

# TechnoScope

by satw 2/17

## Satellites

Navigation | Mensuration |  
Observation

Le 10 février 2009 a eu lieu la première collision entre deux satellites: le satellite de communication américain actif «Iridium 33» est entré en collision avec le satellite de communication russe hors service «Kosmos 2251». Les deux se déplaçaient à 28 000 km/h environ. Depuis lors, les débris gravitent autour de la Terre à grande vitesse.

C'est déjà possible au cinéma mais pas encore dans la réalité: lire les plaques d'immatriculation automobiles depuis l'espace. Même les satellites espions militaires, avec une résolution de 10 cm, n'y parviennent pas encore aujourd'hui.

Si les voisins jubilent avant même que le ballon n'entre dans le but sur votre écran, cela signifie qu'ils ont une télévision satellite. Le satellite transmet le signal TV plus rapidement que le câble.

### Impressum

SATW Technoscope 2/17 | mai 2017  
[www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)  
Concept et rédaction: Beatrice Huber  
Collaboration rédactionnelle: Christine D'Anna-Huber | Alexandra Rosakis  
Photos: NASA (via Wikipedia) | NASA on The Commons (via Flickr) | ESA-P. Carril | NASA Landsat Image Gallery | JAXA/RapidEye AG | Fotolia | SATW  
Photo de couverture: Van Allen Probes – NASA on The Commons (via Flickr)

### Abonnement gratuit et commandes supplémentaires

SATW, Gerbergasse 5 | CH-8001 Zurich  
[technoscope@satw.ch](mailto:technoscope@satw.ch) | Tel +41 44 226 50 11  
Technoscope 3/17 paraîtra en septembre 2017 sur le thème «Bionique/robotique».

# En rotation constante – les satellites

## Geostationary Earth Orbit (GEO)

Orbite géostationnaire à une altitude de 35 786 km

«Bip-bip» ... ce signal émis en 1957 marque le début de la conquête spatiale. Spoutnik 1, le premier satellite artificiel à être mis en orbite, envoie alors un signal radio dans le monde entier.

Depuis cette mission menée avec succès par l'Union soviétique, des satellites sont régulièrement lancés dans l'espace. À l'heure actuelle, près de 1400 satellites actifs gravitent autour de la Terre.

### Pourquoi émettre d'en haut?

Par rapport aux instruments de mesure au sol, les satellites collectent plus de données et ce, beaucoup plus rapidement car ils couvrent simultanément des régions plus vastes du globe. De plus, ils volent au-dessus des nuages et des poussières atmosphériques et ont donc une meilleure vue de l'espace. Ils reçoivent des signaux de la Terre qui se propagent de manière rectiligne uniquement, puis les transmettent à un autre endroit sur Terre dans un délai minimal. D'autre part, les smartphones standard ne communiquent pas avec les satellites lorsqu'il s'agit de téléphoner ou d'utiliser Internet.

### À quelle hauteur se trouve un satellite?

La hauteur de l'orbite à laquelle gravite un satellite autour de la Terre dépend de la mission de celui-ci, en particulier de la vue qu'il doit avoir de la Terre.

## Medium Earth Orbit (MEO)

Orbite terrestre moyenne entre 2000 et 36 000 km d'altitude

Les satellites espions et d'observation ont besoin d'une image précise de la Terre et circulent donc relativement près de la Terre, sur ce que l'on appelle le «Low Earth Orbit» (orbite terrestre basse).

Pour pouvoir superviser de vastes régions du globe, les satellites des systèmes de navigation tels que GPS, Galileo ou GLONASS se déplacent sur une orbite terrestre moyenne appelée «Medium Earth Orbit».

Les satellites, qui doivent rester en permanence au-dessus d'un même point de la surface terrestre, utilisent l'orbite géostationnaire (Geostationary Earth Orbit) à une altitude fixe et juste au-dessus de

l'équateur. Les satellites météorologiques, les satellites de communication et les satellites TV suivent la rotation de la Terre et planent donc toujours au-dessus du même point sur Terre.

