

# AVEC NOS ÉLÈVES

## STATION SPATIALE INTERNATIONALE: DISTANCE ET ALTITUDE

Pierre Le Fur, MPSI /ISEN Toulon  
Formateur en astronomie, Académie de Nice

Le site "[heavens-above.com](http://www.heavens-above.com)" nous convie à étudier et observer les satellites artificiels, en particulier la station spatiale internationale, "ISS". Nous proposons la construction d'une **maquette** en carton permettant d'appréhender les conditions nécessaires à la détermination de la distance à l'observateur et de l'altitude de l'orbite, par la méthode de la **parallaxe** ou **triangulation**.

L'été nous offre le temps et l'opportunité de se laisser charmer par ce crépuscule dégradé de bleus intenses à clairs, caractéristique de ces douces soirées tardives. Si l'oreille est parfois distraite par le vol agaçant de moustiques, le calme s'impose dans l'obscurité naissante et les yeux commencent à capter le délicat scintillement des premières étoiles qui apparaissent une à une sur le fond bleu-noir. Une sorte de sérénité envahit le spectateur, ces instants semblent subtils et éternels.

Mais voilà, brusquement, qu'un point lumineux apparaît à l'horizon sud-ouest, grandit en s'élevant dans l'éther puis culmine brillamment au dessus de l'observateur étonné, une minute plus tard. L'astre inattendu domine alors de son éclat le dieu Jupiter qui s'élève dignement au dessus de l'horizon sud-est. L'objet poursuit sa course régulière et majestueuse vers le nord-ouest et disparaît avant de toucher l'horizon comme gommé de la carte du ciel. Ce surprenant ballet céleste frappe notre imaginaire et capte notre attention : Quelle est cette superbe étoile qui danse d'un horizon à l'autre en quelques minutes ? Est-elle artificielle ou naturelle ? À quelle vitesse ce bolide se déplace-t-il ? À quelle distance évolue-t-il ? Pourquoi son éclat varie-t-il ? Le reverra-t-on bientôt ?

Les réponses à ces questions pourraient être obtenues en quelques clics sur internet et nous ne nous priverons pas d'utiliser notre ordinateur connecté sur le Réseau. Mais nous allons réaliser une maquette afin de matérialiser ces informations et suggérer comment elles peuvent être obtenues ou vérifiées.

### Ciel ou paradis ? : "[heavens-above](http://www.heavens-above.com)"

Si les étoiles visibles à l'œil nu semblent innombrables, les sites internet dédiés à l'astronomie

ne le sont pas moins. Mon choix s'est fixé sur "<http://www.heavens-above.com>" qui est, à mon sens, un petit paradis pour les observateurs de satellites.

Tout commence par une **page de présentation** sur laquelle il faut déjà s'enregistrer (figure 1). On choisit "**Configuration**" pour préciser la localisation de l'observateur avec "**switch observing sites**". Nous verrons dans la suite toute l'importance de cette étape préalable à l'utilisation de "**heavens above**". Désormais l'on peut lire sous "**configuration -> current observing sit**" le nom et les coordonnées du lieu d'observation.

**Configuration**  
Current observing site: **Toulon, 43.1170°N, 5.9330°E**  
[Switch](#) observing sites  
[Change](#) your personal configuration  
AvantGo channel discontinued, please [click here](#) for details

**Satellites**  
10 day predictions for: [ISS](#) | [Genesis-1 / 2](#) | [Envisat](#) | [HST](#)  
Daily predictions for all satellites brighter than magnitude:  
(brightest) [3.5](#) | [4.0](#) | [4.5](#) (dimmiest)

Iridium Flares  
[next 24 hrs](#) | [next 7 days](#) | [previous 48 hrs](#)  
[Daytime flares for 7 days](#) - see satellites in broad daylight!  
[Spacecraft escaping the Solar System](#) - where are they now?  
[Radio amateur satellites](#) - 24 hour predictions (all passes)  
[Select](#) a satellite from the database  
[Enter/edit observations](#)  
[Select observations](#)  
[Height of the ISS](#) - how does it vary with time

**Astronomy**  
Comets currently brighter than mag. 12

Fig.1. Page de présentation.

