

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2023**

## **SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE**

**Ingénierie, innovation et développement durable**

**ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION**

**Mardi 21 mars 2023**

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 40 pages numérotées de 1/40 à 40/40.

**Constitution du sujet :**

<b>Partie commune (durée indicative 2h30)</b>	12 points
<b>Partie spécifique (durée indicative 1h30)</b>	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.**

**Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.**

**Tous les documents réponses, mêmes vierges, sont à rendre obligatoirement avec la copie.**

## **VÉLODROME RAYMOND POULIDOR**



- Présentation de l'étude et questionnement..... pages 2 à 11
- Documents techniques DT1 à DT 8 ..... pages 12 à 19
- Documents réponses DR1 à DR6 ..... pages 20 à 25

## Mise en situation

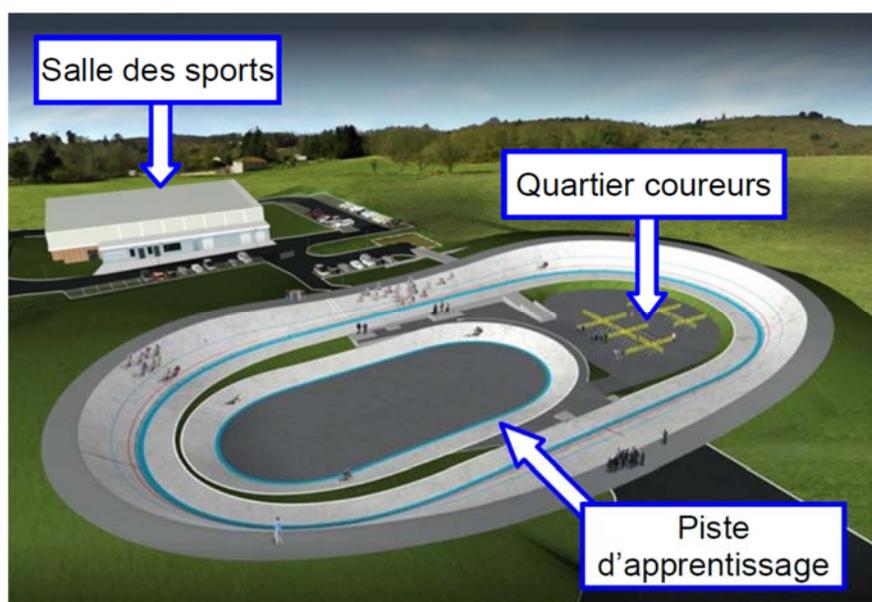
Le vélodrome Raymond Poulidor est situé à Bonnac-la-Côte à moins de 5 minutes de l'autoroute, près de Limoges dans le département de la Haute-Vienne. Il a été inauguré le 3 juillet 2019.

Ce vélodrome couvert avec une piste en béton est unique en France. Il répond à la demande des différentes associations sportives et clubs du territoire, voire au-delà.

Il met à disposition de tous un site d'entraînement sécurisé, permettant le développement de la pratique du cyclisme sur piste à tous niveaux et par tous.

Afin de s'assurer de l'homologation de l'équipement, la Fédération Française de Cyclisme (FFC) a été associée à sa conception et à sa réalisation. Ainsi, le vélodrome et ses annexes ont été conçus pour accueillir des compétitions de niveau national.

### **Projet initial (sans couverture) :**



Le projet initial sans couverture a été achevé en juin 2017. Il était configuré comme ci-dessus et comprenait :

- une piste en béton de 250 m de long sur 7 m de large, à virages relevés avec une inclinaison maximale de 40,39° ;
- le quartier des coureurs, à l'intérieur de la piste, accessible par un tunnel abritant des sanitaires ;
- une piste d'apprentissage et d'échauffement lors des compétitions, de 125 m de long sur 4 m de large. Elle sert aussi aux enfants ;
- une extension de la halle des sports communale, bâtiment d'environ 100 m<sup>2</sup> avec un accès indépendant qui abrite les locaux de stockage du matériel, l'atelier de petite mécanique, une salle de réunion, un bureau à disposition des éducateurs du vélodrome et un local pour l'assistance médicale.

## ***Nécessité d'une couverture***

Pour maintenir la piste sèche et assurer une utilisation continue de l'équipement quelles que soient les conditions météorologiques, l'exploitant a choisi d'équiper le vélodrome d'une couverture en structure gonflable appelé « dôme » composée d'une double toile tendue.

Un système de soufflerie injecte de l'air sous pression qui la tient gonflée et tendue.



Ce dôme, d'une surface totale de 11 158 m<sup>2</sup>, a pour vocation de couvrir l'ensemble des existants du vélodrome dans un seul volume, comme sur l'image ci-dessous.



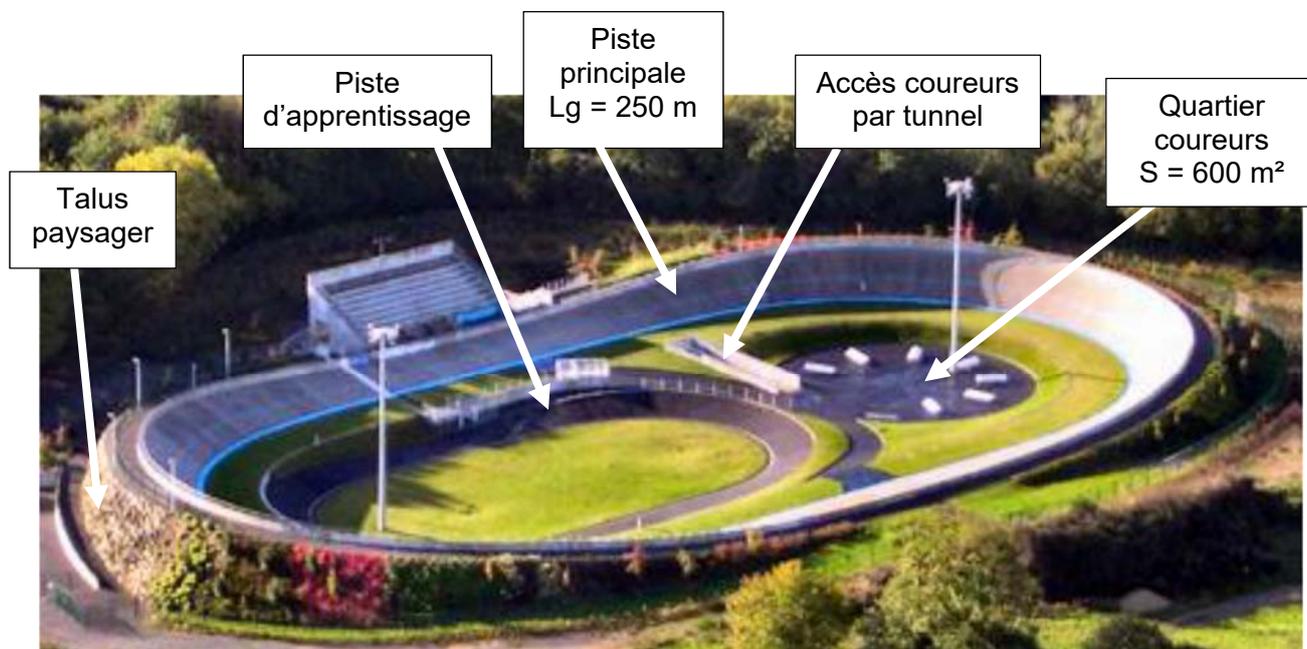
Le site peut accueillir jusqu'à 1 636 spectateurs, répartis dans les tribunes, autour de la piste et dans le quartier des coureurs.

23-2D2IDACME1

## Travail demandé

### Partie 1 : le type de piste et les dimensions du vélodrome sont-ils justifiés ?

Cette partie concerne le vélodrome **avant** couverture.



Dès le début du projet, le client envisageait une piste en béton, notamment pour sa capacité à résister aux intempéries. Il existe des pistes en béton sur remblai ou en béton sur ossature, dont les principes constructifs sont présentés dans le DT1.

Question 1.1

DT1, DR1

**Comparer** de façon qualitative les pistes en béton sur remblai et les pistes en béton sur ossature sur le DR1 en proposant la note 0 ou +1 pour chaque critère.

**Justifier** le choix d'une piste en béton sur remblai.

Question 1.2

DR1

**Associer** à chaque pilier du développement durable (économique, écologique et sociétal) un critère issu du DR1.

La Fédération Française de Cyclisme impose que la longueur de la piste principale  $L_g$  soit choisie de telle sorte qu'un nombre entier de demi-tours représente 1 km.

Question 1.3

DT2

**Calculer** le nombre de demi-tours de piste principale pour réaliser 1 km.

**Conclure.**

23-2D2IDACME1

Dans les virages sur la piste principale, le cycliste est en mouvement circulaire autour du point O (voir DR2), avec une vitesse maximale de  $85 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

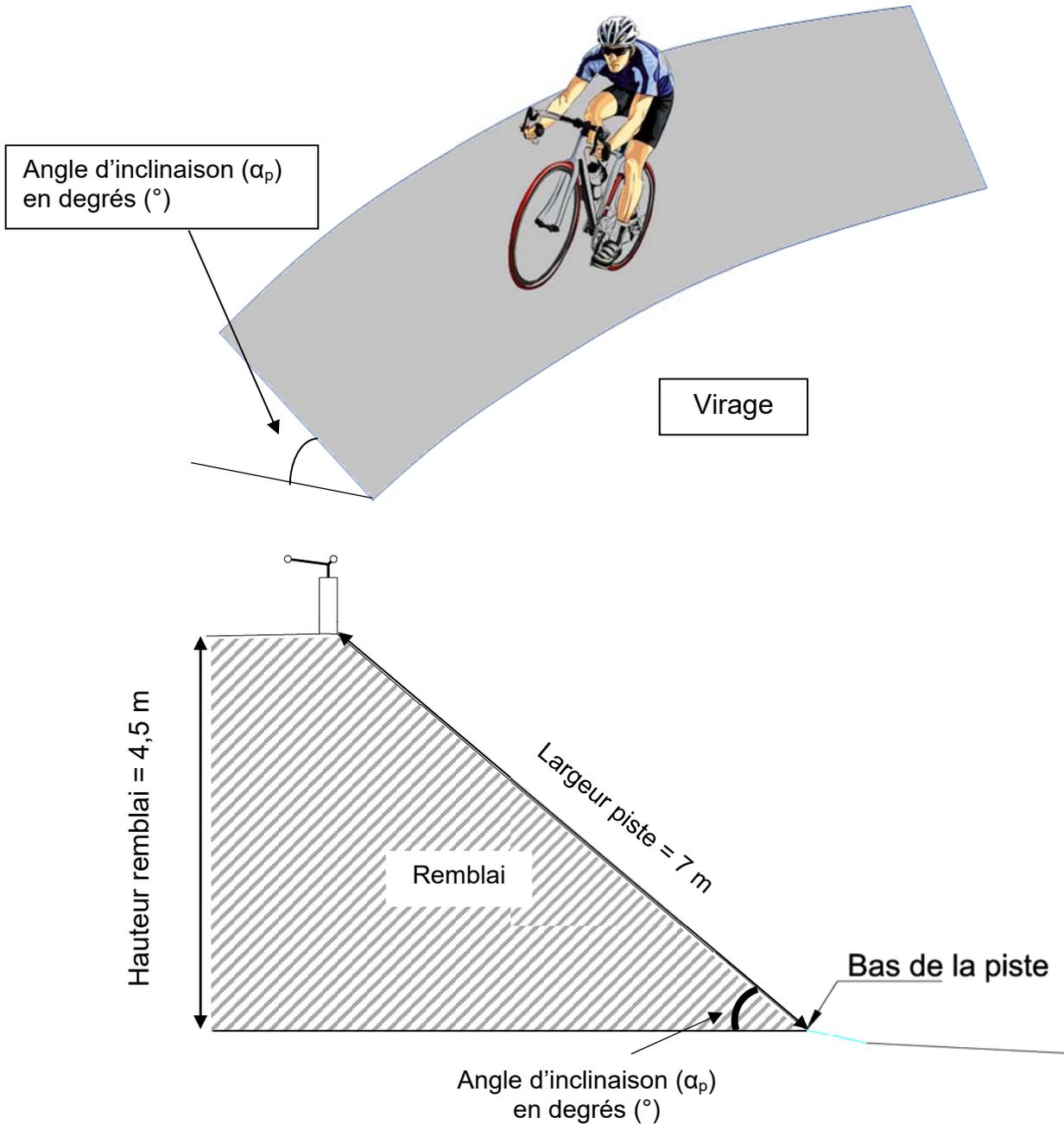
Question 1.4

DR2

**Tracer** à l'échelle le vecteur vitesse linéaire du cycliste,  $\vec{V}_{\text{cycliste/piste}}$  sur la piste principale pour une vitesse maximale, au point indiqué sur le DR2.

Échelle des vitesses :  $1 \text{ cm} \rightarrow 20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$

Pour pallier l'effet centrifuge, les virages sont relevés, c'est-à-dire inclinés d'un angle  $\alpha_p$ .



Question 1.5 | **Calculer** l'angle d'inclinaison ( $\alpha_p$ ) de la piste dans un virage.

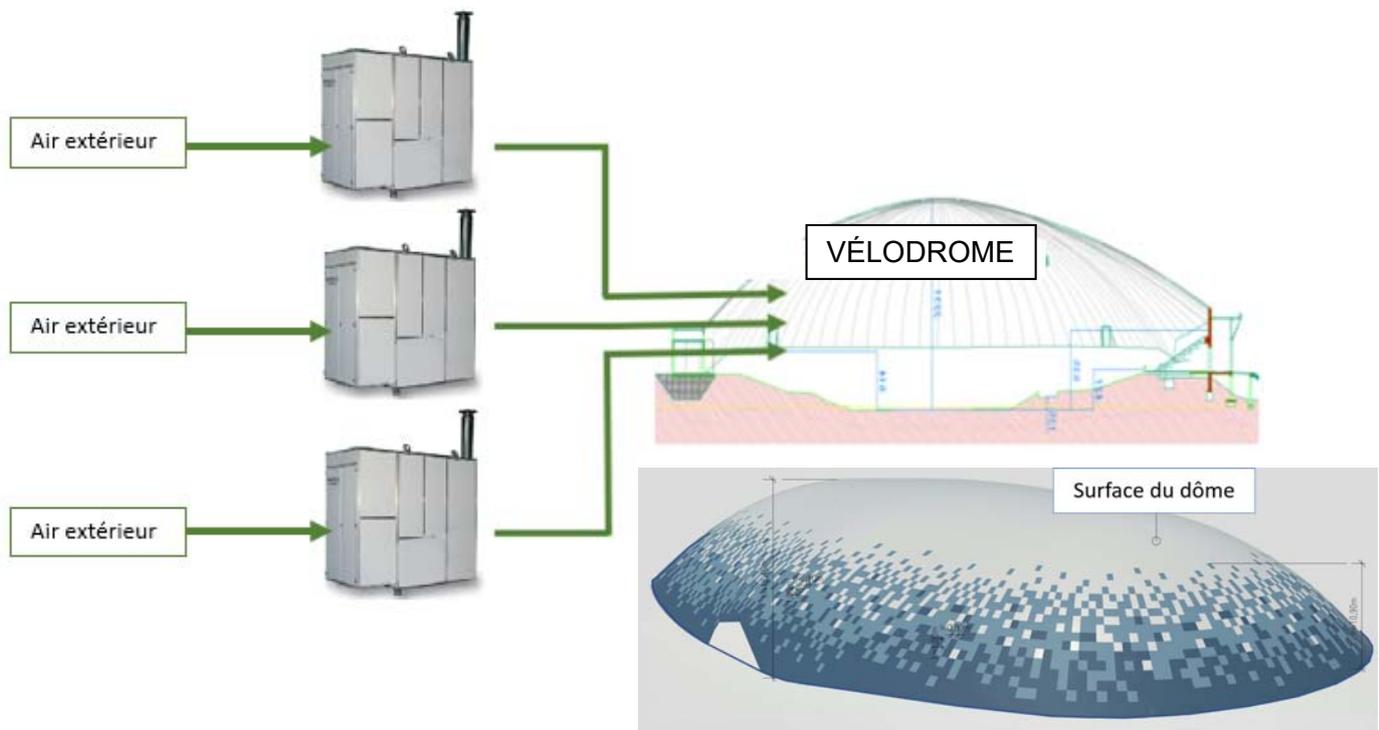
DT2

**Justifier** la conformité de cette inclinaison.

Question 1.6 | **Conclure** sur la pertinence des choix du type de piste et de ses dimensions.

## Partie 2 : la pression intérieure est-elle suffisante pour soulever le dôme ?

Afin de rendre la piste praticable en toute saison, le client décide de couvrir la piste de façon définitive. Le principe d'un dôme gonflable est retenu. Trois générateurs d'air chaud envoient de l'air dans le dôme pour maintenir une pression suffisante pour le soulever (DT3).



Question 2.1 | **Calculer** le poids du dôme.

DT2

Rappel : Masse = Masse surfacique x Surface du dôme

On donne:  $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

23-2D2IDACME1

Les générateurs d'air chaud peuvent maintenir une pression relative intérieure maximale de 300 Pa.

Question 2.2 | **Calculer** la force résultante de cette pression intérieure.

DT3

**Conclure** sur la capacité des ventilateurs à soulever le dôme en l'absence de perturbations extérieures.

Question 2.3 | D'après le diagramme de contexte, **relever** deux perturbations extérieures que la pression intérieure doit compenser.

DT4

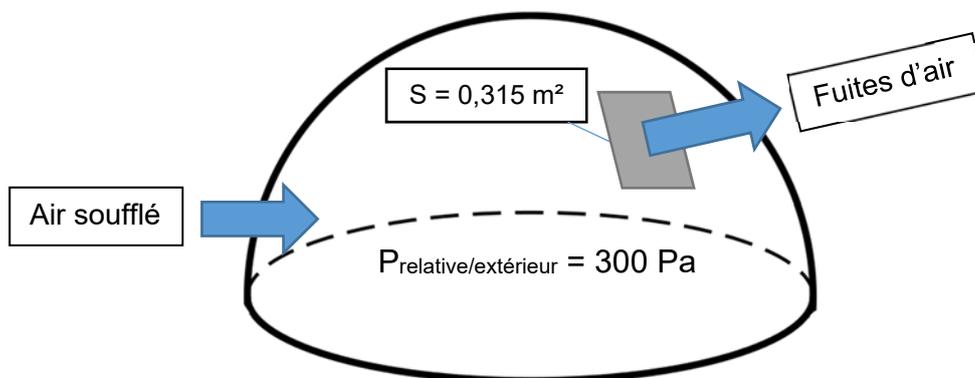
### Partie 3 : comment sélectionner les générateurs d'air chaud ?

Il existe sur le dôme des fuites d'air au niveau de :

- la jonction entre la toile du dôme et le sol ;
- la jonction entre les pièces de toile constituant le dôme ;
- les jonctions des différentes portes (sas, sorties de secours).

La somme des fuites d'air équivaut à un « trou » de surface  $S = 0,315 \text{ m}^2$  dans le dôme.

Les trois générateurs d'air chaud doivent compenser ces fuites pour garder une pression relative par rapport à l'extérieur de +300 Pa dans le dôme.



- $V = \sqrt{\frac{2 \times P}{\rho_{\text{air}}}}$ 
  - V : vitesse d'écoulement de l'air en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
  - P : pression relative de l'air à l'intérieur du dôme en Pascal (Pa)
  - $\rho_{\text{air}}$  : masse volumique de l'air ( $1,25 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )

Question 3.1 | **Calculer** la vitesse de l'air s'échappant par les fuites du dôme.

- $Q_{\text{fuites}} = V \times S$ 
  - $Q_{\text{fuites}}$  : débit de l'air en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
  - V : vitesse d'écoulement de l'air en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
  - S : surface des fuites d'air en  $\text{m}^2$

Question 3.2 | **Calculer** le débit d'air s'échappant par la surface S correspondant aux fuites en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

**Convertir** en  $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  le débit d'air correspondant aux fuites.

Le gonflage du dôme nécessite un débit de  $60\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  indépendamment des fuites.

Question 3.3 | **Choisir** le modèle le plus adapté pour les trois générateurs d'air.

DT5

Le dôme étant sous pression, toutes les entrées sont conçues pour qu'un minimum d'air s'échappe grâce à des sas de plusieurs types :

- **portes tambour** dit « sas tournant » dont l'étanchéité est assurée par des brosses ;
- **sas technique** délimité par deux portes de « garage » actionnées en différé et comportant un espace d'attente proportionnel à l'usage qui en est fait (camion, groupe de vélos, etc.).

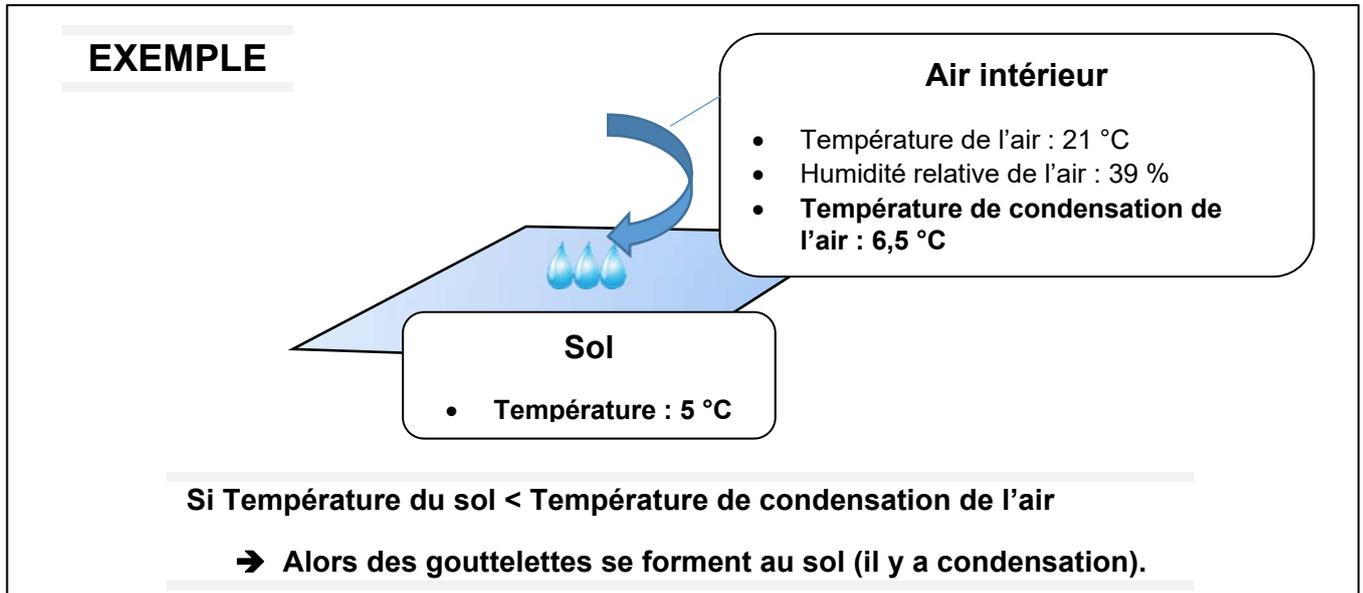
Question 3.4 | **Indiquer** aux étapes 2, 3 et 4 sur le DR3, le niveau de pression dans le sas technique pour l'entrée d'une personne dans le vélodrome.

DR3

Question 3.5 | **Conclure** sur l'importance des sas vis-à-vis du choix des générateurs à air chaud.

#### Partie 4 : comment évaluer le risque de condensation sur la piste ?

Lors de la mise en fonctionnement du dôme, de l'eau est apparue sur la piste par effet de condensation (phénomène de rosée).



Pour déterminer le risque de condensation sur la piste, six zones ont été définies dans le vélodrome avec pour chacune (voir DT6) :

- 1 sonde de température pour la mesure de l'air ambiant notée  $T_{\text{air}}$  ;
- 1 sonde pour la mesure de l'humidité relative notée HR ;
- 1 sonde de température pour la mesure de la température sol notée  $T_{\text{piste}}$ .

Pour les sondes de température, on donne  $\theta = \frac{R - 100}{0,385}$ , avec :

- $\theta$  : température mesurée en °C
- R : résistance de la sonde de température Pt100 en  $\Omega$

Question 4.1 | **Calculer** les températures du sol  $\theta$  en complétant le DR4.

DR4

Question 4.2 | **Déterminer** les températures de condensation manquantes dans le DR4 à partir du DT7.

DT6, DT7, DR4

**Indiquer** la présence de condensation (OUI ou NON) sur la piste.

Question 4.3 | **Conclure** sur la nécessité d'avoir plusieurs zones de mesures pour évaluer le risque de condensation sur la piste.

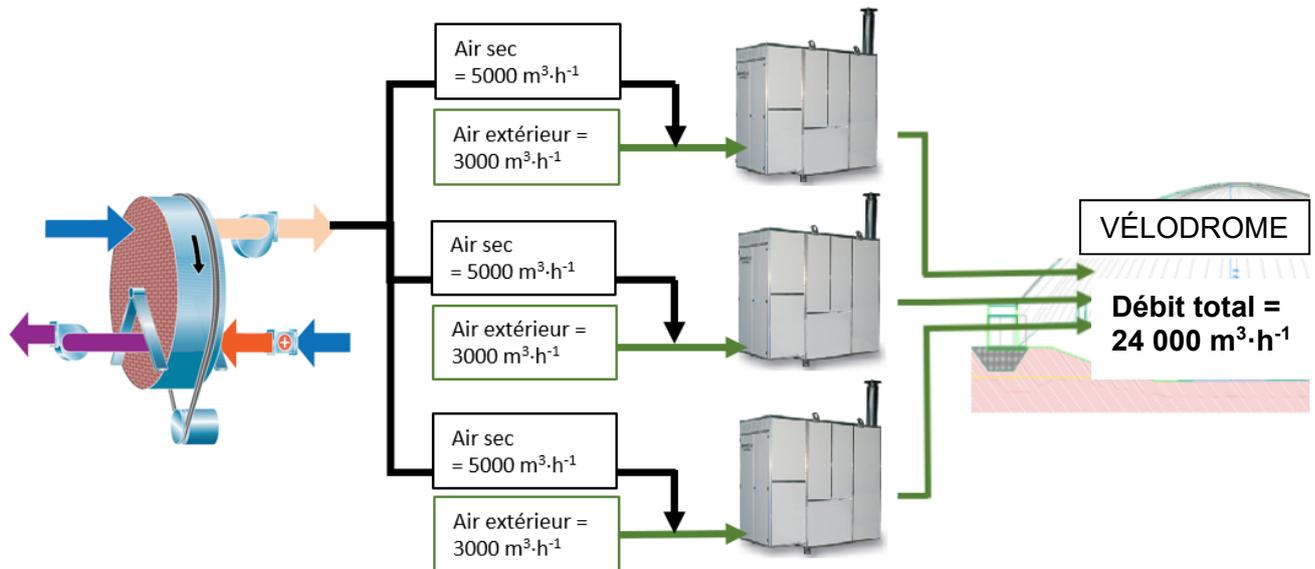
23-2D2IDACME1

## Partie 5 : comment éliminer le risque de condensation sur la piste ?

Pour éviter la condensation sur la piste, la solution retenue a été de déshumidifier une partie de l'air soufflé dans le dôme grâce à une roue déshydratante (roue dessiccante), dont le principe est exposé dans le DT8.

Cette roue est constituée d'un matériau hygroscopique qui retient l'humidité de l'air.

La roue fournit  $15\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  d'air sec répartis équitablement sur les trois générateurs d'air chaud. Avec cette proportion d'air sec, l'air entrant dans le dôme ne pourra pas condenser sur la piste quelles que soient les conditions de températures.



Question 5.1 | Sur le diagramme de blocs internes de la roue déshydratante (DR5), identifier les deux flux d'air en repassant sur les traits avec deux couleurs différentes, l'une pour l'air humide et l'autre pour l'air sec.

DT8, DR5

La roue déshydratante s'active sur le principe de l'algorithme présenté sur le DR6, en prenant en compte la température minimum du sol et la température minimum de condensation des différentes zones présentes dans le vélodrome.

Une série de mesures est présentée dans le DR6.

Question 5.2 | Indiquer sur le DR6 si la roue déshydratante s'active ou non en fonction des différents cas proposés.

DR6

L'air contenu dans le vélodrome se renouvelle totalement toutes les 4 h environ.

Question 5.3 | Conclure sur le choix du constructeur d'avoir ajouté une marge de sécurité de  $5\text{ °C}$  pour l'activation de la roue déshydratante.

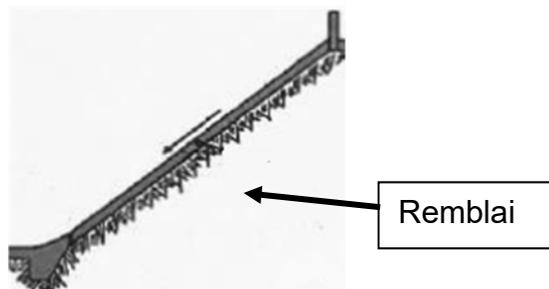
DR6

23-2D2IDACME1

## DT1 : types de pistes en béton - principes, avantages et inconvénients (extraits du guide de conception d'un vélodrome édité par la FFC)

### Les pistes en béton sur remblai

Elles sont constituées d'une couche de béton directement coulée sur de la terre compactée (remblai). Une couche plus fine cimentée (chape) est ensuite coulée sur le béton pour constituer la surface de roulement.



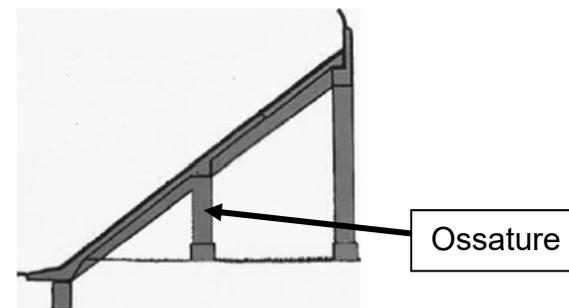
Les pistes sur remblai sont plus fréquentes et permettent une meilleure insertion dans le paysage.

Plus économique, la solution du remblai est cependant rendue complexe par l'opération de compactage de la terre. Mal compacté, le remblai risque de se tasser provoquant fissures et affaissements.



