



Ce document a été mis en ligne par l'organisme [FormaV®](#)

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :

www.formav.co/explorer

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

TRAVAUX PUBLICS

E3. MATHÉMATIQUES ET SCIENCES PHYSIQUES

U32 - SCIENCES PHYSIQUES

SESSION 2015

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

Matériel autorisé :

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique sous réserve que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999).
- Tout autre matériel est interdit.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 10 pages, numérotées de 1/10 à 10/10.

BTS TRAVAUX PUBLICS		Session 2015
U32 SCIENCES PHYSIQUES	Code : 15TVE3SC1	Page : 1/10

PLATEFORME PÉTROLIÈRE SUR SITE D'EXPLOITATION

Une plateforme pétrolière est généralement composée d'une partie utile en surface (appelée *topside*) constituée de modules préfabriqués, et d'une structure porteuse constituée de colonnes en béton qui sont exposées à des conditions climatiques extrêmes.

Ces structures nécessitent de grandes quantités de matériaux qui sont, durant l'exploitation de la plateforme, étroitement surveillés et qui nécessitent un recyclage important dans le cadre des chartes européennes sur l'environnement.



Source image : wikipédia

Le problème est composé de trois parties indépendantes :

Partie A : hauteur de la plateforme sur le site d'exploitation (6 points).

Partie B : système de surveillance de l'ouvrage béton (7 points).

Partie C : recyclage des matériaux de l'ouvrage (7 points).

Partie A – Hauteur de la plateforme sur le site d'exploitation (6 points)

Une fois construite sur le site définitif, la plateforme a une hauteur totale H . Le fond se situe à une profondeur H_e (figure 1). Le point le plus élevé de la partie émergée où se situent les lieux d'habitations se trouve à une hauteur $H_a = 110$ m par rapport à la surface de l'eau.

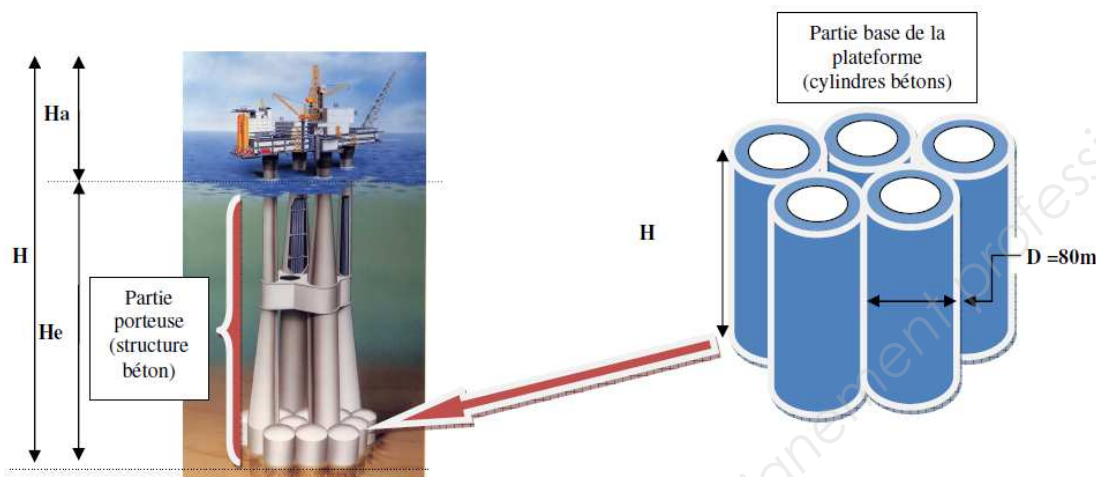


Figure 1

Il est possible d'estimer la valeur de la profondeur H_e en utilisant le principe fondamental de l'hydrostatique.

Données

Densité de l'éthanol $d_{\text{éthanol}} = 0,789$

Densité de l'eau pure $d_{\text{eau}} = 1,000$

Accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$

Pression atmosphérique $P_0 = 1,013.10^5 \text{ Pa}$

Principe fondamental de l'hydrostatique :

Entre deux points A et B d'un liquide homogène, incompressible au repos les pressions P_A et P_B sont reliées par la relation $P_B = P_A + \rho gh$, où ρ est la masse volumique du milieu, h la différence d'altitude entre les deux points et g l'intensité de la pesanteur.

