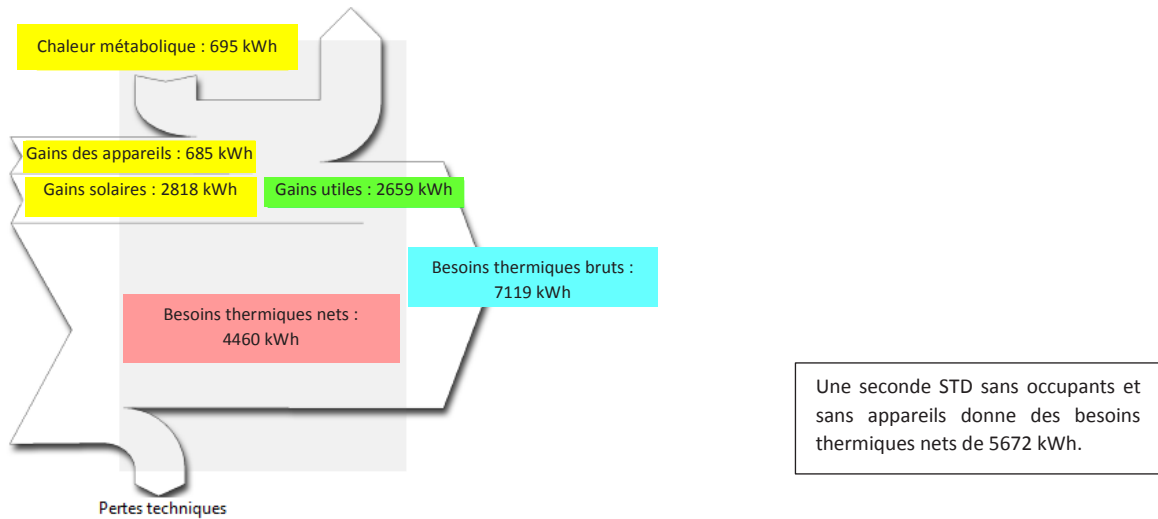
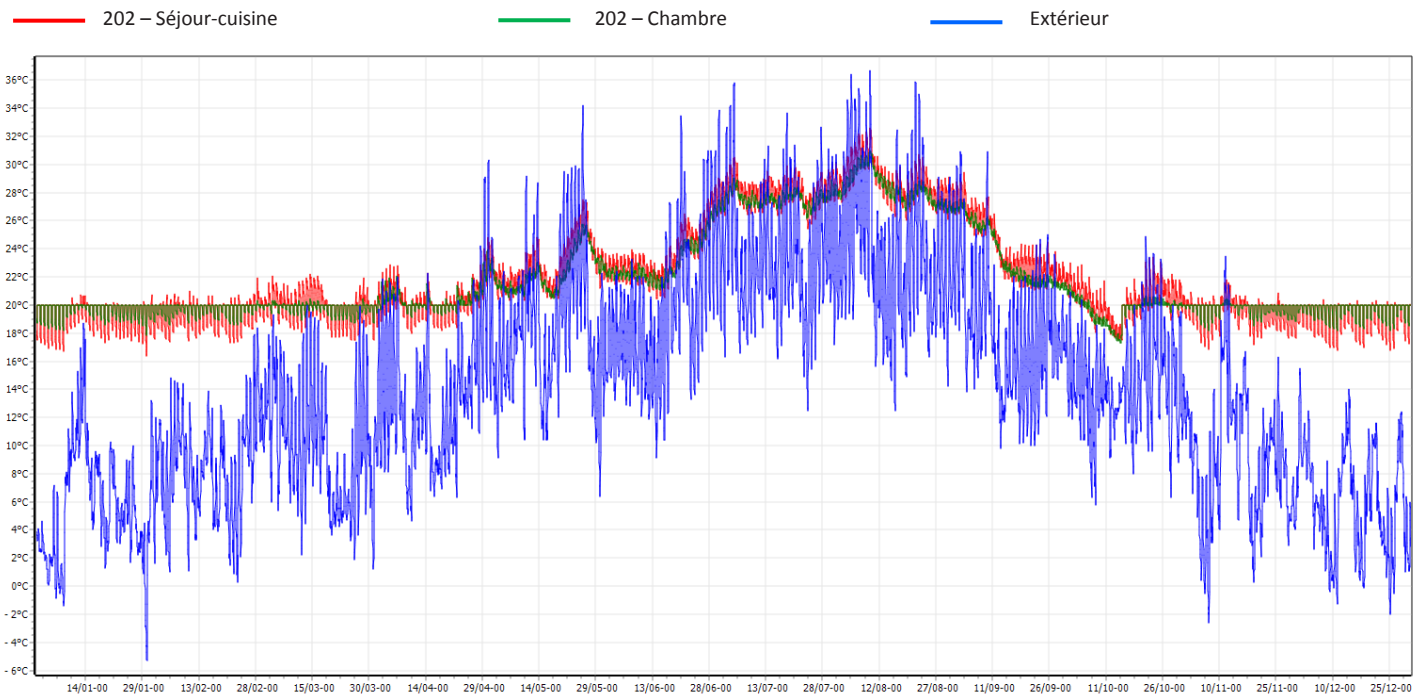


