

Toulouse, le 19/11/2014
DCT/DA/Geipan

COMPTE RENDU D'ENQUÊTE

REMIRE-MONTJOLY (973) 07.02.2013

CAS D'OBSERVATION

1 - CONTEXTE

Le 05.06.2014, le GEIPAN reçoit par mail du témoin le questionnaire d'observation « *témoignage standard* » complété concernant l'observation sur la commune de REMIRE-MONTJOLY (973), le 07.02.2013 à 18h40, d'un phénomène inhabituel et inconnu dans le ciel.

Trois pièces sont jointes au questionnaire, il s'agit de deux photographies et d'une courte vidéo (d'une durée de 26 s.).

2 - DESCRIPTION DU CAS

Voici la très courte présentation de ce cas, narrée par ce témoin :

« *Observation depuis la ville de Remire (Guyane) le 7 février 2013, du décollage de la fusée Ariane 5 en fin de journée avec mes fils. Nous observons la fusée, quand mon fils aîné qui filme le ciel avec son appareil numérique, observe des lignes parallèles qui se détachent nettement sur le bas de l'horizon, elles ne sont pas perceptibles à l'œil nu. On ne les distingue que sur le film ou les photos. Elles se sont ensuite dissipées dans l'air. Nous sommes 4 à avoir constaté le phénomène.* »

La lecture attentive de la suite du questionnaire apporte les éléments complémentaires suivants :

- L'observation a duré 15 minutes.
- 4 autres témoins étaient présents.
- L'observation s'est faite de façon continue jusqu'à la tombée de la nuit. Les PANs n'étaient visibles qu'avec l'appareil photo et non à l'œil nu.
- Les PANs se situaient à 45° de hauteur au-dessus de l'horizon.
- Le début des lignes sombres commençait avec le début de la traînée de condensation de la fusée.

Les deux photographies sont reproduites en petit format ci-dessous.



A noter que la photographie située page 8 du questionnaire sous la légende « *on commence à les distinguer* », n'est qu'une partie légèrement agrandie de la photographie située page 9.

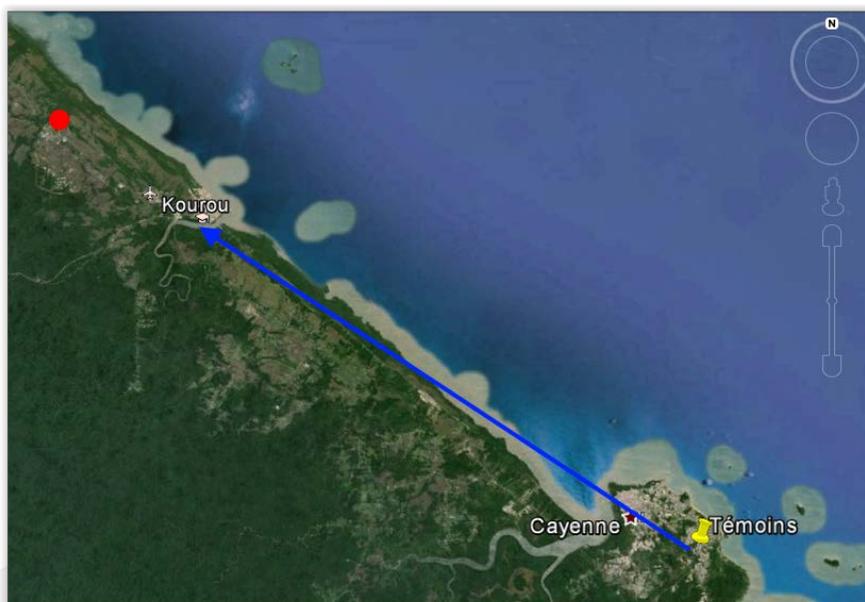


« *Registration 3 points* » avec IPACO des deux images

3 - DEROULEMENT DE L'ENQUETE

3.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

La position des témoins est représentée par le plot jaune et la direction d'observation des PANs par la flèche bleue. La zone de lancement des fusées Ariane se trouve à 66 km de distance (rond rouge).



