

# Projet de détection d'impacts sur Jupiter et Saturne: un exemple de projet collaboratif amateurs-professionnels

Marc Delcroix<sup>1</sup>, Ricardo Hueso<sup>2</sup> et l' "Impact Team"<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Société Astronomique de France, Paris, France <sup>2</sup> Física Aplicada I, Escuela de Ingeniería de Bilbao, UPV/EHU, Bilbao, <sup>3</sup> 109 astronomes amateurs de 20 pays différents



Semaine de l'astrophysique française 2021  
S13 - Atelier Collaboration Amateurs-Professionnels

## Observations et historique

Les impacts d'objets dans l'atmosphère des planètes gazeuses peuvent être observés directement, sous la forme de flashes lumineux provoqués par la combustion des corps au moment de l'entrée dans l'atmosphère, ou indirectement, par les traces de ces combustion (traces sombres, hautes dans l'atmosphère et donc brillantes dans les bandes d'absorption du méthane).

Jean-Dominique Cassini a suivi l'évolution d'une tache sombre complexe sur Jupiter tout au long du mois de décembre 1690, potentiel signe d'une trace d'impact rappelant celles laissées 3 siècles plus tard par les fragments de la comète P/Shoemaker-Levy 9. Ce dernier événement exceptionnel a été observé avant les impacts, avec la dislocation de la comète en 21 corps, pendant avec les flashes correspondant et après avec des traces visibles jusqu'à plusieurs mois. L'impact suivant a été découvert, sous forme de trace, 15 ans plus tard par l'amateur australien Anthony Wesley. Ensuite, c'est jusqu'à présent 6 collisions qui ont été découvertes exclusivement par des amateurs sous la forme de flashes (cf. fig. 1) en juin et août 2010, septembre 2012, mars 2016, mai 2017 et enfin août 2019. Si les fragments de P/Shoemaker-Levy 9 était d'une taille de l'ordre du km, la trace de 2010 provenait d'un corps de l'ordre de centaines de m, et les flashes (d'une durée de 1 à 2s) entre 10 et 20m.

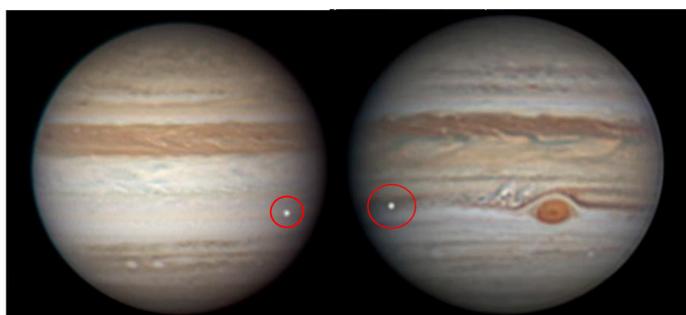


Figure 1: Premier et sixième (et dernier flash) d'impact découverts respectivement par Anthony Wesley le 3 juin 2010, en regardant l'écran pendant la capture, et par Ethan Chappel le 17 août 2019, grâce à l'utilisation après la session d'observation du logiciel du projet DeTeCt.

## Projet et logiciel DeTeCt

Suite aux premières découvertes amateurs, l'équipe planétologie de Bilbao (RH) a lancé en 2010 le développement de logiciels permettant d'analyser une vidéo à la recherche de flashes d'impacts. En 2012, MD en reprend le développement (logiciel, DeTeCt, cf. fig.2 à gauche) pour étendre l'objectif à l'estimation de la fréquence des impacts détectés, en utilisant les logs des logiciels d'acquisition utilisés lors des captures pour les dater et les caractériser, et en générant un log d'analyse. Ce développement a également été ponctuellement soutenu par l'équipe de Bilbao grâce à un financement Europlanet, et compte désormais 27000 lignes de code. Il est partagé sur GitHub.

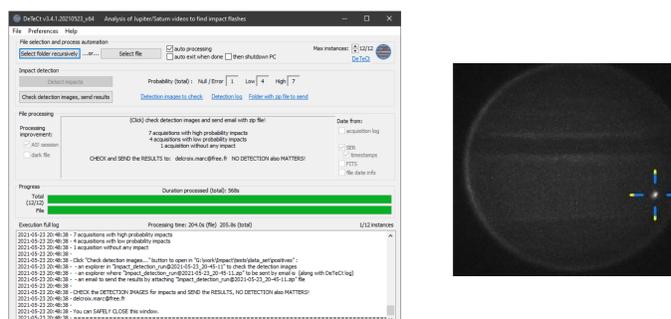


Figure 2: A gauche, dernière version du logiciel DeTeCt (régulièrement mis à jour par MD). A droite, image de détection générée par le logiciel (sur la vidéo de C. Go montrant l'impact de juin 2010)

L'analyse des vidéos fonctionne de deux manières:

- Un algorithme de photométrie différentielle cherche une augmentation localisée et temporaire de luminosité au fil des trames qui pourrait être provoqué par un flash d'impact
- Une image de détection est générée, composée pour chaque pixel de sa valeur maximale moins sa valeur moyenne sur toute la vidéo, pour faire ressortir un flash d'impact potentiel (cf. fig. 2 à droite)

L'amateur analyse lui-même résultats et images de détection, et les envoie au projet (MD). Celui-ci confirme les résultats, et les prend en compte grâce à un second logiciel de consolidation. La page web du projet est automatiquement mise à jour, montrant la participation de chaque amateur, et l'estimation calculée de la fréquence d'impact pour les planètes Jupiter et Saturne.

