



# MISS STEM CAMEROUN 2026

SCIENCE • TECHNOLOGY • ENGINEERING • MATHEMATICS

## LIVRET DE PRÉPARATION



## CONCOURS MISS STEM CAMEROUN

ÉDITION 2026



[www.promomaths.com](http://www.promomaths.com)



[contact@promomaths.com](mailto:contact@promomaths.com)



Whatsapp  
+237 694965454

# CONCOURS MISS STEM CAMEROUN

Édition 2026

---

## LIVRET DE PRÉPARATION

À l'Épreuve de Qualification et à celles de la Finale



Comité d'Organisation MISS STEM  
Yaoundé, Cameroun

Supervision générale : Adrien BENYOMO

## Informations importantes

Le concours **MISS STEM CAMEROUN** est une compétition d'excellence nationale conçue sur le modèle d'un tétrathlon scientifique. Pour prétendre à la prestigieuse couronne, chaque candidate devra faire preuve de polyvalence en se mesurant à quatre domaines fondamentaux et complémentaires :

- **Mathématiques** : axées sur les quatre piliers olympiques que sont l'Algèbre, la Théorie des nombres, la Géométrie et l'Analyse combinatoire.
- **Programmation informatique** : en langage Python ou C++, pour évaluer la maîtrise algorithmique.
- **Dessin technique** : pour la vision spatiale, la projection et la précision géométrique.
- **Analyse de texte technologique** : pour la culture d'ingénierie et la restitution critique.

Le parcours vers la victoire s'articule en deux grandes étapes distinctes : la phase de qualification et la phase finale.

### 1. L'Épreuve de Qualification

Les qualifications reposent sur une **épreuve écrite unique en 3h**, structurée en quatre parties indépendantes, correspondant aux domaines clés du concours :

- **Mathématiques** : 10 QCM
- **Programmation informatique** : 10 QCM (Sans ordinateur)
- **Dessin technique** : 10 QCM
- **Ingénierie** : 10 QCM

#### Barème et Système de Notation Réglementaire

L'ensemble de l'épreuve est composé de 40 questions, évaluées selon un système de notation rigoureux sur un total de **40 points** :

- ◇ **+1,0 point** pour chaque réponse exacte ;
- ◇ **-0,5 point** pour chaque mauvaise réponse (pénalisation pour choix erroné) ;
- ◇ **0,0 point** en cas d'absence de réponse (question non traitée).

### 2. La Phase Finale

En finale, les candidates qualifiées aborderont **quatre épreuves distinctes et approfondies**, notées chacune sur **40 points**. Le niveau d'exigence et l'endurance intellectuelle y sont renforcés à travers des formats et des durées spécifiques :

- **Mathématiques** : Épreuve de réflexion de **3 heures** ;
- **Programmation informatique** : Épreuve pratique ou algorithmique de **3 heures** ;
- **Dessin technique** : Épreuve d'application de **2 heures** ;
- **Compréhension de texte technologique** : Épreuve d'analyse de **2 heures**.

Par la diversité même de ces matières, chaque candidate abordera ce concours avec ses propres forces et ses zones de fragilité ; aucune d'entre elles ne peut prétendre maîtriser d'emblée l'intégralité de ces disciplines de pointe. La clé du succès réside donc dans la préparation méthodique, l'ouverture d'esprit et l'effort d'apprentissage consenti pour explorer ou approfondir un domaine nouveau. Ce livret a été spécifiquement conçu pour vous guider, pas à pas, dans cette magnifique démarche de dépassement de soi.

Nous formulons nos vœux de réussite les plus chaleureux à toutes les candidates des dix régions du Cameroun qui parcourront ce livret et qui auront l'audace de relever ce grand défi scientifique face aux meilleures lycéennes du pays.

## 0.1 Exemple d'épreuve de qualification

## Conditions de l'épreuve

40 QCM. 1pt pour une bonne réponse,  $-0.5pt$  pour un mauvais choix et 0pt pour une abstention.  
Durée : 3 heures.

## Partie Mathématiques

**Question 1 :** Soit  $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  une fonction vérifiant l'équation fonctionnelle suivante pour tout  $x \in \mathbb{R}$  :

$$f(x - f(x)) + 3f(x) = 2x^3 - 4x + 7$$

Déterminer la valeur exacte de  $f(x)$ .

- A)  $x^5 + 3x - 2$
- B)  $-2x + 3$
- C)  $x^2 + 1$
- D)  $x^2 + x - 1$
- E)  $x^3 + 2x + 1$

**Question 2 :** Lequel des Polynômes suivants vérifie simultanément :  $P(1) = 2; P(2) = 3; P(3) = 4$  et  $P(4) = 11$  ?

- A)  $x + 1$
- B)  $x^2 - 2x + 3$
- C)  $x^3 - 6x^2 + 12x - 5$
- D)  $x^4 - 6x^3 - 5x + 1$
- E)  $x^5 - 6x^4 + 12x^3 - 11x^2 + 12x - 5$

**Question 3 :** Quel est le coefficient de  $x^7$  dans le développement de l'expression polynomiale suivante :

$$P(x) = (1 + x)^3(1 + x^2)^4(1 + x^4)^5$$

- A) 45
- B) 72
- C) 83
- D) 95
- E) 120

**Question 4 :** Quel est le chiffre des unités de l'entier  $7^{4056}$  dans sa notation décimale ?

- A) 7
- B) 9
- C) 3
- D) 1
- E) 5

**Question 5 :** Déterminer la plus petite solution strictement supérieure à 100 du système de congruences suivant :

$$\begin{cases} x \equiv 2 \pmod{7} \\ x \equiv 3 \pmod{5} \end{cases}$$

- A) 103

- B) 107
- C) 113
- D) 128
- E) 143

**Question 6 :** Soit un triangle  $ABC$  tel que  $\angle ABC = 45^\circ$  et  $\angle ACB = 30^\circ$ . Soit  $D$  le point d'intersection de la bissectrice de  $\angle BAC$  avec le côté  $BC$ . On trace la perpendiculaire à  $AC$  passant par  $D$ , qui coupe  $AC$  en  $E$ . Quelle est la mesure de l'angle  $\angle CDE$  ?

- A)  $45^\circ$
- B)  $60^\circ$
- C)  $30^\circ$
- D)  $75^\circ$
- E)  $15^\circ$

**Question 7 :** Soit  $\Gamma$  un cercle de diamètre  $AB$ , de centre  $O$ . On considère deux points  $P$  et  $Q$  extérieurs au cercle tels que les droites  $(AP)$  et  $(BQ)$  se coupent en un point  $R$  situé sur le cercle  $\Gamma$ . Si la puissance de  $P$  par rapport à  $\Gamma$  est rigoureusement égale à la puissance de  $Q$  par rapport à  $\Gamma$ , quel est la nature du triangle  $OQP$  ?

- A) Triangle rectangle en  $O$
- B) Triangle isocèle en  $O$
- C) Triangle équilatérale
- D) Triangle scalène
- E) On ne peut pas trouver avec précision

**Question 8 :** On demande à des élèves d'une classe de choisir 1, 2 ou 3 langues étrangères parmi l'Allemand, L'Espagnol, et le Chinois. 8 élèves choisissent les 3, 15 choisissent l'allemand et l'espagnol, 13 l'espagnol et l'allemand, 11 le chinois et l'allemand, 9 seulement l'allemand, 13 seulement l'espagnol et 20 seulement le chinois. Sachant que tout le monde à fait son choix d'au moins une langue, combien y a t-il d'élèves dans la salle ? .

- A) 89
- B) 100
- C) 60
- D) 120
- E) 65

**Question 9 :** Un sac contains 10 jetons numérotés de 1 à 10. On tire simultanément 3 jetons du sac. Combien de tirages différents permettent d'obtenir une somme des numéros qui soit un multiple de 3 ?

- A) 30
- B) 40
- C) 44
- D) 42
- E) 120

**Question 10 :** Déterminer le nombre exact de couples d'entiers naturels  $(x, y)$  qui vérifient l'équation diophantienne suivante :

$$x^2 - y^2 = 2024$$

- A) 4
- B) 8
- C) 2
- D) 0
- E) 16

## Partie Programmation informatique

Analysez attentivement les codes sources proposés ci-dessous (l'algorithme en Python à gauche et son équivalent en C++ à droite).

Déterminez avec exactitude la valeur numérique ou l'affichage final généré par l'exécution de ces programmes, en vous basant sur votre lecture du script.

### Consignes aux candidates :

#### Problème 1.

Version Python :

```
terme = 10
raison = 7
for i in range(1, 100):
    terme = terme + raison
print(terme)
```

Version C++ :

```
#include <iostream>
int main() {
    double terme = 10;
    double raison = 7;
    for(int i = 1; i < 100; i++) {
        terme = terme + raison;
    }
    std::cout << terme;
}
```

Qu'affiche ce programme en sortie ?

- A)  $10 \times 7^{100}$     B) 703    C) 717    D)  $7 \times 10^{99}$     E) 710

#### Problème 2.

Version Python :

```
for x in range(20):
    for y in range(20):
        if x + y == 15 and 2*x + 4*y == 40:
            print(f"{x};{y}")
```

Version C++ :

```
#include <iostream>
int main() {
    for(int x=0; x<20; x++) {
        for(int y=0; y<20; y++) {
            if(x+y == 15 && 2*x + 4*y == 40) {
                std::cout << x << ";" << y;
            }
        }
    }
}
```

Qu'affiche ce programme en sortie ?

- A) 5;10    B) 10;5    C) 7;8    D) 8;7    E) 0;15

#### Problème 3.

Version Python :

```
import math
x = 2
resultat = x**2 + math.sqrt(2 + x)
print(int(resultat))
```

Version C++ :

```
#include <iostream>
#include <cmath>
int main() {
    double x = 2;
    double res = pow(x, 2) + sqrt(2 + x);
    std::cout << (int)res;
}
```

Qu'affiche ce programme en sortie ?

- A) 4    B) 5    C) 6    D) 8    E) 2

**Problème 4.**

Version Python :

```
L = 19
l = 7
valeur = 2 * (L + l)
print(valeur)
```

Version C++ :

```
#include <iostream>
int main() {
    int L = 19, l = 7;
    int valeur = 2 * (L + l);
    std::cout << valeur;
}
```

Qu'affiche ce programme en sortie ?

- A) 26                      B) 52                      C) 133                      D) 45                      E) 38

**Problème 5.**

Version Python :

```
T = [12.5, 4.0, 19.5, 7.2, 15.0,
     22.1, 8.3, 14.6, 3.1, 11.8]
v = T[0]
for x in T:
    if x > v:
        v = x
print(v)
```

Version C++ :

```
#include <iostream>
int main() {
    double T[10] = {12.5, 4.0, 19.5, 7.2,
                   15.0, 22.1, 8.3, 14.6,
                   3.1, 11.8};
    double v = T[0];
    for(int i=0; i<10; i++) {
        if(T[i] > v) v = T[i];
    }
    std::cout << v;
}
```

Qu'affiche ce programme en sortie ?

- A) 12.5                      B) 19.5                      C) 22.1                      D) 3.1                      E) 15.0

**Problème 6.**

Version Python :

```
v = 6
c = 0
while v != 1:
    c += 1
    if v % 2 == 0:
        v = v // 2
    else:
        v = 3 * v + 1
print(c)
```

Version C++ :

```
#include <iostream>
int main() {
    int v = 6, c = 0;
    while(v != 1) {
        c++;
        if(v % 2 == 0) v = v / 2;
        else v = 3 * v + 1;
    }
    std::cout << c;
}
```

Qu'affiche ce programme en sortie ?

- A) 3                      B) 5                      C) 6                      D) 8                      E) 10

**Problème 7.**

Version Python :

```
A = [0, 2, 5, 3, 8]
M = [0] * 5
M[1] = A[1]
for i in range(2, 5):
    M[i] = A[i] + min(M[i-1], M[i-2])
print(M[4])
```

Version C++ :

```
#include <iostream>
#include <algorithm>
int main() {
    int A[5] = {0, 2, 5, 3, 8};
    int M[5] = {0};
    M[1] = A[1];
    for(int i = 2; i < 5; i++) {
        M[i] = A[i] + std::min(M[i-1], M[i-2]);
    }
    std::cout << M[4];
}
```

Qu'affiche ce programme en sortie ?

- A) 18                      B) 10                      C) 13                      D) 11                      E) 15

**Problème 8.**

Version Python :

```
K = [10, 5, 2, 1]
s = 28
r = 0
for x in K:
    r += s // x
    s = s % x
print(r)
```

Version C++ :

```
#include <iostream>
int main() {
    int K[4] = {10, 5, 2, 1};
    int s = 28, r = 0;
    for(int i = 0; i < 4; i++) {
        r += s / K[i];
        s = s % K[i];
    }
    std::cout << r;
}
```

Qu'affiche ce programme en sortie ?

- A) 4                      B) 5                      C) 6                      D) 7                      E) 8

**Problème 9.**

Version Python :

```
g = 0
d = 15
c = 0
while g <= d:
    c += 1
    m = (g + d) // 2
    if m == 11:
        break
    elif m < 11: g = m + 1
    else: d = m - 1
print(c)
```

Version C++ :

```
#include <iostream>
int main() {
    int g = 0, d = 15, c = 0;
    while(g <= d) {
        c++;
        int m = (g + d) / 2;
        if(m == 11) break;
        else if(m < 11) g = m + 1;
        else d = m - 1;
    }
    std::cout << c;
}
```

Qu'affiche ce programme en sortie ?

