
CONCOURS EXTERNE
DE CAPORAL DE SAPEURS-POMPIERS PROFESSIONNELS 2023

1^{ère} Epreuve d'admissibilité

UN QUESTIONNAIRE A CHOIX MULTIPLES A PARTIR D'UN TEXTE OU DOSSIER
DOCUMENTAIRE

Durée : 1 h 00
Coefficient : 1

A lire attentivement avant de traiter le sujet

Ce sujet comprend 7 pages (dont cette page de consignes).

Il est composé d'un texte et de 26 questions à choix multiples.

Barème :

Il y a une ou plusieurs réponse(s) possible(s) par question.

Chaque question vaut 1 point. Celui-ci sera attribué seulement si la ou les réponses exactes sont toutes sélectionnées.

L'absence de réponse à une question vaudra 0 point.

Une pénalité de - 0,5 point sera appliquée à une question en cas de mauvaise réponse ou de réponse incomplète.

Le nombre de points obtenus à cette épreuve sera ramené à une note sur 20.

NE PAS DESAGRAFER LE SUJET

Les secrets du béton romain dévoilés

Une équipe américaine du MIT a percé le mystère de la résistance hors norme du matériau qu'utilisaient les bâtisseurs antiques. L'ingrédient-clé de la recette : la chaux vive, qui confère au béton romain une capacité d'autoréparation sans limite.

Le talent des bâtisseurs romains n'est plus à démontrer. Vastes réseaux de routes, ports insubmersibles, palais majestueux : deux mille ans plus tard, les vestiges de ces réalisations témoignent d'une maîtrise qui laisse pantois. Mais qui sait que nombre de ces merveilles ont été construites en béton ? Le Panthéon, à Rome, inauguré en 128 après J.-C., demeure même le plus grand dôme de béton jamais réalisé à ce jour. Quant aux aqueducs antiques, ils restent des pièces essentielles dans le réseau de distribution d'eau de la capitale italienne.

Comment ont-ils fait ? Pour mesurer l'exploit, il suffit de savoir qu'un béton moderne (conçu selon la recette dite « de Portland ») est garanti cent ans. Avec quelques clauses suspensives, comme les tremblements de terre, assez fréquents dans le sud de la Botte. Alors, quel est le secret des bâtisseurs antiques ? Les lecteurs d'Astérix ont évidemment la réponse : ces Romains étaient fous. Argument un peu mince pour les scientifiques qui, depuis des décennies, tentent de percer le mystère. Ces dernières années, leur quête a pris une nouvelle dimension. Car, à elle seule, l'industrie bétonnière est jugée responsable de 7 % à 8 % de l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre.

Dans un article publié, vendredi 6 janvier, dans la revue *Science Advances*, l'équipe d'Admir Masic, au Massachusetts Institute of Technology (MIT, Etats-Unis), accompagnée de chercheurs italiens et suisses, vient d'ajouter un élément essentiel à la reconstitution de la recette antique. Selon ces chercheurs, l'exceptionnelle résistance du matériau tient à la présence d'un élément bien connu : la chaux. Mais pas sous n'importe quelle forme : de la chaux vive, la plus réactive, la plus délicate à manier.

Sur la piste des clastes de chaux

Longtemps, pourtant, les propriétés du béton romain ont été exclusivement attribuées à la pouzzolane, cette roche volcanique dont l'Italie regorge. L'archéologue américaine Marie Jackson avait ainsi, la première, démontré qu'en remplaçant le sable, aujourd'hui utilisé, par cette pierre éruptive pilée et en la mélangeant à des cendres volcaniques et à de la chaux, une réaction de cristallisation donnait naissance à un minéral nommé « stratlingite », dont les lamelles pouvaient combler d'éventuelles failles dans le mortier et ajouter une certaine élasticité.