Annexe 11 : diagramme de Sankey et extraits de courbes – appartement 202

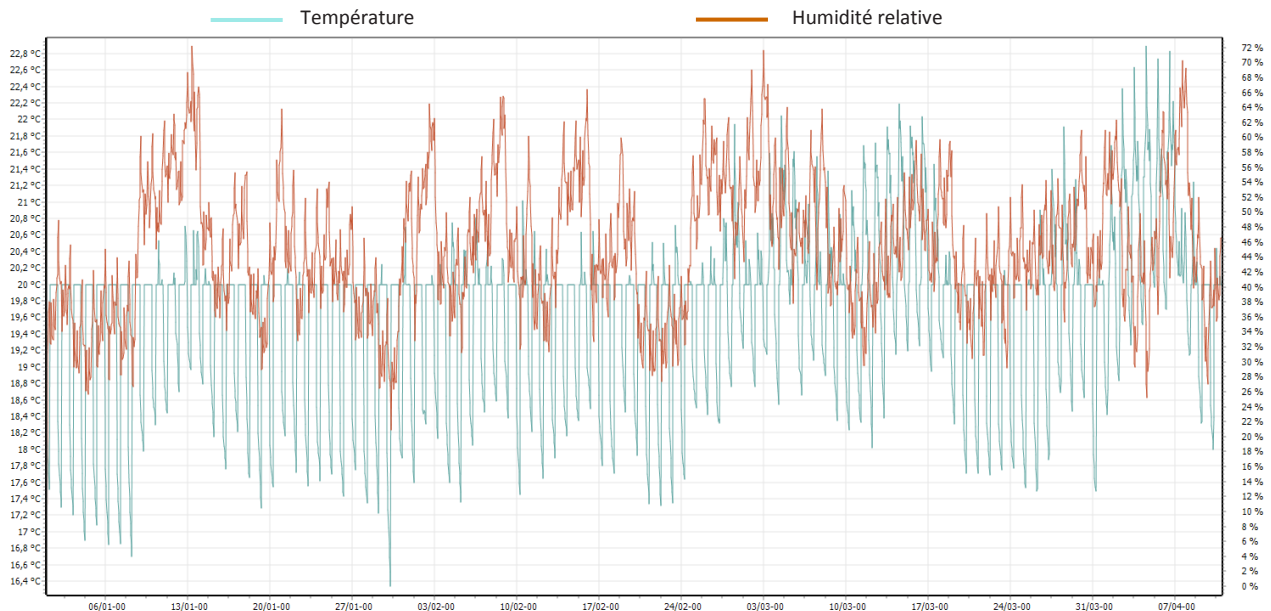
A. Diagramme de Sankey



B. Evolution des températures sur l'année



C. Courbes de températures et humidités relatives pour le séjour-cuisine



Annexe 12 : Méthodologie de calcul pour le tracé du diagramme de Glaser

Le diagramme de Glaser permet de détecter la possibilité d'apparition de condensation dans la masse, par comparaison entre le profil de pression partielle de vapeur et le profil de pression de vapeur saturante dans la paroi. Pour tracer ce dernier, il faut réaliser les étapes suivantes :

- Déterminer le profil de température dans la paroi.
- En déduire les pressions de vapeur saturante aux interfaces à l'aide du tableau suivant.

Tableau : Evolution de la pression de vapeur saturante en fonction de la température

T (°C)	p_{vs} Pa	T (°C)	p_{vs} Pa	T (°C)	p_{vs} Pa	T (°C)	p_{vs} Pa
-10	260	0	611	11	1312	21	2486
-9	284	1	657	12	1402	22	2643
-8	309	2	705	13	1497	23	2809
-7	337	3	758	14	1598	24	2983
-6	368	4	813	15	1704	25	3166
-5	401	5	872	16	1817	26	3360
-4	437	6	934	17	1937	27	3564
-3	476	7	1001	18	2063	28	3779
-2	517	8	1073	19	2197	29	4004
-1	563	9	1148	20	2337	30	4242
		10	1227			35	5622

- Tracer le profil de pression partielle de vapeur :
 - Connaissant les conditions (Ψ , T) intérieures et extérieures, déterminer p_{vint} et p_{vext} [Pa] avec :

$$\psi_{int} = \frac{p_{vint}}{p_{vint,sat}} ; \quad \psi_{ext} = \frac{p_{vext}}{p_{vext,sat}}$$

$p_{vint,sat}$ et $p_{vext,sat}$ ayant au préalable été déterminés à l'aide du tableau précédent et de la connaissance de T_{int} et T_{ext} .

- Déterminer le flux de vapeur à partir des pressions partielles de vapeur intérieure et extérieure, et des caractéristiques de la paroi :

$$g_v = \frac{p_{v,int} - p_{v,ext}}{\sum \frac{e_k}{\pi_k}}$$

Avec :

- g_v : flux de vapeur [$\text{kg}_v/(\text{m}^2.\text{s})$]
- e : épaisseur de la paroi [m]
- π : perméabilité du matériau constituant la paroi [$\text{kg}_v/(\text{m.s.Pa})$]

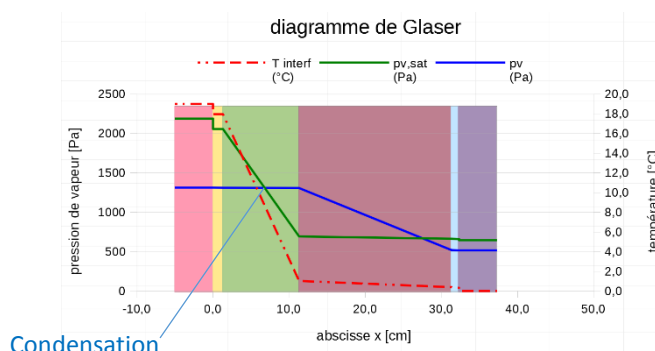
Nota : dans la réglementation, on trouve plutôt le coefficient de résistance à la vapeur μ au lieu de la perméabilité π (plus un matériau est perméable, plus μ est faible ; et μ toujours ≥ 1).

$$\mu_{matériau} = \frac{\pi_{air}}{\pi_{matériau}} \quad (\text{sans unité})$$

avec : $\pi_{air} = 201.10^{-12}$ [$\text{kg}_v/(\text{m.s.Pa})$]

- Calculer la pression partielle de chaque interface (analogie avec la loi de Fourier sans résistance superficielle à la diffusion de vapeur).
- Faire figurer les deux profils (p_v , p_{vsat}) sur un même graphe. Si $p_v \geq p_{vsat}$, alors il y aura condensation dans la masse de la paroi.

Exemple :



Annexe 13 : Caractéristiques physiques du béton cellulaire et de la laine de verre

