

SESSION 2026

CAPET
CONCOURS EXTERNE ET CAFEP CORRESPONDANT
ET TROISIEME CONCOURS

Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR

Option : INGÉNIERIE DES CONSTRUCTIONS

ÉPREUVE ÉCRITE DISCIPLINAIRE

L'épreuve, spécifique à l'option choisie, porte sur l'étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation. Elle a pour but de vérifier que le candidat est capable, à partir de l'exploitation d'un dossier technique remis par le jury, de conduire une analyse critique de solutions technologiques et de mobiliser ses connaissances scientifiques et technologiques pour élaborer et exploiter les modèles de comportement permettant de quantifier les performances d'un système ou d'un processus lié à la spécialité et définir des solutions technologiques

Durée : 5 heures

Calculatrice autorisée selon les modalités de la circulaire du 17 juin 2021 publiée au BOEN du 29 juillet 2021.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Il appartient au candidat de vérifier qu'il a reçu un sujet complet et correspondant à l'épreuve à laquelle il se présente.

Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier. Le fait de rendre une copie blanche est éliminatoire.

Tournez la page S.V.P.

A

INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► **Troisième concours externe du CAPET de l'enseignement public :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
E D V	1 4 1 1 E	1 0 1	9 3 1 1

Définition de l'épreuve

L'épreuve, spécifique à l'option choisie, porte sur l'étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation.

Elle a pour but de vérifier que le candidat est capable, à partir de l'exploitation d'un dossier technique remis par le jury, de conduire une analyse critique de solutions technologiques et de mobiliser ses connaissances scientifiques et technologiques pour élaborer et exploiter les modèles de comportement permettant de quantifier les performances d'un système ou d'un processus lié à la spécialité et définir des solutions technologiques.

Conseils aux candidats

Il est demandé aux candidats :

- de rédiger les réponses aux différentes parties sur des feuilles de copie séparées et clairement repérées ;
- de numéroter chaque feuille de copie et indiquer le numéro de la question traitée ;
- de rendre tous les documents réponses, même non complétés ;
- d'utiliser exclusivement les notations indiquées dans le sujet lors de la rédaction des réponses ;
- de justifier clairement les réponses ;
- d'encadrer ou souligner les résultats ;
- de présenter lisiblement les applications numériques, sans omettre les unités, après avoir explicité les expressions littérales des calculs ;
- de formuler les hypothèses nécessaires à la résolution des problèmes posés si celles-ci ne sont pas indiquées dans le sujet.

Sommaire

	Page
Sommaire	1
Présentation du support d'étude	2
Partie A	3
Partie B	4
Partie C	5
Partie D	6
Partie E	7

Toutes les études sont indépendantes.

Présentation du support d'étude

Rénovation d'un collège



Un collège construit initialement dans les années 60 nécessite une rénovation totale, ne pouvant accueillir les élèves et le personnel dans de bonnes conditions. Le maître d'ouvrage souhaite repenser entièrement les espaces afin d'améliorer les conditions de vie et de réduire les coûts de fonctionnement de l'établissement. Initialement d'un seul niveau, un étage supplémentaire est prévu afin de permettre l'accueil d'environ 400 élèves supplémentaires.

Cette rénovation doit être la plus vertueuse possible grâce à plusieurs choix techniques :

- utilisation de matériaux biosourcés comme la laine de bois pour l'isolation des murs extérieurs ;
- construction de l'élévation en ossature bois limitant ainsi le poids supplémentaire supporté par les fondations ;
- ventilation revue pour intégrer des centrales de traitement d'air double flux à haute efficacité ;
- renforcement du confort acoustique particulièrement des salles de classe et du réfectoire ;
- remplacement de la chaufferie fioul au profit d'une sous-station raccordée au réseau de chaleur urbain utilisant la biomasse comme source de chaleur ;
- construction du gymnase en ossature bois.

Le collège ainsi rénové verra ses dépenses énergétiques réduites à $45 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{an}$.

Partie A

Étude hygrothermique d'une paroi plane opaque

Dans le cadre de la rénovation énergétique, l'isolation thermique des murs est indispensable pour améliorer les performances énergétiques du collège.

Objectif : déterminer l'épaisseur d'isolant à ajouter sur les murs pour permettre une bonne isolation du collège et évaluer le risque de condensation en surface et à l'intérieur des murs.

Les murs du collège sont dépourvus d'isolation thermique. La solution retenue pour améliorer les performances énergétiques du bâtiment est d'installer un isolant en laine de bois et une plaque de plâtre (BA13) du coté intérieur des murs. Une coupe du mur étudié est fournie sur le DTA1.

Question A1 | Citer les modes de transfert de chaleur et expliquer les phénomènes physiques se créant à travers un mur lorsqu'une différence de température et d'humidité existe de part et d'autre de cette paroi.

On souhaite que la résistance thermique globale du mur soit au minimum de $5 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

Question A2 | Calculer l'épaisseur d'isolant nécessaire afin de respecter cette
DTA1 contrainte.

Pour la suite des questions, l'épaisseur de laine de bois sera de 20 cm. La résistance thermique globale du mur est alors de $6,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

Question A3 | Calculer les températures aux faces et interfaces du mur. Compléter le
DTA1, DRA1 document réponse DRA1.

Question A4 | Calculer les pressions de vapeur saturante (P_{vs}) aux faces et interfaces
DTA1, DRA1 du mur. Compléter le document réponse DRA1. Tracer l'évolution des pressions sur le document réponse DRA1.

Question A5 | Calculer la résistance à la diffusion (R_d) de vapeur de la paroi et le flux
DTA1, DRA1 surfacique (g) de vapeur le traversant. Calculer les différentes pressions partielles de vapeur (P_v) aux faces et interfaces de la paroi. Compléter le document réponse DRA1. Tracer l'évolution de ces pressions partielles de vapeur (P_v) sur le document réponse DRA1.

Question A6 | Conclure sur le risque de condensation en surface et à l'intérieur du mur.
DRA1 Repérer sur le document réponse DRA1 la zone de condensation. Indiquer les modifications à apporter afin d'écartier le risque de condensation.

Question A7 | Préciser les conséquences éventuelles d'un défaut d'étanchéité des
parois extérieurs du collège. Indiquer les moyens possibles pour contrôler cette étanchéité.

Partie B

Étude acoustique

Objectif : vérifier les choix techniques permettant d'assurer la correction acoustique d'une classe et l'isolement acoustique de celle-ci avec la salle contiguë.

Dans un établissement scolaire secondaire, les activités dans les différentes salles de classes peuvent engendrer des gênes acoustiques pour les élèves. L'étude porte sur deux salles de classes contiguës, séparées par une simple cloison (voir DTB1).

Correction acoustique de la salle de musique

La réglementation (arrêté du 25 avril 2003) indique qu'une salle de classe doit présenter un temps de réverbération compris entre 0,4 et 0,8 s. Ce temps de réverbération est obtenu normalement meublé et non occupé. Le calcul du temps de réverbération est réalisé pour une bande d'octave centrée sur 1 000 Hz.

Question B1 | Définir la notion de temps de réverbération. Justifier l'importance d'assurer un temps de réverbération maîtrisé dans la salle de musique.

Question B2
DTB1, DTB2
DRB1 | Justifier, calculs à l'appui, que les revêtements utilisés dans la salle de musique permettent de respecter la réglementation. Compléter le document réponse DRB1.

