3°	Mathématiques - Devoir à la maison	À rendre le mercredi 03/06/20

Problème

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

***Huitième partie* : Activités extravéhiculaires (ou EVA d'après l'anglais Extra-Vehicular Activity) et calcul de la distance Terre-Lune**

Le module lunaire *Eagle* s'est donc posé le dimanche 20 juillet 1969 à 21 h 17 min 39 s (heure française), mais à 7 km à peu près du site escompté, suite aux problèmes rencontrés durant la descente.

Malgré le soulagement et l'euphorie entourant l'évènement, Armstrong et Aldrin ne peuvent que brièvement contempler la surface lunaire : dans l'éventualité d'un problème grave, ils doivent se préparer pour un décollage immédiat et programmer l'ordinateur en vue du rendez-vous en orbite avec *Columbia*, opération qui dure près de deux heures. Il reste encore une longue séquence avant la sortie des astronautes : listes de vérifications, enfilage des combinaisons spatiales et dépressurisation du LEM.

Le lundi 21 juillet 1969, à 3 h 52, heure de Paris, Neil Armstrong sort de l'engin qui l'a déposé quelques heures plus tôt sur la mer de la Tranquillité (*Mare Tranquillitatis*). Il descend ensuite les échelons puis stationne quelques instants sur le pied du train d'atterrissage du LEM devant des millions de téléspectateurs écoutant bouche bée, et regard ébahi, ses premières impressions. L'image transmise par la caméra du module lunaire est médiocre mais elle suffit à unir et émerveiller le monde entier ! Jamais un événement n'avait rassemblé autant de témoins jusqu'alors… Enfin, le commandant de la mission pose le pied gauche sur le sol lunaire à 3 h 56 min 20 s (le 20 juillet à 21 h 56 min 20 s, heure de Houston) et lance ces quelques mots :

« Buzz » Aldrin marche à la surface de la Lune, à proximité d'un pied du LEM.

"That's one small step for [*a*] *man, one giant leap for mankind."*
« C'est un petit pas pour [un] homme, [mais] un bond de géant pour l'humanité. »

Une phrase qui résonne encore aujourd'hui dans toutes les têtes…

Dix-neuf minutes après Armstrong, « Buzz » Aldrin pose à son tour le pied sur la Lune, devenant ainsi le deuxième homme à la marquer de ses empreintes. Il s'exclame « belle vue ! » avant de préciser son sentiment par « une magnifique désolation ».

Armstrong se joint alors à lui pour dévoiler une plaque commémorative fixée à l'échelle de l'étage de descente, lequel demeurera sur la Lune après le départ des astronautes. Sur celle-ci figure le dessin des deux hémisphères terrestres ainsi qu'un texte avec les noms et signatures des trois astronautes et du président américain Richard Nixon. Armstrong lit le texte à haute voix :

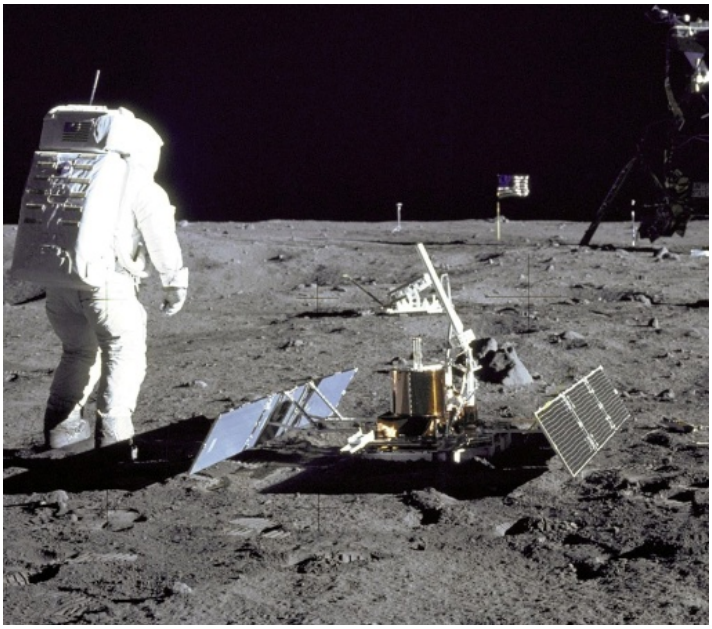
"Here men from the planet Earth first set foot upon the Moon. July 1969 A.D. We came in peace for all mankind."

