



Présente
l'exposition

L'espace,
comment
cà marche ?

PRÉSENTENT

L'espace

COMMENT
ÇA
MARCHÉ?



AVEC LA PARTICIPATION DU
CREDIT AGRICOLE

LE LANCEMENT



LE BUT : PLACER SUR ORBITE DE TRANSFERT.



2^{ème} ÉTAGE :
1^{ère} IMPULSION
HORIZONTALE
(2 min)

3^{ème} ÉTAGE :
ACCÉLÉRER POUR ATTEINDRE
LA VITESSE ORBITALE
(12 min)

GTO

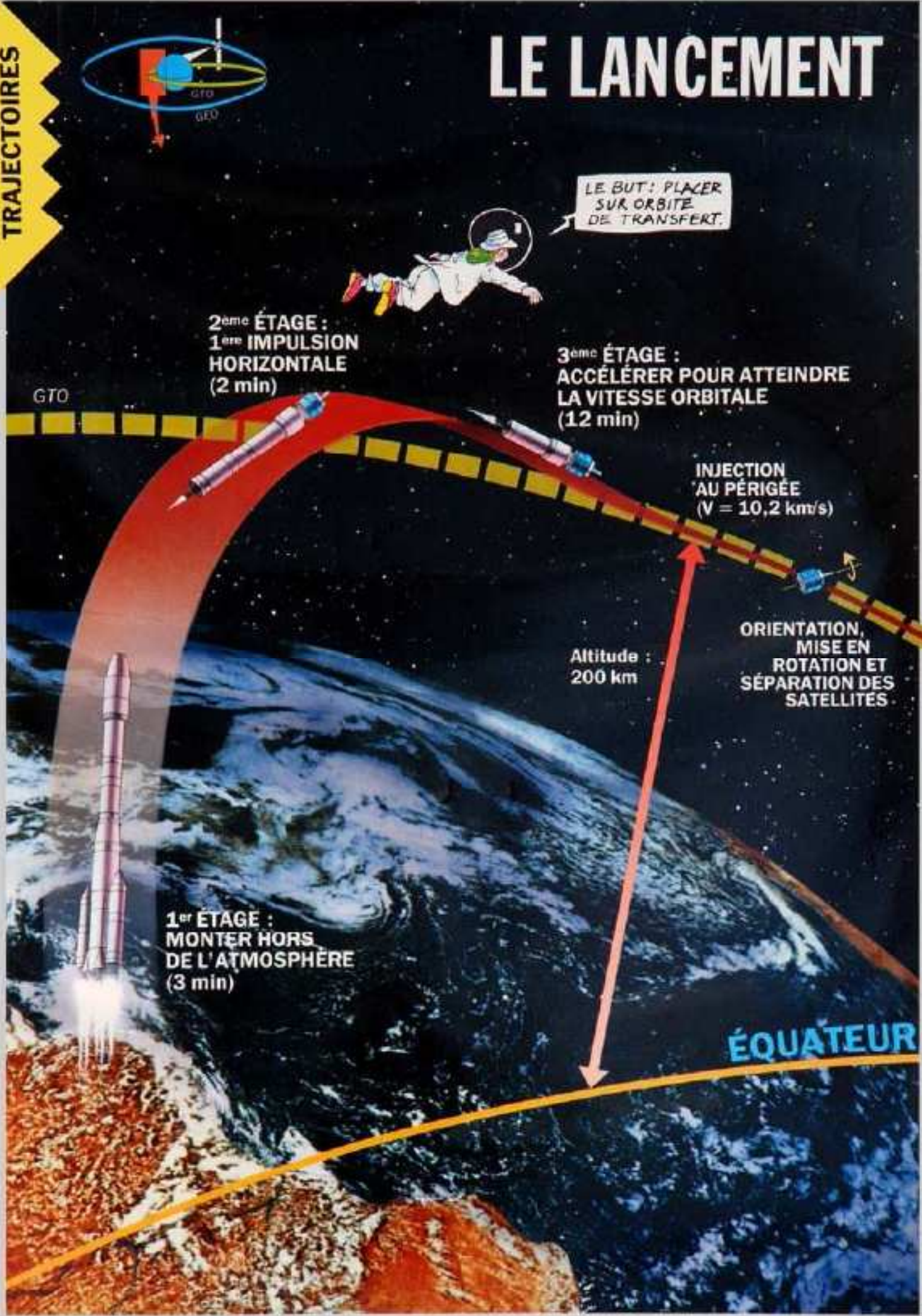
INJECTION
AU PÉRIGÉE
($V = 10,2 \text{ km/s}$)