### Les pistes en béton sur ossature

Dans ce cas la dalle en béton repose sur une ossature en béton armé. Une couche plus fine cimentée (chape) est ensuite coulée sur le béton pour constituer la surface de roulement.

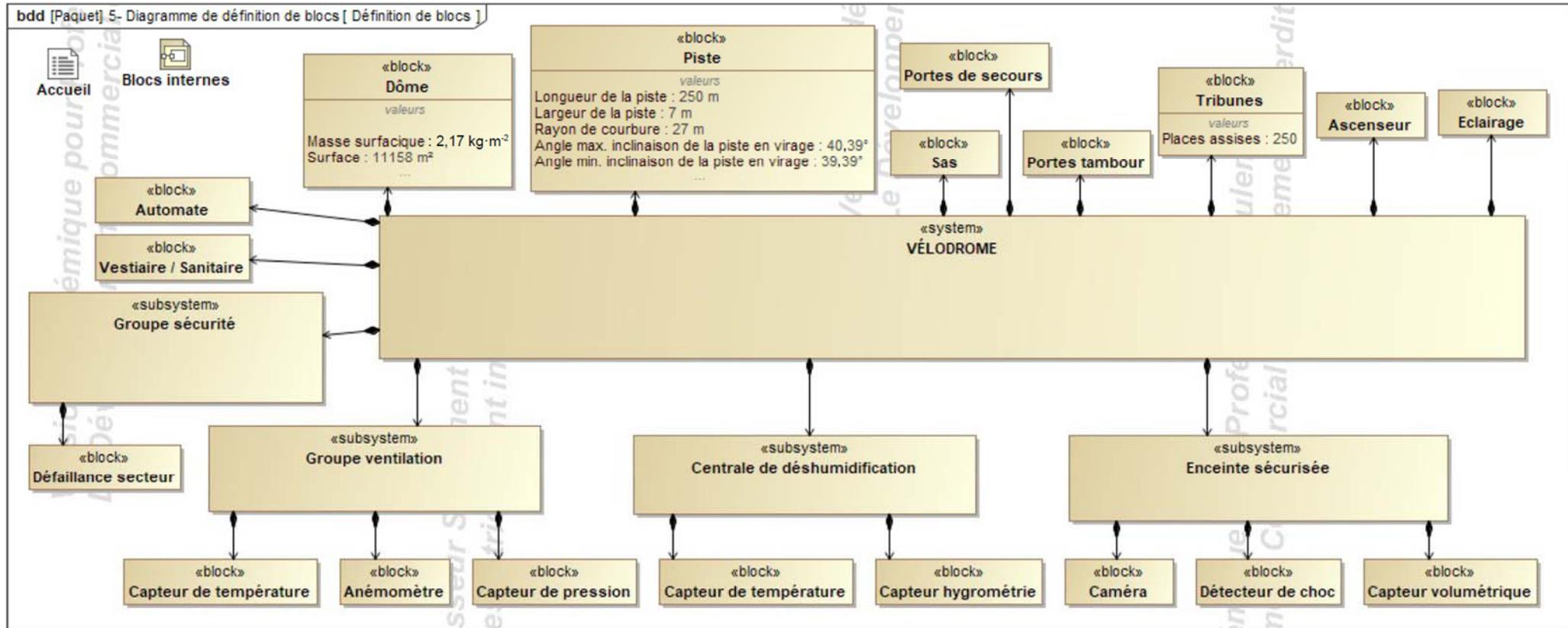


L'avantage de ce choix réside dans la mise à disposition d'espaces sous l'ossature, espaces qui peuvent alors être utilisés pour les vestiaires, les sanitaires et autres locaux de stockage vélos.

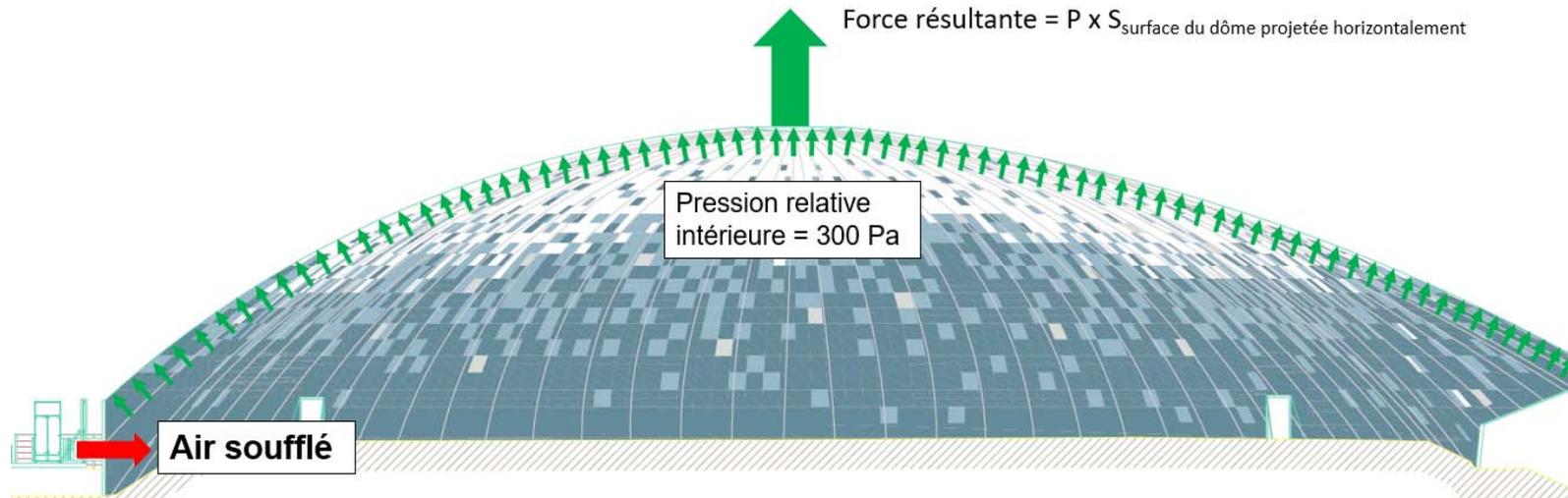
A contrario, l'impact visuel de l'ossature pose la question de son insertion dans son environnement immédiat, qui peut gêner le confort de vie des riverains. De plus ce type de piste nécessite davantage de béton (matériau fort émetteur en gaz à effet de serre).



## DT2 : diagramme de définition de blocs (BDD)



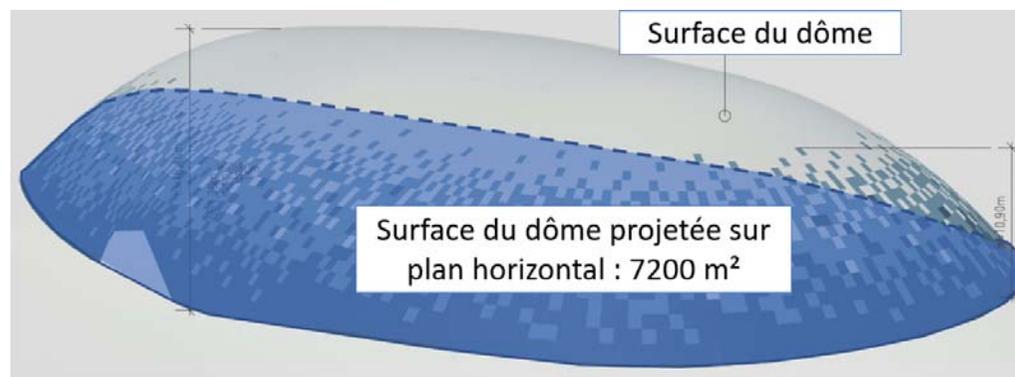
## DT3 : résultante des forces de pression



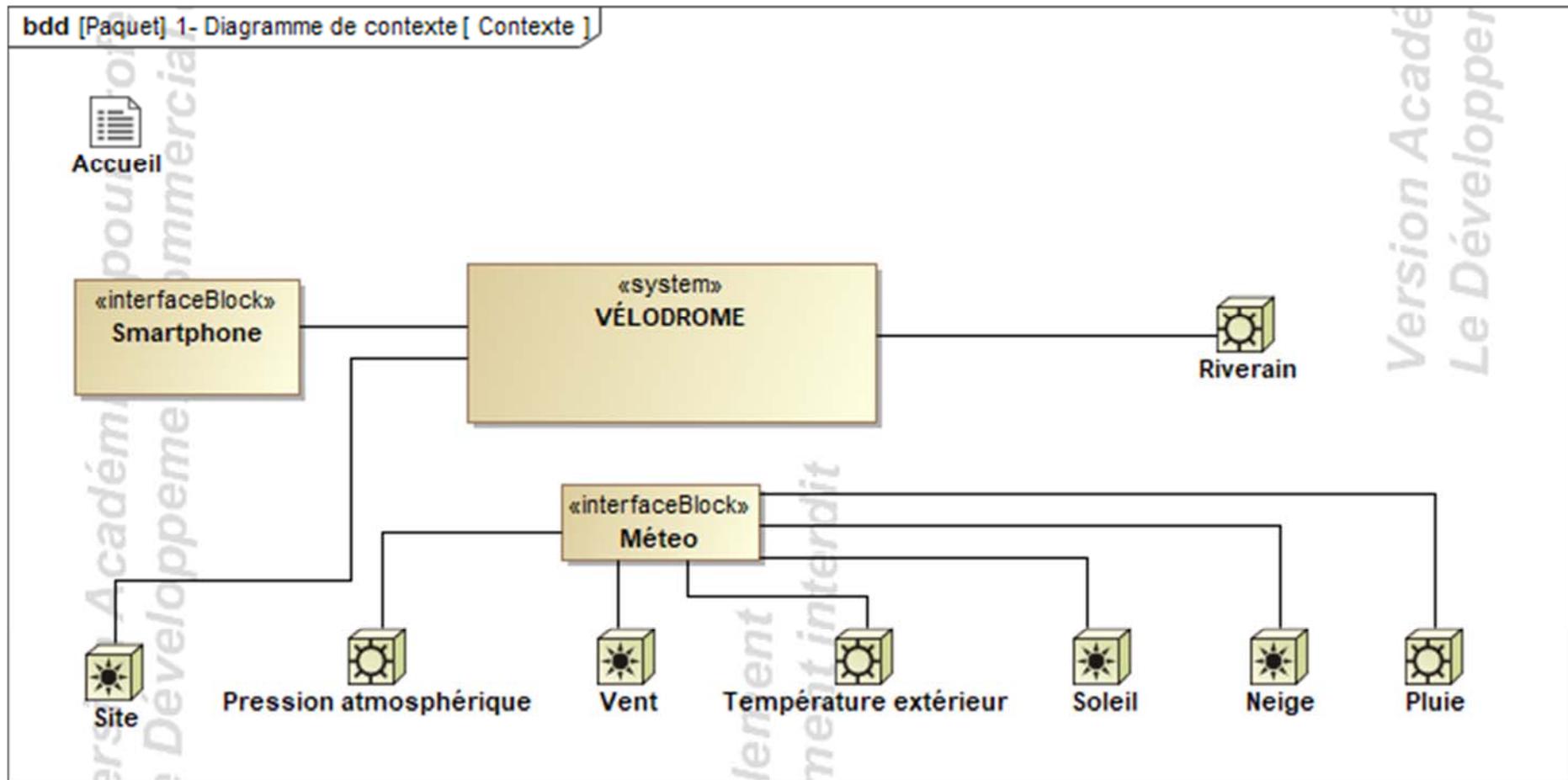
**On donne :**

Force résultante =  $P \times S_{\text{surface du dôme projetée sur plan horizontal}}$

- Force résultante en Newton (N)
- $P$  : Pression relative intérieure en Pascal (Pa)
- $S_{\text{surface du dôme projetée sur plan horizontal}}$  en  $\text{m}^2$



## DT4 : diagramme de contexte

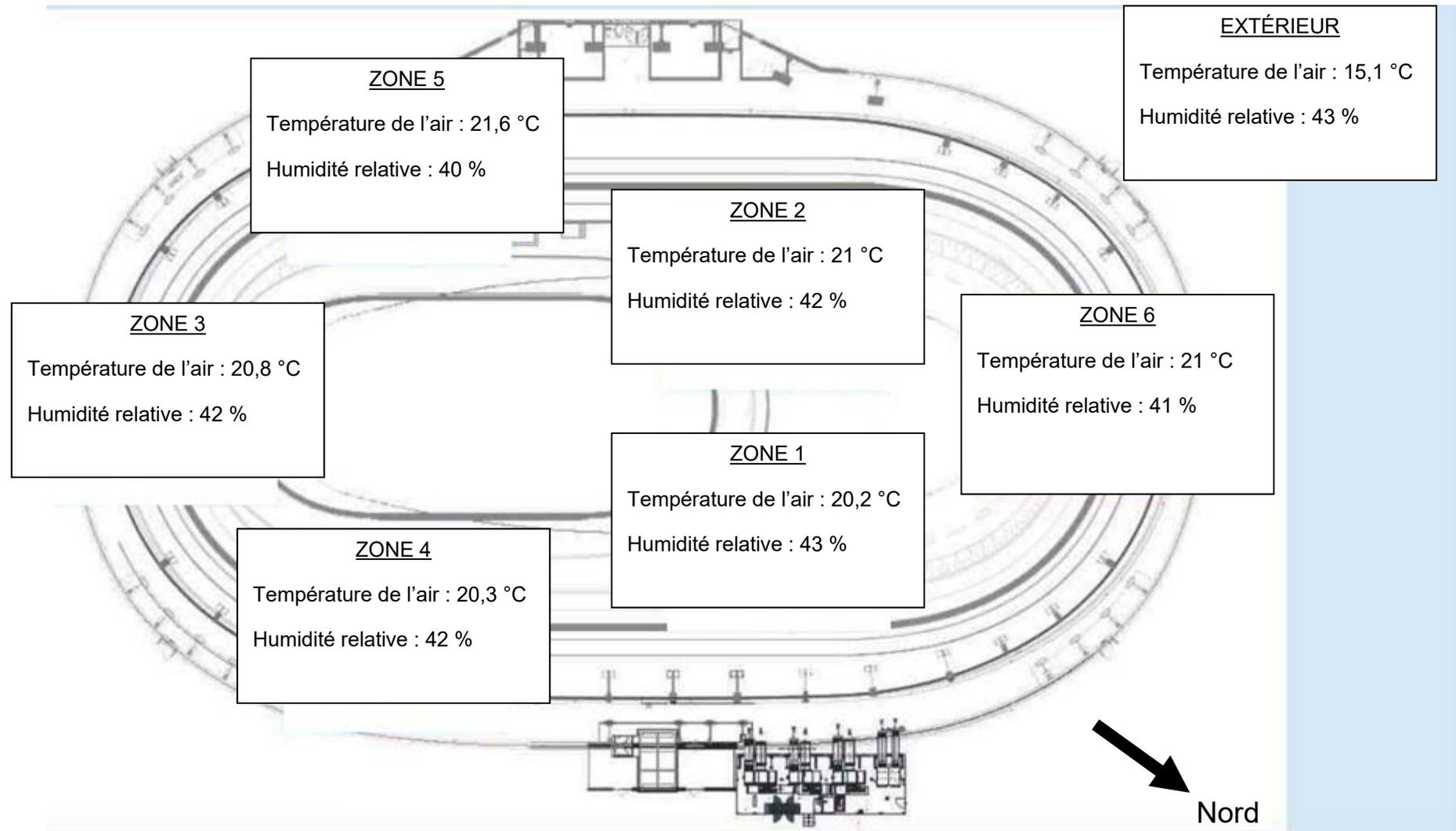


## Générateur d'air chaud PKE-SPORT



Modèle		PKE100K	PKE140K	PKE190K	PKE250K	PKE320K	PKE420K	PKE550K
Version		P00	P00	P00	P00	P00	P00	P00
Débit d'air	m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	7 000	9 800	13 400	18 200	21 800	30 000	35 000
Pression relative	Pa	300	300	300	300	300	300	300
Saut de température Min et Max	°K	10,9 - 46,7	11,1 - 44,5	10,3 - 42,8	9,6 - 42,5	9,7 - 45,6	7,9 - 43,5	7,8 - 48,7
Alimentation électrique	V	400 triphasé						
Fréquence	Hz	50						
Puissance utile moteur Max	kW	3,0	4,0	4,0	7,5	7,5	11	15
Puissance électrique absorbée Max	kW	3,51	4,61	4,61	8,45	8,45	12,19	16,48
Degré de protection	IP	Générateur série PKE = IP24 ; tableau électrique PKE = IP55						
Température de fonctionnement	°C	de -20°C à + 40°C (contrôler les températures de fonctionnement du brûleur associé)						

## DT6 : schéma d'implantation des sondes

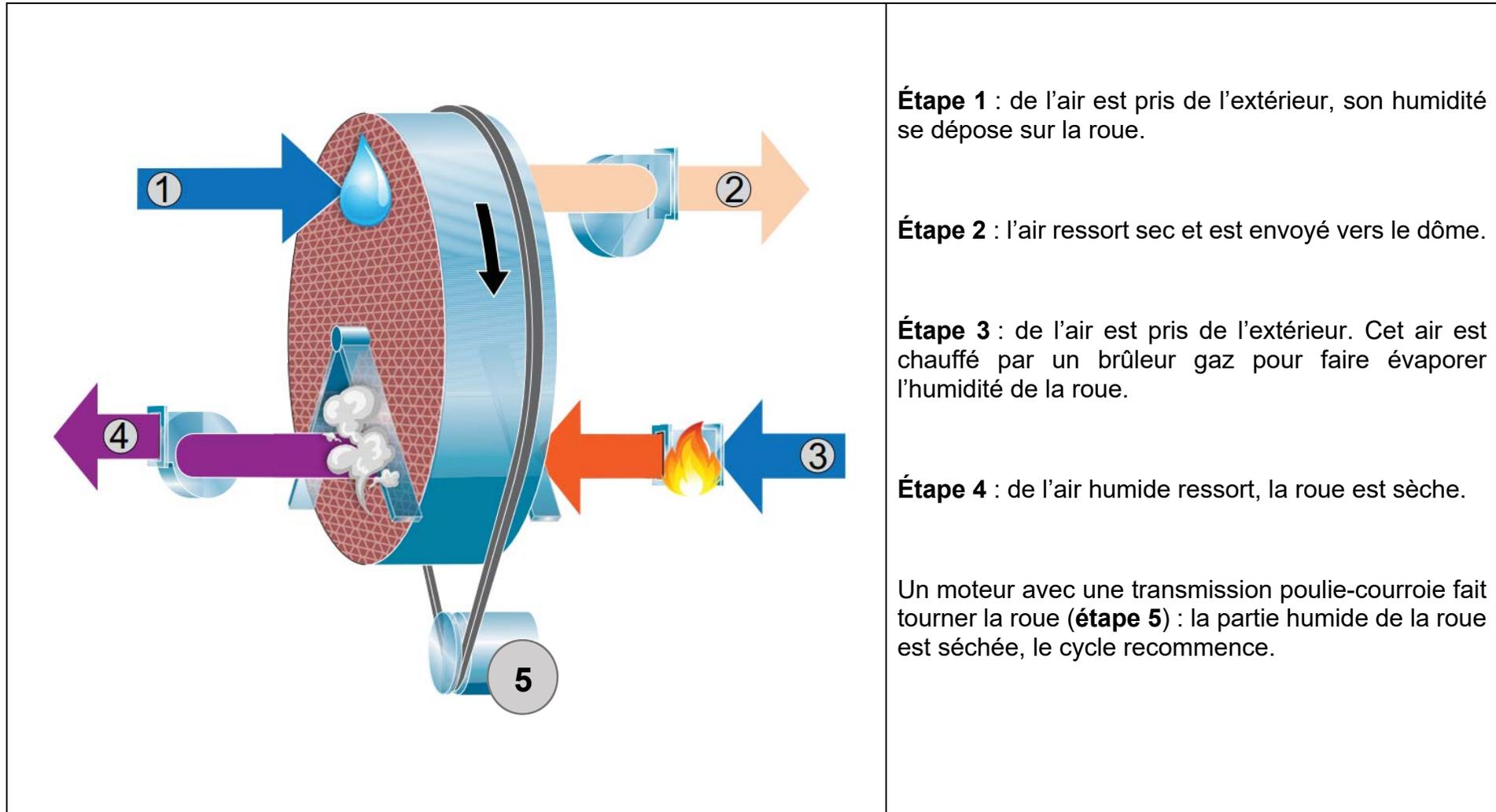


## DT7 : température de condensation en fonction de la température et de l'humidité relative de l'air

**Exemple** : si la température de l'air vaut 20,6 °C et HR = 38 % alors la température de condensation est 5,8 °C

Humidité relative de l'air (HR) Température de l'air	38 %	39 %	40 %	41 %	42 %	43 %
20 °C	5,2	5,6	6,0	6,3	6,7	7,0
20,2 °C	5,4	5,8	6,2	6,5	6,9	7,2
20,4 °C	5,6	6,0	6,3	6,7	7,0	7,4
20,6 °C	5,8	6,2	6,5	6,9	7,2	7,6
20,8 °C	6,0	6,3	6,7	7,1	7,4	7,8
21 °C	6,1	6,5	6,9	7,2	7,6	7,9
21,2 °C	6,3	6,7	7,0	7,4	7,8	8,1
21,4 °C	6,5	6,9	7,2	7,6	8,0	8,3
21,6 °C	6,7	7,0	7,4	7,8	8,1	8,5
21,8 °C	6,8	7,2	7,6	8,0	8,3	8,6
22 °C	7,0	7,4	7,8	8,1	8,5	8,8

## DT8 : roue déshydratante - principe



23-2D2IDACME1

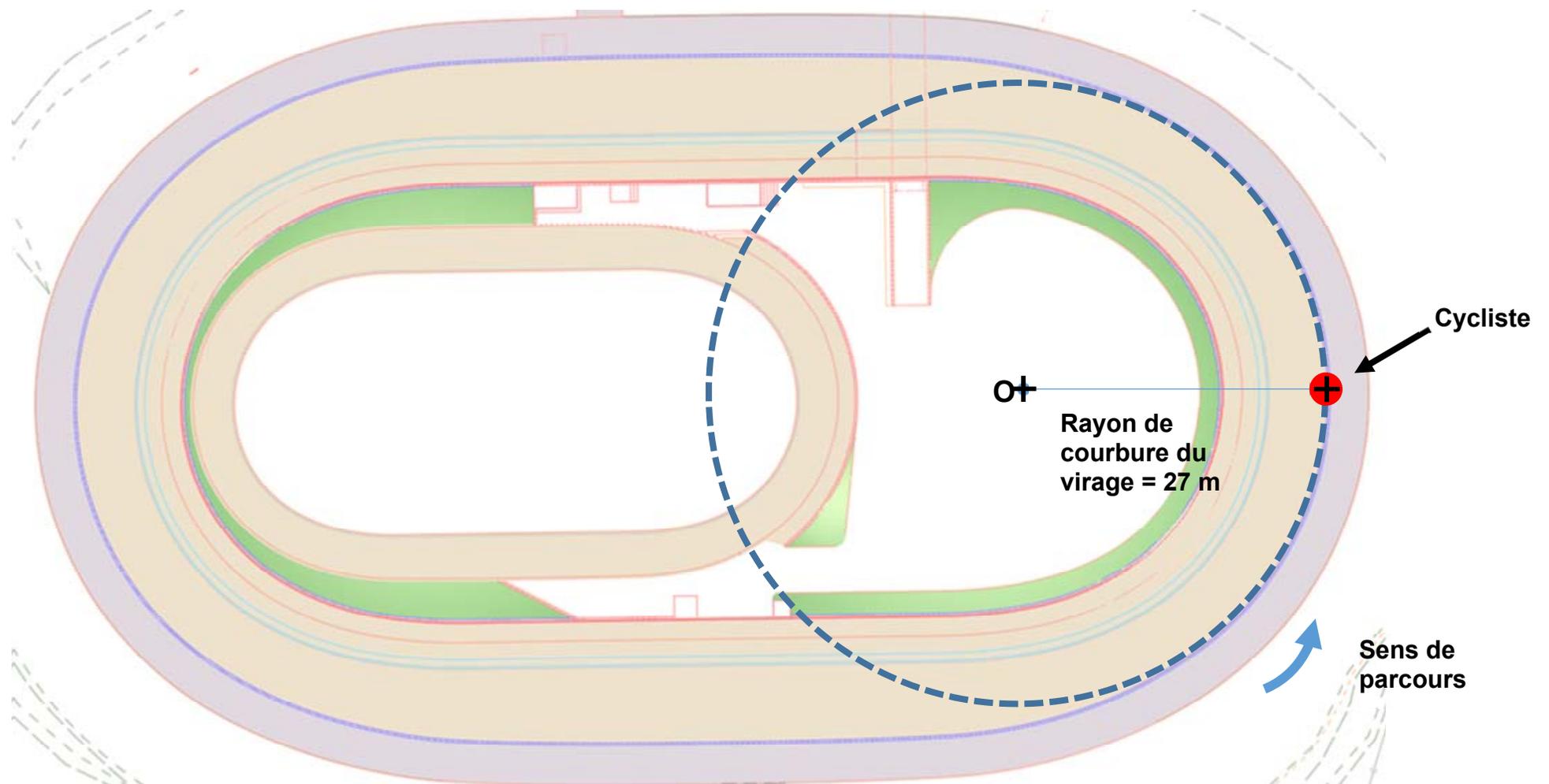


## Document réponses DR1 : comparatif des types de pistes

CRITÈRES >	PRIX	MISE EN OEUVRE	RÉALISATION DE VESTIAIRES/ STOCKAGE	INSERTION DANS LE PAYSAGE	BILAN CARBONE	TOTAL
<i>COEFFICIENT</i>	5	2	3	4	3	17
PISTE EN BÉTON SUR REMBLAI	1	0	.....	.....	.....	= 1 x 5 + 0 x 2 + .....
PISTE EN BÉTON SUR OSSATURE	0	1	.....	.....	.....	= 0 x 5 + 1 x 2 + .....



