

Les photos du Lac Chauvet

Antoine Cousyn, François Louange et Geoff Quick

avec la contribution de Gilles Munsch, Francine Cordier, Patrice Seray et Raymond Piccoli

en partenariat avec la Commission 3AF / Sigma2

Avril 2016

Le 18 juillet 1952 près du lac Chauvet (Puy-de-Dôme, France), à 18h10 (17:10 GMT), André Frégnale, géologue trentenaire passionné de nombreuses techniques, prit quatre photographies (désignées par LC₃, LC₄, LC₅ et LC₆ dans la suite), dont deux très nettes, montrant un « ovni » dans le ciel. Selon le témoin, les quatre photos ont été prises sur une durée totale de 25 secondes (bien qu'il ait également mentionné 50 secondes au cours d'une interview plus tard), à intervalles à peu près réguliers, et l'ovni se déplaçait silencieusement en ligne droite d'ouest en est. Un vent modéré soufflait d'ouest ou de nord-ouest. L'objet semblait avoir une base circulaire. Un court résumé des évènements peut être lu [ici](#).

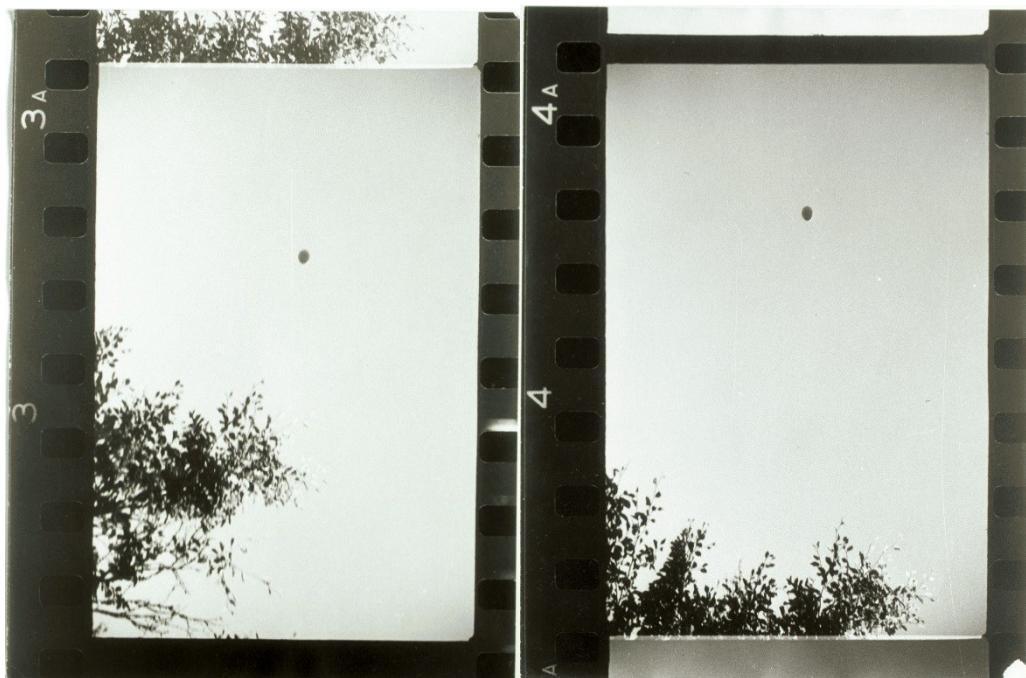
Ces quatre photographies remarquables, qui étaient rapidement tombées dans l'oubli après avoir été abondamment publiées dans la presse, furent l'objet en 1994 d'une analyse approfondie par l'astronome Pierre Guérin, publiée notamment dans la revue française *Lumières dans la nuit* (n° 316), puis dans la revue américaine *Journal of Scientific Exploration* (Vol.8, n° 4, pp. 447–469).

Ce travail fut complété en 2004 par Laurent Guérin (fils de Pierre), qui mena une étude géométrique détaillée, disponible [ici](#).

Une autre étude originale et intéressante de ce cas fut présentée en 2015 par Michaël Vaillant, disponible [ici](#).

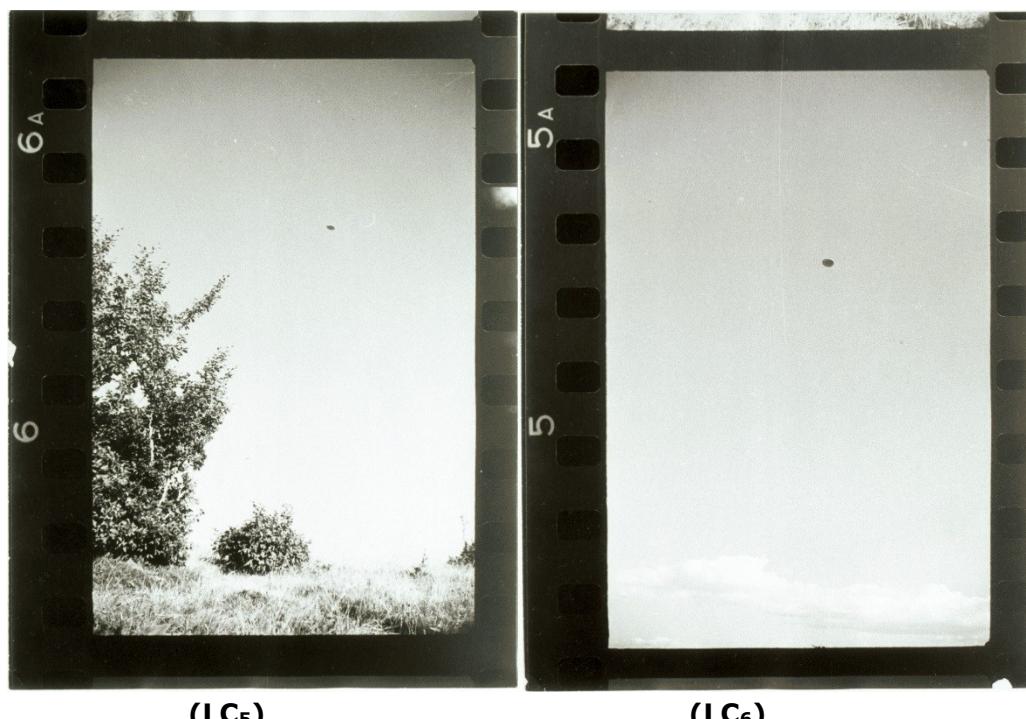
En juillet 2015, quatre enquêteurs de terrain expérimentés (Antoine Cousyn, Gilles Munsch, Francine Cordier et Patrice Seray, tous collaborateurs officiels du GEIPAN) organisèrent une mission et passèrent quelques jours sur le site même. Avec l'aide de Raymond Piccoli, qui leur fournit des photos réalisées sur le site le 16 juillet 2008, ils réussirent par la suite à localiser très précisément la position de M. Frégnale durant son observation. Ils purent se procurer et utiliser sur place le même modèle d'appareil photo que celui de M. Frégnale, en vue de tester diverses hypothèses.

Les quatre images suivantes sont issues de tirages papier des négatifs originaux, soigneusement réalisés par Pierre Guérin pour son étude. Une numérisation précise de ces tirages fut réalisée plus tard par Alain Delmon.



(LC₃)

(LC₄)



(LC₅)

(LC₆)

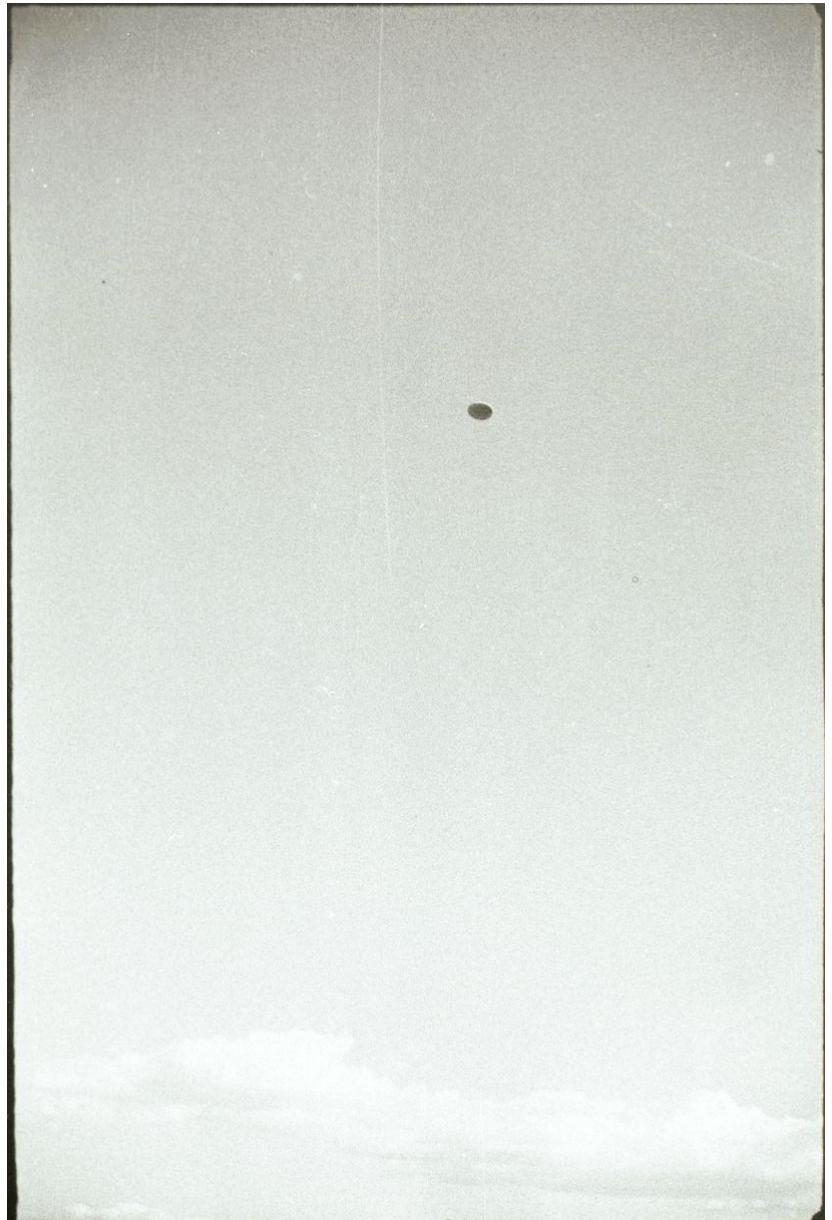
Les quatre images de travail suivantes en ont été extraites, en se conformant au mieux au format original 24x36, après application d'une rotation de 90° pour les deux dernières, de façon à les rétablir par rapport à l'horizontale.



LC₃ (1222 x 810 pixels)



LC₄ (1216 x 807 pixels)



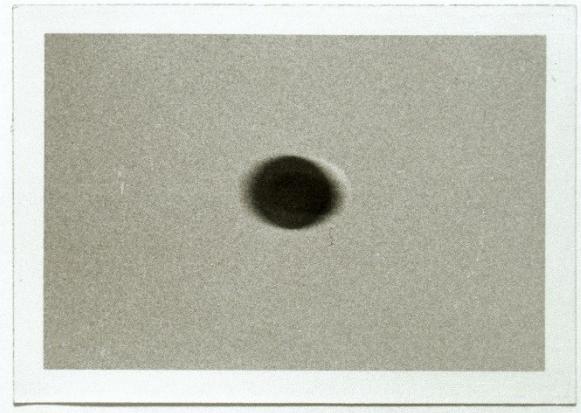
LC5 (816 x 1222 pixels)



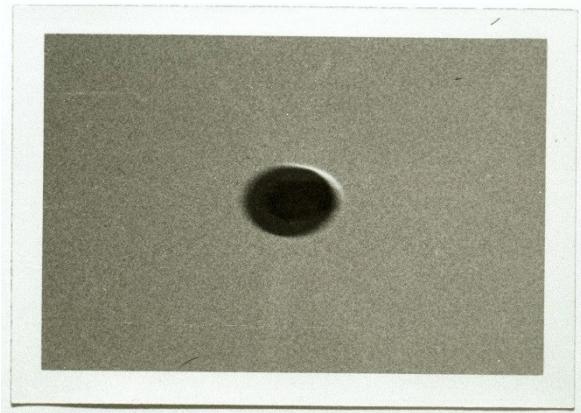
LC6 (815 x 1223 pixels)

De plus, quatre autres images étaient disponibles : des agrandissements de l'ovni extraits respectivement des quatre mêmes images et désignés dans la suite par G₃, G₄, G₅ et G₆. Ces images furent obtenues par Alain Delmon en numérisant des agrandissements photographiques des photographies originales qui avaient été précédemment produits par Pierre Guérin.

Cependant, il a été décidé, pour les mesures géométriques, de ne pas utiliser les images G₃, G₄, G₅ et G₆ mais de s'en tenir au jeu de données le plus ancien disponible : LC₃, LC₄, LC₅ et LC₆.



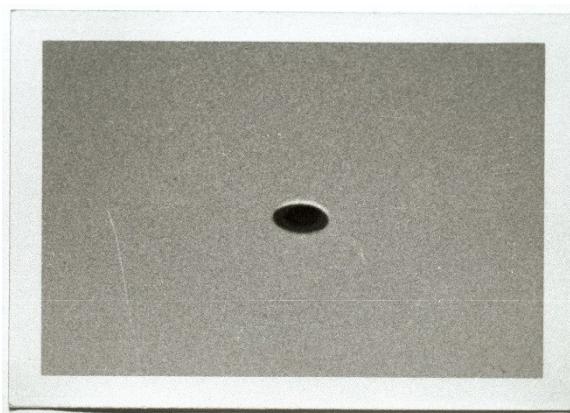
G₃ (1377 x 987 pixels)



G₄ (1371 x 981 pixels)



G₅ (1362 x 975 pixels)



G₆ (1352 x 972 pixels)

Enfin, un film Pathé fut produit à l'occasion d'une reconstitution du cas, organisée sur le site même, une semaine après les évènements, par des journalistes du journal "La Montagne". Au début du film, M. Frégnaie (au premier plan, tenant une photo) indiquait où il se trouvait, près de l'arbre visible sur LC₃ et LC₄, et dans quelle direction il avait dirigé son appareil photo. Sous son contrôle, un journaliste, tenant un long bâton, indiquait l'élévation de sa ligne de visée. Plusieurs trames furent extraites de ce film pour produire l'image mosaïquée utilisée dans ce rapport :



L'objectif de ce rapport n'est certainement pas de contredire toutes les conclusions des études précédentes. Il est spécialement axé sur l'utilisation d'un outil interactif moderne pour l'évaluation rapide et pragmatique de ce type de dossier. En ce qui concerne les mathématiques et la physique sous-jacentes, rien ne diffère de ce qui avait été trouvé dans le passé, mais une approche géométrique originale a été rendue possible par les résultats précis de la mission sur site.

Selon les investigateurs précédents, les photos de M. Frégnaie sont authentiques (un véritable ovni inconnu et lointain aurait effectivement été photographié). Pierre Guérin, pour sa part, à l'issue de son analyse photométrique, a conclu que l'objet était situé à au moins 60 mètres de l'appareil photo, et que son diamètre était au moins de 1 mètre.

Certaines autres conclusions, basées sur des hypothèses relatives à de supposées "caractéristiques classiques des ovnis", ont été laissées de côté...

Appareil photo et réglages

Modèle d'appareil photo :	Zeiss Ikon Ikonta 35 (522/24)
Objectif :	Zeiss Opton Tessar 2,8 - 45 mm (longueur focale 45 mm)
Obturateur :	Compur-Rapid
Filtre jaune devant l'objectif :	Wratten 15
Film :	Kodak 35 mm Panatomic-X
Dimensions du négatif :	24mm x 36mm
Longueur focale :	45 mm
Temps d'exposition :	1/250 s ou 1/500 s (voir l'analyse ci-après)
Ouverture :	inconnue (voir l'analyse ci-après)

Une description détaillée de l'appareil photo est disponible [ici](#) et de l'obturateur [ici](#). Le manuel détaillé peut être lu [ici](#).



Dis-tance	DIAPHRAGM						
	2.8	3.5/4.0	5.6	8	11	16	22
∞	48'- ∞	33'6"- ∞	24'- ∞	16'9"- ∞	12'3"- ∞	8'6"- ∞	6'3"- ∞
30'	19'9"-104"	16'9"-1540"	13'9"- ∞	11'3"- ∞	8'10"- ∞	6'10"- ∞	5'3"- ∞
20'	14'1"-33'2"	12'5"-47'3"	10'10"-107	9'2"- ∞	7'6"- ∞	6'1"- ∞	4'9"- ∞
15'	12'3"-25'	11'2"-32'	9'9"-51'	8'6"-540'	7'3"- ∞	5'9"- ∞	4'7"- ∞
10'	8'2"-12'1"	7'5"-13'9"	7'2"-18'4"	6'3"-22'11"	5'7"-46'3"	4'8"- ∞	4' - ∞
6'	5'9"- 7'6"	5'7"-8'	4'7"- 8'2"	4'1"- 9'10"	3'8"-12'9"	3'1"-25'7"	3'2"- ∞
5'	4'6"- 5'5"	4'4"- 5'9"	4'1 $\frac{1}{2}$ "-6'1"	3'10 $\frac{1}{2}$ "-6'11"	3'7"-7'10"	3'3"-10'10"	2'10"-20'8"
4'	3'8"- 4'4"	3'7"- 4'1"	3'6"- 4'8"	3'3"- 4'11"	3'1"-5'7"	2'9"- 6'11"	2'4"- 9'1"
3'	2'10"- 3'2"	2'8"- 3'3"	2'7"- 3'6"	2'6"- 3'8"	2'4"- 4'	2'2"- 4'9"	1'11"- 6'1"

Important : Une série d'essais (*voir l'Annexe*) réalisés avec ce modèle a permis d'établir que, pour un photographe expérimenté, le délai minimum entre deux prises de vue successives était, approximativement, de **5 s**.

Préparation des données

Initialement, les images **LC₃**, **LC₄**, **LC₅**, et **LC₆** ont été importées dans l'outil logiciel spécialisé **IPACO**, puis la fonction *Caméra/Données techniques* a été utilisée pour introduire les valeurs des réglages requises pour les mesures angulaires.

Les dimensions du capteur étaient connues (24 mm x 36 mm), ainsi que la longueur focale (45 mm).

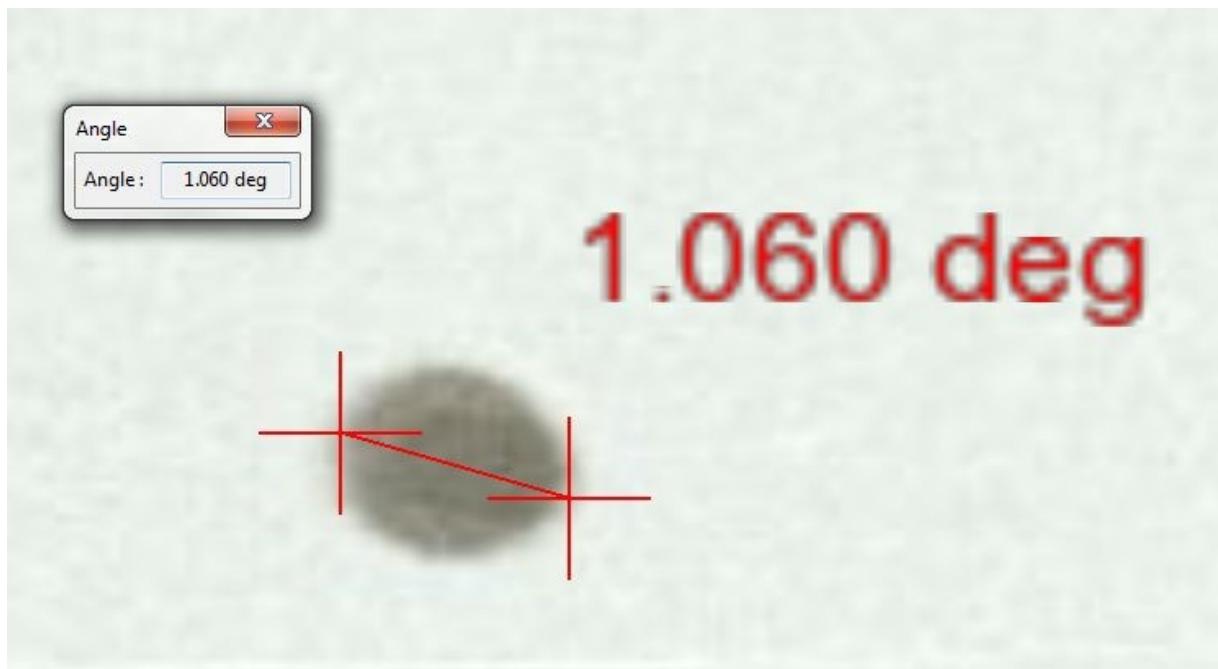
Pour LC₃ et LC₄ (photos au format paysage) :

Pour LC₅ et LC₆ (photos au format portrait) :

Etude géométrique

Taille angulaire de l'ovni

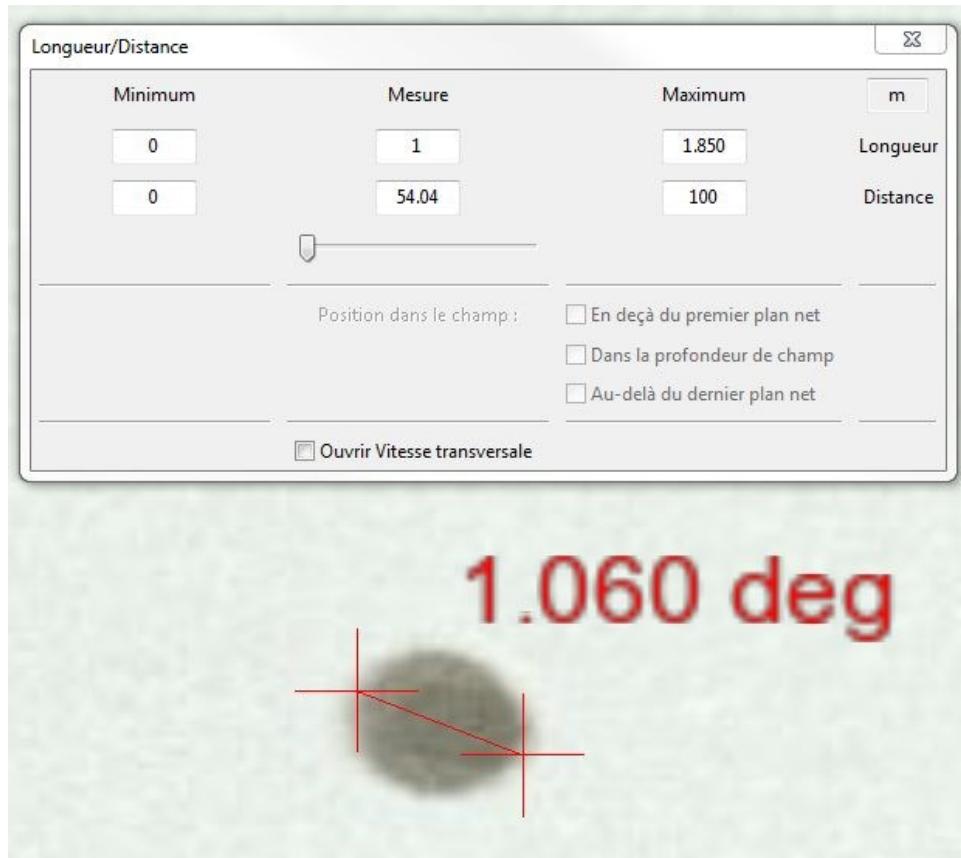
Pour chacune des quatre images **LC₃**, **LC₄**, **LC₅** et **LC₆**, la fonction *Angle* d'IPACO a été utilisée afin de mesurer interactivement l'angle sous-tendu par le diamètre de la base circulaire de l'ovni :



En fait, plusieurs séries de mesures ont été réalisées, en utilisant différents écrans, de façon à prendre en compte l'aspect interactif de cette opération. Les résultats médians suivants ont été retenus pour la taille angulaire de la base de l'ovni :

Sur LC₃	:	1.06°
Sur LC₄	:	1.08°
Sur LC₅	:	0.93°
Sur LC₆	:	0.67°

Sur chacune des quatre images, la fonction *Longueur Distance* d'IPACO a alors été utilisée pour mesurer le ratio entre le diamètre de l'ovni et sa distance de l'appareil photo :



Sur **LC₃**, on peut remarquer, comme indiqué ci-dessus, que :

- si la distance entre l'ovni et l'appareil photo était de 100 m, son diamètre était de 1.85 m
- si le diamètre de l'ovni était de 1 m, sa distance de l'appareil photo était de 54.04 m

La table suivante indique, pour différentes valeurs possibles du diamètre \emptyset de l'ovni, les valeurs respectives de la distance entre l'ovni et l'appareil photo, dans les 4 photos :

\emptyset (m)	LC₃	LC₄	LC₅	LC₆
0.1	5.4 m	5.3 m	6.2 m	8.6 m
1	54 m	53 m	62 m	86 m
10	540 m	531 m	616 m	855 m
100	5404 m	5305 m	6161 m	8552 m

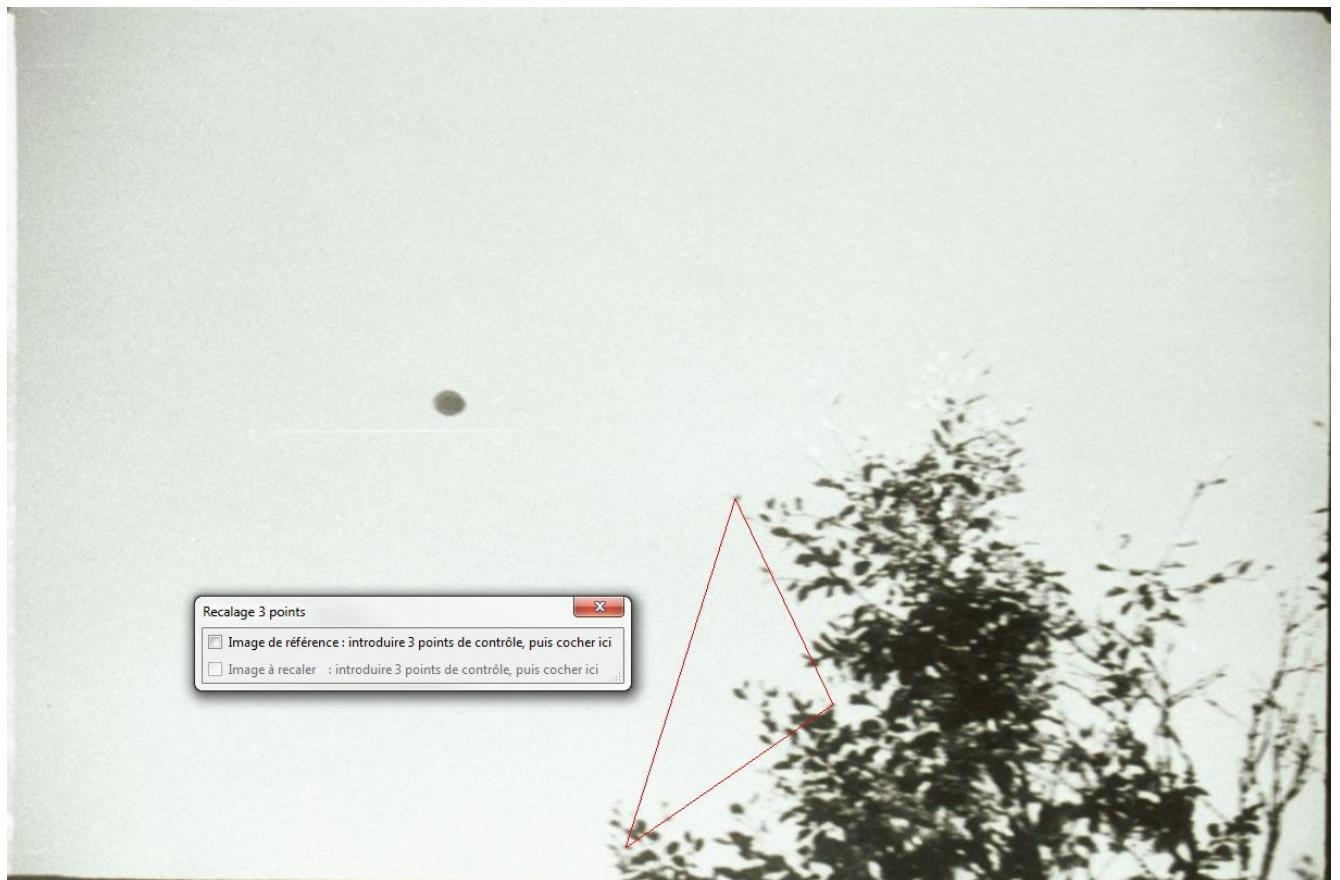
(Table 1)

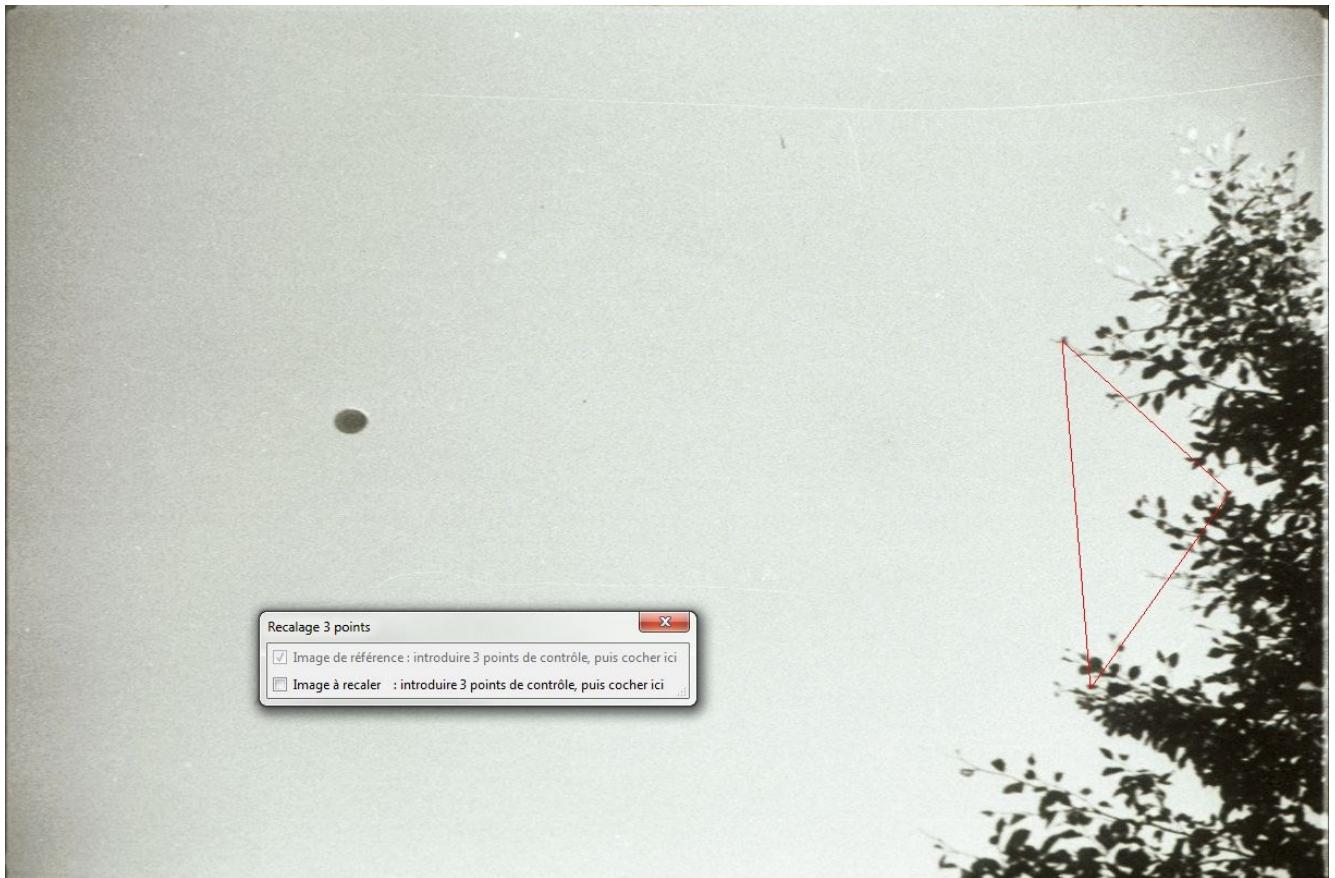
Il est donc possible d'établir les variations relatives de la distance ovni-appareil photo entre les quatre photos. Si cette distance est égale à d sur **LC₃**, ses valeurs respectives dans les quatre photos sont :

$$\begin{array}{ll}
 \text{In } \mathbf{LC_3} & : \quad d \\
 \text{In } \mathbf{LC_4} & : \quad 0.98 d \\
 \text{In } \mathbf{LC_5} & : \quad 1.14 d \\
 \text{In } \mathbf{LC_6} & : \quad 1.58 d
 \end{array}$$

Déplacement angulaire de l'ovni entre LC₃ et LC₄

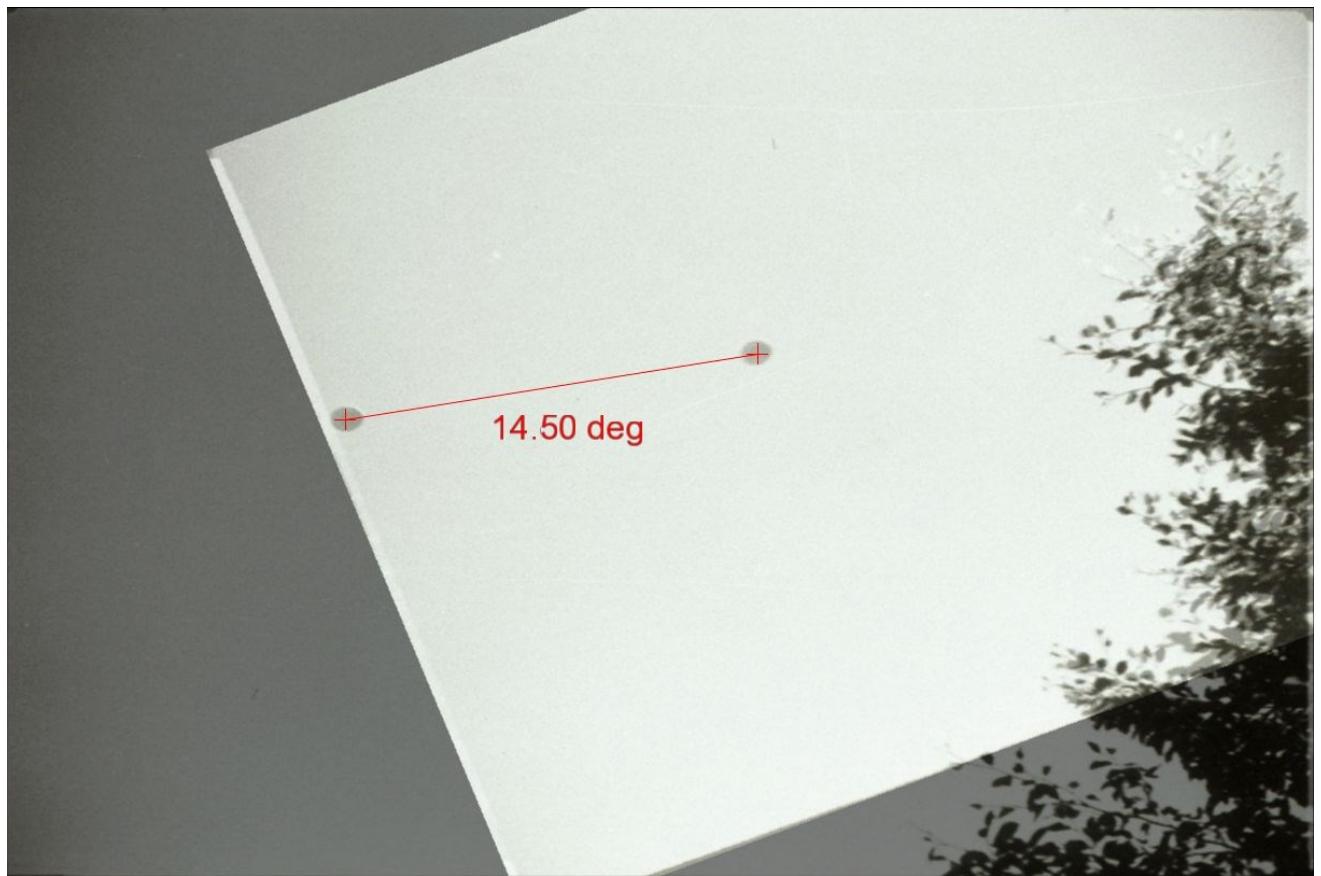
Sur les deux premières images **LC₃** et **LC₄**, les mêmes feuilles sont visibles. La fonction *Recalage 3 points* d'IPACO a permis de réaliser un recalage empirique des deux images, à l'aide d'une transformation géométrique linéaire basée sur trois points de contrôle, fournissant alors une image composite **LC₃₊₄** à partir de la somme des deux images recalées.





LC3+4 (1218 x 806 pixels)

Après l'attribution à cette image composite des mêmes paramètres techniques qu'aux images **LC₃** et **LC₄**, la fonction *Angle* a pu fournir la valeur du déplacement angulaire parcouru par l'ovni par rapport à l'appareil photo entre les deux prises de vues :



Pour prendre en compte l'aspect empirique de ce recalage, ainsi que les diverses incertitudes, une série de mesures a été réalisée, avec différents choix pour les trois points de contrôle (les mêmes feuilles identifiées sur les deux photos). Les résultats s'étaisent de 14.2° à 14.8°, et la valeur moyenne suivante a été retenue pour le déplacement angulaire **a** entre **LC₃** et **LC₄** :

$$\mathbf{a} = 14.5^\circ$$

Mesures déduites de l'essence des arbres

Des arbres sont clairement visibles sur les images LC₃, LC₄ et LC₆. Un inventaire forestier du département du Puy-de-Dôme, produit par l'IGN (Institut Géographique National), montre qu'au début des années 50 poussaient exclusivement des hêtres dans cette zone, près du lac Chauvet, à une altitude d'environ 1200 m. Un examen minutieux des photographies a confirmé cette information (*voir les images ci-dessous*).



Hêtre

Hêtre vu sur **LC4**

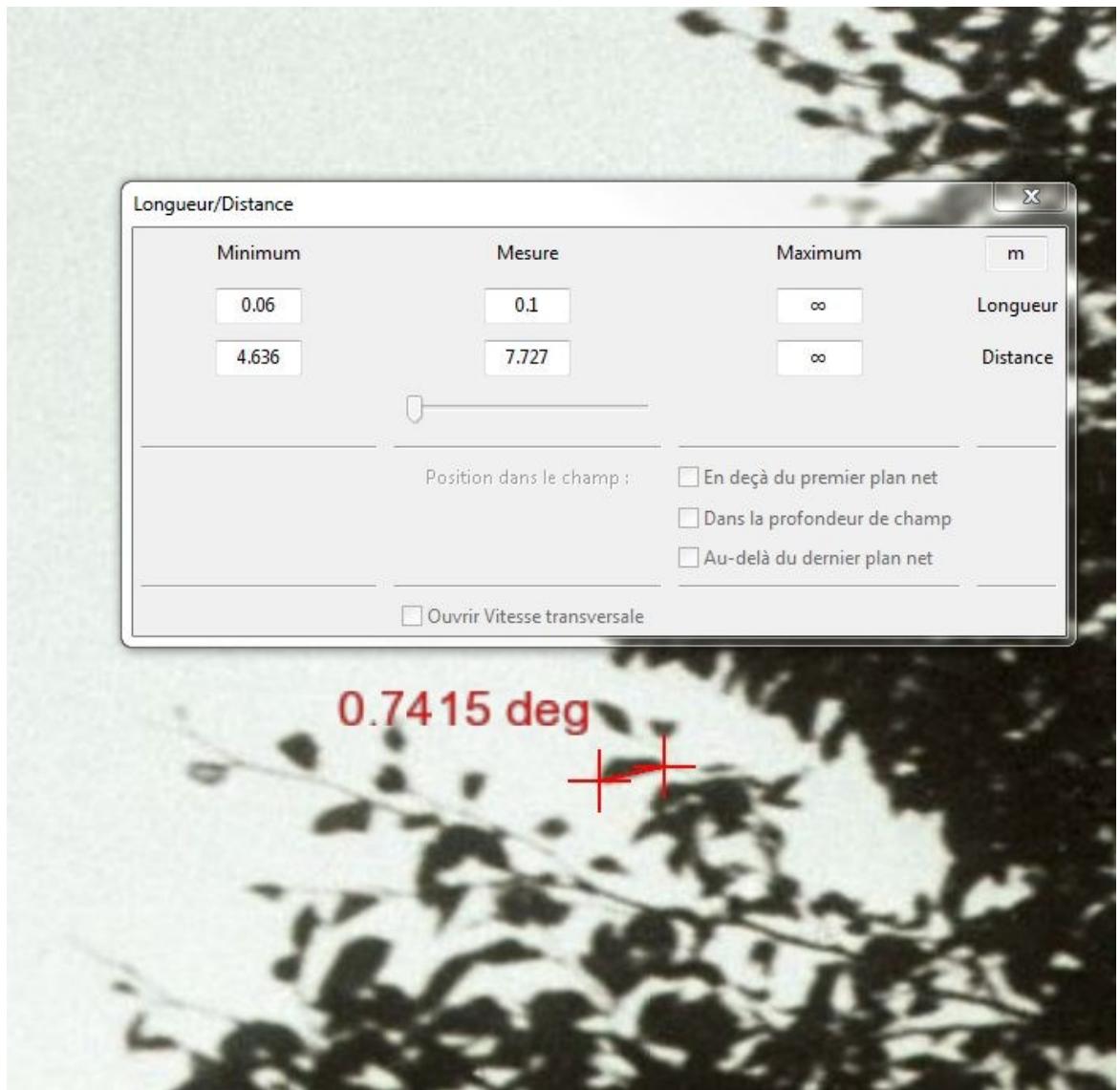
Il est connu qu'à maturité les feuilles d'un hêtre standard ont une longueur comprise entre 6 cm et 10 cm.

Cependant, au cours de la mission sur site, il a été observé qu'à cette altitude, les feuilles des hêtres étaient plus courtes que la valeur moyenne attendue de 8 cm.

Une valeur moyenne de **6.5 cm** a donc été retenue, permettant l'estimation de paramètres utiles de la scène.

Evaluation de la distance entre l'appareil photo et les arbres

La distance entre l'appareil photo et les hêtres observés, dans les images LC₃, LC₄ (hêtre appelé "Arbre₃₋₄" dans la suite) et LC₆ (hêtre appelé "Arbre₆" dans la suite) respectivement, a pu être évaluée à l'aide de la fonction *Longueur Distance* d'IPACO, comme suit :



Feuille du hêtre Arbre₃₋₄ dans LC₄

Les longueurs de plusieurs feuilles ont ainsi été mesurées sur chacune des images LC₃, LC₄ et LC₆, conduisant aux résultats médians suivants pour la distance entre l'appareil photo et le hêtre, en fonction de la longueur des feuilles :

Longueur d'une feuille	Distance sur LC ₃	Distance sur LC ₄	Distance sur LC ₆
6	5.2 m	5.0 m	8.7 m
6.5	5.6 m	5.4 m	9.4 m
8	7.0 m	6.6 m	11.6 m

(Table 2)

Position du photographe

Un examen minutieux des quatre images a montré que le photographe n'avait probablement pas pris toutes les photos en position debout (haute), car certaines d'entre elles ont visiblement été prises en position assise ou accroupie (basse : plus près du sol).

LC₃-LC₄ :

Au début du film Pathé, M. Frégnaire était censé occuper exactement la même position que la semaine précédente, lorsqu'il avait effectivement réalisé ses premiers clichés.