Caractéristiques de l'eau de mer du site d'exploitation :

masse volumique	salinité	température
$\rho_{\text{em}} = 1030 \text{ kg.m}^{-3}$	$S = 35,0 \text{ g.kg}^{-1}$	$\Theta = 10,0^\circ\text{C}$

Relation entre le niveau sonore et l'intensité acoustique : $N(\text{dB}) = 10 \log(I/I_0)$ avec I_0 intensité acoustique de référence ou seuil d'audibilité ($I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$).

On se propose de modéliser, en milieu liquide homogène incompressible, la relation mathématique entre la pression P en un point du milieu et sa profondeur h . Pour se faire, on exploite un montage expérimental avec de l'éthanol puis avec de l'eau pure. On obtient les résultats expérimentaux suivants :

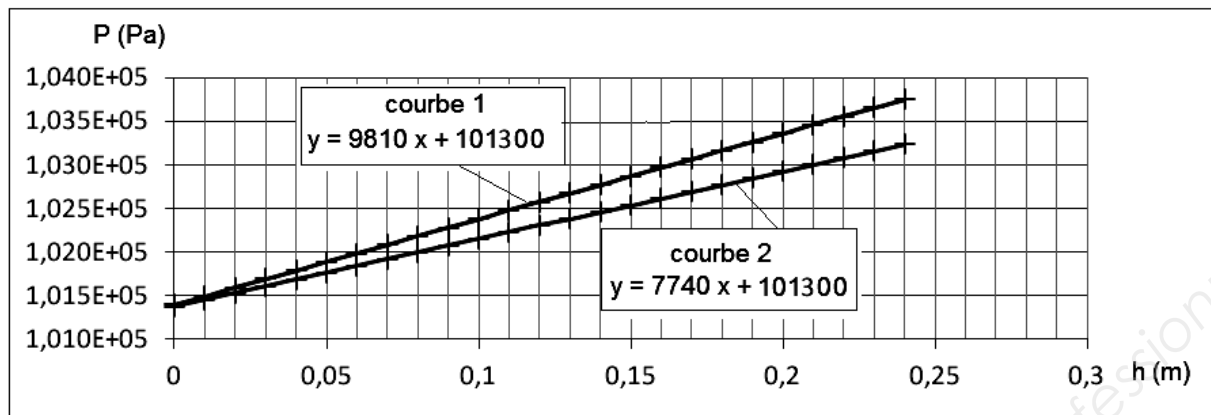


Figure 2

Q1. Proposer un protocole expérimental permettant d'accéder aux résultats expérimentaux précédents. On précisera la liste du matériel nécessaire et on réalisera un schéma légendé du montage envisagé.

Q2. Expliquer pourquoi les deux courbes obtenues permettent de vérifier le principe fondamental de l'hydrostatique.

Q3. Identifier, parmi l'eau et l'éthanol, les liquides utilisés pour obtenir les mesures conduisant respectivement à la courbe 1 et à la courbe 2.

Q4. Exploiter le principe fondamental de l'hydrostatique pour déterminer la hauteur totale, H , de la plateforme pétrolière. On précise que la pression totale exercée au plus bas de la structure est $P_e = 5,56 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ et que la pression à la surface de l'eau est la pression atmosphérique.

Q5. A l'aide du document 1 en annexe page 10/10, porter un regard critique sur la méthode employée à la question Q4.

Partie B - Système de surveillance de l'ouvrage béton (7 points)

Une partie de la structure a été réalisée en béton précontraint (construction en post-tension). La post-tension consiste à disposer les câbles de précontrainte (des torons) dans des gaines incorporées au béton. Après la prise du béton, les câbles sont tendus au moyen de vérins de manière à comprimer l'ouvrage au repos.

On présente sur la figure 3 une vue en coupe de l'emplacement des torons dans les structures en béton précontraint.