L'initialisation étant faite, l'exploration du menu peut commencer. Notre choix se porte sur "Satellites" en laissant provisoirement de côté "Astronomy et Miscellaneous".

La deuxième page "ISS Visible Passes" que nous allons afficher s'ouvre en cliquant "10 days predictions for: ISS". Nous voyons alors apparaître à l'écran quelques lignes suivies d'un tableau mystérieux... (figure 2).

ISS - Visible Passes										
Search period start: 00:00 Saturday, 24 April, 2010										
Search period end: 00:00 Tuesday, 4 May, 2010										
Observer's location: Toulon, 43.1170°N, 5.9330°E										
Local time zone: Central European Summer Time (UTC + 2:00)										
Orbit: 333 x 343 km, 51.6° (Epoch Jan 11)										
Click on the date to get a star chart and other pass details.										
Date	Mag	Starts			Max. altitude			Ends		
		Time	Alt.	Az.	Time	Alt.	Az.	Time	Alt.	Az.
24 Apr	-0.8	04:29:42	16	NNW	04:30:57	21	NNE	04:33:11	10	ENE
24 Apr	-3.5	06:03:15	10	WNW	06:06:02	72	SW	06:08:50	10	SE
25 Apr	-1.9	04:48:20	17	NW	04:50:08	36	NNE	04:52:46	10	E
26 Apr	-3.6	05:07:20	20	WNW	05:09:08	88	WSW	05:11:57	10	SE
27 Apr	-0.1	03:55:42	10	E	03:55:42	10	E	03:55:43	10	E
27 Apr	-2.6	05:26:57	22	W	05:27:58	29	SW	05:30:27	10	SSE
27 Apr	-1.4	21:48:54	10	SSW	21:49:41	15	S	21:49:41	15	S
28 Apr	-1.1	05:47:21	10	SSW	05:47:21	10	SSW	05:47:23	10	SSW
28 Apr	-3.6	22:07:10	10	SW	22:09:55	68	SE	22:10:25	52	E
29 Apr	-1.9	20:52:06	10	S	20:54:09	19	SE	20:56:13	10	E
29 Apr	-2.3	22:26:07	10	WSW	22:28:48	44	NNW	22:30:16	22	NE
30 Apr	-3.4	21:10:06	10	SW	21:12:49	54	SE	21:15:32	10	ENE
30 Apr	-1.0	22:45:29	10	WNW	22:47:49	23	NNW	22:49:24	15	NNE
1 May	-2.6	21:28:54	10	WSW	21:31:37	52	NNW	21:34:21	10	NE
1 May	-0.4	23:05:02	10	NW	23:06:55	16	N	23:08:01	14	NNE
2 May	-1.1	21:48:08	10	W	21:50:33	25	NNW	21:52:57	10	NE
2 May	-0.3	23:24:25	10	NW	23:26:04	14	N	23:26:19	14	N
3 May	-0.5	22:07:37	10	WNW	22:09:35	17	NNW	22:11:32	10	NNE
3 May	-0.1	23:43:24	10	NNW	23:44:25	14	NNW	23:44:25	14	NNW

Fig.2. Deuxième page.

Nous cliquons la date du jour d'observation sur le tableau et là, enfin, s'affiche la carte du ciel rayée par la trajectoire apparente d'ISS accompagnée d'heures caractéristiques du passage (figure 3)

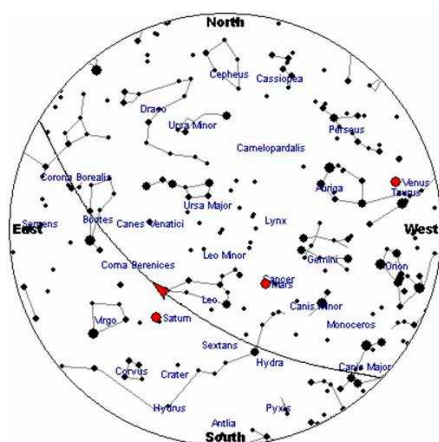


Fig.3a. Carte du ciel du 30 avril

Cette troisième et dernière feuille "Visible Pass Details" lève le voile sur l'étonnante observation

crépusculaire : c'est le passage de la Station Spatiale Internationale (ISS) qui a troublé la quiétude du ciel crépusculaire.

