



Exercice 1 – Niveau terminale

Thème « Une histoire du vivant »

L'inférence bayésienne au service de la médecine

Sur 10 points

Dans le domaine médical, il est possible d'estimer la probabilité qu'une personne soit atteinte d'une maladie à partir d'un test fondé sur les symptômes de cette maladie (effets de la maladie). Cette estimation se fonde sur le principe de l'inférence bayésienne, qui permet de calculer la probabilité qu'un événement se produise à condition qu'un autre événement se soit réalisé.

Dans cet exercice, nous allons étudier la pertinence d'un test sanguin permettant de détecter la pathologie d'une embolie pulmonaire.

Document 1 – L'embolie pulmonaire, une pathologie cardio-vasculaire

L'embolie pulmonaire est l'obstruction partielle ou totale, en général, par un caillot de sang, d'une artère pulmonaire ou de l'une de ses branches. Le sang ne peut donc plus circuler. Elle provoque un essoufflement, l'augmentation du rythme cardiaque, des douleurs thoraciques, et dans les cas les plus graves, une chute de tension voire une mort subite.

Le diagnostic nécessite différents examens coûteux comme l'imagerie médicale des poumons, du thorax et un électrocardiogramme parfois difficile à interpréter.

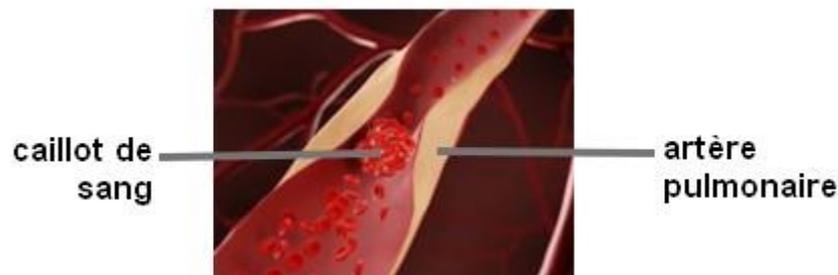


Figure 1 – Schéma d'une artère avec embolie pulmonaire

Source : <https://www.santemagazine.fr/sante/maladies/maladies-appareil-circulatoire/quest-ce-quun-trhombus-comment-prevenir-ce-caillot-sanguin-1041812>



- 2- Recopier sur la copie les termes proposés dans le tableau ci-dessous et les associer aux bonnes définitions.

Termes	Définitions à associer au bon terme
Vrais positifs (VP)	Malade avec test positif
Faux positifs (FP)	Malade avec test négatif
Faux négatifs (FN)	Non malade avec test positif
Vrais négatifs (VN)	Non malade avec test négatif

- 3- Indiquer les conséquences, pour le patient, que peuvent entraîner soit l'obtention d'un faux positif soit un faux négatif.
- 4- Reproduire et compléter le tableau de contingence suivant, qui représente simultanément les résultats au test et les diagnostics à partir des données fournies dans le document 2.

		Diagnostic		
		Malade	Non malade	Total
Test (valeur seuil de 500 ng.L ⁻¹)	Positif	Vrai positif (VP) =	Faux positifs (FP) =	2077
	Négatif	Faux négatifs (FN) =	Vrai négatifs (VN) =	821
Total				2898

- 5- Connaissant le nombre de tests positifs, calculer la probabilité d'obtenir un vrai positif notée $p(VP)$.
- 6- Rappeler le sens de cette probabilité et interpréter la valeur obtenue. En déduire si cette information est suffisante pour justifier l'emploi du test sanguin dans le cadre de la détection d'embolie pulmonaire.
- 7- La probabilité précédente est aussi appelée « valeur prédictive du test ». Expliquer en quoi cette probabilité se fonde sur le principe de l'inférence bayésienne.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

Partie 2 – Caractéristiques du test

Document 3 – Évaluation de l'efficacité du test

Afin d'évaluer l'efficacité d'un test, on peut s'appuyer sur deux autres variables :

