

Rappel du stage du 17;novembre

Titre retenu : **un univers chaotique**

Virgile et Nicolas : impact de météores

Philippe : super novae

SAMIRA et Michel : formation de la Lune

Momo : géocroiseurs

Gege : extinction des espèces

Colette : exposé sur TYCHO Brahe

Bisous à tous

Colette Stage du17 Novembre 2018-01-19

Thème géocroiseurs

Plan.

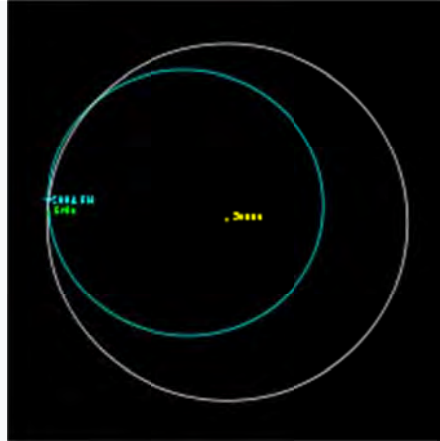
Géocroiseurs : **définition.**

Comètes géocroiseurs[\[modifier](#) | [modifier le code](#)]

Ne sont considérées dans la nomenclature du Center for Near Earth Object Studies de la NASA que les comètes dont le périhélie (p) se rapproche suffisamment de la terre ($p < 1,03$ unité astronomique) et dont la période est suffisamment courte (inférieure à 200 ans) pour qu'un rapprochement à l'échelle historique soit statistiquement plausible³.

Astéroïdes géocroiseurs[\[modifier](#) | [modifier le code](#)]

Article détaillé : [Astéroïde géocroiseur](#).



L'orbite du géocroiseur [2004 FH](#).

Les NEA ont une orbite qui se situe entre 0,983 et 1,3 [unité astronomique](#) en partant du Soleil. On les classe selon leurs caractéristiques orbitales - périhélie (p), aphélie (a) et rayon orbital moyen (R)³ :

- Les [astéroïdes Atira](#) évoluent toujours à l'intérieur de l'orbite terrestre : $R < 1$ [UA](#), $a < 0,983$ UA.
- Les [astéroïdes Aten](#) restent la plupart du temps à l'intérieur de l'orbite de la Terre, mais la dépassent régulièrement pour atteindre leur [apside](#) : $R < 1$ UA, $a > 0,983$ UA.
- Les [astéroïdes Apollon](#) circulent la plupart du temps à l'extérieur de l'orbite de la Terre, mais y entrent régulièrement pour atteindre leur périhélie : $R > 1$ UA, $p < 1,017$ UA.
- Les [astéroïdes Amor](#) évoluent toujours à l'extérieur de l'orbite terrestre, mais à l'intérieur de celle de Mars : $R > 1$ UA, $1,017$ UA $< q < 1,3$ UA.

Leur composition est comparable à celle des objets de la [ceinture d'astéroïdes](#) située entre [Mars](#) et [Jupiter](#). On estime donc que les NEA ont quitté leur orbite d'origine il y a quelques millions d'années, sous l'effet de phénomènes d'attraction, de [résonance orbitale](#) avec [Jupiter](#) ou de collisions³.

Dangereux

Objets à hauts risques

En [janvier 2007](#), le record de risque sur l'échelle de Turin était détenu par ([99942](#)) [Apophis](#), un astéroïde de 325 m de long. Le [23 décembre 2004](#), le Near-Earth Object Program Office de la NASA annonça qu'Apophis (alors seulement désigné par 2004 MN₄) était le premier objet à atteindre le niveau 2, niveau porté par la suite à 4². Il est maintenant établi qu'Apophis passera très près de la Terre le 13 avril 2036 mais sans possibilité de collision. Il sera à ce moment-là suffisamment dévié par l'attraction gravitationnelle de la Terre pour qu'il ne soit pas possible de prédire avec certitude sa trajectoire ultérieure. Par conséquent, Apophis a conservé un niveau de 1 (pour son passage de 2036) jusqu'en août 2006, puis fut rétrogradé à 0.