Altitude :
200 km

ORIENTATION,
MISE EN
ROTATION ET
SÉPARATION DES
SATELLITES

1^{er} ÉTAGE :
MONTER HORS
DE L'ATMOSPHÈRE
(3 min)

ÉQUATEUR



LA SATELLISATION



- A** V initiale = 0
CHUTE VERTICALE
- B** $V = 30 \text{ m/s}$
ON DÉPASSE
LES DOUVES
- C** $V = 400 \text{ m/s}$
ON DÉPASSE
DÉJÀ L'HORIZON
- D** $V = 7800 \text{ m/s}$
ON DÉPASSE
LES ANTIPODES

PHOBOS
 $V = 2 \text{ m/s}$



MARS
 $V = 3600 \text{ m/s}$



LUNE
 $V = 1700 \text{ m/s}$

AUTOUR DE CHAQUE ASTRE, UNE VITESSE
MINIMUM DE SATELLISATION



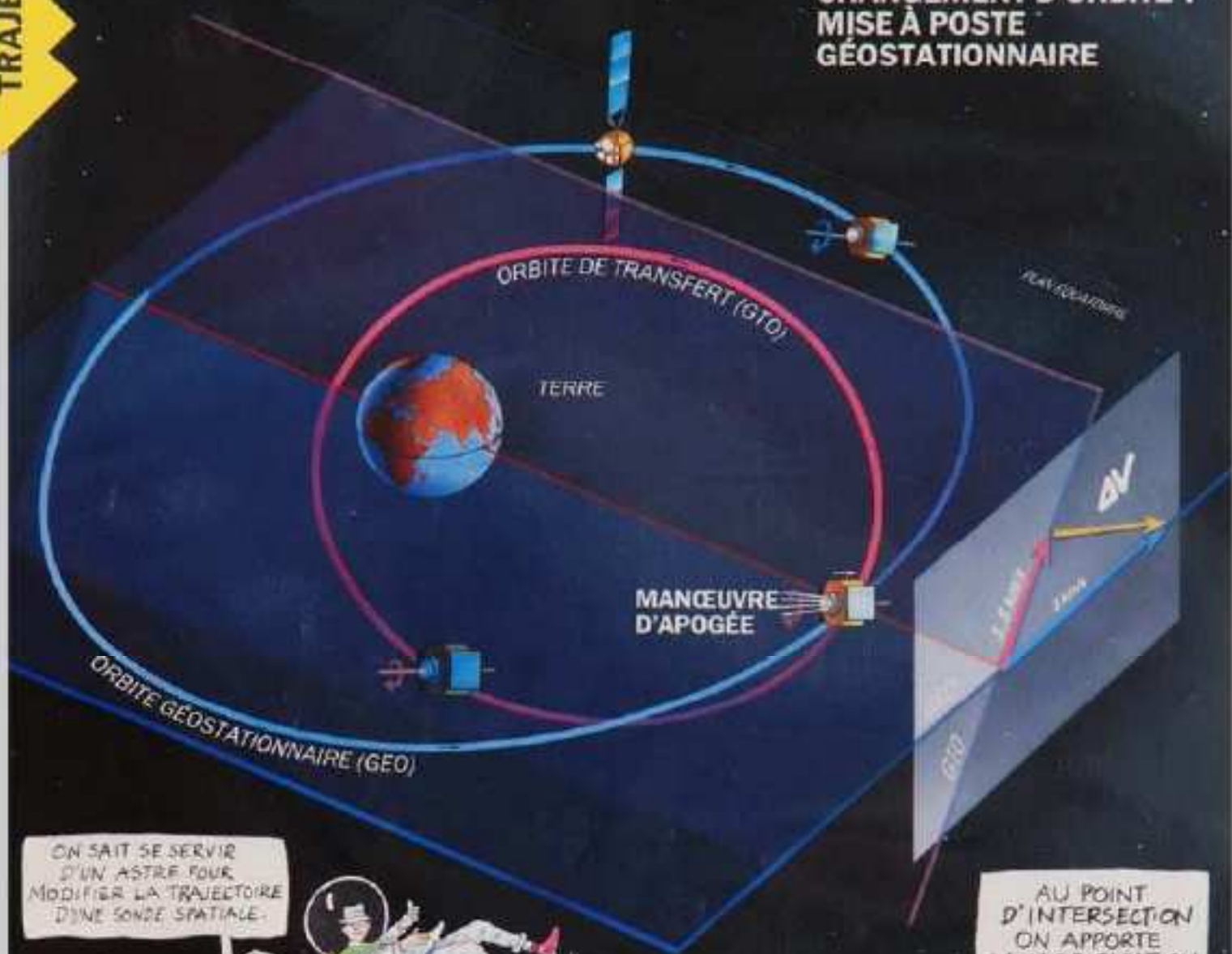
LIVRÉ À LUI MÊME
LE SATELLITE CONTINUE
INDÉFINIMENT

