

# **BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE**

## **Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable**

### **ENSEIGNEMENTS TECHNOLOGIQUES TRANSVERSAUX**

**Coefficient 8 – Durée 4 heures**

Aucun document autorisé

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

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

**ÉPREUVE DU LUNDI 22 JUIN 2020**

Baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable – STI2D	Session 2020
Enseignements technologiques transversaux	Code : 20ET2DMLR1 <b>Page 0 / 32</b>

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

## Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable

### ENSEIGNEMENTS TECHNOLOGIQUES TRANSVERSAUX

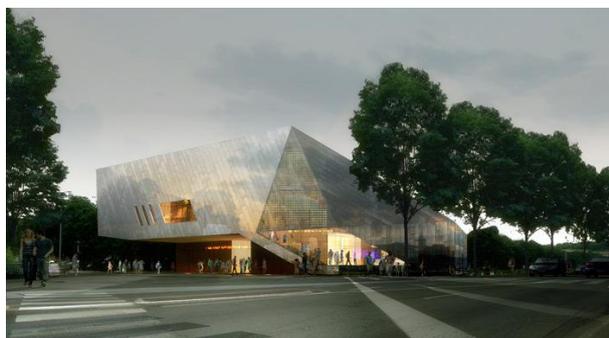
Coefficient 8 – Durée 4 heures

Aucun document autorisé

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

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

#### SCÈNE DES MUSIQUES ACTUELLES



#### Constitution du sujet

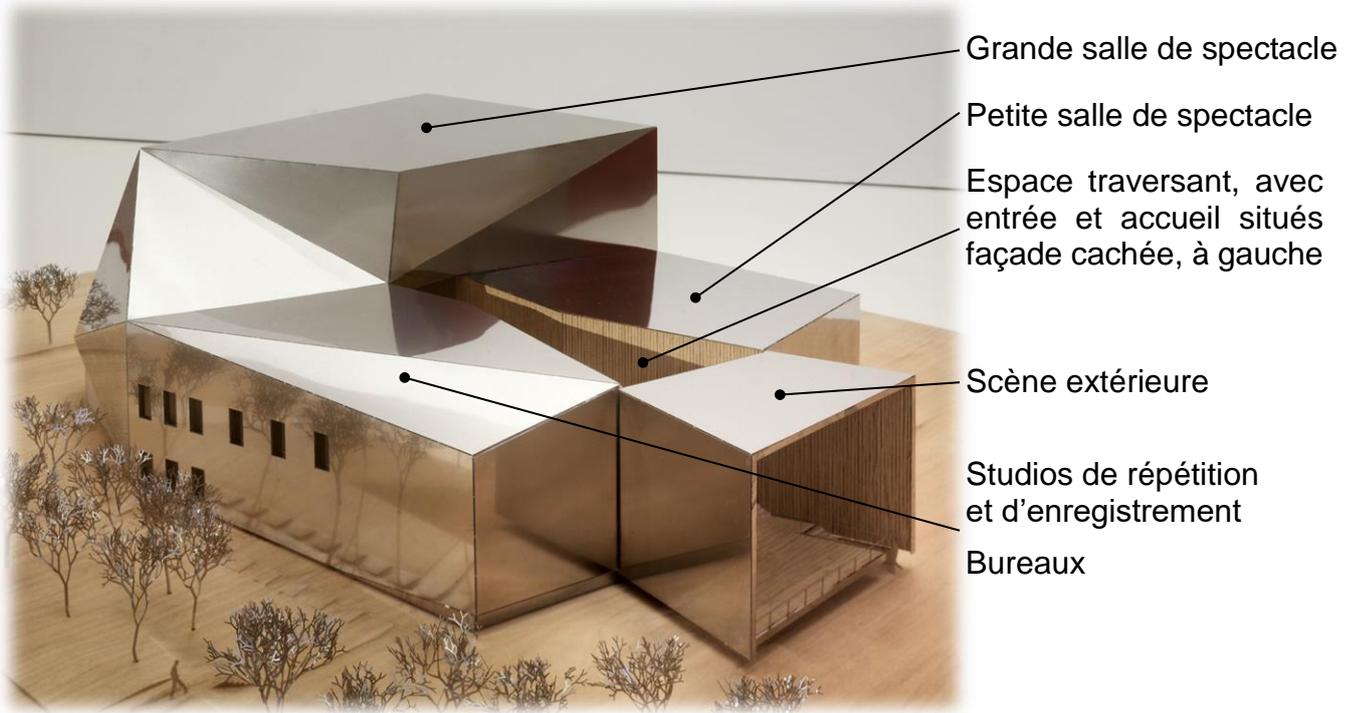
- **Sujet** (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*)
  - **Mise en situation** ..... pages 2 et 3
  - **Partie 1 (3 heures)** ..... pages 4 à 9
  - **Partie 2 (1 heure)** ..... pages 10 à 12
- **Documents Techniques** ..... pages 13 à 26
- **Documents Réponses** ..... pages 27 à 32

**Le sujet comporte deux parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.**

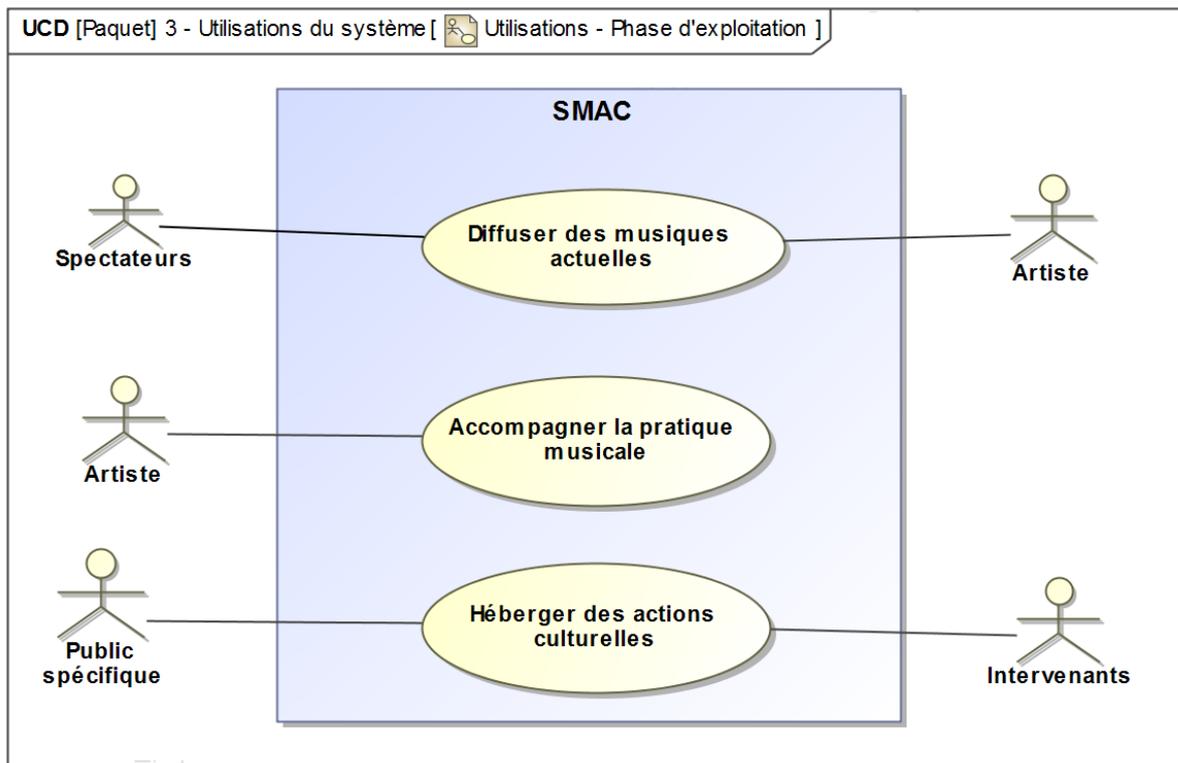
**Les documents réponses DR1 à DR6 (pages 27 à 32) seront à rendre agrafés aux copies.**

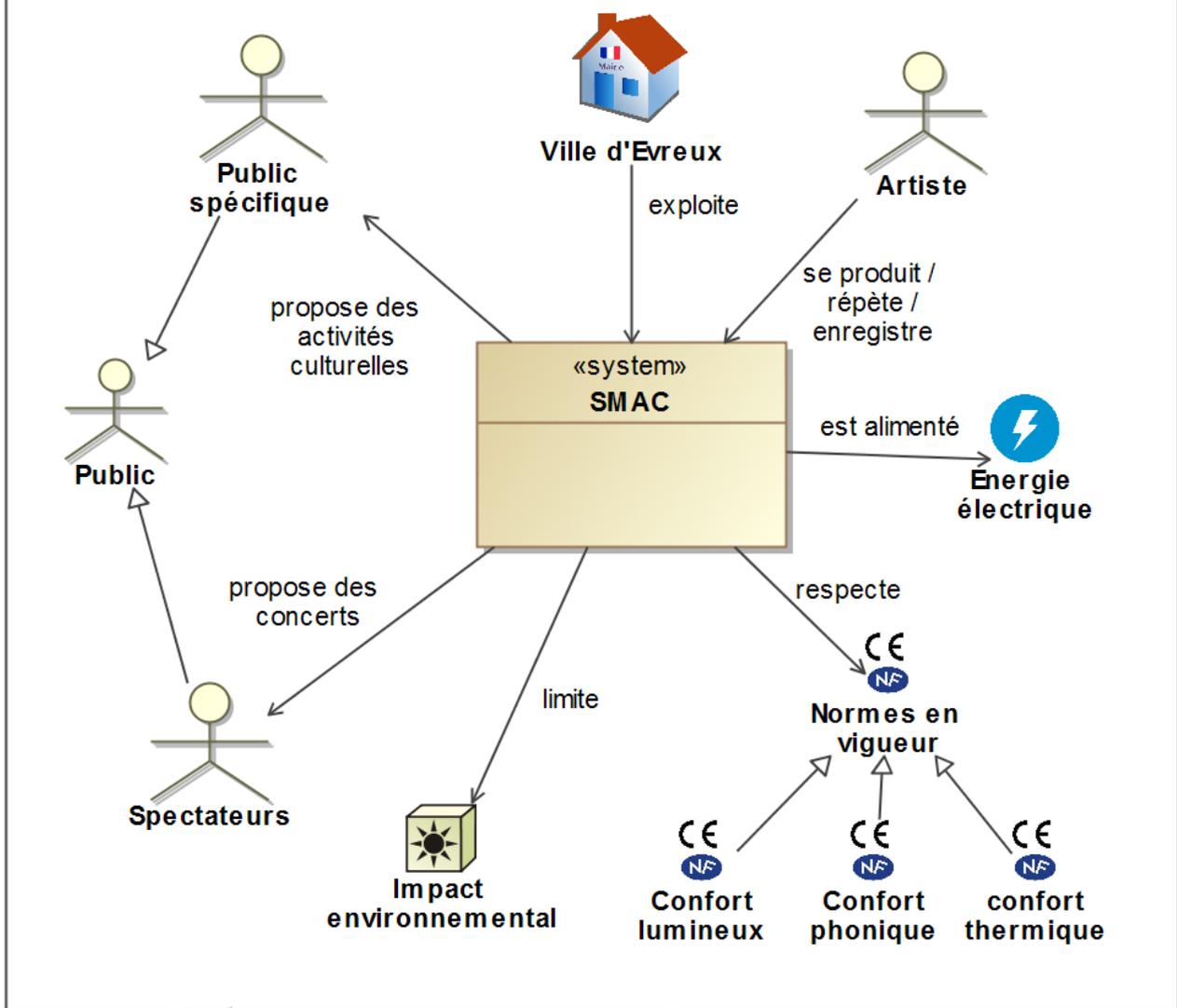
## Mise en situation

La ville d'Evreux en Normandie s'est dotée depuis septembre 2016 d'une scène des musiques actuelles (SMAC), décrite ci-dessous.



Les diagrammes ci-dessous décrivent les cas d'utilisation et de contexte de la SMAC.





Ce sont des lieux de vie ouverts contribuant au maillage culturel du territoire. Par destination, ce sont des établissements recevant du public (ERP) ; ils sont donc assujettis à des exigences réglementaires spécifiques.

L'étude proposée comporte deux parties :

- la partie 1 consiste à valider les performances en termes de confort et de sécurité de la SMAC ;
- la partie 2 consiste à valider une solution technique et à vérifier le dimensionnement mécanique du support d'éclairage scénique.

