



⁽¹⁾Ballon à air chaud.

Accident de l'Ultramagic T180⁽¹⁾ immatriculé **F-GTBL** survenu le 25 juin 2017 à Sandillon (45)

⁽²⁾Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure locale.

Heure	Vers 07 h 30 ⁽²⁾
Exploitant	Société Les ballons de Loire
Nature du vol	Transport aérien commercial
Personnes à bord	Pilote et huit passagers
Conséquences et dommages	Un passager gravement blessé, un passager blessé, pilote et six passagers indemnes

Heurt d'arbres en fin d'approche, remise de gaz, descente d'urgence, atterrissage dur, basculement de la nacelle

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Le pilote, accompagné de huit passagers, décolle de Jouy-le-Potier (45) vers 06 h 40 pour un vol d'une heure. Après une demi-heure de vol, il constate que la masse d'air dans laquelle le ballon évolue présente des signes d'instabilité. Estimant que l'atterrissage sera dur et avant de chercher un terrain d'atterrissage accessible, il prépare les passagers à un contact ferme, rappelant les consignes de sécurité qu'il leur avait présentées en début de vol. Le pilote fait notamment répéter aux passagers la position à adopter pour l'atterrissage⁽³⁾.

Le champ choisi pour atterrir est situé juste après un bois. À faible hauteur au cours de l'approche, le ballon subit un courant descendant soudain et heurte la cime des arbres. Surpris, le pilote remet les gaz pour dégager la nacelle des arbres. Reprenant rapidement de la hauteur, alors qu'il survole l'extrémité du bois, le pilote ouvre la soupape du RDS⁽⁴⁾ afin d'atterrir le plus vite possible en évitant de trop se rapprocher d'une ligne électrique située perpendiculairement à l'extrémité du champ. Le ballon atterrit durement et la nacelle bascule sur le grand côté avant de traîner au sol sur quelques mètres. Deux passagers sont évacués sur l'hôpital régional. L'un, gravement blessé, souffre d'une fracture de la cheville, l'autre de douleurs dorsales qui se révéleront être une hernie discale.

⁽³⁾Cf. §2.4 Autres renseignements.

⁽⁴⁾Rapid Deflation System (Système de dégonflement rapide).

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Expérience du pilote

Le pilote, titulaire d'une licence de pilote de ballon à air chaud (BPL), détenteur d'une qualification d'instructeur (FI (B)) et gérant de la société, totalisait environ 800 heures de vol en ballon à air chaud, 12 heures en 15 ascensions dans les trois mois précédents dont huit sur le F-GTBL.

2.2 Impact des conditions météorologiques sur le vol

Le pilote disposait des informations météorologiques nécessaires à la réalisation du vol.

Elles prévoyaient, dans un marais barométrique traversé par une perturbation de faible activité, un vent estimé de secteur ouest-sud-ouest pour 10 kt au sol avec un risque de pluie temporaire entre 8 h 00 et 13 h 00, une température de 14 °C et un QNH de 1 017 hPa.

Ces informations ont été confirmées par l'analyse de Météo-France.

Le manuel de vol du ballon indique que l'atterrissage peut être dur⁽⁵⁾ en cas de vent fort et que le vol ne doit pas être entrepris si le vent au sol excède 15 kt.

Un membre de la FFAé et instructeur indique également « *qu'avec un vent supérieur à 8 kt, le basculement de la nacelle à l'atterrissage est fort probable à moins de trouver un vallon ou une haie d'arbres pour se protéger* ».

2.3 Renseignements sur l'aéronef et sur la protection des occupants

Le ballon Ultramagic T180 est composé d'une enveloppe et d'une nacelle. En ordre de vol, sa hauteur est de 30 m et sa masse maximale au décollage est de 1 650 Kg⁽⁶⁾. L'ensemble est certifié conformément à la réglementation européenne EASA CS31-HB.