A. Béton cellulaire (extrait de la règle Thu 2/5 de la RT2012)

Matériaux ou application	(ρ) en kg/m ³	(λ) en W/(m.K)	(C_p) en J/(kg.K)	(μ)	
				Sec	Humide
Valeurs utilisables pour des constructions avant 2005					
Masse volumique nominale 800	765 < ρ ≤ 825	0,29	1 000	10	6
Masse volumique nominale 750	715 < ρ ≤ 775	0,27	1 000	10	6
Masse volumique nominale 700	665 < ρ ≤ 725	0,25	1 000	10	6
Masse volumique nominale 650	615 < ρ ≤ 675	0,23	1 000	10	6
Masse volumique nominale 600	565 < ρ ≤ 625	0,21	1 000	10	6
Masse volumique nominale 550	515 < ρ ≤ 575	0,19	1 000	10	6
Masse volumique nominale 500	465 < ρ ≤ 525	0,175	1 000	10	6
Masse volumique nominale 450	415 < ρ ≤ 475	0,16	1 000	10	6
Masse volumique nominale 400	365 < ρ ≤ 425	0,145	1 000	10	6
Valeurs utilisables pour des constructions après 2005					
Masse volumique nominale 800	775 < ρ ≤ 825	0,25	1 000	10	6
Masse volumique nominale 700	675 < ρ ≤ 725	0,225	1 000	10	6
Masse volumique nominale 600	575 < ρ ≤ 625	0,20	1 000	10	6
Masse volumique nominale 550	525 < ρ ≤ 575	0,18	1000	10	6
Masse volumique nominale 500	475 < ρ ≤ 525	0,16	1 000	10	6
Masse volumique nominale 450	425 < ρ ≤ 475	0,14	1 000	10	6
Masse volumique nominale 400	375 < ρ ≤ 425	0,125	1 000	10	6
Masse volumique nominale 350	325 < ρ ≤ 375	0,11	1 000	10	6

B. Laine de verre (extrait d'une fiche technique Isover)



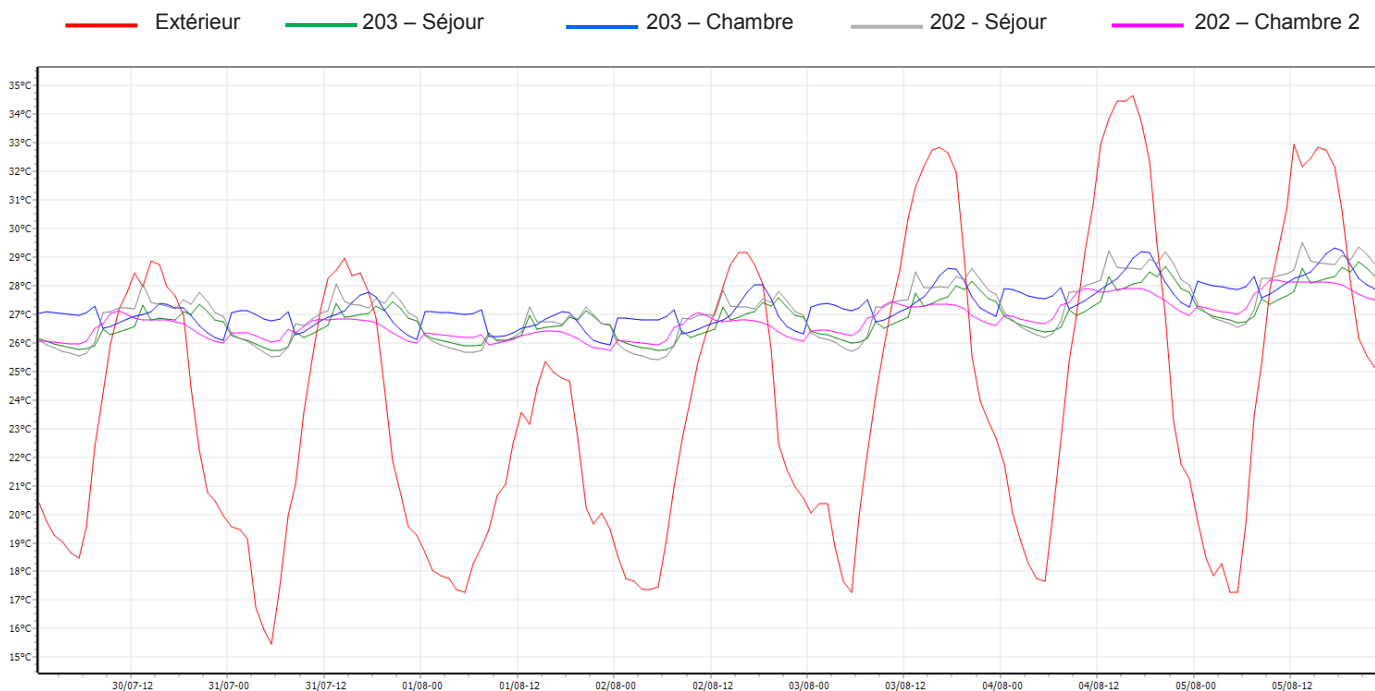
GR 32 Isolation des murs par l'intérieur

Caractéristiques techniques

	Code	Niveau	Unité
Conductivité thermique	λ_D	0,032	W/(m.K)
Réaction au feu	Euroclasse	F	
Absorption d'eau à court terme	WS	< 1	kg/m ² en 24h
Perméabilité à la vapeur	MU	1	
Résistance à l'écoulement de l'air	AFr	15	kPa.s/m ²
Tolérance d'épaisseur	d	T3	

Annexe 14 : Courbes et données pour l'analyse du confort d'été des appartements 202 et 203

