Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2023

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENT

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 collège » est autorisé.

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

Ce sujet comporte 41 pages numérotées de 1/41 à 41/41.

Constitution du sujet :

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

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

Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.
Tous les documents réponses, mêmes vierges, sont à rendre obligatoirement avec la copie.

PARTIE commune (2,5h) ..... 12 points

VÉLODROME RAYMOND POULIDOR



- Présentation de l'étude et questionnement ..... pages 2 à 11
- Documents techniques DT1 à DT8 ..... pages 12 à 19
- Documents réponses DR1 à DR6 ..... pages 20 à 25

Mise en situation

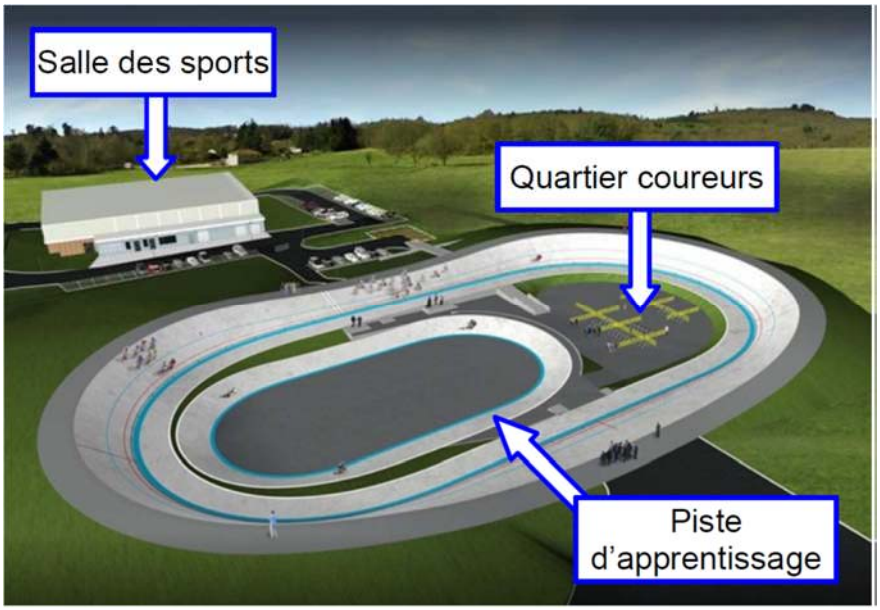
Le vélodrome Raymond Poulidor est situé à Bonnac-la-Côte à moins de 5 minutes de l'autoroute, près de Limoges dans le département de la Haute-Vienne. Il a été inauguré le 3 juillet 2019.

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^2 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 m², a pour vocation de couvrir l'ensemble des existants du vélodrome dans un seul volume, comme sur l'image ci-dessous.

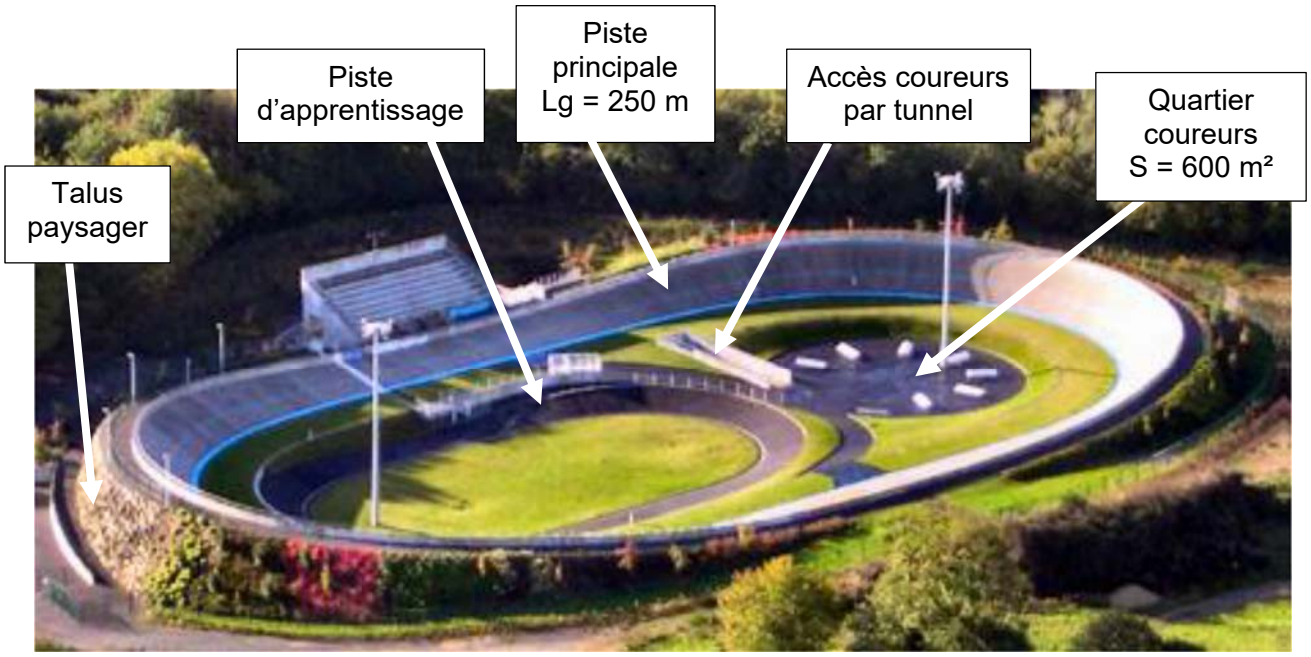


Le site peut accueillir jusqu'à 1 636 spectateurs, répartis dans les tribunes, autour de la piste et dans le quartier des coureurs.

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.

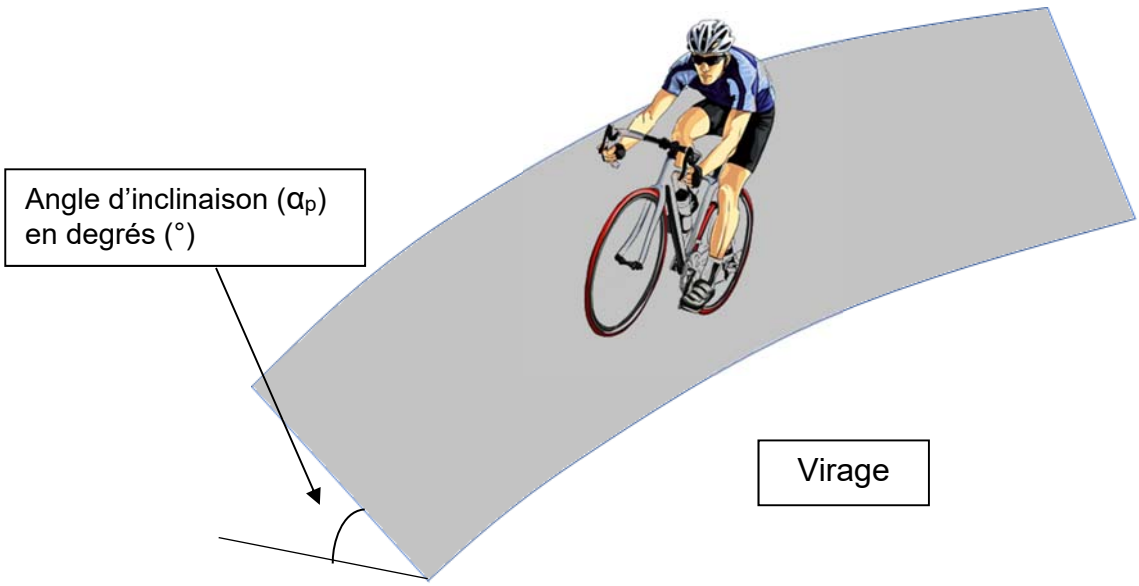
La Fédération Française de Cyclisme impose que la longueur de la piste principale Lg soit choisie de telle sorte qu'un nombre entier de demi-tours représente 1 km.

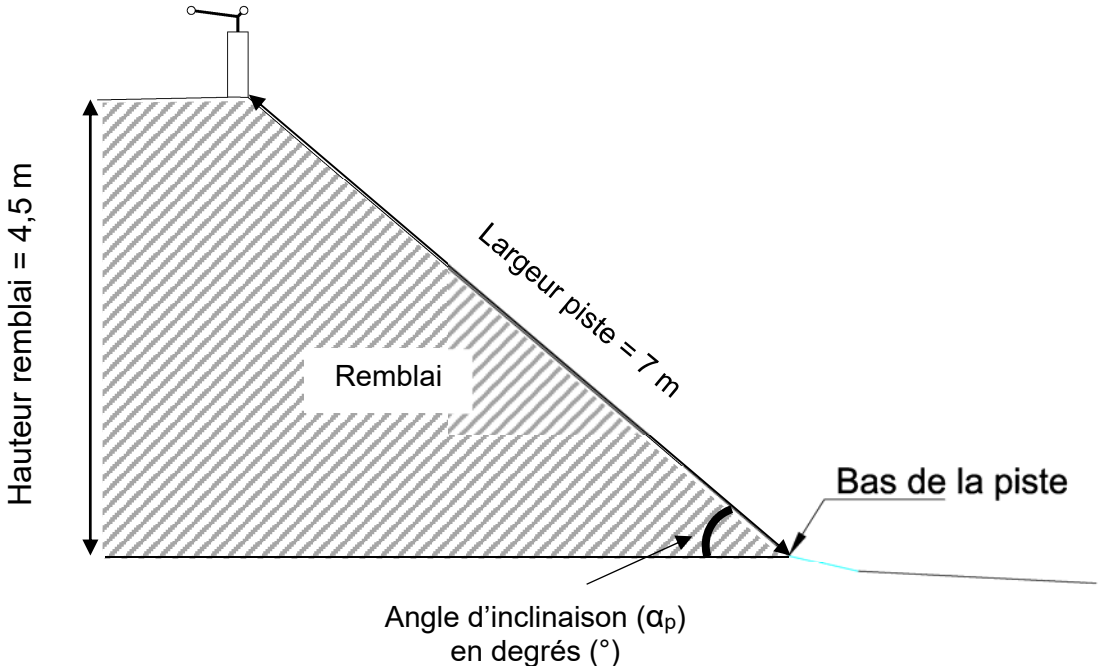
Question 1.3 DT2	**Calculer** le nombre de demi-tours de piste principale pour réaliser 1 km. **Conclure**.

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 km·h^{-1}.