- A) 1                      B) 2                      C) 3                      D) 4                      E) 5

Problème 10.

Version Python :

```
V = [1, 3, 5, 7, 9]
n = len(V)
for i in range(n // 2):
    V[i], V[n - 1 - i] = V[n - 1 - i], V[i]
print(V[1])
```

Version C++ :

```
#include <iostream>
int main() {
    int V[5] = {1, 3, 5, 7, 9};
    int n = 5;
    for(int i = 0; i < n / 2; i++) {
        int t = V[i];
        V[i] = V[n - 1 - i];
        V[n - 1 - i] = t;
    }
    std::cout << V[1];
}
```

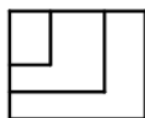
Qu'affiche ce programme en sortie ?

- A) 1                      B) 3                      C) 5                      D) 7                      E) 9

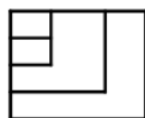
Partie Dessin Technique

Pour chaque pièce donnée, identifiez la bonne vue.

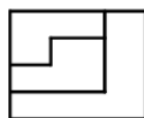
**Attention ! Dans ce qui suit, les représentations des vues suivent le système anglo-saxon** (c'est-à-dire que la vue de gauche est à gauche de la vue de face, la vue de droite est à droite de la vue de face, la vue de dessus, au-dessus de la vue de face,...)



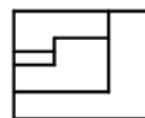
(a)



(b)



(c)

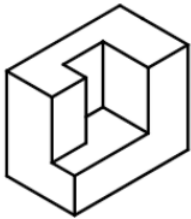
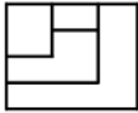
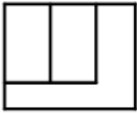
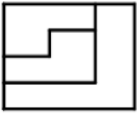
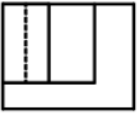


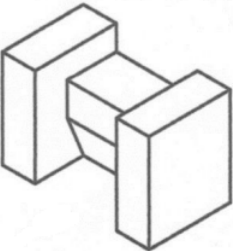


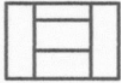
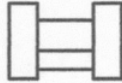
(d)

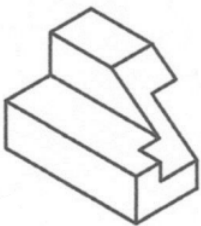
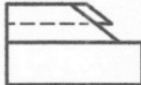
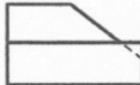


**Pas de bonne réponse**


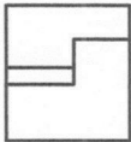
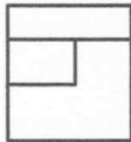
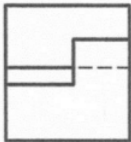
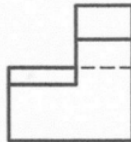
(e)






1.

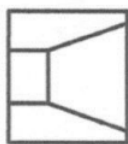
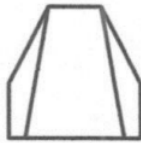

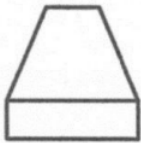

2.  (a)  (b)  (c)  (d)  (e) **il n'y a pas la bonne reponse**

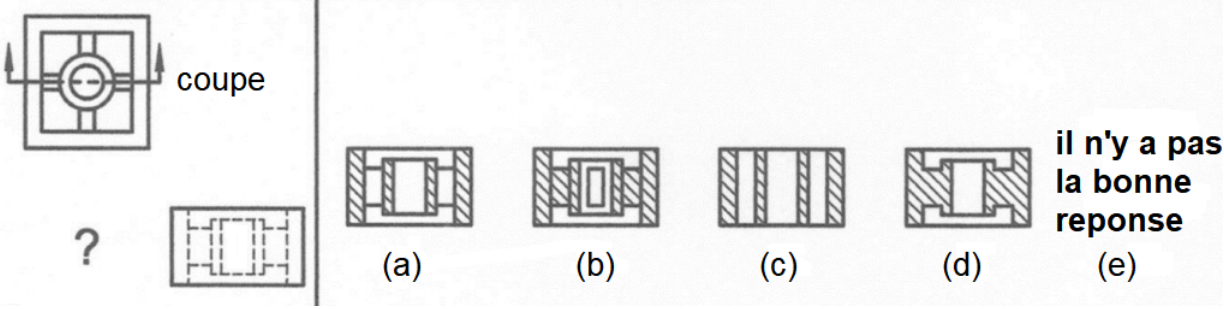
3.  (a)  (b)  (c)  (d)  (e) **il n'y a pas la bonne reponse**

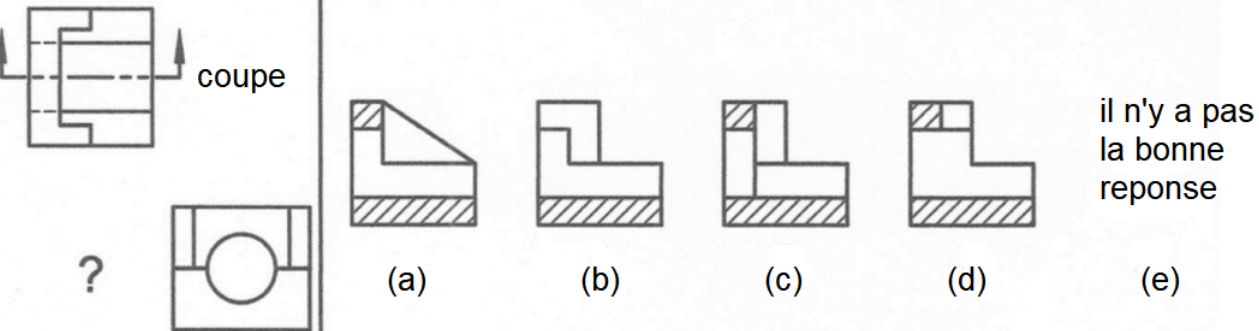
4.  (a)  (b)  (c)  (d)  (e) **il n'y a pas de bonne reponse**

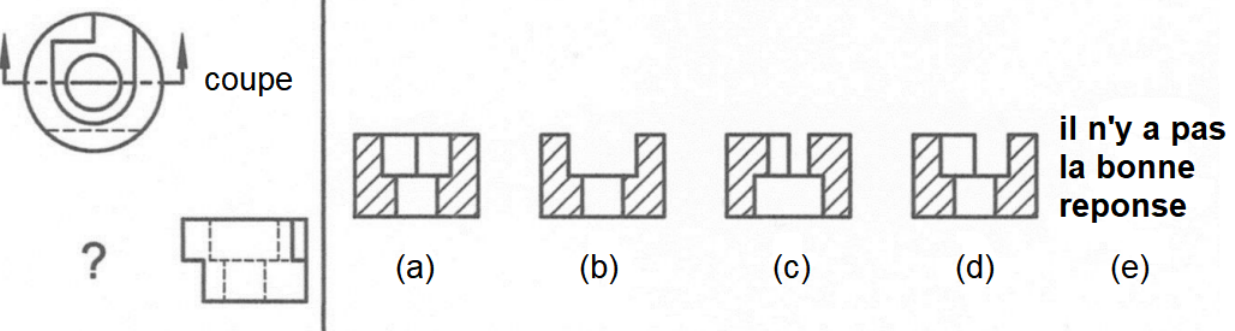
5.  (a)  (b)  (c)  (d)  (e) **il n'y a pas la bonne reponse**

6.  ?  (a)  (b)  (c)  (d) (e) **il n'y a pas la bonne reponse**

7.  ?  (a)  (b)  (c)  (d) (e) **il n'y a pas la bonne reponse**

8. 

9. 

10. 

Partie Compréhension de texte

FICHE TECHNIQUE : La fabrication des boîtes de lait dans une usine automatisée

Dans une usine moderne, la fabrication en série des boîtes de lait de forme cylindrique utilise des plaques de métal très fines appelées « fer-blanc » (de l'acier recouvert d'une couche d'étain). Ces plaques ont une épaisseur de **0,20 mm**.

La chaîne de production réalise trois étapes successives :

1. **Le découpage et la mise en forme** : Une machine découpe d'abord des rectangles de métal d'une longueur exacte de **230 mm**. Une seconde machine enroule ensuite chaque rectangle pour former le tube cylindrique de la boîte, et les deux bords sont soudés ensemble électriquement.
2. **L'assemblage du fond** : Un disque de métal, qui servira de fond à la boîte, est fixé au tube cylindrique par une opération mécanique de pliage étanche (appelée sertissage). Pour garantir la solidité de la boîte, les pistons de la machine exercent une pression d'air comprimé constante réglée à **6 bars**.
3. **Le contrôle qualité par caméra** : À la fin de la chaîne, chaque boîte passe devant une caméra ultra-rapide reliée à un ordinateur. Un logiciel mesure le diamètre extérieur de la boîte : la valeur idéale attendue est de **73 mm**, avec une marge d'erreur acceptée (tolérance) de seulement  $\pm 0,05$  mm. Tout diamètre en dehors de cette marge est automatiquement rejeté.

A. Questions de lecture directe (Trouver l'info dans la fiche technique)

- Q1. Quelle est l'épaisseur de la plaque de métal (fer-blanc) utilisée pour fabriquer les boîtes ?  
 (a) 0,05 mm

- (b) 0,20 mm
  - (c) 0,50 mm
  - (d) 73 mm
  - (e) 230 mm
- Q2.** À quelle pression d'air comprimé la machine règle-t-elle ses pistons pour fixer le fond de la boîte ?
- (a) 2 bars
  - (b) 3 bars
  - (c) 5 bars
  - (d) 6 bars
  - (e) 73 bars
- Q3.** Quelle est la marge d'erreur (tolérance) acceptée par l'ordinateur sur le diamètre de la boîte ?
- (a)  $\pm 0,01$  mm
  - (b)  $\pm 0,05$  mm
  - (c)  $\pm 0,10$  mm
  - (d)  $\pm 0,20$  mm
  - (e)  $\pm 0,50$  mm
- Q4.** Quelle est la longueur du rectangle de métal découpé au tout début de la chaîne ?
- (a) 0,20 mm
  - (b) 6 mm
  - (c) 50 mm
  - (d) 73 mm
  - (e) 230 mm
- Q5.** Quel outil l'usine utilise-t-elle à la toute fin de la chaîne pour mesurer et contrôler la forme des boîtes ?
- (a) Une cisaille mécanique
  - (b) Des pistons pneumatiques
  - (c) Une caméra ultra-rapide reliée à un ordinateur
  - (d) Une machine à souder électrique
  - (e) Des rouleaux enrouleurs

**B. Questions de réflexion et de logique scientifique**

- Q6.** La caméra mesure une boîte et trouve un diamètre extérieur de **73,04 mm**. Quelle décision l'ordinateur va-t-il prendre ?
- (a) Il jette la boîte car elle dépasse 73,02 mm.
  - (b) Il accepte la boîte car sa taille reste dans la marge d'erreur autorisée (entre 72,95 mm et 73,05 mm).
  - (c) Il renvoie la boîte au début de la chaîne pour être ré-enroulée.
  - (d) Il arrête complètement toute l'usine pour qu'on revoie les paramètres d'usinage.
  - (e) Il accepte la boîte mais ralentit la vitesse du tapis roulant.
- Q7.** Le diamètre de la boîte est de 73 mm. En utilisant la formule mathématique du périmètre d'un cercle ( $P = \pi \times \text{Diamètre}$ ), pourquoi les ingénieurs coupent-ils le rectangle à une longueur de 230 mm plutôt qu'à 220 mm ?
- (a) Parce que le périmètre pur fait environ 229,3 mm, et les 230 mm permettent d'avoir un petit morceau supplémentaire pour superposer et souder les bords.
  - (b) Parce que le rectangle doit faire exactement trois fois le diamètre de la boîte.
  - (c) Parce que le métal rétrécit de moitié lorsqu'on l'enroule.
  - (d) Pour permettre à la caméra de mieux voir la boîte.
  - (e) Pour réduire la pression d'air des pistons de la machine.

- Q8.** Si l'usine reçoit par erreur des plaques de métal deux fois plus épaisses (0,40 mm au lieu de 0,20 mm), quel problème physique cela va-t-il poser à la machine qui plie le fond de la boîte ?
- (a) La machine n'aura plus besoin d'exercer de force car le métal sera plus lourd.
  - (b) Aucun problème, la force nécessaire pour plier le métal reste toujours la même.
  - (c) Le métal sera beaucoup plus rigide et difficile à plier, ce qui demandera une force mécanique bien plus grande.
  - (d) La machine va se transformer automatiquement en caméra de contrôle.
  - (e) Le métal va fondre tout seul à cause du poids de la plaque.
- Q9.** En chimie et en ingénierie, pourquoi utilise-t-on de l'acier recouvert d'une fine couche d'étain (fer-blanc) plutôt que du fer ou de l'acier pur pour fabriquer une boîte de lait ?
- (a) Pour que la boîte brille plus devant la caméra de contrôle.
  - (b) Pour créer une couche protectrice qui empêche le fer de rouiller au contact de l'humidité et du lait, protégeant ainsi la santé des consommateurs.
  - (c) Pour diminuer le diamètre de la boîte et la rendre plus petite.
  - (d) Pour rendre le métal transparent afin de voir le lait à travers la boîte.
  - (e) Pour supprimer le besoin d'utiliser de l'électricité dans l'usine.
- Q10.** Pourquoi est-il indispensable que la machine qui fixe le fond exerce une pression d'air forte et bien réglée (6 bars) ?
- (a) Pour aider l'ordinateur à calculer les dimensions de la boîte plus rapidement.
  - (b) Pour que le métal soit plié de façon totale et uniforme, garantissant que la boîte soit parfaitement hermétique (pas de fuite de lait et aucune entrée de microbes).
  - (c) Pour forcer l'épaisseur de la boîte à changer au cours de l'assemblage.
  - (d) Pour refroidir le métal après l'étape de soudure électrique.
  - (e) Pour modifier la couleur de la boîte avant son emballage final.

