreint en consultation aux inscrits. Sans paranoïa excessive, j'ai constaté que des constructeurs professionnels et importateurs dénigraient de manière nette le mouvement mais s'abonnaient au bulletin et lisait le forum. Mon travail se voulant constructif, ces personnes ont été exclues des abonnements au bulletin et au site.

Pendant quatre ans je me suis aussi occupé d'une commission spécialement créée à ma demande au sein de la Fédération Française d'Aérostation, la commission construction amateur. Cette commission a rencontré de grosses difficultés pour obtenir des financements de matériel de test. Plusieurs observateurs avisés ont remarqué que plusieurs vendeurs de ballons de fabricants professionnels siègent au comité directeur de la FFA. J'ai occupé la présidence de cette commission jusqu'au début 2005.

Cette commission a disposé d'une page sur laquelle figurent les projets de la commission, ainsi qu'une liste de personnes "ressources". Ce sont des personnes ayant déjà construit, réparties sur toute la France, prêtes à vous accueillir pour vous montrer à quoi ressemble leur construction, et vous conseiller.

4.5 Établissement d'une centrale d'achat

Devant la difficulté (rencontrée par de nombreuses personnes) d'acheter en gros chez les fournisseurs de matériaux (sangles, tissu), j'ai décidé de monter au sein de l'association dont je m'occupe, Montgolfière France Records (MFR), une centrale d'achats, qui joue un rôle d'interface entre les constructeurs amateurs et les fournisseurs.

Auprès des fournisseurs, MFR est désormais reconnue comme un interlocuteur sérieux. Nous parlons le même langage technique et réalisons des commandes groupées qui correspondent à 3

ballons minimum à chaque fois, ce qui permet bien souvent de rentrer dans les critères de minimum d'achat auprès des fabricants.

Selon les matériaux, nous maintenons un stock plus ou moins important. Le plus coûteux dans un ballon étant le tissu, nous avons un stock réduit de tissu, mais assez étendu dans les domaines des sangles, manchonnages, câbles, fils à coudre, mousquetons. Pour le tissu, nous procédons à une ou deux commandes par an, regroupant 3 à 5 ballons. Quand un nouveau besoin apparaît, nous développons un stock de nouvelles matières.

Cette centrale d'achat a aidé plusieurs projets à voir le jour, car elle joue un rôle d'intermédiaire efficace.

4.6 Contacts avec l'aviation civile

Les travaux menés sur la construction amateur m'ont permis d'avoir une position officielle lors des contacts avec la DGAC et la GSAC.

Nous avons pu avancer sur plusieurs sujets :

- mise à niveau des formulaires de dossiers techniques
- mise à jour des programmes d'essais en vol et au sol
- remise à plat de la facturation s'appliquant aux aérostats en CNRA (le cas était mal pris en compte précédemment).

Au niveau de la DGAC, j'ai apporté un soutien au niveau de la validation du calcul des machines. Aujourd'hui, les relations avec le GSAC et la DGAC sont bonnes, un climat de confiance s'est installé.

4.7 Développement de service d'aide à la construction, activité de conception et de réalisation

L'association MFR emploie des couturières pour différents travaux. Nous avons été amenés, un peu par hasard, à développer une activité de bureau d'étude, incluant conception et réalisation, pour plusieurs clients, sur des sujets différents, dont des aérostats. Nous sommes donc capables désormais de répondre à une demande concernant la conception et la réalisation de prototypes d'aérostat air chaud ou gaz, libres ou motorisés.

Au niveau de l'association, nous maintenons un cellule de veille sur les matériaux et les techniques d'assemblage et réalisons des tests.

4.8 Mise en place et animation de stages construction

En 2001, j'ai organisé à Nantes le premier stage de construction amateur. Ce stage réunissait alors déjà une trentaine de participants. Tous les ans, la formule est reconduite. Ainsi, en cinq ans, plus de 150 personnes ont été formées lors de ces stages.

Lors de ce stage, il y a une formation théorique sur la conception d'un ballon, les critères de dimensionnement, l'assemblage, l'organisation du travail… Puis il y a des présentations pratiques : découpe d'un vrai ballon, atelier de couture, éventuellement atelier de vannerie.

Figure 14 : stage de construction amateur, pratique et théorie.