Question 1.4 DR2	**Tracer** à l'échelle le vecteur vitesse linéaire du cycliste, $\overrightarrow{V_{cycliste/piste}}$ sur la piste principale pour une vitesse maximale, au point indiqué sur le DR2. Échelle des vitesses : 1 cm → 20 km·h^{-1}

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



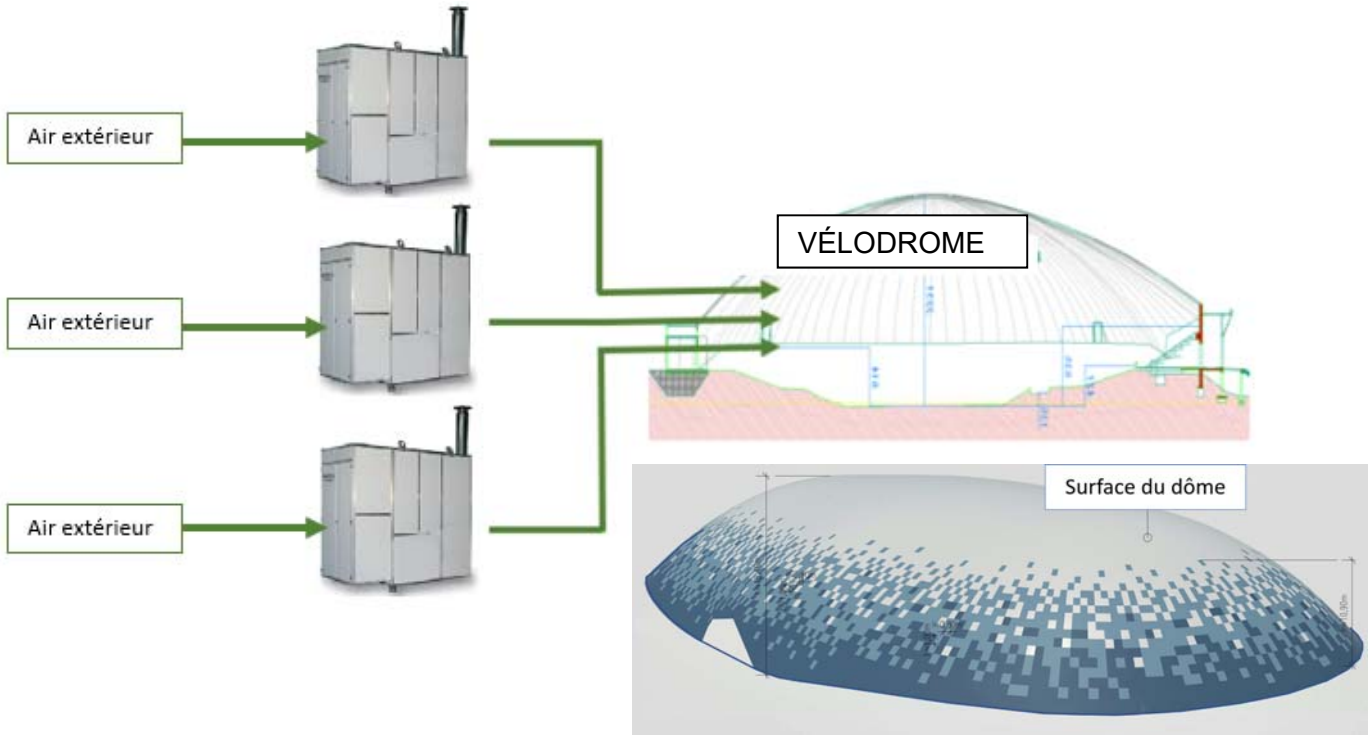


Question 1.5 DT2	**Calculer** l'angle d'inclinaison (α_p) de la piste dans un virage. **Justifier** la conformité de cette inclinaison.

Question 1.6	**Conclure** sur la pertinence du 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 DT2	**Calculer** le poids du dôme. Rappel : Masse = Masse surfacique x Surface du dôme On donne : g = 9,81 $m \cdot s^{-2}$

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

Question 2.2 DT3	**Calculer** la force résultante de cette pression intérieure. **Conclure** sur la capacité des ventilateurs à soulever le dôme en l'absence de perturbations extérieures.

Question 2.3 DT4	D'après le diagramme de contexte, **relever** deux perturbations extérieures que la pression intérieure doit compenser.

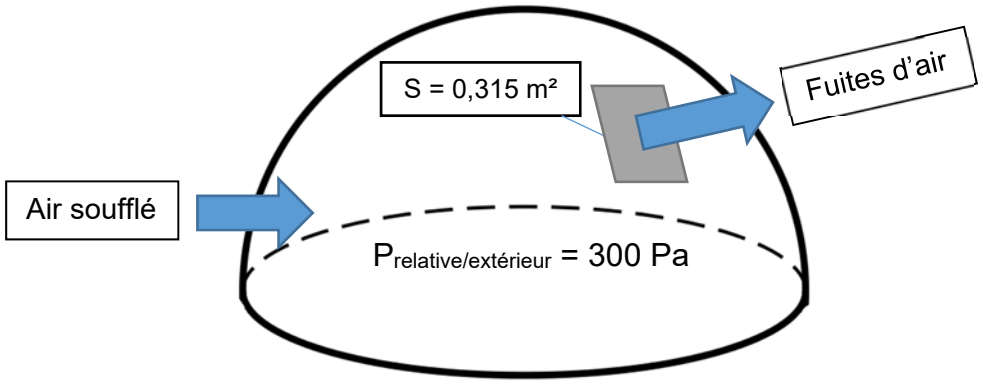
Partie 3 : comment sélectionner les générateurs d'air chaud ?

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 m² 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.



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

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

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

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

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

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

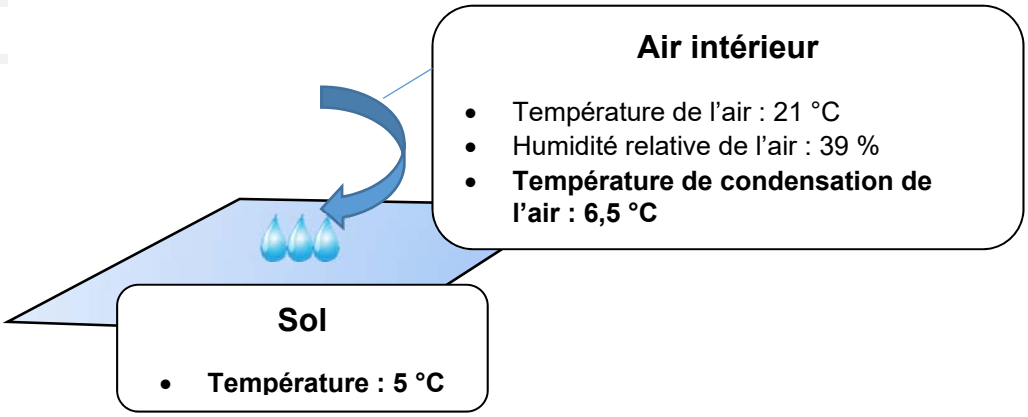
DR3

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).

EXEMPLE



Si Température du sol < Température de condensation de l'air

➔ **Alors des gouttelettes se forment au sol (il y a condensation).**

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_{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_{piste}.

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

- θ : température mesurée en °C
- R : résistance de la sonde de température Pt100 en Ω

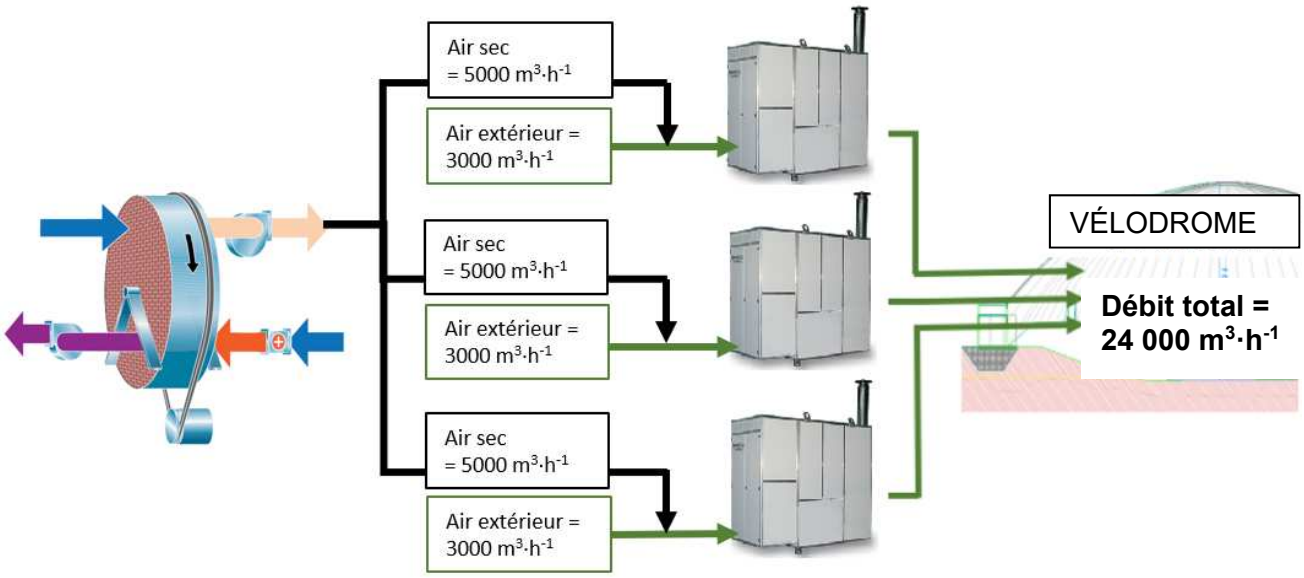
Question 4.1 DR4	**Calculer** les températures du sol θ en complétant le DR4.
Question 4.2 DT6, DT7, DR4	**Déterminer** les températures de condensation manquantes dans le DR4 à partir du DT7. **Indiquer** la présence de condensation (OUI ou NON) sur la piste.
Question 4.3	**Conclure** sur la nécessité d'avoir plusieurs zones de mesures pour évaluer le risque de condensation sur la piste.

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 dessicante), 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 $m^3 \cdot h^{-1}$ 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 DT8, DR5	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.

La roue déshydratante s'active sur le principe de l'algorigramme 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.

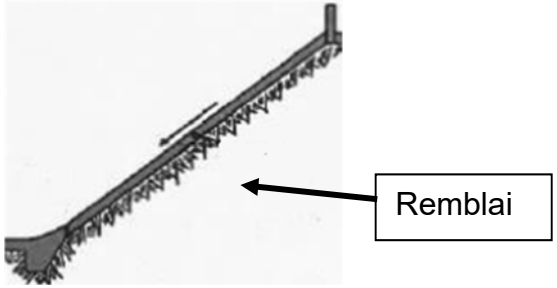
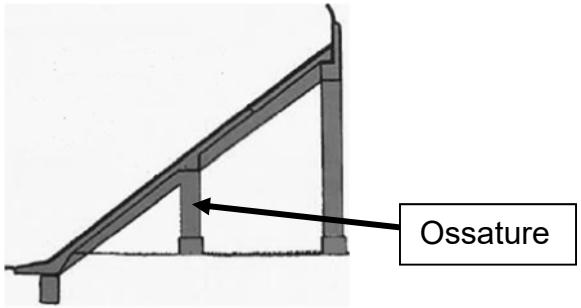
Une série de mesures est présentée dans le DR6.

