IFSTTAR
INSTITUT FRANÇAIS
DES SCIENCES
ET TECHNOLOGIES
DES TRANSPORTS,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DES RÉSEAUX

Épreuve écrite du concours n° 2017-AI-CE-03

Durée : 2 heures

L'utilisation de calculatrice, smartphone, et autre appareil informatique est interdite.
Aucun document n'est autorisé.

Les exercices sont indépendants les uns des autres et peuvent être abordés dans l'ordre souhaité par chaque candidat. L'épreuve écrite est notée sur 20 points, le barème correspondant à chaque exercice est précisé. L'énoncé de cette épreuve comprend 7 pages.

Exercice 1 : mauvaises pratiques en salle expérimentale (4 points)

Vous venez d'être nommé responsable d'une salle expérimentale de physico-chimie. Cette responsabilité inclut la prévention des risques professionnels. Lors de votre première visite de cette salle, vous observez la scène représentée sur la figure 1.

Indiquez les mauvaises pratiques révélées par cette scène : numéroter directement sur la figure 1 les endroits où se trouvent ces mauvaises pratiques. *N'oubliez pas de joindre votre figure 1 annotée à votre copie*.

Précisez quel(s) risque(s) pourrai(en)t découler de chacune des mauvaises pratiques que vous avez numérotée sur la figure 1.

Exercice 2 : dangers liés au mercure (2 points)

L'étiquetage (selon la nouvelle réglementation CLP) de tout flacon de mercure comporte les pictogrammes indiqués sur la figure 2. Que signifie chaque pictogramme ?

Quels équipements de protection individuelle devez-vous utiliser lorsque vous manipulez du mercure?

N'oubliez pas de joindre votre figure 2 annotée à votre copie.

Exercice 3 : écriture de résultats en physique-chimie (4 points)

Question 3.1 :

- Pourquoi exprimer le résultat d'une mesure de concentration sous la forme 1,43 g/L ou bien sous la forme 1,430 g/L n'a pas la même signification ?
- Quels sont les chiffres significatifs dans le nombre 0,09408 ?
- Arrondissez les nombres suivants en ne gardant que 3 chiffres significatifs : $40{,}411.10^{-2}$; 62,4508 ; $2{,}2571.10^{4}$; 2,475 ; 23,250.

Rév 23/03/17

Question 3.2 :

L'essai de perméabilité au gaz des bétons durcis par un dispositif à charge constante (CEMBUREAU) permet de mesurer une propriété de durabilité appelée « perméabilité apparente » K_a à partir de la mesure du flux de gaz Q (en m^3/s) sous gradient de pression :

$$K_a = \frac{2 \cdot Q \cdot P_{atm} \cdot L \cdot \mu}{A \cdot (P^2 - P_{atm}^2)}$$

où L (en m) et A (en m^2) sont respectivement l'épaisseur et la section du corps d'épreuve, μ (en Pa.s) est la viscosité dynamique du gaz, P_{atm} (en Pa) est la pression atmosphérique et P (en Pa) la pression d'entrée appliquée. Quelle est l'unité de K_a ?

Question 3.3 :

Ajuster l'équation stœchiométrique des réactions chimiques suivantes :

- $TiO_2 + Cl_2 + C = TiCl_4 + CO$
- $Al + Cu^{2+} = Al^{3+} + Cu$

Exercice 4 : culture générale sur les matériaux cimentaires (4 points)

Pour cet exercice, répondez directement dans le tableau 1 en précisant si les affirmations sont vraies ou fausses ou en donnant une réponse courte.

N'oubliez pas de joindre votre tableau 1 annoté à votre copie.

Barème pour cet exercice : réponse correcte : +4/10 points ; réponse fausse : -4/10 points ; pas de réponse : 0 point. Le total des points obtenus pour cet exercice ne peut être négatif.

Exercice 5 : Porosimétrie par intrusion de mercure (6 points)

Les matériaux de construction du génie civil tels que les matériaux à base cimentaire traditionnels et nouveaux, les bétons recyclés, les matériaux cimentaires alternatifs, sont des solides poreux. Les propriétés de durabilité de ces matériaux dépendent beaucoup de leur microstructure poreuse. La porosimétrie par intrusion de mercure, schématisée dans la figure 3, fait partie des moyens expérimentaux abondamment utilisés pour connaître les caractéristiques de la microstructure poreuse d'un matériau.