En 2005, le stage a eu lieu dans le Centre, dans des locaux mis à disposition par un atelier de confection, où nous avons pu disposer de tables de découpe de bonne taille, et des conseils éclairés d'un technicien spécialisé dans le réglage et la maintenance des machines à coudre.

Ces stages restent cependant des stages "synthétiques", très denses, avec beaucoup d'information à digérer et à mettre en œuvre à l'issue.

Depuis 2004, nous avons aussi mis en place des stages personnalisés. Le nombre de participants y est limité à trois personnes (ou trois projets, les porteurs d'un projet pouvant venir à deux). Le stage peut durer jusqu'à une semaine et permet d'aborder dans le détail la découpe réelle des panneaux des ballons ainsi que le début de la couture. Les participants peuvent ainsi repartir avec un ballon bien commencé. Cela permet de mettre le pied à l'étrier de manière efficace.

Nous avons eu la satisfaction de voir de nombreux stagiaires nous envoyer des photos de leur projet terminé.

4.9 Actions de communication

Il existe parmi les membres de la FFA une certaine population sensible au mouvement de la construction amateur. Ces personnes étaient, parfois sans le savoir, acquises à cette philosophie bien particulière de la pratique du vol.

Je me suis cependant rapidement dit qu'il fallait aussi diffuser l'information en-dehors des murs de la Fédération, pour "recruter" à l'extérieur. En effet, j'ai constaté que plusieurs des personnes qui ont construit un ballon sont venues au ballon grâce à la construction. Ce sont des personnes qui avaient envie de faire du ballon depuis longtemps, mais qui pensaient que c'était une activité onéreuse et avaient abandonné tout espoir. Ces personnes sont finalement "rentrées" dans le ballon grâce à la construction amateur.

Pour informer, il faut écrire dans des revues tournées vers un public ayant déjà une sensibilité aéronautique. Ainsi, nous passons un article par an dans des revues différentes si possible :

Figure 15 : parmi les revues publiant nos articles : Ailes Magazine, Aérial, Balloon-@-zine, Volez ! …

Nous avons ainsi pu constater au dernier stage de construction amateur que deux tiers des participants étaient complètement étrangers au monde du ballon et étaient venus au stage grâce à la connaissance qu'ils en ont eu dans les revues aéronautiques. Il est intéressant de noter aussi que certains constructeurs amateurs ont d'abord construit leur ballon, puis ont passé leur licence sur leur ballon personnel.

Figure 16 : la participation des ballons à des manifestations est un axe important de la communication

Enfin, les actions de communication à destination de la presse sont destinées à faire connaître notre mouvement mais aussi la pertinence de nos machines. La construction amateur, dans un groupe social aux conditions de vie aisée, noyauté par des professionnels, ne passe pas toujours très bien. Il faut ainsi une certaine constance et motivation pour démontrer que nos machines sont sûres, agréables à piloter, pas plus lourdes que des machines du commerce… et qu'il y a de la place pour tous dans le monde du ballon.

Cela passe donc aussi par une communication de terrain, où il est important que les pilotes non constructeurs amateurs puissent observer des ballons de constructeurs amateur et se faire ainsi leur propre idée.

4.10 Développement du mouvement

Les perspectives du mouvement de construction amateur sont au beau fixe, à la lumière des quatre dernières années de production : 5 ballons CNRA en 2001, 5 en 2002, 0 en 2003, 6 en 2004 soit 16 ballons sur les trois dernières années. Six projets de CNRA devraient aboutir en 2005.

