3°	Mathématiques - Devoir à la maison	À rendre le jeudi 21/11/19

Problème

La mission Apollo 11 : le 21 juillet 1969, ils nous ont offert la Lune…

***Troisième partie** : L'ascension de la fusée Saturn V*

L'équipage d'Apollo 11, Neil Armstrong en tête, se dirige vers la sortie du MSOB (Manned Spacecraft Operation Building), où l'attend le véhicule qui le mènera sur le pas de tir 39A.

Avant de pénétrer dans la cabine Apollo installée au sommet du lanceur Saturn V, les astronautes utilisent une salle blanche à environnement contrôlé, appelée white room. Fixée au bout d'un bras de service, celle-ci vient se coller contre l'écoutille.

À Titusville en Floride, la foule attend avec impatience la mise à feu d'Apollo 11.

L'ancien président Lyndon B. Johnson (au centre) et l'actuel vice-président Spiro Agnew sont aux « premières loges », si l'on peut dire. La tribune de presse se trouve tout de même à 5 km du pas de tir, ce qui n'est pas de trop pour garantir une totale sécurité…

16 juillet 1969 : le compte à rebours a commencé et la Terre entière retient sa respiration. À 9 h 32 (heure locale), la fusée Saturn V, pesant 2 900 tonnes, décolle dans un grondement de tonnerre depuis le complexe de lancement 39 de Cap Kennedy. Elle libère alors autant de puissance que toutes les centrales électriques des États-Unis réunies. Pas moins de 340 caméras couvrent le décollage. Plus d'un million de personnes ont pris d'assaut les plages alentour pour assister à l'événement…

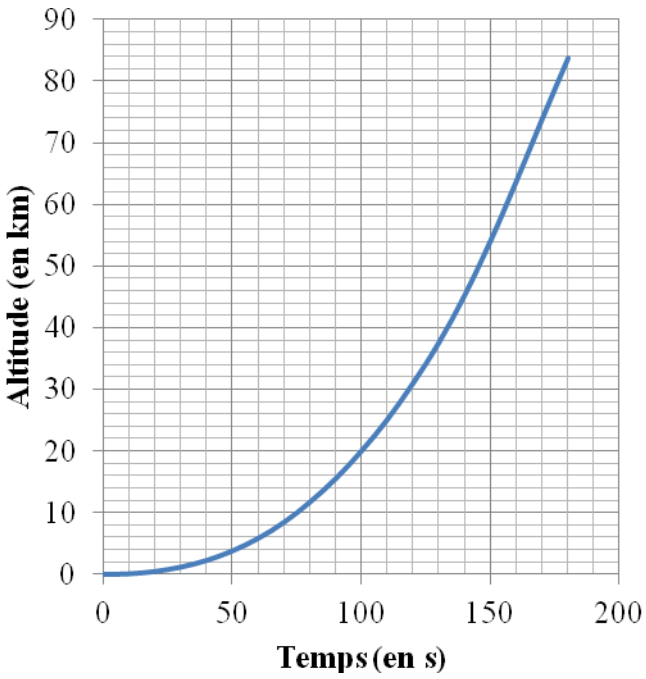
Le tableau ci-contre donne l'altitude ainsi que la vitesse de la fusée en fonction du temps au cours des trois premières minutes de vol.