Source : BEA

Figure 1: ergonomie des compartiments de la nacelle du F-GTBL

⁽⁵⁾D'une manière générale on parle d'un atterrissage dur quand la vitesse à l'atterrissage est considérée comme élevée, et plus précisément d'un atterrissage « *lourd* » quand il s'agit de la vitesse verticale et d'un atterrissage « *rapide* » quand il s'agit de la vitesse horizontale.

⁽⁶⁾Plus la masse et le volume du ballon sont grands, plus les réactions du ballon sont sujettes à une inertie importante, plus le pilote doit anticiper dans ses actions de pilotage.

⁽⁷⁾AMC31HB.59 (f) : chaque passager doit disposer d'une surface minimale de 0,25 m².

⁽⁸⁾AMC31HB.59 (h) : chaque passager doit disposer d'une poignée pour se tenir au cours de l'atterrissage.

La nacelle en osier (figure 1) est de forme rectangulaire avec une capacité maximale d'emport de neuf personnes. Elle est composée de deux compartiments en longueur pouvant accueillir au maximum quatre passagers⁽⁷⁾ chacun et d'un compartiment, perpendiculaire aux deux autres, réservé au pilote, aux commandes de vol et aux réservoirs de carburant.

Les compartiments passagers sont équipés de quatre poignées⁽⁸⁾ sur les grands côtés leur permettant de se tenir lors de l'atterrissage.

L'importateur de ballons Ultramagic en France indique que le manuel du constructeur Ultramagic ne préconise pas de position particulière à adopter pour les personnes à bord lors des atterrissages.

Le manuel d'exploitation de la société précise que les passagers doivent orienter leur dos du côté du sens d'avancement du ballon avant l'atterrissage sans préciser la position « *en tandem* » ou « *côte à côte* ».



Source : BEA

Figure 2 : démonstration de l'exploitant



Source : BEA

Figure 3: démonstration de l'exploitant

La photo de gauche (figure 2) montre un des pilotes de la société effectuant une démonstration de la position que les passagers doivent prendre avant l'atterrissage (dans le sens de la flèche). Cette démonstration est effectuée lors de la préparation avant le vol, une répétition de cette position est ensuite faite par les passagers pendant le vol et prise sur ordre du pilote avant l'atterrissage.

La photo de droite (figure 3) montre que quatre adultes de gabarit standard n'ont pas la place d'appuyer complètement leur dos contre la paroi longitudinale de la nacelle.

2.4 Autres renseignements sur la position de sécurité des passagers

- ❑ Selon le manuel de pilotage des montgolfières⁽⁹⁾ (§3.4.1 les instructions d'atterrissage) les passagers doivent se positionner pour l'atterrissage avec les jambes légèrement fléchies et se tenir aux poignées intérieures. Le manuel précise qu'en cas d'atterrissage d'urgence (§ 6.4) les passagers doivent rester debout en fléchissant légèrement les genoux et en « *serrant les pieds* ». En cas de risque d'atterrissage traîné, les passagers doivent poser leur dos « *solidement* » contre une des parois longitudinales de la nacelle et dans le sens de déplacement du ballon, sans laisser dépasser leur tête ni aucun membre.

⁽⁹⁾Ouvrage de référence pour les pilotes, publié aux éditions Cépaduès.

- En matière de certification des nacelles, la réglementation européenne, le moyen applicable de mise en conformité, AMC 31HB.59(e) édicté par l'AESA, évoque une position à l'atterrissage en mentionnant par défaut que « *pas plus de deux occupants ne peuvent être placés dans le sens de l'atterrissage sans moyens pour les empêcher de tomber l'un sur l'autre* ».
- Dans le cadre de l'exploitation de ballons qu'il exerce par ailleurs, l'importateur de ballons Ultramagic en France utilise une nouvelle nacelle du constructeur, plus récente que celle de l'accident. Plus longue, elle permet aux quatre passagers de chaque compartiment d'appuyer leur dos complètement contre la cloison.
- D'autres nacelles de l'exploitant présentaient un panneau de consigne à l'attention des passagers (figure 4) rappelant notamment la position à adopter pour l'atterrissage. Ce panneau de consignes montre dans une nacelle avec plusieurs compartiments de passagers, une position côte à côte, dos appuyé contre la cloison.