3.2. SITUATION METEOROLOGIQUE

La plus proche station du lieu d'observation est celle située sur l'aéroport de Kourou, (code OACI : SOCA), à environ 55 km à vol d'oiseau au nord-ouest de la position des témoins.

Les données METAR de cette station pour ce jour à 18:30, soit environ 10 minutes avant l'observation nous renseignent sur :

- Le vent : (METAR 02003KT) soufflant très faiblement depuis l'azimut nord-nord-est ($20^\circ \pm 4^\circ/5^\circ$) à 3 nœuds, soit 5.6 km/h.
- La couverture nuageuse : nuages épars au plafond 780 m (2600 pieds) et 1980 m (6600 pieds).
- La visibilité bonne (9999), supérieure ou égale à 10 km.

METAR		METAR Report	
SOCA	station id:	SOCA (Rochambeau, French Guiana, 4° 49' 20" N 52° 21' 55" W 9 m)	
072130Z	observation time:	on the 7., 21:30 UTC	
02003KT	Wind:	from the north-north-east ($20^\circ (+4^\circ/-5^\circ)$) at 5.6 km/h	3 kt = 3.5 mph = 1.5 m/s
9999	Visibility:	>=10 km	>=6.2 miles
SCT026 SCT066	Sky condition:	scattered clouds at 780 (.. <810) m	2600 ft
		scattered clouds at 1980 (.. <2010) m	6600 ft
26/24	Temperature:	26 °C	78.8 °F
	Dewpoint:	24 °C	75.2 °F
	relative humidity*:	89 %	
Q1009	altimeter:	1009 hPa	29.80 in. Hg = 757 mmHg
trends within the next 2 hours:			
NOSIG	no significant change		

En résumé, les données météorologiques recueillies montrent un temps très faiblement nuageux, avec un vent très faible soufflant globalement du nord-nord-est et une bonne visibilité.

3.3. SITUATION ASTRONOMIQUE

Aucun objet astronomique notable n'est présent et visible ce jour-là dans le champ de vision du témoin.

A noter cependant, pour la suite de l'analyse, que **le soleil se trouvait à 21:40:00 UTC à -15°, sous l'horizon.**

3.4. SITUATION AERONAUTIQUE

Le lieu d'observation se situe non loin de la zone de lancement des fusées Ariane (« ZL3 » à 66 km environ au nord-ouest) et de l'aéroport de Kourou (55 km environ au nord-ouest de la position des témoins).

3.5. SYNTHÈSE DES ÉLÉMENTS COLLECTÉS

TEMOIN N° 1

#	QUESTION	REPONSE (APRES ENQUETE)
A1	Commune et département d'observation du témoin (ex : Paris (75))	REMIRE-MONTJOLY (973)
A2	(opt) si commune inconnue (pendant un trajet) : Commune de début de déplacement ; Commune de Fin de déplacement	/
A3	(opt) si pendant un trajet : nom du Bateau, de la Route ou numéro du Vol / de l'avion	/
<i>Conditions d'observation du phénomène (pour chaque témoin)</i>		
B1	Occupation du témoin avant l'observation	ATTENDAIT DANS SON JARDIN LE BRUIT DU DECOLLAGE DE LA FUSEE ARIANE
B2	Adresse précise du lieu d'observation	4,9; 52,28
B3	Description du lieu d'observation	JARDIN
B4	Date d'observation (JJ/MM/AAAA)	07/02/2013
B5	Heure du début de l'observation (HH:MM:SS)	18:40:00
B6	Durée de l'observation (s) ou Heure de fin (HH :MM :SS)	15 MINUTES
B7	D'autres témoins ? Si oui, combien ?	OUI - 4
B8	(opt) Si oui, quel lien avec les autres témoins ?	UN DES AUTRES TEMOINS EST LE FILS DU TEMOIN N°1
B9	Observation continue ou discontinue ?	CONTINUE
B10	Si discontinue, pourquoi l'observation s'est elle interrompue ?	/
B11	Qu'est ce qui a provoqué la fin de l'observation ?	LA TOMBEE DE LA NUIT