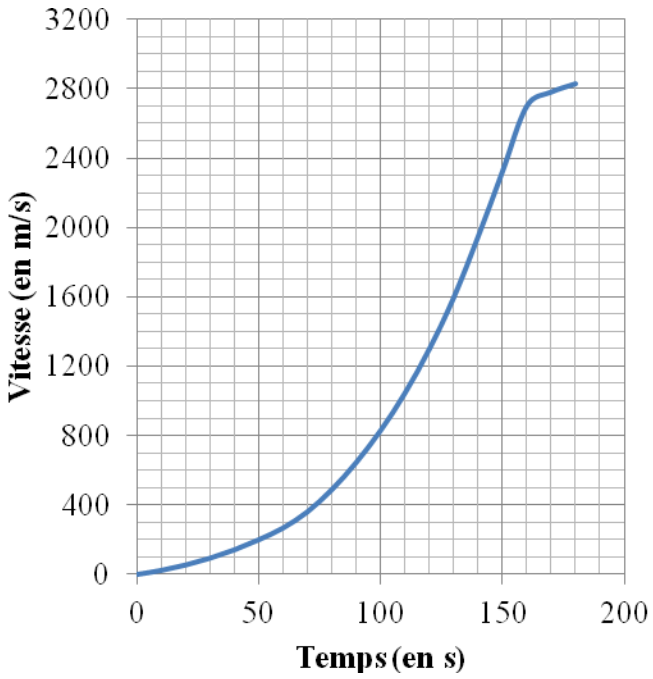
1) Sur du papier millimétré et à l'aide du tableau, représenter graphiquement l'altitude en fonction du temps. Placer l'origine en bas à gauche, prendre 1 cm pour 20 s en abscisse et 1 cm pour 10 km en ordonnée.

2) Sur du papier millimétré et toujours au moyen du tableau, représenter graphiquement la vitesse en fonction du temps. Prendre 1 cm pour 20 s en abscisse et 1 cm pour 400 m/s en ordonnée, l'origine étant de nouveau en bas à gauche.

Temps (en s)	Altitude (en km)	Vitesse (en m/s)
0	0	0
10	0,114	23,7
20	0,49	54,7
30	1,19	94,1
40	2,27	142
50	3,81	200
60	5,83	268
70	8,44	361
80	11,7	489
90	15,5	645
100	20	829
110	25,1	1 045
120	31	1 299
130	37,6	1 595
140	45,3	1 947
150	54,1	2 322
160	63,8	2 700
170	73,9	2 780
180	83,7	2 828

À des fins de vérification, voici ci-dessous l'allure des deux courbes qu'il faut obtenir.





3) En utilisant les représentations graphiques ci-dessus (justifier en faisant apparaître les « traits de lecture »), répondre aux deux questions suivantes.

a) Quelle est l'altitude atteinte par la fusée 2 min 5 s après le lancement ?

b) Quelle est sa vitesse à cet instant ? Donner la réponse en m/s puis en km/h.

4) L'accélération moyenne d'un corps ou par exemple d'un véhicule est égale au quotient de la différence entre sa vitesse finale v_f et sa vitesse initiale v_i, en m/s, par la durée t de cette accélération, en s. Autrement dit, l'accélération moyenne, notée $a_{moyenne}$ et exprimée en m/s^2, est donnée par la formule :

$$a_{moyenne} = \frac{v_f - v_i}{t}.$$

a) La vitesse de la fusée Saturn V, propulsée par les 5 moteurs du 1er étage, passe de 0 à 2 700 m/s en 160 s. Calculer son accélération moyenne en m/s^2 ?

b) À titre de comparaison, la Bugatti Chiron, qui est l'une des hypercars les plus puissantes avec 1 500 ch, réalise le 0 à 100 km/h en 2,4 s. Calculer l'accélération moyenne de ce bolide en m/s^2.

Le décollage d'Apollo 11 vu depuis le site de presse.

Von Braun (avec les jumelles au cou) et ses principaux collaborateurs après le lancement réussi d'Apollo 11. Tout au long de cette mission, il assiste à l'accomplissement d'une vie…

L'entraînement des astronautes est plus qu'intensif, c'est une sélection physique et psychologique implacable. Ils se sentent infaillibles et sont toujours prêts à braver le danger sans l'ombre d'un doute, en surmontant leur peur et en faisant preuve d'un immense courage. En un mot, ils ont l'étoffe des héros. Mais tout de même, que

s'est-il passé dans les têtes de Neil Armstrong, « Buzz » Aldrin et Michael Collins lors de leurs derniers instants sur Terre ? Pensaient-ils à l'ampleur de l'événement ou étaient-ils totalement accaparés par la somme infinie de détails à maîtriser qui font la réussite ou l'échec d'une mission spatiale ?