Ces deux parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

## Partie 1 – Validation des performances de confort et de sécurité

### Renouvellement d'air dans la grande salle de spectacle

Les établissements recevant du public sont assujettis à des réglementations relatives à la lutte contre les incendies.

Deux points importants de la réglementation relative aux salles de spectacles sont à respecter :

- l'effectif maximal du public, c'est-à-dire le nombre de personnes assistant à un spectacle debout, est limité à 3 personnes par mètre carré ;
- le nombre de dégagements, portes simples ou doubles pour les entrées/sorties du public est au minimum de 3 pour un effectif de 501 à 600 personnes (inclus) et est quantifié en unité de passage (UP). Le nombre total d'UP est au minimum de 6 (largeur d'un dégagement : 1 UP = 0,90 m ; 2 UP = 1,40 m ; 3 UP = 1,80 m).

Question 1.1 | La capacité de la grande salle de spectacle est limitée à 600 personnes.  
DT1 | **Justifier** que les deux points de la réglementation ci-dessus sont respectés (pour la justification, ne prendre en compte que la surface du parterre).

Dans la grande salle, les conditions de confort du spectateur dépendent des modes d'utilisation en termes d'occupation. Les modes les plus utilisés sont :

- mode veille (salle inoccupée, aucune personne) ;
- mode confort (1 à 600 personnes).

On cherche dans un premier temps à valider le débit d'air neuf entrant dans la grande salle pour la configuration la plus contraignante.

Question 1.2 | **Justifier** pourquoi il est nécessaire de renouveler l'air dans la salle de spectacle.  
DT6 | **Relever** la valeur de débit volumique d'air neuf minimal par personne pour la grande salle.

Ces exigences amènent à dimensionner les besoins en air neuf de la grande salle. On dimensionne l'installation en fonction de ce besoin.

Question 1.3 | **Calculer** le débit volumique d'air neuf minimal à renouveler dans la grande salle lorsque sa capacité maximale est atteinte.  
DT1, DT6 | **Calculer** le débit volumique d'air neuf minimal en considérant la surface du parterre.  
**Préciser** et **justifier** la valeur du débit à retenir pour dimensionner les besoins en air neuf de la grande salle.

Pour insuffler l'air dans la grande salle, on utilise des buses de soufflage. En amont des buses, des vannes d'équilibrage permettent de garantir un débit identique pour chacune d'entre elles. Ce débit doit rester constant pour garantir le fonctionnement correct de l'installation.

Question 1.4  
DT4

**Relever** sur le DT4 le nombre de buses de soufflage installées ainsi que le débit global de soufflage S de la grande salle.  
En **déduire** le débit d'air par buse.

Le confort d'écoute de la grande salle doit garantir la réussite des spectacles. Dans les conduites de ventilation, une vitesse moyenne trop élevée de l'air engendre des nuisances sonores.

Question 1.5  
DT3, DT6  
DR1

**Compléter** le premier tableau du document DR1.  
**Justifier** sur le DR1 l'isolation phonique des flexibles du point de vue du confort des spectateurs.

## Confort thermique de la grande salle de spectacle

On cherche à établir le bilan thermique de la grande salle au printemps. Les apports calorifiques de la grande salle dépendent de l'activité et de l'attitude du public. Pendant le spectacle, le public peut adopter plusieurs attitudes :

- au repos ;
- activité modérée ;
- activité moyenne.

Question 1.6  
DT5, DT6  
DR1

**Compléter** le deuxième tableau du document DR1 en retrouvant les apports thermiques dus à l'éclairage scénique et aux machines.  
**Calculer** les apports thermiques dus à la présence de 600 personnes pour une activité humaine moyenne.  
**Effectuer** le bilan thermique et **préciser** si le besoin est en chauffage ou en rafraîchissement.

Elément essentiel du dispositif permettant d'assurer le confort thermique, une pompe à chaleur (PAC) est intégrée dans la centrale de traitement de l'air. Elle fonctionne selon un programme journalier hebdomadaire.

La centrale de traitement de l'air permet de maintenir une température ambiante à environ 21 °C.

Selon les besoins, cette pompe à chaleur est réversible ; elle peut chauffer l'air soufflé dans la grande salle (mode chauffage) ou le refroidir (mode climatisation) :

- si la température ambiante augmente, il faut rafraîchir la salle. Pour cela, on traite l'air extérieur pour que sa température soit comprise entre 15 °C et 21 °C lors de l'injection dans la salle ;
- si la température ambiante baisse, il faut réchauffer la salle jusqu'à 21 °C.

Question 1.7 | Sur l'algorigramme du document DR2, **entourer** l'équation logique qui  
 DR2 convient pour la première condition, c'est-à-dire déclencher ou maintenir le mode chauffage.  
 Sur l'algorigramme du document DR2, **écrire** l'équation logique qui convient pour la deuxième condition, c'est-à-dire déclencher ou maintenir le mode climatisation.

Lorsque la température de la salle augmente, il est nécessaire de rafraîchir l'air ambiant en y injectant de l'air à 15°C. L'air extérieur étant à 10°C, il faut donc le réchauffer.

Deux solutions sont envisagées (DT5) :

- solution 1 : à l'aide de la pompe à chaleur (échangeur rotatif à l'arrêt) ;
- solution 2 : à l'aide de l'échangeur rotatif (pompe à chaleur à l'arrêt).

### Données et hypothèses :

- soufflage d'air neuf à la température de 15 °C – débit de soufflage : 3 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> ;
- température de l'air extérieur de 10 °C ;
- reprise d'air à 21 °C – débit identique au soufflage ;
- masse volumique de l'air : 1,20 kg·m<sup>-3</sup> ;
- capacité thermique massique de l'air sec : c<sub>p</sub> = 1 007 J·kg<sup>-1</sup>·°C<sup>-1</sup> ;
- humidité de l'air négligée.

Question 1.8 | Pour la solution 1, **calculer** la puissance de chauffage de la pompe à chaleur  
 DT6 (PAC).  
 Sachant que son coefficient de performance (COP) est de 3, **calculer** la puissance électrique absorbée par la pompe à chaleur.

Question 1.9 | Pour la solution 2, la puissance électrique consommée par l'échangeur est  
 de 4 kW.  
 Dans le cadre du développement durable, **conclure** quant à l'intérêt de l'échangeur rotatif.

## Confort acoustique

Dans cette partie, le choix d'un matériau et/ou d'une solution architecturale pour isoler phoniquement une salle de spectacle de l'extérieur est étudié. L'objectif d'affaiblissement acoustique à atteindre pour la paroi est de 61 dB minimum.

Les lois de comportement en acoustique présentent des similitudes avec celles de l'électricité. Plus la résistance électrique d'un composant est grande, plus le composant s'oppose au passage du courant. De même, plus l'indice d'affaiblissement (résistance acoustique), en décibel (dB), d'un ouvrage est grand, plus celui-ci s'oppose au passage du son. Par ailleurs, l'ouvrage recevant du public, le choix d'un matériau est aussi validé du point de vue de sa réaction au feu.

## Détermination de l'épaisseur du mur en béton armé

Les murs périphériques de la salle de spectacle en béton armé sont ici étudiés.



La courbe du DR3 montre l'évolution de l'indice d'affaiblissement acoustique  $R_A$  en fonction de la masse surfacique du matériau constituant la paroi (mur).

Question 1.10 | Sur le document DR3, **déterminer** la masse surfacique du mur en béton armé pour obtenir un affaiblissement acoustique  $R_A$  de 61 dB.  
DR3 | **Calculer** l'épaisseur du mur sachant que la masse volumique du béton est de  $2\,500\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .  
*Rappel : masse surfacique = masse volumique  $\times$  épaisseur*

Pour reprendre les charges de la salle de spectacle, un mur en béton armé de 16 cm d'épaisseur est largement suffisant.

Question 1.11 | **Indiquer** au moins deux inconvénients pour la réalisation de l'ouvrage si les murs étaient réalisés avec l'épaisseur trouvée dans la question 1.10.

### Choix d'isolants selon le critère acoustique

Les parois sont donc réalisées en béton armé de 16 cm d'épaisseur. L'architecte souhaite cependant que l'objectif d'un affaiblissement acoustique ( $R_A$ ) de 61 dB minimum soit atteint.

Question 1.12 | **Lister et justifier** tous les isolants qu'il est possible de mettre en place pour répondre à l'exigence d'affaiblissement acoustique.  
DT12

### Choix d'un isolant selon le classement feu et l'énergie grise

La réglementation française impose, pour les parois d'un établissement recevant du public, une classification minimum à la réaction au feu de M1 (combustible et non inflammable).

Question 1.13 | **Indiquer** si les isolants retenus selon le critère acoustique à la question 1.12 répondent à cette classification minimale en justifiant votre réponse.  
DT12, DT13

Question 1.14 | **Rappeler** la signification de la notion d'« énergie grise ». Selon ce critère environnemental, **indiquer et justifier** l'isolant le plus approprié parmi les isolants retenus à la question 1.12.  
DT12

Baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable – STI2D	Session 2020
Enseignements technologiques transversaux	Code : 20ET2DMLR1 <b>Page 7 / 32</b>

## Étude de la nuisance sonore dans le voisinage

Question 1.15 | Selon les décrets, liés à la réglementation acoustique, **indiquer** le niveau sonore maximum autorisé dans cette salle.  
DT14

Le bruit résiduel dans l'environnement extérieur de la salle est de 35 dB quand elle est inoccupée.

La mise en œuvre d'un doublage de type laine de verre permet un affaiblissement pour la façade de 65 dB. On détermine donc que la perception du niveau sonore, salle occupée, à l'extérieur du bâtiment est de 37 dB (niveau sonore émis par le bâtiment).

Question 1.16 | **Indiquer** si les dispositions du décret 2006-1099 sont respectées ou pas. **Conclure** quant à la pertinence du choix de l'isolant retenu.  
DT12, DT14

## Confort visuel de l'espace scénique

Dans le cas de l'installation décrite sur le DT9, la transmission de données est réalisée par le bus DMX qui est une liaison série (DT10).

Question 1.17 | **Calculer** le temps total de transmission d'un canal sachant que la durée de transmission d'un bit est de 4  $\mu$ s.  
DT10  
**Calculer** le temps total d'une trame comprenant 484 canaux en considérant qu'il n'y a pas de temps de repos (prendre en compte, en début de trame, les 96  $\mu$ s nécessaires à l'ensemble reset et code de départ).

Pour configurer son installation, le régisseur affecte une adresse à chaque appareil intervenant sur le bus DMX.

Les projecteurs à LED de cette installation ont été configurés sur 9 canaux comme indiqué sur le DT10. Par exemple, le projecteur à LED n°6 ci-contre est adressé au canal 73. Il prendra en compte les canaux allant de 73 à 81 d'une trame DMX.



Question 1.18 | **Déterminer** les canaux respectifs qui permettent de changer la couleur rouge et la couleur bleue du projecteur à led n°6 adressé au canal 73.  
DT10

Selon le protocole DMX-512, 512 canaux au maximum peuvent être utilisés. Le contrôleur DMX de l'installation ne gère, lui, que 484 canaux.

Question 1.19  
DT9

**Déterminer** le nombre de canaux utilisés sur l'installation.  
En **déduire** le nombre de canaux encore disponibles.  
**Calculer** alors le nombre maximum de lyres orientables (projecteurs LED, comme illustré sur la photo ci-contre) configurées sur 16 canaux qui peuvent être ajoutées sur la ligne DMX (l'adressage des composants déjà présents pourra être dans ce cas modifié).



Les gradateurs de cette installation permettent de faire varier le flux lumineux de chaque projecteur halogène. La position du potentiomètre sur la console DMX envoie une valeur d'octet qui fera varier la valeur efficace de la tension d'alimentation des projecteurs comme le montre les exemples du DT11.

Les questions porteront sur une valeur d'octet de  $(100)_{10}$  du canal 261 (canal de contrôle du flux lumineux du projecteur repéré 10 sur le schéma du DT9).

Question 1.20  
DT10  
DR4

Sur le document DR4, **convertir** en binaire (base 2) sur 8 bits, la valeur décimale 100 (base 10).  
En **déduire** et **représenter** la trame DMX correspondante.

