



© REA/MICHEL GAILLARD

Une journée sans satellite

RÉALISÉ PAR ANNE LAMY POUR LE CNES

Embouteillage monstre des poids lourds à la sortie de Rungis, écrans de télévision muets alors qu'on est à quelques minutes de la finale de la Coupe du monde de football, plus de prévisions météo à sept jours, avions déboussolés : voici quelques-unes des « pannes » qui pourraient se produire aux quatre coins de la Terre. Toutes auraient la même origine : le silence des satellites de télécommunications et de navigation. Ces derniers sont tellement rentrés dans notre vie quotidienne qu'on a du mal à mesurer leur rôle, depuis les domaines classiques (retransmissions télévisuelles, géostratégie) jusqu'à ceux auxquels on s'attend moins : synchronisation des distributeurs automatiques de billets, construction d'un barrage ou d'un échangeur, etc. Ces applications spatiales, les professeurs peuvent les aborder en classe de seconde en physique, en géographie, voire en SES. Désormais, les satellites sont si étroitement connectés aux besoins des acteurs de la société de l'information (grand public, professionnels et institutions) que nous n'avons pas fini d'être surpris par leurs applications nouvelles ! Revue de détail de certains domaines d'application dans lesquels interviennent les satellites...

Life without satellites

BY ANNE LAMY FOR CNES

Heavy goods vehicles caught in monster traffic jams, blank TV screens minutes before the final of the football World Cup, no seven-day weather forecasts and aircraft losing their bearings... these are just some of the "glitches" that could occur around the world if telecommunications and navigation satellites suddenly fell silent. It is sometimes hard to appreciate just how far satellites reach into our daily lives, be it in familiar roles like TV broadcasting or geostrategic monitoring, or in more unexpected areas like synchronizing automatic teller machines, building dams or motorway interchanges. Teachers can cover such applications of space in the first year of senior high school in physics, geography or even economic and social science. Today, satellites are intimately tied to our modern information society and are constantly spawning new applications. This issue of CNESMAG EDUC takes a closer look at some of the areas of our lives that rely on them.



Portrait Profile
Jacques Beas-Garcia
> P. 4

www.cnes.fr

www.cnes.fr/enseignants-et-mediateurs/

SANS LES TÉLÉCOMS, ON « CALE »

Chaque jour, un millier de satellites tournent au-dessus de nos têtes. Nous sommes si habitués à leur présence que nous aurions du mal à imaginer une journée sans les services qu'ils fournissent. Les satellites de télécommunications et de localisation, notamment, proposent des applications qui n'en finissent pas de s'étendre... Et ce n'est qu'un début !

Une journée sans satellite, est-ce un scénario imaginé par le CNES ?

C'est surtout une hypothèse de travail ! Mais à cette occasion, nous découvrirons que nous ferions une marche arrière de quinze voire trente ans. Si pour le particulier la conséquence serait que nous repartirions en vacances avec notre carte routière à la main, quantité de professions seraient amputées d'une source d'information dont elles peineraient à se passer. Par exemple les flottes de transport « téléguidées » par satellite qui ont étudié certains parcours – pour économiser le carburant – en fonction du nombre de côtes à graver par poids lourd. Ou encore les thoniers qui doivent respecter les quotas de pêche imposés par les conventions internationales ou les skippers qui rectifient leurs parcours en fonction de l'état de la mer (*Mercator Ocean*).

Quelle leçon en tirerai-t-on ?

Alors qu'il y a encore une quinzaine d'années, leurs applications s'adressaient avant tout à un public d'experts, aujourd'hui, les satellites répondent aux besoins de l'utilisateur final et leur usage s'est répandu dans les villes comme dans les campagnes (avec le guidage des tracteurs et l'aide à l'épandage contrôlé des engrais par GPS), chez les particuliers (avec la télé ou le haut débit) comme chez les professionnels (génie civil, recherche, industrie, etc.). Ce mouvement devrait se poursuivre, dans les télécommunications notamment.

Comment trouver de nouveaux débouchés ?

En gardant à l'esprit trois notions essentielles: tout d'abord l'innovation, pour développer les usages du satellite là où on ne l'attend pas toujours. Un exemple récent ? Le salage des routes piloté par GPS, comme ce fut testé à Megève

l'hiver dernier, pour une utilisation optimale du sel. Les deux autres sont étroitement liées, la convergence et la complémentarité des technologies. La convergence des technologies, qui fait émerger tous les jours de nouveaux usages et services. Le meilleur exemple, les offres de services pour le haut débit qui véhiculent désormais sur un même support des technologies encore hier indépendantes, le « triple play » (téléphonie, télévision, Internet). La complémentarité des technologies qui permet, entre autres, de proposer ces services sur tout le territoire, en évitant de créer de nouvelles fractures et de résorber la fracture numérique existante.

