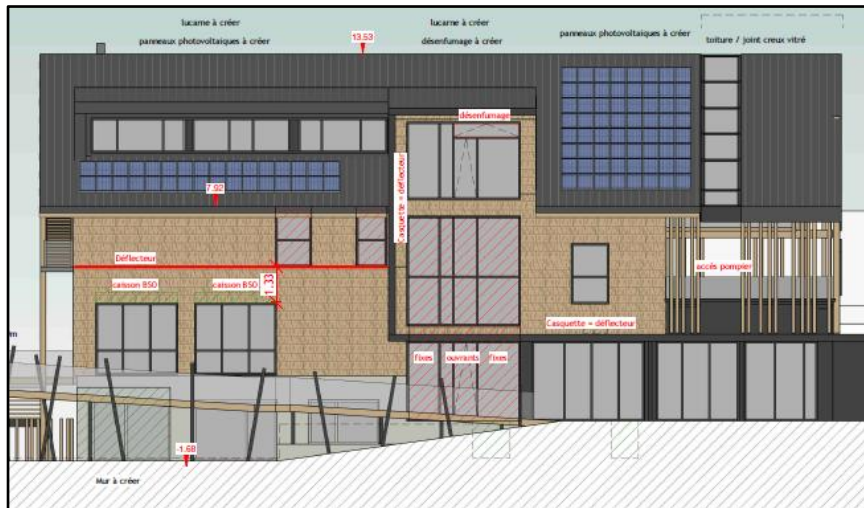


partenaire 2025



PRIX AICVF JEUNES BAC+2/+3



Session 2025

Durée : 4 heures

Matériels et documents autorisés :

Calculatrice électronique de poche – y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique - à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout document, ouvrage et de tout autre matériel électronique est interdit.

Les téléphones mobiles, tablettes, montres « connectées » et autres appareils communicants doivent être éteints et rangés dans les sacs pendant toute la durée de l'épreuve.

NB : hormis l'entête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, ne comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc.

DOCUMENTS FOURNIS :

Sujet :	16 pages
Dossier DT (Documents Techniques)	8 pages
Dossier DR (Documents Réponses) :	7 pages (à rendre)

COMPOSITION DU SUJET :

	Page	Durées conseillées	Notation (sur 100)
Présentation	3	20mn (lecture complète du sujet)	
Partie 1 : Ventilation et rafraîchissement adiabatique	5	1 h 20 min	/ 36
Partie 2 : Production de chaleur et MTA	9	1 h 30 min	/ 40
Partie 3 : Réseau de distribution de chauffage	13	30 min	/ 14
Partie 4 : Solaire photovoltaïque	15	20 min	/ 10

INFORMATIONS AUX CANDIDATS :

- **Les 4 parties sont indépendantes** et au sein d'une même partie, **beaucoup de questions peuvent être traitées de manière indépendante.**
- **Chaque partie sera composée sur une copie distincte.**
- Le dossier DR (Documents-Réponses) sera rendu dans son intégralité même si l'ensemble des DR n'a pas été traité ou renseigné.
- Les références des questions doivent être clairement indiquées avant chaque réponse.
- Tout résultat doit être justifié.
- Il sera tenu compte dans la correction de la clarté des réponses, ainsi que de la **qualité graphique de la copie** (présentation, orthographe, etc.)

REHABILITATION D'UN BATIMENT MUNICIPAL

Le dossier concerne la réhabilitation et écorénovation d'un ouvrage situé dans un village touristique du Haut-Jura.

A l'origine, le bâtiment communal abritait une « maison du tourisme » et une base d'accueil de vacances (colonies, séjours familiaux) : dortoirs, salle de restauration, etc.

Suite à un déménagement du service dans une nouvelle structure, le bâtiment a été cédé à un promoteur de la région et est désormais transformé en **copropriété d'appartements privés**.



Figure 1 : bâtiment d'origine (façade Est)

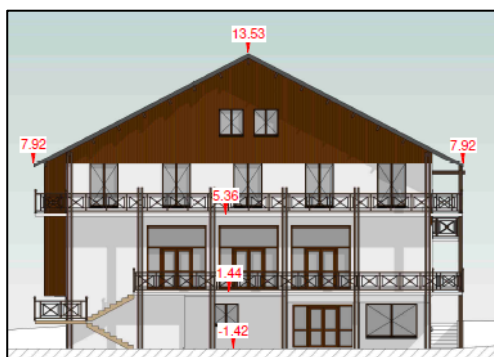


Figure 2 : **avant** rénovation (façades Ouest et Sud)

