

Mardi 10 juin 1986

SPOT. L'exploit de la fusée et du satellite

Le mardi 10 juin 1986, Monsieur Fouroux, ingénieur au Centre National d'Etudes Spatiales à Toulouse, est venu nous parler de "SPOT", Satellite Pour l'Observation de la Terre.

Un satellite est un objet piégé dans le champ gravitationnel d'une planète du système solaire. La lune, par exemple, est un satellite de la terre. Il existe deux types de satellites :

- naturels (lune ...)
- artificiels créés par l'homme.

Les satellites artificiels sont de 3 catégories :

- Géostationnaires. Ils sont fixes par rapport au sol. Ils tournent autour de la Terre à la vitesse de rotation terrestre.

- Scientifiques. Ils ont des orbites aussi variées que leurs missions.

- A orbite basse. Ce sont surtout des satellites d'observation de la Terre. C'est le cas de S.P.O.T.

Les sondes ne restent pas dans le champ gravitationnel des planètes.

Les satellites habités (navette spatiale ...) sont placés sur des orbites basses.

S.P.O.T.-

C'est un satellite qui photographie la Terre.

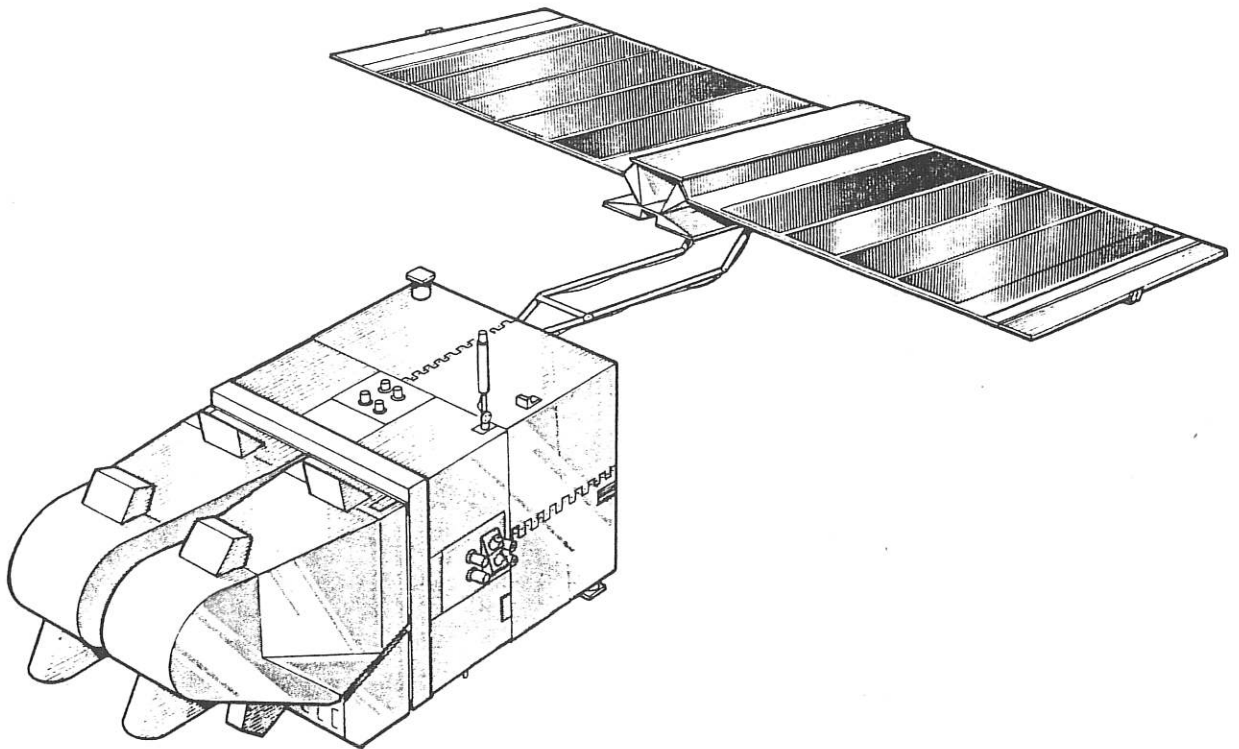
La résolution de S.P.O.T. est de 10 m., c'est-à-dire que le point élémentaire de S.P.O.T. est un carré sur la Terre de 10 m. sur 10 m. Il possède plusieurs types de prises de vues :

- panchromatique : mode noir et blanc.
- multi-spectrales : le satellite peut prendre des images dans trois bandes spectrales visibles différentes : rouge, jaune, vert.

