

Devoir Surveillé 1

L'emploi des calculatrices personnelles est interdit.

Instructions générales

Les candidats sont invités à porter une attention particulière à la rédaction. La présentation, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies. En particulier, les résultats non encadrés et non justifiés ne seront pas pris en compte.

Toute application numérique ne comportant pas d'unité ne donnera pas lieu à attribution de points.
Le candidat prendra soin de bien numéroter les questions et d'y répondre dans l'ordre sur sa copie.

Si au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

Toutes les données et aides aux applications numériques se trouvent en fin de sujet.

ATTENTION :

- La rédaction doit être faite à l'encre noire ou bleue. Les couleurs doivent être réservées à l'encadrement des résultats et/ou les schémas.
- Les encres vertes et violettes sont interdites.
- Sont interdits également : les stylos plumes, les correcteurs type « Typex » ou « blanco », les stylos à friction.

1 Quelques aspects de l'atmosphère

1.1 L'atmosphère : une cavité électromagnétique naturelle

Le comportement électromagnétique de l'atmosphère peut être modélisé par le circuit RLC série représenté sur la

Figure 1. On définit les quantités suivantes : la pulsation propre $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ et le facteur de qualité $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$.

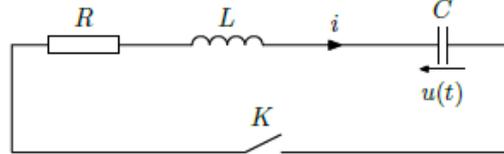


Figure 1 : Circuit RLC série

L'interrupteur K est fermé à un instant $t = 0$ choisi comme l'origine des temps. Le condensateur est initialement chargé : $u(t = 0) = u_0$.

1) Etablir l'équation différentielle vérifiée par $u(t)$ pour $t \geq 0$. On y fera apparaître ω_0 et Q . Préciser les différents régimes d'évolution possibles selon les valeurs de Q . On suppose $Q \geq \frac{1}{2}$ dans la suite.

2) Etablir l'expression de $u(t)$ pour $t \geq 0$, compte tenu des conditions initiales que vous explicitez et justifierez.

3) Définir la pseudo-pulsation ω des oscillations libres en fonction de ω_0 et Q . Définir aussi le temps caractéristique d'amortissement des oscillations libres en fonction de ω_0 et Q .

4) On souhaite visualiser la tension $u(t)$ sur l'écran d'un oscilloscope dont l'entrée est modélisée par l'association en parallèle d'une résistance $R_0 = 1,0M\Omega$ et d'une capacité $C_0 = 11pF$. Montrer que si l'on tient compte de l'oscilloscope, l'équation différentielle vérifiée par $u(t)$ devient :

$$L(C + C_0) \frac{d^2 u}{dt^2} + \left(\frac{L}{R_0} + RC + RC_0 \right) \frac{du}{dt} + \left(1 + \frac{R}{R_0} \right) u = 0$$

5) Quelles relations qualitatives doivent vérifier R , L , C , R_0 et C_0 pour que la mise en place de l'oscilloscope ait une influence négligeable sur les oscillations étudiées ? Vérifier qu'avec les valeurs usuelles de R , L et C utilisées en travaux pratiques ces relations sont vérifiées.

6) On réalise un montage expérimental où le circuit RLC est excité par un générateur BF. Comment faut-il choisir le signal délivré par le générateur pour observer les oscillations libres du circuit ? La tension aux bornes du condensateur est enregistrée grâce à un logiciel d'acquisition. Le signal obtenu est représenté sur la Figure 2. Exprimer le facteur de qualité Q du circuit.

Ce dernier caractérise l'amortissement des ondes électromagnétiques dans l'atmosphère.



Figure 2 : Oscillations libres du circuit RLC

1.2 Aspect thermodynamique

La densité de l'air atmosphérique décroît fortement avec l'altitude, ce qui fait que l'essentiel de la masse de l'atmosphère est concentrée dans la troposphère. Dans les questions suivantes, nous étudierons uniquement cette région qui s'étend jusqu'à une dizaine de kilomètres d'altitude. Le champ de pesanteur terrestre y est supposé uniforme : $\vec{g} = -g\vec{u}_z$ où le vecteur unitaire est orienté selon la verticale ascendante. L'altitude $z = 0$ correspond à la surface des mers et océans. L'étude est menée dans le référentiel terrestre, supposé galiléen.

L'air et la vapeur d'eau sont assimilés à des gaz parfaits.