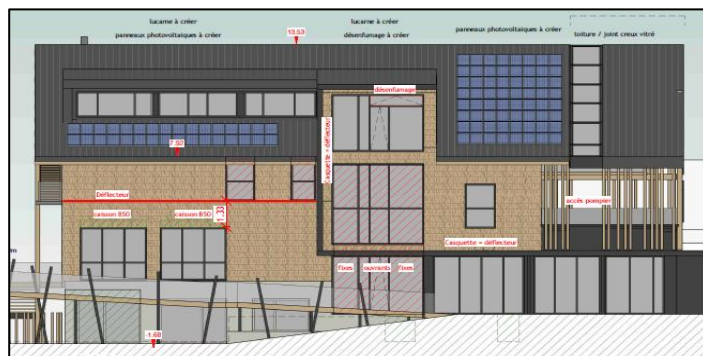
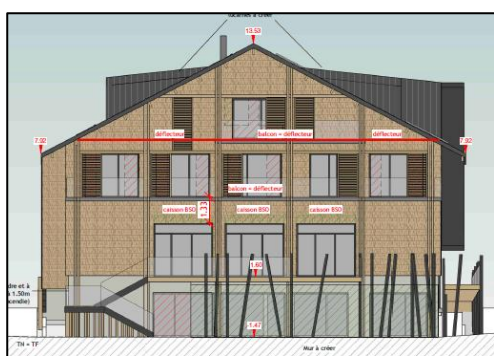


Figure 3 : **après** rénovation (façades Ouest et Sud)

Tout en respectant le cadre d'une rénovation RTex lors du changement de destination de l'ouvrage, le bureau d'études a misé sur des choix techniques innovants s'inscrivant dans une démarche de transition énergétique et environnementale.

Cet objectif s'est traduit notamment par :

- Une forte isolation du bâtiment (ITE) et traitement poussé des ponts thermiques,
- Une excellente étanchéité à l'air,
- Des vitrages ITR (Isolation Thermique Renforcée) à contrôle solaire,
- Un déphasage thermique important en toiture (isolant biosourcé à faible diffusivité),
- Des équipements techniques performants,
- Le comptage individuel des consommations énergétiques,
- La mise en place de panneaux solaires photovoltaïques.

On note que l'immeuble bénéficie d'un standing élevé grâce entre autres à l'installation d'un ascenseur et la création d'un local « laverie collective » pour gros volumes (couettes, couvertures, rideaux,...).

D'une surface chauffée totale de 1135 m² (logements et parties communes), le bâtiment accueille 18 appartements répartis sur 4 niveaux :

type	nombre	surface [m²]
Studio/T1	8	30
T2	4	44
T3	4	65
T4	2	80
<i>total</i>	<i>18</i>	<i>836 m²</i>

Les logements sont ventilés par une **VMC collective double flux** et chauffés par **radiateurs** (régime nominal 70/55). La production d'énergie pour le chauffage et la production ECS est assurée par une **chaudière gaz** en système **CIC** (Chauffage Individualisé Collectif). En effet, afin d'inciter à un comportement éco-citoyen, chaque appartement est équipé d'un module thermique (**MTA**) permettant la visualisation -donc la maîtrise- de ses consommations d'eau et d'énergie.

Conditions extérieures de base :

Hiver	-13°C ; 90%HR
Été	+35°C ; 30%HR

Conditions intérieures souhaitées :

Hiver	+20°C ; 40%HR
Été	+27°C ; 50%HR

PARTIE 1 – Ventilation et rafraîchissement adiabatique

L'objectif de cette partie est de mettre en évidence les limites d'utilisation d'une ventilation double flux en hiver et l'apport de l'option « rafraîchissement adiabatique » dans un bâtiment à haute performance énergétique (10 questions).

Le bâtiment est équipé d'une CTA air neuf double flux pour assurer la ventilation de l'ensemble des logements.

Avant d'étudier le système et l'option « rafraîchissement adiabatique », vous allez dans un premier temps tâcher d'explicitier la valeur bien connue de débit minimal d'air neuf par personne définie par le règlement sanitaire (**DT 1-1**).

Si l'on excepte les polluants intérieurs spécifiques à évacuer, le débit d'air neuf minimal est défini afin de limiter le taux de CO₂ dans un local. En effet un excès de CO₂ (> 1300 ppm) cause des désagréments tels que maux de tête, fatigue, vertiges,... (**DT 1-2**).

L'augmentation de CO₂ intérieur est essentiellement due à la respiration humaine.

Question 1-1 :

On estime qu'un adulte au repos respire en moyenne 12 fois par minute à raison de 0,5 litre de gaz expiré par respiration.

Déterminer le débit respiratoire moyen en m³/h.