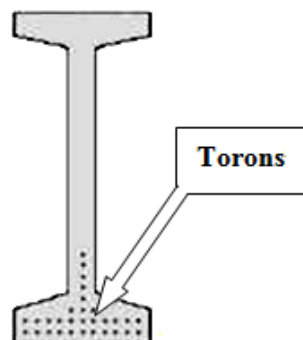


Figure 3

Afin de surveiller l'ouvrage et de prévenir d'éventuelles rupture de torons on utilise une méthode d'auscultation non-destructive basée sur l'examen d'émissions acoustiques. Les défaillances ou ruptures de torons génèrent, en effet, une émission acoustique de fréquence suffisamment différente de l'activité acoustique ambiante dans une structure, pour qu'il soit possible de les identifier. Des capteurs (figure 4) permettent un relevé de ces émissions acoustiques (figure 5).



Figure 4

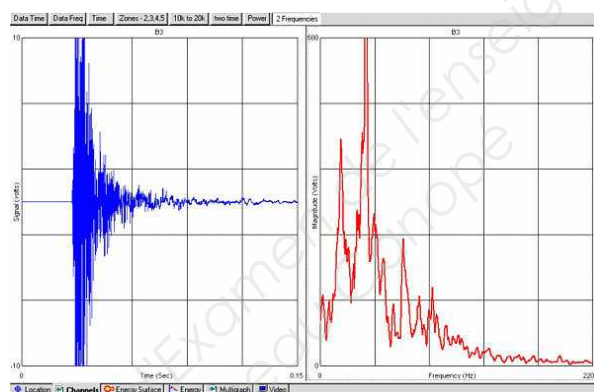


Figure 5

La figure 6, ci-dessous, indique l'emplacement des capteurs (triangles) dans la structure.

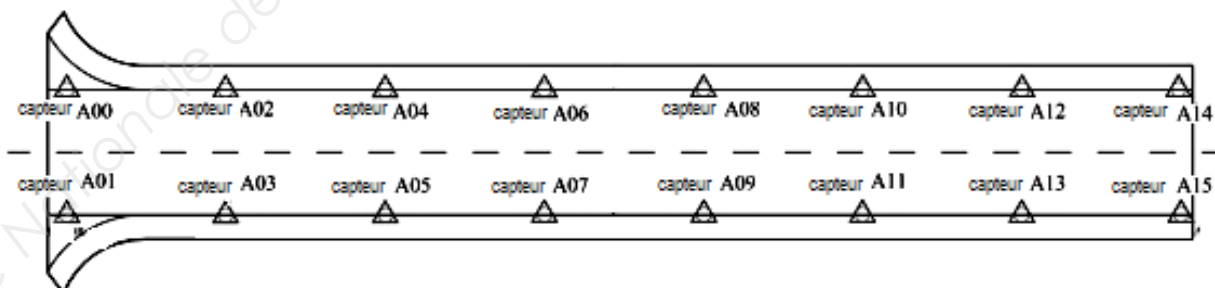


Figure 6

On suppose qu'une rupture de toron a lieu dans la structure.

Q6. Le son émis par cette rupture a une fréquence $f = 1000 \text{ Hz}$. Après avoir recopié sur la copie et complété le document 2 en annexe page 10/10, indiquer si ce son est audible par l'oreille humaine.

BTS TRAVAUX PUBLICS		Session 2015
U32 SCIENCES PHYSIQUES	Code : 15TVE3SC1	Page : 5/10

Lors de la détection d'une rupture de toron, le système de surveillance relève les fréquences et niveaux sonores de cinq signaux sonores sur le capteur A07. Les valeurs correspondantes sont récapitulées dans le tableau suivant.

Fréquence (Hz)	$f_1 = 250$	$f_2 = 500$	$f_3 = 1000$	$f_4 = 2000$	$f_5 = 4000$
Niveau sonore (dB)	$N_1 = 64$	$N_2 = 65$	$N_3 = 67$	$N_4 = 64$	$N_5 = 62$