Figure 4: panneau d'information affiché dans une nacelle de l'exploitant

- Un pilote professionnel, formateur-examineur, utilisant une nacelle compartimentée indique que sa pratique consiste à mettre les pieds légèrement écartés, avec le dos en appui sur la cloison, genoux fléchis, les deux mains sur les poignées. Une démonstration est réalisée avant le vol pendant le briefing et une mise en application est effectuée pour essai pendant le vol.

- La médecin aéronautique de référence de la fédération, également formatrice-examinatrice, indique que « *la réception est bien meilleure pieds légèrement écartés, genoux semi-fléchis. Le polygone de sustentation est alors plus important et rend l'équilibre plus aisé, les hanches et les genoux sont dans l'axe* ». Elle ajoute qu'il n'est pas recommandé de faire positionner les passagers en tandem lors de l'atterrissage en nacelle avec plusieurs compartiments de passagers. Le passager arrière du tandem va devoir supporter le poids du passager avant sur ses membres inférieurs fléchis, ce poids étant possiblement augmenté par les vitesses verticale et horizontale à l'impact. Cette position est donc susceptible d'entraîner des risques de traumatisme important.
- Le médecin expert du BEA partage cette appréciation.
- Une vidéo⁽¹⁰⁾ sur l'accidentologie de l'aérostation publiée en 2017 par la DSAC⁽¹¹⁾, en coordination avec la FFAé⁽¹²⁾ et le BEA, a pour but, à travers différents événements, de sensibiliser les aéronautes aux risques spécifiques liés à l'aérostation. Elle présente notamment les positions devant être adoptées par les passagers à l'atterrissage. Dans cet exemple⁽¹³⁾ réalisé avec une nacelle n'ayant qu'un seul compartiment de passagers, il est suggéré de faire se positionner les passagers deux par deux en tandem, les genoux fléchis et dos au sens d'avancement. La position exacte des pieds n'est toutefois pas précisée. La nacelle de l'accident est différente de celle de l'exemple: elle comporte deux compartiments de passagers.
- Après consultation de la FFAé sur la position à adopter par les passagers avant l'atterrissage, la position la moins risquée semble être la position « *côte à côte* » dans les nacelles avec plusieurs compartiments de passagers pour les configurations de nacelles qui permettent à chaque passager de plaquer son dos sur la paroi de la cloison de la nacelle du côté du sens d'avancement du ballon.
- La section 5 « *Recommandations* » de l'étude⁽¹⁴⁾ de la CAA UK⁽¹⁵⁾ partage ce point de vue sur la position « *côte à côte* » afin que le dos soit appuyé contre une paroi.

⁽¹⁰⁾<https://vimeo.com/219523735>

⁽¹¹⁾Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile.

⁽¹²⁾Fédération Française d'Aérostation.

⁽¹³⁾La nacelle prise en exemple s'apparente aux nacelles non compartimentées qui exposent les pilotes à des priorités de positions des passagers différentes de celles des pilotes de nacelles à plusieurs compartiments de passagers.

⁽¹⁴⁾https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/Paper2006_06RFS.pdf

⁽¹⁵⁾Civil Aviation Authority United Kingdom (Autorité du Royaume-Uni en charge de l'Aviation civile).

2.5 Statistiques sur les collisions et les atterrissages durs de ballons

À la date de la rédaction du rapport, le BEA a été notifié de 76 accidents de ballons survenus en France depuis 2000. Parmi ces accidents, six sont mortels et ont entraîné la mort de treize personnes.