La respiration produit un taux net de 45000 ppm de CO₂ (4,5 %). La ventilation consiste à introduire suffisamment d'air extérieur pour que le taux de CO₂ dans la pièce n'excède pas une valeur maximale définie par la réglementation sanitaire : 1300 ppm (0,13%).

On précise que l'air extérieur (air neuf) contient naturellement une moyenne de 400 ppm (0,04 %) de CO₂.

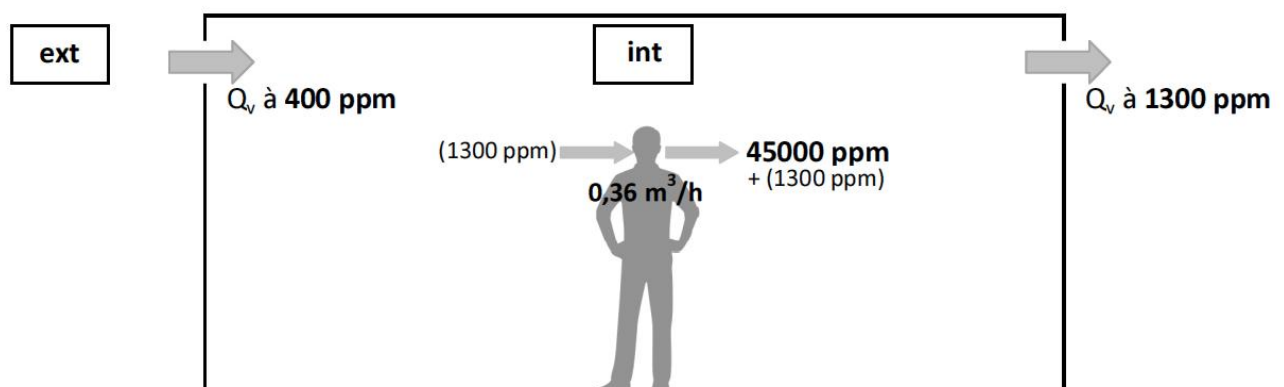


Figure 4 : aération d'un local

Question 1-2 :

Etablir le bilan volumique entrée-sortie du taux de CO₂ dans une pièce occupée par une personne. **En déduire** la valeur du débit minimal d'air neuf Q_v [m³/(h.pers)] imposée par la réglementation sanitaire.

On précise la notion de bilan entrée-sortie :

« ce qui entre + fourni de l'intérieur = ce qui sort + absorbé à l'intérieur »

De récentes recommandations préconisent un taux d'exposition au CO₂ inférieur à 850 ppm.

Question 1-3 :

Quel débit minimal de ventilation Q_v [m³/(h.pers)] serait alors requis ?
Quelles seraient les conséquences pour les installations de VMC ?

L'arrêté du 24/03/82 relatif à l'aération des logements (**DT 1-3**) fixe les exigences en matière de débits d'air extraits minimaux.

Question 1-4 :

Déterminer le débit d'air neuf minimal Q_{AN} [m³/h] pour l'ensemble des logements du bâtiment. **En combien de temps** environ est entièrement renouvelé l'air intérieur ?

On précise la hauteur sous plafond des appartements HSP = 2,4 m.

Le caisson de VMC double flux collective dispose d'un récupérateur d'efficacité 85 % (échangeur à plaques configuré en contre-courant).

On rappelle la notion d'efficacité dans un récupérateur de VMC DF ($Q_{AN} = Q_{AE}$) :

$$E = \frac{P}{P_{MAX}} = \frac{\Delta T_{air\ extrait}}{\Delta T_{entrées}} = \frac{\Delta T_{air\ neuf}}{\Delta T_{entrées}}$$

Question 1-5 : (DR 1-1)

Quelle température obtient-on pour l'air neuf en sortie récupérateur (air soufflé ou A_{souf}) aux conditions extérieures de base hiver ?

Représenter les évolutions de l'air neuf (de A_{ext} à A_{souf}) et de l'air extrait (de A_{int} à A_{rej}).

Expliquer pourquoi du givre va apparaître dans l'échangeur côté air extrait. **Avec quelle(s) conséquence(s) ?**

On peut montrer par calcul que le givre risque d'apparaître ici dès que la température extérieure descend en dessous de -4°C.

Pour éviter le phénomène, le modèle de caisson installé permet d'inverser la circulation de l'air neuf dans le récupérateur : l'échangeur bascule du mode contre-courant au mode co-courant. L'efficacité chute alors logiquement à 45%.

Question 1-6 :

Montrer que le problème est résolu en recalculant la température de rejet de l'air extrait (A_{rej}).

