OBSERVATIONS

Et pourtant ils tournent
Ou les satellites artificiels

Pierre Le Fur
MPSI – ISEM Toulon,
plefur@isem.tvt.fr

Résumé : *Observer les satellites comme la station spatiale internationale est un vrai jeu d'enfant, amusant, étonnant. Ses heures de passage sont parfaitement accessibles avec « Heavens Above », ne vous en privez pas. Deviner quelles villes elle survole, mesurer son altitude*

Alors levez les yeux vers le ciel. Regardez les tourner.

Mots-clefs : OBSERVATION - SATELLITE - PHOTOGRAPHIE

Introduction

La perte dramatique de la navette spatiale Columbia et la mort de ses astronautes, et dans une moindre mesure l'échec de la version V de la fusée Ariane ont replacé la conquête spatiale sur le devant de la scène. La génération montante qui n'a pas connu la période héroïque des Spoutniks, des Geminis, et des Hommes comme Gagarine et autres Armstrong trouve naturelle l'existence de ces satellites si « artificiels » pour la génération précédente. Du téléphone portable à l'antenne parabolique de télévision, des quotidiennes images météo aux remarquables sondages d'univers captés par le télescope spatial « Hubble », nos élèves ne voient rien d'exceptionnel dans ces satellites qui tournent au-dessus de nos têtes. Et pourtant ils tournent, mais combien d'élèves ont réellement observé l'éclatant passage de la station spatiale internationale ISS ou le surprenant flash du n^{ème} satellite de la"constellation IRIDIUM" ? Combien ont saisi les lois qui régissent leur mouvement ou leur visibilité ? Alors étonnons les avec la redécouverte d'un monde qu'ils croient connaître, celui de ces milliers d'objets qui croisent au-delà des 200 km d'altitude, même si cela n'est pas vraiment de l'astronomie…

La réalité spatiale appréhendée à travers la virtualité de deux sites internet

Décollons avec la "NASA" et choisissons les multiples possibilités du site du Marschall Space Center qui, en particulier, met en ligne un système 3D interactif de la Terre et ses satellites artificiels. On recommande le « Jtrack3D-realtime » (voir CC104). C'est parti !

http://liftoff.msfc.nasa.gov/realtime/jtrack/3d/JTrack3D.html

Quelle extraordinaire vue en trois dimensions du ballet satellitaire, réactualisé en ligne. En pointant avec la souris, repérez les géostastionnaires (Météosat…), cherchez les « GPS », admirez le « rase-mottes » rapide de la station ISS. Matérialisez une trajectoire

elliptique, survolez la Terre en maintenant le clic gauche de la souris…

Mais toute cette magnifique virtualité est-elle observable ? Repartons avec le site allemand " HEAVENS ABOVE " plutôt dédié aux observateurs. Cette fois ci l'entrée peut se faire simplement en recherchant le nom de la ville d'où l'on observe. Puis on peut sélectionner le satellite désiré ; prenons par exemple ici l'"International Space Station".

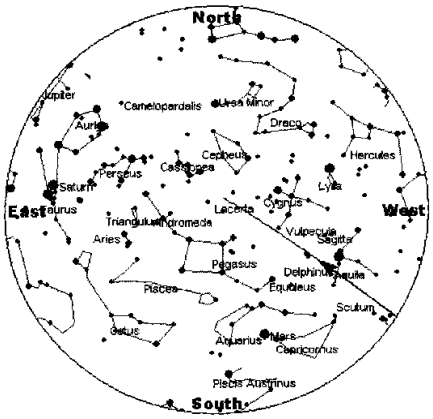
- La page suivante indique les dates, heures, directions et magnitude de passages observables depuis le site sélectionné.

- En cliquant la date correspondant à un passage à magnitude négative (donc très visible) vous obtenez une carte du ciel avec la trajectoire apparente de l'ISS ce soir ou ce matin là. De multiples autres détails sont révélés.