Le jaune sera plutôt caractéristique des sables et des terres cultivées, le vert des forêts et de la végétation et le rouge de l'urbanisation des villes.

Le satellite est composé :

- d'une plate-forme (cube de 2 m. de côté).
- la charge utile (voir plus loin).



Vue générale du satellite S.P.O.T., panneaux solaires déployés

S.P.O.T. est très lourd. Il pèse 1,8 tonne.

Orbite.-

Les satellites à défilement qui observent la Terre ont une orbite originale. Ce type de mission spatiale impose en effet un grand nombre de contraintes pour l'orbite.

Tout d'abord on désire obtenir des images possédant les mêmes caractéristiques que le point observé ; l'orbite doit, par conséquent, être circulaire quel que soit le point observé, c'est-à-dire d'altitude constante au-dessus de la Terre. Dans la réalité, même avec une orbite circulaire, il y aura des petites différences d'altitude entre les pôles et l'équateur dues à l'aplatissement terrestre (le "rayon" terrestre est plus grand de 20 km à l'équateur qu'au pôle). Ensuite, on veut obtenir des images de toutes les régions terrestres.

Pour cela, on choisit une orbite quasi-polaire.

La Terre tourne sur elle-même à l'intérieur de cette orbite et le point sub-satellite va décrire des traces sur la Terre à intervalles réguliers.

Il est important de disposer d'un cycle de fonctionnement permettant de répéter régulièrement l'observation d'un point. De façon à créer ce cycle d'observation, il suffit qu'au bout d'un certain temps le satellite ait réalisé un nombre entier de révolutions sur son orbite et la Terre un nombre entier de tours sur elle-même. Le satellite et la Terre retrouvent ainsi leurs positions respectives de départ. Dans ces conditions, on dit que l'orbite est phasée par rapport à la Terre.

Ainsi S.P.O.T., dont l'orbite est à une altitude de 822 km (à l'équateur) effectue $14 + 5/26$ révolutions par jour.

En 26 jours, soit 26 révolutions terrestres, il faut un nombre entier de révolutions et les traces ultérieures du satellite sur la surface de la Terre répèteront les premières. Si l'on veut en plus que le satellite observe tout point de la Terre durant ce cycle, il faut s'assurer que le champ d'observation de part et d'autre de la trace au sol soit supérieur à la distance entre deux traces adjacentes.

Sur S.P.O.T., la distance entre les traces est de 108 km maximum (à l'équateur) et le champ total des deux instruments en visée verticale est de 117 km ce qui assure la couverture complète de la Terre en un cycle de 26 jours avec retour au point initial d'observation (voir figure page suivante).

Enfin, il est nécessaire que le plan de l'orbite fasse un angle constant avec la direction du Soleil.

C'est une nécessité si l'on veut pouvoir comparer les observations d'un point donné prises à des dates différentes. La comparaison ne peut être faite que si les conditions d'éclairement solaire, c'est-à-dire l'heure d'observation, sont proches d'une observation à l'autre. On cherche donc à survoler un point donné toujours à la même heure. Cela est obtenu en choisissant une orbite héliosynchrone.

