

Éléments de correction de l'épreuve d'admissibilité « étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation » - option architecture et construction

Domaine 1 – ENVIRONNEMENT – URBANISME

Thème 11 : URBANISME et ARCHITECTURE

Q111

L'idée est d'exprimer par quelques ratios simples, l'aménagement proposé par ce projet. On peut aborder cette question en distinguant :

- les paramètres liés directement à l'habitat ;
- les paramètres en relation avec l'aménagement.

HABITAT

Les ratios qui sont proposés permettent d'approcher la notion de densité urbaine. Cette notion n'est pas univoque, elle est parfois controversée. Dans cette question, il est possible de la caractériser par quelques ratios relatifs à l'occupation des sols :

- soit $\frac{\text{surface batie}}{\text{surface totale}} = \frac{2500}{1000} = 0,25$; on n'entre pas dans les détails COS (coefficient d'occupation des sols qui fait référence à la SHON) et le CES (coefficient d'emprise au sol). Les PLU (plans locaux d'urbanisme) fixent pour les différentes zones de communes des valeurs à observer ;
- soit $\frac{\text{surface batie}}{\text{surface totale}} = \frac{2670}{2500} = 1,07$; cet indicateur traduit la « verticalité » de l'habitat ou son contraire, l'étalement. Dans ce projet, les logements sont soit de plain-pied soit sur deux niveaux seulement ;
- soit $\frac{\text{nombre d'habitants}}{\text{surface totale}}$.

Ce dernier critère n'est pas explicite dans le dossier, en revanche il peut être approché par une estimation rapide :

- 4 T2 environ 2 occupants par T2 soit 8 habitants ;
- 16 T3 environ 3 occupants par T3 soit 48 habitants ;
- 14 T4 environ 4 occupants par T4 soit 56 habitants ;
- 4 T5 environ 5 occupants par T5 soit 20 habitants.

Soit un total de 132 habitants, ce qui donne une densité de 132 habitants par hectare soit 13 200 habitants / km².

AMÉNAGEMENT

Dans la notion d'aménagement d'un espace destiné à de l'habitat, de nombreux critères entrent en relation, on limitera l'approche à des critères facilement observables.

- le rapport des surfaces perméables ou imperméables à la surface totale $\frac{5000 \text{ m}^2 \text{ de surface perméable}}{10000 \text{ m}^2 \text{ de surface totale}}$ soit 0,5.
- la gestion de l'eau pluviale et donc des réseaux d'évacuation a fortement évolué. La limitation des rejets des eaux pluviales dans le réseau d'évacuation a de nombreuses conséquences parmi lesquelles :
 - favoriser l'infiltration naturelle directe ou indirecte (rétention, noues ...)
 - utiliser cette eau disponible pour l'aménagement paysager.

La place de la voiture individuelle, soit le nombre de places de parking. 52 places de parking pour 38 logements, soit 1,37 voiture par logement ou bien encore 0,38 voiture par habitant. L'analyse de ce critère est à prendre en compte dans un contexte plus large. Plus on se rapproche des centres urbains, plus on a un accès facile aux transports publics et donc l'utilisation de la voiture individuelle est moins impérative. À l'inverse l'éloignement des centres urbains rend l'utilisation de la voiture quasi indispensable ainsi que souvent une deuxième voiture. Dans une logique de développement durable, l'aménagement tend à réduire l'utilisation de la voiture et donc à diminuer l'impact carbone des déplacements.

Q112

Sobriété énergétique, bio climatisme

Le projet s'inscrit dans une réglementation RT2005 avec une ambition renforcée : label THPE. Sur l'aspect bio climatisme, ce projet ne présente pas une orientation « travaillée », c'est la voirie qui commande l'orientation. Les ouvertures des séjours sont disposées sur les façades ou pignons opposés à la voirie et donc orientées sans prise en compte de l'ensoleillement ou de la luminosité. Une seule concession « bioclimatique » apparaît : l'aspect traversant de l'ensemble des logements. C'est un critère intéressant pour le rafraîchissement estival. La construction à ossature bois présente une inertie thermique assez faible et donc une surchauffe estivale possible (température de confort > 26°C), le rafraîchissement passif par des ouvertures sur des façades opposées et création de mouvement d'air de dissipation des calories est intéressant. Il peut être accompagné par des VMC simple flux avec un régime de sur-ventilation.

Bilan carbone

Le premier poste CO₂, avant le chauffage, est le transport. Pour ce projet, les critères listés ci-dessous expliquent ce constat :

- éloignement du lieu de travail (déplacement contraint sans transport public) ;
- famille avec enfants (déplacement contraint vers école primaire sans ramassage scolaire ou bien collège).

La nature de la construction, ici ramenée à la durée de vie du bâtiment 50 ans, minimise les choix liés aux matériaux. Il serait plus instructif d'envisager ce poste sur une durée plus pertinente soit 30 à 35 ans.

Urbanisme, mixité sociale

La mixité sociale semble ne pas être un critère pris en compte d'une façon déterminante :

- *a priori*, le programme est livré en une seule fois ;
- le programme est un programme locatif.

Il est fort probable que les familles posséderont les mêmes caractéristiques socio-économiques.

Transport et déplacements

Le contexte du projet est typique des programmes situés assez loin des centres urbains (pour des raisons de prix du foncier), l'accès au transport public est faible, l'utilisation systématique de la voiture est la norme, la typologie des familles (avec enfants) suppose de nombreux déplacements individualisés (activités loisirs).

Points favorables : présence d'un groupe scolaire en proximité directe qui permet de diminuer l'utilisation du véhicule.

Points défavorables : grandes surfaces éloignées (8 km), donc un à deux déplacements contraints par semaine. Pas d'information sur les commerces de proximité.

Eaux pluviales

Une attention particulière a été portée au rapport des surfaces d'infiltration naturelle par rapport à la surface totale. Cette attention est imposée par la réglementation. On ne distingue pas de dispositif de rétention, il semble donc que les surfaces filtrantes plus le réseau soient suffisants pour l'évacuation des eaux pluviales.

Il n'y a pas de dispositif spécifique de récupération des eaux pluviales pour l'arrosage des parties publiques et l'aménagement paysager.

Cadre de vie : aménagement paysagé, lieux de rencontre

Une barrière végétale sépare la voirie des habitations. Différentes fonctions sont associées à cette barrière : écran visuel, acoustique, cadre paysager, protection solaire pour certains logements, écran solaire pour d'autres logements en particulier si des essences à feuilles persistantes sont sélectionnées.

L'entrée du projet semble disposer de surfaces non aménagées (non spécifiques) qui évolueront certainement informellement vers des lieux de rencontre, il sera cependant important de veiller à l'éventuelle gêne pour les logements de proximité.

Lorsque l'on croise cadre de vie et déplacement, le fait d'avoir deux entrées à ce lotissement est un point défavorable (le confort acoustique et la sécurité piéton seront défavorisés). Par expérience, il arrive souvent que la deuxième entrée soit fermée, surtout lorsque les enfants investissent la rue pour le jeu.

Q113

Critères		Points forts	Points faibles
Bâti	Énergie	Label THPE	Orientation peu optimisée Énergies renouvelables pas représentées
	Architecture	R+1 max Unité architecturale	
Aménagement	Paysage	Bordure arborée (voirie/habitation) Cadre général (campagne, vigne)	Bâtiments 25 et 26 « encerclés » par voirie
	Rencontre		Pas de lieu formalisé Implantation favorisant le « chacun chez soi ».
	Voirie		Voirie prédominante, seule colonne vertébrale de l'aménagement.
Développement durable	Bilan carbone	Système constructif (bois)	Éloignement centre urbain Éloignement centre commerciaux

	Gestion de l'eau	% surface perméable intéressant	Pas de récupération eau pluviale
Cadre de vie, bien vivre	Mixité sociale		Mono génération, peu d'inconvénient à l'échelle de cet aménagement. Pas de mixité locataire / propriétaire

Thème 12 : CONSTRUCTION DURABLE – OPTIMISATION DES APPORTS SOLAIRES

Q121



Les logements concernés présentent des expositions radicalement différentes.

Logements 2 à 5 (par logement)

Surface HT sud = 7,8 m², avec Av = 7,8 x 0,8 = 6,3 m²

Surface HT nord = 2,6 m², avec Av = 2,6 x 0,66 = 1,7 m²

Logements 31 à 34 (par logement)

Surface HT nord = 7,8 m², avec Av = 7,8 x 0,8 = 6,3 m²

Surface HT sud = 2,6 m², avec Av = 2,6 x 0,66 = 1,7 m²

C'est une situation qui a pour conséquence des gains et des déperditions différentes pour les deux ensembles de bâtiment.