Question 1.21  
DT11  
DR4

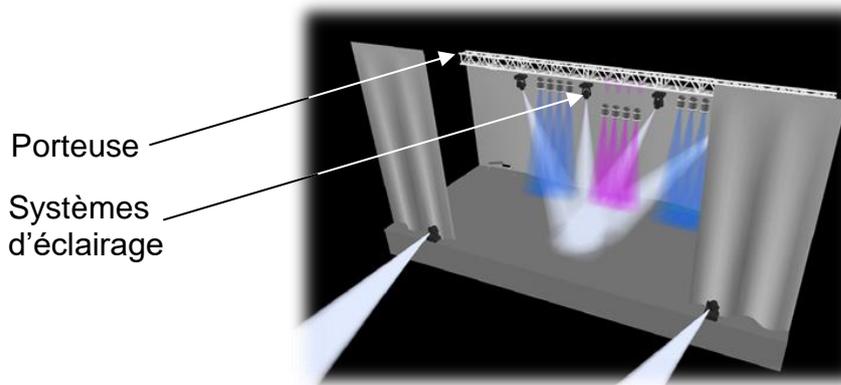
**Déterminer** à l'aide de la courbe « temps de découpage en fonction d'une valeur d'octet », le temps de découpage  $t_d$ .  
**Déterminer** à l'aide de la courbe « valeur efficace de la tension aux bornes du projecteur en fonction d'une valeur d'octet », la valeur efficace de la tension aux bornes du projecteur halogène.  
**Tracer** l'allure de la tension d'alimentation du projecteur.

Question 1.22

**Conclure** quant aux solutions techniques mises en jeu pour que la salle permette un accueil des spectateurs dans de bonnes conditions.

## Partie 2 – Validation de la solution technique pour le support d'éclairage

Le succès d'un spectacle dépend de l'impression visuelle qui s'en dégage. La scène doit donc être équipée de systèmes d'éclairage performants mais aussi innovants pour surprendre le public.



### Installation des systèmes d'éclairage de la scène

Comme le montre la figure ci-dessus, le principe de base retenu par les scénographes consiste à utiliser des porteuses, soit fixes, soit mobiles, sur lesquelles sont installés les systèmes d'éclairage.

Pour garantir la sécurité des utilisateurs, la charge maximale d'utilisation (CMU) est obligatoirement indiquée sur les porteuses. Pour l'installation à étudier, la CMU est de 5 000 N. Il s'agit de vérifier le respect des normes de construction pour une porteuse mobile.

Un système de tambours et de câbles permet le déplacement vertical des porteuses mobiles.

Pour un enroulement correct du câble, le tambour comporte une rainure hélicoïdale. Trois tours de câble (tours morts) restent enroulés lorsque la porteuse est en position basse. Cela protège la fixation du câble sur son tambour.

#### Question 2.1

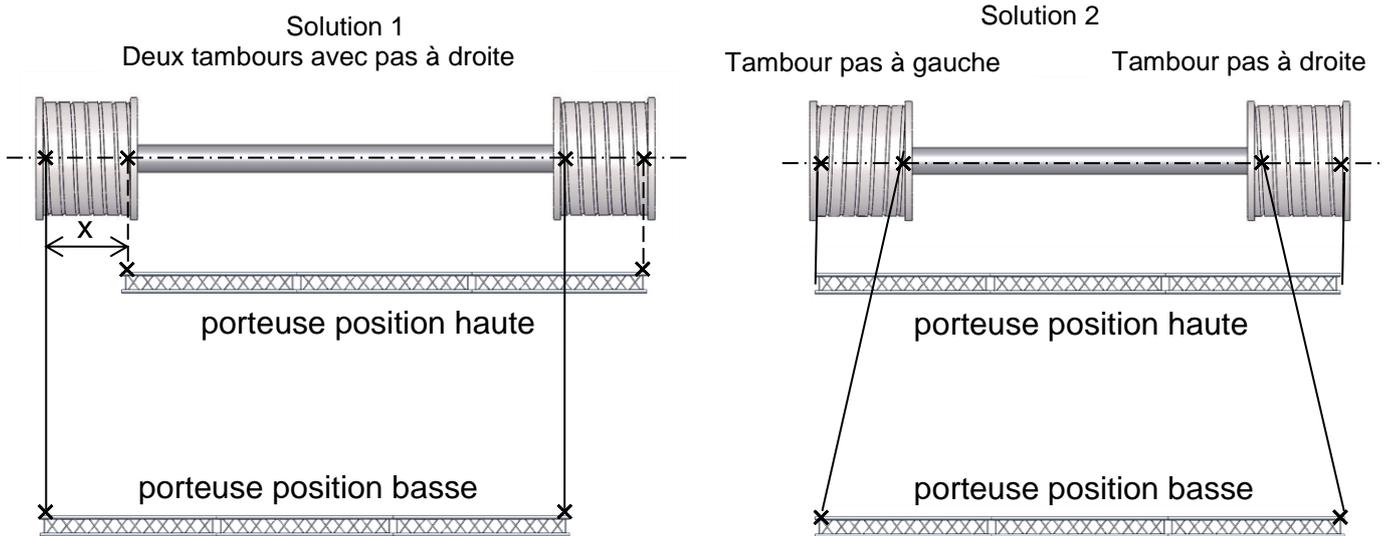
DT2, DT7

La longueur de câble entre la sortie de tambour et la porteuse est de 800 mm pour la position haute. **Mesurer** sur le DT2 la longueur de câble nécessaire par tambour pour déplacer une porteuse depuis sa position haute jusqu'au plancher de la scène.

En **déduire** la longueur totale de câble  $L_{\text{câble}}$  à prévoir par tambour en prenant en compte les tours morts.

La rainure hélicoïdale induit un déplacement latéral de la porteuse lors de son déplacement vertical. Cela est dû au pas de cette rainure réalisée sur le tambour. Par ailleurs, la largeur rainurée du tambour doit être suffisante pour permettre l'enroulement du câble sur une seule couche.

Les schémas ci-dessous, présentent les deux solutions d'implantation des tambours.



Question 2.2  
DT2, DT7

Pour la solution 1, **calculer** le nombre de tours du tambour puis la valeur arrondie au mm près du déplacement latéral  $x$  (voir ci-dessus) lorsque la porteuse passe de la position haute à la position basse. Sachant que trois tours morts sont nécessaires à l'enroulement du câble sur le tambour, en **déduire** la largeur minimale  $L_r$  de la partie rainurée du tambour.

Question 2.3  
DR5

Pour la solution 2, **isoler** la porteuse et **faire** le bilan des actions mécaniques extérieures qui s'exercent celle-ci. **Représenter** les efforts s'exerçant sur la porteuse et, par décomposition, puis analyse de leur direction, **expliquer** pourquoi le déplacement de celle-ci est uniquement vertical.

### Validation du nombre de câbles de la structure porteuse

Il faut maintenant justifier le nombre de câbles à prévoir pour l'installation d'une porteuse respectant les règles de sécurité.

La solution initiale pour le déplacement vertical consiste à prévoir un câble à chaque extrémité de la porteuse, chaque câble s'enroulant sur un tambour. Les normes de construction imposent de respecter les règles suivantes :

- la flèche maximum de la porteuse ne doit pas dépasser la valeur  $L / 200$ ,  $L$  étant la distance entre les deux câbles successifs ;
- le coefficient de sécurité pour les composants métalliques destinés à être utilisés avec les accessoires de levage dans les salles de spectacles est de 8. Pour les câbles, il est de 10.

La charge maximale d'utilisation répartie sur la porteuse est de 5 000 N. Cette charge provient des équipements installés dessus, mais les fournisseurs donnent la masse de leurs équipements exprimée en kg.

Question 2.4  
DT8

**Calculer** la masse d'équipements correspondant à une charge de 5 000 N. La charge linéique sur la porteuse de 9 m utilisée pour la simulation est de  $556 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ .  
**Justifier** ce choix (linéique) et la valeur de cette charge. À partir de la simulation (version 1 câble à chaque extrémité), **vérifier** la condition concernant la flèche de la porteuse et **conclure** quant au respect de la règle relative aux déformations.

Dans la solution retenue, la porteuse est suspendue au moyen de 4 câbles régulièrement espacés (DT8). Les normes de construction pour la porteuse sont alors respectées. Le poids propre de la porteuse étant de 230 N, la charge totale à déplacer est de 5 230 N. Elle est supposée uniformément répartie sur une porteuse.

Question 2.5  
DT7, DT8

Sachant que la charge totale est linéique, **calculer** les valeurs des charges sur chacune des 4 zones et en **déduire** les valeurs des forces de tension  $\vec{F}_{C1}$  à  $\vec{F}_{C4}$  dans les câbles 1, 2, 3 et 4.

Question 2.6  
DT7

**Vérifier** que la résistance mécanique des câbles répond aux normes de construction.

### Motorisation d'une porteuse mobile

Le motoréducteur est constitué d'un moteur électrique triphasé, couplé à un réducteur de vitesse à engrenages parallèles à choisir parmi deux solutions disponibles dans le catalogue fournisseur. Cette vérification sera faite pour une vitesse constante de la porteuse ( $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \pm 10 \%$ ).

Question 2.7  
DT7  
DR6

**Compléter** la chaîne d'énergie en précisant le nom des constituants pour les fonctions convertir et transmettre.

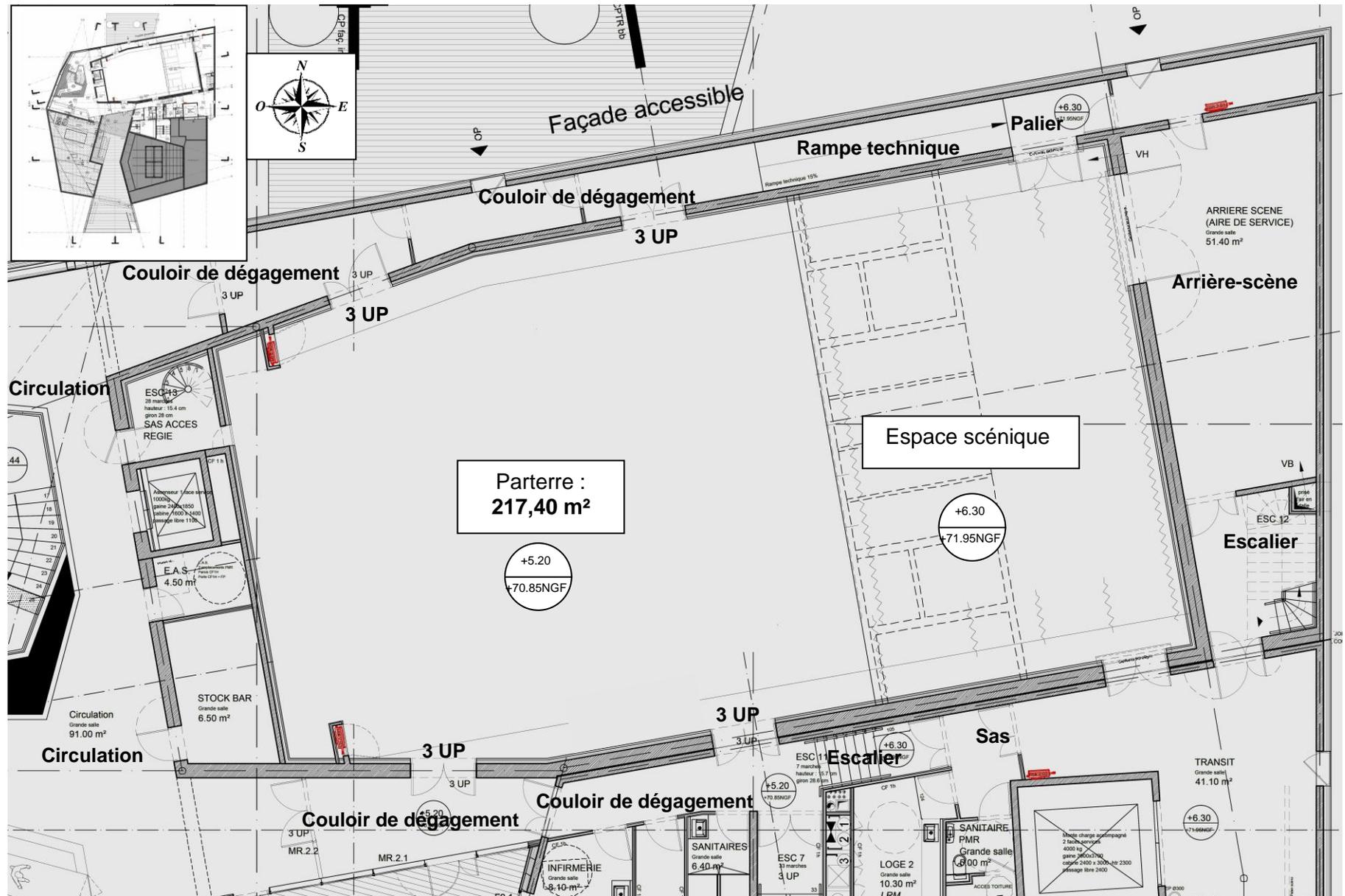
Question 2.8  
DT7  
DR6

**Déterminer** le rapport de réduction du réducteur.  
**Choisir** à l'aide du DT7, le réducteur à retenir parmi les deux disponibles.  
**Vérifier** que l'on respecte la vitesse constante attendue de  $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  à  $\pm 10 \%$  pour la porteuse.