Isolement acoustique entre la salle de musique et la salle de technologie

La réglementation (arrêté du 25 avril 2003) indique que l'isolement acoustique standardisé pondéré D_{nTA} entre locaux doit être supérieur ou égal à 53 dB. La cloison séparatrice entre les deux salles de classe est de type 120/70 : composée de 2 plaques de BA13 de part et d'autre et d'un remplissage de laine de verre de 70 mm. La porte installée sur cette cloison présente un indice d'affaiblissement acoustique $[R_w+C]$ égal à 40 dB.

On considère que le local émetteur du bruit est la salle de musique. La salle de technologie est donc le local récepteur.

Question B3 | Expliquer, schéma à l'appui, les propagations acoustiques entre les deux salles de classe.

Question B4 | Après avoir défini la loi des masses et la notion de fréquence critique, justifier la nécessité d'utiliser une paroi composée de plusieurs matériaux pour permettre un bon isolement acoustique entre deux locaux.

Question B5
DTB1, DTB2 | Calculer l'indice d'affaiblissement acoustique $[R_w+C]$ de la paroi séparant les deux salles de classe. Conclure sur le résultat obtenu.

Question B6 | La porte de communication entre les deux salles de classe est équipée d'un seuil et de joints d'étanchéité. Expliquer les raisons du choix d'une telle porte sur cette cloison.

Question B7 | Proposer une autre solution d'isolement acoustique entre ces deux salles de classes sans avoir recours à une cloison spécifique. Préciser les avantages et les inconvénients de cette alternative.

Tournez la page S.V.P.

Partie C

Étude économique

Le coût global de l'opération de rénovation du collège est d'environ 22 M€ TTC. Le terrain est essentiellement composé d'argiles. Les fondations doivent être repensées ou consolidées tenant compte de l'élévation prévue dans le projet.

Objectif : évaluer l'impact de sol composé d'argiles sur le budget de construction et la conséquence sur les choix techniques possibles.

- | | |
|----------------------------|---|
| Question C1 | Expliquer en quoi la nature du terrain présente une contrainte supplémentaire pour la construction du bâtiment. Détailler les conséquences d'une construction « standard » n'ayant pas pris en compte la nature du terrain. |
| Question C2
DTC1 | Calculer le nouveau coût prévisionnel du projet en intégrant les adaptations géotechniques (fondations spéciales, réseaux renforcés, études complémentaires). |
| Question C3
DTC1 | Déterminer le surcoût absolu et relatif (en %) par rapport au projet « standard » de 22 M€.
Comparer ce surcoût immédiat avec les coûts estimés des réparations futures en cas d'absence de fondations adaptées, en intégrant une perspective temporelle (horizon : 10 ans). |
| Question C4 | Justifier économiquement l'intérêt d'investir dans des solutions techniques dès la phase de conception, en mobilisant les notions de coût évité, de gestion du risque, et de continuité du service public d'éducation. |
| Question C5 | Expliquer la notion de coût global dans la commande publique (investissement initial + maintenance + risques + externalités).
Montrer en quoi elle diffère d'une approche limitée au seul coût initial. |
| Question C6 | Proposer une méthodologie de hiérarchisation des choix techniques en intégrant les critères financiers (coût initial, coût global), les critères techniques (sécurité, durabilité des ouvrages) et les critères socio-économiques (impact sur la continuité du service, acceptabilité pour les usagers, responsabilité du maître d'ouvrage). |
| Question C7 | Proposer et justifier des indicateurs de performance économique spécifiquement adaptés au projet de rénovation du collège permettant d'évaluer la pertinence des solutions de fondations retenues sur l'ensemble du cycle de vie de l'ouvrage.

Préciser en quoi ces indicateurs aident le maître d'ouvrage à arbitrer entre plusieurs solutions techniques (fondations superficielles renforcées, fondations profondes, radier, etc.) en tenant compte : <ul style="list-style-type: none">- des contraintes géotechniques liées à la nature argileuse du sol,- des impacts budgétaires à court et long terme,- et de la continuité du service public d'éducation. |

Partie D

Dimensionnement d'une ferme de charpente

La charpente du gymnase du collège est constituée de poutres sous-tendues espacées tous les 3,60 m. Elles sont composées d'arbalétriers en bois GL36h avec un faîtage au milieu, de diagonales en bois et de barres sous-tendues réalisées à l'aide d'un profilé métallique circulaire. La couverture est réalisée à l'aide de bacs acier nervurés reposant sur les pannes en bois C24.

Objectif : choisir et justifier le choix du profilé adapté aux barres sous-tendues.

L'étude porte sur une poutre sous-tendue. Après simplification, elle est modélisée telle que le DTD1 le montre.

- | | |
|----------------------------------|--|
| Question D1
DTD1 | Justifier la raison principale qui a conduit le bureau d'études à choisir des poutres en lamellé-collé pour ce projet. |
| Question D2
DTD1 | Indiquer ce que représentent « GL36h » et « C24 » pour les éléments en bois, et « S235 » pour les éléments en acier |
| Question D3 | Lister les différentes charges reprises par une ferme. Classer ces charges par famille selon l'Eurocode 1. Préciser le nom de ces familles et leur symbole. |
| Question D4
DTD1 | Calculer les degrés d'hyperstaticité externe et interne de la poutre étudiée. Conclure. |
| Question D5
DTD1 | Calculer les actions de liaison extérieures en A et en B. |
| Question D6
DTD1 | Calculer l'effort repris par les barres (AE) et (AC). En déduire leur mode de sollicitation. |
| Question D7
DTD1 | Calculer l'effort repris par la barre (CD). En déduire son mode de sollicitation. |
| Question D8
DTD1, DTD2 | Calculer l'aire de la section nécessaire pour les barres sous-tendues. Choisir à partir de l'extrait de la documentation constructeur le profilé adapté aux barres sous-tendues. |
| Question D9
DTD1, DTD2 | Justifier, calculs à l'appui, les raisons pour lesquelles les barres sous-tendues ne pouvaient pas être réalisées comme le reste de la charpente en bois GL36h de 14 cm d'épaisseur. |

Tournez la page S.V.P.

Étude hydraulique

Le projet prévoit le chauffage du bâtiment scolaire (radiateurs, panneaux rayonnants et batteries chaudes de CTA) via une sous-station reliée au réseau de chaleur urbain de la ville. Le choix des éléments hydrauliques de cette sous-station est primordial pour un fonctionnement optimum.

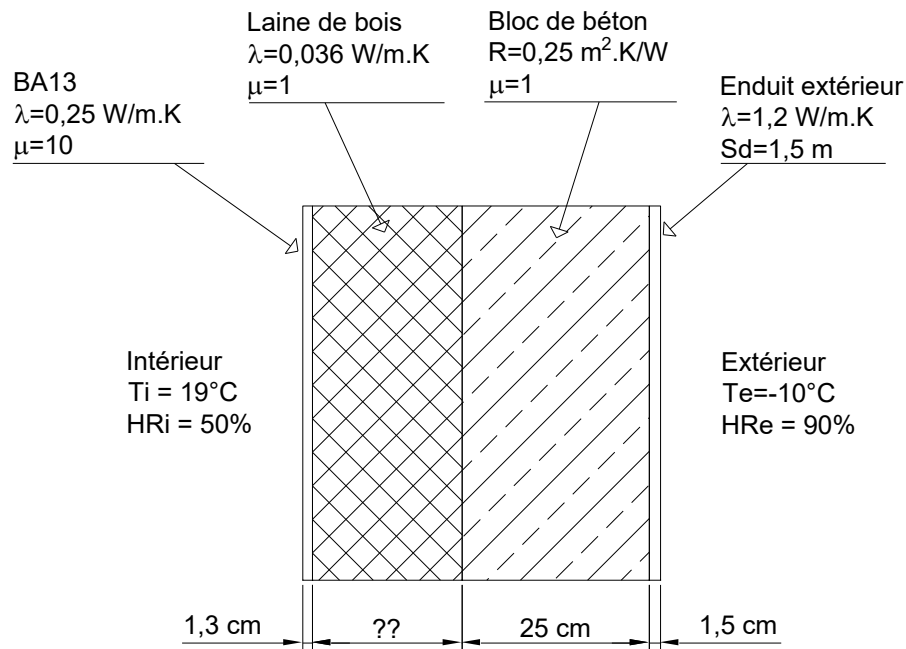
Objectif : déterminer les caractéristiques et les équipements nécessaires à la régulation du réseau de chaleur alimentant le collège.