Des débouchés apparaissent-ils parfois là où personne ne les attendait ?

Ce fut le cas avec GPS (système de positionnement par satellite). Ce système diffuse des signaux vers la Terre qui servent à se localiser. Lorsque le signal traverse le vide (à la vitesse de la lumière), la distance parcourue est calculée. Durant cette traversée, il est « perturbé », entre autres phénomènes, par la quantité d'humidité rencontrée et par le bruit venant du sol. Cette source d'erreur, les ingénieurs l'ont transformée... en une nouvelle application, en raisonnant « à l'envers » ! En analysant le bruit issu du signal GPS revenant du sol, on fait apparaître une information utile. Conclusion, le taux d'humidité des sols contribue au bruit du signal, une cartographie de l'humidité d'une zone est alors obtenue. Des applications agricoles sont notamment en cours de test dans le Sud-Est.

Without telecoms, everything grinds to a halt

Every day, a thousand satellites whirl overhead. We are so used to them that we would find it hard to imagine doing without the services they provide. In particular, telecommunications and positioning satellites support an ever-expanding range of applications.

Is a day without satellites a scenario that CNES envisions?

We could say it's more like a working hypothesis! It would be like going back 15 or maybe 30 years. While holidaymakers would be reaching for their roadmaps, a number of professions would be deprived of vital information for their job. For example, satellite-guided truck

fleets that have mapped out a specific route to save fuel by planning the number of hills to climb for each truck. Or tuna fishing vessels required to comply with international fishing quotas or yachtsmen who adjust their course using sea-state forecast charts.

What lessons would we learn?

Fifteen years ago, satellite applications were still mostly for experts, whereas today they are meeting end-users' needs in cities and in rural areas, guiding tractors and helping farmers to apply fertilizers with GPS, bringing TV and broadband Internet into homes, and assisting practitioners in civil engineering, research and industry. This trend is likely to continue, especially in telecommunications.

Where are new applications likely to emerge?

The three key aspects are innovation, convergence and complementarity. First of all, we must innovate to develop applications where you wouldn't normally expect to see satellites being used. A recent example is GPS-controlled spreading of road salt, tested in Megève in the French Alps this winter. Next, convergence and complementarity of technologies are closely linked. Technology convergence is spawning new applications and services every day. The best example is the triple-play broadband packages now combining telephony, television and Internet access. And complementary technologies are enabling nationwide services to bridge the existing digital divide and avert new ones.

Do applications emerge in unexpected places?

This is what happened with the Global Positioning System (GPS), which broadcasts signals to Earth. These signals cross the vacuum of space at the speed of light and the system calculates the distance they travel. But they are "distorted" as they pass through Earth's atmosphere by humidity, ground noise and other phenomena. Engineers have created a new application from this source of error by turning the problem on its head: by analysing the ground noise introduced into the GPS signal, we can map soil moisture. The technique is already being tested for farming applications in Southeast France.

Pourquoi les satellites resteraient-ils silencieux ?

De multiples raisons pourraient expliquer ce silence. La panne, d'abord... mais elle ne toucherait pas tous les satellites en même temps ! Les phénomènes liés à l'activité solaire, ensuite : éruptions, radiations magnétiques, etc. Il y a aussi les débris spatiaux, naturels ou liés à l'activité humaine. Les satellites sont conçus pour faire face à cet environnement parfois hostile, mais ils ne sont pas infaillibles. Reste des actes hostiles possibles en cas d'explosion d'un satellite. Mais là, on se rapproche plus de la politique-fiction que de la science !

How could satellites fall silent?

There could be many causes. First of all, a satellite could simply fail, but obviously not all of them at the same time. Phenomena generated by solar activity, like solar flares and radiation, can cause glitches. And space debris generated naturally or by human activities can be a threat. Satellites are designed to withstand this sometimes hostile environment, but they are not bulletproof. Anti-satellite attacks are also a possibility, but that is more in the realm of science-fiction than science.





© DOB'S FARM - FOTOLIA.COM

SYSTÈME GALILEO

Exercice 1

L'idée ici est d'étudier le mouvement du satellite Giove-B, le second satellite expérimental du système de navigation européen Galileo (lancé le 27 avril 2008) qui évolue sur une orbite quasi circulaire à 23 222 km d'altitude.