Neil Armstrong est le commandant d'Apollo 11, un as du pilotage réputé pour son sang-froid et d'ailleurs surnommé *Mister Cool*. « Buzz » Aldrin l'accompagnera sur la Lune et Michael Collins restera en orbite autour de l'astre. Déterminer qui posera le premier le pied sur notre satellite naturel a été délicat à trancher. Armstrong ou Aldrin ? Le pilote ou le navigateur ? Un civil ou un militaire ? Ce sera Armstrong.

Derrière cette mission et ces trois hommes, un pays tout entier, mais il faut un peu de folie ou d'inconscience pour croire en cette aventure démesurée. Et pour cause ! La fusée Saturn V, le chef d'œuvre de Wernher von Braun, a volé la première fois il n'y a même pas deux ans et cela fait huit ans à peine que le programme Apollo a été initié. Nous sommes à l'apogée de la guerre froide et la conquête lunaire se fait dans l'urgence, alors qui peut vraiment garantir que tout se passera bien ? « Nous avons tout prévu, tout calculé », a dit en substance von Braun, « maintenant, nous nous en remettons à la grâce de Dieu ». Expédier un homme sur la Lune est un défi sans précédent et a nécessité de tout imaginer en moins de dix ans : les propulseurs, les lanceurs, les vaisseaux, les trajectoires, les procédures, les guidages… Saturn V doit réussir à catapulter hors de l'atmosphère terrestre les 30 tonnes du module de commande et de service *Columbia*, ainsi baptisé en hommage à Jules Verne et Christophe Colomb mais également en référence à la figure allégorique éponyme des États-Unis, et les 15 tonnes du module lunaire *Eagle*, l'aigle étant l'emblème des USA.

L'élan scientifique et industriel indispensable pour mener à bien cette entreprise a mobilisé jusqu'à dix pour cent du budget américain et près de 400 000 personnes. Fusées et capsules sont fabriquées à un rythme effréné. Et tout cela à la faveur de l'extraordinaire vision d'un homme au début des années soixante, le président John Kennedy : « Je crois que notre nation devrait s'engager, avant la fin de cette décennie, à ce qu'un homme aille sur la Lune et nous revienne sain et sauf », « nous avons choisi d'aller sur la Lune au cours de cette décennie et d'accomplir d'autres choses encore, non pas parce que c'est facile, mais justement parce que c'est difficile. »

Le 12 septembre 1962, sur le campus de l'Université Rice à Houston au Texas, le président Kennedy promet que les États-Unis atteindront la Lune avant la fin de la décade.

Cette vision est un défi de toute l'Amérique à l'Union soviétique triomphante qui a envoyé Spoutnik, premier satellite, Youri Gagarine, premier cosmonaute, Luna 9 en 1966, première sonde automatique à alunir en douceur. Mais avec le programme Apollo, les Américains prennent tous les risques pour rattraper leur retard. Dans ce monde bipolaire, quelle super-puissance sera la première à marquer de ses empreintes la Lune ? Et surtout à quel prix ? Mais pour l'heure, les trois explorateurs avancent vers leur destin et filent vers l'inconnu. Dans le bleu cobalt du ciel, quelques secondes après avoir quitté le sol, la capsule vibre dans tous les sens, les astronautes pèsent jusqu'à quatre fois leur poids et sont propulsés par un fascinant sillage de flammes de presque 500 mètres. Un aller peut-être sans retour…

Un peu d'histoire… Aux premières heures de la conquête spatiale, Wernher von Braun, futur artisan des succès américains dans l'espace, voit pourtant ses ambitions s'effondrer, son équipe étant alors sous-financée et sous-exploitée car cantonnée à ne développer que de petits missiles à faible portée.

Si von Braun, en tant que concepteur des V2 pour le compte des nazis, assume cette période sombre de l'histoire des fusées, en revanche il a toujours éludé ou minimisé la question plus sensible de leur fabrication par les prisonniers des camps de concentration de Dora et de Buchenwald, au prix de milliers de morts. Lors de son recrutement par les Américains, les autorités sont au courant de ce lourd passé et c'est l'une des raisons pour lesquelles les responsables politiques, le président Dwight Eisenhower (1890-1969) notamment, souhaitent que la première satellisation américaine soit effectuée par des spécialistes américains et non par l'équipe de von Braun. De plus, les recherches menées par celle-ci étant liées au développement de missiles balistiques, il a été décidé d'écarter von Braun pour éviter toute surenchère avec les Soviétiques. En 1955, la préférence est donc accordée au projet Vanguard de l'US Navy plutôt qu'à Orbiter, celui de l'US Army dont dépend l'ingénieur d'origine allemande.