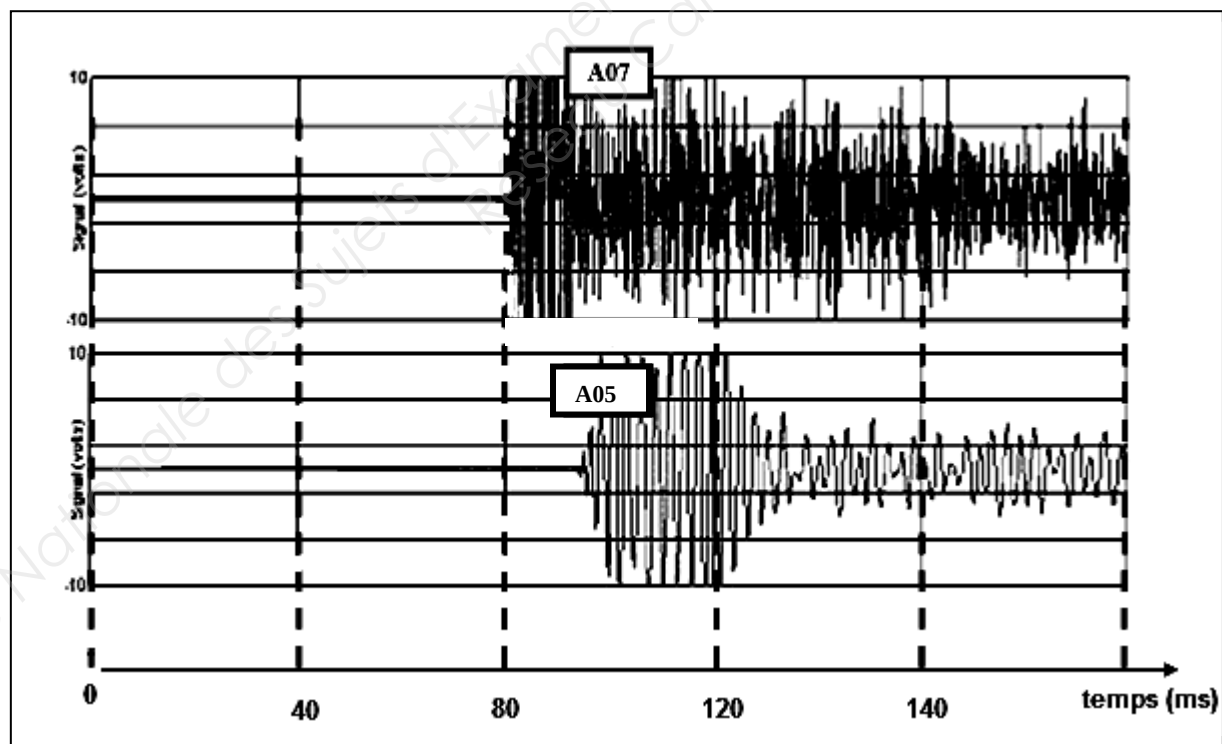
Q7. Exprimer l'intensité acoustique I en fonction du niveau sonore N en dB.

Q8. Montrer que l'intensité acoustique globale I_{A07} du son reçu par le capteur A07 vaut $1,48 \times 10^{-5} \text{ W.m}^{-2}$.

Q9. Sachant que la puissance de ce son est $P = 80 \text{ mW}$, montrer que la distance d_{07} entre le capteur A07 et la rupture du toron vaut environ 21 m (on suppose que l'énergie sonore se dissipe sur une surface sphérique $S = 4\pi d_{07}^2$).

Q10. En effectuant le même travail sur A09, on détermine que la distance entre le capteur A09 et la rupture de toron est $d_{09} = 37 \text{ m}$. Utiliser le schéma tracé (échelle non respectée) sur le document 3 en annexe page 10/10 pour déterminer la zone de rupture, sachant que la figure est une projection dans un plan. On localisera cette zone en quelques mots en faisant référence aux deux sphères centrées sur A07 et A09 de rayons, respectivement, de 21 et 37 m. On pourra aussi faire un rapide croquis.

Les réponses acoustiques enregistrées par les capteurs A07 et A05, espacés d'une distance $d = 50 \text{ m}$, sont représentées ci-dessous.



Q11. À partir de ces enregistrements, et puisque la rupture n'a pas lieu entre les capteurs A05 et A07, calculer la vitesse de propagation v du son dans la structure de la plateforme.

Partie C - Recyclage des matériaux de l'ouvrage (7 points)

Une grande partie de la structure contient une forte quantité de ferraille. Les centres de tri récupèrent la ferraille usagée afin de la retraiter pour le transformer en profilé IPN (poutrelles de construction métallique). Suivant le pourcentage de fer d'une ferraille, son prix de rachat varie énormément. Si un échantillon de ferraille contient entre 50 et 92% de fer (pourcentage en masse), la ferraille est « pauvre » en fer, elle intéresse peu les industriels et ne se vend pas cher. Au contraire, si la ferraille contient plus de 92 % de fer (en masse), elle est « riche » en fer et se vend cher.