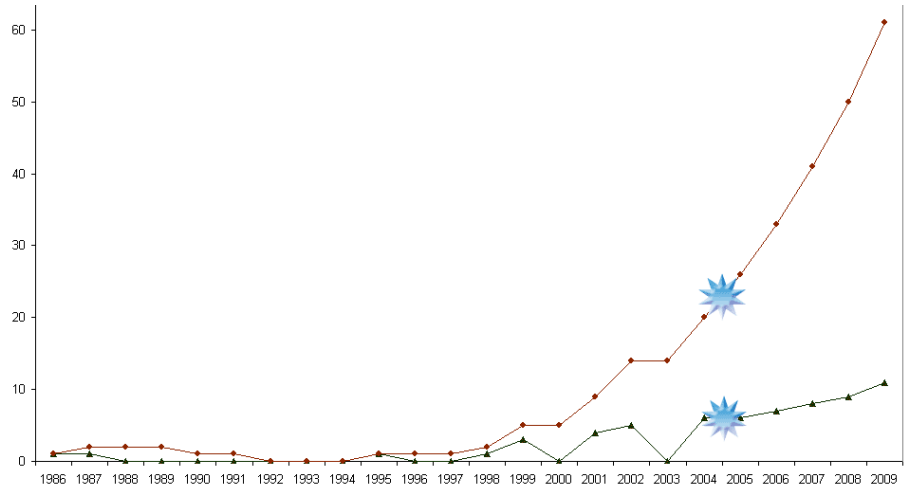


Figure 17 : estimation de la progression sur les 4 prochaines années (en instantané et en cumulé, l'étoile figure la date actuelle). A gauche des étoiles, les chiffres des réalisations existantes.

Il reste énormément de travail à accomplir, que ce soit au niveau réglementaire, technique, pratique… Parmi les travaux en cours, listons :

- développer le banc de test, qui est un axe fort du développement,
- affiner les spécifications pour les tissus,
- tests des produits : tenue de l'enduction, évolution de la porosité,
- développement de réservoirs pour ballon, à partir de produits domestiques courants,
- étude de réenducatibilité,
- étude tissu ballon à gaz (dont conductivité et émissivité thermique),
- développement de concept de ballon à gaz facile d'utilisation,
- développement d'un brûleur simple et à bas prix,
- développement du dirigeable,
- développement des ballons à forme spéciale.

En quatre ans, 16 ballons CNRA ont vu le jour, ce qui fait un taux de 15% des nouvelles machines. Si ce taux se maintient, à terme, cela fera donc au minimum 15% des pilotes…

On peut estimer qu'un nombre important d'aéronautes est concerné par cette activité dans un avenir proche, que ce soit pour des projets de construction, de reconstruction, de points techniques liés à l'entretien, à la technologie du ballon…

Depuis 1997, près de 25 ballons à air chaud ont été construits, par vingt personnes différentes. Les jeunes constructeurs, qui sont des constructeurs ayant construit avant leurs 25 ans sont au nombre de cinq. Sur cette période, cinq projets de construction ont reçu des subventions de Jeunesse et Sports (Defi Jeunes), ce qui rappelle l'intérêt du ministère Jeunesse et Sports pour ce type d'initiative.

Plusieurs constructeurs ont construit deux machines complémentaires du style (3 000 m^3 / 2 000 m^3), car la construction leur permettait de posséder deux machines pour un coût inférieur à une machine du commerce, tout en présentant plus de souplesse opérationnelle.

Figure 18 : le ballon de droite dispose d'une nacelle pliante et vole "ultra-léger"

En 2004, trois projets de ballons ultras-légers avec nacelle pliante ont vu le jour. Ces ballons pèsent une centaine de kg à vide et prennent place dans le coffre d'un break ou d'une berline, ce qui simplifie les aspects logistiques. Ces ballons légers sont appréciés des équipages réduits, des voyageurs, des personnes ayant peu de place de stockage. Ce type de ballon devrait continuer à se développer à l'avenir.

Enfin, il est remarquable de noter que plusieurs constructeurs se sont lancés dans l'aérostation grâce à la construction.

5 Bilan, conclusion

Au fil de cette présentation, vous avez pu lire les initiatives prises depuis 1996 qui ont permis de développer fortement l'activité de la construction amateur des montgolfières. Je pense que le développement d'une pratique coûteuse, comme celle du classe 5 (que ce soit à air chaud ou à gaz), gagnerait beaucoup à bénéficier de ce type d'initiatives. Rêvons que dans quelques années, des liasses de plans, des références produits, des conseils d'assemblage seront disponibles, accessibles aux aspirants constructeurs.

Si vous voulez que le mouvement se développe, construisez, diffusez l'information. Il serait dommage de garder l'information par devers vous, alors que le mouvement est déjà si confidentiel. J'invite tous les lecteurs qui se sentent concernés à se lancer. L'avenir du mouvement vous appartient. Pour ma part, j'essaierai d'être aussi actif que je l'ai été pour le développement du ballon libre.