

L'apparition de la Corse au grand large de Nice est-elle un mirage ?

Paul Perbost (Nice)

1. Crocker Land ou l'illusion perdue

En 1906, au cours de l'une de ses mémorables tentatives de conquête du pôle Nord, encore inexploré, l'officier de marine américain Robert Edwin Peary, tout près du but, aperçut à l'horizon glacé, par 83° N et 103° W et sur une étendue d'au moins 120°, une terre inconnue, creusée de profondes vallées et couverte de montagnes enneigées. La nommant par avance Crocker Land, avant même d'avoir pu l'atteindre, il dut pourtant renoncer à l'aborder, en raison de violentes intempéries. Apprenant la nouvelle, l'un de ses émules, Donald B. Mac Millan se rendit sur les lieux, en 1913, et il l'aperçut à son tour dans la direction annoncée par son prédécesseur. Il entreprit alors une longue marche vers cette Terre promise, dans l'intention de l'explorer. Mais, à mesure qu'il progressait elle s'estompait peu à peu, jusqu'à s'évanouir complètement. Crocker Land n'existait pas : ce n'était qu'un mirage. C'est à dire un de ces tours malicieux que la lumière joue parfois aux explorateurs. Parmi ces fantasmagories, citons la Fata Morgana, ou Fée Morgane qui, selon la légende, possédait le don magique de bâtir de somptueux châteaux suspendus dans les airs. Les Italiens, qui lui ont donné son nom, la connaissent bien, car, de temps à autre, elle leur construit de vaporeux palais aériens, qu'ils peuvent admirer au-dessus des côtes de la Sicile, à travers le détroit de Messine, depuis les plages de la Calabre, juste le temps d'une apparition. Le spectacle a été maintes fois décrit, depuis de nombreux siècles (Cf *Scientific American*, Jan 1976, Mirages, p.102).

2. Un essai de réflexion : réfractions terrestres ordinaires et extraordinaires

Les images gradioses engendrées par la Fata Morgana ne ressemblent en rien aux objets réels qui leur ont donné naissance et qui, le plus souvent, se réduisent à de plates étendues désolées ou à d'insignifiants accidents de terrain. Mais par ses sortilèges, la lumière sait faire surgir de l'horizon marin, en amplifiant leurs images, des terres bien réelles, que d'ordinaire on ne peut pas apercevoir, même avec le secours de puissantes jumelles. C'est précisément le cas de la Corse, qui apparaît fortuitement au grand large de Nice et de la Côte d'Azur, depuis le rivage ou les collines environnantes, quand le temps est clair et le Soleil bas sur la mer. La courbure du globe s'y oppose d'ordinaire à une vision de de l'île de Beauté, dont la distance moyenne au continent est de l'ordre de cent milles marins, soit 180 km. Cependant, avec un

ciel parfaitement limpide, lavé par le mistral, on pourrait apercevoir en droite ligne, théoriquement du moins les sommets principaux de son relief (par exemple le Monte Cinto qui culmine à 2707 m) ; mais en aucun cas la totalité de l'île, d'altitude moyenne 568 m, n'est apparente par vision directe.

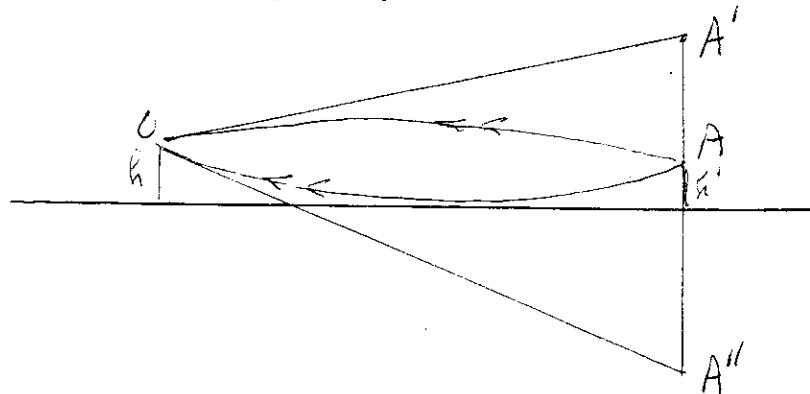
Certes, la réfraction atmosphérique terrestre habituelle, qui courbe les rayons lumineux à la manière d'une lentille géante où l'observateur est plongé, relève ce relief et accroît la portée du regard, en vertu du principe bien connu des astronomes, selon lequel la réfraction relève les astres. Mais cette réfraction courante ne suffit pourtant pas pour redresser en permanence la totalité de la Corse au-dessus de l'horizon visible, qui géométriquement devrait rester au-dessous de celui-ci. Le phénomène étant exceptionnel, il ne peut donc s'expliquer que par la conjonction de circonstances exceptionnelles. L'astronome Cassini de Thury (1714-1784) disait déjà que la variabilité de la réfraction permet de voir parfois depuis les rivages mêmes de Nice, les sommets de la Corse supérieurs à 2300 m (*La Description géométrique de la France*, 1784, p.175-776). Il arrive même que l'île apparaisse de la Côte d'Azur avant le lever du soleil "dans des conditions de visibilité compliquée d'un phénomène de mirage qui allonge beaucoup en hauteur les dentelures de la crête de l'île." (Heilbronner, *Description géométrique des Alpes françaises*, t.VIII, p.258, 1923). Inversement, selon certains observateurs dignes de foi, le littoral de Nice peut parfois apparaître depuis la Corse (*La France ignorée*, E.A.Martel, 1928, p.107).