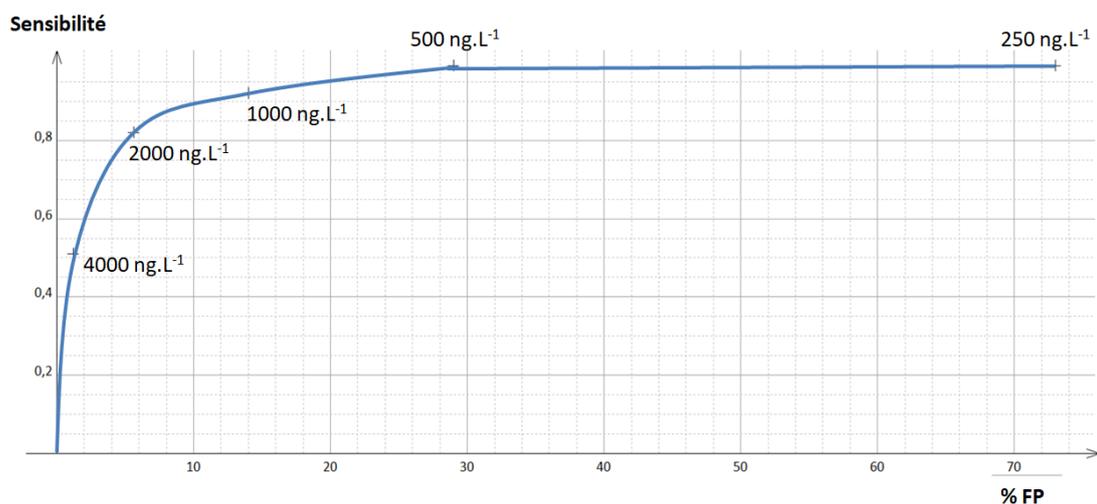
- La sensibilité notée S_e : il s'agit de connaître la probabilité que le test soit positif lorsqu'il est censé l'être pour les malades atteints de la pathologie.

$$\text{Sensibilité} = \frac{\text{nombre de VP}}{\text{nombre de VP} + \text{nombre de FN}}$$

- Le pourcentage de tests donnant un faux positif (%FP) parmi les personnes non-malades.

Document 4 – Courbe ROC du dosage sanguin

Dans un deuxième temps, les résultats sont analysés avec des valeurs seuil différentes. On construit alors la courbe « ROC » appelée également caractéristique de performance d'un test. Elle montre les progrès réalisés dans le traitement des résultats du test lorsque les valeurs seuil varient.





- 8-** Par une lecture graphique, déterminer la sensibilité et le pourcentage de tests faux positifs, noté %FP, pour la valeur seuil 500 ng.L⁻¹. Indiquer si le pourcentage de faux positifs est cohérent avec les indications portées dans le tableau de contingence en justifiant votre réponse.
- 9-** À partir du document 4, choisir puis recopier la proposition qui permet de choisir la valeur seuil la plus pertinente possible.
- Sensibilité faible et %FP faible.
 - Sensibilité forte et %FP faible.
 - Sensibilité faible et %FP forte.
 - Sensibilité forte et %FP forte.
- 10-** Discuter de la pertinence du test sanguin mis en œuvre au regard de la valeur seuil, de la taille de l'échantillon, du traitement des résultats et des pourcentages précédemment calculés.



Données :

Il existe différents types de métabolismes, notamment :

- la respiration : $O_2 + \text{Sucre} \rightarrow H_2O + CO_2$
- la photosynthèse : $CO_2 + H_2O \xrightarrow{\text{en présence de lumière}} \text{Sucre} + O_2$
- la fermentation alcoolique : $\text{Sucre} \rightarrow CO_2 + \text{Ethanol}$

Les équations des réactions ne sont pas ajustées, elles indiquent seulement la nature des réactifs et des produits. Les sucres, appelés aussi hydrates de carbone, sont composés de carbone (C), d'hydrogène (H) et d'oxygène (O).

- 1- À l'aide du document 1, donner, en justifiant, le nom du métabolisme utilisé par les cyanobactéries dans l'expérience entre 0 et 5 minutes, puis entre 5 et 10 minutes.
- 2- Les stromatolithes sont des constructions carbonatées d'origine biologique formées par des micro-organismes, semblables à des cyanobactéries. Les plus anciens ont été datés à environ 3,5 milliards d'années. À partir du document 1 et de vos connaissances, justifier d'une origine probable de la production de dioxygène à partir de 3,5 milliards d'années.

Document 2 – Les formations sédimentaires d'oxydes de fer

La grande majorité des minerais de fer du monde est constituée de ce qu'on appelle des fers rubanés (*Banded Iron Formation* ou BIF, en anglais). Ces BIF existent sous plusieurs formes, plus ou moins riches en fer, et contiennent un oxyde de fer composé de deux atomes de fer et de trois atomes d'oxygène.