Critiquer la température d'air neuf obtenue désormais (A_{souf}) et **en déduire** les conséquences sur le dimensionnement du chauffage du bâtiment.

Question 1-7 : (DR 1-2)

Développer une solution de régulation permettant la bascule contre-courant ↔ co-courant :

A partir d'une analyse fonctionnelle pertinente, **représenter** le schéma de régulation correspondant ainsi que le graphe d'action associé. **Préciser** la valeur des paramètres à renseigner (W, D, ...).

Question 1-8 :

Proposer une solution technique alternative pour profiter des performances de la VMC double flux par grand froid sans risque de givre.

En été, le bâtiment peut aisément échapper aux surchauffes intérieures sans climatisation grâce à une rénovation très performante (enveloppe, inertie intérieure).

Seul l'air neuf hygiénique apporte une charge thermique constante non négligeable. Une modélisation par logiciel a montré que la température intérieure estivale ne dépasserait pas 27°C même en cas de fortes chaleurs **si l'air neuf est soufflé en dessous de 24°C**.

Nous vous proposons d'étudier une solution simple et économique pour refroidir l'air neuf : le **rafraîchissement adiabatique**.

Le principe est basique : lorsque de l'air est « arrosé » ou traverse une matrice humide, l'évaporation de l'eau humidifie l'air et le refroidit. L'évolution se fait à enthalpie constante (adiabatique) vers la saturation (100%HR) avec une efficacité de l'ordre de 80%.

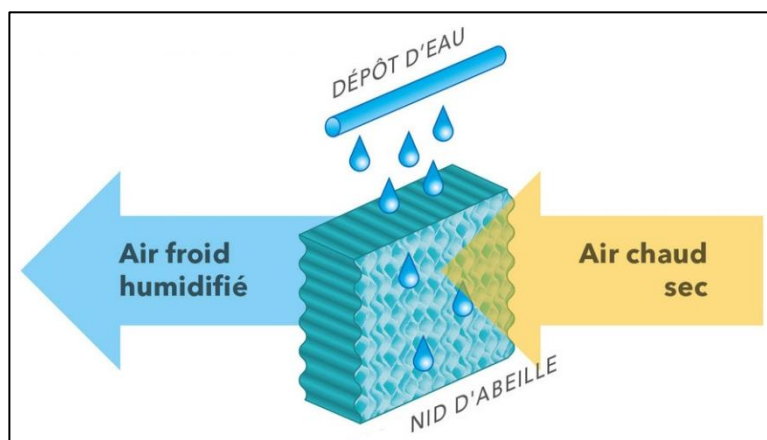


Figure 5 : principe du rafraîchissement adiabatique

Deux techniques existent :

Rafraîchissement DIRECT



L'humidificateur refroidit l'air neuf après son passage dans l'échangeur (DT 1-4).

Rafraîchissement INDIRECT



L'humidificateur refroidit l'air extrait avant son passage dans l'échangeur (DT 1-5).

Question 1-9 : (DR 1-3)

En rafraîchissement direct, **tracer** l'évolution « été » de l'air neuf (de A_{ext} à A_{souf}) et de l'air extrait (de A_{int} à A_{rej}). **Préciser** les caractéristiques (T, HR) de A_{souf} et **conclure**. **Critiquer** la technique.

On rappelle l'efficacité de l'échangeur (85%) et de l'humidificateur (80%).

Question 1-10 : (DR 1-4)

En rafraîchissement indirect, **tracer** l'évolution « été » de l'air neuf (de A_{ext} à A_{souf}) et de l'air extrait (de A_{int} à A_{rej}). **Préciser** les caractéristiques (T, HR) de A_{souf} et **conclure**.

Evaluer le débit d'eau consommé en [litres/h] par l'humidificateur dans ces conditions de température. **Commenter**.

On rappelle l'efficacité de l'échangeur (85%) et de l'humidificateur (80%).

On rappelle le débit de ventilation ($1000 \text{ m}^3/\text{h}$ à $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$).

PARTIE 2 – Production de chaleur et MTA

L'objectif de cette partie est de valider la solution retenue de chauffage individualisé collectif (CIC), dimensionner-sélectionner la chaufferie et étudier l'évacuation des fumées de combustion (11 questions).

Question 2-1 : (DR 2-1)

En mobilisant votre culture technique, **effectuer** un comparatif qualitatif entre une chaudière à granulés de bois et une chaudière à gaz naturel **en cochant** le système qui remporte le duel pour chaque critère listé (la réponse devra être brièvement justifiée).

En cas d'égalité supposée, cocher les deux colonnes.

Le choix du client s'est arrêté sur une production de chaleur centralisée par chaudière gaz à condensation THPE (très haute performance énergétique) fournissant l'énergie pour le chauffage et la production ECS.