A. Courbes de températures sur la semaine les plus chaudes en été pour les appartements 202 et 203



B. Nombre d'heures au-dessus de la températures d'inconfort de 28°C

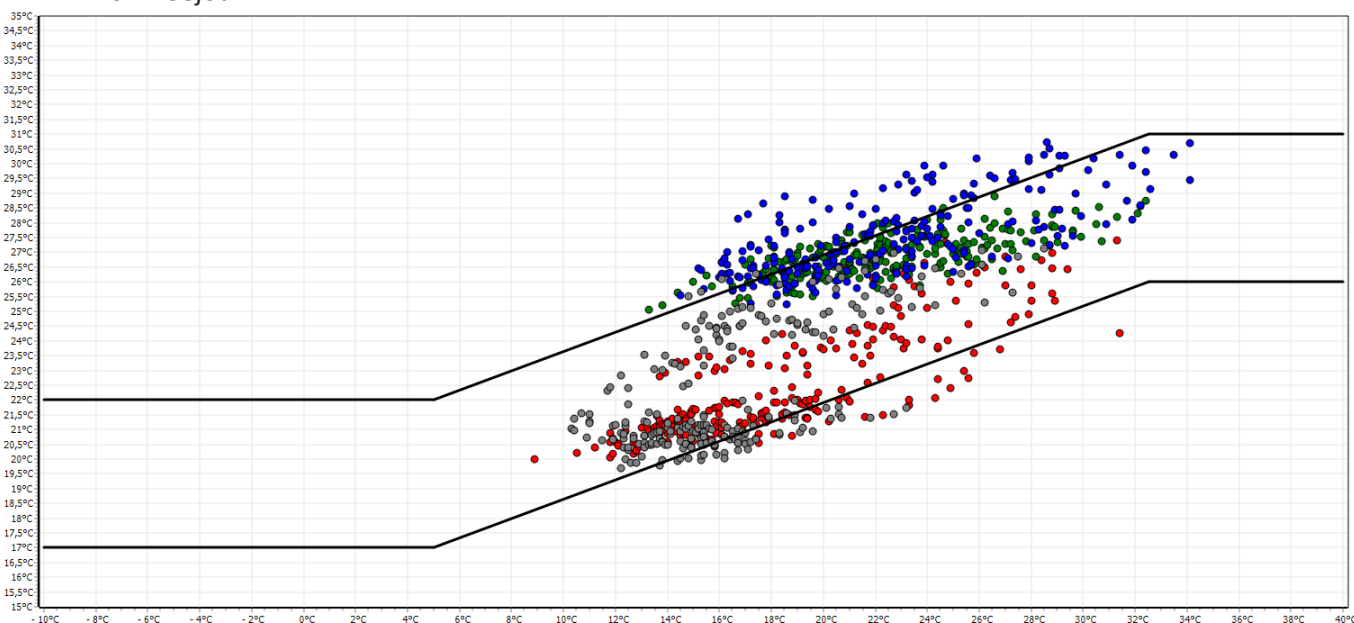
Pièce	Nombre d'heures au-dessus de 28°C
202 – Séjour	93
202 – Chambre 2	40
203 – Séjour	66
203 – Chambre	60

C. Diagrammes de Brager par pièce pour les mois de juin, juillet, août et septembre

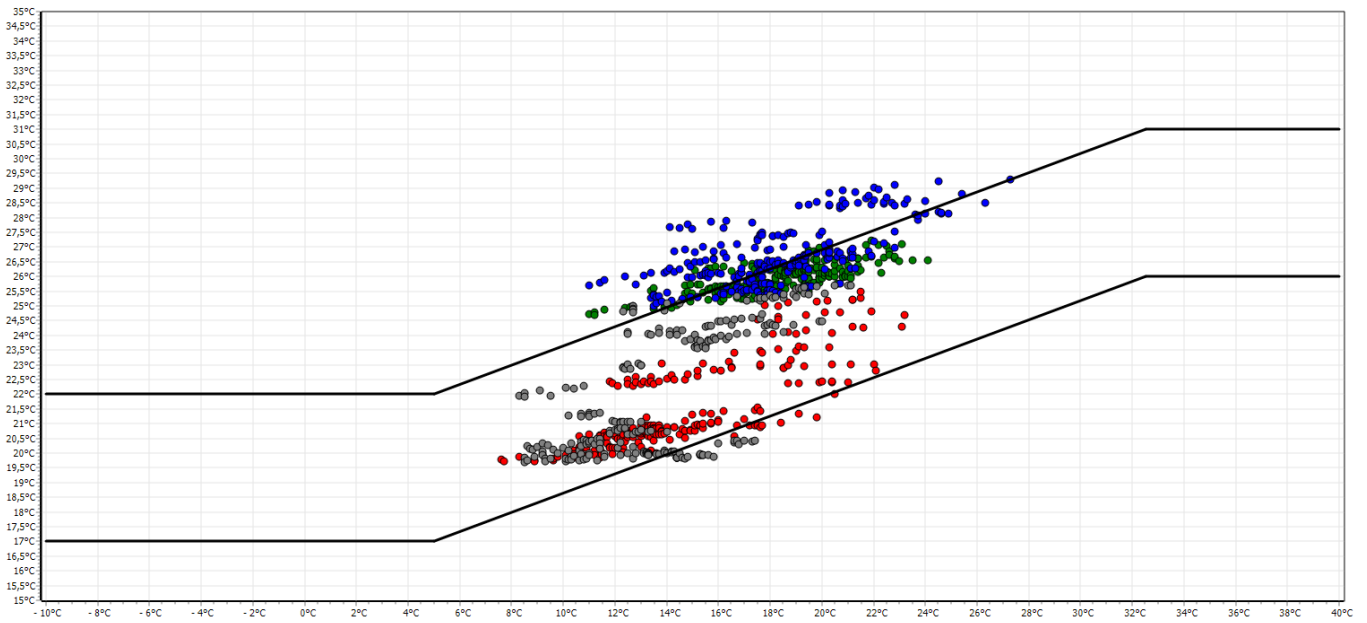
L'intervalle représenté par les courbes noires garantit une satisfaction de 80%.