## Document réponses DR2 : vecteur vitesse du cycliste en virage



23-2D2IDACME1

Échelle des vitesses : 1 cm  $\rightarrow$  20 km·h<sup>-1</sup>

21/40

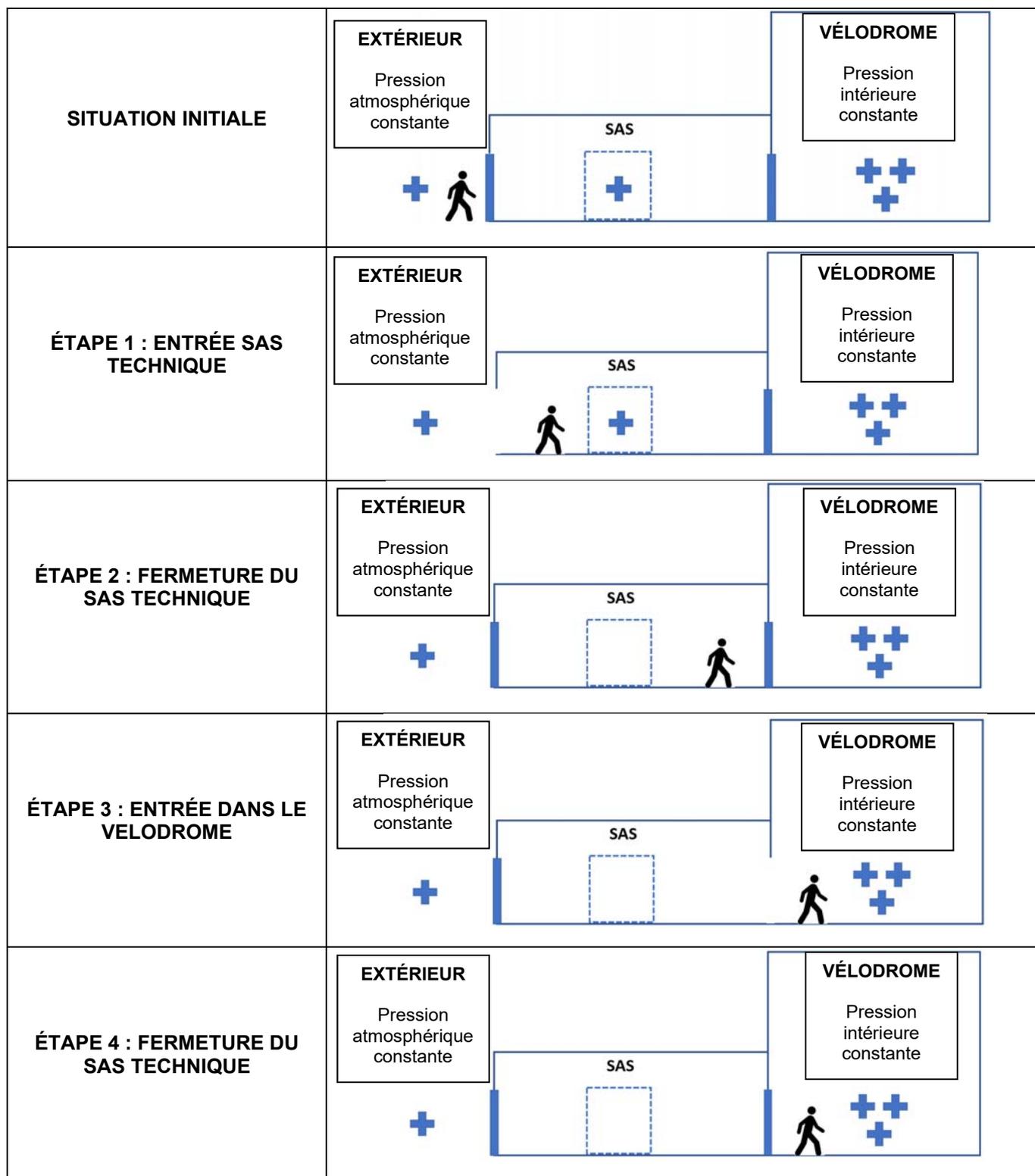


# Document réponses DR3 : fonctionnement d'un sas technique

 Pression extérieure

 Pression intérieure dôme

**Légende :**





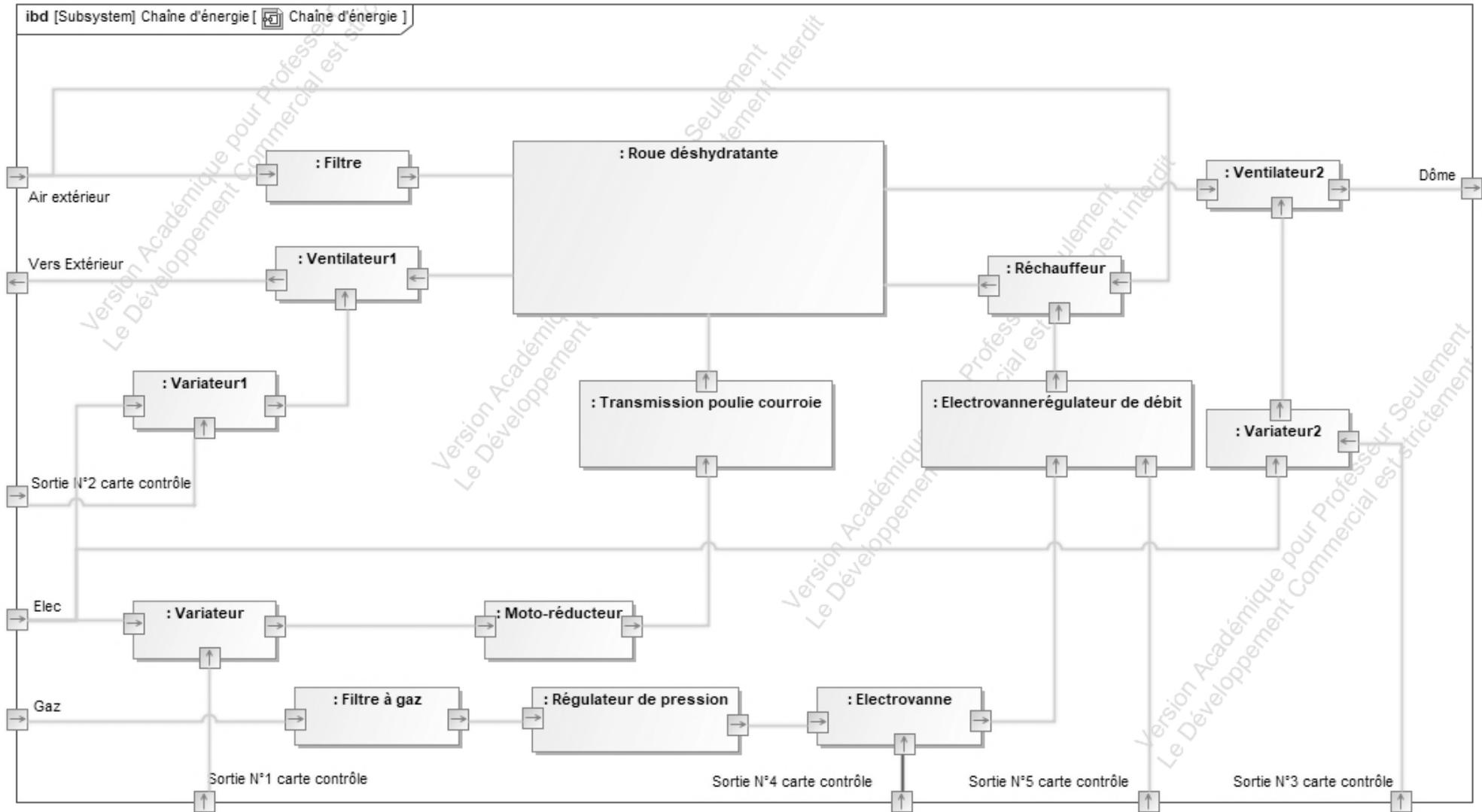
## Document réponses DR4 : sondes de température

---

	Questions	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6
Résistance sol Pt100 en $\Omega$		102,7	103,1	102,7	102,6	102,7	102,6
Température sol en $^{\circ}\text{C}$	Q4.1			7,01	6,75	7,01	6,75
Température de condensation en $^{\circ}\text{C}$	Q4.2			7,4	7	7,4	7,2
Condensation : OUI ou NON							



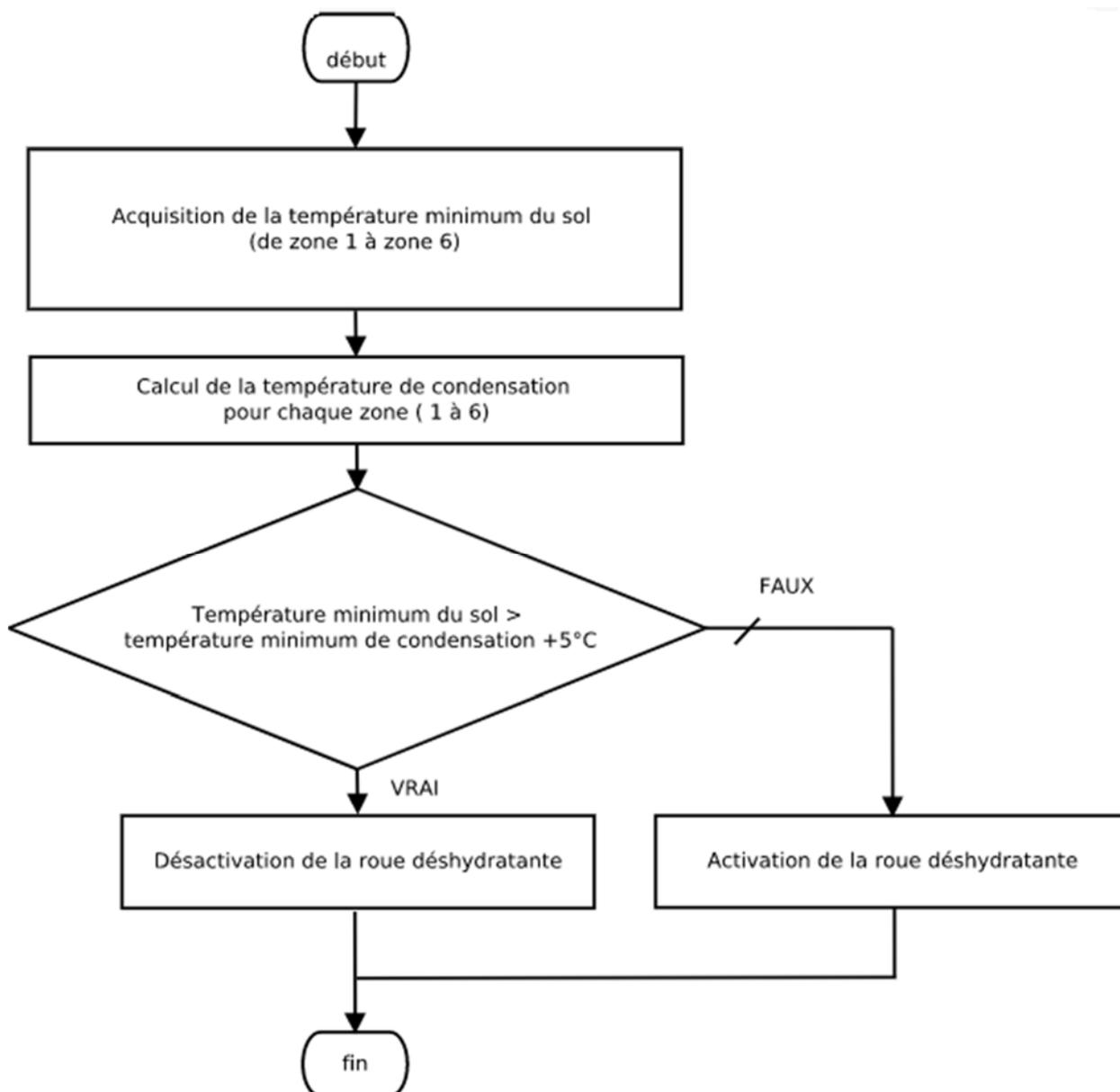
# Document réponses DR5 : diagramme de blocs internes de la roue déshydratante



23-2D2IDACME1



# Document réponses DR6 : algorithme



	Cas 1	Cas 2	Cas 3
Température_mini_sol	14 °C	14 °C	10 °C
Température_mini_condensation	15 °C	8 °C	8 °C
Activation de la roue déshydratante (OUI / NON)			



## **Architecture et construction**

### **VÉLODROME RAYMOND POULIDOR**



- Présentation de l'étude et questionnement..... pages 26 à 34
- Documents techniques DTS1 à DTS4 ..... pages 35 à 37
- Documents réponsesDRS1 à DRS4 ..... pages 38 à 40

## Mise en situation

Le vélodrome Raymond Poulidor, situé à Bonnac-la-Côte (87), a été inauguré en 2019. Au départ, c'était un vélodrome extérieur mais l'exploitant a choisi de l'équiper d'une couverture pour permettre une utilisation continue.

La solution technique choisie pour le toit est une structure gonflable appelée « dôme » composée d'une double membrane. Des générateurs d'air chaud injectent de l'air dans le dôme, ce qui crée une surpression intérieure qui maintient la double membrane au-dessus de la piste.

Des tribunes en béton armé, des luminaires et un système de sonorisation ont également été installés à cette occasion.



Cette structure gonflable est une solution innovante et économique qui assure la sécurité et le confort des usagers.

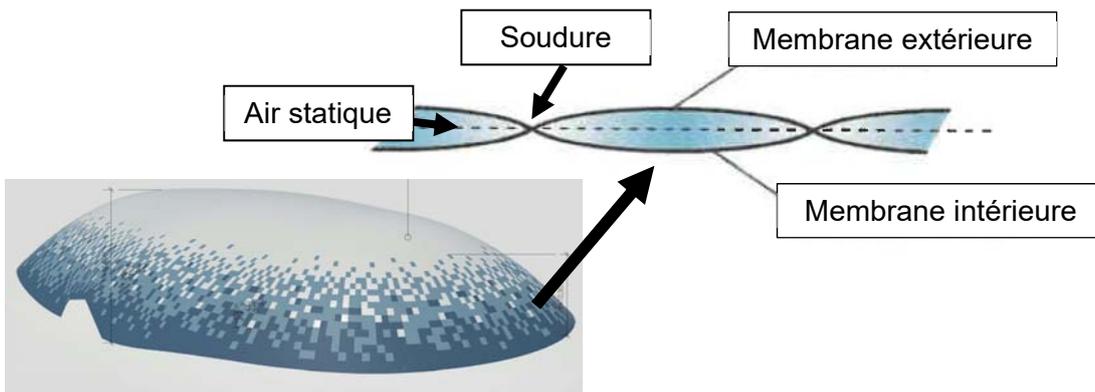
23-2D2IDACME1

## Travail demandé

### Partie A : la double membrane est-elle une solution performante d'un point de vue thermique et lumineux ?

Le dôme est composé de deux membranes, une extérieure et une intérieure, soudées entre elles et séparées par une couche d'air.

Il est admis, par hypothèse, que cette couche d'air a une épaisseur moyenne de 10 cm et qu'elle est statique (sans mouvement de convection).



### La double membrane permet-elle de limiter les déperditions thermiques en hiver ?

Question A.1 | **Préciser** dans quelle condition l'air contenu dans la membrane peut être considéré comme isolant ?

Question A.2 | **Indiquer** le type de déperdition thermique que vont créer les soudures entre les parties de membranes.

La résistance thermique totale d'une paroi se calcule de la façon suivante :

- $R_{\text{totale paroi}} = R_{\text{si}} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + R_{\text{se}}$ 
  - $R_{\text{si}}$  (Résistance superficielle intérieure) =  $0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
  - $R_{\text{se}}$  (Résistance superficielle extérieure) =  $0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

Question A.3 | **Calculer** la résistance thermique totale de la membrane double.

DTS1

On souhaite comparer la résistance thermique de la membrane double installée à celle d'une membrane simple.

Question A.4 | **Calculer** la résistance thermique totale dans le cas d'une membrane simple (l'intérieur et l'extérieur du dôme séparés par la seule membrane extérieure).  
DTS1

Question A.5 | **Conclure** sur l'intérêt d'une membrane double par rapport à une membrane simple concernant les déperditions thermiques du dôme.

**La double membrane permet-elle d'assurer un éclairage naturel suffisant pour les cyclistes ?**

La transmission lumineuse (TL) d'une paroi correspond à la proportion de flux lumineux transmis par cette paroi.

$$TL (\%) = \frac{\text{Flux lumineux transmis (lumen)}}{\text{Flux lumineux incident (lumen)}}$$

Question A.6 | **Compléter** sur le DRS1 les valeurs de transmissions lumineuses TL et de flux lumineux  $\Phi$ . **Calculer** le coefficient de transmission lumineuse total  $TL_{\text{total}}$  de la double membrane en %.  
DTS1, DRS1

L'éclairage horizontal intérieur en lux dû à la lumière du jour à l'intérieur du dôme peut, en première approximation, se calculer avec la formule suivante :

- $E_{\text{intérieur}} = E_{\text{extérieur}} \times TL_{\text{total}}$ 
  - $E_{\text{extérieur}} = 75\,000$  lux par temps ensoleillé

En entraînement, l'éclairage horizontal intérieur exigé dans le vélodrome est de 1000 lux.

Question A.7 | En considérant  $TL_{\text{total}} = 2\%$ , **conclure** sur la capacité de la double membrane à laisser passer assez de lumière du jour lors d'un entraînement, par temps ensoleillé.

## Partie B : la puissance thermique des générateurs d'air chaud est-elle suffisante ?

Le maître d'ouvrage souhaite, lors des compétitions, maintenir une température intérieure de 10°C en soufflant de l'air chaud grâce aux générateurs alimentés au gaz.

Cette température intérieure particulièrement basse permet à l'ouvrage de ne pas être soumis à la RT2012 (réglementation thermique en vigueur lors de la construction).

- Question B.1 | **Relever** la température extérieure de référence en hiver à Bonnac-La-Côte (altitude 430 m) sur le DTS2.
- DTS2, DRS2
- Calculer**  $\Delta T$  (écart entre la température intérieure et la température extérieure de référence en hiver).
- Reporter**  $\Delta T$  dans la case correspondante du DRS2.

Le débit d'air extérieur soufflé dans le dôme est  $Q_v = 24\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  soit  $Q_v = 6,67 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

- Question B.2 | En sachant que la masse volumique de l'air  $\rho_{\text{air}} = 1,292 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , **convertir** le débit  $Q_v$  en  $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$  (on notera ce débit  $Q_m$ ).

Les déperditions thermiques liées à l'air neuf extérieur se calculent de la façon suivante :

- $D_{\text{air neuf}} (\text{Watts}) = Q_m \times C_p \times \Delta T$ 
  - $Q_m$  : débit en  $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$
  - $C_p$  : capacité thermique massique de l'air ( $1004 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
  - $\Delta T$  : écart entre la température intérieure et la température extérieure de référence en hiver en °C.

- Question B.3 | **Calculer** les déperditions thermiques liées à l'apport d'air neuf extérieur  $D_{\text{air neuf}}$ .

- Question B.4 | **Calculer** les déperditions totales du dôme en complétant le DRS2.

DRS2

Il y a trois générateurs d'air chaud de modèle PKE140 installés dans le vélodrome.

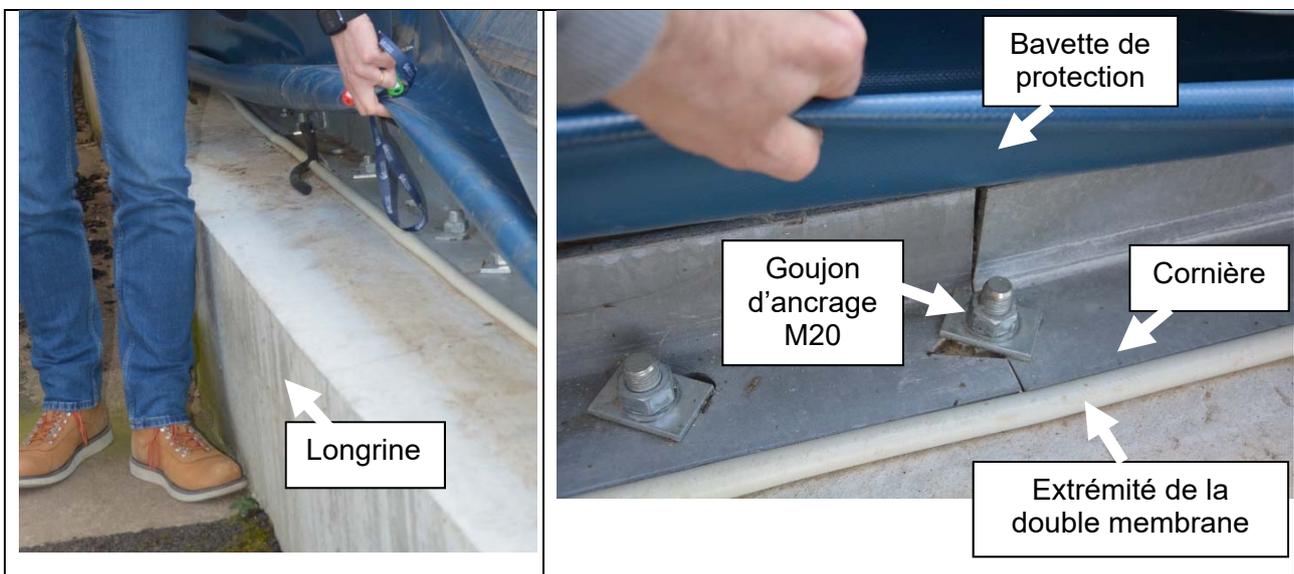
Question B.5 | **Conclure** sur le choix de la puissance thermique utile maximale du générateur d'air chaud indiquée dans le DTS3.

DTS3

### Partie C : comment maintenir la double membrane en toute sécurité ?

La double membrane tient en l'air grâce à une pression intérieure de 300 Pa. Pour la retenir au sol, une longrine en béton armé a été construite tout autour du vélodrome.

La double membrane est bloquée sous des cornières, elles-mêmes retenues par des goujons M20 de diamètre 20 mm ancrés dans la longrine.



Le bureau d'études structure a déterminé les composantes de la force maximale  $\vec{F}$  appliquée sur un goujon d'ancrage au point A (DRS3) :

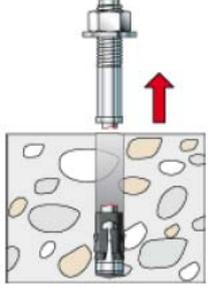
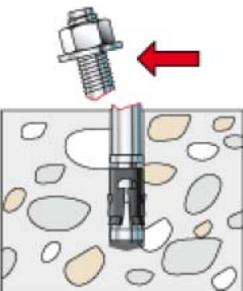
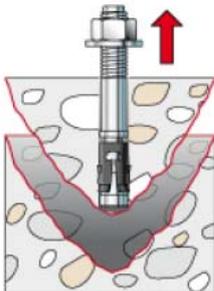
$$\vec{F} = F_c \cdot \vec{x} + F_t \cdot \vec{y} = -13,4 \text{ kN} \cdot \vec{x} + 35,7 \text{ kN} \cdot \vec{y}$$

Question C.1 | **Tracer** les composantes du vecteur  $\vec{F}$  à l'échelle sur le DRS3 (faire attention au repère indiqué).

DRS3

**Tracer** le vecteur  $\vec{F}$  à l'échelle sur le DRS3.

Pour dimensionner le goujon, il est nécessaire de vérifier les 3 cas suivants.

		
Cas A : Rupture acier en traction	Cas B : Rupture acier	Cas C : Rupture par cône de béton en traction

Question C.2 | Pour le cas B, **indiquer** la sollicitation considérée.

**Déterminer** la valeur de la composante du vecteur  $\vec{F}$  à prendre en compte.

Question C.3 | Pour le cas C, **indiquer** au moins un paramètre qui influe sur ce type de rupture.

**Déterminer** la valeur de la composante du vecteur  $\vec{F}$  à prendre en compte.

Caractéristiques de différentes tailles de goujons :

Taille	M8	M10	M12	M16	M20	M24
<b>A</b> : Aire de la section droite brute de la tige	0,503 cm <sup>2</sup>	0,785 cm <sup>2</sup>	1,13 cm <sup>2</sup>	2,01 cm <sup>2</sup>	3,14 cm <sup>2</sup>	4,52 cm <sup>2</sup>
<b>As</b> : Aire de la section droite de la partie filetée (fond de filet)	0,366 cm <sup>2</sup>	0,580 cm <sup>2</sup>	0,843 cm <sup>2</sup>	1,157 cm <sup>2</sup>	2,46 cm <sup>2</sup>	3,53 cm <sup>2</sup>
<b>fu</b> : Contrainte de rupture en traction	500 MPa					
<b>fy</b> : Limite élastique	400 MPa					

Le cas A (rupture de l'acier en traction) est considéré comme étant le plus défavorable des trois.

La force maximale  $F_{t,max}$  admissible à la traction par goujon se calcule par :

- $F_{t,max} = \frac{0,9 \cdot f_u \cdot A_s}{\gamma}$  ; pour ce cas, le coefficient de sécurité  $\gamma = 1,5$ .

Question C.4 | **Calculer**  $F_{t,max}$  en N pour un goujon M20.

**Vérifier** que le goujon d'ancrage résiste en traction (cas A) en comparant  $F_{t,max}$  avec la valeur de la composante de traction  $F_t$  du vecteur  $\vec{F}$ .

Question C.5 | **Conclure** sur le choix du goujon M20 pour retenir la double membrane.

### Partie D : les commentaires du speaker du vélodrome sont-ils compréhensibles par le public ?

À l'occasion de la création du dôme, un système de sonorisation permettant à un speaker d'animer les compétitions est installé dans le vélodrome. L'étude menée doit permettre de savoir si la réverbération dans le dôme n'est pas gênante.

Par simplification les calculs suivants se feront pour la bande d'octave 250 Hz correspondant à la fréquence moyenne de la voix humaine.

On calcule l'aire d'absorption équivalente avec la formule suivante :

- $A = \sum S_i \times \alpha_i$ 
  - $i$  représente chaque matériau intérieur apparent dans le vélodrome ;
  - $A$  : aire d'absorption équivalente en  $m^2$  ;
  - $S$  : surface de l'élément considéré ;
  - $\alpha$  : coefficient d'absorption.

Question D.1 | **Calculer** l'aire d'absorption équivalente ( $A$ ) du dôme sur le DRS4.

DTS4, DRS4

D'après l'arrêté du 20 Avril 2017, l'aire d'absorption équivalente d'un ERP doit représenter au moins 25% de la surface au sol des locaux pouvant accueillir du public.

La surface au sol du vélodrome est de 7 200 m<sup>2</sup>.

Question D.2 | **Conclure** sur le respect de l'exigence de l'aire d'absorption équivalente d'après l'arrêté du 20 Avril 2017.

On considère que pour la parole, le temps de réverbération ne doit pas être trop long ( $T_{\text{exigé}} < 1,3$  s) pour éviter un effet de brouillage.

On calcule le temps de réverbération  $T_{r_{250 \text{ Hz}}}$  par :

- $T_{r_{250 \text{ Hz}}} = \frac{0,16 \cdot V}{A}$ 
  - $T_r$  : Temps de réverbération en secondes
  - $V$  : Volume du vélodrome (97 520 m<sup>3</sup>)
  - $A$  : Aire d'absorption équivalente en m<sup>2</sup>. On admet  $A = 8\,300$  m<sup>2</sup>.

Question D.3 | **Calculer** le temps de réverbération du vélodrome.

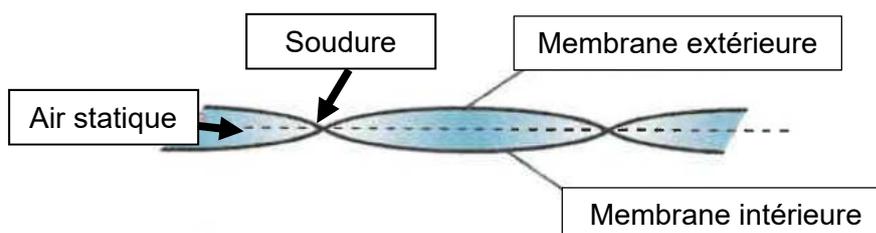
Question D.4 | **Conclure** sur l'intelligibilité du speaker.

DTS4, DRS3

**Indiquer** un revêtement du dôme avec une grande surface que l'on pourrait changer.

**Proposer** et **justifier** un exemple de revêtement de remplacement pertinent.

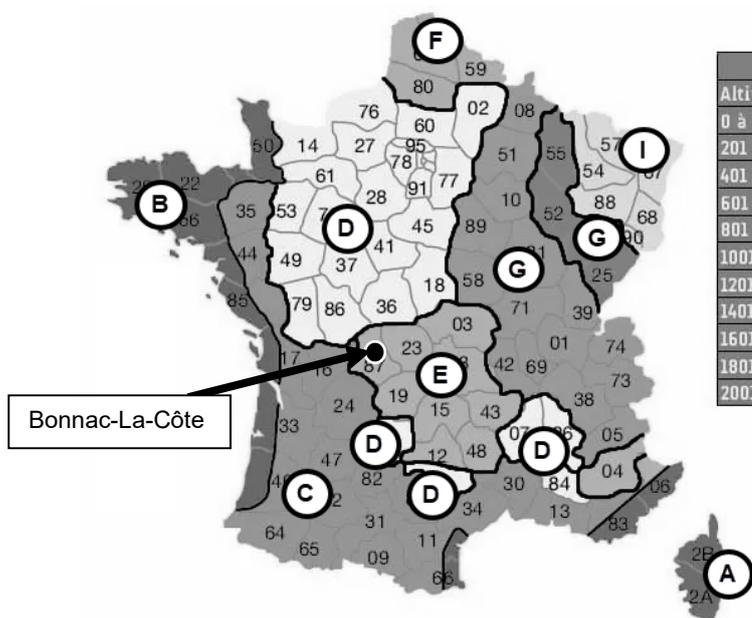
## Document technique DTS1 : caractéristiques techniques de la membrane double



	Membrane extérieure	Membrane intérieure
Traitement anti-UV	OUI	NON
Épaisseur	1 mm	
Conductivité	0,16 W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>	
Résistance au froid	- 40°C	- 45°C
Résistance à la chaleur	+ 70°C	+ 70°C
Transmission lumineuse	4,16 %	49 %

	Air statique entre les deux membranes
Conductivité	0,024 W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>
Épaisseur considérée	10 cm

## Document technique DTS2 : températures extérieures de base en France



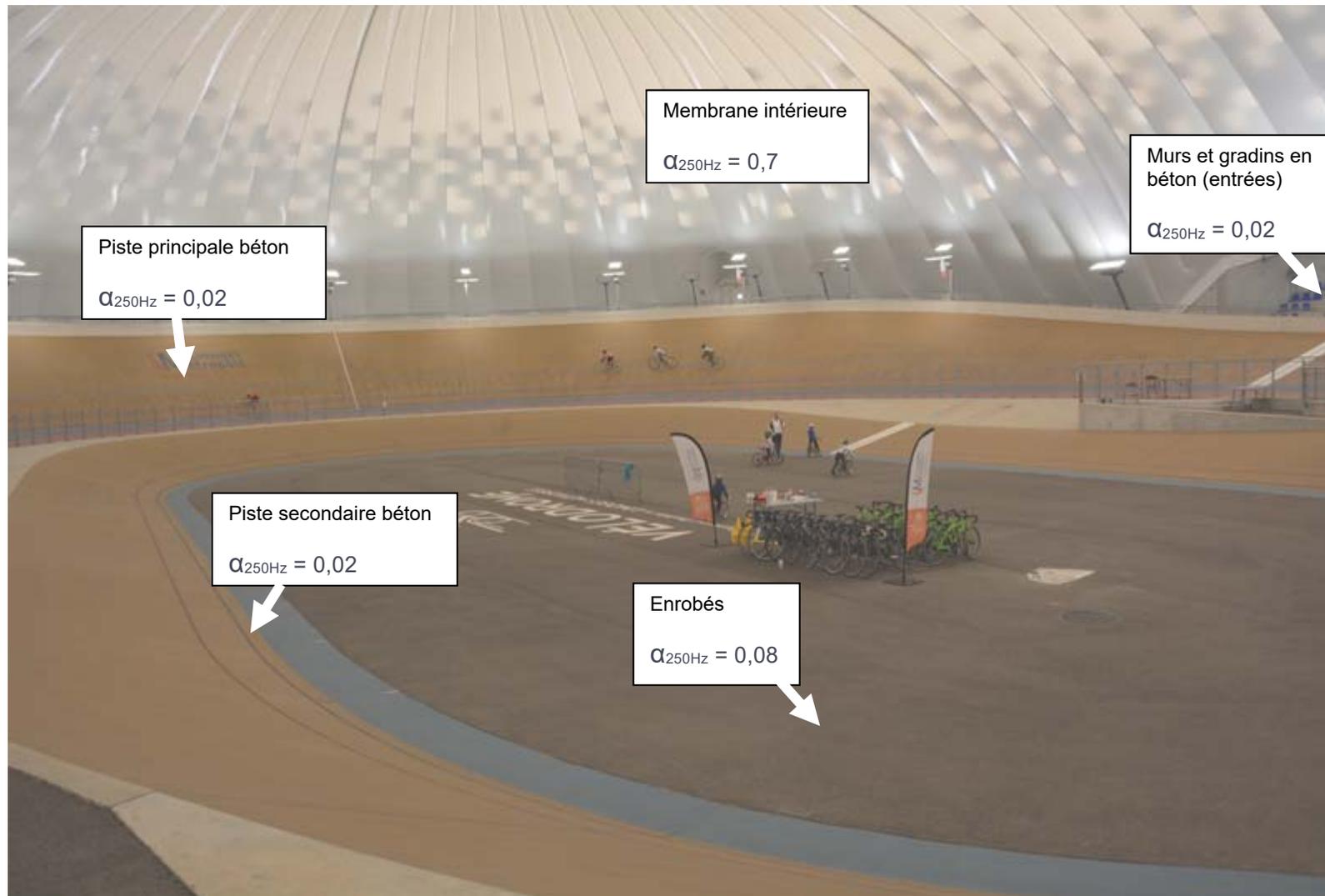
Altitude	Zone								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
0 à 200m	-2	-4	-5	-7	-8	-9	-10	-12	-15
201 à 400m	-4	-5	-6	-8	-9	-10	-11	-13	-15
401 à 600m	-6	-6	-7	-9	-11	-11	-13	-15	-19
601 à 800m	-8	-7	-8	-11	-13	-12	-14	-17	-21
801 à 1000m	-10	-8	-9	-13	-15	-13	-17	-19	-23
1001 à 1200m	-12	-9	-10	-14	-17		-19	-21	-24
1201 à 1400m	-14	-10	-11	-15	-19		-21	-23	-25
1401 à 1600m	-16		-12		-21		-23	-24	
1601 à 1800m	-18		-13		-23		-24		
1801 à 2000m	-20		-14		-25		-25		
2001 à 2200m			-15		-27		-29		