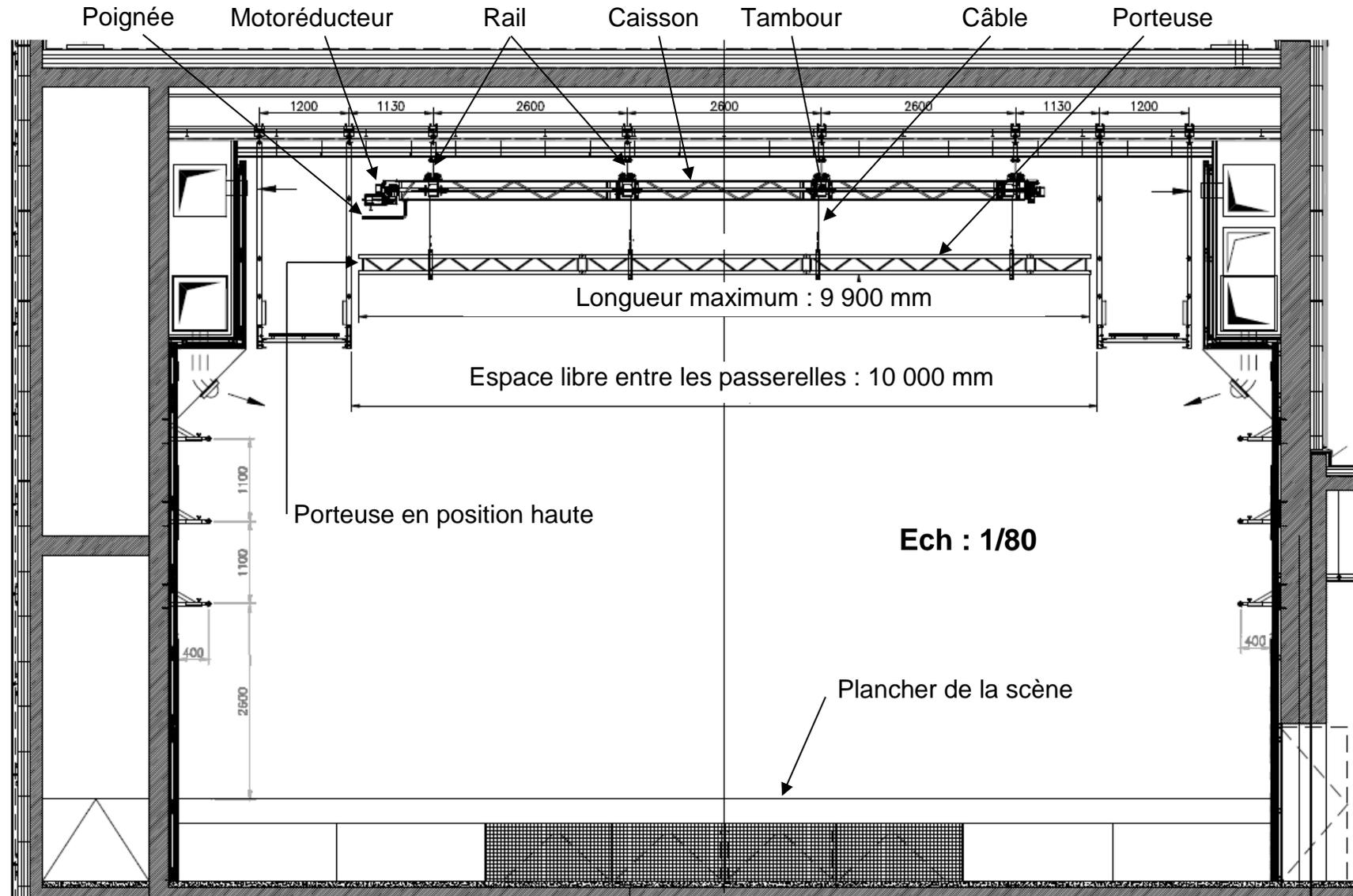
Question 2.9

**Conclure** quant au choix des matériels installés afin de surprendre le public tout en assurant la sécurité.

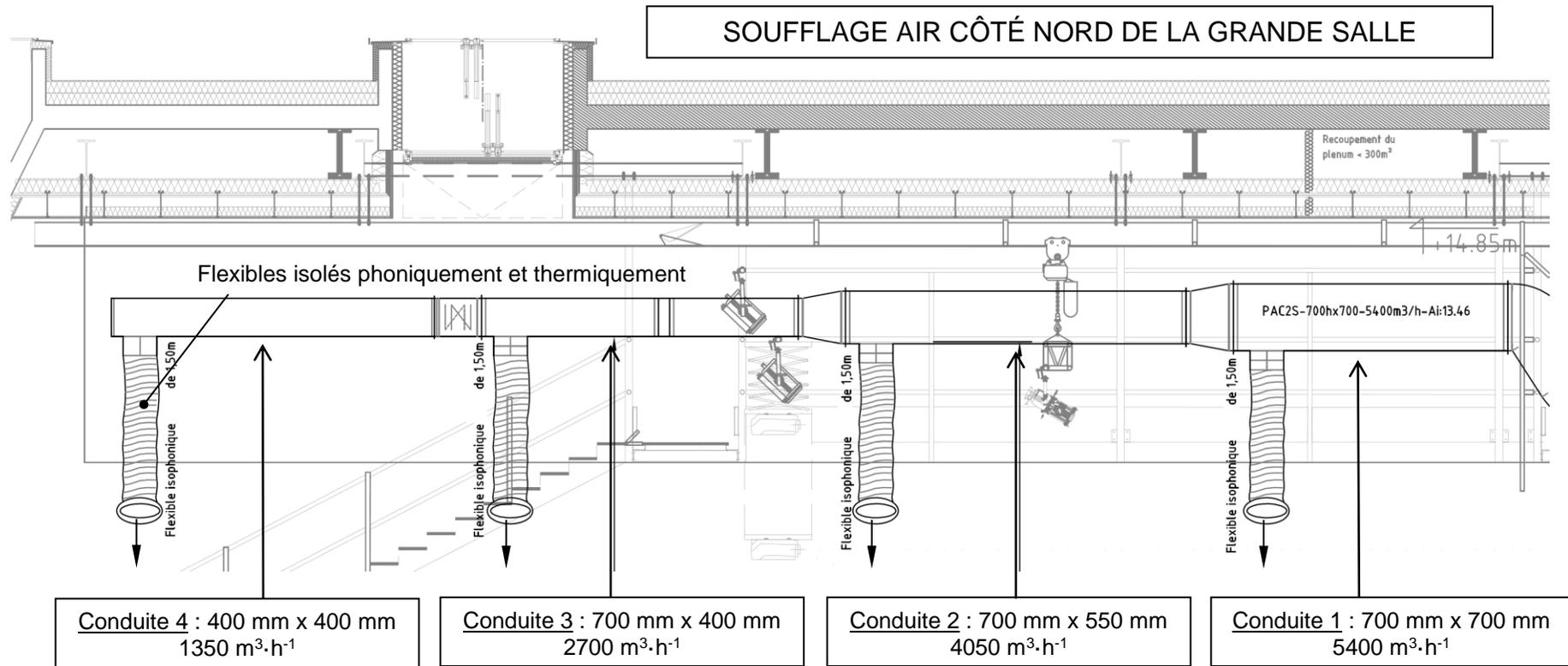
# DT1 – Plan niveau 1 de la grande salle



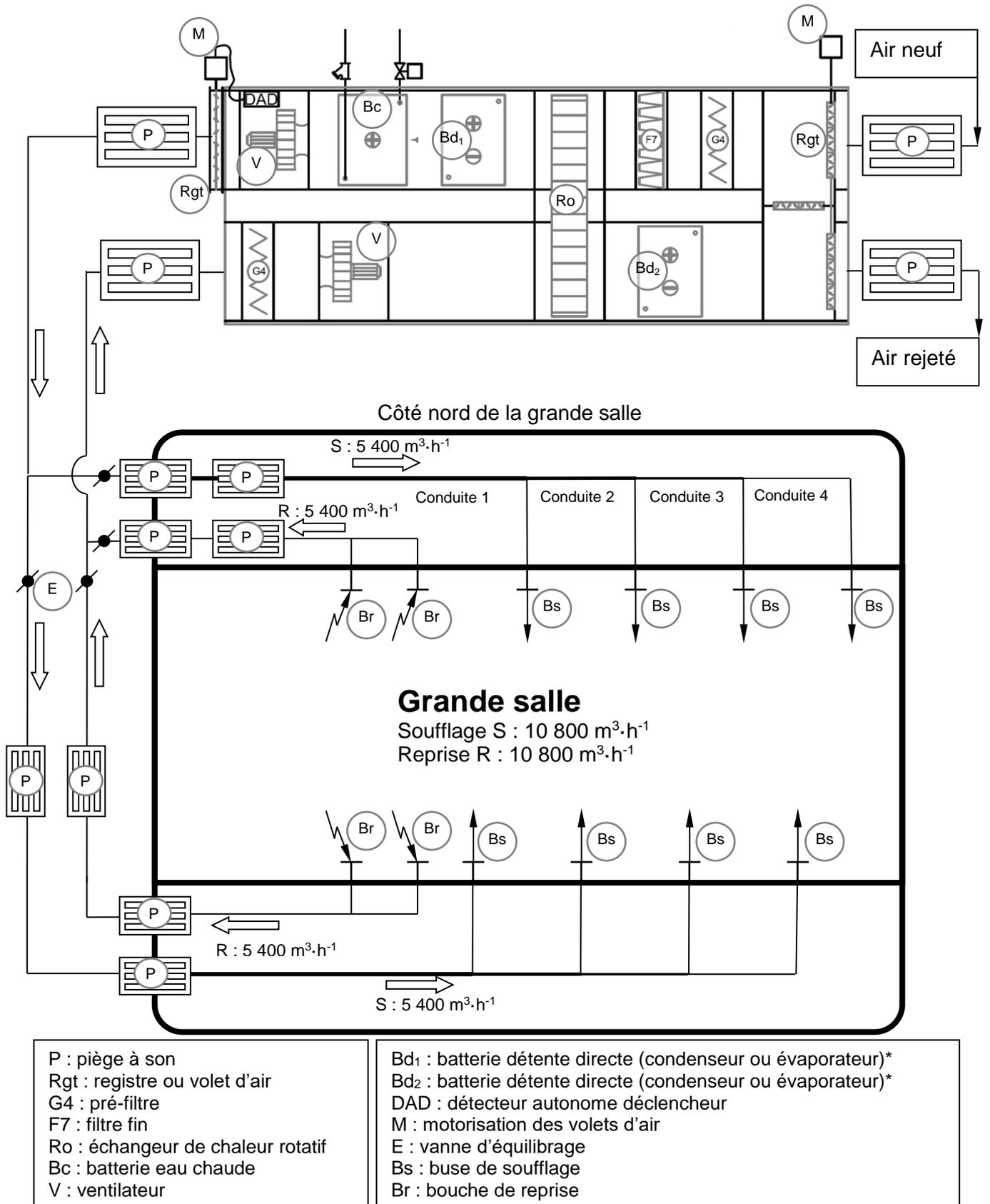
## DT2 – Vue en coupe de l'espace scène (échelle 1/80)