0.2 Exemple des quatre épreuves de la finale

Épreuve de Mathématiques : 3h (sur 40pts)

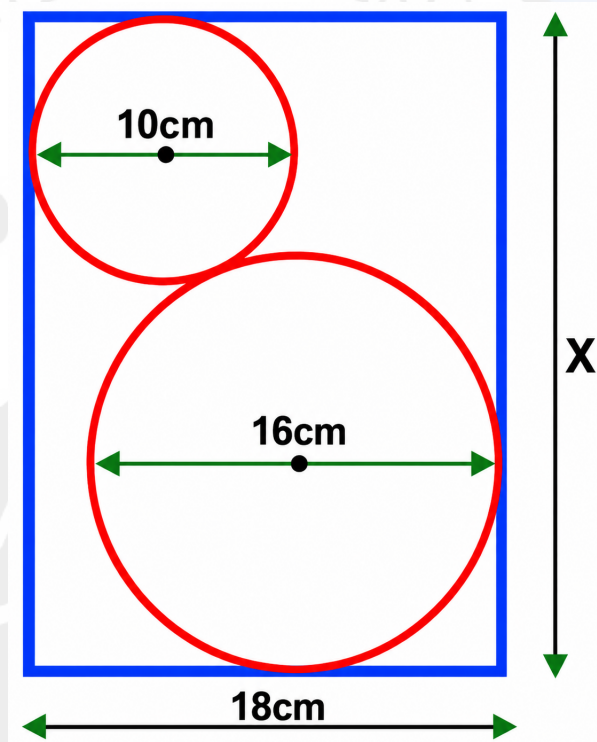
Chaque candidate est invitée à résoudre chacun de ces 8 problèmes. L'usage d'une calculatrice n'est pas autorisé.

Le premier exercice d'un thème est noté sur 3pts et le second sur 7pts.

Il est très important de justifier les réponses. Il faut éviter les affirmations.

Consignes majeures :

Problème 1 : Géométrie 1 : Trouver la valeur de  $x$  :



Problème 2 : Géométrie 2 : Le triangle  $T_1$  a des côtés de longueur  $a_1, b_1$  et  $c_1$  ; son aire est  $K_1$ .  
 Le triangle  $T_2$  a des côtés de longueur  $a_2, b_2$  et  $c_2$  ; son aire est  $K_2$ .  
 Le triangle  $T_3$  a des côtés de longueur  $a_1 + a_2, b_1 + b_2$  et  $c_1 + c_2$  ; Son aire est  $K_3$ .  
 Démontrer que :

$$\sqrt{K_1} + \sqrt{K_2} \leq \sqrt{K_3}$$

Problème 3 : Algèbre 1 : Trouver la valeur de  $x$  telle que :  $81^{\sin^2 x} + 81^{\cos^2 x} = 30$

Problème 4 : Algèbre 2 :  $p, q$  et  $r$  sont les racines distinctes du polynôme :  $x^3 - 22x^2 + 80x - 67$ .  
 On sait qu'il existe des nombres réels  $A, B$  et  $C$  tels que :  
 $\frac{1}{x^3 - 22x^2 + 80x - 67} = \frac{A}{s-p} + \frac{B}{s-q} + \frac{C}{s-r}$  pour tous les  $s \notin \{p, q, r\}$ .  
 Quelle est la valeur du nombre suivant ?  $\frac{1}{A} + \frac{1}{B} + \frac{1}{C}$

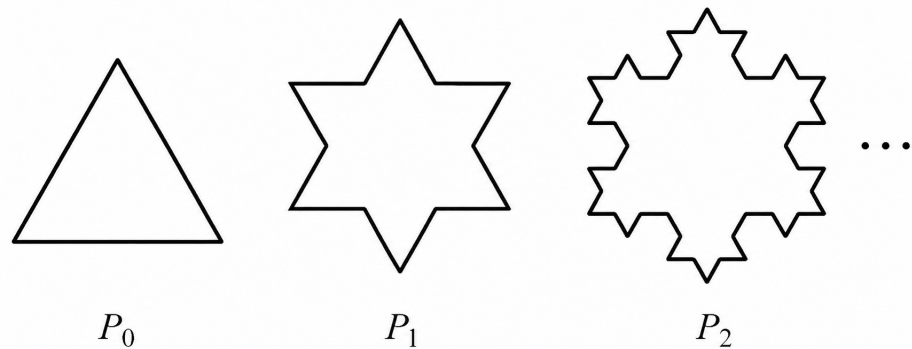
Problème 5 : Théorie des nombres 1 : Sans utiliser les logarithmes, calculer  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b}$ , si  $a$  et  $b$  sont deux réels strictement positifs qui vérifient :  $7^a = 8^b = 56$

Problème 6 : Théorie des nombres 2 : Un entier naturel  $a$  est appelé un « nombre chanceux » si la somme de ses chiffres est égale à 7. On range tous les « nombres chanceux » dans l'ordre croissant pour obtenir une suite  $a_1, a_2, \dots$ .  
 Si  $a_n = 2005$ , déterminer la valeur exacte de  $a_{5n}$ .

**Problème 7 : Analyse combinatoire 1 :** Un nombre  $N$  s'écrit  $abcd$  en base 10, avec  $a \neq 0$ . Combien y'a-t-il de nombre  $N$  tels que :

- ◊  $400 \leq N \leq 6000$
- ◊  $N$  est un multiple de 5
- ◊  $3 \leq b < c \leq 6$

**Problème 8 : Analyse combinatoire 2 :** Comme indiqué sur le schéma, on considère une suite de courbes  $P_0, P_1, P_2, \dots$ . On sait que la région délimitée par  $P_0$  a une aire égale à 1 et que  $P_0$  est un triangle équilatéral. On obtient la courbe  $P_{k+1}$  à partir de  $P_k$  en effectuant l'opération suivante : on divise chaque côté de  $P_k$  en trois segments égaux (trisection), puis on construit un triangle équilatéral orienté vers l'extérieur sur le segment central de chaque côté, et enfin on supprime ce segment central ( $k = 0, 1, 2, \dots$ ). On note  $S_n$  l'aire de la région délimitée par la courbe  $P_n$ . Trouver une formule pour le terme général de la suite de nombres  $\{S_n\}$ ; Déterminer  $\lim_{n \rightarrow \infty} S_n$ .



**Épreuve de programmation informatique : 3h (sur 40pts)**

**Problème 1 : Résolution d'un système d'équations [5 pts]**

Résoudre le système d'équations suivant dans  $\mathbb{R}^2$  :

$$\begin{cases} xy + y^2 = 117 \\ x^2y - x = 140 \end{cases}$$

**Problème 2 : Somme des nombres triangulaires [5 pts]**

On donne la suite de termes généraux  $T_0 = 0, T_1 = 1, T_2 = 1+2, T_3 = 1+2+3, \dots, T_n = 1+2+3+\dots+n$ . Calculer la valeur exacte de la somme cumulative suivante :

$$\sum_{k=1}^{100} T_k$$

**Problème 3 : Intersection géométrique de fonctions [5 pts]**

Trouver les coordonnées cartésiennes précises du point d'intersection des courbes représentatives des fonctions  $f$  et  $g$  définies par :

$$f(x) = \sqrt{4 + x^5} \quad \text{et} \quad g(x) = 12 - 7x + x^3$$

**Problème 4 : Décryptage logico-arithmétique du coffre [5 pts]**

Pour ouvrir ce coffre et remporter l'épreuve, la candidate doit d'terminer l'unique code à 6 chiffres  $\overline{d_1d_2d_3d_4d_5d_6}$  vérifiant simultanément les 5 contraintes suivantes :

- a) **Bloc des deux premiers chiffres :** Le nombre formé par  $\overline{d_1d_2}$  est un nombre premier inférieur à 50 dont le chiffre des unités est impair et dont la somme des chiffres est égale à 4.

- b) **Troisième chiffre** :  $d_3$  est le seul chiffre pair strictement positif qui est égal à la somme de ses diviseurs stricts (un nombre parfait).
- c) **Quatrième chiffre** :  $d_4$  est le reste de la division euclidienne du nombre à trois chiffres  $\overline{d_1d_2d_3}$  par 9.
- d) **Bloc des deux derniers chiffres** : Le cinquième chiffre est strictement supérieur au sixième ( $d_5 > d_6$ ) et leur produit est égal à 12 ( $d_5 \times d_6 = 12$ ).
- e) **Propriétés globales** : Le code complet à 6 chiffres est un multiple de 11, et la somme totale de tous ses chiffres est un nombre impair.

**Problème 5 : Suite récursive d'ordre général triple [5 pts]**

Soit  $f$  une fonction définie sur l'ensemble des entiers naturels  $\mathbb{N}$  par les relations suivantes :

- $f(0) = 1$
- Pour tout entier naturel  $n$  :

$$\begin{aligned} f(3n) &= f(n) + 16 \\ f(3n + 1) &= f(n) - 4 \\ f(3n + 2) &= f(n) + 10 \end{aligned}$$

Calculer la valeur exacte du terme  $f(1\,000\,000)$ .

**Problème 6 : Recherche du plus court chemin (Algorithme de Dijkstra) [5 pts]**

Le tableau ci-dessous modélise les distances routières interconnectant 12 localités distinctes nommées  $A_1, A_2, \dots, A_{12}$ . Les liaisons sont toutes bidirectionnelles. Calculer la distance totale minimale pour relier la localité  $A_1$  à la localité  $A_{12}$ .

Départ	Arrivée	Distance (km)	Nature de la liaison
$A_1$	$A_2$	25 km	Ligne principale
$A_2$	$A_3$	15 km	Ligne principale
$A_3$	$A_4$	30 km	Ligne principale
$A_4$	$A_5$	18 km	Ligne principale
$A_5$	$A_6$	22 km	Ligne principale
$A_6$	$A_7$	40 km	Ligne principale
$A_7$	$A_8$	12 km	Ligne principale
$A_8$	$A_9$	28 km	Ligne principale
$A_9$	$A_{10}$	17 km	Ligne principale
$A_{10}$	$A_{11}$	25 km	Ligne principale
$A_{11}$	$A_{12}$	30 km	Ligne principale
Raccourcis & Liaisons Transversales :			
$A_1$	$A_4$	60 km	Raccourci direct
$A_3$	$A_7$	55 km	Ligne transversale
$A_4$	$A_9$	80 km	Grand axe secondaire
$A_6$	$A_{10}$	45 km	Piste de liaison
$A_8$	$A_{12}$	65 km	Autoroute directe

**Problème 7 : Analyse asymptotique d'un produit eulérien premier [5 pts]**

On considère la suite  $(u_n)$  définie pour tout entier  $n \geq 2$  par :

$$u_n = \frac{n}{\pi(n) \cdot \ln(n)} \times \prod_{p \leq n} \left( 1 + \frac{2}{p(p-1)} \right)$$

Où  $\pi(n)$  représente le nombre de nombres premiers inférieurs ou égaux à  $n$ , et le symbole  $\prod_{p \leq n}$  représente le produit associé à tous les nombres premiers  $p$  vérifiant cette borne. Calculer la valeur approchée stabilisée de  $u_n$  à l'étape  $n = 100\,000$ .

**Problème 8 : Modélisation d'un flux hydraulique dynamique [5 pts]**

Un réservoir d'une capacité de  $V_{\text{total}} = 300$  litres est initialement vide.

- Un robinet d'alimentation déverse de l'eau à un flux constant de  $D_{\text{robinet}} = 1.8 \text{ l/s}$ .
- Une perforation à sa base génère une fuite progressive dépendante de la charge d'eau instantanée, définie par la formule :  $D_{\text{fuite}} = 0.05 \times \sqrt{V_{\text{actuel}}}$ .

Déterminer le temps complet d'immersion du réservoir au débit net, mesuré en secondes.