- A l'aide d' "ORBIT" on obtient la trace de l'orbite en projection verticale sur le globe terrestre …

- De retour à la page d'accueil on recommande de sélectionner " IRIDIUM "…et de repérer un passage avec une magnitude de –8 ! (Vénus n'atteint pas mieux que – 4,4)…

C'est parti ! http://www.heavens-above.com/



Pass Details
Date: Thursday, 06 December, 2001

Ces pages web ne peuvent que nous inciter à lever les yeux vers le ciel où ces objets sont parfaitement visibles même en ville. A travers deux exemples, initions-nous à ce type d'observation.

L'observation " visuelle " des satellites artificiels

Ou comment, depuis le sol, l'on observa « Spacelab », le laboratoire européen placé à bord de la navette spatiale Columbia en novembre 1983.

Cette opération patronnée par A. Ducrocq et A. Souchier, centralisée au Prytanée militaire de la Flèche (72) avait pour objectif principal le balisage du méridien de Greenwich 0° entre Moncontour et Houlgate à l'aide de phares de voitures orientés vers le ciel pour une observation depuis le laboratoire spatial SPACELAB.

L'astronaute Ulf Merbold devait photographier la ligne lumineuse ainsi constituée matérialisant ce méridien terrestre origine. Lors du passage du 30 novembre vers 18h35, les astronautes ont pu observer ce « méridien » mais pas le photographier, la navette se présentant sous une orientation défavorable au moment du survol, à 250 km d'altitude.

JP. Lee (Club d'Astronomie de l'Université du Maine –72-) en poste sur le méridien le 30/11/83, à côté des trois projecteurs pointés vers le ciel reliés à une batterie d'accumulateurs.

L'objectif secondaire de cette opération a été la récolte de nombreuses observations photographiques du passage de la navette contenant le laboratoire spatial. Celles-ci ont été centralisées puis dépouillées.

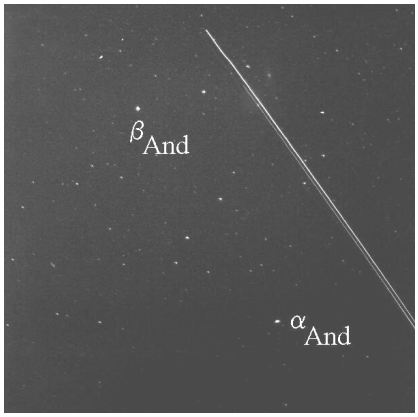
Exerçons-nous à reconnaître Spacelab, dont on sait que le mouvement se fait globalement de l'ouest vers l'est, c'est à dire dans le sens de rotation de la Terre.

Lorsqu'on dispose de l'heure de passage et de la direction générale du mouvement, on peut faire le choix entre plusieurs observations.

Notons qu'avec le site « Heavens Above », l'identification est sûre, puisqu'on dispose d'une carte céleste avec la trace de l'orbite, et de l'heure exacte. La précision temporelle et spatiale de ces éphémérides surprend l'utilisateur : minute d'arc et seconde de temps, pour une prévision à deux ou trois jours ! Merveilles de la mécanique céleste…

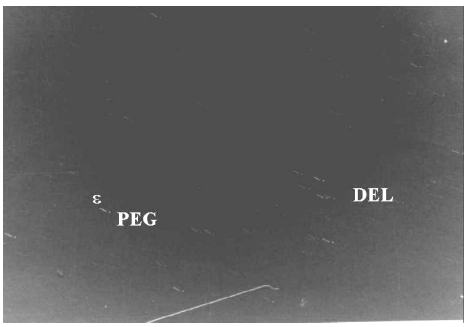
En 1983, rien de tel n'était facilement accessible au grand public. Trions donc parmi les clichés exploitables recueillis par le groupe de travail :

Le premier correspond à un mouvement nord-est/sud-ouest et une trace double sur l'original alors que les étoiles sont ponctuelles (cliché "n°1" du 1/12/83 -Elève du Prytanée).



