

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2024

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, Innovation et Développement Durable
INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET ÉCO-CONCEPTION

CORRIGÉ

Durée de l'épreuve : 4 heures

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 18 pages numérotées de 1/18 à 18/18.

Constitution du sujet :

Partie commune (durée indicative 2h30)	12 points
Partie spécifique (durée indicative 1h30)	8 points

**Le candidat traite les 2 parties en suivant les consignes contenues dans le sujet.
Ces 2 parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre indifférent.**

Tous les documents réponses sont à rendre avec la copie.

Complexe International Multisports et Escalade C.I.M.E.



CORRIGÉ

Partie 1 : comment le complexe sportif « CIME » s'inscrit-il dans une démarche de développement durable ?

Question 1.1

Mise en situation

DT1

Identifier pour chacun des trois piliers du développement durable, un argument inscrivant la construction et l'exploitation du complexe sportif dans :

- une démarche environnementale ;
 - Utilisation de matériaux respectueux de l'environnement.
 - Circuits courts d'approvisionnement de matériaux permettant de minimiser la quantité de CO2 rejeté dans l'atmosphère.
- une démarche sociétale ;
 - Développer la pratique de l'escalade dans l'Aube.
 - Encourager la pratique du handisport de haut niveau
 - Développer et pérenniser la pratique du sport chez les Aubois.
- une démarche économique.
 - Utilisation de matériau performant d'un point de vue énergétique.
 - L'accueil d'équipes sportives et de spectateurs permet de dynamiser l'économie locale.

Question 1.2

Calculer la consommation en litres pour le car et en kW·h pour le van électrique pour le trajet entre Troyes et Le Bourget.

Car = 56,73 l

Van électrique = 38,68 kWh

Question 1.3

Calculer le nombre de car(s) et de van(s) électrique(s) pour effectuer le trajet entre Troyes et Le Bourget pour une délégation (*arrondir à l'unité supérieure*).

$91/61 = 1,49$ soit 2 cars

$91/7 = 13$ vans

En **déduire** le coût en euros pour les deux modes de transport pour le trajet entre Troyes et Le Bourget.

$56.7 \times 1,9 \times 2 \text{ cars} = 215,46$ euros

$38,68 \times 13 \text{ vans} \times 0.2062 = 103,68$ euros

- Question 1.4 | **Calculer** la consommation en énergie primaire par kilomètre (kWhep.km⁻¹) pour le trajet en car entre Troyes et Le Bourget.
 $30,5 \times 9.82 / 100 = 3 \text{ kWh.km}^{-1}$
 $3 / 0.94 = 3,2 \text{ kWhep.km}^{-1}$
 En **déduire** la consommation en énergies primaires par passager (kWhep.km⁻¹.passager⁻¹) pour les deux modes de transport.
Car :
 $3,2 / 61 = 0,052 \text{ kWhep.km}^{-1}.\text{passager}^{-1}$
Van électrique :
 $0,71 / 7 = 0,101 \text{ kWhep.km}^{-1}.\text{passager}^{-1}$
- Question 1.5 | **Calculer** la consommation en énergies primaires (kWhep) pour les deux modes de transport pour le trajet entre Troyes et Le Bourget pour une délégation.
Car :
 $0,052 \times 186 \text{ km} \times 2 \text{ car} \times 61 \text{ passager} = 1180 \text{ kWhep}$
Van électrique :
 $0,101 \times 186 \text{ km} \times 13 \text{ vans} \times 7 \text{ passager} = 1710 \text{ kWhep}$
- Question 1.6 | Au regard des différents critères évalués (le coût en énergie, la consommation d'énergie primaire et l'émission de gaz à effet de serre (GES) en phase d'utilisation).
Conclure en faisant un bilan sur les critères évalués.
Car :
 Coût = 215,46 euros
 Consommation en énergies primaires par passager = 1180 kWhep
 Emission de gaz à effet de serre = 1409 g Eq CO₂ / km
Van électrique :
 Coût = 103,68 euros
 Consommation en énergies primaires par passager = 1710 kWhep
 Emission de gaz à effet de serre = 0 g Eq CO₂ / km
Indiquer le transport le plus économique et le plus respectueux de l'environnement.
 Le coût en van électrique est deux fois moins cher que le car.
 En phase d'utilisation, le van électrique n'émet pas de CO₂ contrairement au car. Par contre, le van électrique impacte plus sur le prélèvement d'énergies primaires.
Citer d'autres facteurs qui auraient pu favoriser ou qui favoriseraient la limitation des impacts environnementaux sur le transport.
 Il serait judicieux de tenir d'autres facteurs tels que :
 - le facteur d'occupation des passagers ;
 - l'impact du prélèvement en énergies primaires en phase de fabrication.