**Épreuve de dessin technique : 2h (sur 40pts)**

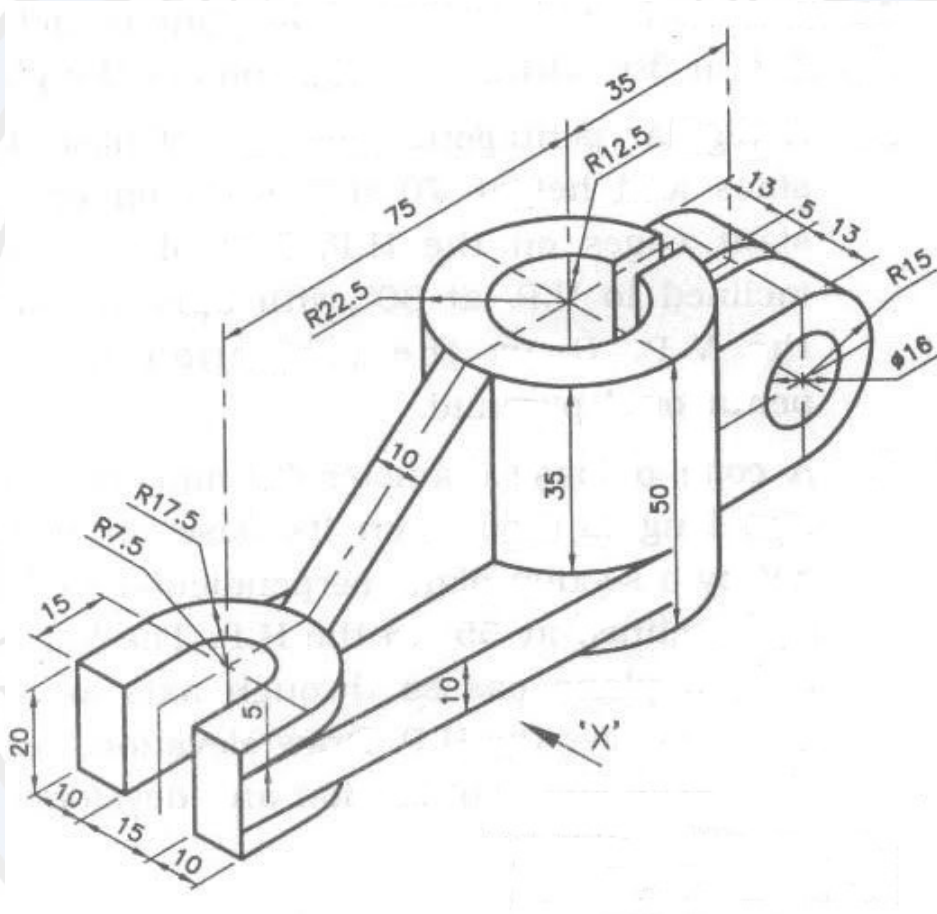
Voici quelques exemples de pièces dont des vues de face, de dessus, de droite, etc., en coupe ou non, qui peuvent être demandées :

**Premier exemple :**

En suivant le système européen, (vue de gauche à droite de la vue de face, vue de droite à gauche de la vue de face, vue de dessus au-dessous de la vue de face) représenter cette pièce en :

- vue de face,
- vue de dessus,
- vue de gauche.

**N.B :** Toutes les mesures sur le dessin sont en *mm.*





## Épreuve de compréhension de texte technologique : 2h (sur 40pts)

### PARTIE I - TEXTE FONDATEUR : L'ingénierie des réseaux énergétiques intelligents et la transition vers le mix renouvelable au Cameroun

#### 1. Introduction et état des lieux du réseau interconnecté

Le développement industriel et technologique d'une nation repose intrinsèquement sur la maturité de l'ingénierie énergétique. Au Cameroun, le paysage électrique est historiquement segmenté en trois réseaux distincts : le Réseau Interconnecté Sud (RIS), le Réseau Interconnecté Nord (RIN) et le Réseau Interconnecté Est (RIE). Cette fragmentation géographique impose de lourds défis logistiques et techniques aux ingénieurs en charge de la répartition des charges (*dispatching*). En 2026, la demande nationale en pointe franchit le cap des 1 400 mégawatts (MW), alors que la capacité installée nominale globale oscille autour de 1 650 MW. Toutefois, la puissance stable effectivement disponible en saison sèche chute fréquemment en dessous de 1 100 MW, provoquant un déséquilibre critique entre l'offre et la demande.

Le mix énergétique camerounais est caractérisé par une hyper-dépendance à l'hydroélectricité, qui représente environ 73% de la production nationale, le reste étant assuré par des centrales thermiques à base de produits pétroliers (fioul lourd et gaz naturel). Si l'hydroélectricité présente l'avantage d'une énergie décarbonée à faible coût d'exploitation, elle souffre d'une forte vulnérabilité climatique due aux variations saisonnières des débits des fleuves. L'ingénierie moderne doit donc répondre à une double problématique : diversifier les sources de production par l'intégration des énergies renouvelables intermittentes (solaire et biomasse) et interconnecter intelligemment les réseaux pour optimiser la distribution de l'énergie sur l'ensemble du territoire national.

#### 2. L'ingénierie hydroélectrique et l'aménagement du bassin de la Sanaga

Le bassin hydrographique de la Sanaga constitue l'épine dorsale de la production d'électricité au Cameroun, concentrant plus de 90% du potentiel hydraulique exploitable du pays. Les aménagements de Song Loulou (384 MW) et d'Édéa (276 MW) ont longtemps constitué les seuls piliers du RIS. Récemment, la mise en service progressive du complexe hydroélectrique de Nachtigal (420 MW) est venue modifier structurellement la donne. D'un point de vue technologique, Nachtigal utilise des turbines de type *Francis* à axe vertical, conçues pour optimiser des hauteurs de chute moyennes (environ 50 mètres) avec des débits volumiques massifs pouvant atteindre 980 m<sup>3</sup>/s.

L'induction électromagnétique, régie par la loi de Faraday, y est exploitée à grande échelle : l'énergie cinétique de l'eau fait tourner le rotor de l'alternateur, dont le champ magnétique tournant induit un courant alternatif triphasé dans les bobines du stator fixe. La tension de sortie des alternateurs, généralement de 15 kilovolts (kV), est immédiatement élevée à 225 kV par des transformateurs de puissance éleveurs de tension afin de minimiser les pertes par effet Joule ( $P = R \cdot I^2$ ) lors du transport de l'énergie sur les lignes à haute tension vers les grands centres de consommation comme Yaoundé et Douala.

Cependant, l'hydroélectricité de la Sanaga dépend cruellement des barrages de retenue et de régulation situés en amont, notamment ceux de Mbakaou, Bamendjin et Mapé. Ces réservoirs accumulent l'eau pendant la saison des pluies pour la relâcher durant la période d'étiage (saison sèche), garantissant un débit minimum régulé de 600 m<sup>3</sup>/s à l'entrée des centrales de production en aval. Malgré cette régulation, les cycles de sécheresse prolongés forcent les ingénieurs à concevoir des solutions de secours et de diversification.

### 3. Le déploiement du solaire photovoltaïque dans le Grand-Nord

Le septentrion camerounais (régions de l'Adamaoua, du Nord et de l'Extrême-Nord), dépendant du RIN, présente les indices d'irradiation solaire les plus élevés du pays, atteignant en moyenne  $5,8 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$ . C'est dans ce contexte que l'ingénierie photovoltaïque a pris son essor avec la construction des parcs solaires de Guider et de Maroua, totalisant une puissance de 30 MW-crête (MWc).

Le principe de fonctionnement repose sur l'effet photovoltaïque externe, découvert par Edmond Becquerel. Les modules sont constitués de cellules de Silicium monocristallin dopées pour créer une jonction P-N. Lorsqu'un photon d'énergie supérieure à la bande interdite (*bandgap*) du Silicium (1,12 eV) frappe la cellule, il arrache un électron, créant ainsi un couple électron-trou. Le champ électrique interne de la jonction pousse les électrons vers la zone N et les trous vers la zone P, générant une différence de potentiel et un courant continu (DC).

L'intégration de cette énergie dans le RIN soulève de grands défis d'ingénierie système :

- a) **La conversion de puissance** : Le courant continu produit doit être transformé en courant alternatif (AC) triphasé synchrone avec la fréquence du réseau (50 Hz). Cette tâche est dévolue à des onduleurs centraux de forte puissance utilisant des transistors de type IGBT commutant à haute fréquence.
- b) **L'intermittence** : La production solaire s'arrête brusquement à la nuit tombée et fluctue rapidement en journée lors des passages nuageux (phénomène de rampe). Pour stabiliser le réseau, les ingénieurs ont déployé un système de stockage par batteries stationnaires Li-FePO<sub>4</sub> (Lithium-Fer-Phosphate) d'une capacité de 20 mégawatts-heures (MWh), géré par un automate de régulation dynamique capable d'injecter de la puissance en moins de 10 millisecondes en cas de chute de fréquence.

### 4. La valorisation de la biomasse et l'agro-ingénierie à l'Est

La région de l'Est Cameroun, couverte par le RIE, dispose d'un gisement biomasse forestier et agricole exceptionnel. L'ingénierie de valorisation thermique s'y développe à travers des centrales de cogénération couplées aux industries de transformation du bois (scieries). Les résidus de biomasse (sciure, écorces, chutes) subissent une combustion complète dans une chaudière industrielle pour produire de la vapeur d'eau à haute pression (45 bars) et haute température (400°C). Cette vapeur est injectée dans une turbine à contre-pression couplée à un alternateur pour produire de l'électricité. Les vapeurs basse pression en sortie de turbine ne sont pas perdues : elles sont redirigées vers les séchoirs à bois de l'usine, optimisant ainsi le rendement thermodynamique global de l'installation selon le principe de la cogénération.

Sur le plan biochimique, la valorisation des déchets municipaux et des déjections d'élevages industriels se fait par méthanisation anaérobie dans des digesteurs étanches. En l'absence d'oxygène, des bactéries méthanogènes dégradent la matière organique en produisant du biogaz composé à environ 60% de méthane ( $CH_4$ ) et 40% de dioxyde de carbone ( $CO_2$ ). Ce biogaz, après épuration (élimination du  $H_2S$  corrosif et de l'humidité), alimente un moteur à combustion interne thermique entraînant un générateur électrique de proximité.

### 5. Les Smart Grids et l'avenir de l'interconnexion nationale

Pour faire cohabiter ces différentes sources d'énergie (hydroélectricité stable, solaire intermittent, biomasse locale et thermique d'appoint), l'implémentation des technologies de réseaux intelligents (*Smart Grids*) est devenue incontournable. L'architecture moderne d'un Smart Grid s'articule autour de trois couches technologiques :

- **La couche physique et de puissance** : Lignes haute tension, transformateurs intelligents équipés de changeurs de prises en charge automatiques, et capteurs PMU (*Phasor Measurement Units*) mesurant en temps réel la tension et la phase du courant à une fréquence de 50 mesures par seconde.
- **La couche de communication (IoT)** : Un réseau maillé de communication utilisant le protocole MQTT pour transmettre les données des capteurs de terrain vers le centre national de conduite. Ce protocole léger, fonctionnant sur un modèle publication-abonnement, garantit une transmission fluide même avec des bandes passantes réduites.
- **La couche logicielle et d'Intelligence Artificielle** : Un système SCADA couplé à un algorithme de prédiction de charge basé sur des architectures de réseaux de neurones de type *Transformers*. Cet algorithme anticipe la demande électrique à 24 heures et ajuste automatiquement le démarrage des centrales thermiques et le stockage des parcs solaires.

Grâce à ces innovations, l'ingénierie des réseaux au Cameroun prépare l'unification ultime du RIS, du RIN et du RIE via la ligne de transport à très haute tension (400 kV) entre Nachtigal et la région de l'Adamaoua, ouvrant la voie à un mix énergétique résilient, moderne et 100% souverain.

## PARTIE II : Questionnaire d'Évaluation (20 Questions)

- Q1.** (*Explicite*) En 2026, à quelle valeur s'élève la demande électrique nationale en pointe au Cameroun d'après le texte ?
- (a) 1 100 MW
  - (b) 1 400 MW
  - (c) 1 650 MW
  - (d) 420 MW
  - (e) 600 MW
- Q2.** (*Explicite*) Quel est le type précis de turbines hydrauliques à axe vertical installé au sein du complexe de Nachtigal ?
- (a) Pelton
  - (b) Kaplan
  - (c) Francis
  - (d) Bulbe
  - (e) Turgo
- Q3.** (*Explicite*) Quelle est la tension nominale de sortie des alternateurs de Nachtigal avant l'élévation par les transformateurs ?
- (a) 15 kV
  - (b) 50 kV
  - (c) 225 kV
  - (d) 400 kV
  - (e) 11 kV
- Q4.** (*Explicite*) Quelle valeur moyenne d'irradiation solaire par jour caractérise la zone septentrionale du Cameroun ?
- (a) 1,12 eV
  - (b) 30 MWc
  - (c) 5,8 kWh/m<sup>2</sup>/jour
  - (d) 20 MWh
  - (e) 50 Hz
- Q5.** (*Explicite*) Quel type de transistors de puissance est utilisé dans les onduleurs centraux pour commuter à haute fréquence ?

- (a) MOSFET  
 (b) JFET  
 (c) IGBT  
 (d) Triac  
 (e) Thyristor
- Q6.** (*Explicite*) Quelle est la technologie chimique spécifique retenue pour les batteries de stockage stationnaires de 20 MWh déployées dans le Nord ?
- (a) Plomb-Acide (Pb)  
 (b) Lithium-Ion classique (LiCoO<sub>2</sub>)  
 (c) Nickel-Cadmium (NiCd)  
 (d) Lithium-Fer-Phosphate (Li-FePO<sub>4</sub>)  
 (e) Sodium-Soufre (NaS)
- Q7.** (*Explicite*) Dans l'agro-ingénierie de la région de l'Est, sous quelles conditions de pression et de température la vapeur d'eau sort-elle de la chaudière à biomasse ?
- (a) 15 bars et 100°C  
 (b) 45 bars et 400°C  
 (c) 225 bars et 600°C  
 (d) 400 bars et 45°C  
 (e) 50 bars et 250°C
- Q8.** (*Explicite*) Quelle est la composition biochimique moyenne approximative du biogaz brut produit par méthanisation anaérobie dans le texte ?
- (a) 100% Méthane (CH<sub>4</sub>)  
 (b) 50% Oxygène (O<sub>2</sub>) et 50% Azote (N<sub>2</sub>)  
 (c) 60% Méthane (CH<sub>4</sub>) et 40% Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)  
 (d) 90% Gaz naturel et 10% Sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S)  
 (e) 40% Méthane (CH<sub>4</sub>) et 60% Monoxyde de carbone (CO)
- Q9.** (*Explicite*) Quel protocole de communication de type publication-abonnement régit la couche IoT de communication des Smart Grids ?
- (a) HTTP  
 (b) SCADA  
 (c) PMU  
 (d) MQTT  
 (e) FTP
- Q10.** (*Explicite*) Quelle architecture de réseau de neurones basée sur les mécanismes d'attention est intégrée au logiciel SCADA de gestion prédictive ?
- (a) Réseaux Convolutifs (CNN)  
 (b) Réseaux Récurrents (RNN)  
 (c) Transformers  
 (d) Perceptrons Multicouches (MLP)  
 (e) Réseaux de Hopfield
- Q11.** (*Déductive*) D'après l'état des lieux présenté dans le texte, quelle affirmation décrit le mieux la situation énergétique lors de la saison sèche au Cameroun ?
- (a) La puissance disponible couvre largement la demande en pointe grâce aux centrales thermiques.  
 (b) Le réseau subit un déficit critique d'au moins 300 MW lors des heures de pointe.  
 (c) La capacité installée nominale globale diminue d'un tiers.  
 (d) Le mix énergétique passe automatiquement à une production à 100% thermique.