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

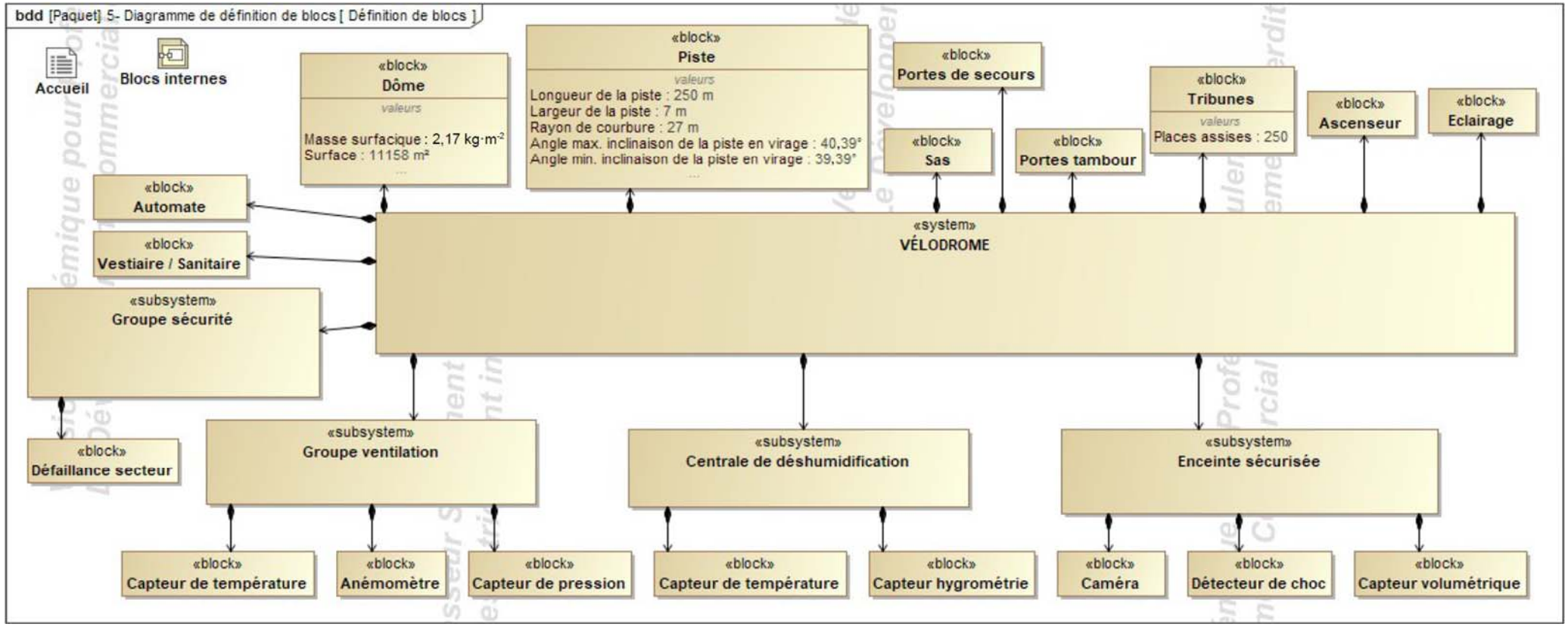
L'air contenu dans le vélodrome se renouvelle totalement toutes les 4 h environ.

Question 5.3 DR6	**Conclure** sur le choix du constructeur d'avoir ajouté une marge de sécurité de 5 °C pour l'activation de la roue déshydratante.

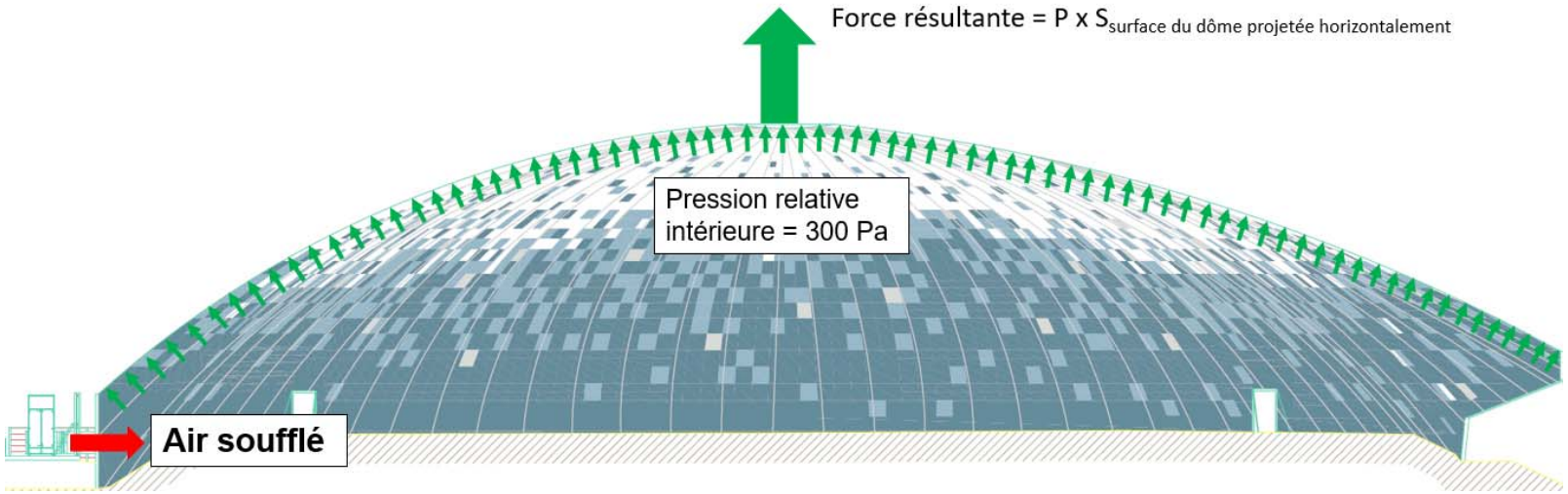
DT1 : types de pistes en béton - principes, avantages et inconvénients (extraits du guide de conception d'un vélodrome édité par la FFC)

Les pistes en béton sur remblai	Les pistes en béton sur ossature
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.	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.
	
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.	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)

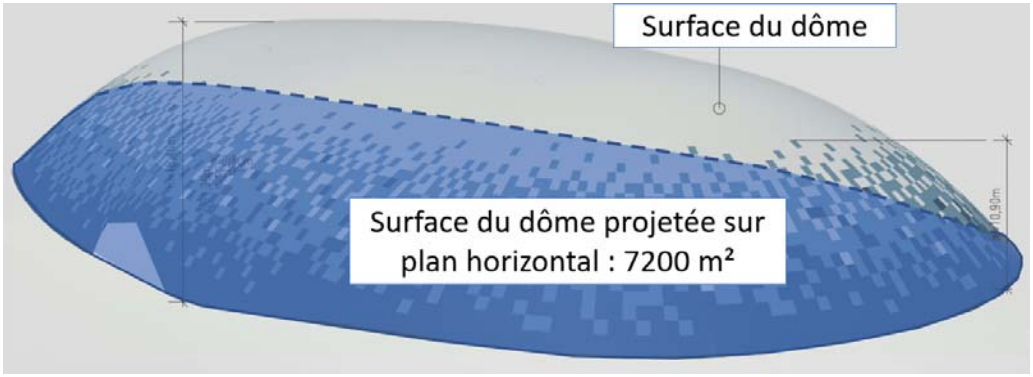


DT3 : résultante des forces de pression

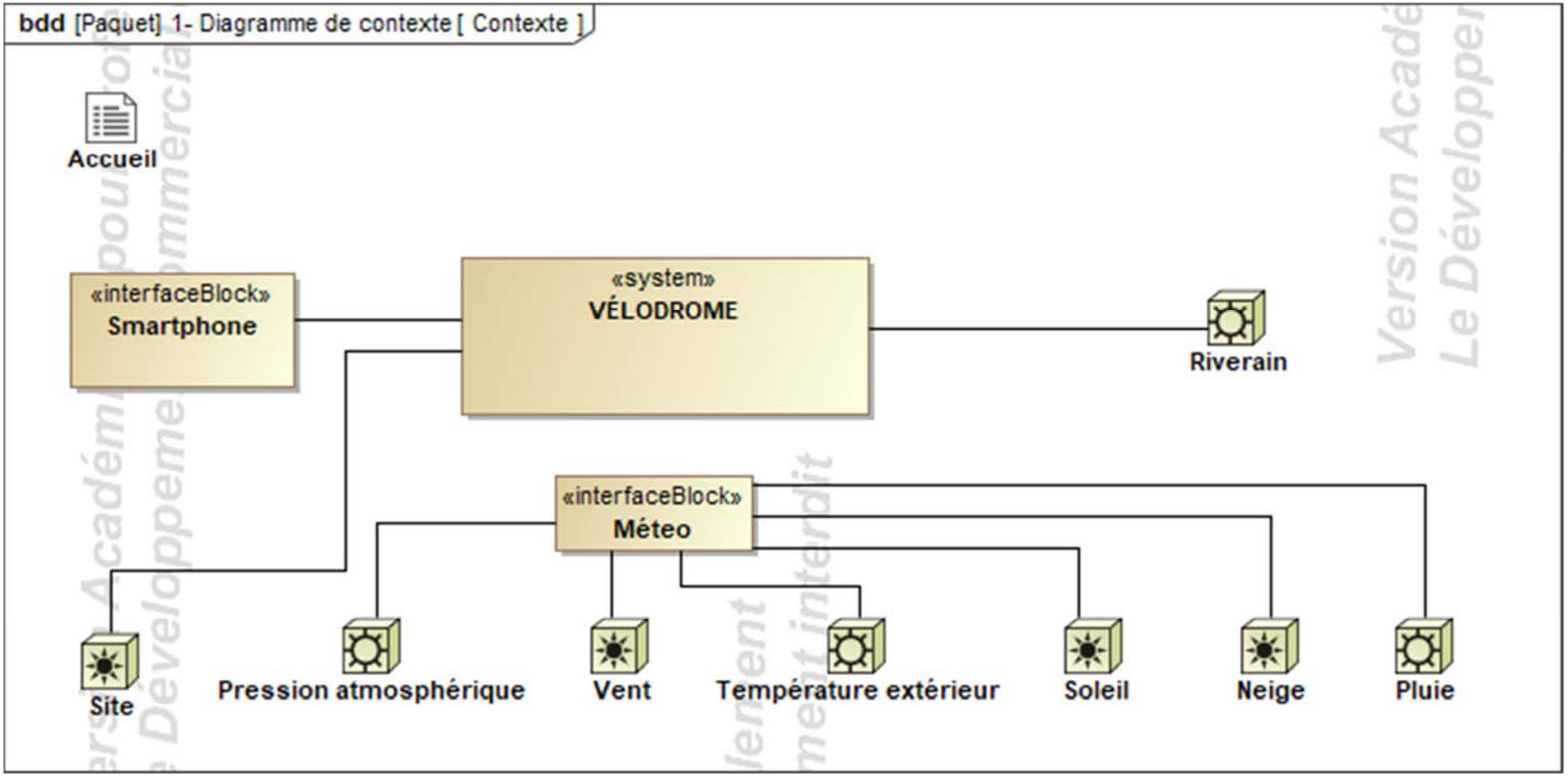


On donne : Force résultante = P x $S_{\text{surface du dôme projetée sur plan horizontal}}$