Les collisions avec des lignes électriques ainsi que les atterrissages durs constituent les deux principaux types d'accidents.

29 collisions avec des lignes électriques sont répertoriées par le BEA. Elles représentent 38 % des accidents et contribuent à 70 % des décès et 22 % des blessés. Parmi ces accidents, 15 sont survenus lors de vols commerciaux impliquant un public non nécessairement familier de cette activité. Dans ce cadre d'exploitation précis, les collisions avec des lignes électriques représentent 60 % des décès et 20 % des blessés.

34 atterrissages durs sont répertoriés par le BEA. Ils représentent 44 % des accidents et contribuent à 15 % des décès et 68 % des blessés. Parmi ces accidents, 19 sont survenus lors de vols commerciaux impliquant un public non nécessairement familier de cette activité. Dans ce cadre d'exploitation précis, les atterrissages durs représentent 40 % des décès et 73 % des blessés.

Enfin, dans 44 % des atterrissages durs, le vent est un facteur contributif considéré comme probable ou avéré.

2.6 Site de l'accident

L'aire d'atterrissage est située en bordure de la forêt régionale de Sologne. À cet endroit, la forêt commence à laisser la place à des surfaces cultivées, des vignes et un habitat dispersé. Le champ de chaume choisi par le pilote a une longueur de 200 m dans le sens d'arrivée du ballon. Il est bordé en amont par un bois de 300 m de long dont les arbres ont une hauteur moyenne de dix mètres. En aval, en limite du champ, perpendiculairement à l'arrivée du ballon, est implantée une ligne électrique moyenne tension dont la hauteur ne dépasse pas la cime des arbres. Juste derrière se trouve un autre bois puis des espaces moins favorables à l'atterrissage.

2.7 Trajectoire du ballon dans le plan vertical extraite du récepteur GNSS⁽¹⁶⁾ portable du ballon

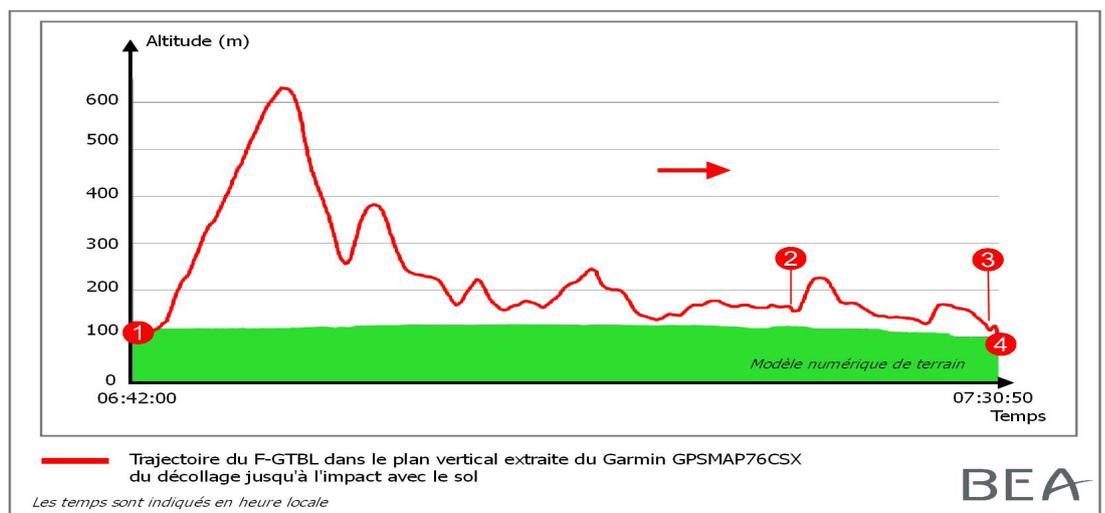


Figure 5: trajectoire du F-GTBL

Les données présentent les caractéristiques suivantes :

- les points 1 et 4 correspondent au décollage et à l'atterrissage ;
- lors de la deuxième moitié du vol, la trajectoire horizontale est plus erratique ;
- deux descentances⁽¹⁷⁾ (points 2 et 3) plus significatives sont visibles. La dernière (point 3), en fin d'approche, est suivie de la remontée correspondant à la remise de gaz stoppée rapidement par l'ouverture de la soupape du RDS.