Mais, pour Admir Masic, il manquait encore quelque chose. Lui et ses collègues ont concentré leurs recherches sur les clastes de chaux, ces petits éclats blancs toujours présents dans le béton romain. Et leur analyse spectroscopique a montré que ces inclusions de carbonate de calcium s'étaient formées à haute température. « Une telle réaction n'est pas compatible avec l'utilisation de chaux inactivée, détaille-t-il. A l'inverse, utiliser de la chaux vive dans le mélange puis ajouter de l'eau provoque une réaction qui dégage une chaleur intense et entraîne l'incorporation des clastes dans le mortier. Et ce sont eux qui vont servir de source de calcium pour le processus d'autoréparation. »

Là réside la découverte de l'équipe américaine. Dès qu'une microfissure se forme, elle ne tarde pas à toucher un claste. Et l'eau –de mer dans les ports, de pluie ailleurs– vient achever le processus. Au lieu d'élargir la fissure, comme on le voit habituellement, le liquide réagit avec le claste, crée une solution saturée de calcium qui vient rapidement combler la faille ou boucher les pores, avant que la situation ne se dégrade. Un scénario que semble confirmer l'observation de fissures ainsi réparées dans différents échantillons antiques.

Résistance « pendant des millénaires »

Mais la démonstration ne pouvait être complète sans expérience. Admir Masic et ses collègues ont produit eux-mêmes des prototypes de béton semi-moderne, autrement dit sans pouzzolane, mais en incorporant de la chaux vive. Ils les ont délibérément fissurés, puis ont fait couler de l'eau. En deux semaines, des fissures de 0,6 millimètre ont été intégralement comblées.

A l'inverse, un même échantillon préparé avec de la chaux inactivée n'a jamais retrouvé son étanchéité.

Selon l'équipe américaine, la capacité d'autoréparation d'un tel matériau apparaît presque sans limite. Gel, chaleur, pluies acides, tremblements de terre : à moins d'une contrainte hors norme provoquant un effondrement soudain, les édifices ainsi construits pourraient tenir « *pendant des millénaires* » assure la publication, sur un ton mi-prophétique, mi-publicitaire. L'équipe a, il est vrai, déposé sa formule et, selon le communiqué du MIT, « *travaille à la commercialisation de ce béton modifié* ».

Car, entre réduction de la facture énergétique et diminution des gaz à effet de serre, l'enjeu est considérable. Et la quête de la recette miracle se poursuit. « *Certains cherchent des polymères à base d'aluminium, et pas de calcium, pour éviter les rejets de CO₂, d'autres essaient d'améliorer la tenue à la compression, la résistance au vieillissement, tentent de développer des bétons plus légers, ou plus recyclables, ou encore d'abaisser la température de fabrication* », résume Pierre Lévit, physicien et directeur de recherche émérite au CNRS. Du haut du Colisée, les Romains nous montrent la voie. Selon les études déjà réalisées, ils chauffaient leur mélange à 800°C, là où nous portons le nôtre à 1 450°C. Pour un résultat autrement résistant. *Dura betonex...*

Nathaniel Herzberg
Le Monde, 18 janvier 2023

1. De quel type de texte s'agit-il ?
 - A. un extrait d'un essai
 - B. un article de presse
 - C. un extrait de roman
 - D. un extrait d'une publication historique

2. Qui est l'auteur de ce texte ?
 - A. Admir Masic
 - B. Une équipe américaine du MIT
 - C. Nathaniel Herzberg
 - D. Marie Jackson

3. De quand date ce texte ?
 - A. 18 janvier 2023
 - B. 6 janvier 2023
 - C. 128 après Jésus-Christ
 - D. ce n'est pas précisé

4. Le(s) thème(s) principal/-aux de ce texte est/sont :
 - A. L'archéologie
 - B. La géologie
 - C. Les évolutions économiques et sociales
 - D. Les sciences et techniques

5. Le béton est une technique de construction :
 - A. récente
 - B. déjà maîtrisée dans l'Antiquité
 - C. abandonnée depuis cent ans
 - D. abandonnée depuis deux mille ans

6. Dans le premier paragraphe, quel(s) sens particulier(s) prend l'adjectif « insubmersibles » ?
 - A. qui abritent des sous-marins
 - B. qui ne peuvent pas couler
 - C. qui sont capables de résister à l'eau de mer
 - D. dont on ne peut pas voir le fond

