

## NOTES D'ENQUETE

SIX-FOURS-LES-PLAGES (83) 25.11.2012

### 1. CONTEXTE

Le 27 novembre, le GEIPAN a reçu un courriel comprenant deux questionnaires GEIPAN relatant une observation au large de l'île des Embiez (commune de Six-Fours-Les-Plages (83) par deux lycéens en terminale littéraire.

Les faits décrits par ces dépositions ont été estimés suffisamment étranges pour que le GEIPAN juge nécessaire une enquête complémentaire. Un enquêteur a été mandaté pour réexaminer de manière plus approfondie les témoignages et collecter des informations supplémentaires.

- **Lieu d'observation du phénomène :**

Adresse précise : Corniche du Fort de la Collégiale (ou Montée du Fort de Six-Fours) (anciennement chapelle St Roch en ruines) à Six-Fours(83). Altitude 160 mètres.



- **Date et durée de l'observation**

Date d'observation : Dimanche 25 Novembre 2012

Heure du début de l'observation : 17h30

Durée de l'observation : Environ 3H.

### 2. DESCRIPTION DU CAS

Il est 16h00 environ en ce dimanche 25 novembre 2012, et les deux témoins décident d'aller voir la vue sur la mer et la côte, depuis ce qu'on appelle « la corniche » du Fort de Six-Fours qui est en quelque sorte le panorama de la ville (cf. photo ci-dessus), comme ils ont coutume de le faire de temps à autre. Arrivés sur les lieux une dizaine de minutes plus tard, ils discutent jusqu'aux alentours de 17h30, heure à laquelle ils aperçoivent un objet scintillant assez haut au-dessus de l'eau entre la presqu'île du Gaou et l'île des Embiez, une sorte de point lumineux.

Ils pensent donc tout naturellement à un avion, mais l'objet en question ne bouge pas ; puis ensuite au bout d'un certain temps que cela pouvait être un hélicoptère, car l'objet semble statique : or, cela fait maintenant près d'une demi-heure qu'il est au même endroit. Etrange !

Vers 18 heures, les deux témoins décident alors de se rendre sur place en scooter pour voir « l'objet » de plus près, mais une fois rendus au niveau de la presqu'île du Gaou, ils ne peuvent absolument rien apercevoir car « la présence des nuages était importante » déclarent-ils.

Pensant que « l'engin » s'était sûrement posé, et dans le doute, les deux témoins veulent vérifier et repartent toujours en scooter à l'assaut de la corniche vers 18h30 et là, surprise, l'objet scintille toujours mais semble avoir légèrement dévié de sa trajectoire vers l'Ouest. Il fait nuit désormais.

Le témoin2 décide une seconde fois de retourner sur place pour s'assurer qu'il ne voyait rien depuis le sol, quant au témoin1, lui, il décide d'aller chercher son appareil photo. Le temps de faire les allers/retours, les deux témoins se retrouvent comme convenus entre eux, à la première boucle de la montée du fort, légèrement en contrebas du lieu initial de l'observation.

Le témoin2 confirme que sur place (Port du Brus), il n'a toujours rien vu, et que la cause pouvait en être les nuages de brume.

Or de la colline, « l'objet » est toujours présent : le témoin1 commence donc à prendre une 40aine de clichés (souvent avec le zoom numérique maximal ce qu'il justifie par l'éloignement de l'objet). L'absence de trépied et la température relativement fraîche font apparaître un réel « bougé » sur de nombreuses photos. Précisons que l'heure et la date de l'appareil photo sont bien réglées (vérification faite par l'enquêteur).

Les témoins appellent ensuite la mère du témoin2 pour « être sûrs que nous n'étions pas fous ». Puis le témoin1 est retourné ensuite sur place (aux environs de 20h-20h30) avec ses parents et son frère, qui ont également trouvé cela étrange. Cela porte donc à 6 personnes le nombre total minimum d'observateurs.

### 3. DEROULEMENT DE L'ENQUETE

- **Situation météo :**

| 24 novembre 2012 |             | Relevés du 25 novembre 2012 |          |              |                        | 26 novembre 2012 |   | Aujourd'hui |
|------------------|-------------|-----------------------------|----------|--------------|------------------------|------------------|---|-------------|
| Heure            | Température | Pluie                       | Humidité | Pt. de rosée | Vent moyen (raf.)      | Pression         |   |             |
| 00h              | 16.8 °C     |                             | 92%      | 15.5 °C      | 24 km/h<br>(31.5 km/h) | 1018.2hPa        | ↘ |             |
| 23h              | 16.6 °C     |                             | 92%      | 15.3 °C      | 24 km/h<br>(29.6 km/h) | 1018.4hPa        | ↘ |             |
| 22h              | 16.7 °C     |                             | 92%      | 15.4 °C      | 22 km/h<br>(29.6 km/h) | 1018.7hPa        | ↘ |             |
| 21h              | 16.5 °C     |                             | 93%      | 15.4 °C      | 15 km/h<br>(18.5 km/h) | 1018.8hPa        | ↘ |             |
| 20h              | 16.6 °C     |                             | 93%      | 15.5 °C      | 15 km/h<br>(22.2 km/h) | 1019.1hPa        | ↗ |             |
| 19h              | 16.5 °C     |                             | 92%      | 15.2 °C      | 13 km/h<br>(18.5 km/h) | 1019.1hPa        | = |             |
| 18h              | 16.1 °C     |                             | 92%      | 14.8 °C      | 7 km/h<br>(11.1 km/h)  | 1019.0hPa        | ↘ |             |
| 17h              | 16.5 °C     |                             | 90%      | 14.9 °C      | 4 km/h<br>(11.1 km/h)  | 1019.0hPa        | ↘ |             |

Ces données confirment bien la présence de brume mentionnée ce soir-là au niveau de la mer. De ce fait même, la ligne d'horizon n'apparaît pas clairement. Ceci a été reconfirmé par les témoins lors de l'entretien.

- **Trafic aérien**

Aucune ligne aérienne dans le secteur. Zone militaire.

- **Reconstitution**

Lors de l'entretien avec l'enquêteur, les témoins ont confirmé le récit précédent.