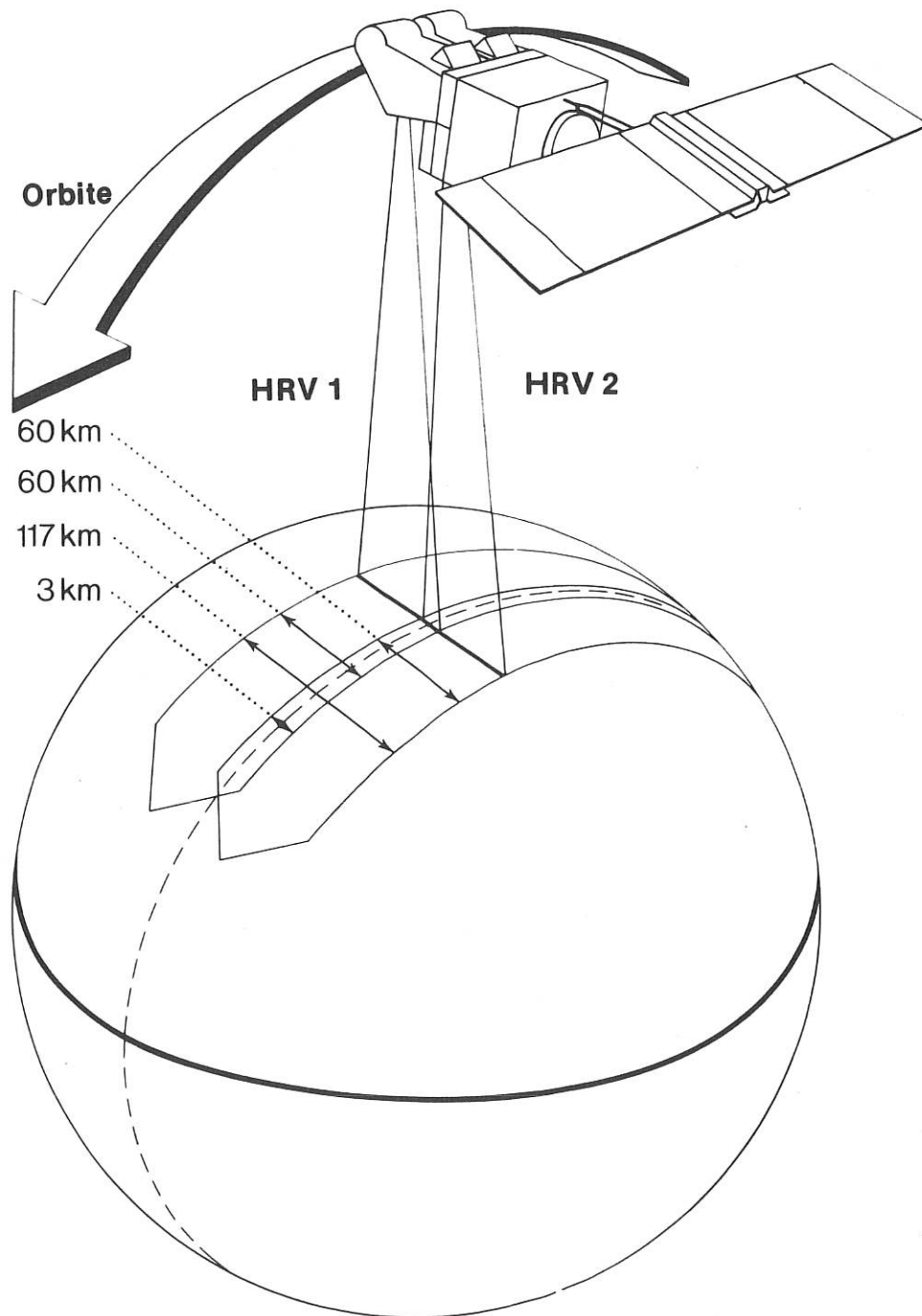
Le satellite passe au noeud descendant, (intersection de sa trace descendante avec l'équateur) à 10 heures 30 du matin le 15 juin chaque année. Son heure de passage au-dessus d'une région donnée sera maintenue à ± 15 minutes autour de sa valeur nominale quelle que soit la période de l'année et il repassera sur sa trace avec une précision de ± 5 kilomètres.

En résumé l'orbite est circulaire, héliosynchrone et phasée.

La charge utile.-

La charge utile du satellite S.P.O.T. est constituée de deux instruments optiques identiques H.R.V. (Haute Résolution Visible) et d'un ensemble d'enregistrement des données sur bande magnétique et de transmission vers le sol.

Instruments HRV



En visée verticale le champ d'observation d'un instrument HRV est de 60 kilomètres de large (angle de prise de vue $\pm 1,96^\circ$) permettant un champ total de 117 km pour les 2 instruments (recouvrement de 3 km). Ainsi la couverture complète de la Terre (en 26 jours) est assurée puisque la distance entre deux traces est au maximum de 108 km à l'équateur.