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



DT4 : diagramme de contexte

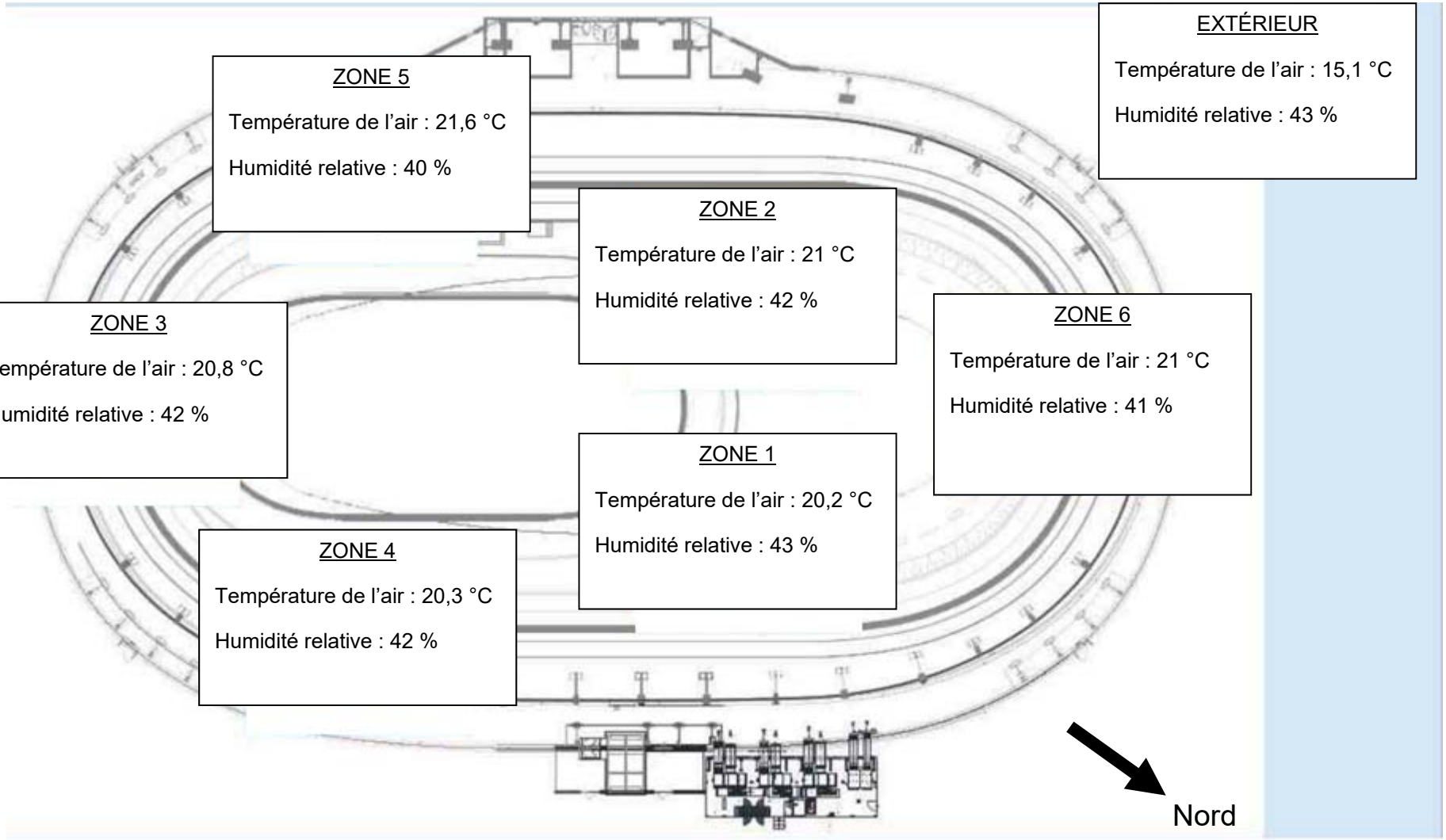


Générateur d'air chaud PKE-SPORT



Modèle		PKE100K	PKE140K	PKE190K	PKE250K	PKE320K	PKE420K	PKE550K
Version		P00	P00	P00	P00	P00	P00	P00
Débit d'air	$m^3 \cdot h^{-1}$	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

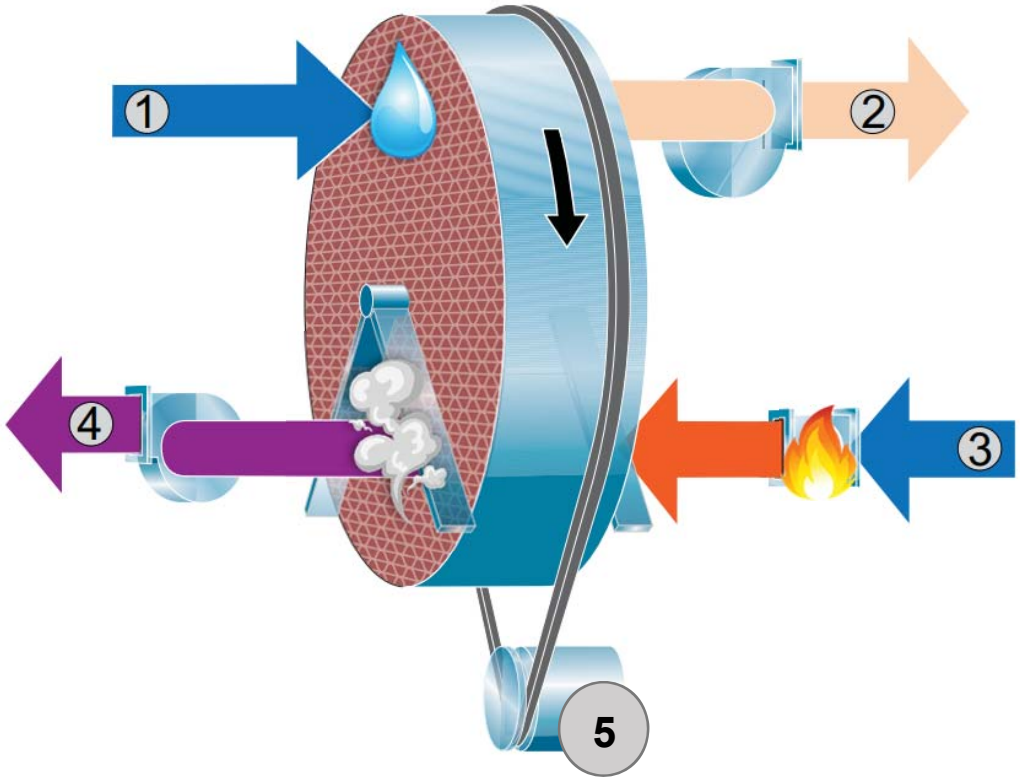


DT7 : température de condensation en fonction de la température et de l'humidité relative de l'air

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



Étape 1 : de l'air est pris de l'extérieur, son humidité se dépose sur la roue.

Étape 2 : l'air ressort sec et est envoyé vers le dôme.

Étape 3 : de l'air est pris de l'extérieur. Cet air est chauffé par un brûleur gaz pour faire évaporer l'humidité de la roue.

Étape 4 : de l'air humide ressort, la roue est sèche.

Un moteur avec une transmission poulie-courroie fait tourner la roue (**étape 5**) : la partie humide de la roue est séchée, le cycle recommence.

Document réponses DR1 : comparatif des types de pistes

CRITÈRES >	PRIX	MISE EN OEUVRE	RÉALISATION DE VESTIAIRES/ STOCKAGE	INSERTION DANS LE PAYSAGE	BILAN CARBONE	TOTAL
COEFFICIENT	*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 + ……..

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

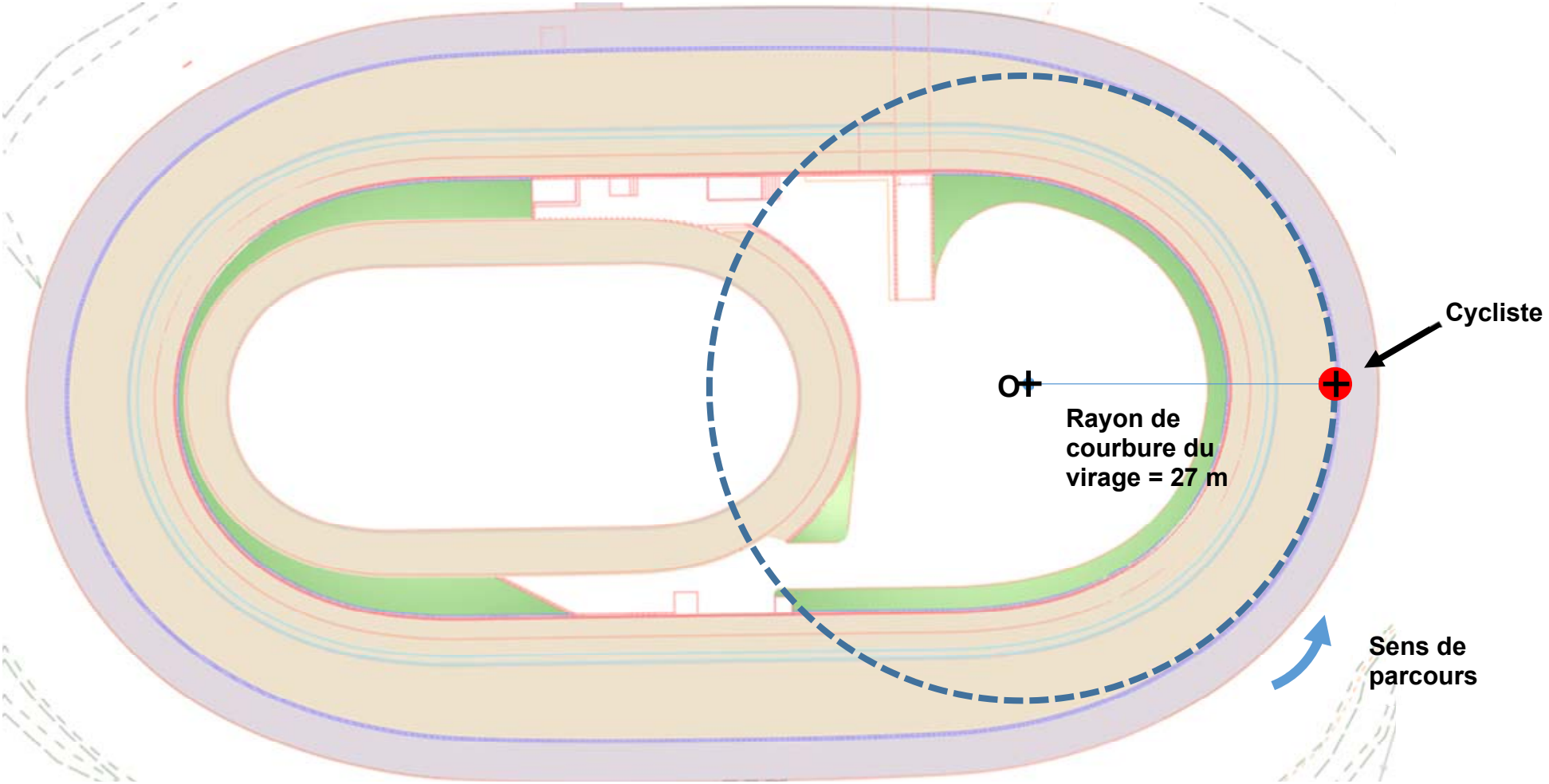
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Document réponses DR2 : vecteur vitesse du cycliste en virage