### De quoi un satellite a-t-il besoin?

Les satellites sont conçus différemment selon leur utilisation. Chacun d'eux comprend toutefois une source d'énergie et une antenne. Pour l'électronique et les systèmes de transmission, les satellites peuvent tirer leur énergie de batteries et/ou du soleil au moyen de cellules solaires. L'antenne reçoit et envoie des informations telles que des signaux télévisuels ou des données sur la position du satellite. Fréquemment, des caméras sont aussi présentes à bord pour fournir des images haute résolution.

### Signification des abréviations

**ESA:** European Space Agency (Agence spatiale européenne)

**NASA:** National Aeronautics and Space Administration (Administration de l'espace des Etats-Unis)

**ISS:** International Space Station (station spatiale internationale)

**«Il y a plus de débris en orbite que de satellites en activité»**

**Les satellites ne sont pas seuls à tourner autour de la terre, il y a également beaucoup de ferraille. C'est pourquoi on travaille au développement d'un satellite «nettoyeur» au Swiss Space Center de l'EPFL à Lausanne. Technoscope s'est entretenu avec Claude Nicollier, le premier et jusqu'à présent le seul astronaute suisse, qui est aussi professeur honoraire à l'EPFL.**

### Pourquoi faut-il « nettoyer » l'espace?

Parce qu'il y a beaucoup de débris: des restes de lanceurs et d'étages de fusées, des satellites hors d'usage, des cellules solaires... Tous ces débris constituent un danger parce que tout nouveau satellite peut entrer en collision avec eux. Il y a aujourd'hui plus de débris que de satellites actifs. Il s'agit donc de prendre des mesures. →

### Débris spatiaux

Plus de 600 000 objets d'un diamètre supérieur à un centimètre encomrent l'espace: les déchets d'origine humaine, qui gravitent autour de la Terre, menacent de plus en plus la navigation spatiale. L'ISS doit constamment effectuer des manœuvres d'évitement. Les quelque 1400 satellites actifs, dont les services sont essentiels à la science et à de nombreux secteurs économiques, sont aussi menacés. Selon les estimations de l'ESA, leur remplacement coûterait plus de 100 milliards de francs.



Maquette du Spoutnik 1, le premier satellite artificiel à avoir gravité autour de la Terre il y a 60 ans.

### Par exemple

Désormais tout nouveau satellite doit avoir une durée de vie limitée de 25 ans avant de redescendre et de rentrer dans l'atmosphère. L'autre piste qui est activement poursuivie par l'Agence spatiale européenne (ESA) et la NASA, c'est d'aller enlever les gros débris. L'EPFL, qui travaille depuis cinq ans sur le projet Clean Space One, a bon espoir de développer un des premiers satellites démonstrateurs d'une telle technologie nouvelle.

### Pourquoi un petit pays comme la Suisse réussit à jouer un rôle dans l'aérospatial?

La Suisse a réussi à occuper un grand nombre de niches dans le spatial. Pour une grande part, cela repose sur l'expérience acquise dans la recherche horlogère: les montres, les mécanismes précis, les systèmes électroniques fiables, c'est notre point fort. L'ESA reconnaît ces compétences suisses: on est rarement les leaders des projets ESA, mais on contribue à beaucoup d'entre eux. La Suisse est une nation spatiale.



Découvrez l'interview complet sur

[www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)

Notre astronaute Claude Nicollier en sortie dans l'espace pour réparer le télescope Hubble (11 février 2000, mission STS-103).