- (e) Le Réseau Interconnecté Sud s'arrête de fonctionner au profit du RIE.
- Q12.** (*Déductive*) Pourquoi les ingénieurs élèvent-ils la tension à 225 kV pour transporter l'énergie issue de la centrale de Nachtigal ?
- Pour augmenter la vitesse de déplacement des électrons dans les lignes de cuivre.
  - Pour respecter la loi de Faraday sur la force électromotrice de ligne.
  - Pour diminuer l'intensité du courant à puissance égale et ainsi réduire les pertes thermiques en ligne.
  - Pour transformer directement le courant alternatif en courant continu.
  - Pour contourner la dépendance climatique des barrages de retenue amont.
- Q13.** (*Déductive*) Si le débit volumique à la centrale de Nachtigal atteint sa valeur maximale mentionnée dans le texte, quel volume d'eau traverse les turbines en exactement une minute ?
- 980 m<sup>3</sup>
  - 420 m<sup>3</sup>
  - 58 800 m<sup>3</sup>
  - 600 m<sup>3</sup>
  - 25 200 m<sup>3</sup>
- Q14.** (*Déductive*) Quel est le rôle géostratégique et technique fondamental des barrages de Mbakaou, Bamendjin et Mapé vis-à-vis du complexe de Nachtigal ?
- Ils hébergent les transformateurs élévateurs de tension de 225 kV.
  - Ils convertissent le courant continu des parcs solaires du Grand-Nord.
  - Ils agissent comme des stocks tampons hydriques pour maintenir artificiellement un débit suffisant en saison sèche.
  - Ils captent directement l'irradiation solaire du septentrion.
  - Ils filtrent la sciure et les écorces en provenance de la région de l'Est.
- Q15.** (*Déductive*) Un photon transportant une énergie quantique de 0,95 eV frappe une cellule au Silicium des parcs solaires de Maroua. Que se passe-t-il sur le plan physique ?
- Il crée un couple électron-trou très puissant grâce au dopage de la jonction N.
  - L'électron est arraché mais reste bloqué dans la zone P.
  - Rien ne se passe car l'énergie du photon est inférieure à la bande interdite (*bandgap*) du matériau.
  - Le photon augmente instantanément la fréquence du réseau du RIN au-delà de 50 Hz.
  - Le courant continu (*DC*) bascule instantanément en courant alternatif (*AC*).
- Q16.** (*Déductive*) En analysant le fonctionnement des onduleurs centraux décrits, quel est leur rôle mathématique et physique principal ?
- Modifier la bande interdite du Silicium monocristallin.
  - Elever la puissance continue crête de 30 MWc à 50 MWc.
  - Rendre alternative une grandeur physique initialement continue tout en la synchronisant en fréquence et en phase avec le réseau hôte.
  - Stocker l'excédent d'énergie pour le relâcher la nuit en moins de 10 millisecondes.
  - Purifier le biogaz en éliminant les composés sulfurés corrosifs.
- Q17.** (*Déductive*) Dans le cas des centrales de cogénération à l'Est, pourquoi le rendement thermodynamique global est-il qualifié d'« optimisé » par rapport à une centrale thermique classique ?
- Parce qu'elle utilise des turbines Francis à forte hauteur de chute.
  - Parce que la même source d'énergie thermique primaire produit simultanément deux formes d'énergie utiles (électrique et thermique/calorifique).
  - Parce qu'elle transforme le méthane en dioxyde de carbone pur avant la combustion.
  - Parce qu'elle fonctionne exclusivement sans aucune présence d'oxygène.
  - Parce qu'elle élève directement la tension de ligne à 400 kV.

- Q18.** (*Déductive*) Pourquoi l'épuration du biogaz (élimination de l'humidité et du  $H_2S$ ) est-elle une étape d'ingénierie obligatoire avant son injection dans le moteur thermique ?
- Pour empêcher la multiplication des bactéries méthanogènes anaérobies.
  - Pour garantir que le courant induit respecte strictement la loi d'Ohm.
  - Pour préserver l'intégrité mécanique et chimique du moteur en évitant les phénomènes de corrosion précoce.
  - Pour abaisser la pression de la vapeur d'eau de 45 bars à 1 bar.
  - Pour permettre aux capteurs PMU de mesurer la phase du gaz à 50 Hz.
- Q19.** (*Déductive*) À quoi sert concrètement le déploiement des capteurs PMU (*Phasor Measurement Units*) au niveau de la couche physique des Smart Grids ?
- À réguler la température des séchoirs à bois de la région de l'Est.
  - À assurer la combustion complète de la sciure de bois dans les chaudières.
  - À obtenir une cartographie dynamique et ultrarapide de l'état de stabilité électrique du réseau afin de prévenir les pannes généralisées.
  - À remplacer les lignes à haute tension de 225 kV par des câbles maillés IoT.
  - À détruire les molécules de dioxyde de carbone produites par la méthanisation.
- Q20.** (*Déductive*) Quel objectif technique majeur justifie la création de la future ligne de transport très haute tension de 400 kV entre Nachtigal et l'Adamaoua ?
- Multiplier par deux la fréquence globale du réseau pour atteindre 100 Hz.
  - Permettre le transfert d'énergie massif entre le Sud (RIS) et le Nord (RIN) pour mutualiser les ressources et éliminer la fragmentation.
  - Supprimer définitivement l'usage de la technologie de stockage par batteries Li-FePO4.
  - Forcer le bassin de la Sanaga à couler vers la région de l'Extrême-Nord.
  - Éliminer totalement l'influence de l'effet Joule sur le réseau de distribution de Douala.

## ÉLÉMENTS DE SOLUTIONS

### Correction de l'épreuve de qualification

#### Partie Mathématiques

**Question 1 — Réponse exacte : D** ( $x^2 + x - 1$ )

L'analyse du second membre permet de déduire que le degré de  $f$  ne peut être 1, ni supérieur à 2. Cela réduit les cas à tester : On ne teste que C) et D).

**Question 2 — Réponse exacte : C** ( $x^3 - 6x^2 + 12x - 5$ )

Une des meilleures stratégies est de tester chaque proposition. Etant donné que les 3 premières conditions fonctionnent pour  $x+1$ , une autre méthode consiste à poser :  $P(x) = a(x-1)(x-2)(x-3) + x + 1$ . On injecte  $P(4) = 11$  pour déterminer la valeur de  $a = 1$ .

**Question 3 — Réponse exacte : C** (83)

Vous pouvez développer et réduire posément, pour obtenir :

$$x^{31} + 3x^{30} + 7x^{29} + 13x^{28} + 23x^{27} + 37x^{26} + 57x^{25} + 83x^{24} + 113x^{23} + 147x^{22} + 183x^{21} + 221x^{20} + 255x^{19} + 285x^{18} + 305x^{17} + 315x^{16} + 315x^{15} + 305x^{14} + 285x^{13} + 255x^{12} + 221x^{11} + 183x^{10} + 147x^9 + 113x^8 + 83x^7 + 57x^6 + 37x^5 + 23x^4 + 13x^3 + 7x^2 + 3x + 1$$

Et là, on voit bien que **83** se trouve devant  $x^7$ .

**Une autre façon consiste à analyser :**

L'expression est  $P(x) = (1+x)^3(1+x^2)^4(1+x^4)^5$ . Par la formule du binôme de Newton, le terme général de chaque facteur est respectivement :  $\binom{3}{a}x^a$ ,  $\binom{4}{b}x^{2b}$ , et  $\binom{5}{c}x^{4c}$ . On cherche tous les triplets d'entiers  $(a, b, c)$  tels que  $0 \leq a \leq 3$ ,  $0 \leq b \leq 4$ ,  $0 \leq c \leq 5$  vérifiant l'équation des exposants :

$$a + 2b + 4c = 7$$

Listons les choix possibles pour  $c$  (le coefficient devant la plus grande puissance) :

- Si  $c = 1 : a + 2b = 3$ .
  - Si  $b = 1$ , alors  $a = 1$ . Contribution :  $\binom{3}{1} \binom{4}{1} \binom{5}{1} = 3 \times 4 \times 5 = 60$ .
  - Si  $b = 0$ , alors  $a = 3$ . Contribution :  $\binom{3}{3} \binom{4}{0} \binom{5}{1} = 1 \times 1 \times 5 = 5$ .
- Si  $c = 0 : a + 2b = 7$ .
  - Si  $b = 3$ , alors  $a = 1$ . Contribution :  $\binom{3}{1} \binom{4}{3} \binom{5}{0} = 3 \times 4 \times 1 = 12$ .
  - Si  $b = 2$ , alors  $a = 3$ . Contribution :  $\binom{3}{3} \binom{4}{2} \binom{5}{0} = 1 \times 6 \times 1 = 6$ .

La somme totale des contributions est :  $60 + 5 + 12 + 6 = 83$ .

**Question 4 — Réponse exacte : D (1)**

**Analyse :** Le chiffre des unités d'un nombre en base 10 correspond à son reste modulo 10. Étudions les puissances successives de 7 (mod 10) :

$$7^1 \equiv 7, \quad 7^2 \equiv 9, \quad 7^3 \equiv 3, \quad 7^4 \equiv 1 \pmod{10}$$

Le cycle des restes est donc de longueur 4 (7, 9, 3, 1). Déterminons le reste de la division euclidienne de l'exposant 4056 par 4 :  $4056 = 4 \times 1014$ , donc  $4056 \equiv 0 \pmod{4}$ . Par conséquent,  $7^{4056} \equiv 7^4 \equiv 1 \pmod{10}$ . Le chiffre des unités est 1.

**Question 5 — Réponse exacte : D (128)**

**Analyse :** Nous avons le système :

$$\begin{cases} x \equiv 2 \pmod{7} \\ x \equiv 3 \pmod{5} \end{cases}$$

D'après la deuxième congruence,  $x$  peut s'écrire sous la forme  $x = 5k + 3$ . Substituons cette expression dans la première congruence :

$$5k + 3 \equiv 2 \pmod{7} \iff 5k \equiv -1 \equiv 6 \pmod{7}$$

Multiplions par 3 (l'inverse de 5 modulo 7 car  $3 \times 5 = 15 \equiv 1 \pmod{7}$ ) :

$$k \equiv 18 \equiv 4 \pmod{7}$$

Donc  $k = 7m + 4$ . En remplaçant  $k$ , on obtient la solution générale :

$$x = 5(7m + 4) + 3 = 35m + 23$$

On cherche la plus petite solution strictement supérieure à 100 :

- Pour  $m = 1$ ,  $x = 58 \leq 100$ .
- Pour  $m = 2$ ,  $x = 93 \leq 100$ .
- Pour  $m = 3$ ,  $x = 35(3) + 23 = 105 + 23 = 128$ .

La réponse est 128.

**Question 6 — Réponse exacte : B (60°)**

Considérons le triangle rectangle  $DEC$ . Par construction, la droite  $(DE)$  est perpendiculaire à la droite  $(AC)$ , ce qui implique que le triangle  $DEC$  est rectangle en  $E$ . Dans tout triangle rectangle, la somme des deux angles aigus est égale à  $90^\circ$ . Ici, l'angle  $\angle ECD$  est confondu avec l'angle  $\angle ACB$  du triangle initial, dont la mesure est donnée par l'énoncé :  $\angle ACB = 30^\circ$ . Par conséquent, dans le triangle  $DEC$  rectangle en  $E$  :

$$\angle CDE = 90^\circ - \angle ECD = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

Remarque : Les données concernant l'angle  $\angle ABC = 45^\circ$  et la bissectrice  $AD$  ne servent pas au calcul direct de cet angle, c'est un piège classique d'olympiade pour tester la focalisation géométrique de

l'élève.

**Question 7 — Réponse exacte : B (Triangle isocèle en O)**

La puissance d'un point quelconque  $M$  par rapport à un cercle  $\Gamma$  de centre  $O$  et de rayon  $R$  est définie par la formule métrique  $\mathcal{P}(M) = OM^2 - R^2$ . L'énoncé stipule que la puissance du point  $P$  est égale à celle du point  $Q$ , ce qui se traduit par :

$$OP^2 - R^2 = OQ^2 - R^2 \iff OP = OQ$$

Donc le triangle est isocèle en  $O$ . En éloignant ou en rapprochant les points  $Q$  et  $P$ , l'angle  $\angle POQ$  varie. Sa valeur ne peut donc pas être par exemple figée à  $60^\circ$ . Ce qui exclut la possibilité d'être équilatéral.

