

Problème**La mission Apollo 11 : le 21 juillet 1969, ils nous ont offert la Lune...****Sixième partie : Injection trans-lunaire (ITL)**

Afin de se soustraire à l'attraction terrestre, un objet doit atteindre une vitesse suffisamment grande appelée vitesse de libération (ou vitesse d'évasion ou d'échappement) terrestre, notée v_{ℓ_T} , qui dépend de l'altitude h de l'objet exprimée en m, et est donnée, en m/s, par la formule ci-dessous.

$$v_{\ell_T} = \sqrt{\frac{2GM_T}{R_T + h}}$$

- $G = 6,674 \times 10^{-11}$ est la constante de gravitation universelle ;
- où : ▪ $M_T = 5,972 \times 10^{24}$ kg est la masse de la Terre ;
- $R_T = 6,371 \times 10^6$ m est le rayon de la Terre.

- 1) Calculer la vitesse de libération pour un objet lancé depuis la surface de la Terre, c'est-à-dire que l'on prendra $h = 0$. Donner la réponse en m/s en arrondissant à la dizaine près.

Quelques minutes avant la fin de la deuxième révolution autour de la Terre, le moteur J-2 du 3^{ème} étage est allumé une seconde et dernière fois pendant un peu moins de 6 minutes, ceci afin de prendre de l'altitude et de gagner une vitesse suffisante pour s'arracher à l'attraction terrestre.

Rappelons que le Système international d'unités (abrégié en SI) est le système d'unités le plus largement employé au monde, dans lequel, par exemple, la seule unité de longueur est le mètre. Cependant, même dans les pays où il est en vigueur, les pilotes utilisent des unités de longueur différentes parmi lesquelles :

- Le pied (abrégié en ft, d'après l'anglais *foot*) pour mesurer des altitudes par exemple ;
- Le mille marin, ou nautique (abrégié en NM, d'après l'anglais *Nautical Mile*), très utilisé en navigation maritime et aérienne.

- 2) À la coupure du moteur, le vaisseau spatial se déplace à une vitesse de 35 570 ft/s et se trouve à une altitude de 177 NM.

a) Sachant que 1 ft = 0,3048 m, calculer sa vitesse en m/s, en arrondissant à la dizaine près.

b) Sachant que 1 NM = 1 852 m, calculer son altitude en km en arrondissant à l'unité près.

- 3) Calculer la vitesse de libération terrestre à l'altitude $h = 328$ km. Donner la réponse en m/s en arrondissant à la dizaine près.

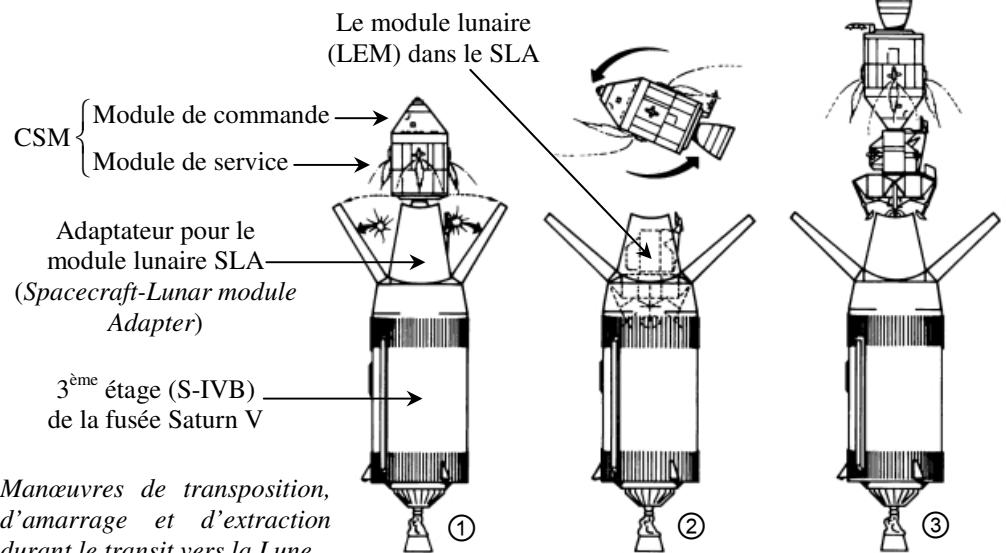
- 4) Au moment de la coupure du moteur, la vitesse du vaisseau est donc inférieure à la vitesse de libération terrestre, certes légèrement, mais inférieure tout de même... Comment expliquer pourtant qu'elle s'avère suffisante pour se rendre jusqu'à la Lune ?

