

## L'oiseau prend son envol

Si on évoque l'astronomie des hautes énergies, vous penserez peut-être aux télescopes *Galex* ou *Hubble* pour l'ultraviolet, aux télescopes *XMM* ou *Chandra* qui opèrent dans les rayons X, aux télescopes *Integral* ou *Fermi* pour les rayons gamma. Sans conteste, ce sont là les meilleures missions des agences spatiales. Pourtant, il en manque une... car il existe un observatoire plus petit, qui combine observations visibles, UV, X et gamma : *Swift* !

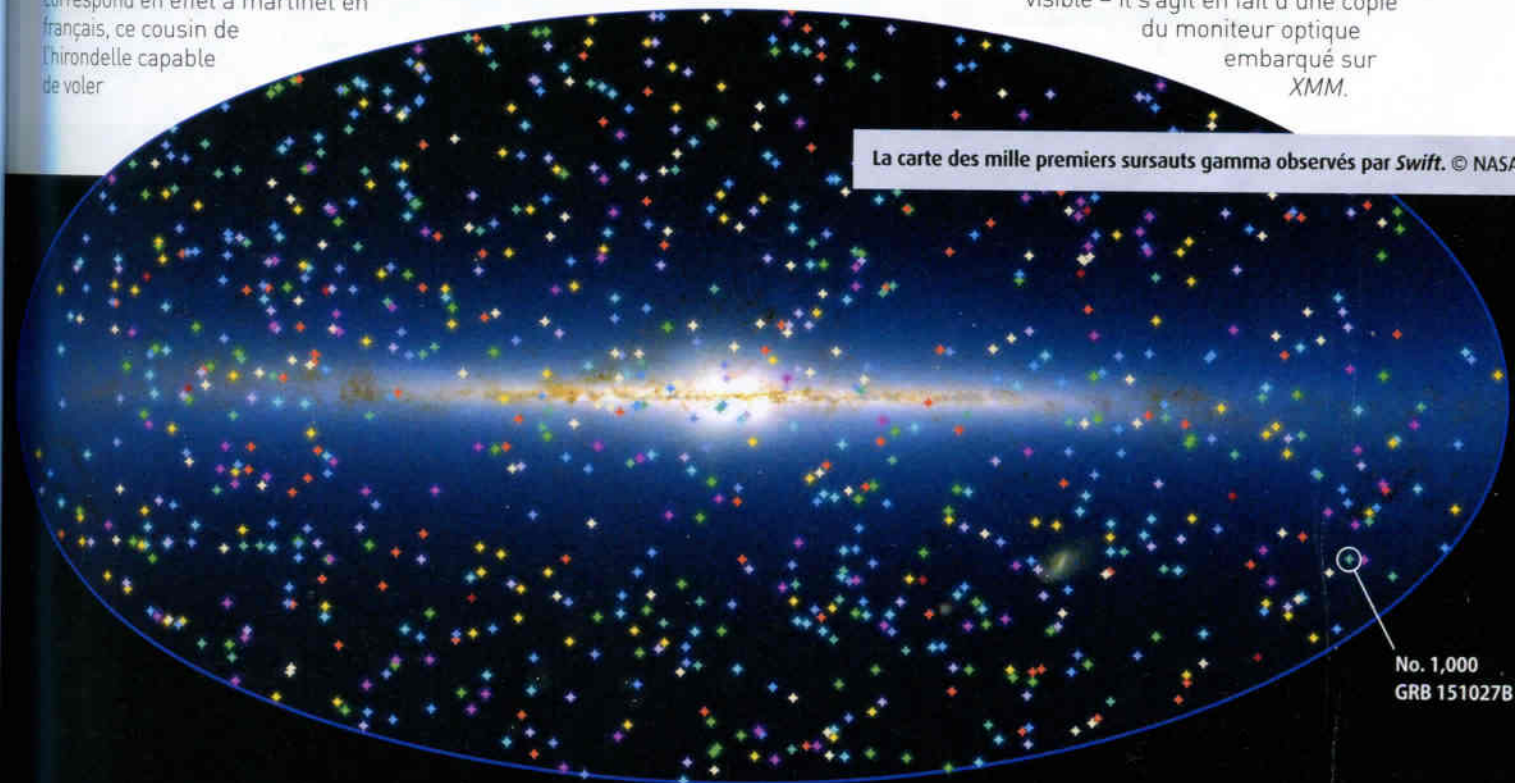
Fruit d'une collaboration entre la Nasa, l'agence spatiale italienne et le Royaume-Uni, *Swift* est une mission de taille moyenne décidée en septembre 1999 et lancée le 20 novembre 2004. Initialement, la mission devait durer deux ans. Devant le succès des premières années, et vu la demande, la mission a été prolongée : *Swift* fonctionne ainsi encore aujourd'hui. Sa particularité ? La rapidité... Ce n'est pas pour rien que cette mission a reçu un nom d'oiseau ! *Swift* en anglais correspond en effet à martinet en français, ce cousin de l'hirondelle capable de voler