Q122

La température moyenne durant la période de chauffe s'écrit :

$$T_{\text{moy.de la période}} = \frac{\sum (\text{nb jours par mois} \times T_{\text{moy.du mois}})}{\sum \text{nb jours de la période}} = \frac{1326}{180} = 7,36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

mois	nb jours (a)	T ext moyen (b)	a·b
10	15	13,0	195
11	30	6,7	201
12	30	5,8	174
1	30	3,6	108
2	30	7,8	234
3	30	8,6	258
4	15	10,4	156
	180		1326

Différence entre température moyenne et température de consigne : 19 – 7,36 = 11,64°C.

Flux thermique moyen de déperdition par les vitrages des menuiseries :

$$\phi_{\text{pm}} = U_v \times A_v \times (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}), \text{ soit } \phi_{\text{pm}} = 1,65 \times 8 \times (11,64) = 154 \text{ W.}$$

Le flux thermique moyen de déperdition est une puissance, l'énergie perdue intègre la durée de déperdition.

$$Q = P \times t \text{ soit } 154 \times (180 \times 24 \times 3600) = 2,4 \cdot 10^9 \text{ J} = 2,4 \cdot 10^6 \text{ kJ} = 665 \text{ kWh.}$$

Les déperditions sont identiques pour les logements 2 à 5 et 31 à 34.

Q123

Irradiation totale sur la période de chauffe en Wh/m² et kWh/m² :

$$I_{\text{irradiation.totale}} = \sum I_{\text{moy.par.jour}} \times \text{nb.jours par mois}$$

mois	exposition		nb jours	exposition	
	nord	sud		nord	sud
10	960	3100	15	14400	46500
11	610	1960	30	18300	58800
12	470	1580	30	14100	47400
1	540	1740	30	16200	52200
2	510	2290	30	15300	68700
3	1180	2720	30	35400	81600
4	1650	3200	15	24750	48000

Wh/m²/jour

Wh/m²/jour

Wh/m²/mois

Wh/m²/mois

138450	403200	Wh/m ²
138	403	kWh/m ²

Il faut intégrer au calcul :

- le facteur solaire g ;
- le facteur d'ombrage fs ;
- la surface de captage Av ;
- l'exposition Nord et Sud ;
- la distinction entre les logements 2 à 5 et 31 à 34.

logements 2 à 5					
exposition	irradiation brute	surface	g	fs	gain
nord	138	1,7	0,65	0,90	137
sud	403	6,3	0,65	0,72	1188
	kWh/m ²	m ²			1325

kWh

kWh

kWh

logements 31 à 34					
exposition	irradiation brute	surface	g	fs	gain
nord	138	6.3	0,65	0,9	509
sud	403	1,7	0.65	0,72	321
	kWh/m ²	m ²			829

kWh

kWh

kWh

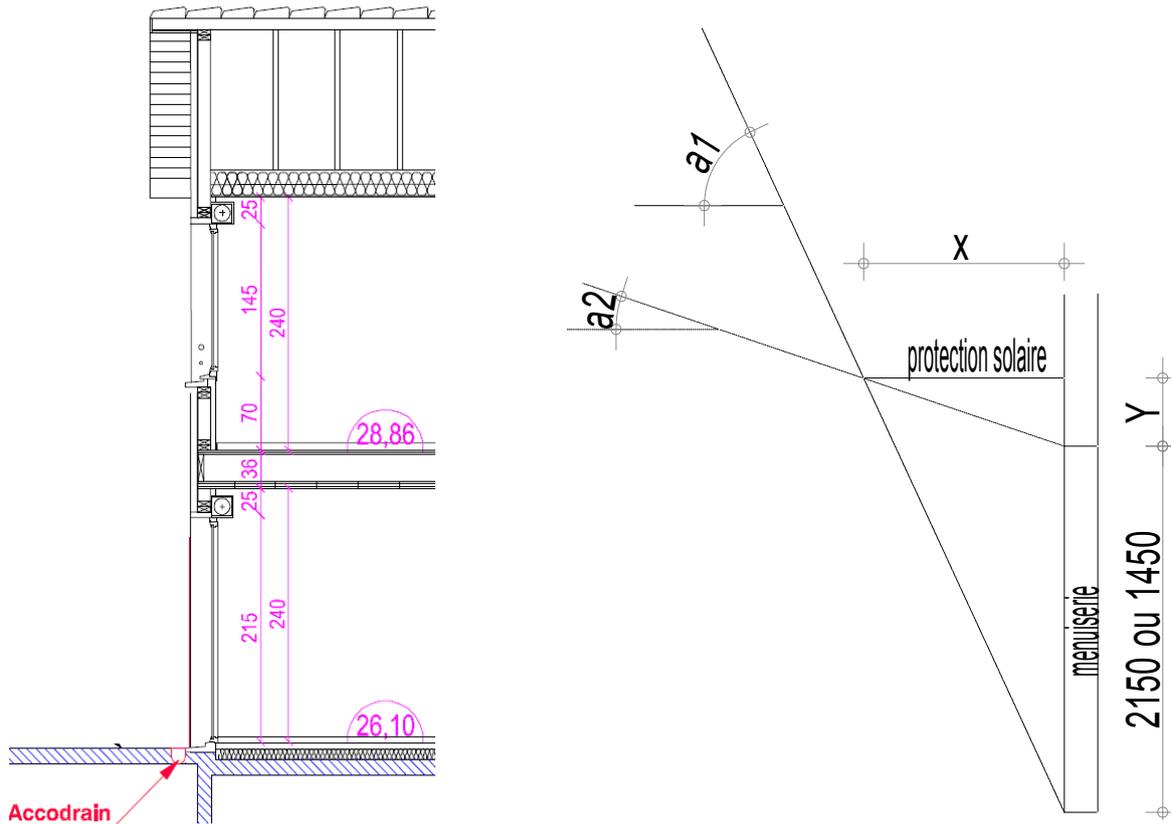
Nota : on remarquera que les menuiseries dans les deux cas permettent un gain.

Logements 2 à 5 1325 – 665 = 660 kW·h (environ 66 €)

Logements 31 à 34 829 – 665 = 164 kW·h (environ 17 €)

Q124

Le problème peut être modélisé de la manière suivante :



Il s'agit de rechercher le maximum de protection en été et le maximum d'exposition en hiver. Par construction y est fixé :

- soit pour la porte fenêtre $\frac{360}{2} + 250 = 430$ mm ;
- soit pour la fenêtre $100 + 250$ soit 350 mm.

L'angle a1 correspond au maximum de protection été, soit 70°.

L'angle a2 correspond au maximum d'exposition en hiver, il constituera la première recherche.

Pour cela, il faut déterminer x.

Pour la porte-fenêtre : $x = (2150 + 430) \tan (20^\circ) = 939$ mm.

Pour la fenêtre : $x = (1450 + 350) \tan (20^\circ) = 655$ mm.

L'angle a2 se détermine donc de la manière suivante :

- pour la porte-fenêtre $\text{atan } \varphi 2 = \frac{430}{939} = 25^\circ$;
- pour la fenêtre $\text{atan } \varphi 2 = \frac{430}{939} = 25^\circ$.

La protection d'été est assurée.

Pour la protection d'hiver, il faut lire le diagramme tout au long de la période de chauffe.