Partie 2 : dans une démarche d'éco-conception, comment optimiser le choix des matériaux afin de réduire l'impact environnemental de la construction du bâtiment « CIME » ?

- Question 2.1
DT2
- Un poteau à une longueur de 12 m. **Justifier**, à l'aide du document technique DT2, pourquoi le choix s'est porté sur une ossature en bois lamellé collé plutôt que sur du bois massif.
Ossature bois en pin → portée jusqu'à 45 m au lieu de 7 m pour le pin massif.
- Question 2.2
DR1
- Sur le document réponses DR1, **calculer** le volume et la masse du poteau pour chaque matériau (bois, béton armé, acier).
Voir document réponses DR1.
- Question 2.3
DR1
- Sur le document DR1, **calculer** la contrainte (σ) en MPa pour chacun de ces matériaux.
Voir document réponses DR1.
- Question 2.4
DR1
- Avec un coefficient de sécurité de 2 et en utilisant les données du tableau du document réponses DR1, **vérifier** la performance des matériaux en termes de résistance mécanique.
Expliquer pourquoi la résistance mécanique n'est pas le seul critère de choix d'un matériau pour un poteau.
 $2 \geq \frac{\sigma_e}{\sigma}$ c'est le cas pour tous les matériaux.
Il faut aussi prendre en compte l'aspect environnemental.
- Question 2.5
DR1
DR2
- Classer** en complétant le document réponses DR2, les matériaux étudiés selon les critères caractérisés dans l'étude précédente.
Voir document réponses DR2.
- Question 2.6
DR2
- Justifier** le choix du matériau du poteau réalisé par le bureau d'étude structure en vérifiant qu'il s'agit du meilleur compromis en termes de masse, performances mécaniques et bilan carbone.
Voir la colonne « Total » sur le document réponses DR2.
Le choix se porte sur un poteau en bois lamellé collé. C'est bien la solution choisie par le bureau d'étude structure.

Partie 3 : comment assurer efficacement le renouvellement d'air du bâtiment « CIME » ?

- Question 3.1 | Sur le document réponses DR3, **calculer** le volume d'air neuf nécessaire dans les différents cas d'utilisation de la salle multisports et **indiquer** le volume d'air renouvelé retenu.
DT3
DR3 | Voir document réponses DR3.
- Question 3.2 | **Déterminer** la référence du modèle de caissons de filtration retenu. **Indiquer** le nombre de caissons installés.
DT4 | Il faut installer 3 modules SIE₂₀ de 20 000 m³·h⁻¹ (2 556 x 940 x 605).
- Question 3.3 | **Calculer** la vitesse du fluide dans un caisson. **Justifier** si l'équipement sera ou non perturbant pour les rencontres sportives.
DT5 | Débit d'air dans un caisson 20 000 m³·h⁻¹
 $V = q_v / S = (20\,000 / 3600) / (2,550 \times 0,935) = 2,33 \text{ m/s}$
Il n'y aura pas de perturbation sonore.
- Question 3.4 | **Choisir et justifier** la référence du filtre à utiliser.
DT6 | Filtre A7 PM2,5 car les particules sont inférieures à 10 µm dimension 2550 x 935, débit 22500 m³·h⁻¹, perte de charge 85 PA < 100 PA.
- Question 3.5 | **Conclure** sur les solutions retenues pour le traitement de l'air.
Les solutions : CTA avec 3 caissons SIE₂₀ et filtres A7 Qui permettent la filtration adaptée au débit sans perturbation de bruit par la vitesse.

Partie 4 : comment matérialiser sur l'aire multisports du bâtiment « CIME » un marquage au sol adapté au handisport ?

- Question 4.1 | **Préciser** l'intérêt de matérialiser un marquage au sol lumineux sur l'aire multisports du bâtiment « CIME ».
Les rubans LED encastrés dans le plancher permettent d'afficher le marquage au sol et de le changer sur demande pour l'adapter instantanément au sport pratiqué. La modification des tracés est pilotable depuis une interface homme/machine. Cette technologie offre l'avantage de n'afficher qu'un seul marquage à la fois tout en restant polyvalente. La surface du plancher laisse passer la lumière des LED sans éblouir les sportifs.