VAINCRE L'ATTRACTION
DE LA TERRE:
UNE QUESTION
DE VITESSE

PLUS VITE
=
PLUS LOIN



LES MANŒUVRES

CHANGEMENT D'ORBITE :
MISE À POSTE
GÉOSTATIONNAIRE

ON SAIT SE SERVIR
D'UN ASTRE POUR
MODIFIER LA TRAJECTOIRE
D'UNE SONDE SPATIALE.



AU POINT
D'INTERSECTION
ON APORTE
LA MODIFICATION
DE VITESSE ΔV
NÉCESSAIRE.



L'ASSISTANCE
GRAVITATIONNELLE



LES ORBITES

PLACER SUR ORBITE, C'EST INJECTER À UNE ALTITUDE DONNÉE AVEC UNE VITESSE SUFFISANTE.

APOGÉE

ORBITE BASSE
 $V_p = 7,8 \text{ km/s}$

ORBITE ELLIPTIQUE
 $7,8 \text{ km/s} < V_p < 11,2 \text{ km/s}$

ENCORE PLUS VITE...
ENCORE PLUS LOIN!
 $V_p = \text{VITESSE AU PÉRIGÉE}$

TRAJECTOIRE
HYPERBOLIQUE
 $V_p \geq 11,2 \text{ km/s}$

SUR UNE TRAJECTOIRE,
L'ÉNERGIE EST CONSTATE.
LA DISTANCE À LA TERRE
ET LA VITESSE VARIENT DONC
EN SENS INVERSE.

PÉRIGÉE



ORBITES CIRCULAIRES
UNE VITESSE POUR CHAQUE ALTITUDE



LES ORBITES

PLACER SUR ORBITE, C'EST INJECTER À UNE ALTITUDE DONNÉE AVEC UNE VITESSE SUFFISANTE.

APOGÉE

ORBITE BASSE
 $V_p = 7,8 \text{ km/s}$

ORBITE ELLIPTIQUE
 $7,8 \text{ km/s} < V_p < 11,2 \text{ km/s}$

PÉRIGÉE

ENCORE PLUS VITE...
ENCORE PLUS LOIN!
 $V_p = \text{VITESSE AU PÉRIGÉE}$

TRAJECTOIRE
HYPERBOLIQUE
 $V_p \geq 11,2 \text{ km/s}$

SUR UNE TRAJECTOIRE,
L'ÉNERGIE EST CONSTATE.
LA DISTANCE À LA TERRE
ET LA VITESSE VARIENT DONC
EN SENS INVERSE.



ORBITES CIRCULAIRES
UNE VITESSE POUR CHAQUE ALTITUDE



ARIANE 4

1^{er} VOL : JUIN 1988

MOTEUR D'APOGÉE DU SATELLITE

(SOUVENT À POUDRE)

CIRCULARISATION DE
L'ORBITE DU SATELLITE

ÉTAGE CRYOTECHNIQUE

LH2 -253°C
HYDROGÈNE LIQUIDE

LOX -182°C
OXYGÈNE LIQUIDE

VITESSE D'ÉJECTION :
4 300 m/s

DÉBIT : **14 kg/s**

CASE À ÉQUIPEMENTS

"CERVEAU" DE GUIDAGE
ET D'ALTO-PILOTAGE

TUYÈRES À HYDROGÈNE

CONTRÔLE DU ROULIS
EN VOL PROPULSÉ
ET ORIENTATION
DU SATELLITE AVANT
SÉPARATION

FUSÉES DE SÉPARATION

PROPULSEURS D'APPOINT À POUDRE

(PAP)