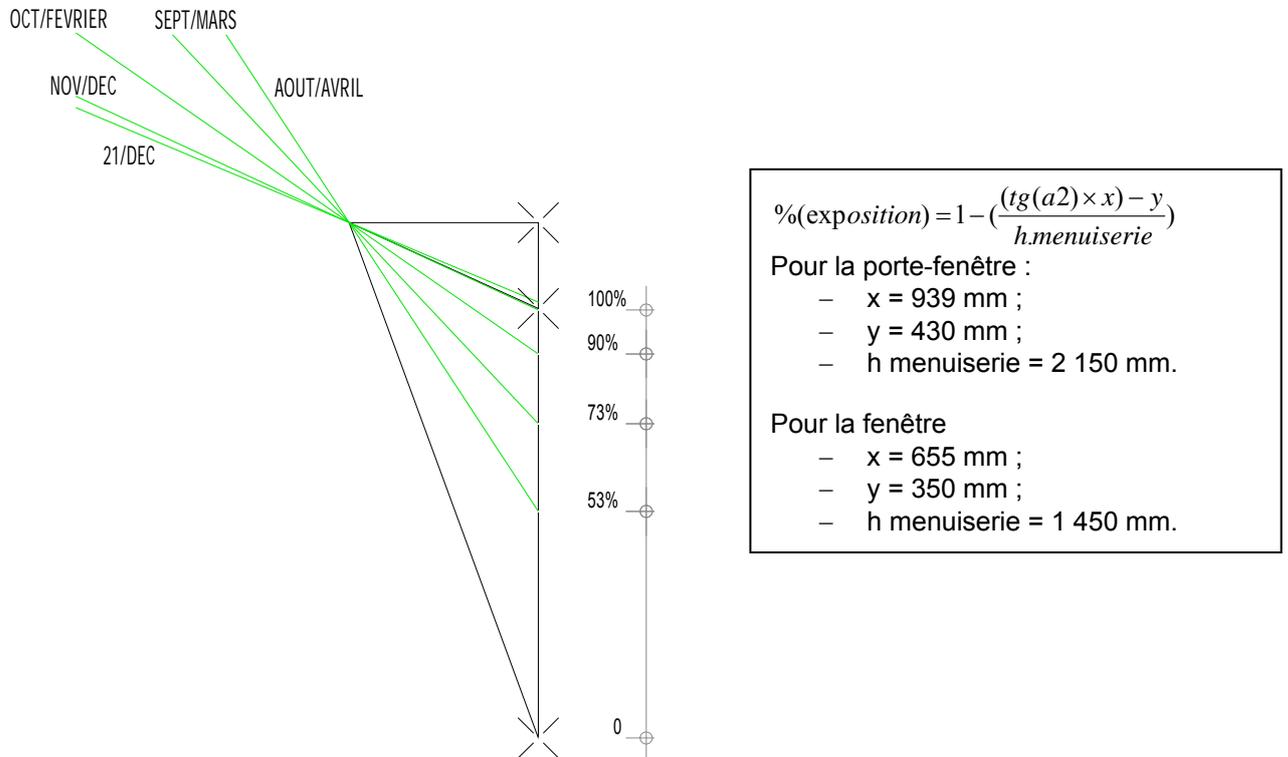
Décembre – janvier, la lecture du diagramme solaire donne un angle solaire de 23°.

L'exposition max (100 %) est garantie dans les deux cas, porte-fenêtre et fenêtre, l'exposition maximale d'hiver est garantie.

Novembre – février, la lecture du diagramme solaire donne un angle solaire de 35°. L'exposition maximale sera de 90 %.

Octobre – mars, la lecture du diagramme solaire donne un angle solaire de 47°. L'exposition maximale sera de 73 %.

Avril, la lecture du diagramme solaire donne un angle solaire de 57°. L'exposition max sera de 53 %.



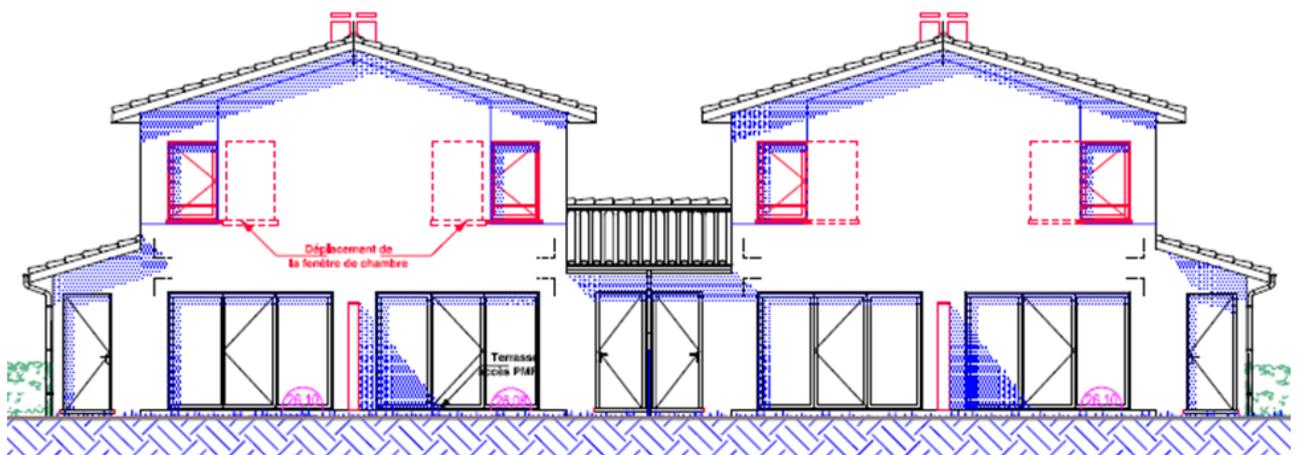
Le calcul des apports solaires sera donc à reprendre en conséquence.

Les logements 31 à 34 présentent le bilan apport-déperdition le moins avantageux (bien que positif).

Les critères qui semblent pertinents pour une amélioration sans incidence sur les éléments cités ci-dessus et également sur le coût (habitat locatif) sont limités.

Il peut être envisagé une augmentation des surfaces de captage, soit au nord soit au sud.

Façade Nord



Façade Sud



Domaine 2 — STRUCTURE - MATÉRIAUX

Thème 21 : CONCEPTION MÉCANIQUE

Q211

G (poids des matériaux)	Toiture	0,8 kN/m ² (de projection horizontale)
	Plancher	0,5 kN/m ²
	Poids propre des murs	0,8 kN/m ² (pour 1 m ² de mur)
S (neige)		0,4 kN/m ² (de projection horizontale)
Q (exploitation)	(sur le plancher)	1,5 kN/m ²

La combinaison utilisée sera $C = 1,35G + 1,5Q + 0,75S$.

Chargement sur un montant = chargement surfacique x surface chargée.

$$G_{\text{toiture}} = 0,8 \times 0,6 \times 3,90/2 = 0,94 \text{ kN}$$

$$G_{\text{plancher}} = 0,5 \times 0,6 \times 3,90/2 = 0,59 \text{ kN}$$

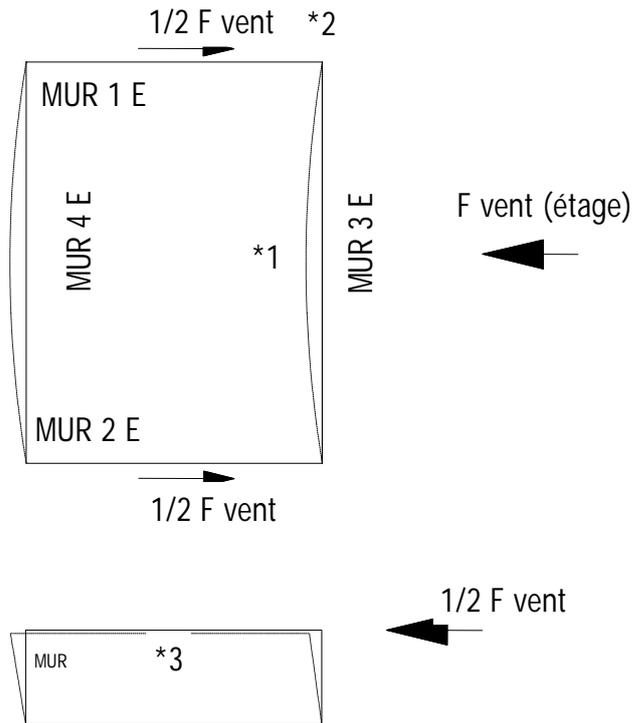
$$G_{\text{poids propre mur appliqué à un montant}} = 0,8 \times 0,6 \times 5,00 = 2,40 \text{ kN}$$

$$Q = 1,5 \times 0,6 \times 3,90/2 = 1,76 \text{ kN}$$

$$S = 0,4 \times 0,6 \times 3,90/2 = 0,47 \text{ kN}$$

$$\text{Donc : } C = 1,35G + 1,5Q + 0,75S = 1,35(0,94 + 0,59 + 2,4) + 1,5(1,76) + 0,75(0,47) = 8,30 \text{ kN.}$$

Q212



Le vent exerce une action surfacique sur le mur 3E dont la résultante est 21kN.

