

# Que dire – courtoisement – à un platiste ? Et pourquoi vaut-il mieux s'abstenir de parler des bateaux à l'horizon ?

■ Thomas TOUZÉ

*Les sites Internet platistes regorgent d'images frappantes, de textes suscitant le doute et de liens vers des vidéos semblant pleines de bon sens et où les bateaux ne disparaissent pas partiellement à l'horizon, ils deviennent juste, par les lois de la perspective, de plus en plus difficiles à observer à l'œil nu. Face à de tels arguments, sommes-nous capables, les topographes, de détecter les failles de ces raisonnements et de répliquer ? Il m'a personnellement fallu beaucoup de travail pour pouvoir répondre sereinement oui à cette interrogation. Ce travail m'a amené à mieux connaître l'histoire de mon métier et à comprendre en profondeur la réfraction atmosphérique qui, certes, est souvent en jeu dans les raisonnements platistes, mais qui surtout, est un élément essentiel à prendre en compte pour la justesse et la fidélité des mesures en topographie et en hydrographie. Je vous propose donc de faire un petit voyage chez les platistes pour devenir un meilleur ou une meilleure globe-trotter.*

## ■ MOTS-CLÉS

Histoire de la géodésie, réfraction et courbure de la Terre, Terre plate, correction de niveau apparent

La bonne nouvelle est qu'en étudiant précisément ces arguments, j'ai progressé culturellement et professionnellement.

En 2017, un sondage Ifop<sup>1</sup> affirmait que plus de 9 % des Français croyaient "possible que la Terre soit plate et non pas ronde comme on nous le dit depuis l'école". Malgré un biais possible dû à la formulation de la question ou à la faiblesse de l'échantillon, un tel résultat pose question. Qui est plus légitime que les topographes et les géodésiens pour parler de la forme de la Terre ? En ce sens, je me devais d'entrer dans la bataille. Dans cet article, je vous propose donc un petit voyage historique et géodésique pour vous préparer à la rencontre de l'un de ces Français dubitatifs quant à la forme de la Terre.

## Introduction

Lorsqu'en 2018 j'avais commencé à réfléchir sérieusement aux questions de réfraction atmosphérique en topométrie, m'était venue l'idée de me rendre sur une célèbre plateforme de vidéos en ligne pour voir comment ce thème était abordé. Quelle ne fut pas ma surprise en constatant alors que nombre des vidéos proposées visaient à convaincre les spectateurs de la platitude de notre planète. Je me rappelle avoir trouvé ça drôle à l'époque. Aujourd'hui, j'en ris moins, et ce pour deux raisons.

La première surpasse mes compétences de topographe et relève, je suppose, d'une part, de la place de la science dans le monde actuel et, d'autre part, de la dégradation de la relation entre les gens et les "sachants". Des sociologues et épistémologues en parlent bien mieux que moi. Je vous recommande particulièrement les réflexions d'Étienne Klein.

La seconde raison est plus à ma portée. Beaucoup de bêtises sont dites par des défenseurs de la rotondité de la Terre et parfois dans des ouvrages très sérieux. Ainsi, ces personnes, bien que convaincues que la Terre soit ronde ou ellipsoïdale, ignorent comment la science en a acquis la certitude, voire en sont convaincues pour de fausses raisons qui relèvent de l'imaginaire collectif. Elles sont alors vulnérables à l'argumentaire des platistes qui, nous le verrons, n'est pas toujours simple à réfuter ni, parfois, si infondé que cela (et ça m'en coûte de l'admettre).

## Attention aux hypothèses

Commençons doucement par cette anecdote personnelle. Lors de ma thèse de doctorat, parmi les géomètres du CERN, j'avais monté une expérience dans un vieux tunnel désaffecté pour éprouver des systèmes de mesure par écartométrie à fil (WPS pour *Wire positioning system*) et par nivellement

<sup>1</sup> <https://www.nationalgeographic.fr/sciences/un-francais-sur-10-pense-que-la-terre-est-plate>