Échelle des vitesses : 1 cm → 20 km·h^{-1}

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

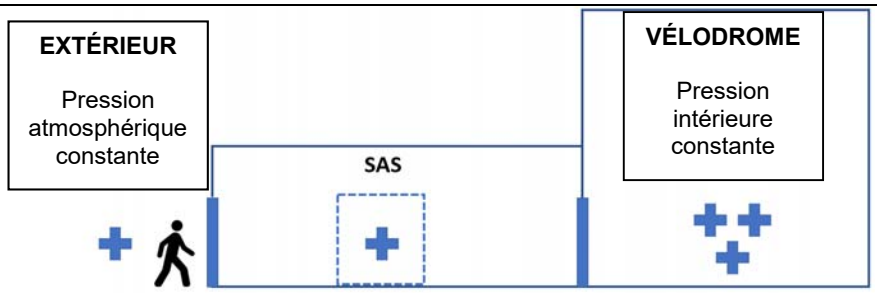
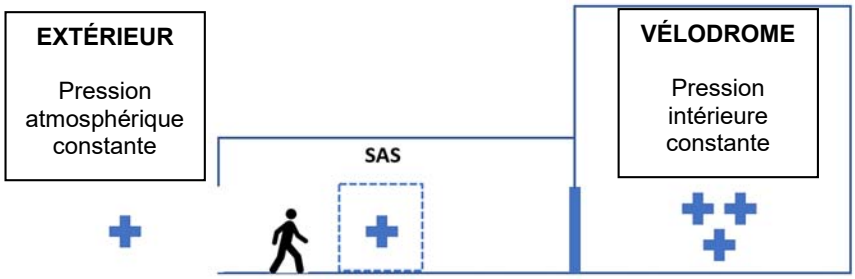
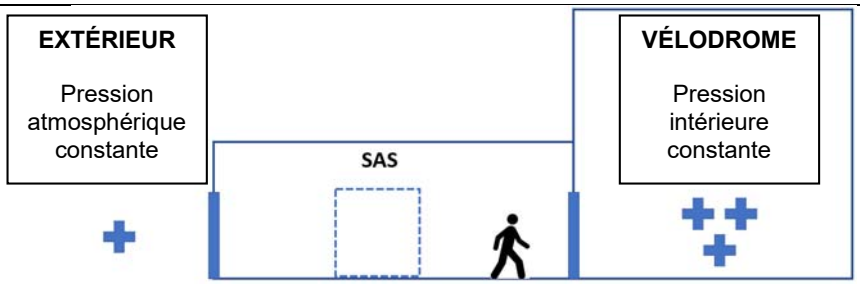
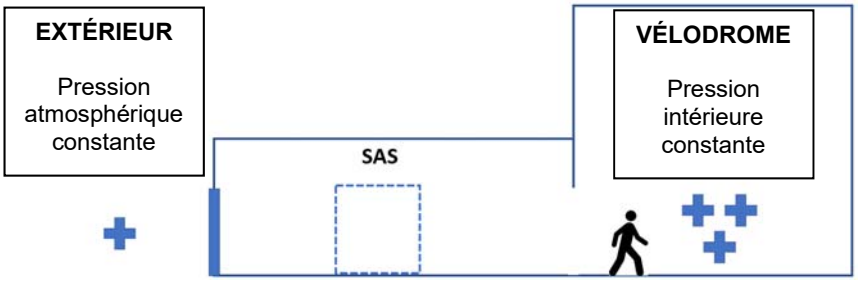
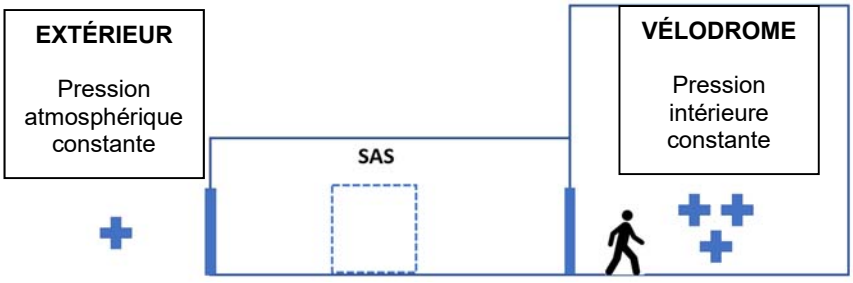
1.2

Document réponses DR3 : fonctionnement d'un sas technique

Pression extérieure

Pression intérieure dôme

Légende :

SITUATION INITIALE	
ÉTAPE 1 : ENTRÉE SAS TECHNIQUE	
ÉTAPE 2 : FERMETURE DU SAS TECHNIQUE	
ÉTAPE 3 : ENTRÉE DANS LE VELODROME	
ÉTAPE 4 : FERMETURE DU SAS TECHNIQUE	

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Document réponses DR4 : sondes de température

	Questions	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6
Résistance sol Pt100 en Ω		**102,7**	**103,1**	**102,7**	**102,6**	**102,7**	**102,6**
Température sol en °C	Q4.1			**7,01**	**6,75**	**7,01**	**6,75**
Température de condensation en °C	Q4.2			**7,4**	**7**	**7,4**	**7,2**
Condensation : OUI ou NON							

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

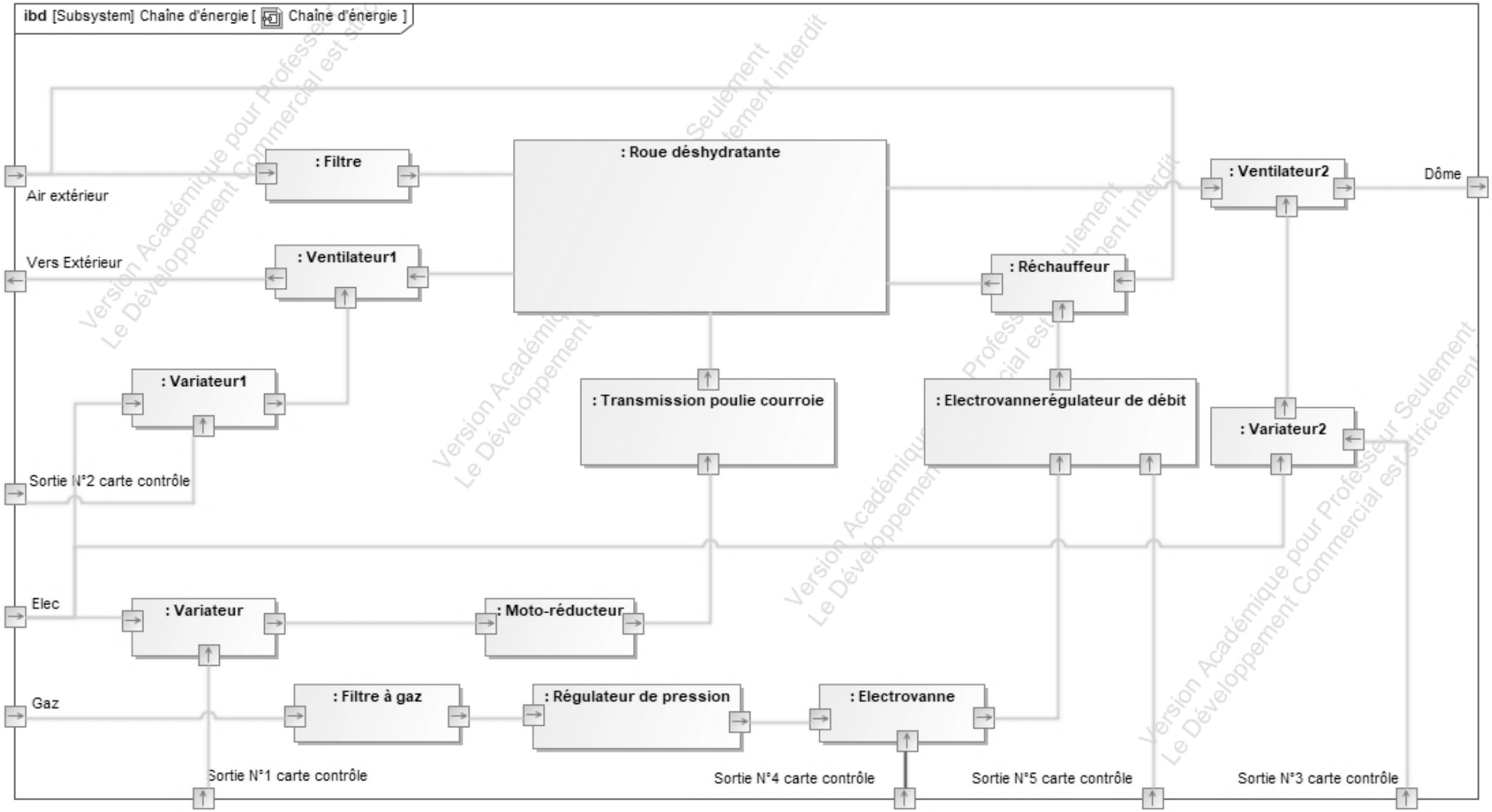
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

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



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

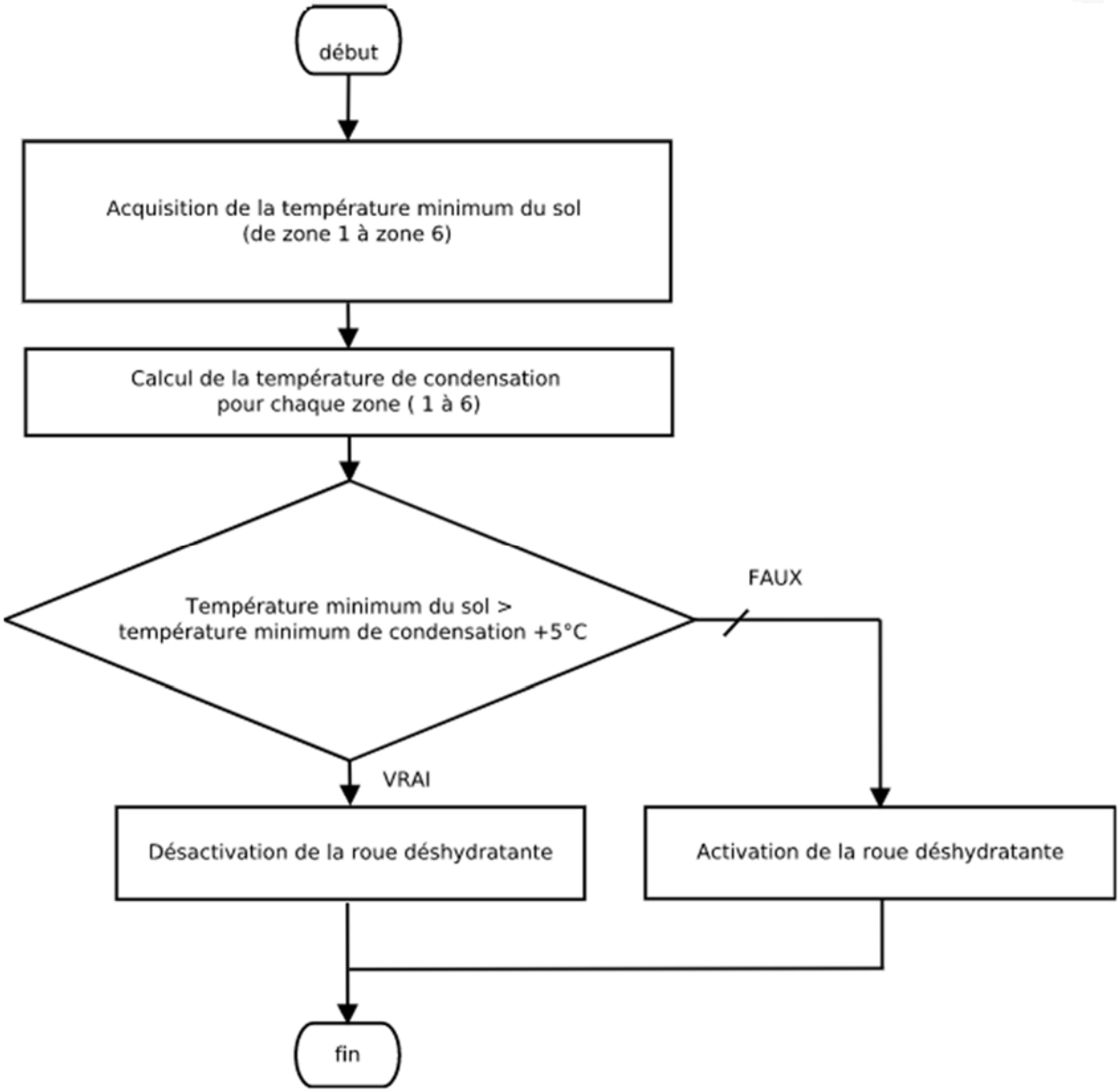
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Document réponses DR6 : algorigramme



	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)			

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

PARTIE SPÉCIFIQUE (1,5h) ..... 8 points

Énergie et environnement

VÉLODROME RAYMOND POULIDOR

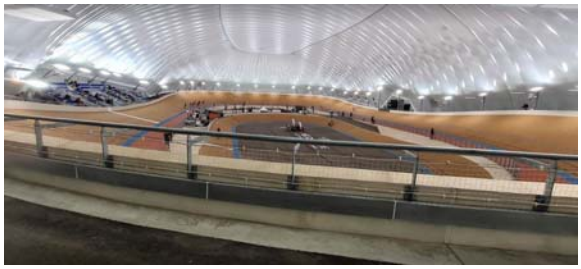


- **Dossier sujet et questionnement**..... pages 26 à 31
- **Dossiers techniques DTS1 à DTS13** ..... pages 32 à 39
- **Documents réponses DRS1 à DRS3**..... pages 40 à 41

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

Une centrale de traitement d'air de secours ultime (35 000 $m^3 \cdot h^{-1}$) 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 $m^3 \cdot h^{-1}$ 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°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

DTS1

À partir du DTS1, **citer** deux avantages qui ont amené au choix de souffleries équipées de ventilateurs centrifuges.