## DT3 – Les besoins de ventilation des locaux



# DT4 – Schéma de principe du circuit de ventilation de la grande salle



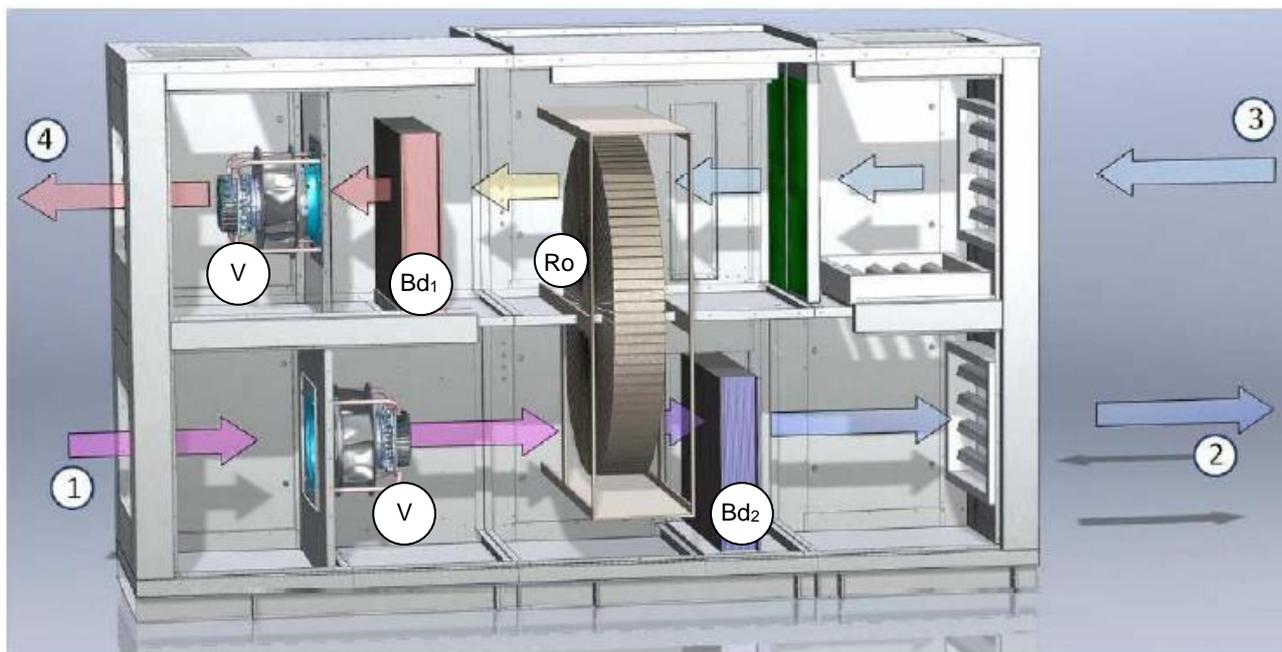
\* selon le mode chauffage ou climatisation

## DT5 – Apports calorifiques internes – Schéma de la centrale de traitement de l'air

### Apports calorifiques internes en Watt (W) par occupant en fonction de l'activité

Activité	Assis au repos	Debout au repos	Activité modérée	Activité moyenne	Activité importante	Marche (3 km·h <sup>-1</sup> )	Marche (4 km·h <sup>-1</sup> )	Marche rapide
Apport (W)	110	125	150	175	200	225	300	400

### Schéma interne partiel de la centrale de traitement de l'air



1 – air de l'intérieur de la salle

2 – air rejeté à l'extérieur

3 – air neuf de l'extérieur

4 – air soufflé dans la salle

Bd<sub>1</sub> – condenseur ou évaporateur (selon le mode chauffage ou climatisation) de la pompe à chaleur (PAC)

Bd<sub>2</sub> – condenseur ou évaporateur (selon le mode chauffage ou climatisation) de la pompe à chaleur (PAC)

Ro – échangeur de chaleur rotatif

V – ventilateur

### Principe de fonctionnement de l'échangeur de chaleur rotatif Ro

L'échangeur de chaleur rotatif est composé d'une grande roue motorisée tournant lentement pour optimiser les échanges thermiques. L'hiver, l'air chaud (1) de l'intérieur de la salle traverse l'échangeur rotatif et chauffe le matériau accumulateur dans la partie inférieure de la roue. Après un demi-tour, la partie précédemment chauffée de la roue va restituer la chaleur à l'air neuf (3) pris de l'extérieur.

À l'arrêt, l'échangeur rotatif ne joue thermiquement aucun rôle.

Un dispositif d'étanchéité interdit toute fuite entre l'air repris et l'air neuf.

## DT6 – Traitement d'air de la grande salle

### Caractéristiques techniques du local puissance et de la grande salle

Local		GRANDE SALLE
Niveau (m)		De 5,20 à 10,40
Surface (m <sup>2</sup> )		Scène : 135,60
		Parterre : 217,40
Ventilation		Double flux
Contrôle de température		Rafrâichissement/Chauffage
Été	T (°C)	Rafrâichissement *
	H (%)	NC
Hiver	T (°C)	19 ± 1
	H (%)	NC
Occupation		600 personnes maxi
Puissance éclairage		32 000 W (éclairage scénique)
Puissance machine		6 000 W (régie haute)
Débit d'air neuf mini		Par personne : 18 m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>
		Par m <sup>2</sup> : 12 m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>
Observations		* rafraîchissement limité au traitement à 15°C de l'air neuf hygiénique

### Expression du débit volumique

$$q_v = S \times V$$

$q_v$ : débit volumique, en m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>

$S$ : aire de la section de passage du fluide, en m<sup>2</sup>

$V$ : vitesse du fluide, en m·s<sup>-1</sup>

### Relation entre débit massique et débit volumique

$$q_m = \rho \times q_v$$

$q_m$ : débit massique de fluide, en kg·s<sup>-1</sup>

$\rho$ : masse volumique, en kg·m<sup>-3</sup>

### Relation pour puissance de chauffage ou de rafraîchissement

$P_w$ : puissance de chauffage ou de rafraîchissement, en W

$c_p$ : capacité thermique massique à pression constante du fluide, en J·kg<sup>-1</sup>·°C<sup>-1</sup>

$T_e$ : température du fluide entrant, en °C

$T_s$ : température du fluide sortant, en °C

$$P_w = q_m \times c_p \times (T_e - T_s)$$

### Vitesse maximale d'air \*\*

Locaux	V (m·s <sup>-1</sup> )
Résidences	4
Bureaux	4
Salle de spectacle	4
Écoles	4,5
Bâtiments publics	4,5
Restaurants	4

### Expression du coefficient de performance

$$COP = \frac{\text{Puissance de chauffage}}{\text{Puissance électrique absorbée}}$$

\*\* vitesse maximale de l'air dans les conduites en fonction des locaux

## DT7 – Composants pour les porteuses

### Poutre de section carrée Série G30 (SC300)



Longueur (m)	2,00	3,00	4,00	6,00
Masse (kg)	5,20	7,80	15,60	26,00

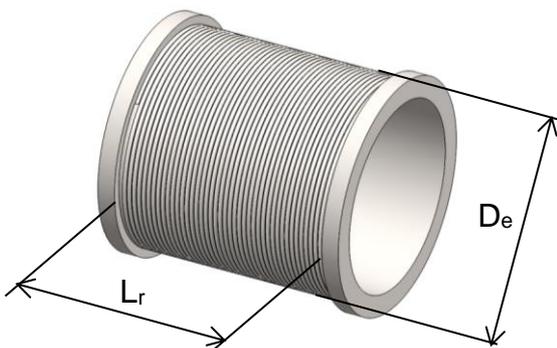
Pièces de connexion



Tubes longitudinaux :  $D = 50$  mm, épaisseur = 2 mm  
Tubes pour croisillons :  $D = 16$  mm, épaisseur = 2 mm

Matériau : alliage d'aluminium Al-Si1-Mg-Mn  
Module d'élasticité longitudinale :  $E = 70\,000$  MPa  
Limite élastique par extension :  $R_{p0,2} = 260$  MPa

### Tambour rainuré



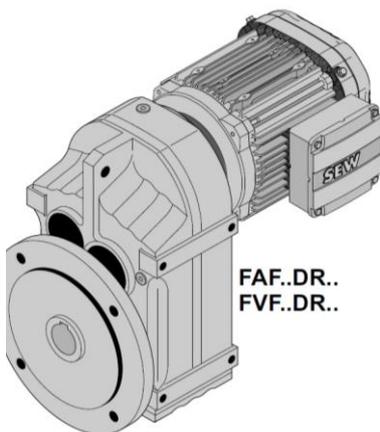
Diamètre d'enroulement du câble :  $D_e = 180$  mm  
Pas du rainurage :  $p = 5,75$  mm  
Largeur rainurée du tambour :  $L_r$

### Câbles



Diamètre du câble : 5 mm  
Force de rupture minimum : 17 900 N

### Motoréducteur



#### Moteur

Puissance nominale : 1,5 kW  
Vitesse nominale :  $N_m = 1395$  tr·min<sup>-1</sup>  
Couple nominal :  $C_m = 10,3$  N·m

#### Réducteur 1

Rapport de réduction  $r_1 = 1/61$

#### Réducteur 2

Rapport de réduction  $r_2 = 1/32$

## DT8 – Déformation de la porteuse

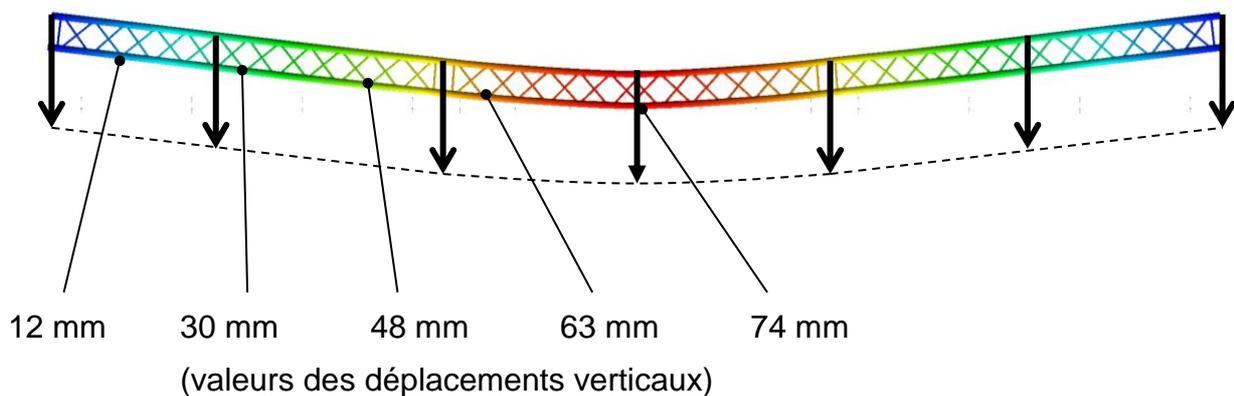
### Matériau de la porteuse

- désignation normalisée : Al-Si1-Mg-Mn
- module d'élasticité longitudinale :  $E = 70\,000\text{ MPa}$
- limite élastique par extension :  $R_{p0,2} = 260\text{ MPa}$

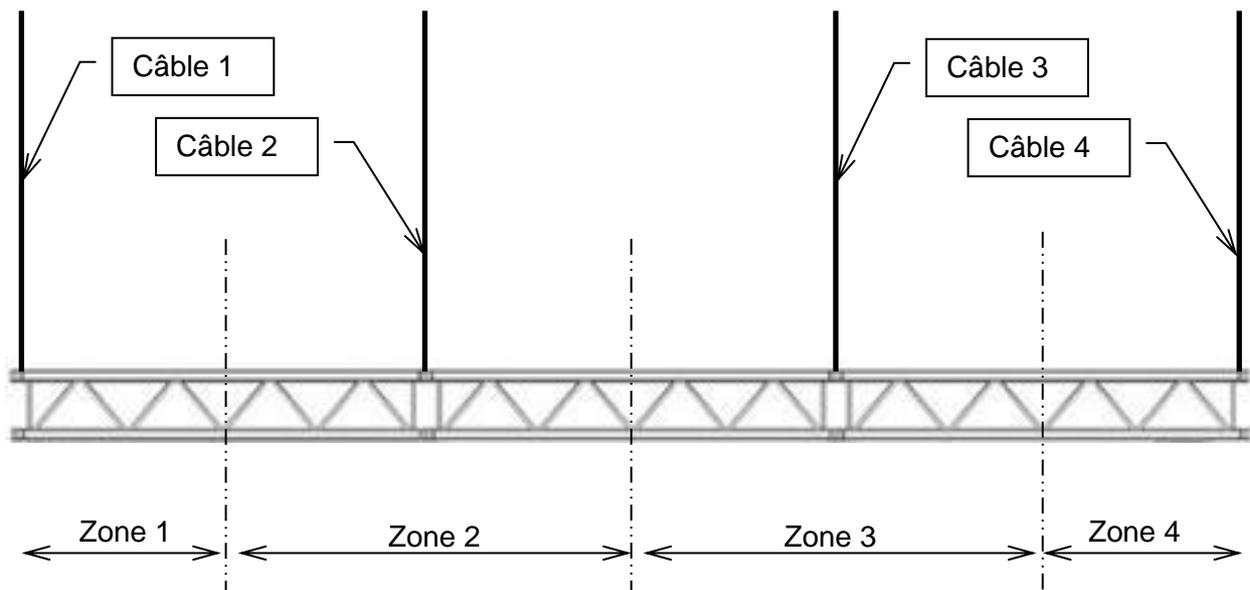
### Informations complémentaires pour la simulation de déformation

