

Une sonde fiable

Fonctionner pendant 24 heures

Marc Bourdeau

La [sonde](#) Huygens¹ portée par l'orbiteur Cassini², a finalement atteint le voisinage de Saturne le premier juillet 2004, après un voyage de 7 ans, portée par une fusée Titan-IVB/Centaur. Sa mission : alunir sur Titan, le premier, plus gros (5150km de diamètre, notre lune 3476km), et premier découvert (1655) des satellites de Saturne, au terme d'un voyage de plus de 1,2Gkm. Séparée de son orbiteur le 25 décembre 2004, la sonde Huygens aluni sur Titan le 14 janvier 2005.³

1. Christiaan Huygens [La Haye 1629 – *id.* 1695]. Il a réalisé ses principaux travaux à Paris où il résida de 1666 à 1680 protégé par Colbert. Il est l'auteur du premier exposé complet du calcul des probabilités, *Tractatus de rationciniis in ludo aleae* (1655) immédiatement après sa création par Pascal et Fermat (1654) ; du premier grand traité de dynamique, *Horologium oscillatorium* (1673) ; l'auteur de la première théorie ondulatoire de la lumière *Traité de la lumière* (1690, mais déjà complété en 1678) qui expliquait la réflexion et la réfraction bien mieux que Newton qu'il avait rencontré à Londres en 1689, et dont les travaux dans cette direction mais avec une théorie corpusculaire, dataient de 1669 — ils n'ont cependant été publiés qu'en 1704 dans son *Opticks* ; il découvrit, après avoir perfectionné la lunette astronomique, la rotation et les anneaux de Saturne, de même que Titan son principal satellite (1655) ; il inventa le pendule pour réguler les horloges (1656), le ressort spiral pour les montres (1675).

2. Jean-Dominique Cassini [Perinaldo près de Nice, alors appartenant à la République de Gênes, 1625 – Paris 1712], dit Cassini 1^{er}, premier membre d'une célèbre famille de quatre générations d'astronomes et de géodésiens français. Il vint s'installer à Paris à l'invitation de Colbert (encore lui !). Il a découvert la « division de Cassini » dans les anneaux de Saturne ainsi que plusieurs de ses satellites ; il fut le premier à confirmer en 1683, en mesurant des arcs du méridien passant par Paris pour des raisons de cartographie, l'hypothèse de Newton concernant l'aplatissement de la Terre (voir aussi le [compte rendu historique](#) au sujet de l'invention de la méthode des moindres carrés qui servit à cette confirmation.

3. Mise à jour en ce mois de novembre 2015, onze ans après les événements rapportés ici et la rédaction de ce sujet de devoir. L'orbiteur Cassini envoie encore des informations et l'équipe du Jet Propulsion Laboratory (JPL) est encore active... Voir l'article [sous-jacent](#) du *New York Times* qui en rend compte et comporte une animation saisissante. Pour le lecteur qui veut connaître un peu plus certains des fondements probabilistes de ce travail, la lecture d'un article élémentaire de Christian Genest & Jim Hanley (de l'Université McGill) dans la revue *Accromath* sur la [sonde Rosetta](#) dont la module Philæ a atterri sur la comète 67P/TG en novembre 2014, est tout à fait indiquée : Christian Genest & James A. Hanley, « [Prévoir les ressources nécessaires pour atteindre son but. Le cas de la sonde Rosetta](#) », *Accromath*, Vol. 10, n°1, 2015.

Après avoir été mis en dormance pendant le trajet qui a duré plus de 7 ans, les instruments scientifiques de Huygens ont finalement été activés pour commencer leur mission.

Il a fallu concevoir les instruments de Huygens pour s'assurer qu'ils fonctionneraient *pendant les dernières 24 heures* de sa mission.

On peut modéliser⁴ chacun d'entre eux comme une chaîne de composants. Pour simplifier, on admettra que seulement *50 composants* indépendants les uns des autres et « branchés » en série composent chaque instrument de mesure qui est vu comme un *système*. On admettra aussi que les lois de la durée de vie utile pour les composants sont toutes les mêmes, et que ces durées de fonctionnement sont indépendantes les unes des autres.

Attention : dans ce qui suit, comme dans beaucoup de cas en fiabilité, la *précision* des calculs est *cruciale*.

On veut être sûr à 99,5% que chaque instrument (modélisé par un tel système) fonctionne pendant les 24 dernières heures de la mission, celles où ils sont tous simultanément activés.

1. Cette certitude revient à demander qu'on observerait une panne d'un tel instrument de mesure en moyenne tous les combien de missions, sous hypothèse bien sûr d'indépendance des missions ?
2. Quelle doit être la valeur *minimale* de la probabilité, p , de bon fonctionnement de chacun des composants d'un tel système pour les 24 dernières heures (soit 1 jour terrestre) de la mission ?

Supposons maintenant que les durées de vie utile, T , de chacun des composants suivent une loi exponentielle de paramètre λ . On appelle MTBF la moyenne du temps de bon fonctionnement d'un composant ou d'un système.

3. Calculez la valeur de λ de sorte que $P[T > 1 \text{ jour}] \geq p$.
4. Tirez de ce calcul la MTBF de chacun des composants du système. Exprimez votre réponse en nombre d'années.

4. Les données ont été simplifiées aux fins de l'illustration du concept.