## Navigation – Mais où suis-je réellement?

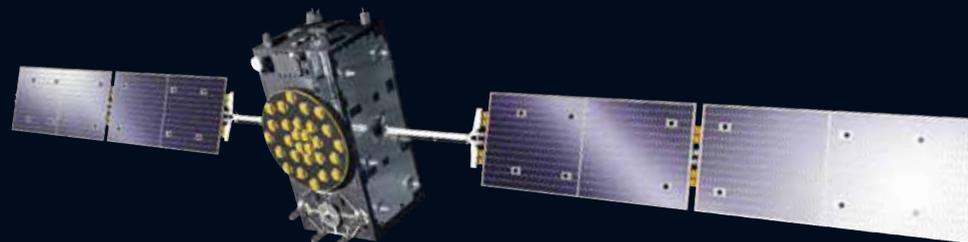
**Applications smartphone, Google Earth, Pokemon Go ou un simple dispositif de navigation automobile: le GPS fait partie intégrante de notre quotidien. Mais que se cache-t-il derrière?**

Tout est déjà dit dans le nom: GPS signifie «Global Positioning System» et c'est exactement ce que fait ce système. Il nous permet de déterminer précisément notre position, que nous soyons à la montagne, dans le désert ou en haute mer. La localisation GPS permet aux bateaux et aux avions de maintenir le cap, mais également de retrouver des véhicules volés et de gérer des flottes de camions.

### Une précision de 10 mètres

Le GPS a été conçu dans les années 70 pour l'armée américaine, puis mis gratuitement à la disposition des civils – le département de la défense américain a toutefois réduit délibérément la précision de positionnement à l'aide de signaux parasites. Néanmoins, depuis mai 2000, le GPS offre également une précision d'environ 10 mètres dans le domaine civil.

Le GPS est considéré comme standard, mais il ne s'agit pas du seul système de navigation par satellite mondial. La Russie exploite déjà un système opérationnel avec Glonass. La Chine avec Beidou et l'Europe avec Galileo mettent en place leurs concurrents du GPS, alors que l'Inde et le Japon travaillent sur des systèmes régionaux.



### 24 satellites

Mesurer sa position nécessite d'avoir des points de référence. Pour le GPS, ce sont 24 satellites. Ceux-ci gravitent autour de la Terre à une altitude de

20 200 kilomètres sur six orbites différentes. À une vitesse de 3,9 km par seconde, ils parviennent à faire un tour complet de la Terre en 12 heures. Ils transmettent en permanence leur heure exacte. De plus, des stations de contrôle sur Terre surveillent les orbites de satellites ainsi que les horloges de bord, et les corrigent si nécessaire.

### Mini-satellite suisse

Il est en forme de cube, ne pèse qu'un kilo et possède une longueur de côté de 10 cm – CubETH, le mini-satellite entièrement construit en Suisse, gravitera autour de la Terre à une altitude de seulement 400 kilomètres et déterminera en continu sa trajectoire, sa position et son orientation dans l'espace à quelques mètres près pour les signaler ensuite à la Terre. Et comme il le fera à l'aide de composants électroniques standards, son coût de fabrication restera raisonnable.



Informations complémentaires sur

[www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)

### Une petite excursion dans les théories de la relativité

Sans Einstein et ses théories de la relativité, le GPS nous induirait en erreur. D'après la théorie de la relativité restreinte, nous savons que la vitesse de la lumière est constante dans tous les référentiels, indépendamment des observateurs. Rien n'est plus rapide que la lumière. Il en résulte une «dilatation relativiste du temps» qui stipule qu'une horloge au repos est plus rapide qu'une horloge en mouvement. L'horloge du satellite tourne donc plus lentement que le récepteur GPS. Toutefois, selon la théorie de la relativité générale d'Einstein, plus la force de gravitation est grande, plus le temps s'écoule lentement. L'horloge dans le satellite, qui est plus éloignée du champ de gravitation de la Terre, tourne donc plus rapidement que l'horloge sur Terre. Par conséquent, les deux variations relativistes se compensent, mais pas totalement: il en résulte toujours une erreur qui doit être prise en compte lors du calcul de la position réelle.

Ce n'est pas clair? Alors demande à ton professeur de physique de t'expliquer les théories de la relativité.

