

Analyse de la séquence capturée par Raphaël Aupy, à  
Barcelone, le 4 septembre 2006

brunehaut, Cosmos, Dam468, Damien31, elevenaugust, Patlabor,  
Pierre.B, raph23, SebastienP, Shamash, Telgar, Thibaut56, xoxo

17 janvier 2011



# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Caractéristiques de la séquence</b>	<b>3</b>
2.1	Horaire . . . . .	3
2.2	Position . . . . .	3
2.3	Mesures angulaires . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Modélisations</b>	<b>7</b>
3.1	en vue d'obtenir la vitesse réelle de l'objet . . . . .	7
3.1.1	Équation de la composante $\Delta y$ du déplacement . . . . .	7
3.1.2	Équation de la composante $\Delta x$ du déplacement . . . . .	8
3.1.3	Projection horizontale du déplacement . . . . .	9
3.1.4	Équation de la composante $\Delta z$ du déplacement . . . . .	9
3.1.5	Équation du déplacement réel . . . . .	10
3.2	en vue d'obtenir un angle réel à partir d'un angle apparent . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Illusion du déplacement conjoint de la lune et de l'objet</b>	<b>11</b>
4.1	Distance réelle parcourue . . . . .	11
4.2	Vitesse réelle . . . . .	12
4.3	Abaques permettant l'analyse de la vitesse . . . . .	12
4.4	Angle réel entre la direction du déplacement et la traînée . . . . .	16
4.5	Abaque permettant l'analyse de l'angle . . . . .	17
4.6	Nature probable de l'objet . . . . .	17
<b>5</b>	<b>Conclusion</b>	<b>19</b>



# 1 Introduction

Le 6 janvier 2011, France 2 diffusait le dernier documentaire de la série « À deux pas du futur », présenté par Igor et Grichka BOGDANOFF. Intitulé *OVNIS : Vérités & Illusions*, il présentait de nombreuses images, parfois fausses, sinon inexpliquées. François Louange, ingénieur chargé par le CNES d'étudier l'authenticité des images issues d'observations, présente une séquence inédite filmée par Raphaël Aupy, à Barcelone, au milieu de la nuit du 3 au 4 septembre 2006 (figure 1.1).

Quelques personnes regroupées sur le site [www.forum-ovni-ufologie.com](http://www.forum-ovni-ufologie.com) ont étudié le film et les photographies originales. L'hypothèse d'un objet en orbite autour de la lune, évoquée dans le documentaire, semble à présent peu probable.

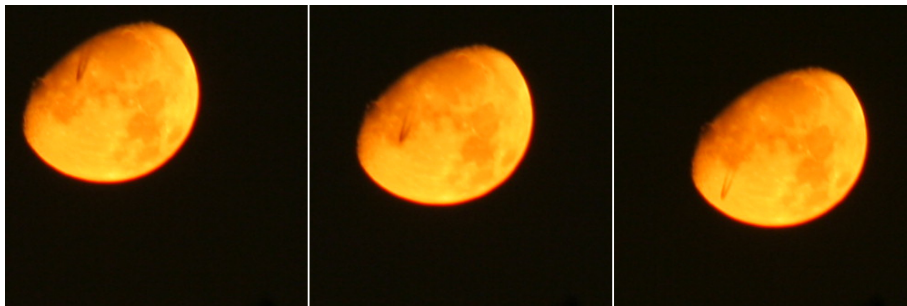


FIGURE 1.1 – Quelques images de la séquence animée



## 2 Caractéristiques de la séquence

La séquence animée est une suite de photographies. Ces images furent prises du même point et sans mouvement de l'appareil. L'immobilité des bâtiments, au premier plan des images originales jointes au dossier, en atteste.

### 2.1 Horaire

D'après les données EXIF des photographies originales, la prise de vue date du 4 septembre 2006, et l'objet serait passé entre 09:08:22 et 09:10:13. Un logiciel de simulation du ciel, comme Stellarium, contredit ces horaires : le jour était déjà levé.

L'appareil utilisé est un Canon EOS 350D, qui pourrait avoir conservé l'heure réglée en usine. En effet, dans la mesure où il fut commercialisé début 2005 et que la prise de vue date de fin 2006, il n'est pas improbable que l'appareil venait d'être acheté. Ce modèle est assemblé au Japon. En été, le décalage horaire entre le Japon et l'Espagne est de 7h. Lorsqu'il est 09:08:22 au Japon, il est 02:08:22 en Espagne.

Ainsi, nous supposons que l'objet apparait entre 02:08:22 et 02:10:13. L'observation dure 111 secondes.

### 2.2 Position

François Louange indique que la séquence provient de Barcelone. En effet, en bas à droite des images originales, on aperçoit les deux tours de la Place de l'Espagne à Barcelone (figure 2.1).

Prenons la photographie originale prise à 02:09:23 et positionnons Stellarium sur le même lieu et au même instant. Dans le logiciel, zoomons sur la lune de manière à lui donner une taille apparente strictement identique à celle de la photographie, et tournons la caméra pour superposer la lune avec celle de la photographie (figure 2.2). L'horizon calculé par Stellarium est très proche du point d'intersection des fuyantes de la photographie. Les lunes et les horizons correspondent parfaitement, si bien que le lieu, la date et l'heure sont confirmés.

Il est important de noter que le centre de la photographie est à  $3^\circ$  au dessus de l'horizon. Concrètement, il s'agit de l'angle formé par l'axe optique de l'appareil et le sol. L'appareil était donc incliné de  $3^\circ$  au cours de la séquence.