1. À partir du schéma ci-dessous représentant la Terre et le satellite Giove-B, de masse m , évoluant sur une orbite circulaire d'altitude h , donner l'expression vectorielle de la force exercée par la Terre sur ce satellite. On notera \vec{u} le vecteur unitaire dirigé de O (centre de la Terre) vers G (centre de gravité du satellite)



2. Dans quel référentiel le mouvement du satellite doit-il être décrit? Quelle hypothèse concernant ce référentiel faut-il faire pour appliquer la seconde loi de Newton?

3. En appliquant la seconde loi de Newton à Giove-B, déterminer l'expression du vecteur accélération \vec{a}_G du centre de gravité G du satellite. Nous supposons que la seule force qui agit sur le satellite est l'attraction terrestre.

4. Donner les caractéristiques du vecteur accélération \vec{a} d'un point matériel ayant un mouvement circulaire uniforme.

5. Donner l'expression de la valeur v_G de la vitesse du centre de gravité G du satellite en fonction de l'altitude h du satellite. Calculer v_G .

6. Définir la période de révolution T du satellite Giove-B et donner son expression en fonction de G, M_T , R_T et h . Calculer la période T .

Données:

- Constante de gravitation: $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
 - La Terre est supposée sphérique et homogène.
- On appelle O son centre, sa masse $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$ et son rayon $R_T = 6,38 \times 10^3 \text{ km}$

Correction / Answers:

1 / $\vec{F}_{O/S} = -G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)^2} \vec{u}$

2 / 2. Dans le référentiel géocentrique, que l'on considérera galiléen (c'est-à-dire que le principe d'inertie s'y vérifie expérimentalement). Caractéristiques du référentiel géocentrique :

origine : centre de la Terre O

axe z : axe de rotation de la Terre

axe x : dans le plan de l'équateur, vise un point fixe dans l'espace

axe y : complète le référentiel dans le plan de l'équateur

In the geocentric reference frame, which is considered to be Galilean (that is, the principle of inertia is verified experimentally). The characteristics of the geocentric reference frame are:

origin: centre of the Earth O

z axis: Earth's axis of rotation

x axis: in the equatorial plane, toward a fixed point in space

y axis: completes the reference frame in the equatorial plane

3 / 3. D'après la deuxième loi de Newton appliquée au satellite Giove-B :

According to Newton's second law of motion applied to the GIOVE-B satellite:

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G$$

Or / and $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{F}_{O/S} = -G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)^2} \vec{u}$

Donc / Hence $\vec{a}_G = -G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \vec{u}$

4. 4. Dans le cas d'un mouvement circulaire et uniforme, / For a uniform circular motion,

$$\frac{dv}{dt} = 0 \text{ donc / therefore: } \vec{a} = \frac{v^2}{r} \vec{u}_n = \frac{v^2}{R_T + h} \vec{u}_n$$

avec / where $\vec{u} = -\vec{u}_n$

5. 5. Par conséquent / Hence $\vec{a}_G = -\frac{v^2}{R_T + h} \vec{u} = -G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \vec{u}$

d'où / and $v = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R_T + h}} = 3,67 \cdot 10^3 \text{ m/s}$

6. 6. La période de révolution T du satellite est la durée que met le satellite pour faire un tour autour de la Terre. Le satellite parcourt la distance $d = 2\pi R$

The period of revolution T of the satellite is the time it takes to orbit Earth. The satellite covers a distance $d = 2\pi R$ pendant une durée / during a period T, donc / so,

$$T = \frac{2\pi (R_T + h)}{v}$$

$$T = \frac{2\pi (R_T + h)}{\sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R_T + h}}}$$

Soit d'après la question précédente / Working from the previous answer

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 (R_T + h)^3}{G \cdot M_T}} = 5,07 \cdot 10^4 \text{ s soit environ / approximately } 14 \text{ h } / 14 \text{ hours.}$$

Galileo system

This exercise studies the motion of GIOVE-B, the second experimental satellite in the European Galileo navigation system (launched 27 April 2008), which is operating in a near-circular orbit at an altitude of 23,222 kilometres.

1. Using the diagram below representing the Earth and the GIOVE-B satellite, with mass m and operating in a circular orbit at altitude h , give the vectorial expression of the force exerted by Earth on this satellite. (Note \vec{u} the unit vector from O (centre of the Earth) to G (satellite centre of gravity))

2. What reference frame must we use to describe the satellite's motion? What hypothesis must we make with respect to this frame to apply Newton's second law of motion?