AUGMENTATION
DE LA POUSSÉE
AU DÉCOLLAGE

OU

PROPULSEURS D'APPOINT À LIQUIDES

(PAL)

POUR DES PERFORMANCES
SUPÉRIEURES

ÉTAGES À ERGOLS STOCKABLES

(CONSERVABLES
À TEMPÉRATURE AMBIANTE)

UH 25

DÉRIVÉ DE L'HYDRAZINE

N₂O₄

PEROXYDE D'AZOTE

VITESSE D'ÉJECTION :
2 500 à 3 000 m/s

ALLUMAGE SPONTANÉ
PAR CONTACT
DES DEUX LIQUIDES

DÉBIT : **275 kg/s**
PAR MOTEUR

LES MOTEURS CENTRAUX
SONT ORIENTABLES
POUR LE PILOTAGE!

QUAND UN ÉTAGE EST VIDE
(MASSE INUTILE)
ON L'ABANDONNE (DÉLORRAGE
DE L'INTERÉTAPE PAR
CORDON PYROTECHNIQUE)



ARIANE 5

1^{er} VOL PRÉVU EN 1995

L'ÉTAGE PRINCIPAL
EST ALLUMÉ
DÈS LE DÉCOLLAGE,
AVANT L'ÉTAGE
À POUDRE !

ÉTAGE PRINCIPAL

2^e ÉTAGE

MOTEUR VULCAIN :
LOX (125 t)
+
LH2 (25 t)

800 kN
AU DÉCOLLAGE
1 000 kN
EN CROISIÈRE

DURÉE
DE FONCTIONNEMENT
10 min

ÉTAGE À POUDRE

1^{er} ÉTAGE

2 BLOCS AUTO - COMBUSTIBLES
230 t 230 t

DÉBIT

1,9 t/s 1,9 t/s

POUSSÉE PRINCIPALE, AU DÉCOLLAGE
6 500 kN 6 500 kN

EN CROISIÈRE

5 000 kN 5 000 kN

DURÉE DE FONCTIONNEMENT
2 min

TURBOPOMPE LH2 :
MASSE : 220 kg
PUISSANCE : 12 MW
(2 RAMES TGV)

JOINTS PHAROS
ET TURBES
ORIENTABLES

LA PROPULSION CRYOGÉNIQUE

TECHNOLOGIE TRÈS PERFORMANTE MAIS DÉLICATE :
STOCKAGE ET DÉMARRAGE COMPLEXES.
FONCTIONNEMENT À TEMPÉRATURE DE 20 K (- 253°C)
GRAND VOLUME SPÉCIFIQUE DE L'HYDROGÈNE LIQUIDE
D'OÙ UN RÉSERVOIR IMMENSE ET UNE
TURBOPOMPE SURPUISSANTE.

2 VERSIONS :

AUTOMATIQUE

HERMES

LA RÉACTION

RÉACTION

ACTION



MASSE DE GAZ

ON S'APPUIE SUR UNE MASSE ÉJECTÉE.

$$\text{POUSSÉE} = \text{DÉBIT} \times \text{VITESSE D'ÉJECTION}$$



PROPULSIONS "EXOTIQUES"

DES SOLUTIONS POUR L'AVENIR

VOILE SOLAIRE
(pression des photons)
MISSIONS LOINTAINES

RÉACTEUR NUCLEAIRE
(chauffage du fluide propulsif)
VOL INTERORBITAL

MOTEUR IONIQUE
(éjection d'ions à grande vitesse par accélération électrique)
VOL INTERORBITAL
+ CONTRÔLE D'ATTITUDE ET D'ORbite DES SATELLITES

CHAUDIÈRE THERMOSOLAIRE
(chauffage du fluide propulsif)
VOL INTERORBITAL

LE MOTEUR COMBINÉ UTILISE L'OXYGÈNE DE L'AIR PENDANT LA MONTÉE DANS L'ATMOSPHÈRE

CATAPULTE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE
(moteur électrique linéaire)
LANCEMENTS DEPUIS LA LUNE