La position exacte d'un récepteur GPS, par exemple ton smartphone, est obtenue en déterminant la distance qui le sépare de plusieurs de ces satellites. Pour cela, la durée précise nécessaire aux signaux des différents satellites pour atteindre ton récepteur GPS est mesurée (distance = vitesse x temps). Une fois la distance connue par rapport à trois satellites, la triangulation permet de calculer les coordonnées de position. Les signaux d'au moins quatre satellites permettent également de déterminer l'altitude.

# Sous surveillance – la météo, le climat, les catastrophes



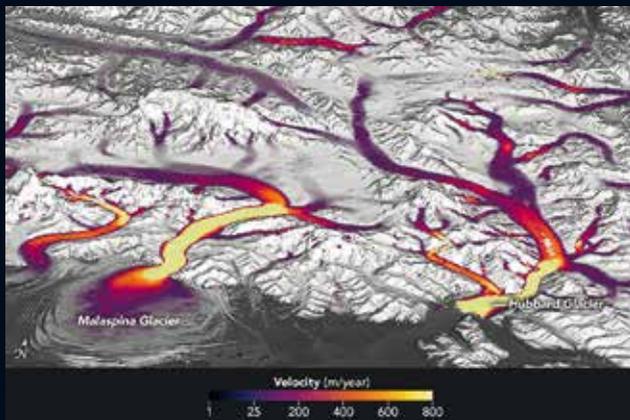
Il suffit d'un coup d'œil à l'application météo pour savoir si le week-end sera plutôt orienté promenades ou jeux vidéo. En plus des stations au sol, les satellites d'observation de la Terre fournissent une énorme quantité de données qui permettent de telles prévisions. En particulier les satellites géostationnaires qui envoient des images d'une même partie de la Terre à intervalles de quelques minutes permettent une surveillance continue des changements météorologiques dans l'atmosphère. Les images, qui sont prises dans le spectre visible et l'infrarouge, permettent d'identifier les nuages, la direction du vent et même les mouvements de la poussière du Sahara ou des cendres volcaniques dans l'air.

Une météo la plus précise possible est essentielle au quotidien de la plupart des gens qui veulent se préparer à leur prochaine excursion selon l'adage «Il n'y a pas de mauvais temps, seulement de mauvais vêtements». L'agriculture ainsi que le trafic aérien et maritime dépendent particulièrement des données météorologiques pour déterminer la date de récolte optimale ou le meilleur itinéraire.



En plus de fournir des renseignements sur la météo actuelle ou à court terme, les images satellites contribuent au travail d'observation du climat et des changements climatiques pendant de longues périodes. Pour les régions du globe même les plus reculées, il est possible de collecter des données sur l'humidité du sol, la déforestation, la salinité des mers, l'épaisseur de la glace ou la hauteur du niveau de la mer.

À l'aide des données qu'elle obtient à partir du satellite européen «METEOSAT Second Generation», MétéoSuisse calcule la variation temporelle et spatiale du rayonnement solaire en tenant compte du terrain alpin et de la réflexion de la neige. Ces données servent à déterminer l'emplacement optimal pour les installations solaires (pour plus d'infos sur les énergies renouvelables, voir le Technoscope 2/16). Les images fournies par le satellite Landsat 8 de la NASA permettent de calculer la vitesse d'écoulement des glaciers et d'évaluer ainsi l'impact du changement climatique sur les glaciers.



Chaque année, près de 2000 kilomètres cube de glace s'écoulent dans l'Océan Austral. Les zones signalées en jaune s'écoulent le plus rapidement.



Les images enregistrées par les satellites avant et après une catastrophe d'origine naturelle ou humaine fournissent des informations utiles sur l'étendue et la localisation des dégâts, ce qui facilite la planification des interventions de secours.

Dans le domaine aérospatial, les coopérations internationales ne sont pas rares. En 1999, plusieurs agences spatiales se sont regroupées pour former l'association «International Charter – Space and Major Disasters» dont la mission est de fournir des images satellites rapidement et gratuitement en cas de catastrophe.

Ville côtière japonaise avant et après un tsunami.