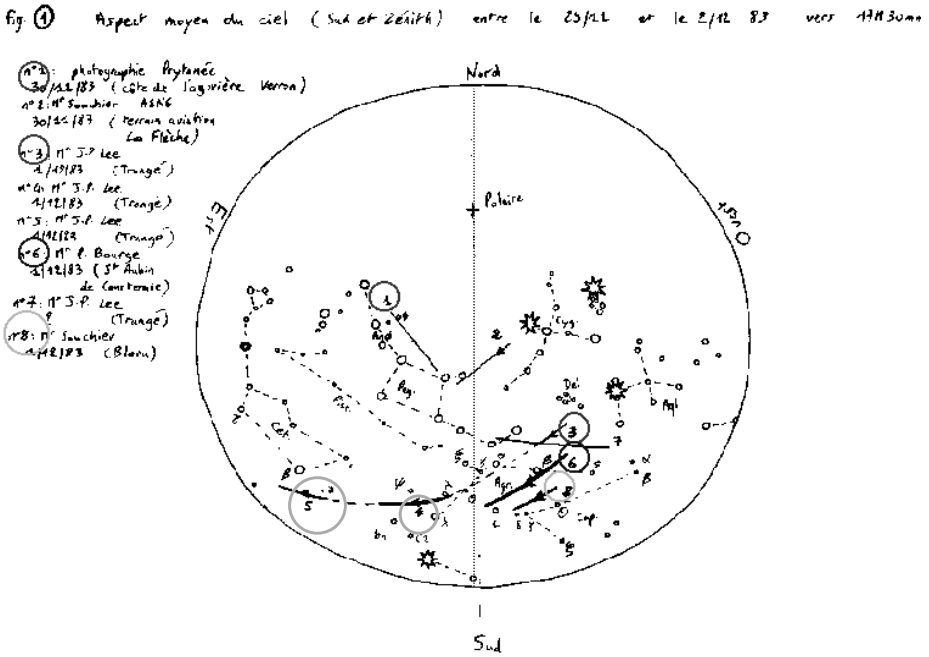
Quel bel avion !

Le second montre un mouvement ouest/est (cliché "n°3" du 1/12/83 -JP Lee)



Peut-être un cliché de Spacelab avec un léger bougé de l'appareil photo en début de pose (étoiles dédoublées, trace de satellite déformée) ? Remarquons que J.P. Lee est parvenu à déplacer l'axe de la prise de vue trois fois de suite pour réussir à fixer sur la pellicule 3 parties d'un passage unique de la navette de durée totale 3 min ! Voir carte ci dessous traces 3, 4, 5.

Localisation des traces par rapport aux étoiles: Voici les traces photographiques supposées de la navette Spacelab reportées sur une carte générale du ciel – extraite d'un carnet d'observations.



A l'évidence les objets 1 et 3 dont les clichés sont présentés au-dessus, sont sans rapport entre eux. Par contre les traces 2 à 6 et 8 correspondent au passage du même objet vu par divers observateurs les 30/11 (n°2) et 1/12/83 (n°3, 4, 5, 6, 8). L'heure de passage correspond à celui, attendu, de la navette. Le sens global de parcours concorde également.

Influence de la position des observateurs le 1/12/83 (clichés "n° 3-6-8):

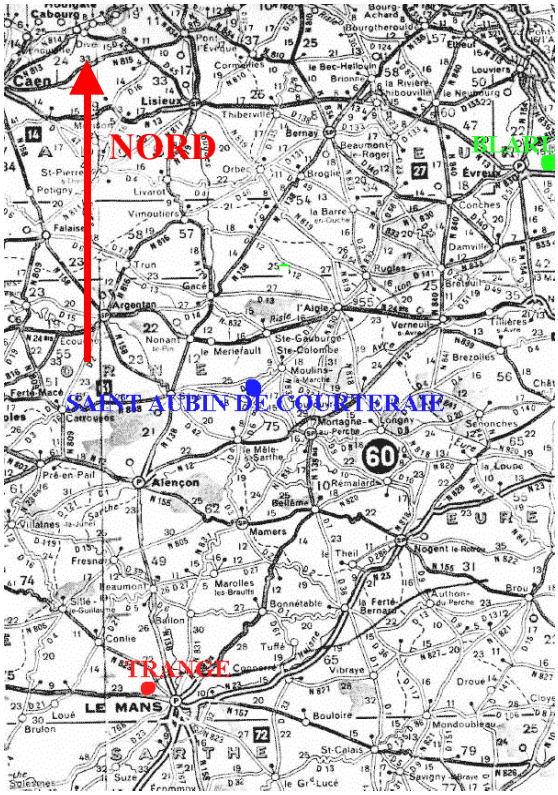
Un même passage a été photographié par plusieurs observateurs: comparons les relevés n°3/6/8 de ce passage de 17h26 min TU avec les positions

respectives des observateurs (Trangé -72, Saint Aubin de Courteraie-61, Blaru-27) sur la carte Michelin:

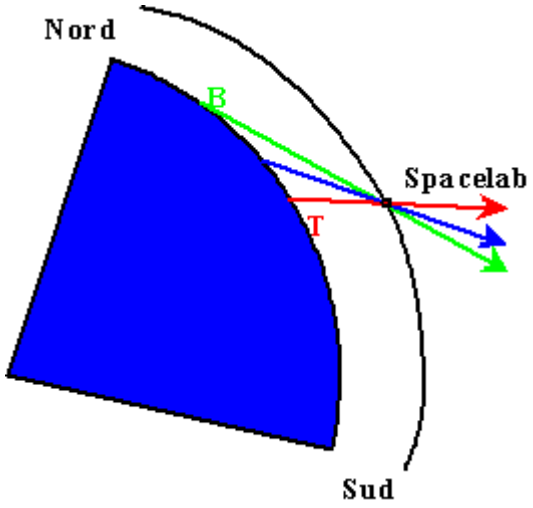
Voici les coordonnées géographiques de ces points:

Trangé-72 : long: 0°6'20" Est, lat : 48° 1' 34"
St Aubin-61 : long 0°26' 3" Est, lat : 48° 35' 14"
Blaru-27 : long: 1°29'8" Est, lat : 49° 2' 29"

Le satellite est-il passé au sud ou au nord des observateurs ?



Carte Michelin. Le méridien 0° étant la ligne passant à l'ouest du Mans. Echelle: 111 km/° soit Trangé- St Aubin = 66.1 km



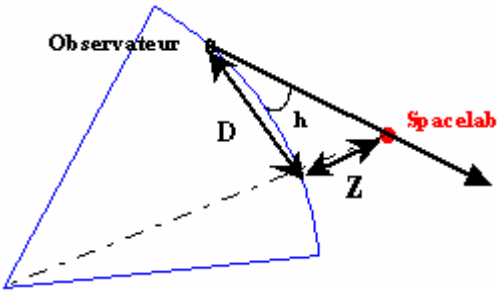
C'est bien sûr un passage au sud des observateurs puisque la trace apparaît d'autant plus bas sur l'horizon que l'observateur est au nord. En réalité, Columbia et son laboratoire survolaient le Sud Ouest de la France.

Identification d'une trace, estimation de la distance de passage:

Retrouver le numéro de cette trace sur la carte du ciel proposée plus haut.

Vous l'avez reconnue, c'est la n°8 !

Remarquons qu'il est facile d'estimer la distance de passage D de la projection horizontale du couple spatial à l'aide de la hauteur angulaire h au-dessus de l'horizon et de l'altitude z supposée connue, 250 km. En effet : $D \approx z/\tan(h)$



On retient en particulier que pour un passage à 45 ° (soit à mi-chemin entre l'horizon et le zénith), alors l'objet est aussi loin que haut : D = z.

Pour cette trace n° 8, on estime h à partir de la latitude $\lambda = 49°$, et de l'intersection de la trajectoire avec le méridien, aux alentours de la déclinaison $\delta = -15°$, repérée sur la carte du ciel. Cette hauteur h vaut environ $90°-\lambda+\delta = 26°$.

$$D(km) \approx 250/\tan(26°)$$

Soit D ≈ 510 km, ce qui correspond au sud de Cahors, sur le méridien de l'observateur situé à Blaru (près d'Evreux).

A quelle altitude circule-t-il ?