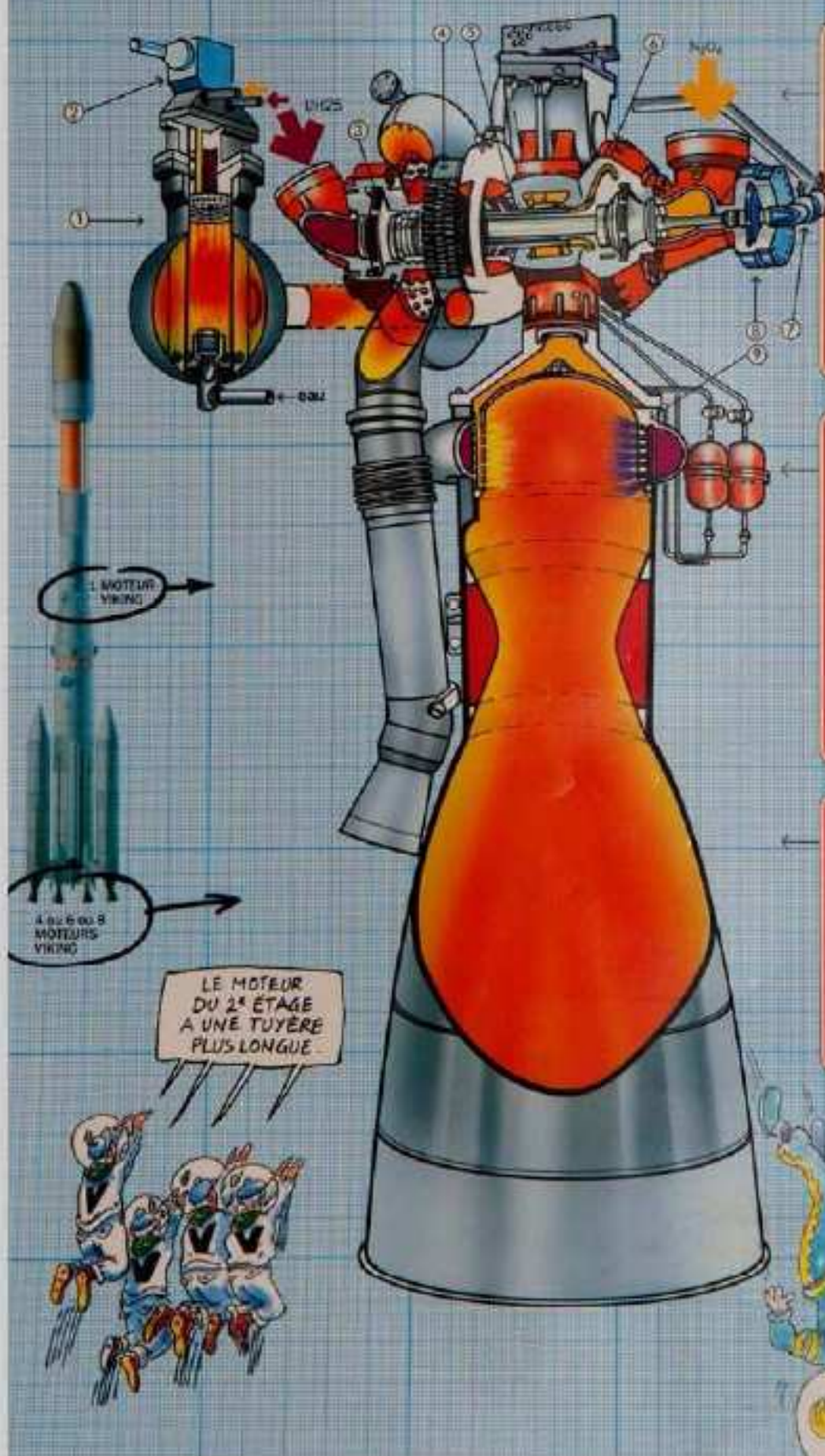
AVION ORBITAL
(moteur combiné)
LANCEUR RÉUTILISABLE