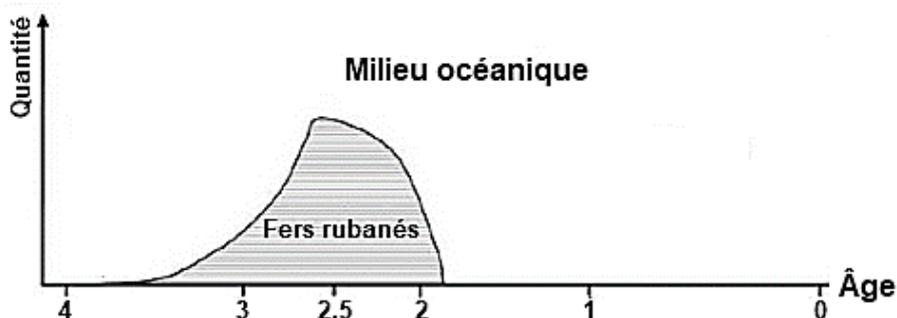
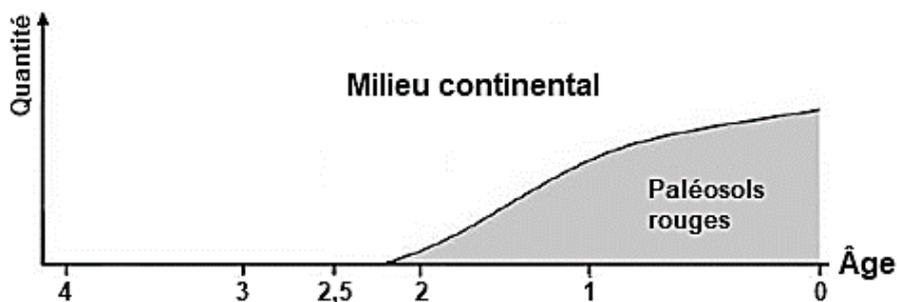
Le tableau ci-dessous présente différents oxydes de fer :

Oxyde de fer	Formule brute	Description	Équation chimique de formation de l'oxyde de fer, non ajustée
Wustite	FeO	Poudre grise	$Fe + O_2 \rightarrow FeO$
Hématite	Fe ₂ O ₃	Minéral de couleur rouille	$Fe + O_2 \rightarrow Fe_2O_3$
Magnétite	Fe ₃ O ₄	Minéral de couleur noire	$Fe + O_2 \rightarrow Fe_3O_4$



- 3- Nommer l'oxyde de fer majoritaire présent dans les BIF et ajuster l'équation chimique modélisant sa formation après l'avoir recopiée sur la copie.

Document 3 – Évolution de la formation des paléosols rouges et des fers rubanés au cours du temps



Source : d'après C. Klein, Nature, 1997

L'axe des abscisses correspond à l'âge des roches en milliard d'années avant le présent. L'axe des ordonnées correspond à la quantité relative des roches formées.

Les paléosols, ou sols fossiles, se sont formés par altération de roches continentales au contact de l'atmosphère. La couleur rouge de certains de ces sols provient de la forte teneur en hématite. Les fers rubanés sont toujours des formations sédimentaires marines.

Le volcanisme continental et marin relâchent une quantité importante de fer sous forme d'ions Fe^{2+} oxydés en Fe^{3+} par le dioxygène.

- 4- À l'aide du document 3, proposer une chronologie d'évènements ayant conduit à la mise en place d'une atmosphère riche en dioxygène.



La Terre s'est formée il y a plus de 4 milliards d'années par accrétion de chondrites. Très rapidement, elle a subi un processus de différenciation au cours de laquelle les éléments volatiles se seraient vaporisés, séparés de la roche et accumulés en surface, formant une atmosphère primitive par dégazage. Ainsi, l'analyse de la composition chimique des chondrites a permis d'estimer la composition chimique de cette atmosphère primitive.

- 5- À l'aide de vos connaissances et des documents 4 et 5 suivants, argumenter sur la nécessité, pour les scientifiques, d'employer différentes méthodes pour reconstituer la longue histoire de la composition de l'atmosphère terrestre.

Document 4 – Comparaison de la composition chimique de la Terre des chondrites (météorites à l'origine de la Terre)

Éléments	Composition chimique moyenne des chondrites	Composition chimique moyenne de la Terre globale
O	31%	32.4%
Fe	27.4%	28.2%
Si	18.5%	17.2%
Mg	14%	15.9%
Ca	3.5%	1.6%
Al	2%	1.5%
Na	0.6%	1.25%
K	0.4%	0.02%
Autres éléments	2.6%	2.9%

Source : <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/meteorites-origine-systeme-solaire.xml>