« Ici, des hommes de la planète Terre ont pour la première fois mis le pied sur la Lune, en juillet 1969. Nous sommes venus en paix, au nom de toute l'humanité. »

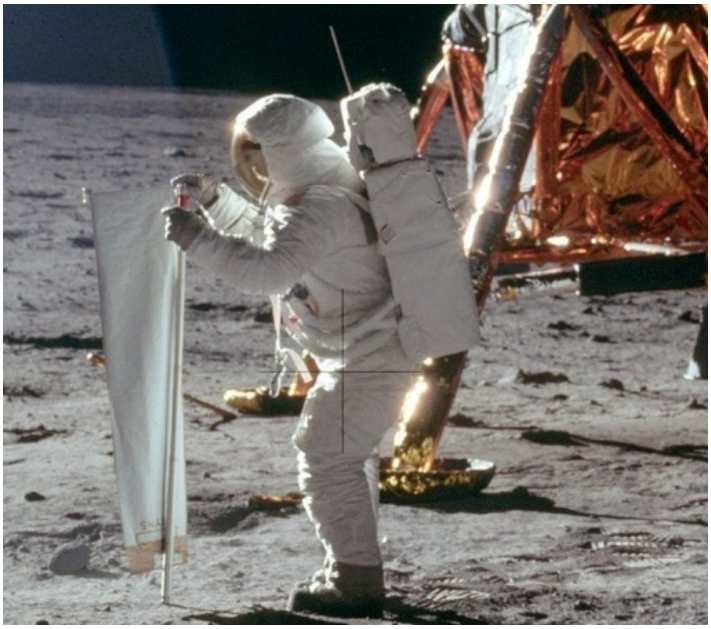
Plaque commémorative dévoilée par Armstrong et Aldrin. Chaque mission lunaire, de Apollo 11 à Apollo 17, en a emporté une.

S'ensuivent le planté de la bannière étoilée et « le coup de téléphone le plus historique qui ait jamais été donné de la Maison Blanche », au cours duquel les deux astronautes au garde-à-vous, figés dans un salut militaire, écoutent le président Nixon. Ce dernier dit : « C'est le jour dont les Américains seront les plus fiers. […] Grâce à vous les cieux sont devenus une partie de notre monde. » Richard Nixon poursuit en exprimant l'espoir que le succès des astronautes apportera la paix et la tranquillité sur Terre et ajoute : « En cet instant unique dans l'histoire de l'humanité, tous les habitants de la Terre ne font véritablement qu'un. Unis dans la fierté face à votre exploit et unis dans leurs prières pour votre retour sains et saufs sur Terre. » Armstrong répond simplement : « Merci, monsieur le président. C'est un grand honneur et un privilège d'être ici et de représenter non seulement les États-Unis, mais les hommes de paix de toutes les nations, […] et leur vision d'avenir. C'est un honneur pour nous d'y participer ici, aujourd'hui. » Et le président de conclure : « Nous avons tous hâte de vous retrouver jeudi à bord du [porte-avions] *Hornet*. »