1.2.1 Equilibre isotherme de l'atmosphère

On s'intéresse à l'équilibre hydrostatique de l'air dans l'atmosphère terrestre. Les valeurs de référence pour la température et la pression seront prises en $z = 0$ à P_0 et T_0 . On note μ la masse volumique de l'air.

7) En considérant les deux principaux constituants de l'air, justifier la valeur de M_a .

8) Montrer que l'équation d'état des gaz parfaits s'écrit $P = \mu R_a T$, où P et T sont la pression et la température absolue du gaz et R_a est une constante qui dépend du gaz. Calculer cette constante en unités SI.

9) Écrire l'équilibre d'un volume infinitésimal d'atmosphère situé entre les altitudes z et $z + dz$. En déduire la relation de statique des fluides : $\frac{dP}{dz} = -\mu g$.

10) Le modèle le plus simple d'atmosphère (atmosphère isotherme) consiste à supposer que la température est constante et égale à T_0 . En déduire $P(z)$. Définir une longueur caractéristique des variations de la pression et la calculer à 300 K. Donner aussi l'expression de $\mu(z)$.

1.2.2 Mesure de la pression atmosphérique

Le saviez-vous ?

Torricelli, en 1643-1644, a retourné dans une cuvette de mercure des tubes de diamètres différents remplis du même liquide pour constater que le niveau de mercure obtenu était toujours le même quel que soit le diamètre des tubes : 760 millimètres.

En 1648, Pascal a démontré, en faisant gravir au tube de Torricelli le Puy de Dôme, que la pression diminue avec l'altitude et que le bout du tube est rempli de... vide !

Mesurer la pression en météorologie

L'instrument de mesure de la pression atmosphérique est le baromètre. Les météorologistes appliquent des normes définies par l'Organisation météorologique mondiale pour pouvoir comparer les mesures de pression entre elles. Elles sont ainsi ramenées au niveau de la mer et les baromètres sont calés pour indiquer la pression au niveau de la mer.

Il existe plusieurs types de baromètres :

- Le baromètre à mercure – de plus en plus rare du fait de la législation sur le mercure – indique la pression exacte du lieu. Il faut corriger cette pression de l'altitude pour obtenir la pression au niveau de la mer.
- Le baromètre anéroïde contient une ou plusieurs capsules à vide (capsule de Vidie) qui s'écrase plus ou moins en fonction de la pression. Cette variation est amplifiée par un mécanisme déplaçant une aiguille sur un cadran.
- Les baromètres utilisés par Météo-France sont des baromètres numériques compensés en température. En effet, le capteur étant sujet à dilatation en fonction de la température, la mesure de pression est corrigée grâce à un capteur de température.

En météorologie, on mesure aussi la variation de la pression avec l'altitude avec un capteur placé sous un ballon : c'est le radiosondage. C'est la connaissance fine des variations horizontales et verticales de la pression atmosphérique qui permet de déterminer les mouvements de l'atmosphère.



Baromètre anéroïde



Ballon-sonde

Variation horizontale de la pression atmosphérique

Au niveau de la mer, la pression moyenne est de 1 013,25 hPa.

En France métropolitaine, entre 1951 et 2012, on a relevé 951,8 hPa le 25 février 1989 à la Pointe de La Hague (Manche) et 1048,9 hPa à la pointe de Chemoulin (Loire-Atlantique) le 3 mars 1990.

Document 1. Extraits (<http://www.meteofrance.fr/>)

11) Expliquer l'expérience menée par Torricelli. On en donnera un schéma et on s'appuiera sur un calcul pour retrouver la valeur de 760 mm donnée dans le Document 1. Pourquoi le diamètre du tube ne change-t-il pas la hauteur de mercure ?

12) Commenter l'extrait suivant du document 1 : « le bout du tube est rempli de... vide ! ».

13) Déterminer la valeur de la pression au sommet du Puy de Dôme d'altitude $z_p = 1465m$. Quelle serait alors la hauteur de la colonne de mercure ?

1.2.3 Mesures dans la troposphère

Le ballon-sonde est le moyen le plus simple et le plus économique d'envoyer une charge dans les différentes couches de l'atmosphère. Les ballons météorologiques, embarquant du matériel scientifique de mesure, explorent par exemple toute la troposphère et la basse stratosphère.

