

# La retombée de SKYLAB

par J. VERCHEVAL

C'est au cours de sa 34981<sup>e</sup> révolution que la station orbitale américaine SKYLAB (SKYLAB 1 plus précisément) est retombée le 11 juillet 1979 au-dessus de l'Australie. Les débris se sont éparpillés dans une zone traversant le continent australien du sud-ouest vers le nord-est et se prolongeant presque jusqu'à Port Morseby en Nouvelle Guinée. Le réseau NORAD (North American Air Defense Command) estime que les plus lourds d'entre eux ont entamé leur chute à 16<sup>h</sup> 37<sup>m</sup> TU au-dessus de la ville de Kalgoorlie à 31.8° Sud et 124.4° Est, soit à quelque 350 km de la ville côtière de Perth elle-même survolée quelques instants plus tôt. Le plus gros fragment retrouvé est un cylindre de deux mètres de long sur un mètre de diamètre, probablement l'un des six réservoirs en acier inoxydable qui contenaient l'oxygène réservé aux astronautes ; il fut découvert à proximité de la ville de Rawlinna à environ 800 km de Perth.

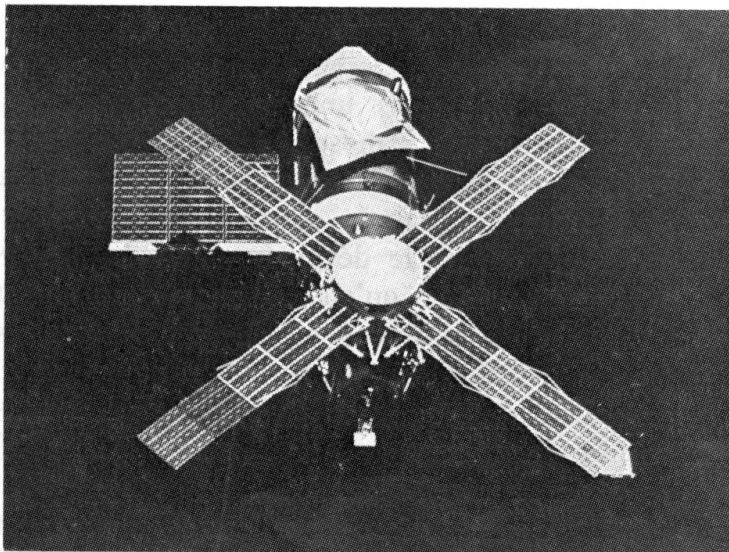


Fig. 1. — Photographie de la station prise par l'équipage de Skylab 2.

Skylab était un engin de 77 tonnes, d'une longueur de 25.6 m et d'un diamètre maximum de 6.6 m. Son envergure maximale, panneaux solaires déployés, atteignait 30 m. Le cliché ci-dessus est une photographie de la station prise par l'équipage de Skylab 2. On y remarque le parasol installé par ce même équipage pour assurer la protection thermique remise en cause par l'arrachement d'une partie du bouclier anti-météoritique peu après le lance-

ment. On constate également que le « Workshop » ne possédait plus qu'un seul panneau solaire.

La station Skylab, lancée le 14 mai 1973, avait été occupée en fait à trois reprises par des équipages américains restés à bord respectivement quelque 28 jours, 59 jours et 84 jours. Au cours de ces missions, une grande diversité d'expériences et d'observations scientifiques avaient été exécutées intéressant des disciplines telles que les sciences de la Terre, l'astronomie, la physique, la médecine, la biologie ou la métallurgie. Au terme de la dernière de ces missions (février 1974), Skylab fut désactivée et abandonnée à son sort. A cette époque, les prévisions faisaient état d'une retombée naturelle au cours de l'année 1981, échéance rassurante dès l'instant où la NASA envisageait de relever l'orbite au cours d'une mission d'intervention qu'il convenait d'effectuer lors de l'un des premiers vols de la navette spatiale alors prévus pour 1979. Malheureusement, le développement de la navette spatiale prit du retard dans le même temps où le processus de retombée de SKYLAB subit une accélération due à une friction atmosphérique plus importante que prévue en raison du niveau particulièrement élevé de l'activité solaire. La conjonction de ces deux faits n'a pas permis de concrétiser l'espoir des américains de relever l'orbite à temps.