Etant donné qu'il apparaissait assis dans le film, on a considéré que sa position réelle lors de la réalisation de ses deux premières photos était basse.

LC₅ :

A la fin du film Pathé, M. Frégnaire apparaissait en train de photographier un ballon, en principe exactement dans les conditions originales. Dans cette séquence, il se tenait debout et portait son appareil photo au "format portrait" (ce qui correspondait à LC₅ et LC₆, les deux autres photos LC₃ et LC₄ ayant été prises au "format paysage").

La photo qu'il tenait en main dans le film, pour la comparer avec celle d'un ballon, était précisément LC₅.

Pour cette raison, on a considéré que LC₅ avait été prise en position haute.

LC₆ :

Un examen minutieux de l'herbe au premier plan de l'image LC₆ donnait une forte impression de proximité, tout à fait identique à celle du début du film Pathé, et franchement différente de photos prises plus tard sur le site par les membres de l'équipe d'enquêteurs qui se tenaient debout. Or le caméraman Pathé était visiblement assis, comme M. Frégnaire, ce qui expliquait l'impression de proximité de l'herbe dans le film.

Pour cette raison, il a été considéré que LC₆ avait été prise en position basse.

Afin de quantifier les choses il a été supposé, sur la base d'une taille humaine masculine standard de 1.70 m, que les deux hauteurs possibles de l'appareil photo étaient :

- Position debout (haute) : 1.60 m (LC₅)
- Position assise/accroupie (basse) : 1.00 m (LC₃, LC₄ et LC₆)

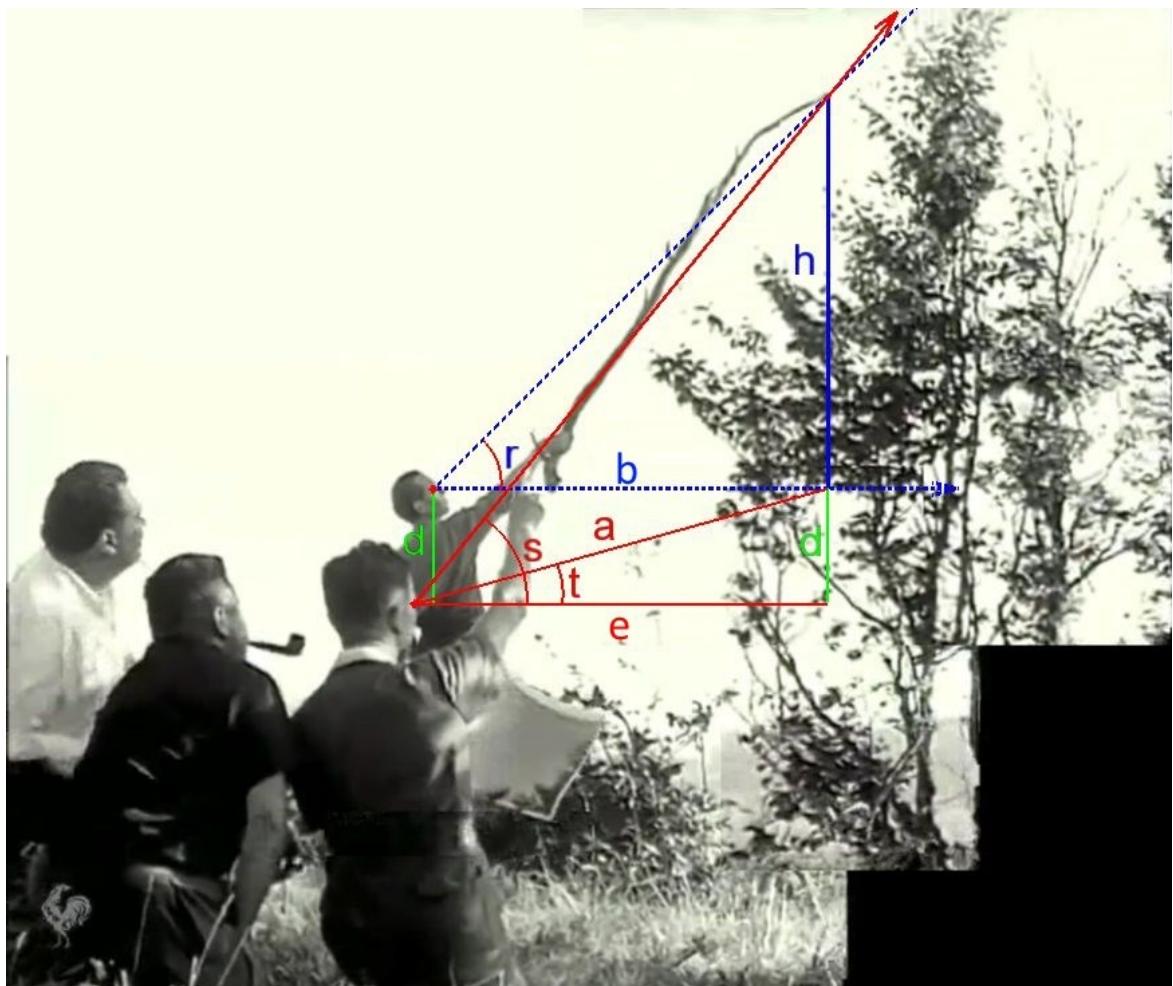
En tout état de cause, plusieurs séries de calculs ont été menées avec différentes combinaisons de ces positions, qui ont prouvé que ce paramètre avait un impact très limité sur les résultats finaux.

Elévation de l'ovni

Dans LC₃

A partir de l'image mosaïquée extraite du film Pathé, référencée plus haut (*p.6*), nous avons pu évaluer l'angle d'élévation α de l'ovni sur la base des hypothèses et du diagramme suivants :

- Le témoin M. Frégna (l'homme à droite au premier plan) se tenait assis à l'emplacement même d'où LC₃ avait été prise, donnant des indications à l'assistant qui tenait un bâton.
- L'extrémité du bâton indiquait la direction de l'ovni vu par le témoin, au moment de LC₃.
- Le bras de l'assistant et le bâton qu'il tenait étaient dans un plan vertical V perpendiculaire à la ligne de visée de la caméra Pathé, et donc quasi-perpendiculaire au plan vertical contenant les têtes respectives du témoin et de l'assistant.
- Le bras de l'assistant (de l'épaule au bout des doigts) avait une longueur standard pour un homme : 65 cm.
- La différence de hauteur **d** entre les têtes respectives de l'assistant (debout) et M. Frégna (assis), c'est-à-dire entre les positions haute et basse (*voir plus haut*), était égale à 60 cm.



Nous avons mesuré l'angle **r** sur l'image:

$$r = 45^\circ$$

d'où :

$$b = h$$

Dans le plan vertical V, nous avons pu déduire de la longueur du bras la valeur de **b** :

$$b = h = 2.0 \text{ m}$$

La distance **a** du témoin au milieu de Arbre₃₋₄ dans LC₃ avait déjà été évaluée (*voir Table 2*) :

$$a = 5.6 \text{ m}$$

L'angle d'élévation **s** a été calculé comme suit :

$$t = \arcsin(d / a)$$

$$e = a \cos(t)$$

$$s = \arctan[(h + d) / e]$$

$$s = \arctan\{(h + d) / a \cos[\arcsin(d / a)]\}$$

Elévation de l'ovni par rapport à l'appareil photo dans LC₃ = 25°

Dans LC₆

Afin d'évaluer l'angle d'élévation de l'ovni vu de l'appareil photo dans l'image LC₆ (la seule des quatre pour laquelle cela était possible), nous nous sommes appuyés sur l'arbre de gauche, puisqu'il s'agissait de façon certaine du hêtre Arbre₆. Le but était de déterminer, dans le plan vertical contenant l'ovni et l'appareil photo, un point dans le plan horizontal de l'appareil photo (hauteur **h**), puis de mesurer l'angle d'élévation entre ce point et l'ovni.

La hauteur de l'appareil photo **h** fut prise égale à celle de la "position basse" précédemment définie (position assise/accroupie) :

$$h = 1 \text{ m}$$

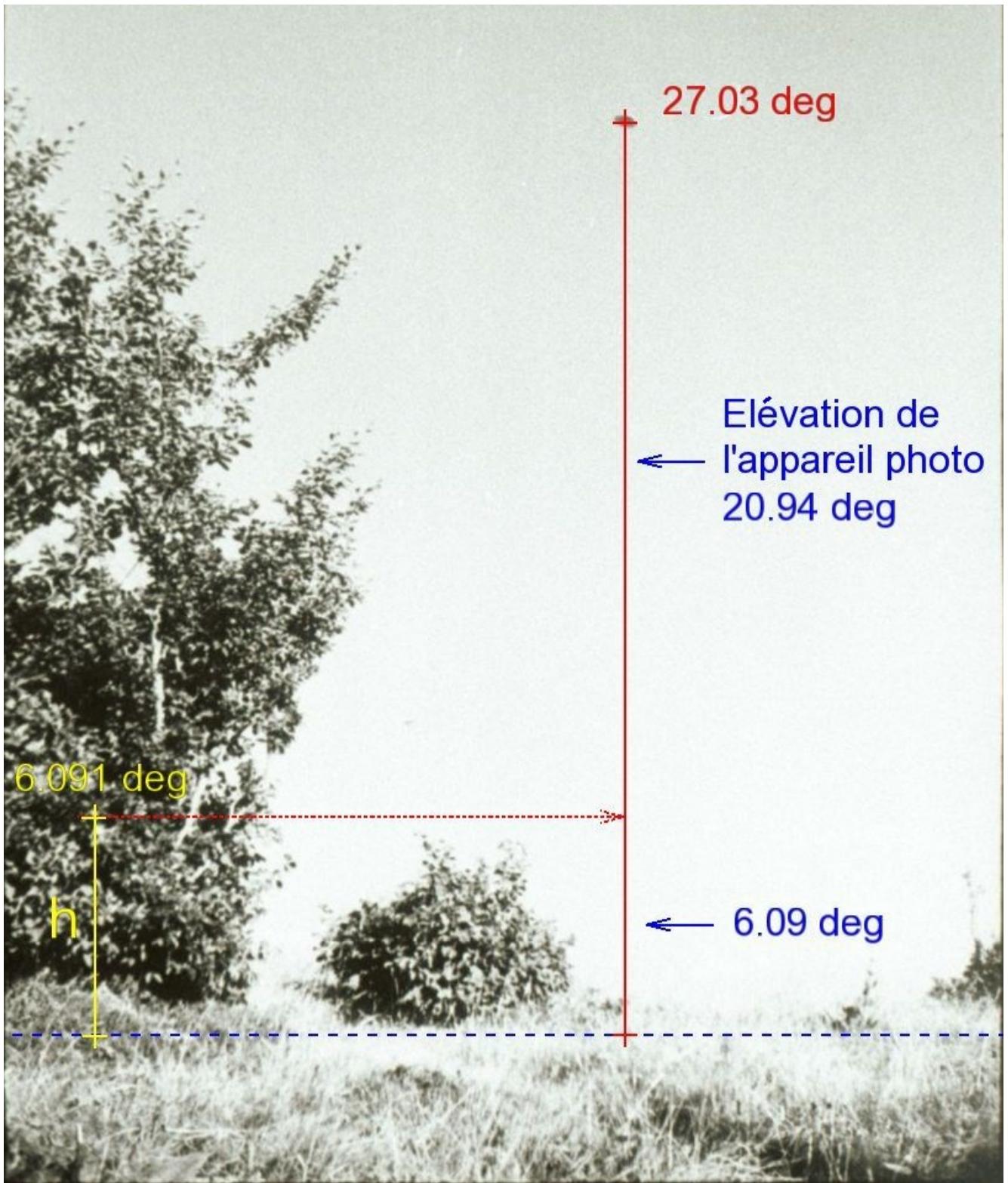
Compte tenu de la longueur des feuilles de 6.5 cm et de la distance déduite de 9.4 m entre l'appareil photo et l'arbre (*Table 2*), la hauteur angulaire correspondant à la hauteur **h** de l'appareil photo reportée sur l'arbre a pu être calculée :

$$2 \arctan[(1/2) / 9.4] = 6.09^\circ$$

conduisant à l'évaluation suivante :

Elévation de l'ovni par rapport à l'appareil photo dans LC₆ = 27.03 – 6.09 = 20.9°

comme illustré par la capture d'écran d'IPACO suivante :

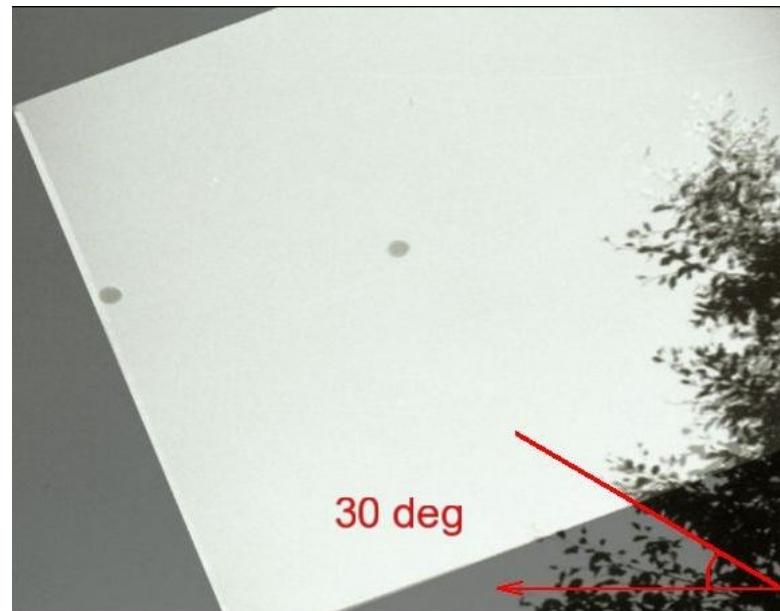


Angles d'inclinaison respectifs des photographies

LC_{3+4}

Le seul point de comparaison avec LC_{3+4} disponible était l'image extraite du film Pathé, montrant le même arbre, photographié depuis quasiment le même endroit.

En supposant cette image horizontale, une certaine branche bien contrastée a été identifiée, à peu près perpendiculaire à la ligne de visée, à la fois dans l'image extraite et dans l'image composite LC_{3+4} :



Des deux angles mesurés, nous avons déduit l'angle d'inclinaison de LC_{3+4} :

$$\text{Angle d'inclinaison} = 56 - 30 = +26^\circ$$

LC₅

La seule référence dans cette image est le cumulus stratifié observé en bas. La face inférieure d'un tel nuage étant normalement horizontale, nous avons pu évaluer une valeur raisonnable pour l'angle d'inclinaison de LC₅ :



Angle d'inclinaison = **-3°**

LC₆

Les investigateurs précédents ont essayé de montrer que LC₆ devait être inclinée d'un angle dont la valeur variait dans une large fourchette, dans le sens horaire ou dans le sens contraire.

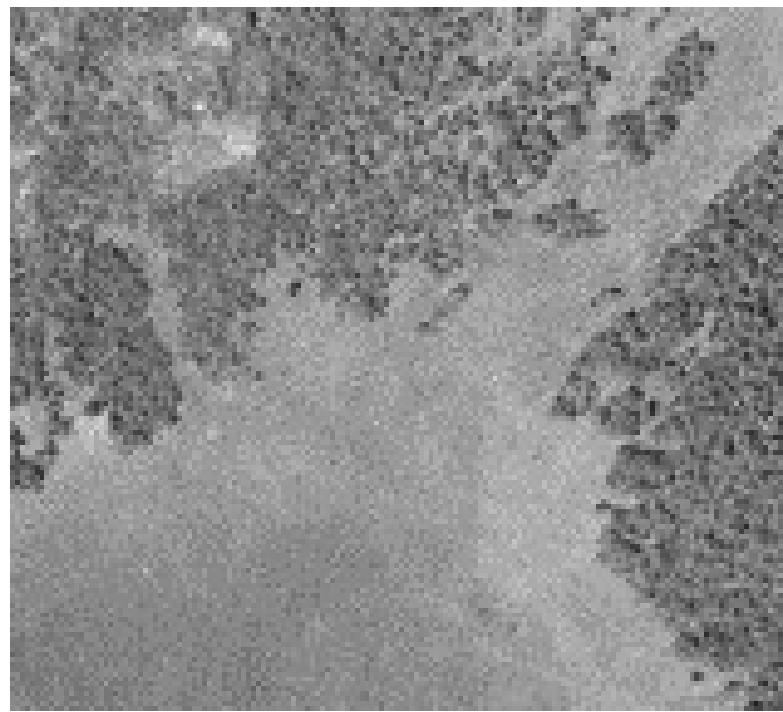
Nous avons préféré nous en tenir à notre impression initiale que cette photo était à peu près horizontale, ce qui paraissait normal pour un photographe professionnel en face d'un tel paysage :

Angle d'inclinaison = **0°**

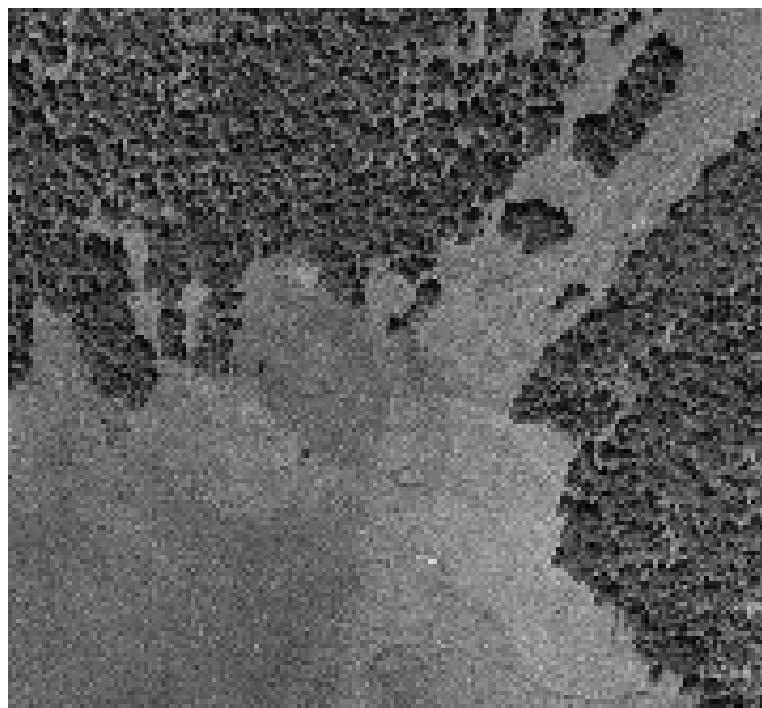
Plan du site

Tous les détails à propos des investigations sur site qui ont conduit à une localisation précise des évènements sont fournis dans l'*Annexe*.

Trois photographies aériennes de l'IGN (Institut Géographique National), datées respectivement de 1955, 1968 et 2009, ont été utilisées pour visualiser la zone concernée :



1955



1968



2009

La troisième image est la plus précise, permettant les calculs ultérieurs. Elle a été obtenue à travers le site [Géoportal](#). Les trois images sont correctement orientées vers le nord.

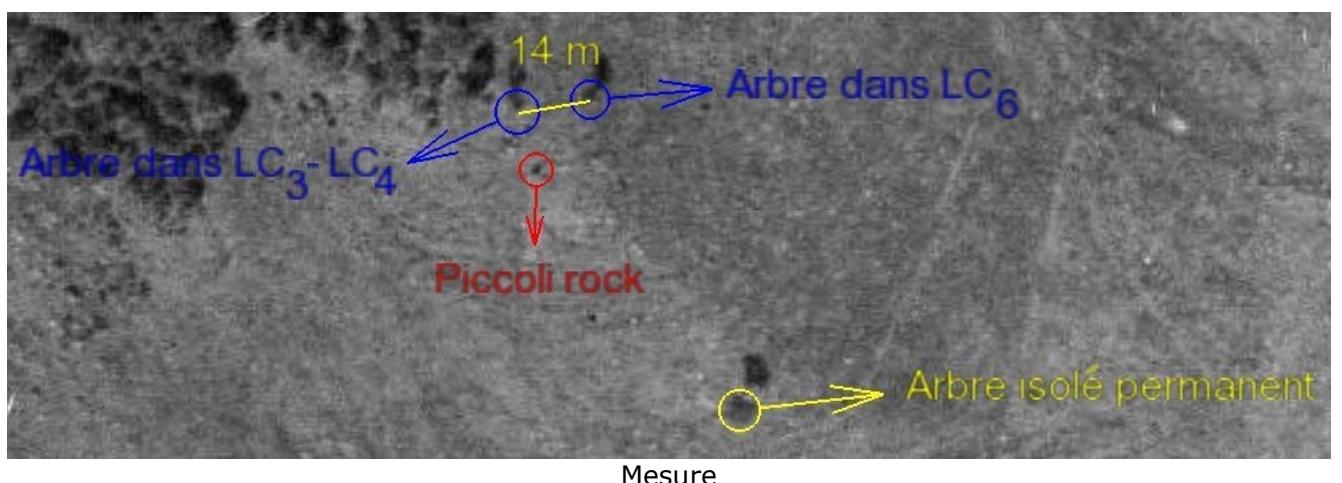
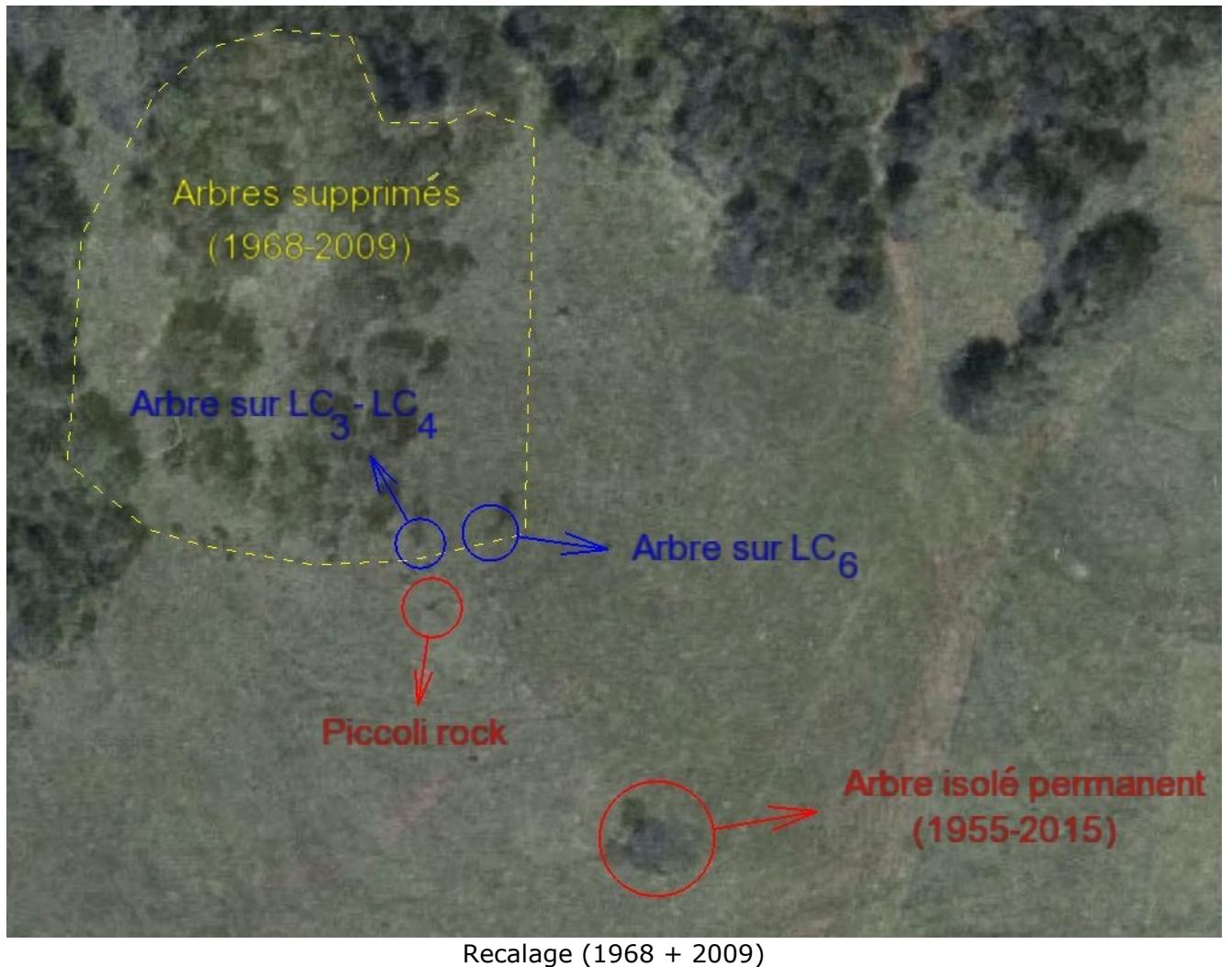
On a immédiatement remarqué qu'une partie significative des arbres avait été rasée entre 1968 et 2009.

Plusieurs détails remarquables de la scène ont été facilement reconnus et utilisés comme références dans plusieurs images (*voir Annexe à partir de p.112*) :

- Le “Piccoli rock” : il s’agit du plus gros rocher de toute la zone, visible sur les trois photos de l’IGN ainsi que sur le film Pathé, photographié par Raymond Piccoli en juillet 2008 et par l’équipe d’investigation en juillet 2015 (*voir Annexe p.102*).
- Un arbre isolé permanent, qui visiblement n’a pas changé depuis 1955.
- Le hêtre Arbre₃₋₄ apparaissant sur LC₃ et LC₄, visible sur les photos de l’IGN datées de 1955 et 1968, ainsi que sur le film Pathé.
- Le hêtre Arbre₆ apparaissant sur LC₆, visible sur les photos de l’IGN datées de 1955 et 1968.

Afin de permettre des mesures, les deux images de l'IGN datées de 1968 et 2009 ont été recalées à l'aide d'IPACO. Puis, en utilisant les outils standards de *Géoportail* sur l'image de 2009, nous avons pu mesurer la distance entre Arbre₃₋₄ et Arbre₆ sur l'image de 1968.

Ce processus en deux étapes est illustré comme suit :



Distance Arbre₃₋₄-Arbre₆ \approx 14 m

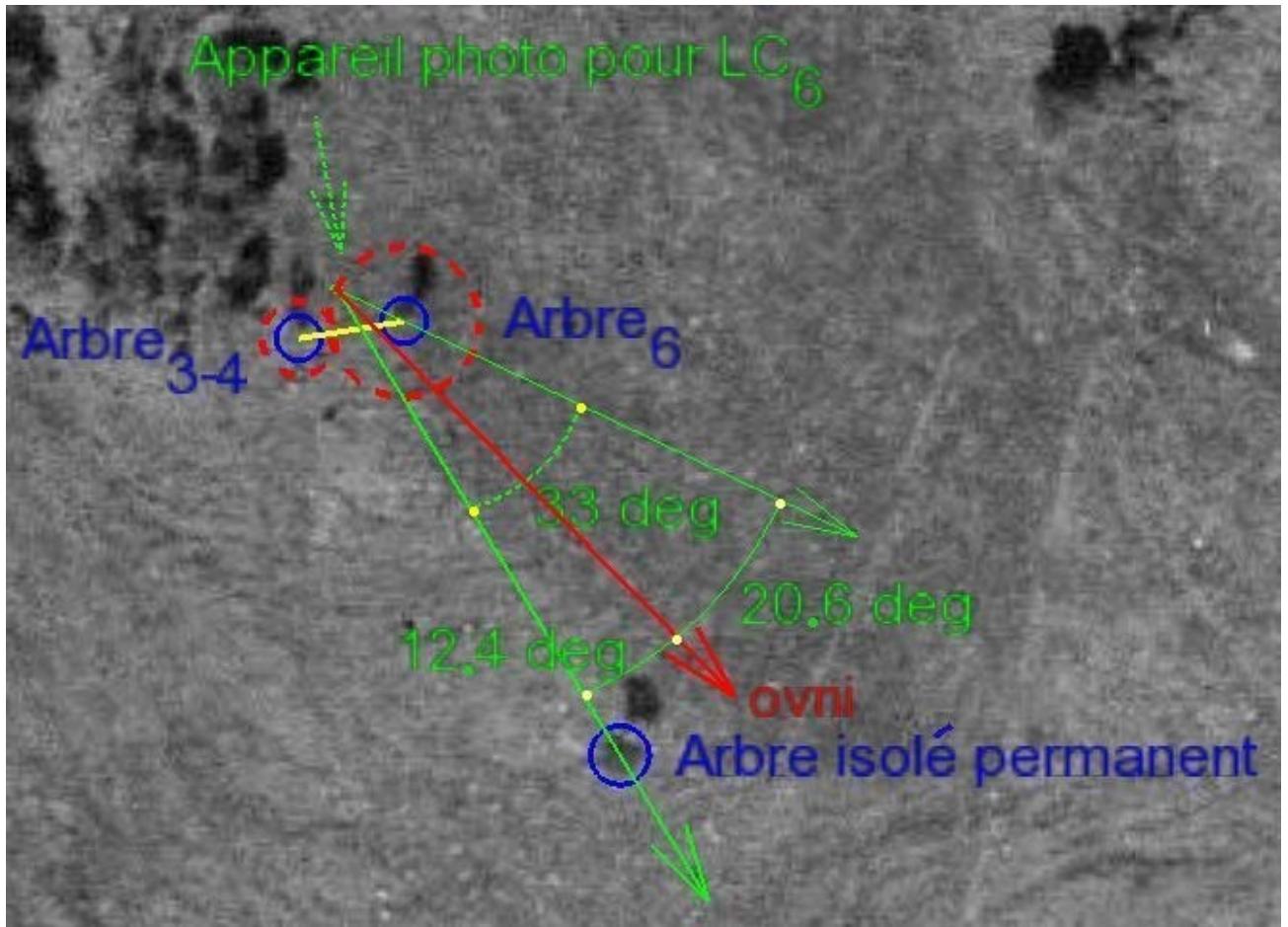
Après un examen plus approfondi de l'image LC₆, il est apparu que, en plus de Arbre₆ sur le côté gauche, ce qui apparaissait comme un buisson dans le coin inférieur droit ne pouvait être, en fait, que le sommet de l' "arbre isolé permanent". La distance angulaire entre cet arbre et Arbre₆ pouvait donc être évaluée dans LC₆.



LC₆

Cette évaluation de la distance angulaire de 33° ne pouvait être qu'approximative, mais nous avons pu établir par la suite que l'incertitude induite correspondante avait un impact très limité sur les résultats finaux.

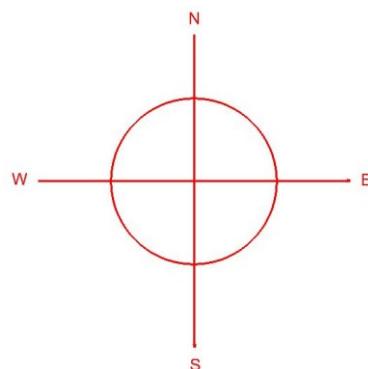
Cette valeur angulaire a été utilisée avec l'image de 1968 pour déterminer la position de la caméra lors de la prise de vue LC₆.



La position de l'appareil photo associée à LC₆ a été localisée quelque part sur la circonference du cercle en pointillé rouge de droite (*voir schéma ci-dessus*), qui indique sa distance déjà calculée de Arbre₆ (9.4 m : *voir Table 2, p.16*). Le point de ce cercle qui remplissait la condition d'un angle de 33° entre l'arbre isolé permanent et Arbre₆, vu de l'appareil photo, est indiqué en vert ("Appareil photo pour LC₆").

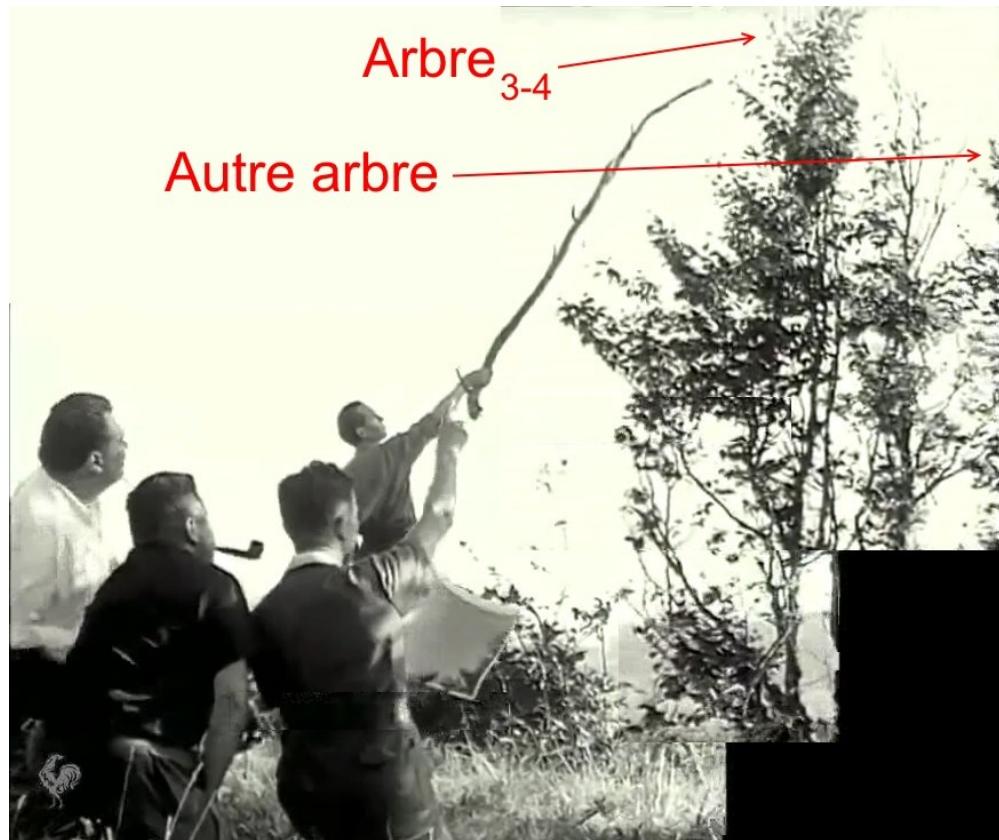
La position de l'appareil photo associée à LC₃ était localisée quelque part sur la circonference du cercle en pointillé rouge de gauche (*voir schéma ci-dessus*), qui indique sa distance moyenne de Arbre₃₋₄ déjà calculée (5.5 m). Un processus d'élimination en trois étapes nous a alors permis de réduire les parties possibles de ce cercle qui étaient compatibles avec les contraintes environnementales.

La fourchette initiale de solutions possibles était donc le cercle entier :

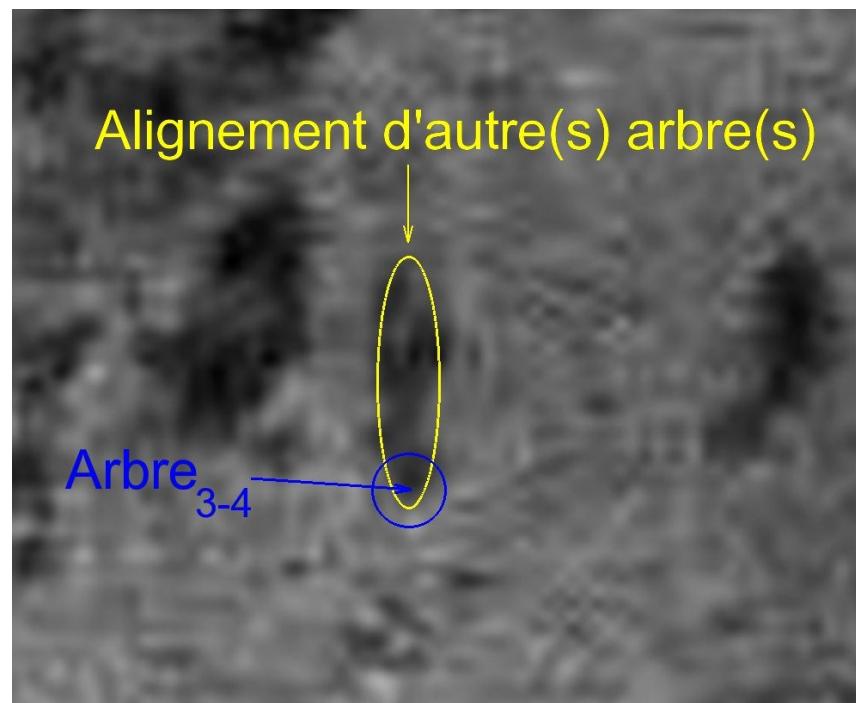


Etape 1

Comme on le voit sur le film Pathé, il y avait au moins un autre arbre à côté de Arbre₃₋₄ :

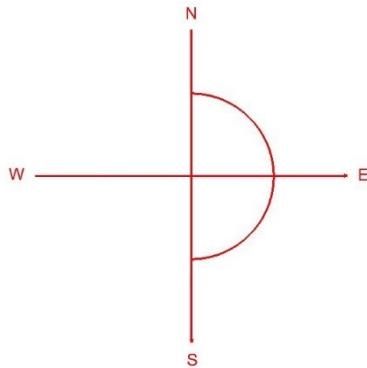


Ce(s) hêtre(s) étais(en)t situés(s) sur une ligne allant de Arbre₃₋₄ vers le nord, comme on peut le voir sur la photo IGN de 1968 :



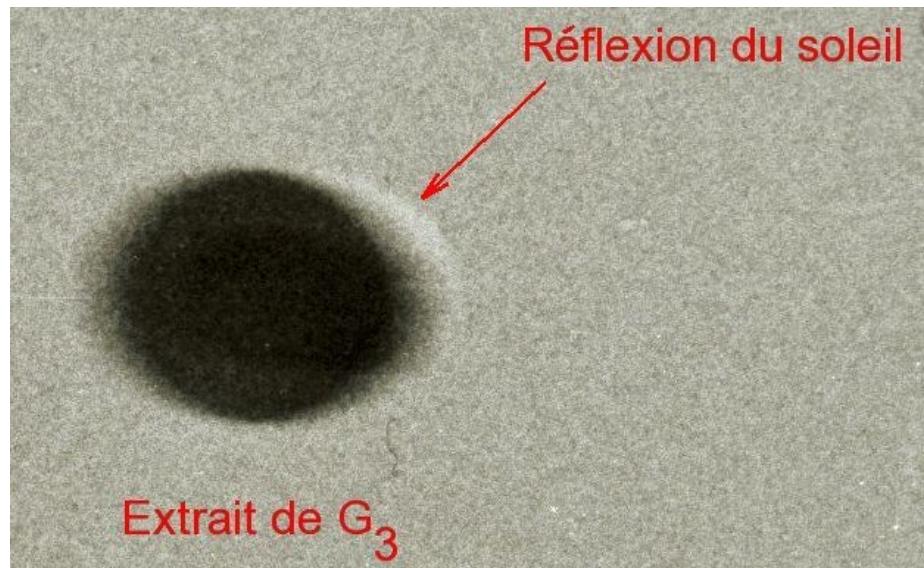
En gardant à l'esprit que, sur LC₃, Arbre₃₋₄ est visible du côté droit de l'image, la ligne de visée de l'appareil photo ne pouvait être que vers l'ouest (azimut entre 180° et 360°). Sinon, l'autre (les autres) arbre(s) aurai(en)t été visible(s) sur LC₃.

A ce stade, la fourchette restante de solutions possibles était donc :

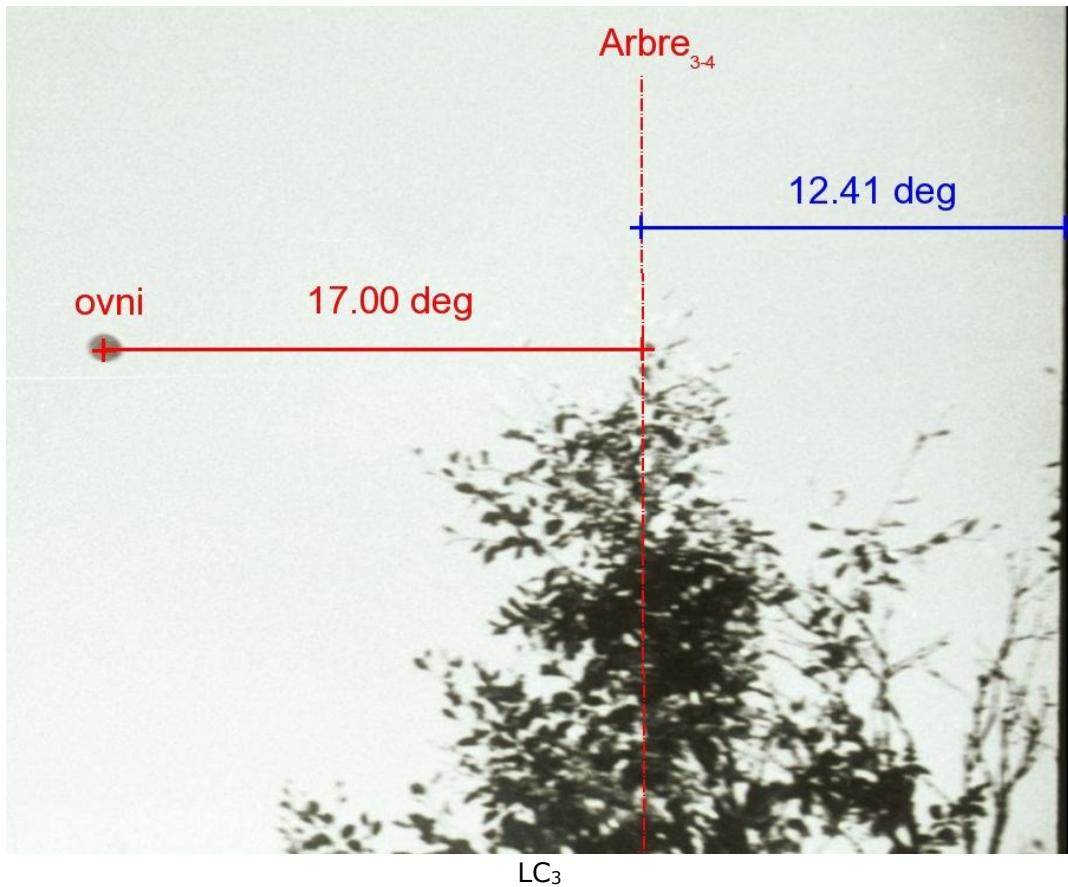


Etape 2

Au moment des faits (1952:07:18 17:10 GMT), l'azimut du Soleil était à l'ouest. De la réflexion du Soleil sur le côté droit de l'ovni sur la photo LC₃, nous avons pu déduire que la ligne de vue de l'ovni depuis l'appareil photo ne pouvait qu'être dirigée vers le sud (azimut entre 90° et 270°).



La différence d'angle d'azimut entre l'ovni et Arbre₃₋₄ dans LC₃ a pu être mesurée :



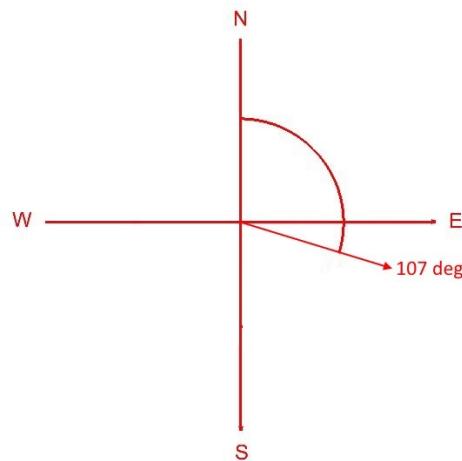
De là nous pouvions déduire la fourchette d'azimuts possibles pour la ligne de visée de Arbre₃₋₄ correspondant à la fourchette d'azimuts précédemment mentionnée pour la ligne de visée de l'ovni entre 90° et 270° :

$$\begin{array}{lll} \text{de} & : & 90 + 17 = 107^\circ \\ \text{à} & : & 270 + 17 = 287^\circ \end{array}$$

La position de l'appareil photo sur le cercle ne pouvait correspondre qu'à un angle compris entre :

$$107 - 180 = -73^\circ \quad \text{et} \quad 287 - 180 = 107^\circ$$

A ce stade, la fourchette restante de solutions possibles était donc :



Etape 3

Les coordonnées exactes du Soleil au moment des faits ont été obtenues avec Stellarium :

Azimut du Soleil : 277.56°

Elévation du Soleil : 22.46°

Il avait déjà été établi (*voir p.19*) que dans LC₃, l'élévation de l'ovni était égale à 25°. Par conséquent, si la fourchette d'azimuts de cette image avait compris l'azimut du Soleil, alors le Soleil aurait été visiblement observé sur cette image.