MOTEUR COMBINÉ



UN MOTEUR : LE VIKING



GROUPE D'ALIMENTATION

- 1 GÉNÉRATEUR DE GAZ
- 2 RÉGULATEUR PRINCIPAL
- 3 POMPE À UH25
- 4 TURBINE
- 5 RÉGULATEUR D'ÉQUILIBRE
- 6 POMPE À N₂O₄
- 7 VANNE À EAU
- 8 POMPE À EAU
- 9 INJECTEUR

CHAMBRE DE COMBUSTION

ON COMBINE
LES DEUX ERGOLS
QUI S'ENFLAMMENT
SPONTANÉMENT
ET SE TRANSFORMENT
EN GAZ
À HAUTE ÉNERGIE

PRESSION 60 BARS
TEMPÉRATURE 3 000 °C

TUYÈRE

ELLE DIRIGE
L'EXPANSION
DE LA MASSE DES
GAZ ÉJECTÉS
(CONVERTISSEUR
D'ÉNERGIE)

LE MOTEUR
DU 2^e ÉTAGE
A UNE TUYÈRE
PLUS LONGUE

LE BUT :
ÉJECTER DES GAZ
À GRANDE
VITESSE.

1 MOTEUR
VIKING

4 ou 6 ou 8
MOTEURS
VIKING

LANCEMENT
VIBRATIONS INTENSES

CENTRE DE CONTRÔLE ET DE RÉCEPTION

RAYONNEMENT
LES RAYONNEMENTS INTENSES (ULTRA-VIOLET ET COSMIQUE) DÉGRADENT LES MATÉRIAUX ET PERTURBENT L'ÉLECTRONIQUE.

VIDE

CHAUD

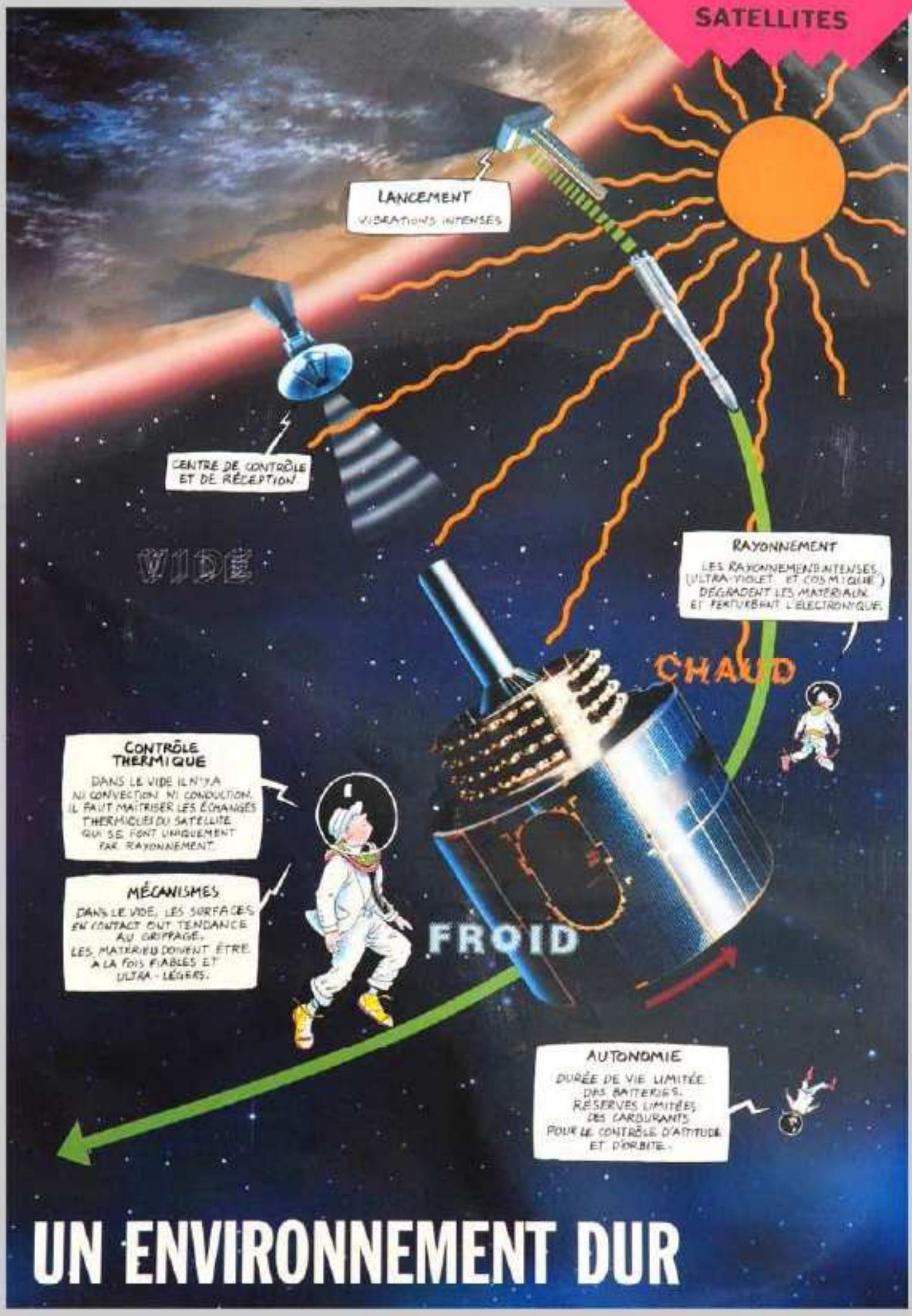
CONTRÔLE THERMIQUE
DANS LE VIDE IL N'Y A NI CONVECTION NI CONDUCTION. IL FAUT MAÎTRISER LES ÉCHANGES THERMIQUES DU SATELLITE QUI SE FONT UNIQUEMENT PAR RAYONNEMENT.