En fait, c'est en mars 1978 que la NASA concentre à nouveau son attention sur la station, convaincue que la chute risque d'intervenir avant la fin de 1979. Le premier souci des techniciens américains est de renouer le contact : c'est chose faite le 14 mars 1978. Ayant repris le contrôle de la station, ils s'emploient alors à recharger les batteries grâce aux panneaux solaires. En juin 1978, Skylab est réorientée dans une position parallèle à la Terre de manière à minimiser le frottement atmosphérique dans l'espoir de prolonger de 6 à 12 mois la durée de vie de la station et permettre son sauvetage lors de la mission OFT 2 de la navette spatiale alors prévue pour février 1980. Un nouveau retard de deux mois dans le développement de la navette décide la NASA à annoncer en décembre 1978 qu'elle renonce à son projet de sauvetage d'autant que les systèmes de la station sont détériorés à un point tel qu'une nouvelle panne de l'un ou l'autre composant mineur risquerait d'entraîner la perte irrémédiable du contrôle du véhicule. Or, les techniciens estiment qu'une pareille éventualité serait hautement probable au cours des 15 mois devant s'écouler avant que ne soit entreprise l'opération de sauvetage.

Le 25 janvier 1979, les américains procèdent à une manœuvre conférant à la station une attitude inertielle solaire qui à la fois lui fournit une plus grande puissance électrique (incidence normale du rayonnement solaire sur les panneaux) et permet d'accélérer le processus de la chute de manière à minimiser les risques de toute dégradation ultérieure des systèmes de contrôle avant la phase finale de la retombée. En effectuant cette manœuvre, les américains espèrent optimiser les chances de pouvoir contrôler l'attitude au cours de la phase finale de manière à assurer un décrochage de l'orbite à un moment particulièrement favorable afin que la retombée n'affecte pas une région à forte densité de population.

Une nouvelle manœuvre intervient le 20 juin : elle confère à la station une nouvelle orientation lui assurant une attitude statiquement stable à une altitude inférieure à 250 km ; si la position inertielle solaire avait été maintenue, la traînée atmosphérique aurait engendré aux basses altitudes la mise en rotation de la station avec les inconvénients que l'on devine au niveau de l'alimentation des cellules solaires. Dans sa nouvelle attitude, Skylab a son axe longitudinal quasi perpendiculaire au vecteur vitesse, le module d'amarrage orienté vers le sud et les panneaux solaires à la traîne. Cette orientation doit permettre à Skylab de disposer d'une puissance électrique suffisante jusqu'à sa chute.

Une dernière manœuvre est entreprise le 11 juillet à 7<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> TU, c'est-à-dire quelques heures avant la chute proprement dite alors que l'engin se trouve à une altitude voisine de 150 km. Commandée depuis la station de poursuite de Madrid, elle replace Skylab dans une attitude inertielle solaire ; puisqu'il s'avère impossible de maintenir cette orientation à faible altitude, la station entreprend aussitôt le mouvement de culbute désiré de manière à prolonger son séjour sur orbite de quelques 30 minutes et assurer que la rentrée s'effectue au-dessus de l'Océan Indien et non au-dessus de l'Amérique du Nord comme semblaient l'indiquer les dernières prévisions. En fait, le « risque » fut simplement déplacé puisque c'est l'Australie qui fut la cible « privilégiée », confirmation s'il en est que les forces de contrôle d'un engin spatial au moment de la phase ultime de la retombée ne sont pas en mesure de maîtriser totalement les effets énormes et souvent imprévisibles de la traînée atmosphérique. Le dernier contact avec Skylab fut obtenu par la station de poursuite de l'île de l'Ascension alors que son altitude était d'environ 128 km.

Il convient de formuler quelques remarques concernant les prévisions successives de la date de la chute. Au lendemain de la manœuvre du 25 janvier 1979, on avança la première quinzaine de juin comme époque la plus probable pour la retombée. Au fil des semaines, l'échéance ne cessa d'être révisée, généralement dans le sens d'un recul comme en témoigne le tableau suivant :

Date de la prévision	Date la plus probable pour la retombée
20 avril 1979	19 juin 1979
8 mai 1979	23 juin 1979
22 mai 1979	2 juillet 1979
6 juin 1979	9 juillet 1979
15 juin 1979	16 juillet 1979
2 juillet 1979	13 juillet 1979.