3. Applying Newton's second law of motion to GIOVE-B, determine the expression of the acceleration vector \vec{a}_G of the satellite's centre of gravity G. Assume that Earth's attraction is the only force acting on the satellite.

4. Describe the characteristics of the acceleration vector \vec{a} of a point with a uniform circular motion.

5. Express the velocity value v_G of the satellite's

centre of gravity G as a function of its altitude h . Calculate v_G .

6. Define the period of revolution T of the GIOVE-B satellite and express it as a function of G, M_T , R_T and h . Calculate the period T.

Data:

Gravitational constant: $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

Earth is assumed to be a uniform sphere with centre O, mass $M_T = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$ and

radius $R_T = 6.38 \times 10^3 \text{ km}$

Exercice 2

Dans l'hypothèse où les satellites tomberaient en panne une ou plusieurs journées, identifiez au moins trois secteurs d'activité pour lesquels les conséquences seraient économiquement et stratégiquement importantes en précisant à chaque fois les conséquences.

Réponse :

- Transports routiers : perte des capacités logistiques des flottes de camions, modification des livraisons à flux tendu, consommation de carburant en hausse, sécurité moindre et augmentation des vols de véhicules ou de conteneurs...
 - Transports maritimes : absence de surveillance des flottes sur les zones de pêche interdites, disparition de l'aide à la navigation des navires marchands et diminution de la sécurité des routes maritimes, perte des télécommunications satellite en haute mer, baisse de la détection des pollutions maritimes en mer, système de sauvetage en mer remis en cause...
 - Transports aériens : diminution de la sécurité du trafic aérien et des aides à l'approche des avions, en particulier sur les aéroports non équipés ILS.
- Pour tous diminution de la capacité de la prévision météorologique, et maintenant de la prévision océanique.

Citer un nouveau domaine scientifique pour lequel les satellites ont apporté des applications qui étaient non prévues au départ ; quelle importance pour la gestion de l'eau cette application peut-elle avoir ?

Réponse :

Application des signaux GPS à la mesure de l'humidité des sols : par l'analyse des « bruits » des signaux GPS, on a établi la possibilité de cartographier depuis l'espace l'humidité des sols.

L'évaluation plus fine de l'humidité des sols et de l'épaisseur de neige permettra de suivre l'évolution de l'évapotranspiration et la recharge des nappes phréatiques.

If satellites were inoperational for a day or more, identify at least three sectors of activity where the impacts would be economically and strategically important, and describe these impacts.

Answers:

- Road transport: reduced logistics capabilities for truck fleets, effect on just-in-time deliveries, higher fuel consumption, reduced road safety and increase in thefts of vehicles and/or containers...
- Shipping: no monitoring of fishing fleets in exclusion zones, loss of navigation aids for merchant shipping and reduced safety in shipping lanes, loss of satellite telecommunications on the high seas, less-effective detection of maritime pollution, effect on search-and-rescue systems...
- Air transport: reduced safety for air traffic and approach control, particularly at airfields not equipped with ILS. Reduced weather and ocean forecasting capability in all three sectors.

Identify a new area of science where satellites have enabled applications that were unexpected to begin with; what is the importance of this application to water resource management?

Answer:

Use of GPS signals to measure soil moisture: by analysing the "noise" in GPS signals, we are able to map soil moisture from space. More precise measurement of soil moisture and snow thickness will help to track variations in evapotranspiration and groundwater recharge.



“ ON ÉTAIT AU DÉBUT DE L'ÈRE INTERNET. J'AI ÉTÉ RECRUTÉ POUR DÉPLOYER UN DES ACCÈS À INTERNET DU CENTRE SPATIAL GUYANAIS. ”

"It was at the start of the internet era and I was hired to set up internet access at the Guiana Space Centre."

© CNES/PIERRE JALBY, 2010

PROFILE: JACQUES BEAS-GARCIA

Programme manager for radiocommunications applications in charge of forward planning, Jacques Beas-Garcia has taken an unusual career path to get where he is today.