⁽¹⁶⁾Global Navigation Satellite System (Système de positionnement par satellites associant différents systèmes à couverture mondiale dont le système GPS américain fait partie).

⁽¹⁷⁾L'importance du taux de chute dans ces descentances relève plus des flux d'air verticaux subis par le pilote dans la masse d'air entourant le ballon que celui correspondant à une descente standard pilotée.

2.8 Témoignages des passagers

Les passagers interrogés indiquent avoir eu au sol les consignes pour l'atterrissage. En vol, le pilote leur a fait répéter la position à respecter. Vers la fin du vol il a annoncé que l'atterrissage serait dur.

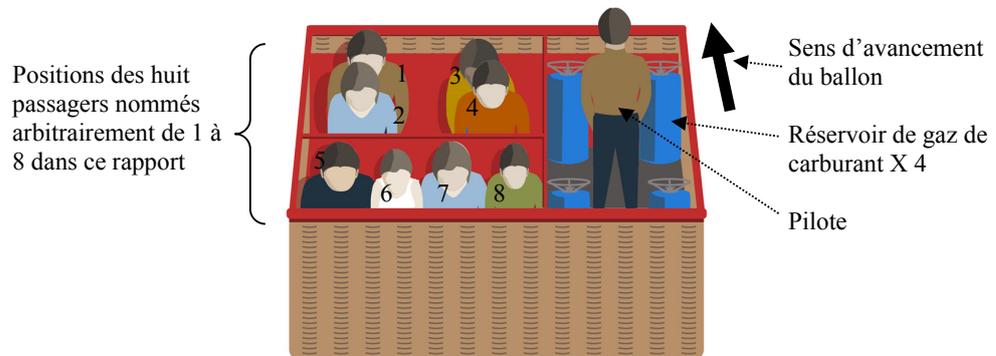


Figure 6: schéma de situation dans la nacelle au moment de l'atterrissage

⁽¹⁸⁾Désignés 1, 2, 3 et 4 sur la figure ci-dessus.

Le passager 8 précise qu'avant l'atterrissage, les passagers du compartiment avant⁽¹⁸⁾ étaient positionnés deux par deux l'un derrière l'autre et ceux du compartiment arrière les uns à côté des autres.

Le passager 1 indique que pour l'atterrissage, il enserrait la passagère 2 en écartant les jambes alors que le passager 3 enserrait la passagère 4 en gardant les jambes serrées. Il ajoute qu'il pensait que cette position en tandem permettrait de mieux protéger la passagère, enserrée en cas de basculement, plutôt que la position côte à côte.

Le passager 3 indique qu'il avait des chaussures qui lui protégeaient les chevilles et a subi une fracture de la cheville lors de la collision de la nacelle avec le sol. Il ajoute qu'à deux reprises, le pilote a annoncé juste avant l'atterrissage « *accroupissez-vous, ça va taper fort* ».

L'un des passagers du compartiment arrière, souffrant de douleurs dorsales et à la jambe postérieures à l'accident, a subi des examens qui ont révélé une hernie discale. Dans son témoignage, il indique que son dos reposait sur la paroi lors de l'atterrissage.

2.9 Témoignage du pilote

Le pilote indique qu'il délivre systématiquement à ses passagers en début de vol un briefing qui couvre l'annonce et la démonstration pratique des différentes positions d'atterrissage, dont celles lors d'un atterrissage dur et d'un basculement de la nacelle.