## Document technique DTS3 : caractéristiques thermiques des générateurs d'air chaud.



Modèle		PKE100			PKE120			PKE140			PKE190		
Classe de NOx		4 - 5 avec BRÛLEURS À GAZ LOW NOx											
		MIN	>91%	MAX	MIN	>91%	MAX	MIN	>91%	MAX	MIN	>91%	MAX
Débit calorifique foyer	kW	68,5	100,5	110,7	68,5	100,5	137,0	96,0	131,4	195,0	115	202,5	230,0
Puissance thermique utile	kW	64,4	91,9	90,7	64,3	91,9	120,1	90,2	120,3	171,0	108,1	184,7	205,9
Rendement combustion	%	94,0	91,4	87,7	94,0	91,4	87,7	94,0	91,4	87,7	94,0	91,2	89,5
Pertes cheminée brûleur en marche	%	6,0	8,6	12,3	6,0	8,6	12,3	6,0	8,6	12,3	6,0	8,8	10,5
Pertes cheminée brûleur à l'arrêt	%	< 0,1			< 0,1			< 0,1			< 0,1		
Pertes boîtier	%	1,81			1,46			1,26			1,16		
Pression d'ambre de combustion	Pa	14	30	40	14	30	40	13	28	50	10	32	40
Volume chambre de combustion	m <sup>3</sup>	0,37			0,24			0,37			0,52		

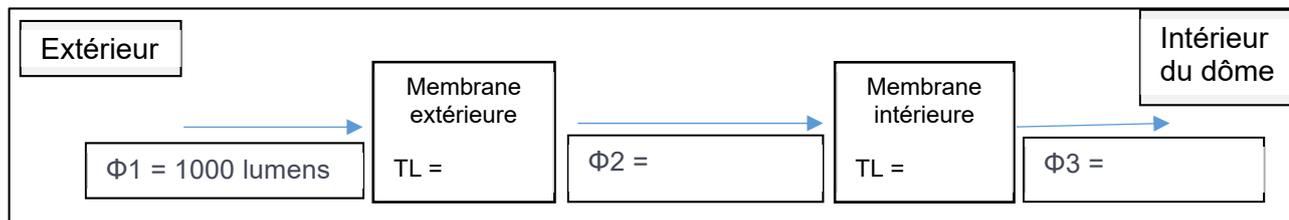
## Document technique DTS4 : coefficients d'absorption des revêtements du vélodrome pour 250 Hz



23-2D2IDACME1

## Document réponses DRS1 : flux lumineux transmis à travers la double membrane

Schéma simplifié à compléter de la transmission du flux lumineux  $\Phi$  à travers la double membrane :

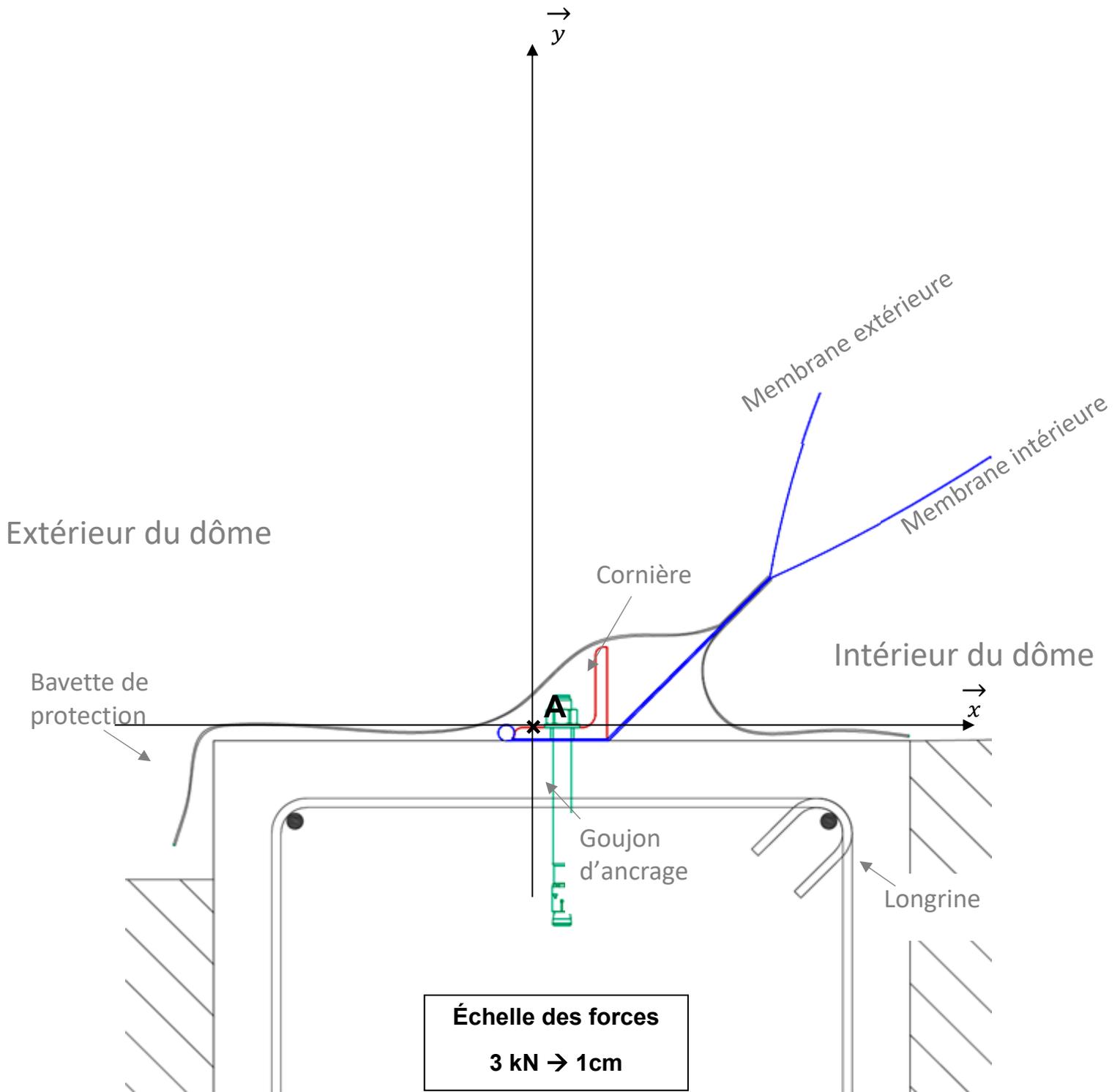


## Document réponses DRS2 : bilan des déperditions thermiques du vélodrome

	Résistance thermique $R_{totale}$ en $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	Transmission thermique U en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ $U = \frac{1}{R_{totale}}$	$\Delta T$ en $^{\circ}C$	Surface en $m^2$	Déperditions thermiques en kW
Dôme (double membrane)					53
Sol (piste en béton)					248
Murs en béton (entrées)	0,26	.....	.....	150	.....
Ponts thermiques (= 30 % des déperditions par la double membrane)					$D_{\text{ponts thermiques}} =$ .....
Air neuf					$D_{\text{air neuf}} =$ .....
<b>TOTAL</b>					.....



# Document réponses DRS3 : actions d'une cornière sur un goujon d'ancrage de la longrine périphérique



23-2D2IDACME1



**Document réponses DRS4 : calcul de l'aire d'absorption équivalente pour la bande d'octave 250 Hz**

---

Élément	Surface en m <sup>2</sup>	Coefficient d'absorption $\alpha$ (250 Hz)	S x $\alpha$
Piste principale en béton	2 742	.....	.....
Piste secondaire en béton	600	.....	.....
Enrobés	3 858	.....	.....
Murs béton + Gradins	250	.....	.....
Membrane intérieure	11 158	.....	.....
Public de 250 personnes			100
<b>Aire d'absorption équivalente A en m<sup>2</sup> (250 Hz)</b>			.....



## Énergie et environnement

### VÉLODROME RAYMOND POULIDOR



- **Dossier sujet et questionnaire.....** pages 26 à 31
- **Dossiers techniques DTS1 à DTS13 .....** pages 32 à 39
- **Documents réponses DRS1 à DRS3.....** pages 40 à 41

## Mise en situation

Le vélodrome Raymond Poulidor, initialement pensé comme un équipement de plein air, est constitué d'une piste en béton sur remblai pour s'intégrer au mieux à la qualité paysagère du site.

Après la réalisation et l'utilisation des pistes, le besoin d'une couverture est devenu une évidence pour optimiser l'usage de cette structure tout au long de l'année.

Une solution gonflable, communément appelée « dôme », a été privilégiée d'un point de vue économique et pour répondre efficacement aux contraintes imposées par le site en pente.



Malgré la couverture, la piste reste humide de par le phénomène de condensation.

La solution pour éviter cette condensation, a été de déshumidifier l'air entrant dans le dôme et de le réchauffer. Le contrôle de la température de l'air, de l'humidité à l'intérieur et de la température du sol permet de régler le problème en s'éloignant du point de rosée.

## Travail demandé

### Partie A : comment maintenir gonflé le dôme du vélodrome tous les jours de l'année ?

Trois générateurs d'air chaud placés à l'extérieur injectent de l'air neuf dans le volume du dôme afin de maintenir une pression constante de 300 Pa selon les conditions météorologiques.

Chaque générateur d'air a un débit disponible maximum de  $30\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ . Dans les pires conditions (ouverture des portes lors des accès, tempêtes où la pression augmente pour stabiliser le dôme) un maximum de  $105\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  est requis.

Une centrale de traitement d'air de secours ultime ( $35\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ ) peut assurer (sans chauffage) un fonctionnement a minima afin de maintenir le dôme en état.

Le débit d'air neuf nominal injecté toutes portes d'accès fermées est de  $24\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  environ.

En cas de chute de neige, ou en cas de besoin de monter en température du volume du vélodrome, les brûleurs gaz des trois générateurs d'air sont utilisés. Ils sont alimentés par une cuve de capacité 3 tonnes de propane et se mettent en fonctionnement jusqu'à une température de  $10^\circ\text{C}$  à l'intérieur du dôme.

Un anémomètre placé à l'extérieur de la couverture permet d'adapter le débit d'air pour compenser la poussée du vent sur le dôme.



- Question A.1 | À partir du DTS1, **citer** deux avantages qui ont amené au choix de souffleries équipées de ventilateurs centrifuges.  
DTS1
- Question A.2 | La structure de la chaîne de puissance du système pour maintenir la toiture du vélodrome en place est donnée sur le DRS1. **Compléter** les cadres pointant les flux d'énergie du DRS1 en indiquant leur nature : énergie mécanique, énergie fluide, énergie électrique.  
DRS1
- Question A.3 | En se basant sur les caractéristiques du générateur d'air (perte de charge négligée), **déterminer** la puissance du flux d'air pour le débit maximal.  
DTS2
- Rappel : Puissance du flux d'air  $P_v = q_v \times \Delta P_t$   
 $q_v$  : débit volumique d'air en  $m^3 \cdot s^{-1}$   
 $\Delta P_t$  : Gain de pression du ventilateur en Pa*
- Question A.4 | **Reporter** dans le tableau du DRS1, les deux puissances présentes dans les caractéristiques du générateur d'air chaud correspondant aux repères 1 et 2 de la chaîne de puissance.  
DTS2, DRS1
- Question A.5 | **Déterminer** la puissance à la sortie du bloc « poulies courroie ».  
DRS1
- Question A.6 | **Déterminer** le rendement du ventilateur centrifuge.  
DTS2, DRS1
- Question A.7 | Pour gérer le débit d'air en fonction de la pression dans le dôme, un capteur de pression relative est installé : Ref 699.B13214. D'après la documentation technique, **justifier** son choix et **indiquer** la nature du signal électrique de sortie.  
DTS3
- Question A.8 | En se basant sur le relevé de la consommation annuelle d'électricité pour maintenir le dôme sous pression, **déterminer** la puissance moyenne de la soufflerie en kW sachant qu'elle fonctionne 24h/24, 7jours/7.  
DTS4
- Question A.9 | Pour un prix du kWh de 0,173 €, **déterminer** le coût moyen journalier de fonctionnement pour maintenir le vélodrome sous pression.  
DTS4

Pour maintenir le dôme du vélodrome gonflé, de l'air neuf doit être injecté en permanence. Pour pallier une éventuelle coupure d'alimentation électrique, un groupe électrogène a été installé. Le groupe de secours doit pouvoir se substituer au réseau électrique durant cinq jours.

Question A.10 | En supposant les grandeurs sinusoïdales et en se basant sur les caractéristiques du groupe électrogène, **déterminer** la puissance active nominale en kW que peut fournir l'alternateur pour un facteur de puissance de 0,85.

DTS5

$$\text{Rappel : facteur de puissance, } \cos \varphi = \frac{P}{S}$$

$P$  : puissance active en W

$S$  : puissance apparente en VA

Question A.11 | Toutes portes d'accès fermées, une puissance de 5 100 W est nécessaire pour maintenir un débit d'air neuf de 24 000 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>. **Déterminer** le taux de charge de l'alternateur.

DTS5

Question A.12 | Toutes portes d'accès fermées, **déterminer** le temps de fonctionnement du groupe électrogène en heures en cas de coupure d'électricité. **Conclure** sur le respect du cahier des charges.

DTS5

## Partie B : comment permettre aux personnes à mobilité réduite d'accéder aux tribunes ?

Pour le public, une tribune de 250 places assises a été aménagée au niveau supérieur de la piste. Huit places PMR sont distribuées au premier rang des tribunes afin de permettre l'accueil de tous et en famille. Un ascenseur hydraulique permet aux personnes à mobilité réduite d'accéder à cette tribune située à 3 m au-dessus du sol.



Question B.1 | **Justifier** le choix d'un ascenseur hydraulique pour le vélodrome.

DTS6

Question B.2 | **Justifier** la course du vérin.

DTS7

Question B.3 | **Entourer** en rouge sur le schéma simplifié du DRS2, l'élément qui permet de mettre sous pression le circuit hydraulique de l'ascenseur.

DTS8, DRS2

- Question B.4 | D'après le schéma hydraulique simplifié de l'ascenseur, **indiquer** la pression maximale qui peut être atteinte.  
DTS8, DRS2
- Question B.5 | Sur le document réponse DRS2, **représenter** en bleu le parcours de l'huile pour faire sortir la tige du vérin et ainsi élever la cabine de l'ascenseur.  
DTS8, DRS2
- Question B.6 | Sur le document réponse DRS3, **représenter** en bleu le parcours de l'huile pour faire rentrer la tige du vérin et ainsi faire descendre la cabine de l'ascenseur.  
DTS8, DRS3
- Question B.7 | Sur le document réponse DRS3, **entourer** en rouge l'élément qui contrôle la vitesse de descente de la cabine de l'ascenseur.  
DTS8, DRS3
- Question B.8 | **Justifier** qu'en cas de panne d'électricité, les personnes bloquées dans la cabine de l'ascenseur pourront tout de même descendre au niveau du sol du parking.  
DTS6, DTS8, DRS3

### Partie C : comment diminuer la consommation électrique de l'éclairage ?

Le niveau d'éclairage vertical requis pour un classement en catégorie 2 du vélodrome est 1000 lux minimum avec un coefficient d'uniformité de 0,7 (U<sub>0</sub>).

Pour les entraînements sans spectateur, un éclairage de 300 lux minimum est préconisé.

Le pilotage de l'éclairage du vélodrome s'effectue via l'application SMARTDOME sur tablette, PC, smartphone ou en manuel sur site depuis l'armoire de commande. Dans tous les cas, quatre possibilités sont offertes : 0 lux, 300 lux, 700 lux, 1000 lux.



- Question C.1 | **Identifier** la technologie des luminaires installés pour éclairer l'intérieur du dôme.  
DTS9, DTS10
- Question C.2 | **Calculer** l'efficacité lumineuse des luminaires utilisés pour l'éclairage indirect en  $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$ . **Indiquer** leur classe d'efficacité énergétique. **Conclure** sur les performances de ces luminaires.  
DTS9, DTS10, DTS11

En fonction de l'éclairage voulu, l'allumage des différents luminaires s'effectue selon les scénarii donnés au DTS12. Actuellement, quelle que soit la météo, les utilisateurs du vélodrome règlent l'éclairage à 1000 lux.

Question C.3 | **Calculer** la puissance électrique totale consommée et le flux lumineux total produit pour l'éclairage en mode 300 lux et en mode 1000 lux.

DTS9, DTS10,  
DTS12

Pour des économies évidentes, le responsable d'exploitation du vélodrome recommande aux utilisateurs de ne sélectionner que 300 lux les jours ensoleillés.

Question C.4 | **Calculer** en pourcentage l'économie de puissance électrique consommée si les utilisateurs du vélodrome ne choisissent qu'un éclairage de 300 lux.

DTS9, DTS10,  
DTS12

Question C.5 | Les résultats de la simulation du niveau d'éclairage pour 1000 lux sont donnés sur le DTS13. **Relever** le niveau d'éclairage moyen et **commenter** les résultats obtenus par rapport au classement en catégorie 2 du vélodrome.

DTS13

Le vélodrome est éclairé tous les jours de l'année. La consommation annuelle d'électricité pour éclairer le vélodrome est de 89 542 kW·h pour 3 000 h d'utilisation par an. La facture d'électricité pour l'éclairage s'élève à 14 865 €.

L'éclairage naturel moyen sur une journée nuageuse et pluvieuse à l'extérieur est d'environ 3 000 à 5 000 lux. L'éclairage extérieur moyen par jour ensoleillé est d'environ 35 000 à 130 000 lux.

La translucidité de la double membrane blanche du dôme = 3% (100 lux à l'extérieur fournit 3 lux à l'intérieur).

L'ensoleillement moyen de la commune de Bonnac-la-Côte où se situe le vélodrome est de 1 958 h.

Question C.6 | **Calculer** l'apport minimum d'éclairage naturel à travers la membrane du toit du vélodrome pour un jour ensoleillé.

Question C.7 | **Calculer** l'économie sur la consommation annuelle d'électricité et la facture d'électricité si l'éclairage artificiel est coupé aux heures ensoleillées.

Question C.8 | À partir de l'étude précédente, **commenter** les résultats obtenus et **proposer** une solution pour améliorer l'efficacité de l'éclairage.

## DTS1 : les technologies de ventilateur

### Les ventilateurs centrifuges

Dans ce type de ventilateur, l'air est aspiré axialement et est rejeté radialement. Les centrifuges permettent de générer des pressions élevées.



Caractéristiques		Dispositifs de régulation	Applications
Avantages	Inconvénients		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encombrement réduit</li> <li>• Investissement modéré</li> <li>• Relativement silencieux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendement assez faible (<math>\eta &lt; 70\%</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variation mécanique ou électronique de la vitesse (variation de 0 à 100%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilation Industrielle</li> <li>• Refroidissement des machines</li> <li>• Rideaux d'air</li> </ul>

### Les ventilateurs hélicoïdes

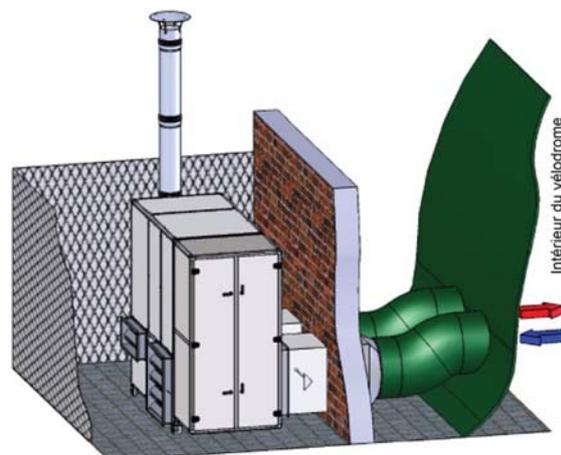
Dans ce type de ventilateur, l'air est aspiré et refoulé axialement. Ces ventilateurs ne permettent pas de générer des pressions très élevées, mais ils peuvent en revanche fournir des débits très importants. Ils sont donc limités dans les applications de type procédé industriel lorsque la perte de charge du circuit est élevée. Ces ventilateurs peuvent atteindre des rendements élevés (85 %).



Caractéristiques		Dispositifs de régulation	Applications
Avantages	Inconvénients		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Large plage de débit</li> <li>• Facilité de réglage du débit</li> <li>• Rendement élevé (<math>\eta &gt; 85\%</math> avec redresseur)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pression moindre que les centrifuges</li> <li>• Niveau de bruit plus élevé que les centrifuges</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variation mécanique ou électronique de la vitesse (variation de 0 à 100%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilation (tunnel, parking, souterrains, locaux industriels)</li> <li>• Désenfumage</li> </ul>

## DTS2 : générateur d'air chaud

Circulation d'air	
Débit d'air	30 000 m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>
Gain de pression de l'air	300 Pa
Alimentation électrique	
Tension	400 V 3 phases + neutre
Fréquence	50 Hz
Puissance utile moteur	11 kW
Puissance absorbée électrique	12,41 kW
Degré de protection	IP24
Température de fonctionnement	de -20°C à +40°C



## DTS3 : capteur de pression relative et différentielle

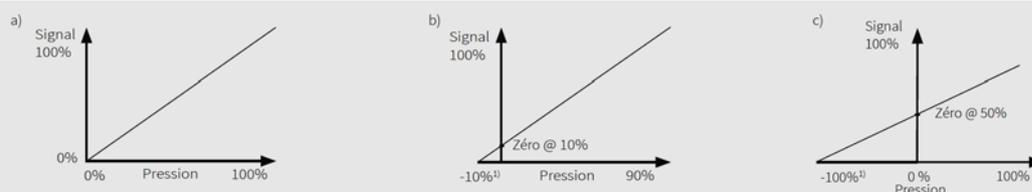


Les transmetteurs de la série 699 permettent la sélection par l'utilisateur de l'étendue de mesure. Dans la version la plus complète, de nombreuses autres sélections sont possibles par l'utilisateur. Ils sont livrables avec ou sans afficheur. Grâce à des capteurs spécialement adaptés à chaque plage de pression, une mesure physique précise et fiable est possible. L'étendue des versions permet des applications très diversifiées dans le domaine de la climatisation, de l'industrie ou du médical.

Exemple référence		<b>699.917011</b>	
Gamme capteur	Préréglé à la plage la plus élevée	Signal de sortie : 0 – 10 V	
Plage de pression de 0 % jusqu'à 100 %		Signal de sortie : sans filtre linéaire	
Étendue de mesure de 16 à 50 mbar		Unité le mbar	

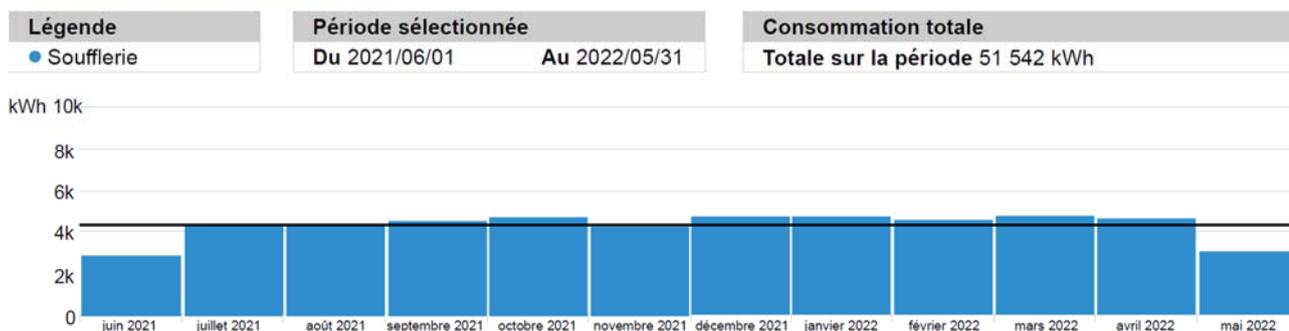
Tableau des variantes						699. X X X X X X					
Préréglages de la plage de pression	Préréglé à la plage la plus élevée					9					
	Préréglé à la plage médiane					B					
	Préréglé à la plage la plus basse					C					
Plages de sortie	Plage de pression de 0 % jusqu'à 100% E.M. Diagramme a)						1				
	Plage de pression de -10 % jusqu'à 90% E.M. Diagramme b)						2				
	Plage de pression de -100 % jusqu'à 100% E.M. Diagramme c)						3				
Étendues de mesure (sélectionnable par paliers)	<b>mbar (hPa)</b>	<b>Pa</b>	<b>mmCE</b>	<b>inH<sub>2</sub>O</b>	<b>Surcharge nég. max.</b>						
	0 ... 0.3/0.5	30/50	3/5	0.1/0.2	-50 Pa		0				
	0 ... 0.3/0.5/1	30/50/100	3/5/10	0.1/0.2/0.3	-100 Pa		1				
	0 ... 0.5/1/3	50/100/300	5/10/30	0.3/0.5/1	-50 Pa		2				
	0 ... 1/3/5	100/300/500	10/30/50	0.5/1/2	-50 Pa		3				
	0 ... 3/5/10	300/500/1000	30/50/100	1/2/3	-50 Pa		4				
	0 ... 5/10/16	500/1000/1600	50/100/160	2/3/5	-50 Pa		5				
	0 ... 10/16/25	1000/1600/2500	100/160/250	3/5/10	-50 Pa		6				
	0 ... 16/25/50	1600/2500/5000	160/250/500	5/10/20	-50 Pa		7				
Unités	mbar									0	
	hPa									4	
	Pa									2	
	kPa									5	
	mmCE									3	
	inH <sub>2</sub> O									6	
Signaux de sortie/ Réglage	Linéaire	sans filtre		double DIP Switch						1	
		avec filtre (sélectionnable)		DIP Switch à 10 commutateurs						2	
	Extraction de racine	sans filtre		double DIP Switch						4	
		avec filtre (sélectionnable)		DIP Switch à 10 commutateurs						3	
Sorties / Alimentations	0 ... 10 V		13.5 ... 33 VDC / 24 VAC ± 15 %		(Techn. 3 fils)						1
	0 ... 20 mA		13.5 ... 33 VDC / 24 VAC ± 15 %		(Techn. 3 fils)						3
	4 ... 20 mA		13.5 ... 33 VDC / 24 VAC ± 15 %		(Techn. 3 fils)						4
			8.0 ... 33 VDC		(Techn. 2 fils)						5
Pas de préréglage à la livraison											6

### Courbes de sortie



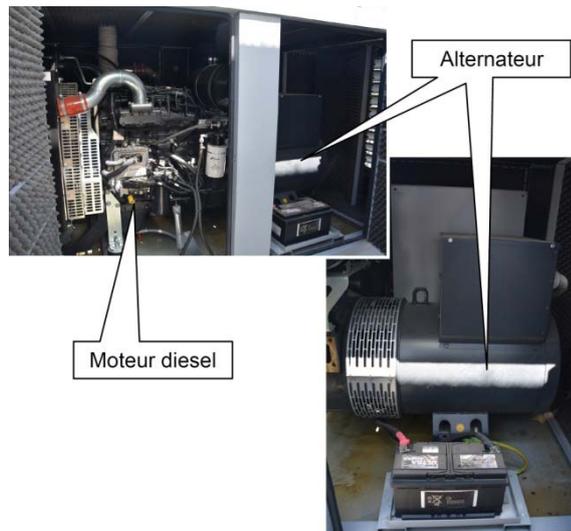
## DTS4 : consommation électrique de la soufflerie

### Consommation mensuelle Électricité



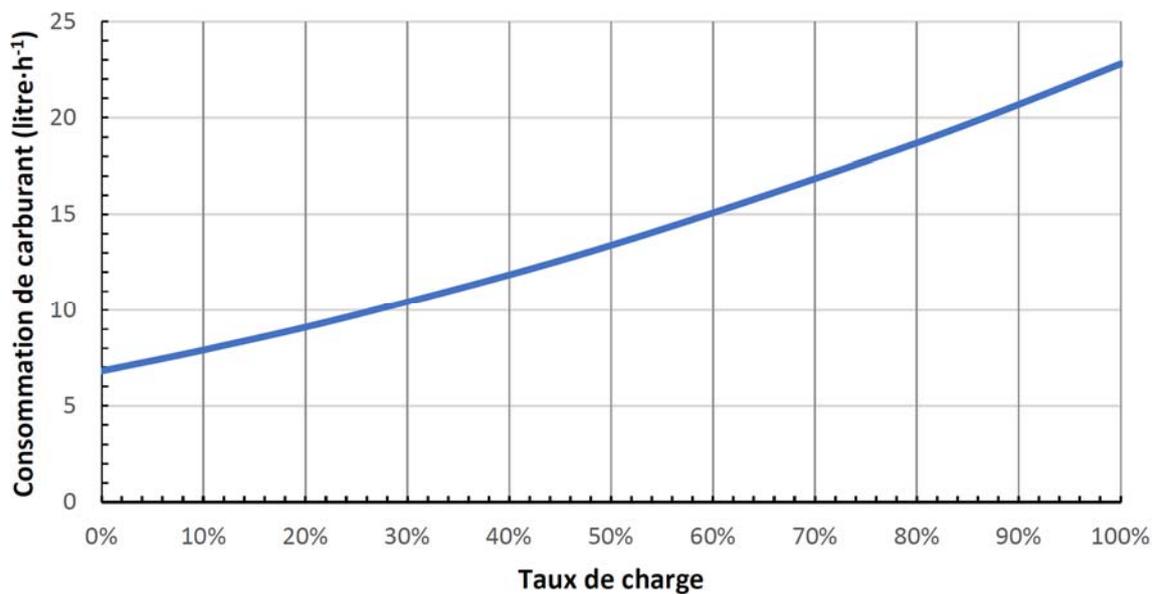
## DTS5 : groupe électrogène

Moteur diesel	
Cylindre	4
Consommation de carburant	22,8 l·h <sup>-1</sup> à 100% de charge
	18,7 l·h <sup>-1</sup> à 80% de charge
	13,4 l·h <sup>-1</sup> à 50% de charge
Alternateur	
Machine synchrone	4 pôles
Puissance nominale	100 kVA
Tension nominale	400/230 V
Courant nominal	144,34 A
Fréquence	50 Hz
Nombre de phases	3
RPM	1500 tr·min <sup>-1</sup>
Niveau sonore	70dB(A) / 7m
Température de fonctionnement	de -25°C à +45°C
Batterie	
Tension	12 V
Capacité	95 Ah



Capacité du réservoir alimentant le groupe électrogène : 1100 litres

### Consommation de carburant en fonction du taux de charge de l'alternateur



## DTS6 : comment fonctionne un ascenseur hydraulique ?

---

L'ascenseur hydraulique s'adapte à des espaces restreints, pour de faibles élévations et à des vitesses de déplacement modérées.