— Juin — Juillet — Août — Septembre

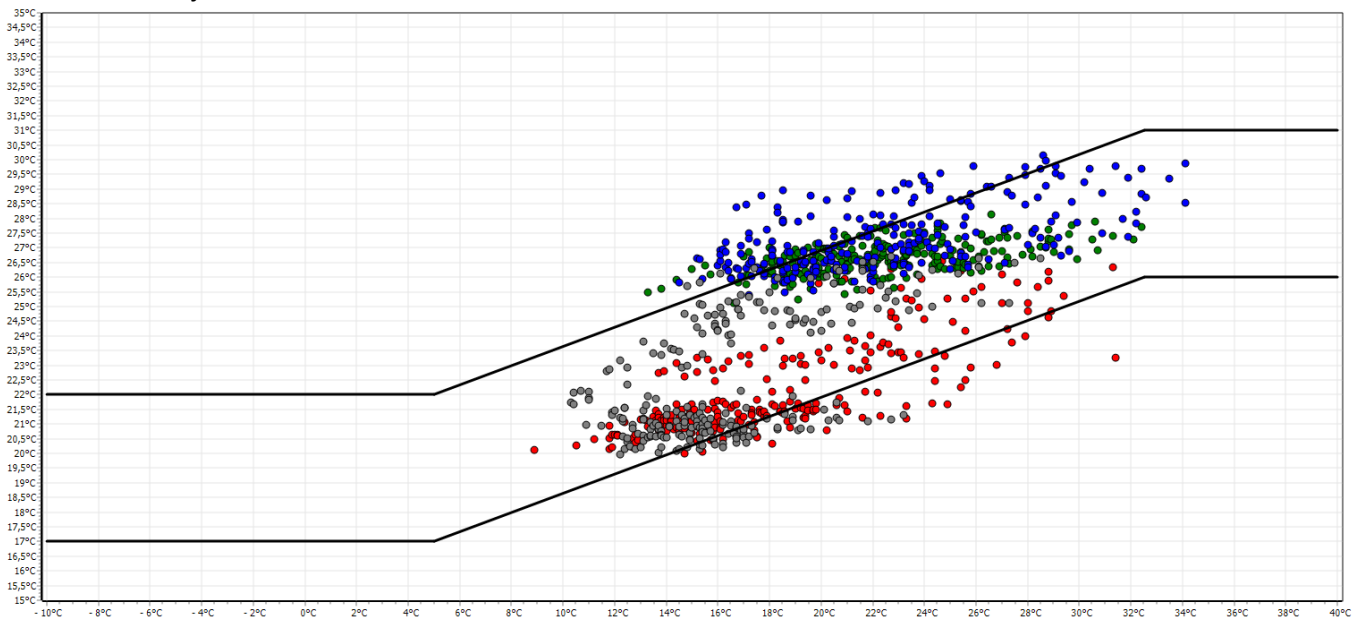
• 202 – Séjour



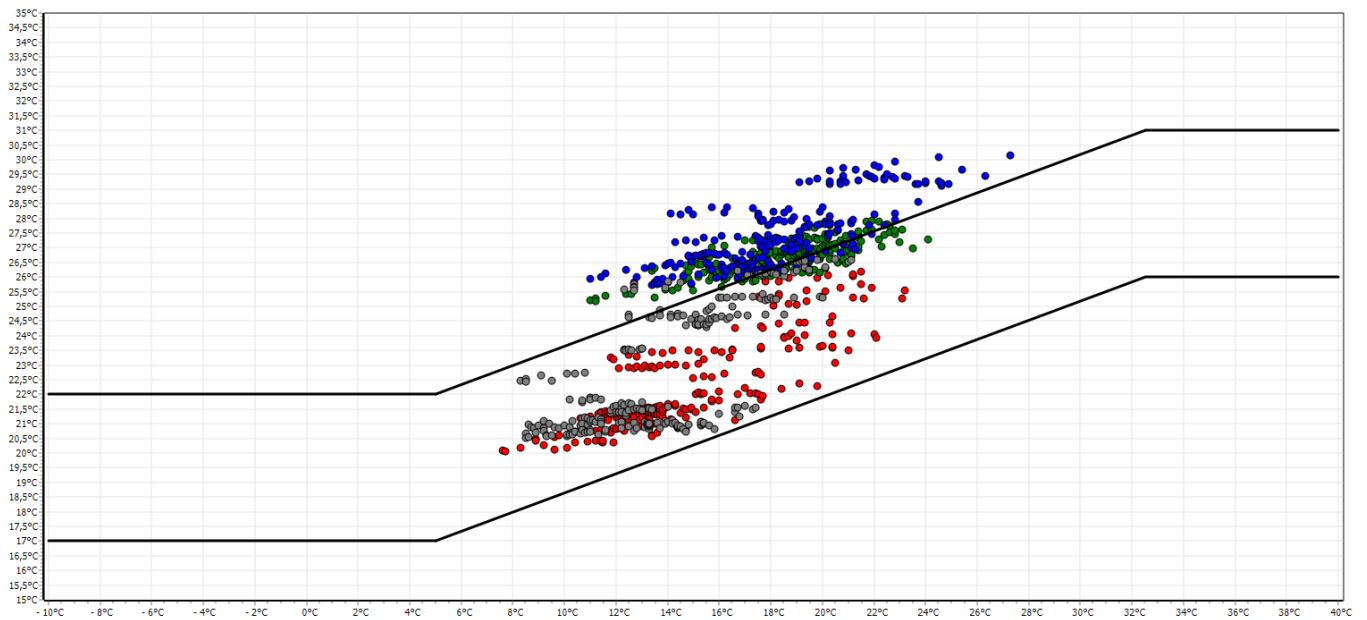
● 202 – Chambre 2



● 203 – Séjour



● 203 – Chambre



Annexe 15 : extraits de l'étude thermique

A. Données administratives

Localisation	Isère (H1C)
Exposition aux bruits	BR1
Surface habitable	504,80 m ²
SRT	700,50 m ²
Nombre de logements	8
Nombre d'habitants	24
Bbio max	72 points
Cep max	69 kWh _{EP} .m ⁻² .an ⁻¹
Tic réf	32,80 °C
Altitude	290 m
DJU	2658 °C.jours

B. Déperditions par les parois

Désignation	Code	Nb	U (W.m ⁻² .K ⁻¹) ou Psi (W.m-1.K-1)	b	S (m ²) ou L (m)	Déperd. (W/K)
Surfaciques						
Mur extérieur	MX-ITR		0,196	1	303,50	59,49
Mur intérieur	MI-ITI		0,351	1	44,25	15,53
Plafond	PF-TERRA		0,184	1	3,00	0,55
Plafond	PF-COMBL		0,150	1	201,50	30,23
Plafond	PF-LTVMC		0,148	1	23,50	3,48
Plancher	PL-TP		0,248	1	178,00	44,14
Plancher	PL-LNC		0,266	1	41,50	11,04
Plancher	PL-EXT		0,239	1	2,00	0,48
Vitrage 1	F01	8	1,219	1	5,12	6,24
Vitrage 1	PF02	25	1,219	1	48,40	59,00
Vitrage 2	PF06	1	1,219	1	2,88	3,51
Vitrage 1	PF05	1	1,219	1	6,06	7,39
Vitrage 2	PF04	3	1,219	1	17,43	21,25
Vitrage 1	PF-SAS	1	1,372	1	5,06	6,94
Vitrage 1	PF01	4	1,219	1	5,16	6,29
Vitrage 1	PF-04'	2	1,219	1	11,43	13,93
Vitrage 2	PF-03'	1	1,219	1	3,78	4,61
Vitrage 2	PF-03	1	1,219	1	3,87	4,72
					Total	298,81