Le schéma de principe simplifié de la sous-station (voir DTE1) montre les éléments essentiels de l'installation.

- | | |
|---|---|
| Question E1
DTE1 | Indiquer les noms et fonctions des éléments repérés 1, 2, 3, 4 et 5 sur le schéma de principe. Expliquer pourquoi l'appareil 5 est raccordé à deux autres éléments. |
| Question E2
DTE1, DTE2,
DTE3, DTE4 | Expliquer pourquoi le CCTP impose le respect de deux paramètres pour le choix des canalisations : vitesse et perte de charge. Vérifier que le diamètre de la canalisation du réseau primaire (entre l'échangeur et la bouteille de mélange) respecte le CCTP. |
| Question E3
DTE1, DTE2,
DTE4, DTE5 | Expliquer pourquoi le CCTP impose que les pompes du type « pompe double et fonctionnement en pression constante ». Choisir la pompe hydraulique la plus adaptée pour le réseau secondaire n°1. Détailler les critères qui ont permis ce choix. Déterminer le rendement global de la pompe choisie au point de fonctionnement. |
| Question E4
DTE1, DTE4,
DTE6 | Expliquer les raisons pour lesquelles il est important d'équilibrer les réseaux 1A et 1B. Déterminer le réglage des vannes d'équilibrage des réseaux 1A et 1B dont le diamètre est identique aux tuyaux sur lesquels elles sont placées. |
| Question E5
DTE1 | Expliquer comment le réseau 1 peut être régulé. Indiquer les grandeurs mesurées et réglées. Réaliser un schéma de principe de la régulation. |
| Question E6
DTE1 | Proposer une alternative afin de rendre les sous-réseaux 1A et 1B indépendants l'un de l'autre. Préciser les avantages et les inconvénients de cette alternative. |

DOCUMENT TECHNIQUE DTA1

Coupe du mur



Résistances superficielles intérieures et extérieures

Paroi donnant sur :		R_{si} ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)	$R_{se}^{(1)}$ ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)
- l'extérieur - un passage ouvert - un local ouvert ⁽²⁾			
PAROI VERTICALE	Flux horizontal	0,13	0,04
PAROI HORIZONTALE (ou si inclinaison < 60°)	Flux ascendant	0,10	0,04
	Flux descendant	0,17	0,04

(1) Si la paroi donne sur un autre local non chauffé, un comble ou un vide sanitaire, R_{si} s'applique des deux côtés.

(2) Un local est dit ouvert si le rapport de la surface totale de ses ouvertures permanentes sur l'extérieur, à son volume, est égal ou supérieur à $0,005 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Ce peut être le cas par exemple, d'une circulation à l'air libre, pour des raisons de sécurité ou d'incendie.

Hygrothermie - Rappels des formules

π : coefficient de perméabilité à la vapeur d'eau ($\text{kg/m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$) ; $\pi_{\text{air}} = 1,9 \cdot 10^{-10} \text{ kg/m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$

μ : facteur de la résistance à la diffusion de la vapeur d'eau d'un matériau i : $\mu = \frac{\pi_{\text{air}}}{\pi_i}$

Sd : épaisseur (en m) de la couche d'air équivalente à la diffusion de vapeur d'eau du matériau i . $Sd_i = \mu_i \cdot e_i$ (e_i : épaisseur du matériau i).

Rd : résistance à la diffusion de vapeur du matériau i (en $\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{s/kg}$) : $Rd_i = \frac{e_i}{\pi_i} = \frac{Sd_i}{\pi_{\text{air}}}$

g : flux surfacique de vapeur d'eau ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$) à travers une paroi : $g = \frac{\Delta P_v}{\sum Rd}$

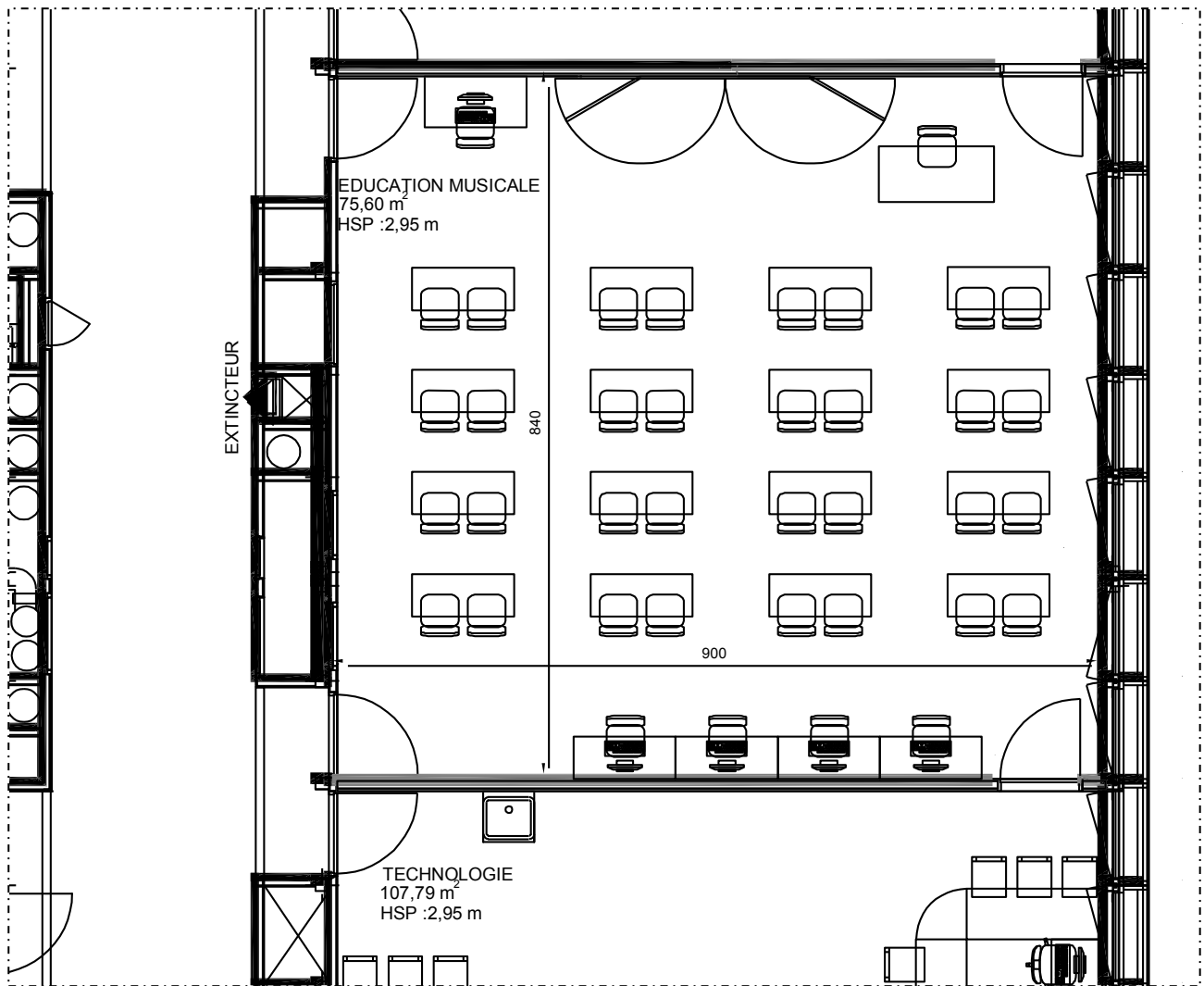
Humidité relative de l'air (en %) : $HR = \frac{P_v}{P_{vs}} \times 100$ (P_v : Pression partielle de vapeur)