Contrairement à l'ascenseur électrique, il ne dispose pas de contrepoids, car la cabine est propulsée grâce à un système de vérin.

L'ascenseur se déplace par pression, grâce à une pompe hydraulique qui envoie progressivement de l'huile dans le piston afin de le pousser. Lorsque le piston se remplit, la cabine monte.

Pour descendre, la pression doit être stoppée et l'huile du piston-vérin (tube cylindrique) évacuée.

Entre le système hydraulique et électrique, on constate des variations par rapport à la consommation énergétique, le niveau de confort, la vitesse de mouvement et l'installation.

Dans le cas d'une panne, les personnes peuvent être facilement évacuées grâce à une manipulation simple qui ne nécessite pas d'électricité.

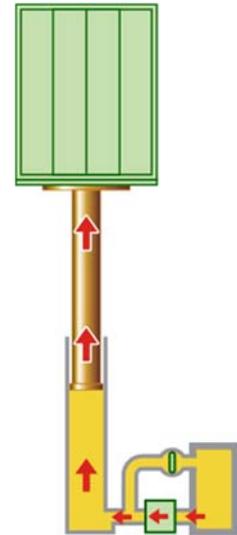
En revanche, un ascenseur électrique est moins gourmand en énergie, plus rapide et peut être installé dans un immeuble de plus de 10 étages.

D'une manière générale, l'ascenseur hydraulique présente ces avantages par rapport à l'ascenseur électrique :

- il est silencieux ;
- il est facile à installer ;
- les déplacements de la cabine s'effectuent en douceur ;
- son entretien est relativement simple.

L'ascenseur hydraulique présente néanmoins quelques inconvénients :

- énergétiquement parlant, les ascenseurs hydrauliques posent un problème dans le sens où il n'y a pas de contrepoids qui équilibre la cabine comme dans les systèmes à traction à câble par exemple ;
- risque de pollution des sols en cas de fuite d'huile ;
- vitesse de déplacement réduite ;
- nécessaire renforcement de la dalle du sol lors de son installation ;
- élévation limitée (<15 m).



## DTS7 : caractéristiques de l'ascenseur hydraulique du vélodrome

---

Type d'appareil : élévateur pour personne à mobilité réduite

Technologie : hydraulique

Entraînement : 1 vérin télescopique 2 éléments 35/55mm (Ø tige)

Course (mm) : 3240

Nombre total de niveaux desservis : 2

Charge nominale : 385 kg

Vitesse nominale : 0,15 m·s<sup>-1</sup>

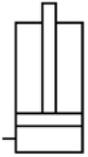
Alimentation électrique : Mono 230V – 50 Hz – Ph+N+T

Puissance du moteur : 1,5 kW

## DTS8 : symboles hydrauliques

---

### Vérin simple effet :



Permet de fournir un effort uniquement en sortie du piston. Rappel par gravité (rentrée du piston par gravité)

### Distributeur :



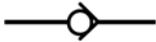
Distributeur 2/2 NF monostable à commande électrique et manuelle. Il permet de distribuer l'énergie hydraulique au vérin.

### Pompe hydraulique :



La pompe aspire l'huile dans un réservoir pour la diriger vers les canalisations.

### Clapet anti-retour :



Il laisse passer le fluide dans un seul sens. D'après le symbole ci-contre, le fluide ne peut passer que de la droite vers la gauche.

### Réducteur de débit :



Il régule le débit du fluide pour contrôler la vitesse de déplacement du piston du vérin.  
La flèche indique que la restriction est réglable.

### Réducteur de débit unidirectionnel :



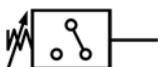
Il régule le débit du fluide pour contrôler la vitesse de déplacement du piston du vérin uniquement dans une direction.  
La flèche indique que la restriction est réglable.

### Clapet parachute :



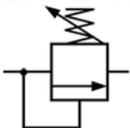
Ce clapet, monté à proximité du vérin hydraulique, provoque le blocage de celui-ci dès l'augmentation instantanée de débit résultant, par exemple, d'une rupture de tuyauterie.

### Détecteur de pression :



Détecteur permettant d'arrêter le moteur électrique de la pompe hydraulique lorsque la pression voulue est atteinte.

### Régulateur de pression :



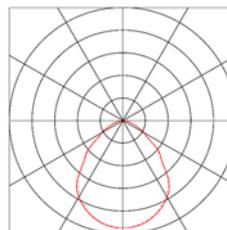
Limite la pression dans le circuit fluidique.

### Manomètre :



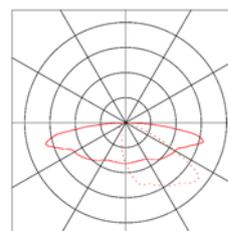
Instrument de mesure permettant de visualiser la pression en temps réel dans le circuit fluidique.

## DTS9 : éclairage direct :



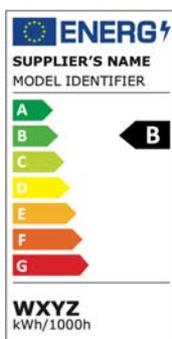
Fiche technique	
Constructeur	DUOL
Nom du produit	LaserLED direct L2
Flux lumineux des modules LED (lm)	21 900
Puissance consommée (W)	197
Température de couleur (K)	4 000
Durée de vie (heures)	80 000
Masse (kg)	11,8

## DTS10 : éclairage indirect :



Fiche technique	
Constructeur	DUOL
Nom du produit	LaserLED indirect L2
Flux lumineux des modules LED (lm)	57 600
Puissance consommée (W)	402
Température de couleur (K)	4 000 – 6 000
Durée de vie (heures)	100 000
Masse (kg)	30

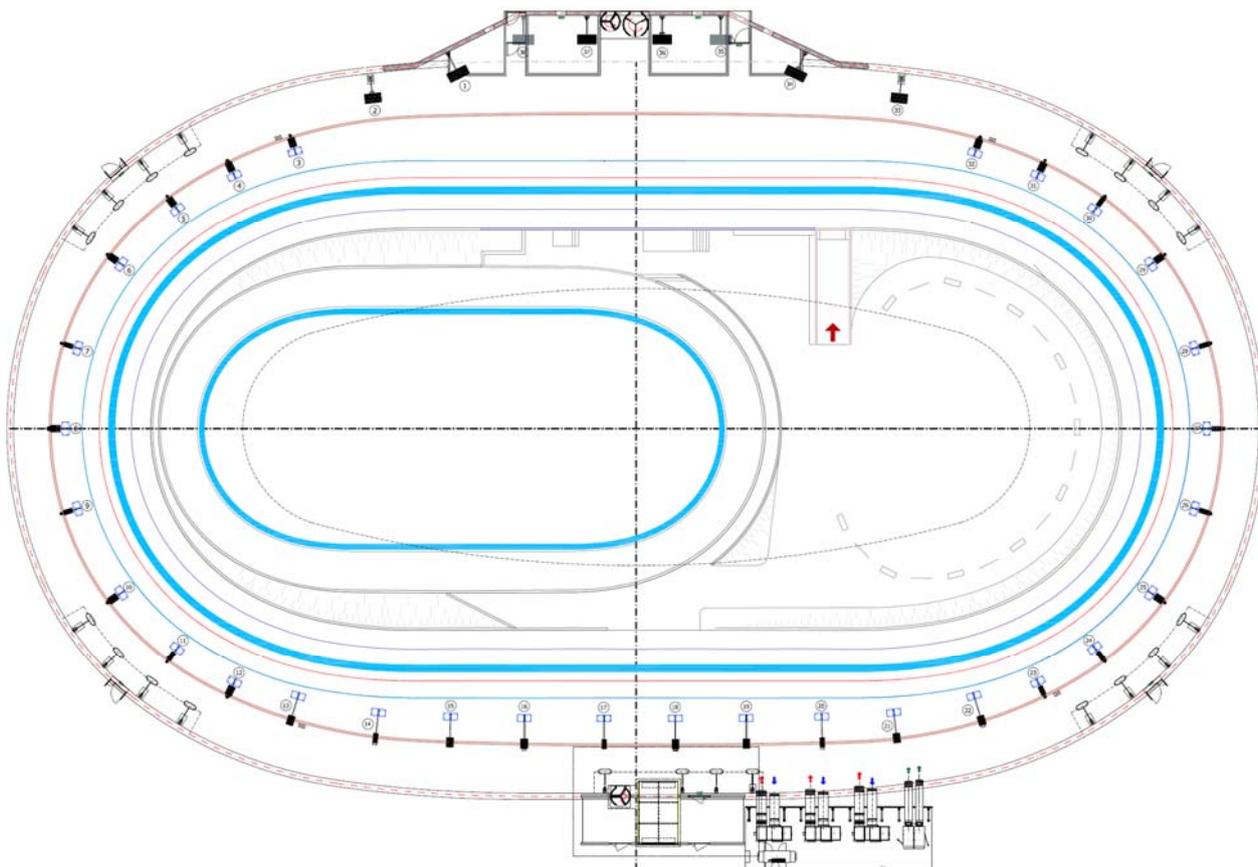
## DTS11 : étiquette énergétique des lampes et luminaires :



Classe d'efficacité énergétique	Efficacité lumineuse totale	Ancienne classe correspondante
A	Supérieure à 210 lm·W <sup>-1</sup>	N'existait pas
B	Entre 185 et 210 lm·W <sup>-1</sup>	N'existait pas
C	Entre 160 et 185 lm·W <sup>-1</sup>	N'existait pas
D	Entre 135 et 160 lm·W <sup>-1</sup>	A <sup>++</sup>
E	Entre 110 et 135 lm·W <sup>-1</sup>	A <sup>++</sup>
F	Entre 85 et 110 lm·W <sup>-1</sup>	A <sup>++</sup> à A <sup>+</sup>
G	Inférieure à 85 lm·W <sup>-1</sup>	A <sup>+</sup> à E

## DTS12 : implantation des luminaires :

---



### **Nombre de luminaires allumés pour 1000 lux**

144 luminaires pour l'éclairage indirect répartis sur 38 piliers

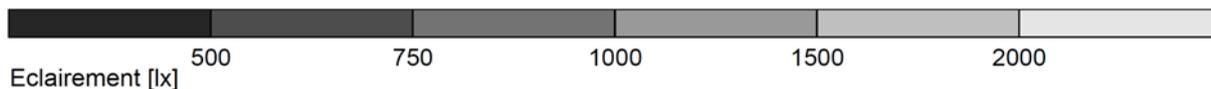
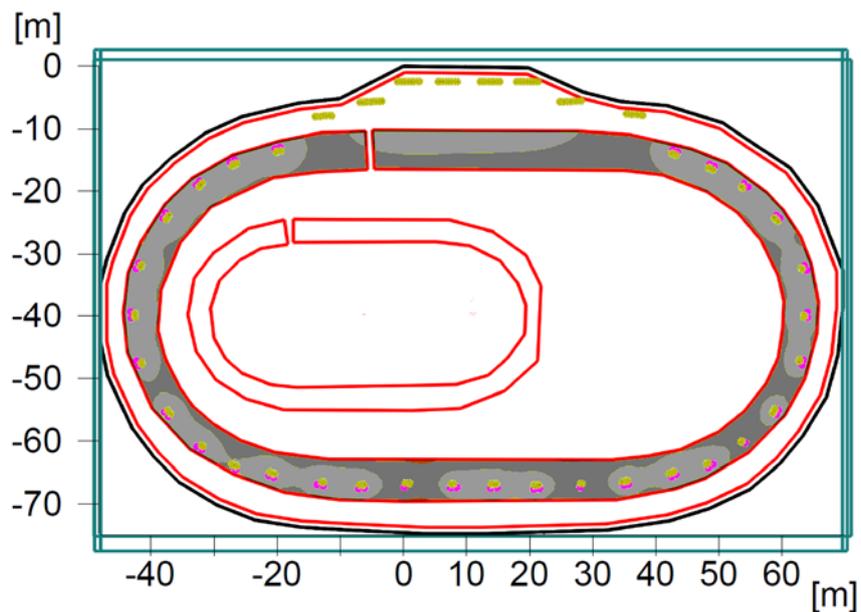
56 luminaires pour l'éclairage direct répartis sur 30 piliers

### **Nombre de luminaires allumés pour 300 lux**

68 luminaires pour l'éclairage indirect répartis sur 34 piliers

0 luminaire pour l'éclairage direct

## DTS13 : simulation du niveau d'éclairage pour 1000 lux :



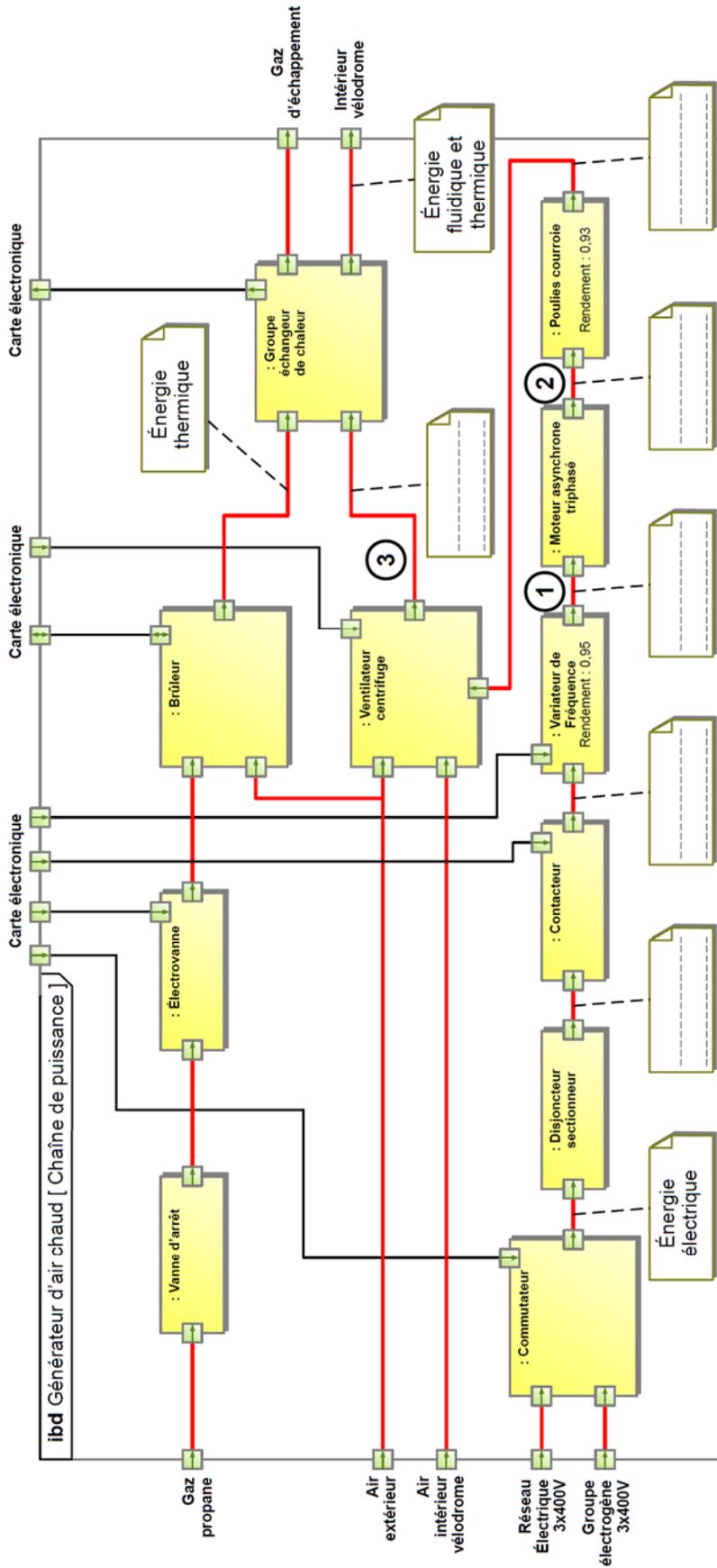
### Général

Hauteur de la surface 4,30 m  
Facteur de maintenance 0,90  
Puissance totale par surface (7207,04 m<sup>2</sup>) 9,56 W·m<sup>-2</sup>

### Éclairage

Éclairage moyen :	Emoy	994 lx
Éclairage minimum :	Emin	705 lx
Éclairage maximum :	Emax	1330 lx
Uniformité de la surface U <sub>o</sub>	Emin/Emoy	1 : 1,41 (0,71)
Diversité de la surface U <sub>d</sub>	Emin/Emax	1 : 1,88 (0,53)

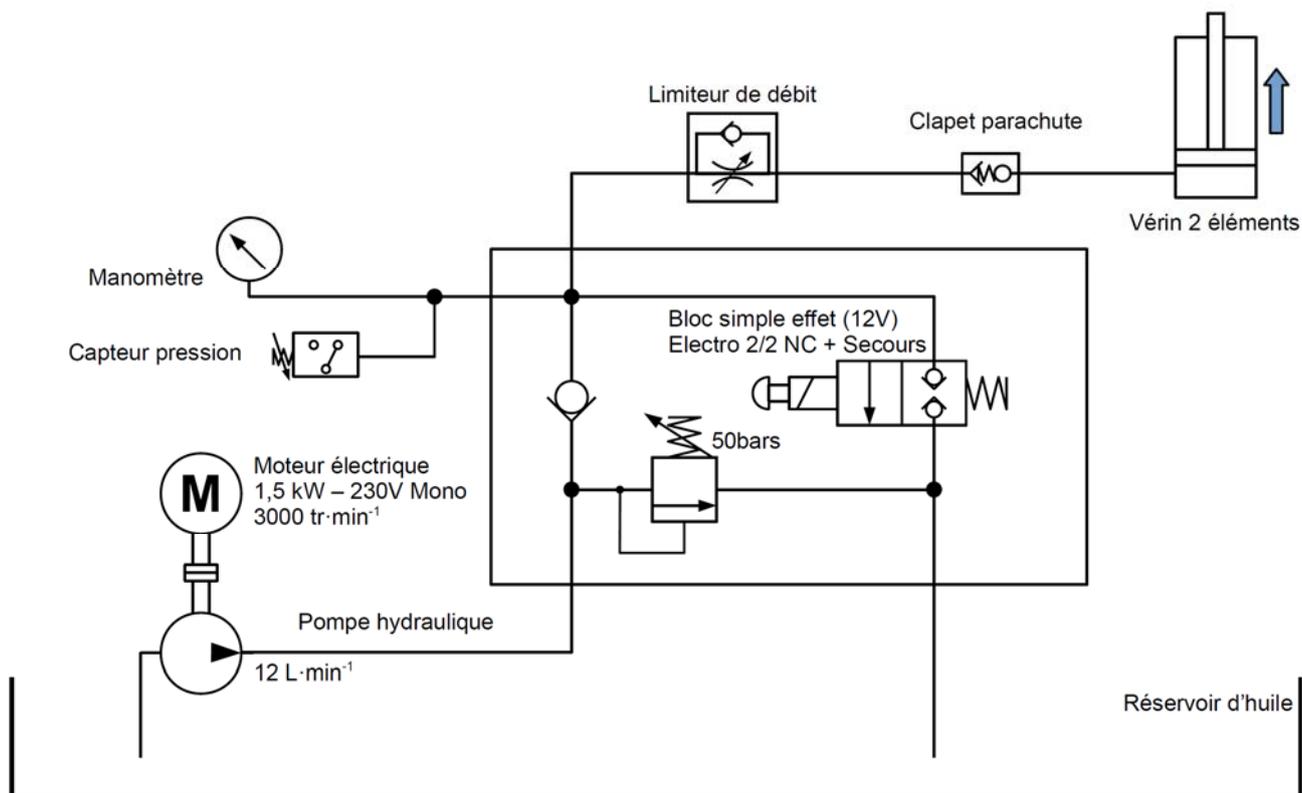
# DOCUMENT RÉPONSE DRS1 :



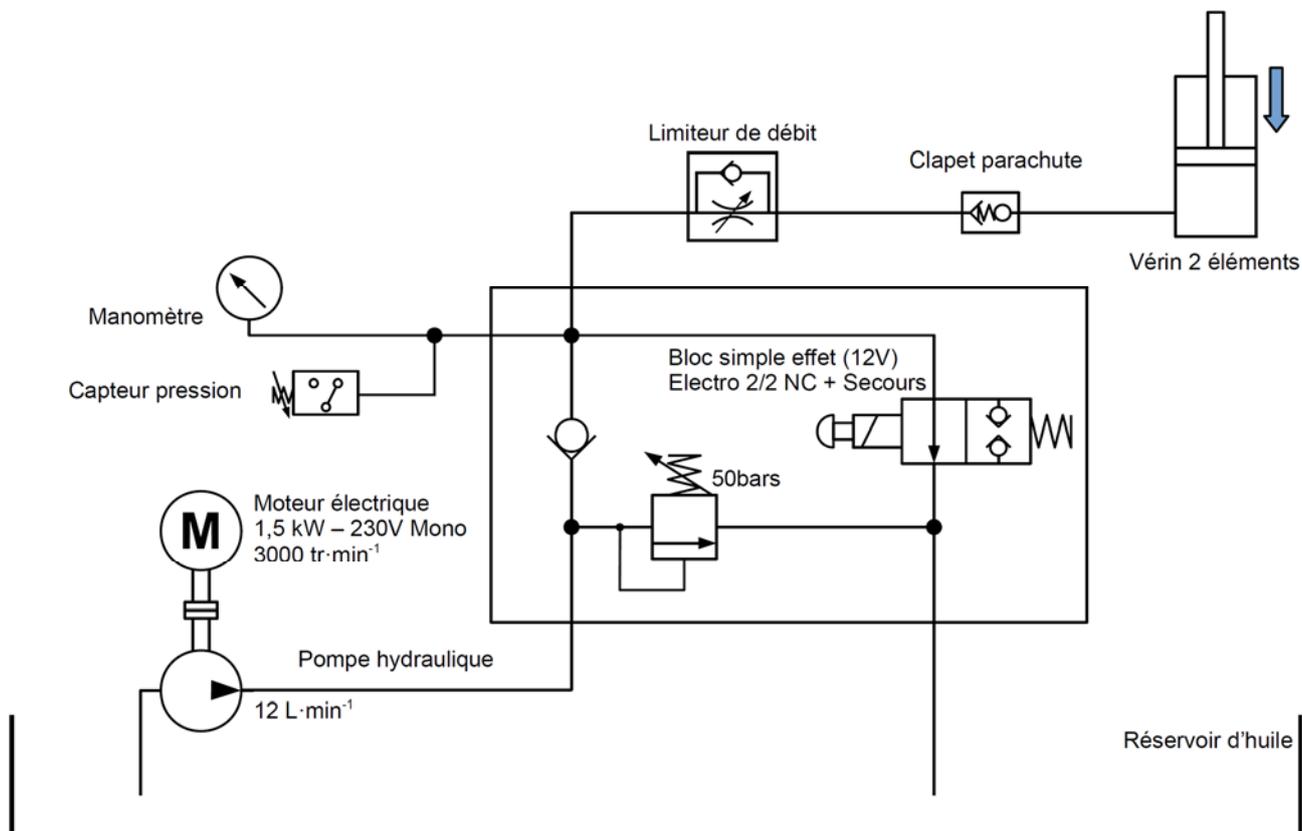
Repère sur la chaîne de puissance	①	②	③
Puissance (Watt)			2 500 W



## DRS2 : montée de la cabine de l'ascenseur (sortie de la tige vérin) :



## DRS3 : descente de la cabine de l'ascenseur (rentrée de la tige vérin) :





## **INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET ÉCO-CONCEPTION**

### **VÉLODROME : Raymond Poulidor**



Présentation de l'étude et questionnement..... pages 26 à 31  
Documents techniques DTS1 à DTS10 ..... pages 32 à 37  
Documents réponses DRS1 à DRS3..... pages 38 et 39

## Mise en situation

Les trois parties sont indépendantes et sont chacune introduites par une mise en situation.

## Travail demandé

### Partie A : pourquoi relever les virages ?

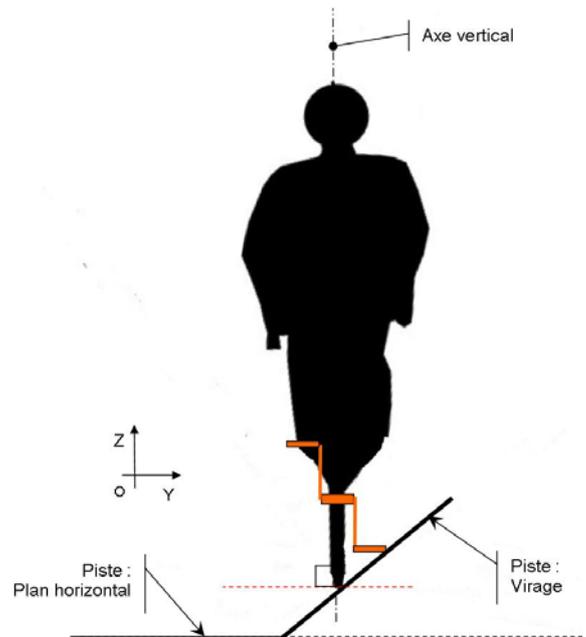
À la différence d'un vélo conventionnel, un vélo de piste dispose d'une transmission composée d'un pignon fixe (pas de roue libre). Cela lui confère un meilleur rendement, permet de se passer de dispositif de frein, facilite la pratique du « sur-place » (maintien du vélo à l'équilibre à l'arrêt) et au bilan permet un gain de masse significatif.



En situation de course, le cycliste peut décider de faire du « sur-place » dans un virage au point le plus prononcé de la pente. Pour cela deux conditions sont à vérifier :

- que la pédale en position basse ne touche pas la piste ;
- que l'adhérence des pneus sur la piste est suffisante.

Les dimensions du vélo sont définies sur DTS1.



Question A.1 | **Relever** les dimensions  $L_{gp\ y}$  et  $L_{gp\ z}$ , encombrement du pédalier respectivement sur l'axe  $\vec{Y}$  et l'axe  $\vec{Z}$ .

DTS1

DRS1

**Reporter** ces dimensions sur le DRS1.

Question A.2 | **Calculer** l'angle  $\beta$  entre la droite limite de contact et l'horizontal.

DRS1

La piste a un dévers de virage  $\alpha_p = 40,39^\circ$ .

**Conclure** sur le risque de contact entre la pédale et la piste.

La piste du vélodrome est en béton, les pneumatiques sont en élastomère (caoutchouc synthétique).

Question A.3 | **Relever** la valeur du coefficient de frottement correspondant à ce couple de matériaux.

DTS2

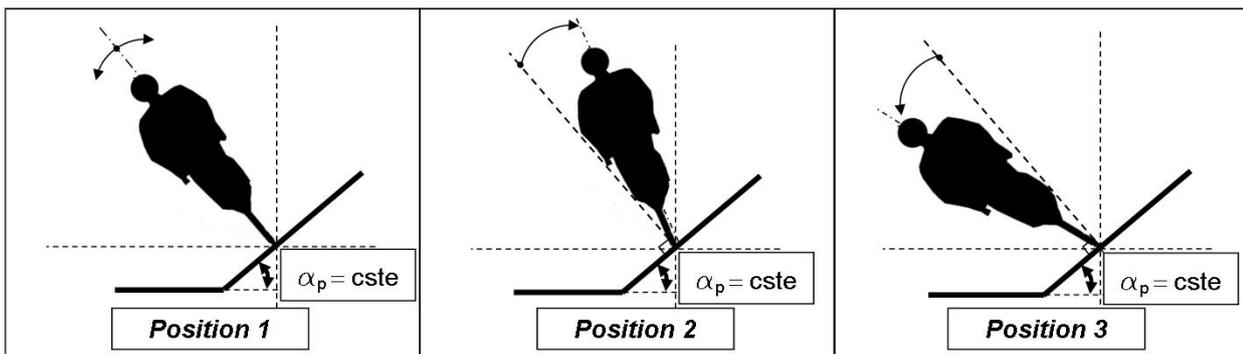
**Calculer** l'angle de frottement correspondant.

Question A.4 | **Tracer** le cône de frottement sur le document DRS2.

DRS2

**Conclure** sur la possibilité du cycliste à rester en équilibre dans cette situation.

Lorsque le cycliste roule, pour lutter contre l'effet centrifuge, il doit plus ou moins se pencher vers l'intérieur du virage en fonction de sa vitesse.



Question A.5 | **Indiquer** quelle position correspond à la vitesse la plus grande et quelle position correspond à la vitesse la plus petite.

L'angle d'équilibre  $P$  se calcule par  $\tan(P) = \frac{Ve^2}{g.r}$  avec :

- $P$  angle d'inclinaison du cycliste par rapport à la verticale ;
- $Ve$  vitesse d'équilibre en  $m \cdot s^{-1}$  ;
- $g$  accélération de la pesanteur en  $m \cdot s^{-2}$  ;
- $r$  rayon de courbure des virages en  $m$ .

La piste est de type allongée, son rayon de courbure des virages est  $r = 19 m$ .

Question A.6 | **Calculer** à quelle vitesse  $Ve$  le cycliste doit adopter une inclinaison de  $45^\circ$ , correspondant à la limite du cône de frottement. **Convertir** cette valeur en  $km \cdot h^{-1}$ .