Question A.2

DRS1

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 fluidique, énergie électrique.

Question A.3

DTS2

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.

Rappel : Puissance du flux d'air Pv = qv x ΔPt
qv : débit volumique d'air en $m^3 \cdot s^{-1}$
ΔPt : Gain de pression du ventilateur en Pa

Question A.4

DTS2, DRS1

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.

Question A.5

DRS1

Déterminer la puissance à la sortie du bloc « poulies courroie ».

Question A.6

DTS2, DRS1

Déterminer le rendement du ventilateur centrifuge.

Question A.7

DTS3

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.

Question A.8

DTS4

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.

Question A.9

DTS4

Pour un prix du kWh de 0,173 €, **déterminer** le coût moyen journalier de fonctionnement pour maintenir le vélodrome sous pression.

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
DTS5

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.

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

P : puissance active en W
S : puissance apparente en VA

Question A.11
DTS5

Toutes portes d'accès fermées, une puissance de 5 100 W est nécessaire pour maintenir un débit d'air neuf de 24 000 $m^3 \cdot h^{-1}$. **Déterminer** le taux de charge de l'alternateur.

Question A.12
DTS5

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.

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
DTS6

Justifier le choix d'un ascenseur hydraulique pour le vélodrome.

Question B.2
DTS7

Justifier la course du vérin.

Question B.3
DTS8, DRS2

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

Question B.4 DTS8, DRS2	D'après le schéma hydraulique simplifié de l'ascenseur, **indiquer** la pression maximale qui peut être atteinte.
Question B.5 DTS8, DRS2	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.
Question B.6 DTS8, DRS3	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.
Question B.7 DTS8, DRS3	Sur le document réponse DRS3, **entourer** en rouge l'élément qui contrôle la vitesse de descente de la cabine de l'ascenseur.
Question B.8 DTS6, DTS8, DRS3	**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.

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 (Uo).

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

En fonction de l'éclairement 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'éclairement à 1000 lux.

Question C.3 DTS9, DTS10, DTS12	**Calculer** la puissance électrique totale consommée et le flux lumineux total produit pour l'éclairage en mode 300 lux et en mode 1000 lux.

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 DTS9, DTS10, DTS12	**Calculer** en pourcentage l'économie de puissance électrique consommée si les utilisateurs du vélodrome ne choisissaient qu'un éclairage de 300 lux.

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

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		
• Encombrement réduit • Investissement modéré • Relativement silencieux	Rendement assez faible ($\eta < 70$ %)	Variation mécanique ou électronique de la vitesse (variation de 0 à 100%)	• Ventilation Industrielle • Refroidissement des machines • Rideaux d'air

Les ventilateurs hélicoïdes

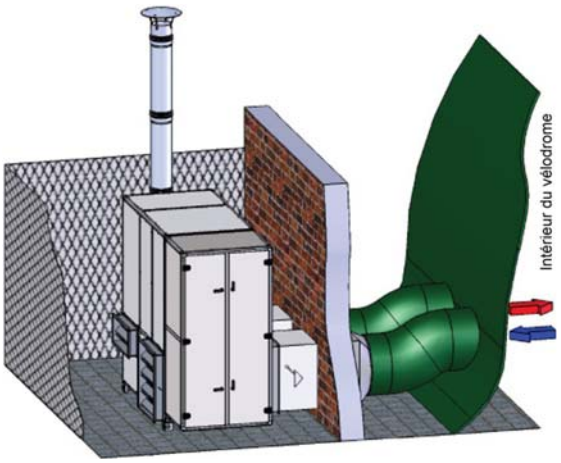
Dans ce type de ventilateur, l'air est aspiré et refoulé axialement. Ces ventilateurs ne permettent pas de générer des pressions très élevées, mais ils peuvent en revanche fournir des débits très importants. Ils sont donc limités dans les applications de type procédé industriel lorsque la perte de charge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



Caractéristiques		Dispositifs de régulation	Applications
Avantages	Inconvénients		
• Large plage de débit • Facilité de réglage du débit • Rendement élevé ($\eta > 85\%$ avec redresseur)	• Pression moindre que les centrifuges • Niveau de bruit plus élevé que les centrifuges	Variation mécanique ou électronique de la vitesse (variation de 0 à 100%)	• Ventilation (tunnel, parking, souterrains, locaux industriels) • Désenfumage

DTS2 : générateur d'air chaud

Circulation d'air	
Débit d'air	30 000 $m^3 \cdot h^{-1}$
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.

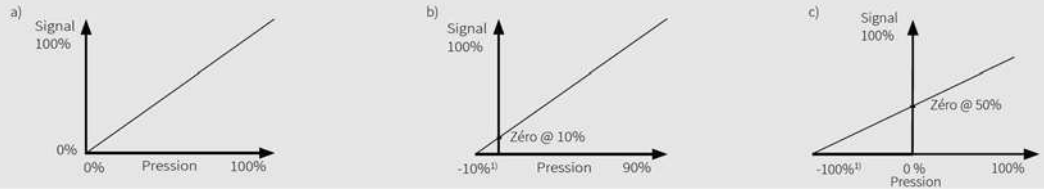
Exemple référence

699.917011

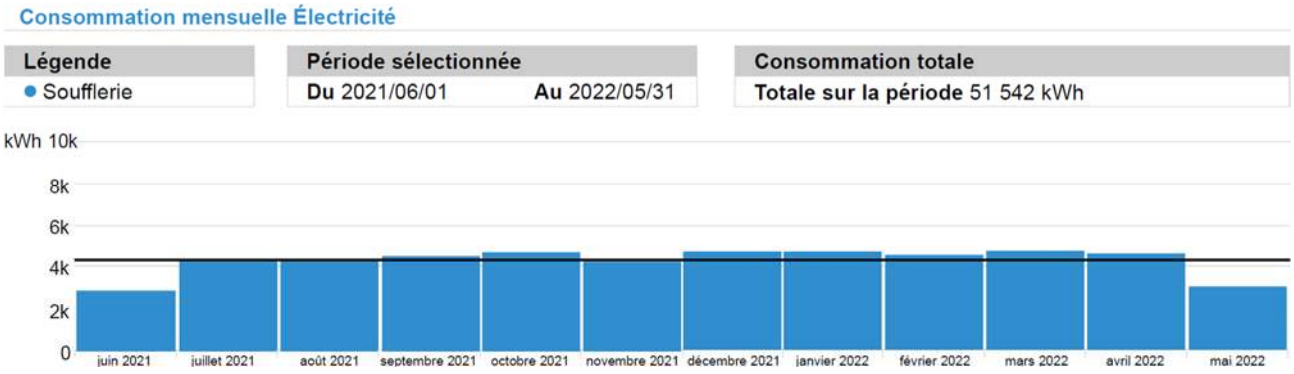
- Gamme capteur
- Préréglé à la plage la plus élevée
- Plage de pression de 0 % jusqu'à 100 %
- Étendue de mesure de 16 à 50 mbar
- Signal de sortie : 0 – 10 V
- Signal de sortie : sans filtre linéaire
- Unité le mbar

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				
Etendues de mesure (sélectionnable par paliers)	**mbar (hPa)**	**Pa**	**mmCE**	**inH_2O**	**Surcharge nég. max.**							
	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_2O									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

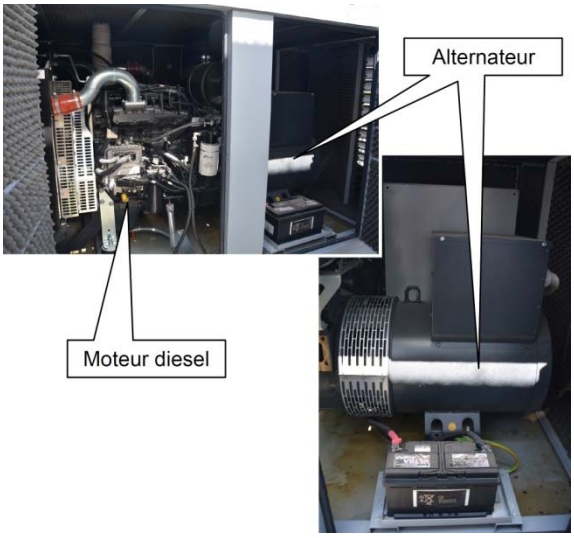


DTS4 : consommation électrique de la soufflerie



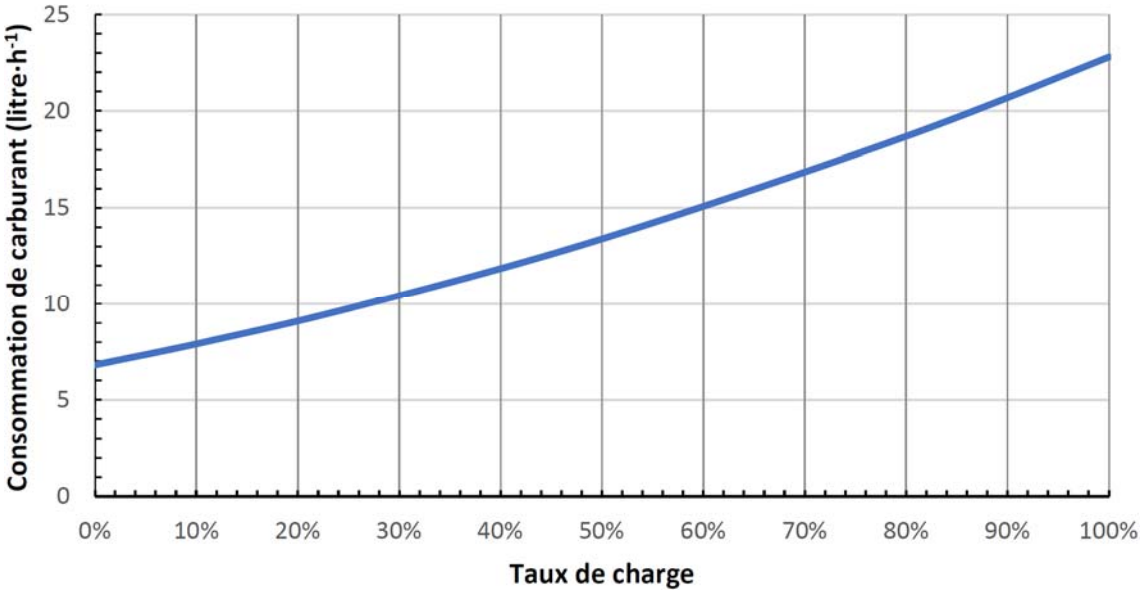
DTS5 : groupe électrogène

Moteur diesel	
Cylindre	4
Consommation de carburant	22,8 $l \cdot h^{-1}$ à 100% de charge 18,7 $l \cdot h^{-1}$ à 80% de charge 13,4 $l \cdot h^{-1}$ 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 $tr \cdot min^{-1}$
Niveau sonore	70dB(A) / 7m
Température de fonctionnement	de -25°C à +45°C
Batterie	
Tension	12 V
Capacité	95 Ah