Avant Apophis, aucun objet géocroiseur n'avait jamais possédé un niveau supérieur à 1. En février 2006, le niveau de (144898) 2004 VD₁₇ a été relevé à 2 suite à des calculs indiquant une collision possible en mai 2102. C'était ainsi le second astéroïde auquel un niveau supérieur à 1 fut attribué. Des calculs ultérieurs l'ont fait repasser au niveau 1, puis au niveau 0.

En décembre 2006, deux objets possèdent un niveau non nul :

- Niveau 1 : (29075) 1950 DA
- Niveau 1 : (417634) 2006 XG₁

En juillet 2008, seulement un objet possède un niveau non nul :

- Niveau 1 : 2007 VK₁₈₄

En octobre 2011, deux objets possèdent un niveau non nul :

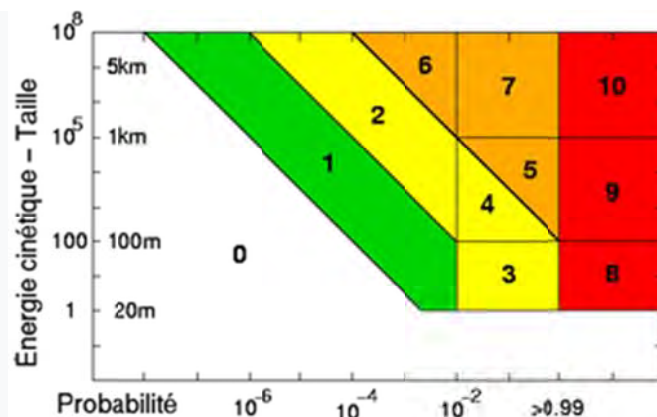
- Niveau 1 : 2007 VK₁₈₄
- Niveau 1 : 2011 AG₅

1950 DA était alors le seul astéroïde connu dont le risque s'élevait au-dessus du niveau habituel des impacts extraplanétaires (sur l'échelle de Palerme, il possédait la valeur de +0,17) ; le risque posé par 2006 XG₁ était d'un dixième celui du niveau habituel.

Du fait d'une couverture médiatique parfois alarmante d'astéroïdes tels que (143649) 2003 QQ₄₇, des astronomes ont travaillé à une réécriture de l'échelle de Turin, publiée en 2005, afin de générer moins de fausses alertes susceptibles de réduire la confiance du public. Une alternative à l'échelle de Turin pourrait être l'échelle de Palerme, plus précise mais également plus complexe.

Echelle de Turin

Description



L'indice sur l'échelle de Turin en fonction de l'énergie cinétique (en mégatonnes de TNT) et de la probabilité d'impact.

L'échelle de Turin est graduée de 0 à 10. Une valeur de 0 indique qu'un objet n'a qu'une chance négligeable d'entrer en collision avec la Terre par rapport au « bruit de fond » des événements de collision, ou qu'il est trop petit pour traverser l'[atmosphère terrestre](#) intact. Une valeur de 10 indique que le risque de collision est certain et que

l'objet est suffisamment grand pour provoquer un désastre à l'échelle planétaire comme une [extinction massive](#). Seules des valeurs entières sont utilisées.

Un objet se voit attribuer une valeur de 0 à 10 sur la base des calculs de sa probabilité de collision et de son [énergie cinétique](#) (exprimée en [mégatonnes](#) de [TNT](#)). Cette valeur n'est pas définitive car elle dépend des connaissances et des observations en cours. Plusieurs organismes peuvent attribuer une valeur de risque sur l'échelle de Turin à des objets célestes, notamment les systèmes automatisés [Sentry](#) et [NEODyS](#).