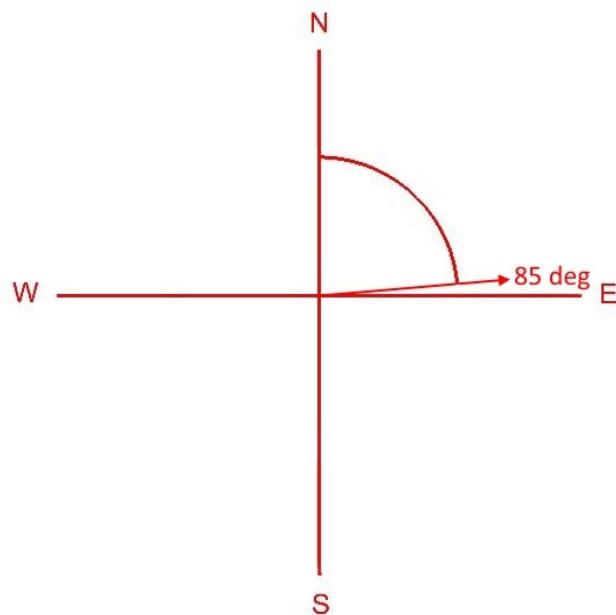
Cela signifiait que l'azimut du côté droit de l'image LC₃ était nécessairement inférieur à 277.56°, et donc que l'azimut de l'arbre dans LC₃ était nécessairement inférieur à cette même valeur diminuée de l'écart en azimut entre les lignes de vues respectives de Arbre₃₋₄ et du côté droit de LC₃ (*voir schéma p.30*) :

$$277.56 - 12.41 \approx 265^\circ$$

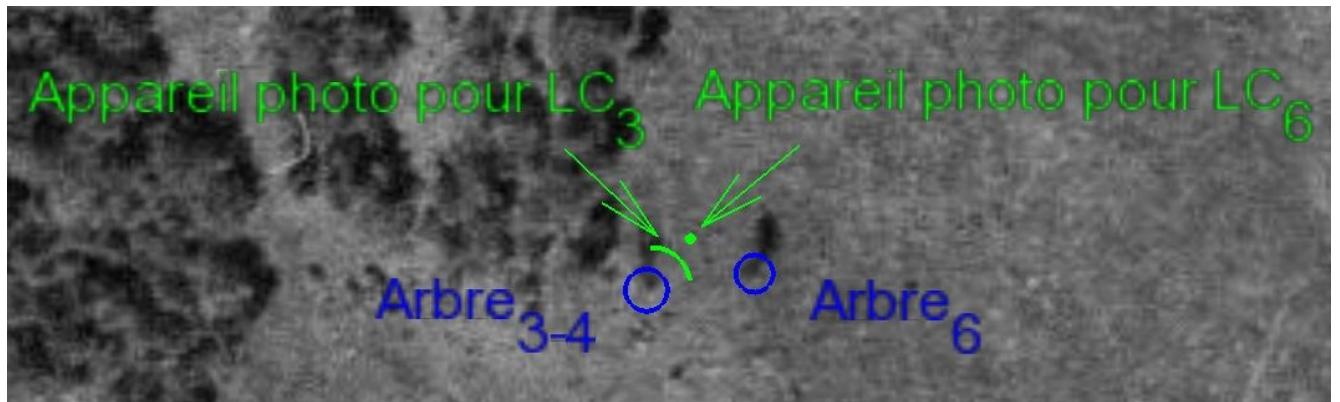
La position de l'appareil photo sur le cercle ne pouvait correspondre qu'à un angle inférieur à :

$$265 - 180 = 85^\circ$$

Finalement, la fourchette de solutions possibles restantes était :



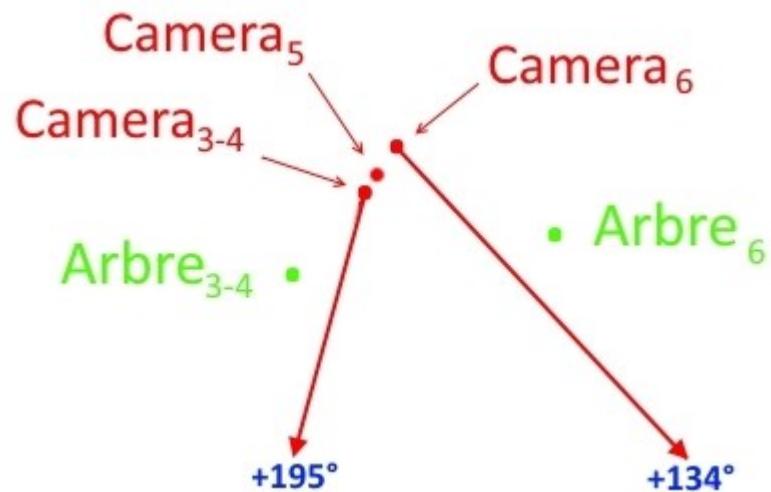
Les conclusions sur le plan du site peuvent donc être illustrées comme suit :



Pour permettre la poursuite des calculs, sans introduire d'erreur significative, les hypothèses suivantes ont été prises concernant les positions successives de l'appareil photo, projetées sur un plan horizontal :

- LC₃ : la position de l'appareil photo Camera₃ était au milieu de l'arc de cercle de 85° précédemment défini
- LC₄ : Camera₄ était à peu près identique à Camera₃
- LC₅ : Camera₅ se situait à un tiers du chemin allant de Camera₄ à Camera₆ (à peu près proportionnel aux délais entre les prises de vues successives)
- LC₆ : Camera₆ avait déjà été déterminé

En tenant compte des différences connues en azimut entre l'ovni et les arbres de référence dans chacune des images, nous avons pu facilement en déduire les angles d'azimut des lignes de visées de l'ovni respectives dans les images LC₃ et LC₆, comme indiqué ci-dessous en projection sur un plan horizontal :



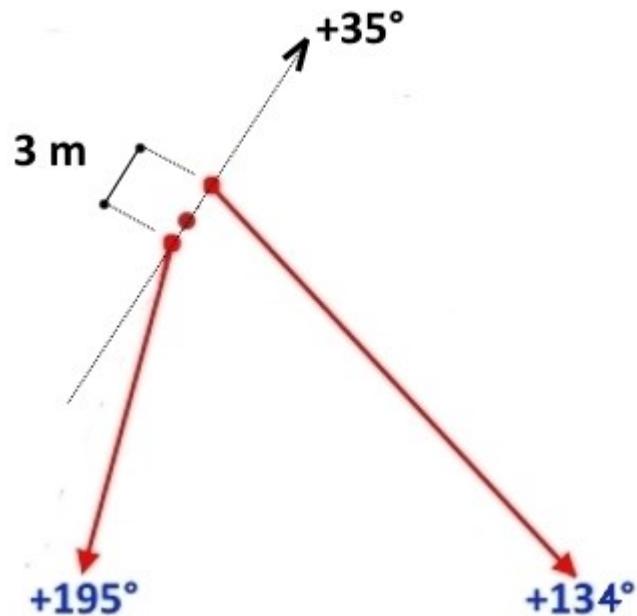
Les distances horizontales entre les trois positions successives de l'appareil photo, ainsi que l'azimut de leur alignement, ont alors pu être mesurés :

Distance horizontale Camera₃₋₄-Camera₆ $\approx 3\text{m}$

Distance horizontale Camera₃₋₄-Camera₅ $\approx 1\text{ m}$

Distance horizontale Camera₅-Camera₆ $\approx 2\text{ m}$

Azimut du vecteur Camera₃₋₄-Camera₆ $\approx 35^\circ$



Mosaïque des quatre images pour une trajectoire rectiligne

Déplacement angulaire de l'ovni durant toute la séquence

A ce stade, quelques hypothèses étaient requises pour pouvoir continuer.

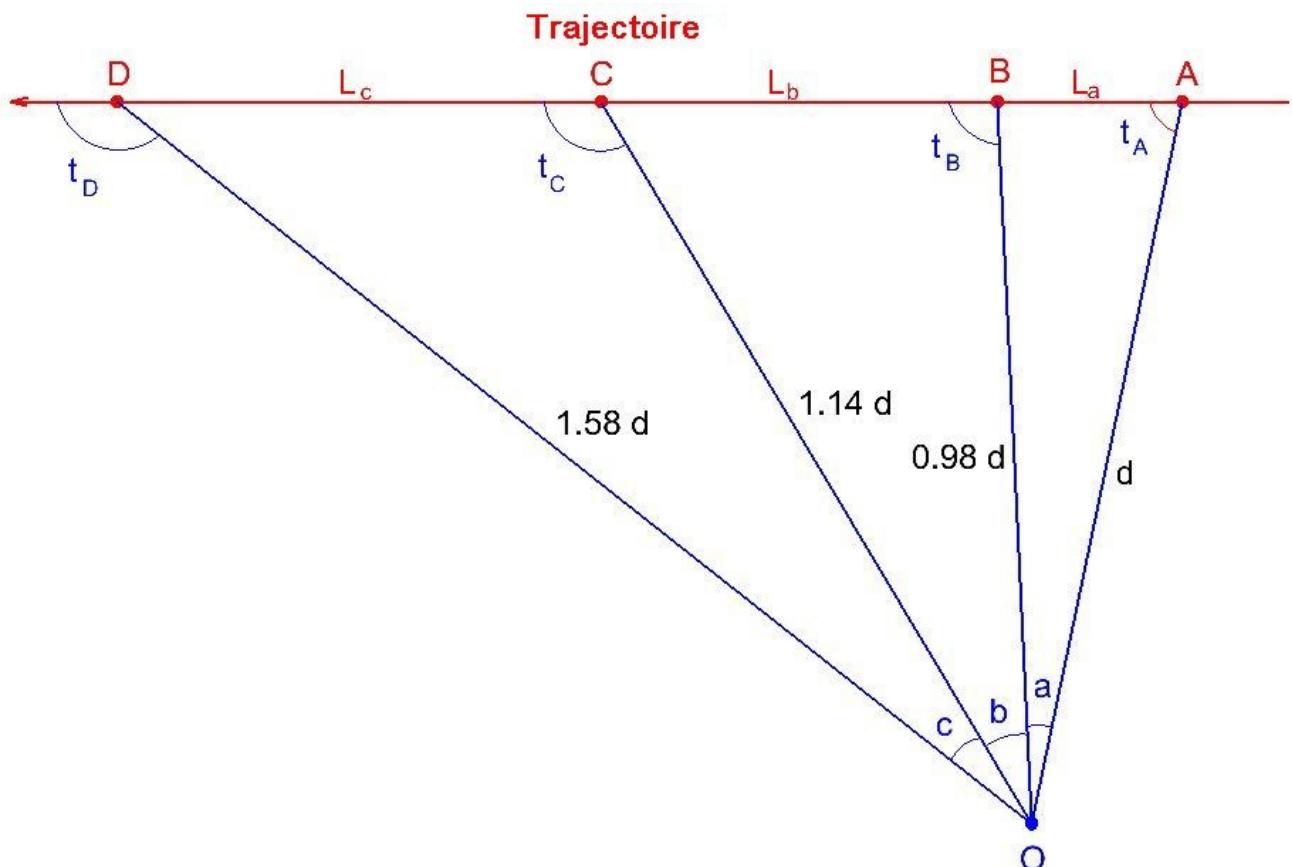
Hypothèse 1 : l'ovni était lointain (plus de 30 mètres de l'appareil photo) **et se déplaçait en ligne droite** (selon le témoin)

L'ovni étant suffisamment éloigné de l'appareil photo, la position de ce dernier pouvait être considérée comme fixe durant toute la séquence, pour les calculs géométriques.

Sur la base des paramètres précédemment mentionnés, il était possible de reconstruire, à une homothétie près, la géométrie de la scène dans le plan défini par la position de l'appareil photo et la trajectoire rectiligne de l'ovni.

Les points significatifs ont été notés comme suit :

- O** : Position (supposée fixe) de l'appareil photo dans l'espace 3-D
- A** : Position de l'ovni dans l'espace 3-D au moment du cliché **LC₃**
- B** : Position de l'ovni dans l'espace 3-D au moment du cliché **LC₄**
- C** : Position de l'ovni dans l'espace 3-D au moment du cliché **LC₅**
- D** : Position de l'ovni dans l'espace 3-D au moment du cliché **LC₆**



Les calculs suivants ont permis de déterminer les angles **t_A, t_B, t_C, t_D** et **a, b, c**, ainsi que les longueurs **L_a, L_b, L_c**, exprimés en fonction de **d**.

L'angle **a** avait déjà été mesuré : **a** = 14.5°

L'application du théorème de Pythagore généralisé au triangle OAB a permis les calculs suivants :

$$\mathbf{L}_a = \sqrt{[d^2 + (0.98 d)^2 - 2 \times d \times 0.98 d \times \cos(14.5^\circ)]} = 0.2507 \mathbf{d}$$

et :

$$\mathbf{t}_A = \arccos \{ [L_a^2 + d^2 - (0.98 d)^2] / [2 d \times L_a] \} = 78.210^\circ$$

$$\mathbf{t}_B = a + t_A = 92.71^\circ$$

Le même théorème a été appliqué avec succès aux triangles OBC et OCD, conduisant à l'ensemble de résultats suivant :

$$t_A = 78.21^\circ$$

$$t_B = 92.71^\circ$$

$$t_C = 120.8^\circ$$

$$a = 14.50^\circ$$

$$b = 28.12^\circ$$

$$c = 20.89^\circ$$

$$L_a = 0.2507 d$$

$$L_b = 0.5379 d$$

$$L_c = 0.6560 d$$

Enfin, l'angle **t_D** a été directement déduit de **c** et **t_C** :

$$t_D = 141.7^\circ$$

A ce stade, on pouvait poser une seconde hypothèse, de façon à estimer la séquence temporelle des quatre prises de vues :

Hypothèse 2 : l'ovni se déplaçait à vitesse constante, sur une durée totale de 25 s (selon le témoin)

Séquence temporelle déduite :

Entre LC ₃ et LC ₄	:	4.3 s
Entre LC ₄ et LC ₅	:	9.3 s
Entre LC ₅ et LC ₆	:	11.4 s
Total	:	25 s

Ceci ne correspondait pas vraiment à ce que le témoin avait rapporté (intervalles réguliers).

Représentation d'une trajectoire rectiligne par une mosaïque

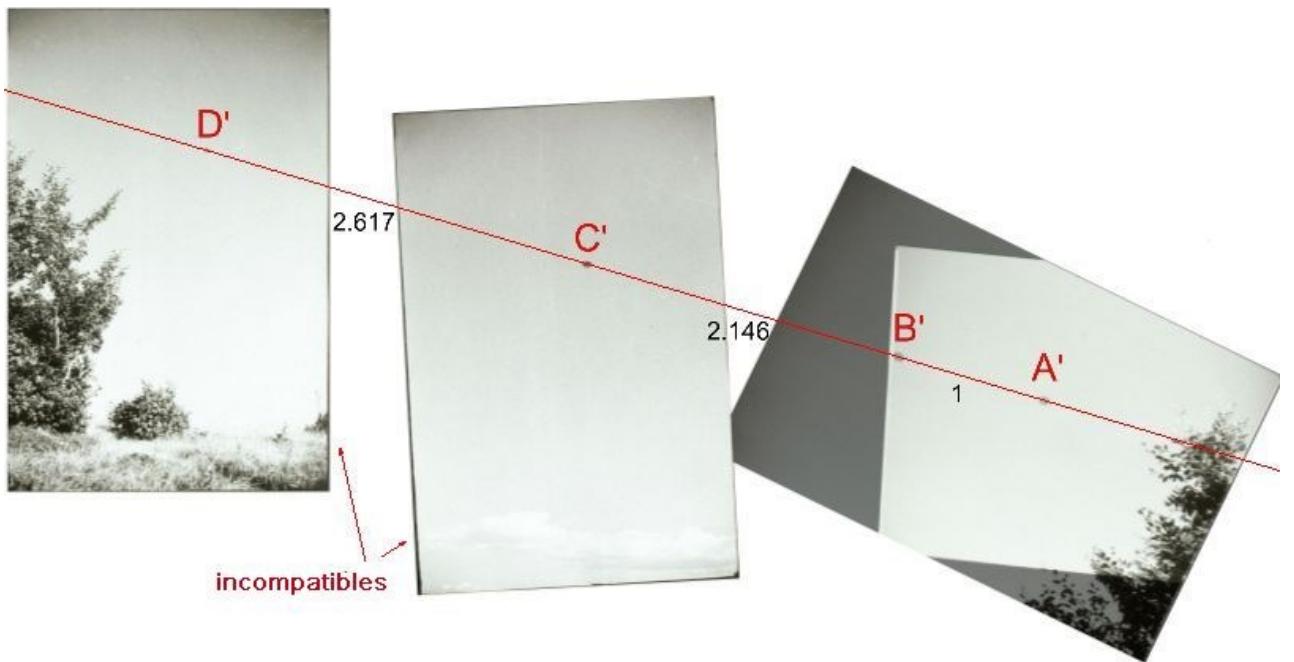
Si les quatre photos avaient présenté des éléments communs du paysage, alors il aurait été possible de les recalier, comme cela a été fait pour LC₃ et LC₄, puis de bâtir une mosaïque, sur laquelle on aurait pu vérifier si les quatre positions successives de l'ovni étaient effectivement sur une ligne droite, à des distances respectant les proportions entre **L_a**, **L_b** et **L_c**.

Ce n'était pas le cas. Cependant, on pouvait raisonnablement supposer que les opérations de recalage consisteraient seulement, pour chaque image, en une translation et une rotation (le témoin n'avait pas bougé significativement), comme on l'avait vérifié en recalant LC₃ et LC₄.

En d'autres termes, en partant de l'image composite **LC₃₊₄** résultant du recalage de **LC₃** et **LC₄**, montrant les deux premières positions de l'ovni séparées par la distance **L_a**, il était possible de localiser les images **LC₅** et **LC₆** en translation, sous la forme d'une mosaïque, en tenant compte des positions respectives du centre de l'ovni le long de la trajectoire rectiligne décrite par le schéma ci-dessus, ainsi que de l'angle d'inclinaison appliquée à chaque image, comme expliqué précédemment.

La mosaïque est équivalente à une photographie grand angle unique et virtuelle idéale (de type "sténopé") générée dans un plan vertical parallèle au plan vertical de la trajectoire. Dans le plan de la mosaïque, les positions successives de la projection du centre de l'ovni ont été désignées par A', B', C' et D'. Les longueurs des segments A'B', B'C' et C'D' dans l'image étaient respectivement proportionnelles aux longueurs des segments AB, BC et CD dans l'espace 3-D :

$$\begin{aligned} B'C'/A'B' &= L_b/L_a = 2.146 \\ C'D'/A'B' &= L_c/L_a = 2.617 \end{aligned}$$



Note: Une telle mosaïque simple ne pouvait pas prétendre être totalement réaliste, puisque seules les positions relatives des points A', B', C' et D' étaient correctes. Chacune des photos individuelles avait été créée dans un plan (focal) particulier, non parallèle au plan de la mosaïque, et aurait dû subir une transformation particulière (essentiellement une rotation 3-D autour de la position de l'ovni) avant d'être projetée sur le plan de la mosaïque, pour fournir une représentation plus réaliste.

A ce stade il est apparu clairement que le problème n'avait pas de solution, puisque quelle que soit la rotation additionnelle appliquée à LC₅ et LC₆, les paysages dans les parties basses de LC₅ et LC₆ apparaissaient absolument incompatibles dans cette mosaïque.

Ceci impliquait que l'Hypothèse 1, requise pour effectuer les calculs, n'était pas correcte, malgré le témoignage (sans nécessairement éliminer la bonne foi du témoin) :

La trajectoire ne pouvait pas être lointaine et rectiligne.

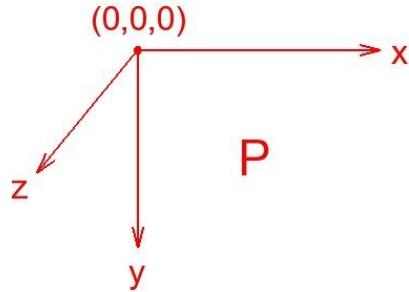
De toute évidence, la vraie trajectoire était un peu incurvée vers le bas. Le modèle naturellement le plus simple consistait alors en un arc de parabole d'axe vertical (modèle précis dans le cas d'un objet passif lancé en l'air), puisque l'impact du vent pouvait être considéré comme négligeable.

Mosaïquage des quatre images pour une trajectoire parabolique

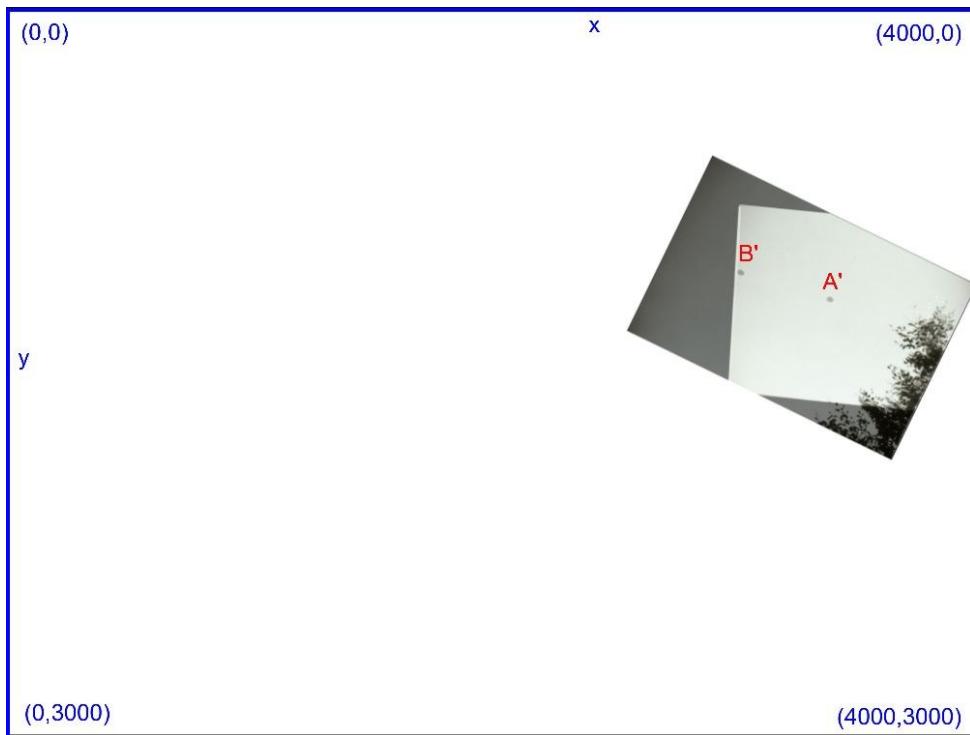
Le problème était désormais de déterminer une trajectoire parabolique qui satisfasse toutes les contraintes connues, y compris d'être compatible avec le paysage.

Un système de référence 3-D (x, y, z) a été choisi, où le plan vertical P de la trajectoire parabolique était défini par :

$$z = 0$$



L'image de référence LC_{3+4} a été arbitrairement positionnée sur une grille (coordonnées x,y), avec l'angle d'inclinaison de 26° calculé précédemment :



Le but était alors de déterminer les coordonnées des quatre positions successives du centre de l'ovni (A, B, C, D), et les quatre positions successives de l'appareil photo (O_A, O_B, O_C, O_D) :

$$\begin{aligned} & A(x_A, y_A, 0), B(x_B, y_B, 0), C(x_C, y_C, 0), D(x_D, y_D, 0), \\ & O_A(x_{OA}, y_{OA}, z_{OA}), O_B(x_{OB}, y_{OB}, z_{OB}), O_C(x_{OC}, y_{OC}, z_{OC}), O_D(x_{OD}, y_{OD}, z_{OD}) \end{aligned}$$

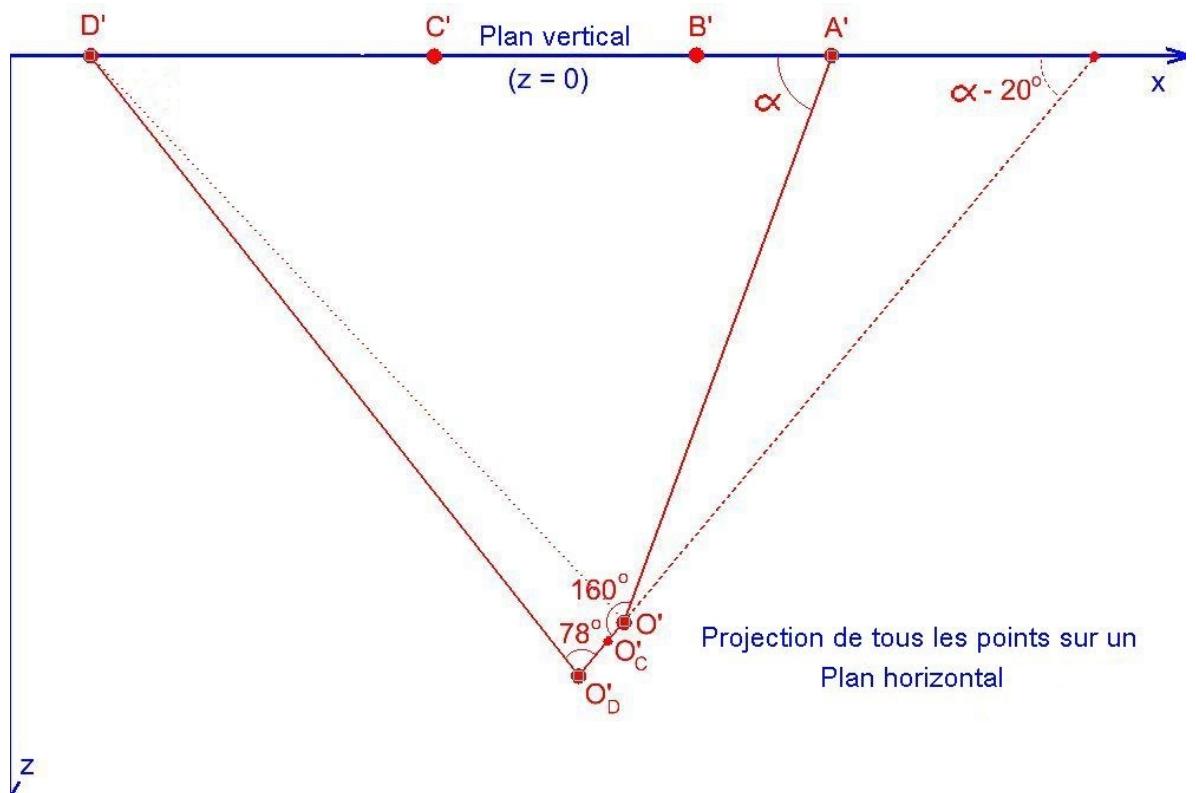
Sur les bases suivantes :

- O_A et O_B étaient supposés identiques (*voir plus haut*) et notés O (x_0, y_0, z_0)
- O , O_C et O_D étaient supposés alignés, O_C se situant à un tiers du chemin de O à O_D (*voir plus haut*)
- La hauteur de l'appareil photo était censée avoir la même valeur y_0 pour LC_3 , LC_4 et LC_6 (position basse), et être supérieure de δ_y pour LC_5 (position haute),

Il a été choisi de prendre pour référence la position initiale O de l'appareil photo, avec les relations suivantes, où δ_x , δ_y et δ_z caractérisent la translation de l'appareil photo entre les prises de vues de LC_4 et LC_5 :

$$\begin{array}{lll} x_{OA} = x_0 & x_{OB} = x_0 & x_{OC} = x_0 - \delta_x \\ y_{OA} = y_0 & y_{OB} = y_0 & y_{OC} = y_0 - \delta_y \\ z_{OA} = z_0 & z_{OB} = z_0 & z_{OC} = z_0 + \delta_z \end{array} \quad \begin{array}{lll} x_{OD} = x_0 - 3\delta_x \\ y_{OD} = y_0 \\ z_{OD} = z_0 + 3\delta_z \end{array}$$

A partir du schéma présenté plus haut (*voir p.33*), nous avons pu établir le suivant, dans le système de référence :



L'angle α était inconnu et l'angle entre l'axe x et l'alignement des positions successives de l'appareil photo ($O-O_C-O_D$) était égal à $(\alpha - 20^\circ)$.

La translation de l'appareil photo entre les clichés pouvait être représentée sous la forme "longueur + angle" :

$$\delta_x = \delta \cos (\alpha - 20^\circ)$$

$$\delta_z = \delta \sin (\alpha - 20^\circ)$$

L'équation de la parabole étant :

$$y = a x^2 + b x + c$$

les contraintes suivantes devaient être satisfaites :

- Chacun des quatre points A, B, C, D était situé sur cette trajectoire :

$$(1) \quad y_A = ax_A^2 + bx_A + c$$

$$(2) \quad y_B = ax_B^2 + bx_B + c$$

$$(3) \quad y_C = ax_C^2 + bx_C + c$$

$$(4) \quad y_D = ax_D^2 + bx_D + c$$

- Les ratios entre les distances AB, O_AA, O_BB, O_CC et O_DD étaient déjà connus (*voir p.11*) :

$$(5) \quad [(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2] / [(x_A - x_0)^2 + (y_A - y_0)^2 + z_0^2] = 0.2506604^2$$

$$(6) \quad [(x_B - x_0)^2 + (y_B - y_0)^2 + z_0^2] / [(x_A - x_0)^2 + (y_A - y_0)^2 + z_0^2] = 0.98^2$$

$$(7) \quad \{[x_C - x_0 + \delta \cos(\alpha-20^\circ)]^2 + (y_C - y_0 + \delta_y)^2 + [z_0 + \delta \sin(\alpha-20^\circ)]^2\} / [(x_A - x_0)^2 + (y_A - y_0)^2 + z_0^2] = 1.14^2$$

$$(8) \quad \{[x_D - x_0 + 3\delta \cos(\alpha-20^\circ)]^2 + (y_D - y_0)^2 + [z_0 + 3\delta \sin(\alpha-20^\circ)]^2\} / [(x_A - x_0)^2 + (y_A - y_0)^2 + z_0^2] = 1.58^2$$

- L'élévation de l'ovni, vu de l'appareil photo, avait été mesurée sur LC₃ (20°) :

$$(y_A - y_{OA})^2 / [(x_A - x_{OA})^2 + (y_A - y_{OA})^2 + z_{OA}^2] = (\sin 20^\circ)^2$$

$$(9) \quad (x_A - x_0)^2 + (y_A - y_0)^2 + z_0^2 = 8.54863 (y_A - y_0)^2$$

(avec $y_A < y_0$)

- L'élévation de l'ovni, vu de l'appareil photo, avait été mesurée sur LC₆ (20.9°) :

$$(y_D - y_{OD})^2 / [(x_D - x_{OD})^2 + (y_D - y_{OD})^2 + z_{OD}^2] = (\sin 20.9^\circ)^2$$

$$(10) \quad [x_D - x_0 + 3\delta \cos(\alpha-20^\circ)]^2 + (y_D - y_0)^2 + [z_0 + 3\delta \sin(\alpha-20^\circ)]^2 = 7.82916 (y_D - y_0)^2$$

(avec $y_D < y_0$)

- En projection sur un plan horizontal, l'angle entre la ligne droite représentant la translation de l'appareil photo entre les prises de vues (O'-O_C'-O_D') et la ligne de visée de l'ovni O_D'D' avait été évalué (*voir p.35*) :

$$\angle O'O_D'D' \approx 180^\circ - (137^\circ - 35^\circ) = 78^\circ$$

En appliquant le théorème de Pythagore généralisé à la projection O'D'D' du triangle OO_DD sur un plan horizontal :

$$O'D'^2 = O_D'O'^2 + O_D'D'^2 - 2O_D'O'D'\cos(78^\circ)$$

$$(11) \quad 3\delta^2 - (x_0 - x_D)\delta \cos(\alpha-20^\circ) + z_0\delta \sin(\alpha-20^\circ) - \delta \cos(78^\circ) \sqrt{[(x_0 - 3\delta \cos(\alpha-20^\circ) - x_D)^2 + (z_0 + 3\delta \sin(\alpha-20^\circ))^2]} = 0$$

- α pouvait être calculé en appliquant le théorème de Pythagore généralisé à la projection O'A'B' du triangle OAB sur un plan horizontal :

$$O'B'^2 = A'B'^2 + A'O'^2 - 2A'B'A'\cos\alpha$$

$$(12) \quad (x_0 - x_B)^2 - (x_A - x_B)^2 - (x_0 - x_A)^2 + 2\cos\alpha(x_A - x_B)\sqrt{[(x_0 - x_A)^2 + z_0^2]} = 0$$

- Un paramètre intermédiaire a été choisi pour définir la parabole. Il s'agissait de l'abscisse x_M de son sommet :

$$(13) \quad x_M = -b / 2a \quad \text{avec } x_M < (x_A + x_B) / 2 \quad (\text{convexité vers le haut})$$

- De la *Table 1* (p.11), nous avons déduit le ratio entre la distance de l'ovni OA de l'appareil photo dans LC₃ et le diamètre de l'ovni \emptyset :

$$OA = 54.04 \emptyset$$

Sachant que $\delta = 1$ m, nous avons pu exprimer la valeur de δ dans l'unité du système de référence :

$$\delta = OA / (54.04 \emptyset)$$

$$(14) \quad \delta = \sqrt{[(x_A - x_0)^2 + (y_A - y_0)^2 + z_0^2]} / (54.04 \emptyset)$$

Sachant que $\delta_y = 0.6$ m, nous avons pu exprimer la valeur de δ_y dans l'unité du système de référence :

$$(15) \quad \delta_y = 0.6 \delta$$

Les valeurs suivantes ont pu être directement mesurées sur le graphe :

$$\begin{aligned} x_A &= 3400 \\ y_A &= 1200 \\ x_B &= 3032 \\ y_B &= 1090 \end{aligned}$$

Les 15 inconnues suivantes devaient alors être calculées à partir des 15 équations (1) à (15) ci-dessus :

$$\begin{aligned} \emptyset \\ x_0, y_0, z_0, x_C, y_C, x_D, y_D \\ \delta, \delta_y, \alpha \\ a, b, c, x_M \end{aligned}$$

Résolution des 15 équations :

$$(1) \Rightarrow 3400^2 a + 3400 b + c = 1200 \\ 11560000 a + 3400 b + c = 1200$$

$$(2) \Rightarrow 3032^2 a + 3032 b + c = 1090 \\ 9193024 a + 3032 b + c = 1090$$

$$(13) \Rightarrow 2 x_M a + b = 0 \\ b = -2 x_M a$$

$$(1)-(2) \Rightarrow (11560000 - 9193024) a + (3400 - 3032) b = 1200 - 1090$$

$$\text{avec } (13) \Rightarrow 2366976 a + 368 (-2 x_M a) = 110$$

$$(15) \quad \mathbf{a = 0.149457 / (3216 - x_M)}$$

$$(16) \quad \mathbf{b = -0.298913 x_M / (3216 - x_M)}$$

$$(2) \Rightarrow c = 1090 - 9193024 a - 3032 b$$

$$(17) \quad \mathbf{c = (2131483 - 183.696 x_M) / (3216 - x_M)}$$

$$(5) \Rightarrow (x_A - x_0)^2 + (y_A - y_0)^2 + z_0^2 = [(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2] / 0.25066^2$$

$$- (9) \Rightarrow 5.59891 (y_A - y_0)^2 = [(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2] / 0.25066^2$$

$$(18) \quad \mathbf{y_0 = 1847.58} \quad (y_0 > y_A)$$

$$(8) \Rightarrow (x_D - x_0 + 3\delta \cos(\alpha-20^\circ))^2 + (y_D - y_0)^2 + [z_0 + 3\delta \sin(\alpha-20^\circ)]^2 = 1.58^2 [(x_A - x_0)^2 + (y_A - y_0)^2 + z_0^2]$$

$$- (10) \Rightarrow 1.58^2 [(x_A - x_0)^2 + (y_A - y_0)^2 + z_0^2] = 7.829156 (y_D - y_0)^2$$

$$\text{avec } (5) \Rightarrow (y_D - y_0)^2 = 0.318859 [(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2] / 0.25066^2$$

$$(19) \quad \mathbf{y_D = 982.323} \quad (y_0 > y_D)$$

$$(4) \Rightarrow x_D = \{-b \pm \sqrt[b^2 - 4a(c-y_D)]\} / 2 a$$

$$x_D = x_M \pm \sqrt[x_M^2 - 6.69091 * (798.628 x_M - 1027670)] \\ x_M^2 - 6.69091 * (798.628 x_M - 1027670) - (x_D - x_M)^2 = 0$$

$$(20) \quad \mathbf{x_M = (6876044 - x_D^2) / (5343.55 - 2 x_D)}$$

$$(5) \Rightarrow (368^2 + 110^2) / [(3400 - x_0)^2 + (1200 - y_0)^2 + z_0^2] = 0.250660^2$$

$$(21) \quad \mathbf{z_0 = \sqrt{-x_0^2 + 6800 x_0 - 9631398}} \quad (z_0 > 0)$$

$$(6) \Rightarrow (3032 - x_0)^2 + (1090 - y_0)^2 + z_0^2 = 0.9604 [(3400 - x_0)^2 + (1200 - y_0)^2 + z_0^2] \\ z_0^2 = -x_0^2 - 11785.9 x_0 + 43889535$$

avec (21) => $-x_0^2 + 6800 x_0 - 9631398 = -x_0^2 - 11785.9 x_0 + 43889535$
 $18585.9 x_0 = 53520932$

(22) **$x_0 = 2879.66$**

(21) => $z_0 = \sqrt{(-2879.66)^2 + 19581680 - 9631398}$

(23) **$z_0 = 1287.57$**

(12) => $(3032 - 2916.57)^2 - (3400 - 3032)^2 - (3400 - 2916.57)^2 + 2\cos \alpha (3400 - 3032) \sqrt{[(3400 - 2916.57)^2 + 1356.32^2]} = 0$

(24) **$\alpha = 70.3827^\circ$**

(11) => $3\delta^2 - (2916.57 - x_D) \delta \cos(50.3827) + 1356.32 \delta \sin(50.3827) - 0.207912 \delta \sqrt{[(2916.57 - 3\delta \cos(50.3827) - x_D)^2 + (1356.32 + 3\delta \sin(50.3827))^2]} = 0$

$x_D^2 + 2(5.03683 \delta - 1083.16) x_D + 23.6969 \delta^2 - 12874.9 \delta + 597032 = 0$

Cette équation du second degré avait 2 solutions pour x_D , dont seulement une (la plus grande) s'est révélée susceptible de conduire à une solution pour l'ensemble du problème :

(25) **$x_D = 1083.16 - 5.03683 \delta + \sqrt{[5.03683 \delta - 1083.16]^2 - 23.6969 \delta^2 + 12874.9 \delta - 597032}$**

(14) => $\delta = \sqrt{[(3400 - 2916.57)^2 + (1200 - 1847.58)^2 + 1356.32^2]} / (54.04 \text{ Ø})$

(26) **$\delta = 28.355 / \emptyset$** (\emptyset en mètres)

(7) => $[x_C - x_0 + \delta \cos(\alpha-20^\circ)]^2 + (y_C - y_0)^2 + [z_0 + \delta \sin(\alpha-20^\circ)]^2 = 1.14^2 [(x_A - x_0)^2 + (y_A - y_0)^2 + z_0^2]$

avec (3) => $(x_C + 0.637657 \delta - 2916.57)^2 + [(ax_C^2 + bx_C + c) - 1724.08]^2 + (1356.32 + 0.770321 \delta)^2 - 3051413 = 0$

(27) **$(x_C + 0.637657 \delta - 2916.57)^2 + [ax_C^2 + bx_C + c - 1724.08]^2 + (1356.32 + 0.770321 \delta)^2 - 3051413 = 0$**

Séquence de calcul pour une valeur donnée de \emptyset :

(18) => $y_o = \mathbf{1847.58}$

(22) => $x_o = \mathbf{2879.66}$

(23) => $z_o = \mathbf{1287.57}$

(19) => $y_D = \mathbf{982.323}$

(24) => $\alpha = \mathbf{70.3827^\circ}$

(26) => $\emptyset \Rightarrow \delta$

(15) => $\delta \Rightarrow \delta_y$

(25) => $\delta \Rightarrow x_D$

(20) => $x_D \Rightarrow x_M$

(15) => $x_M \Rightarrow a$

(16) => $x_M \Rightarrow b$

(17) => $x_M \Rightarrow c$

(27) => $\delta, \delta_y, a, b, c \Rightarrow x_c$

(3) => $x_c \Rightarrow y_c$

Les résultats suivants ont été obtenus :

- Pour une valeur donnée de \emptyset (diamètre de la base de l'ovni, exprimé en mètres), l'ensemble de 15 équations fournit une solution, correspondant à une parabole verticale donnée et à des positions données des points C et D (ovni) et des points O_C et O_D (appareil photo) dans l'espace 3-D, les positions des points A et B (ovni) et du point O (appareil photo) restant constantes.