- **Description de l'objet :**

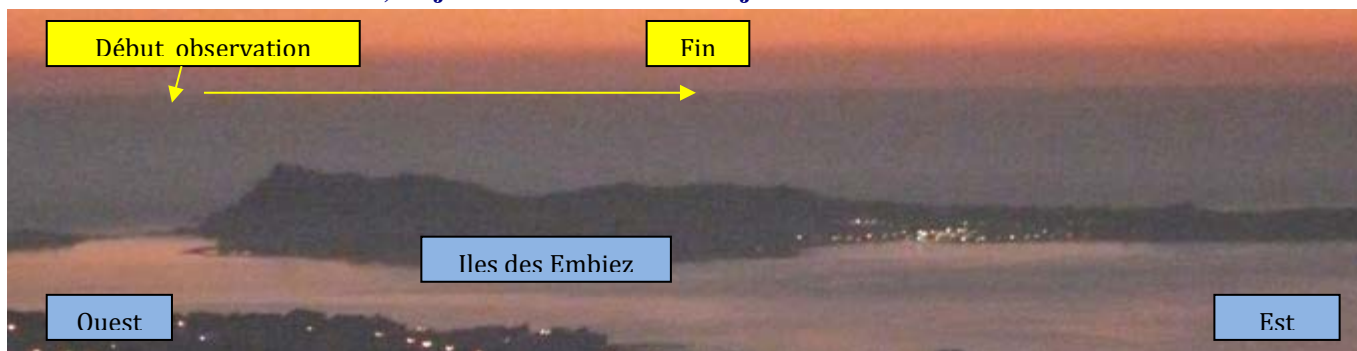
**Taille, proportions et distance.**

N'ayant aucun repère visuel fiable tant au niveau du lieu de l'observation (vue panoramique) qu'au niveau de la mer, aucune taille et proportion n'a pu être fournie par les témoins.

La distance était d'au moins 5 kms (distance entre le lieu d'observation et le lieu présumé de localisation de l'objet, qui selon les déclarations des témoins serait initialement entre l'Ile du Gaou et l'Ile des Embiez).



- **Durée de l'observation, trajectoire et vitesse de l'objet.**





**4. HYPOTHESES ENVISAGEES**

- **Méthode d'investigation**

Le témoin1 a transmis à l'enquêteur l'intégralité des photographies qu'il avait réalisées ce soir-là, depuis la route du Fort de Six fours. Plusieurs d'entre elles font apparaître également une partie des lumières de la ville.

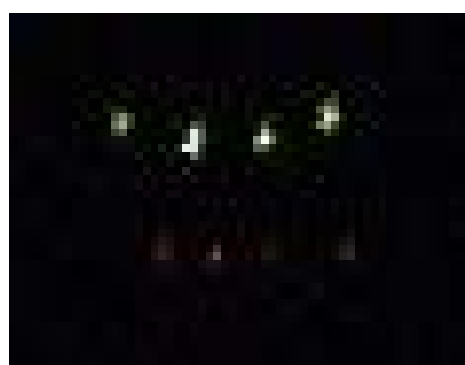
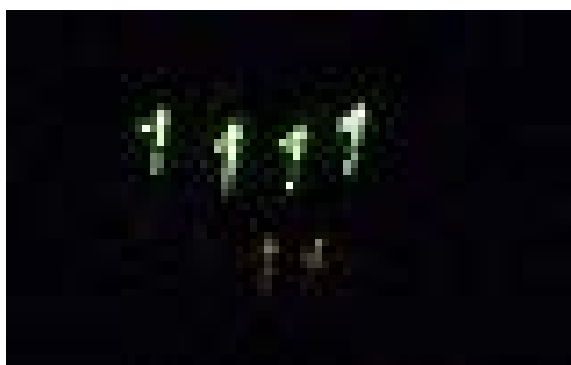
Dans un premier temps, il s'est agi de comparer ces diverses lumières et de constater que celles du PAN reproduisaient strictement et systématiquement les flous de bouger des lumières de la ville. Cela confirme (*voir plus loin hypothèse d'un laser*) qu'il s'agissait des photographies d'une source lumineuse et non de reflets.

Quelques exemples :

| Nom du fichier | Zoom sur le PAN   | Zoom sur les lumières de la ville  |
|----------------|---|--|
| P1000735       |  |  |

|          |   |  |
|----------|---|--|
| P1000767 |   |  |
| P1000772 |  |  |

Ces zooms sur l'ensemble des vues du PAN montrent, abstraction faite de ces flous de bouger, qu'il y a systématiquement 4 « points » lumineux verts et, au-dessous, d'éventuels « traces » supplémentaires, comme on peut le voir ci-dessus et, de façon un peu plus nette, sur les vues suivantes :



Dans un second temps, il s'est agi de positionner le PAN à l'aide des quelques lumières de la ville visibles sur certaines photos. A cette fin, en se rendant sur les lieux de l'observation, 2 photographies du même paysage ont été réalisées. L'une à la tombée de la nuit, alors que les premières lumières de la ville s'allumaient mais que le paysage restait visible, la seconde un peu plus tard alors que la majorité de ces lumières étaient allumées. Puis par superposition des 2 images, une « image de référence » a ainsi été constituée dont l'un des avantages était de présenter un zoom moins important que celles du témoin.





A cette occasion, on peut constater une déformation des images (voir en particulier dans la partie basse) difficilement compensable sauf à enlever toute rigueur à la méthode. On peut supposer qu'il s'agit d'un effet cumulé de la sphérisation et du vignettage dus aux objectifs et « d'erreurs de traitement » des inévitables filtres numériques. Des logiciels plus sophistiqués, mieux maîtrisés ou plus adaptés permettraient peut être d'obtenir de meilleurs résultats. A défaut, nous avons donc choisi de n'appliquer que des transformations minimales : mise à l'échelle approximative et légère rotation, en nous basant sur les lumières des 2 avenues principales (traits verts ci-dessus) et de l'archipel.

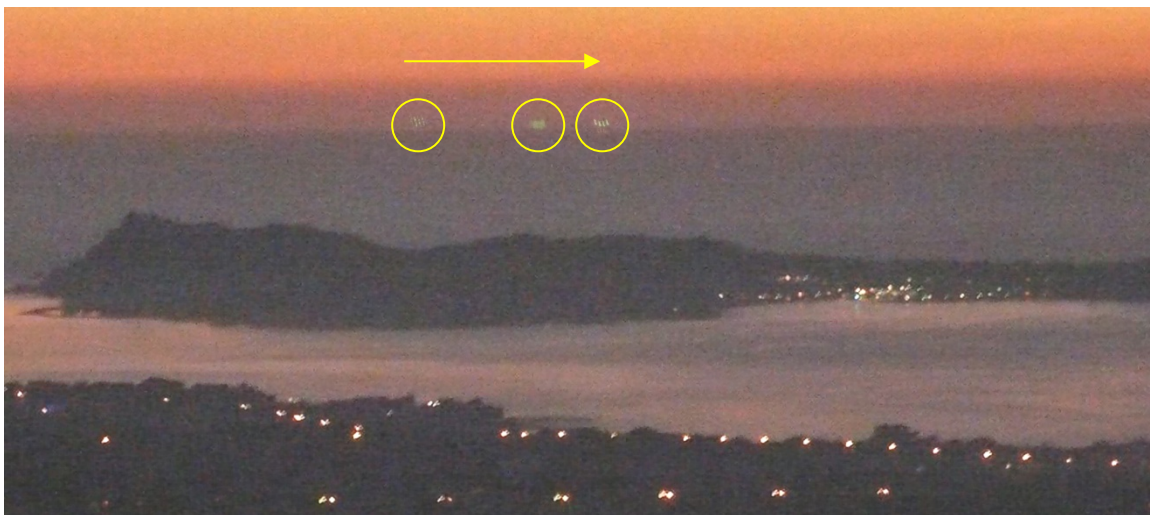
Cette méthode a été utilisée pour positionner 3 photos du témoin1 faites respectivement à 18h54, 19h09 et 19h18 et choisies aussi comme étant les plus nettes :