Question 4.2 | **Calculer** sur le DR4, en justifiant vos réponses :

DT7, DT8
DR4

Question 4.3 | **Déterminer** la valeur de la tension (V_{Stop}) et du niveau logique (NL_{Stop}) en sortie du bouton poussoir « Stop » lorsque que celui-ci est relâché ou appuyé.

DT9, DT10

Bouton poussoir « Stop » relâché :

$V_{\text{Stop}} = 5 \text{ V}$

$NL_{\text{Stop}} = 1$

Bouton poussoir « Stop » appuyé :

$V_{\text{Stop}} = 0 \text{ V}$

$NL_{\text{Stop}} = 0$

Remarque :

- à une tension de 0 V correspond un niveau logique 0 ;
- à une tension de 5 V correspond un niveau logique 1.

Question 4.4 | **Compléter** sur le document réponses DR5 les deux algorithmes de programmation du plancher lumineux.

DT11
DR5

Voir documents réponses DR5.

Question 4.5 | Pour conclure :

- **proposer** un paramètre sur lequel il serait possible d'agir afin de diminuer le nombre de blocs alimentations ;

Choisir des blocs alimentations de puissance maximale supérieure afin de minimiser le nombre de blocs.

Le pilotage de la modification des tracés se fait actuellement par un pupitre équipé de boutons poussoirs. **Proposer** une technologie plus innovante pour l'interface homme/machine permettant de piloter le plancher lumineux du bâtiment « CIME ». Écran tactile.

Partie 5 : comment le réseau informatique contribue au fonctionnement des différents systèmes pluritechnologiques du bâtiment « CIME » ?

Question 5.1 DT12	Pour chaque matériel connecté à ce sous-réseau, proposer une adresse IP afin que les équipements cités ci-dessous puissent communiquer entre eux : Toute adresse IP comprise entre 172.16.3.1 et 172.16.3.254 convient. - automate dédié au traitement de l'air ; 172.16.3.10 (exemple) - automate dédié au chauffage ; 172.16.3.20 (exemple) - automate dédié au plancher lumineux ; 172.16.3.30 (exemple) - automate dédié à l'éclairage ; 172.16.3.40 (exemple) - automate dédié au contrôle d'accès au site ; 172.16.3.50 (exemple) - console de supervision des automates. 172.16.3.60 (exemple)
Question 5.2 DT12	Déterminer en justifiant votre réponse, le nombre d'adresses IP restant disponibles pour le sous-réseau gestion des équipements d'automatisation. Le masque de sous-réseau étant 255.255.255.0, le net-ID est codé sur 3 octets. Il reste donc 1 octet pour le host-ID. Avec 1 octet, il est possible d'avoir 256 nombres ($2^n = 2^8 = 256$). Des 256 adresses IP possibles, il faut retirer : - l'adresse du sous-réseau « gestion des équipements d'automatisation » : 172.16.3.0 ; - l'adresse de diffusion (broadcast) : 172.16.3.255 ; - les 6 adresses IP utilisées pour les automates et la console de supervision. Le nombre d'adresses IP restant disponibles pour le sous-réseau gestion des équipements d'automatisation est donc égal à 248 ($256 - 1 - 1 - 6 = 248$).
Question 5.3 DT12	Déterminer en précisant la méthode utilisée, l'adresse IP du sous-réseau sécurité ainsi que son adresse IP de diffusion (broadcast : message transmis à tous les participants d'un réseau ne nécessitant pas de réponse). Pour trouver l'adresse IP du sous-réseau « sécurité » il faut réaliser un ET logique entre l'adresse IP d'un équipement et le masque de sous-réseau. $10101100 . 00010000 . 00000010 . 00000001 = 172.16.2.1$ ET logique <u>$11111111 . 11111111 . 11111111 . 00000000 = 255.255.255.0$</u> $10101100 . 00010000 . 00000010 . 0000 0000 = 172.16.2.0$ L'adresse du sous-réseau « sécurité » est donc : 172.16.2.0 L'adresse de broadcast du sous-réseau « sécurité » est : 172.16.2.255

Question 5.4

DT12
DT13

Déterminer pour l'ordinateur du technicien :