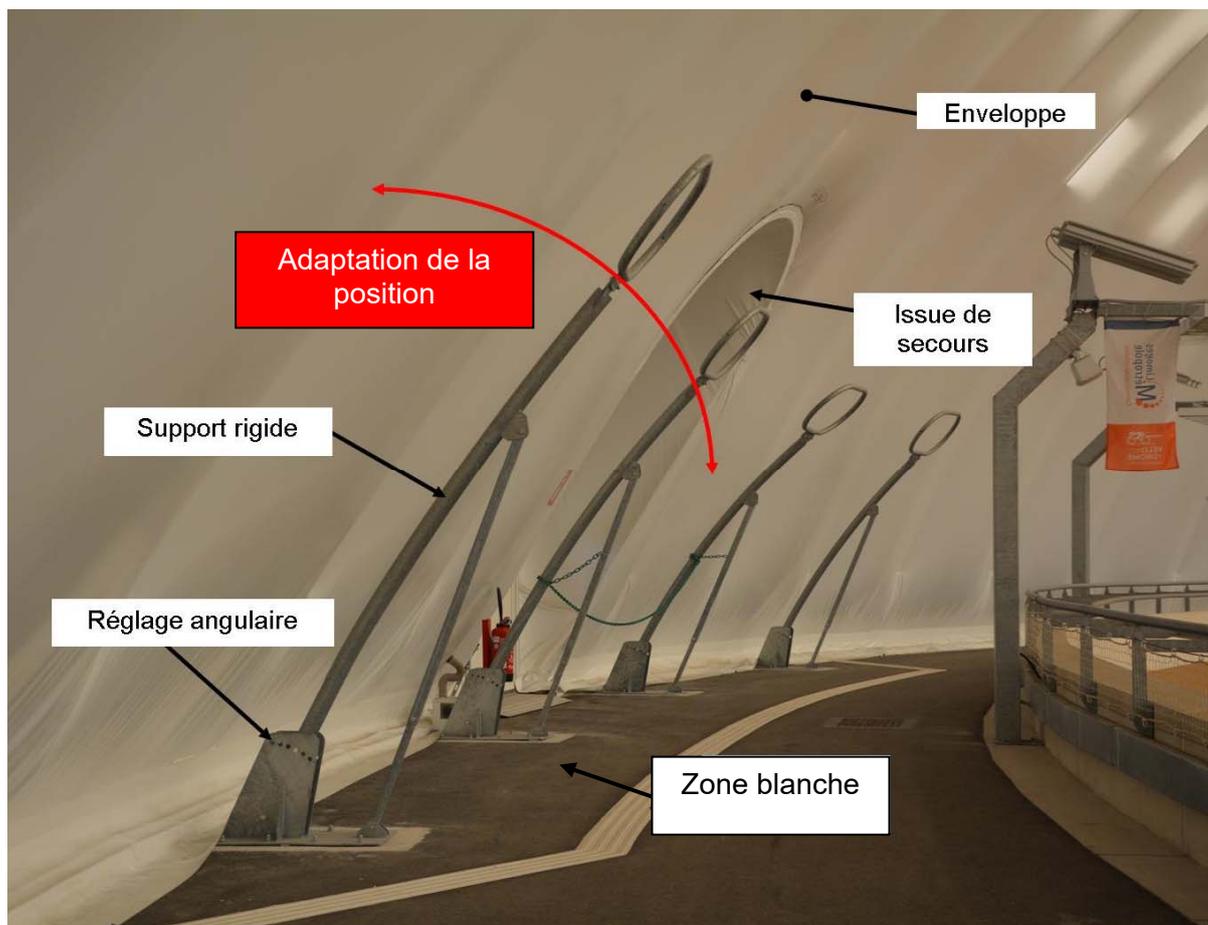
**Expliquer** l'intérêt de relever (incliner) les virages.

## Partie B : la solution utilisée pour soutenir la couverture est-elle optimale ?

Une zone protégée, appelée « zone blanche », de 30 m<sup>2</sup> est aménagée devant chaque sortie (côté intérieur du vélodrome) afin de préserver le public d'un affaissement éventuel de l'enveloppe, permettant ainsi son évacuation en cas de défaillance. Voir DTS3.

Question B.1 | **Indiquer** les risques encourus par les spectateurs en cas de défaillance du système de pressurisation de la couverture.

Des supports rigides permettent ainsi de maintenir la couverture, ils sont mécano-soudés et composés de 4 pièces (voir DTS4) : l'arceau, le pilier, le contrevent et une platine support. Chaque support est réglable angulairement, en fonction de la position et de l'écartement demandé pour la zone blanche.



Lors des études préliminaires une autre technologie de construction a été envisagée : une structure en bois lamellé-collé (voir DTS5). Une première étude comparative des deux technologies est présentée sur le DTS6.

Question B.2 | **Indiquer** la solution optimale au regard de cette première étude ; **justifier**.

DTS6

Une deuxième étude comparative s'appuie sur des données environnementales : réchauffement climatique et besoin en eau. Voir DTS7 et DTS8.

L'unité de référence est le m<sup>3</sup>.

Les matériaux retenus pour les études sont :

- la structure métallique : acier, nuance S235 ;
- la structure bois : résineux type sapin « Douglas ».

Question B.3 | **Comparer** les impacts des deux structures ; **indiquer** la solution la plus optimale au regard de cette deuxième étude.

DTS7 ; DTS8

Une troisième étude mécanique de structure par simulation est présentée sur DTS10.

Question B.4 | **Indiquer** les valeurs des contraintes maximales subies pour la structure acier et pour la structure bois.

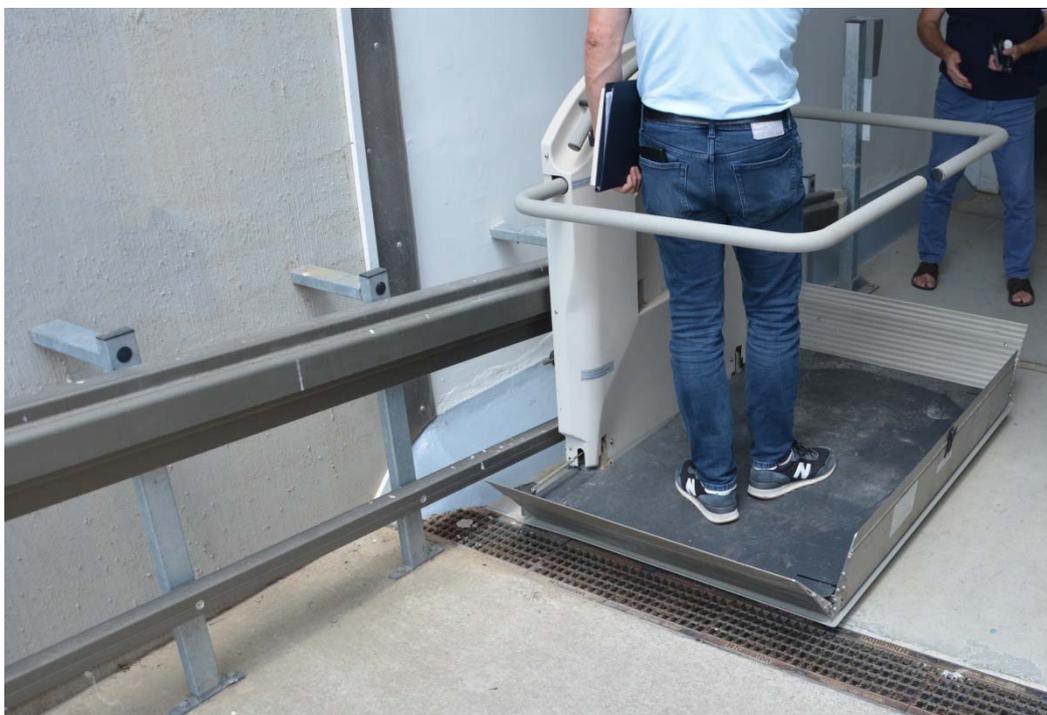
DTS10

**Comparer** les coefficients de sécurité des deux structures et **indiquer** la solution la plus optimale au regard de cette troisième étude.

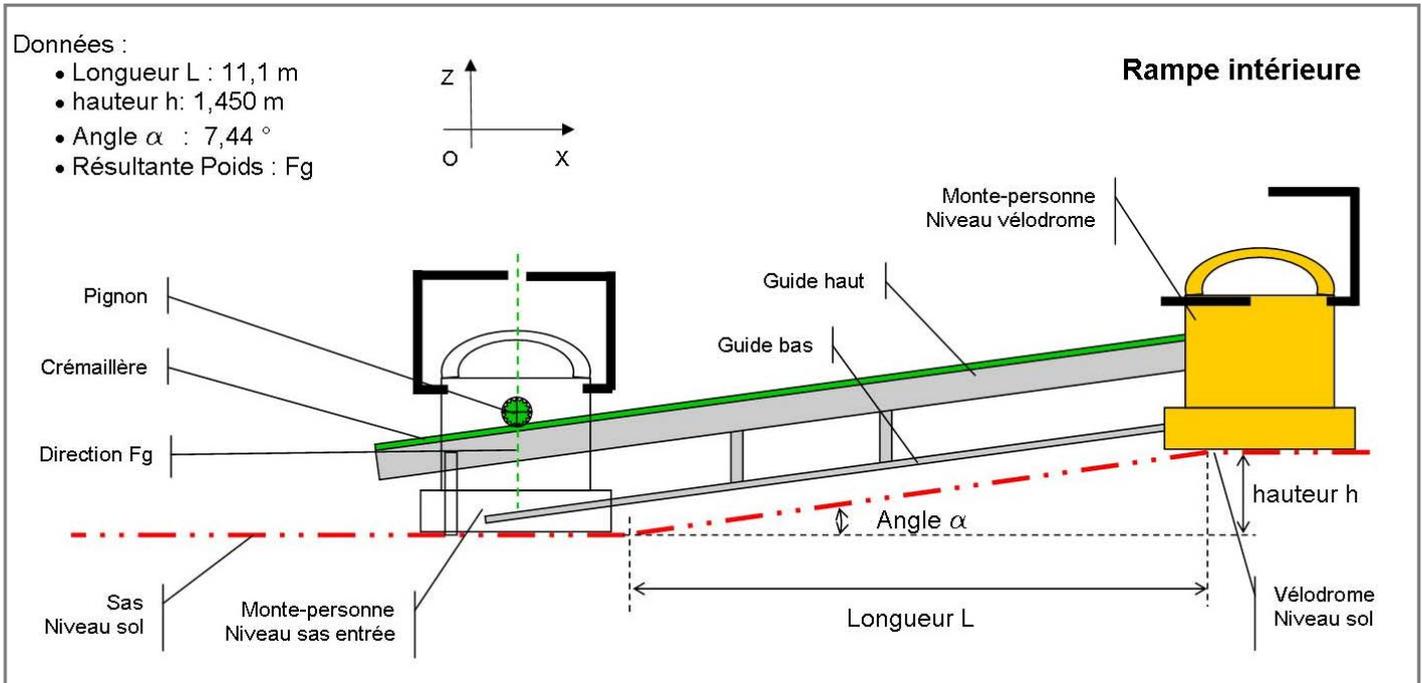
Question B.5 | **Conclure** quant au choix des structures.

### Partie C : le monte-personne répond-il aux exigences du cahier des charges ?

Conformément à la réglementation des ERP (Établissement Recevant du Public), un dispositif permettant l'accès aux PMR a été mis en place.



Description de l'équipement PMR, « monte-personnes », d'accès à la piste.



Question C.1 | **Indiquer** la nature du mouvement entre le monte personne et le sol.

**Justifier** le choix d'un système « pignon – crémaillère ».

Question C.2 | L'IBD représenté en DRS3 représente la chaîne de puissance du monte-personnes.  
DRS3 **Indiquer** les fonctions des différents blocs en utilisant les termes définis sous l'IBD.  
**Indiquer** la nature des mouvements entre blocs.

Le document DRS3 donne des caractéristiques de la chaîne d'énergie utiles aux question suivantes.

Question C.3 | **Calculer** la vitesse de rotation en  $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$  de la sortie du réducteur.

Les caractéristiques pignon-crémaillère sont : pas = 12 mm ; nombre de dents du pignon  $Z_{\text{pignon}} = 15$ .

Question C.4 | **Calculer** le rayon primitif du pignon  $r_{\text{pignon}}$ .

DTS9

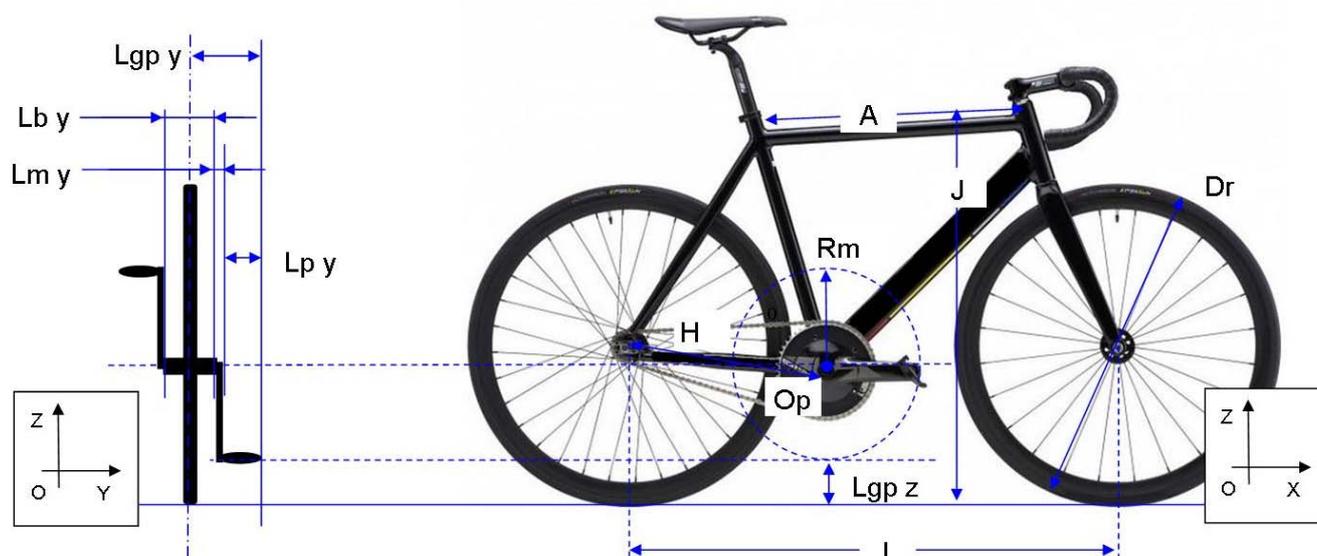
Question C.5 | **Calculer** la vitesse de déplacement du monte-personne.

DTS9

Le cahier des charges impose une exigence maximale de vitesse de déplacement du monte-personne de  $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Question C.6 | **Conclure** sur le choix de la transmission par rapport à cette exigence du cahier des charges.

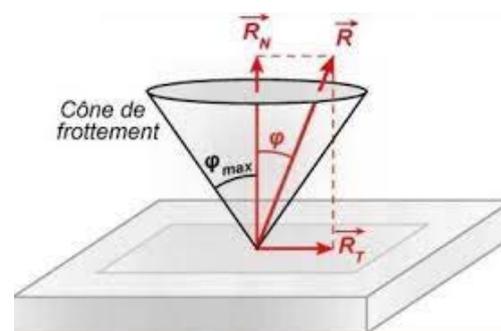
## Document technique DTS1 : caractéristiques des vélos de piste



Référence	Désignation(en mm)	taille 1	taille 2	taille 3	taille 4	taille 5	taille 6
<b>Dr</b>	Diamètre roue Avant et Arrière	700	700	700	700	700	700
<b>A</b>	Top Tube efficace	518	532	548	563	575	590
<b>Lb y</b>	Décalage boîtier de pédalier	70	70	70	70	70	70
<b>H</b>	Hauban inférieur	410	410	415	415	415	415
<b>I</b>	Entraxe	975	981	993	996	1008	1018
<b>J</b>	Hauteur totale	735	753	774	795	815	835
<b>Lm y</b>	Largeur manivelle	20	20	20	20	20	20
<b>Rm</b>	Longueur manivelle	165	165	165	165	165	165
<b>Lp y</b>	Longueur pédale	80	80	80	80	80	80
<b>Lgp y</b>	Encombrement global sur y	135	135	135	135	135	135
<b>Lgp z</b>	Encombrement global sur z	175	175	175	175	175	175

## Document technique DTS2 : tableau de coefficients de frottement

Substance en contact	Coefficient de frottement : $f$
Élastomère sur asphalte sec	1,2
Élastomère sur asphalte mouillé	0,6
Élastomère sur béton sec	1
Élastomère sur béton mouillé	0,65
Élastomère sur glace	0,006

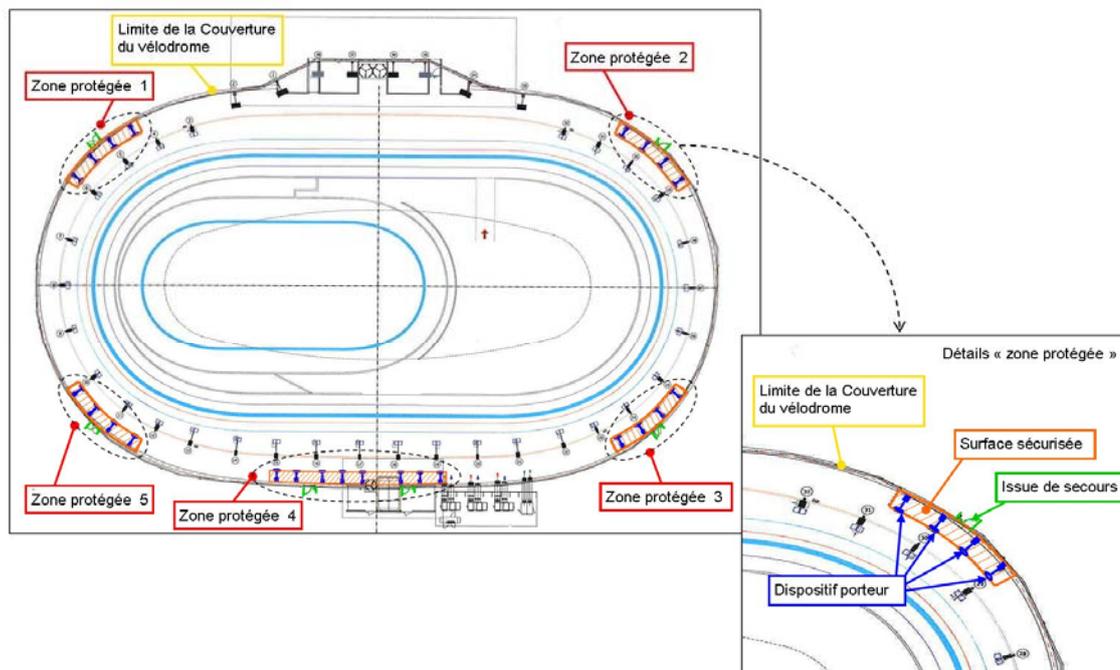


Le coefficient de frottement est défini par  $f = \text{tg}(\varphi)$  où  $\varphi$  est l'angle de frottement

## Document technique DTS3 : présentation des zones protégées pour évacuation de la piste du vélodrome.

Une « zone protégée » sera aménagée devant chaque sortie (côté intérieur) afin de préserver le public d'un affaissement éventuel de l'enveloppe et permettre ainsi son évacuation, évitant tout mouvement de panique.

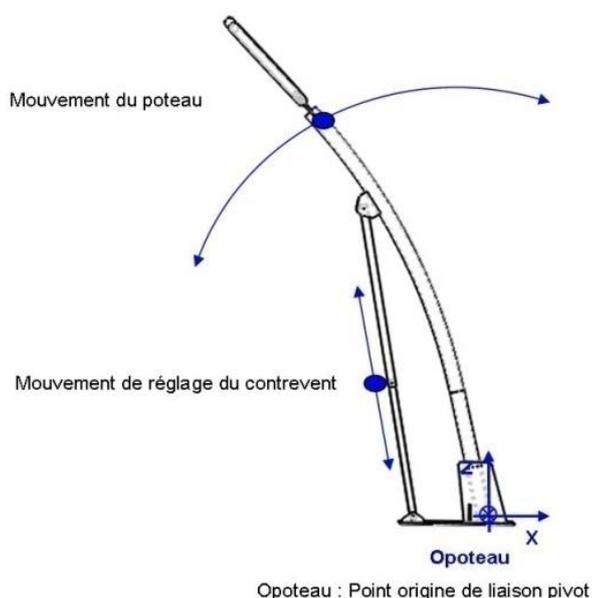
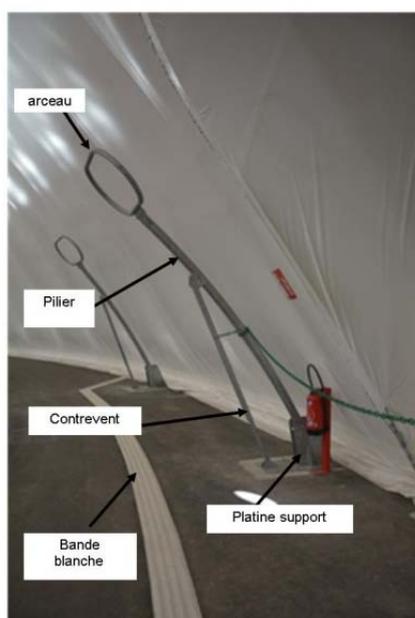
Le projet comportera quatre portiques (dispositif porteur) par unité de passage, exceptée la « zone protégée 4 ».



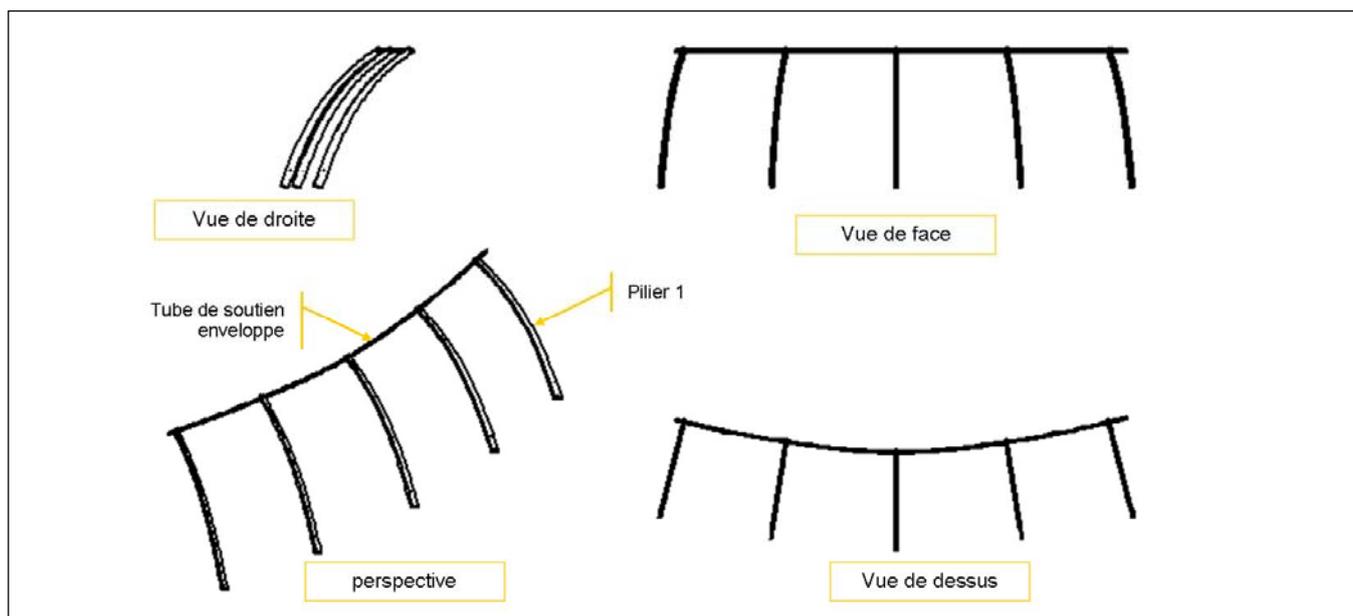
**Les caractéristiques de cette zone sont les suivantes :**

- surface égale à  $30 \text{ m}^2$  par unité de passage de la sortie (SG12) ;
- hauteur au moins égale à celle des portes ;
- supports rigides calculés avec une surcharge de  $25 \text{ daN}\cdot\text{m}^{-2}$ .

## Document technique DTS4 : description de la structure mécano-soudée



## Document technique DTS5 : description de la structure bois lamellé-collé.

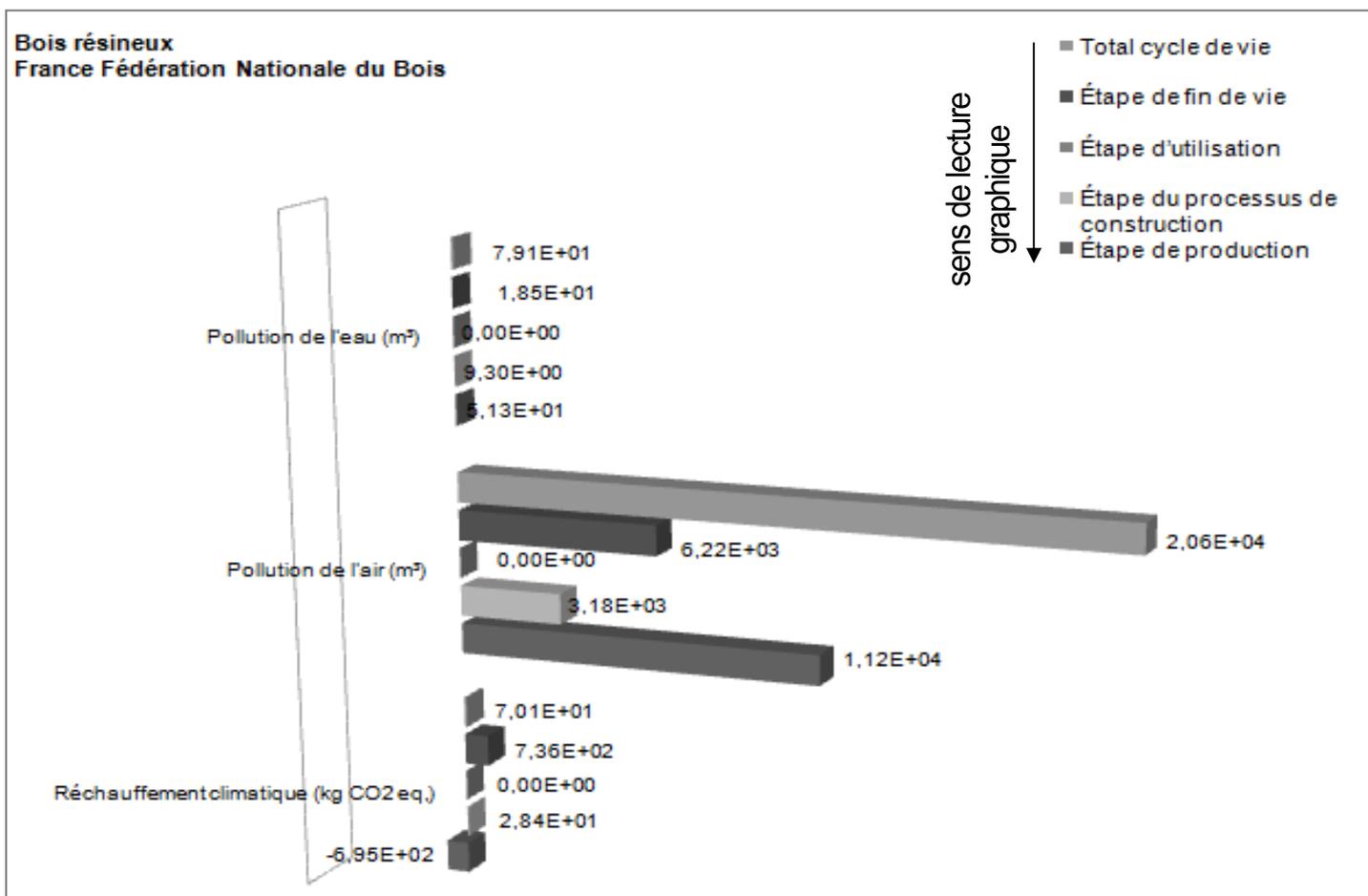
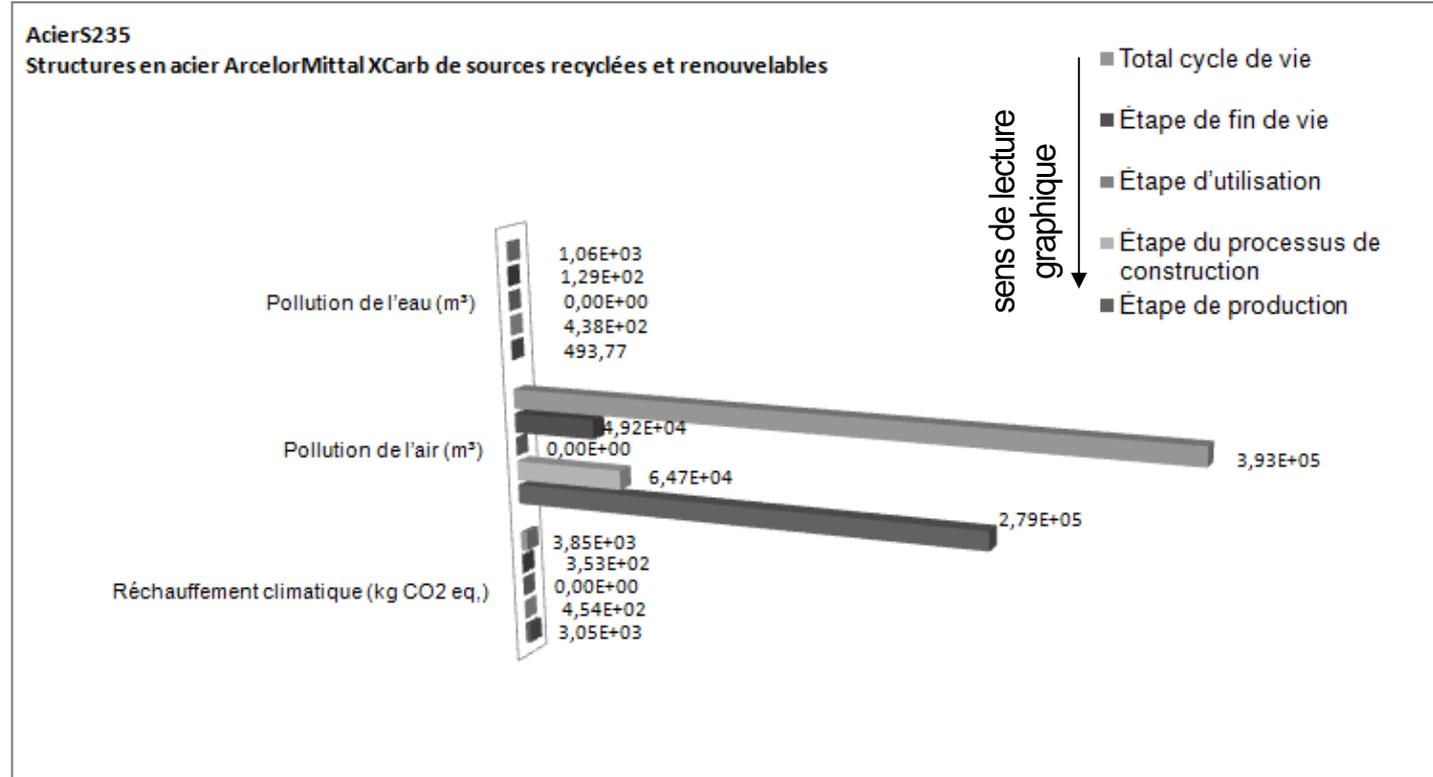