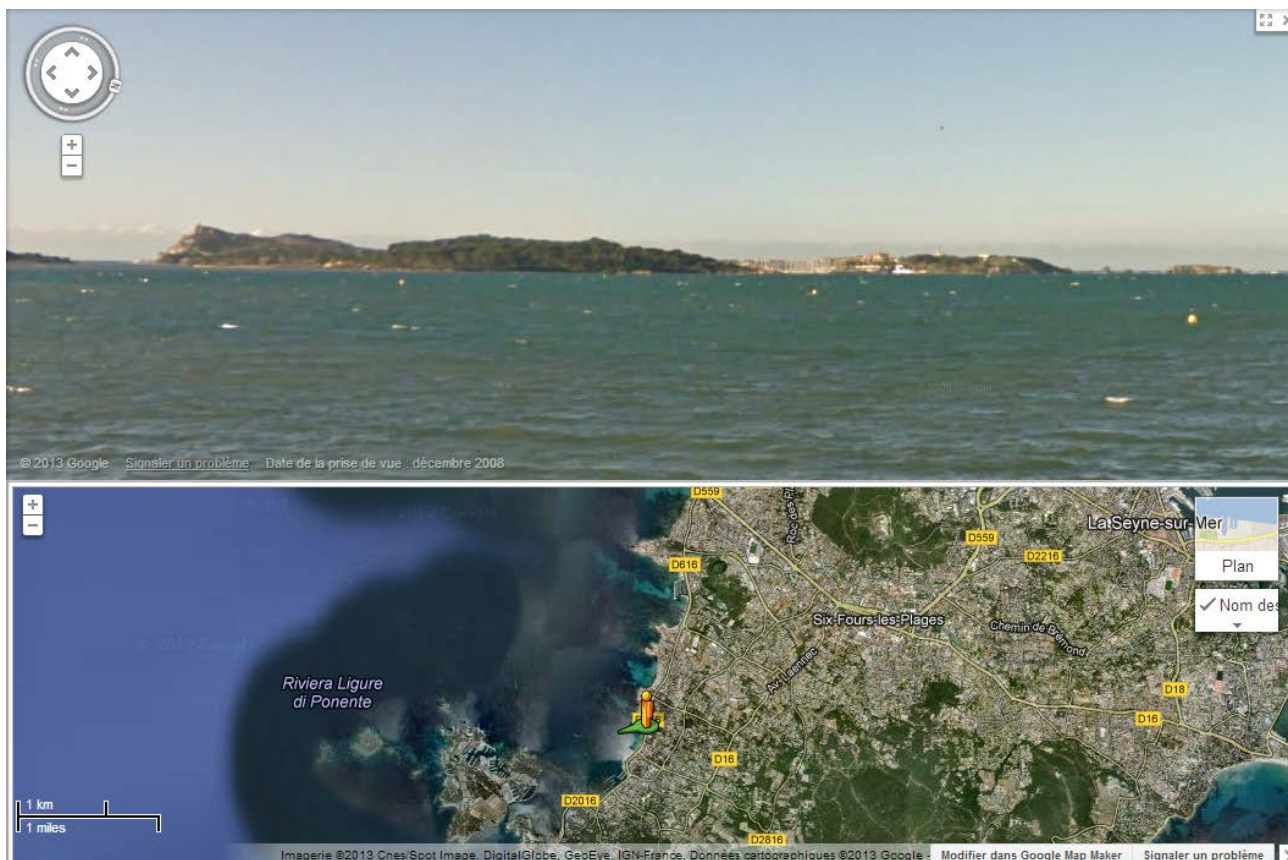


Par superposition des 3 photos précédentes, on obtient donc l'image suivante .



On observe donc une trajectoire du PAN cohérente avec la narration faite par les témoins. Notons au passage que cette image retravaillée leur a été transmise et ils confirment bien avoir observé cette évolution.

Le PAN semble être « sur l'horizon » ou à proximité, ce qui explique que les témoins apercevaient le PAN au niveau du Fort de la Collégiale sur la colline, mais plus du tout une fois redescendus au niveau de la mer : (soit le PAN se situait effectivement loin sur l'horizon et la distance à celui-ci diminuait trop pour qu'il soit encore visible, soit il se situait à une position plus proche mais était alors masqué par l'Ile des Embiez (voir photo ci-après)).



## PREMIERES HYPOTHESES :

Non retenues mais ayant permis d'apporter diverses informations et/ou d'affiner l'analyse.

- **HELICOPTERE**

En première lecture du témoignage, on peut songer à des manœuvres militaires ou à des exercices de récupération en mer faits par un hélicoptère ou plusieurs hélicoptères se relayant et qui auraient « porté » une rampe de projecteurs ayant pu se refléter sur le cockpit.

L'hypothèse a rapidement été écartée :

- faute d'avoir trouvé de « traces » de tels exercices dans les actualités toulonnaises de cette date
- parce que cela n'aurait pas expliqué que les autres feux de signalisation ne soient pas visibles
- suite à une discussion avec le Responsable « Propriété Intellectuelle » d'Eurocopter qui a indiqué que les phares de recherche étaient en principe uniques et blancs, comme sur la vue ci-contre.





- **LASERS OU AUTRES SOURCES DE LUMIERE**

L'hypothèse n'est plus recevable une fois que l'on dispose d'informations et photographies supplémentaires des témoins. Mais sur la base des premières photos reçues, qui ne montraient que les lumières du PAN, l'hypothèse des lasers ou autres feux de Bengale avait été envisagée (tels que ceux présents sur la photo ci-dessous) qui auraient été projetés sur le brouillard présent ce soir là.



L'auteur de cette photographie a toutefois écarté cette hypothèse. Il a précisé que les traces mauves de cette photographie sont dues à des projecteurs en présence de brume, et non à des lasers. Habitué à photographier ce type d'éclairage, il constate par ailleurs que les « trajectoires » de lasers projetés sur des « écrans » de quelque type que ce soit, restent généralement visibles sur les photographies faites avec des temps de pause importants, même à distance.

Par ailleurs, il a rappelé que hors circonstances particulières, les reflets d'une lumière sur une surface quelconque sont généralement d'une même dominante que la lumière reflétée, ce qui est le cas sur les photos du témoin dans ce que nous supposons être des vues de bateaux amarrés aux Embiez, mais n'est pas le cas sur les vues du PAN.