Pass Details	
Date:	Friday, 30 April, 2010
Satellite:	ISS
Observer's Location:	Toulon ( 43.1170°N, 5.9330°E)
Local Time:	Central European Time (GMT + 1:00)
Orbit:	333 x 343 km, 51.6° (Epoch 11 Jan)

Fig.3b. Visible Pass Detail.

## Les éphémérides ISS : lecture du tableau principal

Comment relier nos observations et la liste des données de ce site "Heavens Above"? Quelles informations nous seront réellement utiles ?

Revenons à la deuxième page "ISS Visible Passes". (figure 2). Les colonnes du tableau se suivent et nous indiquent tout d'abord l'éclat de ce satellite (magnitude, "mag"), à son maximum de luminosité lors du passage étudié.

Puis le groupe suivant "Starts" nous éclaire sur les conditions du début d'observation : heure de début, "Time", puis l'élévation angulaire ou hauteur au dessus de l'horizon, "Alt". 0° représente la direction horizontale et 90° celle du zénith (verticale). Enfin "Az" précise dans quelle direction par rapport aux points cardinaux (azimut) l'objet sera visible. Le logiciel a ainsi calculé des coordonnées locales altazimutales et horaires. D'où l'importance d'une initialisation géographique correcte.

Les trois colonnes regroupées sous le nom "Max altitude" reprennent les éléments de "Starts" mais adaptés à l'instant de passage au maximum d'altitude de la Station au dessus de l'horizon.

Enfin on termine la lecture de ce tableau par les données (toujours en trois colonnes) relatives à l'instant de disparition du satellite à la vue de l'observateur, "Ends". En réalité deux possibilités s'offrent au lecteur-observateur :

- soit le satellite disparaît effectivement dans le cône d'ombre de la Terre car il n'est plus éclairé
- soit on reprend les hypothèses des éphémérides "Heavens Above"; on considère arbitrairement qu'il n'est plus visible en dessous de 10° de hauteur par rapport à l'horizon.

Ce sont d'ailleurs les mêmes hypothèses qui ont été prises pour le calcul du début de sa visibilité. La suite est connue puisqu'en cliquant la ligne du passage concerné surgit la carte du ciel à l'heure du passage.

# Une triangulation "en carton"

En introduisant successivement deux lieux d'observations éloignés d'au moins cent kilomètres, ici Toulon et Nice (124 km), nous constatons que les caractéristiques du même passage (30 avril 2010) diffèrent sensiblement (figures 4 et 5), même si les traces sur les cartes célestes de la page "Visible Pass Details" se ressemblent (figures 6 et 7).

Date	Mag	Starts			Max. altitude			Ends		
		Time	Alt	Az	Time	Alt	Az	Time	Alt	Az.
30 Apr	-3.4	21:10:23	10	SW	21:13:06	55	SE	21:15:50	10	ENE

Fig.4 : Repérons la ligne correspondant au passage du 30 avril 2010 (observateur à Nice).

Date	Mag	Starts			Max. altitude			Ends		
		Time	Alt	Az	Time	Alt	Az	Time	Alt	Az.
30 Apr	-3.4	21:10:06	10	SW	21:12:49	54	SE	21:15:32	10	ENE

Fig.5 : Repérons la ligne correspondant au passage du 30 avril 2010 (observateur à Toulon).