Modélisation de la pression de vapeur saturante (P_{vs}) en fonction de la température

Si $T \leq 0^\circ\text{C}$: $\text{Log}(P_{vs}) = \frac{9,5 \cdot T}{265,5 + T} + 2,78571$ P_{vs} en Pa

Si $T > 0^\circ\text{C}$: $\text{Log}(P_{vs}) = \frac{7,5 \cdot T}{237,3 + T} + 2,78571$ T en $^\circ\text{C}$

Plan de la salle de musique



Caractéristiques des surfaces des matériaux utilisés dans la salle de musique

- Le sol est recouvert d'un sol souple collé sur une dalle béton.
- Le sol souple remonte sur les murs en plinthe de 7 cm de hauteur.
- Dimensions d'une fenêtre : 1 032 × 1 900 (mm).
- Dimensions d'une porte : 1 000 × 2 300 (mm).
- Le plafond est constitué de dalles de faux plafonds acoustique.
- Les luminaires plafonniers représentent 9% de la surface du plafond.
- Les murs sont recouverts de plaques de plâtre peintes.
- Coefficient d'absorption (α) ou aire d'absorption (A_{eq}) :

	à 1 000 Hz		à 1 000 Hz
Fenêtre bois	$\alpha = 0,12$	Linoleum collé	$\alpha = 0,05$
Porte bois	$\alpha = 0,10$	Dalle faux plafond acoustique	$\alpha = 0,70$
Plaque de plâtre peinte	$\alpha = 0,04$	Luminaires	$\alpha = 0,02$
Rideaux	$\alpha = 0,50$	1 Table en bois vernis	$A_{eq} = 0,08 \text{ m}^2$
Tableau blanc	$\alpha = 0,02$	1 Chaise standard en bois	$A_{eq} = 0,02 \text{ m}^2$

DOCUMENT TECHNIQUE DTB2

Correction acoustique

Temps de réverbération (s) : $Tr = \frac{0,16 \cdot V}{A_{eq}}$ V : volume de la pièce (m³)
 A_{eq} : Aire d'absorption équivalente (m²)

Isolement acoustique entre deux locaux

L'indice d'isolement acoustique standardisé aux bruits aériens entre locaux est calculé grâce à la formule suivante :

$[R_w + C]$: Indice d'affaiblissement acoustique (dB).
 D_{nTA} : indice d'isolement acoustique standardisé (dB).
 V : Volume de la pièce réceptrice du bruit (m³).
 S : surface de la paroi séparatrice commune (m²).

$$D_{nTA} = [R_w + C] + 10 \cdot \log\left(\frac{0,32 \cdot V}{S}\right)$$

Indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi composée de plusieurs matériaux

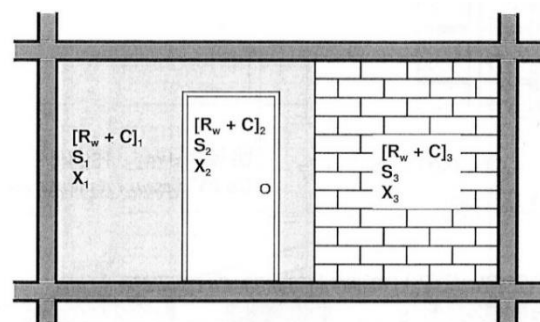
① : Pour chaque élément « i » : $X_i = S_i \cdot 10^{-\frac{[R_w + C]_i}{10}}$

② : Pour l'ensemble : $X = \sum_i X_i$ et $S = \sum_i S_i$

③ : Indice global : $[R_w + C]_{global} = 10 \cdot \log\left(\frac{S}{X}\right)$

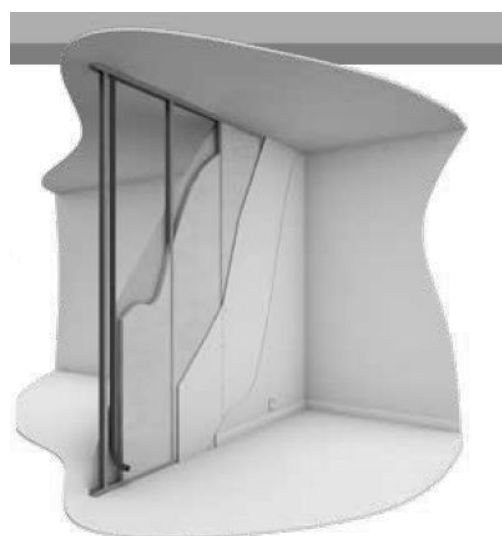
X représente la diminution de puissance acoustique (en W) due à la paroi ou l'élément de paroi.

S représente la surface (en m²) de la paroi ou de l'élément de paroi



Documentation technique de la cloison de séparation des deux salles de classe

	Avec laine de verre en dB		Sans isolant en dB	
	$R_w(C; C_{tr})$	R_A	$R_w(C; C_{tr})$	R_A
Cloison 98/48 : 2 BA13 + PAR Pro 45 mm + 2 BA13	51(-4; -11)	47	42(-2; -7)	40
Cloison 120/70 : 2 BA13 + PAR 70 mm + 2 BA13	52(-2; -7)	50	44(-2; -7)	42
Cloison 140/90 : 2 BA13 + PAR 85 mm + 2 BA13	53(-2; -6)	51	46(-1; -6)	45
Cloison 72/36 : BA18 + PAR 30 mm + BA18	44(-3; -8)	41	37(-2; -5)	35
Cloison 84/48 : BA18 + PAR Pro 45 mm + BA18	44(-2; -7)	42	38(-2; -5)	36
Cloison 98/62 : BA18 + PAR Pro 60 mm + BA18	47(-2; -7)	45	38(-1; -5)	37
Cloison 100/70 : BA15 + PAR 70 mm + BA15	46(-3; -9)	43	39(-2; -7)	37
Cloison 120/90 : BA15 + PAR 70 mm + BA15	47(-3; -7)	44	39(-2; -7)	37
Cloison 98/48 : Duo'Tech25 + PAR Pro 45 mm + Duo'Tech25	57(-2; -7)	55		



Tournez la page S.V.P.