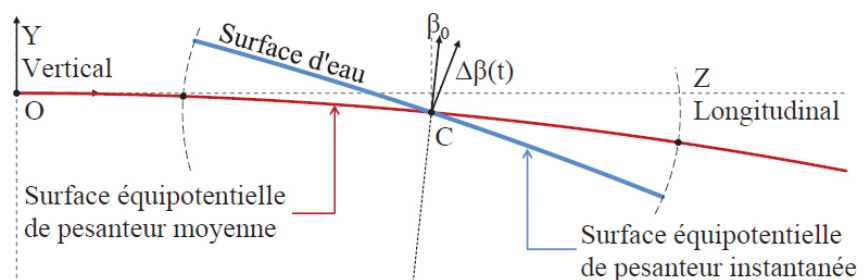


Figure 1. Modélisation de la surface d'eau de mon réseau hydrostatique dans ma thèse. [Touzé, 2011]

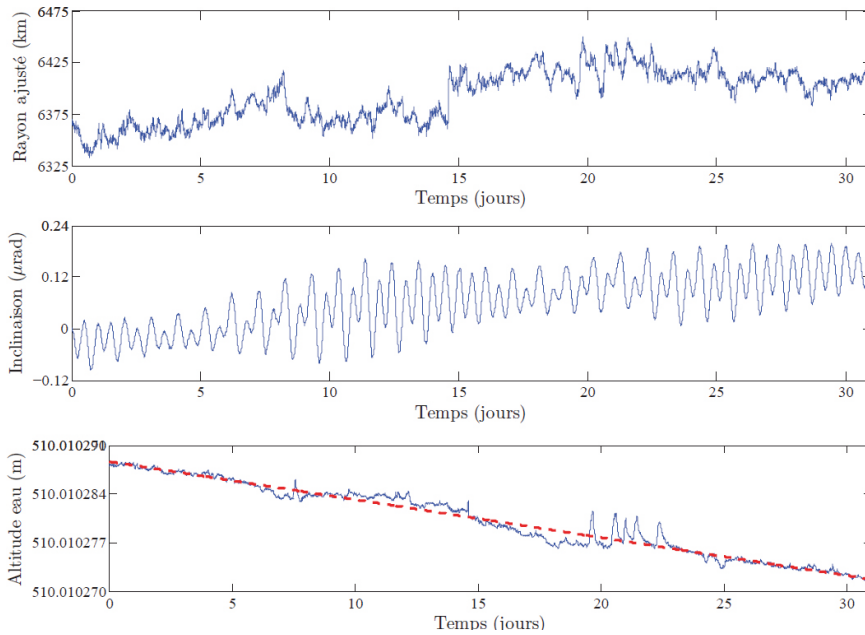


Figure 2. Paramètres ajustés de la surface d'eau du réseau HLS du tunnel TT1 en juillet 2010. (Touzé, 2011)



hydrostatique (HLS pour *Hydrostatic levelling system*). Pour pouvoir intégrer ces systèmes dans un réseau géodésique et être en mesure de compenser les observations associées par la méthode des moindres carrés, je devais définir le modèle fonctionnel, c'est-à-dire définir la formulation mathématique de ces mesures avec des paramètres inconnus à ajuster. Dans le cas des HLS, j'avais modélisé mon réseau d'eau, le long de mon tunnel, comme un arc de cercle de rayon fixe, d'altitude décroissante dans le temps du fait de l'évaporation, et oscillant dans le temps, du fait des marées, autour de la direction de la verticale vraie (voir figure 1).

En ajustant les mesures HLS sur un mois en juillet 2010, exprimées dans le réseau géodésique du tunnel, j'avais obtenu les résultats en figure 2.

Ces graphiques montraient une évaporation linéaire d'environ 1 µm tous les deux jours, un superbe effet de marées dans l'inclinaison de ma surface d'eau et un rayon de la Terre proche de 6 400 km.

Pour un réseau d'eau de 140 m de long, contenant environ 150 l d'eau seulement, je me rappelle mon émerveillement devant un signal de marées aussi net et ma fierté d'avoir ma propre expérience de détermination du rayon de la Terre.



Figure 3. Vue sur l'expérience de TT1 avec à droite, le tube contenant l'eau et l'air, et connecté aux HLS. (Touzé, 2011)

Toutefois, il y avait un loup. Je m'étais trompé sur ma capacité à estimer le rayon de la Terre : mon expérience n'en a pas estimé la valeur à approximativement 6 400 km, elle a confirmé le modèle fonctionnel du logiciel LGC de compensation des mesures topométriques du CERN qui définit le rayon de la Terre pour pouvoir déterminer, depuis les mesures tachéométriques, les coordonnées des points sur lesquels j'appuyais mes observations.