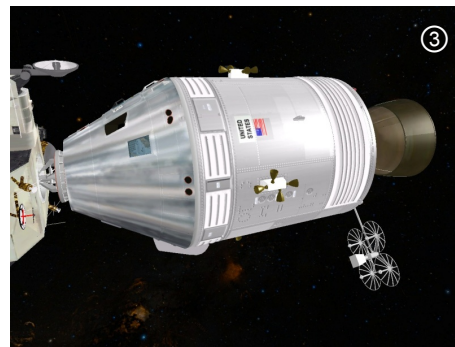
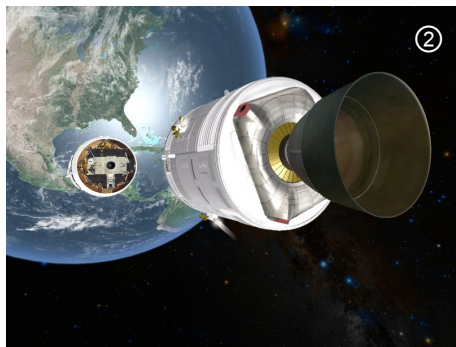
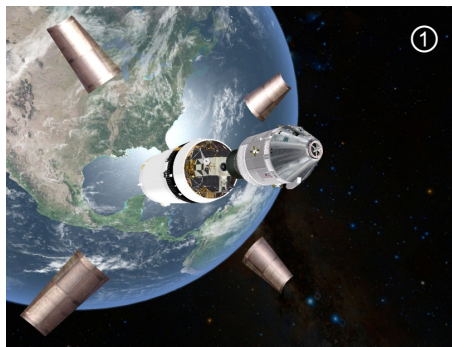
Le véhicule spatial se positionne ainsi sur une trajectoire lunaire approximativement 2 h 50 min après le lancement. Une demi-heure après débutent les manœuvres de transposition, d'amarrage et d'extraction.

① Le module de commande et de service (CSM) se sépare de l'adaptateur.

② Le CSM se retourne ensuite et se prépare pour l'amarrage au module lunaire.

③ Après l'amarrage, le CSM extrait le module lunaire pour l'éloigner de l'étage supérieur du lanceur.





① Largage du CSM. À l'origine, les quatre panneaux du SLA servant de coiffe au LEM s'ouvriraient en pétales mais restaient solidaires du S-IVB. Toujours est-il qu'au cours de la mission Apollo 7, l'un d'eux ne s'est pas complètement déployé, ce qui aurait pu compromettre l'amarrage au module lunaire. Leur conception est donc revue avec un mécanisme d'éjection permettant de les éloigner du vaisseau.

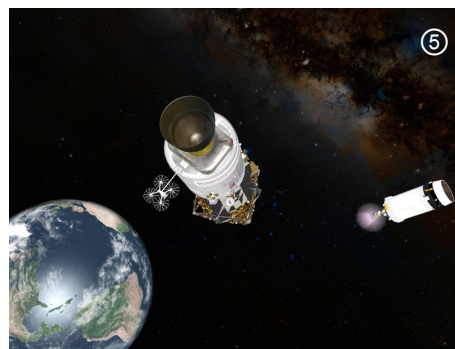
② Retournement à vue. Les manœuvres de transposition, d'amarrage et d'extraction se font moyennant les petits moteurs verniers disposés en quatre grappes sur le pourtour du CSM, à 90 degrés les unes des autres. Un moteur vernier, du nom du mathématicien Pierre Vernier (1580-1637), est un propulseur complémentaire de faible poussée servant à contrôler l'attitude (orientation) d'un engin spatial ou à corriger sa trajectoire.