La position du Soleil en azimut et hauteur, ainsi que les conditions hygrométriques de l'atmosphère et, surtout, l'état thermique du milieu marin et des terres émergées sont, à coup sûr, des paramètres variables qui affectent considérablement le facteur de transmission de l'air suivant les conditions météorologiques : leur conjugaison crée occasionnellement le phénomène de l'émergence de la Corse au grand large de Nice et explique cette apparition impressionnante.

En dépit des incertitudes inhérentes à la réfraction atmosphérique terrestre, de savantes études, dues essentiellement à l'illustre mathématicien Laplace (1749-1827) montrent que l'émergence de certaines îles, au petit matin principalement, se produit lorsque la mer a retenu sa chaleur pendant la nuit, tandis que la terre s'y est longuement refroidie. Ainsi au soleil levant, l'air froid de l'île se répandant à la surface de l'eau, subit un réchauffement par en bas, de telle sorte que la température de l'atmosphère, à ce niveau d'altitude, s'élève avec celle-ci. Dans ce cas, la concavité des rayons lumineux qui traversent cette partie basse de l'atmosphère, s'incurve vers le haut, alors que les rayons quasi-horizontaux qui parcourent en temps ordinaire des couches d'air plus élevées, en dehors de cette zone à gradient de température faiblement inversé, tournent leur concavité vers le bas. Ainsi un objet éloigné, par exemple un accident du relief, est vu doublé, comme par réflexion dans une nappe liquide.

Il y a mirage, parce que la lumière réfractée émanant de l'objet (colline, rocher, etc) peut parvenir à l'observateur en suivant deux trajets différents bien distincts : le trajet

ordinaire, infléchi vers le bas et le trajet exceptionnel courbé vers le haut. Il en résulte que l'observateur, O, peu élevé au-dessus de l'eau, aperçoit alors l'objet A qui paraît allongé verticalement par l'effet combiné de ces deux réfractions ; de telle sorte, par exemple, qu'un petit rocher prend l'aspect d'un pic abrupt...



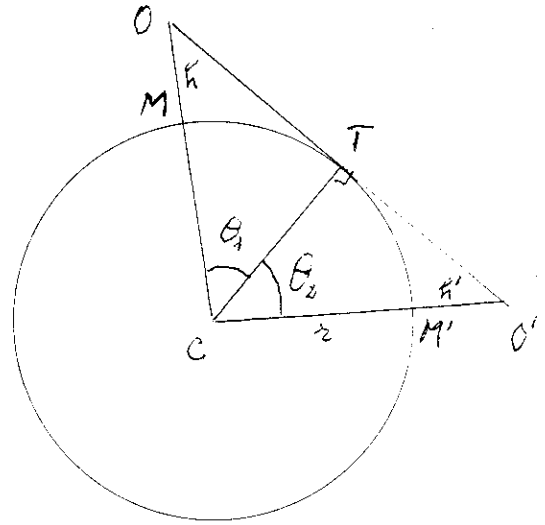
Cela explique, au moins en partie, la surrection éphémère de la Corse au grand large de Nice, par temps sec, clair et froid le plus souvent, surtout si, de plus, l'azimut du Soleil qui se lève derrière elle, est sensiblement le même que celui du centre de l'île, par exemple en certains matins clairs de février ou de novembre. Comme le phénomène est aussi rare que spectaculaire, les journaux locaux ne manquent pas d'en donner des reportages photographiques, accompagnés parfois de commentaires quasi scientifiques passablement brumeux.