Question 2-2 :

Citer deux avantages et deux inconvénients à préférer une production d'énergie centralisée aux classiques ballons électriques individuels pour produire l'ECS.

Chaque logement est équipé d'un module thermique d'appartement (MTA) double service : chauffage et production ECS instantanée (échangeur à plaques) avec priorité.

Question 2-3 :

Quel est l'intérêt de délocaliser la production ECS en entrée d'appartement ?

Quel est l'inconvénient de la production instantanée d'ECS ?

Que signifie « priorité ECS » ? **Est-ce problématique** pour le confort intérieur ? (justifier votre réponse).

Deux types de MTA double service existent : chauffage DIRECT ou INDIRECT (**DT 2-1**).

Question 2-4 :

En vous aidant des schémas et exemples fournis, **expliquer** brièvement la différence de principe entre les deux modèles.

Quel est l'intérêt du modèle « indirect » pour une copropriété ?

Question 2-5 :

Quel que soit le modèle, un MTA double service dispose généralement de sept raccords : **lister** ces connexions.

Afin de dimensionner la chaudière du bâtiment, il est nécessaire d'évaluer les besoins en puissance pour le chauffage et pour la production ECS :

Chauffage : déperditions de base : **22 W/m²** surface chauffée : **1135 m²**

Production ECS : $T_{ECS} : 60^{\circ}\text{C}$ $T_{EFS} : 8^{\circ}\text{C}$
Puissance à déterminer à partir du volume maximal consommé V_{pm} sur une période de pointe t_p de 10 min (*méthode AICVF*) → (DT 2-2)
 $P_{ECS}[\text{kW}] = \frac{V_{pm}}{t_p} \times 4,185 \times (T_{ECS} - T_{EFS})$ en absence de bouclage

Question 2-6 :

Calculer la puissance de chauffage et la puissance de pointe de production ECS.

En déduire la puissance nominale de la chaudière sachant que :

- Le local chaufferie ne dispose pas d'espace suffisant pour un volume de stockage d'énergie primaire pour la production instantanée d'ECS,
- Les MTA fonctionnent avec priorité ECS,
- On souhaite éviter tout surdimensionnement inopportun.

Question 2-7 :

Sélectionner la chaudière dans la gamme IX 50-250 de De Dietrich® (DT 2-3).

Préciser sa puissance nominale et son rendement aux conditions de fonctionnement nominales du réseau.

Bénéficie-t-on du gain de la condensation ? **Expliquer.**

La chaudière est installée dans le local technique de la partie inférieure du bâtiment. L'évacuation des fumées par conduites concentriques horizontales (ventouse) est proscrite compte tenu de la proximité des ouvrants en façade.

La cheminée existante de 15 mètres de hauteur et débouchant à 0,4 mètre au dessus du faitage a donc été conservée. On propose d'étudier la faisabilité de **l'évacuation naturelle des fumées par tirage thermique**.

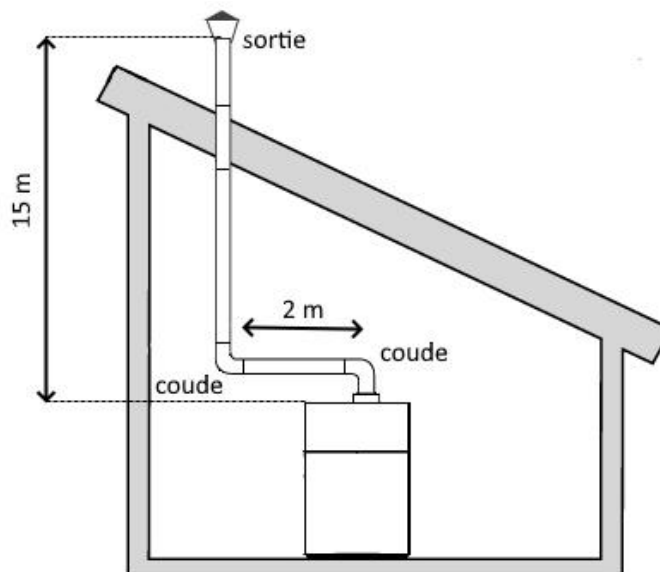


Figure 6 : schéma d'évacuation des fumées

Lorsque les fumées de combustion sortent d'une chaudière ou du foyer d'une cheminée, elles ont tendance à monter naturellement compte tenu de leur masse volumique faible (liée à la température élevée) : le phénomène est appelé tirage thermique (ou naturel).

Les fumées sont donc comme aspirées par le conduit, ce qui provoque une dépression au sortir de la chambre de combustion. Cette dépression est communément appelée **tirage** (noté **d**).