DOCUMENT TECHNIQUE DTC1

Répartition indicative des coûts d'un collège « standard » (22 M€)

Poste	Montant (M€)	Part (%)
Études + MOE	2,0	9 %
Fondations + VRD	3,0	14 %
Gros œuvre	6,0	27 %
Corps d'état techniques	5,0	23 %
Corps d'état secondaires	4,5	20 %
Mobilier / divers	1,5	7 %
Total	22,0	100 %

Surcoût lié à la zone argileuse

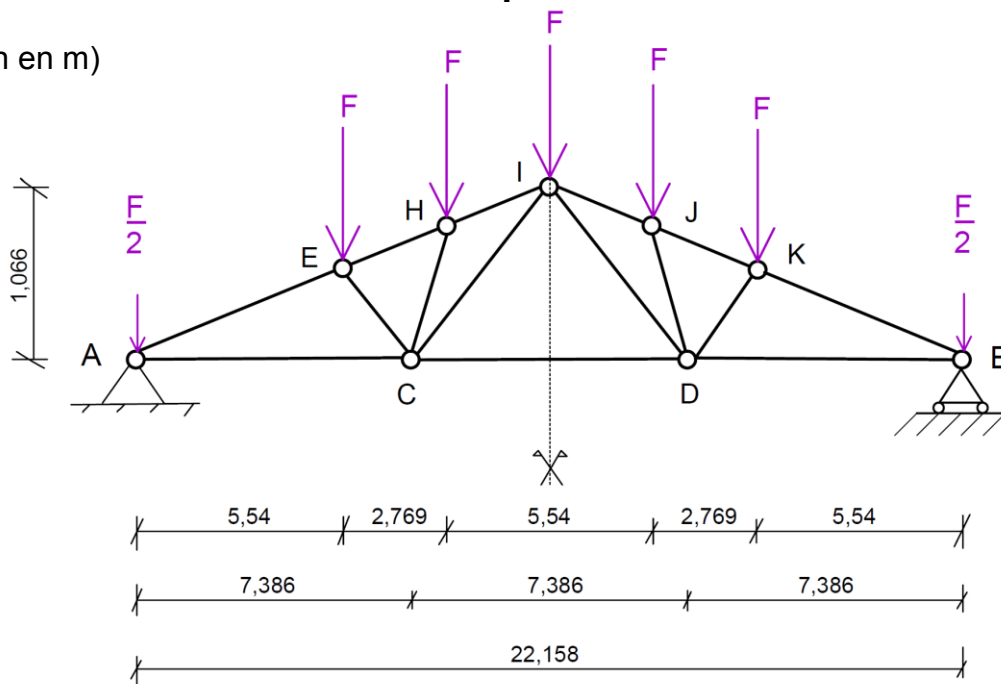
- Fondations spéciales : +15 % par rapport au poste « fondations + VRD ».
- Réseaux renforcés et drainage périphérique : +10 % sur ce poste également.
- Études géotechniques complémentaires (G2 AVP + G2 PRO) : +0,2 M€.

Coût des sinistres potentiels (si pas de fondations adaptées)

- Réparations structurelles estimées : 2,5 M€ à 3,0 M€.
- Durée des travaux : 1 an.

Modélisation de la poutre sous-tendue

(cotation en m)



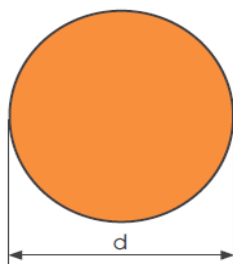
Hypothèses

- Toutes les barres de la poutre sous-tendue sont considérées comme biarticulées (articulation parfaite à chaque extrémité, masse négligeable).
- Toutes les barres sont rectilignes.
- Les nœuds A, E, H et I sont alignés.
- Les nœuds B, K, J et I sont alignés.
- Les nœuds A, C, D et B sont alignés horizontalement.
- Les barres (AC), (CD) et (DB) sont réalisées en acier de nuance S235. Toutes les autres barres sont en bois GL36h de 14 cm d'épaisseur (classe de service 1, classe de durée de chargement P).
- $F = 70$ kN.
- La poutre est articulée en A sur un voile.
- La poutre est simplement appuyée en B sur un poteau.

Extrait de la documentation constructeur (NF Acier)

Ronds laminés à chaud

Dimensions: EN 10060:2003
Tolérances: EN 10060:2003
Etat de surface: conforme à ISO 9443:2018, classe B



Désignation	Diamètre	Surface	EN 10025-2:2019
G kg/m	d mm	A cm ²	

R 90	49,9	90	63,6	✓
R 100	61,7	100	78,5	✓
R 110	74,6	110	95,0	✓
R 120	88,8	120	113,1	✓
R 130	104,2	130	132,7	✓
R 140	120,8	140	153,9	✓
R 150	138,7	150	176,7	✓

Tournez la page S.V.P.

Extrait de l'Eurocode 3

- En flexion simple

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \text{ avec } M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M_0}} \text{ pour les sections transversales de classes 1 et 2}$$

($\gamma_{M_0} = 1$).

- En traction simple

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \text{ avec } N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M_0}} \text{ en section brute } (\gamma_{M_0} = 1).$$

Extrait de l'Eurocode 5

- Valeurs caractéristiques

Caractéristiques	Symbole	GL24h	GL28h	GL32h	GL36h	GL24c	GL28c	GL32c	GL36h
Propriétés de résistance en N/mm²									
Flexion	$f_{m,k}$	24	28	32	36	24	28	32	36
Traction axiale	$f_{t,0,k}$	16,5	19,5	22,5	26	14	16,5	19,5	22,5
Traction transversale	$f_{t,90,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6	0,35	0,4	0,45	0,5
Compression axiale	$f_{c,0,k}$	24	26,5	29	31	21	24	26,5	29
Compression transversale	$f_{c,90,k}$	2,7	3	3,3	3,6	2,4	2,7	3	3,3
Cisaillement	$f_{v,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3	2,2	2,7	3,2	3,8

- Facteur de correction des valeurs caractéristiques, k_{mod}

k_{mod}		Classe de durée de chargement				
Matériau	Classe de service	P	LT	MT	CT	I
BM, BLC, LVL	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
	2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
	3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90
OSB/2 OSB/3, OSB/4 OSB/3, OSB/4	1	0.30	0.45	0.65	0.85	1.10
	2	0.40	0.50	0.70	0.90	1.10
	3	0.30	0.40	0.55	0.70	0.90

- Coefficient partiel de sécurité à l'ELU : γ_M

États limites ultimes	γ_M
— combinaisons fondamentales :	
bois massif	1,3
bois lamellé collé	1,25