Désignation	Code	Nb	U (W.m ⁻² .K ⁻¹) ou Psi (W.m-1.K-1)	b	S (m ²) ou L (m)	Déperd. (W/K)
Ponts thermiques						
P th. Angle de 2 murs	ANGS-ITR		0,020	1	40,00	0,80
P th. Angle de 2 murs	ANGR-ITR		0,090	1	10,00	0,90
P th. Angle de 2 murs	ANG-LNC		0,170	1	12,50	2,13
P th. Mur ext./Refend	RF-MXITR		0,120	1	25,00	3,00
P th. Mur ext./Refend	RF-MI		0,830	0,8	10,00	6,64
P th. Mur ext./Plancher	MI-PLTP2		0,630	0,8	11,20	5,64
P th. Mur ext./Plancher	MX-PLTP		0,100	1	38,80	3,88
P th. Mur ext./Plancher	MI-PLTP1		0,100	0,8	8,70	0,70
P th. Mur ext./Plancher	MI-PFLN1		0,030	1	8,70	0,26
P th. Mur ext./Plancher	MI-PFLN2		0,910	1	11,20	10,19
P th. Mur ext./ Pcher int. L9	POHO		0,304	1	117,20	35,63
P th. Mur ext./ Pcher int. L9	POBA		0,700	1	20,60	14,42
P th. Mur ext. /Terrasse	MX-TERRA		0,100	1	16,60	1,66
P th. Mur ext./Plaf. combles	MX-PFCOM		0,110	1	59,90	6,59
P th. Refend/plafond	RF-PFLTV		0,606	1	20,90	12,67
Vitrage 1	F01	8	0,110	1	0,80	0,70
Vitrage 1	PF02	25	0,340	1	0,90	7,65
Vitrage 2	PF06	1	0,340	1	1,34	0,46
Vitrage 1	PF05	1	0,340	1	2,82	0,96
Vitrage 2	PF04	3	0,340	1	2,70	2,75
Vitrage 1	PF-SAS	1	0,340	1	2,20	0,75
Vitrage 1	PF01	4	0,340	1	0,60	0,82
Vitrage 1	PF-04'	2	0,340	1	2,70	1,84
Vitrage 2	PF-03'	1	0,340	1	1,80	0,61
Vitrage 2	PF-03	1	0,340	1	1,80	0,61
					Total	122,25

C. Déperditions par renouvellement d'air

Type	Débit (m ³ .h-1)	Déperd (W/K)
Simple-flux Hygro B	409	139

Annexe 16 : Extraits de la fiche technique de la PAC air/eau

Vitocal 300-A (suite)

1.2 Caractéristiques techniques

Données techniques

Type		AWO 302.A25	AWO 302.A40	AWO 302.A60
Performances du chauffage selon EN 14511 (A2/W35)				
Marche 1 allure				
– Puissance nominale	kW	11,30	16,80	26,40
– Puissance électrique absorbée	kW	2,97	4,31	7,14
– Coefficient de performance (COP)		3,80	3,90	3,70
Performances du chauffage selon EN 14511 (A7/W35)				
Marche 1 allure				
– Puissance nominale	kW	13,9	20	31,9
– Puissance électrique absorbée	kW	3,09	4,35	7,42
– Coefficient de performance (COP)		4,5	4,6	4,3
Performances du chauffage selon EN 14511 (A–7/W35)				
Marche 1 allure				
– Puissance nominale	kW	9,10	13,50	21,20
– Puissance électrique absorbée	kW	3,03	4,35	7,07
– Coefficient de performance (COP)		3,00	3,10	3,00
Récupération de chaleur (circuit primaire)				
Puissance maxi. du ventilateur	W	320	480	2 x 750
Débit volumique de l'air mini.	m ³ /h	7500	11000	14000
Température d'entrée d'air				
– Minimum	°C	–25	–25	–22
– Maximum	°C	35	35	35
Eau de chauffage (circuit secondaire)				
Capacité	l	6,5	8,9	17,3
Débit volumique minimal	l/h	2200	3000	5300
Débit volumique maxi.	l/h	4500	6200	10400
Pertes de charge				
– Au débit volumique minimal	Pa	2100	950	2100
– Au débit volumique maximal	Pa	8300	3900	8300
Température de départ maxi.				
– A une température d'entrée d'air de –20 °C	°C	58	58	65
– A une température d'entrée d'air de –5 °C	°C	58	58	62
Température de retour mini.	°C	18	18	18
Paramètres électriques de la pompe à chaleur				
Compresseur				
– Tension nominale		3/N/PE 400 V/50 Hz		
– Puissance électrique maxi. absorbée du compresseur (A7/W35)	kW	9,2	12,6	29,9
– Intensité de démarrage du compresseur (avec limiteur de courant de démarrage intégré)	A	22	30	78
– Protection par fusibles		3 x C25A	3 x C25A	3 x C50A
Indice de protection		IP 24	IP 24	IP 24
Puissance électrique maxi. absorbée du ventilateur	W	480	930	560
Contacteurs électromagnétiques et chauffage du carter à huile				
– Tension nominale		1/N/PE 230 V/50 Hz		
– Protection par fusibles		1 x C16A		
Paramètres électriques de la régulation de pompe à chaleur				
Tension nominale du circuit courant de commande		1/N/PE 230 V/50 Hz		
Protection par fusibles alimentation électrique		1 x C16A		
Protection par fusibles interne		T 6,3 A H/250 V		

Vitocal 300-A (suite)

Performances du chauffage marche 1 allure

Température d'entrée de l'air	°C	-20	-15	-7	2	7	10	12	20
Température de départ du circuit secondaire	°C	35							
Puissance calorifique	kW			21,20	26,40	31,90	33,60	35,00	42,00
Puissance élect. absorbée	kW			7,07	7,14	7,42	7,64	7,99	8,24
Coefficient de performance ϵ (COP)				3,00	3,70	4,30	4,40	4,38	5,10
Température de départ du circuit secondaire	°C	45							
Puissance calorifique	kW	12,56	15,12	17,84	23,90	29,79	32,50	34,60	40,50
Puissance élect. absorbée	kW	7,30	7,60	7,82	8,51	8,92	8,90	9,01	9,42
Coefficient de performance ϵ (COP)		1,72	1,99	2,28	2,81	3,34	3,65	3,84	4,30
Température de départ du circuit secondaire	°C	55							
Puissance calorifique	kW	11,98	13,22	17,04	23,45	28,30	30,70	32,10	38,00
Puissance élect. absorbée	kW	8,23	8,42	8,88	9,61	9,76	10,10	10,19	10,56
Coefficient de performance ϵ (COP)		1,46	1,57	1,92	2,44	2,90	3,04	3,15	3,60

Annexe 17 : Tarif des énergies et émissions de GES

A. Electricité

Abonnement annuel (€)	96.5
Tarif unitaire (€/kWh)	0.1449

Ratio CO ₂	kgCO ₂ /kWh
Chauffage	0.18
ECS	0.04
Refroidissement	0.04
Eclairage	0.10
Autres usages	0.04