En fonction des divers besoins exprimés par les utilisateurs de S.P.O.T., les caractéristiques principales suivantes ont été adoptées par les instruments optiques de S.P.O.T. :

- une haute résolution (10 m. et 20 m.) de telle sorte que l'on puisse établir des cartes topographiques au 1/100 000 avec la précision géométrique voulue et des cartes thématiques jusqu'à l'échelle du 1/25 000,

- quatre bandes de longueur d'onde d'observation réparties en deux modes spectraux (multibande et panchromatique).

Outre ces caractéristiques, le satellite S.P.O.T. offre la possibilité de faire varier la direction d'observation jusqu'à plus ou moins 27° de la verticale du satellite par rapport au plan d'orbite. Cette particularité a deux avantages : bonne répétition des observations et vision stéréoscopique (figure page suivante).

Avec une orientation convenable du miroir d'entrée de l'instrument H.R.V. contrôlée par télécommande, il est possible d'observer des régions intéressantes qui ne sont pas nécessairement à la verticale du satellite. Elles peuvent être situées dans un couloir de 950 km de large de part et d'autre de la trace au sol du satellite. La largeur de la zone effectivement observée varie entre 60 km à la verticale du satellite et 80 km en visée oblique extrême ($\pm 27^\circ$).

La réalisation des prises de vues.-

La lumière diffusée par le paysage est captée par un instrument optique, en l'occurrence un télescope dont les principales caractéristiques (distance focale et diamètre de l'optique) sont déterminées au départ par la résolution que l'on désire obtenir. Le télescope de S.P.O.T. qui permet une résolution de 10 m. est un instrument de grande taille pour un instrument embarqué sur un satellite (2,50 m. de longueur totale, 250 kg). Le satellite emporte deux instruments identiques appelés H.R.V.

Une fois la lumière captée par le système optique, il faut alors effectuer la prise de vue proprement dite. La solution adoptée sur S.P.O.T. utilise au foyer du télescope une ligne de détecteurs, qui sont des photodiodes (diodes à semi-conducteurs, sensibles aux rayonnements infrarouges et visibles ainsi qu'à l'ultraviolet proche) de très petites dimensions convertissant le signal lumineux en un signal électrique.

Chaque détecteur analyse un élément de paysage (10 m. par ex.) contenu dans le champ de l'instrument. Il reçoit la lumière de cette zone de paysage pendant le temps au cours duquel le satellite a progressé de 10 m., soit 1,5 s.