Illustration : si on mesure la pression en entrée d'évacuation d'une chaudière, on relève par exemple **-10 Pa** : il s'agit bien d'une dépression. On dit alors que le tirage est de 10 Pa. Plus le tirage est élevé, plus l'aspiration des fumées est importante.

On montre que le tirage **d** correspond exactement à la pression dynamique des fumées à la sortie de la chaudière :

$$d \text{ [Pa]} = \frac{1}{2} \times \rho_f \times v_f^2 \quad \text{où} \quad \rho_f \text{ est la masse volumique des fumées en [kg/m}^3\text{]} \\ v_f \text{ est la vitesse des fumées en [m/s]}$$

Question 2-8 :

Déterminer le tirage souhaité **d_s** pour évacuer les fumées aux conditions nominales de fonctionnement.

On précise : débit massique des fumées 202 kg/h
température des fumées $T_f = 70^\circ\text{C}$ $\rightarrow \rho_f = 1 \text{ kg/m}^3$
diamètre du conduit d'évacuation en [mm] $\varnothing 110$

Le tirage réel est imposé par l'environnement, il est défini par :

$$d \text{ [Pa]} = g \times h \times (\rho_{\text{air ext}} - \rho_f) - \Delta X \quad \text{où} \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2 \\ h \text{ est la hauteur de la cheminée en [m]} \\ \rho_{\text{air ext}} \text{ est la masse volumique de l'air extérieur en [kg/m}^3\text{]} \\ \Delta X \text{ sont les pertes de charge en [Pa] du parcours entre la chaudière et la sortie de cheminée}$$

On rappelle que les pertes de charge ΔX d'un conduit de diamètre D sont dues :

- aux frottements internes et avec la paroi (on parle de pertes de charge régulières)

$$\Delta X_R = \frac{\Lambda \times L}{D} \times p_{\text{dyn}} \quad \text{où} \quad \Lambda : \text{coefficient de frottement} \\ L : \text{longueur du conduit en [m]} \\ D : \text{diamètre du conduit en [m]} \\ p_{\text{dyn}} : \text{pression dynamique en [Pa]} (= d)$$

- aux obstacles divers (on parle de pertes de charge singulières)

$$\Delta X_S = \sum \zeta \times p_{\text{dyn}} \quad \text{où} \quad \zeta : \text{coefficient d'accident} \\ p_{\text{dyn}} : \text{pression dynamique en [Pa]} (= d)$$

Question 2-9 :

Comment évolue le tirage naturel avec h , T_f , $T_{\text{air ext}}$ et ΔX ?

Question 2-10 :

Quel tirage obtient-on naturellement dans les conditions les plus défavorables (été) ?
Est-il satisfaisant ? Quelle sera la conséquence dans la chambre de combustion ?

On précise :

température de l'air extérieur	$T_{\text{air ext}} = 35^{\circ}\text{C}$	$\rightarrow \rho_{\text{air ext}} = 1,16 \text{ kg/m}^3$
température des fumées	$T_f = 70^{\circ}\text{C}$	$\rightarrow \rho_f = 1 \text{ kg/m}^3$
hauteur de la cheminée	$h = 15 \text{ m}$	
longueur totale du conduit	$L = 17 \text{ m}$	
coefficient de frottement	$\Lambda = 0,025$ (tube lisse)	
coefficient d'accidents	$\Sigma \zeta = 3$ (2 coudes à 90° et une sortie)	

Les fabricants de chaudières anticipent évidemment ce problème en imposant une surpression dans la chambre de combustion via le ventilateur d'amenée d'air ou en ajoutant un extracteur interne en sortie chaudière : la Δp disponible permet de pousser les fumées si le tirage naturel est insuffisant.

La Δp nécessaire est évaluée par :
$$\Delta p [\text{Pa}] = d_s - g \times h \times (\rho_{\text{air ext}} - \rho_f) + \Delta X$$

Question 2-11 :

La chaudière sélectionnée fournit une pression Δp_{dispo} de 170 Pa.

Est-ce suffisant pour évacuer les fumées à 70°C en été ?

Même question si la condensation est effective : les fumées sortent alors quasiment à température ambiante avec une densité identique à celle de l'air extérieur, le tirage naturel est donc nul.

PARTIE 3 – Réseau de distribution de chauffage

L'objectif de cette partie est de pointer les problèmes récurrents que l'on rencontre dans les réseaux de distribution d'eau de chauffage des bâtiments à très faibles déperditions (6 questions).

Les appartements sont chauffés par radiateurs au régime nominal 70/55. Le réseau de distribution est de type hydro-câblé en « pieuvre » avec du PER gainé.