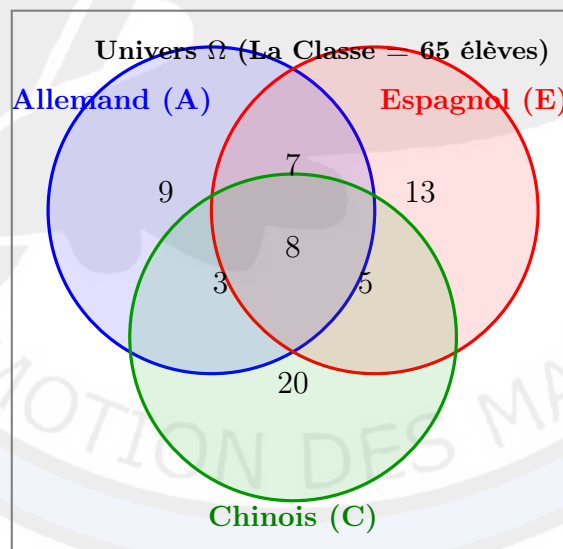
**Question 8 — Réponse exacte : E (65)**

**Analyse :** On peut raisonner en terme de cardinaux d'ensembles bien définis : Soient  $A$ ,  $E$  et  $C$  les ensembles d'élèves qui étudient respectivement l'Allemand, l'Espagnol et le Chinois. À partir de l'énoncé (en rectifiant la répétition par l'intersection Espagnol et Chinois), nous isolons les effectifs de chaque zone exclusive :

- Les 3 langues simultanément : 8 élèves.
- Allemand et Espagnol uniquement :  $15 - 8 = 7$  élèves.
- Espagnol et Chinois uniquement :  $13 - 8 = 5$  élèves.
- Chinois et Allemand uniquement :  $11 - 8 = 3$  élèves.
- Allemand uniquement : 9 élèves.
- Espagnol uniquement : 13 élèves.
- Chinois uniquement : 20 élèves.

Le nombre total d'élèves dans la salle est la somme de ces effectifs disjoints :

$$\text{Total} = 9 + 13 + 20 + 7 + 5 + 3 + 8 = 65 \text{ élèves.}$$



**Question 9 — Réponse exacte : D (42)**

Classons les entiers de 1 à 10 selon leur reste dans la division euclidienne par 3 (classes de congruence modulo 3) :

- Classe  $R_0$  (restes égaux à 0) :  $\{3, 6, 9\}$  — Contient 3 éléments.
- Classe  $R_1$  (restes égaux à 1) :  $\{1, 4, 7, 10\}$  — Contient 4 éléments.
- Classe  $R_2$  (restes égaux à 2) :  $\{2, 5, 8\}$  — Contient 3 éléments.

Pour que la somme de trois nombres soit un multiple de 3, il y a deux configurations possibles pour leurs restes :

- 1) **Les trois nombres appartiennent à la même classe** : Dans  $R_0$  :  $\binom{3}{3} = 1$  façon ; Dans  $R_1$  :  $\binom{4}{3} = 4$  façons ; Dans  $R_2$  :  $\binom{3}{3} = 1$  façon. Sous-total =  $1 + 4 + 1 = 6$  façons.
- 2) **On choisit exactement un nombre dans chaque classe** ( $R_0, R_1, R_2$ ) : Nombre de façons :  $\binom{3}{1} \times \binom{4}{1} \times \binom{3}{1} = 3 \times 4 \times 3 = 36$  façons.

Le total général est donc de  $6 + 36 = 42$  tirages valides.

**Question 10 — Réponse exacte : A (4)**

L'équation diophantienne s'écrit sous forme factorisée :  $(x - y)(x + y) = 2024$ . Posons  $u = x - y$  et  $v = x + y$ . Puisque  $x, y \in \mathbb{N}$ , on a  $u \leq v$ , et  $u, v$  doivent être de même parité car leur somme  $u + v = 2x$  est paire. Comme leur produit  $uv = 2024$  est pair,  $u$  et  $v$  sont nécessairement tous les deux pairs. Décomposons 2024 en facteurs premiers :  $2024 = 2^3 \times 11 \times 23 = 8 \times 11 \times 23$ . Puisque  $u$  et  $v$  sont pairs, nous pouvons poser  $u = 2a$  et  $v = 2b$ , ce qui donne :

$$(2a)(2b) = 2024 \iff a \times b = 506$$

Le nombre de couples  $(x, y)$  d'entiers naturels recherché est égal au nombre de manières de factoriser 506 sous la forme  $a \times b$  avec  $a \leq b$ . Décomposition en facteurs premiers de 506 :  $506 = 2 \times 11 \times 23$ . Le nombre total de diviseurs de 506 est  $(1 + 1)(1 + 1)(1 + 1) = 8$ . Le nombre de paires de diviseurs  $(a, b)$  telles que  $a \leq b$  est donc  $8/2 = 4$ . Chacune de ces paires donne un unique couple de solutions  $(x, y)$  positives. Il y a donc exactement 4 couples de solutions.

**Partie Programmation informatique**

<b>Problème 1 : B</b>	<b>Problème 2 : B</b>	<b>Problème 3 : C</b>	<b>Problème 4 : B</b>	<b>Problème 5 : C</b>
<b>Problème 6 : D</b>	<b>Problème 7 : D</b>	<b>Problème 8 : B</b>	<b>Problème 9 : C</b>	<b>Problème 10 : D</b>

**Explications :**

- P1 (B)** : La boucle effectue 99 itérations (de 1 à 99). Avec un terme initial de 10 auquel on ajoute la raison (7) à chaque itération, le calcul final est  $10 + 7 \times 99 = 703$ .
- P2 (B)** : Balayage de la solution unique du système :  $x + y = 15$  et  $2x + 4y = 40$ . Le couple valide affiché est 10, 5.
- P3 (C)** : Évaluation :  $2^2 + \sqrt{2 + 2} = 4 + 2 = 6$ .
- P4 (B)** : Calcul de périmètre :  $2 \times (19 + 7) = 52$ .
- P5 (C)** : Recherche classique du maximum. La plus grande valeur de la liste est 22.1.
- P6 (D)** : Suite de Syracuse for  $n = 6$  :  $6 \rightarrow 3 \rightarrow 10 \rightarrow 5 \dots$  Le compteur indique 8.
- P7 (D)** : Calcul du coût minimal de cheminement (programmation dynamique) : 'M[0] = 0', 'M[1] = 2', 'M[2] = 5 + min(2, 0) = 5', 'M[3] = 3 + min(5, 2) = 5', 'M[4] = 8 + min(5, 5) = 13'.
- P8 (B)** : Rendu glouton de la monnaie pour la somme 28 : deux pièces de 10, une de 5, une de 2 et une de 1. Total : 5 pièces.
- P9 (C)** : Étapes de recherche dichotomique sur l'intervalle [0, 15] : Étape 1 : 'm = (0+15)//2 = 7' ( $7 < 11 \implies g = 8$ ) ; Étape 2 : 'm = (8+15)//2 = 11'. Égalité trouvée. Le compteur vaut 2.
- P10 (D)** : Inversion symétrique du tableau. La liste devient '[9, 7, 5, 3, 1]'. L'élément d'indice 1 est la valeur 7.

**Partie dessin technique**

Le tableau suivant présente les bonnes propositions (Il est à noter que le système de représentation est anglo-saxon).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(c)	(b)	(b)	(d)	(c)	(a)	(c)	(d)	(e)	(d)/height

Partie compréhension de texte technologique

Q1 : B	Q2 : C	Q3 : A	Q4 : C	Q5 : C
Q6 : B	Q7 : A	Q8 : C	Q9 : B	Q10 : B

Explications logiques des questions de réflexion :

- Q6 (B) :** La cible est 73 mm avec une tolérance de  $\pm 0,05$  mm. La plage acceptée va donc de 72,95 mm à 73,05 mm. Comme 73,04 est inférieur à 73,05, la boîte est conforme et validée.
- Q7 (A) :** Le tour de la boîte vaut  $\pi \times 73 \approx 229,33$  mm. En coupant à 230 mm, on garde un léger surplus d'un tiers de millimètre indispensable pour superposer les deux bords du rectangle et exécuter la ligne de soudure.
- Q8 (C) :** Plus une feuille de métal est épaisse, plus son moment d'inertie (sa résistance géométrique à la déformation) est grand. Doubler l'épaisseur demande une énergie de pliage nettement supérieure, ce qui peut fatiguer ou bloquer les machines si la pression n'est pas réajustée.
- Q9 (B) :** Le lait contient une forte proportion d'eau. Au contact de l'eau et de l'oxygène, l'acier brut s'oxyde et crée de la rouille (texte : oxyde de fer), impropre à la consommation. L'étain est un métal stable qui sert de bouclier d'étanchéité alimentaire.
- Q10 (B) :** Le sertissage est une déformation par pliage forcé. Si la pression est insuffisante (inférieure à 6 bars), le pliage sera lâche, laissant passer l'air, le liquide, ou des micro-organismes extérieurs qui gâteraient le lait.

Correction des exemples des épreuves de la finale

Épreuve de Mathématiques

**Solution 1 : Géométrie 1 :**

Soient  $A$  et  $B$  les centres respectifs du grand et du petit cercle. On a  $A(10, 8)$  et  $B(5, x - 5)$ . Dès lors la distance euclidienne entre  $A$  et  $B$  donne :  $\sqrt{25 + (x - 13)^2} = 13$  d'où on obtient  $(x - 13)^2 = 144$  et donc,  $x = 25$ .

**Solution 2 : Géométrie 2 :**

Soit  $s_1, s_2, s_3$  les demi-périmètres respectifs des triangles  $T_1, T_2$  et  $T_3$ . Par hypothèse sur les longueurs des côtés, on a immédiatement  $s_3 = s_1 + s_2$ . Introduisons les variables associées à la formule de Héron :

$$\begin{aligned} x_1 &= s_1 - a_1, & y_1 &= s_1 - b_1, & z_1 &= s_1 - c_1 \\ x_2 &= s_2 - a_2, & y_2 &= s_2 - b_2, & z_2 &= s_2 - c_2 \end{aligned}$$

De ce fait, pour le triangle  $T_3$ , on a  $x_3 = x_1 + x_2$ ,  $y_3 = y_1 + y_2$  et  $z_3 = z_1 + z_2$ . D'après la formule de Héron, l'aire d'un triangle s'exprime par  $K = \sqrt{s(s - a)(s - b)(s - c)}$ . L'inégalité demandée devient :

$$(s_1 x_1 y_1 z_1)^{1/4} + (s_2 x_2 y_2 z_2)^{1/4} \leq [(s_1 + s_2)(x_1 + x_2)(y_1 + y_2)(z_1 + z_2)]^{1/4}$$

Cette relation découle directement de l'inégalité de Hölder (ou de l'inégalité de Minkowski pour les produits) appliquée à deux quadruplets de réels strictement positifs :

$$\prod_{i=1}^4 u_i^{1/4} + \prod_{i=1}^4 v_i^{1/4} \leq \prod_{i=1}^4 (u_i + v_i)^{1/4}$$

En posant  $(u_1, u_2, u_3, u_4) = (s_1, x_1, y_1, z_1)$  et  $(v_1, v_2, v_3, v_4) = (s_2, x_2, y_2, z_2)$ , l'inégalité est démontrée. L'égalité a lieu si et seulement si  $T_1$  et  $T_2$  sont semblables.

**Solution 3 : Algèbre 1 :**

Puisque  $\cos^2 x = 1 - \sin^2 x$ , l'équation  $81^{\sin^2 x} + 81^{\cos^2 x} = 30$  se réécrit :

$$81^{\sin^2 x} + \frac{81}{81^{\sin^2 x}} = 30$$

Posons le changement de variable  $y = 81^{\sin^2 x}$  avec  $y > 0$ . On obtient l'équation du second degré :  $y^2 - 30y + 81 = 0$ . Les racines de cette équation sont  $y = 3$  et  $y = 27$  (car  $3 \times 27 = 81$  et  $3 + 27 = 30$ ).

— **Cas 1 :**  $81^{\sin^2 x} = 3 \iff 3^{4\sin^2 x} = 3^1 \iff 4\sin^2 x = 1 \iff \sin^2 x = \frac{1}{4}$ , soit  $\sin x = \pm \frac{1}{2}$ .

D'où  $x = \pm \frac{\pi}{6} + k\pi, k \in \mathbb{Z}$ .

— **Cas 2 :**  $81^{\sin^2 x} = 27 \iff 3^{4\sin^2 x} = 3^3 \iff 4\sin^2 x = 3 \iff \sin^2 x = \frac{3}{4}$ , soit  $\sin x = \pm \frac{\sqrt{3}}{2}$ .

D'où  $x = \pm \frac{\pi}{3} + k\pi, k \in \mathbb{Z}$ .

L'ensemble des solutions est l'union de ces deux familles de réels.