③ Amarrage LEM/CSM. La constitution du train spatial est presque réalisée.

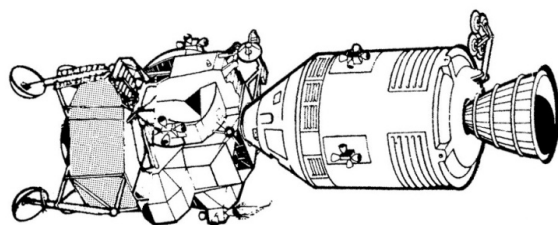
④ Extraction du LEM.

⑤ Éjection du S-IVB. Quelques minutes après le largage du troisième étage, ce dernier se place sur une orbite solaire avec le peu de carburant restant.



Manœuvres de transposition, d'amarrage et d'extraction (captures d'écran du simulateur de vol spatial réaliste Orbiter).

Une fois le LEM et le CSM solidement amarrés, l'équipage peut aller et venir dans les deux modules. *Columbia* étant bombardé en permanence par des rayonnements cosmiques, on le fait tourner autour de son axe. Grâce à cette procédure, appelée PTC (*Passive Thermal Control*, contrôle thermique passif) et surnommée affectueusement « la technique du barbecue », les rayons du Soleil ne frappent pas tout le temps la même face de la cabine. Dès lors, la Lune ne va cesser de grossir : près de 400 000 km à parcourir et trois jours de voyage ponctués de quelques corrections de cap.



Le train spatial (CSM+LEM) après les manœuvres de transposition, d'amarrage et d'extraction, alors qu'il se dirige vers la Lune.

Deuxième jour (17 juillet 1969) : le train spatial vogue déjà à 175 000 km de la Terre. Les astronautes vérifient leur trajectoire à l'aide du sextant spatial, en s'aidant des étoiles comme Christophe Colomb le faisait en son temps. Les voici seuls... seuls dans le vide intersidéral, tout est hostile autour d'eux. Ni haut, ni bas... ni nuit... ni jour... Mais quoi de mieux pour rompre cette solitude intersidérale qu'une diffusion télévisée en mondovision ?

Les Américains voulant faire de cette mission une démonstration de leur supériorité technologique, Apollo 11 n'est pas seulement une performance scientifique, c'est également un show planétaire que tout un chacun peut suivre en direct. Dans l'espace, en toute décontraction qui plus est, les trois explorateurs doivent retransmettre leur quotidien vers la Terre, ce qui constitue une gageure technique à l'heure des balbutiements de la télévision couleur.



La planète bleue située à une distance d'environ 181 000 km. Le pôle Nord est à droite et l'on distingue principalement le continent africain.

Au sol, ces émissions sont susceptibles d'être captées par les trois stations du *Deep Space Network* : celle de Goldstone (Californie), de Honeysuckle Creek (Australie) et de Madrid (Espagne). Il a fallu bien entendu répartir les antennes de réception aux quatre coins du globe pour être sûr qu'à tout moment l'une d'entre elles est en vue directe de la Lune. De plus, en renfort de ce dispositif, la NASA a recours au radiotélescope de l'Observatoire de Parkes en Australie.