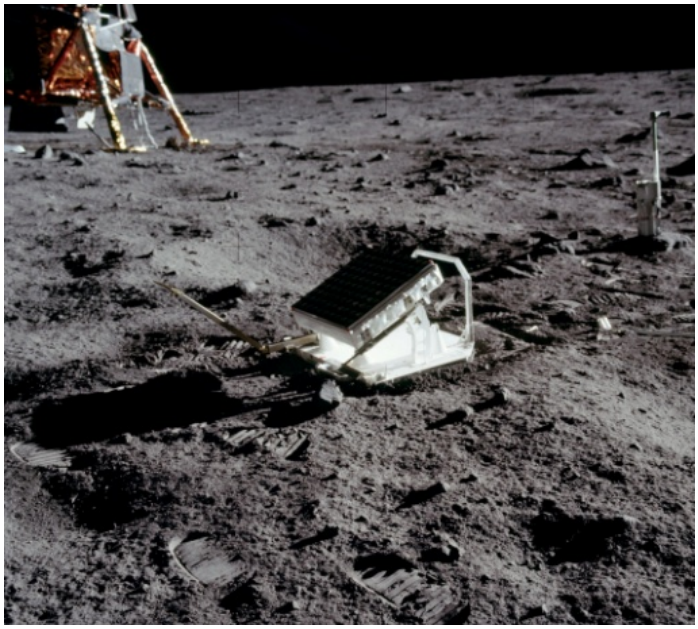
En pleine guerre froide, la mission Apollo 11 est hautement stratégique et vise notamment à asseoir la suprématie américaine dans le domaine spatial, mais elle comporte néanmoins un volet scientifique que les deux hommes doivent accomplir en relativement peu de temps. Chaque minute compte ! En plus, bien sûr, de la collecte d'échantillons de sol et de roches lunaires, il est prévu le déploiement de plusieurs instruments parmi lesquels un sismomètre passif qui enverra de précieuses informations concernant les impacts de météorites et les mouvements internes de la Lune inhérents aux phénomènes de marées provoquées par la Terre, un réflecteur laser, dispositif optique comportant 100 coins de cube en quartz et servant à renvoyer un faisceau lumineux dans la direction exacte de sa source, ainsi qu'un collecteur de particules du vent solaire.



« Buzz » Aldrin vient de déployer le sismomètre passif (au premier plan).



« Buzz » Aldrin installe le collecteur de particules du vent solaire.



Le réflecteur laser : le capuchon noir destiné à protéger l'optique de la poussière n'a pas encore été enlevé.

Neil Armstrong dans l'habitacle du LEM reposant sur la surface lunaire, après la sortie extravéhiculaire historique.

Intéressons-nous plus particulièrement au réflecteur laser. Au moyen de cet appareil, les scientifiques peuvent mesurer très précisément la distance Terre-Lune et obtenir de manière indirecte beaucoup d'informations sur la Terre telles que l'évolution de sa vitesse de rotation, le déplacement des pôles ainsi que sur la physique de la Lune (libration, mouvement du centre de masse, taille et forme). En tout, cinq réflecteurs ont été déposés en différents points de la surface lunaire par les missions spatiales américaines habitées Apollo 11, 14 et 15 ainsi que les rovers russes télécommandés Lunokhod 1 et 2 entre 1969 et 1973.

À l'aide d'une horloge extrêmement précise (de l'ordre d'une picoseconde, $1\ \text{ps} = 10^{-12}\ \text{s}$), la durée d'un aller et retour d'une impulsion lumineuse émise depuis la Terre par un laser peut être enregistrée et la distance Terre-Lune est alors calculée automatiquement.

Le tableau de mesures ci-dessous a été obtenu lors de tirs effectués entre le 27 et le 30 novembre 2002. La célérité de la lumière utilisée pour les calculs est celle dans le vide, à savoir 299 792 458 m/s (l'horloge étant très précise, on ne peut se contenter de la vitesse approximative bien connue de 300 000 km/s).

Tir depuis la station de télémétrie laser MéO, Observatoire de la Côte d'Azur, plateau de Calern (Alpes-Maritimes).