Dans ce qui suit, nous examinerons la question de la visibilité directe de l'horizon sensible en supposant d'abord qu'il n'y ait pas de réfraction atmosphérique, puis en appréciant son effet, mais en tenant compte, dans tous les cas, de la courbure du globe supposé sphérique. Pour des distances plus élevées que celles qui séparent la Corse du continent, il faudrait tenir compte de la forme quasi ellipsoïdale de la Terre et de son aplatissement. Ici, de telles considérations seraient sans objet. Sans nous engager dans une théorie savante de la réfraction terrestre, d'ailleurs fort incertaine a priori, nous nous bornerons à quelques calculs géométriques élémentaires, quitte à admettre sans démonstration certaines propositions un peu plus élevées et à utiliser des renseignements numériques tirés de l'expérience des marins, pour montrer que les données ordinaires ne suffisent pas à justifier l'émergence insolite de la Corse à l'horizon de Nice et de sa région. Enfin nous consignerons dans des tableaux numériques, les distances de visibilité de l'horizon marin, selon l'altitude de l'observateur et celle de l'objet qu'il regarde. Un répertoire de quelques distances calculées entre divers points de la Côte et de la Corse, permettra d'utiles comparaisons.

3. Éléments de réflexion géométrique

a) Distance de visibilité, sans réfraction

La figure représente la section circulaire du globe, déterminée par les points C, M et M' désignant respectivement le centre de la Terre, supposée sphérique, et les pieds des verticales des points O et O', d'altitudes h et h'.



La droite OTO' est tangente en T au grand cercle ainsi défini, de rayon r. Dans ces conditions, le point O' émerge exactement à l'horizon sensible du point O, dans la direction (OT).

On voudrait connaître la distance OO', peu différente de la longueur de l'arc MM', car les altitudes h et h' que nous aurons à considérer sont faibles relativement à r. Il suffit donc d'évaluer les angles θ_1 et θ_2 , qui sont évidemment de petits angles. Nous effectuerons cette détermination par deux méthodes, identiques sur le fond, sinon sur la forme.

Première méthode : Le triangle rectangle TOC donne d'abord

$$CT = CO \cos \theta_1 \text{ ou } r = (r + h) \cos \theta_1 \text{ d'où}$$

$$(1) \quad \cos \theta_1 = \frac{r}{r + h} = \frac{1}{1 + h/r}$$

On connaît les développements en série de $\cos \theta$ (pour θ en radians) et de $1/(1+x)$ pour $|x| < 1$ de telle sorte qu'en négligeant les puissances supérieures de θ_1 et de h/r , de faibles valeurs, on puisse exprimer avec une précision suffisante la relation (1) par

$1 - \frac{\theta_1^2}{2} = 1 - h/r$; on en tire (2) $\theta_1 = \sqrt{\frac{2h}{r}}$ l'angle étant en radians ; même calcul pour θ_2 .

Deuxième méthode : Reprenant l'égalité $r = (r + h) \cos \theta_1$ et sachant que

$$\cos \theta = 1 - 2 \sin^2 \frac{\theta}{2} \text{ on trouve } r = r + h - 2r \sin^2 \frac{\theta_1}{2} - 2h \sin^2 \frac{\theta_1}{2}$$

Mais comme h est petit devant r, l'angle est lui-même petit et sa mesure θ en radian se confond avec $\sin \theta$; ainsi on peut négliger le dernier terme et ce qui reste redonne (2).

Finalement, on obtient la formule générale qui résout la question :

$$MM' = \theta_1 + \theta_2 = \sqrt{\frac{2}{r}} (\sqrt{h} + \sqrt{h'}) \text{ en radians}$$

Application : sachant que $r = 6\,371\,000$ m et si l'on exprime l'arc MM' en minutes de degré, en rappelant qu'un arc de 1' vaut par définition 1 mille marin soit 1852 m, on obtient par un calcul très simple la formule générale

$$(I) \quad MM' = 1,93 (\sqrt{h} + \sqrt{h'})$$

qui résout complètement le problème à la précision requise.