rapidement en changeant brusquement de trajectoire. En anglais, le nom de l'oiseau est d'ailleurs devenu un adjectif, que l'on peut traduire par rapide ou agile. Quel rapport avec l'astrophysique des hautes énergies ? Eh bien, cet observatoire est capable de réagir rapidement, tout simplement. Ainsi, quelques secondes après la détection d'un sursaut gamma (GRB), le vaisseau se tourne, de manière autonome, vers la région incriminée, permettant de l'observer plus distinctement : en moins d'une minute, une position précise est déterminée, avec alerte de la communauté astronomique à la clé ; en quelques heures, l'ensemble des données est même traité et rendu accessible à tous.

Pour accomplir tout cela, *Swift* possède trois instruments, un par domaine d'énergie. Avec son champ de vision très large (il « voit » un sixième du ciel), BAT (Burst Alert Telescope) s'avère particulièrement apte à repérer les bouffées de rayons gamma – en

particulier celles envoyées par les sursauts gamma, cibles désignées de la mission. Comme on n'arrive pas à focaliser les rayons gamma, donc à construire un véritable télescope dans cette gamme d'énergie, BAT utilise la technique dite du « masque codé » : un faisceau gamma projette l'ombre d'un masque complexe sur un détecteur, et cette ombre – ou superposition d'ombres s'il y a plusieurs sources – est ensuite analysée pour déduire l'image du ciel observé. Juste à côté, le XRT (X-Ray Telescope) capture les rayons X cosmiques. Petit frère de *XMM*, il utilise comme ce dernier un miroir en forme de tonneau, permettant de dévier les rayons X comme on fait ricocher un caillou sur un lac, tout cela pour focaliser les rayons X vers un détecteur CCD, là aussi jumeau des détecteurs de *XMM*. Enfin, UVOT (UV-Optical Telescope) complète le trio. Télescope « classique » de 30 cm de diamètre, il possède une batterie de filtres lui permettant de faire des images en UV ou dans le domaine visible – il s'agit en fait d'une copie du moniteur optique embarqué sur *XMM*.

La carte des mille premiers sursauts gamma observés par *Swift*. © NASA



2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
9	88	102	86	103	89	84	81	92	96	95	75

75 10 Oct. 27

Hypersensible, il peut détecter des objets très faiblement lumineux ; revers de la médaille : ne lui demandez pas de regarder une étoile proche, il s'aveuglerait !