Cependant, l'atmosphère « bon enfant » affichée devant des millions de téléspectateurs admiratifs masque certaines inquiétudes. Effectivement, le 13 juillet, dans la plus grande discrétion comme à leur habitude, les Soviétiques ont fait décoller la sonde Luna 15, elle aussi à destination de la Lune. Par conséquent, deux vaisseaux vont se trouver sur une trajectoire similaire et les Américains craignent que cette sonde ne mette en péril leur propre mission. Ils s'inquiètent d'éventuelles interférences dans les communications Lune-Terre si deux engins tournent en même temps autour de notre satellite naturel. Sans même parler de l'éventualité d'une collision. L'angoisse est d'autant plus grande que personne ne connaît l'objectif réel de Luna 15 et la rumeur court que son but est d'espionner Apollo 11. La NASA a néanmoins obtenu des Soviétiques le plan de vol théorique de Luna 15, une vraie révolution en pleine guerre froide, un début de coopération scientifique, mais la méfiance entre les deux super-puissances règne encore... En fait, un premier pas vers la coopération avait été initié par Kennedy en juin 1961. À Vienne, dix jours seulement après son discours devant le Congrès, il a soumis l'idée au leader russe Nikita Khrouchtchev d'agir ensemble dans le cadre d'une mission lunaire. Khrouchtchev a refusé. Mais en 1963, ce dernier était prêt à franchir le pas et songeait sérieusement à accepter la proposition. Cette collaboration allait permettre d'économiser les ressources soviétiques et d'améliorer leurs relations politiques. Les Russes étaient partants. Malheureusement, après l'assassinat de JFK le 22 novembre 1963 et l'éviction de Khrouchtchev le 14 octobre 1964, l'idée a été abandonnée.

Au troisième jour de la mission (18 juillet 1969), il doit y avoir un sixième réalignement de trajectoire, la fenêtre d'approche étant très étroite, et une inspection complète du module lunaire.

L'humeur des astronautes est l'objet de toutes les attentions : fatigue, stress, inconfort, inquiétude... Rien ne leur est épargné. Mais comment faire face au vertige d'être les premiers hommes à aller sur la Lune ? Un bon festin peut-être ?

Leurs repas ont ainsi été particulièrement soignés, une approche totalement inédite pour l'époque. De plus, cloîtrés dans l'habitacle du module de commande, les voyageurs de l'espace, qui sont aussi des mélomanes, déjeunent en musique, histoire d'égayeur leur longue odyssée – un million et demi de kilomètres, retour compris – et de leur rappeler la « maison ». Ils ont en effet emporté dans leurs bagages de quoi ravir leurs oreilles et utilisent le petit magnétophone prévu par la NASA pour y consigner leurs impressions de vol. Armstrong, Aldrin et Collins ont préenregistré des morceaux sur des cassettes vierges et... surprise... à mille lieues de l'image bien sage des astronautes entretenue par l'agence spatiale américaine, ils écoutent des titres totalement dans le ton de l'effervescence et de la liberté musicale du moment (le grand festival hippie de Woodstock qui va marquer à jamais l'histoire du rock a lieu seulement dans quelques jours...). Parmi les groupes et chanteurs « embarqués » à bord, Sly and the Family Stone, John Stewart ou encore même Blood, Sweat and Tears.



« Buzz » Aldrin à l'intérieur du LEM pendant la phase de vérification.

En ce troisième jour, l'été est splendide à Paris, les corps s'alanguissent et la tension pour Apollo 11 se relâche un peu sur Terre. Comme si plus rien ne se passait vraiment là-haut, juste l'attente avant d'arriver sur la Lune. Le vaisseau franchit pourtant la ligne imaginaire de l'équigravispère, c'est-à-dire la ligne où les attractions terrestre et lunaire s'équilibrent. Ils filent à 3 000 km/h, la Terre est à 345 000 km désormais, la Lune à 62 000. *Columbia* est irrésistiblement attiré par elle...

À suivre...

Exercice 1

Lors des soldes, un commerçant décide d'appliquer une réduction de 30 % sur les articles de son magasin.