Le mur 3E se comporte comme une poutre sur deux appuis.

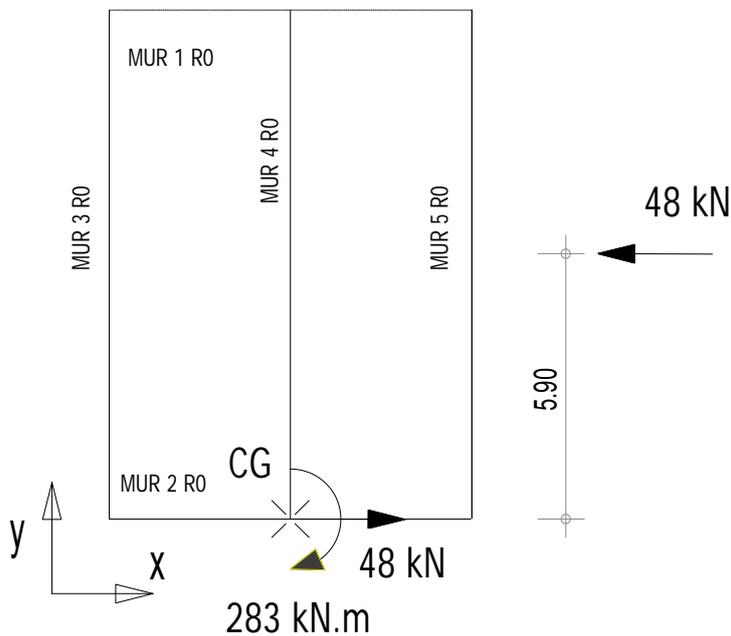
Les appuis sont les murs 1E et 2E qui reprennent 21/2 kN soit 10.5 kN (*2).

Ce chargement appliqué en tête du mur 1E ou 2E est repris par le voile travaillant fixé sur l'ossature bois (*3), le voile travaillant résiste à cet effort par son agrafage.

Nota : pour éviter une déformation excessive du mur 3E ou bien 4E sous l'effet du vent, une poutre au vent sera mise en œuvre sous les entrants de fermes industrielles. (*1)

Q213

Le problème est modélisé de la manière suivante :



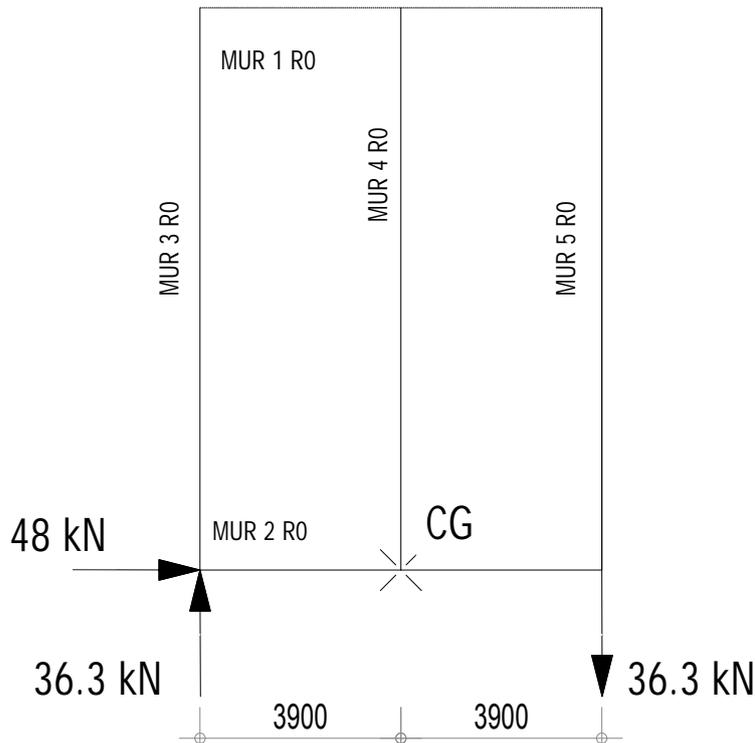
Le mur 1R0 n'a pas de résistance, il est complètement ouvert par la présence des porte-fenêtres sur la totalité.

Le barycentre CG des murs résistants se trouve à :

- $y = 0$ (mur 2R0, seul mur résistant // à x) ;
- $x = 3,90$ m.

La charge de W est appliquée au milieu du mur 5R0.

L'équilibre de la structure est réalisé au barycentre par une action horizontale de 48 kN et un moment résistant de 283 kN·m soit (48 x 5,9).



L'action horizontale est appliquée au mur 2R0, soit 48 kN.

Le moment est distribué sur les murs 3R0 et 5R0 proportionnellement à leur distance du barycentre, soit :

$$283 / 3.9 / 2 = 36,3 \text{ kN.}$$

(Fmur 5R0 = Fmur 3R0).

Q214

$$\text{Contrainte de compression axiale : } \sigma_{0,d} = \frac{F_{axial}}{A} = \frac{8300}{120 \times 45} = 1,54 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}.$$

$$\text{Contrainte de compression transversale : } \sigma_{90,d} = \frac{F_{axial}}{A} = \frac{8300}{120 \times 45} = 1,54 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}.$$

Vérification à la résistance à la compression axiale : $\sigma_{0,d} \leq f_{0,d}$ soit $1,54 \leq 6,5 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$.

Vérification à la résistance à la compression transversale : $\sigma_{90,d} \leq f_{90,d}$ soit $1,54 \leq 2,2 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$.

Q215

Avec un étage de plus, les chargements sont :

- $G_{\text{toiture}} = 0,8 \times 0,6 \times 3,90/2 = 0,94 \text{ kN}$;
- $G_{\text{plancher}} (2 \text{ fois}) = 2 \times 0,5 \times 0,6 \times 3,90/2 = 1,18 \text{ kN}$;
- $G_{\text{poids propre mur appliqué à un montant}} = 0,8 \times 0,6 \times 8,00 = 3,84 \text{ kN}$;
- $Q (2 \text{ fois}) = 2 \times 1,5 \times 0,6 \times 3,90/2 = 3,52 \text{ kN}$;
- $S = 0,4 \times 0,6 \times 3,90/2 = 0,47 \text{ kN}$.
- $C = 1,35G + 1,5Q + 0,75S = 1,35(0,94 + 1,18 + 3,84) + 1,5(3,52) + 0,75(0,47) = 13,7 \text{ kN}$

$$\text{Contrainte de compression transversale : } \sigma_{0,d} = \frac{F_{axial}}{A} = \frac{13700}{120 \times 45} = 2,53 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}.$$

Vérification à la résistance à la compression transversale : $\sigma_{90,d} \leq f_{90,d}$. mais

$$2,53 \geq 2,2 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}.$$

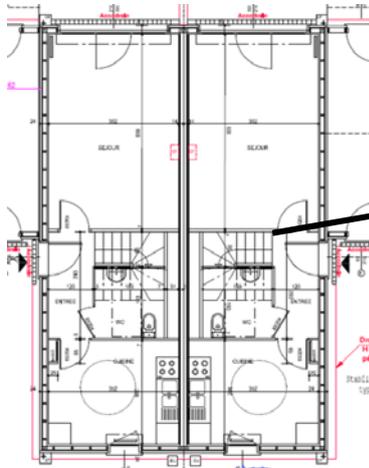
Cette solution n'est pas envisageable, une action corrective est entreprise : l'entraxe des montants est

réduit à 0,40 m, le chargement axial devient $\frac{13,7 \times 0,4}{0,6} = 9,14 \text{ kN}$,

La contrainte de compression transversale devient $\sigma_{90,d} = \frac{F_{axial}}{A} = \frac{9140}{120 \times 45} = 1,69 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$.

La vérification à la compression axiale est assurée $1,69 \leq 2,2 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$.