### La proie favorite de l'oiseau

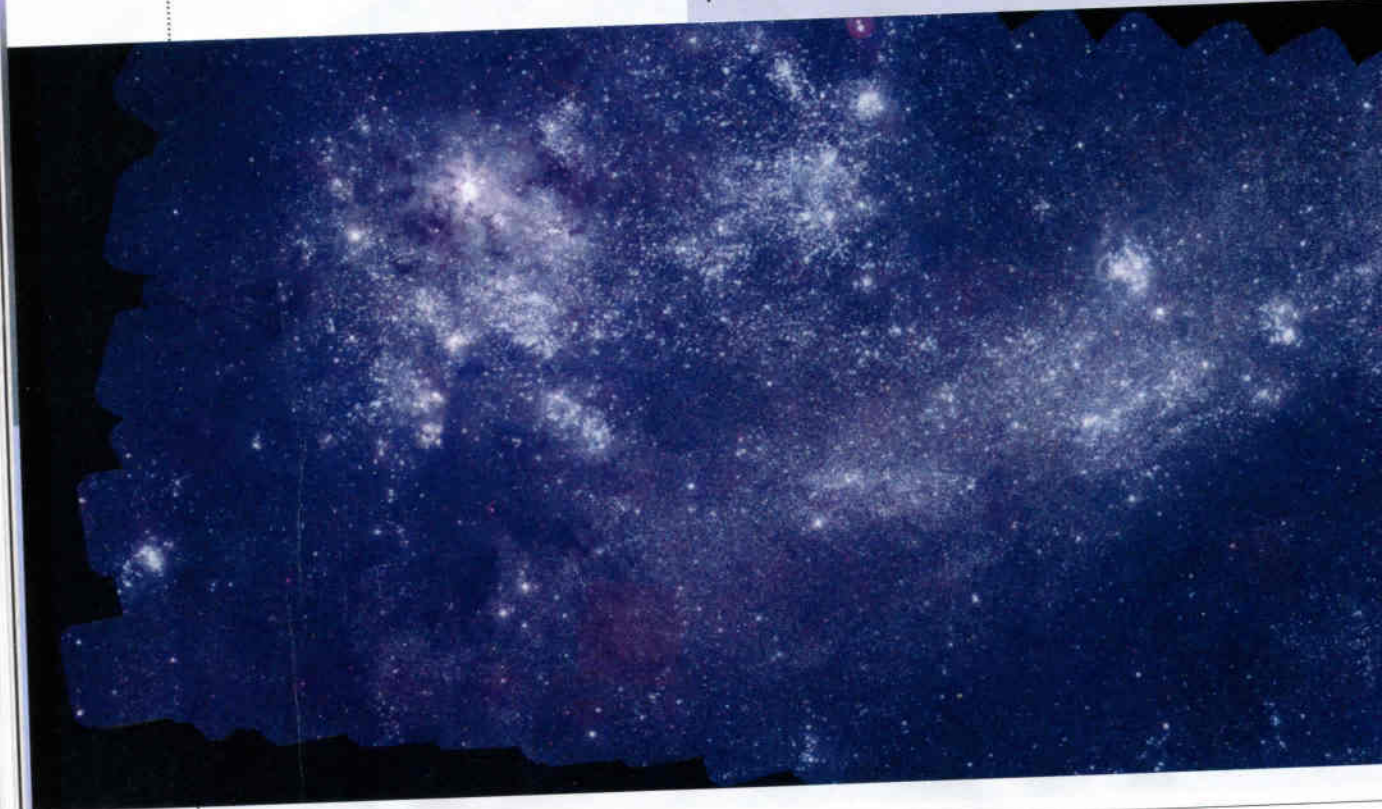
L'objectif avoué des concepteurs de *Swift* était d'étudier les sursauts gamma. Il est devenu le champion incontesté de leur détection et de leur suivi, en passant la barre des mille en novembre 2015 – soit une centaine de sursauts détectés chaque année ! Scrutés sous tous les angles par les différents instruments, ces sursauts ont fini par livrer nombre d'informations inédites. La mission de *Swift* a ainsi débuté en 2005 en résolvant le mystère des sursauts courts. En effet, on sait depuis plusieurs décennies que la distribution des durées de l'explosion gamma initiale possède deux pics : l'un aux alentours de 0,2s, l'autre aux alentours de 20 s. On a donc séparé les GRB en « courts » (moins de 2 s) et « longs » (plus de 2 s). Les sursauts longs ont commencé à livrer leurs secrets en 1997. On sait maintenant qu'ils se produisent dans des zones densément peuplées proches des centres de galaxies, là où sont formées de nombreuses étoiles ; de plus, ils présentent une émission qui se transforme au fil du temps en celle

typiquement observée pour les supernovae – en bref, ces sursauts correspondent à la mort d'une étoile massive. Pour les sursauts courts, c'était une autre paire de manches ! Il a fallu attendre *Swift* le véloce pour pouvoir repérer les très éphémères émissions X, UV et visible associées aux sursauts courts, ce qui a permis de positionner précisément ces événements et d'étudier leur galaxie-

hôte. Résultat : d'une étoile que leurs confrères longs produisent plus loin des galaxies, dans des zones qui contiennent peu d'étoiles, et d'une supernova associée. Ces sursauts courts proviennent donc de la mort de cadavres stellaires, généralement des étoiles à neutrons. C'est ainsi qu'on a même trouvé les kilonova [1] typique de