B12	Phénomène observé directement ?	OUI (précision dans un mail)
B13	PAN observé avec un instrument ? (lequel ?)	OUI AUSSI, avec un APPAREIL PHOTO
B14	Conditions météorologiques	CIEL PEU NUAGEUX – VENT TRES FAIBLE DE SECTEUR NORD-NORD-EST – BONNE VISIBILITE
B15	Conditions astronomiques	SOLEIL A -15° DE HAUTEUR
B16	Equipements allumés ou actifs	NON
B17	Sources de bruits externes connues	DECOLLAGE DE LA FUSEE
<i>Description du phénomène perçu</i>		
C1	Nombre de phénomènes observés ?	3
C2	Forme	RECTILIGNE
C3	Couleur	GRIS-BLEU (« SE CONFONDANT AVEC LE CIEL »)
C4	Luminosité	NON
C5	Trainée ou halo ?	« LE PAN RESSEMBLAIT A UNE TRAINEE »
C6	Taille apparente (maximale)	/
C7	Bruit provenant du phénomène ?	NON
C8	Distance estimée (si possible)	SE TROUVAIENT DERRIERE LES NUAGES
C9	Azimut d'apparition du PAN (°)	/
C10	Hauteur d'apparition du PAN (°)	45°
C11	Azimut de disparition du PAN (°)	/
C12	Hauteur de disparition du PAN (°)	/
C13	Trajectoire du phénomène	AUCUNE
C14	Portion du ciel parcourue par le PAN	« LE DEPART DU RAIL COÏNCIDAIT AVEC LE DEBUT DU HALO (NOTE DE L'ENQUETEUR : LE TEMOIN PARLE ICI DE LA TRAINEE DE CONDENSATION PRODUITE PAR LA FUSEE) DE LA FUSEE, POUR ENSUITE SE PERDRE DANS LES NUAGES »
C15	Effet(s) sur l'environnement	/
<i>Pour les éléments suivants, indiquez simplement si le témoin a répondu à ces questions</i>		
E1	Reconstitution sur plan et photo/croquis de l'observation ?	NON
E2	Emotions ressenties par le témoin pendant et après l'observation ?	CURIOSITE
E3	Qu'a fait le témoin après l'observation ?	EN A PARLE A SON ENTOURAGE ET A QUELQUES RESPONSABLES DU CNES, EN MONTRANT LA VIDEO
E4	Quelle interprétation donne t-il a ce qu'il a observé ?	S'EST DEMANDE SI « LES LIGNES SUR L'HORIZON N'ETAIENT PAS LIEES AU « BANG » DE LA FUSEE »
E5	Intérêt porté aux PAN avant l'observation ?	OPINION OUVERTE
E6	Origine de l'intérêt pour les PAN ?	/
E7	L'avis du témoin sur les PAN a-t-il changé ?	/

E8

Le témoin pense t'il que la science donnera une explication aux PAN ?

ESPERE UNE EXPLICATION

3.6. ANALYSE

Il ne fait aucun doute que ces trois lignes droites parallèles sombres ne sont que des ombres produites par le soleil couchant sur la trainée de condensation de la fusée Ariane, lors de sa sortie de l'ombre de la Terre.

Ce phénomène est également visible sur la vidéo montrant ce décollage de la fusée Ariane 5 (« Vol 212 ») sur le site du CNES, « image.cnes.fr », entre 1'16'' et 1'27'' après le départ. Il est clair qu'il se produit au moment où la fusée franchit la limite ombre/lumière dans l'atmosphère, le soleil étant couché depuis peu :



Ce phénomène est rarement visible, surtout de manière segmentée comme pour ce cas, car plusieurs conditions doivent être réunies :

- La trainée de condensation doit être suffisamment épaisse et opaque pour permettre la création de l'ombre et que celle-ci soit visible.
- Le lancement doit avoir lieu de préférence à l'aube ou au crépuscule, avec la partie supérieure du contrail se trouvant encore exposé à la lumière solaire. L'ombre s'étend ainsi au maximum (jusqu'à l'horizon), et est beaucoup plus importante. Elle offre donc plus de chances d'être visible. Par ailleurs, le contraste entre la partie du ciel en altitude encore éclairé, l'ombre du contrail partant de cette zone et le ciel de l'observateur, déjà à l'ombre, est accentué.
- Pour qu'il y ait plusieurs ombres séparées, il faut que une ou plusieurs de ces conditions soient réunies :
 - La trainée de condensation est elle-même fragmentée,
 - Elle est successivement exposée au soleil puis à l'ombre,

- Le soleil en se couchant, depuis l'altitude d'apparition du PAN, est masqué partiellement par un objet ou obstacle au sol (végétation, bâtiments...)