Le ballon-sonde communique avec la station météo grâce à une radiosonde qui émet un signal électromagnétique de haute fréquence (onde UHF) de valeur $f = 100MHz$. Le signal reçu par un cadre récepteur est amplifié puis envoyé via un câble coaxial vers un dispositif qui effectue son analyse. On étudie ici le circuit amplificateur.

Le signal obtenu aux bornes du cadre récepteur puis amplifié est envoyé sur un circuit (voir Figure 3).

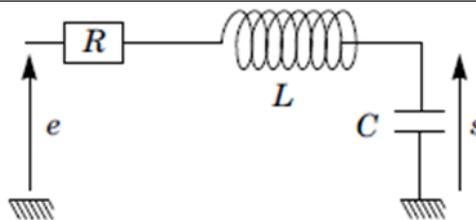


Figure 3. Circuit RLC

14) Donner l'expression de la fonction de transfert $\underline{H}(j\omega) = \frac{s}{e}$ de ce montage en fonction de ω_0 et Q ou m . On

notera : $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$; $2m = R\sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{1}{Q}$

Que représentent ces grandeurs ? Quelle est la nature de ce montage ?

On ajuste les valeurs de R , L et C afin que la fréquence f du signal d'entrée soit égale à : $f = f_0$. On considère cette condition réalisée dans la suite de cette partie.

15) Quel est l'influence de Q dans un filtre du second ordre ? Quel est l'intérêt de réaliser la condition précédente ?

16) La valeur de l'inductance est $L = 0,10\mu H$, calculer la valeur de C permettant d'obtenir la condition précédente.

17) Exprimer le gain en décibel du montage en fonction des valeurs de R , L et C puis en fonction de Q . Donner la valeur de R permettant d'obtenir un gain de 20 dB.

18) Tracer le diagramme de Bode du filtre précédent. Pourquoi dit-on de ce circuit qu'il est amplificateur ?

1.2.4 Evolution de la température avec l'altitude

Le ballon-sonde va mesurer l'évolution de la température avec l'altitude.

On étudie l'ascension d'une particule d'air depuis la surface de la Terre à la pression P_0 et à la température T_0 , jusqu'à une altitude z à la pression $P(z)$. Cette ascension peut être assimilée à une détente isotherme.

19) Que peut-on dire de la variation d'énergie interne au cours de la détente ?

20) Énoncer le premier et le deuxième principe de la thermodynamique pour une transformation infinitésimale en précisant chacun des termes entrant dans leur composition.

21) Énoncer et démontrer la première identité thermodynamique. Comment varie l'entropie de la parcelle au cours de la détente ?

22) D'après la Figure 4, le modèle simplifié de la troposphère isotherme vous paraît-il justifié ? Dans le cas contraire, quel autre modèle relatif à la température pourrait-on employer ? Justifier.

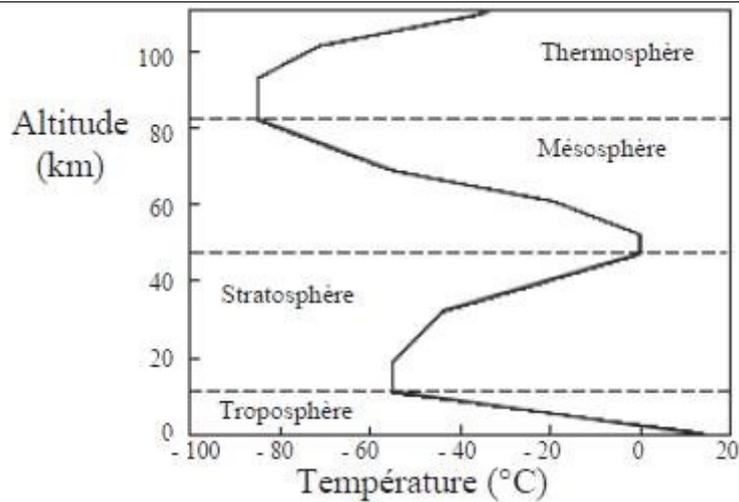


Figure 4 : Profil de température de l'atmosphère terrestre

On suppose maintenant que l'ascension de la particule d'air depuis la surface de la Terre à la pression P_0 et à la température T_0 , jusqu'à une altitude z à la pression $P(z)$, peut être assimilée à une détente adiabatique et mécaniquement réversible.

23) Montrer qu'une transformation adiabatique réversible est aussi isentropique.