En résumant, en faisant l'hypothèse d'une Terre localement sphérique d'environ 6 400 km de rayon, j'ai démontré que le rayon de courbure de ma surface d'eau était d'environ 6 400 km. Bel exploit !

À ma décharge, j'étais jeune et cette partie de ma thèse visait à valider la modélisation de la surface d'eau par un arc de cercle oscillant du fait des marées. Le rayon de la Terre n'était pas le cœur du débat. Néanmoins, cette fierté éprouvée à l'époque était réelle, bien que fondée sur un raisonnement incorrect. Personne n'est à l'abri d'un argumentaire s'appuyant sur du sable plutôt que le roc.

### Légende de la Terre plate au Moyen Âge

Parlons maintenant de ce qu'on sait de l'histoire de la forme de la Terre en lisant cet extrait du dernier chant (34) de l'Enfer, la première partie de la Divine comédie de Dante (Alighieri, 1321) dans lequel Dante et son guide, le poète Virgile, viennent de franchir le dernier cercle, grâce à la piosité de Lucifer qui y est emprisonné dans les glaces (voir gravure de Gustave Doré en figure 4).

*"Où est le glacier, et comment Lucifer est-il enfoncé sens dessus dessous ? Et comment, dans si peu d'heures, le Soleil, du soir au matin, a-t-il fait le trajet ?"*

Et lui : *"Tu t'imagines encore être au-delà du point où je m'arrachai au poil de ce ver misérable qui traverse le monde. Tu y étais tant que je descendais ; quand je me suis retourné, tu as passé le point vers lequel de toutes parts les poids sont attirés. Tu es sous l'hémisphère joint et opposé à celui*



Figure 4. Gravure de Gustave Doré illustrant le passage du dernier cercle de l'Enfer par Dante et Virgile. (Source BNF)

*qui couvre le grand désert, et sous la voûte duquel périt l'homme qui naquit et vécut sans péché. (...)*"

Si Dante Alighieri a eu bien des soucis à l'époque de sa vie où il composait ces vers qui, soit dit en passant, contiennent beaucoup de réglemens de compte assez croustillants, ce n'est certainement pas à cause de la forme de la Terre. Cet extrait est intéressant, car il résout les doutes de Saint-Augustin (IV<sup>e</sup> et V<sup>e</sup> siècles) qui, dans son ouvrage *La Cité de Dieu*, accepte la Terre ronde, mais ne parvient pas à se résoudre à ce que des gens puissent vivre aux Antipodes, la tête en bas. Manifestement, entre ces deux hommes, non seulement la Terre est restée ronde, mais la notion de centre des masses a été comprise.

Depuis l'Antiquité, la rotondité de la Terre n'a jamais cessé d'être connue des savants européens, arabes ou perses, et selon toute vraisemblance en Chine ou en Inde. Pourtant, beaucoup de personnes, même chez les plus cultivées, pensent, à tort, que Galilée a risqué le bûcher pour avoir affirmé la rotondité de la Terre, où que Christophe Colomb a tenté sa traversée par opposition aux platistes de son temps. En effet, comme le fait remarquer Etienne Klein, si Galilée avait effectivement risqué sa vie pour la Terre ronde, cela signifierait que l'expédition de Magellan aurait fait le tour de la Terre plate ? En effet, le procès de Galilée a lieu en 1633, soit 122 ans après la mort de Magellan. Par le contre-exemple des satellites de

Jupiter, Galilée a invalidé le système géocentrique de Ptolémée et donc, par ricochet, la scolastique du docteur angélique Saint Thomas d'Aquin. Il faudra attendre quelques décennies avant que physique et métaphysique se distinguent l'une de l'autre.

Quant à Christophe Colomb, les réserves des autorités portugaises ou espagnoles étaient dues à la distance à franchir pour rejoindre les Indes depuis l'Espagne, infranchissable en termes de vivres à emporter. La différence de longitude entre ces deux régions du monde et le rayon de la Terre étaient connus (Bretar, 2004), certes de manière peu précise, mais suffisante. En revanche, on ne sait pas si la conviction de Christophe Colomb se basait sur une sous-estimation de la distance pour rejoindre les Indes ou sur l'espoir de trouver des îles sur le trajet pour se ravitailler.