B. Gaz

Abonnement annuel (€)	119.4
Tarif unitaire (€/kWh)	0.075

Ratio CO ₂	kgCO ₂ /kWh
Chauffage	0.213
ECS	0.213

Annexe 18 : calcul du BEPOS

(Extraits du référentiel « Energie – Carbone » pour les bâtiments neufs – Méthode d'évaluation de la performance énergétique et environnementale des bâtiments neufs)

A. Calcul du BEPOS

Le bilan énergétique BEPOS d'un bâtiment est défini par la différence, exprimée en énergie primaire, entre la quantité d'énergie ni renouvelable ni de récupération consommée par le bâtiment et la quantité d'énergie renouvelable ou de récupération « exportée » par le bâtiment et ses espaces attenants. Le bilan énergétique porte sur l'ensemble des usages énergétiques dans le bâtiment. Il est défini comme suit :

$$Bilan_{BEPOS} = Cep, nr - Pep, r, ex$$

Où :

- Cep, nr = Consommation d'énergie primaire ni renouvelable ni de récupération exprimée en kWh_{ep}/m².an

$$Cep, nr = \sum_i Cef, i \times fp, nr, i$$

- o Cef, i = Consommation d'énergie finale pour les vecteurs énergétiques i du tableau ci-après exprimée en kWh_{ef}/m².an.
 - Pour les 5 usages RT2012, la consommation d'énergie finale est déterminée à partir de la quantité d'énergie finale calculée selon la méthode Th-BCE, de laquelle on déduit l'énergie « autoconsommée » par les 5 usages réglementés.
 - Pour les ascenseurs, les parkings, les parties communes, et le mobilier, la consommation d'énergie finale est déterminée à partir de la quantité d'énergie finale calculée au paragraphe B, de laquelle on déduit l'énergie « autoconsommée » par ces usages non réglementés.
 - [...] La part d'énergie finale utilisée pour produire de l'électricité exportée n'est pas comptabilisée dans la consommation d'énergie finale du bâtiment.
- o fp, nr, i = Coefficient de conversion entre énergie finale et énergie primaire ni renouvelable ni de récupération du vecteur énergétique i . Il est défini dans le tableau ci-après.

Vecteur énergétique	fp, nr
Electricité du réseau national	2,58
Gaz, charbon, produits pétroliers	1
Chaleur et froid d'un réseau local	1-taux ENRetR
Biomasse	0

- Pep, r, ex = Énergie primaire renouvelable ou de récupération « exportée » exprimée en kWh_{ep}/m².an.

$$Pep, r, ex = \sum_i Pef, r, ex_i \times 1$$

Avec : Pef, r, ex_i = Énergie finale renouvelable ou de récupération « exportée » pour les vecteurs énergétiques renouvelables ou de récupération i (bâtiment équipé d'une production locale d'électricité).

B. Calcul des consommations des autres usages

Les consommations en énergie finale des autres usages sont nommées Eef_{au} . Ce paragraphe décrit une méthode annuelle simplifiée et forfaitaire des calculs des consommations en énergie finale des autres usages (Eef_{au}) calculée selon la formule :

$$Eef_{au} = Eef_{asc} + Eef_{park} + Eef_{com, ecl} + Eef_{usmob}$$

- **Ascenseurs** : dans un bâtiment muni d'ascenseurs, la consommation totale d'électricité nécessaire à son fonctionnement (Eef_{asc}) est calculée selon la formule suivante :

$$Eef_{asc} = 2 \times \frac{SU_{RT}^z}{S_{RT}^z}$$

Où :

- SU_{RT}^z = Surface utile (ou habitable) de la zone du bâtiment desservie par les ascenseurs [m²],
- S_{RT}^z = Surface thermique de la zone du bâtiment au sens de la RT [m²].

S'il n'y a pas d'ascenseurs : $Eef_{asc} = 0$

- **Parkings** : la consommation d'électricité des parkings est la suivante :

$$Eef_{park} = Eef_{park,vent} + Eef_{park,ecl}$$

Où :

- $Eef_{park,vent}$ (kWh/m².an) = Consommation d'électricité due à la ventilation du parking,
- $Eef_{park,ecl}$ (kWh/m².an) = Consommation d'électricité due à l'éclairage du parking.

En présence d'un système de ventilation mécanique dans un parking couvert :

$$Eef_{park,vent} = 0,5 \times \frac{Spark}{S_{RT}^{bat}} \times \frac{S_{RT}^z}{S_{RT}^{bat}}$$

Où :

- $Spark$ = Surface du parking. Par défaut, on estime la surface à 20 m² par place de parking [m²],
- S_{RT}^z = Surface thermique de la zone du bâtiment au sens de la RT [m²].
- S_{RT}^{bat} = Surface thermique du bâtiment au sens de la RT [m²].

Sinon : $Eef_{park,vent} = 0$

Si le parking est extérieur ou semi-couvert et a un système d'éclairage :

$$Eef_{park,ecl} = 0,5 \cdot \frac{Spark}{S_{RT}} \times \frac{S_{RT}^z}{S_{RT}^{bat}}$$

Sinon, en l'absence de système d'éclairage : $Eef_{park,ecl} = 0$

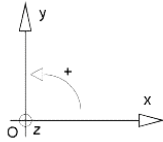
- **Autres parties communes** : la consommation conventionnelle d'électricité pour l'éclairage des circulations (hall et escalier), les systèmes de gestion associés et l'alimentation des boîtiers de secours des bâtiments de logements collectifs est égale à : $Eef_{com,ecl} = 1,1$ kWh/m².an. La surface est la S_{RT} .
- **Usages mobiliers** : les consommations d'énergie finales mobilières sont dans un premier temps calculées selon la méthode utilisée pour déterminer les apports internes de la méthode Th-BCE. Elles sont exprimées en kWh/m².an. Il est considéré que les équipements mobiliers sont électriques (voir tableau ci-après).