En juin 1979, la station Skylab est sur le point de rentrer dans l'atmosphère… Son altitude est évidemment un paramètre clé pour suivre son approche du sol. Voici d'abord un article paru dans un journal local (Maine Libre-72) fin mai 1979 :

La chute de Skylab

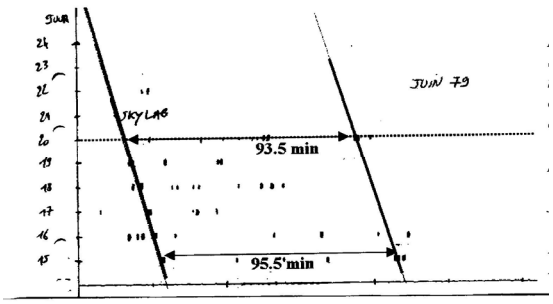
La N.A.S.A. envisagea l'envoi d'un satellite muni d'un explosif pour détruire Skylab, mais dut y renoncer car l'éparpillement des fragments sur une surface considérable aurait créé plus de dangers que la chute en bloc du satellite. Ne pouvant plus rien faire, la N.A.S.A. attend alors la chute qu'elle prévoit se produire en 1980. Mais en perdant de l'altitude, Skylab augmente sa vitesse orbitale, ce qui le freine davantage d'autant plus que la densité de l'air augmente de plus en plus. Vers 250-200 kilomètres d'altitude, la vitesse n'étant que de 8 kilomètres par seconde environ, soit 28.800 kilomètres à l'heure, vitesse au-dessous de laquelle la satellisation n'est pas possible, Skylab décrochera de son orbite et tombera sur la Terre en décrivant une courbe qui le mènera verticalement au sol. En fait, Skylab retombera plus tôt qu'il n'était prévu, probablement vers le 20 juin prochain, des irrégularités de vitesse du vent solaire le freinant plus qu'on ne le pensait.

Dans sa retombée, Skylab suivra le processus habituel de la chute des météorites et des quelque 6.000 satellites artificiels qui sont déjà retombés. A 120 kilomètres d'altitude, la densité de l'air, bien que faible, est suffisante pour créer une onde de choc très puissante qui ionise les molécules de l'air et les rend lumineuses.

sous un angle de 50 degrés avec l'équateur et son orbite se situ sur un plan fixe passant par le centre de la Terre et coupant latitudes 50 degrés nord et 50 degrés sud. Sa durée de rotat étant de 91 minutes il passait de la latitude plus 50 degrés à latitude moins 50 degrés en 45 minutes, mais pendant qu'il ef tuait un tour, la Terre tournait sous lui et par conséquent sa pro

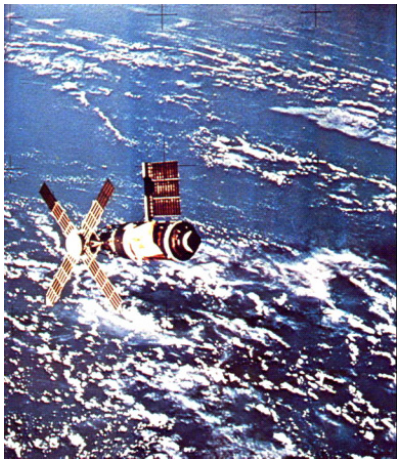
Exploitation de l'article. Relevons les valeurs données de la période nominale T_n de Skylab et celle de l'ordre de grandeur de l'altitude h_d à partir de laquelle il décroche de son orbite. En utilisant la 3ème loi de Képler et les données des constantes : G = 6.67 10^{-11} et M_t = 5.98 10^{24} kg, R_t = 6378 km, calculons l'altitude h_n de l'orbite nominale.

Voici l'extrait d'un carnet d'observations. Durant les quelques jours de juin où le ciel a été favorable, on a relevé les heures de passages au méridien des satellites visibles en début de soirée.



En abscisse l'heure (T.U.) de passage au méridien. En ordonnée, le jour d'observation. On a relevé les périodes apparentes de Skylab les 15 et 20 juin. Chaque point correspond à un passage de satellite proche du méridien local.