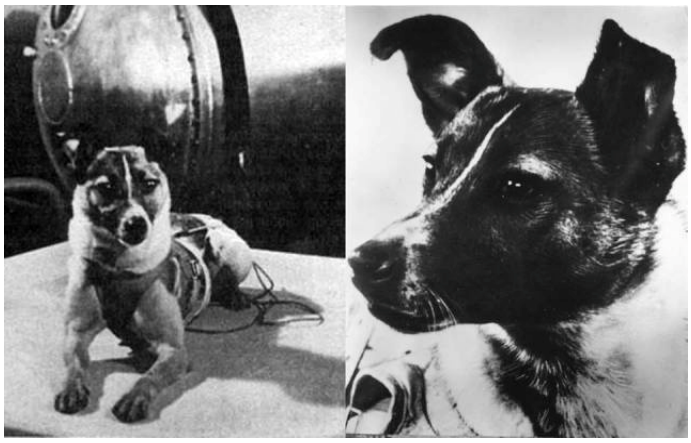
Les Russes engagent la bataille avec tout d'abord le lancement de Spoutnik le 4 octobre 1957, premier satellite artificiel en orbite autour de la Terre, marquant ainsi le début de l'ère spatiale. Les Américains sont chaos debout : ils n'ont pas reçu un tel électrochoc depuis l'attaque japonaise du 7 décembre 1941 sur Pearl Harbor. Puis c'est au tour de Spoutnik 2 le 3 novembre 1957 avec à son bord le premier être vivant en orbite terrestre, la célèbre chienne Laïka.

Les États-Unis contre-attaquent et le 6 décembre 1957, Vanguard TV3 est sur la ligne de départ. Les télévisions internationales sont présentes pour assister au premier pas de l'Amérique dans l'espace. Seulement, deux secondes après avoir quitté le sol et après s'être élevée d'à peine plus d'un mètre, le lanceur perd de la poussée, retombe puis explose dans une gigantesque boule de feu. Le satellite quant à lui est éjecté non loin de là et, comble de l'ironie, commence à émettre comme s'il était en orbite, le tout en direct ! Il se voit aussitôt affublé par les médias américains de surnoms peu glorieux tels *Flopnik* et *Kaputnik*.

Devant un tel naufrage, l'Oncle Sam n'a d'autre choix que de faire confiance à von Braun pour effacer l'affront : le 31 janvier 1958, sa fusée Juno place sur orbite le premier satellite américain, Explorer 1, qui ne se contente pas de faire de simples « bip, bip », mais contribue à la découverte des ceintures de Van Allen.

Les Soviétiques conserveront une longueur d'avance pendant plusieurs années et remportent à nouveau une victoire le 12 avril 1961 avec Youri Gagarine, premier homme à atteindre l'espace et à effectuer un vol orbital au cours de la mission Vostok 1. Cinq jours plus tard, le 17 avril, des Cubains anticastristes armés par la CIA (*Central Intelligence Agency*), l'une des agences de renseignement les plus connues des États-Unis, ont débarqué dans la baie des Cochons, à Cuba, d'où ils vont être balayés par Fidel Castro en quarante huit heures. Au Kremlin, Nikita Khrouchtchev est aux anges car, dans un contexte de Guerre froide, il vient d'infliger une « double claque » en quelques jours à son adversaire américain, John Kennedy, qui n'est à la Maison-Blanche que depuis trois mois.