Date	Heure en h:min:ns	Durée aller et retour en 10^{-13} s	Distance Terre-Lune (en km)
27/11/2002	04:43:406393142	24 648 468 652 614	369 471,250 17
27/11/2002	04:54:289976746	24 644 665 715 165	369 414,245 57
27/11/2002	05:10:458205105	24 640 099 593 537	369 345,801 13
27/11/2002	05:22:292939394	24 637 681 983 003	369 309,562 06
27/11/2002	05:41:648936000	24 635 344 034 116	369 274,517 08
27/11/2002	05:50:391634635	24 634 858 791 318	369 267,243 48
27/11/2002	06:01:311809190	24 634 892 052 296	369 267,742 05
28/11/2002	04:54:343574407	24 406 472 646 587	365 843,821 29
29/11/2002	03:34:435933600	24 286 275 303 864	364 042,108 45
29/11/2002	04:43:255837213	24 216 009 976 909	362 988,857 70
29/11/2002	05:03:362399138	24 199 488 939 775	362 741,213 58
29/11/2002	05:59:835258680	24 164 440 511 979	?
29/11/2002	06:10:435854710	24 159 439 560 814	362 140,888 49
30/11/2002	04:23:300384145	24 096 826 051 427	361 202,335 60
30/11/2002	04:41:140039925	24 077 636 963 451	360 914,698 41
30/11/2002	04:57:401860390	24 061 517 343 433	360 673,071 38
30/11/2002	06:20:598907318	23 994 576 785 410	359 669,657 66
30/11/2002	06:35:333161641	23 986 483 783 787	359 548,346 62
30/11/2002	06:49:141460898	23 979 897 636 289	359 449,622 75

Origine : Observatoire de la Côte d'Azur.

Remarque : ns *est le symbole de nanoseconde,* $1\ \text{ns} = 10^{-9}\ \text{s} =$ *un milliardième de seconde.*

1) En montrant le calcul et en se contentant de la précision que permet la calculatrice, déterminer la distance Terre-Lune manquante dans la dernière colonne du tableau (point d'interrogation).

2) D'après le nombre de chiffres significatifs fournis par l'Observatoire de la Côte d'Azur dans ses fichiers de données, avec quelle précision la distance Terre-Lune est-elle mesurée ?

3) Proposer une hypothèse qui peut expliquer les écarts observés lors des mesures de la distance Terre-Lune.

Depuis plusieurs observatoires terrestres, on procède donc à des tirs laser en direction des réflecteurs déposés sur la Lune par les missions américaines et soviétiques. Au cours des premières années, la précision de la distance Terre-Lune est passée d'environ 500 m à 25 cm. En améliorant les techniques utilisées, de nouvelles mesures ont ramené cette incertitude à 16 cm en 1984. L'Observatoire McDonald (États-Unis) puis l'Observatoire de la Côte d'Azur en France se sont dotés d'équipements spécifiques réduisant l'imprécision à 3 cm à la fin des années 1980, début des années 1990. Enfin, depuis mi-2005, l'Observatoire d'Apache Point au Nouveau-Mexique (États-Unis) a pris le relais en utilisant un équipement encore plus perfectionné et réalise des mesures avec une précision inférieure au millimètre. Ces mesures prouvent que la Lune s'éloigne de la Terre à la vitesse moyenne, considérée comme anormalement élevée, de 3,8 cm par an…

Certes, cet éloignement peut paraître dérisoire, mais dans un avenir très lointain la Lune sera bien plus distante qu'elle ne l'est actuellement. Compte tenu de cette vitesse d'éloignement de 3,8 cm par an et pour une période T allant jusqu'à 2 milliards d'années à partir de maintenant, la distance moyenne Terre-Lune peut être modélisée par l'expression D définie par :

$$D(T) = 38T + 384\,400.$$

Dans cette relation, T est donc le temps écoulé à partir de maintenant en millions d'années, et la distance moyenne Terre-Lune $D(T)$ est donnée en km.

4) Quelle est actuellement la distance moyenne Terre-Lune ?

5) Dans 500 millions d'années, quelle sera la distance moyenne Terre-Lune ? Montrer le calcul.

6) Prévoir la distance moyenne Terre-Lune dans 2 milliards d'années. Montrer le calcul.

7) En résolvant une équation, trouver dans combien d'années la distance moyenne Terre-Lune vaudra 450 000 km. Arrondir la réponse au million d'années près.