De nombreux exemples de telles photographies reproduisant ce phénomène existent, en particulier lors de lancements de navettes ou de fusées :



[Crédits photographiques](#)



[Crédits photographiques](#)

Lancement de la navette spatiale Discovery STS-119, 15 mars 2009 -



Lancement de la navette spatiale Atlantis



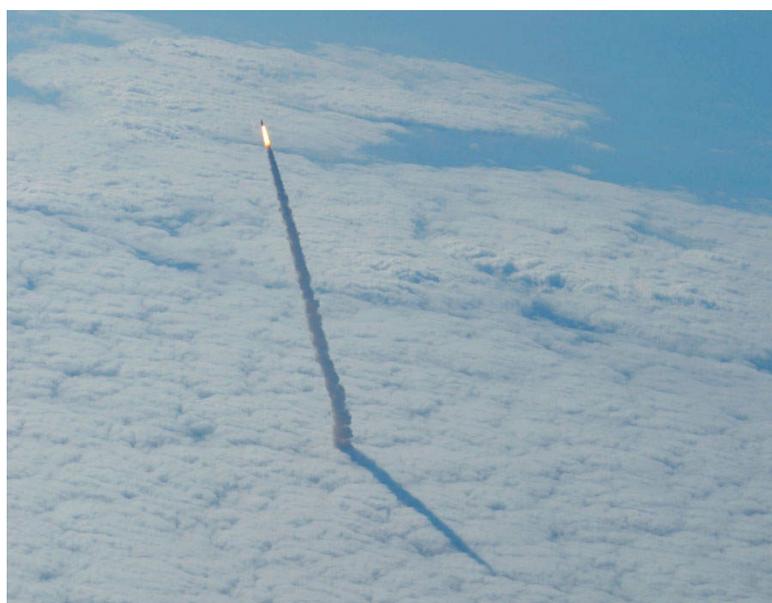
Lancement de la navette spatiale Atlantis STS-98 le 07 février 2001 – [Crédits photographiques](#)

Dans ces exemples, tout comme dans notre cas, les ombres semblent « descendre » vers l’horizon, ce qui n’est pas le cas, cette fausse impression n’est due qu’à un effet de perspective. Le soleil étant déjà couché ou en passe de l’être pour l’observateur au sol ; l’ombre se dirige en fait vers le point opposé à la position du soleil, point antisolaire ou subanthélique.

Pour tous ces cas, le support pour l’ombre portée est uniquement l’atmosphère, ce qui explique son aspect très rectiligne. A ne pas confondre avec ce phénomène très similaire, mais où l’ombre est portée sur un support nuageux, d’où son aspect irrégulier :



Vue du sol – Lancement de la navette Atlantis du 8 juin 2008 – [Crédits photographiques](#)



Vue depuis un avion de ligne – Lancement de la navette Endeavour du 16 mai 2011 – [Crédits photographiques](#)



Lancement de la navette spatiale Atlantis du 7 février 2008 - [ESA](#)

Monsieur Les Cowley, gérant le site Internet "[atoptics](#)" a été consulté sur ce cas et confirme les points énumérés ci-dessus, en précisant que les ombres sont produites plus spécifiquement par des zones plus denses de la trainée produite par la fusée. Il traite le sujet des ombres multiples.

Son analyse se trouve en *annexe 1*, en anglais, sous le titre « *Ariane dark lines* ».

4- HYPOTHESES ENVISAGEES

Une seule hypothèse a été retenue, celle d'ombres produites par la trainée de condensation de la fusée et le soleil couchant.