Coordonnées des points fixes dans le système de référence :

A (3400, 1200, 0)
 B (3032, 1090, 0)
 O (2880, 1848, 1288)

Coordonnées des autres points pour 10 valeurs particulières de \emptyset , avec la conversion de 1 mètre en unités de référence :

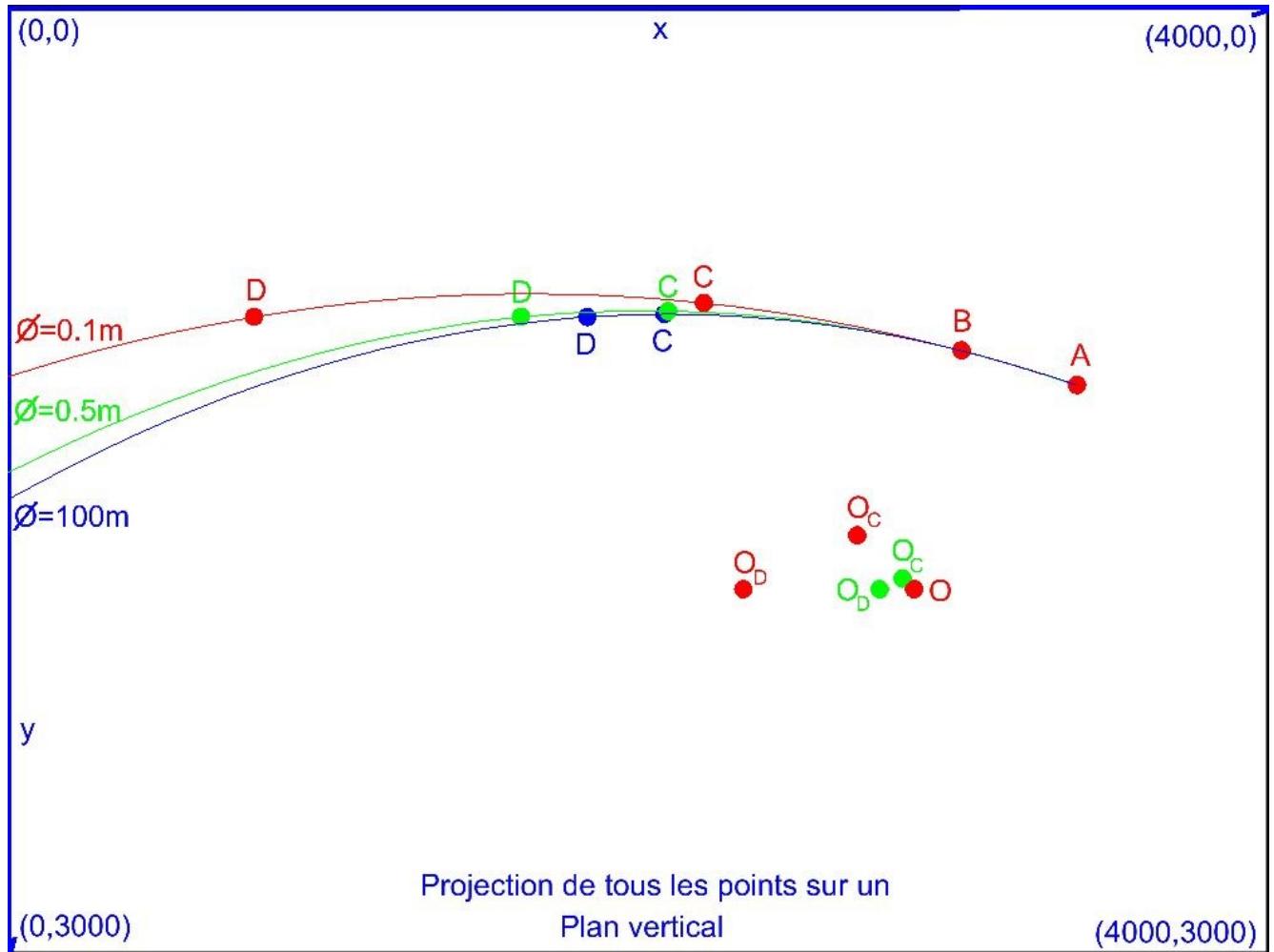
\emptyset	x _C	y _C	x _D	y _D	z _D	x _{Oc}	y _{Oc}	z _{Oc}	x _{Od}	y _{Od}	z _{Od}	1 m
0,1	2212	938	781	982	0	2699	1677	1506	2337	1848	1943	283,6
0,2	2126	950	1312	982	0	2789	1763	1397	2608	1848	1615	141,8
0,5	2098	963	1630	982	0	2843	1814	1331	2771	1848	1419	56,7
1	2091	968	1736	982	0	2862	1831	1309	2825	1848	1353	28,4
2	2088	971	1789	982	0	2871	1839	1298	2853	1848	1320	14,2
5	2087	973	1821	982	0	2876	1844	1292	2869	1848	1301	5,7
10	2087	973	1832	982	0	2878	1846	1290	2874	1848	1294	2,8
20	2086	973	1837	982	0	2879	1847	1289	2877	1848	1291	1,4
50	2086	973	1840	982	0	2879	1847	1288	2879	1848	1289	0,6
100	2086	973	1841	982	0	2879	1847	1288	2879	1848	1288	0,3

(Table 3)

On peut remarquer que pour des valeurs de la taille de l'ovni \emptyset supérieures à quelques mètres, la configuration géométrique varie très peu, la raison étant que l'impact du petit déplacement de l'opérateur entre les prises de vues ($\delta + 2\delta = 3$ m) est alors négligeable.

- Le graphe suivant montre, en projection sur un plan vertical, la configuration de tous les points intéressants pour 3 valeurs différentes de \emptyset :

$\emptyset = 0,1$ m en rouge
 $\emptyset = 0,5$ m en vert
 $\emptyset = 100$ m en bleu



- Les paramètres géométriques-clés pouvaient alors être calculés "a posteriori" à partir de l'ensemble des coordonnées présentées ci-dessus (*voir Table 3*).

La table suivante donne les valeurs, en fonction de ϕ , des paramètres suivants :

- Elévation de la ligne de visée de l'ovni à partir de l'appareil photo sur les quatre images successives : $\theta_A, \theta_B, \theta_C, \theta_D$
- Décalages en azimut de l'ovni vu de l'appareil photo entre les prises de vues successives : $\phi_{AB}, \phi_{BC}, \phi_{CD}$
- Décalage total en azimut de l'ovni vu de l'appareil photo entre la première et la dernière prise de vue : ϕ_{AD}
- Distance réelle entre l'ovni et l'appareil photo lors de chacune des prises de vues : OA, OB, OC, OD
- Accroissement relatif de la distance entre l'ovni et l'appareil photo : $OB/OA, OC/OC, OD/OD$

\emptyset	θ_A°	θ_B°	θ_C°	θ_D°	ϕ_{AB}°	ϕ_{BC}°	ϕ_{CD}°	ϕ_{AD}°	OA (m)	OB (m)	OcC (m)	O_D (m)	OB/OA	OcC/OA	O_D/OA
0,1	25,0	26,5	25,0	19,2	15,3	24,7	20,8	60,7	5,4	5,3	6,2	9,3	0,98	1,14	1,72
0,2	25,0	26,5	27,7	22,7	15,3	32,1	13,4	60,8	10,8	10,6	12,3	15,8	0,98	1,14	1,46
0,5	25,0	26,5	29,2	25,4	15,3	36,0	9,6	60,8	27,0	26,5	30,8	35,5	0,98	1,14	1,32
1	25,0	26,5	29,6	26,5	15,3	37,2	8,4	60,8	54,0	53,0	61,6	68,4	0,98	1,14	1,27
2	25,0	26,5	29,8	27,0	15,3	37,8	7,8	60,9	108	106	123	134	0,98	1,14	1,24
5	25,0	26,5	29,9	27,4	15,3	38,2	7,4	60,9	270	265	308	332	0,98	1,14	1,23
10	25,0	26,5	30,0	27,5	15,3	38,3	7,3	60,9	540	530	616	661	0,98	1,14	1,22
20	25,0	26,5	30,0	27,6	15,3	38,3	7,3	60,9	1081	1059	1232	1319	0,98	1,14	1,22
50	25,0	26,5	30,0	27,6	15,3	38,4	7,2	60,9	2702	2648	3081	3294	0,98	1,14	1,22
100	25,0	26,5	30,0	27,6	15,3	38,4	7,2	60,9	5404	5296	6161	6585	0,98	1,14	1,22

(Table 4)

Les angles et les distances ont été calculés comme suit :

$$\theta_A = \text{atan} \{ (y_0 - y_A) / \sqrt{[(x_0 - x_A)^2 + z_0^2]} \}$$

$$\theta_B = \text{atan} \{ (y_0 - y_B) / \sqrt{[(x_0 - x_B)^2 + z_0^2]} \}$$

$$\theta_C = \text{atan} \{ (y_{OC} - y_C) / \sqrt{[(x_{OC} - x_C)^2 + z_{OC}^2]} \}$$

$$\theta_D = \text{atan} \{ (y_0 - y_D) / \sqrt{[(x_{OD} - x_D)^2 + z_{OD}^2]} \}$$

$$\phi_{AB} = \text{atan} [(x_A - x_0) / z_0] + \text{atan} [(x_0 - x_B) / z_0]$$

$$\phi_{BC} = \text{atan} [(x_B - x_0) / z_0] + \text{atan} [(x_{OC} - x_C) / z_{OC}]$$

$$\phi_{CD} = \text{atan} [(x_C - x_{OC}) / z_{OC}] + \text{atan} [(x_D - x_{OD}) / z_{OD}]$$

$$\phi_{AD} = \text{atan} [(x_A - x_0) / z_0] + \text{atan} [(x_{OD} - x_D) / z_{OD}]$$

$$OA = (\emptyset / 28.355) \sqrt{[(x_A - x_0)^2 + (y_A - y_0)^2 + z_0^2]}$$

$$OB = (\emptyset / 28.355) \sqrt{[(x_B - x_0)^2 + (y_B - y_0)^2 + z_0^2]}$$

$$OC = (\emptyset / 28.355) \sqrt{[(x_C - x_{OC})^2 + (y_C - y_0)^2 + z_{OC}^2]}$$

$$OD = (\emptyset / 28.355) \sqrt{[(x_D - x_{OD})^2 + (y_D - y_0)^2 + z_{OD}^2]}$$

L'examen détaillé de cette table a délivré les informations suivantes :

- Toutes les valeurs fixes relatives aux points O, A et B étaient exactement comme prévu
- Les valeurs relatives au point C, variant en fonction de \emptyset , ne posaient aucun problème (pas de contradiction avec les mesures et calculs précédents)
- Les valeurs relatives au point D (colonnes jaunes de la table) variaient avec \emptyset , et ne coïncidaient avec les valeurs précédemment mesurées ou calculées que pour une valeur particulière de \emptyset .

Cette solution unique finale de l'ensemble des 15 équations pouvait alors être décrite ainsi :

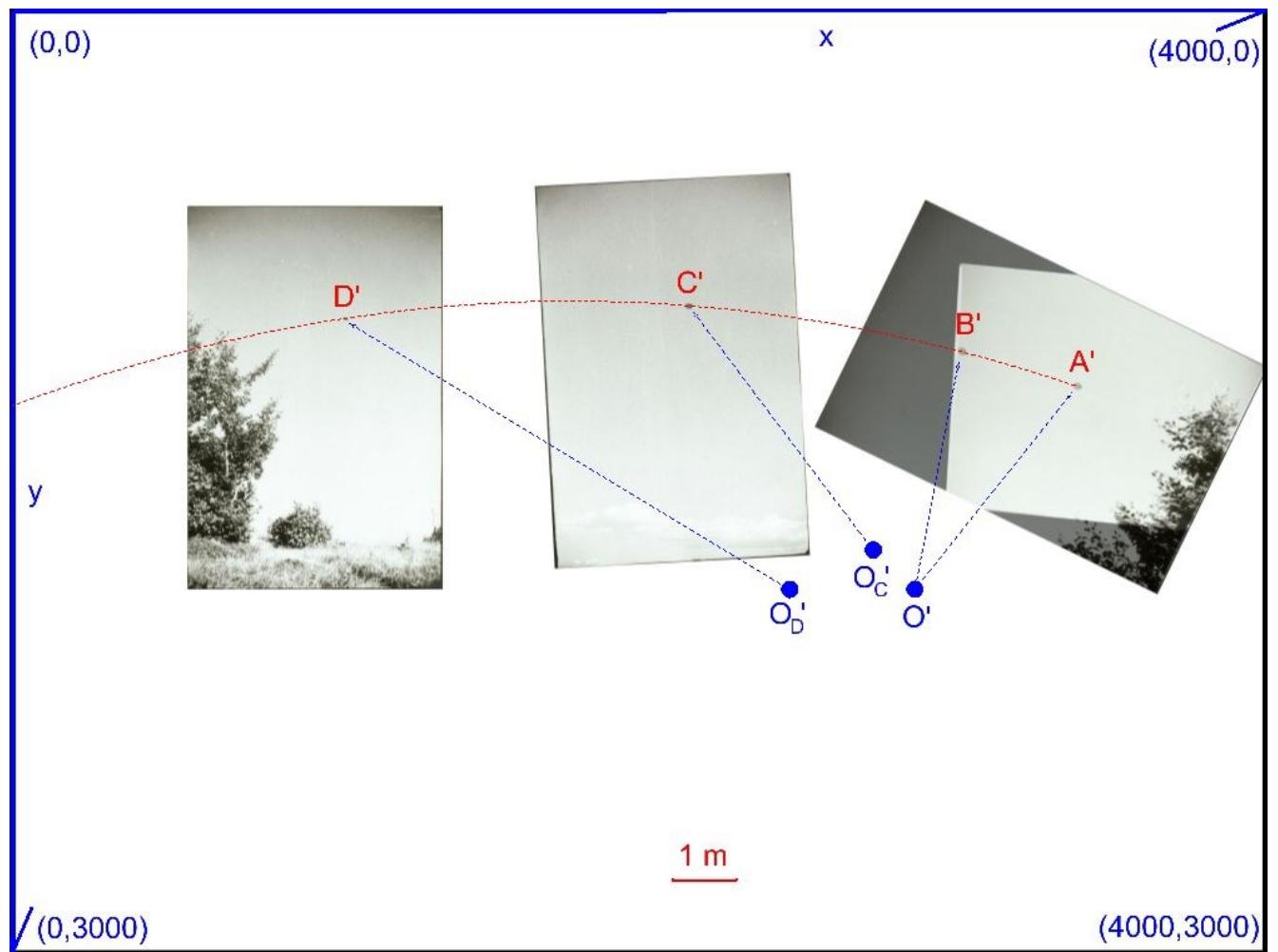
\emptyset	θ_A°	θ_B°	θ_C°	θ_D°	ϕ_{AB}°	ϕ_{BC}°	ϕ_{CD}°	ϕ_{AD}°	OA (m)	OB (m)	OcC (m)	O_D (m)	OB/OA	OcC/OA	O_D/OA
0,136	25,0	26,5	26,5	20,9	15,3	28,8	16,6	60,7	7,3	7,2	8,4	11,6	0,98	1,14	1,58

le résultat final de cette étude géométrique étant que :

Le diamètre de l'ovni était de l'ordre de 14 cm.

La mosaïque suivante, qui illustre l'unique solution du problème de trajectographie, est équivalente à une photographie grand angle unique et virtuelle idéale (de type "sténopé") générée dans un plan vertical parallèle au plan vertical de la trajectoire. Dans le plan de la mosaïque, les positions successives de la projection du centre de l'ovni ont été désignées par A' , B' , C' et D' . Les longueurs des segments $A'B'$, $B'C'$ et $C'D'$ dans l'image étaient respectivement proportionnelles aux longueurs des segments AB , BC et CD dans l'espace 3-D.

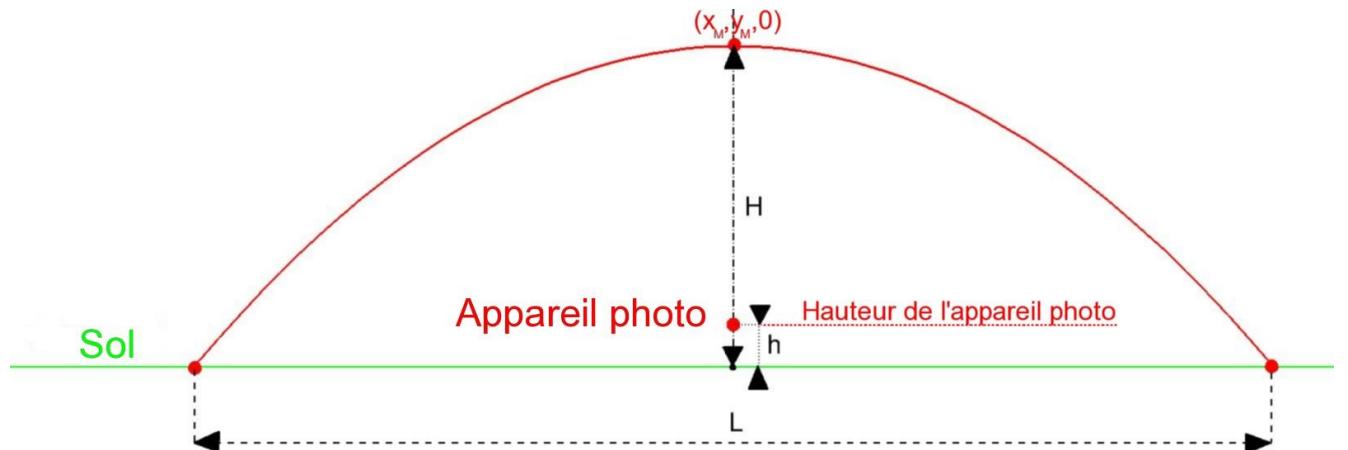
La représentation la plus probable de la trajectoire parabolique de l'ovni dans un plan vertical ($z = 0$), comprenant aussi les projections O' , O_C' , O_D' sur ce même plan des positions successives de l'appareil photo, est la suivante :



Note: Une telle mosaïque simple ne pouvait pas prétendre être totalement réaliste, puisque seules les positions relatives des points A' , B' , C' et D' étaient correctes. Chacune des photos individuelles avait été créée dans un plan (focal) particulier, non parallèle au plan de la mosaïque, et aurait dû subir une transformation particulière (essentiellement une rotation 3-D autour de la position de l'ovni) avant d'être projetée sur le plan de la mosaïque, pour fournir une représentation plus réaliste.

En considérant la parabole ci-dessus comme la représentation de la trajectoire de l'ovni, il était alors facile d'évaluer la hauteur maximum H et la distance sol-sol L de cette parabole, en unités du système 3-D de référence et en mètres.

Il était nécessaire de prendre en compte la hauteur de référence de l'appareil photo \mathbf{h} (position basse du photographe), exprimée en unités du système 3-D de référence.



Dans ces unités, la parabole était définie, dans le plan $z = 0$, par :

$$\begin{aligned}y &= a x^2 + b x + c \\a &= 0.149457 / (3216 - x_M) \\b &= -0.298913 x_M / (3216 - x_M) \\c &= (2131483 - 183.696 x_M) / (3216 - x_M)\end{aligned}$$

Pour $\emptyset = 0.136$ il était aisé de calculer l'abscisse du sommet de la parabole :

$$\begin{aligned}x_M &= 1785.29 \\ \Rightarrow a &= 0.000104463 \\ b &= -0.372996 \\ c &= 1260.59\end{aligned}$$

La valeur de la coordonnée y de l'appareil photo étant connue ($y_0 = 1724.08$), l'équation à résoudre et ses 2 solutions étaient :

$$\begin{aligned}a x^2 + b x + c &= y_0 + h \\x_1 &= 1785 - \sqrt{(8806440 + 9572.77 h)} \\x_2 &= 1785 + \sqrt{(8806440 + 9572.77 h)}\end{aligned}$$

conduisant à la distance totale suivante L (en unités du système 3-D de référence) :

$$\begin{aligned}L &= x_2 - x_1 \\L &= 2 \sqrt{(8806440 + 9572.77 h)} \text{ unités}\end{aligned}$$

La hauteur du sommet H (y minimum) de la parabole a pu être calculée comme suit :

$$\begin{aligned}H &= y_0 - (a x_M^2 + b x_M + c) + h \\H &= (1300.83 + h) \text{ unités}\end{aligned}$$

Comme déjà mentionné, une valeur "humaine" standard de **1 m** a été affectée à la hauteur de l'appareil photo h (position accroupie/assise).

Le ratio de conversion entre *unités* de référence et mètres était le suivant, pour $\emptyset = 0.136$:

$$1 \text{ m} = 28.355 / \emptyset = 208.5 \text{ unités}$$

D'où :

$$L = 31.53 \text{ m}$$

$$H = 5.412 \text{ m}$$

Les résultats finaux arrondis, exprimés en mètres, sont les suivants :

Diamètre de l'ovni	:	$\emptyset \approx 14 \text{ cm}$
Trajectoire	:	parabole verticale
Distance sol-sol couverte	:	$L \approx 32 \text{ m}$
Hauteur maximum au-dessus du sol	:	$H \approx 5.4 \text{ m}$

(Table 5)

Par conséquent, les conclusions de cette étude géométrique rejettent les explications du témoin par un objet grand et lointain, plaidant plutôt pour une explication par des pigeons d'argile ou équivalents.

Même si les mesures sur site, de même que les simplifications du processus de modélisation, ont pu induire quelques erreurs, l'incertitude globale résultante ne peut raisonnablement pas être considérée comme supérieure à **30%**, ce qui implique les limites suivantes :

$$\mathbf{9.5 \text{ cm} < \emptyset < 18 \text{ cm}}$$

$$\mathbf{22 \text{ m} < L < 41 \text{ m}}$$

$$\mathbf{3.8 \text{ m} < H < 7 \text{ m}}$$

Note: Les éléments de la scène dont l'évaluation de la localisation a été la plus incertaine étaient les points C et O_c. En tout état de cause, les calculs d'angles et de tailles ci-dessus ne dépendent pas du tout des coordonnées de ces deux points.

En d'autres termes, l'étude géométrique présentée ci-dessus ne repose que sur les photos LC₃, LC₄ et LC₆. La photo LC₅, qui ne contient aucune information géométrique utile sur la scène, n'a été approximativement localisée qu'à posteriori, une fois la trajectoire parabolique déjà établie.

Etude radiométrique

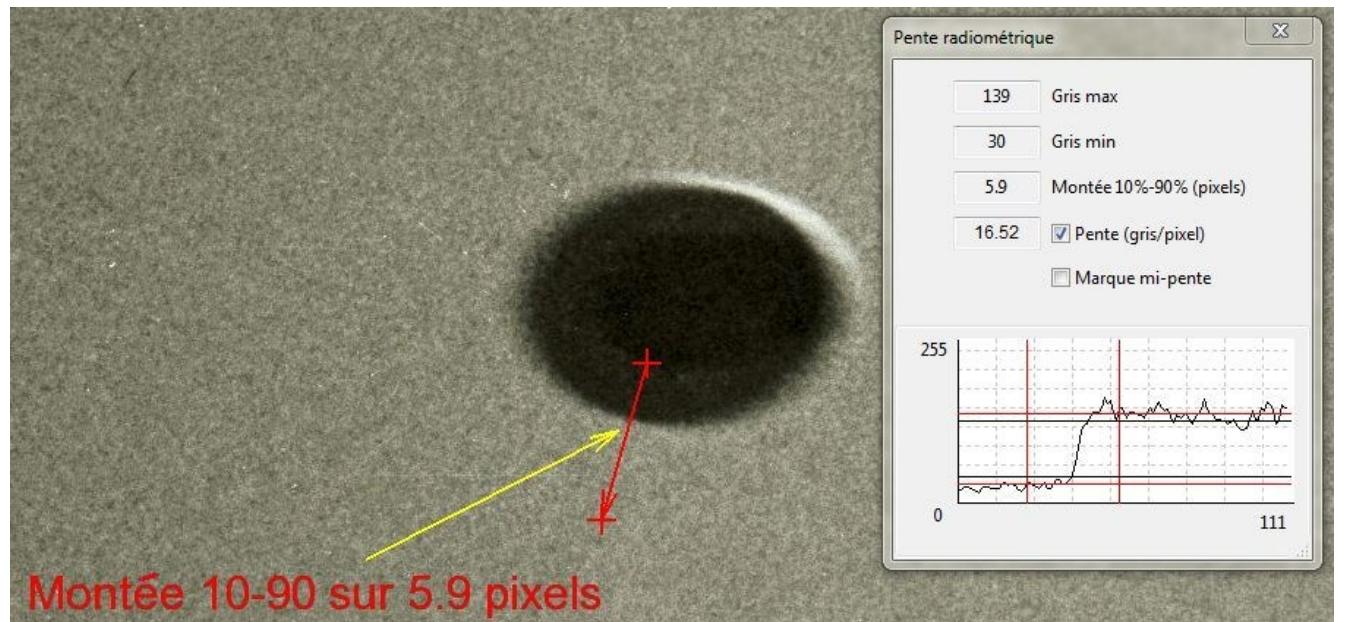
La partie radiométrique de cette analyse, réalisée indépendamment de la partie géométrique, était axée sur l'évaluation de la "distance de l'appareil photo par rapport à la profondeur de champ", en prenant en compte les seules choses qui pouvaient être vues sur les quatre images : un nuage, des hêtres et l'ovni.

La fonction *Pente Radiométrique* d'IPACO a été utilisée pour quantifier la netteté du nuage, des feuilles et de l'ovni sur chacune des images. Pour un contour donné, le principe consiste à mesurer, le long d'une droite perpendiculaire à ce contour, le nombre de pixels qui sépare, sur la pente radiométrique, le point 10% du point 90%.

Chaque mesure a été faite 20 fois, pour garder une valeur médiane fiable, sur chacune des 8 images disponibles : LC₃, LC₄, LC₅, LC₆, G₃, G₄, G₅, et G₆.

Sur les images LC₃ et LC₄, où un flou de bougé apparaît sur le contour de l'ovni le long de l'axe de sa trajectoire, deux séries de mesures ont été réalisées : l'une le long de cet axe ("flou de bougé"), et l'autre le long d'un axe perpendiculaire ("flou hors bougé").

L'utilisation de l'outil d'IPACO est illustrée comme suit :



Les résultats finaux de toutes les mesures sont présentés dans la *Table 6* ci-dessous, où chaque valeur est la valeur médiane issue d'une série d'au moins 20 opérations.

Contour de	Image	Indice de netteté (pixels)
Nuage	LC ₅	2.2
Feuilles de hêtres	LC ₃ "flou hors bougé"	2.9
	LC ₃ "flou de bougé"	4.5
	LC ₄ " flou hors bougé "	2.5
	LC ₄ " flou de bougé "	3.4
	LC ₆	2.6
Ovni	LC ₃ " flou hors bougé "	2.7
	LC ₃ " flou de bougé "	4.8
	LC ₄ " flou hors bougé "	2.3
	LC ₄ " flou de bougé "	3.6
	LC ₅	2.9
	LC ₆	2.7
	G ₃ " flou hors bougé "	6.7
	G ₃ " flou de bougé "	31.8
	G ₄ " flou hors bougé "	6.6
	G ₄ " flou de bougé "	20.0
	G ₅	6.8
	G ₆	6.7

(Table 6)

En se référant aux images LC₃, LC₄, LC₅, LC₆, la plus petite valeur de l' "indice de netteté" était de 2.2 pixels pour le nuage, dont les contours apparaissaient très nets sur LC₅. En supposant une incertitude d'environ 1 pixel, nous avons admis que tous les objets dont l' "indice de netteté" était inférieur à 3 pixels, qui apparaissaient nets sur les images, étaient situés à l'intérieur de la profondeur de champ. Cela s'est avéré pour l'ovni sur les quatre photos, et pour toutes les feuilles sur LC₃, LC₄ et LC₆.

La "table de profondeur de champ" éditée par le constructeur de l'appareil photo (*voir p.8*) est reproduite dans la *Table 7.0* ci-dessous. Une telle table indique les distances minimum et maximum pour lesquelles les objets apparaissent nets sur une photo, en fonction des réglages d' "ouverture" et de "distance focale" de l'appareil photo. Dans cette table :

- les réglages d' "ouverture" possibles sont mentionnés dans la ligne supérieure
- les réglages de "distance focale" possibles sont mentionnés dans la colonne de gauche
- toutes les distances ont été converties en mètres

Réglages	2.8	3.5/4.0	5.6	8	11	16	22
∞	14.6 m -> ∞	10.2 m -> ∞	7.3 m -> ∞	5.1 m -> ∞	3.7 m -> ∞	2.6 m -> ∞	1.9 m -> ∞
9,14 m	6.0 m -> 31.7 m	5.1 m -> 409 m	4.2 m -> ∞	3.4 m -> ∞	2.7 m -> ∞	2.1 m -> ∞	1.6 m -> ∞
6,10 m	4.3 m -> 20.2 m	3.8 m -> 14,4 m	3.3 m -> 32,6 m	2.8 m -> ∞	2.3 m -> ∞	1.9 m -> ∞	1.4 m -> ∞
4,57 m	3.7 m -> 7.6 m	3.4 m -> 9.8 m	3.0 m -> 15.5 m	2.6 m -> 165 m	2.2 m -> ∞	1.8 m -> ∞	1.4 m -> ∞
3,05 m	2.5 m -> 3.7 m	2.3 m -> 4.2 m	2.2 m -> 5.6 m	1.9 m -> 7.0 m	1.7 m -> 14.1 m	1.4 m -> ∞	1.2 m -> ∞
1,83 m	1.8 m -> 2.3 m	1.7 m -> 2.4 m	1.4 m -> 2.5 m	1.2 m -> 3.0 m	1.1 m -> 3.9 m	1.0 m -> 7.8 m	1.0 m -> ∞
1,52 m	1.4 m -> 1.7 m	1.3 m -> 1.8 m	1.3 m -> 1.9 m	1.2 m -> 2.1 m	1.1 m -> 2.4 m	0.9 m -> 3.3 m	0.9 m -> 6.3 m
1,22 m	1.1 m -> 1.3 m	1.1 m -> 1.2 m	1.1 m -> 1.4 m	1.0 m -> 1.5 m	0.9 m -> 1.7 m	0.8 m -> 2.1 m	0.7 m -> 2.8 m
0,91 m	0.9 m -> 1.0 m	0.8 m -> 1.0 m	0.8 m -> 1.1 m	0.8 m -> 1.1 m	0.7 m -> 1.2 m	0.7 m -> 1.4 m	0.6 m -> 1.9 m

(Table 7.0)

Netteté du nuage

Les contours du nuage dans LC₅ étaient très nets (indice de 2.2 pixels, la plus petite valeur de toutes). Ceci indiquait que le nuage était clairement à l'intérieur de la profondeur de champ.

Par ailleurs, ce nuage se situait visuellement à plus de 500 m de l'appareil photo :

Limite supérieure de la profondeur de champ > 500 m

Ceci éliminait une grande part des réglages possibles de la *Table 7.0*, comme illustré ci-dessous :

Réglages	2.8	3.5/4.0	5.6	8	11	16	22
∞	14.6 m -> ∞	10.2 m -> ∞	7.3 m -> ∞	5.1 m -> ∞	3.7 m -> ∞	2.6 m -> ∞	1.9 m -> ∞
9.14 m	6.0 m -> 31.7 m	5.1 m -> 409 m	4.2 m -> ∞	3.4 m -> ∞	2.7 m -> ∞	2.1 m -> ∞	1.6 m -> ∞
6.10 m	4.3 m -> 20.2 m	3.8 m -> 14,4 m	3.3 m -> 32,6 m	2.8 m -> ∞	2.3 m -> ∞	1.9 m -> ∞	1.4 m -> ∞
4.57 m	3.7 m -> 7.6 m	3.4 m -> 9.8 m	3.0 m -> 15.5 m	2.6 m -> 165 m	2.2 m -> ∞	1.8 m -> ∞	1.4 m -> ∞
3,05 m	2.5 m -> 3.7 m	2.3 m -> 4.2 m	2.2 m -> 5.6 m	1.9 m -> 7.0 m	1.7 m -> 14.1 m	1.4 m -> ∞	1.2 m -> ∞
1.83 m	1.8 m -> 2.3 m	1.7 m -> 2.4 m	1.4 m -> 2.5 m	1.2 m -> 3.0 m	1.1 m -> 3.9 m	1.0 m -> 7.8 m	1.0 m -> ∞
1.52 m	1.4 m -> 1.7 m	1.3 m -> 1.8 m	1.3 m -> 1.9 m	1.2 m -> 2.1 m	1.1 m -> 2.4 m	0.9 m -> 3.3 m	0.9 m -> 6.3 m
1.22 m	1.1 m -> 1.3 m	1.1 m -> 1.2 m	1.1 m -> 1.4 m	1.0 m -> 1.5 m	0.9 m -> 1.7 m	0.8 m -> 2.1 m	0.7 m -> 2.8 m
0.91 m	0.9 m -> 1.0 m	0.8 m -> 1.0 m	0.8 m -> 1.1 m	0.8 m -> 1.1 m	0.7 m -> 1.2 m	0.7 m -> 1.4 m	0.6 m -> 1.9 m

(Table 7.1)

Netteté des feuilles

En nous référant à la *Table 6* (p.51), nous savions que toutes les feuilles étaient dans la profondeur de champ dans les quatre photos (indice de netteté "flou hors bougé" < 3), ce qui impliquait que la plus courte distance entre l'appareil photo et les feuilles (5.4 m) était dans la profondeur de champ :

Limite inférieure de la profondeur de champ ≤ 5.4 m

Ceci a permis l'élimination d'un nouvel ensemble de possibilités de la *Table 7.1* :

Réglages	2.8	3.5/4.0	5.6	8	11	16	22
∞	14.6 m -> ∞	10.2 m -> ∞	7.3 m -> ∞	5.1 m -> ∞	3.7 m -> ∞	2.6 m -> ∞	1.9 m -> ∞
9.14 m	6.0 m -> 31.7 m	5.1 m -> 409 m	4.2 m -> ∞	3.4 m -> ∞	2.7 m -> ∞	2.1 m -> ∞	1.6 m -> ∞
6.10 m	4.3 m -> 20.2 m	3.8 m -> 14,4 m	3.3 m -> 32,6 m	2.8 m -> ∞	2.3 m -> ∞	1.9 m -> ∞	1.4 m -> ∞
4.57 m	3.7 m -> 7.6 m	3.4 m -> 9.8 m	3.0 m -> 15.5 m	2.6 m -> 165 m	2.2 m -> ∞	1.8 m -> ∞	1.4 m -> ∞
3.05 m	2.5 m -> 3.7 m	2.3 m -> 4.2 m	2.2 m -> 5.6 m	1.9 m -> 7.0 m	1.7 m -> 14.1 m	1.4 m -> ∞	1.2 m -> ∞
1.83 m	1.8 m -> 2.3 m	1.7 m -> 2.4 m	1.4 m -> 2.5 m	1.2 m -> 3.0 m	1.1 m -> 3.9 m	1.0 m -> 7.8 m	1.0 m -> ∞
1.52 m	1.4 m -> 1.7 m	1.3 m -> 1.8 m	1.3 m -> 1.9 m	1.2 m -> 2.1 m	1.1 m -> 2.4 m	0.9 m -> 3.3 m	0.9 m -> 6.3 m
1.22 m	1.1 m -> 1.3 m	1.1 m -> 1.2 m	1.1 m -> 1.4 m	1.0 m -> 1.5 m	0.9 m -> 1.7 m	0.8 m -> 2.1 m	0.7 m -> 2.8 m
0.91 m	0.9 m -> 1.0 m	0.8 m -> 1.0 m	0.8 m -> 1.1 m	0.8 m -> 1.1 m	0.7 m -> 1.2 m	0.7 m -> 1.4 m	0.6 m -> 1.9 m

(Table 7.2)

Dans le cadre d'une pratique normale de la photographie, les réglages les plus probables étaient ceux de la partie gauche des possibilités ouvertes restantes, et en particulier :

- **Ouverture** : **5.6 ou 8**
- **Distance focale** : **9.14 ou ∞**

Netteté de l'ovni

Taille minimum

L'indice de netteté de l'ovni, en ne tenant pas compte des côtés "flou de bougé", se situait entre 2.3 et 2.9, ce qui signifiait qu'il était tout le temps dans la profondeur de champ, c'est-à-dire à une distance de l'appareil photo supérieure ou égale à l'hyperfocale.

La taille minimum possible du diamètre de l'ovni dépendait des réglages réels, le cas le plus restrictif étant celui de la plus haute valeur de l'hyperfocale (5.1 m : cas en jaune dans la *Table 7.2*).

Dans ce cas la taille minimum de l'ovni pouvait être directement tirée de la *Table 1* (voir p.11), en se référant à l'image LC₄, où l'ovni était à sa plus courte distance de l'appareil photo :

$$\varnothing \geq 0.096 \text{ m}$$

Flou de bougé (Etape 1)

En ce qui concerne le flou de bougé sur les images LC₃ et LC₄, si l'on pouvait supposer l'appareil photo parfaitement immobile durant chaque prise de vue, avec un temps d'exposition de 1/250 s (ou 1/500 s), la fonction *Vitesse transversale/Distance* d'IPACO pouvait être utilisée pour évaluer la vitesse transversale de l'ovni, respectivement dans LC₃ et LC₄. Cette hypothèse de l'appareil photo immobile a été retenue pour cette première étape.

Dans chaque image, la longueur de l'image du déplacement transversal, couvert dans le temps d'exposition, a été évaluée comme la différence entre l'indice "flou de bougé" et l'indice "flou hors bougé", corrigée par un facteur 10/8, de façon à prendre en compte 100% de la longueur de la pente (l'indice d'IPACO est calculé entre 10% et 90% de la pente) :

$$l_{TA} = (10/8) (4.8 - 2.7) = 2.625 \text{ pixels}$$

$$l_{TB} = (10/8) (3.6 - 2.3) = 1.625 \text{ pixels}$$

Ces valeurs correspondent aux déplacements angulaires suivants dans LC₃ et LC₄ :

$$\langle I_A \rangle = 0.0978^\circ$$

$$\langle I_B \rangle = 0.0531^\circ$$

En se référant à la *Table 4* (voir p.46) pour les valeurs en mètres de OA et OB, les déplacements transversaux respectifs correspondant aux flous respectifs sur LC₃ et LC₄ ont pu être calculés en mètres :

$$l_{TA} = 2 \text{ OA} \tan (\langle I_A \rangle / 2)$$

$$l_{TB} = 2 \text{ OB} \tan (\langle I_B \rangle / 2)$$

Ceci a conduit aux vitesses transversales respectives suivantes V_T , en prenant en compte un temps d'exposition de 1/250 s :

$$V_{TA} = 500 \text{ OA} \tan (\langle I_A \rangle / 2)$$

$$V_{TB} = 500 \text{ OB} \tan (\langle I_B \rangle / 2)$$

Pour évaluer les vitesses absolues V , il fallait diviser les vitesses transversales par $\sin (\langle OAB \rangle)$:

$$V_A = V_{TA} / \sin (\langle OAB \rangle)$$

$$V_B = V_{TB} / \sin (\langle OAB \rangle)$$

La valeur de cet angle $\langle OAB \rangle$ pouvait être déduite de la *Table 4* (voir p.46), en utilisant le théorème de Pythagore généralisé :

$$\langle OAB \rangle = \arccos [(OA^2 + AB^2 - OB^2) / (2 OA AB)]$$

La table suivante indique les résultats des calculs pour 4 valeurs de la taille de l'ovni \emptyset :

\emptyset (m)	unités/m	OA (m)	OB (m)	AB (m)	$\langle OAB \rangle$ (°)	V_{TA} (m/s)	V_{TB} (m/s)	V_A (Km/h)	V_B (Km/h)
0,1	284	5,40	5,30	1,35	78	2,3	1,2	8,5	4,5
1	28,4	54,0	53,0	13,5	78	23	12	85	45
10	2,84	540	530	135	78	231	123	848	451
100	0,284	5404	5296	1352	78	2306	1227	8481	4512

(Table 8)

Si le temps d'exposition était égal à 1/500 s, les vitesses mentionnées dans cette table doivent être multipliées par 2.

Flou de bougé (Etape 2)

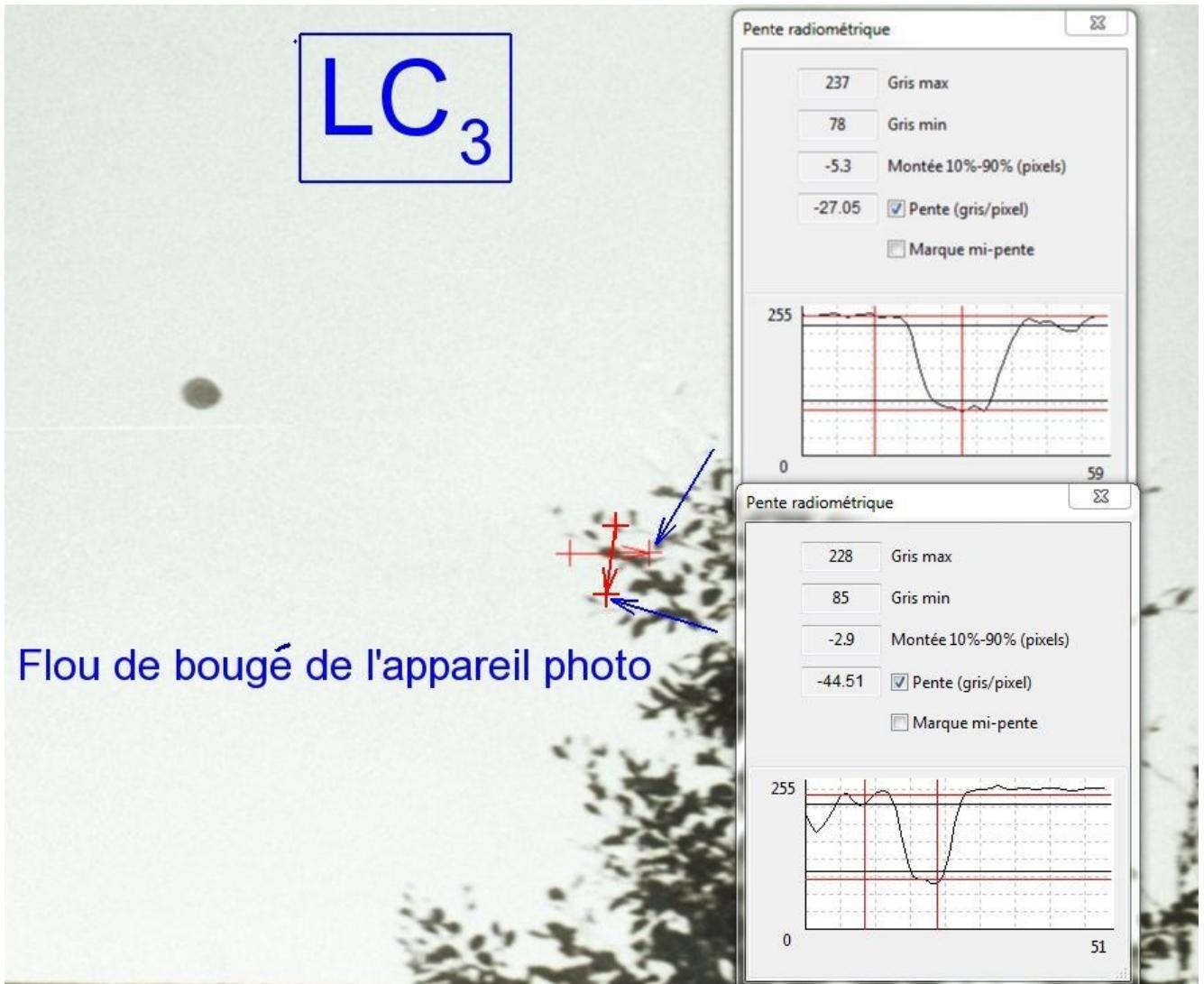
En réalité, l'hypothèse de l'appareil photo immobile s'est révélée irréaliste puisque, très probablement et le plus naturellement, le photographe avait tenté d' "attraper et suivre" le mouvement de l'ovni en prenant ses photos.

Les résultats présentés précédemment le confirment, si l'on considère les vitesses V_A et V_B (qui, strictement, ne reflètent que les mouvements relatifs entre l'ovni et l'appareil photo) :

$$V_B < V_A$$

Cette différence peut s'interpréter comme le résultat d'un mouvement initial erratique du photographe au cours de sa première prise de vue, suivi d'un mouvement mieux adapté pour suivre le mouvement de l'ovni au cours des prises de vues suivantes.

Le mouvement de l'appareil photo au cours de la première prise de vue a pu être confirmé par la comparaison de la netteté des feuilles dans la direction du mouvement et dans la direction perpendiculaire :



Sur cette feuille, la valeur de l'indice de netteté dans la direction du mouvement de l'ovni (-5.3) est presque le double de celle dans la direction perpendiculaire (-2.9), ce qui est à peu près la même proportion que pour l'ovni. Le même résultat a été obtenu avec plusieurs feuilles différentes de ce hêtre.

Ceci était la preuve que le mouvement relatif à l'origine du flou de bougé provenait essentiellement du mouvement de l'appareil photo, et non du mouvement de l'ovni.

La conclusion finale était qu'aucune information utile sur la vitesse de l'ovni ne pouvait être tirée du flou de bougé observé sur LC₃ et LC₄.

