

elliptique entre 175 et 36 720 kilomètres. Deux de ces morceaux de fusée sont heureusement retombés sur la Terre depuis, en 1984 et en 1994, se consumant dans l'atmosphère.

En plus des satellites et des étages de fusées, des petites pièces ont régulièrement été éjectées dans l'espace : boulons explosifs, colliers de serrage et ressorts libérés lors de la séparation des satellites et de leurs lanceurs, couvercles de capteurs ou dispositifs de contrôle d'attitude largués après l'arrivée sur l'orbite. Une série de missions spatiales russes ont ainsi rejeté chacune plus de 60 objets sur diverses orbites.

Les vols habités produisent aussi des débris. En 1965, au cours de la première sortie dans l'espace d'un Américain, l'astronaute de *Gemini 4* Edward White a perdu un gant, qui a ensuite dérivé à 28 000 kilomètres-heure. Plus de 200 objets, principalement des sacs-poubelle, ont aussi été

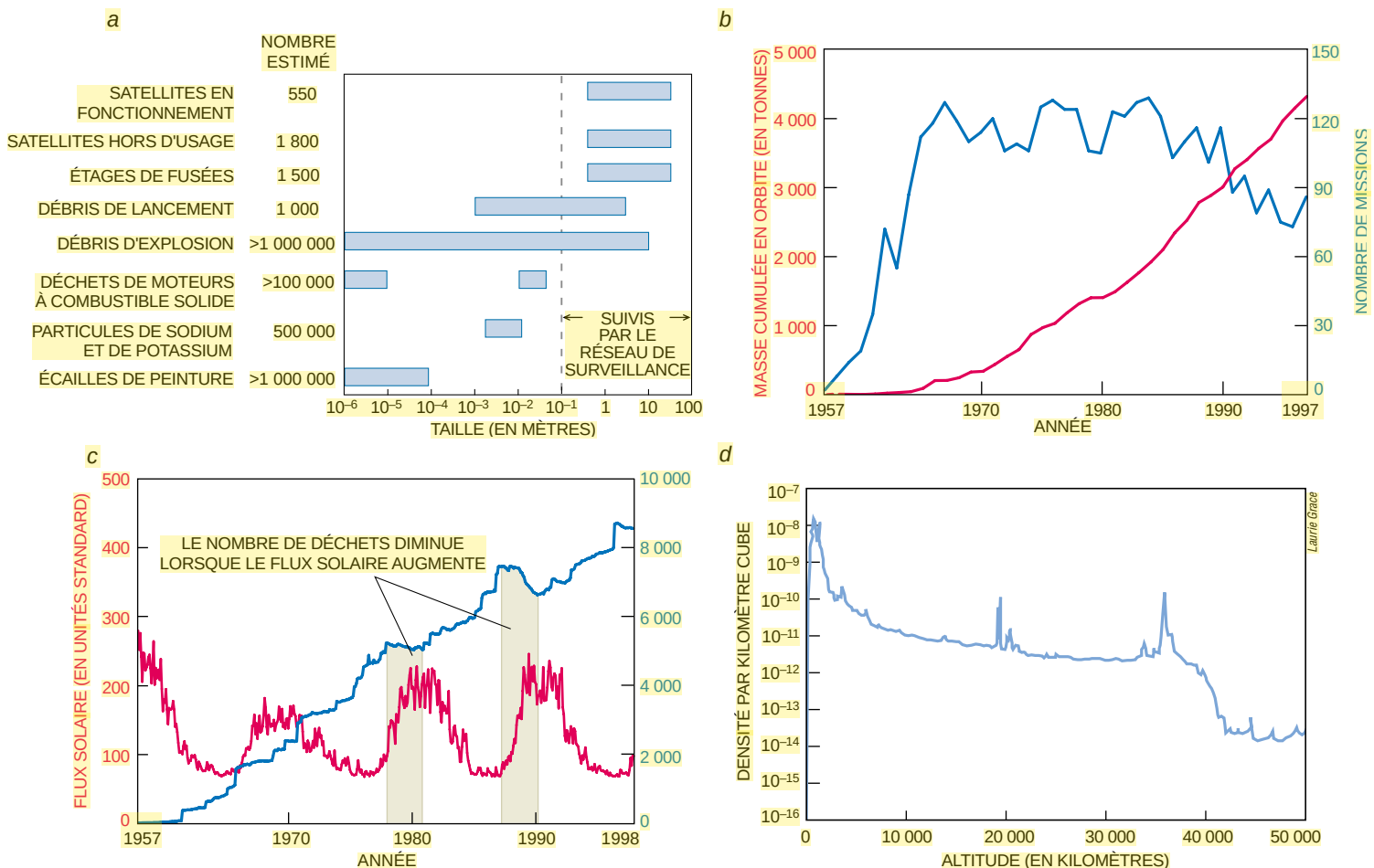
largués par la station *Mir* pendant ses dix premières années en orbite.

Des satellites disloqués

La principale source de débris plus petits est, de loin, la dislocation de satellites et de fusées. Depuis 1961, plus de 150 satellites ont explosé ou se sont disloqués, accidentellement ou délibérément. Toutes les épaves de fusées peuvent exploser : les résidus de carburant qu'elles contiennent peuvent s'enflammer lors d'une surpression ou d'un allumage intempestif, jusqu'à plus de 20 ans après le lancement. Ainsi, l'étage supérieur d'une fusée *Pégase* lancée en 1994 a explosé le 3 juin 1996, engendrant le plus grand nuage de débris recensé : plus de 700 objets d'au moins dix centimètres de diamètre, qui tournent aujourd'hui entre 250 et 2 500 kilomètres d'altitude (voir la figure 3). Cette seule explosion a doublé le risque de collision

du télescope spatial *Hubble*, qui gravite à peine 25 kilomètres plus bas.

En 1989, le Laboratoire de propulsion spatiale (JPL) de la NASA a détecté au radar un grand nuage de gouttelettes de sodium et de potassium, vers 900 kilomètres d'altitude. Ces observations ont été confirmées par l'Institut de technologie du Massachusetts, qui a compté plus de 70 000 sphères de un centimètre de diamètre, contenant du sodium et du potassium. Ces matériaux, utilisés comme fluides réfrigérants dans les réacteurs nucléaires qui équipaient des satellites soviétiques, avaient fui lors de l'éjection du combustible nucléaire à la fin de la vie des satellites. Cette éjection avait été décidée après la chute accidentelle en 1978, dans le Nord du Canada, du satellite *Kosmos 954*, qui contenait 30 kilogrammes d'uranium enrichi : au lieu de tomber en un seul bloc, le combustible devait ainsi être incinéré en entrant dans l'atmosphère.



2. DES OBJETS VARIÉS sont en orbite autour de la Terre. Leur taille varie de un millième de millimètre, pour des écailles de peinture, à 30 mètres, pour la station spatiale *Mir* (a). La fréquence des lancements spatiaux a diminué depuis une dizaine d'années, mais la masse cumulée des matériaux en orbite a continué de croître, parce que les satellites modernes sont plus gros (b). Les systèmes militaires de surveillance ne suivent que les objets de plus de dix centimètres

de diamètre aux orbites basses et de plus d'un mètre de diamètre aux orbites élevées. Le nombre de ces objets augmente chaque année, sauf lors des maxima d'activité solaire, responsables de la chute de nombreux débris (c). La densité de ces objets visibles présente trois maxima autour des orbites les plus fréquentées, à 850, 1 000 et 1 500 kilomètres d'altitude, ainsi qu'aux orbites semi-synchrone (20 000 kilomètres) et géosynchrone (36 000 kilomètres) (d).