Curieusement, la légende de la Terre plate ne date pas du Moyen Âge, dans un contexte d'obscurantisme religieux, elle est assez récente et date du XIX<sup>e</sup> siècle. Comme nous le dirions aujourd'hui, c'était une "infox" notamment employée par les darwinistes contre les créationnistes ainsi que par les protestants contre les catholiques.

### Rayon de la Terre et réfraction

Venons-en au cœur du débat, lors d'un hypothétique échange avec un ou une platiste. Plus particulièrement, nous allons nous concentrer dans cette partie

How big is the ball again to allow ships to go over the horizon at 2.9 miles???



Figure 5. Même en faisant confiance à l'estimation de la distance de 2,9 miles, soit 4,7 km, sur cette image issue d'un site platiste (<https://lapinblanc.me/les-bateaux-a-l-horizon/>), la question posée est légitime.

sur ce qu'il faut absolument éviter, en l'occurrence la question des bateaux à l'horizon.

Avec les images acquises depuis l'espace, il s'agit de l'expérience la plus souvent utilisée pour illustrer, pour le grand public, la rotondité de la Terre. Et comme on peut le voir dans le texte en *figure 5*, ce type d'illustration peut poser question.

J'ai grandi et passé toute mon enfance dans la commune littorale de Loctudy, dans le Finistère. Chaque jour, pour aller à l'école, je passais par le front de mer. Si à l'époque, je m'intéressais peu à ces questions, je me rappelle tout de même avoir cherché à comprendre pourquoi, par beau temps, l'archipel des Glénans était parfois visible. Selon mon père, cela signifiait que le temps allait changer.

Supposant la Terre ronde, il est aisé de concevoir l'expérience de pensée d'un bateau ou d'un archipel qui n'est plus visible en totalité du fait de la courbure. Mais que la distance, à partir de laquelle l'objet n'est plus totalement visible, puisse varier dans le temps pose question : cela signifierait-il que le rayon de courbure de la Terre soit variable dans le temps ? Naturellement non.

Ainsi, pour ce type d'expérience, il est nécessaire de considérer à la fois les effets de courbure de la Terre et de réfraction. En effet, dans les formules régissant le nivellement trigonométrique, la correction de niveau apparent<sup>2</sup> s'exprime en  $(1 - k) d^2 / (2 R)$  avec  $d$ , la distance horizontale,  $R$ , le rayon de la Terre et  $k$ , le coefficient de réfraction défini par le rapport entre le rayon de

<sup>2</sup> <https://www.aftopo.org/categories-lexique/4-3-2-methodes-et-corrections/>





courbure  $\rho$  dû à la réfraction et le rayon de la Terre :  $k = R / \rho$  (Torge, 2001). Ainsi, la correction de niveau apparent peut être reformulée en  $(1 / R - 1 / \rho) d^2 / 2$ . Dans cette formulation, on remarque la somme algébrique de deux courbures : celle de la Terre et celle du chemin optique.

Le constat est le même en partant d'outils mathématiques et physiques plus poussés. Ainsi, dans (Touzé, 2022), en exprimant l'équation eikonale de manière tensorielle, on obtient une équation différentielle de second ordre pouvant être résolue en Terre plate comme en Terre sphérique (voir encadré TEE dans [Touzé, 2022] dans lequel les termes  $\Gamma_{ij}^k$  quantifient la variation du référentiel, c'est-à-dire la courbure de la Terre dans notre cas).

Si dans ces équations on néglige la réfraction, on ne conserve alors que les effets de courbure de la Terre qui ne sauraient varier dans le temps du fait des variations de conditions météorologiques. À l'opposé, on peut tout à fait expliquer les déviations constatées en ne considérant que la réfraction, c'est-à-dire en Terre plate. Dans ce cas, la seule manière rigoureuse de réfuter cette vision des choses consiste à démontrer que les gradients de température, de pression et d'humidité, mesurables sur le terrain, ne suffisent à expliquer la totalité de la déviation, car il manquera toujours un terme de courbure géométrique. Je ne vous souhaite pas de devoir arriver à une telle démonstration, lors d'un dîner de famille tournant mal, d'autant que ce serait alors à vous, le ou la globiste<sup>3</sup>, d'effectuer le travail ingrat de calculs fastidieux. Ne parlez donc plus des bateaux à l'horizon. Nous verrons, plus loin dans cet article, une expérience bien plus puissante et difficile à réfuter pour les platistes.