FIGURE 2.1 – Torres Venecianas, Plaza de España, Barcelone

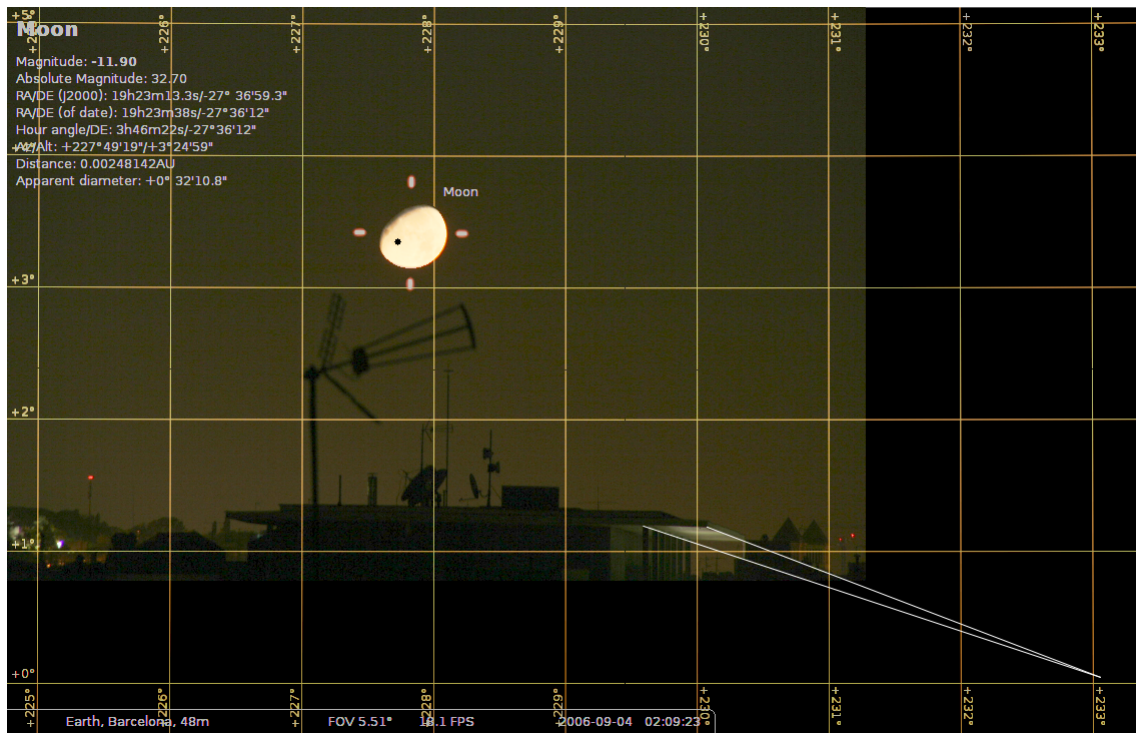


FIGURE 2.2 – Coordonnées angulaires de l'observation. Le point noir repère la position de l'objet.





FIGURE 2.3 – Positions apparentes de l'objet au cours de la séquence

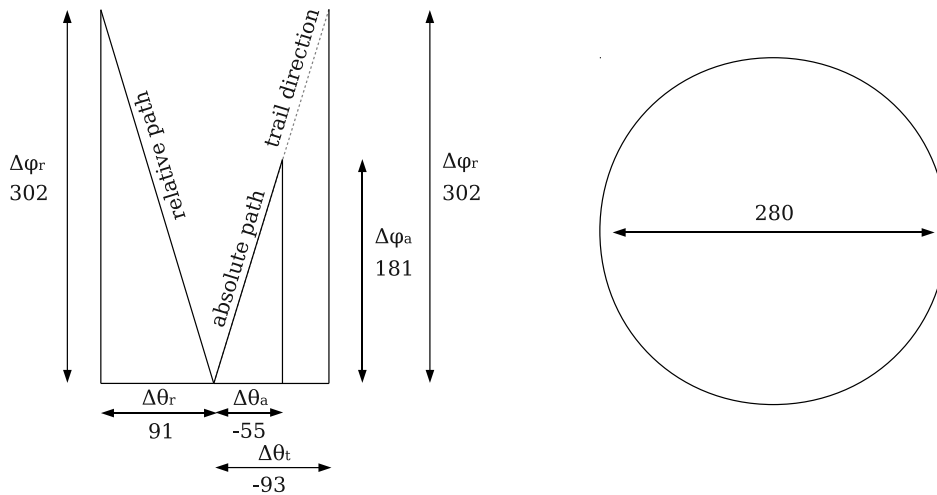


FIGURE 2.4 – Trajectoires apparentes de l'objet et taille apparente de la lune

## 2.3 Mesures angulaires

La figure 2.3 a été obtenue par superposition de plusieurs images de la séquence, mais nous ne les montrons pas toutes pour qu'elle reste lisible. Les points blancs à gauche indiquent la position de l'objet sur 6 prises de vues différentes, donc en considérant qu'il se déplace indépendamment de la lune. La trace sombre est la superposition des positions de l'objet devant la lune conservée fixe au fil de la séquence, donc en considérant qu'il se déplace par rapport à la lune. Le point blanc à droite indique la position de l'objet en début de séquence par rapport à la lune. Concrètement, la figure est une chronophotographie. Contrairement à l'illusion reproduite par la trace sombre de la figure et perçue sur la séquence animée, nous constatons que l'objet se déplacerait de la gauche vers la droite s'il était dans l'atmosphère (cas d'un avion).

Nous reproduisons les trajectoires sur la figure 2.4 et nous les décomposons en composantes orthogonales, le tout mis en regard de la taille apparente de la lune. Les mesures indiquées sont des longueurs en une unité arbitraire, celle du logiciel de dessin. Nous avons déterminé à la section précédente que l'appareil photographique est approximativement orienté vers la lune durant le passage de l'objet. Ainsi, nous pouvons négliger l'effet de perspective dans l'image, si bien qu'une relation de proportionnalité relie les distances angulaires aux longueurs mesurées.

Nous savons que la lune a un diamètre angulaire apparent de  $0.5^\circ$  à toute heure et à tout moment de l'année. Forts de cette donnée, des mesures de la figure 2.4 et de la relation entre les mesures et les angles, nous pouvons calculer les composantes horizontale et verticale des angles du phénomène.

$$\begin{aligned}\Delta\varphi_r &= 0.5 \frac{302}{280} = 0.539^\circ \\ \Delta\theta_r &= 0.5 \frac{91}{280} = 0.163^\circ \\ \Delta\varphi_a &= 0.5 \frac{181}{280} = 0.323^\circ \\ \Delta\theta_a &= 0.5 \frac{-55}{280} = -0.098^\circ \\ \Delta\theta_t &= 0.5 \frac{-93}{280} = -0.166^\circ\end{aligned}$$