8) Dans 3 milliards d'années, quelle sera la distance moyenne Terre-Lune ? *Attention au piège…*

Cette vue exceptionnelle de la Lune a été photographiée depuis le vaisseau spatial Apollo 11 au cours de son voyage de retour vers la Terre.

Un peu d'histoire… Juillet 1969 : les Américains sont en passe de remporter le pari de Kennedy. Apollo 11 est sur son pas de tir, Armstrong et Aldrin se préparent à devenir les premiers hommes à marcher sur la Lune, huit ans à peine après la décision présidentielle. Côté soviétique, les choses semblent entendues. Le survol lunaire à l'aide d'un Soyouz amélioré (programme L1) a été abandonné et les retards de développement du lanceur géant N-1 ne leur permettront pas de fouler le sol sélène avant les Américains. La course à la Lune semble donc jouée d'avance… Pourtant, malgré un programme spatial à l'agonie, les Soviétiques vont sortir leur dernier joker et tenter de retourner le cours de l'Histoire.

Nous sommes le dimanche 13 juillet 1969. Tandis que les astronautes d'Apollo 11 prennent un repos dominical bien mérité trois jours avant le décollage, de l'autre côté de la planète les ingénieurs du programme spatial soviétique s'activent sans relâche. C'est qu'ils ne veulent surtout pas rater leur dernière chance de coiffer au poteau les Américains en récoltant avant eux, grâce à leur sonde Luna 15, des échantillons de sol lunaire. Même si le programme soviétique de vol habité vers la Lune est un échec définitif, les dirigeants pourront toujours claironner que la science communiste est si puissante qu'elle permet de se passer des hommes dans l'espace !

Le lancement de Luna 15 intervient dans le plus grand secret à 5 h 55, heure de Moscou. Aussitôt la sonde détectée par l'Oncle Sam, c'est le branle-bas de combat non seulement à la NASA mais aussi à la Maison Blanche : quelles sont exactement les intentions des Russes ? Veulent-ils espionner Apollo 11, voire brouiller ses communications avec la Terre ? Le suspense grandit d'heure en heure…

L'astronaute Frank Borman, qui revient tout juste d'un séjour d'une semaine en URSS, est mis à contribution séance tenante en tant qu'interlocuteur apprécié des Soviétiques. Encore tout auréolé du succès de la mission Apollo 8, il est alors reçu par Henry Kissinger lui-même, le conseiller à la sécurité nationale des États-Unis. Kissinger juge l'affaire suffisamment sérieuse pour proposer de décrocher le « téléphone rouge », la ligne directe de Washington à Moscou instaurée au lendemain de la crise des missiles de Cuba en 1962.

L'obligeance des Soviétiques à livrer des renseignements qu'ils n'ont pas pour habitude de divulguer est à porter au crédit de l'astronaute Franck Borman, héros du premier vol circumlunaire habité lors de la mission Apollo 8. À la faveur des liens de sympathie qu'il a su nouer dans les milieux astronautiques lors de son séjour en URSS, il a certainement contribué à rétrécir le fossé qui existait entre les deux « géants de l'espace ».

Maquette de la sonde Luna 16 exposée au Musée mémorial de l'astronautique à Moscou. Le programme Luna, destiné à rapporter des échantillons de sol lunaire, finira par connaître la réussite, mais pas avant que deux missions Apollo ne se soient posées sur la Lune.

Cependant, Franck Borman, fort de ses contacts noués avec les Russes lors de son récent voyage, pense qu'il est inutile d'aller si loin et décide d'appeler le président de l'Académie des sciences d'URSS, le professeur Mstislav Keldych. Il ne parvient pas à le joindre directement mais ses assistants promettent de contacter le professeur au plus vite. Rapidement, Borman va recevoir un télégramme de Keldych sur lequel figurent les paramètres de vol de Luna 15, dissipant ainsi toutes les inquiétudes de l'agence spatiale américaine quant à une éventuelle collision. Il s'agit du premier acte de coopération spatiale entre les deux super-puissances.