La porosimétrie par intrusion de mercure est basée sur le fait que le mercure est un liquide non-mouillant au contact des parois des pores. On montre alors qu'un pore vide, de forme cylindrique de rayon R, peut être envahi par le mercure liquide dès que la pression du mercure liquide P_{Hg} satisfait à la relation de Washburn :

$$P_{Hg} = \frac{C}{R}$$

où $C > 0$ est une constante dépendant des propriétés physico-chimiques de surface du mercure et des parois des pores.

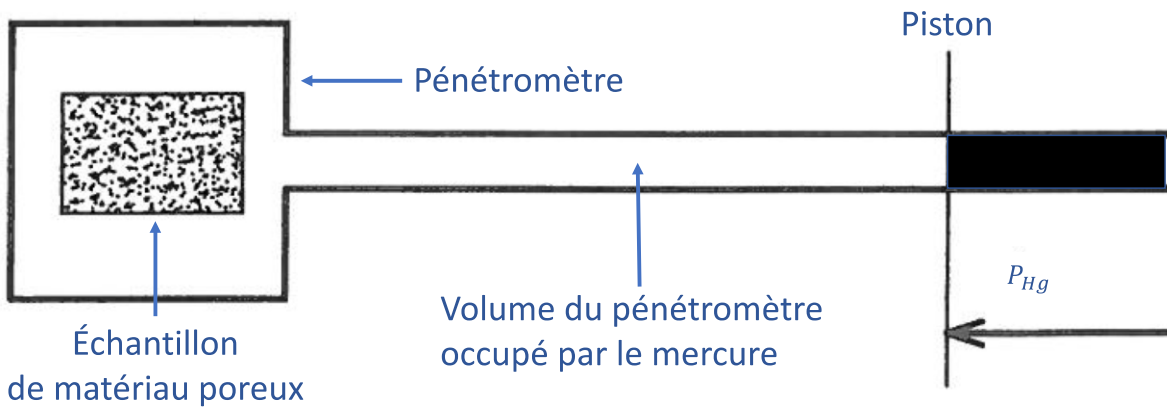


Figure 3 : schéma de principe d'un porosimètre par intrusion de mercure.

Question 5.1

On souhaite analyser la microstructure poreuse d'un échantillon de matériau par porosimétrie par intrusion de mercure. On place l'échantillon dans le pénétromètre du porosimètre à mercure, comme indiqué sur la figure 3.

Avant d'introduire le mercure, que doit-on faire au préalable, si l'on veut pouvoir utiliser correctement la relation de Washburn ?

Question 5.2

L'échantillon de matériau de la figure 3, convenablement prétraité, est en contact avec le mercure à une pression P_{Hg}. On applique un incrément (positif) de pression ΔP_{Hg}.

D'après le schéma de la figure 3, comment détecte-t-on une intrusion de mercure dans l'échantillon ? Illustrer votre réponse par un dessin sur votre copie.

Si, entre les pressions P_{Hg} et $P_{Hg} + \Delta P_{Hg}$, du mercure pénètre dans l'échantillon, cette intrusion se fait-elle dans des pores de rayons de plus en plus grands ? Argumentez votre réponse en comparant l'expression, en fonction de la pression du mercure, du rayon des pores remplis par du mercure à P_{Hg} et à $P_{Hg} + \Delta P_{Hg}$.

La porosimétrie à mercure peut-elle détecter tous les pores d'un échantillon de matériau poreux ? Pourquoi ?

Question 5.3

La porosité est le rapport entre le volume des pores et le volume d'un échantillon du matériau. Comment peut-on mesurer le volume des pores à partir de la porosimétrie à mercure ? Quelles hypothèses fait-on sur la masse volumique du mercure liquide et sur les parois du pénétromètre ?