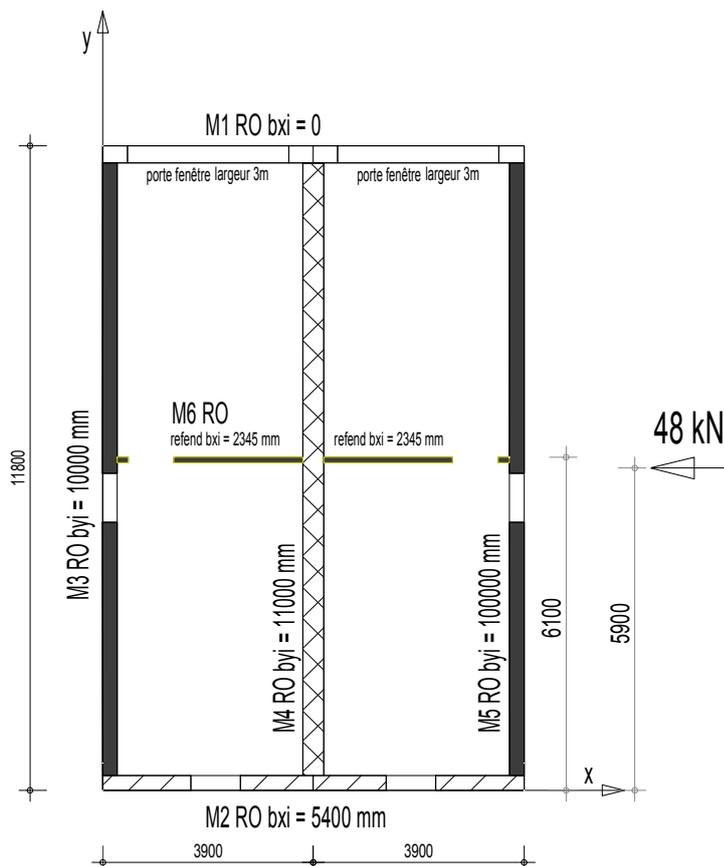
Q216



L'aménagement du rez-de-chaussée propose une cloison séparative non porteuse entre le séjour et l'escalier.

Une solution consistera à rendre cette cloison résistante aux efforts horizontaux : cloison ossature bois avec voile travaillant. L'épaisseur est légèrement modifiée (de 70 mm à 100 mm).

La modélisation de la stabilité du RDC devient :



Selon plan, le refend 6RO est disposé comme ci-contre.

Coordonnées du barycentre s :

- $x_s = 3,9 \text{ m}$;
- $y_s = \frac{2345 \times 2 \times 6}{2345 + 2345 + 5400} = 2,79 \text{ m}$.

Collecte des données :

x_s	3,9 m
y_s	2,8 m

W_x	48 kN
y_w	5,9 m
e_y	3,1 m

Désignation	b_{xi}	y_i	$s_{yi} = y_i - y_s$	$b_{xi} \cdot s_{yi}^2$
M6	4,7	6,1	3,3	51
M2	5,4	0,0	-2,8	42
somme	10,1			94

Désignation	b_{yi}	x_i	$s_{xi} = x_i - x_s$	$b_{yi} \cdot s_{xi}^2$
M3	10,0	0,0	-3,9	152
M4	11,0	3,9	0,0	0
M5	10,0	7,8	3,9	152
somme	31,0			304

$$H_{xi} = \frac{b_{xi}}{\sum b_{xi}} W_x + \frac{W_x e_y s_{yi} b_{xi}}{\sum b_{xi} s_{yi}^2 + \sum b_{yi} s_{xi}^2}$$

$$H_{yi} = \frac{W_x e_y s_{xi} b_{yi}}{\sum b_{xi} s_{yi}^2 + \sum b_{yi} s_{xi}^2}$$

Pour M6R0
$$H_{xi} = \frac{4,7}{10,1} \times 48 + \frac{48 \times 3,1 \times 3,3 \times 4,7}{94 + 304} = 28 \text{ kN}$$

Pour M2R0
$$H_{xi} = \frac{5,4}{10,1} \times 48 + \frac{48 \times 3,1 \times -2,8 \times 5,4}{94 + 304} = 20 \text{ kN}$$

Pour M3R0
$$H_{yi} = \frac{48 \times 3,1 \times 3,9 \times 10}{94 + 304} = 14,6 \text{ kN}$$

Pour M4R0
$$H_{yi} = \frac{48 \times 3,1 \times 0 \times 11}{94 + 304} = 0 \text{ kN}$$

Cette solution permet de diminuer l'effort à reprendre par les différents murs.

Domaine 3 – GESTION DE L'ÉNERGIE

Thème 31 : VENTILATION

Q311

Ce logement est composé de 3 pièces principales (séjour, chambre1 et chambre 2). De ce fait, il faut extraire 105 m³/h en cuisine, 30 m³/h pour la salle de bains et 30 m³/h pour le WC unique soit 165 m³/h au total.

Il faudra par conséquent faire entrer 165 m³/h qu'on pourra répartir par 90 m³/h pour le séjour, 30 m³/h pour la chambre 1 et 45 m³/h pour la chambre 2 (légèrement plus grande).

Q312

La puissance perdue se calcule $\Phi_v = 0,34 \times 165 \times (19 - 9,5) = 533 \text{ W}$.

La quantité d'énergie par : $Q = \Phi_v \times t = 0,533 \times 230 \times 24 = 2942 \text{ kWh} = 10,59 \cdot 10^9 \text{ J}$.

Q313

L'énergie utile totale perdue s'élève à 6242 kWh (=2942+3300), la part d'énergie perdue à cause du renouvellement d'air atteint les 47% ce qui représente une très grosse proportion.

Q314**Q3141**

Une VMC hygroréglable a la particularité de moduler le débit d'air en fonction de l'humidité ambiante. En effet, une élévation de l'humidité dans l'ambiance est caractéristique d'une occupation humaine ce qui implique un besoin de renouveler l'air alors qu'une réduction de l'humidité est signe d'absence d'activité et donc que le besoin de renouveler l'air est limité.

Les bouches d'entrée d'air hygro-réglables mesurent cette humidité et s'ouvrent et se ferment en conséquence.

Par ailleurs, des bouches temporisées peuvent être installées en cuisine et WC afin de moduler le débit en fonction de l'activité.

Souvent, l'enclenchement est manuel en cuisine alors qu'il est automatisé par un détecteur de présence dans les toilettes.

Q3142

Il n'y a pas de grosses modifications dans la pose mais bien entendu, les bouches sont spécifiques.

Q3143

La puissance perdue devient alors : $\Phi_v = 0,34 \times 80 \times (19 - 9,5) = 258 \text{ W}$.

La quantité d'énergie perdue : $Q = \Phi_v \times t = 0,258 \cdot 230 \cdot 24 = 1426 \text{ kWh} = 5,13 \cdot 10^9 \text{ J}$.

À cela, il faut rajouter le fait que le ventilateur fonctionne 24h/24 et 7j/7, ce qui engendre :

- pour une VMC simple flux, $Q_v = 0,033 \times 365 \times 24 = 289 \text{ kWh}$;
- pour une VMC hygro-réglable microwatt, $Q_v = 0,0104 \times 365 \times 24 = 91 \text{ kWh}$.

Les coûts respectifs sont donc de 31,8 € et de 10 €, l'amortissement se fait alors sur

$$\frac{500}{(2942 - 1426) \times 0,11 + 31,8 - 10} = 2,6 \text{ ans} .$$

Q315**Q3151**

Une VMC double flux a la particularité de récupérer l'énergie de l'air extrait afin de réchauffer l'air neuf grâce à un échangeur de chaleur.

Q3152

Bien évidemment, cela nécessite de mettre en place un réseau d'air neuf et de supprimer toutes les bouches d'entrée d'air aux fenêtres, ce qui complique l'installation et en augmente son coût.

De plus, il faut filtrer l'air afin d'éviter d'encrasser l'échangeur (et donc de perdre en efficacité) mais aussi les réseaux de gaines qui deviendraient alors des nids à bactéries.

Q3153

La puissance perdue devient alors : $\Phi_v = (1 - 0,85) \times 0,34 \times 165 \times (19 - 9,5) = 80 \text{ W}$

La quantité d'énergie perdue : $Q = \Phi_v \times t = 0,080 \times 230 \times 24 = 441 \text{ kWh} = 1,59 \cdot 10^9 \text{ J}$

À cela, il faut rajouter le fait que le ventilateur fonctionne 24h/24 et 7j/7, ce qui engendre :

- pour une VMC simple flux, $Q_v = 0,033 \times 365 \times 24 = 289 \text{ kWh}$;

– pour une VMC hygro-réglable microwatt, $Q_v = 0,070 \times 365 \times 24 = 613 \text{ kWh}$.

Les coûts respectifs sont donc de 31,8 € et de 67,5 €, l'amortissement se fait alors sur $\frac{2000}{(2942 - 441) \times 0,11 + 31,8 - 67,5} = 8,3 \text{ ans}$.