- longueur de la porteuse :  $L = 9\text{ m}$
- un câble à chaque extrémité de la porteuse
- charge de simulation :  $5\,000\text{ N}$ , uniformément répartie sur la porteuse

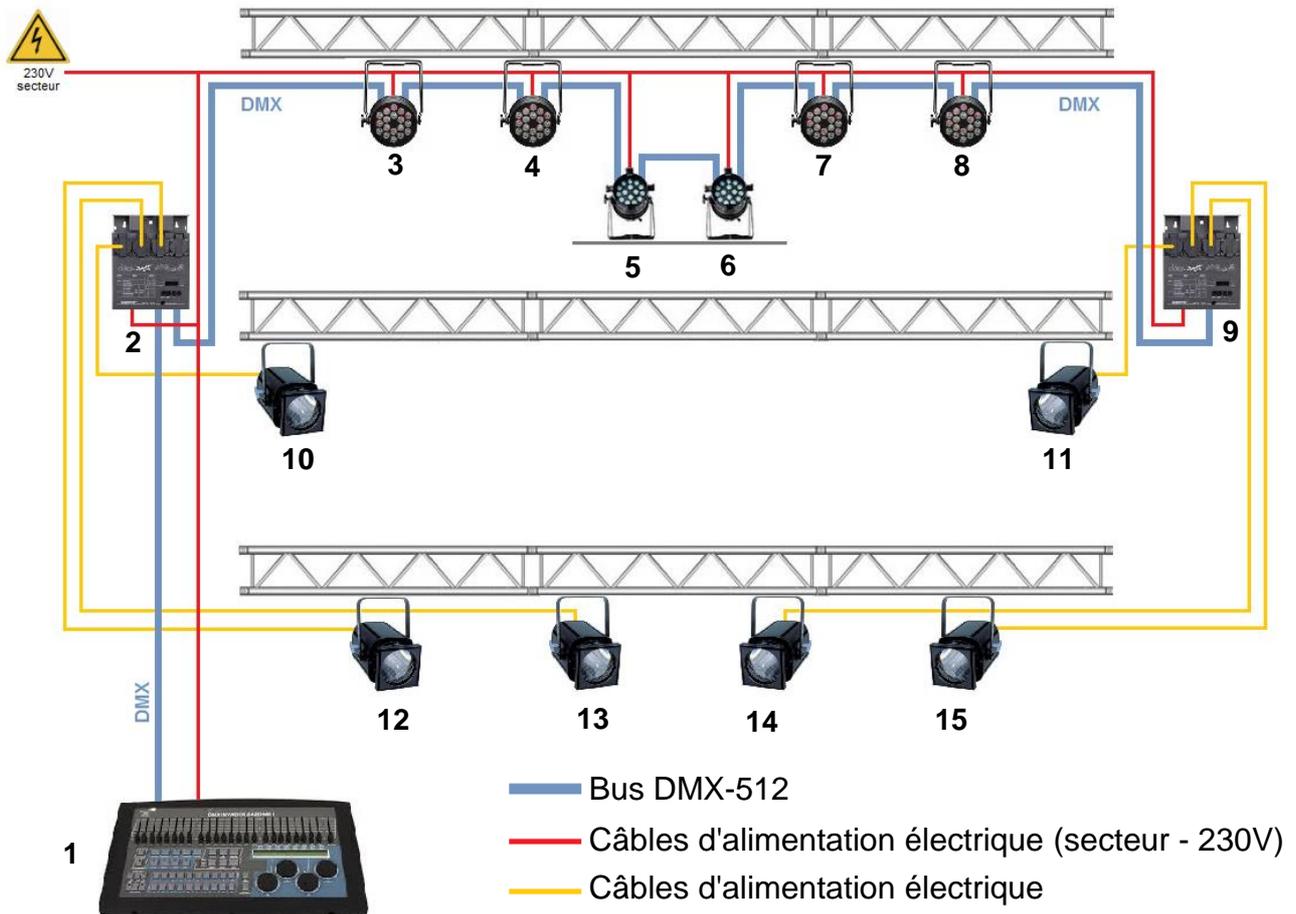
### Résultats de simulation pour les déplacements (version 1 câble à chaque extrémité)



### Charge supportée par chacun des quatre câbles (version 4 câbles équidistants)



## DT9 – Installation d'un éclairage de la scène



Tous les composants du réseau DMX-512 sont décrits dans ce tableau ci-dessous :

	Nom	Fonction	Canaux utilisés*
1	Contrôleur DMX	Il permet de contrôler tous les éléments d'éclairage de la scène par le protocole de communication DMX 512	Pas d'adresse attribuée (il émet les trames de communication)
2	Gradateurs	Ils permettent de faire varier le flux lumineux des projecteurs	<u>261</u> à 263
9			<u>281</u> à 283
3	Projecteurs à LED	L'intensité des six groupes de couleurs (rouge, vert, bleu, blanc, ambre, ultra-violet) que comporte chaque projecteur à LED, se pilote de façon indépendante, ce qui permet d'obtenir un nombre illimité de couleurs différentes	<u>1</u> à 9
4			<u>25</u> à 33
5			<u>49</u> à 57
6			<u>73</u> à 81
7			<u>97</u> à 105
8			<u>121</u> à 129
10 à 15	Projecteurs halogène	Ils émettent un flux lumineux (variable par l'intermédiaire des gradateurs)	(ne sont pas reliés au bus DMX)

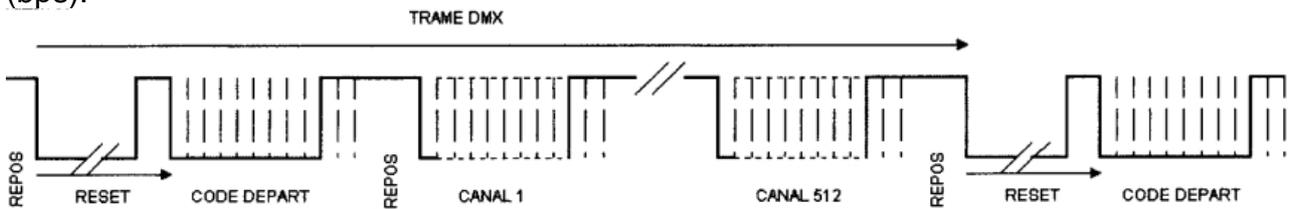
\* Les adresses des canaux sont exprimées en décimal (base 10).

# DT10 – Protocole DMX 512 et adressage des canaux

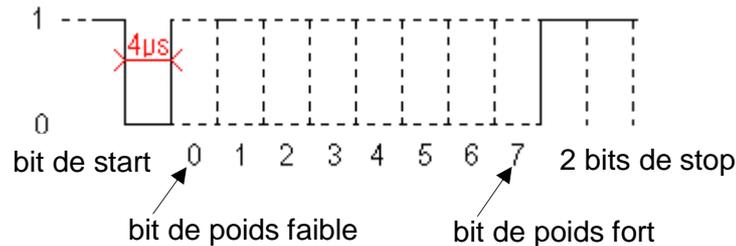
## Protocole DMX 512

Le DMX 512 (Digital MultipleX 512) est un protocole de communication pour des systèmes d'éclairage de spectacles (réglage de l'intensité lumineuse d'un projecteur, réglage de la position d'une lyre, orientation du projecteur, choix de la couleur d'un faisceau...). Il est basé sur l'utilisation de la liaison série RS485.

Les données d'un bus DMX 512 sont transmises sous la forme d'une succession de canaux comme indiqué sur la figure ci-dessous. Une ligne DMX peut contenir jusqu'à 512 canaux décrits par un octet chacun. Sa vitesse de transmission est fixée à 250 000 bits par seconde (bps).



Chaque canal comporte 1 bit de start, 1 octet de données et 2 bits de stop



## Adressages des canaux attribués

Numéros (schéma DT9)	Canaux utilisés
2	<u>261</u> à 263
9	<u>281</u> à 283
3	<u>1</u> à 9
4	<u>25</u> à 33
5	<u>49</u> à 57
6	<u>73</u> à 81
7	<u>97</u> à 105
8	<u>121</u> à 129

Selon les branchements électriques réalisés, les projecteurs halogènes correspondent aux canaux suivants des trames.

Projecteur 10 : canal 261      Projecteur 13 : canal 281  
 Projecteur 11 : canal 262      Projecteur 14 : canal 282  
 Projecteur 12 : canal 263      Projecteur 15 : canal 283

Chaque projecteur à led est configuré sur 9 canaux. La fonction de chacun de ces canaux est donnée dans le tableau ci-dessous (extrait du manuel d'utilisation).

Mode 9 canaux		
Canal	Valeur	Fonction
CH1	000 - 255	Master – Dimmer (0 à 100%)
CH2	000 - 255	Stroboscope (fréquence 0 à 100%)
CH3	000 - 255	Rouge (0 à 100%)
CH4	000 - 255	Vert (0 à 100%)
CH5	000 - 255	Bleu (0 à 100%)
CH6	000 - 255	Blanc (0 à 100%)
CH7	000 - 255	Ambre (0 à 100%)
CH8	000 - 255	UV (0 à 100%)
CH9	000 - 220	Mélange de couleurs
	221 - 255	Pilotage par la musique (sensibilité micro)

Le contrôleur DMX n'a pas d'adresse attribuée puisqu'il émet les trames de communication. Ce contrôleur DMX ne génère que 484 canaux.

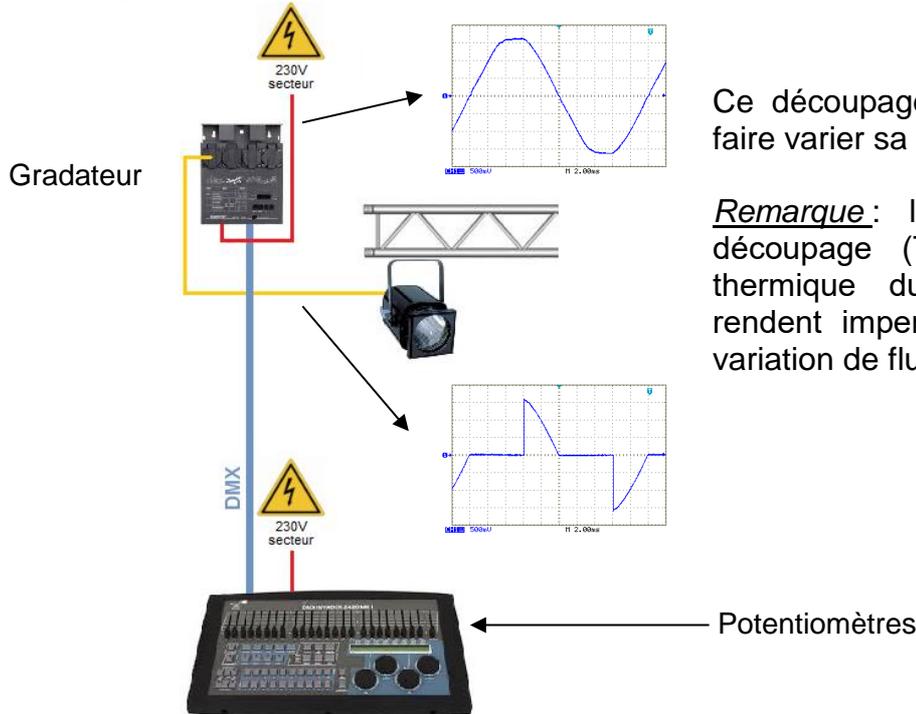
Le premier canal (souligné dans le tableau) correspond aux numéros des canaux configurés par le régisseur.

## DT11 – Gradateurs et projecteurs halogènes utilisés pour un éclairage

Le premier gradateur adressé au canal 261 prendra en compte les canaux 261 à 263 pour commander séparément les 3 projecteurs halogènes. Le principe est le même pour le deuxième qui est adressé au canal 281.