(Voici l'opération qui donne le coefficient de la formule générale en minutes de degré

$$\sqrt{\frac{2}{r}} = \sqrt{\frac{2}{6\,371\,000}} \times \frac{180}{\pi} \times 60 = 1,926... \approx 1,93)$$

La formule générale donne la longueur de l'arc MM' en milles marins, connaissant les altitudes h et h' . Comme on l'a déjà dit, cette longueur représente sensiblement la distance OO' , c'est à dire la longueur du rayon lumineux rectiligne joignant O et O' . Pour l'évaluer en km; il suffit de la multiplier par 1,852.

b) Distance de visibilité, avec réfraction

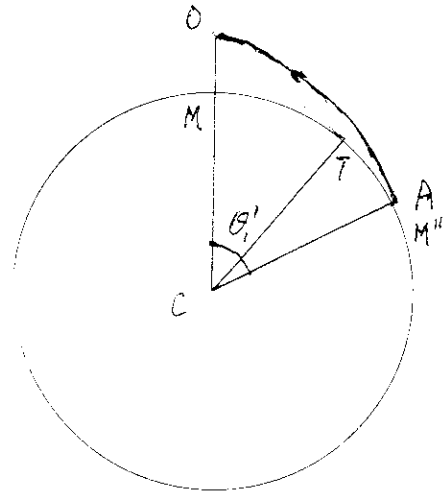
Soit AO l'arc réfracté décrit par le rayon lumineux qui va de A à O . Ce rayon, incurvé par la réfraction ordinaire, est tangent en A au cercle. Il est plus long que le segment rectiligne OT , tangent lui aussi au cercle, en T .

En supposant que le rapport h/r soit faible, les longueurs de l'arc AO et du segment TO sont sensiblement égales aux arcs AM et TM .

Or, à partir de considérations sur la courbure, dont l'exposé entraînerait de trop longs développements, on démontre que

$$\theta_1' = ACO = \sqrt{\frac{2h}{r}} \frac{1}{\sqrt{1-k}} \text{ en radians}$$

où k désigne le rapport de la courbure c du rayon lumineux à celle de la Terre ; autrement dit $k = cr$



Ce coefficient k est extrêmement variable selon les conditions atmosphériques ; les marins lui attribuent la valeur empirique $k = 0,16$ que nous adopterons (Cf *Astronomie Générale*, André Danjon, p.160 et sq).

Bien que les valeurs observées pour k soient essentiellement changeantes et souvent très différentes du k des marins, la formule qui donne θ_1' montre, en tout cas, que la réfraction accroît la portée visuelle.

Finalement, en prenant $r = 6\,371\,000$ km et $k = 0,16$, on trouve pour valeur du coefficient, exprimé en minutes de degré, de \sqrt{h} :

$$\sqrt{\frac{2}{r}} \frac{1}{\sqrt{1-k}} = \sqrt{\frac{2}{6371000}} \times \frac{1}{\sqrt{\frac{84}{100}}} \times \frac{180}{\pi} \times 60 = 2',101...$$

donc $MA = \theta_1' = 2',10 \sqrt{h}$. D'où la portée totale (une nouvelle figure est inutile); compte tenu de la réfraction :

$$(II) \quad MM'' = 2',10 (\sqrt{h} + \sqrt{h'})$$

C'est aussi la longueur de MM'' en milles marins.

c) Tableau de quelques distances de visibilité

Pour un observateur posté à l'altitude h , le sommet d'une montagne de hauteur h' , visée au grand large, émergerait de son horizon sensible, soit à la distance d_1 , soit à la distance d_2 , selon que dans ses calculs il n'aurait pas tenu compte de la réfraction ou, au contraire, qu'il aurait pris en considération la valeur de son coefficient adopté par les marins. Les formules (I) et (II), adaptées à ces circonstances, fournissent les résultats consignés dans le tableau suivant, où sont inscrites certaines altitudes particulières. Par exemple, 568 (altitude moyenne de la Corse) ; 2707 (Monte Cinto, point culminant de l'île) ; 2300 (Cheval Blanc, 04), etc.

h (m)	h' (m)	d_1 (km)	d_2 (km)
16	0	14,21	15,55
100	0	35,74	38,89
200	0	50,54	55,00
1000	0	113	127
2000	0	159	173
2300	0	171	186
2500	0	178	194
2546	0	180	196
0	568	85	92
0	2707	186	202
100	568	121	131
100	2707	222	241
200	568	135	147
200	2707	236	257
2300	568	256	279
2300	2700	357	388