La comparaison avec l'hygro-réglable donne : $\frac{1500}{(1426 - 441) \times 0,11 + 31,8 - 67,5} = 29,5 \text{ ans}$.

L'intérêt de la double flux par rapport à la simple flux est très intéressant, mais l'est moins si on choisit une simple flux hygro-réglable microwatt. Toutefois, il faut bien prendre en compte que le coût de l'énergie augmentera et de ce fait, l'amortissement se réduira.

Q316

La possibilité de sur-ventiler la nuit permettra de rafraîchir l'ambiance plus rapidement. Cela sera d'autant plus avantageux que le bâtiment aura de l'inertie.

Q317

$\theta_{ext} < \theta_{amb} \Rightarrow$ changement de vitesse de ventilation (max).

En double-flux, ouverture du by-pass de l'échangeur.

Thème 32 : PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE (ECS)

Q321

L'énergie utile pour la production d'ECS par an est de :

$$Q = 1000 \times 0,191 \times 4184 \times (55 - 13) \times 365 = 12,25 \cdot 10^9 \text{ J} = 3404 \text{ kWh}.$$

Propositions d'amélioration

Q322

L'énergie utile pour la production d'ECS par an est 3404 kWh, or la couverture solaire est de 73,7% ce qui implique un apport électrique de $Q = (1 - 0,734) \times 3404 = 905 \text{ kWh}$.

Q323

L'amortissement sera alors de $\frac{3500}{(3404 - 905) \times 0,0864} = 16,2 \text{ ans}$.

Si on ne regarde que l'amortissement, on peut effectivement se demander s'il y a un grand intérêt, mais il ne faut pas oublier la démarche développement durable qui en suit.

Et puis, à partir du 1^{er} janvier 2013, tous les permis de construire doivent inclure une EnR, le ballon thermodynamique en fait partie.

Impact environnemental

Q324

$$Q_{\text{élect}} = 3404 \text{ kWh} \Rightarrow Q_{\text{élect ep}} = 3404 \times 2,58 = 8782 \text{ kWh}_{\text{ep}} \text{ par an} = 8752/80 = 109,4 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2_{\text{SHON}}$$

Nous avons donc $109,4 + 121,7 = 231,1 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2_{\text{SHON}} \Rightarrow$ **étiquette E**.

$$Q_{\text{mixte}} = 905 \text{ kWh} \Rightarrow Q_{\text{mixte ep}} = 905 \times 2,58 = 2335 \text{ kWh}_{\text{ep}} \text{ par an} = 2335/80 = 29,2 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2_{\text{SHON}}$$

Nous avons donc $29,2 + 121,7 = 150,9 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2_{\text{SHON}} \Rightarrow$ **étiquette C**.

Aux arrondis près, il est possible de gagner jusqu'à 2 niveaux sur l'étiquette énergétique grâce à l'installation solaire.

Q325

$$Q_{\text{élect ep}} = 109,4 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2_{\text{SHON}} = 109,4 \times 0,040 + 121,7 \times 0,180 = 26,3 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{m}^2_{\text{SHON}} \Rightarrow \text{étiquette D.}$$

$$Q_{\text{mixte}} = 29,2 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2_{\text{SHON}} = 29,2 \times 0,040 + 121,7 \times 0,180 = 23,1 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2_{\text{SHON}} \Rightarrow \text{étiquette D.}$$

L'impact du solaire sur les émissions de CO₂ est plus réduit sur l'ECS que sur du chauffage. Ici, on note tout de même une réduction des émissions de CO₂ de 12 % mais pas d'impact sur l'étiquette.

Bilan

Q326

	La solution solaire présente plus d'avantages	La solution solaire présente plus d'inconvénients
Économie		
Étiquette énergétique		
CO ₂		

La production d'ECS en partie grâce à un capteur solaire permet de réduire de 35 % la consommation d'énergie primaire et de 12 % les émissions de CO₂. L'impact sur le CO₂ n'est pas aussi important, car la production d'électricité en France est moins polluante (en termes de CO₂) la nuit (heures creuses) du fait d'une très grande quote-part de l'énergie nucléaire pendant cette période.

Par contre, l'impact du solaire est ici plus important qu'avec d'autres énergies car le rapport énergie primaire-énergie utile est plus pénalisant lorsqu'on utilise de l'électricité.

Techniquement, l'installation est plus compliquée car il faut une toiture bien exposée, il faut prévoir le passage des tuyauteries entre le capteur et le ballon et il y a une consommation électrique supplémentaire (non prise en compte) due au circulateur (sauf système en thermosiphon).

Thème 33 : GESTION DE LA PRODUCTION DE CHALEUR

Sélection

Q331

$$U = \frac{1}{R} \leq 0,17 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \text{ donc } R \geq 5,9 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R = R_{s_j} + R_{s_e} + R_{\text{plâtre}} + R_{\text{laine}} + R_{\text{isolant}} + R_{\text{panneau bois}} + R_{\text{pse}} + R_{\text{enduit}}$$

$$R_{\text{isolant}} \geq R_{s_j} + R_{s_e} + R_{\text{plâtre}} + R_{\text{laine}} + R_{\text{panneau bois}} + R_{\text{pse}} + R_{\text{enduit}}$$

$$R_{\text{isolant}} \geq 5,9 \cdot (0,17 + 0,052 + \frac{0,04}{0,04} + 0,069 + \frac{0,06}{0,04} + 0,11) = 3,08 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Q332

Un convecteur chauffe l'air grâce à une résistance chauffante. Cet air chaud devient plus léger et monte, impliquant une arrivée d'air moins chaud par le bas du convecteur. Ainsi, l'air se met en mouvement sur l'ensemble de la pièce. Mais l'air sera forcément plus chaud au plafond qu'à hauteur d'homme.

L'inconvénient majeur réside dans la régulation et son différentiel qui fait que le convecteur s'enclenche pour une variation de température supérieure à 2°C ce qui engendre des sensations d'inconfort. De plus, la forte température dans le convecteur carbonise les poussières (traces noirâtres).

Un radiant ne chauffe pas l'air (ou presque pas) mais les objets qui se trouvent sur son champ (personnes comprises). Cela permet de moins chauffer l'air (donc moins de déperditions) et de mieux répartir la chaleur à hauteur d'homme.

Q333

Le coefficient de surpuissance sert à remonter en régime plus rapidement lors des abaissements nocturnes (ou des congés) afin de remonter le logement en température plus rapidement. Il sert aussi de marge de sécurité (grand froid, erreurs de calcul ...).

Local	Dans local. Déperditions Totales	Puissance à installer = Dép×1,15	choix
Logement T2 A	1895 W	2179 W	-
Séjour	787 W	905 W	Radiant 1000 W
Cuisine	253 W	291 W	Convecteur 500 W
W.C.	58 W	67 W	-
Entrée	138 W	159 W	-
Salle de bains	202 W	232 W	Convecteur 500 W
Chambre	456 W	524 W	Radiant 1000 W

Total installé : 3000 W pour un besoin de 1895 W !

Propositions d'amélioration

Q334

Cette solution seule ne permet pas de régler correctement la température dans l'habitation.

Chaque radiateur est indépendant et ne permet pas d'obtenir une température homogène, ce qui génère des gaspillages inutiles.