## Astuce

Qu'y a-t-il au-dessus de nos têtes? À partir de ta position, les applications gratuites Android «ISS Detector» ou Apple «ISS Spotter» t'indiquent à quels moments précis l'ISS et d'autres satellites sont visibles dans le ciel.

## Les yeux au ciel

Les satellites voient d'en haut tout ce qui se passe en bas. «Le système d'atterrissage sans visibilité, qui permet aux avions d'atterrir à Zurich même en cas de mauvaise visibilité ou en pleine nuit, repose sur la navigation par satellite», explique Vladi Barossa de Skyguide, l'autorité suisse en charge de la sécurité aérienne. Le «Low Flight Network», qui indique des couloirs aériens définis aux pilotes lorsque la visibilité est critique, permet depuis peu à la Rega d'effectuer des interventions de sauvetage malgré la neige et le brouillard.

### Qui observe quoi?

Équipés de caméras optiques ou infrarouges à haute résolution, les satellites d'observation gravitent autour de la Terre sur l'orbite la plus basse possible. Ils sont utilisés à diverses fins. Le pro-

gramme d'observation de la Terre de l'ESA collecte principalement des images et des données sur le climat et la météo (voir ci-contre), mais fournit également des informations sur les flux de réfugiés ainsi que des images des régions en guerre ou en crise. Les satellites d'observation servent également à des fins commerciales. Google, par exemple, a récemment racheté la société d'imagerie par satellites Skybox Imaging afin d'améliorer ses cartes en ligne, mais aussi d'offrir des services tels que la surveillance des machines de récolte dans l'agriculture, des porte-conteneurs sur la mer ou des inventaires dans les entrepôts. Enfin, les satellites militaires sont généralement en mission secrète: ils surveillent d'autres nations et espionnent les mouvements des armées ennemies ou recherchent des signes indiquant leur armement.

# TecNight à Wohlen



Oltre les nombreux exposés des experts en science et industrie, des sessions de questions animées par les élèves ont été proposées pour la première fois lors de la TecNight.

Lieu: école cantonale de Wohlen, bâtiment principal, WC pour femmes. Deux filles d'environ 18 ans discutent avec enthousiasme: «Et alors? C'était intéressant?» «OUI! J'attends avec impatience les trois prochaines présentations!» et quittent les toilettes au pas de course. Ces deux élèves viennent d'assister au TecDay et sont ravies à l'idée de participer à la TecNight de trois heures. Ces deux événements sont régulièrement organisés par la SATW en collaboration avec une école afin de promouvoir la compréhension et l'intérêt pour les sciences naturelles et la technique auprès du public et en particulier des élèves. Alors que les TecDays ne s'adressent qu'à ces derniers dans le cadre de l'enseignement, les TecNights sont ouvertes à toutes les personnes intéressées.

## Technique à gogo

Ce soir, le programme est de nouveau complet et varié: de la nanomédecine à la construction de ponts, en passant par les rayons des téléphones portables, les thèmes abordés touchent au quotidien de chacun, technophile ou non, et suscitent un grand intérêt. L'école cantonale de Wohlen ressemble ce soir à une ruche en effervescence qui retrouve son calme dès que les présentations commencent.

## Une première réussie

En plus des nombreux exposés qui seront présentés par des experts issus des secteurs scientifiques et industriels, pour la première fois deux sessions de questions/réponses seront animées par des élèves. Deux élèves passionnées de biologie, Noemi Bodmer et Pernille Meier de la classe G4A, ont questionné le Dr Georg Schächli, directeur du Centre d'allergie suisse (aha!) sur le thème «Les allergies: une maladie d'avenir». Le physicien Fritz Gassmann, responsable du laboratoire scolaire du PSI, a répondu quant à lui aux questions de Christoph Biegel et de Nicolas Pfäffli des classes G4D et G4F, dont les matières préférées sont la biologie, la chimie et la physique. Ces deux élèves ont opté pour le thème «Trous noirs et ondes gravitationnelles» qui n'est pas abordé dans l'enseignement scolaire et ont donc profité de l'occasion pour en apprendre davantage à ce sujet.