La variation du flux lumineux du projecteur halogène varie en fonction de la valeur efficace de sa tension d'alimentation.

Le gradateur permet de découper la tension d'alimentation aux bornes des projecteurs halogènes comme le montrent les relevés à l'oscilloscope ci-dessous.

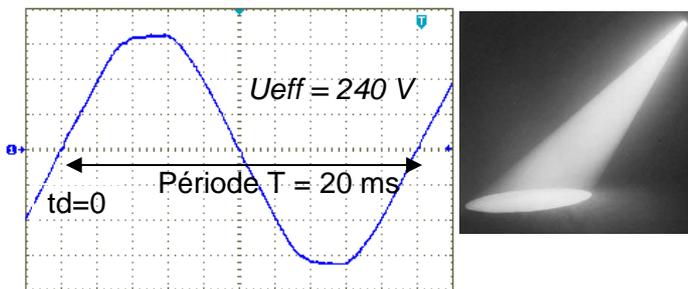


Ce découpage de la tension permet de faire varier sa valeur efficace.

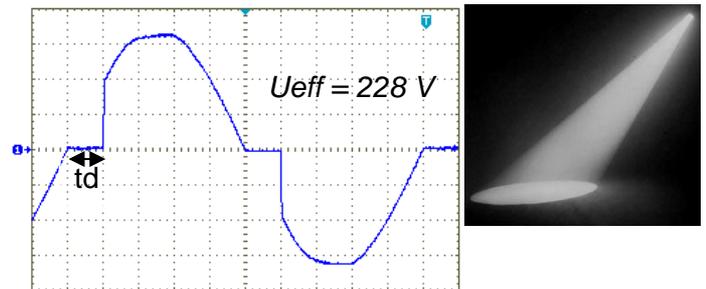
Remarque: la très faible période de découpage ( $T = 20 \text{ ms}$ ) et l'inertie thermique du filament de l'halogène rendent imperceptible à l'œil humain la variation de flux lumineux.

### Relevés réalisés à l'oscilloscope :

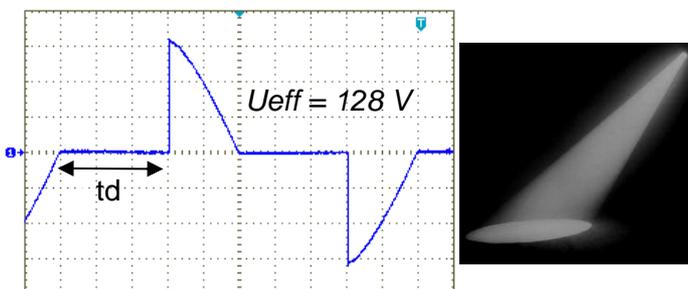
Ces relevés montrent l'évolution de la tension aux bornes du projecteur pour une consigne définie sur le contrôleur DMX (octet du canal 261). La valeur de cet octet, dépendant de la position du potentiomètre correspondant, agit directement sur le temps de découpage  $t_d$ .



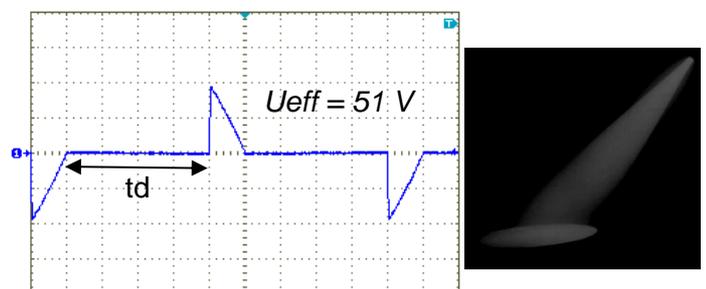
Valeur de l'octet du canal 261 :  $(255)_{10}$



Valeur de l'octet du canal 261 :  $(192)_{10}$



Valeur de l'octet du canal 261 :  $(72)_{10}$



Valeur de l'octet du canal 261 :  $(16)_{10}$

## DT12 – Les isolants

Isolation du mur en béton armé		R <sub>A</sub> * (dB)	Conductivité thermique ** (W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> )	Réaction au feu **	Énergie grise ** (kWh·m <sup>-3</sup> )
<p>Calibel ISOVER isolant laine de verre épaisseur 100 mm + une plaque de plâtre épaisseur 10 mm</p>		65	0,032	A2-s1, d0	335
<p>Placomur TH 38 isolant polystyrène expansé épaisseur 80 mm + une plaque de plâtre épaisseur 10 mm</p>		55	0,038	B-s1, d0	450
<p>Placomur ultra 32 isolant polystyrène expansé épaisseur 80 mm + une plaque de plâtre épaisseur 10 mm</p>		55	0,032	B-s1, d0	550
<p>Doublissimo 30 isolant polystyrène expansé élastifié, épaisseur 100 mm + une plaque de plâtre épaisseur 13 mm</p>		61	0,030	B-s1, d0	700

\* pour la paroi béton (épaisseur 16 cm) + isolant

\*\* pour l'isolant seul

## Correspondance entre les euroclasses et le classement M

### Classement réaction au feu

Norme NF P 92-507 : système de classement français (classement M) depuis 1983 ; abrogé par l'arrêté du 21 novembre 2002.

Norme NF EN 13501-1 : système de classement européen (euroclasses) ; mis en application par l'arrêté du 21 novembre 2002 ; indispensable pour bénéficier du marquage CE.

Les euroclasses sont codifiées de A à E en fonction de la réaction au feu ou degré d'inflammabilité des matériaux : A étant le meilleur classement

NF EN 13501-1			NF P 92-507
A1	/	/	Incombustible
A2	s1	d0	M0
A2	s1	d1	M1
	s2	d0	
	s3	d1	
B	s1	d0 d1	
	s2		
	s3		
C	s1	d0 d1	M2
	s2		
	s3		
D	s1	d0 d1	M3
	s2		M4 (non gouttant)
	s3		
E	/	d1	M4

Classes
A1 incombustible
A2 peu combustible
B combustible, contribution à l'embrassement généralisé très limité
C combustible, contribution à l'embrassement généralisé limité
D combustible, contribution à l'embrassement généralisé important
E combustible, contribution à l'embrassement généralisé très important
M0 incombustible, ininflammable
M1 combustible, ininflammable
M2 combustible, difficilement inflammable
M3 combustible, moyennement inflammable
M4 combustible, facilement inflammable

### Dégagement de fumée (noté s pour *smoke*) :

- s1 : faible quantité et vitesse
- s2 : moyenne quantité et vitesse
- s3 : haute quantité et vitesse

### Gouttelette et débris enflammé (noté d pour *droplet*) :

- d0 : aucun débris/gouttelette
- d1 : aucun débris/gouttelette avec combustion > 10 s
- d2 : ni d0 ni d1

**Combustibilité** : quantité de chaleur émise par combustion du matériau

**Inflammabilité** : quantité de gaz inflammable émise par le matériau

## DT14 – Décrets réglementation acoustique – Exposition au bruit

---

### Extrait des Décrets concernant les lieux diffusants des bruits et sons amplifiés

- **Décret n°2017-1244 du 7 août 2017** relatif à la prévention des risques liés aux bruits et aux sons amplifiés.

« Art. R. 1336-1. – I. – Les dispositions du présent chapitre s'appliquent aux lieux ouverts au public ou recevant du public, clos ou ouverts, accueillant des activités impliquant la diffusion de sons amplifiés dont le niveau sonore est supérieur à la règle d'égalité d'énergie fondée sur la valeur de 80 décibels pondérés A équivalents sur 8 heures.

« II. – L'exploitant du lieu, le producteur, le diffuseur qui dans le cadre d'un contrat a reçu la responsabilité de la sécurité du public, ou le responsable légal du lieu de l'activité qui s'y déroule, est tenu de respecter les prescriptions suivantes :

« 1° Ne dépasser, à aucun moment et en aucun endroit accessible au public, les niveaux de pression acoustique continus équivalents 102 décibels pondérés A. » [...]

- **Décret n°2006-1099 du 31 août 2006** relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le code de la santé publique (dispositions réglementaires).

« Art. R. 1334-33.– L'émergence globale dans un lieu donné est définie par la différence entre le niveau de bruit ambiant, comportant le bruit particulier en cause, et le niveau du bruit résiduel constitué par l'ensemble des bruits habituels, extérieurs et intérieurs, correspondant à l'occupation normale des locaux et au fonctionnement habituel des équipements, en l'absence du bruit particulier en cause. »

« Les valeurs limites de l'émergence sont de 5 décibels pondérés A en période diurne (de 7 heures à 22 heures) et de 3 décibels pondérés A en période nocturne (de 22 heures à 7 heures). »

[...]

## Question 1.5

Gaine	Débit volumique d'air (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )	Section droite conduite ou flexible (m <sup>2</sup> )	Vitesse air (m.s <sup>-1</sup> )	Conformité (oui/non)
Conduite 1	5 400	0,700 x 0,700 = 0,490	3,06	
Conduite 2		0,700 x 0,550 = 0,385	2,92	oui
Conduite 3	2 700		2,68	oui
Conduite 4	1 350	0,400 x 0,400 = 0,160		oui
Flexible isophonique Ø = 300 mm	1 350			

Justification de l'isolation phonique :

## Question 1.6 – Bilan énergétique (pour une température de la grande salle de 21 °C) (on néglige les pertes par effet Joule dans l'exploitation de l'éclairage et des machines)

Activité grande salle	Déperditions thermiques (W)	Apports thermiques (W)			Bilan thermique (W)	Besoin : chauffage ou rafraîchissement
		Éclairage scénique	Machines	Spectateurs		
Salle sans concert (inoccupée)	- 4 396	0	0	0	- 4 396	Chauffage
Salle avec concert (capacité maximale)	- 4 396					

Calcul de l'apport thermique pour 600 personnes :

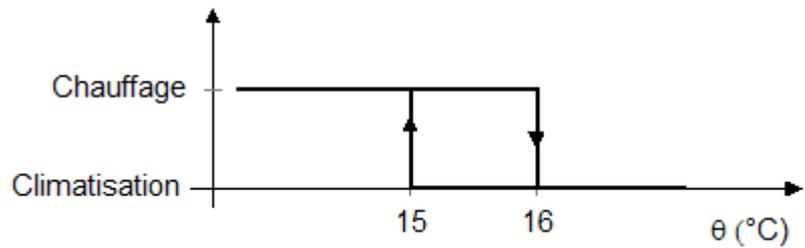
# Document Réponse – DR2

## Question 1.7 – Algorithme pour le basculement chauffage-climatisation

On prendra les noms de variables suivants :

- a = 1 : température\* ≤ 15 °C
- b = 1 : température\* ≥ 16 °C
- c = 1 : 15°C < température\* < 16 °C
- d = 1 : chauffage en marche
- e = 1 : climatisation en marche

= 0 si la condition est fausse

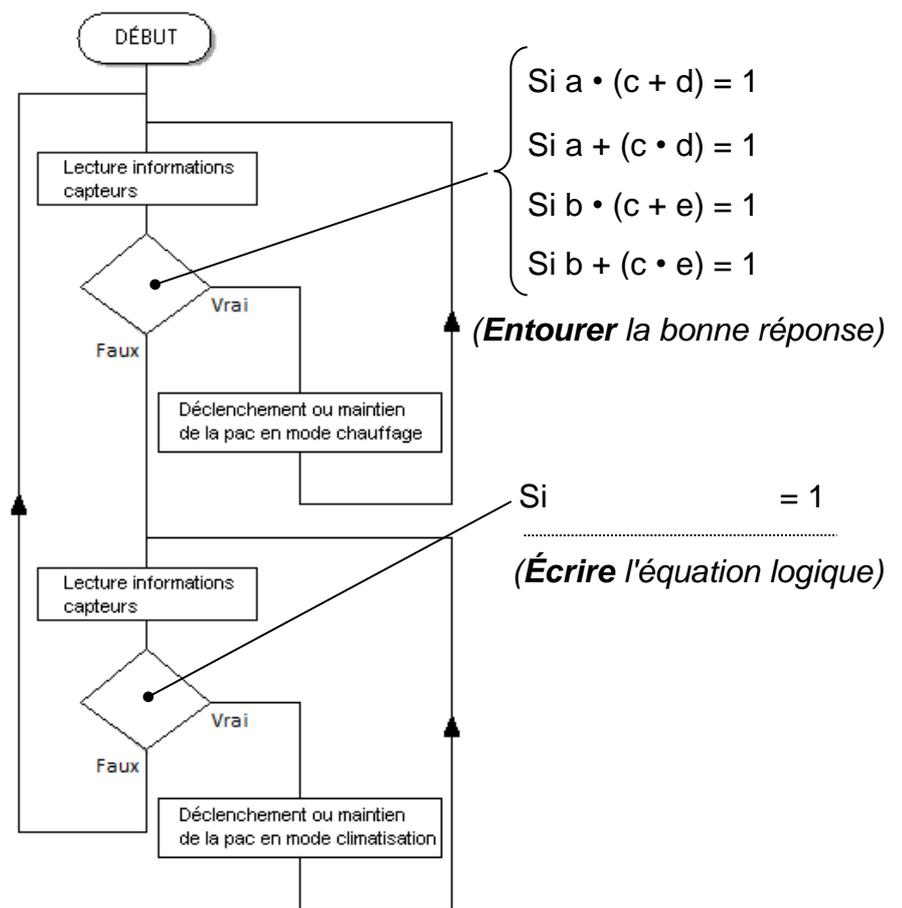


Rappel : l'opérateur ET se note •  
l'opérateur OU se note +

Cet algorithme doit répondre aux conditions suivantes :

- la première condition est vraie si la température\* est inférieure ou égale à 15 °C ou si la température\* est comprise entre 15 °C et 16 °C et que le chauffage est déjà en marche ;

- la deuxième condition est vraie si la température\* est supérieure ou égale à 16 °C ou si la température\* est comprise entre 15 °C et 16 °C et que la climatisation est déjà en marche.