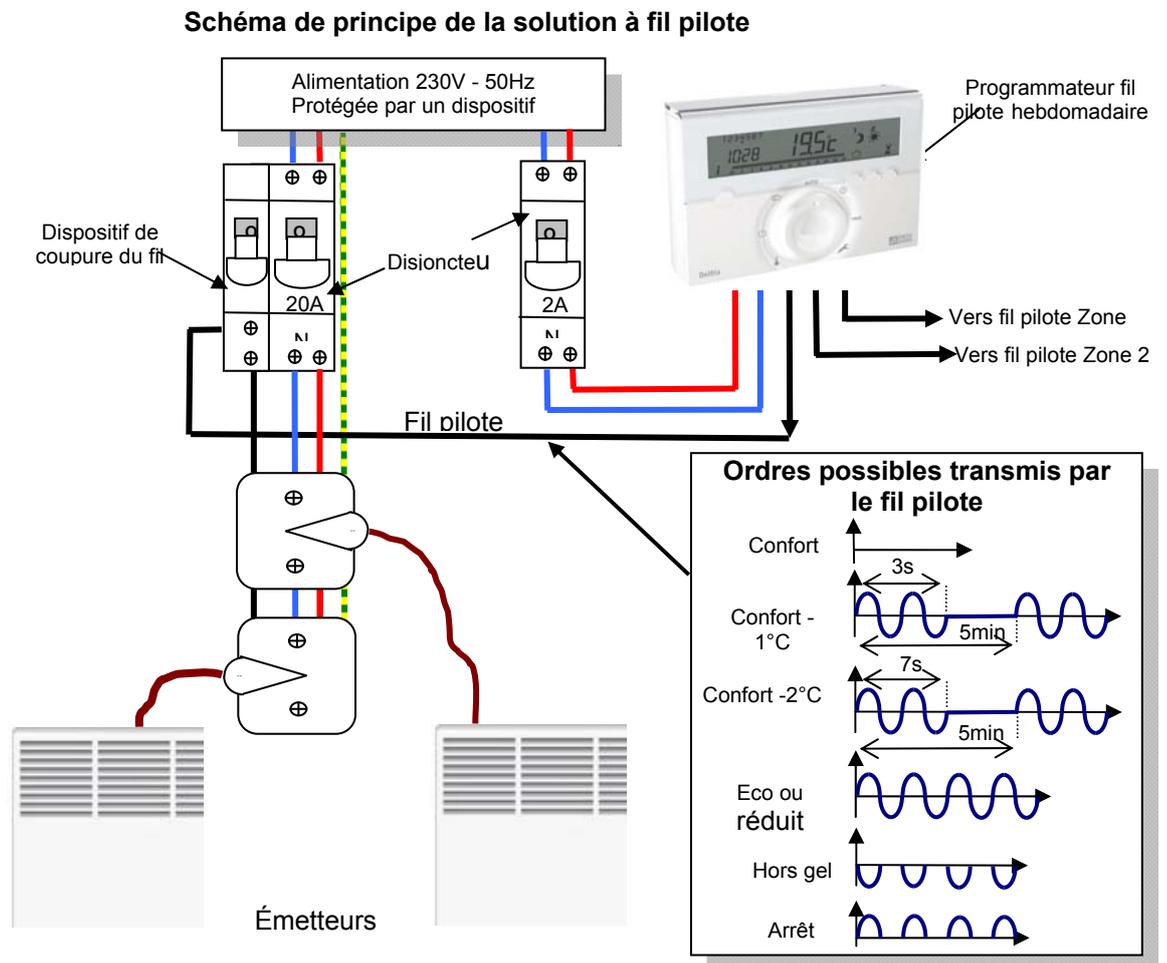
Il y a 2 zones différentes à prendre en compte : les zones de vie ou de jour et les zones de nuit qu'il faut chauffer différemment.

Q335

Le pilotage d'un système de chauffage est souvent centralisé à l'aide d'un programmateur qui automatise le fonctionnement de l'installation et permet d'économiser de l'énergie. Ce programmateur peut maintenir en température plusieurs pièces découpées en zones : zone de jour (salon, cuisine, bureau, entrée ..), zone de nuit (chambres). Il peut communiquer à l'aide d'un **fil pilote** qui transmet les ordres.

Une gamme de 6 ordres de commande est possible, permettant de réaliser des économies significatives d'énergie, tout en conservant une bonne qualité de confort : confort, confort -1 °C, confort - 2 °C, éco (ou réduit), hors gel et arrêt total.

Un programmeur ou gestionnaire génère les ordres en fonction du mode de vie des occupants et des périodes tarifaires, puis les communique à chacun des émetteurs de chaleur à l'aide de signaux électriques de faible intensité sur le « fil pilote ».



Avantages : la régulation et la programmation permettent de régler la température de chauffage en fonction de l'occupation des locaux, des conditions extérieures, des apports gratuits d'énergie, et de définir ainsi des périodes à température réduite et de ménager des pièces moins chauffées. Leur utilisation peut réduire de 10 à 25 % la consommation d'énergie.

Thème 34 : SYSTÈME DOMOTIQUE

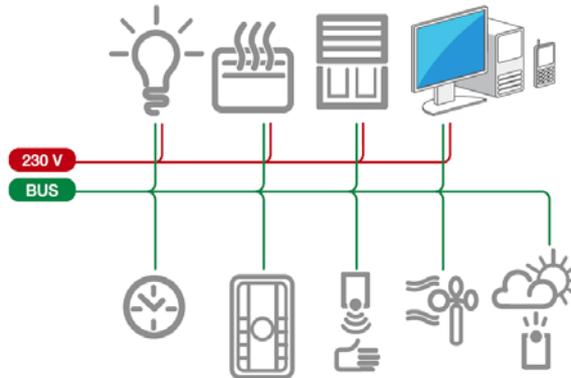
Q341

La mise en œuvre de volets roulants permet :

- d'améliorer la protection thermique du bâtiment en limitant les déperditions ;
- d'améliorer également le confort des usagers (gain de temps, commande à l'aide d'un seul geste) ;
- de pallier les problèmes de mobilité réduite par exemple ;
- d'assurer une meilleure protection contre les effractions (simulations de présence par programmation des volets) ;
- de gérer l'influence de la lumière du jour dans chaque pièce.

Un volet roulant électrique est équipé d'un moteur monophasé à 2 enroulements (3 conducteurs phase 1 sens 1, phase 2 sens 2, neutre) équipé de capteurs de fin de course. Ces capteurs permettent de couper l'alimentation des bobines du moteur lorsque les positions extrêmes du volet sont atteintes.

L'ensemble du système d'éclairage et des volets roulants peut être commandé par un système domotique utilisant un bus de communication sous différents protocoles.



Les avantages du système à BUS :

- simplicité de câblage ; un unique câble non polarisé pour le branchement en parallèle de tous les dispositifs, sans aucune possibilité d'erreur de câblage ;
- plus grande sécurité d'utilisation ; l'utilisateur intervient sur les dispositifs de commande alimentés à très basse tension de sécurité (de 20 à 30V cc) ;
- flexibilité d'utilisation ; à tout moment, il est possible de modifier la fonctionnalité de l'installation ; à cet effet, il suffit de modifier la programmation des dispositifs ou d'en ajouter de nouveaux ;
- continuité de fonctionnement ; le remplacement d'un dispositif à BUS défectueux ne compromet pas le fonctionnement des autres dispositifs du système ;
- coût inférieur ; la pose d'un seul câble évite l'utilisation d'un grand nombre de conducteurs, ce qui permet de limiter dans une très large mesure les interventions de main-d'œuvre ;
- gestion et contrôle possibles à distance de son habitation, à partir d'un ordinateur connecté à Internet, un ordinateur de poche ou un téléphone (fixe ou portable).

Par un simple appel téléphonique ou en se connectant à Internet, il est possible d'activer les fonctions suivantes :

- commandes pour gérer l'éclairage, le chauffage, les appareils électroménagers, l'énergie et tous les automatismes présents dans la maison ;
- scénarii pour activer en même temps, grâce à une seule action, plusieurs commandes prédéfinies comme par exemple l'ouverture du portail et simultanément l'allumage des lumières de l'allée ;
- alarmes ; en cas de danger, la maison contacte les numéros de téléphone et les adresses programmées au moyen d'un appel téléphonique, ou d'un e-mail en y joignant le son/vidéo. Elle active automatiquement aussi les actions prédéfinies (par exemple, l'allumage automatique de toutes les lumières de la maison) ;
- planification ; avec un seul ordre, on peut gérer l'arrosage, la climatisation ou simuler la présence de l'utilisateur dans la maison. Il sera possible de définir les actions que la maison doit effectuer automatiquement aux jours, aux heures et aux périodes choisies ;
- images pour voir en temps réel les pièces de la maison filmées par les caméras ;

- répondeur ; un évènement comme un appel à l'interphone peut être notifié à l'utilisateur par l'envoi d'un e-mail accompagné du son et de la vidéo ;
- vérification ; il est possible de gérer l'état des fonctions de la maison pour savoir, par exemple, si l'installation anti-intrusion est activée, si les lampes sont allumées, etc.

Q342

Voir document réponse N°2.

Q343

Le montage simple allumage pour établir ou interrompre (Commander) un circuit (lumineux par exemple) à partir d'un seul et même point de commande. Pas d'économies d'énergie réalisées.

Le montage double allumage pour établir ou interrompre (Commander) deux circuits différents à partir d'un seul et même point de commande. Pas d'économies d'énergie réalisées.