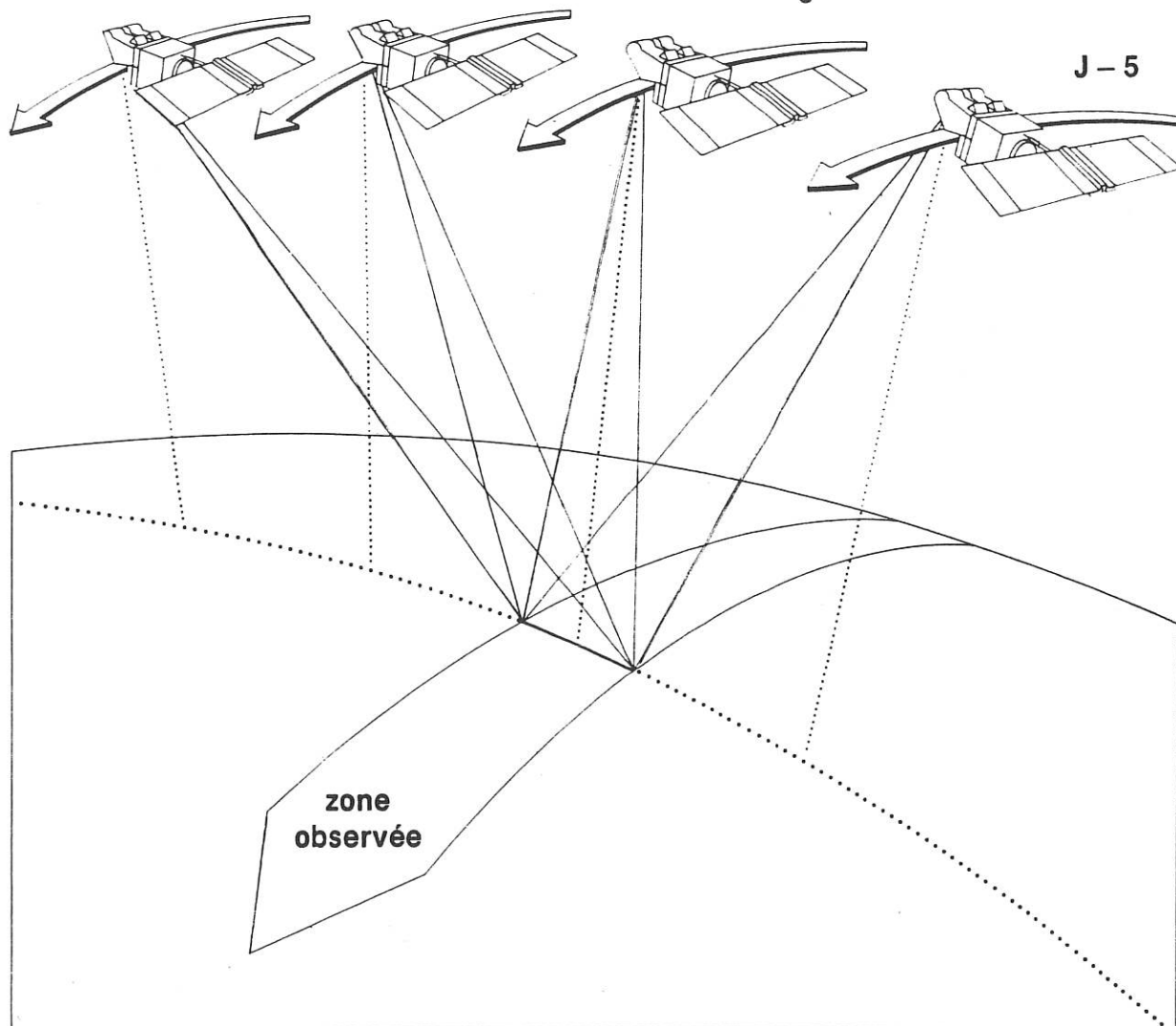
Les 6000 photodiodes assemblées en lignes permettent d'analyser d'un seul coup, pour le mode panchromatique, une ligne de paysage de 60 km de longueur orientée perpendiculairement à la trace du satellite.

passage au jour: J + 10

J + 5

J

J - 5



Les visées obliques offrent deux avantages : répétitivité de l'observation d'une même région à intervalles rapprochés et prise de vue d'une même scène sous des angles différents (couple d'images stéréoscopiques).

Le signal ainsi obtenu est ensuite amplifié, puis numérisé au travers d'un codeur analogique numérique.

La quantité des informations mises en jeu est énorme (le débit, pour une résolution de 10 m. est de 24 millions de bits par seconde).

Stockage et émission des données vers le sol.-

Deux cas se présentent alors pour la transmission au sol des informations : le satellite est en visibilité d'une station de réception d'images ou non.

Dans le premier cas, le train d'informations vient moduler le signal d'un émetteur qui l'envoie directement vers la Terre au travers d'une antenne d'émission.

Dans le second, le train d'informations est stocké à bord sur un enregistreur magnétique qui sera relu lors d'un prochain passage en visibilité d'une des deux stations de réception européennes (Toulouse ou Kiruna, en Suède) en utilisant le même système d'émission.

La plate-forme.-

La plate-forme du satellite S.P.O.T. est conçue pour assurer l'ensemble des servitudes, nombreuses sur ce type de satellite, et qui sont nécessaires à l'accomplissement de la mission :