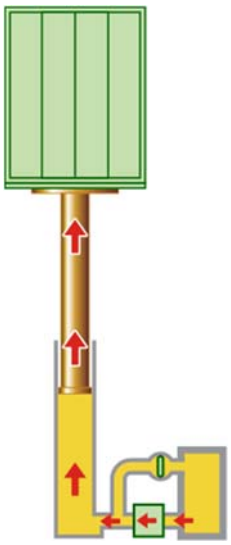
Capacité du réservoir alimentant le groupe électrogène : 1100 litres

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 $m \cdot s^{-1}$
Alimentation électrique :	Mono 230V – 50 Hz – Ph+N+T
Puissance du moteur :	1,5 kW

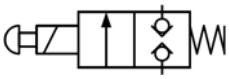
DTS8 : symboles hydrauliques

Vérin simple effet :



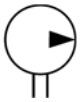
Permet de fournir un effort uniquement en sortie du piston. Rappel par gravité (rentrée du piston par gravité)

Distributeur :



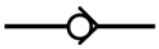
Distributeur 2/2 NF monostable à commande électrique et manuelle. Il permet de distribuer l'énergie hydraulique au vérin.

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 contrôle la vitesse de déplacement du piston du vérin.
La flèche indique que la restriction est réglable.

Réducteur de débit unidirectionnel :



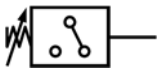
Il régule le débit du fluide pour contrôle la vitesse de déplacement du piston du vérin uniquement dans une direction.
La flèche indique que la restriction est réglable.

Clapet parachute :



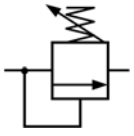
Ce clapet, monté à proximité du vérin hydraulique, provoque le blocage de celui-ci dès l'augmentation instantanée de débit résultant, par exemple, d'une rupture de tuyauterie.

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.

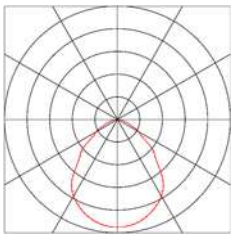
Manomètre :



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

DTS9 : éclairage direct *:*

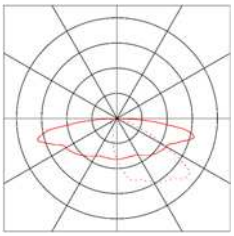




Fiche technique	
Constructeur	DUOL
Nom du produit	LaserLED direct L2
Flux lumineux des modules LED (lm)	21 900
Puissance consommée (W)	197
Température de couleur (K)	4 000
Durée de vie (heures)	80 000
Masse (kg)	11,8

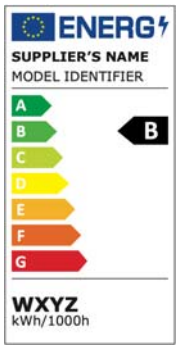
DTS10 : éclairage indirect *:*





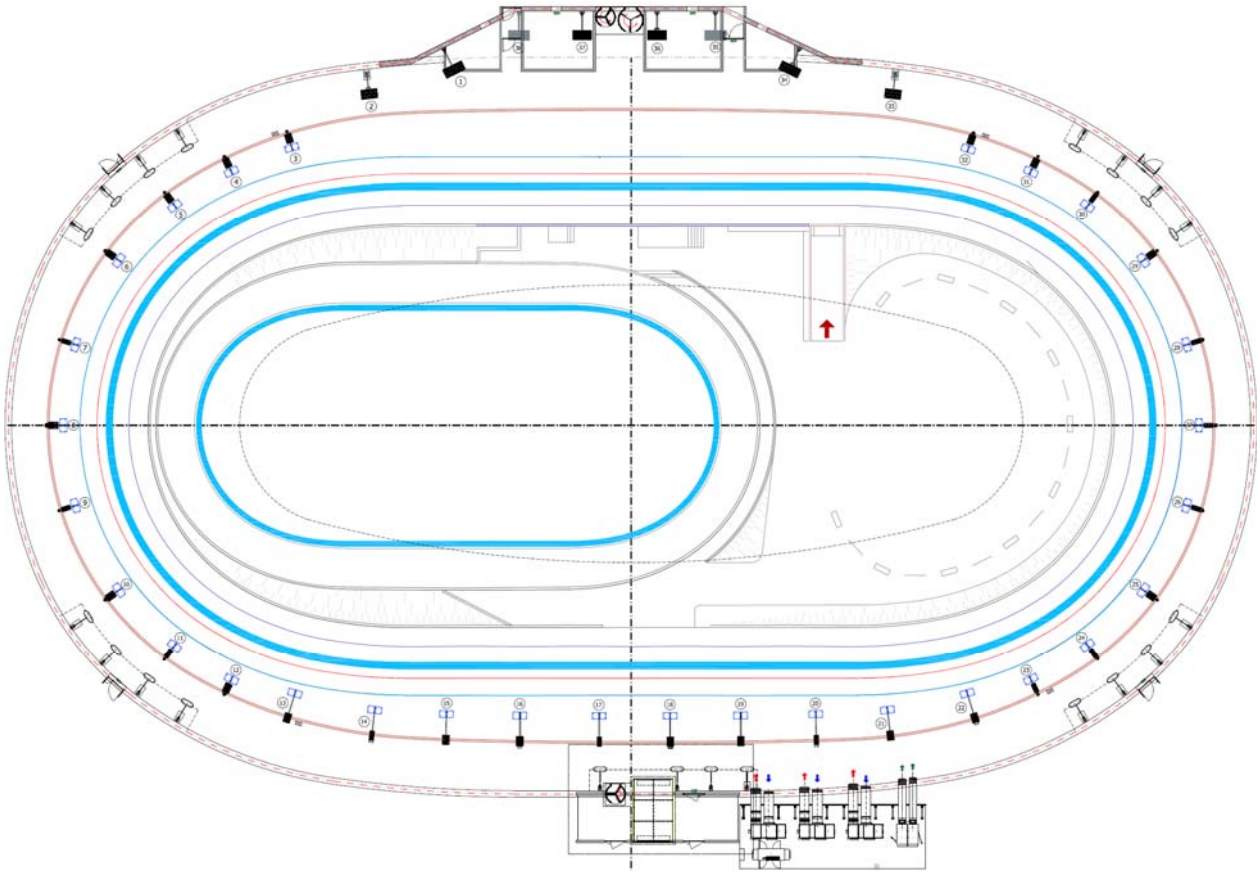
Fiche technique	
Constructeur	DUOL
Nom du produit	LaserLED indirect L2
Flux lumineux des modules LED (lm)	57 600
Puissance consommée (W)	402
Température de couleur (K)	4 000 – 6 000
Durée de vie (heures)	100 000
Masse (kg)	30

DTS11 : étiquette énergétique des lampes et luminaires *:*



Classe d'efficacité énergétique	Efficacité lumineuse totale	Ancienne classe correspondante
A	Supérieure à 210 $lm \cdot W^{-1}$	N'existait pas
B	Entre 185 et 210 $lm \cdot W^{-1}$	N'existait pas
C	Entre 160 et 185 $lm \cdot W^{-1}$	N'existait pas
D	Entre 135 et 160 $lm \cdot W^{-1}$	A^{++}
E	Entre 110 et 135 $lm \cdot W^{-1}$	A^{++}
F	Entre 85 et 110 $lm \cdot W^{-1}$	A^{++} à A^{+}
G	Inférieure à 85 $lm \cdot W^{-1}$	A^{+} à E

DTS12 : implantation des luminaires *:*



Nombre de luminaires allumés pour 1000 lux

144 luminaires pour l'éclairage indirect répartis sur 38 piliers

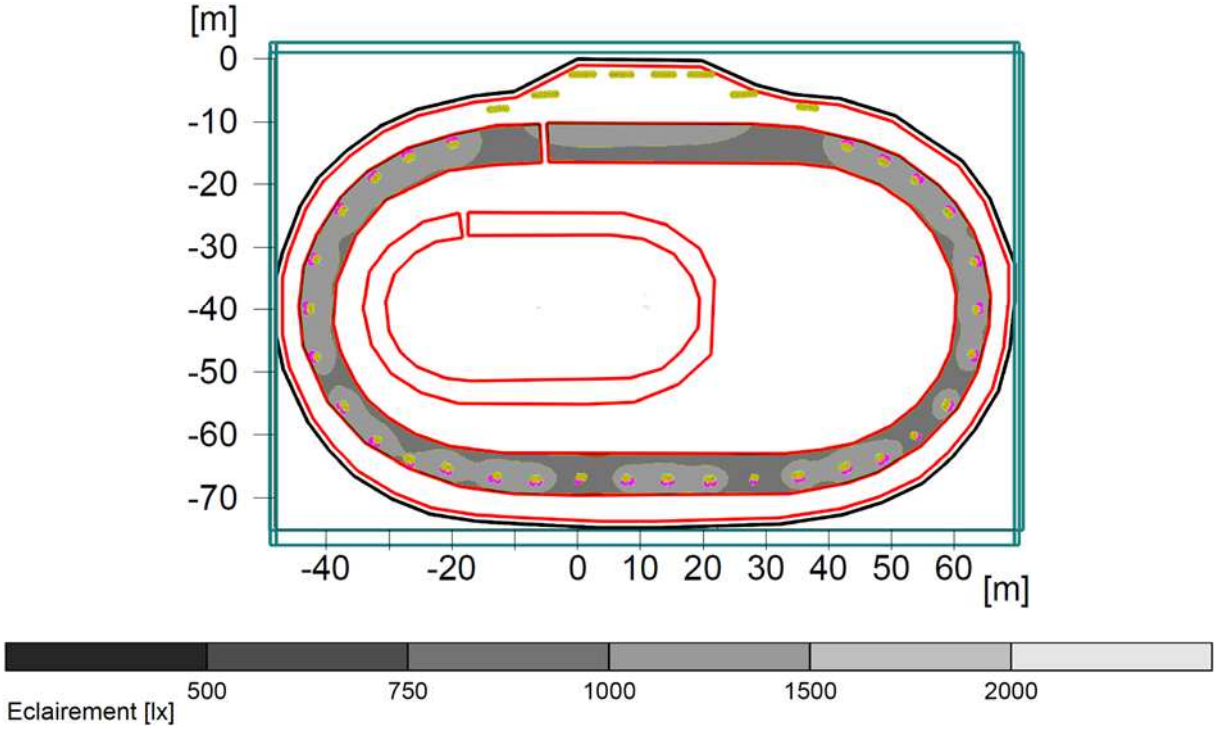
56 luminaires pour l'éclairage direct répartis sur 30 piliers