## Résultats du projet

Au cours de ses 9 années d'existence, ce sont 109 participants de 20 pays (essentiellement en Europe, mais aussi du continent américain, d'Afrique du Sud et d'Australie) qui ont contribué au projet. Hormis les contributions venant du TIM du Pic du Midi (F. Colas avec des amateurs) et de l'université de Hampton (K. Sayanagi), les contributions viennent à 100% des amateurs.

Les données remontent jusqu'à 2003, et les 165000 vidéos analysées sur Jupiter représentent l'équivalent de 6 mois complets d'observation. Sur les 6 flashes détectés, un (le dernier en 2019) l'a été uniquement grâce à DeTeCt, et aurait été raté sans l'utilisation du logiciel, ce qui démontre l'intérêt du projet.

Ces données permettent d'estimer la fréquence d'impacts sur Jupiter actuellement à ~13 impacts par an. Les données sur Saturne, moins observée, étant nettement moins nombreuses (28 jours d'observations), l'estimation est actuellement que la fréquence d'impact est de moins de 26 / an (aucun impact n'y a été observé jusqu'à présent, mis à part des traces suspectes dans les anneaux observés par Cassini).

La fréquence d'impact calculée pour Jupiter est cohérente avec les estimations réalisées par d'autres méthodes (cf. fig. 3).

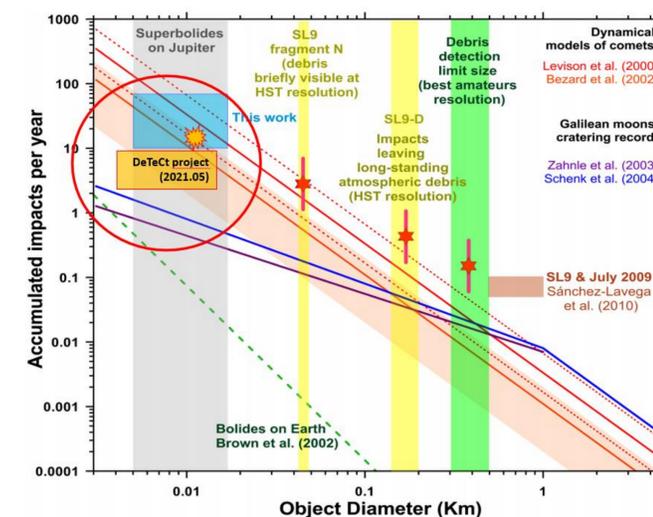


Figure 3: Estimations par différentes méthodes des fréquences d'impacts sur Jupiter en fonction de la taille des corps impactants (Hueso et al., A&A 2018)

## Retombées scientifiques

L'étude des courbes de lumière dérivées des observations amateurs des flashes d'impact permet de remonter, au travers de l'intégration de l'intensité lumineuse au cours de l'évènement, à une énergie dégagée par le phénomène. Ceci permet d'estimer la taille du corps impactant en fonction de sa densité possible (pouvant aller d'un corps de type cométaire peu dense à un astéroïde de type ferreux). Sur une observation de qualité comme celle de la figure 4, Sankar et al. (2020) ont même pu identifier les simulations de courbes de lumière d'impacts (variant en fonction de l'angle d'incidence et de la densité) reproduisant le mieux l'observation montrant la fragmentation du corps dans l'atmosphère.

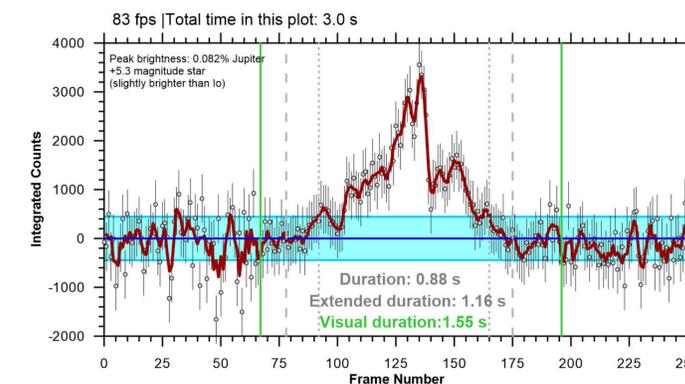


Figure 4: Courbe de lumière du flash découvert par E. Chappel grâce à DeTeCt. La qualité de l'observation permet de distinguer des flashes secondaires. (Sankar et al., MNRAS 2020)

Ces études contribuent à une meilleure connaissance de la population des petits corps croisant l'orbite jovienne, et de l'âge de la surface des satellites joviens en fonction de leur cratérisation. Ce projet est une belle démonstration de l'apport de la communauté des astronomes amateurs aux études professionnelles.

## References

- Delcroix, M., et al., European Planetary Science Congress, EPSC2017 (2017)
- Hueso R. et al.: The Astrophysical Journal Letters, 721, L129-L133 (2010)
- Hueso R., et al.: Astronomy & Astrophysics, 560, A55 (2013)
- Hueso R., M. Delcroix et al.: Astronomy & Astrophysics 617, A68, 1-13 (2018a)
- Hueso R., et al.: Journal of Space Weather and Space Climate, 123, 3020-3034 (2018b)
- Sankar R. et al.: MNRAS, vol. 493, issue 4, April 2020, 4622-4630 (2020)