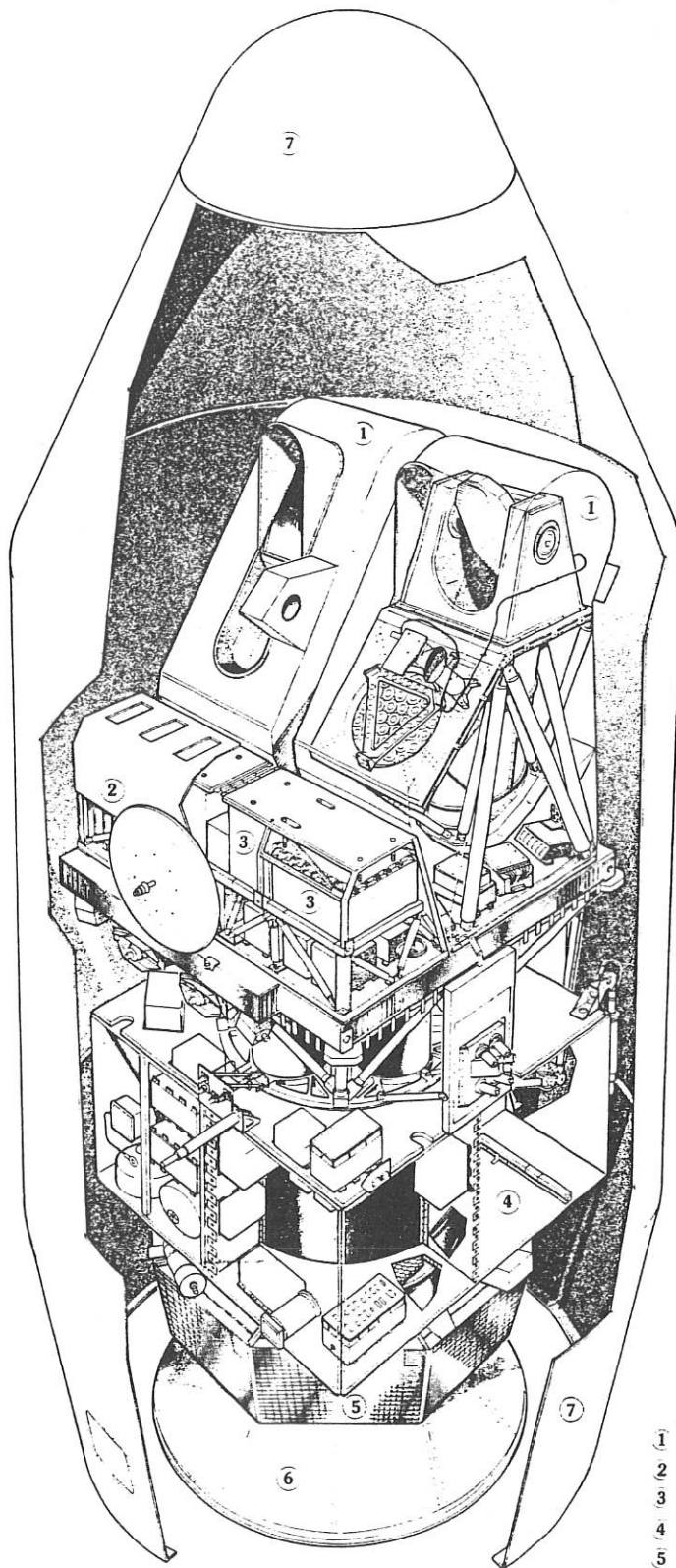
- maintien précis de l'orbite,
- stabilisation selon trois axes,
- alimentation électrique,
- gestion de bord,
- télémesure et télécommande,
- programmation de la charge utile par un ordinateur de bord dont la mémoire est chargée par télécommande.

Le satellite S.P.O.T. 1 a été lancé simultanément avec le satellite Viking par Ariane 1 en février 1986 (voir figure page suivante).

La campagne de lancement à Kourou a duré sept semaines depuis l'arrivée des premiers éléments du banc de contrôle du satellite jusqu'à la réexpédition du matériel-sol en métropole après le lancement.

L'exploitation.-

Dès les premières études du projet S.P.O.T., le C.N.E.S. s'est préoccupé d'estimer avec précision la part du marché mondial accessible à ses données. Pays par pays, secteur par secteur, les besoins ont été évalués. Les résultats ont montré un marché potentiel important. Si l'Etat français et le C.N.E.S. sont bien les opérateurs du satellite responsables de sa bonne marche et de la poursuite future du programme, c'est la société commerciale autonome et spécifique, S.P.O.T. image, créée en 1982 qui assure la promotion et la distribution des images.