Question 5.4

La figure 4 montre les résultats obtenus par porosimétrie à mercure sur un mortier sain (« échantillon de référence ») et sur le même mortier ayant été exposé à du dioxyde de carbone (« échantillon carbonaté »). Commentez les résultats de la figure 4.

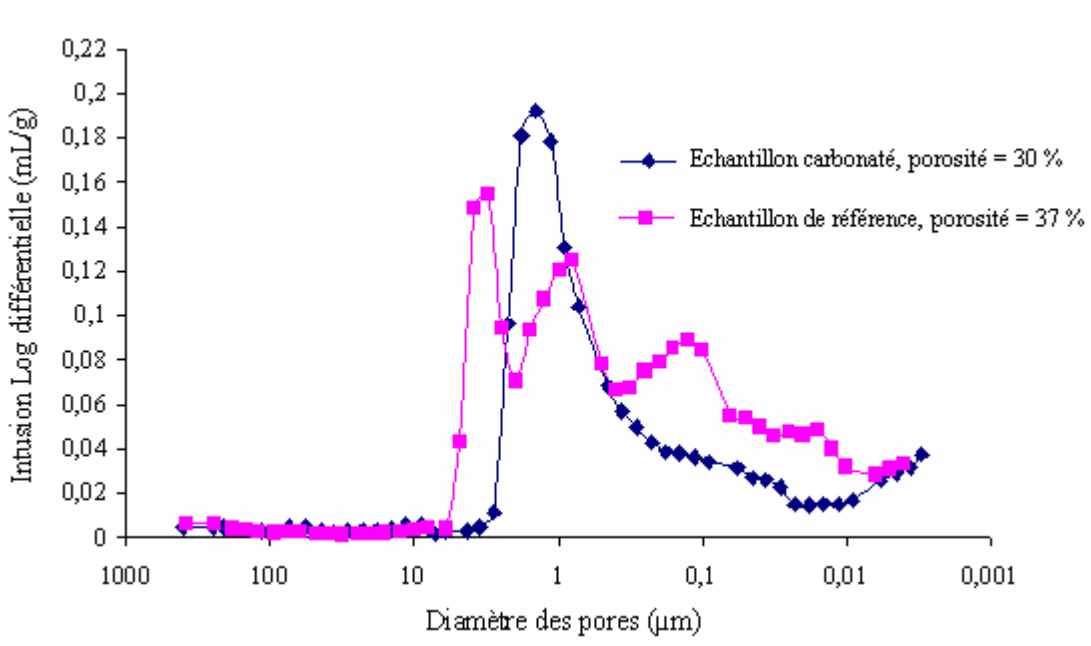


Figure 4 : volume (par gramme de mortier) en fonction du diamètre de pores.

Feuille de réponse à joindre à votre copie. Ne pas inscrire vos nom et prénom.