Cette analyse permet toutefois de considérer que les photographies reçues devaient être celle de la source lumineuse elle-même et non d'un reflet sur un objet indéterminé.

- **HYPOTHESE PRINCIPALE : NAVIRE EN MER**

L'hypothèse fut envisagée au vu de ce qui semblait être des reflets (sur l'eau ?) dans la partie inférieure du PAN.

### **FEUX DE SIGNALISATION DES NAVIRES**

Ils sont définis dans la législation : La distance à laquelle ils doivent être visibles dépend de la taille des navires. Pour des navires de plus de 50m de long (ce qui serait à priori le cas ici), cette distance est de 3 à 5 milles suivant les feux (soit environ 5,5 et 9km).

On constate (Annexe 1) qu'aucune signalisation normalisée de navires faisant route, avec ou sans difficulté, ne correspond au cas présent de 4 feux verts alignés. Par contre, ces feux peuvent être trouvés sur certains navires, comme ci-dessous pour exemple, une photo du Sichem Palace, tanker singapourien de 112 sur 19 m qui se trouvait au large de Toulon dans la journée du 21 janvier 2013 (photo faite en sept 2012 à Gdansk).

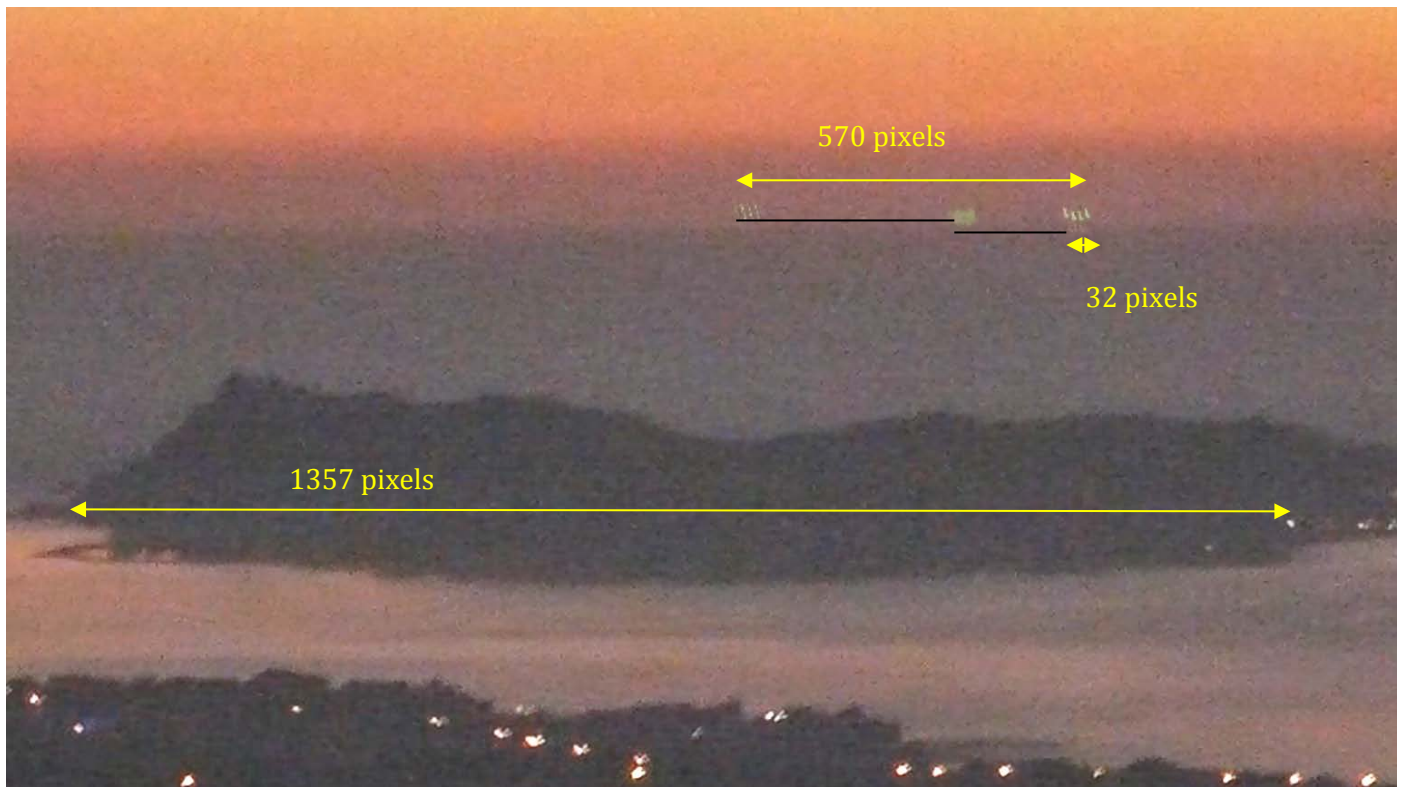




### **DISTANCE, TAILLE ET VITESSE**

D'après les montages photographiques réalisés, le PAN pourrait se situer « à proximité » de l'horizon, encore que cette notion soit très imprécise ne serait-ce que pour des raisons géométriques de tangente à un cercle de grandes dimensions. Toujours est-il que du point d'observation d'où ont été faites les photographies (altitude de 160m) l'horizon se situe à une distance de 45km en première approche et hors prise en compte des conditions atmosphériques et de la parallaxe (voir Annexe 2 pour mémoire). Distance qui serait très supérieure à la limite de visibilité des feux de signalisation d'un navire, mais peut-être pas de celle de spots de travail (ou assimilés) comme sur la photo précédente. Si navire il y a, on peut donc toutefois supposer qu'il se situait à une distance plus faible.

Afin de vérifier que l'observation n'était pas incompatible avec cette hypothèse et d'estimer la distance possible du navire, si il s'agit bien de cela, il convient de repartir des montages photographiques réalisés afin de calculer sa distance et sa vitesse en fonction de sa possible distance. Une fois de plus, l'accumulation d'imprécisions mène à ne tenir compte que d'ordres de grandeur, d'où les forts « arrondis ».



Les photographies utilisées ayant été faites à respectivement 18 h54, 19 h09 et 19h18, soit des délais respectifs de 15 et 9 minutes entre les vues pour une durée totale de 24 minutes, il semble donc que la vitesse apparente du PAN soit restée constante car la proportion 15-9 se retrouve approximativement sur les distances apparentes parcourues.