On souhaite déterminer le pourcentage de fer dans de la ferraille récupérée sur le site. Pour cela on réalise un dosage dit « en retour ». On fait réagir avec un excès connu de solution d'acide fort le fer contenu dans une masse donnée de ferraille. On neutralise ensuite l'acide restant, à l'aide d'une solution de base forte. La neutralisation de l'acide permet d'accéder à sa quantité de matière restant après réaction avec le fer, puis de connaître la quantité de matière du fer qui a réagi.

Le protocole à suivre est présenté ci-dessous :

1. On pèse une masse de 1,0 g de ferraille et on l'introduit dans un erlenmeyer.
2. Sous la hotte, on introduit dans l'erlenmeyer, à l'aide d'une pipette jaugée, $V = 25 \text{ mL}$ d'un monoacide fort dont la concentration vaut $C = 2,0 \text{ mol.L}^{-1}$. On observe un dégagement gazeux.
3. On porte le contenu de la fiole à douce ébullition en l'agitant de temps en temps.
4. On arrête le chauffage lorsque le dégagement gazeux cesse.
5. Après refroidissement, on transvase le contenu de l'erlenmeyer dans un bécher, on rince plusieurs fois l'erlenmeyer et on ajoute les eaux de rinçage au contenu du bécher.
6. On ajoute dans le bécher quelques gouttes d'indicateur coloré pHmétrique.
7. On procède à la neutralisation de l'acide présent dans le bécher avec une solution d'hydroxyde de sodium à la concentration $C_b = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$.
8. On observe un changement de couleur du milieu lorsqu'on a versé $V_b = 16 \text{ mL}$ d'hydroxyde de sodium.

Données :

Couples oxydant/réducteur et potentiel standard :

Couple	$\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}/\text{Fe}_{(\text{s})}$	$\text{H}_3\text{O}^{+}_{(\text{aq})}/\text{H}_2(\text{g})$	$\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}/\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$	$\text{O}_{2(\text{g})}/\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
$E^\circ(\text{V})$	-0,44	0,00	0,77	1,23

Couples acide/base de l'eau : $\text{H}_3\text{O}^{+}_{(\text{aq})}/\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$; $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}/\text{HO}^{-}_{(\text{aq})}$

Masse molaire atomique du fer : $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g.mol}^{-1}$

Zones de virages de quelques indicateurs colorés pHmétriques :

Indicateur	Zone de virage
Vert de bromocrésol	3,8 - 5,4
Bleu de bromothymol	6,0 - 7,6
Phénolphtaléine	8,2 - 9,8
Jaune d'alizarine R	10,0 - 12

Tests d'identification de quelques ions en solution :

Ion	Réactif utilisé	Résultat si test positif
ion calcium $\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}$	solution d'oxalate d'ammonium	précipité blanc
ion fer (III) $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$	solution d'hydroxyde de sodium	précipité rouille
ion cuivre (II) $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$	solution d'hydroxyde de sodium	précipité bleu
ion sulfate $\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$	solution de chlorure de baryum	précipité blanc
ion fer (II) $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$	solution d'hydroxyde de sodium	précipité vert
ion chlorure $\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$	solution de nitrate d'argent	précipité blanc qui noircit à la lumière

C.1. Étude de la première réaction entre le fer et l'acide fort

L'acide fort utilisé pour réagir avec le fer est représenté par les ions oxonium, H_3O^+ .

Q12. Justifier que le dégagement gazeux observé est un dégagement de dihydrogène.

Q13. Montrer que la quantité de matière d'acide fort introduite dans l'erlenmeyer vaut $n_{\text{oxonium}} = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$.

C.2. Étude de la réaction de neutralisation de l'acide fort restant par l'hydroxyde de sodium

La base forte utilisée pour neutraliser l'acide fort restant après réaction avec le fer est de l'hydroxyde de sodium. On la représente par les ions hydroxyde HO^- .