Evaluation de la vitesse de l'ovni

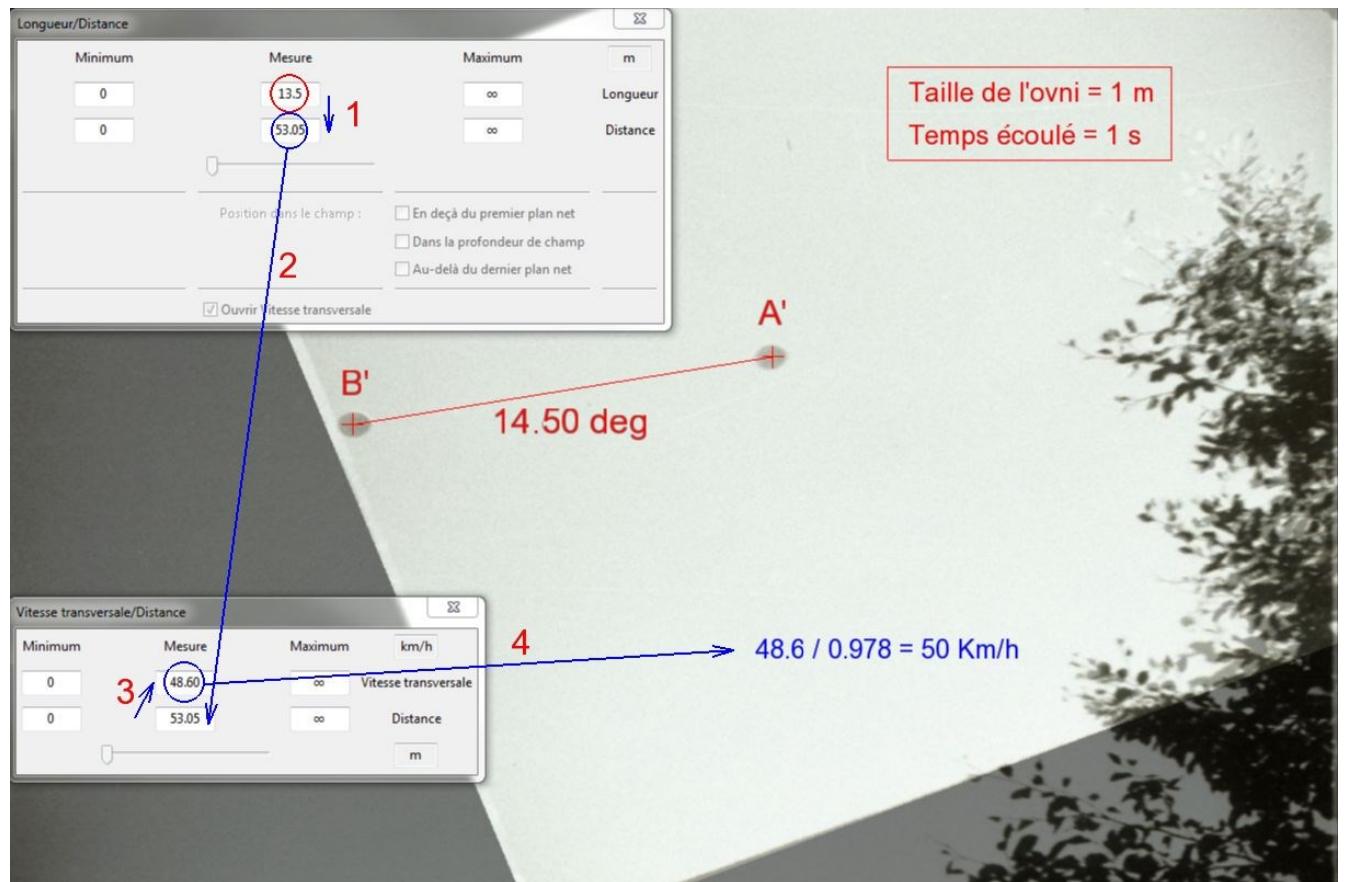
Il ne restait qu'une piste disponible pour évaluer la vitesse de l'ovni, basée sur l'image composite LC₃₊₄, en supposant la vitesse à peu près constante entre les points A et B de la trajectoire de l'ovni.

La *Table 8* (voir p.54) fournissait la longueur des segments OA, OB et AB (distances respectives entre l'appareil photo O et les points A et B de la trajectoire de l'ovni) et la valeur minimum de la vitesse de l'ovni V dans LC₃, en fonction de son diamètre Ø. La distance OM entre l'appareil photo et le milieu M du segment AB pouvait également être déduite :

Ø (m)	OA (m)	OB (m)	OM (m)	AB (m)
0.1	5,40	5,30	5,35	1,35
1	54,0	53,0	53,5	13,5
10	540	530	535	135
100	5404	5296	5350	1352

(Table 9)

Avec l'image LC₃₊₄, il était possible d'évaluer la vitesse moyenne de l'ovni entre les points A et B en fonction du diamètre de l'ovni Ø et du temps écoulé T entre les photos LC₃ et LC₄ :



- La Table 9 fournissait la valeur de OM en fonction de \emptyset
- Le temps écoulé T entre les photos LC₃ et LC₄ a été introduit dans la fonction *Caméra/Données techniques* d'IPACO comme un "pseudo-temps d'exposition"
- Les fonctions *Longueur/Distance* et *Vitesse transversale/Distance* d'IPACO ont alors été utilisées pour évaluer la vitesse transversale de l'ovni V_T
- La vitesse absolue de l'ovni V était égale à V_T divisée par sin ($\angle OAB$), comme au paragraphe précédent.

Les valeurs résultantes de V (Km/h) étaient les suivantes :

		V (Km/h)			
T (s) \ Ø (m)	Ø	0.1	1	10	100
0.1		50	500	5000	50000
1		5	50	500	5000
10		0.5	5	50	500
100		0.05	0.5	5	50

Cette table "brute" a pu être affinée de façon à ne présenter que des solutions acceptables en tenant compte de la limite établie pour le temps écoulé T (les valeurs interdites apparaissent en grisé) :

- Temps écoulé minimum T (voir p.7): $T \geq 5 \text{ s}$

		V (Km/h)			
T (s) \ Ø (m)	Ø	0.1	1	10	100
0.1		50	500	5000	50000
1		5	50	500	5000
5		1	10	100	1000
10		0.5	5	50	500
100		0.05	0.5	5	50

(Table 10)

Selon cette table, si la taille de l'ovni était de l'ordre d'un mètre ou moins, sa vitesse était inférieure à 10 Km/h, ce qui ne serait compréhensible que s'il s'agissait d'un objet léger poussé par le vent (ballon). Or cette hypothèse (ballon) avait déjà été éliminée (voir l'Annexe p.90).

En conclusion, de cette partie de l'analyse (en ignorant les autres parties) nous ne pouvions que déduire que la taille de l'ovni devait être supérieure à 1 m, **à moins que les quatre photographies n'aient pas représenté le mouvement unique d'un objet unique (cas d'un canular basé sur plusieurs petits objets lancés successivement)**.

Hypothèse d'un canular

Depuis le tout début de cette étude, la possibilité d'un canular a été prise en compte. Cela a été la principale raison pour organiser une mission sur site en juillet 2015. L'Annexe fournit tous les détails sur les investigations initiales relatives au cas (bibliographie, modèles d'appareil photo et de film, types de canulars possibles) et sur le déroulement de la mission.

Les deux hypothèses les plus probables retenues pour expliquer un possible canular étaient celles d'un Frisbee et d'un pigeon d'argile. Le cas d'un ballon avait été éliminé depuis le début, comme expliqué dans l'Annexe (p.90).

Hypothèse d'un ou de plusieurs Frisbee

Le Frisbee, inventé aux USA en 1948, a seulement été introduit massivement en France à la fin des années 50, bien après les événements du lac Chauvet. Cependant, quelques exemplaires peuvent très bien avoir été ramenés par l'un des nombreux soldats américains installés en France à cette époque. L'histoire détaillée de ce sport est présentée dans l'Annexe (p.77).

Dans les années 50, tous les Frisbee existants avaient les mêmes caractéristiques :

- Diamètre : 23 cm
- Poids : 115 g

Un Frisbee lancé a une vitesse de rotation comprise dans la fourchette suivante :

- | | |
|---------|------------|
| Minimum | : 3.3 tr/s |
| Moyenne | : 6.5 tr/s |
| Maximum | : 10 tr/s |

Durant la mission sur site en été 2015, l'équipe d'enquêteurs a procédé à de nombreux lancers et pris beaucoup de photos, en utilisant le matériel suivant :

- Un Frisbee moderne (1991) de 23cm de diamètre
- Plusieurs Frisbee modernes (2015) de 25 cm de diamètre
- Un appareil photo Zeiss Ikon Ikonta 35 identique à celui de M. Frégnaire
- Des films modernes aux caractéristiques similaires à ceux utilisés à l'époque
- Plusieurs appareils photos numériques modernes

Les mauvaises conditions de vent ont empêché l'équipe de collecter des informations quantitatives utiles sur le Frisbee. Cependant, d'un point de vue qualitatif, quelques photos ressemblaient bien à celles de M. Frégnaire.

L'hypothèse d'un ou plusieurs Frisbee n'a donc pas pu être formellement rejetée, mais l'argument fort contre cette explication restait le fait qu'en 1952, en France, ces objets auraient été plutôt difficiles à trouver, contrairement aux pigeons d'argile.

Hypothèse d'un ou plusieurs pigeons d'argile

Les pigeons d'argile ont été présents en France depuis longtemps, et l'histoire détaillée de ce sport est présentée dans l'*Annexe (p.82)*. En 1952, ils étaient principalement produits et vendus en France par la "Manufacture Française d'Armes et de Cycles de Saint-Etienne" (usuellement appelée *Manufrance*), en même temps que les lanceurs manuels associés.

En ce qui concerne les pigeons d'argile, à cette époque, les principales caractéristiques standards étaient les suivantes :

- Diamètre : 10.8 cm
- Epaisseur : 3 cm
- Poids : 90 g

En ce qui concerne les lanceurs, le modèle le plus populaire s'appelait "Pistol Rex". Il était portable à l'origine, mais il pouvait aussi être accroché sur une base fixe. Il pouvait être équipé de 3 ressorts différents, correspondant à 3 différentes portées :

- Portée : 30 m (standard), 40 m ou 50 m

Durant la mission sur site en été 2015, l'équipe d'enquêteurs a procédé à de nombreux lancers et pris beaucoup de photos, en utilisant le matériel suivant :

- Un lanceur manuel américain "Western Hand Trap" (modèle V1500A) des années 50
- Un lanceur fixe automatique moderne
- Des pigeons d'argile modernes "Solognac" (11 cm de diamètre, 2.4 cm d'épaisseur, 100 g)
- Un appareil photo Zeiss Ikon Ikonta 35 identique à celui de M. Frégnaire
- Des films modernes aux caractéristiques similaires à ceux utilisés à l'époque
- Plusieurs appareils photos numériques modernes

Un pigeon d'argile lancé a une vitesse de rotation comprise dans la fourchette suivante :

- Minimum : 19 tr/s
- Moyenne : 24 tr/s
- Maximum : 30 tr/s

Voici l'une des photos présentées dans l'*Annexe* :



La même photo en noir et blanc :



Visiblement, même si la clarté du ciel diffère de celle des photos de M. Frégnaie, ce pigeon d'argile ressemble beaucoup à l'objet photographié en 1952.

En ce qui concerne les trajectoires, les valeurs suivantes ont été obtenues après de nombreux lancers, pour la distance couverte sol-sol L, la hauteur maximum au-dessus du sol H et la durée de vol T :

	L (m)	H (m)	T (s)
Moyenne	22	8,5	3
Maximum	40	12	4

Ces valeurs sont proches de celles présentées à la fin de l'étude géométrique (*voir Table 5*).

Une conclusion évidente est que si la série de quatre photos de M. Frégnaie montre des pigeons d'argile, elle ne peut pas s'expliquer par un jet unique, simplement parce que le temps minimum entre deux prises de vues est supérieur à la durée de vol maximum. Plusieurs lancers successifs ont alors été nécessaires pour le canular.

Des expérimentations sur site ont prouvé qu'il était facile de lancer successivement plusieurs pigeons d'argile en s'arrangeant pour conserver pratiquement la même trajectoire.

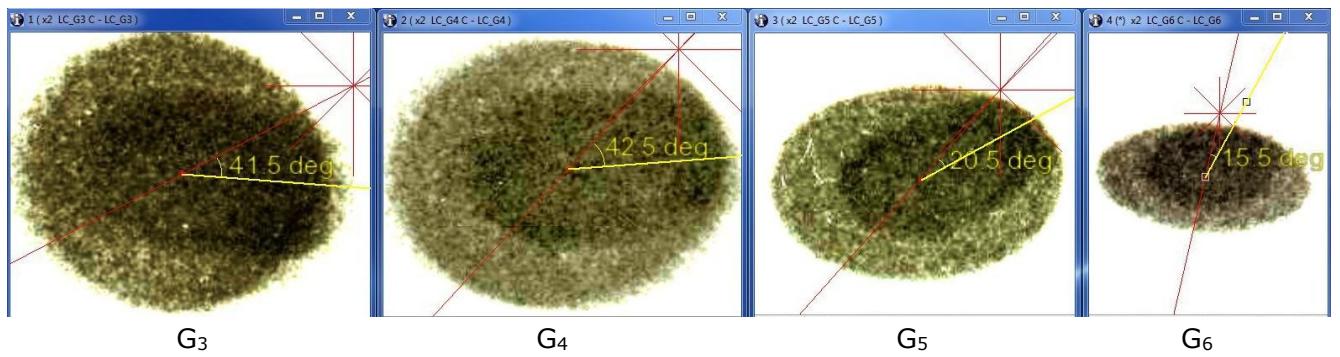
Problème de la tache sombre

Un aspect particulier des photos de M. Frégnale était la tache sombre observée sur la partie basse de l'ovni, et particulièrement sa configuration dissymétrique. Une caractéristique étonnante, relevée par tous les investigateurs précédents, était qu'à première vue l' "axe" de cette forme sombre semblait être aligné avec la direction du Soleil, ainsi qu'avec la direction du mouvement de l'ovni.

Nature de la tache sombre

La question initiale était de déterminer si la tache sombre était physiquement liée à l'ovni ou s'il s'agissait seulement d'une ombre.

Sur chacun des 4 agrandissements de l'ovni (G_3 , G_4 , G_5 et G_6), la position exacte du maximum de la réflexion du Soleil autour de l'ovni a été déterminée en utilisant, d'une façon "détournée", la fonction *Reflet* d'IPACO, qui calcule le "barycentre radiométrique" de la réflexion, et marque ce point (qui indique précisément la direction du Soleil) à l'aide d'un astérisque. En considérant l'ellipse de la base de l'ovni, le rayon joignant le centre et ce point de réflexion maximum a été comparé avec l' "axe de symétrie" de la tache sombre, comme suit :



Bien que les valeurs des angles indiquées soient approximatives, elles sont clairement toutes très différentes de zéro, ce qui exclut la possibilité que la tache sombre soit une simple ombre.

La tache sombre était donc réellement liée à l'ovni.

Tentative d'explication

Considérant que la tache sombre faisait partie intégrante de l'ovni, la question suivante était de savoir si son contour relativement net sur les quatre photos était compatible avec le temps d'exposition.

Pour obtenir une réponse, une expérimentation spécifique a été réalisée en mars 2016, comme expliqué dans l'Annexe (pp.129-130), en utilisant des pigeons d'argile préalablement marqués d'un rectangle de peinture blanche, lancés manuellement et photographiés à l'aide d'un appareil moderne avec un temps d'exposition de 1/250 s ou 1/500 s.

Voici l'une des photos (1/250 s), avec un agrandissement du pigeon d'argile :

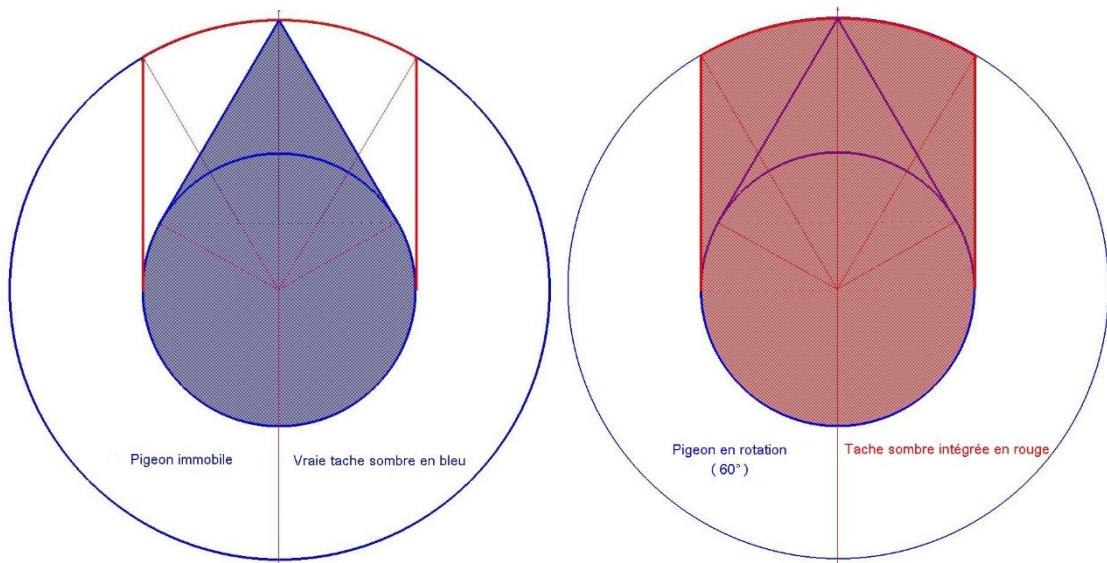


La tache blanche rectangulaire était visible, avec une netteté comparable à celle de la tache sombre de l'ovni. Cela a confirmé qu'il n'y avait pas d'incompatibilité entre l'apparence de l'ovni et de sa tache sombre d'une part, et les conditions de prise de vues de M. Frégnaie d'autre part.

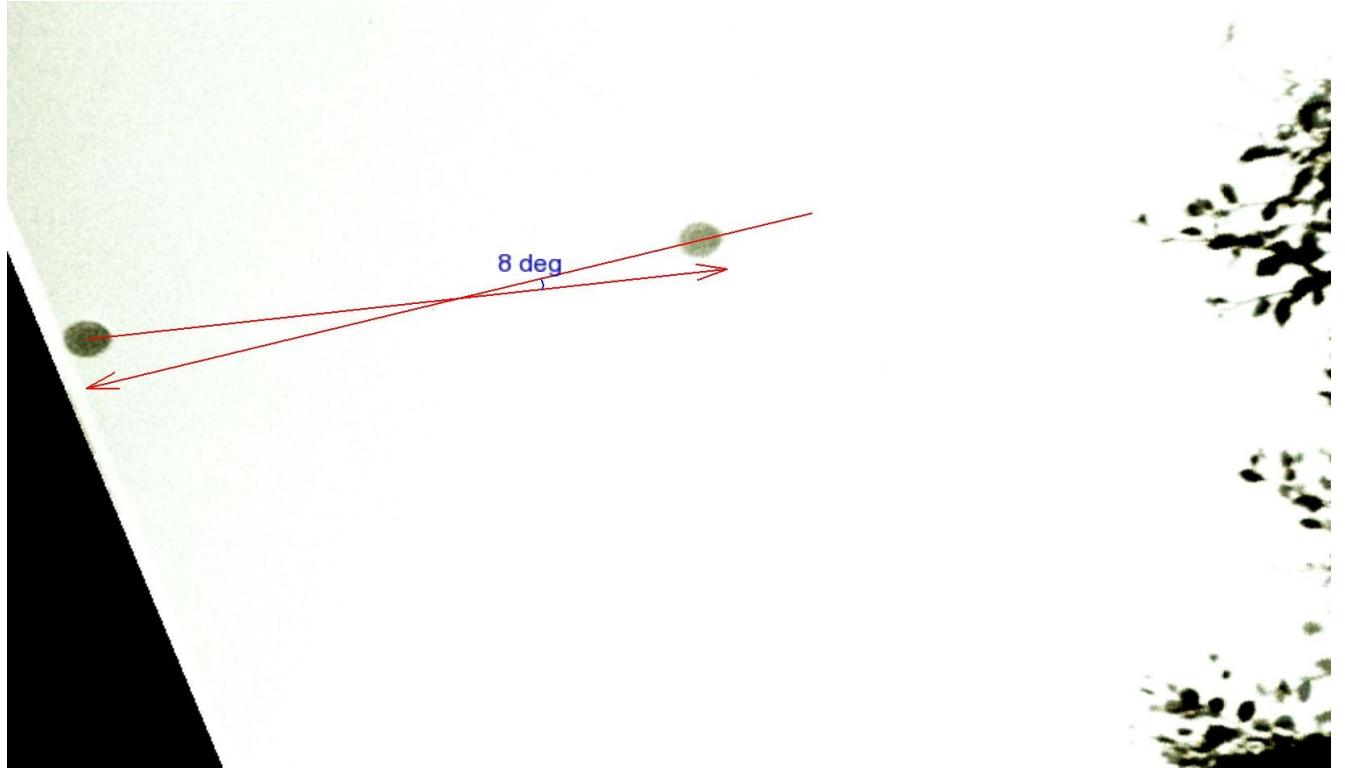
Pour une vitesse de rotation standard d'un pigeon d'argile de 24 tr/s et un temps d'exposition de 1/250 s, l'angle de rotation couvert pendant l'exposition est :

$$360 \times 24 / 250 \approx 35^\circ$$

L'intégration, durant le temps d'exposition, de la tache contrastée peut aussi "déformer" sa forme apparente, comme l'illustre qualitativement le schéma suivant :



Il était également intéressant d'essayer de quantifier l'impression initiale que l'axe de la tache sombre suivait la direction du mouvement de l'ovni. En retournant à l'image composite LC₃₊₄, nous avons pu vérifier que les axes respectifs de la tache sombre dans les deux positions de l'ovni formaient un angle d'environ 8° "vers le bas".



Bien que sa valeur estimée soit approximative (erreur possible jusqu'à $\pm 4^\circ$), cet angle ne pouvait pas du tout coïncider avec la trajectoire parabolique décrite précédemment. En effet, s'ils avaient été alignés sur la direction du mouvement, les deux axes de la tache sombre, dans les deux positions successives de l'ovni, auraient formé un angle "vers le haut", conforme à la convexité de la parabole.

En conclusion, l'alignement apparent de la tache sombre, soit avec le Soleil, soit avec le mouvement de l'ovni, n'était qu'approximatif et finalement sans signification.

Conclusion de l'analyse

Cette analyse a été conduite sur la base de données fiables, en termes de localisation des évènements rapportés, d'identification précise de l'équipement photographique utilisé, de connaissance des études précédentes et de caractérisation du profil du témoin.

L'étude géométrique a permis une caractérisation assez précise de la trajectoire parabolique de l'objet. Dans la mesure où plusieurs objets ont dû être lancés successivement (canular) depuis le même endroit et de la même façon, cette trajectoire représente encore, avec une certaine incertitude, la trajectoire moyenne.

L'étude géométrique a aussi démontré que la taille de l'objet était de l'ordre de 15 cm, avec une incertitude ne dépassant pas 30%, ce qui élimine définitivement l'hypothèse d'un grand objet (un mètre ou plus), et prouve donc que le témoignage de M. Frégnaire était un faux.

L'étude radiométrique a permis d'évaluer les réglages possibles de l'appareil photo. De là ont été tirées deux informations utiles :

- La taille de l'ovni était supérieure à 9.6 cm (à partir de la profondeur de champ)
- Les images LC₃ et LC₄ ne pouvaient pas montrer le même objet, ou au moins le même lancer (vitesse transversale comparée au temps minimum entre deux clichés)

Les expérimentations sur site avec des pigeons d'argile ont fourni des photos très proches de celles de M. Frégnaire, et les hauteurs et distances mesurées étaient tout à fait conformes aux trajectoires typiques des pigeons d'argile.

Enfin, la "mystérieuse tache sombre" sur la base de l'objet, bien que non expliquée formellement, ne soulève aucun problème technique, comme l'ont montré des expérimentations spécifiques.

L'explication finale est donc que M. Frégnaire a dû lancer, à l'aide d'un appareil, ou faire lancer par un compère une série de petits objets discoïdaux (diamètre entre 9,5 et 18 cm), ou le même objet plusieurs fois de suite, le long d'une même trajectoire. Il s'agissait vraisemblablement de pigeons d'argile (diamètre de 11 cm), ou alors peut-être d'une variante (M. Frégnaire était un excellent bricoleur) ou même de Frisbee.

La tache sombre résultait sans doute d'un coup de peinture noire grossièrement donné vers le centre de la base de l'objet (ou des objets) ou, à l'inverse, d'un coup de peinture blanche inégal sur le pourtour de la base sombre (*voir le schéma en bas à gauche de la p.63*).

Le fait que cette tache semble (très approximativement) alignée avec le Soleil et/ou la trajectoire de l'objet résulte d'un hasard, à moins (mais rien ne le prouve) que M. Frégnaire ait réalisé plusieurs séries de 4 clichés pour ne choisir que la série paraissant la plus étrange.

L'ensemble des quatre photos doit être classé comme un faux.

Il est intéressant de remarquer que les résultats de ce rapport d'analyse, qui a utilisé une approche tout à fait originale, sont très proches de ceux d'autres études majeures de ce cas, en termes de description géométrique globale.

En particulier :

Azimut de l'ovni	LC3	LC4	LC5	LC6
Guérin	195°	176°	142°	119°
Vaillant	192°	178°	161°	135°
IPACO	195°	180°	151°	134°

Annexe

L'idée d'une reconstitution sur place s'étant naturellement imposée aux enquêteurs et aux analystes au fur et à mesure de la progression de leurs travaux, il a fallu en préambule reprendre tout ce qui avait été dit et fait sur le sujet depuis 1952 (voir chapitre "Sources" en fin d'annexe).

Ce premier travail de lecture, de recherche de sources, de données, puis de compilation a été effectué en grande partie par ACN, aidé et soutenu par FLE et GQK d'une part pour IPACO, et par les enquêteurs FCR, PSY et GMH d'autre part (voir chapitre "Crédits" en fin d'annexe).

De nombreux autres contributeurs ont participé de façon plus ou moins active à cette préparation et en particulier certains membres du forum [UFO scepticisme](#) : NAB, DCN, MAR, FLO et SNL.

Enfin, il va de soi que sans le travail parfois minutieux des enquêteurs et analystes précédents (PGN, LGN, JAS, ADN) et le soutien de XPT, MVT et RPI, rien n'aurait été possible.

La première partie "recherches préliminaires" présente, de la manière la plus exhaustive possible, le travail préparatoire qui a été effectué en vue de la reconstitution sur place qui s'est déroulée du 26 au 30.07.2015, et dont la présentation fait l'objet de la deuxième partie de cette annexe.

Enfin, dans la troisième partie, sont présentés des travaux complémentaires à la reconstitution, ayant servi au rapport d'analyse IPACO proprement dit.

Recherches préliminaires

Identification et utilisation du matériel photo utilisé

Choix du modèle d'appareil photo

PGN-ADN-ACN-NAB-DCN-SNL

L'identification de l'appareil photo a été un processus relativement long et difficile, qui a fait l'objet de nombreuses discussions plus ou moins techniques entre les différents enquêteurs, au fil des années.

Chronologiquement, la première mention de l'appareil utilisé a été faite par PGN en 1972 et reprise par ADN dans ses propres recherches (6), M. Frégnale lui-même n'ayant jamais directement évoqué le modèle qu'il utilisait à ce moment-là.

PGN mentionne donc brièvement, et pour la première fois, l'appareil "**Ikonta Zeiss**", en légende des photographies de M. Frégnale illustrant un article généraliste sur les OVNIs dans la revue "*Science et Avenir*" (1), puis en 1993 dans un article dans la revue spécialisée "*Lumières dans La Nuit*" (3) et enfin en 1994, en anglais, dans un article du "*Journal of Scientific Exploration*" (4).

Il précise dans ces deux derniers articles que l'appareil utilisé était de la marque **Zeiss Ikonta** "avec un excellent objectif Tessar (de focale 45 mm) et un obturateur central de type Compur ou Prontor. Un léger filtre jaune Wratten 15 a été utilisé (pour foncer le ciel bleu sur les photos en noir et blanc). Le diaphragme était probablement réglé sur 1:5.6. La durée d'exposition était de 1/250 s (mais plus probablement 1/200 s, les obturateurs centraux étant toujours plus "lents" à de grandes vitesses d'obturation). Considérant la densité photographique moyenne qui varie sur les négatifs, le diaphragme (ou la vitesse ?) a été modifié(e) entre la première et la seconde photographie".

Cette description, à l'origine en anglais, est reprise et traduite plus tard, en 2003, par ADN dans son site (6). Il précise par ailleurs : "D'après les indications précises de Pierre Guérin (type de boitier, d'objectif, d'obturateur, ...), je pense avoir trouvé avec une très faible marge d'erreur l'appareil exact dont s'est servi André Frégnale.

*Il s'agit selon moi d'un **Zeiss Icon "Contessa**" modèle 533/24, à film 35 mm, fabriqué entre 1950 et 1953. (f2.8, objectif 45mm Tessar, obturateur Compur Rapid X synch), de type "folding" (à objectif repliable).*

De nombreuses discussions ultérieures ont eu lieu à propos de la pertinence de ce choix, et en particulier avec ACN, DCN, NAB, et SNL sur le forum "[UFO scepticisme](#)" (7).

Il en ressort que le Zeiss Ikon Contessa n'est pas le seul modèle à film 35 mm, existant en 1952 et pouvant être équipé à la fois d'un objectif 45mm Tessar et d'un obturateur de type Compur ou Prontor. C'est le cas également du **Zeiss Ikon Ikonta** 35 mm (522/24), fabriqué de 1948 à 1953 et pouvant également être équipé d'un objectif Tessar 45 mm et d'un obturateur Compur-Rapid allant jusqu'à 1/500 s (DCN). Un filtre coloré (jaune, vert...) peut aussi être monté sur l'objectif.



Zeiss Ikon Ikonta 35 II (5224/524) équipé d'un objectif Novar-Anastigmat 45 mm f3.5 et d'un filtre vert (17)

Le modèle équipé de l'objectif Tessar est rare, en raison de la pénurie causée par les dommages de guerre aux usines allemandes le produisant. Il fut rapidement remplacé par d'autres modèles, comme le Novar ou, plus tard, le Xenar (13) (17).



Le rare modèle Ikonta équipé de l'objectif Tessar et de l'obturateur Compur-Rapid (11)

L'Ikon Ikonta 522/524 fut, quant à lui, progressivement remplacé dès 1951 par les modèles Contina.

Par ailleurs, dans les deux appareils, le chargement se fait sur la bobine réceptrice située à gauche, contrairement à d'autres modèles plus récents où le chargement se fait par la bobine de droite (SNL).



Vue arrière du Zeiss Ikonta 35 (522/24) (11)



Vue arrière du Zeiss Contessa 35 (533/24) (12)

Le principal élément discriminant concernant le choix entre les deux modèles d'appareil est le nom qui est bien « **Zeiss Ikonta** » et non « **Zeiss Icon** ». En effet, le modèle nommé "**Zeiss Ikon Contessa**" n'a jamais porté le nom courant de "**Zeiss Ikonta Contessa**". Tout au plus pouvons-nous dire que l'appellation "**Ikonta 35**" a été uniquement utilisée pour nommer le design de ce modèle (14) (15).

Par ailleurs, l'Ikonta n'a pas, contrairement au Contessa, de télémètre ni de mesure de l'exposition, qui n'ont sans doute été d'aucune utilité pour M. Frégnaire, qui était un photographe averti. Enfin, le Contessa était un appareil cher pour l'époque, davantage que le Ikonta (16), et M. Frégnaire, qui était un homme aux moyens modestes (6 - Chapitre IV), aurait naturellement porté sa préférence vers le modèle Ikonta.

Ce nom de modèle "**Zeiss Ikonta**" a probablement été spécifié par M. Frégnaire lui-même lors d'un entretien téléphonique avec PGN qui, à notre connaissance, ne l'a jamais rencontré.

Notre préférence va donc tout naturellement vers ce modèle (DCN-ACN).

Une fois le modèle défini, ACN a pu acquérir pour les essais sur place un appareil en tous points identique, hormis l'objectif qui est un Xenar et non un Tessar (tous deux f/2.8). Il s'agit donc d'un **Zeiss Ikonta 35 mm (522/24)** en parfait état de fonctionnement :



L'appareil utilisé lors des essais

Choix du modèle de film

PGN-ADN-ACN-NAB-DCN-SNL-MGU

Un autre problème qui se pose pour l'utilisation optimale de l'appareil est celui du choix du film à utiliser lors de la reconstitution.

En effet, PGN précise que le film utilisé est un Kodak "Panatomic-X Kodak 35 mm" (3). ADN est encore plus précis : "Kodak Panatomic-X (5060) FX BW (ISO 32) où 5060 est le Film Code Number et FX le Code Name" (6 - Chapitre VIII), sans spécifier toutefois la source de cette information.

Kodak unopened pack vintage 2 1/2" x 3 1/2" Panatomic-X cut films, ANTI HALO



[Click to view supersized image](#)



Ce film, qui était considéré à l'époque comme un "must" en la matière, étant absolument introuvable actuellement (arrêt de la fabrication ou largement périmé), il a fallu trouver une solution de rechange qui soit acceptable, c'est-à-dire avec les mêmes caractéristiques techniques que celle du Panatomic X.

ADN précise (6 - Chapitre VII) : "Ce film était le plus fin disponible à l'époque, et il a détenu ce record très longtemps jusqu'à l'arrivée d'abord du Kodak Technical Pan, puis en 1987 du T-Max 100 [...] Son pouvoir de résolution incroyablement fin varie de 180 lpm à 200 lpm selon les sources (lpm = lines per millimeter)", sans citer ces sources.

Dans un document technique (18) de Tim Vitale permettant de calculer la résolution effective d'une image grâce à une équation qui tient compte des résolutions théoriques des lentilles, des films utilisés et des processus de traitement ultérieurs, on apprend que la résolution native du Panatomic-X en 1976 était de 170 lpm.

Ce film a eu une durée de vie importante (de 1933 à 1987) (19), et **n'a cessé d'évoluer** au fil de ces années, particulièrement en termes de résolution native. Dans un autre document technique du même auteur que le précédent (qui est en fait une édition augmentée) (20), on apprend que le film Panatomic-X a souvent été évalué comme étant celui possédant le plus

haut pouvoir de résolution dans les livres de données techniques de Kodak. Cette résolution a évolué de la façon suivante :

- 1939 : 55 lpm
- 1947 : 100 lpm
- 1956 : 95-115 lpm
- 1965 : 136-225 lpm
- 1976 : 170 lpm

Panatomic-X was often rated with the highest resolving power in the Kodak data books. The data on this film was followed through the Kodak books noted above:

- (1) 55-lp/mm* (2794 ppi) in 1939 *Kodak Film: Data Book on Negative Materials* (15¢)
- (2) 100-lp/mm* (5080 ppi) in the 1947 version of the same data book (35¢)
- (3) 95-115lp/mm* (4750-5842 ppi) in 1956 *Kodak Data Book on Films* listed as "high" resolving power
- (4) 136-225-lp/mm* (6908-11430 ppi) 1965 *Kodak Advanced Data Book* (50¢) listed as "very high"
- (5) 170-lp/mm (MTF data) (8636 ppi) in 1976 Kodak book on *B&W Professional Films* (F-5, \$5.95)
- (6) NA, not listed in the 1984 version of Kodak Pub F-5

Evolution chronologique de la résolution native du film Panatomic-X

Ainsi, bien qu'il soit juste de dire que ce film était sans doute le plus fin en 1952, sa résolution n'était pas comprise entre 180 et 200 lpm, mais plutôt d'environ **100 lpm**.

La fabrication de ce film ayant été stoppée en 1987, nous avons cherché une solution de remplacement qui respecte autant que possible les critères techniques imposés par le Panatomic-X :

- Film noir et blanc
- Faible ISO
- Format 35 mm
- Pouvoir de résolution actuel : 200 lpm au contraste 1000:1 et 60 lpm au contraste 1:6
- Image haute qualité
- Grain ultrafin

Deux types de films nous ont semblé respecter au mieux ces critères :

- Le Ilford "**PAN F Plus 50 ISO 35 mm N&B**" (21).
- Le Fuji "**Neopan Across 100 ISO 35 mm N&B**" (22).



ACN a acquis respectivement 5 et 3 bobines de ces films.

Identification des arbres

ACN-PSY

L'identification des arbres visibles à la fois sur les photographies originales de M. Frégnaie et sur le film Pathé (tourné lors de la première reconstitution sur place, le samedi 26/07/1952, et nommée ci-après "film Pathé") est un point essentiel pour l'analyse du cas.

En effet, leur caractérisation physique permet d'effectuer, en particulier à l'aide d'IPACO, un travail de mesures géométriques et radiométriques indispensable à la suite de l'étude.

Le premier travail préliminaire a été de déterminer quelles essences d'arbres étaient présentes dans la zone en 1952, et si elles sont toujours présentes aujourd'hui. Le département du Puy-de-Dôme possède heureusement de nombreuses bases de données constituées par des botanistes et consultables en ligne (23) (24) (25).

Le croisement de ces bases de données avec les données forestières issues du site Géoportail (26) a permis, en procédant par élimination, de déterminer la nature des arbustes visibles sur les photographies et sur le film Pathé, et dont l'emplacement a été retrouvé après la seconde reconstitution de juillet 2015. Il s'agit de hêtres juvéniles, déjà majoritairement présents en 1952 dans la zone.

1010 *Fagus sylvatica* (Fagaceae)

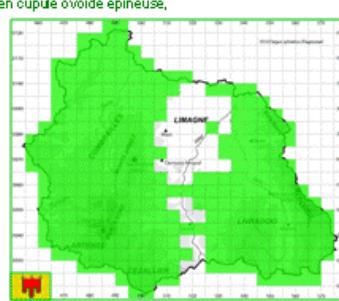
Hêtre (commun)



Ph – 10-40 m – Feuilles ovales entières à sinuées, ± ciliées au bord –
Chatons ♂ globuleux pédicellés pendants – Fruits en cupule ovoïde épineuse,
graines (faines) trigones

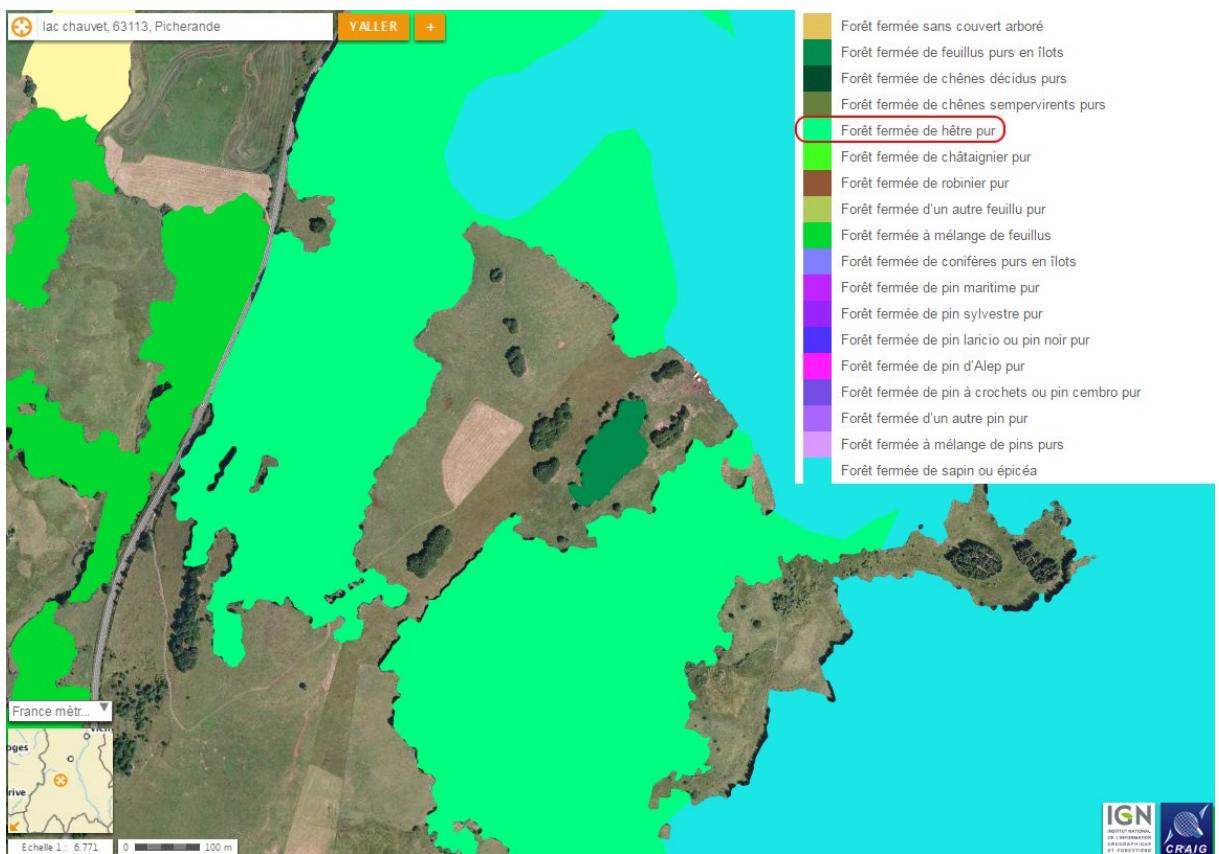


jll – V-bois, N de Grand-Pré – F 63 Durtol



Commun – Printemps – Forêts (hêtraies mixtes, parfois pures en montagne) – Largement répandu, hors Limagnes, surtout en altitude, dans le Puy-de-Dôme

Répartition des hêtraies mixtes ou pures dans le Puy-de-Dôme (23)



Données sylvicoles de Géoportail (26)

Des exemples de photographies de jeunes hêtres trouvées sur Internet ont un aspect très semblable (en "plumeau") à celui des arbustes visibles sur les photographies et le film Pathé :



La différence essentielle entre les hêtres de plaine et ceux de montagne (1200 m d'altitude environ pour la position de M. Frégnaire), réside en l'aspect plus trapu, plus massif de ceux poussant en altitude. Les hêtres observés sur place ont tous atteint leur maturité, ne poussant pratiquement plus après 50 ans et leur âge étant d'au moins 70 ans (PSY).

La taille de leurs feuilles a été mesurée sur place (ACN) et elles mesurent **en moyenne 6,5 cm de long, ne dépassant jamais les 7 cm** (10 cm pour les hêtres de plaine).

Il est à noter enfin que certains de ces arbres remarquables ont été pour la plupart conservés sur place au fil du temps et ont grandi sans sembler subir de modification notable de leur "morphologie" par intervention humaine.



Le hêtre de LC₃/LC₄ en juillet 1952 et un hêtre similaire photographié en juillet 2015 sur place

Identification de l'ovni

PSY-GMH-FLE-ACN-DCN-NAB-MAR-FLO

Deux hypothèses majeures sont retenues pour cette identification.

Dans l'hypothèse d'un **objet inconnu plutôt grand et lointain**, ses caractéristiques physiques et dynamiques doivent être autant que possible quantifiées par IPACO et se conformer à ce que disait M. Frégnaire, soit:

- Déplacement azimutal d'environ 100° (37) (5) (6).
- Trajectoire rectiligne et horizontale (1).
- Trajectoire sans aucun balancement ni sinuosité (1).
- Vitesse linéaire uniforme et régulière (1).
- Intervalle d'environ 8 secondes entre chaque photographie et la suivante (1).

La plupart de ces points sont développés dans l'analyse.

Dans l'hypothèse d'une tromperie imaginée par M. Frégnale (et donc d'un **objet plutôt petit et proche photographié à plusieurs reprises**), l'idée de l'utilisation d'un objet manufacturé courant de forme circulaire a été émise pour la première fois par divers intervenants il y a une dizaine d'années environ. PGN a également évoqué l'hypothèse d'une "*maquette oscillant au bout de quelque fil invisible ou lancée en l'air à quatre reprises successives*", tout en la réfutant, ainsi que l'idée d'un trucage photographique (et en particulier une double exposition volontaire ou une surimpression) (3).

L'hypothèse d'une confusion a également été faite, et ce, dès juillet 1952. Le seul objet susceptible de faire l'objet de cette confusion était alors un ballon météo. Voir à ce sujet le chapitre "*hypothèse ballon (confusion)*" page 88. Cette hypothèse du ballon restera la seule évoquée jusqu'en 2003, où les discussions sur Internet (8) (9) (10) ont mis en avant trois nouvelles idées sur la nature possible des objets qui auraient pu être utilisés :

- Un Frisbee
- Un pigeon d'argile ("ball-trap")
- Un couvre-chef

Ces hypothèses impliquent nécessairement qu'au minimum deux personnes soient présentes : l'une pour lancer l'objet, l'autre pour faire les photographies.

Il a été cependant avancé l'idée que M. Frégnale, qui était réputé pour son ingéniosité, ai pu modifier, fabriquer ou inventer un système de propulsion à retardement (DCN), pour les deux premières hypothèses.

Ce système aurait également pu avoir été modifié par M. Frégnale pour lancer un objet discoïdal avec une rotation nulle ou faible (problème de la "*tache sombre*").