24) Énoncer et démontrer la loi de Laplace en fonction de la température T , de la pression P et de γ tout en précisant ses hypothèses d'application. En déduire la relation suivante : $\frac{dP}{P} = \frac{\gamma}{\gamma-1} \frac{dT}{T}$

25) En combinant les équations obtenues précédemment, montrer qu'on obtient l'équation différentielle suivante : $\frac{dT}{dz} = -\alpha$ avec $\alpha = \frac{\gamma-1}{\gamma} \frac{M_{air}g}{R}$. On donne : $\alpha = 9.10^{-3} m^{-1}.K^{-1}$

26) On appelle T_0 la température de l'air à l'altitude $z = 0m$. Exprimer $T(z)$ en fonction de T_0 , α et z .

27) Montrer alors que l'on peut écrire $P(z) = P_0 \left(1 - \frac{\alpha}{T_0} z\right)^\beta$ où l'on donnera l'expression de β en fonction de H , T_0 et α . Calculer β .

28) Résolution de problème : cette question nécessite plus de temps, le barème en tiendra compte.

On suppose que l'épaisseur de la troposphère est constante, $z_{tr} = 12km$ et que la terre est une boule de rayon $R_t = 6400km$. Donner une estimation numérique de la masse m_{tr} de la troposphère.

2 Maintien d'une atmosphère terrestre propice à la vie

2.1 La survie des espèces calcaires dans l'océan

La présence d'eau liquide et d'une atmosphère, permettant le processus de la photosynthèse, sont nécessaires à la vie.

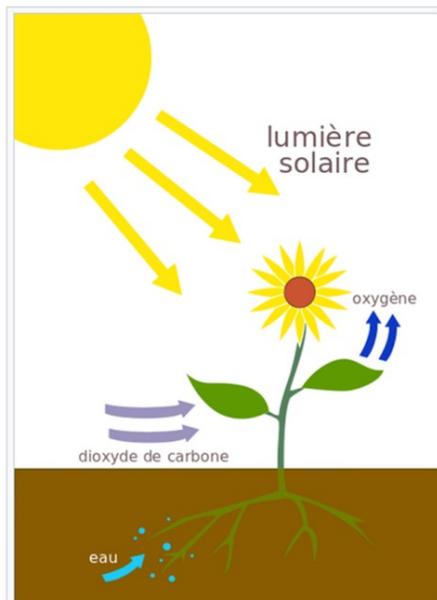
Planètes	Distance au Soleil	Température moyenne en surface	Pression atmosphérique	Composition de leur atmosphère
Mercury	0,30 à 0,47 UA	- 170 °C à 430 °C	$\sim 10^{-9}$ Pa	Quasiment sans atmosphère
Vénus	0,72 UA	470 °C	$9,3 \cdot 10^6$ Pa	Principalement du dioxyde de carbone
Terre	1 UA	- 93,2 °C à 56,7 °C	$1,013 \cdot 10^5$ Pa	~ 80 % de diazote ~ 20 % de dioxygène
Mars	1,4 à 1,7 UA	- 100 °C à 0 °C	600 Pa	Peu épaisse. Principalement du dioxyde de carbone

1 UA = $1,5 \cdot 10^{11}$ m : distance Terre-Soleil

D'après : <http://www.svti.net/UniversEquilibre.html>
http://media.eduscol.education.fr/file/EEDD/64/5/EauRessourceVitale_fiches_141645.pdf
[wikipedia](http://fr.wikipedia.org/wiki/Univers)

Enquête sur l'univers, Audouze et Chièze, Nathan, mai 1990

Document 2. Quelques caractéristiques des planètes du système solaire



La photosynthèse végétale consiste à réduire le dioxyde de carbone de l'atmosphère par l'eau absorbée par les racines à l'aide de l'énergie solaire captée par les feuilles avec libération d'oxygène afin de produire des glucides.



Document 3. Processus de la photosynthèse

Les rejets de dioxyde de carbone liés à l'activité humaine ont des conséquences sur le réchauffement climatique, mais entraînent aussi une acidification des eaux qui pourrait avoir de lourds impacts sur la survie des organismes marins calcaires.

29) En vous appuyant sur les documents 2 et 3, comment est limitée la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère terrestre ?

30) Un second processus de limitation de la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère consiste en la dissolution du dioxyde de carbone dans l'eau de mer. Cependant, le processus ne se fait pas de manière homogène dans les différents bassins du monde car cette réaction de dissolution est exothermique, c'est à dire que la réaction de dissolution libère de la chaleur vers l'extérieur.