Dans les prochaines sections, nous considérerons que le déplacement apparent de l'objet est de  $\pm\frac{1}{2}\Delta\varphi$  autour de sa position moyenne. L'observation étant réalisée entre 02:08:22 et 02:10:13, l'image présentant la position moyenne serait prise à 02:09:17. L'image dont nous disposons qui est la plus proche de cet instant fut prise à 02:09:23 (figure 2.2). On y relève la position angulaire moyenne de l'objet :

$$\varphi_m = 3.36^\circ.$$

On en déduit les hauteurs angulaires en début et en fin d'observation :

$$\begin{aligned}\varphi_{1r} &= \varphi_m + \frac{\Delta\varphi_r}{2} = 3.63^\circ \\ \varphi_{2r} &= \varphi_m - \frac{\Delta\varphi_r}{2} = 3.09^\circ \\ \varphi_{1a} &= \varphi_m + \frac{\Delta\varphi_a}{2} = 3.52^\circ \\ \varphi_{2a} &= \varphi_m - \frac{\Delta\varphi_a}{2} = 3.20^\circ\end{aligned}$$

## 3 Modélisations

L'objet évoluant dans le ciel et non sur une photographie plate, nous devons réaliser la projection d'une image 2D vers un espace en 3D. Pour ce faire, nous allons travailler avec des droites, donc négliger la courbure de la terre et de son atmosphère. En effet, pour que la trajectoire de l'objet soit significativement courbe, l'objet devrait se déplacer de plusieurs degrés autour de la terre. Or, un déplacement d'un seul degré autour de la terre en 111 secondes nécessiterait une vitesse de 4000 km/h, soit le double des capacités d'un Rafale. Par conséquent, la courbure de la terre est imperceptible si l'on suppose que l'objet est un avion, même rapide.

### 3.1 en vue d'obtenir la vitesse réelle de l'objet

Nous allons procéder en 3 phases. Sur la figure 2.4, nous avons décomposé la trajectoire apparente de l'objet en deux composantes. Cela donnera lieu à deux calculs, selon  $(Oy)$  puis selon  $(Ox)$ . Ces calculs seront combinés pour obtenir l'équation de la composante horizontale du mouvement de l'objet. Enfin, nous calculerons la composante verticale du mouvement, selon  $(Oz)$ . La dernière étape consistera à combiner les 3 composantes pour obtenir la distance réellement parcourue par l'objet. L'ensemble des calculs ne requiert que des connaissances trigonométriques élémentaires.

#### 3.1.1 Équation de la composante $\Delta y$ du déplacement

La figure 3.1 modélise la relation entre le déplacement angulaire vertical apparent sur l'image ( $\Delta\varphi$ ) et le déplacement réel en profondeur ( $\Delta y$ ).

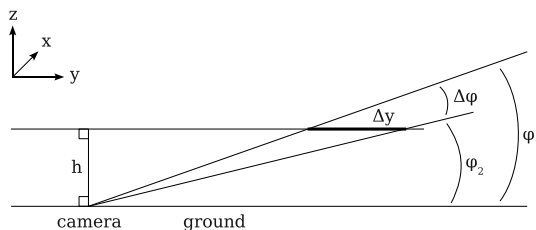


FIGURE 3.1 – En gras, le déplacement de l'objet en profondeur, parallèlement au sol

La relation trigonométrique qui relie tout angle  $\varphi$ , la hauteur  $h$  et la composante horizontale de la distance de l'objet à l'observateur est

$$y(\varphi) = \frac{h}{\tan \varphi} = h \cot \varphi.$$

La distance parcourue par l'objet selon  $(Oy)$  vaut alors

$$\Delta y = h(\cot \varphi_2 - \cot \varphi_1). \quad (3.1)$$

### 3.1.2 Équation de la composante $\Delta x$ du déplacement

La figure 3.2 modélise la relation entre le déplacement angulaire horizontal apparent sur l'image ( $\Delta\theta$ ) et le déplacement transversal réel ( $\Delta x$ ).

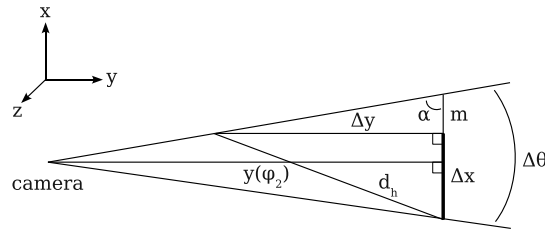


FIGURE 3.2 – En gras, le déplacement transversal de l'objet

L'angle  $\alpha$  vaut

$$\alpha = \frac{180 - \Delta\theta}{2}.$$

La distance non parcourue  $m$  vaut

$$m = \frac{\Delta y}{\tan \alpha} = \Delta y \cot \alpha,$$

que la relation  $\cot(90 - x) = \tan x$  permet d'écrire

$$m = \Delta y \tan \frac{\Delta\theta}{2}.$$

La relation trigonométrique qui relie l'angle  $\Delta\theta$ , la longueur  $y(\varphi_2)$  et la longueur  $\Delta x + m$  est

$$\frac{\frac{1}{2}(\Delta x + m)}{y(\varphi_2)} = \tan \frac{\Delta\theta}{2},$$

d'où l'on tire

$$\Delta x = 2y(\varphi_2) \tan \frac{\Delta\theta}{2} - m.$$

La substitution de  $m$  par son expression nous fournit l'équation suivante :

$$\Delta x = 2y(\varphi_2) \tan \frac{\Delta\theta}{2} - \Delta y \tan \frac{\Delta\theta}{2},$$

qui se factorise par

$$\Delta x = (2y(\varphi_2) - \Delta y) \tan \frac{\Delta\theta}{2}.$$

Enfin, la substitution de  $y(\varphi_2)$  et  $\Delta y$  par leurs expressions respectives mène à

$$\Delta x = (\cot \varphi_2 + \cot \varphi_1) h \tan \frac{\Delta \theta}{2}. \quad (3.2)$$

### 3.1.3 Projection horizontale du déplacement

Munis des équations des composantes du mouvement dans le plan horizontal d'altitude  $h$ , nous sommes en mesure d'exprimer la projection du mouvement dans le plan. La distance parcourue par l'avion, projetée sur le plan horizontal, est

$$d_h = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}.$$

D'où

$$d_h = h \sqrt{(\cot \varphi_2 - \cot \varphi_1)^2 + (\cot \varphi_2 + \cot \varphi_1)^2 \tan^2 \frac{\Delta \theta}{2}}.$$

### 3.1.4 Équation de la composante $\Delta z$ du déplacement

La composante du mouvement dans le plan horizontal étant à présent connue, nous pouvons calculer la troisième composante  $\Delta z$ .  $h$  devient la hauteur de l'objet au début de l'observation.  $d_h$  est la projection du trajet réel sur le plan horizontal d'altitude  $h$ . Le trajet réel, de longueur  $d$ , est incliné d'un angle  $\gamma$  par rapport au sol. C'est l'angle d'ascension de l'objet. La situation est représentée sur la figure 3.3.