Le 21 juillet, deux heures avant qu'Armstrong et Aldrin n'allument le moteur de remontée du LEM *Eagle*, la station automatique Luna 15, envoyée lors d'un dernier effort pour s'approprier un peu de gloire, s'écrase en un lieu au nom de circonstance, la mer des Crises, à 800 km du site d'alunissage d'Apollo 11. Un échec soviétique qui donne encore un peu plus d'éclat au triomphe américain.

À suivre…

Exercice 1 (utilisation des probabilités en météorologie)

Dans cet exercice, toutes les probabilités demandées seront données sous forme de fractions irréductibles.

Dans une région du monde sous d'autres latitudes, à l'aide de relevés effectués sur une longue période (*approche fréquentiste des probabilités…*), les météorologistes ont constaté que :

① S'il fait sec (S) un jour, alors il y a 5 chances sur 6 qu'il fasse sec le lendemain ;

② S'il fait humide (H) un jour, alors il y a 2 chances sur 3 que le temps soit humide le lendemain.

On constate un certain dimanche qu'il fait sec.

Les réponses aux questions 1) a) et 1) b) sont à reporter directement sur l'arbre des possibles figurant sur la fiche-réponses.

1) On se propose tout d'abord de calculer la probabilité que le temps soit sec le mardi suivant.

a) Reporter les probabilités données en ① et ② sur l'arbre des possibles.

b) En déduire les probabilités des autres branches puis compléter la colonne « Issues ».

On dispose maintenant d'un arbre pondéré.

c) Calculer les probabilités des issues (S ; S) et (H ; S).

d) En déduire la probabilité qu'il fasse sec mardi.

2) Calculer de deux façons différentes la probabilité que le temps soit humide mardi.

Remarque : En classe de troisième, nous avons appris à résoudre quelques types d'équations à une seule inconnue. Prévoir le temps qu'il va faire, même à courte échéance, oblige à prendre en compte des dizaines de millions d'inconnues… d'où l'importance des mathématiques dans ce domaine comme dans tant d'autres…

Exercice 2 (l'art et la manière de choisir ses chaussettes au réveil…)

Théo, véritable fan de cinéma, possède deux sortes de chaussettes : des chaussettes « Retour vers le futur » et des chaussettes « Baby Yoda ».

Malheureusement, Théo n'est pas très ordonné et ne prend jamais la peine de les ranger par paire, préférant consacrer plus de temps à ses héros de science-fiction…

Étant très en retard un lundi matin, sans doute après avoir passé la majeure partie de la nuit devant ses films préférés, il pioche au hasard une première chaussette puis une deuxième dans son tiroir dont voici ci-dessous la composition :

Chaussette « Retour vers le futur »

Chaussette « Baby Yoda »

Bien évidemment, le but pour Théo est de prendre deux chaussettes (c'est mieux en général…), la première n'est donc pas remise dans le tiroir après avoir été piochée…

On note respectivement « **R** » et « **Y** » les événements « piocher une chaussette **R**etour vers le futur » et « piocher une chaussette Baby **Y**oda ».

1) Compléter l'arbre des possibles se trouvant sur la fiche-réponses, afin d'en faire un arbre pondéré.
2) Calculer la probabilité que Théo obtienne deux chaussettes identiques. Donner la réponse sous forme d'une fraction irréductible.

DM10 – Fiche-réponses

NOM : …… Prénom : …… 3e1

Problème

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

***Huitième partie** : Activités extravéhiculaires (ou EVA d'après l'anglais Extra-Vehicular Activity) et calcul de la distance Terre-Lune*

1) *Calcul :* ……

……...

……...

……...

……...

La distance manquante dans la dernière colonne du tableau est égale à ……... km (*écrire tous les chiffres donnés par la calculatrice*).

2) La distance Terre-Lune (en km) est donnée avec 5 chiffres derrière la virgule, elle est donc mesurée avec une précision de l'ordre du …… (*on attend une unité de longueur*).

3) Hypothèse pouvant expliquer les écarts observés lors des mesures de la distance Terre-Lune :

……...

……...

……...

4) Actuellement, la distance moyenne Terre-Lune est égale à …… km.