The lad from Sarcelles, in the northern suburbs of Paris, never imagined that he would one day be an engineer in the space industry. Because Jacques Beas-Garcia hadn't been programmed for long years of studies and it took him some time before deciding on a career. But after enrolling for a diploma in telecoms and computer networks, he revelled in his new-found environment: *"I discovered a true passion for the subject and I haven't looked back since,"* he says. In fact, he had always enjoyed messing about with anything resembling a computer or console. Jacques then continued his studies at Paul Sabatier University in Toulouse, securing his masters engineering degree two years later. Based in Toulouse, he decided to look for work there. Early in 1998, Jacques joined CS, a CNES subcontractor specializing in IT, aeronautics and aerospace. *"It was at the start of the Internet era and I was hired to set up Internet access at the Guiana Space Centre,"* he explains. Jacques' next job was to supervise the network at the agency's Toulouse Space Centre. Then, in 2000, he applied for a post in the new technologies department of the IS directorate (DSI): *"I got the job. At that time, it was a department dedicated to technology intelligence exploring possible convergences between space and terrestrial telecommunications, especially Internet technologies. That's no longer in the future; it's the here and now."* After a few years at DSI, he helped from 2004 in the Service Demonstrations department to develop satellite telecommunications applications and services, before joining the Strategy and Programmes Directorate in March 2009 as programme manager for radiocommunications applications. So, with hindsight, what view does Jacques cast on his career? *"I was helped by luck and by my firm belief that new information and communication technologies would have a big impact on the space industry."*

Du bon usage du spatial

Un parcours atypique n'a pas empêché Jacques Beas-Garcia d'arriver, aujourd'hui, au poste de responsable programme des applications radiocommunications et de s'occuper de la prospective en matière d'applications.

Biographie

- 1991 Bac E – scientifique et technique – Sarcelles
- 1994 Diplôme de l'IUT télécoms et réseaux informatiques – Villetaneuse
- 1996 IUP – Toulouse

Career path
1991 Science & Engineering Baccalaureat - Sarcelles
1994 Telecoms and computer networks diploma - Villetaneuse
1996 IUP professional training institute, Paul Sabatier University - Toulouse.

Le petit gars de Sarcelles, en banlieue nord de Paris, ne s'était pas imaginé qu'un jour, il serait ingénieur dans le spatial. Parce que Jacques Beas-Garcia n'était pas forcément formaté pour faire de longues études, et qu'il prit un peu son temps pour trouver sa voie. En revanche, une fois rentré à l'IUT télécoms et réseaux informatiques, il est ravi: *« J'ai découvert une vraie passion ! Et je n'ai jamais quitté le domaine depuis. »* Il faut dire qu'il s'entraînait depuis un moment en « bidouillant » tout ce qui ressemblait, de près ou de loin, à un ordinateur ou à une console... Les IUP viennent de voir le jour; Jacques poursuit sur sa lancée en rentrant à celui de l'université Paul-Sabatier à Toulouse. Deux ans plus tard, le voilà ingénieur maître. Puisqu'il vit à Toulouse, il décide d'y chercher du travail. Début 1998, il rentre alors comme sous-traitant pour le CNES, chez CS, une société spécialisée dans l'informatique, l'aéronautique et l'aérospatial: *« On était au début de l'ère Internet. J'ai été recruté pour déployer un des accès à Internet du Centre spatial guyanais. »* Ensuite, Jacques s'occupe de la supervision du réseau au Centre spatial de Toulouse. Puis en 2000, il postule au service des technologies nouvelles, au sein de la Direction des Systèmes Informatiques: *« Quand je suis arrivé, c'était un service de veille technologique, dans lequel on a exploré la convergence possible entre le monde du spatial et celui des télécommunications terrestres, les technologies liées à l'Internet en particulier. Maintenant, ce n'est plus de la prospective: on y est, pour de bon. »* Après quelques années au sein de la DSI, puis à partir de 2004 au service Démonstrations de services, il intègre finalement en mars 2009 la Direction de la stratégie et des programmes, comme responsable programmatique des applications de radiocommunications. Quel regard porte-t-il sur son parcours, qui n'était pas tracé d'avance? *« Un peu de chance..., et la conviction que les nouvelles technologies de l'information et de la communication auraient une influence majeure sur le spatial. »*

(NDR, nos remerciements vont à Stéphane Blat, professeur de physique de l'académie de Toulouse, à Michelle Vouzelle, professeur chargé de mission auprès du CNES et à Michel Avignon, Eric Luisvitto, Gilles Tavernier CNES.) (Editor's note: Our thanks to Stéphane Blat, physics teacher in Toulouse; Michelle Vouzelle, teacher and advisor to CNES; and to Michel Avignon, Eric Luisvitto and Gilles Tavernier at CNES.)