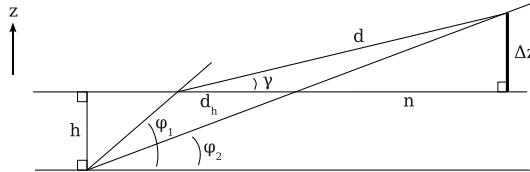


FIGURE 3.3 – En gras, le déplacement vertical de l'objet

Trivialement, nous en tirons 2 équations d'inconnues  $n$  et  $\Delta z$  :

$$\begin{cases} \Delta z = n \tan \varphi_2 \\ \Delta z = (d_h + n) \tan \gamma \end{cases}$$

La résolution du système mène à

$$\Delta z = d_h \frac{\tan \varphi_2 \tan \gamma}{\tan \varphi_2 - \tan \gamma},$$

que l'on simplifie en

$$\Delta z = \frac{d_h}{\cot \varphi_2 - \cot \gamma}.$$

Lorsque  $\gamma$  est négatif (objet descendant), le schéma est différent, mais les calculs mènent à la même équation, au signe près. Nous généralisons donc l'équation de  $\Delta z$  par l'usage d'une valeur absolue :

$$\Delta z = \left| \frac{d_h}{\cot \varphi_2 - \cot \gamma} \right|. \quad (3.3)$$

### 3.1.5 Équation du déplacement réel

Les composantes  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  et  $\Delta z$  du mouvement étant à présent connues, la distance réelle s'obtient par

$$d = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2},$$

où l'on substitue les termes par leurs expressions. Ainsi, la distance parcourue par l'objet, en fonction de la composante transversale apparente  $\Delta\theta$  de son mouvement, de la composante verticale apparente  $\varphi_1 - \varphi_2$  de son mouvement, de sa hauteur  $h$  en début d'observation et de son angle  $\gamma$  d'attaque est :

$$d = h \sqrt{1 + \frac{1}{(\cot \varphi_2 - \cot \gamma)^2}} \sqrt{(\cot \varphi_2 - \cot \varphi_1)^2 + (\cot \varphi_2 + \cot \varphi_1)^2 \tan^2 \frac{\Delta\theta}{2}}. \quad (3.4)$$

## 3.2 en vue d'obtenir un angle réel à partir d'un angle apparent

La figure 3.4 modélise deux trajectoires réelles de longueurs  $d$  et  $d'$ . La longueur du segment  $s$  s'obtient trivialement à partir des composantes des trajectoires :

$$s = \sqrt{(\Delta x - \Delta x')^2 + (\Delta y - \Delta y')^2 + (\Delta z - \Delta z')^2}$$

Nous souhaitons obtenir l'angle  $\alpha$ . Le théorème d'Al-Kashi énonce que

$$s^2 = d^2 + d'^2 - 2dd' \cos \alpha.$$

On en déduit que

$$\alpha = \arccos \left( \frac{d^2 + d'^2 - s^2}{2dd'} \right). \quad (3.5)$$

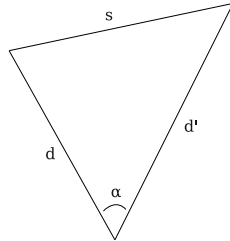


FIGURE 3.4 – Angle entre deux trajectoires réelles

## 4 Illusion du déplacement conjoint de la lune et de l'objet

L'objet semble se déplacer avec la lune, au point de supposer qu'il pourrait y être en orbite. Il peut s'agir d'une illusion. La lune a une période de révolution d'environ 28 jours et la terre a une période de rotation de 1 jour. Le mouvement apparent de la lune dans le ciel est donc essentiellement dû à la rotation de notre planète.

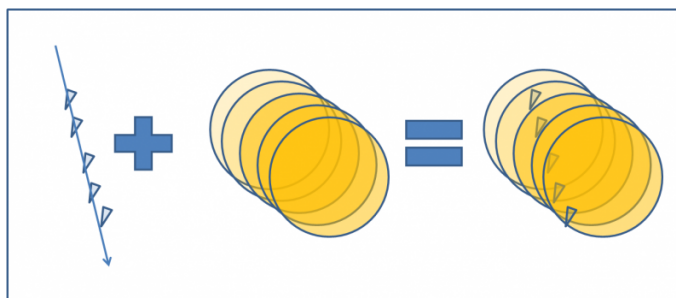


FIGURE 4.1 – Composition des mouvements respectifs de la lune et de l'avion

Ainsi, 96.4% du mouvement de la lune provient de la rotation de la terre. Un objet immobile dans notre ciel, posté devant la lune, dessinerait une ligne droite devant elle et donnerait l'impression de se déplacer dans le sens opposé au mouvement de la lune. Si l'objet se déplace (en ligne droite et dans une direction quelconque), la composition des deux mouvements forme un mouvement relatif en ligne droite. C'est ce mouvement que nous percevons sur la séquence animée. Il est formé d'une composante liée au mouvement apparent de la lune, et d'une composante liée au déplacement de l'objet par rapport à la terre (figure 4.1). C'est la composante liée au mouvement apparent de la lune qui donne l'illusion que l'objet suit la lune. En conclusion, tout objet évoluant dans notre atmosphère peut donner l'illusion d'évoluer par rapport à la lune, surtout lorsque lui ou sa traînée est orientée dans la direction du mouvement apparent. Nous considérerons, dans la suite, que l'objet suit la terre dans sa rotation, ce qui nous amènera à utiliser les mesures angulaires *relatives* à la terre.