En tout état de cause, nous avons essayé pour la reconstitution d'être aussi fidèles que possible, dans le choix des modèles de Frisbee et de pigeons d'argile, à ce qui existait en 1952.

Hypothèse Frisbee

Un peu d'histoire...

ADN-ACN-GMH

Cette hypothèse se heurte à première vue à une difficulté d'ordre historique et culturel, comme le rappelle ADN (6 - Chapitre V).

En effet, bien que le Frisbee n'ait été produit et commercialisé en masse aux USA par la compagnie Wham-O qu'en 1957, les premiers modèles en plastique furent vendus dès 1948 en porte-à-porte dans le sud de la Californie par leurs deux inventeurs (Morrison et Franscioni) et la compagnie qu'ils avaient créée ("*Pipco*").

WHAM-O

FRISBEE

The Pipco Li'l Abner Flyin' Saucer, launched in an effort to invigorate the company, ended up being Pipco's demise.



Roswell, New Mexico. The "Roswell Incident" fueled our country's infatuation with UFOs, and in response, Pipco renamed their toy the Flyin' Saucer. According to written correspondence acquired by Malfafronte, Morrison got some blocks of hard plastic and had a mechanic friend, who owned a lathe, turn out some models while Francioni funded the start-up with \$25,000. Using these early models, the first Flyin' Saucer molds were made sometime in 1948.

FLYIN' SAUCER PILOTS

Morrison and Francioni quickly learned that after landing on a store shelf, their flying toy remained there. Like a UFO, the Flyin' Saucer had to be seen to be believed, so the entrepreneurs demonstrated it wherever they could find a crowd. Their first account was the local Woolworth's store in Glendale, California, where the two men dazzled shoppers with their remarkable skill at throwing and catching. Despite Morrison and Francioni's proficiency, the store manager wasn't taking any chances—he had the men stand within a wire cage during the demonstration!

The sight of a sailing disk is so common today that it's hard to imagine the amazement that bystanders experienced when they first saw this new toy in use. After Morrison and Francioni moved their demonstrations to the great outdoors, they overheard an onlooker comment that "they must be using wires to fly the thing." Quickly, the two savvy salesmen incorporated the perceived deception into their sales pitch. "The Flyin' Saucer is free," they'd say. "But the invisible wire is \$1.00."

They promoted the Flyin' Saucer in California and Daytona Beach, Florida. They even landed orders from Disneyland, but despite their continued efforts, the "World Champion Flyin' Saucer Pilots" (as they hailed themselves) could not get their toy off the ground. With sales waning, they thought the recognition of a well-known license might provide the lift they needed.

In the spring of 1950, Pipco signed an agreement with Al Capp, the creator of the comic strip *Li'l Abner*. The men evidently overstepped the limits of their agreement with Mr. Capp in packaging Li'l Abner comics with the toys, because shortly after the disks hit the streets, Pipco was hit with the cancellation of the contract and a lawsuit. Having weathered four years of development and promotional efforts with little return, this threat of litigation proved too much for Pipco; they settled with Capp for \$5,000, but the damage was done.

Extrait du livre de Tim Walsh retraçant l'histoire du Frisbee (27)

Ces modèles furent aussi vendus à Woolworth (supermarchés populaires de l'époque en Californie) et, plus tard, à Disneyland pour 1 dollar... qui était le prix de la ficelle invisible permettant de les faire voler (en fait, un gag des inventeurs pour répondre aux sceptiques qui croyaient – dixit – que l'objet était maintenu en l'air par une ficelle invisible !).

Le plus drôle dans cette histoire c'est que ces deux inventeurs californiens se sont inspirés de la saga de Roswell pour créer ce premier disque en plastique, qu'ils ont naturellement appelé "Flyin-Saucer"! Ils voulaient rebondir (déjà à l'époque!) sur la folie ambiante qui régnait aux USA autour des soucoupes volantes.

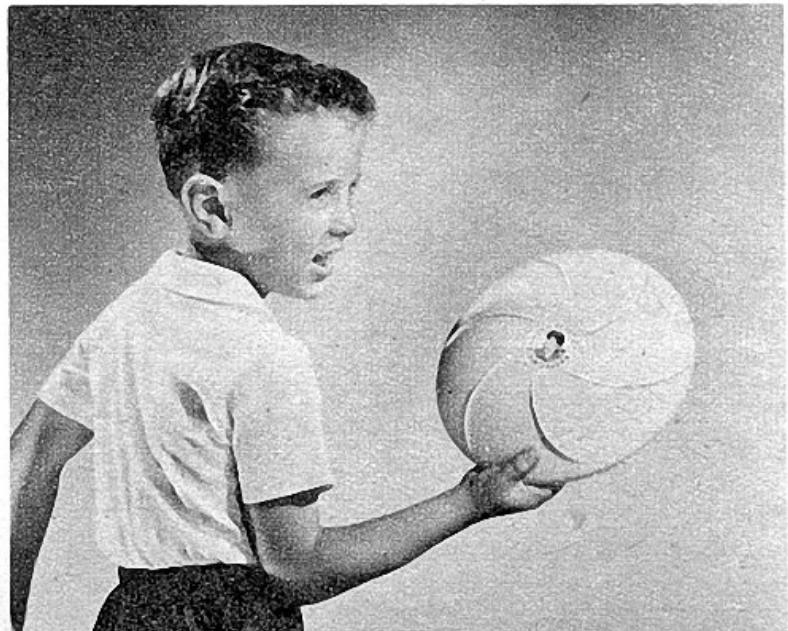
Puis, au début de 1950, le dessinateur Al Capp a conclu un marché avec Pipco pour relancer le modèle "Flyin-Saucer" grâce au personnage de BD Li'l Abner, mais ce fut un échec, les deux inventeurs ayant outrepassé l'accord conclu avec Al Capp en proposant à la vente en même temps le disque et la plaque cartonnée ronde illustrée à coller sur ce disque (27).



Pipco (1950) FS 2/3 Li'l Abner's Flyin Saucer, AKA Pipco Crab, Arcuate Vanes.

Li'l Abner's Flyin-Saucer, AKA Pipco Crab - 1950 (28)

Li'l Abner's Flyin' Saucer can be thrown, boomeranged or skimmed. It's made of Lumarith plastic. Capp Enterprises, 17 East 45 Street, N.Y.C. \$1



Publicité de 1950 vantant le Frisbee Li'l Abner Flyin-Saucer (29)

Ce que l'on ne sait pas, en revanche, c'est combien de modèles ont été vendus (pas en masse, car la vente peinait à décoller entre 1948 et 1955) et s'ils étaient déjà exportés en France à l'époque...

Cependant, et même s'il serait étonnant que le concept de Frisbee soit connu de façon généralisée en France en 1952 (les premiers modèles arrivant "*officiellement*" dans le pays en 1977 (32')), il ne peut être formellement exclu que des expatriés Américains venus en France aient pu ramener de tels modèles dans leurs valises cette année-là ou les précédentes.

En effet, après la seconde guerre mondiale et sous la IV^e République, de très nombreux Américains, civils et militaires, s'installent en France, entre 1948 et 1958 principalement (date du retour au pouvoir du Général de Gaulle et de la rupture avec la politique "*d'américanisation*" de la France), année où la France comptait plus de 62.000 Américains sur son sol. Ils ramenaient avec eux leur mode de vie, leurs sports mais également leurs loisirs (30). Le Frisbee était déjà en 1952 bien connu aux USA et imaginer qu'il ait pu être importé par ce biais en France à l'époque n'est pas du tout invraisemblable.

En résumé, il est tout à fait possible que M. Frégnaie ait eu connaissance de l'existence du Frisbee dès juillet 1952 et s'en soit inspiré, voire même qu'il ait pu en avoir un exemplaire entre les mains.

Le Frisbee étant un objet fabriqué en plastique, il est léger et maniable et peut facilement être lancé assez loin avec un peu d'entraînement. Il est en revanche très sensible au vent.



L'ancêtre des Frisbee ("Frisbie's Pies Tin") (29)

Choix des Frisbee

ACN

Quatre Frisbee de couleurs différentes (rouge, noir et blanc) ont été achetés par ACN et utilisés. Trois sont du même modèle moderne, d'un diamètre de 25 cm et d'un poids de 170 g. Le quatrième est un modèle blanc de 1991, d'une forme différente, d'un diamètre de 23 cm et d'un poids de 115 g. Ces dernières caractéristiques sont identiques à celles des premiers Frisbee produits aux USA (le modèle "Li'l Abner Flyin-Saucer" mesure par exemple 9 pouces, soit environ 23 cm). Le Frisbee marron, modèle récent, est un objet publicitaire de la marque des barres chocolatées Snickers et a été apporté par FCR.

Les trois Frisbee modernes rouge, noir et blanc, sont semi-translucides et il est possible de voir les inscriptions du dessus par transparence (pour les modèles rouge et blanc), ce qui sera utile pour les mesures de vitesse de rotation.



Les Frisbee utilisés lors de la reconstitution sur place en juillet 2015

Hypothèse pigeons d'argile

ADN-DCN-ACN-PSY-GMH

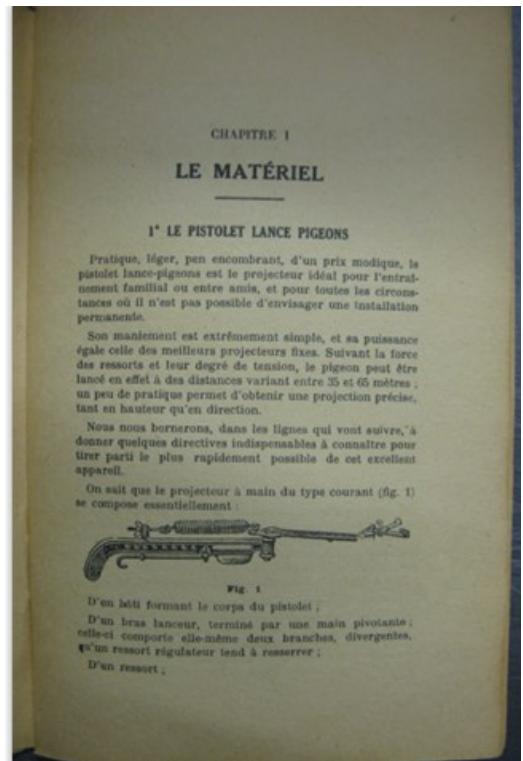
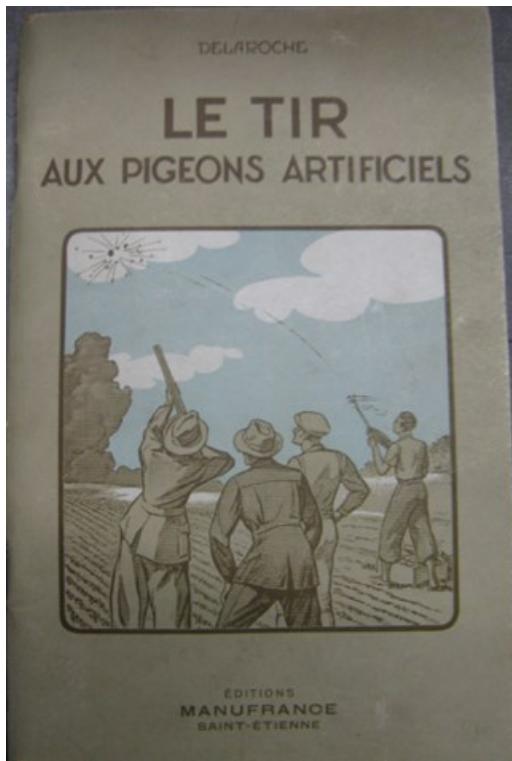
Cette autre hypothèse impliquant un objet de forme discoïdale a été évoquée dès le début des années 2000 sur Internet (8) (9) (10), principalement en raison de l'apparence des pigeons d'argile, dont la forme discoïdale, comme celle des Frisbee, ressemble à celle de l'objet photographié.

Cependant, contrairement aux Frisbee, les pigeons d'argiles et les lanceurs existaient déjà depuis longtemps en France en 1952. Ils étaient majoritairement distribués par la *Manufacture Française d'Armes & de Cycles de Saint-Etienne ("Manufrance", Loire)*, située à environ 120 km du lac Chauvet.



Extrait du catalogue Manufrance de 1951

La manufacture a même édité en 1950 un guide de 62 pages détaillant le matériel et son utilisation :



ADN conteste par la suite l'hypothèse (6 - Chapitre V) en précisant :

"Les machines de ball-trap lancent des plateaux d'argile de 11 cm de diamètre et d'environ 100 g. Imaginez les modifications à apporter sur un tel lanceur pour lui faire éjecter des plateaux de 1 m de diamètre !"

"Les machines de ball-trap éjectent ces plateaux selon un certain angle, depuis le sol. Pour obtenir une trajectoire horizontale de l'objet il aurait fallu, non seulement modifier cet angle de départ sur la machine, mais également la hisser à plusieurs dizaines de mètres de haut (puisque l'objet, à supposer qu'il se trouve au plus près à 60 mètres de l'appareil photo, se trouve également par voie de conséquence, à près de 40 mètres de hauteur)."

"Les machines de ball-trap étaient rares et très coûteuses en 1952. Il est peu probable qu'un simple particulier ait pu s'offrir un tel luxe, surtout pour un simple canular. Il est encore plus improbable que M. Frégnale ait pu s'acheter un objet aussi insolite sans déclencher la curiosité du voisinage, lui qui n'était pas tireur. Sans compter qu'il lui aurait fallu un ou deux complices pour manipuler et hisser cette machine en hauteur, ainsi que du matériel encombrant ... fort peu discret tout ça."

Or, nous l'avons vu, les lanceurs manuels étaient courants et facilement trouvables à l'époque à *Manufrance*. Nous avons pu trouver deux modèles issus de ce catalogue.

- Le "**Pistol Rex**" :

Présent dans le catalogue Manufrance de 1951 (voir illustration p.82), il pouvait s'utiliser "à bras", debout, ou fixé au sol sur un support adapté ("*support Simplex*"). Aisément transportable (3.7 kg) et peu encombrant (1 m de long déplié et 0.6 m armé), il est cependant exact que son prix était un handicap (5700 "anciens" francs, le salaire moyen d'un employé en 1952 étant de 4404 francs) pour quelqu'un de modeste comme M. Frégnale.



Pistol Rex dans sa boîte avec deux de ses trois ressorts (32)

Il était livré avec un ressort dit "normal" lançant le pigeon (110 mm de diamètre) à environ 30 m. Sur demande, il était possible de se faire livrer deux autres ressorts, dits "fort" et "très fort", lançant les pigeons à respectivement 40 m et 50 m. Il existait aussi divers accessoires et un régulateur permettant de donner au lanceur 15 orientations possibles différentes (en hauteur et en azimut).

Le "Pistol Rex" fabriqué par la manufacture de Saint-Etienne est, de nos jours, un objet rare, difficile à trouver et recherché par les collectionneurs.



Pistol Rex prêt à l'emploi

- Le "Skeet-ball" :

Ce modèle se différencie du "Pistol Rex" en ce sens qu'il pouvait se fixer directement sur le canon du fusil ou de la carabine à un coup, ou sur une poignée amovible en bois en forme de pistolet.

Encore plus léger que le "Pistol Rex" (environ 1.5 kg), tout aussi maniable et peu encombrant, il permettait de lancer uniquement des "bourdons" (petits pigeons de 60 mm de diamètre).

Son prix reste néanmoins un handicap, tout comme pour le "Pistol Rex". Il est présent dès 1952 dans le catalogue Manufrance, p. 52 :

52 MANUFRANCE, SAINT-ÉTIENNE (Loire)

TIR AUX PIGEONS ARTIFICIELS " SKEET-BALL "

Pour l'entraînement au tir de chasse
sur but mobile, à courte distance et avec des armes des calibres les plus divers.

Le "Skeet-ball" est un nouveau sport qui procure à celui qui le pratique une très grande rapidité de tir en même temps qu'un coup d'œil infallible. Par un entraînement suivi, tout chasseur, tout tireur, peuvent arriver, grâce au "Skeet-ball", à une précision étonnante et à égaler les meilleurs fusils, aussi bien en chasse qu'en tir aux pigeons. Le projecteur "Skeet-ball" lance et offre ses pigeons avec une très grande vitesse initiale et leur tir exige, surtout à courte distance, des réflexes extrêmement prononcés.

Le projecteur "Skeet-ball" a été conçu pour être fixé, en raison de son faible poids, sur le canon d'une arme à un coup : fusil ou carabine jusqu'à 17 $\frac{1}{2}$ mm de diamètre extérieur. Dans ce cas, le tireur actionne lui-même l'appareil et peut s'entraîner seul. Il peut aussi s'adapter sur une poignée amovible en forme

de pistolet et même encore se fixer par vis sur un poteau avec déclenchement par câble à la disposition du tireur, simple à réaliser.

Le tir aux pigeons "Skeet-ball" peut se pratiquer à des distances diverses, suivant l'arme que l'on possède.

- Entre 20 et 25 mètres, avec une arme de chasse normale de calibre 24, 20, 16 ou 12.
- Entre 15 et 20 mètres, avec une arme de calibre 12 $\frac{1}{2}$ ou 14 $\frac{1}{2}$ ou un fusil de chasse normal pourvu d'un tube réducteur, entre 10 et 15 mètres, avec une carabine 9 % et des cartouches à double charge de plomb.

Il est à remarquer que la pratique de ce tir avec des armes de petits calibres permet l'emploi de cartouches peu contournées, ce qui est particulièrement intéressant pour celui qui s'entraîne.

Projecteur avec poignée amovible.

Gravure montrant le projecteur skeet-ball armé et monté sur une arme à un coup.

Gravure montrant le projecteur skeet-ball armé et monté sur sa poignée en forme de pistolet.

Gravure montrant le projecteur fixé par sa croise sur un poteau à l'aide d'une vis à bois.

Etui de ceinture.

PIGEONS ARTIFICIELS

5-570. Pigeons artificiels en forme de boutonne, résistant au transport, mais friables sous les plombs. Diamètre 60 %. La boîte de 100..... 1200.-

Projecteur skeet-ball en tôle d'acier bronze noir, constitué d'un plateau de lancement pivotant autour d'un axe, dans une chaîne d'articulation à l'extrémité de laquelle est accroché un fort ressort. Ce ressort, lorsque l'on relâche la pression, se déroule et se fixe dans le cran de détente. Son déclenchement s'effectue en pressant sur la spatule du bouton de détente.

Le projecteur, muni de 3 colliers à vis peut être monté indifféremment sur une carabine ou un fusil à un coup dont le canon a 17 $\frac{1}{2}$ mm de diamètre ou sur la poignée en forme de pistolet.

5-559. **Projecteur seul**, longueur 31 $\frac{1}{2}$ cm, poids 440 gr., avec étui de ceinture porte-pigeons et 5-558. **Projecteur avec poignée amovible en forme de pistolet (noir gravure).** Livré avec étui de ceinture porte-pigeons. 2 pigeons dans des dits d'essai et 40 pigeons artificiels, en un solide coffret bois avec couvercle à charnières et à poignée. Poids 14400. 6000.-

ACCESSOIRES POUR SKEET-BALL

Voir, page 81, les tubes réducteurs calibres 12 $\frac{1}{2}$ et 14 $\frac{1}{2}$ pour utiliser dans un fusil de chasse cal. 16 ou 12.

Page 76, les cartouches 9 %, n° 4-280, les cartouches cal. 12 $\frac{1}{2}$, n° 4-295 et 14 %, n° 4-300.

Extrait du catalogue Manufrance de 1952 (dépôt légal 2e trimestre 1952)



Skeet-ball déplié

Nous noterons par ailleurs que l'acquisition d'un tel lanceur n'est pas une obligation formelle pour les tentatives de reproduction des photographies. En effet, des essais ont été réalisés en lançant simplement les pigeons à la main, avec de très bons résultats. Il ne faut pas oublier en outre que M. Frégnale était un bricoleur et inventeur doué et qu'il aurait sans nul doute pu fabriquer sans trop de difficultés un lanceur similaire, ou modifier un existant.

Choix du lanceur manuel

ACN

ACN a pu trouver un exemplaire de "*Pistol Rex*" mais n'a malheureusement pas pu l'acquérir, le vendeur ayant exagérément augmenté son prix au moment de la transaction.

Nous nous sommes donc rabattus sur un modèle américain, également produit dans les années 50, et fonctionnant selon un principe un peu différent de celui du "*Pistol Rex*". Le ressort est en effet fixe, intégré dans le corps du lanceur, qui s'utilise en prolongement de la force et de la vitesse du bras du lanceur. La taille des pigeons acceptés par ce lanceur est standard, soit 110 mm.



"Western Hand Trap" modèle V1500A années 50

Choix des pigeons

ACN-PSY

Bien que les caractéristiques des pigeons d'argile soient internationalement normalisées, le détail de leur partie supérieure et leurs couleurs (essentiellement vives sur le dessus et noires en-dessous) peuvent légèrement varier. Il en est de même pour leur diamètre (de 108 à 110 mm), leur hauteur (de 24 à 30 mm) et leur poids (de 90 à 110 g).

Le modèle du catalogue Manufrance possèdait les caractéristiques suivantes : diamètre 108 mm, hauteur 30 mm et poids 90 g.



Modèle de pigeon d'argile - Manufrance 1951

Les pigeons utilisés lors des essais pèsent exactement 100 g et mesurent 110 mm de diamètre et 24 mm de hauteur. Ils sont de couleur orange sur le dessus et marron en-dessous :



Il existe [de nos jours](#) des modèles de tailles inférieures (60 mm pour le "bourdon", 90 mm pour le "mini" et 98 ou 98.5 mm pour le "rabbit", destiné à être lancé au ras du sol). Nous savons que le "bourdon" existait également en 1952.

Nous noterons enfin l'existence en 1952 de pigeons en plastique (appelés "*demi-durs*" ou "*d'essaï*", voir p.82 l'extrait de la page 52 du catalogue Manufrance). Ces pigeons étaient fournis avec le skeet-ball. Il nous a été cependant impossible de trouver davantage d'informations sur ce modèle particulier de pigeon.

Hypothèse ballon (confusion)

ACN-FLO

Cette hypothèse a été émise dès le 25 juillet 1952 par des "experts aéronautiques" et a été relayée par la presse.

Selon des experts aéronautiques

La « soucoupe volante » photographiée en France était probablement un ballon-sonde

Nous avons annoncé que le 18 juillet, à 18 heures environ, un ingénieur électricien du Puy, M. Frégnaie, en excursion dans la région de Besse, prenait quatre photographies d'un « disque qui, soudain, traversa le ciel d'est en est ».

Ces quatre documents — que l'on peut affirmer n'avoir été nullement retouchés — ont été présentés aux experts aéronautiques français. Ceux-ci pensent que l'engin photographié n'est autre qu'un ballon. L'hypothèse est solennellement renforcée, voire confirmée, par une enquête menée par « France-Soir » à la Météorologie nationale, qui lance chaque jour dans le ciel des dizaines et des dizaines de ballons-sondes.

L'ingénieur en chef de l'Air, chef de la section des engins spéciaux, M. Decker, a ainsi jugé les quatre documents photographiques :

— C'est la première fois, a-t-il dit, que l'on me présente des photographies aussi nettes de prétextes « soucoupes volantes ».

Examinant attentivement les documents, l'ingénieur en chef de l'Air poursuit :

— Cet « engin » me paraît bien petit. La netteté de son contour et le rapport de proportions entre le pre-

mier plan (des arbustes) et le « disque » permet d'établir qu'il se situe très bas, qu'il est de dimension réduite et très rapprochée de l'observateur. Celui-ci estime la distance à 3000 ou 8000 mètres. Personnellement, je supposerai un zéro à ces chiffres et je la situerai à 300, au maximum à 800 mètres.

» La tache lumineuse que l'on aperçoit très nettement sur la tranche à droite confirme l'heure de l'observation. C'est un simple coup de pinceau du soleil alors à 45° au-dessus de l'horizon et dont les rayons s'accrochent au contour ouest de « l'engin ».

» M. Frégnaie affirme n'avoir rien entendu. C'est étonnant. Tout engin propulsé dans le ciel produit un « écoulement » de son. Aucun n'échappe à la règle.

» A ma connaissance, aucun appareil guidé n'a été lancé sur cette région le vendredi 18. Alors ? Il est troublant, ce disque silencieux se déplaçant à une altitude relativement basse en un vol rectiligne comme s'il était dans le vent. Il ressemble étrangement à un simple ballon. Nous avons toutes les chances que la « soucoupe volante d'Auvergne » en soit un.»

(Lire la suite en 5me page)

Feuille d'avis de Neufchatel (33)

Une polémique s'en est suivie par articles de presse interposés, en particulier avec la parution dans le quotidien "*La Montagne*" d'articles contestant l'hypothèse (35) (36). Les journalistes de "*La Montagne*" ont donc enquêté et organisé, avec M. Frégnaie, un journaliste de Pathé actualité et deux ou trois autres personnes, la reconstitution sur place le samedi 26 juillet 1952, en utilisant un ou plusieurs ballon(s)-sonde(s) météo, rouge et blanc, d'un diamètre de 50-60 cm et de 1.20 m environ.

M. Frégnaie s'est placé au même endroit que le 18 juillet, il avait le même appareil photo et il était la même heure (36).

Les détails de cette reconstitution sont visibles sur le site de ADN (6 - Chapitre IV).

M. Frégnaie affirmait lui-même dans ce quotidien (36) : "Certains prétendent que j'ai photographié un ballon-sonde. [...] J'ai travaillé dans l'aviation et, par conséquent, j'ai observé souvent de tels ballons, qui sont transparents. Or, le disque que j'ai photographié ne se présente jamais à l'œil que sous une forme aplatie dans le sens horizontal. En outre, la vitesse de translation était beaucoup trop grande pour être celle d'un ballon-sonde poussé par le vent. En outre, les ballons-sondes sont lancés dans la région du Centre du Puy et d'Aulnat. Le vent était, ce jour-là, orienté nord-ouest, or, l'engin qui a traversé le ciel, se déplaçait d'ouest en est."

Cette enquête et les résultats de la comparaison des photos prises par M. Frégnale le 18 juillet avec celles prises le 26 juillet ont été publiés dans le quotidien le 28 juillet, puis repris par d'autres journaux, et en particulier par "Point de vue" daté du 07 août :



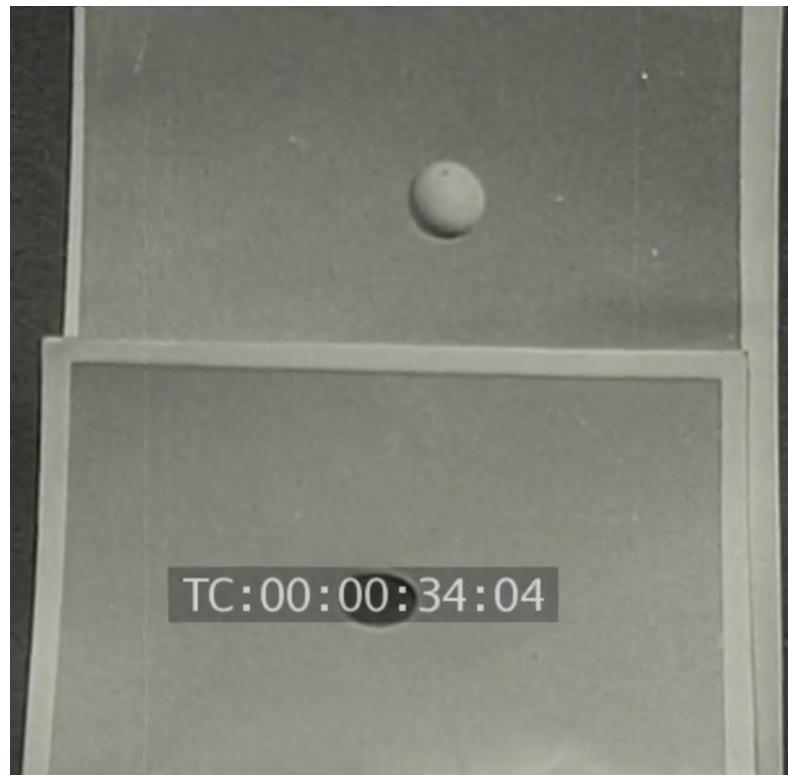
Clermont-Ferrand
Photo prise par M. Frégnale

Le 18 juillet à 18 h. 30, M. André Frégnale (au-dessus), au cours d'une excursion à environ 1.200 mètres apercevait un objet de forme oblongue qui se déplaçait rapidement à une altitude qu'il évalua à 3.000 m. M. Frégnale en a eu l'idée d'espérer d'en prendre 4 photos successives en l'espace de 50 secondes environ. Le bruit se répandit qu'il avait photographié une soucoupe volante. Une controverse s'engagea. On prétendit que M. Frégnale n'avait pas photographié autre chose qu'un ballon sonde. Ayant le concours d'un technicien, il lança, quelques jours plus tard, un ballon-sonde dans des conditions aussi proches que possibles de celles dans lesquelles il avait photographié l'objet, et le photographia. Ces clichés de M. André Frégnale, personne n'a voulu prendre l'initiative de les publier, mais cela n'a pas empêché la controverse qui s'était engagée. Nous les publions aujourd'hui en exclusivité. L'examen par des spécialistes écarte toute hypothèse de truquage.

Voici la photographie prise par M. A. Frégnale le 18 juillet (en haut) et celle d'un ballon sonde pris quelques jours plus tard (en bas). Ces deux photos prises au même endroit.

Point de vue (38)

La comparaison des deux photographies figurant dans cet article, représentant le ballon sonde et l'ovni, est également visible dans le film Pathé :



Extrait du film Pathé représentant la comparaison des deux photographies (ballon sonde et ovni) prises par M. Frégna au même endroit et dans les mêmes conditions

Le commentateur de Pathé précise : "La comparaison des clichés obtenus montre nettement qu'il n'existe aucune similitude entre le ballon et l'engin mystérieux".

Suite à cette reconstitution, l'hypothèse du ballon ne sera plus évoquée jusqu'en 1994, dans l'article pour le JSE de PGN (4), et encore, de manière très brève.

Puis l'hypothèse est de nouveau proposée dans les discussions sur Internet (8) (9) (10) relatives au cas dès la fin de 2003, et résumée sur le site d'ADN (6 - Chapitres V et VIII).

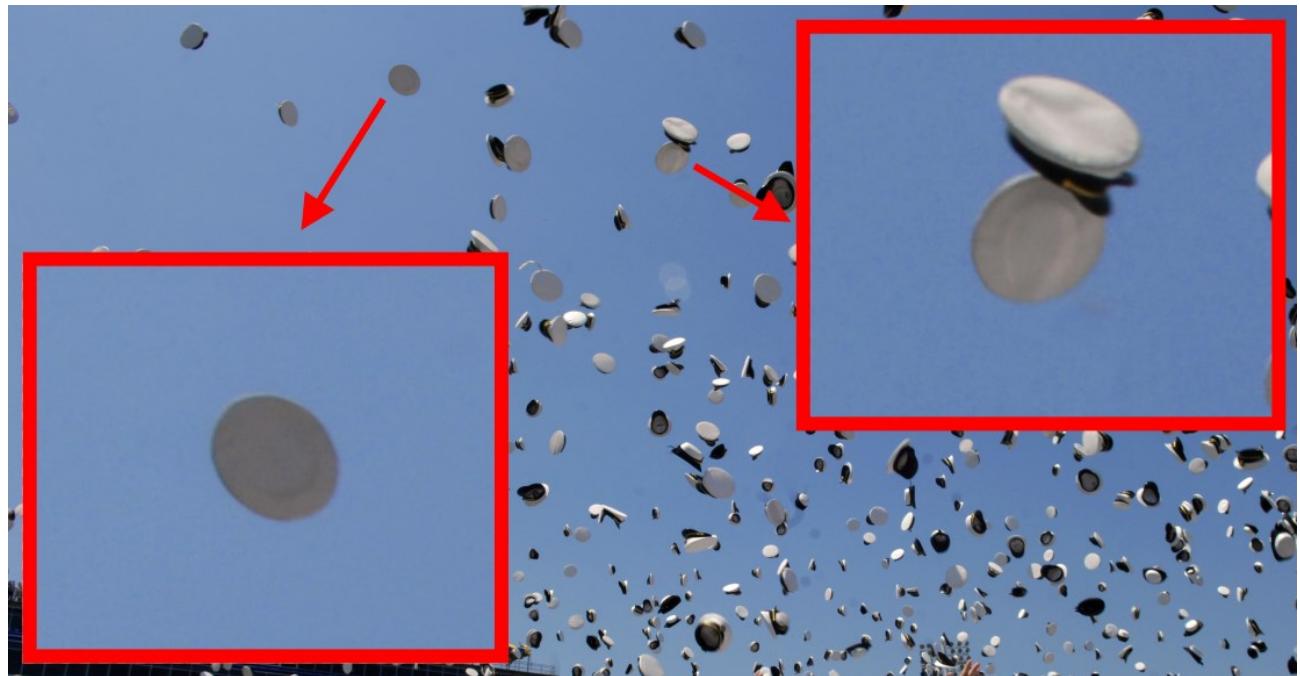
Elle a enfin fait l'objet, en 2015, de longues discussions techniques sur sa faisabilité et sur la possibilité qu'un tel ballon puisse ou non prendre un aspect tel que celui observé sur les photographies de M. Frégna (7). De l'avis général, l'hypothèse est peu crédible et ne sera pas retenue pour la suite de l'étude, en particulier grâce aux résultats de la reconstitution faite sur place le 26 juillet 1952, dans les conditions les plus proches possibles de celles du 18 juillet, qui montre bien les différences visuelles entre le ballon et l'ovni.

Lors de la reconstitution sur place en juillet 2015, cette hypothèse ne pourra malheureusement pas être testée, le vent étant trop important.

Hypothèse couvre-chef

MAR

L'hypothèse d'un trucage monté par M. Frégna à l'aide d'un couvre-chef de style casquette a été évoquée à de nombreuses reprises (7), en particulier par MAR dès les années 2000.



Sous certains aspects et dans certaines conditions d'observation, la ressemblance avec l'ovni dans les photographies de M. Frégna est assez frappante, y compris pour la position et la forme de la tache sombre (créée dans l'exemple ci-dessus par la visière de la casquette).

On pourra cependant se demander si plusieurs lancers successifs pourraient permettre a posteriori, lors de l'examen des négatifs et des tirages, de donner l'illusion d'un déplacement continu et relativement stable selon une trajectoire parabolique, en particulier lors de conditions météorologiques défavorables (vent).

Hélas, tout comme pour l'hypothèse ballon, lors de la reconstitution sur place en juillet 2015, elle ne pourra pas être testée, le vent étant trop important.

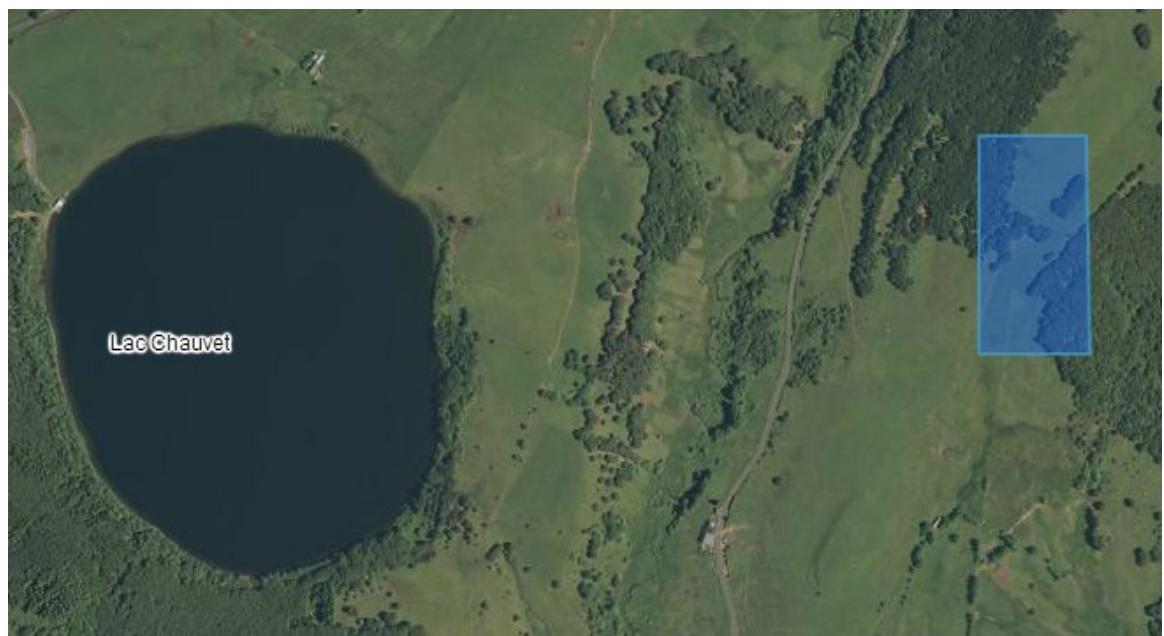
Localisation précise du site et des lieux de prise de vue

Enquêteurs précédents

JAS-ADN

Un des points déterminants pour la suite de l'analyse est bien évidemment de retrouver l'endroit où M. Frégnaud se trouvait en juillet 1952 lorsqu'il a pris les quatre photographies.

Le cas est communément appelé "*cas du lac Chauvet*", bien qu'il ne se situe pas exactement au lac Chauvet (département du Puy-de-Dôme, commune de Picherande), mais entre 0,8 km et 1 km plus à l'est :



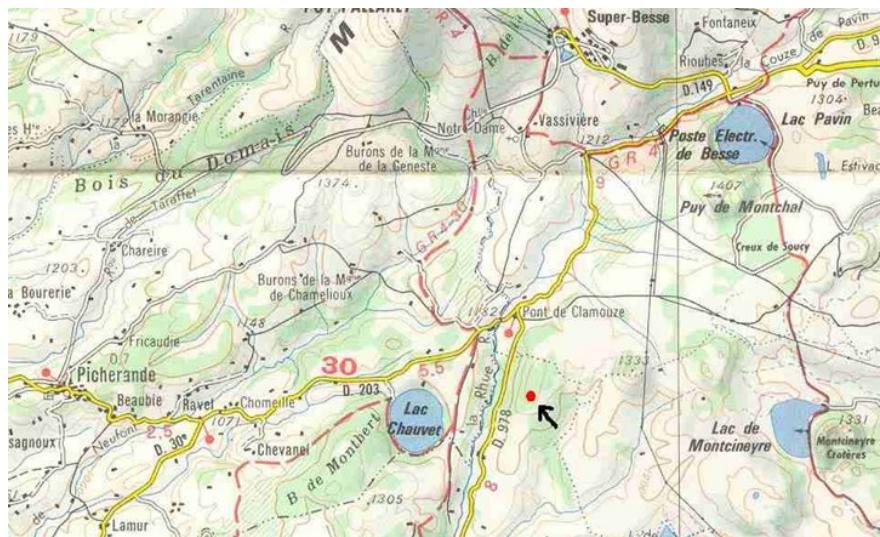
Vue générale de la zone

ADN ayant mené une enquête à ce sujet et retrouvé de nombreuses informations relatives à M. Frégnaud et à l'ensemble du cas, nous pouvons citer ce qu'il dit sur son site à ce sujet (6 - Chapitre IV). Ainsi, Le journaliste de "*La Montagne*" indiquait que M. Frégnaud "se trouvait à peu près à la hauteur du lac Chauvet" (34). Puis M. Frégnaud indique lui-même le lendemain aux journalistes que l'observation s'est faite "entre Besse et Condat" (35).

Par ailleurs, des journalistes de ce quotidien et des actualités de "*Pathé-Journal*", ainsi que d'autres personnes, sont retournés sur les lieux exacts en compagnie de M. Frégnaud une semaine plus tard, afin de se livrer aux tests de reconstitution évoqués plus haut (37).

M. Frégnaud se trouvait "**au même endroit et dans les mêmes conditions**" ("film Pathé"), "*il avait le même appareil et il était la même heure*" (journal "*La Montagne*") pour réaliser les photographies du ballon-sonde.

Le court film d'actualités "*Pathé*" tiré de cette reconstitution a pu être retrouvé et exploité en 2004 par JAS, qui s'est rendu sur place et, à l'aide des repères du paysage visibles dans le film, a délimité une zone qu'il pense se trouver à environ 1 km à l'est du lac Chauvet (6 - Chapitre VIII) :

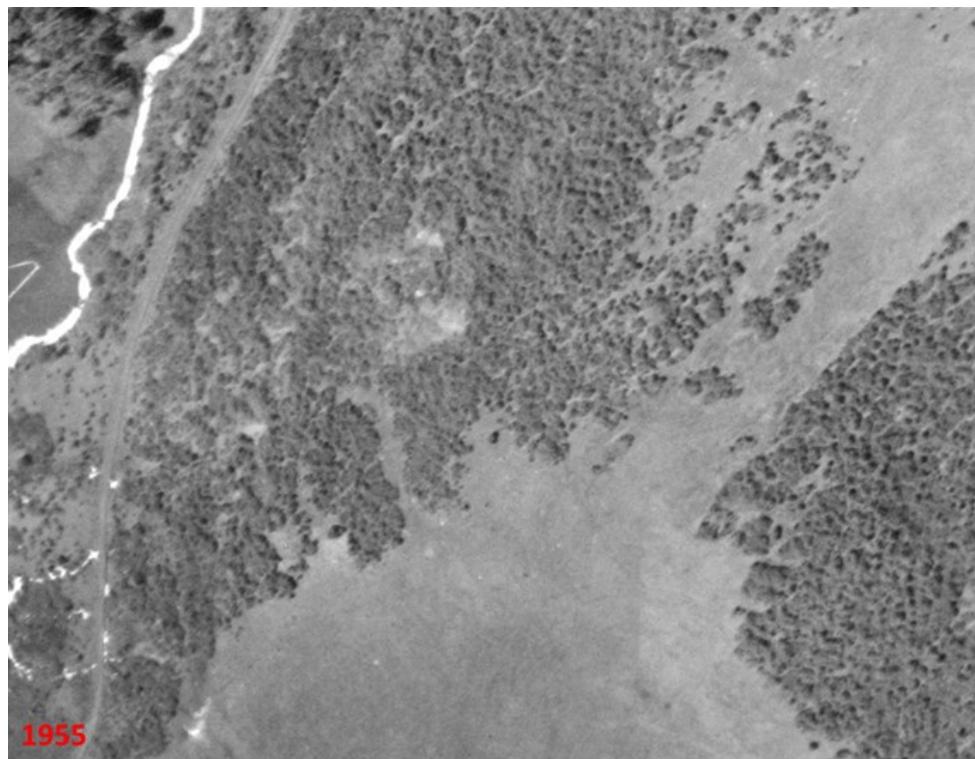


Enquêteurs actuels

ACN-DCN

Un travail préliminaire avant la reconstitution sur place a été de tenter de confirmer ou d'infirmier cette découverte faite par JAS.

