

Dépassement de capacité et autres erreurs d'arrondi

Flottants et arrondis

Le 25 février 1991, pendant la Guerre du Golfe, une batterie américaine de missiles Patriot, à Dhahan (Arabie Saoudite), a échoué dans l'interception d'un missile Scud irakien. Le Scud a frappé un baraquement de l'armée américaine et a tué 28 soldats. La commission d'enquête a conclu à un calcul incorrect du temps de parcours, dû à un problème d'arrondi. Les nombres étaient représentés en virgule fixe sur 24 bits. Le temps était compté par l'horloge interne du système en 1/10 de seconde. Malheureusement, 1/10 n'a pas d'écriture finie dans le système binaire : $1/10 = 0,1$ (dans le système décimal) = $0,0001100110011001100110011\dots$ (dans le système binaire). L'ordinateur de bord arrondissait 1/10 à 24 chiffres, d'où une petite erreur dans le décompte du temps pour chaque 1/10 de seconde. Au moment de l'attaque, la batterie de missile Patriot était allumée depuis environ 100 heures, ce qui avait entraîné une accumulation des erreurs d'arrondi de 0,34 s. Pendant ce temps, un missile Scud parcourt environ 500 m, ce qui explique que le Patriot soit passé à côté de sa cible

Conversion en entier sur 16 bits impossible

Le 4 juin 1996, une fusée Ariane 5 a explosé 40 secondes après l'allumage. La fusée et son chargement avaient coûté 500 millions de dollars. La commission d'enquête a rendu son rapport au bout de deux semaines. Il s'agissait d'une erreur de programmation dans le système inertiel de référence. À un moment donné, un nombre codé en virgule flottante sur 64 bits (qui représentait la vitesse horizontale de la fusée par rapport à la plate-forme de tir) était converti en un entier sur 16 bits. Malheureusement, le nombre en question était plus grand que 32 768, le plus grand entier que l'on peut coder sur 16 bits, et la conversion a été incorrecte.

Conversion en entier sur 32 bits impossible

Le premier janvier 2022 les serveurs Microsoft Exchange qui dans de nombreuses entreprises distribuent les mails ont commencé à conserver les mails au lieu des les envoyer. La raison: un bug dans le système de filtrage de spams nommé FIP-FS. La date des mails était codée sous la forme YYMMDDHHMM par exemple le 31 décembre 2021 à 23h59 était codé 2112312359. puis transformé en un entier signé sur 32 bits. Or le plus grand entier signé que l'on peut écrire sur 32 bits est $2^{31} - 1 = 2\,147\,483\,647$. le premier janvier 2022 à 00h01, le codage était 2201010001 ce qui est trop grand pour être converti en un entier.

Dépassement de capacité

Le 2 avril 2020, US Federal Aviation Administration a ordonné aux utilisateurs de Boeing 787 de redémarrer leurs appareils tous les 51 jours pour éviter « différents scénarios potentiellement catastrophiques ». En effet, il est précisé qu'un Boeing 787 s qui est sous tension pendant plus de 51 jours pourrait afficher aux pilotes des données aberrantes. Parmi celles-ci figurent la vitesse, l'altitude et l'indicateur de vol. En plus de tout cela, les alarmes pour prévenir le décrochement de

l'appareil et une vitesse trop élevées cessent de fonctionner. La raison :il semblerait que la période des compteurs de temps des processeurs embarqués est de 1,024 ms et non pas de 1 ms exactement. De plus, en supposant que le compteur de millisecondes depuis le moment du démarrage de l'avion soit codé sur 32 bits, il atteint l'entier maximal au bout de $\frac{2^{32}}{(1,024)} \times 1000 \times 3600 \times 24 \approx 50,9$.

C'est-à-dire au bout d'environ 51 jours. Une fois le dépassement de capacité atteint, tous les calculs qui dépendent de ce nombre sont faussés ce qui en explique les conséquences potentiellement dramatiques.

Le bug de l'an 2038

D'après Wikipédia : « Le problème concerne des logiciels qui utilisent la représentation POSIX du temps, dans laquelle le temps est représenté comme un nombre de secondes écoulées depuis le 1er janvier 1970 à minuit (0 heure) temps universel. Sur les ordinateurs fonctionnant en 32 bits, la plupart des systèmes d'exploitation concernés représentent ce nombre comme un nombre entier signé de 32 bits, ce qui limite le nombre de secondes à $2^{31} - 1$, soit 2 147 483 647 secondes (01111111 11111111 11111111 11111111 en binaire). Ce nombre maximum sera atteint le 19 janvier 2038 à 3 h 14 min 7 s (temps universel). La seconde suivante, écrite 10000000 00000000 00000000 00000000 en binaire, représente $-2\ 147\ 483\ 648$ en complément à deux, soit le 13 décembre 1901 à 20 h 45 min 52 s pour être précis.

Sources :

<https://www.apprendre-en-ligne.net/bloginfo/index.php/2008/10/10/79-problemes-d-arrondi>

<https://www.bbc.com/future/article/20150505-the-numbers-that-lead-to-disaster>

https://www.theregister.co.uk/2020/04/02/boeing_787_power_cycle_51_days_stale_data/

<https://tech.slashdot.org/story/20/04/02/206230/boeing-787s-must-be-turned-off-and-on-every-51-days-to-prevent-misleading-data-being-shown-to-pilots>

https://www.theregister.co.uk/2019/07/25/a350_power_cycle_software_bug_149_hours/

<https://twitter.com/miketheitguy/status/1477097527593734144>

https://twitter.com/Cha_de_L/status/1477384042546876421

<https://www.zdnet.fr/actualites/bug-de-l-an-2022-pour-microsoft-exchange-39934815.htm>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Bug_de_l%27an_2038