Justifier, grâce à cette analyse qualitative, que l'augmentation de la teneur en dioxyde de carbone dans l'atmosphère terrestre conduit inévitablement à une accentuation du réchauffement de la planète.

31) D'après la loi de modération (vu en TS12), la constante d'équilibre de la réaction de dissolution du dioxyde de carbone dans l'eau diminue avec la température. La réaction de dissolution du dioxyde de carbone est-elle favorisée dans des bassins à températures faibles ou élevées ? Justifier.

32) En déduire une explication pour la courbe tendance ci-dessous (Figure 5).

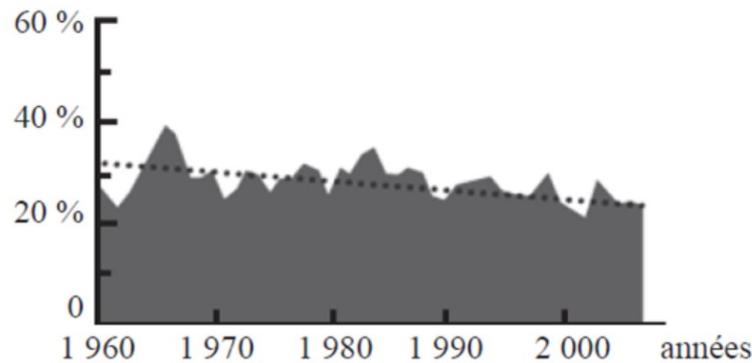


Figure 5. Rapport du CO₂ absorbé par les océans au CO₂ dégagé par les activités humaines vers l'atmosphère. La courbe en pointillés est la courbe de tendance.

33) Quelle est la planète du système solaire qui nous montre que cet effet peut avoir des conséquences catastrophiques ?

34) Actuellement, l'eau de mer a un pH compris entre 8,1 et 8,3 mais les scientifiques s'attendent à une diminution du pH de 0,3 dans cent ans. Dans l'eau, le CO₂ dissous se présente sous la forme d'un diacide, noté dans ce problème (CO₂; H₂O)_{aq} (noté dans d'autres problèmes H₂CO₃ ou CO_{2(aq)}, c'est la même espèce chimique).

Comment appelle-t-on une espèce chimique comme HCO_{3(aq)}⁻ ?

35) Tracer le diagramme de prédominance du diacide.

36) Sous quelle forme prédomine le CO₂ dissous dans l'océan ?

Ecrire la demi-équation acido-basique de CO_{2(g)} avec l'eau conduisant à la formation de cette espèce prédominante. Justifier alors que la dissolution du dioxyde de carbone dans l'océan conduit à une diminution du pH.

37) La réaction de dissolution du carbonate de calcium (calcaire) CaCO_{3(s)} dans l'eau de produit de solubilité *K_s* est : CaCO_{3(s)} = Ca_(aq)²⁺ + CO_{3(aq)}²⁻.

Exprimer le produit de solubilité *K_s* du carbonate de calcium en fonction de la concentration en Ca_(aq)²⁺ et CO_{3(aq)}²⁻.

On appelle *s* la solubilité molaire du carbonate de calcium dans l'eau.

38) Quelle est l'expression de *s* en fonction de [Ca_(aq)²⁺] ?

39) L'expression de *s* est aussi donnée par : $s = [(CO_2; H_2O)_{aq}] + [HCO_{3(aq)}^-] + [CO_{3(aq)}^{2-}]$. Expliquer.

40) Exprimer [HCO_{3(aq)}⁻] en fonction de [H₃O⁺], [CO_{3(aq)}²⁻] et *K_{a2}*.

41) Exprimer [(CO₂; H₂O)_{aq}] en fonction de [H₃O⁺], [CO_{3(aq)}²⁻], *K_{a1}* et *K_{a2}*.

42) En déduire l'expression de *s* :

$$s = [CO_{3(aq)}^{2-}] \left(\frac{[H_3O^+]^2}{K_{a1}K_{a2}} + \frac{[H_3O^+]}{K_{a2}} + 1 \right)$$

43) En déduire l'expression de *s*² :

$$s^2 = K_s \left(\frac{[H_3O^+]^2}{K_{a1}K_{a2}} + \frac{[H_3O^+]}{K_{a2}} + 1 \right)$$

puis expliquer qualitativement pourquoi la solubilité *s* du calcaire diminue lorsque le pH augmente.