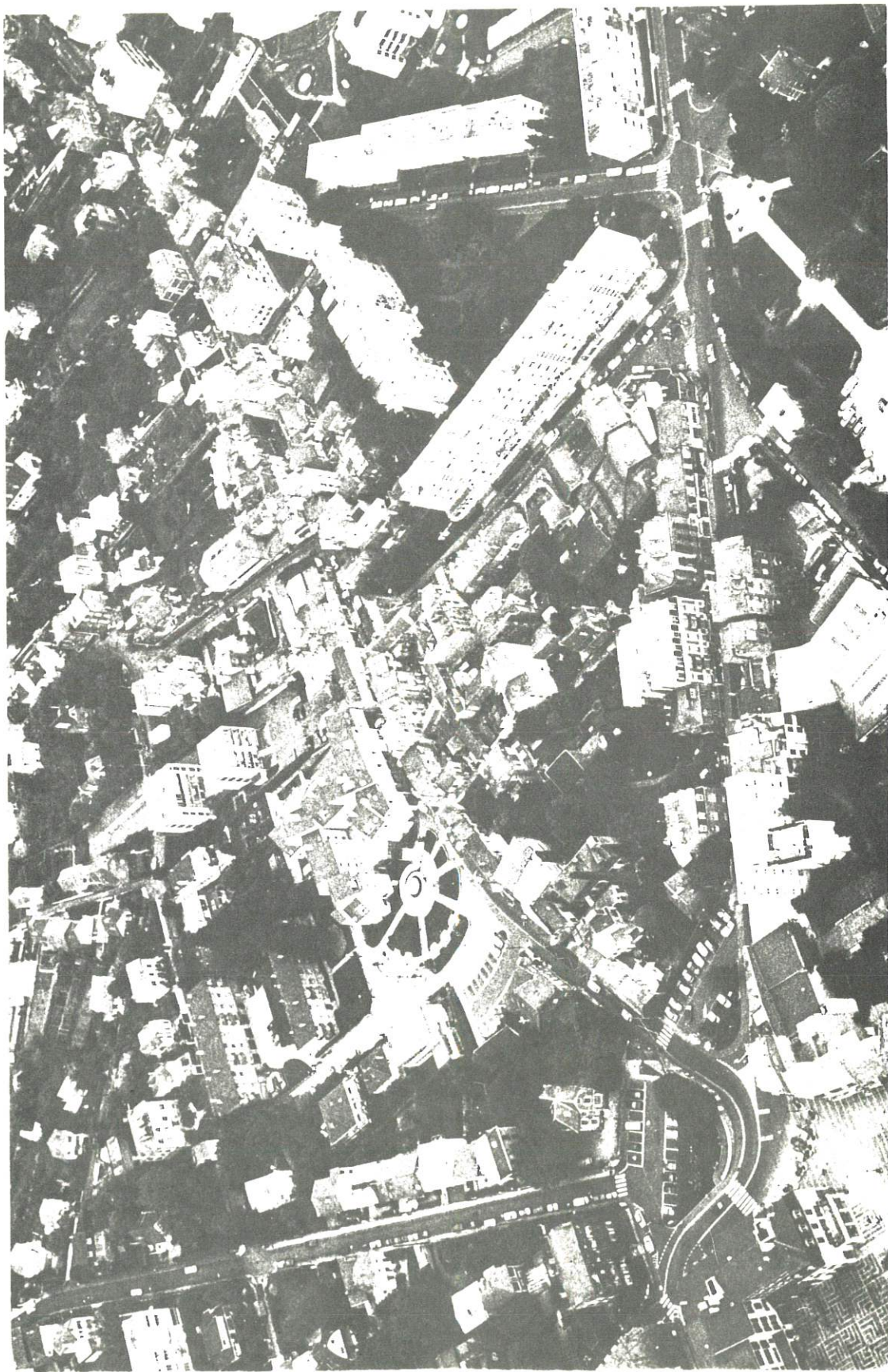
- ① Instrument de prise de vue HRV.
- ② Telemesure image.
- ③ Enregistreur Magnetique
- ④ Plateforme SPOT.
- ⑤ Satellite VIKING.
- ⑥ Adaptateur ARIANE.
- ⑦ Coiffe.

Le satellite SPOT est lancé simultanément avec le satellite Viking (lancement double).