### 4.1 Distance réelle parcourue

L'application de l'équation (3.4) aux données de l'observation donne

$$d = h \sqrt{1 + \frac{1}{(\cot 3.09 - \cot \gamma)^2}} \sqrt{(\cot 3.09 - \cot 3.63)^2 + (\cot 3.09 + \cot 3.63)^2 \tan^2 \frac{0.163}{2}}.$$

Les seules inconnues étant  $h$  et  $\gamma$ , la partie la plus complexe de l'expression est constante. Le lecteur qui souhaite étudier la distance parcourue par l'objet selon différentes altitudes initiales  $h$  et différents angles d'attaque  $\gamma$  pourra simplement utiliser ceci :

$$d = 2.76 h \sqrt{1 + \frac{1}{(\cot 3.09 - \cot \gamma)^2}}. \quad (4.1)$$

## 4.2 Vitesse réelle

La vitesse  $v$  de l'objet se déduit trivialement de la formule ci-dessus.

$$v = \frac{2.76}{111} h \sqrt{1 + \frac{1}{(\cot 3.09 - \cot \gamma)^2}}.$$

Le lecteur préférera peut-être un résultat en km/h. La vitesse  $v_{\text{km/h}}$  de l'objet, avec  $h$  exprimé en km, est :

$$v_{\text{km/h}} = 89.6 h \sqrt{1 + \frac{1}{(\cot 3.09 - \cot \gamma)^2}}. \quad (4.2)$$

## 4.3 Abaques permettant l'analyse de la vitesse

La fonction ci-dessus présente un comportement asymptotique lorsque l'angle d'attaque de l'avion tend vers  $3.09^\circ$  : le dénominateur tend vers zéro, si bien que le résultat tend vers l'infini. Cela se comprend en observant la figure 3.3 : si l'angle  $\gamma$  augmente, la distance  $d$  augmente très vite, le cas extrême étant  $\gamma = \varphi_2$  (droites parallèles). Au delà, avec  $\gamma > \varphi_2$ , l'objet aurait évolué de bas en haut sur la séquence, ce qui n'est pas le cas. Par conséquent, nous pouvons affirmer que si l'objet est en cours d'ascension, son angle d'attaque est inférieur à  $3.09^\circ$ .

Supposons que l'objet évolue à une altitude d'environ 10 km. Le graphique de la figure 4.2 indique la vitesse à laquelle il se déplace. Dans la partie gauche, les angles négatifs permettent d'évaluer sa vitesse s'il descend. À droite, l'angle de  $0^\circ$  correspond à un déplacement horizontal, parallèle au sol. Les quelques angles suivants indiquent une ascension légère. Nous constatons que, pour tout angle d'attaque entre  $-90^\circ$  et  $0^\circ$ , sa vitesse oscille entre 896 km/h (vol horizontal) et 897.25 km/h (chute verticale). On en déduit que si l'objet est en train de descendre sur la séquence, sa vitesse réelle est sensiblement la même que s'il volait horizontalement. Autrement dit, pour évaluer la vitesse de l'objet, il n'est pas important de savoir s'il descend. De même, nous pouvons remarquer dans la partie droite du graphique que la vitesse reste inférieure à 900 km/h lorsque l'objet monte avec un angle compris entre  $0^\circ$  et  $2^\circ$ . Cela reste très proche de la vitesse horizontale (896 km/h).

Par conséquent, nous allons détailler la vitesse de l'objet uniquement pour des angles supérieurs à  $2^\circ$ . Les figures 4.3 et 4.4 permettent de lire sa vitesse en fonction de son angle d'ascension, cela à différentes altitudes. Pour obtenir la vitesse d'un objet évoluant horizontalement ou en cours de descente, il suffit de consulter l'extrémité gauche des courbes.



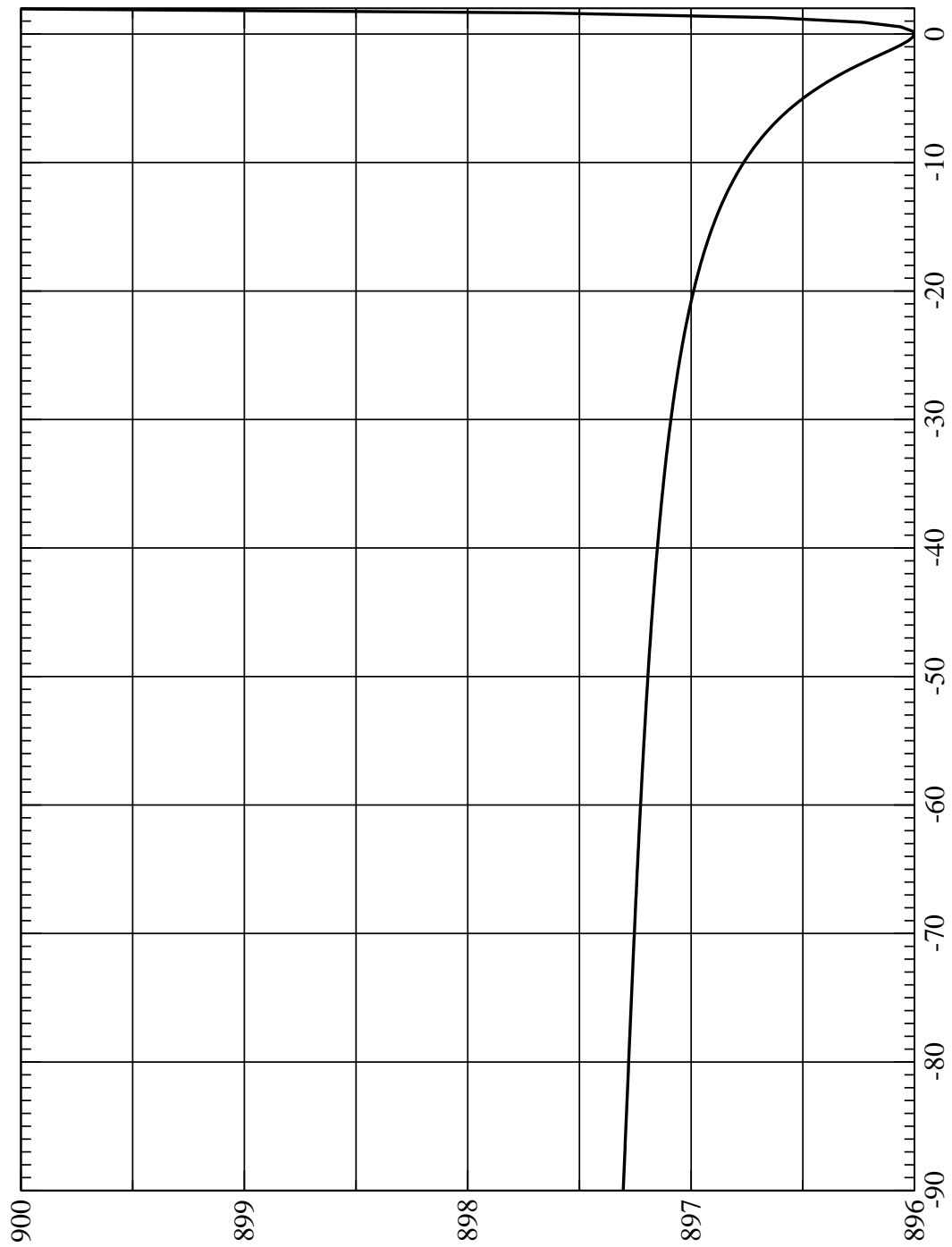


FIGURE 4.2 – Vitesse en km/h de l'objet à 10 km d'altitude, en fonction de son angle de descente