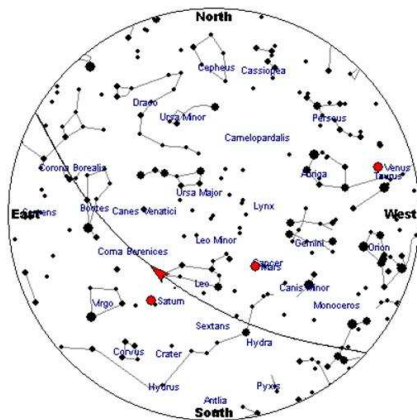


Fig.6. Carte générale du passage pour un niçois.

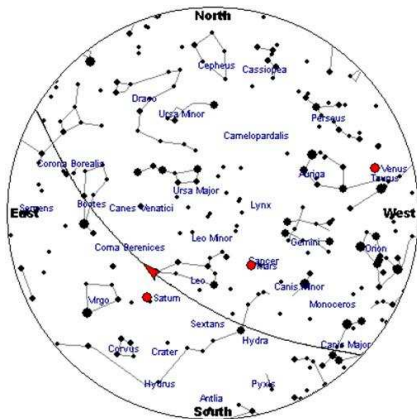


Fig.7. Carte générale du passage pour un toulonnais.

Intéressons nous à l'instant où ISS passe au maximum de hauteur pour un observateur toulonnais, soit 21 h 12 min 49 sec en cette date du 30 avril 2010. L'astronome varois remarque alors que le satellite culmine à 54° de hauteur et qu'il est visible dans la direction sud-est (45° à l'est du méridien). À Nice, il faut attendre 17 secondes pour retrouver une situation identique. Les cartes détaillées du passage issues de la troisième et dernière feuille (cf I) "Visible Pass Details" montrent clairement la différence : (fig. 8 et 8 bis). On constate qu'il est possible de mesurer l'angle de parallaxe d'ISS, en repérant sur une des deux cartes (au choix) les positions respectives d'ISS à un même instant, vue depuis Nice (N) et Toulon (T).

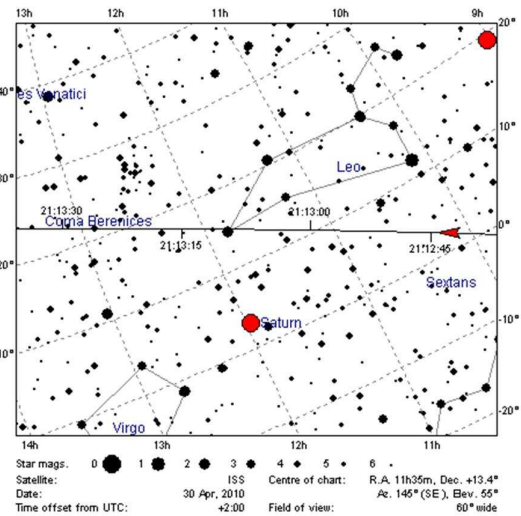


Fig.8. Carte détaillée de la trajectoire apparente vue depuis Nice. La flèche repère la position N de l'ISS à 21 h 12 min 45 s.

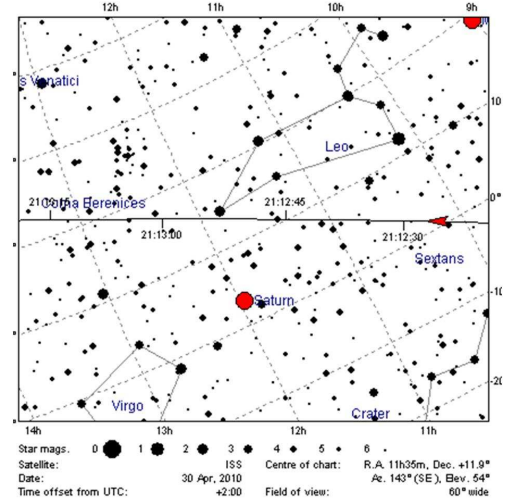


Fig.8 bis. Carte détaillée de la trajectoire apparente vue depuis Toulon. La flèche repère la position T de l'ISS à 21 h 12 min 45 s.