## Expérience de Bedford Level

La réfraction intervient de manière récurrente dans les médias platistes. Ainsi, dans leurs supports d'apparence scientifique, j'ai souvent rencontré une

<sup>3</sup> C'est ainsi que les platistes nous désignent. J'aurais personnellement préféré ellipsoïdiste.



Figure 6. La rivière canalisée en section droite sur près de 10 km de Bedford, en Angleterre, à partir de laquelle Samuel Rowbotham pensa démontrer la Terre plate. (Source : Wikipedia)

référence à un ouvrage au nom obscur : *Zetetic astronomy* (Rowbotham, 1865).

Dans cet ouvrage, l'auteur pensait donner une preuve que la Terre était plate à partir d'observations faites sur la Bedford, une rivière canalisée en Angleterre (figure 6). Ce canal forme une section droite de 10 km, et Samuel Rowbotham y avait effectué des mesures d'angles zénithaux sur une mire fixée à un bateau parcourant le canal : c'est l'expérience dite de *Bedford Level*.

Au début de son ouvrage, Samuel Rowbotham décrit rigoureusement la correction de niveau apparent. Il nous disait aussi que la courbure de la réfraction était, selon *Encyclopædia Britannica* dans l'article *Levelling*, de l'ordre de  $1 / 7$  de la courbure de la Terre (soit  $k = 0,14$ ) et qu'elle ne pouvait excéder  $1 / 5$ , soit  $k = 0,2$ . Ne constatant pas de déviation angulaire le long du canal, disait-il sans fournir de mesures, et comme la réfraction, bornée par hypothèse ne pouvait compenser la courbure de la Terre, il en avait déduit que la courbure de la Terre était nulle. Dans les deux cents pages suivantes, que j'admets n'avoir que feuilletées, Samuel Rowbotham avait tenté, tout d'abord, de fournir d'autres preuves en justifiant l'argument aristotélicien de la variation de

la hauteur au-dessus de l'horizon de l'étoile Polaire, lors d'un trajet nord-sud, par les lois de la perspective. Puis il avait tenté, dans la suite, de construire une astronomie alternative.

*In fine*, dans l'expérience de *Bedford Level*, la démarche de Rowbotham était initialement plutôt rigoureuse, jusqu'à la conclusion de l'expérience. Son postulat de départ reposait sur deux hypothèses, en l'occurrence que la Terre était ronde et que la courbure due à la réfraction ne pouvait dépasser  $1 / 5$ . En toute rigueur, ses résultats prouvaient qu'au moins une des deux hypothèses était fautive. Malheureusement, il n'avait pas choisi la bonne.

Aujourd'hui encore, les ordres de grandeur du coefficient de réfraction sont mal connus des topographes. J'ai personnellement réalisé, jusqu'à présent dans ma carrière, une vingtaine de dénivelées réciproques simultanées qui m'aident désormais à avoir ces ordres de grandeur en tête. Le cas rencontré par Rowbotham d'un coefficient de réfraction  $k = 1$  compensant la courbure de la Terre me paraît tout à fait vraisemblable. Sur une réciproque simultanée longue de 770 m à 2 m au-dessus du plan d'eau de Cadarache, mon collègue Olivier Robert (EDF DTG) et moi avons mesuré un coefficient  $k$  entre 0,6 et 0,7, ce qui compense les deux tiers de la courbure de la Terre.

## Argument ultime contre les platistes

Dans la littérature platiste que j'ai pu consulter, une expérience prouvant la rotondité de la Terre brille par son absence. Et pour cause : elle est simple, ne nécessite aucune instrumentation ni de bagage scientifique poussé et est extrêmement difficile à expliquer autrement que par une Terre ronde.

Prenons une éclipse de Lune et un observateur en figure 7. Ce dernier voit la Lune pénétrer puis sortir des cônes de pénombre et d'ombre de la Terre. Quelles que soient les orientations relatives de la Terre, de la Lune et de l'observateur, les bords des cônes visibles sur la surface de la Lune forment toujours des arcs de cercle.



Figure 7. Photographie des phases d'une éclipse de Lune (source : Wikipedia). Quelles que soient les orientations relatives de la Terre, la Lune et l'observateur, les intersections des cônes de pénombre et d'ombre de la Terre sur la Lune forment toujours des arcs de cercle.