44) On note *pS* = -log(*s*). On donne le graphe (Figure 6) représentant *pS* en fonction du *pH* pour la solubilité du carbonate de calcium. Vérifier le comportement de *pS* en fonction du *pH*. Déduire de ce graphe l'effet d'une augmentation de la concentration en dioxyde de carbone sur les organismes calcaires de l'océan.

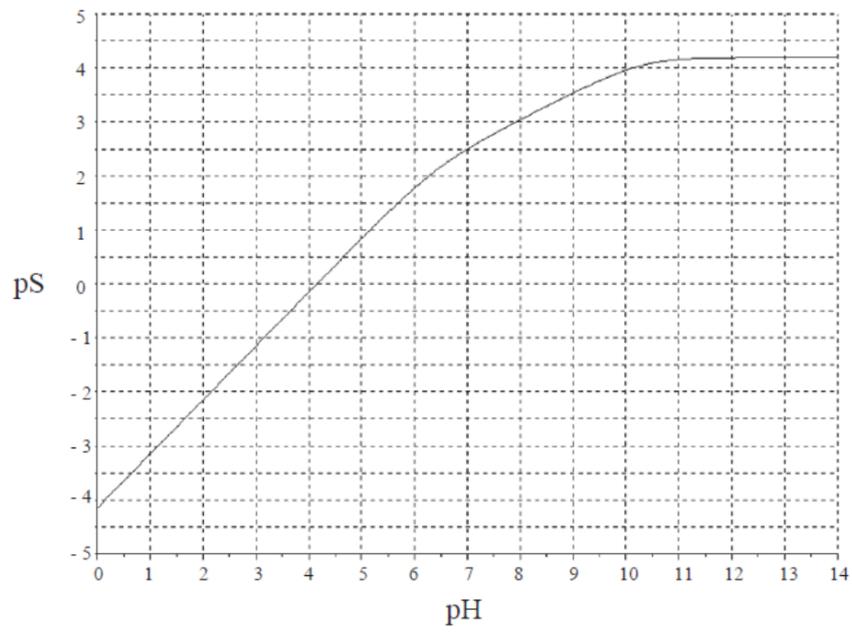


Figure 6. pS en fonction du pH

2.2 Dosage d'une solution d'eau de mer

Dans cette partie, on se propose de vérifier la teneur en base faible HCO_3^- dans l'eau de mer. Pour simplifier, on modélise l'eau de mer par une solution (Na^+, HCO_3^-) de concentration inconnue C_1 . On dose un volume V_1 d'eau de mer par de l'acide chlorhydrique (H_3O^+, Cl^-) à la concentration $C_2 = 0,100 mol.L^{-1}$. On verse 10 mL d'eau de mer dans un erlenmeyer, on rajoute 100 mL d'eau distillée et on dose ce mélange par l'acide chlorhydrique (H_3O^+, Cl^-). Le dosage est suivi par phmétrerie et conductimétrie. L'ion oxonium H_3O^+ est un acide fort.

45) Sur le même diagramme qu'en question 35, indiquer le diagramme de prédominance de l'acide fort H_3O^+ . Quelle est la base conjuguée de cet acide ?

46) Entourer les espèces ajoutées dans le mélange et identifier la réaction chimique mise en jeu. La réaction est-elle favorable ? Totale ? Justifier

47) Calculer la constante d'équilibre de la réaction chimique, conclure.

2.2.1 Suivi conductimétrique

48) Le dosage est suivi par conductimétrie, qu'est-ce qu'un conductimètre ? Que mesure un conductimètre ? Faire un schéma du montage

49) La conductivité de la solution est donnée en annexe 5, en fonction du volume V_2 d'acide versé. Sur cette courbe on a aussi tracé les concentrations en HCO_3^- et $(CO_2; H_2O)$ au cours du dosage. Identifier les 3 courbes tracées de l'annexe 5 : conductivité σ , $[HCO_3^-]$ et $[(CO_2; H_2O)]$.

50) Identifier le volume équivalent en expliquant la méthode suivie.

51) En déduire la concentration en HCO_3^- de la solution d'eau de mer.

52) Effectuer un bilan des ions apparaissant et disparaissant avant l'équivalence et justifier la pente de la droite observée qualitativement.