- En flexion simple

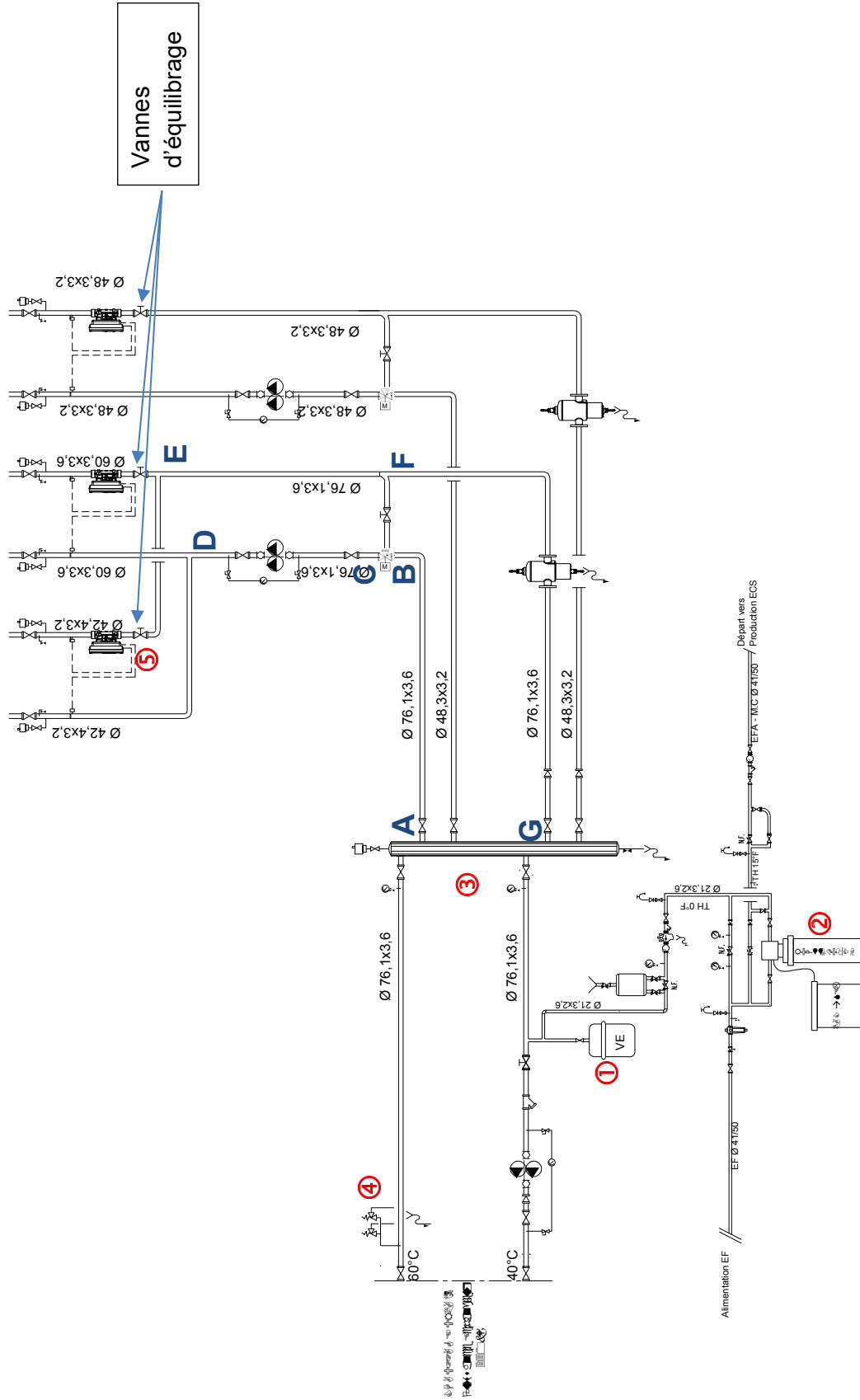
$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \text{ avec } f_{m,d} = \frac{k_{mod} \times k_h}{\gamma_M} \times f_{m,k}$$

- En traction simple

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1 \text{ avec } f_{t,0,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \times f_{t,0,k}$$

DOCUMENT TECHNIQUE DTE1

<p>T° 60/40°C RESEAU N°1A DEMI-PENSION / RADIATEUR Qv = 1,5 m³/h</p>	<p>T° 60/40°C RESEAU N°1B DEMI-PENSION / CTA Qv = 5 m³/h</p>	<p>T° 60/40°C RESEAU N°2 EXTERNAT RADIATEURS / CTA Qv = 3,00 m³/h</p>
--	--	---



Extraits du CCTP CVC

2.1 PRINCIPES GENERAUX

La distribution intérieure est en tube acier. Parcours en volume chauffé, en gaines techniques, en faux plafonds et en vide sanitaire pour le préchauffage de l'amenée d'air de compensation cuisine exclusivement.

Régulation centrale par vannes trois voies en fonction de la température extérieure (loi de chauffage)

L'émission de chaleur est assurée selon les locaux par :

- ✓ des radiateurs régulés par robinets thermostatiques sur chaque radiateur.
- ✓ des panneaux rayonnants dans les salles de sport régulés par des vannes 2 voies raccordées à une mesure de la température radiative dans chaque local.
- ✓ des batteries chaude CTA régulées par un vanne 2 voies raccordée à la mesure de la température d'air soufflé sur chaque CTA.

[...]

2.2.4 Dimensionnement

On ne prendra pas de surpuissance pour le dimensionnement des émetteurs de chauffage, les circulateurs/pompes, les ventilateurs.

Le dimensionnement des tuyauteries de chauffage est fait avec :

- ✓ Un J de 100 Pa/m maximum sur l'ensemble des réseaux.
- ✓ Une vitesse maximale de 0,7 m/s dans les bureaux et de 1 m/s dans les autres locaux.

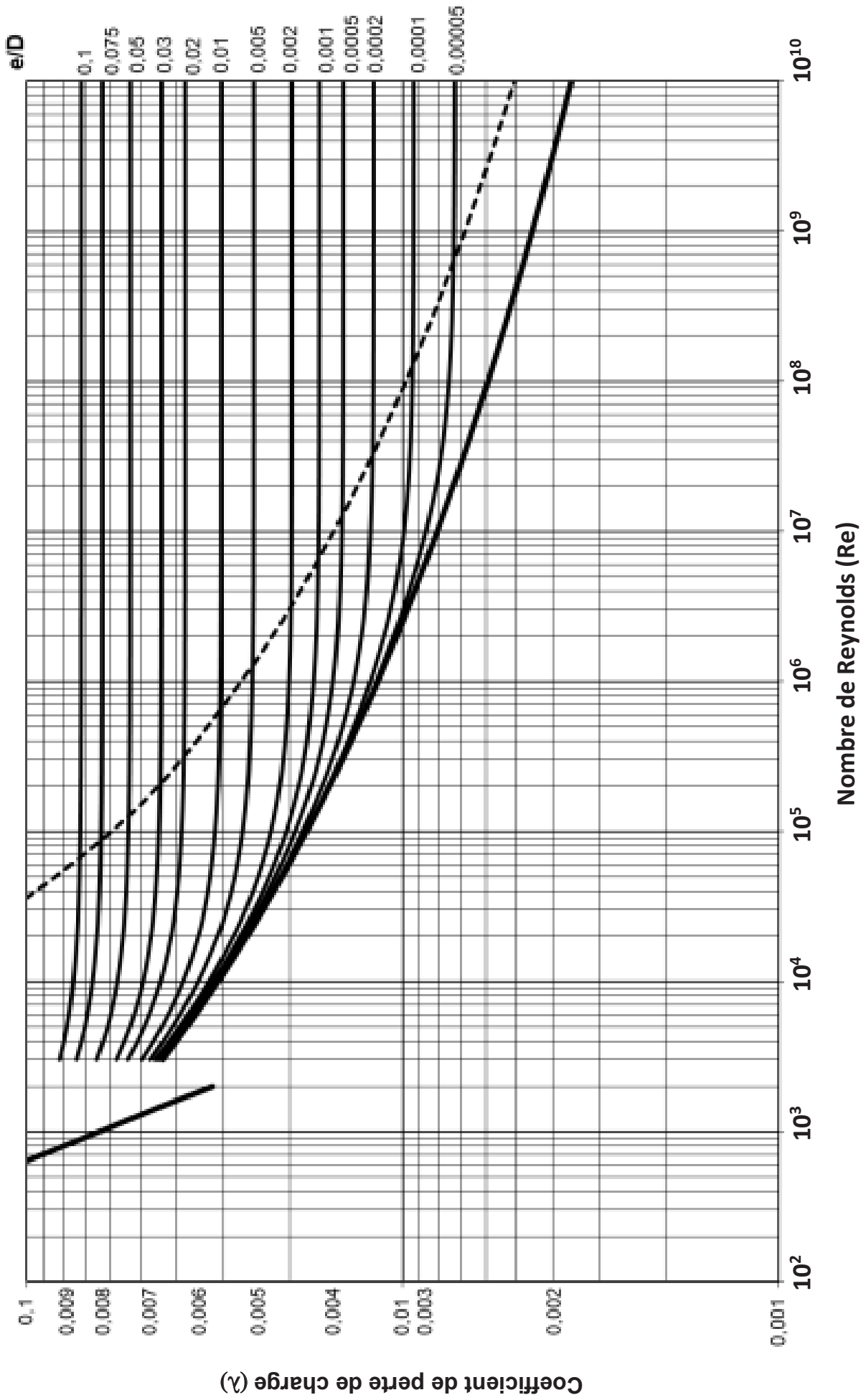
[...]