D'après Géoportail, la distance réelle correspondant aux points repérés sur l'île est de 650m à 5020m de distance du lieu d'où la photographie a été faite. Ce qui correspond (application du théorème de Thalès) aux dimensions et vitesses approximatives suivantes en fonction de la distance du PAN et en supposant une trajectoire « horizontale », « linéaire » et approximativement « perpendiculaire » à la direction de l'observation (ce qui n'est a priori pas le cas ici si les feux observés sont bien ceux du « château » d'un navire) :

| Distance au lieu d'observation (en km) | Taille (en mètres) | Distance parcourue (en mètres) | Vitesse (en km/h) | Vitesse (en Nœuds) |
|--|--------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------|
| 5                                      | 18                 | 273                            | 0.7               | 0.37               |
| 10                                     | 35                 | 546                            | 1.4               | 0.74               |
| 20                                     | 70                 | 1100                           | 2.7               | 1.47               |
| 30                                     | 106                | 1640                           | 4.1               | 2.20               |
| 45                                     | 160                | 2460                           | 6.1               | 3.30               |

**Remarque** : les distances de 5 et 45 km correspondent respectivement à l'île (PAN volant au dessus bien que l'on ait précédemment posé l'hypothèse qu'il était plutôt bas et caché par l'archipel depuis la côte) et à l'horizon.

Pour mémoire, un nœud marin correspond à une vitesse de 1,852 km/h, soit 1 mille/h. Les navires de commerce font de l'ordre de 100 à 200m de long (400m pour les « recordmans ») pour 10 à 40m de large et naviguent à des vitesses de l'ordre de 10 à 20 nœuds lorsque les conditions sont bonnes, cette vitesse se ramenant à quelques nœuds uniquement pour des voiliers ou navires de pêche au travail.

En première approche, on constate que ni les dimensions « réelles » (et non apparentes) de l'objet, ni sa vitesse, ne seraient incohérentes avec l'hypothèse d'un bateau vu latéralement (hypothèse d'une trajectoire perpendiculaire à la direction de l'observation) ou de  $\frac{3}{4}$  face comme sur la photo du Sichem Palace vue précédemment. A noter que la distance parcourue et la vitesse « réelles » seraient alors majorées d'un coefficient voisin de 1,5 qui reste parfaitement compatible avec un navire se déplaçant à faible vitesse. On peut même supposer que, outre la météo (brouillard) un quelconque problème survenant sur le pont aurait alors justifié d'une part la vitesse plus lente que ce dont sont capables ces navires, d'autre part un éclairage inhabituel.





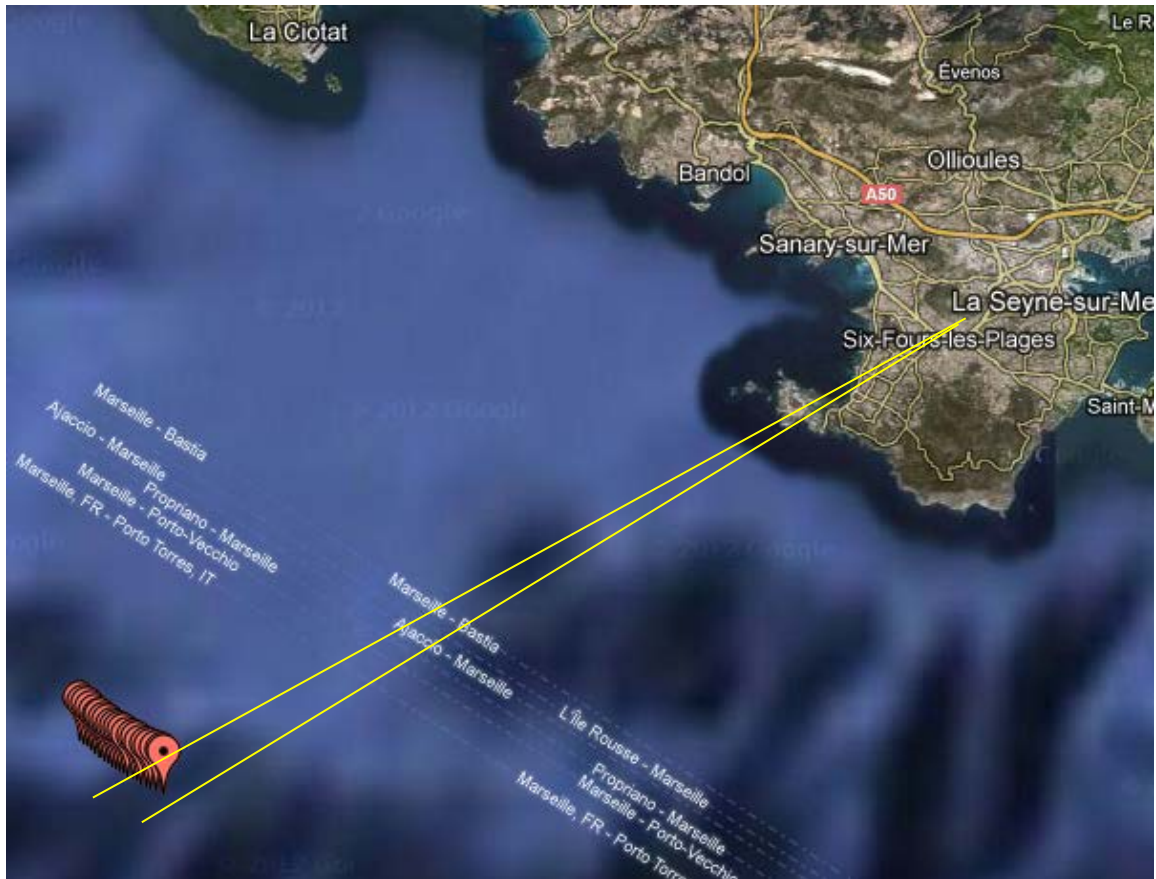


La demande d'un historique fut donc faite avec succès auprès du service « Marine Traffic ». Celui-ci a indiqué que le porte container « MOL MARVEL » (302 sur 42m) peut tout à fait correspondre à l'observation sachant que l'heure d'hiver correspond à UTC + 1h :



(Photo faite à proximité de Hong Kong, fin décembre 2012).