On donne dans le tableau ci-dessous des conductivités molaires équivalentes à dilution infinie à 25°C :

ion	Na^+	Ag^+	K^+	Ca^{2+}	H_3O^+	Cl^-	NO_3^-	I^-	OH^-	HCO_3^-
λ_i^0 (mS.m ² .mol ⁻¹)	5,0	6,2	7,3	6	35,0	7,6	7,1	7,7	19,9	4,5

53) En réalisant un tableau d'avancement des ions avant l'équivalence et après l'équivalence, justifier les pentes des droites observées quantitativement Pourquoi a-t-on rajouté 100 mL d'eau ?

2.2.2 Suivi pHmétrique

54) On souhaite conforter les résultats obtenus par conductimétrie avec un suivi par pHmétrerie. La courbe de dosage obtenue est donnée en annexe 6. Sur cette courbe on a aussi tracé les concentrations en HCO_3^- et $(CO_2; H_2O)$ au cours du dosage. Qu'est-ce qu'un pHmètre ? Que mesure un pHmètre ?

55) Identifier chacune des 3 courbes sur l'annexe 6 : pH , $[HCO_3^-]$ et $[(CO_2; H_2O)]$.

56) Identifier le volume équivalent en expliquant et nommant la méthode suivie. Que pensez-vous du saut de pH ? Quelle est la méthode la plus précise à votre avis entre conductimétrie et phmétrerie pour ce dosage ?

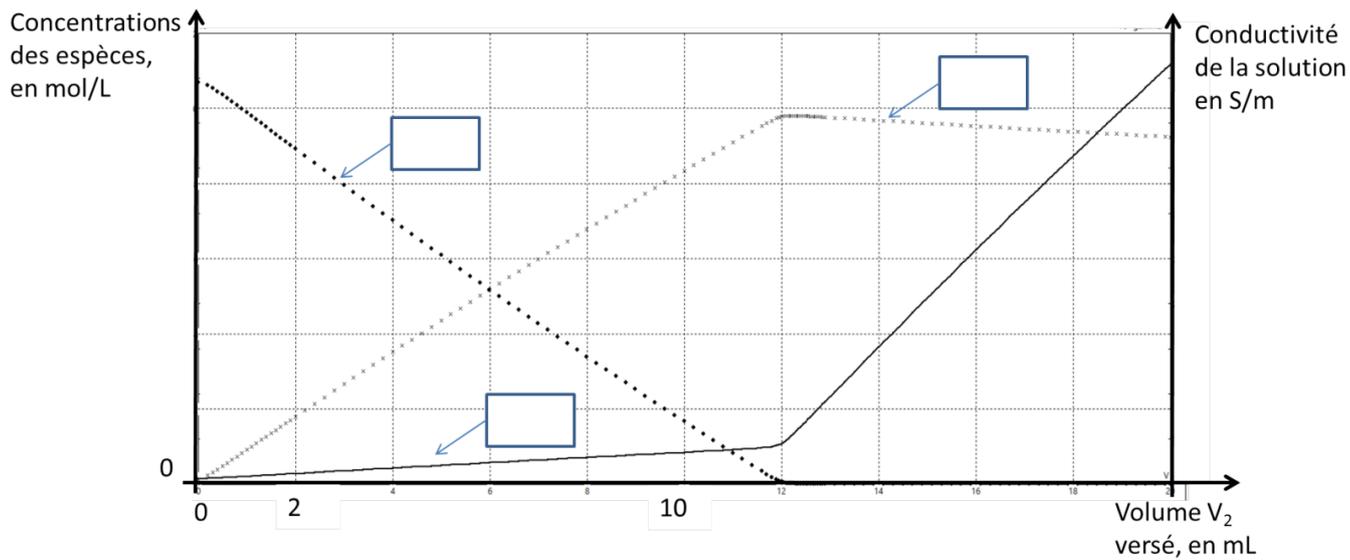
57) Retrouver graphiquement, et en le justifiant, la valeur du pKa du couple $((CO_2; H_2O)_{aq}/HCO_3^-)$.

Indiquer précisément sur l'annexe où vous lisez la valeur du pKa .