Q14. Écrire l'équation bilan de la réaction mise en jeu au cours de la neutralisation de l'acide fort par l'hydroxyde de sodium.

Q15. Schématiser et légender le montage permettant la neutralisation de l'acide fort par l'hydroxyde de sodium en indiquant où se trouvent les solutions utilisées.

Q16. Proposer en argumentant son choix, un indicateur coloré adapté à cette neutralisation.

On note n_{restant} la quantité de matière de l'acide fort neutralisé dans cette réaction et n_b la quantité de matière de base forte versée pour atteindre l'équivalence, c'est-à-dire la neutralisation.

Q17. Exprimer la relation entre n_{restant} et n_b puis montrer que $n_{\text{restant}} = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$.

On remarque que, pendant la neutralisation, il apparaît un précipité verdâtre qui disparaît lors de l'agitation.

Q18. Indiquer, en justifiant la réponse, quelle peut être la cause de cette précipitation.

C.3. Exploitation des résultats expérimentaux

Pour exploiter complètement le protocole, il faut remonter à la quantité de matière initiale de fer, n_{Fe} ayant réagi au départ. On montre que n_{Fe} , n_{oxonium} et n_{restant} sont liées par la relation : $n_{\text{restant}} = n_{\text{oxonium}} - 2 n_{\text{Fe}}$.

Q19. L'échantillon de ferraille est-il un échantillon « riche » ou « pauvre » en fer ? Argumenter soigneusement la réponse.

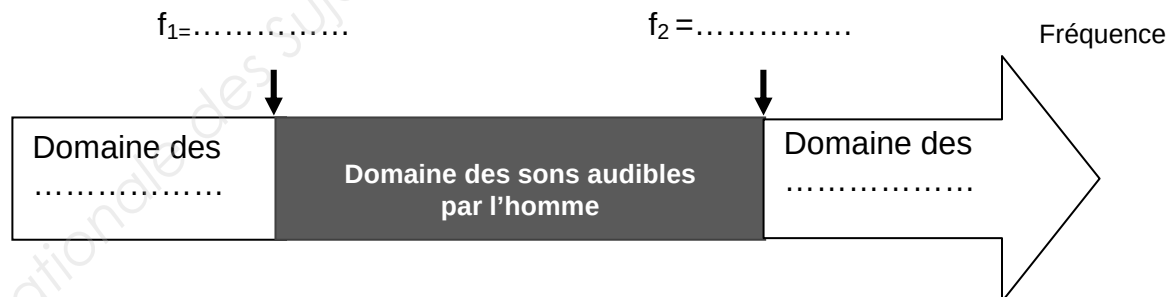
ANNEXE

Document 1

Masse volumique (kg.m^{-3}) d'eaux à différentes pressions, températures et salinités						
p^* bar	Température ($^{\circ}\text{C}$)					S (g/kg)
	0°	10°	20°	25°	30°	
0	999,843	999,702	998,206	997,048	995,651	0
10	1000,351	1000,180	998,664	997,499	996,096	
100	1004,873	1004,430	1002,739	1001,512	1000,062	
200	1009,790	1009,058	1007,178	1005,884	1004,382	
500	1023,885	1022,364	1019,962	1018,479	1016,827	
1000	1045,337	1042,772	1039,652	1037,902	1036,031	
0	1024,071	1023,051	1020,954	1019,569	1017,985	30
10	1024,552	1023,507	1021,393	1020,003	1018,414	
100	1028,826	1027,563	1025,306	1023,866	1022,238	
200	1033,477	1031,982	1029,571	1028,076	1026,406	
500	1046,840	1044,708	1041,871	1040,221	1038,430	
1000	1067,280	1064,296	1060,866	1058,995	1057,023	
0	1028,106	1026,952	1024,763	1023,343	1021,729	35
10	1028,582	1027,404	1025,199	1023,774	1022,155	
100	1032,818	1031,431	1029,087	1027,613	1025,956	
200	1037,429	1035,817	1033,325	1031,798	1030,100	
500	1050,678	1048,451	1045,547	1043,871	1042,057	
1000	1070,958	1067,907	1064,428	1062,538	1060,551	

* p représente la pression hydrostatique, c'est à dire la pression due uniquement à la colonne d'eau. (1 bar = $1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$)

Document 2



Document 3