La réponse du service « Marine Traffic » reçue par mail fournit aussi les éléments de trajectoire suivants :



Detailed positions, as plotted above (speed is knots x10 ; time is UTC) :

| LAT<br>Latitude | LON<br>Longitude | SPEED<br>Vitesse | COURSE<br>Route | HEADING<br>Cap | TIMESTAMP<br>Date/Heure |
|-----------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-------------------------|
| 42.98753        | 5.526865         | 11               | 314             | 238            | 11/25/2012 7:17:00 PM   |
| 42.98667        | 5.528098         | 11               | 313             | 237            | 11/25/2012 7:13:00 PM   |
| 42.98583        | 5.529352         | 11               | 311             | 238            | 11/25/2012 7:09:00 PM   |
| 42.98497        | 5.530694         | 11               | 310             | 239            | 11/25/2012 7:05:00 PM   |
| 42.98407        | 5.5321           | 11               | 308             | 240            | 11/25/2012 7:01:00 PM   |
| 42.98326        | 5.533528         | 11               | 306             | 241            | 11/25/2012 6:57:00 PM   |
| 42.98287        | 5.534265         | 10               | 305             | 242            | 11/25/2012 6:54:00 PM   |
| 42.98215        | 5.535604         | 10               | 303             | 241            | 11/25/2012 6:50:00 PM   |
| 42.98145        | 5.537045         | 10               | 302             | 241            | 11/25/2012 6:46:00 PM   |
| 42.98076        | 5.538418         | 11               | 302             | 240            | 11/25/2012 6:42:00 PM   |
| 42.98016        | 5.539697         | 11               | 302             | 240            | 11/25/2012 6:38:00 PM   |
| 42.97947        | 5.541218         | 10               | 300             | 240            | 11/25/2012 6:34:00 PM   |
| 42.97881        | 5.542703         | 11               | 300             | 238            | 11/25/2012 6:29:00 PM   |
| 42.97818        | 5.544205         | 11               | 299             | 236            | 11/25/2012 6:25:00 PM   |
| 42.97751        | 5.545767         | 11               | 298             | 234            | 11/25/2012 6:21:00 PM   |
| 42.97689        | 5.547397         | 11               | 297             | 233            | 11/25/2012 6:16:00 PM   |
| 42.97625        | 5.549088         | 11               | 296             | 232            | 11/25/2012 6:12:00 PM   |
| 42.97565        | 5.550756         | 11               | 294             | 231            | 11/25/2012 6:08:00 PM   |
| 42.9751         | 5.552303         | 12               | 294             | 232            | 11/25/2012 6:04:00 PM   |
| 42.9745         | 5.554178         | 12               | 292             | 233            | 11/25/2012 5:59:00 PM   |
| 42.97397        | 5.556067         | 12               | 291             | 234            | 11/25/2012 5:55:00 PM   |
| 42.97361        | 5.557152         | 12               | 290             | 235            | 11/25/2012 5:52:00 PM   |

## VESSEL'S DETAILS

---

**Ship Type:** Container ship

**Year Built:** 2010

**Length x Breadth:** 302 m X 42 m

**Gross Tonnage:** 78316, **DeadWeight:** 79460 t

**Speed recorded (Max / Average):** 13.7 / 12.7 knots soit 2.35 kms/h

**Flag:** Marshall Is [MH]

**Call Sign:** V7UP3

**IMO:** 9475612, **MMSI:** 538003993

<http://www.marinetraffic.com/ais/shipdetails.aspx?mmsi=538003993>

Mesure faite sur Géoportail, le **Mol Marvel se trouvait à 25.3 km du point d'observation**, distance relativement importante qui explique que les feux de position n'aient pas été perçus, contrairement à ce que l'on supposera être des spots de travail allumés pour une raison quelconque et d'une puissance inconnue... Ce point, ainsi que sa vitesse très lente par rapport à ses possibilités, resterait à « élucider »...

Comme on peut le **voir sur la carte de la page précédente, sa trajectoire présente de très bons alignements avec l'observation réalisée.**

Au passage, on remarquera que les dimensions et vitesses approximatives calculées précédemment sont dans un ordre de grandeur suffisamment « correct » pour « valider » la méthode relativement empirique mais également suffisamment imprécise pour confirmer l'inutilité de multiplier les chiffres significatifs dans les calculs...

## 5. CONCLUSION

Dans cette enquête la conclusion paraît évidente et l'on peut sans problème affirmer **que le PAN est clairement identifié puisque s'agissant du Mol Marvel un porte container faisant route au sud de Toulon.**

En résumé on peut dire que celui-ci a bien été aperçu par les témoins

- à la date et l'heure correspondant à son passage
- dans la direction indiquée
- sa taille, sa vitesse, sa distance par rapport à la côte, sont tout à fait compatibles avec les témoignages et ainsi que par rapport aux photos réalisées.

➔ **Classement en A (phénomène parfaitement identifié).**

## 6. REMERCIEMENTS

Enfin, il n'est pas inutile de préciser que cette demande de renseignements « a amusé » un employé de « Marine Traffic », que l'on se doit de remercier puisque, d'une part les précédents messages auprès du site étaient restés sans réponse et que d'autre part ces renseignements ont été fournis gracieusement.



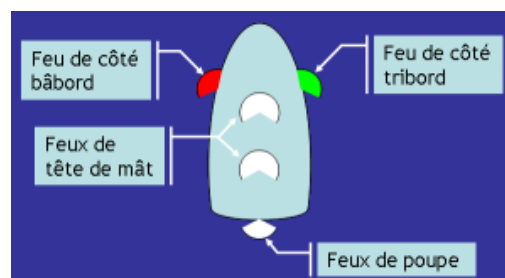
## 7. ANNEXES

### Annexe1 : Les feux des Navires

Les feux des navires à propulsion mécanique possèdent des feux de côté, des feux de tête de mât et un feu de poupe.

Les feux de côté sont rouges sur bâbord, vert sur tribord

Les feux de tête de mât sont blancs, de même que le feu de poupe. En fonction de leur situation ou du type d'opération qu'ils effectuent, les navires peuvent présenter en plus un certain nombre de feux, soit en plus, soit en remplacement de feux présenté ici. Ces feux peuvent être de différentes couleurs, rouges, vertes ou blanches.



### SECTEURS ET PORTEES DES FEUX

|                                | Secteur de visibilité | navire de plus de 50m | navire de plus de 12m | navire de moins de 12m |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| feu de tête de mât             | 225°                  | 6 milles              | 5 milles              | 2 milles               |
| feu de côté                    | 112°5                 | 3 milles              | 2 milles              | 1 mille                |
| feu de poupe                   | 135°                  | 3 milles              | 2 milles              | 2 milles               |
| feu de remorquage              | 135°                  | 3 milles              | 2 milles              | 2 milles               |
| feu visible sur tout l'horizon | 360°                  | 3 milles              | 2 milles              | 2 milles               |

### LES FEUX ET MARQUES DES NAVIRES

Les feux de nuit et les marques de jour montrés par les navires permettent de déterminer :

- s'ils naviguent au moteur ou à la voile.
- s'ils sont en pêche.
- s'ils sont handicapés par leur tirant d'eau.
- s'ils ont une capacité de manœuvre restreinte.
- s'ils sont maîtres de leur manœuvre.
- s'ils sont au mouillage.

Les règles concernant les feux doivent être observées du coucher jusqu'au lever du soleil. Les feux doivent également être montrés en cas de visibilité réduite et chaque fois que les circonstances le rendent nécessaire. Les règles relatives aux marques de jour doivent être observées le reste du temps.