La difficulté d'une prévision précise apparaît donc évidente. Elle réside dans le fait que la rentrée naturelle d'un engin spatial est régie par l'action du frottement atmosphérique. Or, ce dernier dépend de plusieurs facteurs qui ne

sont jamais connus avec la précision souhaitable : la densité atmosphérique, le coefficient aérodynamique et la section efficace de l'engin (à moins que ce dernier soit une sphère de dimension connue).

La densité atmosphérique joue certainement un rôle prépondérant, car il s'agit d'un paramètre qui subit des variations considérables, prévisibles dans une certaine mesure mais avec une précision toute relative ; elle dépend, en effet, très étroitement de l'activité solaire responsable de l'émission du rayonnement ultraviolet, source d'échauffement de l'atmosphère supérieure de la Terre. Les variations de la température et de la densité de la haute atmosphère sont par conséquent liées à celles de l'activité solaire elles-mêmes difficilement prévisibles. En outre, l'activité géomagnétique traduisant les variations du champ magnétique terrestre sous l'action du vent solaire est elle-même associée à certaines variations de la densité de l'atmosphère supérieure. La réponse de cette dernière lors d'un accroissement du niveau de l'activité géomagnétique se traduit par une augmentation de la densité, augmentation à la fois plus accentuée et plus rapide aux latitudes élevées ; ce comportement est généré par une source de chaleur prenant place dans la thermosphère (entre 100 et 150 km d'altitude) et résultant de la précipitation de particules de grande énergie du vent solaire dans les zones aurorales, la perturbation se déplaçant ensuite vers les faibles latitudes suivant des processus de transport complexes mais dans lesquels des phénomènes de circulation atmosphérique semblent intervenir. Ces considérations permettent de comprendre pourquoi les variations de la période de révolution ou du mouvement moyen d'un satellite artificiel traduisent notamment les effets des activités solaire et géomagnétique sur la densité des couches traversées. Skylab n'a pas échappé à la règle comme le montre la figure ci-dessous où l'on a représenté l'évolution de son altitude moyenne  $z$  et les variations de son mouvement moyen  $\Delta n$  depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1979. Figurent également l'activité solaire représentée par le flux radioélectrique  $S_{10.7}$  mesuré sur 10.7 cm et exprimé en  $10^{-22}$  watts/m<sup>2</sup>/cycle/sec ainsi que l'activité géomagnétique représentée chaque jour par la somme des huit valeurs trihoraires de l'indice planétaire  $K_p$ . Les deux flèches dirigées vers le bas indiquent les manœuvres des 25 janvier et 20 juin. A l'examen de cette figure, plusieurs constatations peuvent être faites.

- L'accélération du processus de la retombée apparaît nettement au lendemain de la manœuvre du 25 janvier. Elle résulte, rappelons-le, d'une modification de l'attitude de Skylab allant dans le sens d'une augmentation de sa section efficace.
- Depuis février 1979 jusqu'à fin mai 1979, le niveau moyen de l'activité solaire (courbe interrompue) n'a cessé pratiquement de décroître, atténuant le processus accéléré de la rentrée et accordant de ce fait une série de sursis pour la fin de Skylab. A titre d'exemple, signalons qu'à une altitude de 300 km, la densité moyenne de l'atmosphère diminue de 50 % lorsque le flux radioélectrique  $S_{10.7}$  décroît lui-même de 210 à 160 unités.