Le montage va-et-vient pour établir ou interrompre (Commander) un circuit à partir de deux points de commande différents. Pas d'économies d'énergie réalisées.

Le montage télérupteur pour commander un circuit à partir de plusieurs points de commande différents. Pas d'économies d'énergie réalisées.

Le montage minuterie pour Commander un circuit à partir de plusieurs points de commande différents avec extinction automatique et réglable. 15 % d'économies d'énergie possibles.

Le montage variateur pour Commander un circuit à partir d'un point de commande avec la possibilité de faire varier la luminosité de lampe en jouant sur la valeur efficace de la tension. 15 % d'économies d'énergie possibles.

Le montage détecteur de présence (minuterie, détection de présence et détection de la luminosité) d'énergie par pièce et de commander la mise sous tension des lampes pendant une durée limitée uniquement en cas de présence d'un usager et si la luminosité du couloir est insuffisante. Jusqu'à 55% d'économies d'énergie possibles.

Les occupants souhaitent moduler la puissance du circuit lumineux du salon à l'aide d'un variateur d'éclairage.

Q344

Selon l'article 27 du chapitre éclairage de la RT 2012, la mise en place d'un système automatique de détection de présence est recommandée. Pour les parties communes internes horizontales et verticales :

- tout local comporte un dispositif automatique permettant, lorsqu'il est inoccupé, l'extinction des sources de lumière ou l'abaissement de l'éclairement à un minimum réglementaire ;
- de plus, lorsque le local a accès à la lumière naturelle, il intègre un dispositif permettant une extinction ou une variation automatique du système d'éclairage dès que l'éclairement naturel est suffisant.

Le but recherché est d'empêcher les gaspillages, en cas d'absence ou d'oubli d'extinction, d'une lampe commandée par un simple interrupteur marche arrêt qui ne permet pas de réaliser d'économies, ni de souplesse de fonctionnement.

Pour limiter la consommation d'une lampe, on peut donc faire varier la valeur efficace de tension d'alimentation à l'aide d'un simple variateur ou de systèmes automatisés ou domotiques centralisés.

La variation de lumière par la commande manuelle d'un potentiomètre, d'un bouton poussoir et d'une télécommande associée à un système de modulation (ballast électronique, variateur électronique...) assure le fonctionnement marche-arrêt et variation d'un circuit lumineux. Les variateurs permettent de modifier alors l'intensité lumineuse des lampes.

Propositions d'amélioration

Q345

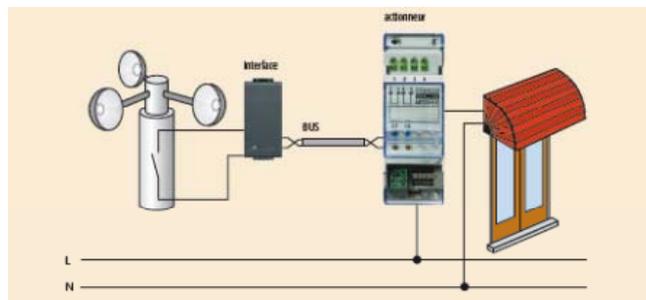
La mise en œuvre d'une commande de groupe qui permet de fermer simultanément tous les volets de l'habitation serait appréciable.

Optimisation-Synthèse

Q346

La mise en place d'une commande à distance et d'un système de régulation automatique en fonction de l'éclairage, de la vitesse du vent, et de la température extérieure permettrait de générer des économies.

Le pilotage des stores à l'aide d'un anémomètre, la détection de présence à l'aide de cellules infrarouges participe à l'amélioration de la mobilité et à une meilleure gestion de l'énergie.

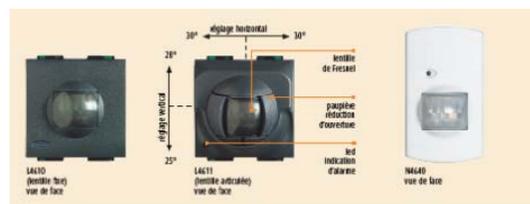


Commander de manière automatique, la luminosité du circuit d'éclairage du salon de l'habitation en fonction de l'éclairage extérieur.

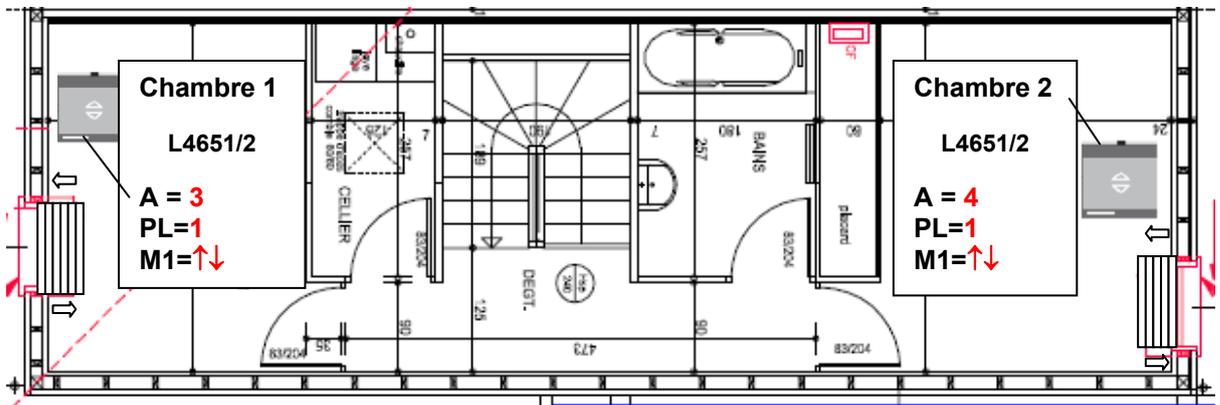
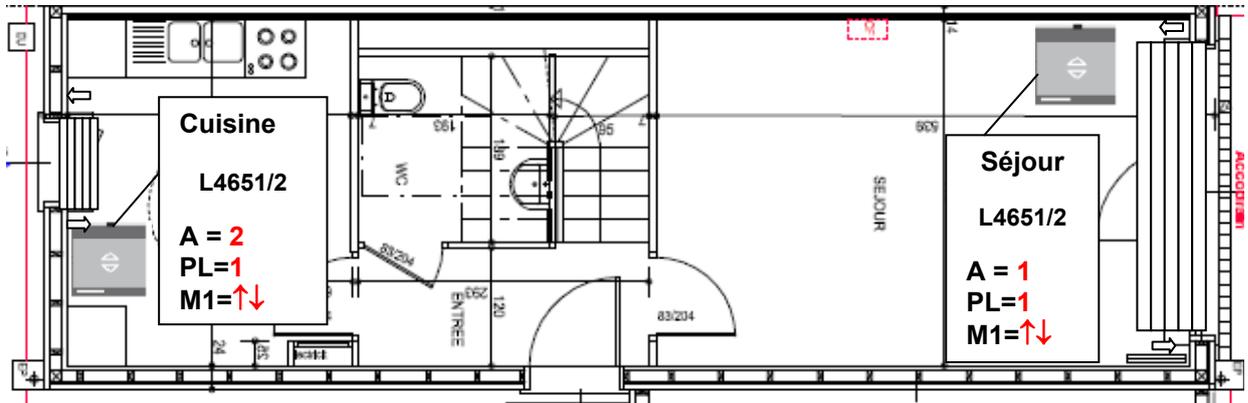
Commander de manière automatique, la fermeture des volets, ou des stores en fonction de la luminosité du circuit d'éclairage du salon de l'habitation en fonction de l'éclairage extérieur.

La mise en place d'une régulation automatique permettrait d'ajuster l'éclairage d'une pièce en fonction des apports solaires gratuits.

Il faut tenir compte également de la présence ou non d'une personne dans une pièce ou un couloir à l'aide d'une détection de présence Infra Rouge, détection de présence à l'extérieur de l'habitation également.



**Implantation et configuration des commandes des volets :
commande point à point**



Configuration des actionneurs :

Compléter la configuration des actionneurs.

Séjour	Cuisine	Chambre 1	Chambre 2
A=1	A=2	A=3	A=4
PL1=1	PL1=1	PL1=1	PL1=1
PL2=1	PL2=1	PL2=1	PL2=1
G=	G=	G=	G=
M=	M=	M=	M=

Repère des pièces

Séjour = 1
Cuisine = 2
Chambre 1 = 3
Chambre 2 = 4