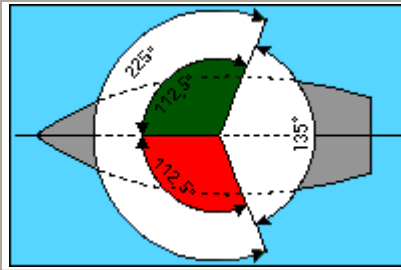
### LES FEUX DE BASE

Les feux de base sont montrés par tous les navires qui font route :

- Le feu de tête de mât n'est allumé que lorsque le navire est en marche au moteur.
- Les feux de route et le feu de poupe doivent être allumés lorsque le navire a de l'erre, ou qu'il se déplace par ses propres moyens.

**Les feux de route** (un feu vert à tribord et un feu rouge à bâbord) sont visibles depuis l'avant jusqu'à 112,5°

**Le feu de tête de mât** (blanc) est placé dans l'axe du navire, et visible sur 225° (112,5° de chaque bord à partir de l'avant)  
Ce feu doit toujours être placé au dessus des feux de route et du feu de poupe












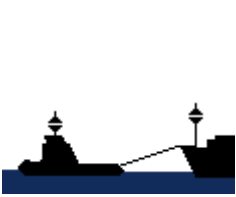


**Le feu de poupe** (blanc) est placé à l'arrière du navire et visible sur 135°  
Ce feu est toujours allumé ou éteint en même temps que les feux de route

### LES FEUX OU MARQUES ADDITIONNELS

Les feux ou marques additionnels doivent être montrés par certains navires pour indiquer qu'ils sont en travail ou dans une situation particulière. Les feux additionnels sont visibles sur tout l'horizon.

|  |  | Nuit  |  | Jour  |
|--|--|---|--|---|
| Navire au mouillage  |  | A l'endroit le plus visible, un feu blanc visible sur tout l'horizon<br>Le moteur est arrêté et le navire n'a pas d'erre : le feu de tête de mât et les feux de route et de poupe sont éteints  |  | A l'endroit le plus visible, une boule noire  |
| Navire non maître de sa manoeuvre (panne moteur...)                                  |  | A l'endroit le plus visible, deux feux rouges superposés visibles sur tout l'horizon<br>Le moteur ne fonctionne pas : le feu de tête de mât est éteint<br>Si le navire a de l'erre : les feux de route et de poupe sont allumés   |  | A l'endroit le plus visible, deux boules noires superposées   |
| Navire échoué  |  | A l'endroit le plus visible, un feu blanc visible sur tout l'horizon (comme un feu de mouillage) et deux feux rouges superposés visibles sur tout l'horizon<br>Le moteur est arrêté et le navire n'a pas d'erre : le feu de tête de mât et les feux de route et de poupe sont éteints |  | A l'endroit le plus visible, trois boules noires superposées  |
| Navire handicapé par son tirant d'eau  |  | A l'endroit le plus visible, trois feux rouges superposés visibles sur tout l'horizon<br>Le navire marche au moteur et a de l'erre : le feu de tête de mât et les feux de route et de poupe sont allumés  |  | A l'endroit le plus visible, un cylindre noir   |
| Navire à capacité de manoeuvre restreinte<br><br>Ex : drague vue de face (à l'arrêt) |  | A l'endroit le plus visible, trois feux superposés (rouge, blanc, rouge) visibles sur tout l'horizon<br>Le navire marche au moteur et a de l'erre : le feu de tête de mât et les feux de route et de poupe sont allumés   |  | A l'endroit le plus visible, une boule noire, un bicône noir et une boule noire superposées<br><br>En plus des marques décrites ci-dessus, deux |

|  |   |  |  |   |
|--|---|--|--|---|
|  |    | En plus des feux décrits ci-dessus, deux feux rouges visibles sur tout l'horizon pour indiquer le côté obstrué et deux feux verts visibles sur tout l'horizon pour indiquer le côté où l'on peut passer  |    | boules pour indiquer le côté obstrué et deux bicônes pour indiquer le côté où l'on peut passer  |
| Navire en pêche                        |    | <u>Navire en train de chaluter :</u><br>Un feu vert et un feu blanc superposés visibles sur tout l'horizon, et un feu blanc de tête de mât visible sur tout l'horizon, situé en arrière du feu vert et à une hauteur supérieure<br>Le navire marche au moteur et a de l'erre : le feu de tête de mât et les feux de route et de poupe sont allumés |    | Un bicône noir  |
|  |    | <u>Navire pratiquant une autre forme de pêche :</u><br>Un feu rouge et un feu blanc superposés visibles sur tout l'horizon<br>Le moteur est arrêté : le feu de tête de mât est éteint<br>Si le navire a de l'erre : les feux de route et de poupe sont allumés   |  |   |
| Voilier (sans moteur)                  |  | Le navire a de l'erre : les feux de route et de poupe sont allumés. Le voilier n'utilise pas de moteur : le feu de tête de mât est éteint  |  | Aucun signe distinctif  |
| Voilier (avec moteur)                  |  | Le navire marche au moteur et a de l'erre : le feu de tête de mât, et les feux de route et de poupe sont allumés   |  | Un cône pointé en bas   |
| Remorqueur (remorque de moins de 200m) |  | Un feu blanc additionnel de tête de mât<br>Le remorqueur marche au moteur et a de l'erre : le feu de tête de mât et les feux de route et de poupe sont allumés<br>Le navire remorqué a de l'erre : ses feux de route et de poupe sont allumés  |  | Pas de marque particulière  |
| Remorqueur (remorque de plus de 200m)  |  | Deux feux blancs additionnels de tête de mât<br>Le remorqueur marche au moteur et a de l'erre : le feu de tête de mât et les feux de route et de poupe sont allumés<br>Le navire remorqué a de l'erre :  |  | Le remorqueur et la remorque montrent, à l'endroit le plus visible, un bicône noir<br>Le remorqueur peut également indiquer qu'il a une capacité de |

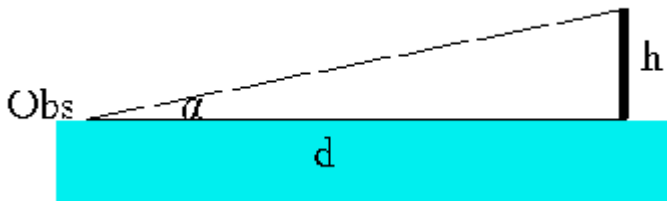


Les navires de plus de 50m ont un second feu de tête de mât blanc, visible sur 225°, et situé à l'arrière du premier et plus haut que ce dernier. Les navires de moins de 7m dont la vitesse ne dépasse pas 7 nœuds ont un seul feu blanc (360°).