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'éclairement pour 1000 lux *:*



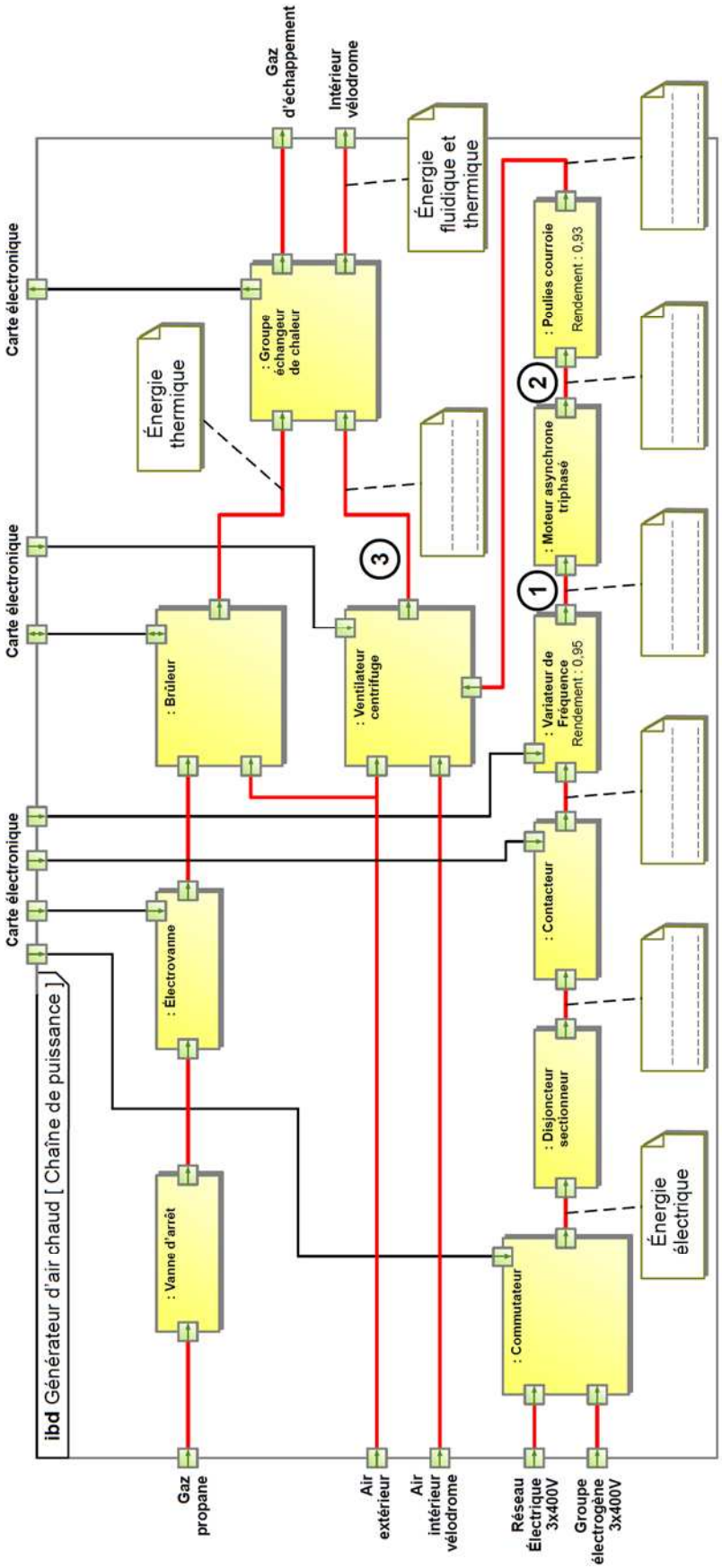
Général

Hauteur de la surface	4,30 m
Facteur de maintenance	0,90
Puissance totale par surface (7207,04 m²)	9,56 W·m^{-2}

Éclairement

Éclairement moyen :	Emoy	994 lx
Éclairement minimum :	Emin	705 lx
Éclairement maximum :	Emax	1330 lx
Uniformité de la surface Uo	Emin/Emoy	1 : 1,41 (0,71)
Diversité de la surface Ud	Emin/Emax	1 : 1,88 (0,53)

DOCUMENT RÉPONSE DRS1 :



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

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

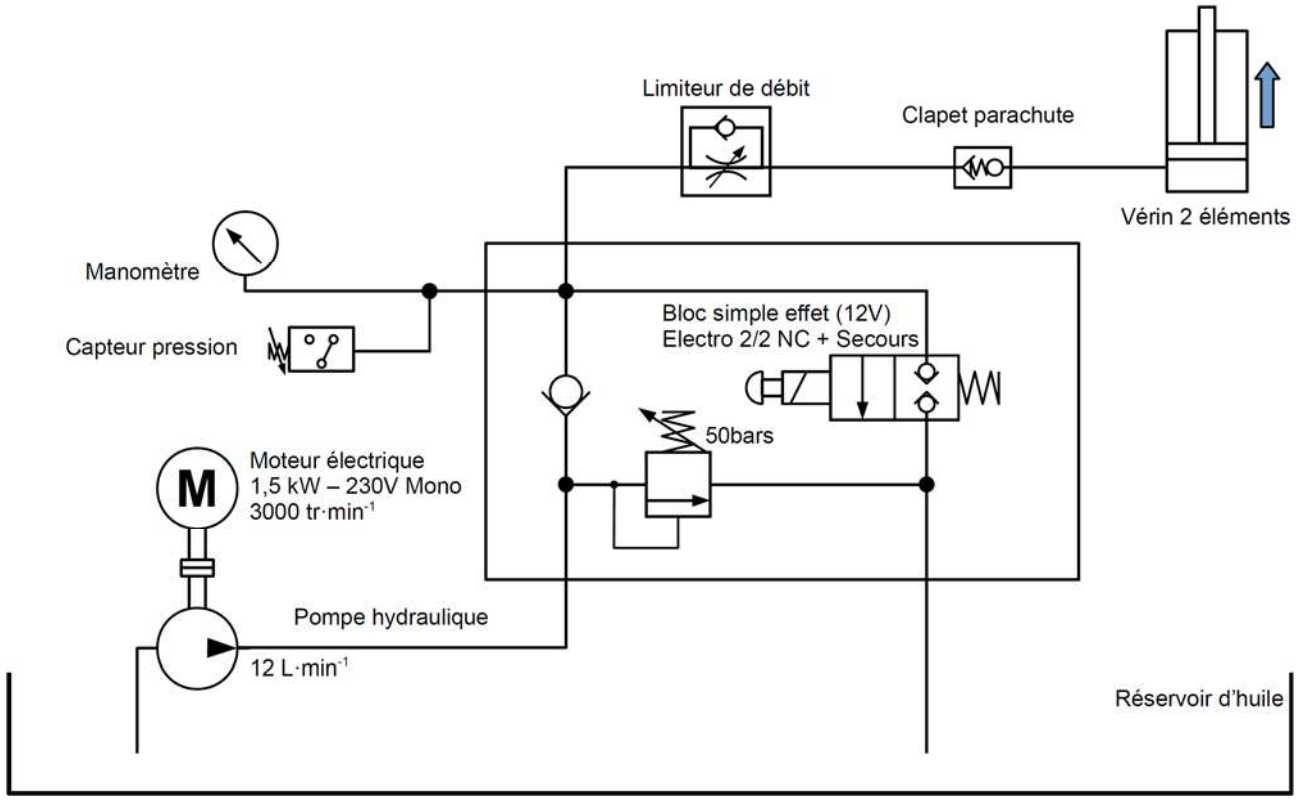
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

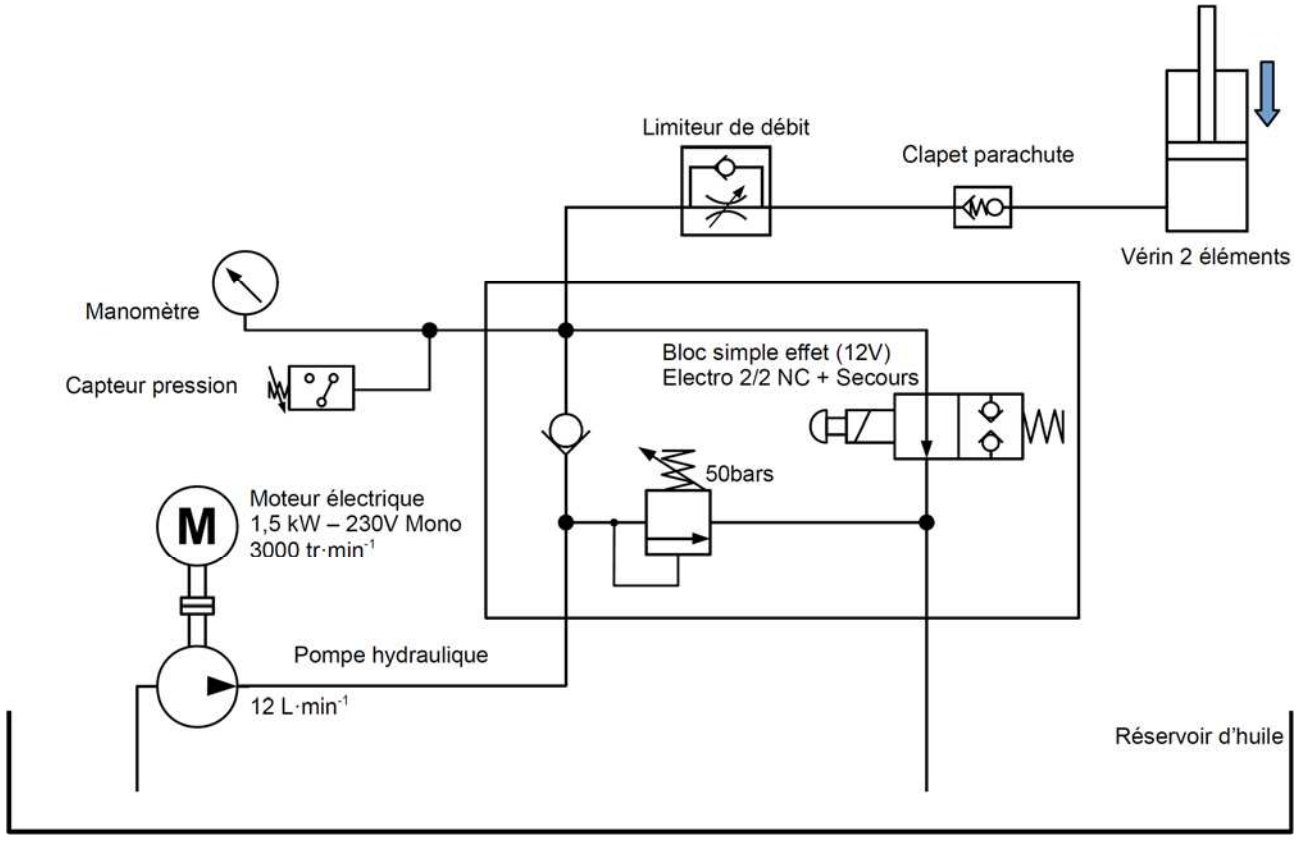
Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

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) *:*



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.