- son adresse MAC (Media Access Control) en hexadécimal ;
- son adresse IP en hexadécimal et en décimal.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0000	34	64	a9	2a	36	be	54	bf	64	87	72	97	08	00	45	00
0010	00	3c	91	31	00	00	80	01	00	00	ac	10	01	0a	ac	10
0020	01	c8	08	00	4d	52	00	01	00	09	61	62	63	64	65	66
0030	67	68	69	6a	6b	6c	6d	6e	6f	70	71	72	73	74	75	76
0040	77	61	62	63	64	65	66	67	68	69						

Adresse MAC destination

Adresse MAC source

Adresse IP destination

Adresse IP source

Adresse MAC ordinateur en hexadécimal : 54-BF-64-87-72-97

Adresse IP ordinateur en hexadécimal : AC-10-01-0A

Adresse IP ordinateur en décimal : 172.16.1.10

Question 5.5

DT12
DR6

Pour conclure, **compléter** le document réponses DR6 en inscrivant dans chaque cellule, le mot « OUI » lorsque la communication est possible et le mot « NON » dans le cas contraire.

Voir le document réponse DR6.

DR1 – Tableau des caractéristiques liées à l'étude du béton armé, de l'acier de construction et du bois lamellé collé

On rappelle pour la question 2.4 que le coefficient de sécurité est de 2.

Poteau	Masse volumique (kg·m ⁻³)	Section (mm ²)	Volume (m ³)	Masse (kg)	Contrainte de l'étude (MPa)	Limite élastique (MPa)	Bilan carbone (kg eq. CO ₂ par tonne)
Bois lamellé collé (section rectangulaire)	430	120000	1,44	619	0.21	32	- 47,2
Acier de construction (Section HEA)	7850	8000	0,096	754	3.39	295	+ 2211
Béton Armée Ultra Haute Performance (Section rectangulaire)	2500	160000	1,92	4800	0.42	60	+ 159

DR2 – Tableau de choix du matériau pour le poteau

Matériau	Critères de choix			
	Masse	Performances mécaniques	Bilan carbone	Total
Bois lamellé collé (section rectangulaire)	3	3	3	9
Acier de construction (section HEA)	2	1	1	4
Béton Armée Ultra Haute Performance (section rectangulaire)	1	2	2	5

Classer les matériaux selon chaque critère en attribuant un certain nombre de points :

- 3 points pour le plus performant ;
- 2 points pour une performance moyenne ;
- 1 point pour le moins performant.