4.1. SYNTHÈSE DES HYPOTHESES

HYPOTHESE	ARGUMENT(S) POUR	ARGUMENT(S) CONTRE	IMPORTANCE*
Ombres produites par le soleil couchant frappant la trainée de condensation de la fusée	Aspect rectiligne Nombreux autres exemples semblables se produisant dans les mêmes conditions Position du soleil		Certaine

*Fiabilité de l'hypothèse estimée par l'enquêteur: certaine (100%) ; forte (>80%) ; moyenne (40% à 60%) ; faible (20% à 40%) ; très faible (<20%) ; nulle (0%)

5- CONCLUSION

Compte tenu des éléments définis dans les chapitres précédents, à savoir :

- Aspect des PANs identique à celui d'ombres portées rectilignes.
- Autres exemples existants semblables.
- Position du soleil.

Ce cas est à classer en « **A** » comme observation certaine d'ombres créées par le soleil frappant la trainée de condensation de la fusée Ariane, au crépuscule.

5.1. CLASSIFICATION

Ce témoignage est d'une bonne consistance: assez précis et accompagné de photographies et d'une vidéo. Sur les 5 témoins présents, seul un a témoigné.

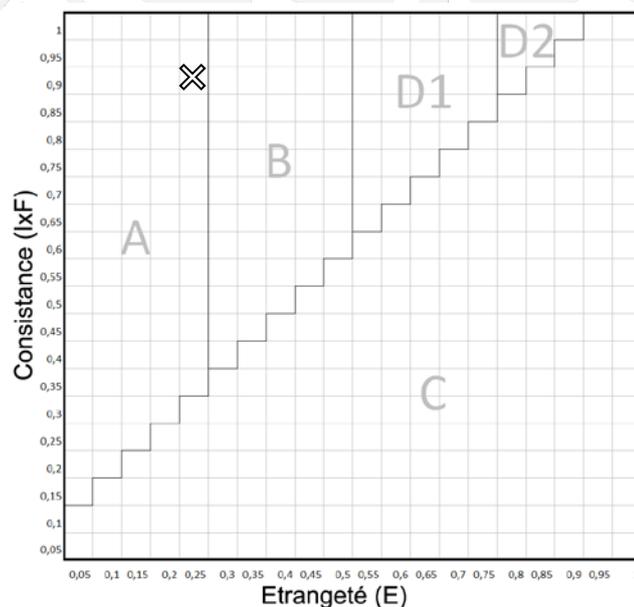
L'observation est moyennement étrange car plutôt inhabituelle, bien que les PANs soient de suite assimilables à de simples ombres.

CONSISTANCE⁽¹⁾ (IxF)

0.9

ETRANGETE⁽²⁾ (E)

0.25



(1) Consistance (C) : entre 0 et 1. Quantité d'informations (I) fiables (F) recueillies sur un témoignage ($C = I \times F$).

(2) Etrangeté (E) : entre 0 et 1. Distance en termes d'informations à l'ensemble des phénomènes connus.

ANNEXE 1

Ariane 5 launch sky effects

Black bands (BBs) seen 96s after launch shortly after leaving Earth shadow.



A de-noised and levels enhanced still from CLEM7352.AVI - - three dark lines



*Still from CNES video "décollage d'ariane5, vol 212" De-noised, rocket trail masked and untouched, sky levels enhanced - - two dark lines. **Different time and shadows from upper image.***

Altitudes and sun

From altitude/time data the craft was ~31 km high at 96s.

Assume from the visible emergence of the plume that the earth shadow altitude over Kourou was ~30 km.

Sun altitude is $[\arccos(R/(R+h))]$ where R is Earth's radius and h the shadow height....5.64°

Distance of sunset point from Korou = 626 km

Nature of BBs

The dark lines are shadows extending across the sky. CLEM7352.AVI clearly shows their nature during camera pans.

The direction of the shadows suggests that the CLEM7352 was pointing in an approximately northerly direction with west and the sunset point off screen at left.

CLEM7352 unfortunately does not have clear sky to the west of the rocket trail to see whether the shadows extend in that direction. The shadows on the CNES video probably **do not** extend to the left of the trail.