Il explique qu'en fin d'approche, il a été surpris par une forte instabilité qui ne lui a pas permis de maintenir le plan d'approche initial. Alors qu'il souhaitait atterrir juste après le bois et ainsi éviter de trop se rapprocher de la ligne électrique, la collision avec les arbres l'a contraint à remettre les gaz à l'aide des deux brûleurs entraînant la montée significative du ballon à la verticale de la bordure du bois. Pour descendre au plus vite, le pilote a ouvert la soupape du RDS au risque d'atterrir lourdement.

Il précise que, lors de cette phase très dynamique entre le heurt des arbres et l'atterrissage, il n'a pas eu le temps de prêter attention à la position « côte à côte » ou « *en tandem* » des passagers. Il ajoute qu'il arrive que certains passagers se connaissant, se positionnent en tandem et non pas l'un à côté de l'autre pour des raisons de place.

Enfin, il n'est pas persuadé qu'en cas d'atterrissage dur ou d'urgence, la position côte à côte assure une meilleure protection qu'en tandem. Il laisse donc la possibilité aux passagers de s'adapter entre ces deux positions, notamment en fonction de leurs morphologies.

3 - ENSEIGNEMENTS ET CONCLUSION

3.1 Position prises par les passagers lors de l'atterrissage

La position à adopter lors de l'atterrissage a été montrée aux passagers. Cette présentation a été faite au sol, accompagnée d'une démonstration. Ces mêmes consignes ont été rappelées en vol. La position en tandem prise par certains des passagers est apparue acceptable pour le pilote.

La position de sécurité côte à côte, dos à la nacelle et pieds serrés est préconisée par le manuel de pilotage des montgolfières. L'enquête a montré que, selon la taille et le compartimentage des nacelles, cette position ne pouvait pas toujours être adoptée par l'ensemble des passagers embarqués, conformément aux exigences européennes applicables à la certification des ballons (CS31-HB) qui prévoient la possibilité d'une position tandem dans la limite de deux personnes maximum.

Lors de la collision de la nacelle avec le sol, un passager a subi une fracture à une cheville, il avait adopté une position en tandem et jambes serrées, une autre passagère étant située devant lui.

3.2 Atterrissage dur

La prévision de vitesse du vent au-delà de 8 kt augmentait la probabilité d'un atterrissage dur. Les indices d'instabilité de la masse d'air observés par le pilote après trente minutes de vol l'ont conduit à prévoir que l'atterrissage serait dur. Le champ choisi lui paraissait être la première zone d'atterrissage favorable après la forêt régionale. Il avait détecté la ligne électrique à l'extrémité de ce champ et avait en conséquence prévu un point d'aboutissement de son approche au début du champ.

Lors de l'approche en finale, exposé à une instabilité aérologique générant une soudaine accélération de la vitesse de descente, l'utilisation des brûleurs par le pilote n'a pas permis de contrer la forte inertie du ballon à pleine charge et ainsi éviter de heurter la cime des arbres.

Après la collision avec les arbres, le ballon est remonté sous l'effet des gaz chauds dans l'enveloppe.

Pour atterrir dans le champ initialement choisi tout en évitant de se rapprocher de la ligne électrique, le pilote a rapidement utilisé le RDS pour vider l'enveloppe et reprendre la descente qui s'est alors accélérée.

Le contact ferme avec le sol résulte de cette manœuvre d'urgence. La nacelle a ensuite basculé sur le grand côté après l'atterrissage.