Histoire[[modifier](#) | [modifier le code](#)]






L'échelle de Turin a été créée par [Richard Binzel](#), chercheur au [Massachusetts Institute of Technology](#) dans le département des sciences planétaires. La première version de l'échelle, appelée « *A Near-Earth Object Hazard Index* » (« un indice du danger des objets géocroiseurs »), a été présentée à une conférence des [Nations unies](#) en [1995](#) et publiée par Binzel dans des comptes-rendus de conférences ultérieurs¹.

Une version révisée fut présentée lors d'une conférence de l'[Union astronomique internationale](#) sur les objets géocroiseurs à [Turin](#), en [Italie](#), en [juin 1999](#) ; cette version fut alors adoptée car il n'existait jusqu'ici aucune manière simple d'expliciter le risque de collision avec la Terre que pose vraiment un [astéroïde](#) donné. Le nom de la ville de Turin lui fut alors attribué. En [2005](#), une version reformulée fut publiée afin de mieux communiquer sur les risques avec le public.

Niveaux actuels[[modifier](#) | [modifier le code](#)]

Codes de couleur[[modifier](#) | [modifier le code](#)]

L'échelle de Turin utilise une codification de cinq couleurs différentes, correspondant au niveau de risque posé par un objet :

-  Blanc, aucun risque (niveau 0)
-  Vert, risque normal (niveau 1)
-  Jaune, objet à suivre (niveaux 2 à 4)
-  Orange, objet dangereux (niveaux 5 à 7)
-  Rouge, collision certaine (niveaux 8 à 10)

Aucun danger (niveau 0)[[modifier](#) | [modifier le code](#)]

- **Niveau 0** : le risque de collision est nul ou bien en deçà de la chance d'avoir un objet aléatoire de la même taille qui va heurter la terre au cours de ces prochaines décennies. Cette catégorie est attribuée à tout objet qui, dans le cadre d'une collision éventuelle, n'a aucune chance d'atteindre la surface de la Terre intact.

Normal (niveau 1)[[modifier](#) | [modifier le code](#)]

- **Niveau 1** : les chances de collision sont extrêmement improbables dans les décennies à venir.

Mérite l'attention des astronomes (niveaux 2 à 4)[[modifier](#) | [modifier le code](#)]

- **Niveau 2** : collision très improbable, mais trajectoire proche de la Terre. Demande l'attention des astronomes mais il n'y a pas de raison de prévenir le public. Des observations ultérieures doivent permettre de requalifier le risque au niveau 0.

- **Niveau 3** : trajectoire rapprochée, 1 % de possibilités de collision au maximum avec dégâts localisés. Des observations ultérieures doivent permettre de requalifier le risque au niveau 0. L'attention du public et des autorités est nécessaire, surtout si le risque de collision est inférieur à 10 ans.
- **Niveau 4** : Trajectoire rapprochée, plus de 1 % de possibilités de collision capable de dévastation régionale. Des observations ultérieures doivent permettre de requalifier le risque au niveau 0. L'attention du public et des autorités est nécessaire, surtout si le risque de collision est inférieur à 10 ans.

Dangereux (niveaux 5 à 7)[\[modifier\]](#) | [modifier le code](#)

- **Niveau 5** : trajectoire rapprochée, menace considérable de collision entraînant la dévastation d'une région. Si la collision est prévue pour moins de 10 ans, des mesures gouvernementales doivent être envisagées.
- **Niveau 6** : trajectoire rapprochée, menace considérable de collision entraînant une destruction globale. Si la collision est prévue pour moins de 10 ans, des mesures gouvernementales doivent être envisagées.
- **Niveau 7** : trajectoire rapprochée, menace extrêmement considérable de collision entraînant une destruction globale. Pour un tel événement prévisible à moins de 100 ans, des mesures internationales doivent être planifiées, et notamment l'impérieuse nécessité de déterminer rapidement et avec certitude si oui ou non la collision aura lieu.