MÉCANISMES
DANS LE VIDE, LES SURFACES EN CONTACT ONT TENDANCE AU GRIPPAGE. LES MATÉRIELS DOIVENT ÊTRE À LA FOIS FIABLES ET ULTRA-LÉGERS.

FROID

AUTONOMIE
DURÉE DE VIE LIMITÉE
DES BATTERIES.
RÉSERVES LIMITÉES
DES CARBURANTS
POUR LE CONTRÔLE D'ALTITUDE
ET D'ORbite.

UN ENVIRONNEMENT DUR



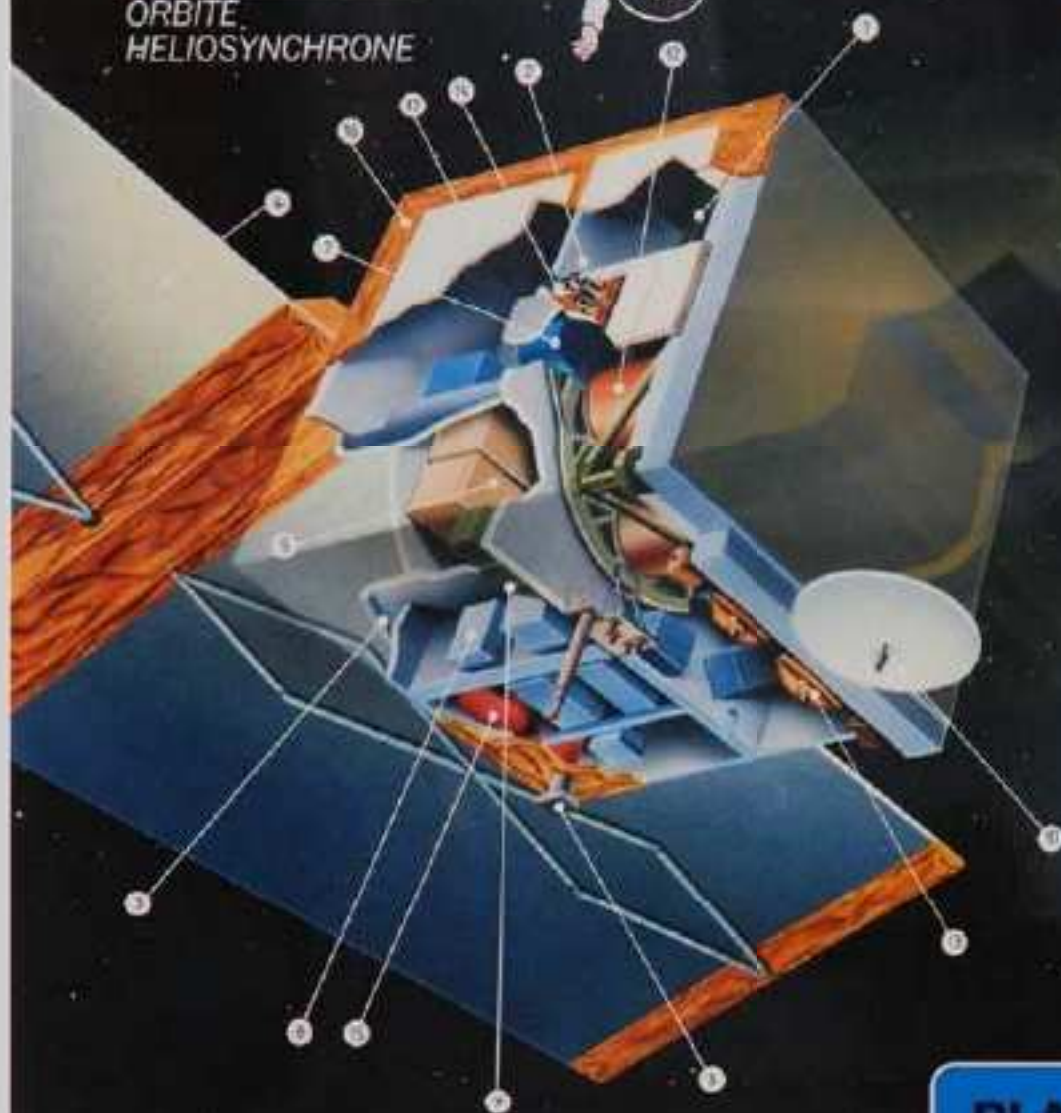
SPOT



ORBITE
HELIO SYNCHRONE

CHARGE UTILE :
INSTRUMENTS
D'OBSERVATION DE LA TERRE

COLLECTE D'IMAGES
RETRANSMISES EN DIRECT
OU EN DIFFÉRÉ



PLATEFORME

A. STRUCTURE

- ① Châssis
- ② Plateaux
- ③ Liaison lanceur

B. ÉNERGIE DE BORD

- ④ Panneaux dirigés vers le soleil
- ⑤ Batteries

C. GESTION DE BORD

- ⑥ Capteurs
- ⑦ Commandes
- ⑧ Ordinateur

D. TÉLÉMESURE/ TÉLÉCOMMANDE

- ⑨ Émetteur-récepteur
- ⑩ Antennes

TDF 1



ORBITE GÉOSTATIONNAIRE



TELEVISION DIRECTE.

CHARGE UTILE :
RELAIS DE COMMUNICATION

E. CONTRÔLE D'ATTITUDE ET D'ORBITE

⑪ Moteurs d'apogée