**Solution 4 : Algèbre 2 :**

Soit  $P(x) = x^3 - 22x^2 + 80x - 67$ . Par décomposition en éléments simples d'une fraction rationnelle à pôles simples, les coefficients  $A, B$  et  $C$  s'obtiennent par la formule  $A = \frac{1}{P'(p)}$ ,  $B = \frac{1}{P'(q)}$  et  $C = \frac{1}{P'(r)}$ . L'expression recherchée est donc :

$$\frac{1}{A} + \frac{1}{B} + \frac{1}{C} = P'(p) + P'(q) + P'(r)$$

La dérivée de  $P$  est  $P'(x) = 3x^2 - 44x + 80$ . On en déduit :

$$\frac{1}{A} + \frac{1}{B} + \frac{1}{C} = 3(p^2 + q^2 + r^2) - 44(p + q + r) + 240$$

D'après les relations de Viète appliquées à  $P(x)$  :  $p + q + r = 22$ ,  $pq + qr + rp = 80$ , et  $p^2 + q^2 + r^2 = (p + q + r)^2 - 2(pq + qr + rp) = 22^2 - 2(80) = 484 - 160 = 324$ . En remplaçant, on obtient :

$$\frac{1}{A} + \frac{1}{B} + \frac{1}{C} = 3(324) - 44(22) + 240 = 972 - 968 + 240 = \mathbf{244}$$

**Solution 5 : Théorie des normes 1 :**

Par définition des exposants, les égalités  $7^a = 56$  et  $8^b = 56$  impliquent respectivement :  $7 = 56^{1/a}$  et  $8 = 56^{1/b}$ . En multipliant membre à membre ces deux relations, on obtient :

$$7 \times 8 = 56^{1/a} \times 56^{1/b} \iff 56^1 = 56^{\frac{1}{a} + \frac{1}{b}}$$

Par identification des exposants, il vient immédiatement :  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = 1$ .

**Solution 6 : Théorie des normes 2 :**

Déterminons tout d'abord le rang  $n$  du nombre chanceux 2005 en dénombrant les nombres chanceux qui lui sont inférieurs ou égaux :

- a) **Nombres de 1 à 3 chiffres ( $\leq 999$ ) :** équivaut à  $x_1 + x_2 + x_3 = 7 \implies \binom{7+3-1}{3-1} = \binom{9}{2} = 36$ .
- b) **Nombres à 4 chiffres commençant par 1 ( $1abc$ ) :** vérifient  $a + b + c = 6 \implies \binom{6+3-1}{3-1} = \binom{8}{2} = 28$ .
- c) **Nombres à 4 chiffres commençant par 2 ( $2abc$ ) inférieurs à 2005 :** Seul 2005 convient (1 possibilité).

Le rang de 2005 est donc  $n = 36 + 28 + 1 = 65$ . On cherche à évaluer  $a_{5n} = a_{325}$ . Calculons le nombre total de solutions à 4 et 5 chiffres :

- Total à 4 chiffres :  $\binom{6+4-1}{4-1} = \binom{9}{3} = 84$ . Cumul :  $36 + 84 = 120$  nombres  $\leq 9999$ .
- Total à 5 chiffres :  $\binom{6+5-1}{5-1} = \binom{10}{4} = 210$ . Cumul :  $120 + 210 = 330$  nombres  $\leq 99999$ .

Le 330<sup>e</sup> nombre est le plus grand nombre chanceux à 5 chiffres (70 000). En listant de manière décroissante :  $a_{330} = 70\,000$ ,  $a_{329} = 61\,000$ ,  $a_{328} = 60\,100$ ,  $a_{327} = 60\,010$ ,  $a_{326} = 60\,001$ ,  $a_{325} = 52\,000$ . La valeur exacte de  $a_{5n}$  est donc **52 000**.

**Solution 7 : Analyse combinatoire 1 :**

Soit  $N = abcd$  en base 10. Analysons les contraintes de l'énoncé :

- Puisque  $a \neq 0$ ,  $N$  possède obligatoirement 4 chiffres. Ainsi, la condition devient  $1\,000 \leq N \leq 6\,000$ .
- $N$  est un multiple de 5  $\implies d \in \{0, 5\}$  (2 choix).
- Pour la condition  $3 \leq b < c \leq 6$ , dénombrons les couples  $(b, c)$  possibles :  $(3, 4)$ ,  $(3, 5)$ ,  $(3, 6)$ ,  $(4, 5)$ ,  $(4, 6)$ ,  $(5, 6)$ , soit au total 6 choix de couples  $(b, c)$  valides.

Étudions maintenant les valeurs possibles du premier chiffre  $a$  :

- Si  $a \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$  (5 choix) :  $5 \times 6 \times 2 = 60$  nombres.
- Si  $a = 6$  : La contrainte  $N \leq 6\,000$  impose d'analyser le seul nombre 6 000. Or pour 6 000, on a  $b = 0$  et  $c = 0$ , ce qui contredit l'inégalité  $3 \leq b < c$ . Aucune solution n'émerge pour  $a = 6$ .

Il y a donc exactement **60** nombres répondant aux critères.

**Solution 8 : Analyse combinatoire 2 :**

La courbe décrite est le flocon de Koch. Let  $N_n$  soit le nombre de côtés de la courbe  $P_n$ . À l'étape 0,  $N_0 = 3$  côtés et son aire est  $S_0 = 1$ . Le nombre de côtés est multiplié par 4 à chaque itération :  $N_n = 3 \times 4^n$ . L'aire d'un petit triangle construit à l'étape  $n + 1$  vaut  $\frac{1}{9^{n+1}}$ . L'aire totale  $S_n$  après  $n$  étapes est la somme :

$$S_n = S_0 + \sum_{k=0}^{n-1} N_k \times \frac{1}{9^{k+1}} = 1 + \sum_{k=0}^{n-1} (3 \times 4^k) \times \frac{1}{9^{k+1}} = 1 + \frac{1}{3} \sum_{k=0}^{n-1} \left(\frac{4}{9}\right)^k$$

La somme est celle d'une suite géométrique :

$$S_n = 1 + \frac{1}{3} \times \frac{9}{5} \left(1 - \left(\frac{4}{9}\right)^n\right) \implies S_n = \frac{8}{5} - \frac{3}{5} \left(\frac{4}{9}\right)^n$$

Déterminons maintenant la limite de la suite  $\{S_n\}$ . Comme  $-1 < \frac{4}{9} < 1$ , on a  $\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{4}{9}\right)^n = 0$ . Par conséquent :  $\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \frac{8}{5} = 1,6$ .

**Épreuve de programmation (Python)**

**Solution P1 : Système d'équations :**

Extrayons  $x = \frac{117-y^2}{y}$ . Résolution par recherche de zéros de la fonction d'une seule variable  $y$ .

```
def equation_en_y(y):
    if y == 0: return float('inf')
    x = (117 - y**2) / y
    return (x**2) * y - x - 140

def trouver_solutions():
    solutions_y = []
    pas = 0.1
```

```

y = -50.0
while y < 50.0:
    y_suivant = y + pas
    if abs(y) < 1e-5 or abs(y_suivant) < 1e-5:
        y += pas
        continue
    if equation_en_y(y) * equation_en_y(y_suivant) < 0:
        gauche, droite = y, y_suivant
        for _ in range(50):
            milieu = (gauche + droite) / 2
            if equation_en_y(gauche) * equation_en_y(milieu) < 0: droite = milieu
            else: gauche = milieu
        y_sol = round(milieu, 4)
        if y_sol not in solutions_y: solutions_y.append(y_sol)
    y += pas
for i, y_val in enumerate(solutions_y, 1):
    x_val = round((117 - y_val**2) / y_val, 4)
    print(f"Solution {i} -> x = {x_val} ; y = {y_val}")
trouver_solutions()

```

**Résultat : (4,9) et (-3.2953,12.5891)**

**Solution P2 : Somme des nombres triangulaires :**

```

somme_totale = 0
T_k = 0
for k in range(1, 101):
    T_k = T_k + k
    somme_totale = somme_totale + T_k
print("La somme totale cumulée vaut :", somme_totale)

```

**Résultat attendu : 171700**

**Solution P3 : Intersection de fonctions :**

```

import math
def f(x):
    if x**5 + 4 < 0: return float('nan')
    return math.sqrt(x**5 + 4)
def g(x): return 12 - 7*x + x**3
def ecart(x):
    val_f = f(x)
    if math.isnan(val_f): return float('nan')
    return val_f - g(x)
def trouver_intersection():
    pas = 0.01
    x = -1.4
    while x < 10.0:
        x_suivant = x + pas
        if not math.isnan(ecart(x)) and not math.isnan(ecart(x_suivant)) and ecart(x) * ecart(x_suivant) < 0:
            gauche, droite = x, x_suivant
            for _ in range(50):
                milieu = (gauche + droite) / 2
                if ecart(gauche) * ecart(milieu) < 0: droite = milieu
                else: gauche = milieu
            print(f"Intersection : ({round(milieu, 5)} ; {round(f(milieu), 5)})")
            break
        x += pas
trouver_intersection()

```

**Résultat attendu : (2.0; 6.0)**

**Solution P4 : Décryptage du coffre :**

```

def est_premier(n):
    if n < 2: return False

```

```

for i in range(2, int(n**0.5) + 1):
    if n % i == 0: return False
return True
def chercher_code():
    couples_d1d2 = [n for n in range(10, 50) if est_premier(n) and (n % 10) % 2 != 0 and (n // 10 + n % 10)
d3 = 6
    paires_d5_d6 = [(6, 2), (4, 3)]
    for d1d2 in couples_d1d2:
        d1, d2 = d1d2 // 10, d1d2 % 10
        d4 = (d1 * 100 + d2 * 10 + d3) % 9
        for d5, d6 in paires_d5_d6:
            if (d1 + d2 + d3 + d4 + d5 + d6) % 2 != 0:
                code = d1*100000 + d2*10000 + d3*1000 + d4*100 + d5*10 + d6
                if code % 11 == 0: return code
print("Le code est :", chercher_code())

```

**Résultat attendu : 316162**

**Solution P5 : Suite récursive triple :**

```

def f(n):
    if n == 0: return 1
    elif n % 3 == 0: return f(n // 3) + 16
    elif n % 3 == 1: return f(n // 3) - 4
    else: return f(n // 3) + 10
print("f(1000000) =", f(1000000))

```

**Résultat attendu : 99**

**Solution P6 : Plus court chemin (Dijkstra) :**

```

import heapq
def dijkstra(graphe, depart, arrivee):
    distances = {s: float('inf') for s in graphe}
    distances[depart] = 0
    file = [(0, depart)]
    while file:
        d, u = heapq.heappop(file)
        if u == arrivee: break
        if d > distances[u]: continue
        for v, poids in graphe[u].items():
            if d + poids < distances[v]:
                distances[v] = d + poids
                heapq.heappush(file, (d + poids, v))
    return distances[arrivee]

graphe = {
    "A1": {"A2": 25, "A4": 60}, "A2": {"A1": 25, "A3": 15},
    "A3": {"A2": 15, "A4": 30, "A7": 55}, "A4": {"A1": 60, "A3": 30, "A5": 18, "A9": 80},
    "A5": {"A4": 18, "A6": 22}, "A6": {"A5": 22, "A7": 40, "A10": 45},
    "A7": {"A3": 55, "A6": 40, "A8": 12}, "A8": {"A7": 12, "A9": 28, "A12": 65},
    "A9": {"A4": 80, "A8": 28, "A10": 17}, "A10": {"A6": 45, "A9": 17, "A11": 25},
    "A11": {"A10": 25, "A12": 30}, "A12": {"A8": 65, "A11": 30}
}
print("Distance minimale :", dijkstra(graphe, "A1", "A12"), "km")

```

**Résultat attendu : 172 km** ( $A_1 \rightarrow A_2 \rightarrow A_3 \rightarrow A_7 \rightarrow A_8 \rightarrow A_{12}$ ).