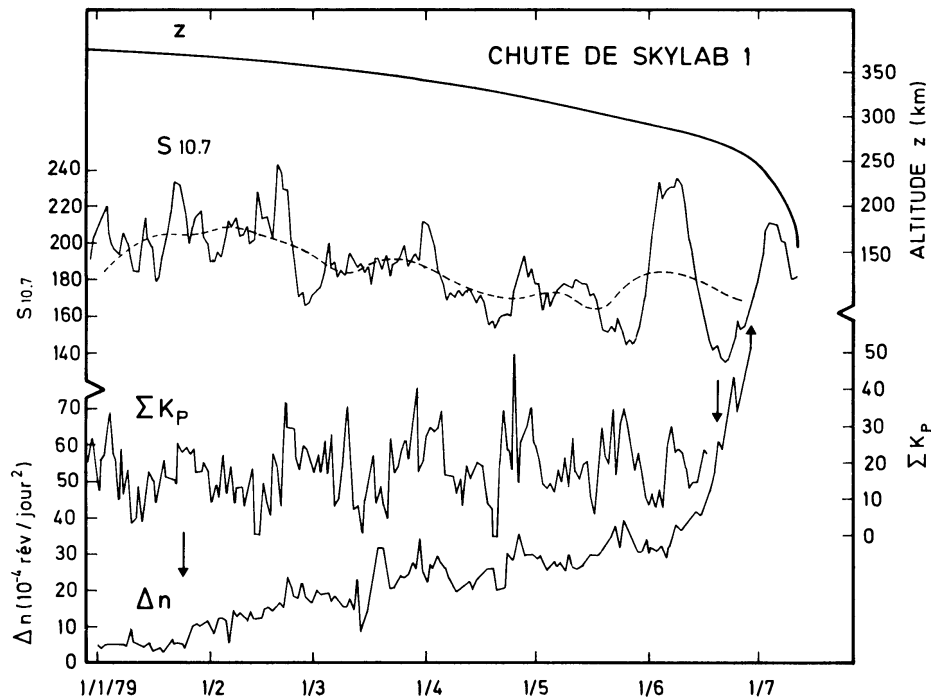


Fig. 2. — Evolution de l'altitude moyenne  $z$  (en haut) et des variations du mouvement moyen  $\Delta n$  (en bas) de Skylab depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1979. Comparaison avec l'activité solaire représentée par le flux radioélectrique  $S_{10.7}$  mesuré sur 10.7 cm ainsi qu'avec l'activité géomagnétique représentée par la somme des huit valeurs trihoraires de l'indice planétaire  $K_p$  (au milieu).

- L'accroissement général des variations du mouvement moyen est du à la diminution de l'altitude moyenne de la station. Cependant, il convient de remarquer que l'augmentation de  $\Delta n$  a été tempérée par la diminution du niveau de l'activité solaire. La courbe des variations de  $\Delta n$  présente également des fluctuations périodiques (période de 27 jours) liées à l'activité géomagnétique. Par contre, l'effet des variations à court terme de l'activité solaire apparaît moins marqué.
- Dès la mi-juin, alors que l'altitude du Skylab était largement inférieure à 300 km, l'effet du frottement atmosphérique devenait suffisamment intense pour rendre impossible toute nouvelle modulation par les activités solaire ou géomagnétique d'autant que les actions de celles-ci sur la densité atmosphérique s'avèrent de moins en moins fortes au fur et à mesure que l'altitude décroît.

L'ensemble des considérations précédentes montre qu'il est impossible de prévoir longtemps à l'avance la date de rentrée d'un satellite artificiel. Il va de soi que prévoir l'endroit de la chute naturelle est tout aussi impossible, même quelques heures avant l'événement ; dans ce dernier cas, on peut tout au plus prévoir la *révolution* au cours de laquelle interviendra la chute ; les inconnues sont alors moins de nature géophysique que d'ordre aérodynamique :

incertitude sur le coefficient aérodynamique et sur la section efficace liée à l'attitude de l'engin lors de la phase ultime.

Nous ne pouvons terminer cet article sans déplorer la psychose entretenue dans le public du danger que pouvait revêtir la chute de Skylab. Bien sûr, certains ont tenté de relativiser ce danger, mais comment concilier le déferlement de communiqués, nouvelles et mises en garde avec les risques minimes annoncés ? Certes, à l'échelle planétaire, les risques n'étaient pas nuls, mais les faits et gestes de notre vie quotidienne nous exposent continuellement à des risques autrement plus sérieux... et chacun, semble-t-il, s'en accommode aisément. Pour ce qui concerne la Belgique, dont seule la partie sud pouvait être affectée, la probabilité d'être le théâtre de la retombée (à ne pas confondre avec le risque d'accidents) pouvait être estimée à une chance sur 5000. Enfin, il convient de signaler que dès 10<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> du matin (heure officielle de Belgique) en ce 11 juillet 1979, notre pays n'était plus du tout concerné par l'événement.