Humiliation à Washington. Comment reprendre la main ? Il faut frapper l'opinion par une annonce spectaculaire. Kennedy interroge son vice-président, Lyndon Johnson. Comme Khrouchtchev, Johnson a saisi le caractère stratégique de l'espace. Ses interventions au Congrès avaient abouti à la création de la NASA en juillet 1958. Il propose d'envoyer des hommes sur la Lune. « Pourquoi la Lune ? », demande Kennedy, sceptique et peu au fait des questions spatiales. « Parce que les Russes seront incapables de relever le défi », dit Johnson, bien inspiré par von Braun. Il a raison, mais à l'époque tous sont persuadés que les premiers marcheurs lunaires arboreront la faucille et le marteau… Quelques jours plus tard, le 25 mai 1961, le 35e président des États-Unis fera donc preuve de hardiesse en engageant devant le Congrès la course à la Lune.



La chienne Laïka, premier être vivant dans l'espace. Lancée par l'URSS à l'aide de l'engin spatial Spoutnik 2 le 3 novembre 1957, elle périt environ cinq à sept heures après le décollage suite à une défaillance du mécanisme de régulation thermique et au stress.

Youri Gagarine (1934-1968) fut le premier homme à voyager dans l'espace (un périple d'1 h 48 min autour de la Terre), au cours de la mission Vostok 1. Ironie du sort, après un tel tour de force dont les chances de réussite étaient estimées à une sur deux, ce Héros de l'Union soviétique et premier cosmonaute de l'Histoire mourut le 27 mars 1968 lors du crash de son avion de chasse MiG-15.

Si les Russes caracolent en tête, c'est principalement en raison des formidables compétences d'un homme au destin hors du commun, Sergueï Korolev (1907-1966), architecte des hauts faits soviétiques dans l'espace et fondateur du programme spatial. Il livre un véritable duel à distance avec son homologue von Braun : dix années d'une lutte âpre. Malgré son rôle capital et les prouesses réalisées, l'identité de ce brillant ingénieur est l'un des secrets d'État les mieux gardés. Contraint à l'anonymat par les autorités car les succès spatiaux devaient apparaître comme ceux du régime communiste et non comme ceux d'un seul homme, les Soviétiques n'apprendront son nom qu'après sa mort.

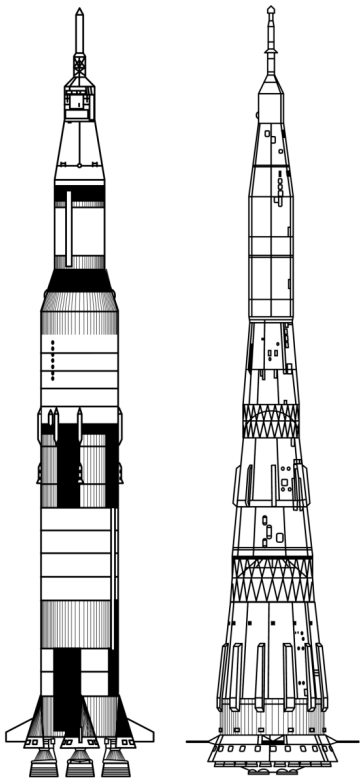
Sergueï Korolev (à droite) aux côtés de Youri Gagarine, premier homme à gagner l'espace.

Le 18 mars 1965, l'URSS remporte à nouveau une victoire majeure face aux États-Unis : le cosmonaute Alexeï Leonov (1934-2019) devient le premier homme à « marcher dans l'espace » au cours de la mission Voskhod 2. Korolev espère alors que l'impact de cette « marche dans l'espace » l'aidera à persuader le Politburo de financer sa mission vers la Lune et la construction de sa fusée N-1. Il obtient finalement le feu vert mais ne se voit alloué qu'une partie des fonds nécessaires.

Alexeï Leonov lors de sa sortie extravéhiculaire historique.

Von Braun, de son côté, se met à dos une partie de l'opinion à cause d'échecs répétés durant les tests des moteurs F-1, la combustion se révélant instable jusqu'à entraîner la destruction du propulseur. De plus, il se croit largement distancé par les Soviétiques devant le triomphe « éclatant » de Voskhod 2, le Politburo n'ayant pas évoqué le fait que cette mission, émaillée de multiples incidents, a frôlé la catastrophe… Pour ne rien arranger, les combats s'intensifient au Vietnam, l'Amérique est déchirée et la protestation s'accroît. Von Braun craint de perdre le soutien du public.