Les radiateurs de chaque appartement sont reliés à deux nourrices (aller et retour) par du PER Ø12 (12 x 1,1 -plus petit diamètre existant-) et les nourrices au MTA par du PER Ø25.

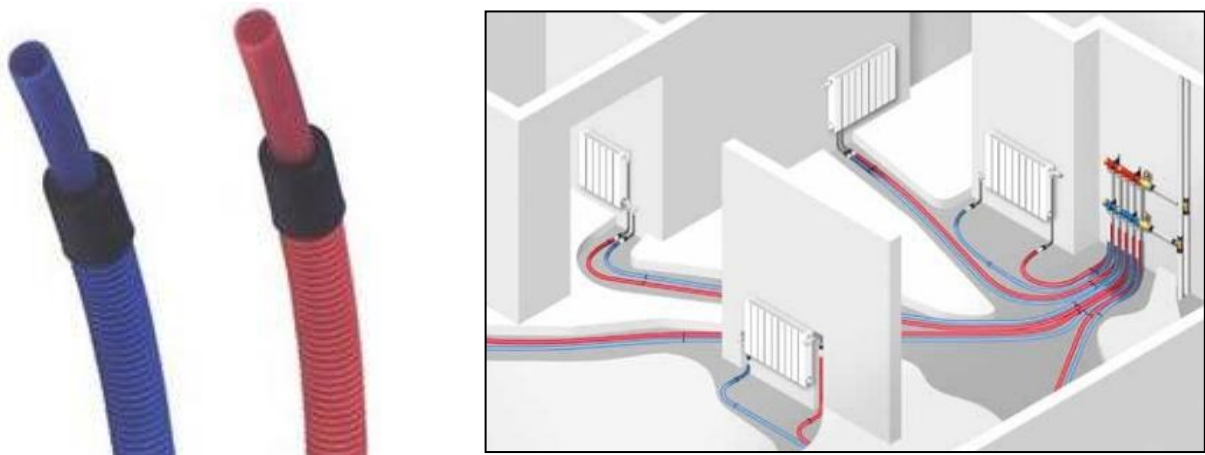


Figure 7 : tubes PER gainés et distribution hydro-câblée

Question 3-1 :

Citer intérêt(s) et inconvénient(s) du système hydro-câblé en PER.

On utilise souvent du PER BAO (ou multicouches) :

Que signifie « BAO » ? **Quel en est le but** ? **Quelle est la différence** de conception avec du PER classique ?

Nous l'avons déjà évoqué, le bâtiment a été rénové avec un objectif de haute performance énergétique : les déperditions thermiques sont évaluées à seulement 22 W/m².

L'étude qui suit se base sur une pièce standard (chambre). On admettra que les résultats sont représentatifs de l'ensemble des locaux.

Question 3-2 :

Calculer pour une chambre de 14 m² :

- la puissance nominale de chauffage en [W],
- le débit d'eau en [litres/h],
- le diamètre intérieur du tube en [mm],
- la vitesse de circulation en [m/s].

Question 3-3 : (DR 3-1)

Représenter le profil de vitesse dans la canalisation en régime laminaire et en régime turbulent. **En déduire** les conséquences sur le dépôt de boues.

La transition entre régimes laminaire et turbulent est mise en évidence par un nombre sans dimension, le nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} \quad \text{où} \quad \begin{array}{l} \rho : \text{masse volumique du fluide en [kg/m}^3\text{]} \\ v : \text{vitesse de circulation en [m/s]} \\ D : \text{diamètre intérieur du tube en [m]} \\ \mu : \text{viscosité dynamique du fluide en [Pa.s]} \end{array}$$

On admet en général que le régime laminaire est constaté lorsque $Re < 2300$.

Question 3-4 :

Calculer la vitesse de circulation en dessous de laquelle l'écoulement d'eau sera laminaire pour le tube PER Ø12.

Conclure quant à la situation des appartements et **rappeler** les conséquences.

On précise pour de l'eau à 70°C : $\rho = 980 \text{ kg/m}^3$
 $\mu = 0,00042 \text{ Pa.s}$

Remarque : Avec des températures d'eau inférieures (obtenues avec une régulation loi d'eau par exemple), les vitesses limites sont encore plus élevées, à savoir 0,13 m/s pour 50°C et 0,17 m/s pour 35°C. En effet l'agitation moléculaire, définition même de la température, favorise les turbulences : plus la température est faible, plus on risque d'être en régime laminaire.

Autre conséquence fâcheuse d'une faible vitesse de circulation : la dérive de température du fluide le long du parcours.