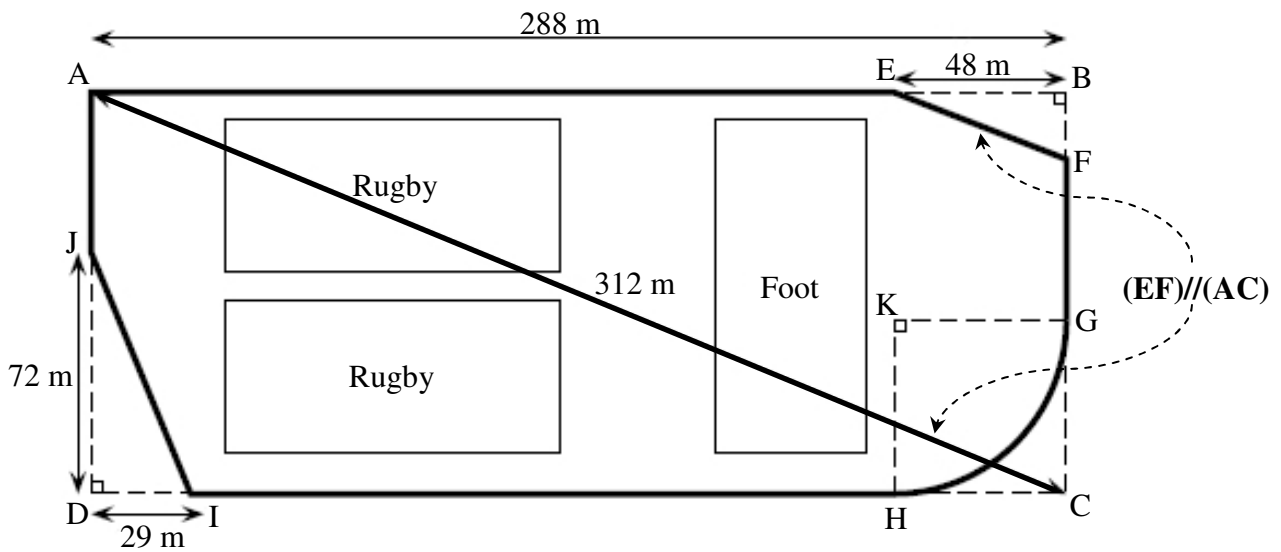
- 1) L'un des articles coûte 54 € (avant la réduction). Calculer son prix après la réduction.
- 2) Le commerçant utilise la feuille de calcul suivante pour calculer les prix des articles soldés.

	A	B	C	D	E	F
1	prix avant réduction	12,00 €	14,80 €	33,00 €	44,20 €	85,50 €
2	réduction de 30 %	3,60 €	4,44 €	9,90 €	13,26 €	25,65 €
3	prix soldé					

- Pour calculer la réduction, quelle formule a-t-il pu saisir dans la cellule B2 avant de l'étirer sur la ligne 2 ?
 - Pour obtenir le prix soldé, quelle formule peut-il saisir dans la cellule B3 avant de l'étirer sur la ligne 3 ?
- 3) Le prix soldé d'un article est 44,73 €. Quel était son prix initial ?