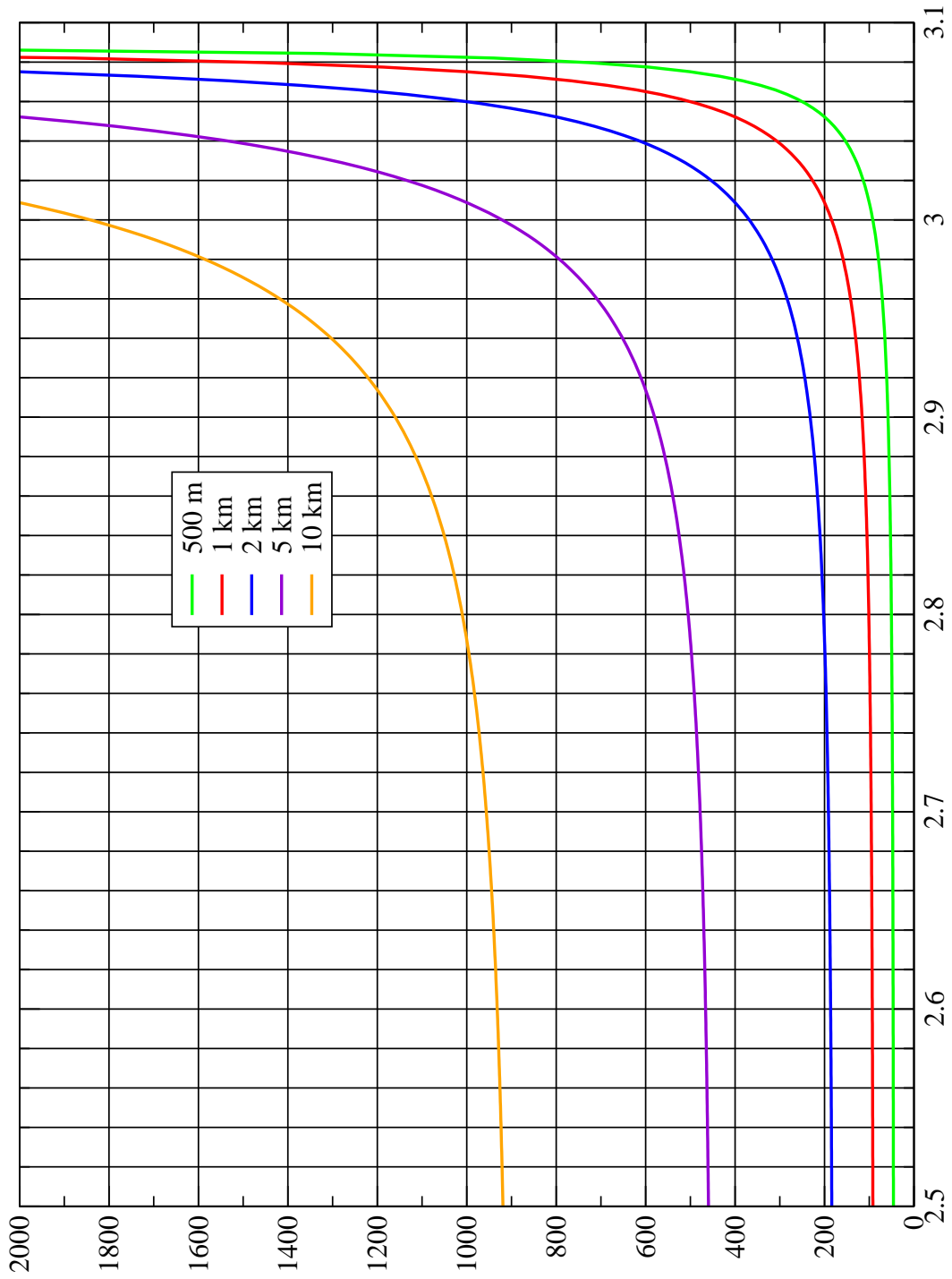


FIGURE 4.3 – Vitesse en km/h de l'objet en fonction de son angle de montée, pour différentes altitudes