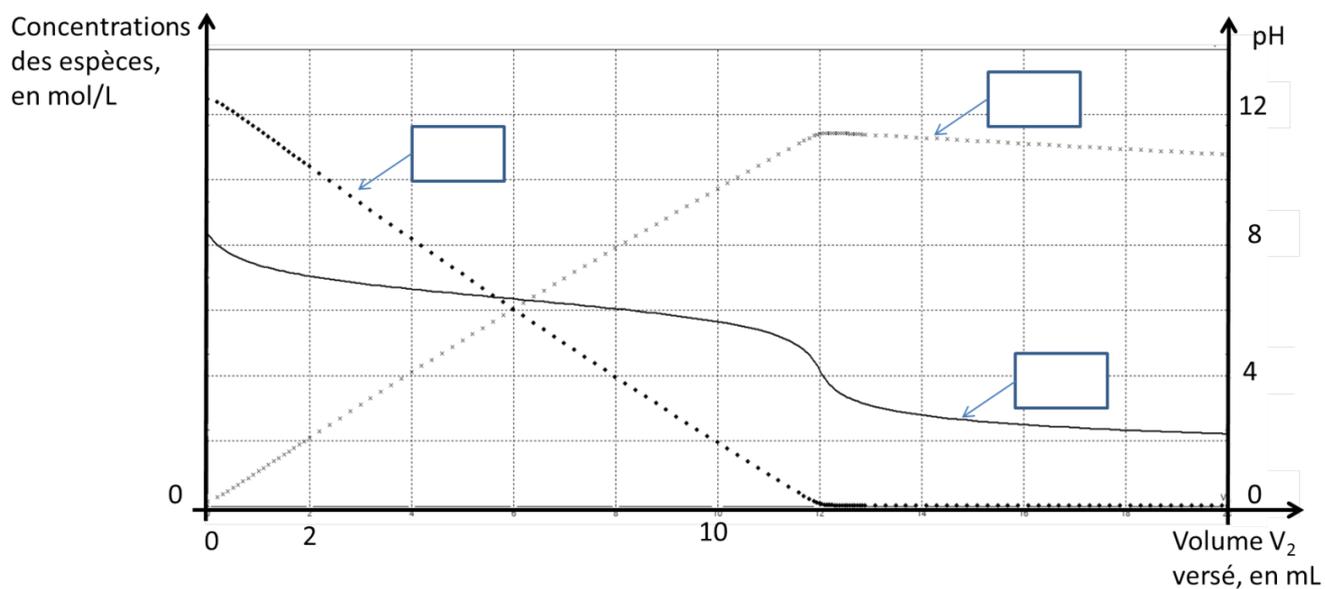
58) Si on souhaite également suivre le dosage par colorimétrie, lequel des indicateurs colorés présentés ci-dessous vous semble le plus adapté ? Justifier. De quelle couleur sera la solution au début du dosage ? Et à la fin ?

Nom	Teinte acide (de HIn)	Zone de virage	Teinte basique (de In ⁻)
hélianthine	rouge	3,1-4,4	jaune
rouge de méthyle	rouge	4,2-6,2	jaune
bleu de bromothymol (BBT)	jaune	6,0-7,6	bleu
phénolphaléine	incoloré	8,2-10,0	rose-violet

Annexe 5 : Document réponse : dosage d'une solution d'eau de mer par conductimétrie.



Annexe 6 : Document réponse : dosage d'une solution d'eau de mer par pHmétrie.



Données :

- Accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- Constante des gaz parfait : $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Masse molaire du diazote : $M_{N_2} = 28,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Masse molaire du dioxygène : $M_{O_2} = 32,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Masse molaire de l'air : $M_a = 28,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Pression de l'air à $z = 0$: $P_0 = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$
- Température de l'air à $z = 0$: $T_0 = 300 \text{ K}$
- Masse volumique du mercure dans les conditions standard : $\mu_{Hg} = 1,35 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- $pK_{a1}((CO_2; H_2O)_{aq}/HCO_3^-(aq)) = 6,4$
- $pK_{a2}(HCO_3^-(aq)/CO_3^{2-}(aq)) = 10,3$
- $pK_e = 14$, produit ionique de l'eau

Aides au calcul :

$\frac{1,013}{1,35 \times 9,81} = 0,076$	$\frac{8,31 \times 3,00}{2,88 \times 9,81} = 0,882$	$\frac{2,88 \times 9,81}{3,00 \times 8,31} = 1,13$	$1,013e^{-\frac{1,465}{8,82}} = 0,85$
$1,013e^{-\frac{1,465}{1,13}} = 0,28$	$\frac{0,85}{1,35 \times 9,81} = 0,064$	$\frac{1}{0,1 \times 4 \times \pi^2} = 0,25$	$0,1 \sqrt{\frac{0,1}{0,25}} = 0,063$
$\frac{3}{8,82 \times 9} = 0,03$	$\frac{8,31}{28,8} = 0,289$	$8,31 \times 28,8 = 239$	