Exercice 2

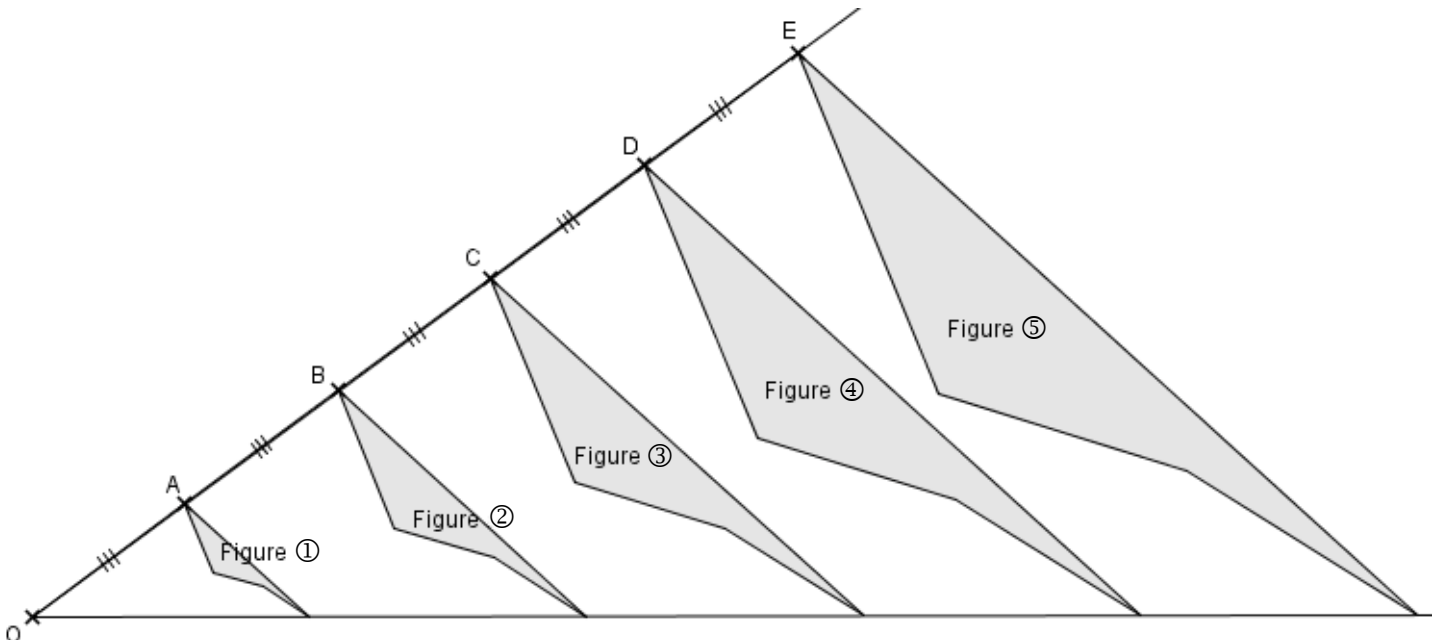
La ville BONVIVRE possède une aire de jeux bordée d'une piste cyclable. La piste cyclable a la forme d'une rectangle ABCD dont on a « enlevé trois des coins ». Sur la figure ci-dessous : le chemin de G à H est un quart de cercle de centre K ; les chemins de E à F et de I à J sont des segments ; les droites (EF) et (AC) sont parallèles ; $AB = 288$ m ; $AC = 312$ m ; $DJ = 72$ m ; $DI = 29$ m ; $EB = KG = KH = GC = HC = 48$ m.



- En utilisant la propriété de Pythagore, montrer que $BC = 120$ m.
- Quelle est la longueur de la piste cyclable ? Arrondir la réponse au dixième de mètre près.

Exercice 3

Avec un logiciel de géométrie dynamique, on a construit la figure ①. En appliquant à la figure ① des homothéties de centre O et de rapports différents, on a ensuite obtenu les autres figures ②, ③, ④ et ⑤.



Répondre aux trois premières questions sans aucune justification.

- 1) Quel est le rapport de l'homothétie de centre O qui permet d'obtenir la figure ③ à partir de la figure ① ?
- 2) On applique l'homothétie de centre O et de rapport $\frac{3}{5}$ à la figure ⑤. Quelle figure obtient-on ?
- 3) Quel est le rapport de l'homothétie de centre O qui permet d'obtenir la figure ② à partir de la figure ⑤ ?
- 4) En supposant que le périmètre de la figure ⑤ est égal à 16 cm, quel est celui de la figure ② ?
- 5) En supposant que l'aire de la figure ⑤ est égale à $5,5 \text{ cm}^2$, quelle est celle de la figure ② ?