L'observateur a-t-il fait une erreur en mesurant la période ? Quelle serait l'altitude au 15 juin ? Skylab va-t-il bientôt chuter ?



(Cliché NASA) La station chuta le 17 juillet 1979 du côté de l'Australie…

Mais on a oublié la rotation de la Terre ! En effet les périodes relevées sur le carnet ont été déterminées dans le référentiel terrestre et non géocentrique. Aussi faut-il donner la relation entre la période apparente dans le référentiel terrestre $T_{sat/terre}$ et celle dans le référentiel géocentrique $T_{sat/étoiles}$, valable pour un satellite à orbite circulaire de courte période : soit en notant i' l'inclinaison apparente pour l'observateur (40° en moyenne) du plan de l'orbite du satellite par rapport au plan de l'équateur, et λ la latitude de l'observateur (48 °), $1/T_{sat/étoiles} \approx 1/T_{sat/terre} + \cos(\lambda)/(T_{terre/étoiles} \cos(i'))$

On rappelle que la période de la Terre par rapport aux étoiles est de 86164 s.

Conclusion : La période nominale géocentrique de T_n = 91 min correspond à l'altitude h_n= 325 km. Le 15 juin la période apparente de 95.5 min correspond à

90.3 min de période géocentrique, soit une altitude de 294 km.

Enfin le 20 juin, celle-ci s'est réduite à 203 km correspondant à 88.5 min de période géocentrique et 93.5 min de période mesurée. Skylab se rapproche de la Terre jour après jour. Il faut bien entendu tenir compte d'une incertitude de 30 s sur les périodes soit près de 20 km d'altitude d'incertitude…

Fin juin, les panneaux solaires se sont détachés et ils étaient visibles depuis le sol, sous la forme de petites « étoiles » accompagnant l'objet principal.

Observation d'une rentrée dans l'atmosphère : l'OVNI de Noël 1980

Observer, en France, la rentrée dans l'atmosphère d'un satellite artificiel est un phénomène assez rare mais possible comme l'attestent les témoignages relatant un phénomène observé le 25/12/1980 dans l'Ouest de la France. Commençons par un extrait du journal « Ouest France » du 26/12/80:

L'O.V.N.I. DE NOËL

Des centaines de témoins dans l'Ouest

« UNE BOULE BLANCHE qui éclate en de nombreux fragments scintillants »... « Deux pointes lumineuses laissent une traînée blanche »... « Sept objets avec une traînée blanche et rouge »... « Une dizaine d'objets »... « Toute une armée de boules »... « Comme un feu d'artifice »...

De tout l'Ouest, depuis jeudi 22 h, les témoignages affluent. Combien furent-ils, les spectateurs de cet extraordinaire phénomène ? Des centaines, des milliers peut-être... De Nantes à Caen, de Gesnes-le-Gandelain (Sarthe) à Riec-sur-Bélon (Finistère), de la Gironde (dont deux pilotes d'Air-France) au sud de l'Angleterre, un même phénomène : dans le ciel de cette nuit du 25 décembre 1980, « ils » ont vu quelque chose qui n'était ni une pluie d'étoiles filantes, ni une formation d'avions, mais autre chose... Quoi ? Là, les descriptions diffèrent, d'un point d'observation à l'autre : à une vitesse folle ? Se déplaçant lentement ? Une seule couleur ? De multiples couleurs ? A très haute altitude ? Bas sur l'horizon ? Vingt-cinq secondes ? Trois minutes ? Impossible de faire un résumé unique de ces descriptions. Alors, quoi ? Un vol d'extra-terrestres, une fusée de retour dans l'atmosphère et qui explose, un météorite qui se désintègre.. ? Pour l'heure, aucune explication sûre, d'autant que les observatoires astronomiques avaient, en ce soir de Noël, mis la clé sous le paillasson... On sait seulement que, quelques heures plus tôt, l'U.R.S.S. avait lancé une sonde spatiale... Mais il y en a eu d'autres... Parmi les multiples témoignages, celui d'un ancien pilote de l'armé de l'Air... Et l'hypothèse avancée par un astronome amateur.

« Le plus beau feu d'artifice de ma vie »

L'objet mystérieux dans le ciel sarthois ?