Prenons l'exemple de 21 h 12 min 45 sec. Sur un tirage papier de cette carte céleste, on détermine



avec une règle graduée la distance linéaire (en mm) entre ces deux points (figure 9). Obtenir la conversion en distance angulaire (en °d'angle) ne pose pas de problème puisque ces cartes sont munies d'une échelle très claire, en déclinaison ; mesurer la correspondance en longueur d'un angle de 10° (différence d'ascension droite) se réalise **le long d'un méridien céleste**.

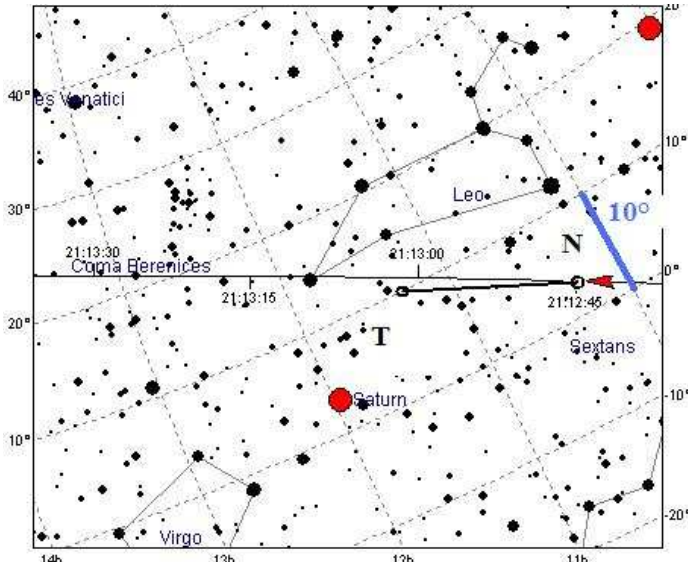


Fig.9. Mesure de l'angle de parallaxe  $p=TN$  à l'aide de l'échelle.  $P = TN = 16,3^\circ$  environ.

Dans l'exemple qui nous intéresse, l'angle de parallaxe  $p$  ainsi déterminé correspond à  $16,3^\circ$ . Matérialisons toutes ces données à l'aide d'un tirage de carte de la région Provence-Corse provenant de "Google Earth" (figure 10). Un double secteur en carton bristol pointé sur Toulon représente la direction de visibilité (notée  $D_T$ ) de l'ISS :  $45^\circ$  est et  $54^\circ$  de hauteur.

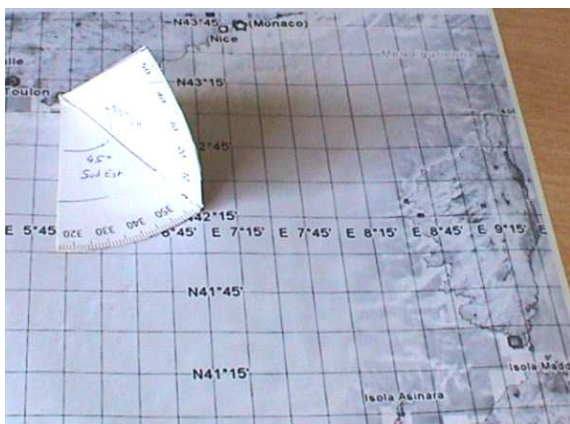


Fig.10. Matérialisation de la direction de visibilité de l'ISS le 30 avril à 21 h 12 min 45 sec ,depuis Toulon, à l'aide d'une carte de la région Toulon/Nice/Corse. ( $45^\circ$  sud-Est,  $54^\circ$  de hauteur).

Préparons un carton rigide pour concrétiser l'angle de parallaxe de  $16,3^\circ$ . Chaque arête représente les directions d'observations de l'ISS depuis Toulon et

Nice :  $D_T$  et  $D_N$ . La station spatiale se situe donc à l'intersection de ces deux directions, soit le sommet de l'angle. Si l'on fait glisser le côté  $D_T$  parallèlement à lui-même, le long du double secteur cartonné, on trouve une position où  $D_N$  passe par Nice. Alors, en coupant aux ciseaux le segment Toulon-Nice, on réalise la maquette définitive présentée figure 11.