A l'aide des cartes aériennes d'époque (1948 et 1955) disponibles sur Géoportail, nous avons pu retrouver la zone générale indiquée par JAS. La première constatation est qu'elle ne semble pas avoir subi de modification importante entre ces deux années. Par ailleurs, il est possible de comparer cette zone, à une échelle réduite, entre cette période (nous retiendrons 1955) et une période récente (2009) :



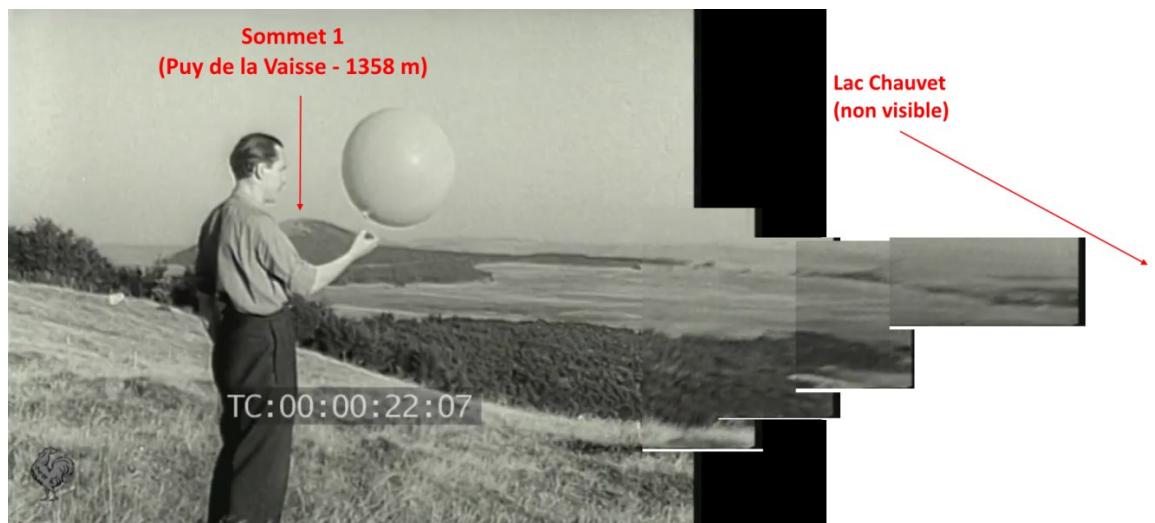
Vue au 1:5000 de la zone en 1955



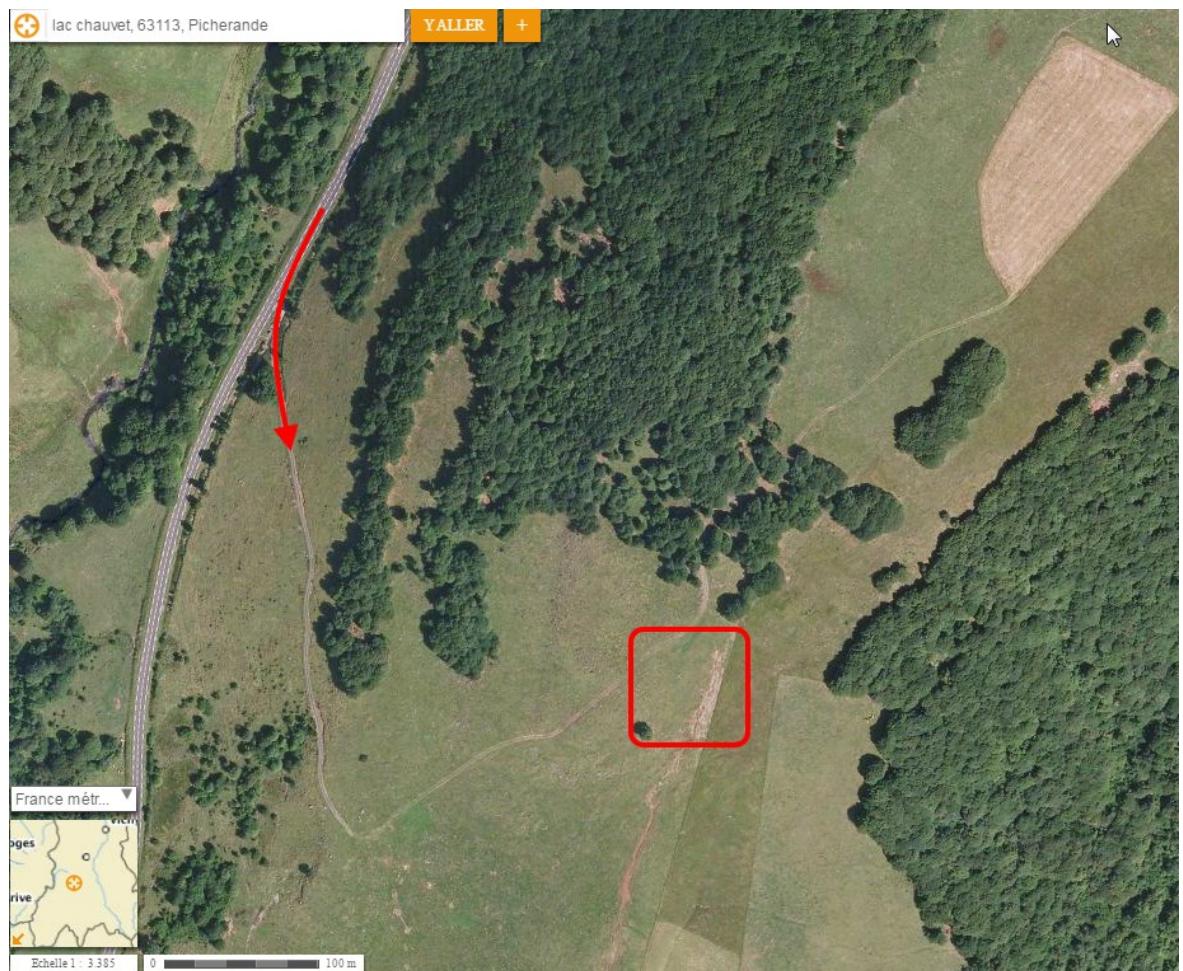
Vue au 1:4265 de la zone en 2009

Bien que la zone boisée ait été "*rationalisée*", en ce sens que de nombreux arbres épars ont été coupés, les limites des diverses futaies mieux dessinées et une large zone de prairie (au nord) boisée par des résineux, il subsiste néanmoins de nombreux repères facilement reconnaissables.

En reprenant l'idée initiale de JAS d'exploiter le film Pathé (qu'il a fallu au préalable récupérer sur le site des archives Pathé en version originale), il a ainsi été possible, en procédant par recouplement et comparaison, de repérer de nombreux indices du paysage permettant, à l'aide de divers outils en ligne (Google Earth, Maps et Streetview), de mieux délimiter la zone où le lanceur de ballon sonde se trouvait lors de la reconstitution avec les journalistes une semaine plus tard :



Cette zone peut ainsi être grossièrement délimitée comme suit, avec le sentier permettant d'y accéder :



Le travail de JAS effectué en 2003 et 2004 a pu donc être confirmé et précisé, ce qui nous a permis de bien organiser et préparer la reconstitution à venir.

Il restait donc sur le terrain à retrouver et préciser cette zone ainsi que celle où M. Frégnaud se trouvait, puis éventuellement de la vérifier ultérieurement (voir les chapitres "Reconstitution sur place - Chronologie des investigations - Présentation des trois premières journées - Recherche des lieux de prise de vue" pp. 102-103 et "Travail complémentaire - Localisation précise du site et des lieux de prises de vue" pp. 110-123).

M. Frégnaile

ADN-ACN

André Frégnaile, de l'avis de tous, était un personnage très doué, inventif, touche-à-tout et particulièrement bricoleur. Ainsi, la presse de 1952 le décrit comme passionné par la géologie et "très habile photographe" (34). ADN, suite à son enquête minutieuse, le décrit comme suit (6 - Chapitre IV) :

André Frégnaile



André Frégnaile est né aux alentours de 1920, probablement à Chamalières ou dans une commune des environs. Il avait donc une petite trentaine d'années au moment des faits et habitait alors avec sa sœur aux Martres de Veyre, petite commune du Puy-de-Dôme. Il est unanimement décrit comme "original mais pas marginal". Il a été très difficile de trouver sa profession exacte. Les rares sites web traitant de ce cas mentionnent un "géologue" (comme d'ailleurs la presse de l'époque), ou un "ingénieur". En fait c'est vrai et faux à la fois. Faux car il semble bien que André Frégnaile n'avait aucun diplôme supérieur et était un vrai autodidacte. Vrai, car c'était un homme d'une curiosité infinie, passionné de sciences, de technologie, de nature, de randonnée, de spéléologie, d'escalade, de kayak, de photographie, et de bien d'autres choses encore.

Il est décrit comme très inventif, très adroit de ses mains. Il bricolait par exemple d'astucieux petits dispositifs pour son institutrice de soeur, afin d'illustrer spectaculairement ses cours de sciences. Il a d'ailleurs enseigné quelques temps dans un lycée de Bagnols sur Cèze : je me plaît à croire que c'était la techno. Son autre talent reconnu était la photographie. Il a commencé sa carrière comme reporter photographique pour un studio de Clermont Ferrand, aujourd'hui disparu. Il a notamment effectué un reportage dans le désert Algérien pour les camions Berliet (NDR : je ne sais pas pourquoi mais en écrivant ces lignes il me vient immédiatement en tête des images du film "100 000 dollars au soleil" avec Ventura, Belmondo et Blier. Vous savez, celui avec cette réplique culte "Quand les mecs de 130 kg disent certaines choses aux mecs de 60 kg, les mecs de 60 kg ont tendance à les écouter !").

Puis il a quitté ce studio et s'est mis à faire des photographies plus "artistiques", aidé en cela par une troisième passion : les longues balades dans la nature sauvage. Une anecdote à ce propos, Mme Jeanne D. se souvient d'une journées d'hiver où elle cheminait seule en pleine campagne. Tout était entièrement blanc, recouvert d'un manteau de neige vierge, silencieux et magnifique. Une vraie carte postale. Quand soudain elle fut hélée par André Frégnaile qu'elle n'avait pas vu. Attristé lui aussi par la beauté du paysage, il était sorti "mitrailler" un peu. Aperçue Jeanne, il lui demanda de refaire un ou deux passages dans la neige immaculée, essayant visiblement de faire une photo "recherchée" avec la lumière d'hiver, les traces de pas de Jeanne dans la neige, les arbres au loin. Elle s'exécute avec plaisir puis repartit. D'ailleurs de l'avis unanime, André Frégnaile avait un réel talent de photographe, et pas seulement de "technicien" de la pellicule.

Le caractère un peu fantasque, un peu excentrique d'André, transparaît encore plus lorsque l'on sait qu'il a écrit et envoyé au ministère de l'éducation nationale un petit livre proposant rien moins qu'une "réforme de l'orthographe". Et quelle réforme : trouvant les règles du Français inutilement compliquées, il proposait notamment de recourir à une orthographe simplifiée basée sur la phonétique. Par exemple le "ph" s'écrivait désormais tout simplement "f" ! D'ailleurs mettant en application ses propres recommandations il étiquettait "otos" les diverses boîtes contenant ses tirages !

André était sportif et adepte de tous les loisirs à sensation : escalade, spéléologie, kayak, etc. Et, cerise sur le gâteau, il arrivait même à conjurer toutes activités en même temps : longue randonnée dans une région sauvage (Sancy, Lac Chauvet), escalade pour étudier la géologie locale, photographie de ses découvertes, puis développement "perso" dans son propre labo photo ! Eclectique vous dis-je, et en avance sur son époque. Il était aussi amoureux de sa liberté et courageux. Lors de la seconde guerre mondiale, enrôlé de force dans le STO et envoyé en Allemagne, il s'évade, vole une moto, et rentre ainsi en France, sans être jamais inquiété par la suite !

Enfin, les Frégnaile (mère, frère et soeur) étaient tous catholiques, très croyants et pratiquants. André avait même été dans les scouts.



Résumé des recherches de ADN

Cette enquête a été complétée par les recherches d'ACN en 2014 et 2015.

Chronologiquement, la première trace de M. Frégnaile retrouvée sur Internet date de **1937** et concerne une annonce publiée dans "*la pêche indépendante*" (39) (40) signée de sa main et où il expose ce qui est sans doute une de ses premières inventions, une cuiller destinée à la pêche :

1937 PIND 01.jpg

NOUS sommes tous, naturellement, à la recherche du meilleur appât, de celui qui, pour un nombre d'heures de pêche donné, nous fournira le plus gros pourcentage d'accrochages... et de prises. Et moi aussi, tout comme vous, j'ai fait mes petites inventions, puis mes essais avec celles-ci. Vous étonnerai-je en vous disant que j'en suis... très satisfait ? Non, n'est-ce pas ? Eh bien ! pour vous remercier de votre bienveillance, je vais vous décrire mes trouvailles, libre à vous de chercher mieux, de les perfectionner encore si vous vous en sentez capables.

D'abord, ma cuiller. Elle est d'un principe nouveau, puisqu'elle est à la fois ondoyante et tournante, ce qui lui donne un très grand pouvoir attractif. Jusqu'à ce jour, en effet, les appâts étaient, à peu près tous, tournants *ou* ondoyants et les quelques exceptions réunissant les deux principes nécessitaient, pour se mouvoir, une récupération beaucoup plus rapide. Au contraire, ma cuiller possède la sensibilité d'une très bonne cuiller tournante et l'intensité de ses vibrations, tout en conservant l'allure naturelle si attrayante de l'appât ondoyant.

Elle m'a donné des résultats surprenants. Excellente pour tous les poissons carnassiers, dans n'importe quelles eaux, elle est d'une supériorité incontestable pour la pêche du saumon en rivière rapide et pour la pêche à la traîne.

Je l'utilise en cinq tailles et en quatre teintes : argenté brillant, argenté mat, doré mat, doré mat et peint sur la face concave.

Vous la décrire serait superflu. Regardez simplement ce dessin.

André FRÉGNAL.

"La pêche indépendante" - 1937

Une photo de cette cuiller (nommée "Caprice") est également présente, sans plus de commentaire, dans un livre ancien relatif aux leurres de pêche en France (41).

Nous retrouvons ensuite sa trace dans diverses expéditions spéléologiques, et en particulier :

- **en 1943** : Roger Brillot et André Frégna, du groupe "*Norbert Casteret*" de Clermont-Ferrand, explorent la galerie principale du gouffre de Réveillon (42) (43) (44) (45) jusqu'au siphon terminal et la salle du camp. Ils effectuent une levée topographique complète de cavité (plan et coupe). En avril de cette même année (46) est aussi exploré le "Creux de Soucy" par le même groupe.

- **entre 1945 et 1947** où, en tant que scout et membre du groupe "*Norbert Casteret*", il participe à l'exploration (47) de la rivière et du gouffre nommé "Saut de la Pucelle" :

Exploration du gouffre du Saut de la Pucelle (Lot)

- **1945 à 1947** Le groupe « **Norbert Casteret** » (GNC) de Clermont-Ferrand entreprend des explorations sérieuses avec **Roger Brillot** et **André Frégna**.

- Terminus 1945 : « La grande Marmite » (740m)
- Terminus 1946 : « Le Troisième siphon » (842m)
- Terminus 1947 : « La cascade du terminus GNC » (1 582m)

Ils en ressortent une première topographie et un rapport.

Pour leurs explorations, ils avaient établi un camp de base sur une petite plateforme qu'ils ont nommée « Bidon V » à 500m de l'entrée.

Si les deux premières voutes mouillantes ne présentent plus maintenant aucune difficulté, c'est parce qu'ils ont abaissé le niveau des plan d'eau à coups de burins.

Plusieurs articles sont produits à cette époque sur ces expéditions spéléologiques et paraissent dans des annales spécialisées ("Spelunca"....).

Puis, André Frégna réalise en **1950** (48), avec Jean Dallet (décédé il y a peu de temps - 2014), un documentaire en film 16 mm N&B sur une nouvelle école de Clermont-Ferrand :

Nos Écoles



REF. : 8940

CATEGORIE : Film 16
TYPE DE FILM : Documentaire

METRAGE : 180 mètres
COULEUR : N&B
SON : Optique
LANGUE : V.F.
ETAT : Très bon état
SUPPORT : Sur noyau Kodak et en boîte métal

Documentaire de 1950 réalisé par J. Dallet et A. Frégna.

A Clermont-Ferrand, on inaugure une nouvelle école. Enfin les petits élèves pourront jouer dans une cour de récréation, l'ancienne école n'en était pas pourvue. Les salles de classe sont spacieuses, le réfectoire digne d'une sale de restaurant, l'amphithéâtre est à présent équipé d'un projecteur de cinéma. Qu'il est bon d'avoir une salle de sport digne de ce nom.
Bref, l'école, comme le pays tout entier, se reconstruit et se modernise.

En mars 1951 paraît, dans la revue "Science et Vie", un article de quatre pages rédigé par M. Frégnaire et intitulé: "Que de problèmes pour photographier sous terre!". Il s'agit d'une présentation technique des méthodes de pointe pour photographier tout sujet en milieu souterrain. Les photographies qui illustrent cet article sont de M. Frégnaire lui-même.

SCIENCE ET VIE

rente au mode d'éclairage précédent (Médiunum et aluminium en atmosphère oxydante). Leur température de surface est la même, mais l'explosion peut déclencher une explosion. Malheureusement, elles ne servent qu'une fois, leur emploi est très onéreux et elles sont fragiles. Ces dernières seront conservées, comme l'énergie solaire, dans une boîte étanche d'un volume suffisant pour que, garnie, elle flotte sur l'eau.

L'objectif

La grande luminosité des objectifs modernes les rend évidemment propres à la photographie souterraine. On sait que leur plus grand diamètre de pupille d'entrée est égal au quotient de l'angle de champ par l'aperture indiquée par l'objectif de 50 mm de focale soit à 2 à 3 mm. La pupille d'entrée de 25 mm et que l'ouverture est réglée par le diaphragme dont la graduation est telle qu'en passant d'une ouverture à la suivante, l'angle est suivant le rapport multiplié ou divisé par deux.

Un notable progrès a été réalisé dans le domaine de la luminosité par une grande amélioration des réflexions lumineuses sur les surfaces des diverses lentilles d'un objectif grâce à la fluorite et à l'acrylique (1). Ainsi, sur un objectif à F/2,5 il a été possible de la transmettre à peu près 65% de la lumière totale. La teinte bleutée des objectifs traités montre que la réflexion du rouge est moins consignée que celle du bleu, particularité intéressante si les émulsions sont en général trop sensibles au bleu, violet et ultraviolet. Le léger gain en lumière du rouge peut être obtenu avec la lumière rougeâtre violente du flash photographique.

Les émulsions photographiques

Les parois d'une grotte présentent souvent une teinte rougeâtre due à la présence d'oxyde de fer dans la roche. Cette remarque suffit pour que le spéléologue, ignorant de ce qu'il va déclencher, doive éliminer les émulsions ordinaires, qui sont très insensibles au rouge et peu à l'orange. Ses clichés, quelles que soient leurs qualités, seraient incapables de traduire exactement la couleur des diverses teintes, le jaune-orange, le vert grisâtre, le noir clair sur l'épreuve.

On dispose heureusement aujourd'hui de films photographiques qui sont sensibles à la lumière verte et bleue, mais pas à la lumière rougeâtre ou à l'orange. De même, un arrière-plan sombre peut être interprété lors d'un examen photographique comme une sorte de la couleur verte.

Le plus dur de la photographie dans les cavernes, au cours d'une première exploration, est souvent de faire un rapport des documents. Il n'est pas possible de prendre une image agréable, de la composer dans les meilleurs emplacements des ouvertures existantes. Très haute, elle donne par exemple un effet de « soleil d'été » bien loin de recréer l'ambiance souterraine. De même, un arrière-plan lumineux peut être interprété lors d'un examen photographique comme une sorte de la couleur verte.

Le plus dur du temps, les plans s'étendent sur une certaine distance, et il faut avoir recours à la méthode de profondeur de champ qui donne les distances de nettoyage entre les objets au point à la distance déterminée et un diaphragme donné. Bien entendu, on n'oubliera pas de tenir compte du diaphragme pour l'évaluation du temps de pose. Celui-ci sera avantageusement fourni par un photomètre à cellule photoélectrique si on utilise un éclairage permanent (lampes à acrylique ou à incandescence). Mais il ne faut pas oublier que l'éclairage varie en raison de la variation de la distance de la source lumineuse. De plus, la cellule doit être convenablement utilisée, c'est-à-dire braquée sur la région la plus intéressante du cliché.

Si l'on utilise un éclairage au magnésium, un tableau peut indiquer les charges à utiliser en fonction des distances et des diaphragmes. Mais seule une longue pratique permet de tenir compte des qualités réflectissantes des parois.

Heureusement, les émulsions modernes présentent une grande latitude de temps de pose qui suffit pour des clichés. Cependant, il ne faut pas oublier que dans les meilleures conditions le rendement reste assez faible, car la rapidité des émulsions à ces grandes vitesses est plus faible que dans les poses normales.

Développement et agrandissement

On se conformera pour le développement des épreuves aux exigences ordinaires des émulsions panchromatiques.

L'agrandissement est indispensable et ne devrait pas être effectué que par le spéléologue lui-même, dont l'habileté doit être capable d'obtenir les effets nécessaires pour les photographies. En résumé, la réussite de la photographie des grottes, si elle dépend du choix judicieux du matériel, ne peut être régulière qu'à la suite d'un assez grand nombre d'expériences dont les conditions de prises de vues doivent être notées.

André Frégnaire

Illustrations d'après des clichés de l'auteur.

Photo de stalactites parastatiques prise à 40 cm de distance : ouverture 22, pose 1/10 sec, 1/200° de diaphragme, 2 lampes à acrylique placées à 50 cm de sujet.

Photo de stalactites parastatiques prise à 40 cm de distance : ouverture 22, pose 1/10 sec, 1/200° de diaphragme, 2 lampes à acrylique placées à 50 cm de sujet.

Science & Vie n°402 de mars 1951

Puis, le 11 août 1956, paraît le numéro 3528 du journal de la marine "Le Yacht", dont la photographie de couverture est signée André Frégnaire (49) :

98

Enfin, la dernière trace de M. Frégna date de **1959**, année à laquelle un documentaire est réalisé par A. Vandel et J. Dallet, auquel M. Frégna aurait participé (nous n'avons pas encore pu avoir confirmation), intitulé "*Faune cavernicole*". Le seul exemplaire connu de ce documentaire en VHS couleur se trouve actuellement à la bibliothèque de l'Université des Antilles et de la Guyane, à Pointe-à-Pitre en Guadeloupe.

André Frégna est décédé aux environs de l'année **1984** (4).

Toutes ces recherches confirment complètement le caractère de M. Frégna, qui était un homme curieux, inventif, intelligent et particulièrement doué dans de nombreux domaines, et tout spécialement la photographie. Il développait d'ailleurs lui-même dans son laboratoire personnel toutes ses photographies (ADN).

Reconstitution sur place

Chronologie des investigations

FCR-PSY-GMH-ACN-XPT

Cette reconstitution s'est déroulée sur cinq journées, du dimanche 26/07/2015 au jeudi 30/07/2015.

Présentation des trois premières journées

Dimanche 26/07/2015 avec FCR et GMH : (*beau temps*)

~14h00 : recherche préliminaire des lieux de l'observation. Repérage de l'orientation et premières tentatives pour retrouver la position du témoin.



Vue générale vers le sud-sud-est de la zone

Lundi 27/07/2015 avec FCR, PSY, GMH et ACN : (*temps variable*)

~15h15 : l'équipe essaie de se familiariser avec l'appareil photo d'époque (Zeiss Ikonta). Des tests et essais réalisés montrent qu'un laps de **temps minimal d'environ 5 s** est nécessaire entre deux prises de vue. Cette durée comprend, sans modification des paramètres techniques, le bobinage, le réarmement, le cadrage et le déclenchement (à noter que PGN considérait qu'il y avait eu changement de paramètres entre les deux premières photos, soit de l'ouverture soit du temps de pose).

Montage et essais de déclenchement du lanceur de pigeons d'argile moderne acheté par FCR-PSY (problème mécanique résolu par GMH). Présentation par ACN du lanceur manuel d'époque (années 50) et du matériel de ball-trap existant à l'époque en France (sur le catalogue Manufrance de 1951).



Lanceur Américain "Western Hand Trap", années 50



Lanceur mécanique moderne

Appel de RPI. Rendez-vous est prévu le lendemain à 9h. Il dit avoir fait antérieurement des relevés GPS de la position du témoin en se basant sur les cailloux et le film d'époque des actualités Pathé.

Mardi 28/07/2015 avec FCR, PSY, GMH, ACN et XPT : (*nuit pluvieuse, temps venteux et menaçant qui s'améliore dans la journée*)

Echanges téléphoniques avec ACN et XPT. Malgré les hésitations (il pleut chez eux), le rendez-vous est maintenu mais repoussé à 9h30-10h.

09h05 : nous arrivons au lac Chauvet (quelques photos sont faites).

09h42 : SMS de RPI qui ne pourra pas nous rejoindre.

~ 09h40 : arrivée de XPT et ACN au lac Chauvet.

~ 09h45 : SMS à RPI pour lui demander ses relevés GPS, sans réponse.

~ 10h10 : arrivée avec ACN et XPT sur les lieux de l'observation.

Recherche des lieux des prises de vue

FCR-PSY-GMH-ACN-XPT

Ce travail a été effectué principalement lors de la journée du mardi 28/07/2015. Ce repérage a été long et difficile, en particulier à cause de la pousse des arbres au fil des ans ayant modifié les repères, des maigres indices présents sur les photos d'origine, et sans disposer des coordonnées GPS de RPI.

Néanmoins, en alignant les repères distants (limites forestières, sommet des collines, positions des clôtures et dénivélés...) nous avons pu préciser encore davantage (à quelques mètres près) la probable position du lanceur du ballon-sonde sur le film Pathé et ainsi confirmer nos résultats préliminaires :



Vue vers l'est, le lanceur devait se trouver un peu plus en avant, où la déclivité de la pente s'accentue à droite

ACN pense que la position de M. Frégnaud se situe environ 60 m plus haut, vers le nord, à proximité immédiate du premier bosquet d'arbres, leur configuration se prêtant bien à ce qui est visible sur les photos de M. Frégnaud (ombres, distances calculées entre les arbres, présence vers le nord d'un talus herbeux, comme sur LC6...).



Vue du premier bosquet d'arbres

La majorité des essais photographiques visant à reconstituer le paysage des photos originales de M. Frégnaie se sont déroulés à partir d'une position légèrement un peu plus haut à droite de ces arbres, le long de la clôture (côté arbres).

Les essais de prise de vue concernant les lancers se sont déroulés à partir d'une position un peu plus basse, à proximité immédiate du poteau de clôture le plus grand, visible sur la photo ci-dessus, près de l'arbre le plus proche.



Vue vers le sud-ouest



Vue vers le nord-est

Premiers essais de lancement de pigeon

Ils ont été effectués à l'aide du lanceur mécanique, dans un premier temps :



Note : vent d'ouest en rafales.

~ 12h45 : photo de groupe avec, de gauche à droite, ACN, XPT, PSY, GMH, FCR et le petit-fils de XPT.



Poursuite des essais de lancement d'objets

~ 14h45 : retour sur les lieux de l'observation avec ACN. Poursuite des essais photo avec lancer de pigeons (à l'aide des deux lanceurs, mécanique et manuel), lancer de Frisbee. Essais infructueux avec des bérrets. Photos-videos et mesures diverses.

Essais avec des Frisbee

Les essais sont réalisés par PSY avec les cinq Frisbee apportés par ACN et FCR. Les lancers sont effectués en direction du nord, les photographes se trouvant à l'ouest de la position de PSY :



Le vent, soufflant toujours en rafale d'ouest, déforme rapidement la trajectoire initialement parabolique du Frisbee.

Essais avec des pigeons d'argile

Les essais ont donc été réalisés avec deux types de lanceurs, un moderne mécanique et un manuel, d'origine américaine, des années 50.

Le lanceur mécanique a été fixé au sol en trois points et les pigeons lancés en direction du sud-sud-ouest, pratiquement en direction des trois photographes (ACN-XPT-FCR), déportés par rapport à l'axe de visée d'environ 10° vers l'ouest (voir plan page suivante). Le vent, soufflant en rafale d'ouest et provenant donc d'un axe perpendiculaire à l'axe global de lancement (nord-sud) déforme la trajectoire parabolique des pigeons. L'assiette est également modifiée, mais l'inclinaison reste a priori stable en fin de trajectoire.



X : position des photographes; L : position du lanceur



Le lanceur mécanique s'est avéré rapidement difficile à utiliser, d'une part en raison de la force appliquée au bras par le ressort de tension lors du lancer, qui oblige les opérateurs à régulièrement refixer le lanceur au sol (pas de fixation ad-hoc) :



D'autre part, les possibilités d'inclinaison verticale du bras de lancement sont limitées, ce qui contraint le pigeon à ne pas pouvoir dépasser une certaine altitude, en particulier sur un terrain plat.



En revanche, lors de nos essais (exemple ci-dessus), les photographes se trouvent en contrebas du lanceur, ce qui introduit artificiellement une déclivité plus forte et un meilleur rendu des photographies par rapport au paysage visible sur LC₆ (dans l'hypothèse qu'elle ait été prise dans cette direction), que s'ils s'étaient trouvés sur un terrain plat (bonne visibilité du talus en arrière-plan et d'éventuels arbres plus éloignés, en arrière du talus, étant masqués).

Les essais avec le lanceur manuel ont été beaucoup plus faciles à réaliser, permettant davantage de débattement angulaire vertical et une grande liberté d'exécution de façon générale. Après quelques essais, le temps que GMH s'habitue au lanceur, nous avons pu prendre de nombreuses photographies des pigeons ainsi lancés. Sur les deux exemples ci-dessous, GMH se trouve hors-champ sur la droite, à une centaine de mètres du photographe :



Vue 35 du film 4 prise avec le Zeiss Ikonta



Vue 31 du film 4 prise avec le Zeiss Ikonta

Note : toujours un vent d'ouest en rafales.

- ~ 17h30 : XPT nous rejoint. Visionnage du film Pathé.
- ~ 18h30 : retour au lac Chauvet. Départ de XPT et ACN.

Présentation des deux dernières journées

Mercredi 29/07/2015 : (*nuit pluvieuse, temps venteux et pluvieux toute la journée*)
~09h00 : Tri et sauvegarde des fichiers.

Jeudi 30/07/2015 : (*nuit pluvieuse, temps venteux et menaçant qui s'améliore dans la journée*)
~09h00 : retour au site d'observation pour réaliser des mesures complémentaires (hauteurs et azimuts).

Travail complémentaire

Une fois la reconstitution sur place terminée, un long travail de recoupement, d'étude et de réflexion a été réalisé. Il s'agissait en particulier de :

- vérifier la cohérence des positions possibles estimées de M. Frégnaire, déterminées sur place et par les enquêteurs précédents (JAS et RPI).
- vérifier si les estimations précédentes sont compatibles avec les plages de débattement azimutal de déplacement de l'ovni entre LC₃ et LC₆, telles que définies par les enquêteurs précédents (PGN, LGN et MVT) et M. Frégnaire lui-même.
- obtenir des plages de mesures possibles concernant la vitesse de rotation, la distance parcourue et la hauteur atteinte des Frisbee et des pigeons d'argile, lors des essais.
- tenter éventuellement de reconstituer l'ensemble de la scène telle qu'elle était en 1952.

Localisation précise du site et des lieux de prise de vue ACN-PSY-FCR-GMH-RPI

Données de RPI

Les coordonnées GPS de la position estimée de M. Frégnaire ne nous ayant pas été transmises à temps par RPI lorsque nous étions sur place, mais plus tard (le 12.10.2015), aucune vérification de cette position n'a pu se faire sur les lieux, malgré l'intuition de départ de PSY, FCR et GMH sur un emplacement plausible dans ce secteur (présence de nombreux rochers...) et leur déplacement sur place le premier jour.

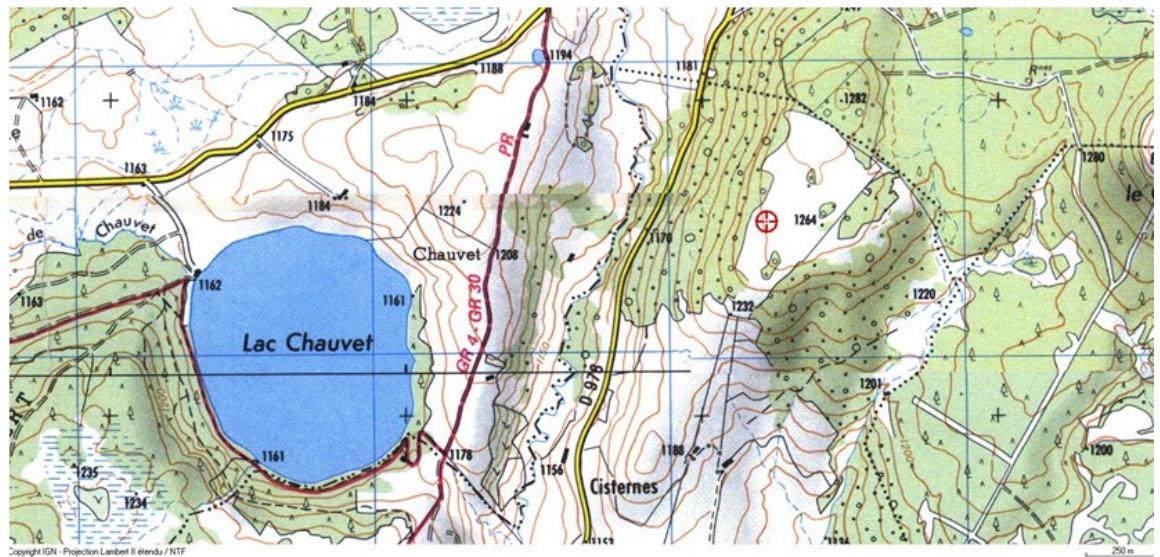
RPI, pour retrouver cet emplacement (Coordonnées GPS: **45°27'48,8" N / 002°51'02,7" E**) qu'il situe environ 300 m plus au nord-nord-est de celui estimé par ACN, s'est essentiellement basé sur la présence et l'apparence d'un rocher visible sur le film Pathé, et qui se trouve, selon lui, toujours présent actuellement :



Extrait du film Pathé, à la 6^e seconde – M. Frégnaire est au premier plan



Photo prise par RPI montrant le rocher évoqué ci-dessus ainsi qu'un arbre isolé - Les deux serviront de repère du paysage pour l'étude



Carte IGN fournie par RPI matérialisant, selon lui, l'emplacement de M. Frégnale (cible rouge), déterminé d'après les repères au sol

Données de JAS

JAS a été contacté par ACN le 03.11.2015 en vue d'obtenir des précisions sur les données qu'il a pu récolter sur place en 2003/2004 et qui l'ont amené à en déduire la position de M. Frégnaie.

Malheureusement, JAS n'a pas répondu à nos sollicitations.

Données de ACN

Recherches préliminaires

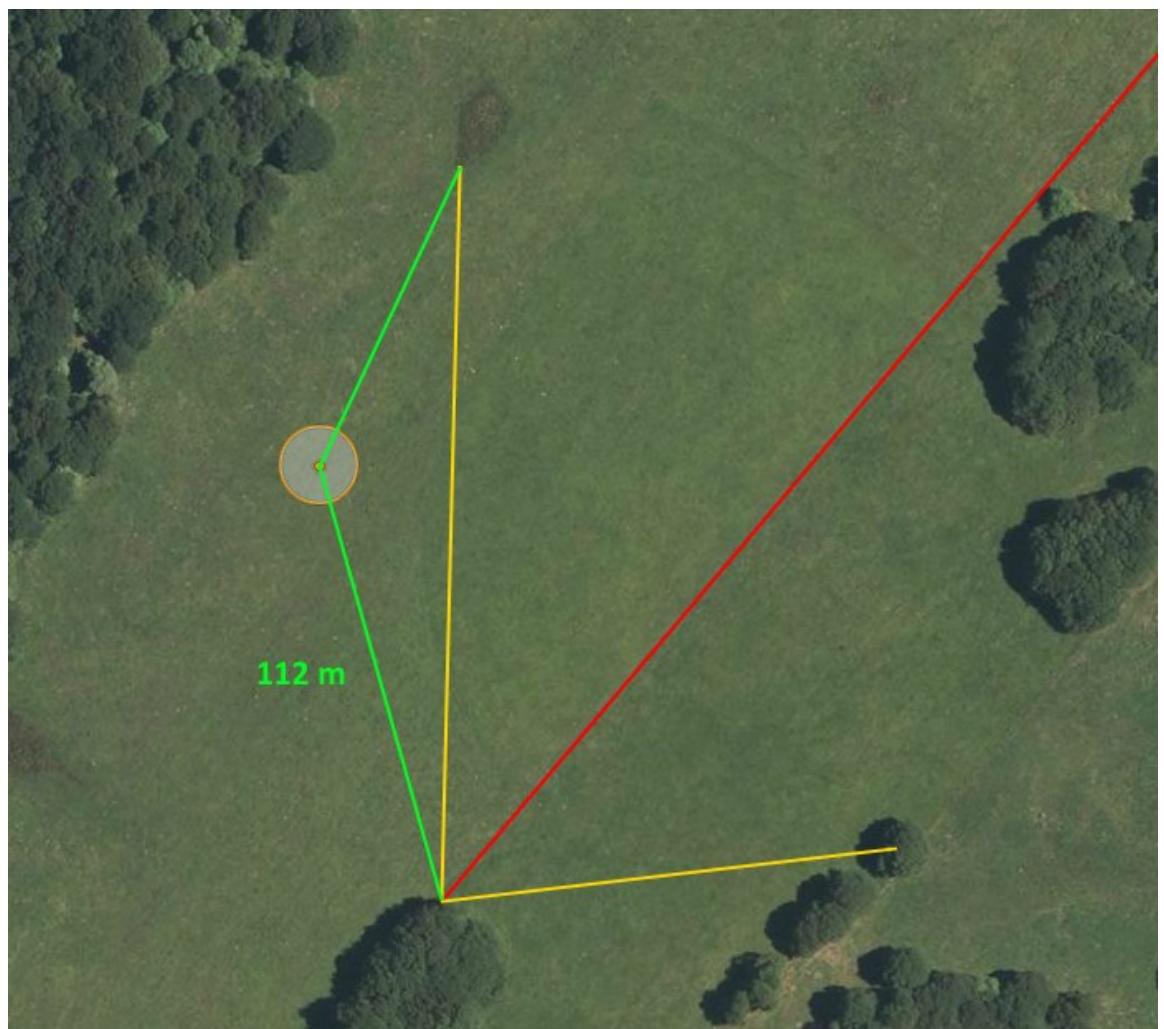
A l'aide des coordonnées fournies par RPI

Une recherche détaillée sur les photographies aériennes de la zone disponibles sur Géoportail nous apprend que la zone signalée par RPI a été défrichée de ses arbres épars entre 1974 et 1979.

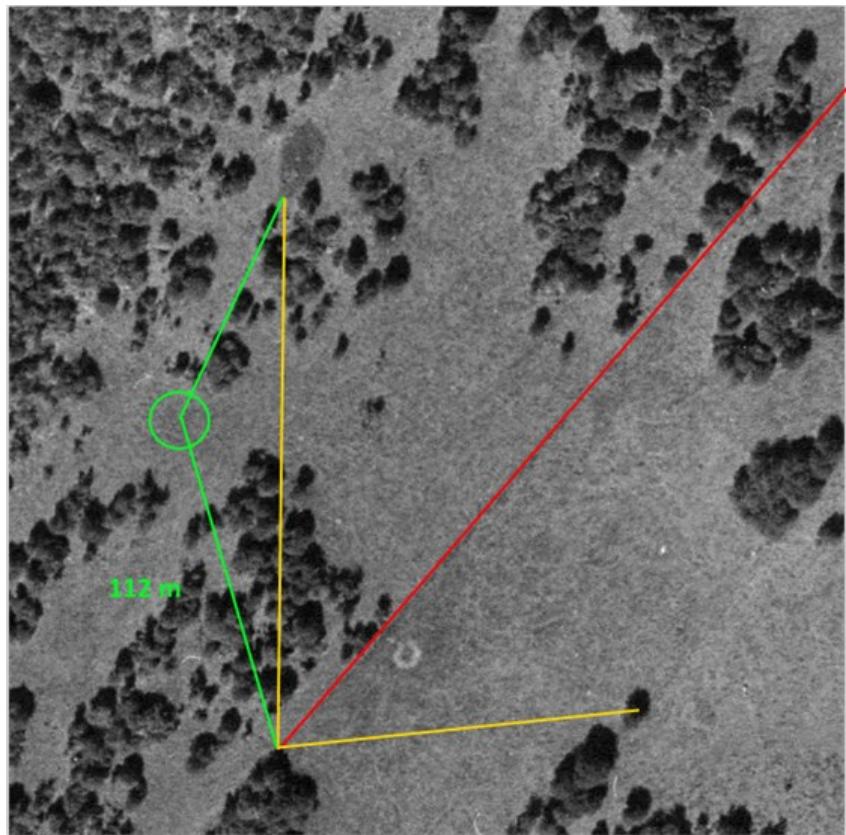
Par ailleurs, toujours sur Géoportail, il existe des photographies aériennes d'excellente qualité, en noir et blanc, datant d'avant 1974.

Nous retiendrons en particulier le cliché n°5767, pris le 01/01/1968 au 1:19454, où les arbres sont clairement visibles et restés inchangés depuis 1952.