### Distance de l'horizon

Informations issues du site <http://samsblues.free.fr/Navigation/navigation.html>

#### 3.3.2 DISTANCES

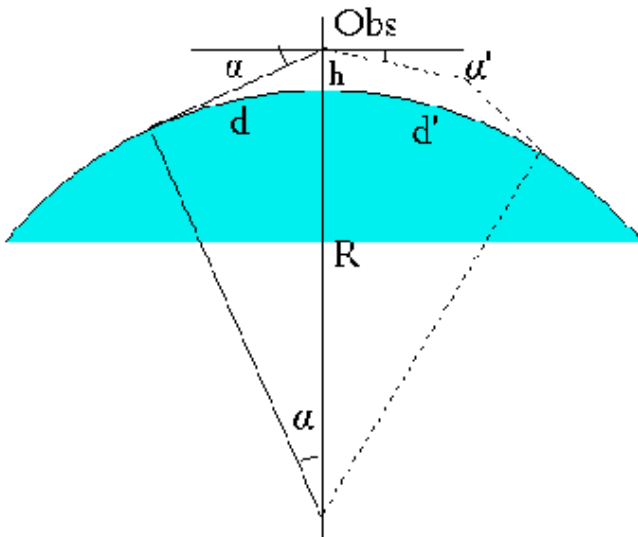


a) En deçà de l'horizon par mesure au sextant de la hauteur d'un amer :

$$\text{tg } \alpha = h / d \quad \text{d'où } d = 1,86 h / \alpha$$

avec d milles, h mètres corrigée de la marée,  $\alpha$  minutes d'angle (table XIV de Friocourt).

b) Au-delà de l'horizon : la distance de l'horizon visuel dépend de la hauteur de l'observateur. En théorie (partie gauche) :



$$(\text{tg } \alpha)^2 = ((R + h)^2 - R^2) / R^2$$

soit  $\alpha = (2 h / R)^{1/2}$  et  $d_{\text{arc}} = (2 h R)^{1/2}$

en négligeant les termes de second ordre et assimilant  $\alpha$  à sa tangente. Si h mètres,  $\alpha$  minutes et d milles :  $\alpha$  et d = 1,93  $h^{1/2}$ .

En réalité (partie droite) la réfraction de la lumière par l'air relève l'horizon, diminuant  $\alpha$  et augmentant d. On considère un rayon terrestre fictif fonction du rayon de courbure s du trajet lumineux :

$$R' = R / (1 - R / s) = R / (1 - 2 \gamma) = 1,18 R$$

pour  $\gamma_{\text{moyen}} = 0,08$  (varie de 0,04 à 0,16), et (table XII de

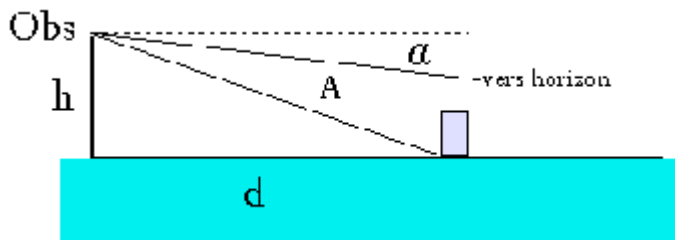
Friocourt) :

$$\alpha' = (1 - \gamma) \alpha = 1,77 h^{1/2} \quad \text{dépression apparente et } d' = 2,08 h^{1/2} \quad \text{distance visuelle de l'horizon}$$



Pour un élément de hauteur H émergeant sur l'horizon :

$$d = 2,08 (h^{1/2} + H^{1/2})$$



c) En deçà de l'horizon (bis) : la distance d'un sujet est calculée à partir de l'angle A mesuré entre l'horizon et sa flottaison, suivant :

$$d_{\text{(mètres)}} = h / \text{tg}(A + \alpha')$$

( $\alpha'$  = dépression apparente de l'horizon) avec une bonne approximation pour  $A \geq 5$  minutes.

Ou bien la formule exacte (sa démonstration est un problème simple de géométrie) :

$$d = 1,18 (\arcsin(\cos(A + \alpha') / \cos \alpha') + A + \alpha' - \pi / 2) 10800 / \pi$$

le résultat est converti de radians en minutes d'angle de longueur 1,18 mille puisqu'on considère le rayon terrestre fictif (table XVI de Friocourt, mais la formule utilisée est différente).

Inversement,  $A + \alpha'$  est la dépression apparente du pied d'une côte en deçà de l'horizon, à la distance d (table XIII de Friocourt).

Les mesures d'angles au sextant sont précises mais malheureusement la réfraction mal connue amène une incertitude sur les distances calculées.

### 5.7.2 REFRACTION ATMOSPHERIQUE

La déviation des trajets lumineux par l'atmosphère a deux effets. Elle relève l'horizon visuel (voir § 3.3.2) :

$$\alpha' = (1 - \gamma) 1,93 h^{1/2} \text{ soit } 1,77 h^{1/2} \text{ minutes d'arc, pour } \gamma_{\text{moyen}} = 0,08$$

$\gamma$ , inversement proportionnel au rayon de courbure du trajet lumineux, dépend des pression atmosphérique et température selon :  $P / (273 + \theta)^2$ . Les corrections de P et  $\theta$  sont omises si on évite la Sibérie et le Sahara, pour des hauteurs de l'observateur jusqu'à 10 m.

Et les astres sont vus plus haut qu'en réalité. La formule de Laplace donne la correction pour des distances zénithales z inférieures à 75° (ou des hauteurs supérieures à 15°), au-delà son résultat est excessif :

$$r = \alpha (1 - \beta) \text{tg} z - \alpha (\beta - \alpha / 2) \text{tg}^3 z \quad (\alpha \text{ et } \beta \text{ dépendant des température et pression atmosphérique})$$

Le premier membre étant prépondérant (le modèle simplifié dit de la "Terre plate" conduit à cette expression) :

$$r_{(z)} = 0,97 \text{tg} z \text{ soit } r_{(\text{har})} = -0,97 / \text{tg} \text{ har} \text{ minutes d'arc, à } 10^\circ\text{C et } 1013 \text{ mbar.}$$

Pour des hauteurs jusqu'à 20° une formule alternative :

$$r_{(\text{har})} = - (34,133 + 4,197 \text{ har} + 0,00428 \text{ har}^2) / (1 + 0,505 \text{ har} + 0,0845 \text{ har}^2) \quad (\text{har en degrés})$$

Pour tenir compte des pressions atmosphériques et températures appliquer à r le facteur :  $(P / 1013) (283 / (273 + \theta))$ .

Les lever et coucher du Soleil sont définis tels que son bord supérieur tangente l'horizon plan. Son centre est alors à une hauteur vraie de - 50 minutes, soit 16' de rayon apparent plus 34' de réfraction. Les aube et crépuscule sont dus à la diffraction de la lumière. On distingue les aubes et crépuscule civils : centre du Soleil à - 6°, nautiques : à - 12° et astronomiques : à - 18°.