Pourtant, le budget faramineux dont dispose la NASA finit par faire la différence (plus de 5 milliards de dollars pour la seule année 1965, soit 40 milliards de dollars actuels). Il permet de fiabiliser les moteurs F-1 et la mise au point d'un nouveau vaisseau spatial, le Gemini, avec lequel l'agence spatiale américaine envoie des hommes dans l'espace quasiment tous les deux mois. Ceux-ci multiplient les sorties extravéhiculaires, font des manœuvres d'amarrage et établissent un record en restant deux semaines en orbite : un prélude à la mission Apollo qui doit les conduire sur la Lune.



La fusée soviétique N-1 (à droite) est de taille similaire mais de masse et charge utile plus faibles que son équivalent Saturn V.

Korolev ne peut rivaliser et, épuisé par l'ampleur de ses tâches, sa santé se dégrade. Hospitalisé pour une chirurgie exploratrice au cours de laquelle on découvre une tumeur, son cœur trop fatigué ne résiste pas à l'anesthésie et il meurt le 14 janvier 1966 : le résultat des privations et des épreuves endurées au cours de son emprisonnement au goulag, lors des purges staliniennes. Après 20 ans passés dans l'anonymat, le président du Soviet suprême, Leonid Brejnev, décide de révéler l'identité du génie qui a conçu le programme spatial soviétique. Son nom apparaît au grand jour et l'homme, qui jadis avait été condamné aux travaux forcés, a droit à des funérailles nationales sur la place Rouge. Il devient un héros du peuple soviétique et ses cendres sont scellées dans une niche du mur de briques rouges du Kremlin, aux côtés de tous les hommes prestigieux du pays. Von Braun découvre enfin le nom de son plus grand rival…

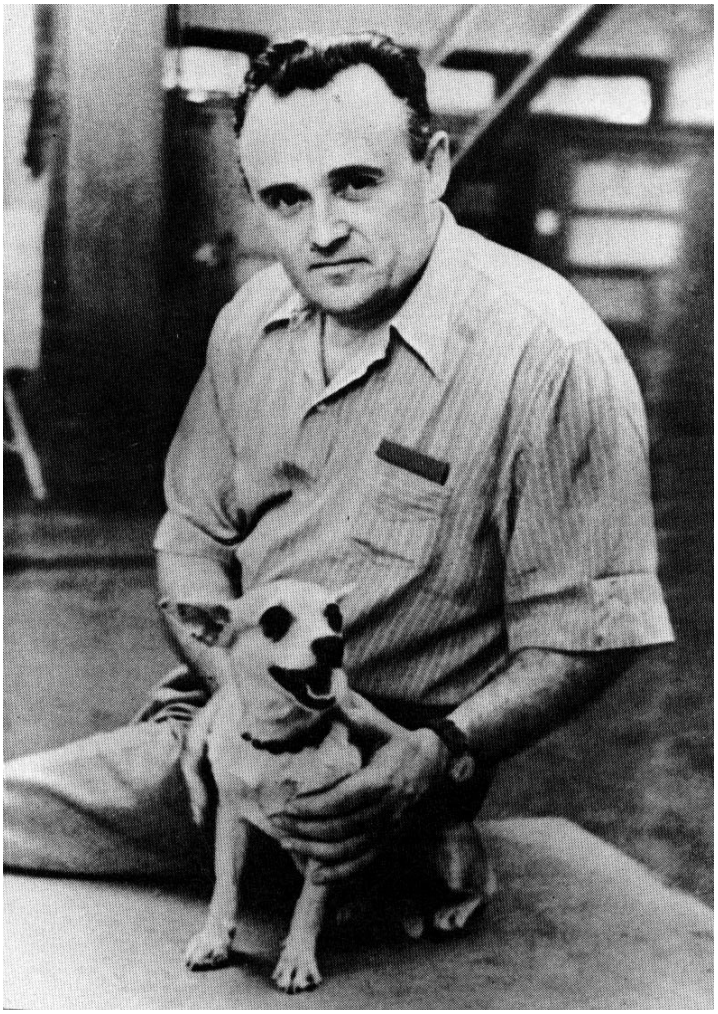
Deux ans après, Youri Gagarine trouve la mort le 27 mars 1968 au cours d'un accident d'avion, ses cendres sont également inhumées dans la muraille de la citadelle de Moscou. Sa disparition si peu de temps après celle de Korolev, assène un coup terrible au programme spatial soviétique qui vacille au bord de l'effondrement. N'oublions pas cependant que l'héritage de Sergueï Korolev subsiste encore aujourd'hui ! En effet, le vaisseau Soyouz, développé dès 1962 par ses bureaux d'études, est toujours en service et permet par exemple d'assurer