La galaxie M33 (ci-dessus), le Grand Nuage de Magellan (ci-dessous) et la galaxie M82 (page suivante) prises avec UVOT, le télescope UV-optique de *Swift*. Les étoiles particulièrement mises en valeur dans ce genre d'images ultraviolettes. ©





fusion, pour un sursaut en 2013. Ce n'est pas tout. *Swift* a aussi pu montrer que l'intensité de l'émission rémanente des sursauts gamma ne diminue pas suivant une relation unique et simple, comme on le pensait avant son lancement. La courbe s'avère complexe, avec des changements dans le taux de diminution, et même, dans les rayons X, des éruptions et un plateau. Ces derniers établissent que l'objet central (magnétar ou trou noir) se montre très actif à sa naissance. L'étude de cette lumière rémanente a aussi dévoilé les détails des chocs dans les jets issus de l'explosion. *Swift* s'est enfin fait un spécialiste des records. Il a détecté des sursauts très brillants, mais aussi de très lointains (redshifts supérieurs à 8 !) [2]. Ces derniers, véritables sondes de l'Univers jeune, permettent de compléter les informations sur les confins cosmiques obtenues par d'autres moyens. Enfin, *Swift* a mis en évidence dès 2012 une nouvelle classe de sursauts : les ultra-longs (durée de plus de 10 000 s), dont l'origine exacte est encore débattue.

↳ La comète 73P/Schwassmann-Wachmann 3 passant près de la nébuleuse de la Lyre, en ultraviolet. © NASA



***Swift* s'est fait un spécialiste des records ; il a détecté des sursauts très brillants mais aussi de très lointains.**

### Ce qu'épie l'oiseau

Et que fait *Swift* quand il n'y a pas d'explosion gamma à dénicher ou dont il faut suivre l'évolution ? Ne vous inquiétez pas, il ne chôme pas ! Entre les observations pour sa mission principale, il épie... un peu de tout. En effet, tous les événements repérés par BAT, et vers lesquels *Swift* se tourne automatiquement, ne sont pas des GRB. De plus, si jamais vous repérez un événement intéressant, vous pouvez alerter l'astronome de service pour demander de pointer *Swift* vers l'astre en question – si cela doit être fait rapidement (dans la dizaine de minutes, l'heure ou au pire la journée), il ou elle recevra la demande directement sur son téléphone portable et on réveillera même le PI (Principal Investigator) si besoin est ! En dix ans, *Swift* a ainsi fait plus de 300 000 observations de plus de 25 000 objets différents, pour les besoins de plus de 6 000 demandes faites par les scientifiques : en 2011, deux tiers du temps d'observation ne concernaient pas les GRB !

X  
U,



fusion, pour un sursaut en 2013. Ce n'est pas tout. *Swift* a aussi pu montrer que l'intensité de l'émission rémanente des sursauts gamma ne diminue pas suivant une relation unique et simple, comme on le pensait avant son lancement. La courbe s'avère complexe, avec des changements dans le taux de diminution, et même, dans les rayons X, des éruptions et un plateau. Ces derniers établissent que l'objet central (magnétar ou trou noir) se montre très actif à sa naissance. L'étude de cette lumière rémanente a aussi dévoilé les détails des chocs dans les jets issus de l'explosion. *Swift* s'est enfin fait un spécialiste des records. Il a détecté des sursauts très brillants, mais aussi de très lointains (redshifts supérieurs à 8!) [2]. Ces derniers, véritables sondes de l'Univers jeune, permettent de compléter les informations sur les confins cosmiques obtenues par d'autres moyens. Enfin, *Swift* a mis en évidence dès 2012 une nouvelle classe de sursauts : les ultra-longs (durée de plus de 10000 s), dont l'origine exacte est encore débattue.

↳ La comète 73P/Schwassmann-Wachmann 3 passant près de la nébuleuse de la Lyre, en ultraviolet. © NASA



***Swift* s'est fait un spécialiste des records ; il a détecté des sursauts très brillants mais aussi de très lointains.**

### Ce qu'épie l'oiseau

Et que fait *Swift* quand il n'y a pas d'explosion gamma à dénicher ou dont il faut suivre l'évolution ? Ne vous inquiétez pas, il ne chôme pas ! Entre les observations pour sa mission principale, il épie... un peu de tout. En effet, tous les événements repérés par BAT, et vers lesquels *Swift* se tourne automatiquement, ne sont pas des GRB. De plus, si jamais vous repérez un événement intéressant, vous pouvez alerter l'astronome de service pour demander de pointer *Swift* vers l'astre en question – si cela doit être fait rapidement (dans la dizaine de minutes, l'heure ou au pire la journée), il ou elle recevra la demande directement sur son téléphone portable et on réveillera même le PI (Principal Investigator) si besoin est ! En dix ans, *Swift* a ainsi fait plus de 300 000 observations de plus de 25 000 objets différents, pour les besoins de plus de 6 000 demandes faites par les scientifiques : en 2011, deux tiers du temps d'observation ne concernaient pas les GRB !