2.4.1.4 Panoplie hydraulique de distribution :

Deux réseaux de distribution indépendants seront piqués (chacun indépendamment, aussi bien sur l'aller que le retour) sur la bouteille de mélange :

- ✓ Circuit n°1 – réseau chauffage demi-pension.
- ✓ Circuit n°2 - réseau chauffage radiateurs internat et Administration,

Tous les circulateurs sont doubles (normal/secours), placés sur le départ de chaque réseau. Ils sont à variation de débit et assurent une pression constante entre aspiration et refoulement de la pompe.



Formulaire

Masse volumique de l'eau à 50°C : $\rho = 987,7 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Viscosité cinématique de l'eau à 50°C : $\nu = 0,572 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

Chaleur massique à pression constante de l'eau à 50°C : $C = 4\,180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Rugosité absolue des tubes acier : $e = 0,05 \text{ mm}$

Rugosité relative = $\frac{e}{D} = \frac{\text{rugosité absolue}}{\text{diamètre intérieur}}$

Nombre de Reynolds

$$Re = \frac{w \cdot D}{\nu}$$

w : vitesse du fluide ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

D : Diamètre intérieur de la canalisation (m)

ν : viscosité cinématique du fluide ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)

Re : Nombre de Reynolds (--)

Pertes de charge linéaire

$$J = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{w^2}{2g}$$

w : vitesse du fluide ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

D : Diamètre intérieur de la canalisation (m)

λ : Coefficient de perte de charge (--)

g : accélération de la pesanteur ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)

J : perte de charge linéaire ($\text{Pa} \cdot \text{m}^{-1}$)

Pertes de charges des tronçons du réseau n°1

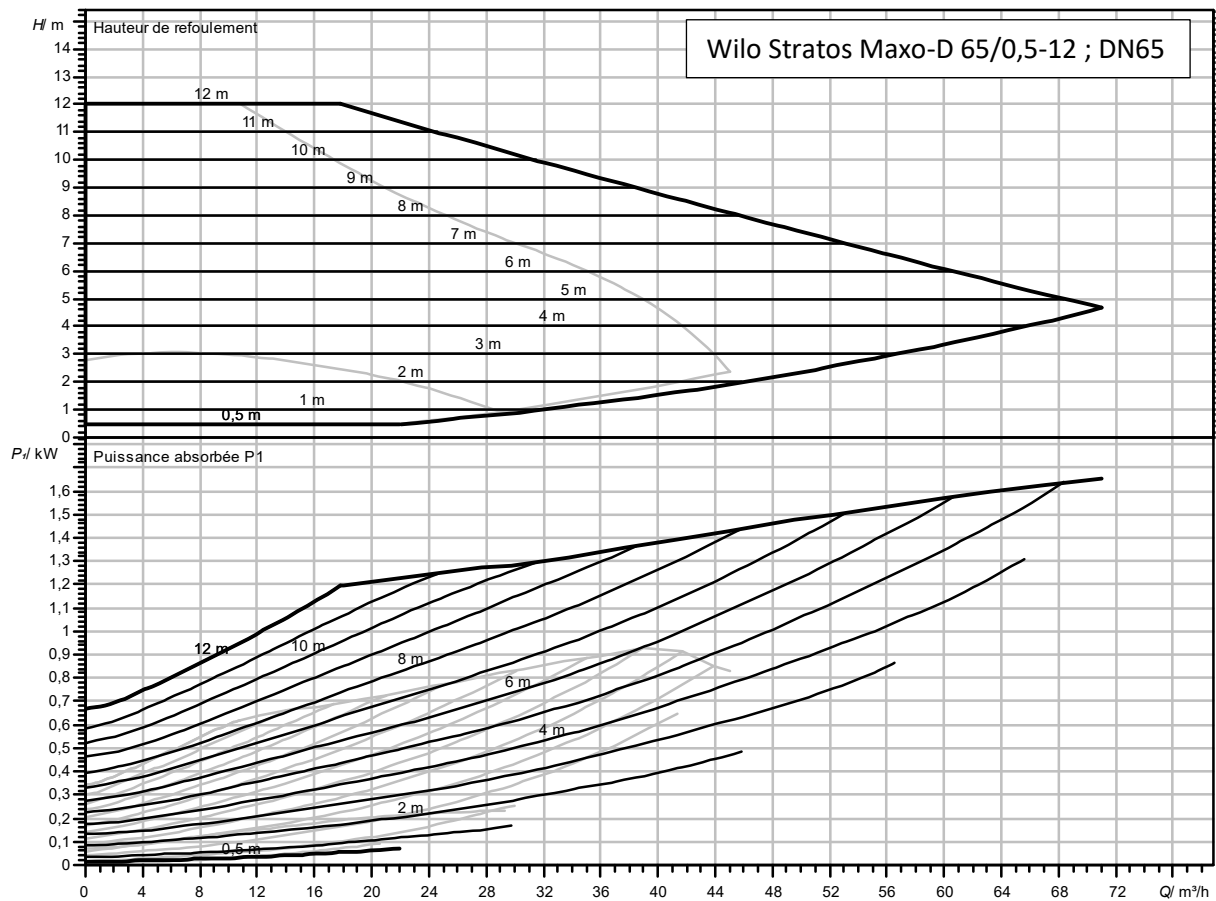
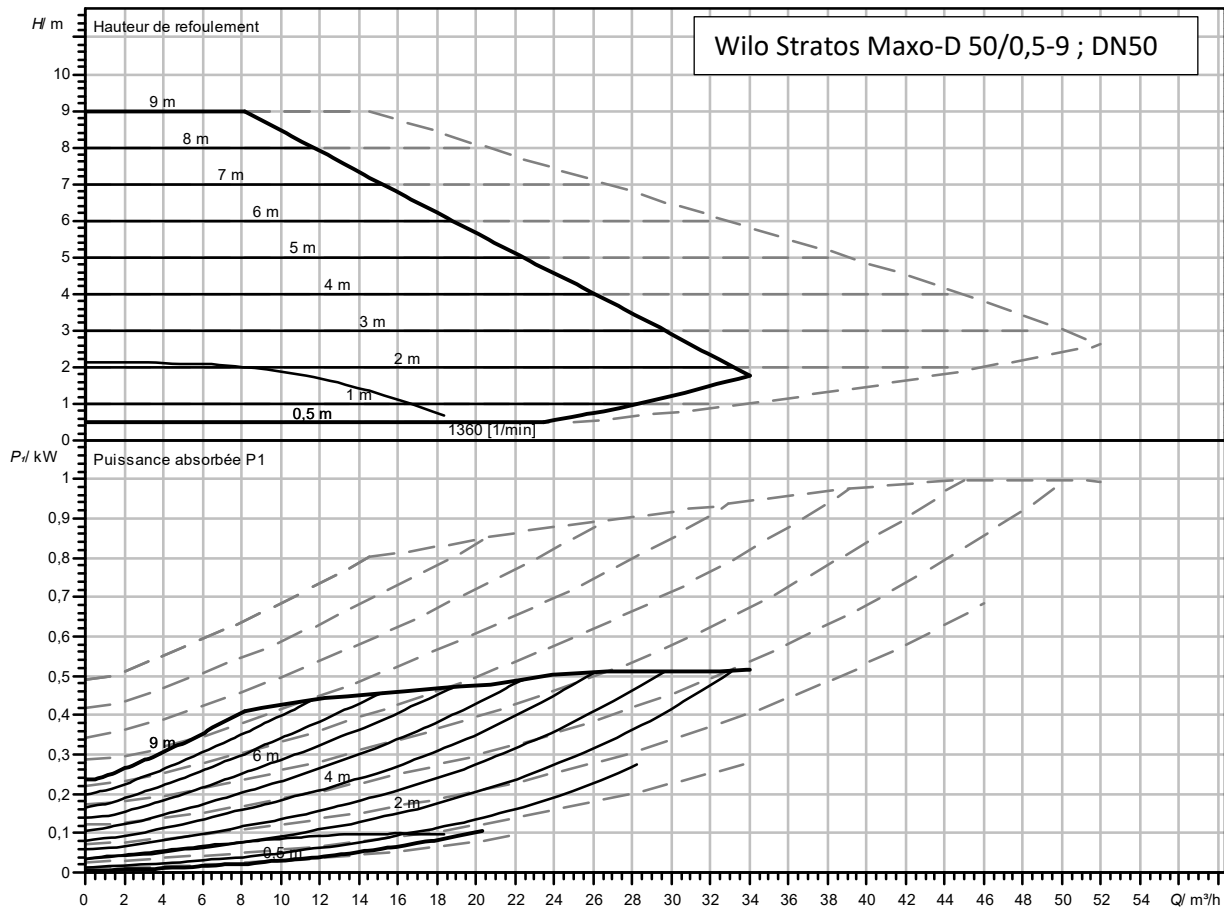
Tronçons	Débit ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	Longueur (m)	J ($\text{mmCE} \cdot \text{m}^{-1}$)	Perte de charge totale (mmCE)
A - B	6,5	6	8,7	60
B - C (V3V)	6,5	--	--	120
C - D	6,5	3	8,7	30
D - réseau 1A - E	1,5	--	--	6 700
D - réseau 1B - E	5,0	--	--	4 600
E - F	6,5	3	8,7	30
F - G	6,5	6	8,7	60