## Document technique DTS6 : tableau comparatif des technologies

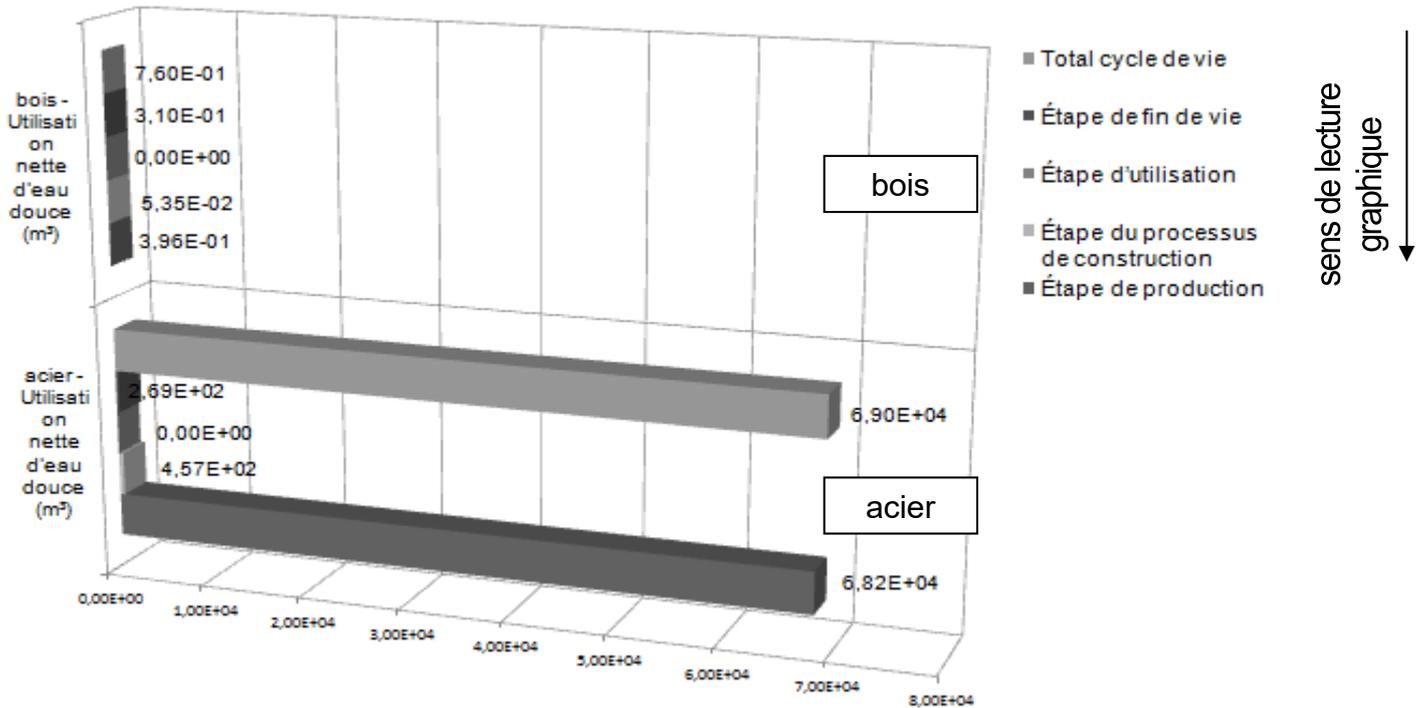
Désignation	Série	Précision procédé	Facilité de mise en œuvre	Délai de réalisation	Coût	Réglage
<b>Mécano-soudure</b>	-Prototype -Unitaire -Petite à grande	Faible	-Outillage propre au métier	-Court -Pas d'outillage spécifique	Faible	Possible
<b>Lamellé-collé</b>	-Unitaire -Petite	Moyenne	-Outillage propre au métier -Réalisation de matrice	Matrice à réaliser	Élevé si série non adaptée	Impossible

# Document technique DTS7 : données comparatives réchauffement climatique

## Comparatif 1

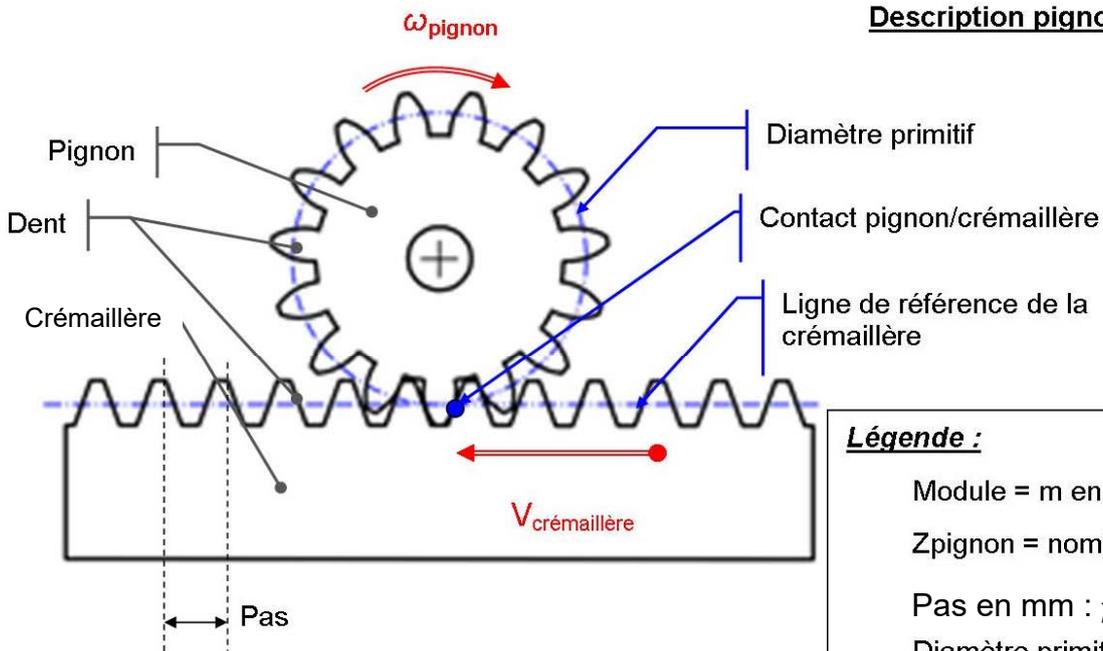


Comparatif 2



Document technique DTS9 : description « pignon-crémaillère »

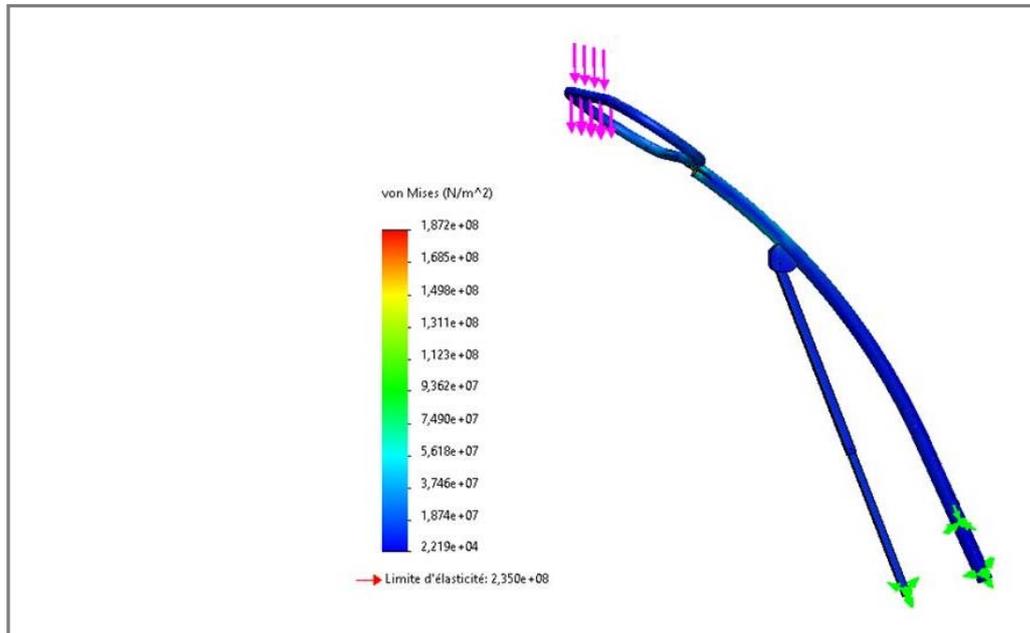
Description pignon - crémaillère



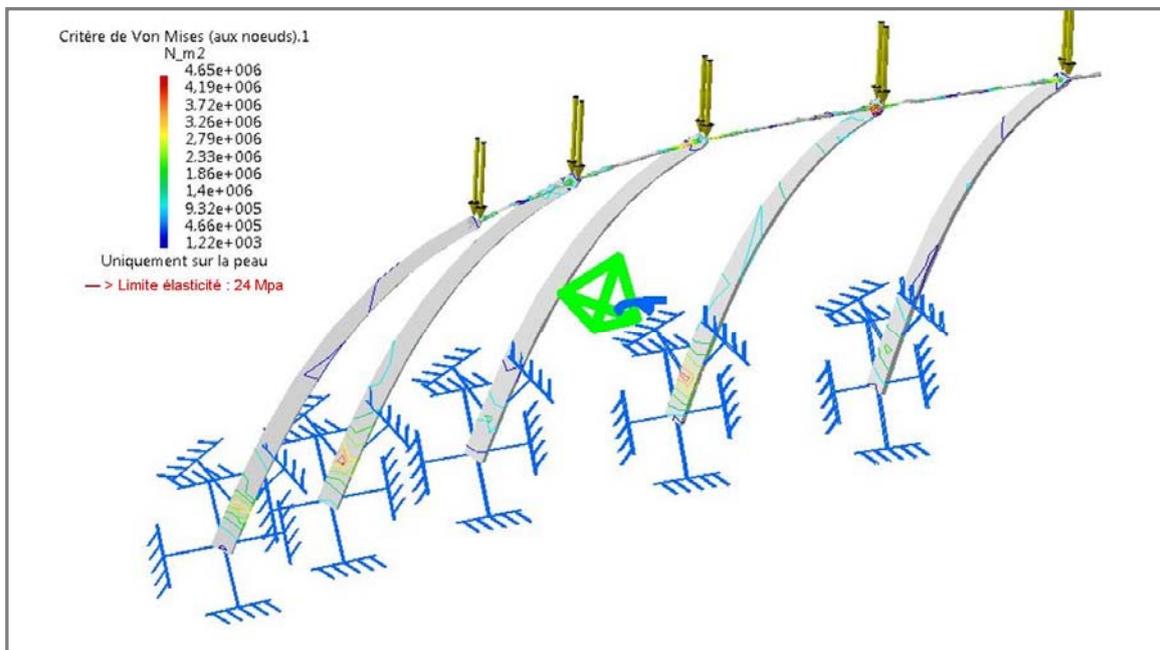
**Légende :**  
 Module = m en mm  
 $Z_{\text{pignon}}$  = nombre de dents  
 Pas en mm :  $p = \pi \cdot m$   
 Diamètre primitif en mm =  $D_p = m \cdot Z$

# Document technique DTS10 : simulations de comportement des structures

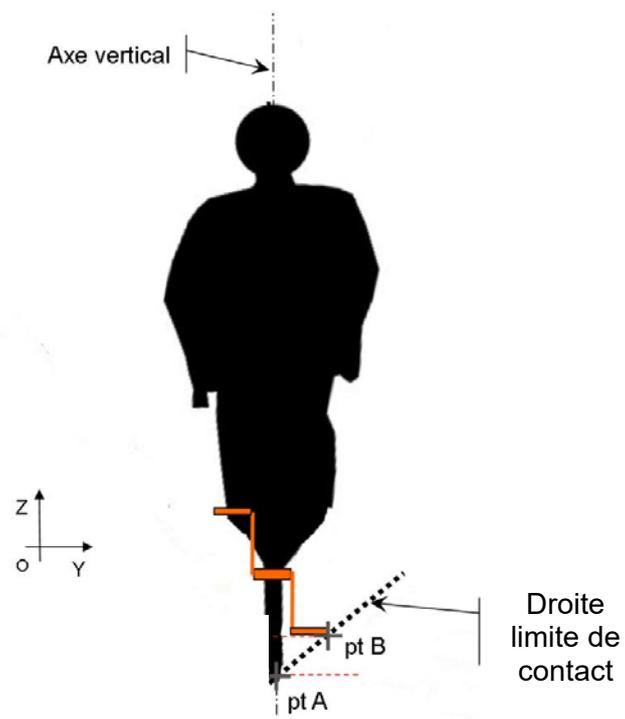
Support matériau : acier



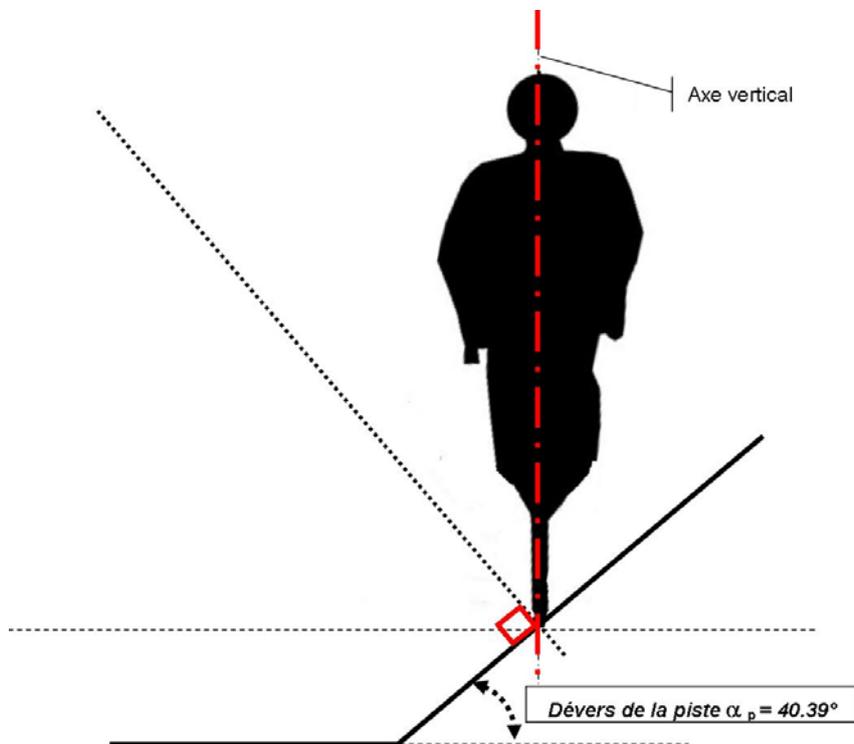
Support matériau : bois



## Document réponse DRS1 :

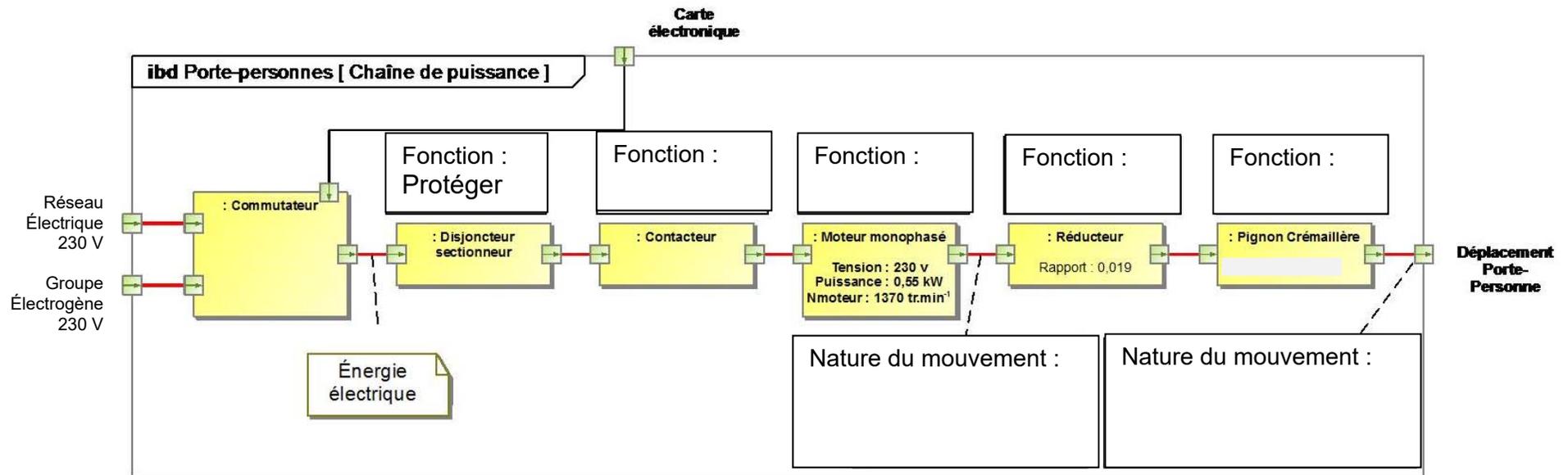


## Document réponse DRS2 :





# Document réponse DRS3



Désignation fonctions	Adapter	Convertir	Transmettre	Distribuer
-----------------------	---------	-----------	-------------	------------



## **Système d'Information et Numérique**

### **VÉLODROME : Raymond Poulidor**



- Présentation de l'étude et questionnaire..... pages 26 à 32
- Documents techniques DTS1 à DTS7 ..... pages 33 à 39
- Documents réponses DRS1 à DRS5 ..... pages 40 à 44

## **Mise en situation**

Afin d'assurer la sécurité des cyclistes contre le risque de condensation sur la piste cyclable, il a été décidé de contrôler la température au niveau du sol (surface) et à 1 mètre au-dessus, ainsi que la mesure de l'humidité relative (hygrométrie).

Ces données seront transmises vers un automate situé à plus de 200 mètres de la piste cyclable, pour le calcul de la température de condensation et la gestion de la déshumidification du dôme.

L'étude portera également sur la sécurité du site et sur le stockage des données vidéo.

## **Travail demandé**

---

### **Partie A : comment mesurer la température de surface de la piste du vélodrome ?**

Cette partie concerne uniquement le capteur de température de surface (sol). Le capteur de température (air), situé à un 1 mètre, est similaire dans son principe de fonctionnement.

Question A.1 DTS1	<b>Indiquer</b> le nombre total de capteurs de température et d'hygrométrie situés à l'intérieur du vélodrome.
----------------------	--

Les contraintes liées à la mesure de la température sur la piste :

- le capteur choisi doit être lié au sol ;
- le capteur choisi doit être le plus précis possible.

Question A.2 DTS2 DTS3	<b>Choisir</b> le capteur de température de surface de piste. <b>Indiquer</b> la classe du capteur choisi.
------------------------------	---

Extrait du cahier des charges : mesure de la température à  $23\text{ °C} \pm 0,3\text{ °C}$ .

Question A.3 DTS2 DRS1	<b>Calculer</b> la tolérance liée au capteur pour les températures suivantes : -5 °C, 0 °C et 23 °C. <b>Compléter</b> le document DRS1. <b>Justifier</b> que le cahier des charges est respecté sur le document DRS1.
------------------------------	--

## Partie B : comment transmettre et acquérir l'information température avec un automate situé à plus de 200 mètres ?

La distance entre la mesure de température et son traitement est supérieure à 200 mètres.

La résistance des fils de connexion entre le capteur et l'automate crée des chutes de tension et donc une erreur importante sur la mesure de la température.

Question B.1 | **Compléter** les éléments : A, B, C, D et E du document réponse DRS2 avec les mots ci-dessous :

DTS3

DRS2

ACQUÉRIR, TRAITER, ADAPTER, COMMUNIQUER, ADAPTER.

Question B.2 | **Compléter** les éléments : F, G, H et I du document réponse DRS2 avec les mots ci-dessous :

DTS3

DRS2

RÉSISTANCE, ANALOGIQUE, COURANT, ANALOGIQUE.

Question B.3 | L'automate utilisé par le système possède un convertisseur analogique numérique.

DTS4

**Montrer** que :  $N = \text{ENT}[255,9375 \times I - 1023,75]$

La suite de l'étude a pour objectif de déterminer l'erreur due à la conversion analogique numérique.

Question B.4 | À partir du tableau des différentes températures sur le site du vélodrome, **déterminer** la température minimale ( $\theta_{\text{mini}}$ ) et la température maximale ( $\theta_{\text{maxi}}$ ).

DTS3

DRS1

**Répondre** sur le document DRS1.

Le constructeur souhaite que la mesure de la température soit possible quelle que soit la température extérieure.

Question B.5 | **Faire** un choix pour valeur1 et valeur2 en fonction des éléments donnés sur le document DRS1.

DRS1

**Répondre** sur le document DRS1.

**Compléter** le tableau sur le document DRS1.

La variation de N, notée  $\Delta N$  en fonction de la variation de la température, notée  $\Delta\theta$  est donnée par la relation ci-dessous :

$$\Delta N = 81,9 \times \Delta\theta \quad \text{avec :} \quad \begin{array}{l} \Delta\theta \text{ en degré Celsius (}^\circ\text{C)} \\ \Delta N : \text{ nombre} \end{array}$$

Question B.6 | **Déduire** de l'équation ci-dessus, la résolution en  $^\circ\text{C}$  du système d'acquisition de la température. Pour le calcul, prendre  $\Delta N = 1$ .

Rappel du cahier des charges : mesure de la température à  $23^\circ\text{C} \pm 0,3^\circ\text{C}$ .

Question B.7 | À partir des questions A.3 et B.6, **déterminer** l'erreur totale sur la mesure de la température.

Le cahier des charges ci-dessus est-il validé ? **Justifier**.

Chaque zone (1 à 6) possède trois capteurs (température du sol, de l'air et l'humidité relative) tous connectés à un transmetteur 4-20 mA.

L'automate proposé possède des entrées 4-20 mA mais en nombre insuffisant, des modules complémentaires (TXM1) seront nécessaires.

Question B.8 | **Déterminer** le nombre d'entrées 4-20 mA nécessaires pour l'ensemble des zones (1 à 6).

DTS4

DTS5

**Déduire** de la question ci-dessus, le nombre de modules TXM1 qu'il est nécessaire de câbler sur l'automate.

## Partie C : comment contrôler le système de déshumidification en fonction des données techniques températures sol, air et l'humidité de chaque zone (1 à 6) ?

La partie C, porte sur l'acquisition de la température du sol, de l'air et de l'humidité relative afin de déterminer le risque de condensation sur chaque zone (de 1 à 6).

Si le site présente un risque de condensation sur une seule zone, alors un dispositif de déshumidification sera mis en service selon les paramètres suivants :

- 1/ recherche de la température minimum sol sur l'ensemble des zones de 1 à 6 ;
- 2/ recherche du point de condensation minimum sur l'ensemble des zones de 1 à 6.

Dans le programme, les valeurs de l'humidité sont stockées dans un tableau de réels nommé «humidite ».

Question C.1 DTS5 DRS3	Le tableau « humidite » doit être rempli en fonction de l'humidité de chaque zone. <b>Compléter</b> l'équation de « humidite[i] » dans le document DRS3 en fonction des numéros de broches des sondes d'hygrométrie.
------------------------------	---

Question C.2 DRS4	La variable temp_mini_condensation représente la valeur minimum contenue dans le tableau temp_condensation. <b>Compléter</b> l'algorithme sur le document DRS4.
----------------------	--

Question C.3 DTS5 DRS4	La variable logique D0 représente la commande du système de déshumidification. <b>Compléter</b> l'algorithme sur le document DRS4.
------------------------------	---

## Synthèse de la partie traitement de la condensation

Question C.4 | **Conclure** sur les différentes mesures effectuées sur le site du vélodrome et la prévention sur le risque de condensation.

### Partie D : comment sécuriser le site ?

Le site doit être protégé contre les intrusions afin d'éviter des dommages volontaires sur la toile du dôme et sur l'ensemble des structures techniques présentes sur le site.

Question D.1 | **Citer** trois éléments assurant la sécurité sur le site du vélodrome.

DTS6

Question D.2 | **Expliquer** pourquoi le constructeur attend un maximum de trois chocs pendant une durée de 7s avant de déclencher une information intrusion.

DTS6

Question D.3 | **Expliquer** pourquoi le constructeur a installé deux capteurs volumétriques sur le site du vélodrome.

DTS6

Question D.4 | **Compléter** l'algorithme sur le document DRS5 avec les éléments proposés.

DRS5

Question D.5 | **Conclure** sur l'efficacité de la protection du vélodrome contre les intrusions.

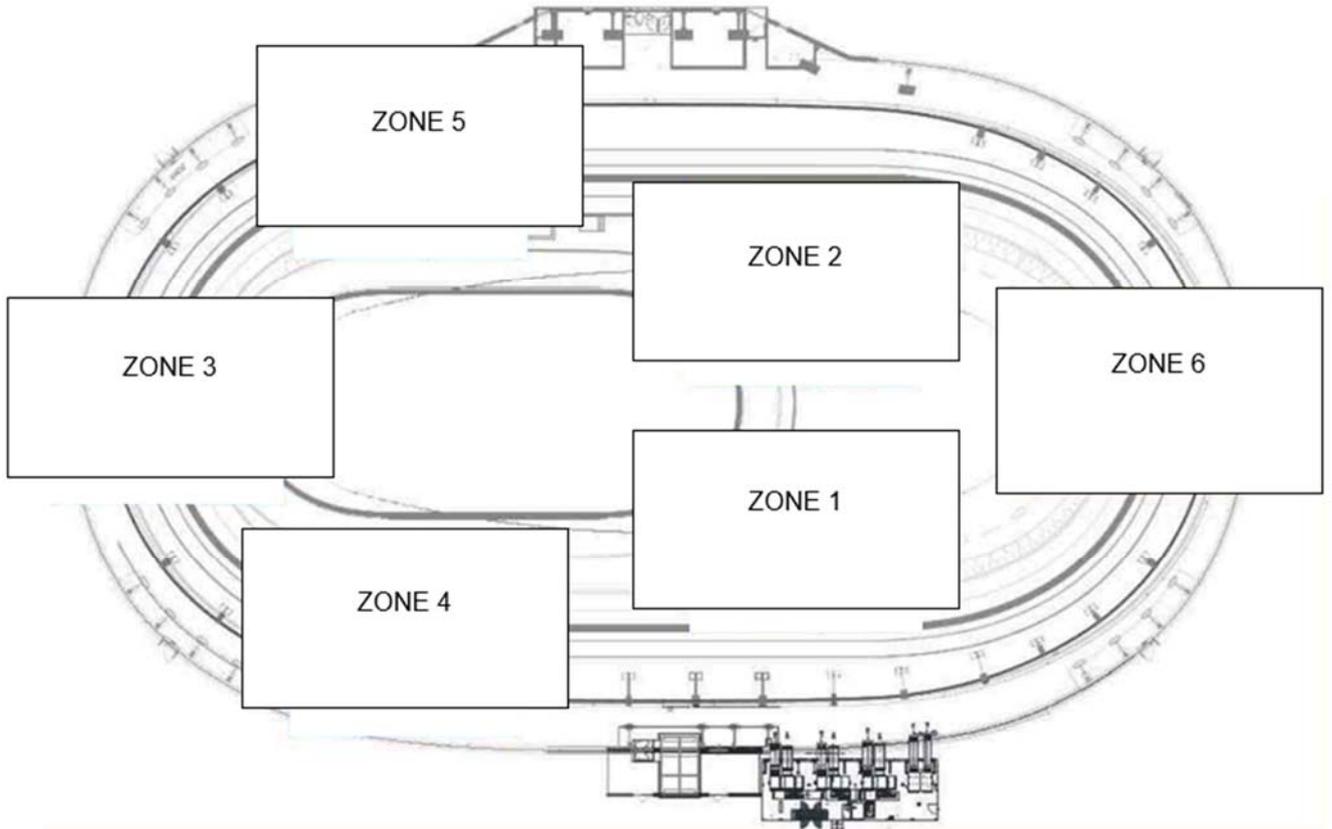
## Partie E : comment visualiser le site et stocker des images vidéo ?

Question E.1 | Soit les deux types d'encodage proposés (H-264 et MPEG-4), **indiquer**  
DTS7 | lequel permet d'enregistrer le plus grand nombre de jours, à capacité de  
stockage, de résolution et de nombre d'images par secondes égales.