Indépendamment de la forme de la Lune, il est difficile, compte tenu de l'isotropie (le "quelles que soient"), d'expliquer cela autrement que par une Terre à symétrie sphérique.

Comme on parle de visées optiques, la réfraction est certes présente, mais elle ne peut affecter l'observation que par un biais sur le lieu du ciel où l'observateur situe l'éclipse à un instant donné. La réfraction ne change rien au fait que l'intersection soit toujours un arc de cercle.

Cette expérience est simple, reproductible et ne requiert aucune instrumentation. Cette fois-ci, c'est à votre interlocuteur platiste de trouver la faille. Bon courage à lui pour la trouver.

## Conclusion

Ce qui étonne sur les sites Internet platistes, c'est la quantité de vidéos, de schémas et textes pour réfuter la géodésie classique. Il est troublant de regarder cela en faisant le constat amer d'incompétence pour réfuter ces arguments. J'ai connu ce sentiment et à ma décharge, ce n'était pas toujours simple.

En effet, il faut déjà maîtriser ses hypothèses de travail et leurs manipulations pour éviter des erreurs parfois bénignes, comme dans ma thèse, ou celles plus graves, telles que Rowbotham. De plus, sur ce thème, nous devons lutter contre des lieux communs ou des légendes urbaines.

Comme évoqué, beaucoup d'arguments platistes tirent profit du lien profond entre la courbure de la Terre et la courbure du chemin optique due à la réfraction. De ce fait, l'argument de la disparition partielle des bateaux à l'horizon est réfutable par de la réfraction



Figure 8. C'est pas faux...

en Terre plate. Il est alors nécessaire de maîtriser le lien entre le coefficient de réfraction et les paramètres météorologiques pour justifier, dans de telles expériences, que la courbure de la Terre est requise. Je crois que la prise de conscience de cette difficulté m'a motivé davantage à travailler sur ce thème.

Je ne ris donc plus des platistes, je les remercie secrètement de leur contribution inavouable dans mon métier et ma culture de mon métier. Je suis prêt, au jour où j'en rencontrerai un, à lui dégainer de redoutables arguments tel celui des éclipses de Lune.

Heureusement, pour rire des géodésies alternatives, il me reste la Terre creuse ou l'*Expanding Earth*. ●

## Contact

Thomas Touzé, EDF,  
thomas.touze@edf.fr

## Références

- (Alighieri, 1321) *La divine comédie*, traduction d'Auguste Brizeux, édition Charpentier 1847.  
 (Bretar, 2004) *Histoire de la détermination des longitudes de Ptolémée à Borda*, Frédéric Brétar, DEA d'épistémologie, histoire des sciences et des techniques de l'université Paris 7 Denis Diderot.  
 (Rowbotham, 1865) *Zetetic astronomy. Earth not a globe! An experimental inquiry into the true figure of the Earth:*

*proving it a plane, without axial or orbital motion; and the only material world is the universe!*, Samuel Rowbotham, sous le pseudonyme "Parallax", 1865.

(Torge, 2001) *Geodesy, 3rd edition*, Wolfgang Torge, 2001, éditions de Gruyter.  
 (Touzé, 2011) *Proposition d'une méthode d'alignement de l'accélérateur linéaire CLIC, des réseaux de géodésie au pré-alignement actif*, Thomas Touzé, 2011, Thèse de doctorat de l'université de Paris-Est.

(Touzé, 2022) *Généralisation des réfractions terrestres et bathymétriques : nouveau modèle dans le cas d'une stratification verticale de la célérité en Terre localement sphérique*, Thomas Touzé, 2022, XYZ n° 170.

## ABSTRACT

*Flat Earth websites are full of striking images, texts arousing doubt and links to videos that seem full of common sense. Boats do not partially disappear on the horizon, they just become, through the laws of perspective, increasingly difficult to observe with the naked eye. Faced to such arguments, are we, land surveyors, able to argue, to find the flaws and to argue back? It personally took a lot of work to calmly answer yes. This hard work led me to a better understanding of our job's history and of atmospheric refraction that often occurs in flaters' reasonings. But, above all, refraction is essential for accuracy and precision of measurements in land-surveying and hydrography. So, I invite you to a little trip on the Flat Earth to become a better glober.*