L'évolution de température T d'un fluide circulant en canalisation est donnée par :

$$T_{(\hat{a} d=X)} = T_{env} + (T_{(\hat{a} d=0)} - T_{env}) \times e^{-\frac{U \times X}{q_m \times C}} \quad \text{où} \quad \begin{array}{l} T_{env} : \text{température voisine du tube en [}^\circ\text{C]} \\ U : \text{coefficient de transmission linéique du tube en [W/(m}^\circ\text{C)]} \\ X : \text{distance parcourue en [m]} \\ q_m : \text{débit massique en [kg/s]} \\ C : \text{chaleur massique du fluide en [J/(kg}^\circ\text{C)]} \end{array}$$

Question 3-5 :

Avec une température au départ nourrice de 70°C et un environnement à 20°C, en supposant une distance parcourue de 10 mètres entre la nourrice *aller* et le radiateur, **déterminer** la température réelle en alimentation radiateur.

Décrire la conséquence pour l'occupant.

On précise : $q_m = 18 \text{ kg/h}$ ($C = 4185 \text{ J/(kg}^\circ\text{C)}$)
 $U = 0,45 \text{ W/(m}^\circ\text{C)}$ (tube PER Ø12 non isolé et gainé)

Question 3-6 :

Proposer une solution pour réduire voire éviter les problèmes mis en évidence dans les appartements.

PARTIE 4 – Solaire photovoltaïque

L'objectif de cette partie est d'évaluer la rentabilité de l'investissement dans une installation de panneaux photovoltaïques (4 questions).

Lors de la première assemblée générale de copropriété, un des points de l'ordre du jour concernait la proposition d'installation de 6 kWc de panneaux solaires photovoltaïques sur la toiture du bâtiment.



Figure 8 : pose de panneaux PV en surimposition

L'installation de **6 kWc** représente une surface de **30 m²** de panneaux solaires monocristallins de rendement **20%**. La localisation et l'exposition (pente de 30°, orientation sud-30°ouest, aucun masque) permettent d'évaluer l'éclairement solaire incident annuel (**1314 kWh/(an.m²)**) et le facteur de charge du système (**15%**).

Question 4-1 :

Vérifier que la production électrique annuelle prévisionnelle E_p s'élève à 7884 kWh/an.

Deux possibilités d'utilisation ont été présentées :

- **Revente totale de l'électricité produite** (contrat de rachat de 20 ans auprès d'EDF OA)
- **Autoconsommation et revente du surplus** (contrat de rachat de 20 ans auprès d'EDF OA)

Coût de l'installation **revente totale** : **15 600 €** (pour 20 ans de fonctionnement)

Détail : Investissement de base :	12 500 €
Remplacement onduleur (10 ans) :	1 300 €
Frais de raccordement :	1 000 €
Prime à l'investissement :	néant
Taxe TURPE :	800 € (40 €/an)

Question 4-2 :

En vous référant au prix de rachat « revente totale » (DT 4-1), évaluer :

- le gain annuel potentiel en [€/an],
- le temps de retour sur investissement avec l'option choisie en [an],
- le gain net obtenu au terme du contrat de rachat en [€].

Commenter.

Coût de l'installation **autoconsommation et revente du surplus** :

13 040 € (pour 20 ans de fonctionnement)

Détail :	Investissement de base :	12 500 €
	Remplacement onduleur (10 ans) :	1 300 €
	Frais de raccordement :	néant
	Prime à l'investissement :	960 € (160 €/kWc)
	Taxe TURPE :	200 € (10 €/an)

La consommation électrique de la copropriété se limite aux postes suivants : ascenseur, caisson de VMC, circulateur général, éclairage parties communes et laverie collective.

Le taux d'autoconsommation dans le bâtiment a été évalué à seulement **20% de la production PV**. Cela permet néanmoins de réduire la facture électrique de la copropriété (rappel du coût de l'électricité : **0,25 €/kWh**)

Question 4-3 :

En vous référant au prix de rachat « surplus » (DT 4-2), évaluer :

- le gain annuel potentiel (économies électriques incluses) en [€/an],
- le temps de retour sur investissement avec l'option choisie en [an],
- le gain net obtenu au terme du contrat de rachat en [€].

Commenter.

Il est prévu l'installation imminente d'une station collective de charge de véhicules électriques (voitures, vélos, trottinettes) dans la copropriété. Le taux d'autoconsommation dans le bâtiment peut dorénavant atteindre **70% de la production PV**.

Question 4-4 :

Que deviennent :

- le gain annuel potentiel (économies électriques incluses) ?
- le temps de retour sur investissement ?
- le gain net obtenu au terme du contrat de rachat ?

Conclure.