7. Dans le même paragraphe, que signifie l'expression « qui laisse pantois » ?
 - A. qui rend jaloux
 - B. qui rend aussi désarticulé qu'un pantin
 - C. qui laisse paniqué
 - D. qui laisse stupéfait

8. Les tremblements de terre « assez fréquents dans le sud de la Botte » se situent donc :
 - A. au sud du Massachusetts aux Etats-Unis
 - B. au sud de l'Italie
 - C. au sud de la Turquie
 - D. au sud de Portland, aux Etats-Unis

9. Un béton romain peut tenir au maximum :
- A. cent ans
 - B. plusieurs milliers d'années
 - C. plusieurs centaines d'années
 - D. quelques décennies
10. L'article publié par le MIT est le résultat d'une coopération :
- A. exclusivement européenne
 - B. exclusivement américaine
 - C. internationale
 - D. italienne et suisse
11. Selon l'auteur, quel est l'enjeu principal (ou quels sont les enjeux principaux) de la découverte du MIT ?
- A. comprendre l'origine des fissures des bâtiments
 - B. comprendre les raisons de l'effondrement des bâtiments lors de catastrophes naturelles
 - C. ouvrir des perspectives nouvelles pour l'industrie de la construction afin de limiter son impact sur l'environnement
 - D. comprendre les capacités d'auto-réparation de certains bétons anciens afin de les reproduire
12. Le stratlingite est un minéral :
- A. obtenu par un mélange de matières volcaniques et de chaux
 - B. présent naturellement dans les sols volcaniques
 - C. issu du cristal
 - D. obtenu par un mélange de sable et de chaux
13. Selon l'étude du MIT, les clastes de chaux :
- A. sont des résidus de réactions chimiques qui participent à l'auto-réparation du béton
 - B. provoquent des fissures du béton
 - C. sont créés par l'eau de pluie qui s'infiltre dans le béton
 - D. ne peuvent pas se former si l'on utilise de la chaux inactivée
14. De quel élément chimique principal sont composés les clastes de chaux ?
- A. d'aluminium
 - B. d'eau
 - C. de calcium
 - D. d'oxygène
15. Pourquoi la chaux vive est-elle difficile à utiliser ?
- A. parce qu'elle produit une très forte chaleur au contact de l'eau
 - B. parce que c'est une pierre qu'il faut piler avant de la manier
 - C. parce qu'elle bouche les pores de la peau
 - D. parce qu'elle produit du CO₂

16. Quelle est (ou quelles sont) la (les) conséquence(s) de l'utilisation de la chaux vive dans la fabrication du béton ?
- A. résistance au vieillissement
 - B. étanchéité
 - C. esthétisme
 - D. auto-réparation
17. L'auteur du texte évoque des réalisations antiques à la longévité exceptionnelle. Lesquelles ?
- A. des ponts
 - B. le Colisée
 - C. le Panthéon romain
 - D. des aqueducs
18. Dans la dernière partie du texte, par quel(s) synonyme(s) peut-on remplacer le groupe nominal « des prototypes » ?
- A. des moulages
 - B. des machines
 - C. de premiers exemplaires
 - D. des seaux
19. Quel(s) antonyme(s) peut-on donner au mot « étanchéité » ?
- A. imperméabilité
 - B. perméabilité
 - C. assèchement
 - D. porosité
20. Les expériences sur lesquelles s'attarde l'auteur du texte ont porté essentiellement sur :
- A. la résistance au feu
 - B. la résistance aux séismes
 - C. la résistance aux pollutions
 - D. la résistance à l'eau
21. Les recherches actuelles sur le béton sont motivées :
- A. par la volonté de développer l'usage d'un béton durable dans la construction
 - B. par la lutte contre les dégâts liés aux tremblements de terre
 - C. par la lutte contre le réchauffement climatique
 - D. par des objectifs de réduction des coûts de production
22. Les termes « mi-prophétique » et « recette miracle » appartiennent au champ lexical :
- A. de la cuisine
 - B. de la religion
 - C. de la science
 - D. de la poésie