Collisions certaines (niveaux 8 à 10)[\[modifier\]](#) | [modifier le code](#)

- **Niveau 8** : collision certaine capable de provoquer une destruction localisée. Un tel événement se produit tous les 50 à 1 000 ans en moyenne.
- **Niveau 9** : collision certaine avec destruction d'une région. Un tel événement se produit tous les 1 000 à 100 000 ans en moyenne.
- **Niveau 10** : collision certaine entraînant une catastrophe climatique globale pouvant menacer l'avenir de l'humanité. Un tel événement se produit moins d'une fois tous les 100 000 ans en moyenne.

Composition

Leur composition est comparable à celle des objets de la [ceinture d'astéroïdes](#) située entre [Mars](#) et [Jupiter](#). On estime donc que les NEA ont quitté leur orbite d'origine il y a quelques millions d'années, sous l'effet de phénomènes d'attraction, de [résonance orbitale](#) avec [Jupiter](#) ou de collisions³.

Surveillance

Observation[\[modifier\]](#) | [modifier le code](#)

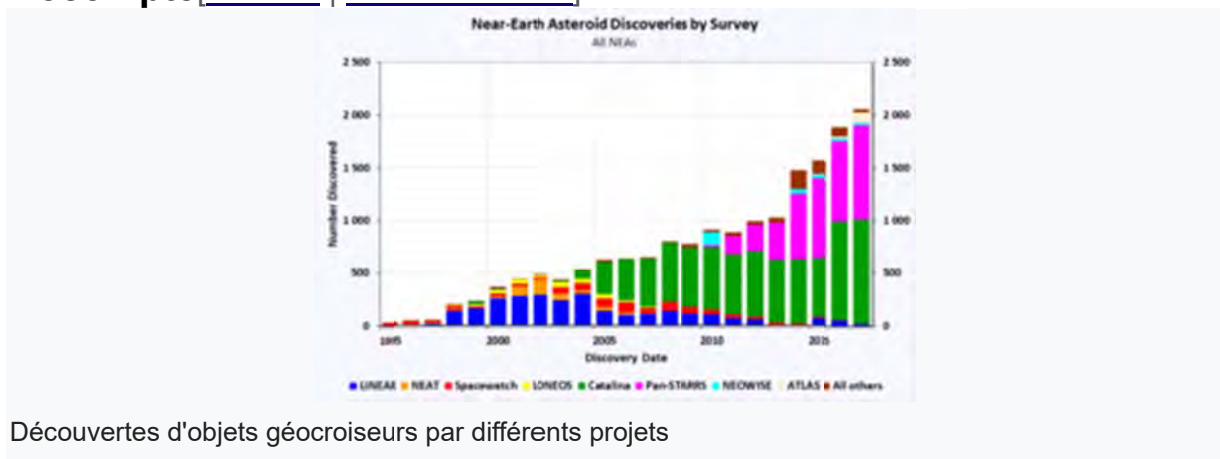
Article détaillé : [Near-Earth Object Program](#).

Les programmes d'observation des NEO se classent en :

- [recensements du ciel](#) tels le [Catalina Sky Survey](#) et le [Lincoln Near-Earth Asteroid Research \(LINEAR\)](#),
- observations de suivi (« *follow-up* »), qui permettent une meilleure caractérisation physique et orbitale, par diverses techniques d'observation ([radar](#), IR thermique, visible, etc.)

Aux États-Unis, la [NASA](#) a mandat de répertorier tous les objets géocroiseurs ayant un diamètre minimal de 1 km.