La médiathèque, dans laquelle sont organisés ces deux «Science Talks», est bondée jusqu'à la tribune et aux escaliers. Malgré l'heure tardive, les élèves suivent avec intérêt les explications des experts – rares sont ceux distraits par leur smartphone. Rien d'étonnant à cela car le Dr

Schächli et le Dr Gassmann répondent à chaque question avec enthousiasme et l'on ressent leur besoin de partager leurs connaissances et leur expérience avec le public. Nicolas a pris beaucoup de plaisir à mener cette interview avec le Dr Fritz Gassmann, il a apprécié «la magnifique présentation des domaines d'application des sciences naturelles ainsi que la grande diversité des thèmes abordés» lors de la TecNight. Pour Christoph, «la possibilité de faire une interview a été un point positif, car elle a permis d'obtenir des réponses à des questions qu'on ne trouve nulle part ailleurs.»

Même si les élèves ne souhaiteront pas tous suivre une formation en sciences naturelles et techniques après cette TecNight, celle-ci aura favorisé la compréhension voire suscité l'enthousiasme de nombreux élèves pour les sciences naturelles et la technique.

## À la découverte des satellites

### Musée des transports

L'espace – un horizon à l'infini. Viens parfaire tes connaissances sur le domaine de l'aérospatial et t'approcher d'un satellite. Les Air & Space Days se dérouleront du 13 au 15 octobre.

[www.verkehrshaus.ch](http://www.verkehrshaus.ch)

## Encore plus de découverte

### SimplyScience

Tu t'intéresses à la technique et aux sciences? Alors rends-toi sur le site Internet SimplyScience. Tu y trouveras beaucoup d'inspiration pour le choix de ton métier ou de tes études.

[www.simplyscience.ch](http://www.simplyscience.ch)

### La science appelle les jeunes

Participe au concours national ou assiste à l'une des nombreuses semaines d'étude.

[www.sjf.ch](http://www.sjf.ch)

### App Science Guide

Trouve ton offre préférée dans ta région parmi des centaines d'offres dédiées aux sciences et à la technique. Disponible dans l'app store ou google play.

### Journées de l'informatique Zurich

Les organisations et les entreprises informatiques ouvrent leurs portes les 16 et 17 juin. Viens y découvrir des technologies, des métiers et des applications au quotidien.

[informatiktage.ch](http://informatiktage.ch)

# Choix d'études et de carrière



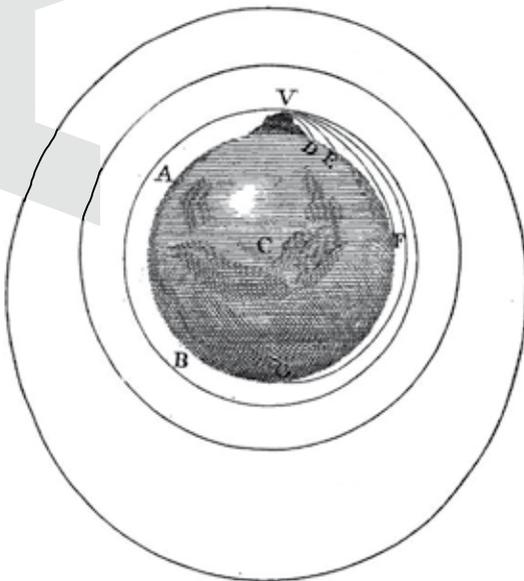
Corinne Giroud, Office cantonal d'orientation scolaire et professionnelle – Vaud

## Pourquoi un satellite ne tombe-t-il pas du ciel?

«Le truc, pour voler, c'est de se jeter au sol et de rater son coup». Appliquée aux satellites, cette citation de Douglas extraite de l'œuvre «Le guide du voyageur galactique» signifie que ceux-ci se trouvent toujours en chute libre, mais qu'ils tombent toujours à côté de la Terre!