23. En qualifiant le ton de certains passages de la publication du MIT de « mi-prophétique, mi-publicitaire », l'auteur du texte :
- A. sous-entend qu'il y a un enjeu commercial derrière cette découverte
 - B. souligne une certaine exagération des rédacteurs de la publication
 - C. pense qu'il s'agit d'une découverte exceptionnelle et révolutionnaire
 - D. prend une certaine distance avec l'étude
24. A la fin du texte, l'auteur cite un physicien du CNRS dans le but :
- A. de montrer que plusieurs autres pistes sont à l'étude pour réduire l'impact environnemental de l'industrie du béton
 - B. de contester la valeur des recherches du MIT
 - C. de relativiser l'intérêt du savoir-faire des Romains
 - D. de montrer que le problème de l'impact environnemental de l'industrie du béton est déjà résolu
25. A la toute fin du texte, la phrase « Pour un résultat autrement résistant. » signifie que :
- A. le béton antique était beaucoup moins résistant parce qu'on portait le mélange à moins haute température
 - B. le béton actuel est beaucoup moins résistant même si nous portons le mélange à plus haute température
 - C. le béton résiste à la chaleur autrement
 - D. le béton actuel est beaucoup plus résistant parce que nous portons le mélange à plus haute température
26. Les derniers mots du texte, « *Dura betonex...* » sont en italiques et suivis de pointillés :
- A. parce qu'ils citent les paroles d'un chercheur qui ont été coupées
 - B. parce qu'ils sont peu connus
 - C. parce qu'ils détournent de façon humoristique une formule latine connue
 - D. parce qu'ils reprennent les premiers mots d'une formule latine connue

CONCOURS EXTERNE
DE CAPORAL DE SAPEURS-POMPIERS PROFESSIONNELS 2023

2^{ème} Epreuve d'admissibilité

UN QUESTIONNAIRE A CHOIX MULTIPLES PORTANT SUR DES
PROBLEMES DE MATHEMATIQUES.

Durée : 1 h 00
Coefficient : 1

A lire attentivement avant de traiter le sujet

Ce sujet comprend 4 pages (dont cette page de consignes).

L'usage de la calculatrice est interdit.

Barème :

Ce sujet est composé de 3 problèmes de mathématiques, découpés en plusieurs questions.

Problème 1 : 6 points

Problème 2 : 8 points

Problème 3 : 6 points

Chaque question vaut 0,5 point, 1 point, 1,5 point ou 2 points. La totalité des points sera attribuée que si et seulement si la réponse exacte est sélectionnée.

NE PAS DESAGRAFER LE SUJET

Problème 1 : Tapis solaires (6 points)

Pour réaliser des économies d'énergie, les sapeurs-pompiers ont décidé d'installer un système de tapis chauffants solaires pour chauffer l'eau de la piscine.

Ils envisagent de les placer sur une partie du toit de la caserne (partie grisée sur le croquis) afin qu'ils soient toujours exposés au soleil.

Ces tapis chauffants sont de forme rectangulaire.

La longueur de la pente du toit (p) détermine la longueur de tapis.

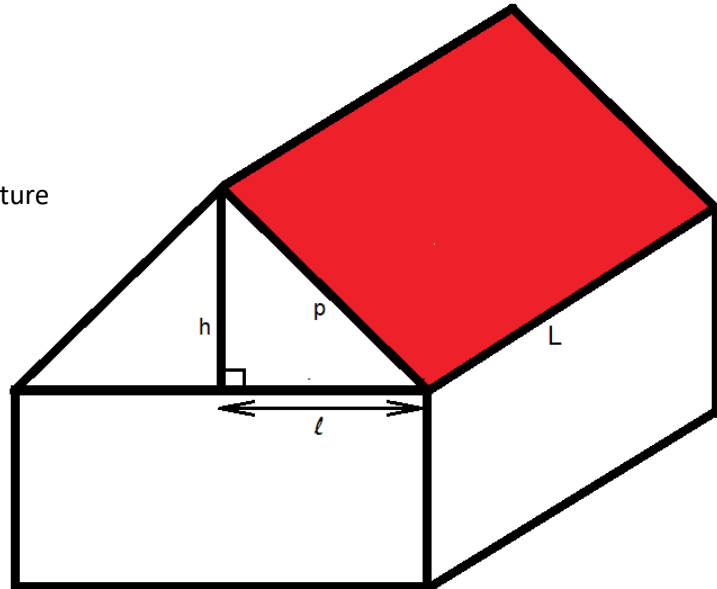
La longueur de la toiture (L) détermine le nombre de tapis.