Décompte [\[modifier\]](#) | [modifier le code](#)



Découvertes d'objets géocroiseurs par différents projets

Au 31 décembre 2017, la NASA a identifié :

- 106 comètes géocroiseurs
- 18 astéroïdes géocroiseurs de type Atira
- 1284 astéroïdes géocroiseurs de type Aten
- 9520 astéroïdes géocroiseurs de type Apollo
- 6618 astéroïdes géocroiseurs de type Amor

soit un total de 17440 astéroïdes géocroiseurs. Parmi eux 886 ont un diamètre d'au moins un kilomètre, et 7991 un diamètre supérieur ou égal à cent quarante mètres. La NASA considère que le recensement des premiers est terminé, et se fixe désormais comme objectif de répertorier 90% des seconds.

Exploration et exploitation [\[modifier\]](#) | [modifier le code](#)

Articles connexes : [NEAR Shoemaker](#) et [Hayabusa \(sonde spatiale\)](#).

Certains objets géocroiseurs suscitent un grand intérêt de la part de la communauté scientifique puisqu'ils pourraient être explorés physiquement lors de [missions spatiales](#). Afin que cela soit possible, les objets doivent avoir une faible vitesse par rapport à la Terre et une faible [attraction gravitationnelle](#)^[réf. souhaitée]. Les scientifiques voient dans ces objets une possibilité d'approfondir les recherches en astronomie, en [géochimie](#) et l'exploitation humaine d'objets extraterrestres⁴.

Dans les années 2010, des projets d'exploitation minière des astéroïdes sont lancés par des sociétés privées du [secteur spatial](#), [Planetary Resources](#) et [Deep Space Industries](#). Les astéroïdes sont en effet riches en matériaux précieux, tels les [métaux lourds](#) et les [terres rares](#), présents sur leur surface car ces corps sont trop petits pour avoir subi la [différenciation planétaire](#)⁵ : la valeur commerciale d'un km³ d'astéroïde, hors frais d'exploitation, est estimée à 5 000 milliards d'euros⁶. La [NASA](#) a également pour ambition de capturer un petit astéroïde (de 7 à 10 mètres de diamètre, avec un poids

maximal de 500 tonnes) et de le mettre en orbite stable autour de la Lune. Les faisabilités et le coût de ces projets font l'objet de débats, seule la sonde [Hayabusa](#) ayant réussi à ramener en 2010 quelques poussières de l'[astéroïde Itokawa](#)⁷.

Risque d'impact[[modifier](#) | [modifier le code](#)]

Articles connexes : [Impact cosmique](#), [Échelle de Turin](#) et [Échelle de Palerme](#).



Illustration de l'impact d'un astéroïde à quelques kilomètres à la ronde.

En raison des [imprécisions d'observation](#), des biais dans le modèle des étoiles de référence, des forces non gravitationnelles inconnues qui agissent sur l'astéroïde, principalement l'[effet Yarkovsky](#), la position des astéroïdes n'est déterminée que par calcul de probabilité, leurs [orbites chaotiques](#) étant représentées par une [ellipse d'erreur](#)⁸. S'ils traversent un [trou de serrure gravitationnel](#) (quelques dizaines de cm à quelques mètres), une éventuelle collision sur la Terre est alors probable. Cette probabilité est mesurée par le rapport de surface de ce trou de serrure et de la surface de l'ellipse d'erreur⁹.

Plusieurs objets géocroiseurs sont entrés en collision avec la Terre par le passé et d'autres présentent un certain risque pour l'avenir. Pour évaluer ce risque d'[impact cosmique](#), les NEO sont évalués selon l'[échelle de Turin](#) et l'[échelle de Palerme](#).

Pour le moment, 290 astéroïdes sont relativement proches de la Terre¹⁰ selon le site internet de la NASA. 215 d'entre eux ont un diamètre inférieur ou égal à 50 mètres. Aucun n'a été placé dans la « zone jaune » de l'échelle de Turin, ce qui signifie qu'ils ne représentent pas un danger assez important pour en informer la population.

Stratégies d'évitement d'impact[[modifier](#) | [modifier le code](#)]

Article détaillé : [Stratégies de déviation des astéroïdes](#).