5) *Calcul :* ……

……...

……...

Dans 500 millions d'années, la distance moyenne Terre-Lune sera égale à …… km.

6) *Calcul :* ……

……...

……...

Dans 2 milliards d'années, la distance moyenne Terre-Lune vaudra …… km.

7) *Résolution de l'équation :* ……

……...

……...

……...

……...

……...

La distance moyenne Terre-Lune sera égale à 450 000 km dans ……. millions d'années environ.

8) *Réponse :* ……..

……...

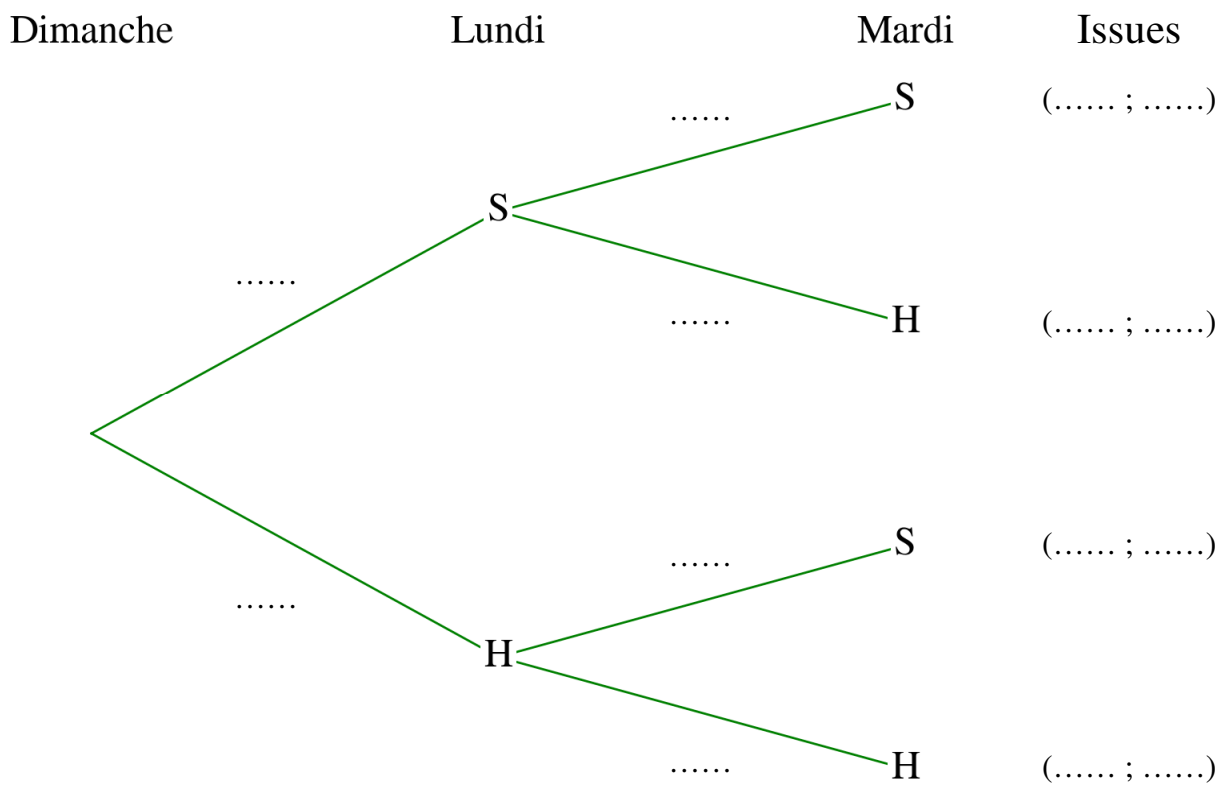
……...

……...

Exercice 1

Ne pas oublier de donner tous les résultats sous forme de fractions irréductibles.

1) a)
b)



c) $p(\mathrm{S};\mathrm{S}) =$ …….. (*calcul et résultat*)

$p(\mathrm{H};\mathrm{S}) =$ ……. (*calcul et résultat*)

d) La probabilité qu'il fasse sec mardi est égale à :

…….