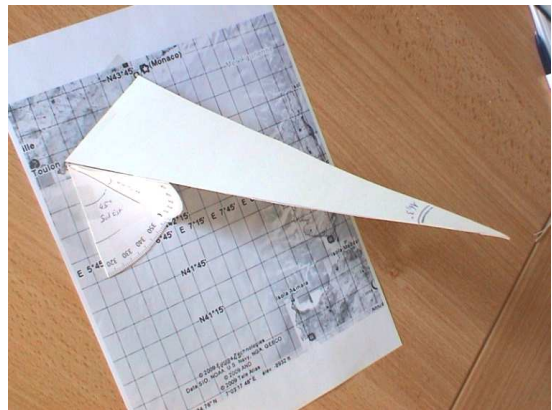


Fig.11. Maquette complète des observations de l'ISS le 30 avril à 21 h 12 min 45 sec : le triangle de carton matérialise l'angle de parallaxe  $p = 16,3^\circ$ , sa base est Toulon-Nice.

## Exploitation de la maquette

À l'aide d'un double décimètre, on mesure la distance Toulon-ISS (ou Nice-ISS) qu'on rapporte à l'échelle de la carte. De même on obtient l'altitude : distance verticale ISS/carte, dans l'hypothèse où l'on néglige la courbure de la Terre.

Ces résultats peuvent être vérifiés puisqu'un tableau situé sous la carte générale de passage (feuille "Visible Pass Details") indique en clair la distance à l'observateur (**Event : Maximum "altitude"** ; Distance: 435 km / Toulon). 5 lignes plus haut, les caractéristiques de l'orbite ( $333 \times 343$ km) permettent de contrôler l'altitude d'ISS environ 335 km à cette date (fig. 12 et 13).

Pass Details				
Date :	Friday, 30 April, 2010			
Satellite :	ISS			
Observer's Location :	Nice ( 43.7000°N, 7.2500°E)			
Local Time :	Central European Time (GMT + 1:00)			
Orbit :	333 x 343 km, 51.6°(Epoch 11 Jan)			
Sun altitude at time of maximum pass altitude	-7.5°			
Event	Time	Altitude	Azimut	Distance (km)
Rises above horizon	21:08:25	0°	227°(SW )	2,073
Reaches 10°altitude	21:10:23	10°	223°(SW )	1,246
Maximum altitude	21:13:06	55°	145°(SE )	398
Drops below 10°altitude	21:15:51	10°	65°(ENE)	1,254
Sets	21:17:51	0°	61°(ENE)	2,089

Fig.12. Précisions sur les conditions de passage à Nice.

Dans le tableau "epoch" indique la date à laquelle les paramètres sont calculés à l'aide d'éphémérides réactualisées (tous les tableaux de mesure

précédents : figures 2, 4, 5, 13, 14) évoluent jour après jour.

Pass Details				
Date :	Friday, 30 April, 2010			
Satellite :	ISS			
Observer's Location :	Toulon ( 43.1170°N, 5.9330°E)			
Local Time :	Central European Time (GMT + 1:00)			
Orbit :	333 x 343 km, 51.6° (Epoch 11 Jan)			
Sun altitude at time of maximum pass altitude	-6.9°			
Event	Time	Altitude	Azimut	Distance (km)
Rises above horizon	21:08:07	0°	226°(SW )	2,072
Reaches 10° altitude	21:10:06	10°	222°(SW )	1,245
Maximum altitude	21:12:49	54°	143°(SE)	404
Drops below 10° altitude	21:15:33	10°	64°(ENE)	1,253
Sets	21:17:33	0°	60°(ENE)	2,088

Fig.13. Les conditions de passage à Toulon.

Notons que l'altitude d'ISS ne cesse de varier et qu'on peut visualiser les valeurs en fonction du temps en utilisant Home/Satellites/Height of the ISS de ce site.