- ⑫ Réservoirs d'ergols
- ⑬ Senseurs
- ⑭ Moteurs d'attitude
- ⑮ Roue à réaction

F. CONTRÔLE THERMIQUE

- ⑯ Revêtement isolant
- ⑰ Radiateurs de refroidissement

LES MÉTIERS

ORGANISATION



PROJET COLUMBUS



LANCEMENT ET CONTRÔLE



PRODUCTION



ESSAIS



ÉTUDES



RECHERCHE

LE TRAVAIL SE FAIT EN ÉQUIPES.

AUTOUR DE PROJETS.

LES MÉTIERS DE L'ESPACE SONT SUR LA TERRE.



L'UTILITÉ

OBSERVATION :

COUVERTURE SYSTÉMATIQUE
DU GLOBE TERRESTRE.

COMMUNICATION :

TÉLÉPHONES FIXES OU MOBILES,
APPELS À LONGUE DISTANCE,
RÉSEAUX D'ORDINATEURS,
POSTES MOBILES.

TÉLÉVISION :

LIAISONS DIRECTES.

LOCALISATION :

VÉHICULES,
SAUVETAGE,
MESSAGERIE.

MÉTÉO :

PRÉVISIONS AMÉLIORÉES.

SCIENCES :

PHYSIQUE DES
MATÉRIAUX,
ASTRONOMIE.

UN INVESTISSEMENT
NATIONAL ET EUROPÉEN :
20E/AN/FRANÇAIS



DES PROGRAMMES COMPLEXES

UNE CONSTELLATION D'ENTREPRISES DANS UN PUZZLE EUROPÉEN

ORGANISATION



PLAN DE DÉVELOPPEMENT D'UN LANCEUR