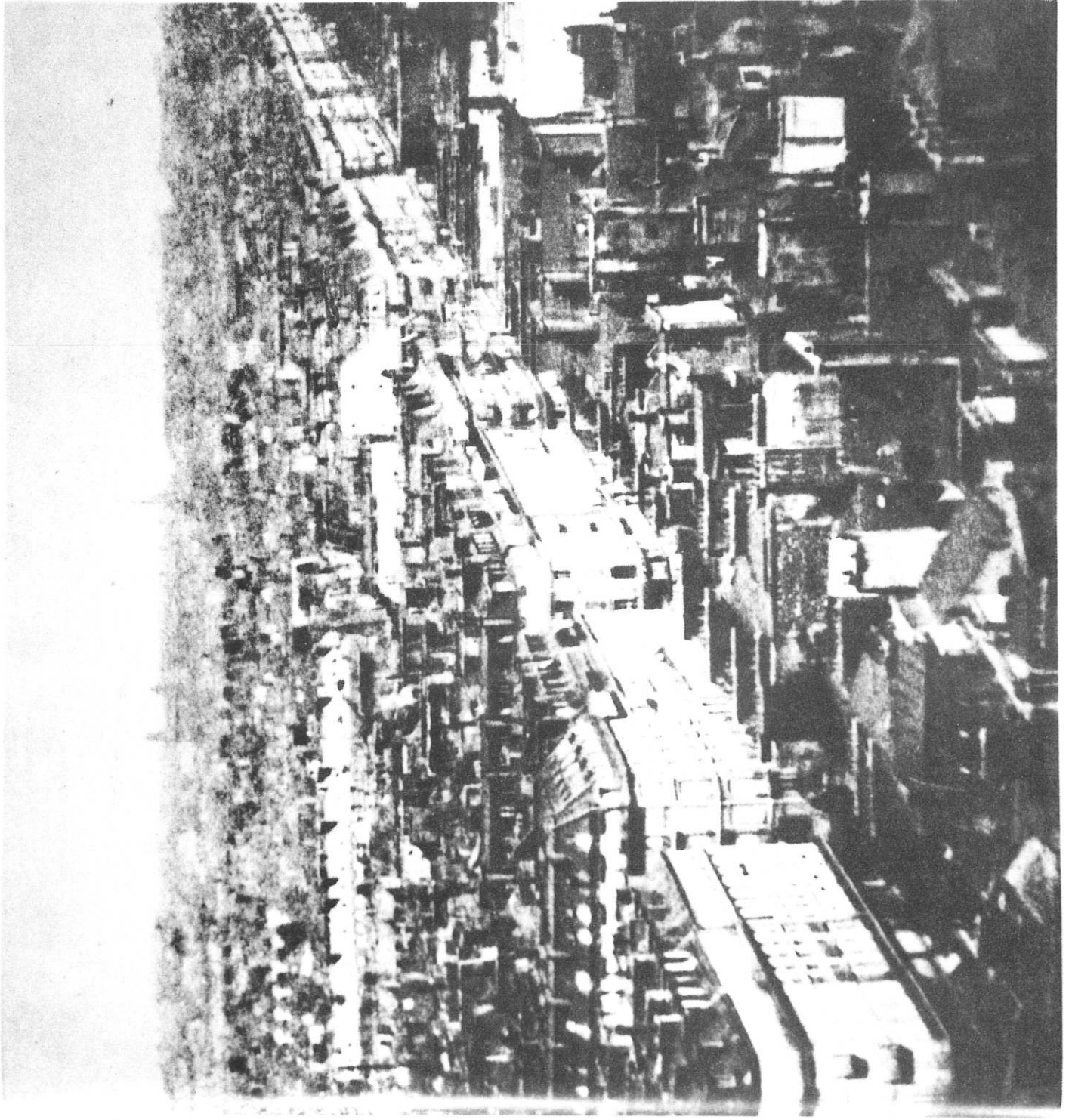
Après cet exposé, on projeta un film reprenant les explications de Monsieur Fouroux et donnant des indications sur l'utilisation des images S.P.O.T.

- Aménagement, urbanisme, occupation du sol,
- Agriculture tropicale,
- Agriculture en climat tempéré,
- Forêts,
- Ressource en eau
- Etudes côtières et océaniques,
- Géologie, exploration minière et pétrolière,
- Géographie et environnement,
- Cartographie topographique,
- ...

Monsieur Fouroux nous a montré également de très belles vues prises par S.P.O.T. que nous ne pouvons reproduire ici car elles ne sont intéressantes que si on les voit en couleur.



Une vue aérienne de Garches prise d'un avion



- Une des premières vues
aériennes de Paris prise
du ballon de Nadar en
1866.