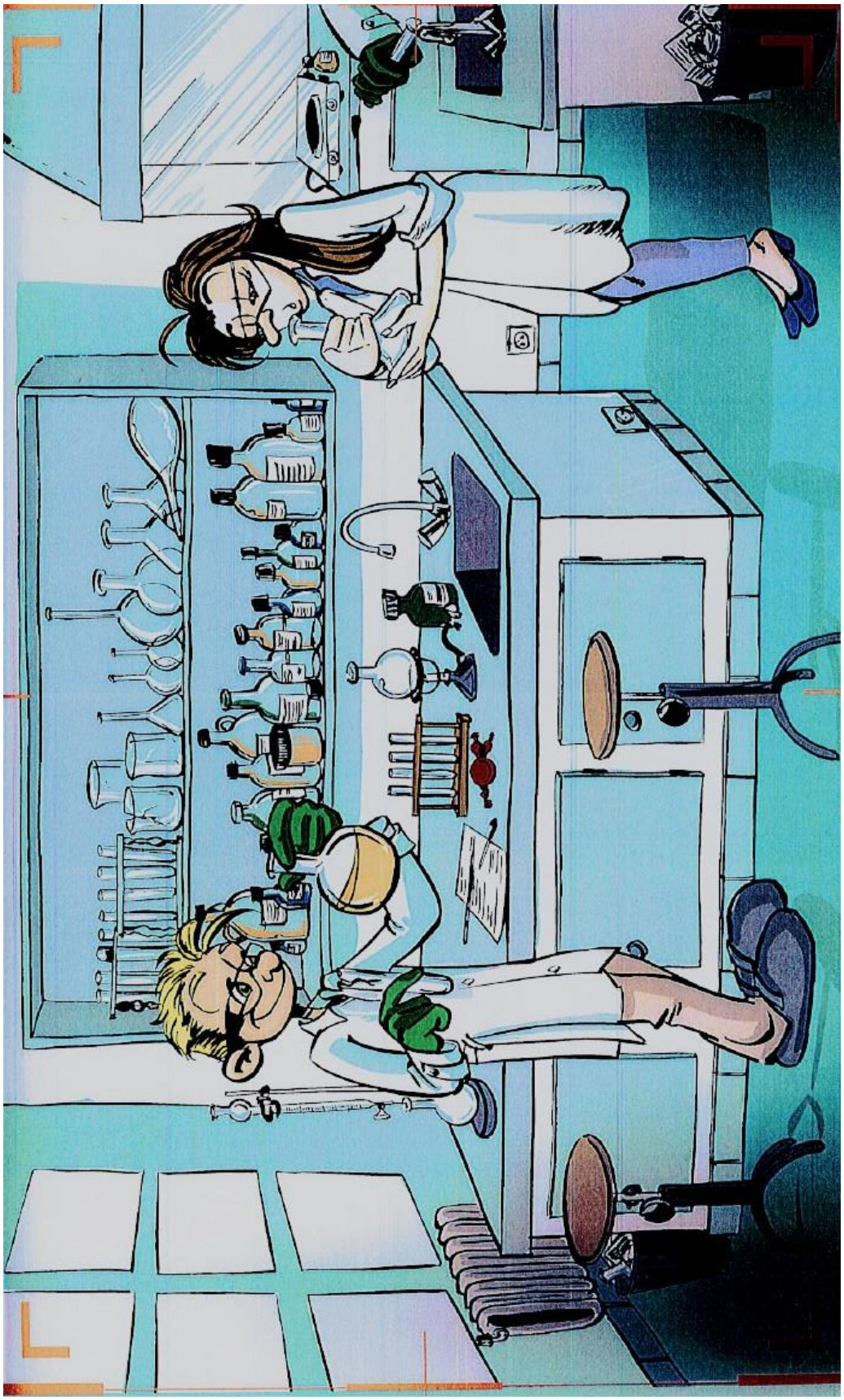
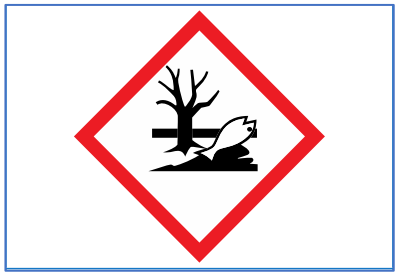


Figure 1

Feuille de réponse à joindre à votre copie. Ne pas inscrire vos nom et prénom.

:

:



:

Figure 2

Feuille de réponse à joindre à votre copie. Ne pas inscrire vos nom et prénom.

La fabrication du ciment se fait à partir de calcaire et de charbon.	VRAI/FAUX
Un des paramètres importants pour la formulation des matériaux cimentaires est le rapport E/C. A quoi correspond ce rapport ?	
Lors de la prise du ciment, suite à son mélange avec de l'eau, il y a un dégagement de chaleur.	VRAI/FAUX
A quelle molécule correspond la lettre C en notation cimentière ?	
Quel matériau est obtenu à partir des constituants suivants : ciment et eau ?	
Quel matériau est obtenu à partir des constituants suivants : ciment, eau, et sable ?	
Quel matériau est obtenu avec les constituants suivants : ciment, eau, sable et granulats ?	
La résistance en traction du béton est environ dix fois plus faible que sa résistance en compression.	VRAI/FAUX
Les aciers dans le béton sont passivés car le béton est un matériau plutôt acide.	VRAI/FAUX
Pourquoi les bétons peuvent-ils être endommagés s'ils sont exposés à des hivers rigoureux ?	

Tableau 1