Compare them with:

<http://www.atoptics.co.uk/atoptics/skywide.htm>

<http://www.atoptics.co.uk/fz557.htm>

However, the above shadows are cast by tropospheric clouds and extend only through the troposphere. The BBs have to be above the Earth's shadow and therefore extend through the more rarefied stratosphere. Stratospheric shadows are known:

<http://www.atoptics.co.uk/fz820.htm>

<http://www.atoptics.co.uk/fz276.htm>

<http://www.atoptics.co.uk/fz104.htm>

<http://www.atoptics.co.uk/fz103.htm>

Ordinary stratosphere shadows are at their most visible when aerosol and dust are present from volcanoes. They are diffuse because the shadow casting objects are very distant tropospheric clouds. Light from the sun has first passed through the troposphere and clouds are in the area of the ground terminator.

What is casting the BBs shadows?

- 1) Irregularities in the Earth's shadow
- 2) Clouds
- 3) The rocket trail
- 4) Other objects

1) Irregularities in the earth's shadow

The shadows appear shortly above the earth shadow edge. The shadow edge is rarely smooth because of clouds or mountains close to the terminator. When the shadow is viewed from aircraft there are sometimes very diffuse bands above the main dark shadow wedge. These are extra shadow layers (a little like onion skins) viewed almost edge on and therefore at maximum visibility.

However, the terminator was some 600km distant, the BBs are sharp, high contrast and not viewed parallel to the Earth shadow boundary. This all indicates that the BBs are **not** earth shadow irregularities.

2) Clouds

Local tropospheric clouds are in darkness and cannot cast shadows. Clouds 600km distant on the terminator would not cast such sharp shadows. There are no stratospheric clouds at Kourou latitudes.

3) The rocket trail

Tropospheric aircraft contrails can cast shadows through other than perfectly clear air: <http://www.atoptics.co.uk/fz725.htm>



Rocket trails cast shadows

This famous STS-102 launch image

<http://www.atoptics.co.uk/atoptics/shuttle.htm>

shows an extended shadow. Coincidentally the sun was 6° below the horizon with the Earth shadow edge *at the same height as in the Ariane 5 launch.*

Note that the dark shadow is from a section of trail almost along a line pointing to the camera. The actual shadow is a sheet extending from the trail. The camera looks along the sheet and in that direction of long shadow path length the shadow appears most dark.

The sharpness and multiplicity of the Ariane 5 shadows is puzzling. But CLEM7352 and, to a lesser extent, the CNES video, show the trail to have density variations and billows. The later trail in CLEM is starting to be wind convoluted.

It is possible that the dense shadow lines were cast by particular individually dense regions (or large billows) in the trail. The viewing direction in CLEM7352 also make possible that portions of the trail (convoluted by stratospheric winds) are in a line towards the camera as in the STS-102 image above.

That is consistent with the CLEM7352 shadows being of much higher contrast than those of the freshly formed trail in the CNES video. One at least of the CLEM7352 shadows is broader and fainter on one side, again indicating a sheet viewed almost on edge.

Why only close to the Earth shadow edge?

There are two effects that come from the rapid climb of the rocket *at that altitude*.

1. The atmosphere density is falling rapidly and any shadows will become less and less visible with height. The height of the Earth shadow is not important in this context.
2. Close to the Earth shadow the rocket shadow is seen through dark shadowed air. At greater altitudes there is intervening sunlit air – this can reduce contrast and thus visibility.

Why are these shadows seen only close to sunset/rise?

That is when they extend near horizontally across the sky.

4) Other objects

Other objects in the Kourou vicinity could – in principle – cast shadows. They would have to be at 30-40km altitude and be of significant size – much larger indeed than the Ariane 5 rocket. They would be in bright sunlight and visible. The CNES video shows the shadows originating from the rocket trail not other objects. We rule out other objects.

Conclusions

The dark lines on two videos – 3 on one, 2 on another – are shadows cast across the sky by particularly dense regions of the Ariane 5 trail or from parts of the later wind-swept trail lying in line with the camera.

The shadows are most apparent near to the Earth shadow boundary because the air density falls rapidly with altitude and because at that point the shadows are viewed through dark air.

Les Cowley

www.atoptics.co.uk

11 November, 2014