Terminons par la comparaison qualitative entre notre maquette et la carte de la trace au sol du passage qu'on obtient en cliquant "Orbit" en haut et à droite de la page "Visible Pass Details". On constate qu'à 21 h 12 min 45 s la station survolait un point de la méditerranée entre la Corse et la Sardaigne à l'ouest de ces îles. La figure 14 montre la projection au sol de la trajectoire complète.

Il ne faut pas attendre de cette réalisation cartonnée une grande précision, mais son intérêt réside dans son adaptabilité géographique et temporelle. À vous de choisir vos villes, vos dates d'observations ou d'accroître la précision avec une maquette de grande taille et des données plus précises (voir IV, tableau avec "Event..."). On pourra même jumeler deux établissements de la même région et réaliser des clichés.

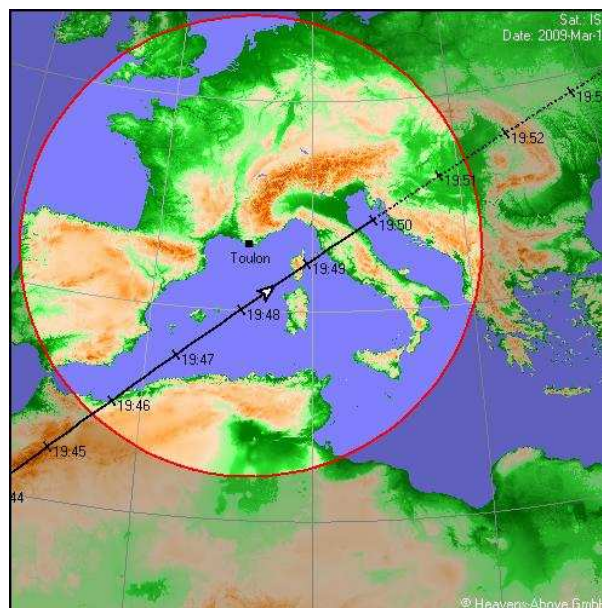


Fig.14. Exemple de trace en projection sur le sol de l'orbite d'ISS pour un passage similaire à celui du 30 avril 2010 autour de 21 h 13 min (les horaires indiqués ne correspondent pas au passage étudié).

Les élèves de tous âges sont capables d'observer les passages de l'ISS pourvu qu'on leur indique clairement l'heure et la direction d'observation à utiliser. On retiendra surtout les quelques soirs où ISS illumine le ciel avec un éclat important (magnitude plus faible que 0) et une grande hauteur ("Max altitude" supérieure à 45°). L'effet de curiosité est garanti... Il ne reste plus alors qu'à explorer "heavens-above" et à découper quelques feuilles de carton.

## POTINS DE LA VOIE LACTÉE (1)

### Roger Meunier, Le Châtelet en Brie

1. On a trouvé de l'eau sur la Lune : 3 équipes indépendantes en ont observé à sa surface (concentration : 0.5 l sur la surface d'un terrain de foot) alors que l'on a longtemps crû qu'elle en était dépourvue. L'eau a été détectée par spectrographie visible et infrarouge où sont présentes de nombreuses bandes d'absorption.

D'où vient elle ? Elle pourrait résulter de l'interaction de l'hydrogène provenant du vent solaire avec l'oxygène des minéraux de la surface lunaire pour former des molécules d'eau ; ce qui expliquerait la présence de l'eau dans le premier millimètre du sol.

2. De l'eau a également été détectée sur l'astéroïde 24 Themis grâce au spectre infrarouge de la lumière solaire réfléchiée par cet astéroïde. Annonce des équipes d'Andrew Rivkin de l'Université Johns Hopkins, et de Humberto Campins, de l'Université de Floride centrale. Référence Nature, vol 464, pp. 1320-1321 et pp. 1322-1323, 2010. In Pour la Science n°392 – juin 2010 p. 11

I. Lune secrète : la sonde japonaise Selene offre de nouvelles images de la face cachée de la Lune sur le site : [wms.selene.jaxa.jp](http://wms.selene.jaxa.jp)