la relève des équipages de la Station spatiale internationale. C'est d'ailleurs au moyen de Soyouz MS-03 que Thomas Pesquet, spationaute et dixième Français à s'envoler dans l'espace, a décollé depuis le cosmodrome de Baïkonour le 17 novembre 2016 et s'est amarré deux jours plus tard à l'ISS, après une série de manœuvres orbitales.

Les véhicules spatiaux développés dans les années 1970 et 1980 par les successeurs de Korolev, qui ont conçu la navette spatiale Bourane et la super-fusée Energia, héritière de la fusée lunaire N-1, n'ont jamais été exploités. Leur avenir est d'ailleurs devenu plus qu'incertain depuis l'éclatement de l'Empire soviétique, si bien que ce sont toujours les systèmes créés il y a plus de soixante ans par les pionniers russes de l'espace qui fonctionnent actuellement.

L'œuvre de Korolev aura marqué l'histoire contemporaine d'une manière indélébile. Premier satellite, premier être vivant, première sonde lunaire, premier homme, première femme (Valentina Terechkova à bord de Vostok 6, du 16 au 19 juin 1963), première sortie dans l'espace : cette séquence de premières, sans oublier bien sûr la mission Vostok 2 et les 17 rotations terrestres réalisées par Guerman Titov du 6 au 7 août 1961, est le résultat du rêve d'un seul homme et a servi avant tout à illustrer les possibilités du monde communiste. Dans le cercle fermé où il évoluait, Sergueï Korolev était une légende vivante. Mais officiellement, il n'existait pas. On ne le connaissait que par son titre : constructeur en chef. Les dirigeants du Kremlin tenaient à ce qu'il reste dans l'ombre. Et il sera mort avant d'avoir pu réaliser son rêve, un rêve que personne d'autre dans son pays n'a encore réalisé.

Sergueï Korolev, pourtant, est sur la Lune. Ou plutôt sur les cartes lunaires, car son nom a été donné à l'un des cratères… de la face cachée.



Sergueï Korolev, fondateur du programme spatial soviétique, en juillet 1954 avec un chien qui vient d'effectuer un vol à une altitude de 100 km dans une fusée scientifique R-1D, de conception identique à celle du missile V2.

À suivre…

Exercice 1

Chacune des trois affirmations suivantes est-elle vraie ou fausse ? Justifier.

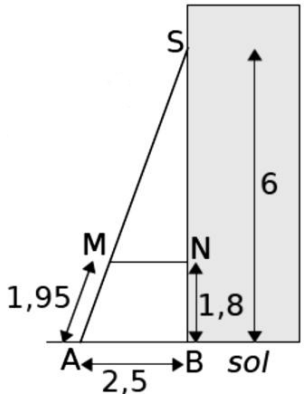
- Affirmation 1 : Durant les soldes, si on baisse le prix d'un article de 30 % puis de 20 %, au final le prix de l'article a baissé de 50 %.
- Affirmation 2 : Quel que soit le nombre entier positif *n*, le nombre $5^n + 5^{n+1} + 5^{n+2}$ est divisible par 31.
- Affirmation 3 : La somme de trois entiers consécutifs est toujours un multiple de 3.

Exercice 2

Pour consolider un bâtiment, on a construit un contrefort en bois (schéma ci-contre). *Les longueurs sont exprimées en mètres.*

1) En considérant que le montant [BS] est perpendiculaire au sol, calculer la longueur AS.

2) Calculer les longueurs SM et SN.

3) Montrer que la traverse [MN] est bien parallèle au sol.

4) Calculer MN de deux façons différentes.