Correspondance diamètres tuyauteries

DN	Ø extérieur	DN	Ø extérieur	DN	Ø extérieur
32	42,4 mm	50	60,3 mm	80	88,9 mm
40	48,3 mm	65	76,1 mm	100	114,3 mm

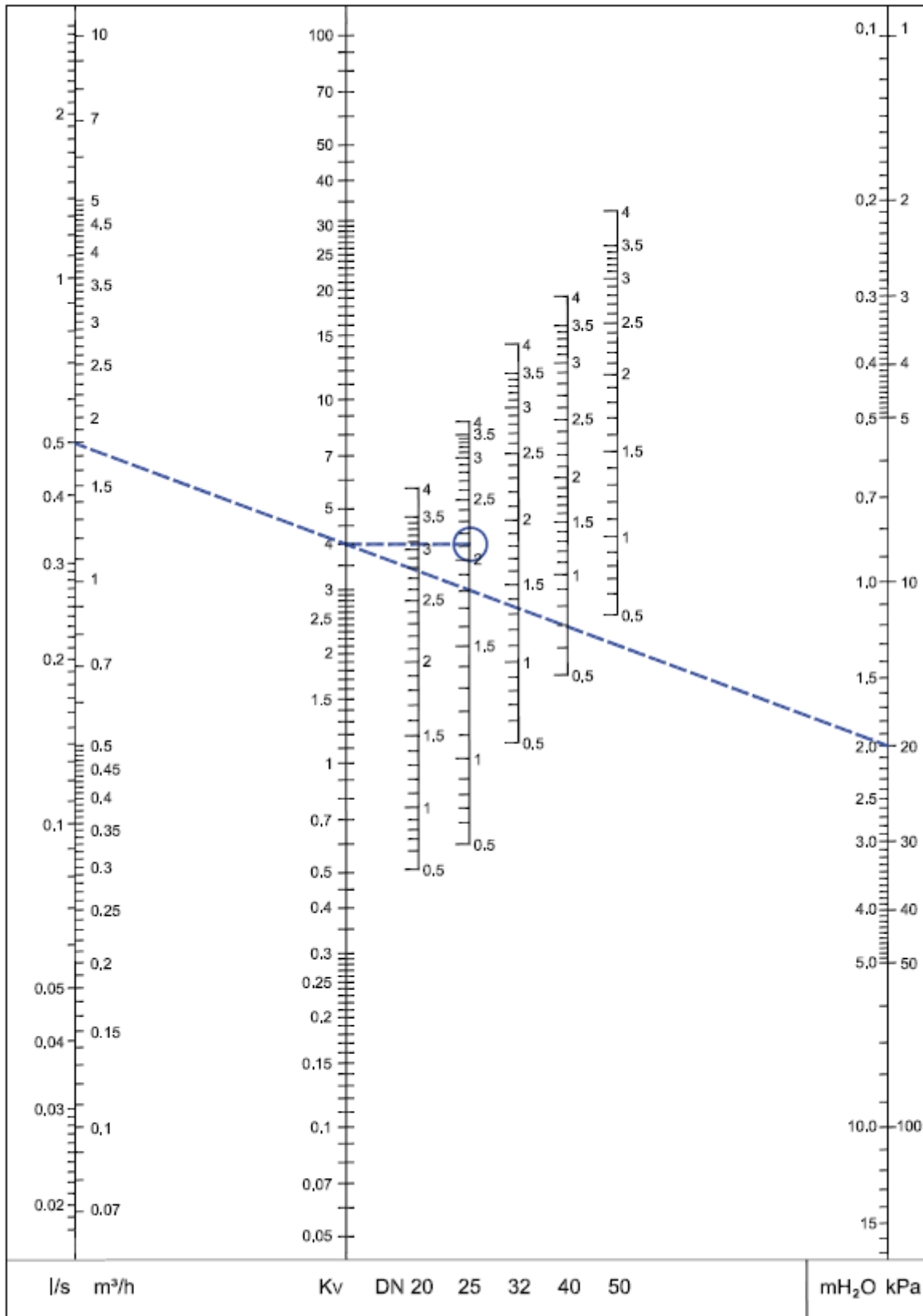
DOCUMENT TECHNIQUE DTE5

Pompes possibles pour le réseau n°1



Tournez la page S.V.P.

Diagramme de pertes de charge des vannes d'équilibrage



Exemple : Une vanne en **DN25** réglée à **2,1 tours** présente un Kv égal à **4 m³ · h⁻¹**, induisant une perte de charge de **20 kPa** pour un débit de **1,8 m³ · h⁻¹**.

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Document Réponse DRA1 – Questions A3 à A6

	Températures (°C)	Pressions de vapeur saturante (Pa)	Pressions partielles de vapeur (Pa)
Intérieur			
BA13			
Laine de bois			
Bloc béton			
Enduit extérieur			
Extérieur			