4. Calcul des distances de deux stations terrestres

Voici d'abord quelques citations : "*La Corse se trouve à 160 km de la France* (sic) (Nouveau Larousse illustré, éd 1905-1906). "*Situées à 170 km des côtes françaises* (sic), *la Corse...*" (extrait d'un guide touristique récent). Ailleurs, on estime cette distance à 100 milles (environ 180 km). Toutes ces déclarations, que l'on appréciera comme on voudra, donnent des estimations du même ordre de grandeur. Mais, à coup sûr, elles sont singulièrement ambiguës, faute d'indiquer entre quels points ces distances sont considérées. On est donc naturellement conduit à examiner la question suivante : Calculer la distance des stations $A_1(\phi_1, \lambda_1)$ et $A_2(\phi_2, \lambda_2)$ définies par leurs coordonnées géographiques usuelles, la latitude ϕ et la longitude λ , abstraction faite des altitudes.

La figure représente le globe terrestre supposé sphérique, les pôles P et P', les stations A₁ et A₂ et Greenwich G. L'angle W = A₁OA₂ est alors donné par la formule fondamentale de trigonométrie sphérique :

$$\cos W = \sin\phi_1 \sin\phi_2 + \cos\phi_1 \cos\phi_2 \cos(\lambda_1 - \lambda_2)$$

Application : Corse-continent

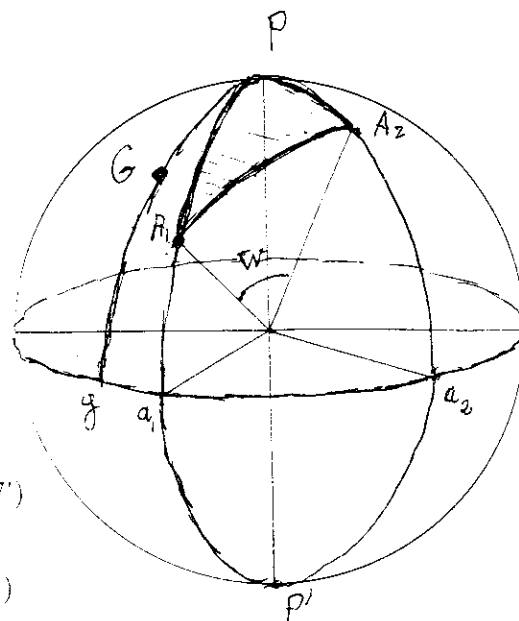
Ajaccio (41°55' ; -8°43') ; Bastia (42°41' ; -9°26')

Calvi (42°35' ; -8°45') ; Cap Corse (43° ; -9°23')

Capo Rosso(42°24';-8°42');Monte Cinto(42°23';-8°57')

Nice(43°42';-7°16'); Menton(43°47';-7°37')

Cap Roux(43°27';-6°54'); Cheval Blanc(44°05';-6°28')



La formule donne cos W puis l'angle W en degrés. Sachant qu'un arc de 1' représente 1 mille marin (1852 m), on forme le tableau suivant :

	Ajaccio	Bastia	Calvi	Cap Corse	Capo Rosso	Monte Cinto
Nice	241	208	172	187	177	200
M	214	191	161	167	170	189
CR	226	222	178	207	176	204
CB	302	285	248	264	251	276

(où M est l'abréviation de Menton, CR de Cap Roux et CB de Cheval Blanc). La comparaison de ces données avec le tableau des distances de visibilité fournira d'utiles indications sur la question examinée.

5. Conclusion (Cf A.Danjon, Astronomie générale, p.148)

Pour la commodité des calculs, on attribue à l'atmosphère une structure relativement simple et homogène qu'elle est loin de posséder. Elle est en effet le siège de phénomènes météorologiques complexes et de turbulences qui l'écartent notablement d'un état de régime stable. Les sondages aérologiques révèlent, suivant la verticale, des variations considérables de la teneur en vapeur d'eau, des changements souvent très importants du gradient de température, ainsi que de la direction et de la vitesse du vent. En conséquence, sous l'effet de brusques variations de l'indice de réfraction de l'air, liées essentiellement à des inversions de température, le rayon lumineux subit lorsqu'il traverse les couches atmosphériques, des déviations accidentelles dont l'observation est aisée quand elles se produisent, mais qu'il est malaisé de prévoir avec précision. Ce sont ces **réfractions accidentelles** qui expliquent l'apparition impressionnante, mais fugitive, de la Corse au grand large de Nice.

Nice, novembre 1994