« Un satellite rentrant dans l'atmosphère » pense le Club d'Astronomie de l'Université du Maine

Toutes les radios ont parlé, hier, d'un phénomène lumineux observé jeudi soir par de nombreux témoins et notamment par des pilotes d'Air-France. D'aucuns n'ont pas hésité à qualifier d'« O.V.N.I. » ces objets dont la réalité est certaine mais dont les origines le sont moins.

Ces observations, de nombreux Sarthois les ont faites également. M. Jean-Pierre Guyard, employé au Crédit agricole de Sablé, domicilié à « Mon Plaisir » à Auvers-le-Hamon, a vu une grosse boule jaunâtre entourée de plusieurs petites qui se déplaçaient à la même vitesse, selon une direction générale sud-nord. Le phénomène a été visible pendant près de deux minutes ; il était 22 heures.

— Ingénieur à l'usine Alsetex, de Précigné, M. Prioux a fait les mêmes observations.

De même dans la région de Mamers.

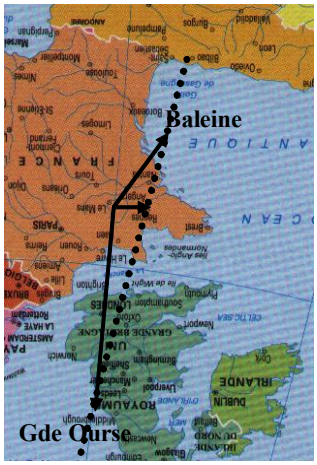
— Au Mans, des policiers de service de nuit ont, eux aussi, observé ces « objets volants non identifiés ».

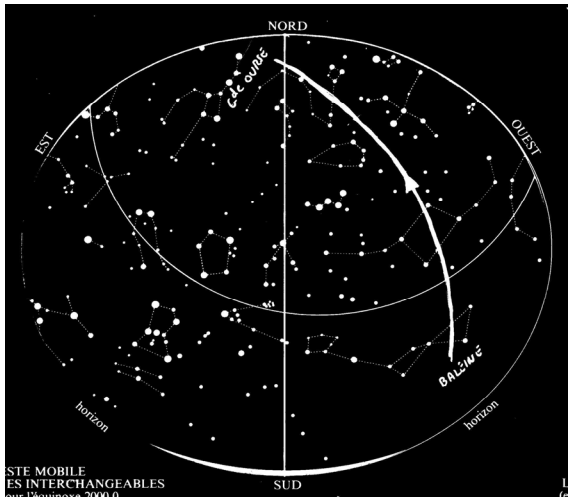
Une observations scientifique

Toutefois l'observation la plus intéressante a été faite au Mans ainsi que l'explique une note du Club d'astronomie de l'Université du Maine.

Le phénomène est en effet ap-

Poursuivons par un croquis plus « scientifique » montrant l'objet dans la constellation de la Baleine, au début de son mouvement dans le ciel sarthois :





Et pour terminer, voici le relevé de la trajectoire de l'objet du 25/12/80 montrant son passage de la baleine (22H 08 H.L.) à la grande ourse (22H 10 H.L). Sa magnitude de –2 à –3 dépassait celle de Sirius.

La trajectoire sud-ouest nord-est semble caractéristique de satellites polaires, type soviétique. Au moment de l'observation, le zénith est placé près de α Persée. L'objet est passé à l'ouest de l'observateur à une hauteur au-dessus de l'horizon proche de 40° : il était plus loin que haut (D>Z). Se désintégrant dans l'atmosphère, son altitude Z valait près de 120 km. Sa distance à l'observateur était donc d'environ 150 km. Sa trajectoire passait à la verticale de Rennes, l'observation ayant lieu au Mans. Au début de son passage dans la Baleine, il était au-dessus du golfe de Gascogne au large de l'embouchure de la Gironde ; à la fin près de la Grande Ourse, il était presque à la verticale de Manchester (GB)…soit 2 min de parcours à près de 28000 km/h ! Cela concorde avec les témoignages rapportés dans le premier article présenté plus haut. ■