**Solution P7 : Produit eulérien premier :**

```

import math
def est_premier(k):
    if k < 2: return False
    for i in range(2, int(k**0.5) + 1):
        if k % i == 0: return False

```

```

    return True
N = 100000
premiers = [i for i in range(2, N + 1) if est_premier(i)]
pi_n = len(premiers)
produit = 1.0
for p in premiers: produit *= (1.0 + 2.0 / (p * (p - 1)))
u_n = (N / (pi_n * math.log(N))) * produit
print(f"u_n converge vers : {u_n:.6f}")

```

**Résultat attendu : 2.969766**

**Solution P8 : Flux hydraulique :**

```

import math
volume_total, debit_robinet, volume_actuel, temps = 300, 1.8, 0, 0
while volume_actuel < volume_total:
    debit_fuite = 0.05 * math.sqrt(volume_actuel)
    volume_actuel += (debit_robinet - debit_fuite)
    temps += 1
print(f"Le réservoir est plein en : {temps} secondes")

```

**Résultat attendu : 181 secondes.**

**Épreuve de programmation (Version C++)**

**Solution C++ 1 : Système d'équations :**

```

#include <iostream>
#include <cmath>
#include <vector>
#include <iomanip>
using namespace std;
double equation_en_y(double y) {
    if (abs(y) < 1e-9) return 1e9;
    double x = (117.0 - y * y) / y;
    return (x * x) * y - x - 140.0;
}
int main() {
    vector<double> solutions_y;
    double pas = 0.1;
    for (double y = -50.0; y < 50.0; y += pas) {
        if (abs(y) < 1e-5 || abs(y + pas) < 1e-5) continue;
        if (equation_en_y(y) * equation_en_y(y + pas) < 0) {
            double gauche = y, droite = y + pas, milieu = 0;
            for (int i = 0; i < 50; i++) {
                milieu = (gauche + droite) / 2.0;
                if (equation_en_y(gauche) * equation_en_y(milieu) < 0) droite = milieu;
                else gauche = milieu;
            }
            solutions_y.push_back(round(milieu * 10000.0) / 10000.0);
        }
    }
    cout << fixed << setprecision(4);
    for (size_t i = 0; i < solutions_y.size(); i++) {
        double y_val = solutions_y[i];
        cout << "Solution " << i + 1 << " -> x = " << (117.0 - y_val * y_val) / y_val << " ; y = " <<
    }
    return 0;
}

```

**Solution C++ 2 : Somme des nombres triangulaires :**

```

#include <iostream>
using namespace std;
int main() {
    long long somme_totale = 0, T_k = 0;
    for (int k = 1; k <= 100; k++) {
        T_k += k;
        somme_totale += T_k;
    }
    cout << "La somme vaut : " << somme_totale << endl;
    return 0;
}

```

### Solution C++ 3 : Intersection de fonctions :

```

#include <iostream>
#include <cmath>
#include <iomanip>
using namespace std;
double f(double x) { return (pow(x, 5) + 4.0 < 0) ? NAN : sqrt(pow(x, 5) + 4.0); }
double g(double x) { return 12.0 - 7.0 * x + pow(x, 3); }
double ecart(double x) { return isnan(f(x)) ? NAN : f(x) - g(x); }
int main() {
    double pas = 0.01;
    for (double x = -1.3195; x < 10.0; x += pas) {
        if (!isnan(ecart(x)) && !isnan(ecart(x + pas)) && ecart(x) * ecart(x + pas) < 0) {
            double gauche = x, droite = x + pas, milieu = 0;
            for (int i = 0; i < 50; i++) {
                milieu = (gauche + droite) / 2.0;
                if (ecart(gauche) * ecart(milieu) < 0) droite = milieu;
                else gauche = milieu;
            }
            cout << fixed << setprecision(5) << "Intersection : (" << milieu << " ; " << f(milieu) <<
            break;
        }
    }
    return 0;
}

```

### Solution C++ 4 : Décryptage du coffre :

```

#include <iostream>
#include <vector>
using namespace std;
bool est_premier(int n) {
    if (n < 2) return false;
    for (int i = 2; i * i <= n; i++) if (n % i == 0) return false;
    return true;
}
int main() {
    vector<int> couples;
    for (int n = 10; n < 50; n++) if (est_premier(n) && (n % 10) % 2 != 0 && (n / 10 + n % 10) == 4) couples.push_back(n);
    int d3 = 6, p5[2] = {6, 4}, p6[2] = {2, 3};
    for (int c : couples) {
        int d1 = c / 10, d2 = c % 10, d4 = (d1 * 100 + d2 * 10 + d3) % 9;
        for (int i = 0; i < 2; i++) {
            if ((d1 + d2 + d3 + d4 + p5[i] + p6[i]) % 2 != 0) {
                long long code = d1 * 100000 + d2 * 10000 + d3 * 1000 + d4 * 100 + p5[i] * 10 + p6[i];
                if (code % 11 == 0) { cout << "Code : " << code << endl; return 0; }
            }
        }
    }
    return 0;
}

```

**Solution C++ 5 : Suite récursive triple :**

```

#include <iostream>
#include <map>
using namespace std;
map<long long, long long> memo;
long long f(long long n) {
    if (n == 0) return 1;
    if (memo.count(n)) return memo[n];
    if (n % 3 == 0) return memo[n] = f(n / 3) + 16;
    if (n % 3 == 1) return memo[n] = f(n / 3) - 4;
    return memo[n] = f(n / 3) + 10;
}
int main() { cout << "f(1000000) = " << f(1000000) << endl; return 0; }

```

**Solution C++ 6 : Plus court chemin (Dijkstra) :**

```

#include <iostream>
#include <vector>
#include <string>
#include <map>
#include <queue>
using namespace std;
int main() {
    map<string, map<string, int>> graphe;
    graphe["A1"] = {"A2", 25}, {"A4", 60}; graphe["A2"] = {"A1", 25}, {"A3", 15};
    graphe["A3"] = {"A2", 15}, {"A4", 30}, {"A7", 55}; graphe["A4"] = {"A1", 60}, {"A3", 30}, {"A5", 18};
    graphe["A5"] = {"A4", 18}, {"A6", 22}; graphe["A6"] = {"A5", 22}, {"A7", 40}, {"A10", 45};
    graphe["A7"] = {"A3", 55}, {"A6", 40}, {"A8", 12}; graphe["A8"] = {"A7", 12}, {"A9", 28}, {"A12", 30};
    graphe["A9"] = {"A4", 80}, {"A8", 28}, {"A10", 17}; graphe["A10"] = {"A6", 45}, {"A9", 17}, {"A11", 25};
    graphe["A11"] = {"A10", 25}, {"A12", 30}; graphe["A12"] = {"A8", 65}, {"A11", 30};
    map<string, int> dist;
    for (int i = 1; i <= 12; i++) dist["A" + to_string(i)] = 1e9;
    dist["A1"] = 0;
    priority_queue<pair<int, string>, vector<pair<int, string>>, greater<pair<int, string>>> pq;
    pq.push({0, "A1"});
    while (!pq.empty()) {
        int d = pq.top().first; string u = pq.top().second; pq.pop();
        if (u == "A12") break;
        if (d > dist[u]) continue;
        for (auto const& v : graphe[u]) {
            if (d + v.second < dist[v.first]) { dist[v.first] = d + v.second; pq.push({dist[v.first], v.first}); }
        }
    }
    cout << "Distance : " << dist["A12"] << " km" << endl; return 0;
}

```

**Solution C++ 7 : Produit eulérien premier :**

```

#include <iostream>
#include <vector>
#include <cmath>
#include <iomanip>
using namespace std;
bool is_p(int k) {
    if (k < 2) return false;
    for (int i = 2; i * i <= k; i++) if (k % i == 0) return false;
    return true;
}
int main() {
    int N = 100000; double produit = 1.0; int pi_n = 0;
    for (int i = 2; i <= N; i++) {
        if (is_p(i)) { pi_n++; produit *= (1.0 + 2.0 / (i * (i - 1.0))); }
    }
}

```

```

    }
    cout << fixed << setprecision(6) << "u_n = " << (N / (pi_n * log(N))) * produit << endl;
    return 0;
}

```

**Solution C++ 8 : Flux hydraulique :**

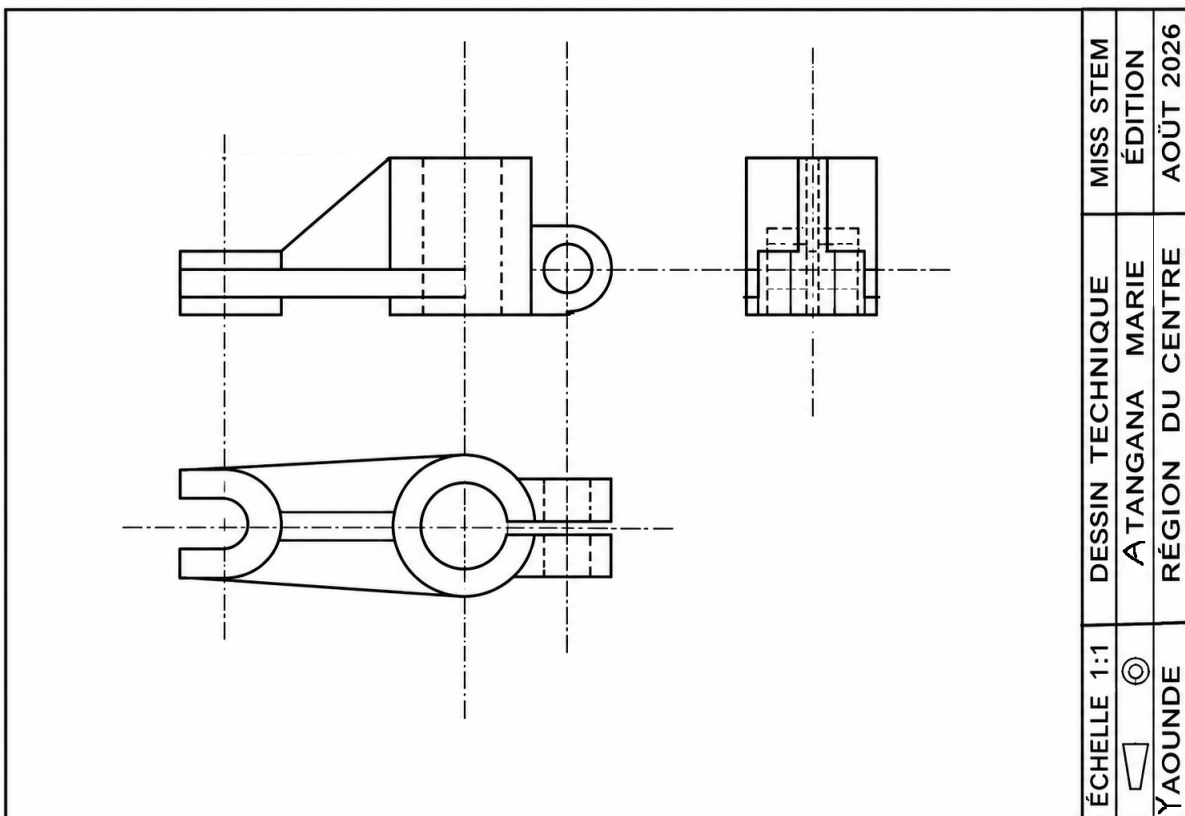
```

#include <iostream>
#include <cmath>
using namespace std;
int main() {
    double v_tot = 300.0, d_rob = 1.8, v_act = 0.0; int t = 0;
    while (v_act < v_tot) { v_act += (d_rob - 0.05 * sqrt(v_act)); t++; }
    cout << "Temps : " << t << " secondes" << endl; return 0;
}

```

**Partie Dessin Technique**

Nous réalisons la représentation des vues pour la première pièce. Nous laissons le soin aux candidates d'œuvrer elles-mêmes pour la seconde pièce.



**Partie compréhension de texte Technologique**

Q1 : B	Q2 : C	Q3 : A	Q4 : C	Q5 : C
Q6 : B	Q7 : A	Q8 : C	Q9 : B	Q10 : B

**Explications logiques des questions :**

- Q11 (B) :** *Déductive.* Demande en pointe = 1400 MW. Puissance dispo en saison sèche = 1100 MW. 1400 – 1100 = 300 MW de déficit critique.
- P12 (C) :** *Déductive.* Élever la tension diminue l'intensité du courant ( $I$ ) à puissance égale, réduisant drastiquement les pertes par effet Joule ( $P = R \cdot I^2$ ).

- Q13 (C) :** *Déductive.* Débit max =  $980 \text{ m}^3/\text{s}$ . Pour 1 minute (60s) :  $980 \times 60 = 58\,800 \text{ m}^3$ .
- Q14 (C) :** *Déductive.* Ils retiennent l'eau en saison des pluies pour soutenir le débit pendant l'étiage, régulant le flux amont.
- Q15 (C) :** *Déductive.* L'énergie incidente (0,95 eV) étant inférieure au bandgap du Silicium (1,12 eV), aucun électron n'est libéré.
- Q16 (C) :** *Déductive.* Les panneaux génèrent du courant continu (DC) ; l'onduleur le transforme en alternatif (AC) synchrone avec le réseau à 50 Hz.
- Q17 (B) :** *Déductive.* La cogénération valorise simultanément l'énergie électrique via la turbine et l'énergie thermique via la chaleur résiduelle vapeur.
- Q18 (C) :** *Déductive.* Le texte spécifie l'élimination du «  $\text{H}_2\text{S}$  corrosif », protégeant les organes internes du moteur thermique.
- Q19 (C) :** *Déductive.* Mesurer la phase et l'amplitude à haute fréquence permet d'identifier en temps réel les instabilités transitoires pour éviter les pannes.
- Q20 (B) :** *Déductive.* Cette ligne à très haute tension reliera structurellement le Sud (RIS) et le Nord (RIN), unifiant le mix énergétique national.

## Note de fin et Perspectives d'Avenir

---

Chères candidates, enseignants et partenaires de la communauté scientifique,

Ce livret de préparation, conçu avec rigueur par le comité d'organisation du concours **MISS STEM Cameroun 2026**, touche à sa fin. À travers les épreuves présentées, qu'il s'agisse de la subtilité de la chasse aux angles en géométrie, de la logique algorithmique pure ou de l'analyse des réseaux énergétiques intelligents de notre pays, un message fondamental demeure : **les sciences ne sont pas de simples abstractions, elles sont les leviers technologiques de notre souveraineté future.**

L'ambition de ce programme va bien au-delà d'une simple sélection académique. Elle vise à faire émerger une nouvelle génération de leaders féminines prêtes à concevoir, bâtir et piloter le Cameroun industriel de demain. Face à la complexité d'un tétrathlon scientifique aussi exigeant, ne reculez devant aucune zone d'ombre. Considérez chaque difficulté comme le point de départ d'une nouvelle compétence à acquérir.

Nous tenons à remercier chaleureusement les délégations régionales, les membres du secrétariat général de **PROMO-MATHS**, ainsi que nos partenaires académiques et industriels qui unissent leurs forces pour faire de cette aventure un succès éclatant.

À toutes les lycéennes qui s'appêtent à concourir : l'audace est la première qualité de l'ingénieur. Portez haut les couleurs de votre département, de votre région et de la science. Que ce livret soit le tremplin de votre réussite.

**Le Comité d'Organisation**

*MISS STEM Cameroun 2026*

**Le Président de PROMO-MATHS**

*Adrien BENYOMO*