……... (*calcul et résultat*)

2) Calculons <u>de deux façons différentes</u> la probabilité que le temps soit humide mardi.

- *1ère façon :*

…….

…….

…….

…….

- *2ème façon :*

…….

…….

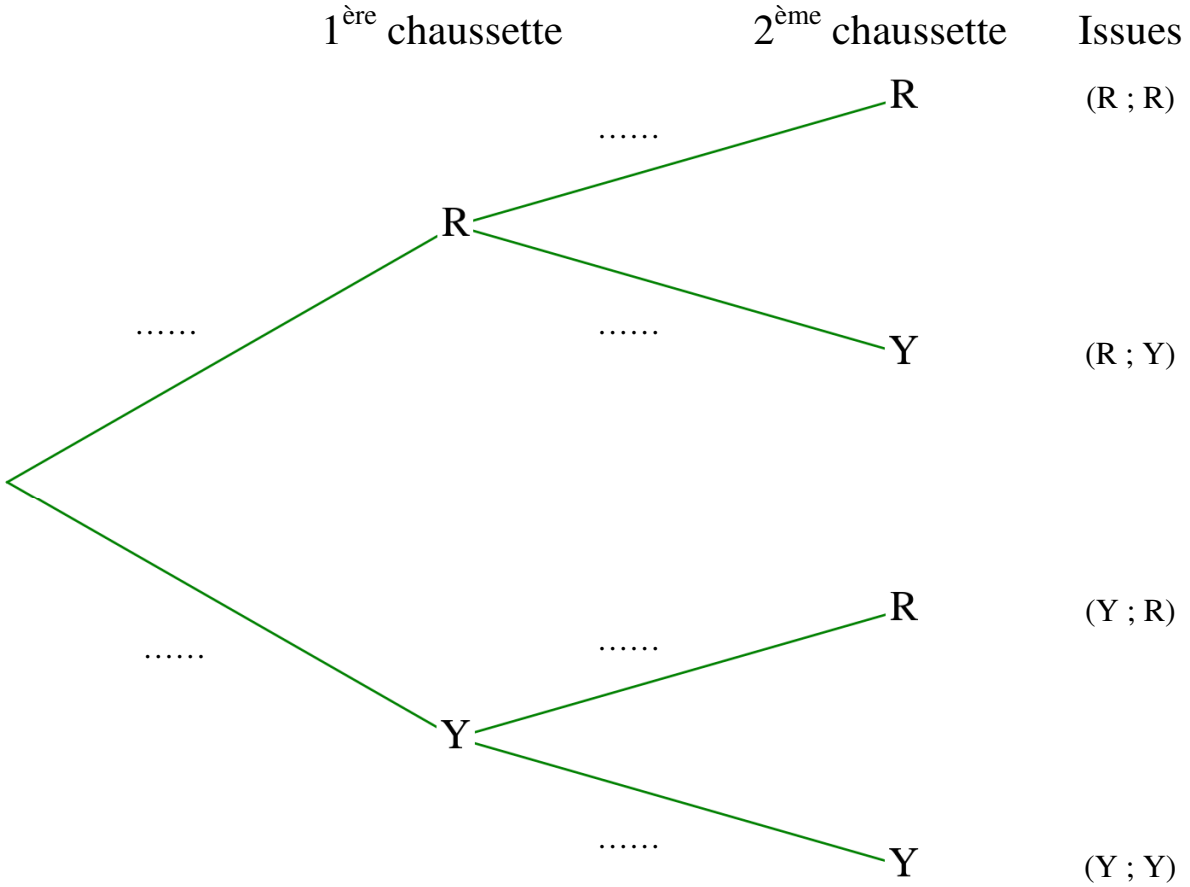
…….

…….

Conclusion : La probabilité que le temps soit humide mardi est égale à ……

Exercice 2

1)



2) *Calcul :* …….

……...

……...

……...

……...

……...

La probabilité que Théo obtienne deux chaussettes identiques est égale à ……