DR3 – Calcul du renouvellement d'air

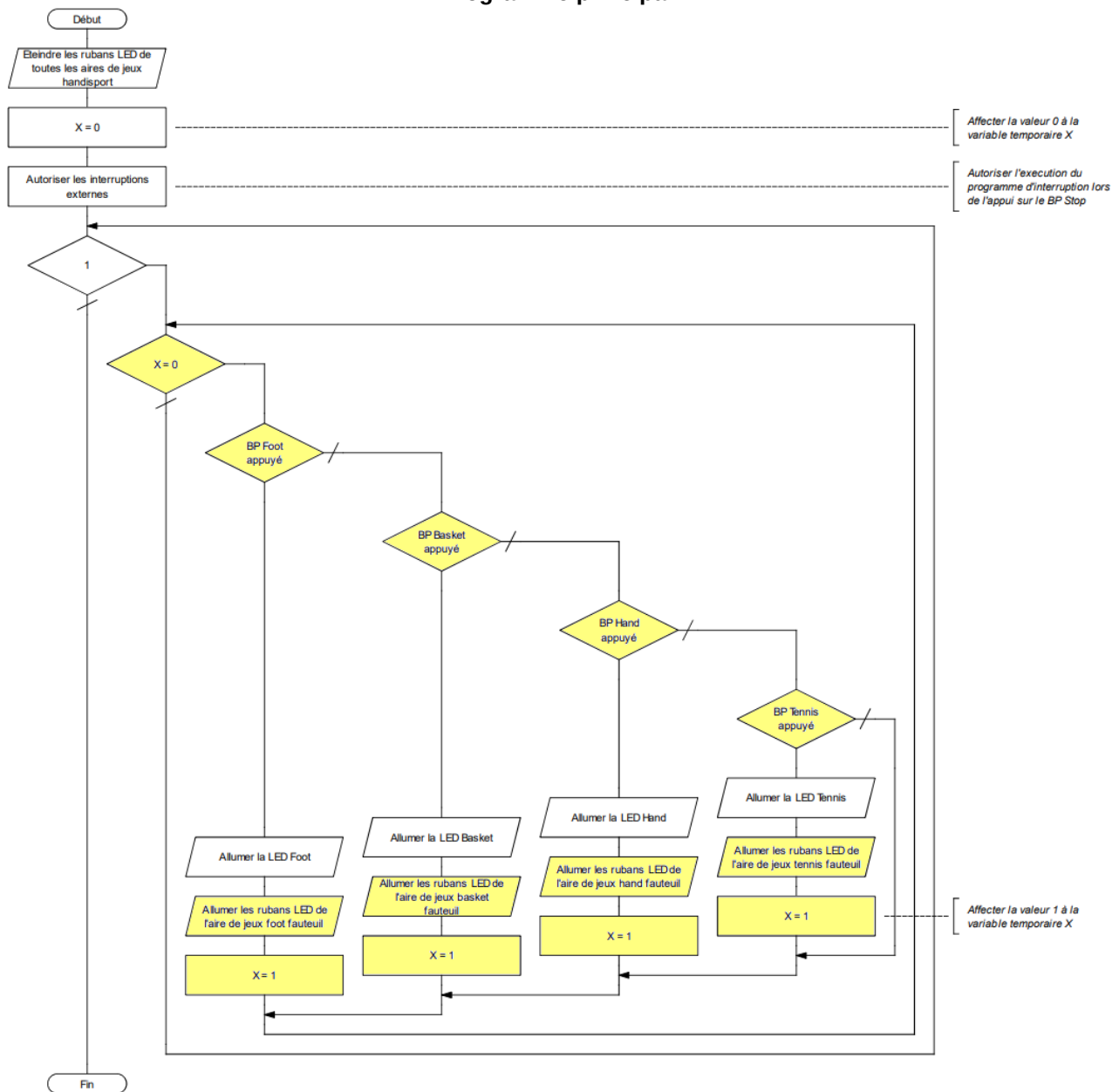
Type de sport	Nombre de joueurs et de remplaçants	Volume d'air renouvelé par joueur	Volume d'air total renouvelé pour l'ensemble des joueurs	Nombre de spectateurs	Volume d'air renouvelé par spectateur	Volume d'air renouvelé pour l'ensemble des spectateurs	Volume d'air renouvelé total
		$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$		$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
Tennis	2 ou 4	25	100	500	18	9000	9100
Basket	17	25	425	500	18	9 000	9 425
Handball	14	25	350	500	18	9 000	9 350
Escalade	4	25	100	3000	18	54 000	54 100
Le volume d'air renouvelé retenu sera de : 54 100 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$							

DR4 – Etude du marquage au sol

Type de sport	Nombre de LEDs	Nombre de ruban LED	Puissance électrique	Nombre de blocs alimentation
<u>Foot fauteuil</u>	$320 \times 156 = 49920 \text{ LED}$	$\frac{156}{5} = 31,2$	$P_{\text{FOOT}} = 8 \times 156 = 1248 \text{ W}$	$\frac{1248}{400} = 3,12$ 4 blocs alimentations
Basket <u>fauteuil</u>	$320 \times 258 = 82560 \text{ LED}$	$\frac{258}{5} = 51,6$	$P_{\text{BASKET}} = 8 \times 258 = 2064 \text{ W}$	$\frac{2064}{400} = 5,16$ 6 blocs alimentations
Hand <u>fauteuil</u>	$320 \times 217 = 69440 \text{ LED}$	$\frac{217}{5} = 43,4$	$P_{\text{HAND}} = 8 \times 217 = 1736 \text{ W}$	$\frac{1736}{400} = 4,34$ 5 blocs alimentations
<u>Tennis fauteuil</u>	$320 \times 147 = 47040 \text{ LED}$	$\frac{147}{5} = 29,4$	$P_{\text{TENNIS}} = 8 \times 147 = 1176 \text{ W}$	$\frac{1176}{400} = 2,94$ 3 blocs alimentations