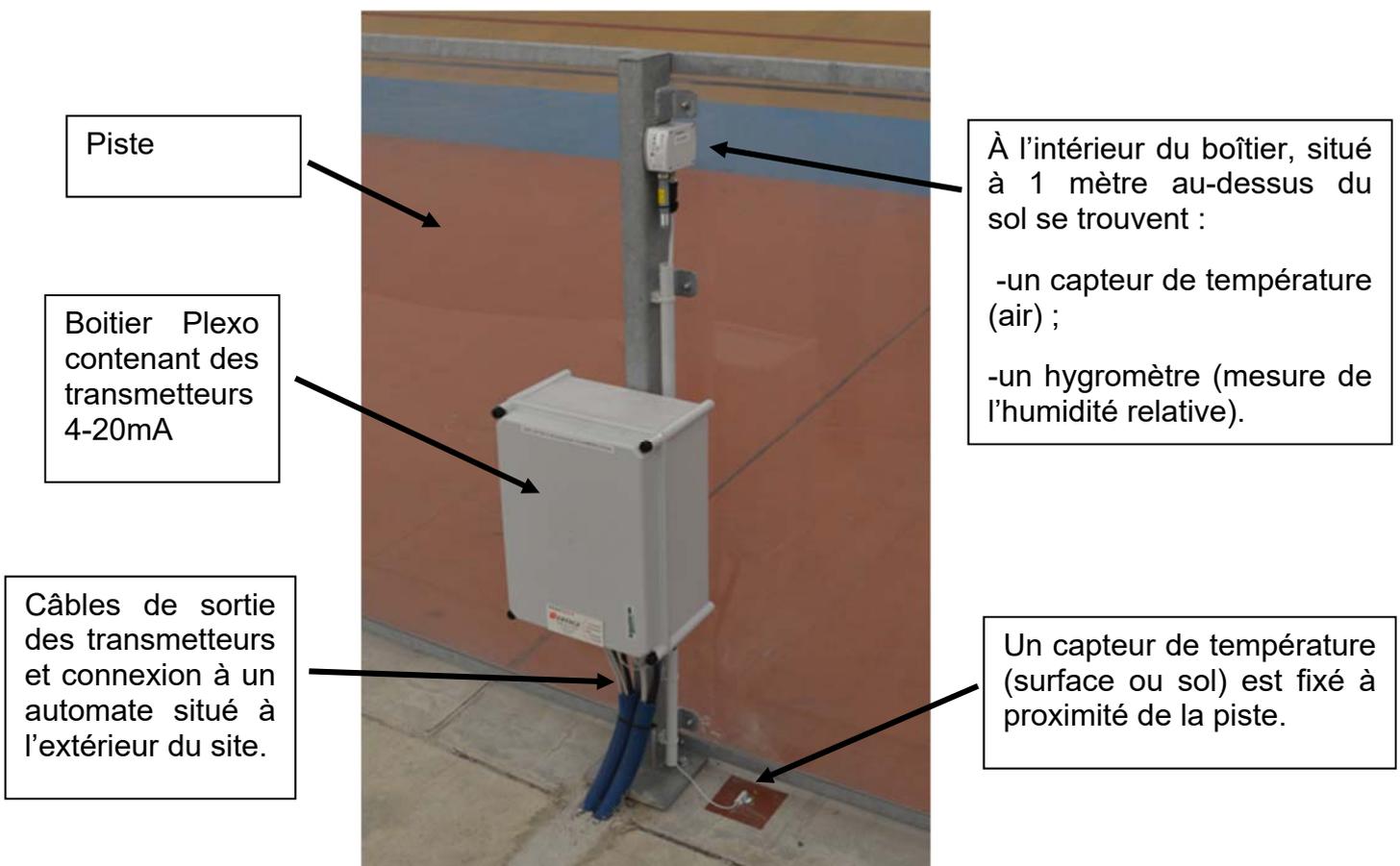
Le site du vélodrome possède huit caméras IP. La durée de stockage doit être de trois jours.

Question E.2 | **Déterminer** la taille du disque (exprimée en TB) de l'enregistreur vidéo  
DTS7 | pour un encodage de type H-264 avec une résolution de 1280 x 1024 pixels  
et 30 images par seconde.  
**Conclure** sur le choix de la durée de stockage.

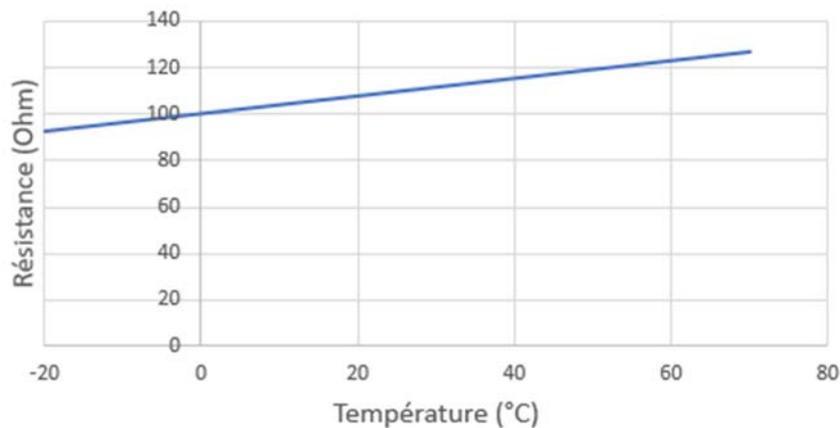
## Document technique DTS1



Pour chaque zone, il y a une installation comme ci-dessous :



Résistance en fonction de la température

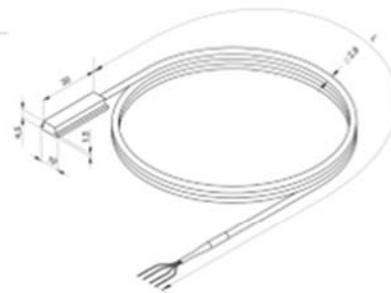
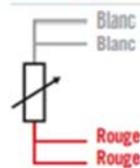


**PT100 : Modèle SS3**

**Description :**

Sonde Pt100, classe A, 4 fils, suivant IEC 60751, sur semelle Dural, sortie par câble PTFE, pour une mesure de température jusqu'à 200°C. Fixation par collage ou vis d'appui.

**BRANCHEMENT**

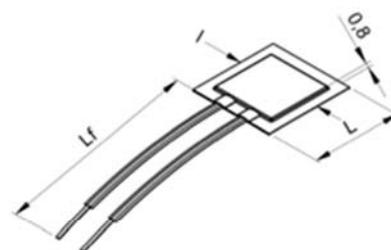
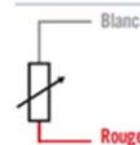


**PT100 : Modèle SS5**

**Description :**

Sonde Pt100, plate et souple, classe B, 2 fils, suivant IEC 60751, fixation par collage.

**BRANCHEMENT**

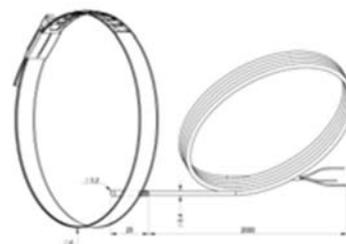
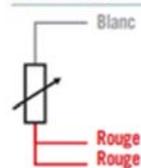


**PT100 : Modèle SS6**

**Description :**

Sonde Pt100, classe A, 3 fils, suivant IEC 60751, sous gaine inox 316L, sortie par câble PFA longueur 2 mètres, pour une mesure de température jusqu'à 250°C. Fixation sur tuyau par collier serflex (fourni).

**BRANCHEMENT**



**Les différentes classes de capteurs de températures PT100 :**

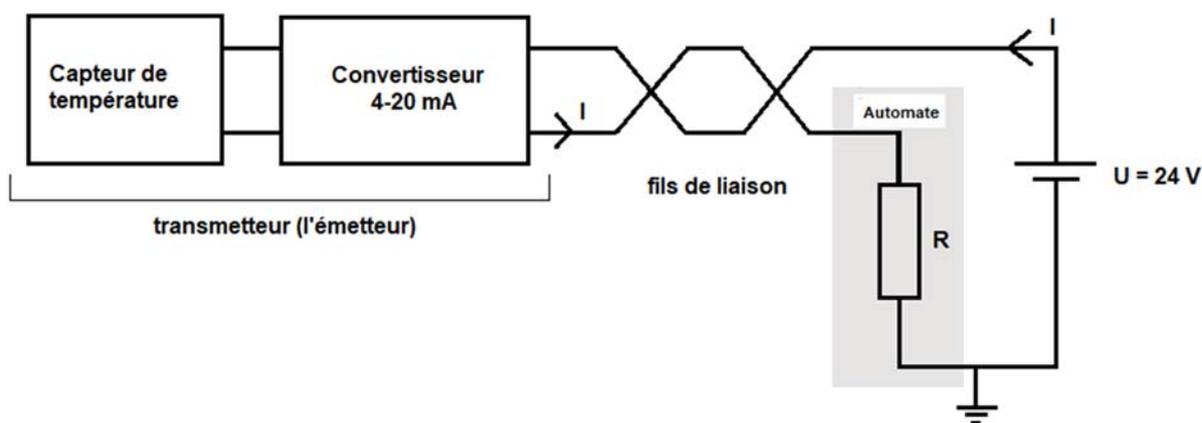
Classe	Tolérance sur la mesure de la température (capteur) en °C	
Classe A	$\pm (0,15 + 0,002 \times \theta)$	$\pm$ : plus ou moins
Classe B	$\pm (0,3 + 0,005 \times \theta)$	$\pm$ : plus ou moins

## Document technique DTS3

### Le branchement des capteurs de températures :

Branchement du capteur de température	
2 fils	Pas de compensation des erreurs dues à la connexion entre le capteur et le traitement de l'information. Les fils doivent être le plus court possible.
3 fils	La résistance des fils rouges est déduite de la mesure. La mesure est plus précise que le montage 2 fils.
4 fils	Ce montage permet de compenser les résistances de connexions du capteur. Le montage 4 fils est donc le plus intéressant à utiliser.

### Le transmetteur 4-20 mA :



Le transmetteur 4-20 mA permet de convertir (adapter) une grandeur analogique (ici une température) en un courant  $I$  pouvant varier entre 4 et 20 mA.

### Exemple :

Si la température varie de  $-10\text{ °C}$  à  $40\text{ °C}$ , il est possible de régler le transmetteur pour que le courant  $I$  varie de 4 à 20 mA.

### Températures extrêmes sur le site du vélodrome :

Mois	Température minimum en °C	Température maximum en °C
Janvier	-5	+13
Février	-4	15
Mars	-3	19
Avril	-2	22
Mai	2	25
Juin	5	29
Juillet	7	31
Août	7	35
Septembre	3	28
Octobre	0	24
Novembre	-4	18
Décembre	-5	14

### L'automate SIEMENS

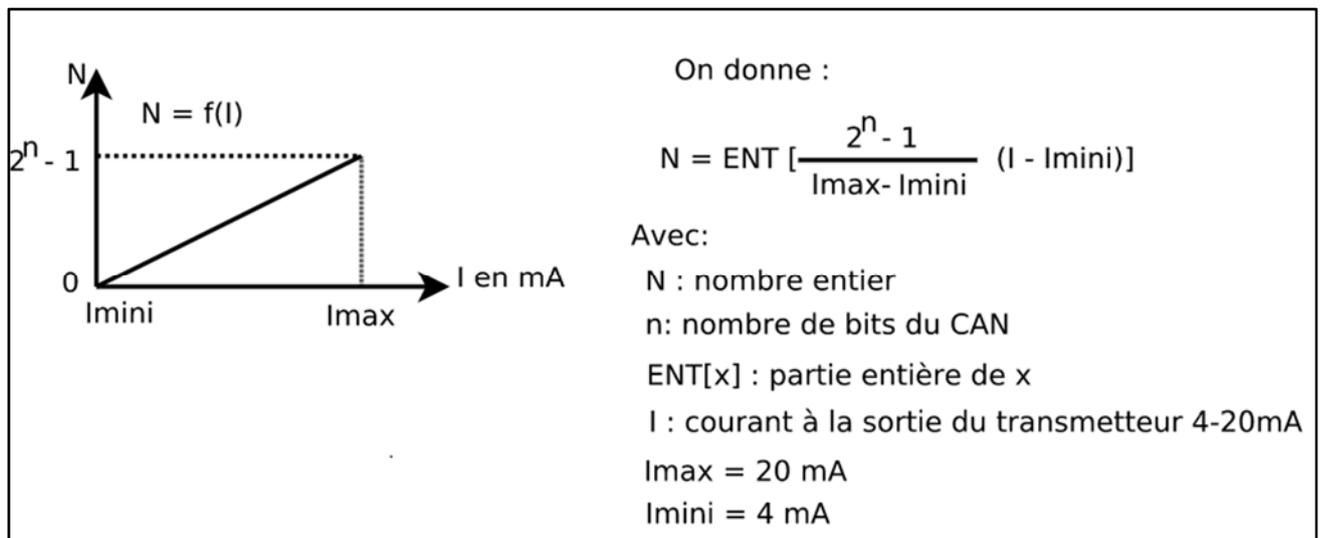
L'automate de régulation est de marque Siemens.



#### Les principales fonctionnalités seront :

- fonctions système (gestion d'alarme avec routage d'alarme, calendriers et enregistrements) ;
- 12 entrées/sorties universelles intégrées : Mesure de courant 4-20mA, de tension 0-10V ;
- permet la connexion directe jusqu'à 4 modules d'extension d'entrées/sorties (TXM1).

Les entrées analogiques (courant) de l'automate possèdent un CAN (convertisseur analogique numérique) sur  $n = 12$  bits.



## Document technique DTS5

### Tableau de câblage des broches de l'automate SIEMENS et du module TXM1 :

Un module complémentaire TXM1 possède 4 entrées de type 4-20mA (sur 12bits comme l'automate).



Désignation	D0	AI	numéro des broches: Automate - TXM1	Remarque
Sonde température surface piste Zone 01		1	1	4-20mA
Sonde température air piste Zone 01		1	7	4-20mA
sonde hygrométrie air piste Zone 01		1	13	4-20mA
Sonde température surface piste Zone 02		1	2	4-20mA
Sonde température air piste Zone 02		1	8	4-20mA
sonde hygrométrie air piste Zone 02		1	14	4-20mA
Sonde température surface piste Zone 03		1	3	4-20mA
Sonde température air piste Zone 03		1	9	4-20mA
sonde hygrométrie air piste Zone 03		1	15	
Sonde température surface piste Zone 04		1	4	4-20mA
Sonde température air piste Zone 04		1	10	4-20mA
sonde hygrométrie air piste Zone 04		1	16	4-20mA
Sonde température surface piste Zone 05		1	5	4-20mA
Sonde température air piste Zone 05		1	11	4-20mA
sonde hygrométrie air piste Zone 05		1	17	4-20mA
Sonde température surface piste Zone 06		1	6	4-20mA
Sonde température air piste Zone 06		1	12	4-20mA
sonde hygrométrie air piste Zone 06		1	18	4-20mA
demande de marche de déshydratation	1		D0	Sortie numérique
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>18</b>		

**D0** : sortie numérique (D0 = 1 mise en marche, 0 mise à l'arrêt), **AI** : Entrée analogique courant

## Document technique DTS6

**La protection du site est assurée via les dispositifs ci-dessous :**

1/ Un système de détection de chocs est organisé avec un fil électrique accroché sur la clôture, deux boîtiers de fin de zone et un module électronique permettant le comptage du nombre de chocs détectés dans chaque zone.

On peut programmer un nombre maximum de chocs et une durée avant le déclenchement d'une intrusion (émission d'un message sur un réseau 4G).

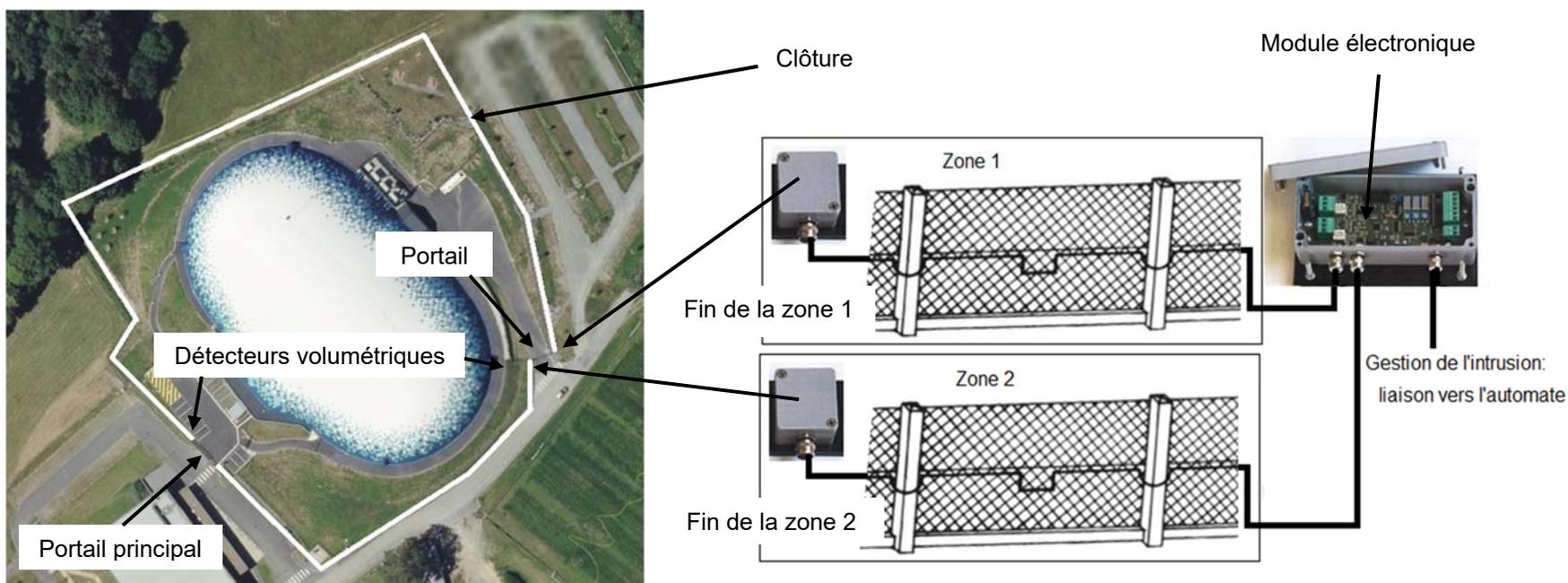
**Exemple :** le nombre de chocs programmé est de trois sur une durée de 7 secondes.

La programmation du nombre de chocs sur une durée précise permet de faire la différence entre **une vraie intrusion** et **un choc accidentel** (lancé de ballon par des enfants par exemple).

Dans l'exemple ci-dessus, une alarme se déclenchera après trois chocs sur une durée de 7 secondes.

2/ Des caméras IP sont installées à différents endroits du site. Le contrôle est continu et le temps de stockage des données est de trois jours.

3/ Des détecteurs volumétriques (détection du mouvement d'une personne ou autre) sont présents devant chaque portail, ces capteurs seront actifs après la fermeture des différents portails.



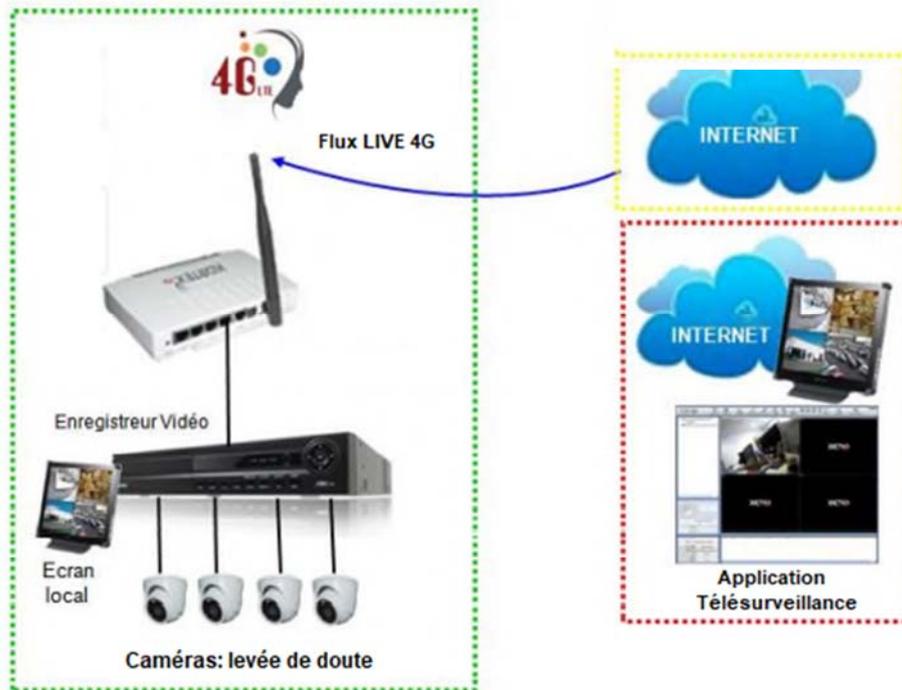
# Document technique DTS7

## Structure du système de surveillance :



### Routeur 4G pour système de levée de doute vidéo

#### Magasins ou Entreprises



Le Kx Routeur 4G LTE PRO intègre un client Dyn DNS qui permet de faire la liaison entre un nom de domaine et l'adresse IP associée, celle-ci étant réactualisée toutes les 24 heures environs sur les réseaux 4G.

Durée de l'enregistrement vidéo **en jours** avec un encodage de type **H-264** pour une caméra :

NTSC : Recording Variable : 30 fps			Surveillance Hard Drive Capacity			
			1TB	2TB	3TB	4TB
176 x120	Low Quality ↓ High Quality	#Days	360	720	1080	1140
352 X 240		#Days	138	276	414	552
704 x 480		#Days	44	88	132	176
1280 X 1024		#Days	14	28	42	56

Durée de l'enregistrement vidéo **en jours** avec un encodage de type **MPEG-4** pour une caméra :

NTSC : Recording Variable : 30 fps			Surveillance Hard Drive Capacity			
			1TB	2TB	3TB	4TB
176 x120	Low Quality ↓ High Quality	#Days	230	460	690	920
352 X 240		#Days	88	176	264	352
704 x 480		#Days	28	56	84	112
1280 X 1024		#Days	8	16	24	32

# Document réponses DRS1

## Question A.3 :

Faire les calculs ici en fonction du capteur choisi :

$\theta = -5 \text{ }^\circ\text{C}$  Tolérance =

$\theta = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  Tolérance =

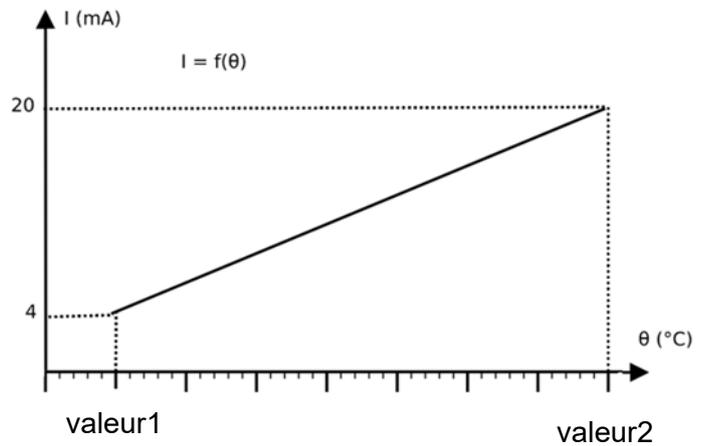
$\theta = 23 \text{ }^\circ\text{C}$  Tolérance =

Le cahier des charges est-il respecté ? **Justifier** la réponse.

## Question B.4 :

$\theta_{\text{mini}} =$

$\theta_{\text{maxi}} =$



## Question B.5 :

Pour prendre en compte, les variations de températures selon les années, les critères ci-dessous sont appliqués :

$$\theta_{\text{mini}} - 5 \leq \text{valeur1} \leq \theta_{\text{mini}} + 3$$

$$\theta_{\text{maxi}} - 3 \leq \text{valeur2} \leq \theta_{\text{maxi}} + 5$$

**Prendre le critère le plus défavorable pour les données : valeur1 et valeur2.**

valeur1 =

valeur2 =

Soit les deux relations ci-dessous avec :  $\theta$  en  $^\circ\text{C}$  et  $I$  en mA

$$I = \frac{16 \times \theta + 360}{50}$$

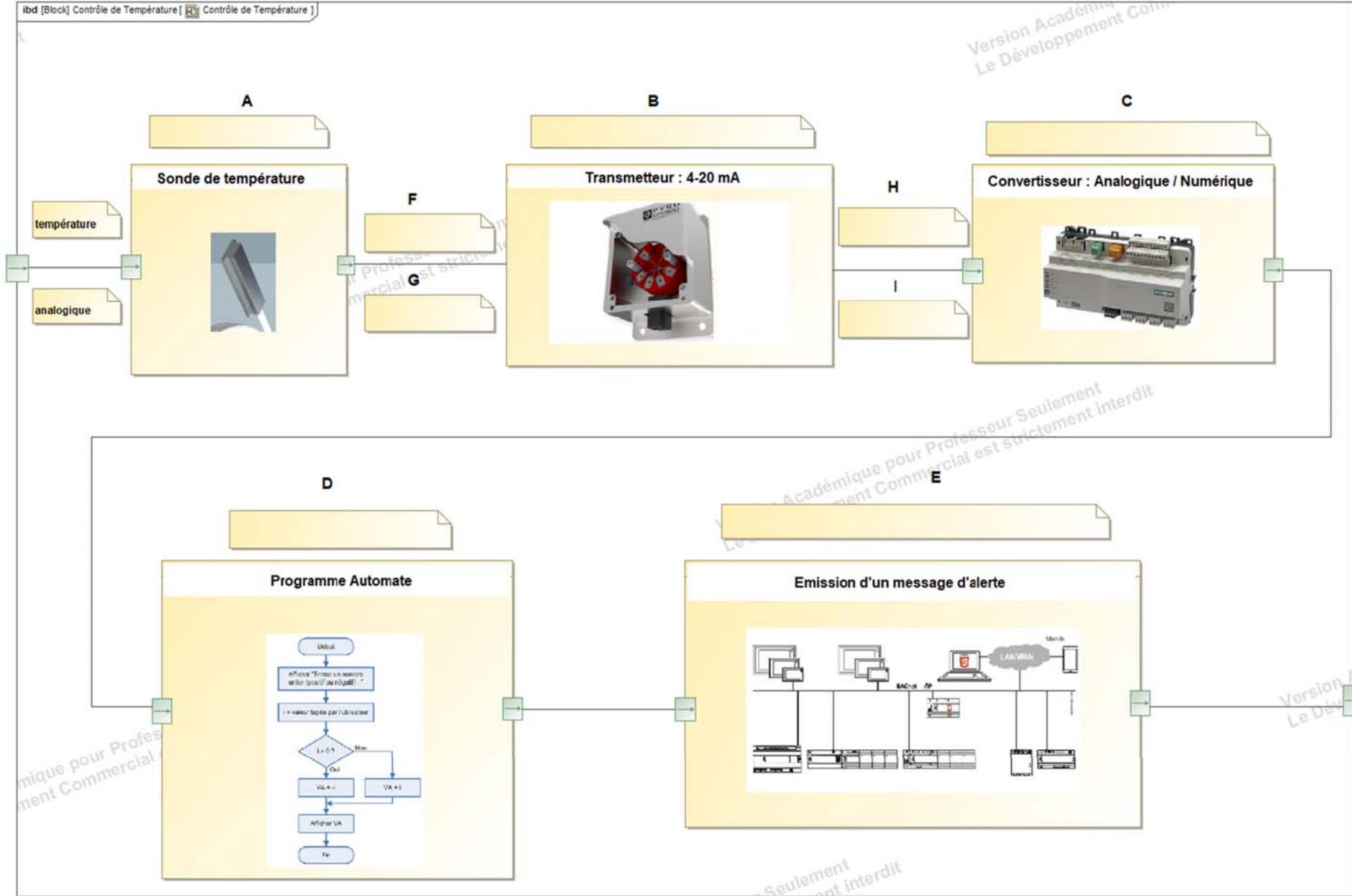
$$N = \text{ENT}\left[\frac{4095}{16}(I - 4)\right]$$

Température intérieure ( $\theta$ ) en $^\circ\text{C}$	$I$ en mA	N
-10		
10		
40		



# Document réponses DRS2

Questions B.1 et B.2 :





## Document réponses DRS3

### Variables :

temp\_sol : type tableau de réels (6 éléments)

temp\_air : type tableau de réels (6 éléments)

humidite : type tableau de réels (6 éléments)

temp\_condensation : type tableau de réels (6 éléments)

broche\_automate : type tableau d'entiers (18 éléments) // de zone 1 à zone 6 : sol, air et humidité

temp\_mini\_condensation : type réel

temp\_mini\_sol : type réel

i : type entier

### Début algorithme

degre\_sol\_vers\_N = 81,9

degre\_air\_vers\_N = 81,9

hum\_vers\_N = 81,9

broche\_automate = [1, 2, -----18] // 12 broches sur l'automate et 6 sur des modules TXM1

**Pour** i allant de 1 à 6 par pas de 1 // acquisition des données : température sol, air et humidité

temp\_sol[i] = degre\_sol\_vers\_N \* lectureEntreeAnalogique(broche\_automate[i])

temp\_air[i] = degre\_air\_vers\_N \* lectureEntreeAnalogique(broche\_automate[i+6])

humidite[i] =  **Question C.1**

### Fin de Pour

calcul\_condensation() // cette fonction complète le tableau temp\_condensation en fonction

// des tableaux temp\_air et humidité



## Document réponses DRS4

---

### Suite algorithme

temp\_mini\_condensation = temp\_condensation[1] // initialisation temp\_mini\_condensation

temp\_mini\_sol = temp\_sol[1] // initialisation de la variable temp\_mini\_sol

**Pour** i allant de 2 à 6 par pas de 1

**Si** temp\_sol[i] < temp\_mini\_sol // recherche d'un nouveau mini : temp\_mini\_sol

**Alors** temp\_mini\_sol = temp\_sol[i] // mise à jour la variable temp\_mini\_sol.

**Fin de Si**

**Si** [redacted] // recherche d'un nouveau mini : temp\_mini\_condensation **Question C.2**

**Alors** [redacted] // mise à jour la variable temp\_mini\_condensation **Question C.2**

**Fin de Si**

**Fin de Pour**

**Si** temp\_mini\_sol > temp\_mini\_condensation +5 // Prendre une marge de sécurité de 5°C

**Alors** D0 = [redacted] // Désactivation de la roue déshydratante **Question C.3**

**Sinon** D0 = [redacted] // Activation de la roue déshydratante **Question C.3**

**Fin de Si**

**Fin algorithme**



# Document réponses DRS5

## Question D.4

Compléter l'algorithme ci-dessous avec les éléments suivants :

Pas de détection d'intrusion

Détection d'intrusion

$nb\_choc \geq 3$