h = hauteur de la toiture

p = longueur du toit

L = longueur de la toiture

ℓ = nommée largeur de la toiture



- 1) Sachant que sur le croquis (ℓ) est de 4 m et que la longueur de la pente de toit (p) vaut 5 m, quelle est la hauteur (h) de la toiture ?
 - A. 2 m
 - B. 3 m
 - C. 1 m
 - D. 4,5 m

- 2) Sachant qu'ils veulent les placer sur la partie grisée de la toiture et que la longueur (L) vaut 12 m, quelle est l'aire disponible (l'aire grisée) ?
 - A. 34 m
 - B. 34 m²
 - C. 60 m²
 - D. 32 m²

- 3) Les tapis pouvant être collés les uns aux autres, combien peut-on mettre de tapis de 1,5 m de large ?
 - A. 8
 - B. 3
 - C. 4
 - D. 6

- 4) Leur piscine test a les dimensions d'un couloir de nage correspondant à :
 - Le fond est plat et la profondeur est de 1,40 m
 - La largeur vaut 4 m
 - La longueur vaut 15 m

Le vendeur leur a juste indiqué qu'un tapis de 8 m^2 peut chauffer une piscine de 30 m^3 .
Combien faut-il au minimum de tapis ?

- A. 2
- B. 3
- C. 4
- D. 5

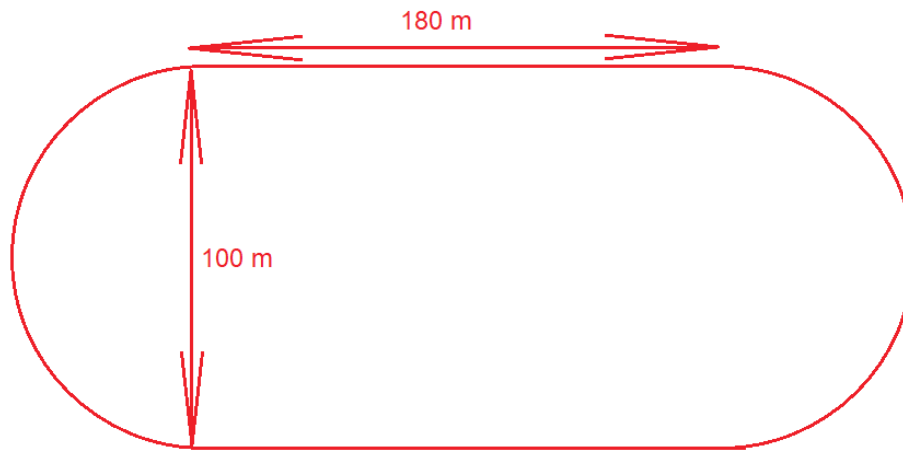
Problème 2 : Agrandir la zone d'entraînement (8 points)

Il est bien évident qu'un seul couloir de nage ne suffit pas à toute la caserne.

Il est donc décidé d'aménager 2 zones distinctes pour la pratique sportive :

- un terrain de foot qui consiste en un rectangle 105 m de longueur et 68 m de largeur ;
- une zone d'athlétisme construite comme sur le schéma pour la zone de pelouse ; sur son extérieur,

il y aura 6 couloirs de 1,2 m de large.