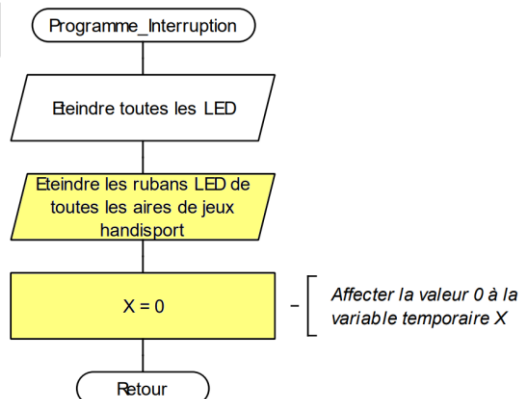
DR5 – Algorithme de programmation du plancher lumineux

Programme principal



Programme d'interruption

Lorsque le bouton poussoir nommé « BP Stop » est appuyé, le programme d'interruption s'exécute. Lorsque le programme d'interruption est terminé, le programme principal reprend son exécution.



DR6 – Matrice de communication du réseau informatique local

MATRICE DE COMMUNICATION	Ordinateur - Accueil	Console de supervision vidéo	Console de supervision des automates
Imprimante	OUI	NON	NON
Serveur de stockage vidéo	NON	OUI	NON
Automate dédié à l'éclairage	NON	NON	OUI

CORRIGE

INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET ÉCO-CONCEPTION

**Complexe International Multisports et Escalade
C.I.M.E.**



CORRIGÉ

Question A.1
DTS1 ; DTS2
DRS1

L'effort normal maximal à exercer sur le mousqueton est de **7000 N** quand le doigt est ouvert.

Voir DRS1. Le mousqueton est sollicité en **traction**.

Question A.2
DTS3

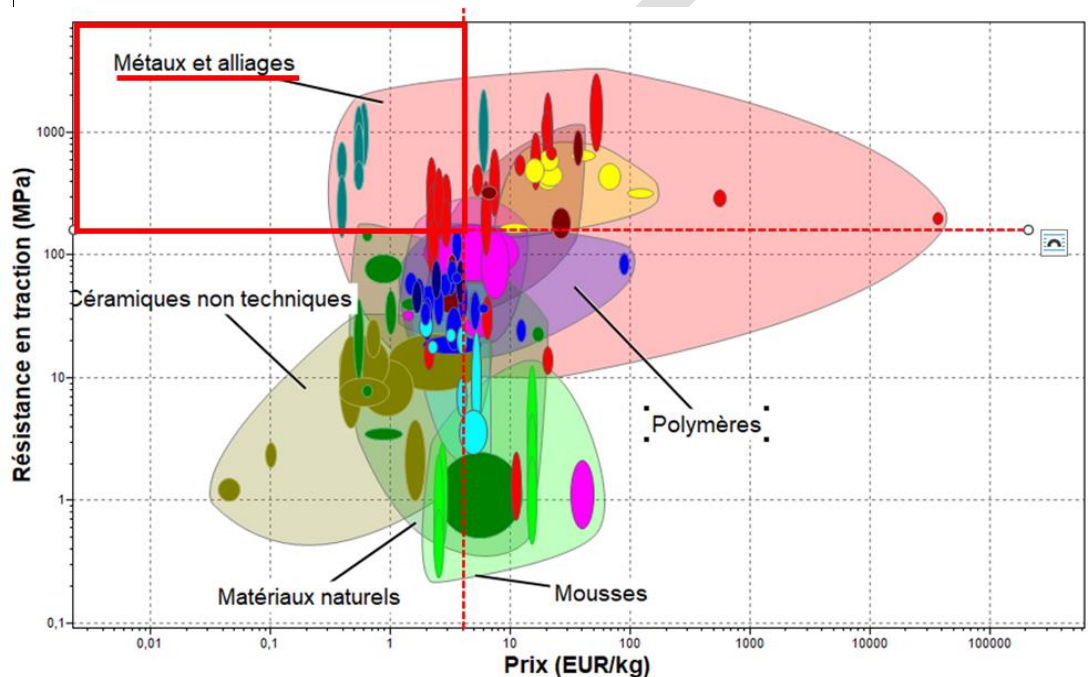
La section de l'anneau est de **101 mm²**.

Question A.3

$\sigma = \frac{N}{S} = \frac{7000}{101}$. La contrainte exercée dans la poutre est de **69,3 Mpa**.

Question A.4
DTS4
DRS2

$\sigma_{max} = \sigma_{CS} = 69,3 \times 2 = 138,6 \text{ Mpa}$. La contrainte maximum est de **138.6 Mpa**.



Le tracé n'est pas demandé. Il permet de choisir une famille de matériaux.