Une méthode popularisée par le cinéma (comme dans [Armageddon](#)) consiste à provoquer une [explosion nucléaire](#) proche de la surface de l'astéroïde. Le scénario du film est en fait irréalisable car il contient beaucoup d'erreurs techniques. En particulier, une explosion conduirait à la fragmentation du géocroiseur, sans dévier la trajectoire de ses fragments¹¹.

En 2012, l'[Union européenne](#) lance le financement de « *NEO-Shield* » (bouclier NEO), projet spatial visant à déterminer la meilleure technique pour protéger la Terre contre les impacts de ces géocroiseurs. Ce programme prévoit d'envoyer un orbiteur autour de l'astéroïde afin de mieux connaître ses caractéristiques (masse, vitesse, position) puis de dévier sa trajectoire initiale. Les principaux scénarios envisagés sont la lente déviation par « l'attraction (gravité) induite par une sonde volant en formation avec l'astéroïde » ou

une forte déviation par un impacteur lancé à une vitesse au-delà de 10 000 km/h pour percuter le géocroiseur¹².

La NASA a prévu de lancer en 2020 la mission DART pour tenter de dévier par impact cinétique l'astéroïde [\(65803\) Didymos](#) potentiellement dangereux¹³.

Les **stratégies de déviation des astéroïdes** sont les méthodes par lesquelles des **objets géocroiseurs** pourraient être déviés, afin d'empêcher un éventuel **impact** avec la Terre. Un **impacteur** suffisamment massif pourrait provoquer de gigantesques tsunamis ou soulever d'énormes quantités de poussière dans l'atmosphère, bloquant les rayons solaires et entraînant un « hiver d'impact ». Il y a 65 millions d'années, une collision entre la Terre et un objet d'environ 10 km de diamètre aurait entraîné l'**extinction du Crétacé**.

Si en théorie les chances qu'un tel événement arrive sont faibles, des découvertes astronomiques récentes, telles que la collision de la **comète Shoemaker-Levy 9** avec Jupiter ou la menace de l'astéroïde géocroiseur [\(99942\) Apophis](#), à un moment classé au niveau 4 sur l'**échelle de Turin**, ont attiré l'attention des scientifiques et du public sur cette menace, et les avancés technologiques permettent désormais d'imaginer certaines options de défense.

Sommaire

[masquer]

- 1Détection précoce
- 2Stratégies populaires
- 3Notes et références
- 4Annexes
 - 4.1Articles connexes
 - 4.2Liens externes

Détection précoce[modifier | modifier le code]

Cette section est vide, insuffisamment détaillée ou incomplète. [Votre aide](#) est la bienvenue ! [Comment faire ?](#)

Stratégies populaires[modifier | modifier le code]

Une méthode serait de provoquer une explosion nucléaire suffisante qui engendrerait un "bouclier d'énergie" qui serait à même de faire dévier le **NEO** de son orbite et ainsi empêcher son impact avec la Terre. Malheureusement, le lancement d'un tel missile provoquerait la scission de l'astéroïde en milliers d'astéroïdes plus petits ce qui aurait des conséquences désastreuses pour la Terre¹ s'il avait lieu à proximité de la Terre. Une autre stratégie envisageable serait de faire dévier un autre objet géocroiseur de masse et d'inertie suffisantes dans l'espace, ce qui ferait dévier le NEO en voie d'impact de son orbite².

Tableau TECA des astéroïdes Prochaines approches les plus proches de la Terre

Dernière mise à jour: 19 janvier 2018

Calculs: Francesco Manca, Piero Sicoli, Augusto Testa (obs.sormano@alice.it).

■

Ce tableau rapporte (triées par date) des astéroïdes avec une distance de missile à distance nominale dans les 3 distances lunaires pour les années à venir.

Toutes les données ont été extrapolées à partir de notre MBPL (*Minor Body Priority List*) et de SAEL (*Small Asteroids Encounters List*) .