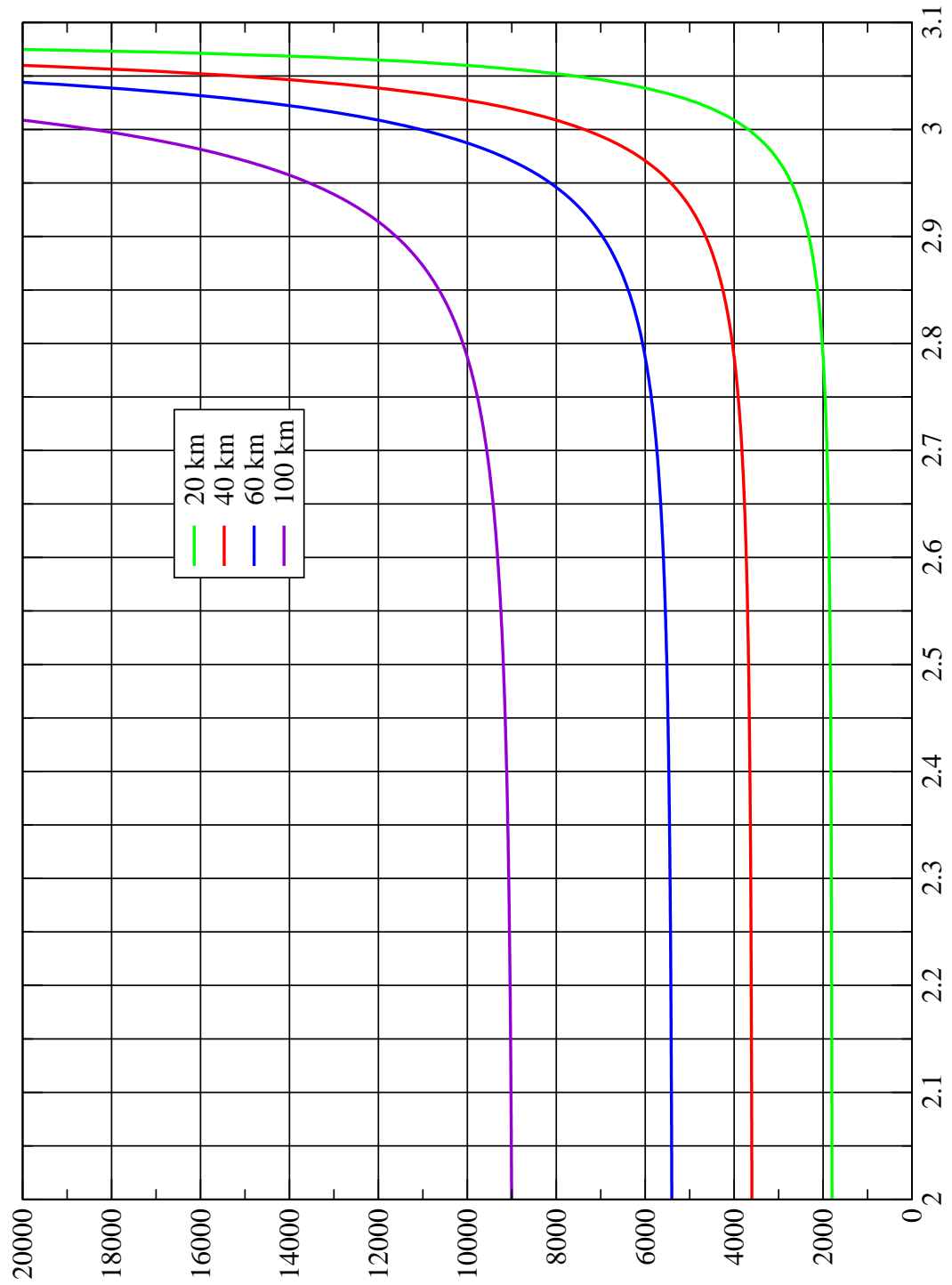


FIGURE 4.4 – Vitesse en km/h de l’objet en fonction de son angle de montée, pour de très hautes altitudes

## 4.4 Angle réel entre la direction du déplacement et la traînée

Nous allons supposer que si l'objet avance avec un angle d'attaque  $\gamma$ , sa traînée possède le même angle d'attaque. Cela revient à supposer que le vent souffle horizontalement. De plus, comme en attestent les mesures prises sur la figure 2.4, le hasard de l'observation a voulu que l'orientation de la trajectoire relative de l'objet soit quasiment opposée à l'orientation de sa trajectoire absolue (qui est aussi, par hasard, l'orientation de la traînée). En effet, à droite de la figure, en prolongeant la trajectoire absolue jusqu'à atteindre la hauteur angulaire  $\Delta\varphi_r$  de la trajectoire relative, on mesure une largeur angulaire  $\Delta\theta_t$  quasiment égale à  $-\Delta\theta_r$  (à 2% près). Cette configuration heureuse va simplifier sensiblement notre calcul. C'est ainsi que nous posons

$$\begin{cases} \gamma_t = \gamma \\ \Delta\varphi_t = \Delta\varphi_r \\ \Delta\theta_t = -\Delta\theta_r \end{cases}$$

Soient  $d$  et  $d'$  les longueurs de la figure 3.4. Munie des relations ci-dessus, l'équation (3.4) appliquée à la traînée de l'objet nous donne une longueur  $d'$  strictement identique à la longueur  $d$ . Les relations induisent également

$$\begin{cases} \Delta z' = \Delta z \\ \Delta y' = \Delta y \\ \Delta x' = -\Delta x \end{cases}$$

Par conséquent, l'équation (3.5), qui fournit l'angle réel entre la traînée et la direction de l'objet, devient

$$\alpha = \arccos\left(\frac{2d^2 - 4\Delta x^2}{2d^2}\right),$$

ce qui se simplifie en

$$\alpha = \arccos\left(1 - 2\frac{\Delta x^2}{d^2}\right).$$

La substitution de  $\Delta x$  et  $d$  par leurs formules respectives (3.2 et 4.1) suivie de l'utilisation des valeurs de l'observation, aboutit finalement à

$$\alpha = \arccos\left(1 - \frac{6.245 \cdot 10^{-4}}{1 + \frac{1}{(\cot 3.09 - \cot \gamma)^2}}\right). \quad (4.3)$$

Ainsi, nous pouvons calculer l'angle réel  $\alpha$  entre la traînée et la trajectoire de l'objet, en fonction de l'angle d'attaque  $\gamma$ .

## 4.5 Abaque permettant l'analyse de l'angle

À partir de la formule ci-dessus, nous traçons la courbe de la figure 4.6. On y constate que si l'objet se meut horizontalement, alors l'angle réel entre sa trajectoire et sa traînée est de  $2^\circ$ . Si l'on considère qu'il est en cours d'ascension, on remarque que l'angle se rapproche de  $0^\circ$ . Ces valeurs réelles sont très éloignées des  $34^\circ$  perçus sur la séquence animée.

## 4.6 Nature probable de l'objet

Voici l'altitude de croisière et la vitesse de quelques avions de ligne courants :

Airbus A320	11 km	950 km/h
Airbus A340	13 km	1000 km/h
Boeing 747	11 km	1000 km/h
Boeing 777	11 km	1000 km/h

La courbe la plus haute de la figure 4.3, en orange, indique que si l'objet est à 10 km d'altitude, il se meut horizontalement à 900 km/h. Trois des avions de ligne cités ci-dessus croisent à 11 km, soit 10% plus haut que la courbe. Si l'on ajoute 10% à la vitesse qu'elle indique, nous obtenons 990 km/h, ce qui correspond assez précisément aux vitesses de croisières annoncées dans le tableau. Il est ainsi parfaitement raisonnable d'envisager que l'objet de notre étude soit un avion tel que l'Airbus A320, le Boeing 747, le Boeing 777 et équivalents.