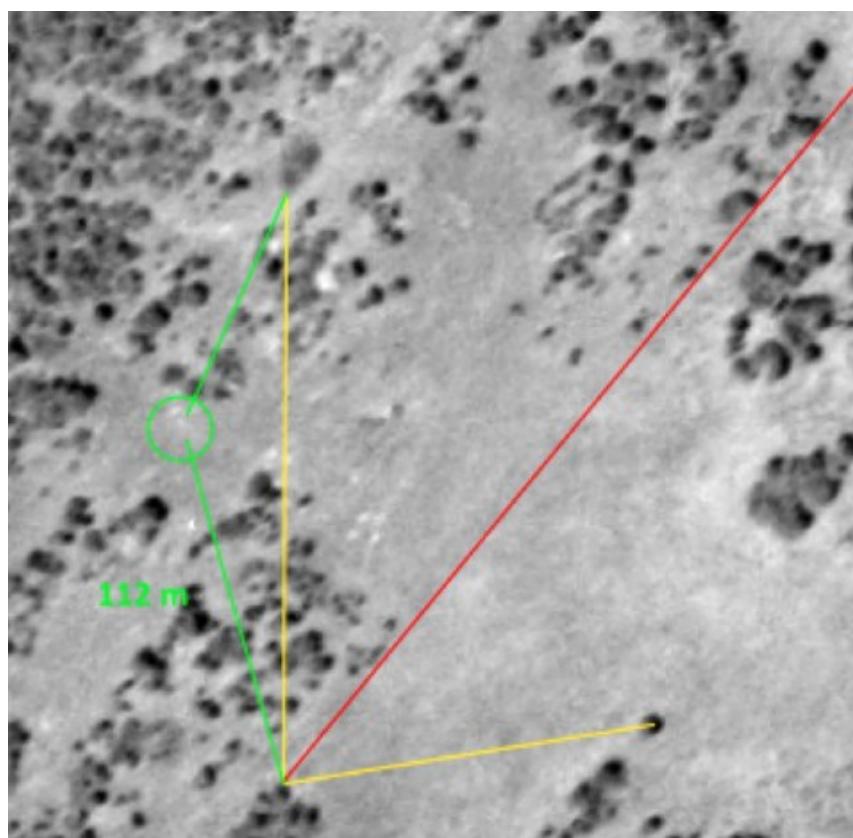
Les coordonnées GPS fournies par RPI nous permettent de repérer l'endroit exact sur une carte récente et d'y marquer quelques repères remarquables (clôture, arbres, amas de pierres...) :



Photographie aérienne de 2009 et coordonnées GPS indiquant la position de M. Frégnaire selon RPI



Photographie aérienne de 1968 avec les mêmes repères



Photographie aérienne de 1955 avec les mêmes repères

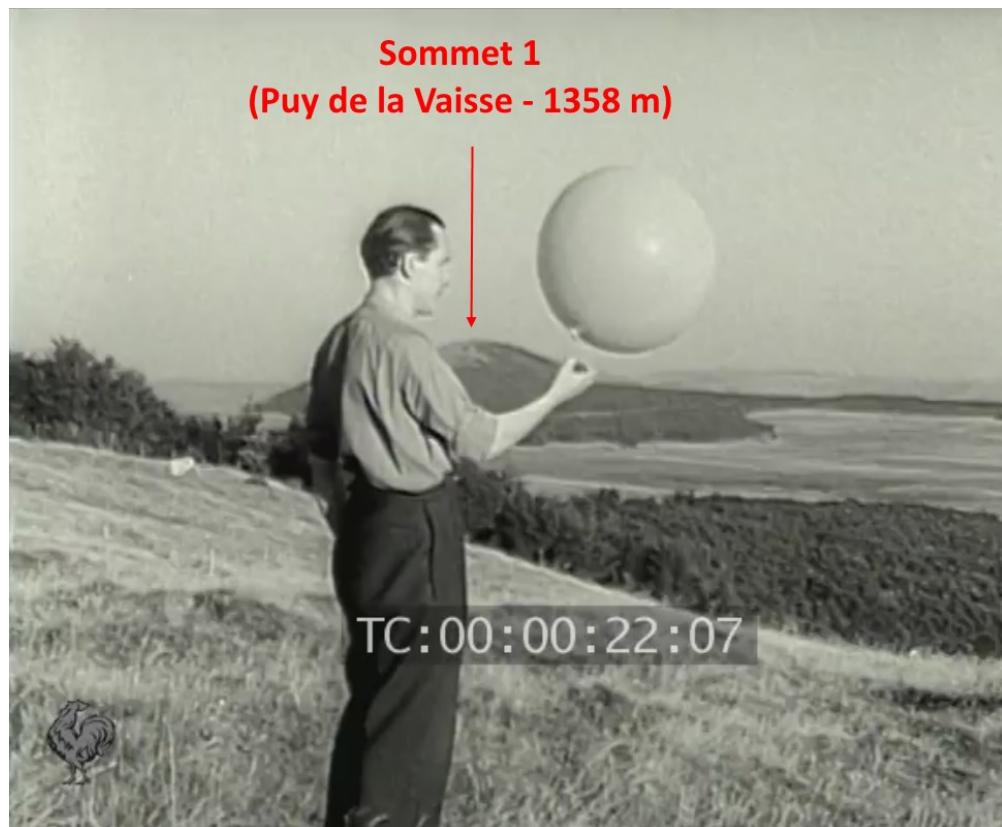
A l'aide du film Pathé

Lors de la première reconstitution sur place une semaine après le 18.07.1952, un ou plusieurs ballon(s)-sonde(s) a (ont) été lancé(s). Le résumé de cette reconstitution se trouve dans l'article du quotidien "La Montagne" du 28.07.1952 (37) (6 - Chapitre IV) :

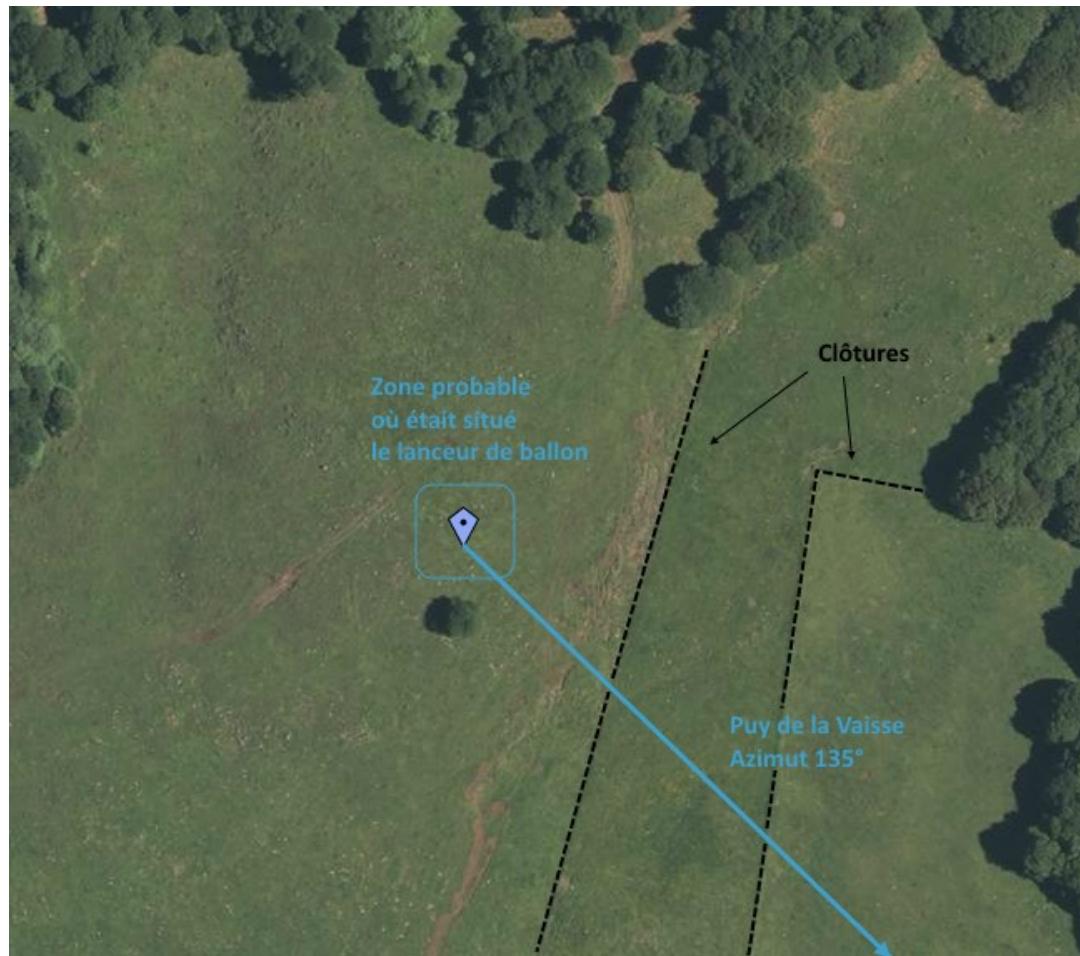
"Nous nous sommes rendus sur les lieux mêmes où furent prises les photographies des "soucoupes". Après avoir vérifié la direction du vent, nous avons procédé à des lâchers de ballons qui sont employés par la météo [...] M. Frégnaire s'était placé au même endroit où, le 18 juillet, il fit ses photographies. Il avait le même appareil, il était la même heure. Quand un ballon passait dans le champ où il avait déjà opéré, M. Frégnaire répétait les gestes qu'il avait faits huit jours auparavant."

"De nombreux documents furent pris, tant par M. Frégnaire que par le photographe de "La Montagne" et le cinéaste des actualités "Pathé-Journal" [...] M. Frégnaire a voulu démontrer devant plusieurs témoins qu'il avait eu largement le temps en 50 secondes de prendre quatre clichés et d'examiner l'engin à la jumelle. L'engin, ainsi que le démontrent les photographies et la structure des lieux, traversait un angle de 100° environ. M. Frégnaire a essayé autant qu'il était possible de reprendre les mêmes photographies comportant les mêmes arbres au premier plan et les herbes."

L'examen attentif du film Pathé nous permet de voir les extraits concernés, et en particulier l'endroit d'où le ballon a été lancé :



Le caméraman faisait face au sud-est et le lanceur de ballon au sud-sud-ouest. Son emplacement a été déterminé avec une assez bonne précision lors de la reconstitution de juillet 2005, et encore précisé par la suite lors d'un travail complémentaire de recoupement :



Le journaliste de "La Montagne" affirme que la direction du vent a été vérifiée avant de procéder au lancement des ballons; sans doute pour s'assurer qu'ils seraient visibles depuis la position de M. Frégnaie après leur lâcher depuis la position du lanceur définie ci-dessus.

ADN (6 - Chapitre V) ayant acquis auprès de la Météorologie Nationale les relevés pour le mois de juillet 1952 des stations de Picherande et de Besse, nous pouvons vérifier la direction du vent pour la journée de la reconstitution, soit le 26 juillet 1952.

18		6	23	14,1	N	nd
19		6	23	14,75	NE	nd
20		6%	27	16,75	NW	nd
21	6	13	25	19	NE	f
22	0,1	11,5	25	18,15	NE	aF
23	6	14,5	24,5	19,5	NE	aF
24		9,5	22	15,75	NE	nd
25		4,5	21,5	13	NE	aF
26		7	25	16	NE	aF

Relevé météo de Besse à 7h solaire

18	9	23,4	15,2	no	11
19	10,2	29,6	17,4	no	"
20	10,2	29,4	19,8	E	"
21	4,2	12,8	20,2	E	"
22	14,8	25,8	20,2	E	"
23	10	15	19,5	N	"
24	11,6	26	18,8	E	"
25	9	24	16,5	E	nord
26	12	28	20	E	nord

Relevé météo de Picherande à 7h solaire

Le régime général était à cette période **d'est à nord-est** et la force du vent était modérée à assez forte.

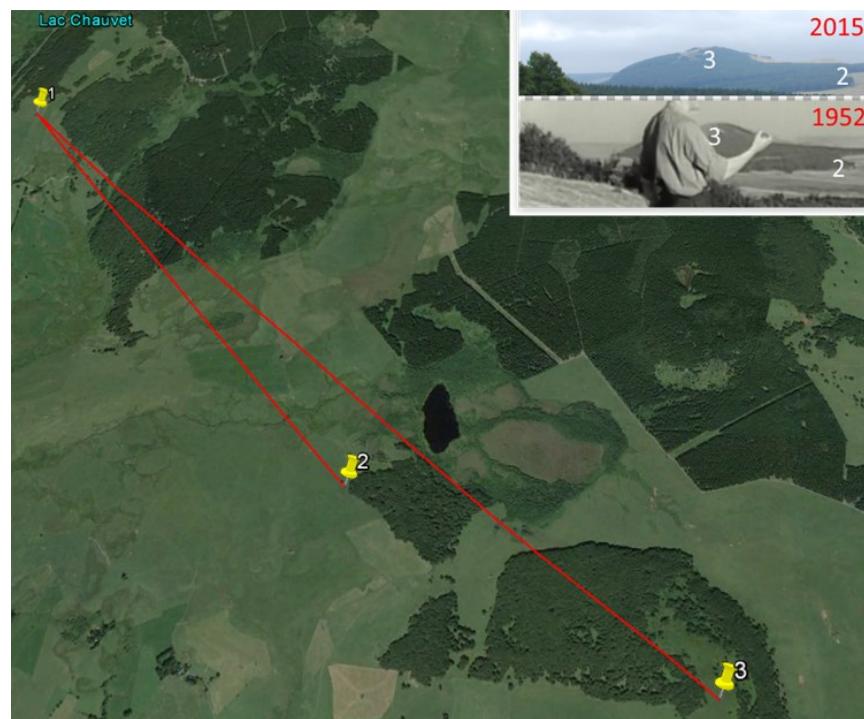
Les ballons ainsi lancés se dirigeaient **vers l'ouest ou le sud-ouest**, ce qui est confirmé par le visionnage du film Pathé où le ballon se dirige globalement dans l'axe vers lequel est tourné le lanceur.

Si nous regardons de nouveau le film Pathé, au moment où M. Frégnaire, près des arbustes visibles sur LC₃ et LC₄ (et reconnaissables sur le film), prend les photographies, nous pouvons créer une mosaïque d'ensemble avec la trajectoire apparente du ballon, se déplaçant de la gauche vers la droite :



La suite de nos calculs et de nos mesures implique au préalable que nous déterminions la longueur focale équivalente 35 mm de la caméra utilisée par le cinéaste de Pathé. Le modèle de cette caméra étant inconnu, nous pouvons utiliser l'outil d'IPACO *Caméra/Longueur Focale* en utilisant des repères de tailles et de distances connues, visibles sur le film.

Le Puy de la Vaisse est une colline d'origine volcanique bien visible à partir de la 22e seconde ainsi que certaines caractéristiques du paysage, lesquelles n'ont pas ou peu changé depuis 1952 :



Ces repères (1 : position du lanceur; 2 : coupe nette dans la forêt au pied du Puy; 3 : sommet du Puy), matérialisés sur Google Earth nous permettent de faire des mesures d'angle, de distance et de longueur dans le plan focal de l'image.

La séparation angulaire entre les points 2 et 3 observée depuis la position 1 est de 7°.

L'étape suivante consiste à déterminer la distance moyenne qui les sépare du lanceur du ballon à l'aide de cette formule simple : $D = (d_1 + d_2) / 2$.

d_1 est la distance du lanceur au sommet du Puy de la Vaisse : 4350 m.

d_2 est la distance du lanceur à l'échancrure : 2700 m.

$$D = (4350 + 2700) / 2$$

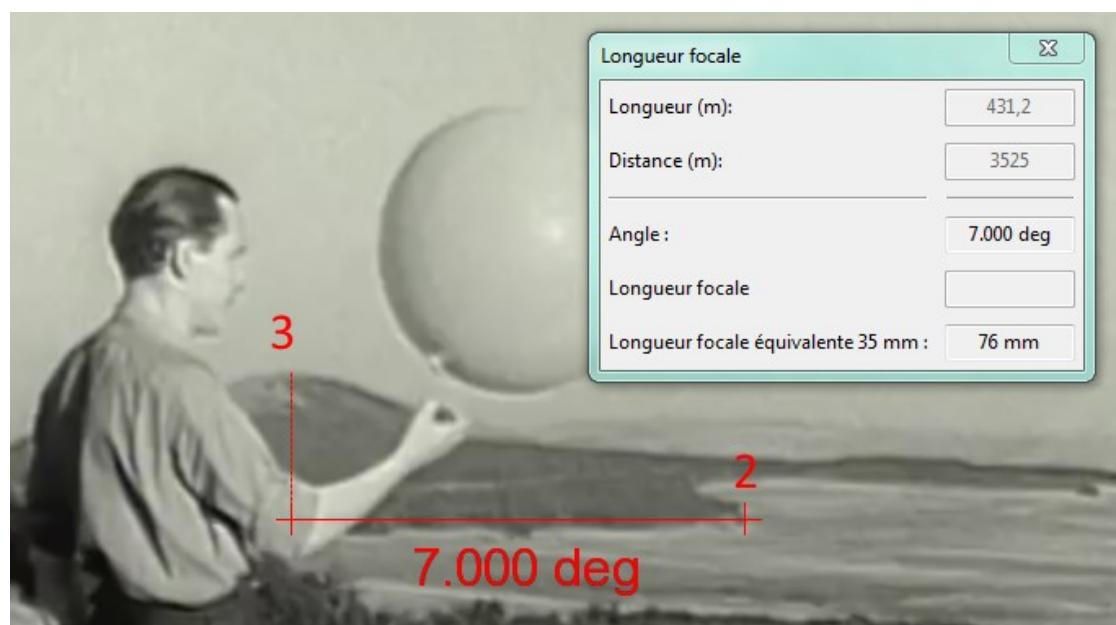
$$\mathbf{D = 3525 \text{ m.}}$$

Ensuite, nous pouvons déterminer la distance transversale apparente qui sépare ces deux points, avec la formule : $L = 2 D \operatorname{tg} (A/2)$.

$$L = 2 * 3525 * \operatorname{tg} (7^\circ/2)$$

$$\mathbf{L = 431.2 \text{ m.}}$$

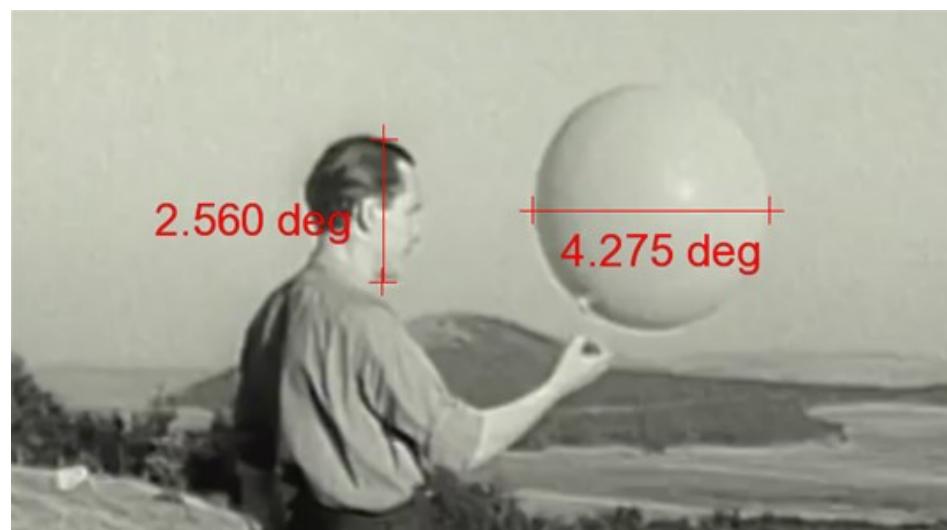
Maintenant que nous avons déterminé ces deux valeurs, nous pouvons importer l'image capturée dans IPACO et utiliser l'outil *Caméra/Longueur focale* puis compléter les valeurs correspondantes dans les champs "*Longueur*" ("L") et "*Distance*" ("D"). Les résultats sont automatiquement affichés et ils correspondent à l'angle qui sépare les deux points 2 et 3 (soit 7°, ce qui permet de vérifier que les calculs sont corrects) ainsi qu'à la valeur de la longueur focale équivalente 35 mm :



La longueur focale équivalente 35 mm de la caméra est donc de **76 mm**.

Nous pouvons ensuite procéder aux mesures suivantes :

- Taille angulaire de la tête du lanceur du ballon
- Taille angulaire du ballon :



- Mesures de la taille de la tête du lanceur de ballon en fonction de sa taille estimée. Dans un corps humain, la proportion de la taille de la tête par rapport à la taille complète est

de 0,13 (50). Nous prendrons comme tailles limites 1,60 m et 1,80 m, ce qui donne comme taille pour la tête une valeur comprise **entre 20,8 cm et 23,4 cm**.

- Estimations de distances séparant l'ensemble lanceur/ballon au cinéaste. A l'aide de la mesure déterminée précédemment, et considérant que le ballon et le lanceur sont sur un même plan perpendiculaire à l'axe de visée de la caméra et à la même distance, nous utilisons l'outil IPACO *Longueur/Distance* :



L'ensemble lanceur/ballon se trouve à une distance de la caméra comprise **entre 4,6 et 5,2 m**

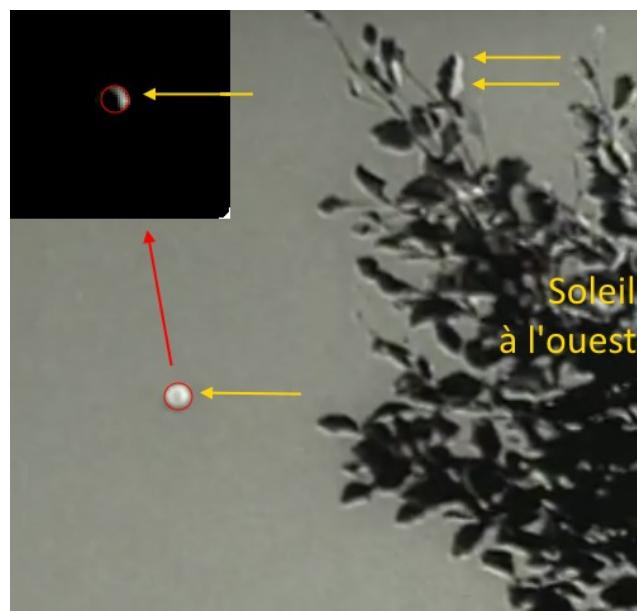
- Estimation des diamètres possibles du ballon :



Le ballon mesure **entre 35 et 39 cm** de diamètre. Ce chiffre est à comparer à celui donné par le journaliste de "La Montagne" (37) : "Nous avons procédé à des lâchers de ballons qui sont employés par la météo. Ils sont de deux sortes : les uns, d'un diamètre de **50 à 60 cm**, les autres d'un diamètre de 1m20 environ".

De toute évidence, le ballon lâché sur le film Pathé ne mesure pas 1m20, et 60 cm nous semble un peu grand. Nous retiendrons cependant pour la suite toutes les mesures données et calculées.

Comme nous l'avons vu plus haut, M. Frégnaire, dans la suite du film Pathé, prenait des photographies du ballon lorsqu'il passait dans son champ de vision. Si l'on examine attentivement une capture du film avec les arbustes et le ballon, plusieurs indices montrent que le Soleil se trouvait sur la droite (à l'ouest) : éclairage des feuilles et du ballon (mis en évidence par une forte modification des contrastes et de la luminosité) :



Par ailleurs, il est possible, comme pour l'image du ballon au moment de son lâcher, de mesurer avec IPACO sa taille angulaire :



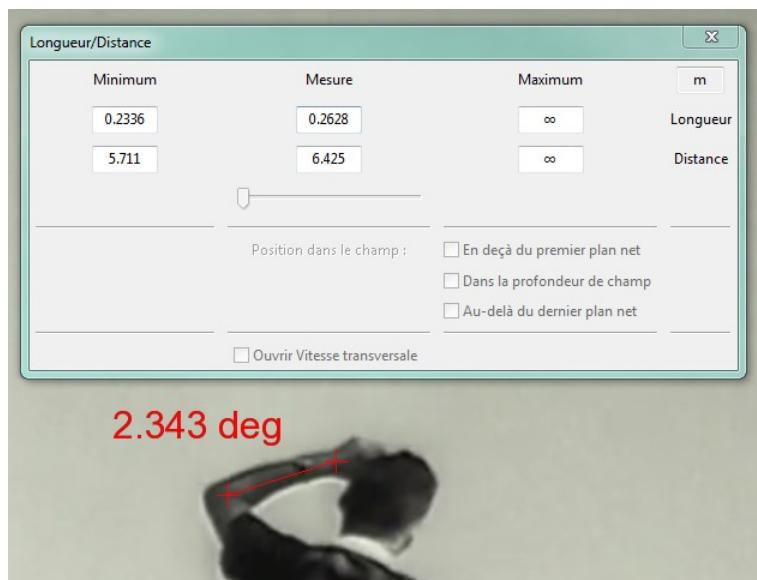
Puis nous ouvrons de nouveau l'outil *Longueur/Distance* afin de calculer la distance du ballon au cinéaste à ce moment précis, en fonction des diverses tailles calculées et fournies pour ce ballon.

Les résultats peuvent être présentés sous la forme d'un tableau :

Diamètre du ballon	cm	35	39	50	60	120
Distance au cinéaste	m	35,8	39,9	51,1	61,4	122,7

La distance séparant le cinéaste du ballon est comprise entre 36 m et 123 m. M. Frégnale étant censé se trouver au même endroit qu'une semaine plus tôt, de cette distance doit être déduite celle le séparant du cinéaste en tenant compte de l'écart angulaire séparant l'axe de visée de M. Frégnale de l'axe de visée du ballon. Mesuré sur la mosaïque page 50, cet écart angulaire est de **38°**.

En nous servant des proportions du corps humain (50) et de l'image de M. Frégnale reproduisant les photos, où son avant-bras est clairement visible (transversalement à la caméra), nous pouvons évaluer la distance le séparant du cinéaste :



Cette distance est comprise entre 5.7 m (pour une taille de M. Frégnale de 1.60 m) et 6.4 m (pour une taille de M. Frégnale de 1.80 m).

Nous pouvons en déduire par calcul trigonométrique (loi des cosinus) 4 solutions possibles concernant la distance séparant M. Frégnale du ballon, en fonction à la fois de la taille de M. Frégnale et de celle du ballon. Nous retiendrons les deux extrêmes, qui sont :

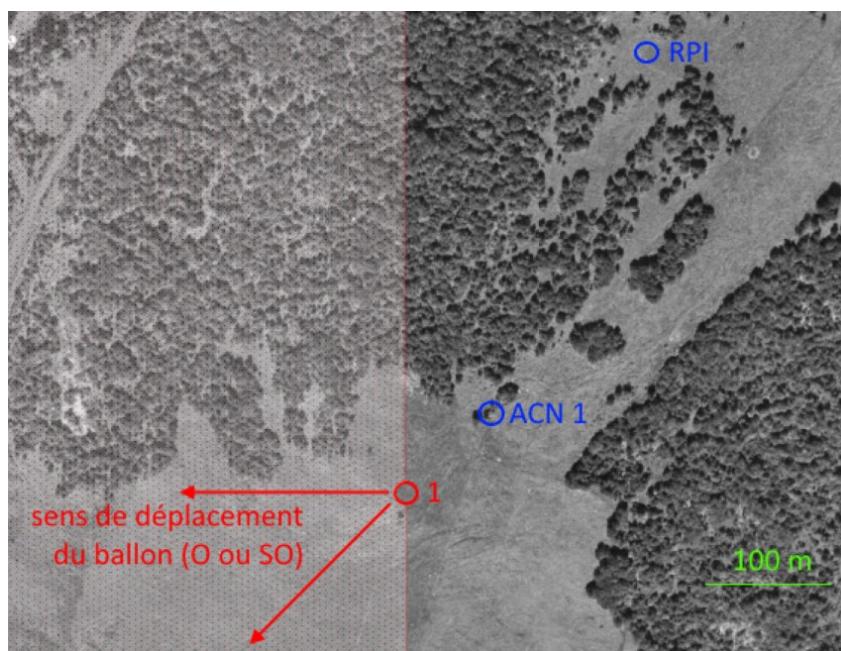
- **29.87 m** si le ballon mesure 35 cm de diamètre et si M. Frégnale mesure 1.80 m.
- **118.29 m** si le ballon mesure 120 cm de diamètre et si M. Frégnale mesure 1.60 m.

Par ailleurs, le ballon se dirigeant vers l'ouest ou le sud-ouest, M. Frégnale et le cinéaste de Pathé ne pouvaient se trouver qu'à la droite du lanceur de ballon, dans le sens du vent.

L'étape suivante consiste à reporter ces mesures et résultats sur une carte d'époque, en tenant compte des hypothèses relatives à la position de M. Frégnale développées jusqu'à présent.

Comparaison des hypothèses

La carte aérienne la plus précise est la n°5767 prise le 01/01/1968 au 1:19454 (déjà utilisée page 120), où les arbres sont clairement visibles et, pour la plupart, toujours présents depuis 1952. Nous reportons sur cette carte toutes les hypothèses connues jusqu'à présent pour la position de M. Frégnale (en bleu), les données concernant la position du lanceur de ballon et le sens du déplacement de ce ballon (en rouge) et l'échelle (en vert) :



Comme nous le constatons, aucune des deux hypothèses émises auparavant par ACN et RPI ne permet de rendre compte de ce qui est visible sur le film Pathé, les distances séparant ces deux points du point 1 étant trop importantes.

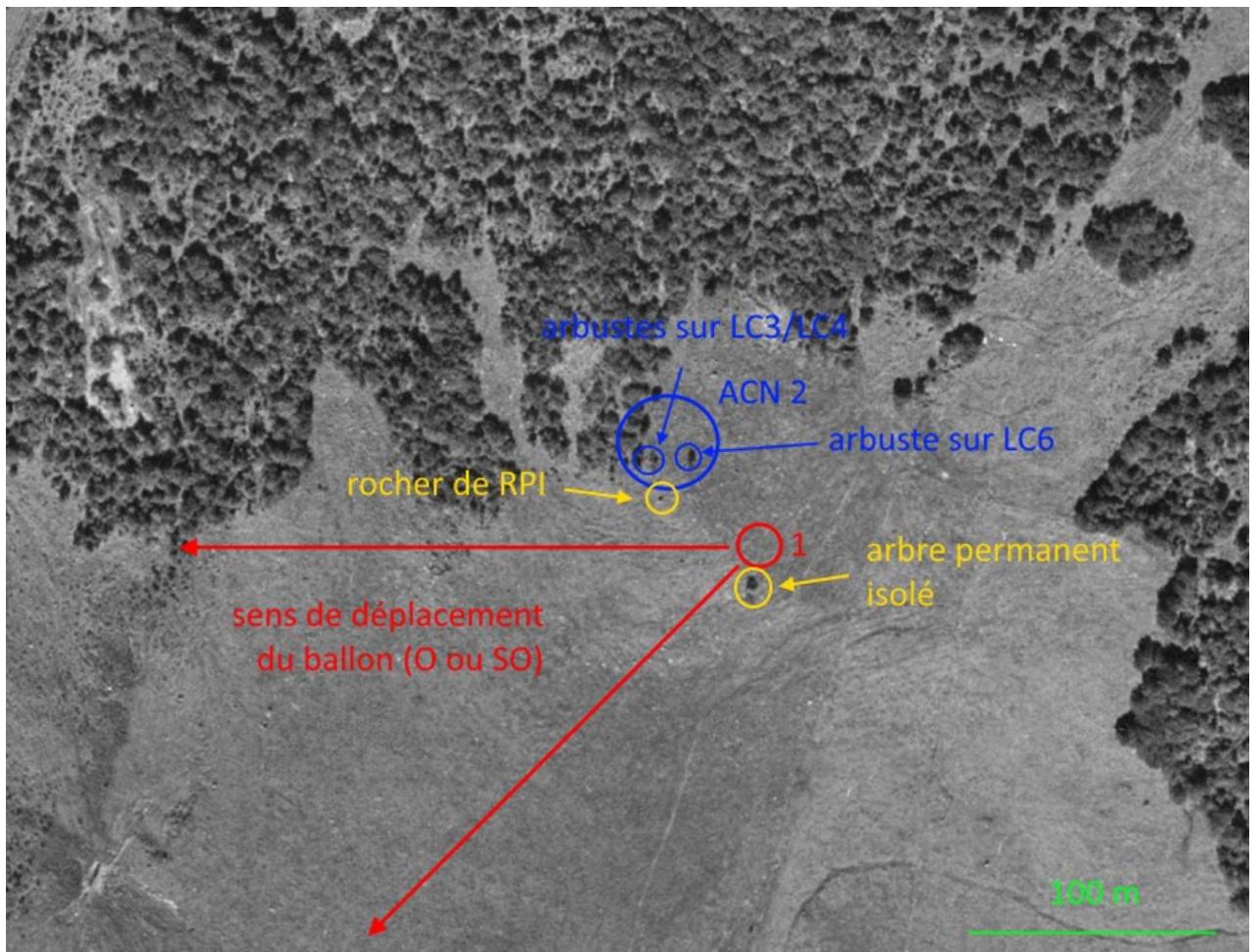
M. Frégnale devait par conséquent se trouver quelque part, à la lisière des bois, entre le nord et l'ouest du point 1 jusqu'à l'extrême ouest du champ.

Nous devons aussi tenir compte des paramètres connus suivants :

- M. Frégnale faisait globalement face au sud.
- Le débattement azimutal entre les positions de l'ovni doit théoriquement être au minimum de 60° et au maximum de 100° entre LC₃/LC₄ et LC₆.
- Il doit y avoir des arbustes visibles uniquement à droite et rien à gauche sur LC₃ et LC₄ selon un angle de 43.6° (largeur angulaire des photos).
- De même, il doit y avoir un arbuste à gauche, et éventuellement un autre plus éloigné sur la droite, sur la dernière photo selon un angle de 29.4° (largeur angulaire de LC₆).
- Le paysage lointain (collines...) en arrière-plan ne doit pas être visible sur la dernière photo.

- Sur le film Pathé, lors de la reconstitution une semaine après aux environ de 18h30, les personnes se trouvant à côté des arbustes étaient à l'ombre. Il devait donc y avoir d'autres arbustes sur leur droite.
- La distance séparant le photographe des arbustes en LC₃ et LC₄ doit être d'environ 5.5 m pour LC₃/LC₄ et 9.5 m pour LC₆.

Nous pouvons ensuite agrandir la zone concernée afin d'examiner les possibilités restantes.



Un seul emplacement nous semble correspondre à tous les critères restrictifs définis ci-dessus (avec toutefois une incertitude sur la visibilité du paysage en arrière-plan pour LC₆ lié à la valeur du dénivelé). Noté "ACN 2", il délimite une zone d'arbustes n'existant plus aujourd'hui. Il est situé à environ 50-60 m au nord-ouest de l'emplacement du lanceur de ballon.

Nous avons également reporté (en jaune) sur cette carte l'arbre isolé et le rocher remarquable photographiés par RPI en juillet 2008 (voir page 118) et par l'équipe d'enquêteurs en juillet 2015 (voir page 102). Ces points particuliers seront discutés dans l'analyse.

"ACN 2" est davantage compatible avec un vent soufflant d'est qu'avec un vent soufflant du nord-est, pour lequel le ballon météo atteint plus rapidement la distance maximale possible le séparant de M. Frégnaud et définie page 55 (**118.29 m**).

L'exploitation de ces résultats pour les calculs de trajectoires possibles de l'ovni se trouve dans le rapport d'analyse.

Développement et utilisation des films argentiques

ACN

Développement

Sur l'ensemble des huit bobines achetées par ACN, quatre ont été intégralement utilisées et tirées en petit format au laboratoire PHOTON (CNES).

Les bobines et les tirages ont été reçus par ACN le 17/10/2015. Sur les quatre bobines, seules trois ont été développées, la quatrième ayant été intégralement voilée (une "Neopen Acros 100"), suite à une fausse manipulation (mauvais calage dans la bobine réceptrice, puis film déchiré au niveau des encoches) lors de la reconstitution sur place.

Chronologie de l'utilisation

Ces quatre films de 36 poses ont été utilisés comme suit :

- **Première bobine** : film utilisé : "Ilford PAN F Plus 50".

- Vues 36 à 28 : non utilisées en raison du bobinage effectué lors des essais de prise en main de l'appareil.
- Vues 27 à 21 : essais en intérieur le lundi 27/07/2015 après-midi.
- Vues 20 à 10 : photographies des lieux tous azimuts le mardi 28/07/2015 matin et après-midi.
- Vues 9 à 1 : photographies des pigeons d'argile lancés à l'aide du lanceur mécanique, le mardi 28/07/2015 après-midi.

- **Deuxième bobine** : film utilisé : "Neopen Acros 100".

- Vues 36 à 13 : photographies des divers Frisbee.
- Vues 12 à 2 : panoramique effectué à partir de la position ACN1.
- Vue 1 : vue vers le nord-est.

- **Troisième bobine** : film utilisé : "Neopen Acros 100". Sureposé.

- **Quatrième bobine** : film utilisé : "Ilford PAN F Plus 50".

- Vues 36 à 19 : photographies des pigeons d'argile lancés par GMH à l'aide du lanceur manuel, le mardi 28/07/2015 après-midi.
- Vues 18 à 15 : photographies des Frisbee lancés par PSY, à partir de la position "X" (voir page 40), le mardi 28/07/2015 après-midi.
- Vues 14 à 6 : vues de la zone depuis la position ACN1.
- Vue 5 : les "lanceurs" GMH et PSY.
- Vues 4 à 1 : autres vues de la zone.

Exploitation des résultats

Il a été impossible, à cause à la fois du fort vent présent sur place lors de la reconstitution et de la nature physique des Frisbee (matériau plastique léger et taille plus grande, plus sensible aux effets du vent), de pouvoir effectuer des lancers de Frisbee montrant des trajectoires paraboliques suffisamment régulières pour être mesurées.

En revanche, nous avons obtenu de bien meilleurs résultats avec les pigeons d'argile qui, bien qu'un peu plus légers, ont conservé dans la plupart des cas lors des lancers une trajectoire relativement constante et quantifiable. La taille de l'objet lancé y est sans doute pour beaucoup, la surface soumise au vent étant moindre dans le cas des pigeons.

Aspect visuel

Il est à noter que, malgré des conditions d'éclairage et d'angles de prise de vue différents, l'aspect visuel sur les photographies des pigeons lancés lors des essais est très proche de celui de l'ovni des photographies de M. Frégna. La sélection suivante est éloquente à ce titre :

- **NIKON D80** - Longueur focale équivalente 35 mm: 48 mm; temps d'exposition : 1/500 s; ouverture : f/8; mise au point : ∞





- **ZEISS IKONTA** - Longueur focale équivalente 35 mm: 45 mm; temps d'exposition : 1/500 s; ouverture : f/5.6; mise au point : ∞





Aspect technique

Ayant repéré sur les lieux de la reconstitution les positions suivantes...

- emplacement du lanceur
- emplacement du photographe
- emplacement du point de chute du pigeon/Frisbee

... nous avons pu, à l'aide d'IPACO, procéder sur les photographies et les vidéos réalisées sur place à des mesures concernant :

- les altitudes maximales **H** atteintes par le pigeon/Frisbee
- les longueurs totales **L** en projection au sol des distances parcourues
- les durées du vol **T** entre le lancer et l'arrivée au sol du pigeon/Frisbee

Les résultats suivants, retenus pour l'analyse, sont les valeurs moyennes et maximales relevées et/ou calculées, pour une trajectoire parabolique plutôt aplatie effectuée par des pigeons d'argile projetés avec le lanceur mécanique ou par des Frisbee :

Pigeons	L (m)	H (m)	T (s)
moyenne	22	8,5	3
maximum	40	12	4

Table 11

Frisbee	L (m)	H (m)	T (s)
moyenne	20	3.5	2
maximum	25	5.8	4

Table 12

Enfin, des mesures de vitesse de rotation **V** ont été également faites. Elles sont résumées dans les deux tables suivantes :

Pigeons	V (tours/mn)
minimum	1135
moyenne	1440
maximum	1800

Table 13

Frisbee	V (tours/mn)
minimum	200
moyenne	392
maximum	600

Table 14

Essais additionnels

ACN-FCR-PSY-LBN

Des essais supplémentaires de lancers de pigeons d'argile, marqués au préalable sur leur face inférieure d'un repère rectangulaire à la peinture blanche, ont été réalisés à la main et à l'aide du lanceur manuel les 29.02.2015, 05.03.2015 et 10.03.2015, et photographiés avec des appareils modernes, afin de vérifier les points suivants, exploités dans l'analyse (à partir de la page 63) :

1. L'aspect général de l'objet et son éventuelle ressemblance avec l'ovni des photos de M. Frégnale.
2. Qualification et quantification du flou de la tache, puis comparaison avec les données de l'ovni sur LC₃ et LC₄.
3. Mesures complémentaires de la vitesse de rotation.
4. Les essais du 10.03.2015 ayant été réalisés alors que le Soleil se trouvait à la même hauteur angulaire que le 18.07.1952 à 18h10 (soit 22°), et avec le lanceur et le photographe correctement orientés, vérification de la présence éventuelle d'une ombre portée sous l'objet.



Photo prise avec un Canon Powershot A720 IS le 10.03.2016 à 16h47 - Temps d'exposition 1/250e



Photo prise avec un Canon Powershot A720 IS le 29.02.2016 à 14h11 - Temps d'exposition 1/500e



Photo prise avec un Canon Powershot SX30 IS le 05.03.2016 à 14h20 - Temps d'exposition 1/1250e

Crédits - Sources

Crédits

ACN	: Antoine Cousyn ("Elevenaugust")
ADN	: Alain Delmon
DCN	: Dominique Caudron ("Uncle Dom")
FCR	: Francine Cordier
FLE	: François Louange
FLO	: "Flo78"
GMH	: Gilles Munsch
GQK	: Geoff Quick
JAS	: Julien Arlandis
LBN	: Lucas Bleuzen
LGN	: Laurent Guérin
MAR	: Eric Maillot ("Marcassite")
MGU	: Mario Groleau
MVT	: Michaël Vaillant
NAB	: "Nablator"
PGN	: Pierre Guérin
PSY	: Patrice Seray
RPI	: Raymond Piccoli
SNL	: "Sénéchal"
XPT	: Xavier Passot

Sources

Relatives au cas

- 1 - Pierre Guérin : "Science et Avenir", pp.708 et 709, septembre 1972.
- 2 - Revue "Inforespace", article de J.L Vertongen, SOBEPS, n°32, pp.24 à 28, mars 1977.
- 3 - Revue "Lumières dans La Nuit", article de P. Guérin, n°316, pp.3 à 18, mars 1993.
- 4 - Pierre Guérin : "Journal of Scientific Exploration", Vol.8 n°4, pp.447 à 469, 1994.
- 5 - Pierre Guérin : "Les mécanismes d'une désinformation", 2000.
- 6 - Alain Delmon : "Lac Chauvet, France, 1952". Site Internet, 2003 à 2005.
- 7 - Forum "UFO Scepticisme" : "[Les photographies du lac Chauvet](#)".
- 8 - Liste de discussion "Aleph".
- 9 - Forum "Les sceptiques du Québec".
- 10 - Liste de discussion "Francom.ovni".

Relatives au choix du modèle d'appareil photo

- 11 - Site spécialisé de ventes aux enchères "[Enchères CataWiki](#)".
- 12 - Vidéo Youtube "[Zeiss Ikon Contessa 35 - 533/24 \(Operating\)](#)".
- 13 - Site spécialisé dans l'histoire du Contina "[Camera Wiki](#)".
- 14 - Site spécialisé dans les modèles d'appareil photo "[Camerapedia](#)".
- 15 - Site spécialisé dans les modèles d'appareil photo "Camerapedia" - [Fiche du Contessa 35](#).
- 16 - Site spécialisé dans les appareils anciens "Collection appareils" - [Fiche du Contessa 35](#).
- 17 - Site du collectionneur Ernst Giger - [Zeiss Ikon](#)

Relatives au choix du modèle de film

- 18 - Tim Vitale : "Film grain, resolution and fundamental film particles". Octobre 2009.
- 19 - Wikipédia (Anglais) : "[Liste des films photographiques dont la production a cessé](#)".
- 20 - Tim Vitale : "Estimating the resolution of historic film images : using the resolving power equation (RPE) and estimates of lens quality". Novembre 2009.
- 21 - Film Ilford - [Fiche technique](#).
- 22 - Film Fuji - [Fiche technique](#).

Relatives à l'identification des arbres

- 23 - Herbiers de l'Université de Clermont-Ferrand - UNIVEGE. "[Flore du département du Puy-de-Dôme](#)", par le botaniste Jean-Louis Lamaison.
- 24 - [Inventaire forestier du Puy-de-Dôme](#) - IGN.
- 25 - [Haies du Puy-de-Dôme](#) - "Essences champêtres, choix des essences en fonction de l'altitude et du sol".
- 26 - Géoportail.

Hypothèse Frisbee

- 27 - Tim Walsh : "[Timeless toys](#)". 2005.
- 28 - [UFOpop](#) - *Li'l Abner's Flyin Saucer*.
- 29 - Collection de Frisbee anciens : "[Marvin's Flying Disc Collection](#)".
- 30 - Wikipedia : "[Liste des bases de l'OTAN en France](#)".
- 31 - Phil Kennedy : "[Spinnin' yarns - 19 events from published Frisbee history... that never happened!](#)". Co-auteur du livre "*Flat Flip Flies Straight, True Origins of the Frisbee*". Juin 2006.
- 31' - Fédération Flying Disc France - [Historique](#)

Hypothèse pigeons d'argile

- 32 - Forum "Tir longue distance" : "[lanceur manuel](#)".

Hypothèse ballon

- 33 - "Feuille d'avis de Neufchâtel" - 25 juillet 1952.
- 34 - "La Montagne" - 24 juillet 1952.
- 35 - "La Montagne" - 25 juillet 1952.
- 36 - "La Montagne" - 26 et 27 juillet 1952.
- 37 - "La Montagne" - 28 juillet 1952.
- 38 - "Point de vue" - 07 août 1952.

André Frégnale

- 39 - Annonce publiée dans "La pêche indépendante". 1937.
- 40 - Bernard Caminade : "Leurres de pêche - publicités et brevets 1865-1970".
- 41 - Pierre Boutaz, Jean-Yves Martin, Marc Rattez et Alain Rigazio : "Les leurres de pêche en France de 1850 à 1950".
- 42 - Wikipédia : "[Gouffre de Réveillon](#)".
- 43 - "[Gouffre du Réveillon, circuit Martel-cascade, Alvignac, Lot](#)".
- 44 - Francis Guichard : "Le gouffre-goule de Réveillon", Spéléo Dordogne, n°96 pp.34 à 45. 1985.
- 45 - Roger Brillot et André Frégnale : "Le gouffre du Réveillon. Commune d'Alvignac (Lot). Exploration du Groupe Norbert Casteret de Clermont-Ferrand", Spelunca, 3e série, vol.1, pp.150-153. 1946.
- 46 - Site Internet "[Chantekaraoke](#)" - Lacs Bessards.
- 47 - Marc Lenormand : "[Etude du gouffre du Saut de la Pucelle Rignac \(Lot\)](#)". 2012.
- 48 - Site Internet "[BD-Cine.com](#)" - Film 16 mm, documentaire "Nos écoles". 1950.
- 49 - Revue "[Le Yacht](#)" n°3528 du 11.08.1956.

Travail complémentaire

- 50 - Site Internet "[Corps humain - Proportions](#)"