Isaac Newton a déjà fourni l'explication de ce phénomène: lorsqu'un boulet de canon est tiré parallèlement au sol, celui-ci retombe vite sur le sol sous l'effet de la gravité. Par ailleurs, tous ceux qui ont déjà lancé une balle ou un caillou le savent: lorsque la vitesse de lancement augmente, l'objet va un peu plus loin. Le trajet effectué par l'objet peut être représenté par une courbe dans laquelle il se rapproche de plus en plus du sol avant de le percuter. Toutefois, la terre n'est pas plate mais ronde, donc le sol se «recourbe». À une vitesse donnée, le boulet de canon va tellement loin qu'il évite le choc car le sol en dessous de lui s'est déjà recourbé. Le trajet effectué par cette boule correspond à la courbure de la Terre. La boule ou le satellite est maintenant en orbite!

Mais y reste-t-il pour toujours? Un satellite proche de la Terre est ralenti sur son orbite par les molécules de gaz de l'atmosphère résiduelle et descend peu à peu jusqu'à ce qu'il se désintègre dans l'atmosphère ou qu'une partie des ses pièces retombe sur Terre. Pour éviter cela, le satellite doit être accéléré jusqu'à reprendre sa vitesse d'origine au moyen d'un réacteur.



**J'adore jouer à Pokemon Go et ma mère m'a expliqué que ça marche grâce aux satellites. Depuis, j'observe le ciel pour distinguer les satellites des étoiles et des planètes. C'est fascinant! Est-ce qu'il existe des métiers pour travailler dans ce domaine?** (Timka, 15 ans)

Salut Timka,  
En effet, le Pokemon Go n'existerait pas sans son système de positionnement GPS qui tire ses données d'une flotte de satellites. Le GPS (Global Positioning System) fonctionne grâce aux signaux émis par ces drôles d'engins circulant en orbite autour de la Terre.

Oui, de nombreux métiers gravitent autour des satellites!

**Si tu t'intéresses à leur conception, à leur fabrication et à leur développement,** tu rencontreras dans ce domaine en particulier des [physicien-ne-s](#), des [ingénieur-e-s en systèmes industriels](#), [en électricité](#) et [en informatique](#). Un vrai travail d'équipe! Les pièces qui les composent sont modélisées par des [dessinateurs/trices industriel-le-s](#) avant d'être fabriquées, assemblées et équipées par des [micromécanicien-ne-s](#), des [polymécanicien-ne-s](#), des [électricien-ne-s](#) et des [automaticien-ne-s](#).

**Si tu t'intéresses plutôt à ce que font les satellites – à leurs applications,** tu découvriras de nombreux domaines professionnels, de la [météorologie](#) pour élaborer des prévisions utiles à de nombreux secteurs (de l'agriculture au tourisme) au [contrôle de la navigation aérienne](#) pour gérer le flux des avions et dialoguer avec les équipages, en passant par la [cartographie](#) pour modéliser des géodonnées et les [télécommunications](#) pour transmettre les signaux audiovisuels, etc. Les satellites sont également utilisés par les [géographes](#) et les [géologues](#) attentifs aux mouvements de la Terre pour étudier tsumanis, éruptions volcaniques ou séismes. D'autres satellites sont dédiés à des tâches d'observation de l'espace lointain, domaine d'expertise de l'[astrophysicien-ne](#).

Comme tu le vois, Timka, les satellites ouvrent des perspectives de formation variées et de tout niveau: apprentissage, formations professionnelles supérieures, études polytechniques/universitaires ou en hautes écoles spécialisées.

## Infos & liens

Plus de la moitié des 700 professionnels de l'industrie aérospatiale suisse vient des hautes écoles polytechniques, universitaires et spécialisées; près de la moitié du personnel des entreprises suisses du domaine exerce un métier appris par apprentissage (source: Swissmem).

Pour en savoir plus sur les professions de l'industrie aéronautique suisse: [www.swissmem.ch](http://www.swissmem.ch)

Les professions citées sont détaillées sur [www.orientation.ch](http://www.orientation.ch)