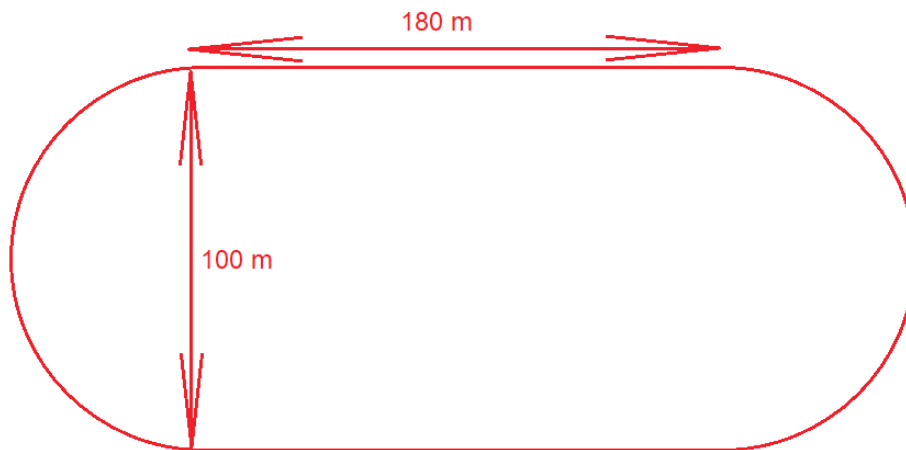


- 5) Quelle est l'approximation la plus proche de l'aire formée par les deux demi-disques ?
 - A. $31\,400 \text{ m}^2$
 - B. $7\,850 \text{ m}^2$
 - C. $5\,000 \text{ m}^2$
 - D. $20\,000 \text{ m}^2$
- 6) En comptant le terrain de foot et l'espace de la zone d'athlétisme (schéma ci-dessus), quelle sera la surface en hectare à recouvrir de pelouse ?
 - A. 3,3 ha
 - B. 5,7 ha
 - C. 3 ha
 - D. 4,5 ha
- 7) L'agent comptable doit alors estimer le coût de cette pelouse. Il sait qu'il faut 30 g par m^2 . Combien lui suffit-il de tonne(s) de pelouse ?
 - A. 2 tonnes
 - B. 1,5 tonnes
 - C. 1 tonne
 - D. 0,5 tonne
- 8) Le prix au kilo étant de 7,84 €, à combien sera estimée cette pelouse ?
 - A. 784 €
 - B. 7 840 €
 - C. 15 680 €
 - D. 1 568 €

- 9) Il faut stocker ces graines 2 semaines. Sachant que 2 m^3 suffisent. Ils se demandent si leur bidon cylindrique de 2m de hauteur et 50 cm de rayon suffira.
Quel est le volume arrondi aux centièmes de m^3 de ce bidon ?
- A. 6 m^3
 - B. 2 m^3
 - C. $1,57 \text{ m}^3$
 - D. $0,5 \text{ m}^3$

Problème 3 : Challenge (6 points)

Les sapeurs-pompiers décident de se mesurer les uns aux autres sur la piste d'athlétisme vue dans le problème 2.



- 10) Quel est le périmètre de cette piste arrondi au mètre ?
- A. 560 m
 - B. 603 m
 - C. 660 m
 - D. 674 m
- 11) Ils décident de se tester sur un 400 m. Le premier coureur met 1 minute et 30 secondes. Quelle est alors sa vitesse moyenne ?
- A. 10 km/h
 - B. 12 km/h
 - C. 14 km/h
 - D. 16 km/h
- 12) Un deuxième coureur indique qu'il court à 15 km/h. En combien de temps va-t-il réaliser les 400 m ?
- A. 1 min 20 s
 - B. 1 min 28 s
 - C. 1 min 36 s
 - D. 1 min 50 s
- 13) Quelques jours plus tard, le deuxième coureur réduit son temps de course de 5 %. Quel est alors son temps de course sur 400 m arrondi à la seconde ?
- A. 1 min 15 s
 - B. 1 min 31 s
 - C. 1 min 45 s
 - D. 1 min 23 s