3.3 Conclusions

L'accident résulte ainsi de la combinaison des facteurs suivants :

- ❑ La vitesse du vent sur le site de l'arrivée, génératrice de turbulence à l'approche de la cime des arbres, a probablement contribué à l'instabilité du plan de l'approche.
- ❑ Le champ envisagé pour l'atterrissage, d'une longueur de 200 m et situé entre deux bois, bordé en aval par une ligne électrique, contraignait le pilote à devoir viser un point d'aboutissement au sol à l'entrée du champ.
- ❑ Afin d'éviter de reporter l'atterrissage sur un autre site, le pilote a accéléré la descente en utilisant sans délai le RDS dans l'objectif de ne pas se rapprocher de la ligne électrique.
- ❑ Enfin, la position en tandem avec une passagère devant lui et jambes serrées, adoptée par un passager pour l'atterrissage a probablement contribué à la blessure malgré le port de chaussures adaptées. Dans cette position, lors de l'accélération subie au contact de la nacelle avec le sol, un excédent d'effort a pu s'exercer sur les chevilles de ce passager en raison du report sur lui d'une partie du poids de la passagère.

3.4 Enseignements

La récurrence de traumatismes lors d'atterrissages mentionnés dans différents rapports d'accidents (voir § 2.5) est significative.

Les explications et le rappel des consignes de sécurité à adopter lors de l'atterrissage données par le pilote ont montré qu'elles n'étaient pas suffisamment adaptées pour protéger convenablement l'intégrité des passagers.

L'enquête a montré que différentes interprétations de la réglementation européenne en vigueur peuvent encore être faites par les exploitants/pilotes sur la meilleure position à adopter avant tout atterrissage en fonction des circonstances du moment, de la morphologie des passagers et des caractéristiques géométriques de chaque nacelle.

La certification des nacelles comporte des aspects relatifs à la sécurité des occupants, notamment le volume minimal par passager, ainsi que la présence de points d'accroche en nombre suffisant. Elle permet d'homologuer des ballons sur la base de positions de sécurité avec « deux occupants [...] placés dans le sens de l'atterrissage sans moyens pour les empêcher de tomber l'un sur l'autre », c'est-à-dire en « tandem ».

La réglementation opérationnelle, notamment le règlement européen n°2018/395⁽¹⁹⁾ adopté après l'accident, ne porte aucune prescription supplémentaire concernant la position de sécurité à adopter par les passagers en prévision d'un atterrissage dur.

L'enquête a fait émerger un consensus entre différents acteurs de la fédération française d'aérostation, FFAé, concernant la position de sécurité optimale pour l'atterrissage en nacelles avec plusieurs compartiments de passagers, lesquelles sont les plus susceptibles d'être utilisées pour faire du transport commercial. Cette position consensuelle préconisée est « côte à côte », dos plaqué à la paroi de la cloison de la nacelle du côté du sens d'avancement du ballon et pieds légèrement écartés, genoux fléchis et les deux mains sur les poignées.

⁽¹⁹⁾Règlement (UE) de la Commission du 13 mars 2018 établissant des règles détaillées concernant l'exploitation de ballons.

⁽²⁰⁾<https://www.bea.aero/les-enquetes/evenements-notifies/detail/event/accident-du-schroeder-fire-balloons-g5024-immatricule-f-hccg-survenu-le-05102014-a-cazes-mondenar/>

L'enquête a mis en lumière que, la réglementation européenne n'interdisant pas de retenir une position de sécurité « *en tandem* », la géométrie de certaines nacelles utilisées à leur capacité maximale, ne permet pas systématiquement aux passagers, quelle que soit leur corpulence, d'adopter la position de sécurité jugée optimale pour prévenir des blessures graves aux membres bas lors d'un atterrissage dur.

L'acceptation de ce risque par la réglementation actuelle conduit le BEA à rappeler l'analyse formulée dans le rapport publié à l'issue de l'accident du Schroeder Fire Balloons immatriculé F-HCCG exploité par Quercy Pluriel survenu le 5 octobre 2014 à Cazes-Mondenard⁽²⁰⁾ : « *I[...]e vol en ballon peut être perçu par des passagers non avertis comme une activité intrinsèquement peu dangereuse alors que l'expérience montre que le niveau de sécurité est très inférieur à celui du transport commercial auquel le grand public est habitué* ».