Voir DRS2. Famille de matériaux retenue : **Métaux et alliages**

Question A.5
DTS5 ; DTS6

La contrainte maximum exercée dans le mousqueton est **568 Mpa**.

L'alliage d'aluminium doit être un **alliages d'aluminium pour forgeage et laminage avec traitement thermique**.

Question A.6
DRS3

Voir DRS3. Le matériau retenu est **l'alliage d'aluminium 7075-T6**.

Question A.7
DRS4

Voir DRS4. **Laminage, sciage, cintrage et forgeage**

Question B.1 | Voir DRS5.

DTS8. DRS5

Question B.2 | Le mouvement entre le socle 1 et la coque 6 est une **rotation d'axe $\vec{Y}$** .

DTS8

DRS6

La liaison entre le socle 1 et la coque 6 est une **liaison pivot d'axe $\vec{Y}$** .

Voir DRS6.

Question B.3 | La solution technologique retenue est **par contact direct** entre le socle 1 et la coque 7.

DTS7

C'est une solution **peu couteuse**, nécessitant **moins de pièces** et supportant des **efforts de faible intensité**.

Question B.4 | Le mouvement entre la coque 6 et la caméra 7 est une **rotation d'axe $\vec{Z}$** .

DTS8

DRS6

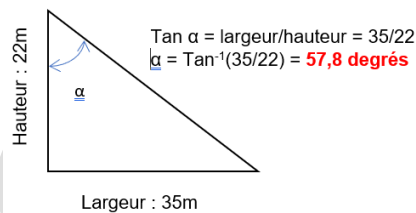
La liaison entre la coque 6 et la caméra 7 est une **liaison pivot d'axe $\vec{Z}$** .

Voir DRS6.

Question B.5 | La liaison équivalente entre le socle 1 et la caméra 7 est une **liaison sphérique à doigt**.

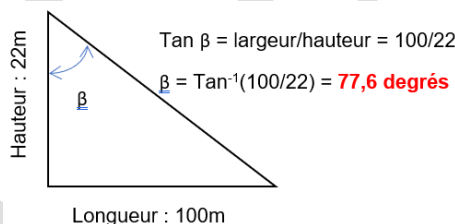
Question B.6

DTS8 – DTS9



Question B.7

DTS8 – DTS9



Question B.8

DTS8 – DTS9 –
DRS6

$$\frac{N_{btour5}}{N_{btour2}} = \frac{Z_2}{Z_3} \times \frac{Z_4}{Z_5} = \frac{12}{28} \times \frac{12}{28} = 0,183 \text{ donc } N_{btour5} = 0,183 \cdot N_{btour2}$$

$$\text{Si } N_{btour2} = 1,3 \text{ tour alors } N_{btour5} = 0,183 \cdot 1,3 = 0,238 \text{ tour soit } 85^\circ$$

Question B.9 | Pour la largeur, α = **57,8 degrés < 60 degrés donc validé**.
Données constructeur : **90 degrés > 85 degrés donc validé**.
Pour la longueur, β = $\text{Tan}^{-1}(100/22)$ = **77,6 degrés < 90 degrés donc validé**.
La caméra **satisfait bien** les attentes de surveillance de l'esplanade.

DRS1 – Sollicitation

Compression	Traction	Flexion
-------------	-----------------	---------

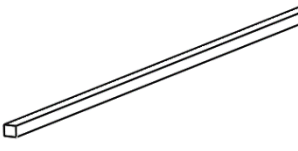
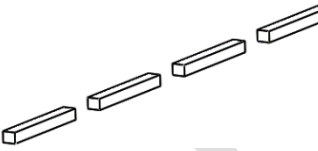
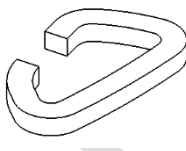
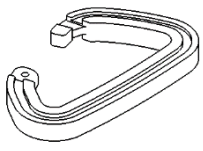
DRS2 – Familles de matériaux

Mousses	Céramiques non techniques	Métaux et alliages	Polymères
---------	---------------------------	---------------------------	-----------

DRS3 – Matériau retenu

Matériau	2024-T6	1060	7075-T6	3003
Résistance en traction (MPa)	470	69	570	110

DRS4 – Processus de fabrication

			
Laminage	Sciage	Cintrage	Forgeage

DRS5 – Chaîne d'énergie