Lorsque le vent ne vient pas de face, un avion avance en biais pour ne pas se laisser emporter et pouvoir garder son cap. La direction de la traînée de vapeur qu'il laisse derrière lui traduit alors l'orientation de l'avion, tandis qu'il se déplace en biais (figure 4.5). Notre avion compense un vent transversal en s'inclinant de  $2^\circ$ , ce qui est parfaitement raisonnable et sans doute courant.

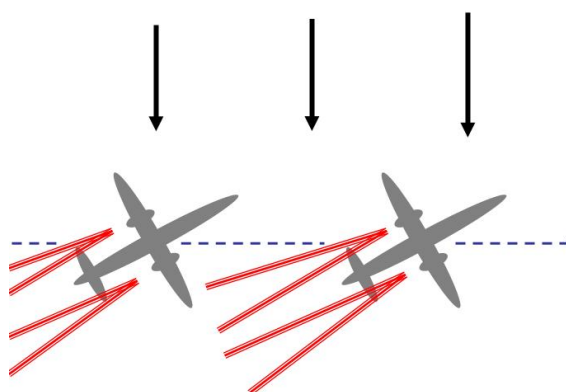


FIGURE 4.5 – Compensation d'un vent latéral par un avion

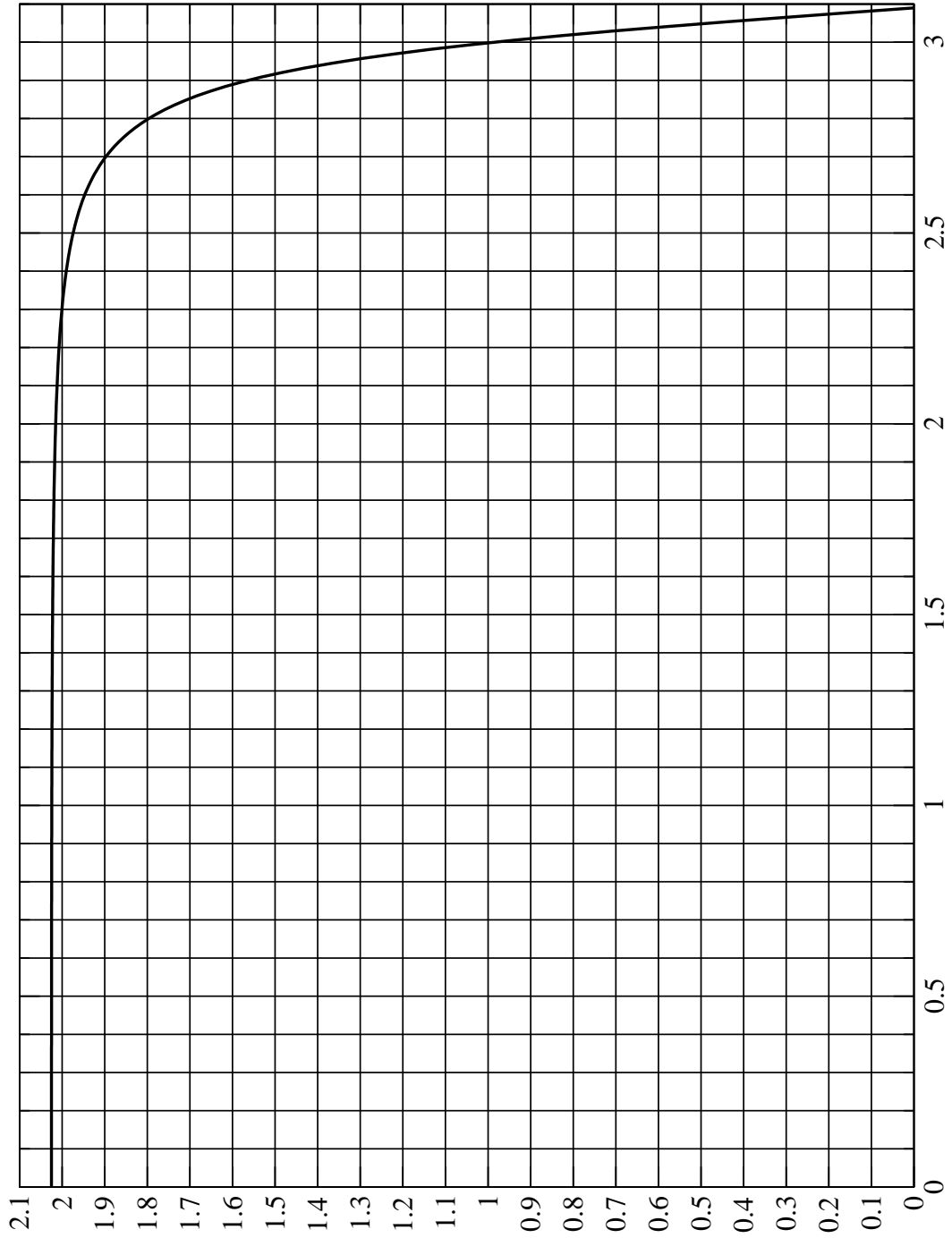


FIGURE 4.6 – Angle entre l’objet et sa trainée, en fonction de son angle de montée

## 5 Conclusion

Les mathématiques sont fascinantes. À partir d'une date et d'une heure, il est possible de calculer la position précise de la lune dans le ciel en tout point de la terre. Le logiciel Stellarium l'a fait pour nous. À partir d'une série de photographies, il est possible de reconstituer l'évolution des objets de l'image dans les 3 dimensions de l'espace.

Les outils mathématiques mis en oeuvre nous ont menés hors des apparences. Le déplacement de la lune dans le ciel, la trajectoire propre de l'objet, l'angle étrange entre sa trajectoire et sa trainée, tous sont désormais déterminés avec précision. La configuration particulière de ces éléments tenait d'un heureux hasard, comme destiné à nous tromper. Nous savons à présent que l'objet a toutes les caractéristiques d'un avion.

Le présent rapport est susceptible d'évoluer si des erreurs ou de nouvelles analyses nous sont signalées par les lecteurs. La dernière version sera disponible sur

[http://www.amaelie.fr/public/ovni\\_raphael\\_aupy](http://www.amaelie.fr/public/ovni_raphael_aupy).