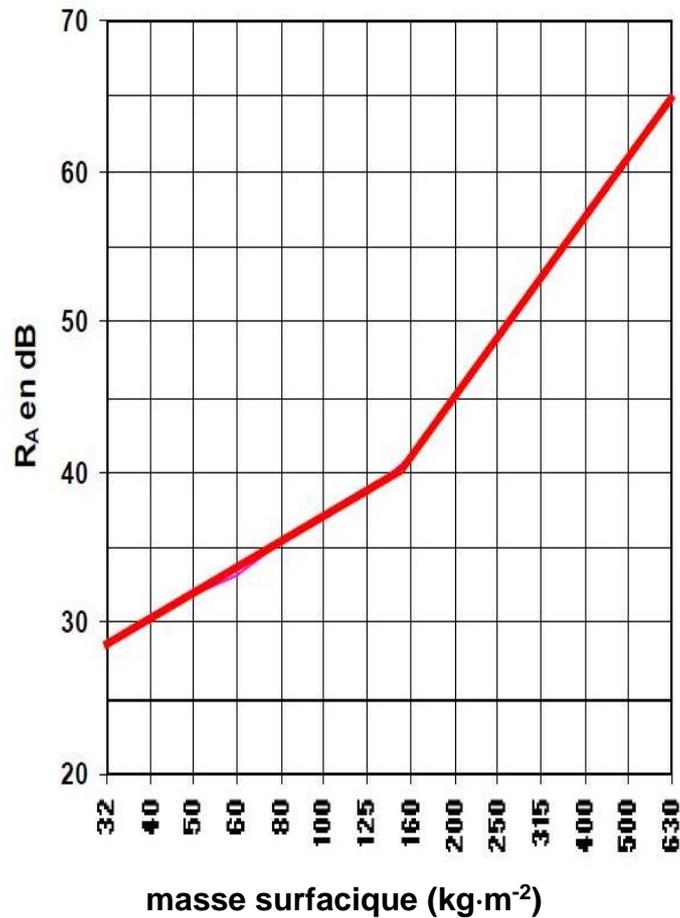


\* La température évoquée est celle de l'air en entrée de l'élément repéré Bd<sub>1</sub> sur le DT5 (sa valeur est proche de la température d'entrée repérée 3 sur le DT5).

Remarque : pour simplifier, cet algorithme ne prend en compte que le régime établi du fonctionnement de la PAC (démarrage exclu pour la température de l'air en entrée de l'élément repéré Bd<sub>1</sub> comprise entre 15 et 16 °C).

## Question 1.10 – Détermination de l'épaisseur de la paroi

Évolution de l'indice d'affaiblissement acoustique  $R_A$  d'une paroi simple en fonction de la masse surfacique de la paroi



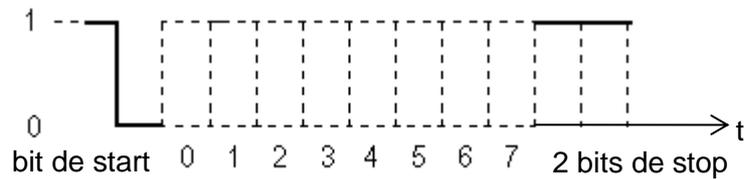
Masse surfacique de la paroi :

Calcul de l'épaisseur de la paroi :

# Document Réponse – DR4

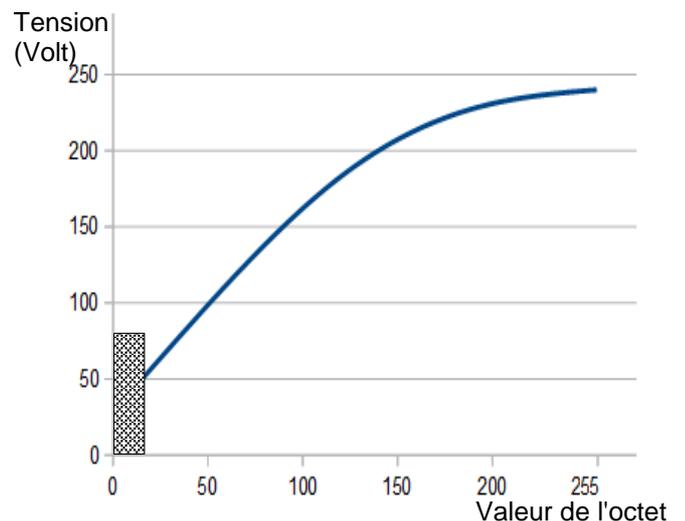
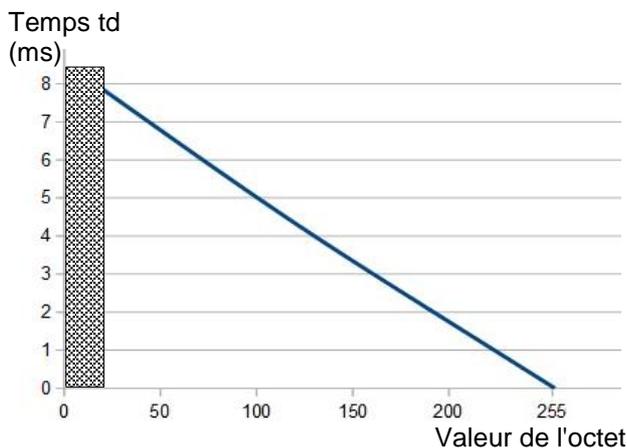
## Question 1.20 – Canal 261 de la trame DMX pour la valeur 100<sub>(10)</sub>

$$100_{(10)} = ?_{(2)}$$



## Question 1.21 – Gradateur et projecteurs utilisés dans l'exemple de la scène

Les caractéristiques ci-dessous représentent le temps de découpage ( $t_d$ ) de la tension et la valeur efficace de la tension aux bornes du projecteur en fonction de la valeur de l'octet du canal 261.



Temps  $t_d$  pour une valeur d'octet de 100

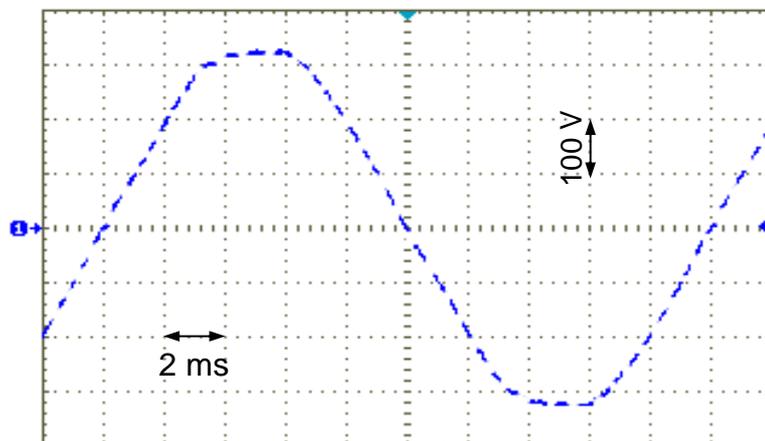
$t_d =$

Valeur efficace de la tension pour une valeur d'octet de 100

Valeur efficace =

La lumière émise dans cette zone n'est pas visible.

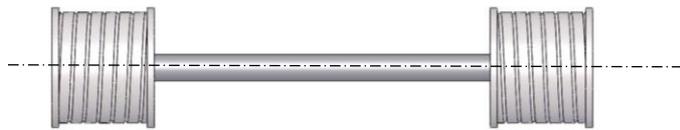
## Allure de la tension d'alimentation du projecteur pour une valeur d'octet de 100<sub>(10)</sub>.



Remarque : la base temps de cet oscillogramme est de 2 ms par division, comme indiqué ci-contre.

## Question 2.3

Maquette de l'installation (les proportions entre tambours, porteuse et hauteur de levage ainsi que le pas des rainures hélicoïdales sur les tambours sont différents de l'installation étudiée).



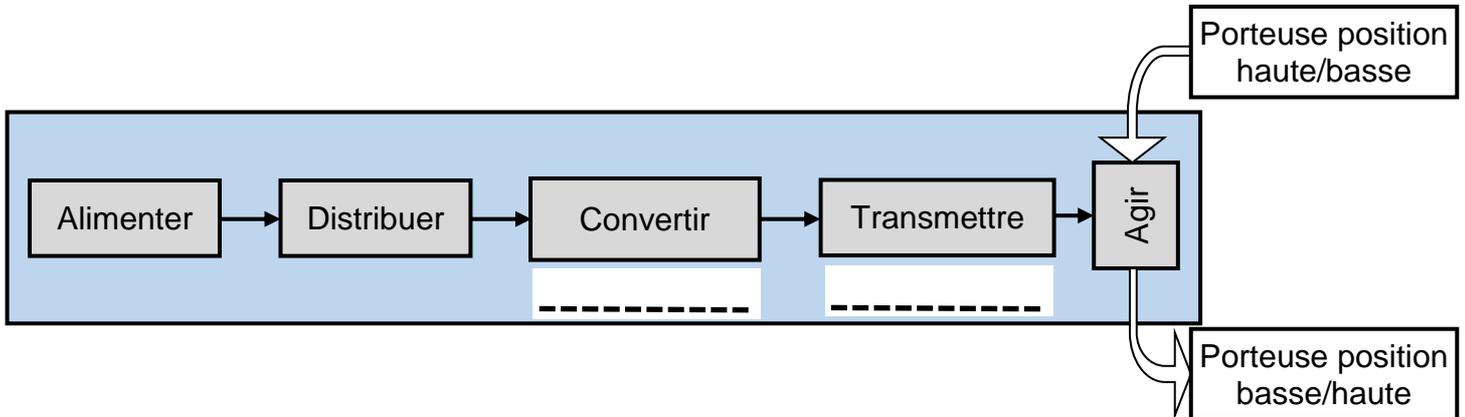
## Équilibre de la porteuse

Porteuse en position basse pour la solution 2 (tambours pas gauche/droite).



## Document Réponse – DR6

### Question 2.7 – Chaîne d'énergie de la motorisation de la porteuse



### Question 2.8 – Choix du réducteur

Moteur (valeurs nominales)			Réducteur à prévoir		Arbre sortie réducteur		Porteuse	
Puissance (W)	Vitesse (tr·min <sup>-1</sup> )	Couple (N·m)	Rapport de réduction	rendement	Vitesse (tr·min <sup>-1</sup> )	Couple (N·m)	Charge (N)	Vitesse (m·s <sup>-1</sup> )
1500	1395	10,3		0,96	21	470	5230	0,2

Relation de calcul pour la vitesse de la porteuse :

$$V = \frac{D}{2} \left( \frac{\pi N}{30} \right)$$

Avec  $V$  : la vitesse de la porteuse (m·s<sup>-1</sup>) ;

$D$  : le diamètre d'enroulement du câble sur le tambour (m) ;

$N$  : la vitesse de rotation du tambour (tr·min<sup>-1</sup>).

Calculs et justification du rapport de réduction :