Les distances nominales manquantes en km sont calculées sur une période allant jusqu'à 200 ans (en fonction de l'incertitude de l'orbite), en utilisant un logiciel développé à Sormano.

Les valeurs minimales et maximales basées sur un niveau de confiance d'incertitude 3-sigma sont calculées en utilisant le *progiciel OrbFit* de F. Manca (N / D = non défini généralement en raison d'une incertitude d'orbite très élevée)

L'échelle des risques de l'impact de Turin et de Palerme est également rapportée. Les objets listés dans la page des risques du *JPL* (NASA) et de *NeoDys* (Université de Pise, Italie) sur les impacts possibles sont signalés dans la colonne "Page de risque": [NeoDys](#) et [Sentry](#) .

Les observations radar ont été incluses dans la solution orbitale lorsqu'elles sont disponibles.

Toutes les distances sont calculées entre les centres de masse (Terre et astéroïde) donc le rayon de la Terre aurait dû être pris en compte afin de référencer les distances à la surface de notre planète.

■

Une liste de rencontres rapprochées avec la Lune (jusqu'à 1,5 LD) est également disponible sur TAM:

Table des astéroïdes Suivant Approches les plus proches de la Lune

■

Une liste de rencontres rapprochées intéressantes avec la Terre (jusqu'à 1 LD) est disponible à l'APEC:
Des astéroïdes intéressants.

■

Prédictions proches de la Terre (distance géocentrique)

Box Colors	Gamme de distance
	Rayons de la Terre équatoriale ≤ 10
	< 10 Rayons de la Terre équatoriale ≤ 100
	équatoriale Terre Radii > 100

MONITEUR sur des OBJETS SPÉCIAUX

Astéroïdes avec d'intéressantes rencontres futures avec la Terre

GM3 2013 (des diagrammes de rencontre rapprochée et de trajectoire orbitale sont disponibles ici) Ce petit astéroïde d'environ 25 m de diamètre, découvert le 03 avril 2013 à G96 Mt. Lemmon Survey par JA Johnson, sera le plus proche de la Terre en 2026. Nos calculs révèlent une incertitude encore assez grande. À l'heure actuelle, nous estimons une approche terrestre rapprochée le 14 avril 2026 à une distance nominale de 68420 km et un transit minimum possible à environ 8600 km au-dessus de la surface de la Terre.

(153814) 2001 WN5 (diagrammes de rencontre rapprochée et de trajectoire orbitale disponibles ici) Découvert le 20 novembre 2001 à LONEOS (Observatoire Lowell - Flagstaff Az) (voir notre galerie interne), il passera entre 238962 et 247938 km de la surface de la Terre le 26 juin 2028 .

(99942) Apophis Ce grand astéroïde d'environ 325 m de diamètre, découvert le 19 juin 2004 à l'observatoire de Kitt Peak, passera le 13 avril 2029 à une distance nominale de 31936 km de la surface de la Terre.

Voir notre page web interne avec des diagrammes et le chemin orbital , quand il est le plus proche du système Earth Moon.

Objet –	Gamme de taille (m)	Date aaaa-mm- jj	Distance no minale (km)	Distance minimale p ossible (km)	Distance maximale possible (k m)	– Balance de Turin	Échelle de Palerme
GM3 2013	14-33	2026-04- 14.75	74798	14959	1481018	0	-5,33
(137108) 1999 AN10	704- 1580	2027-08- 07.29	388960	385968	391952		
(153814) 2001 WN5	586- 1320	2028-06- 26.22	248983	248826	249140		
(99942) Apophis	325 (+/- 15)	2029-04- 13.90	38315	38297	38326	0	-2,93
2001 AV43	33-72	2029-11- 11.63	311761	309517	313856		
2012 UE34	56-132	2041-04- 08.11	106214	104718	176525		
(308635) 2005 YU55	360 (+/- 40)	2075-11- 08.26	299195	229438	385962		

Méteorite