Maison individuelle	29
Logement collectif	27
Bureau	26
Etablissement accueil petite enfance	6
Enseignement primaire	3
Enseignement secondaire (partie jour)	8
Enseignement secondaire (partie nuit)	0
Enseignement Université	9
Foyer de jeunes travailleurs	10
Cité Universitaire	8
Hôtel 0*,1* (partie nuit)	9
Hôtel 2* (partie nuit)	7
Hôtel 3* (partie nuit)	12
Hôtel 4* et 5* (partie nuit)	12
Hôtel 0*,1* et 2* (partie jour)	31
Hôtel 3*,4* et 5* (partie jour)	19

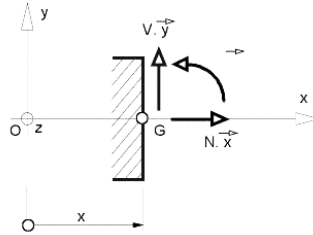
Annexe 19 : formulaire des flèches et rotations usuelles

CONVENTIONS DE SIGNES ET DE REPRÉSENTATION

Repère



Éléments de réduction



Liaisons

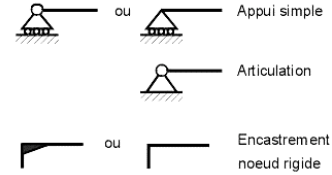
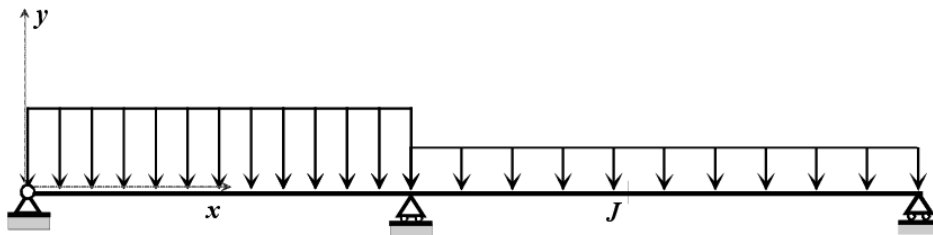


Schéma mécanique	Rotation aux appuis	Flèche
	$\omega_A = -\frac{pL^3}{24EI}$ $\omega_B = \frac{pL^3}{24EI}$	$f_{(L/2)} = \frac{5pL^4}{384EI}$
	$\omega_A = -\frac{Fa}{6EIL}(L-a)(2L-a)$ $\omega_B = \frac{Fa}{6EIL}(L^2 - a^2)$	<p>pour $a \leq \frac{L}{2}$</p> $f_{(L/2)} = \frac{Fa}{48EI}(3L^2 - 4a^2)$
	$\omega_A = \frac{CL}{3EI}$ $\omega_B = -\frac{CL}{6EI}$	$f_{(L/2)} = \frac{CL^2}{16EI}$
	$\omega_B = -\frac{pL^3}{6EI}$	$f_{(L)} = \frac{pL^4}{8EI}$
	$\omega_B = -\frac{FL^2}{2EI}$	$f_{(L)} = \frac{FL^3}{3EI}$

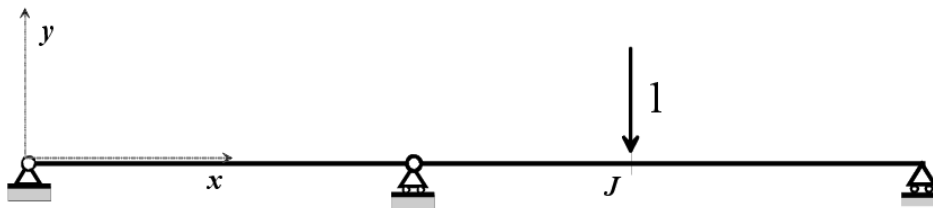
Annexe 20 : Théorème de Pasternak et Intégrales de Mohr

Pour déterminer le déplacement en un point J d'une structure hyperstatique suivant une direction donnée, on applique en ce point J dans une de ses structures associées isostatiques (structure virtuelle) suivant la direction souhaitée une charge unité.



Structure réelle (S)

Moments de flexion
 $M(x)$



Structure isostatique associée (virtuelle)
 (\bar{S}_j^0)

Moments de flexion
 $\bar{M}_j^0(x)$

$$\Delta_j = \int_{\text{structure}} \frac{M(x) \times \bar{M}_j^0(x)}{EI} dx$$

$M(x)$: représente le moment fléchissant dans la structure réelle.

\bar{M}_j^0 : représente le moment fléchissant dans la structure isostatique associée soumise à un facteur sollicitant unité (= 1) appliqué au point J .

Dans le cas de structures composées de poutres et de barres bi-articulées :

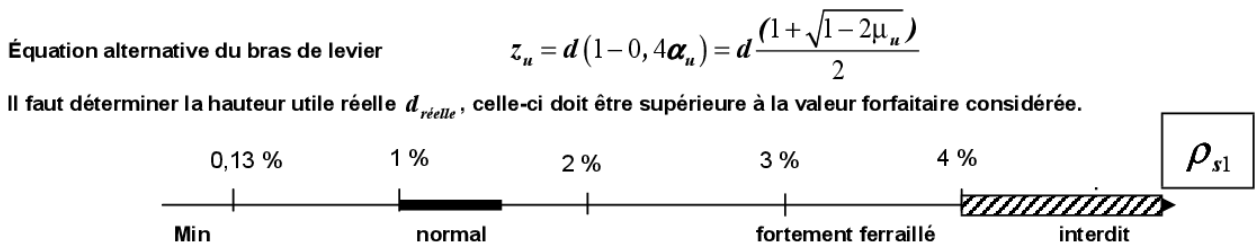
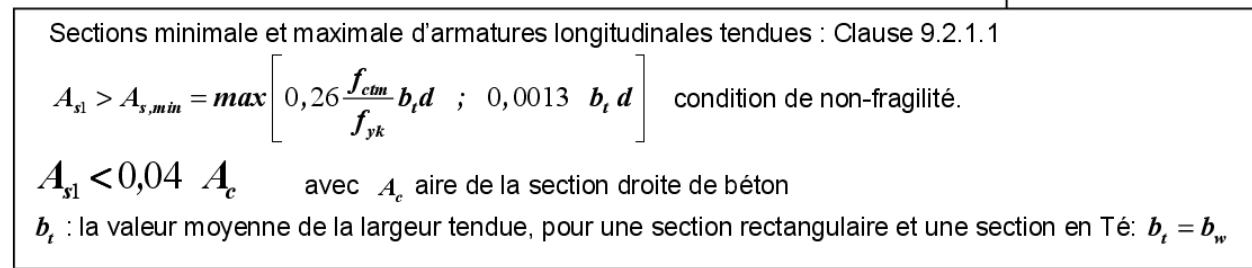
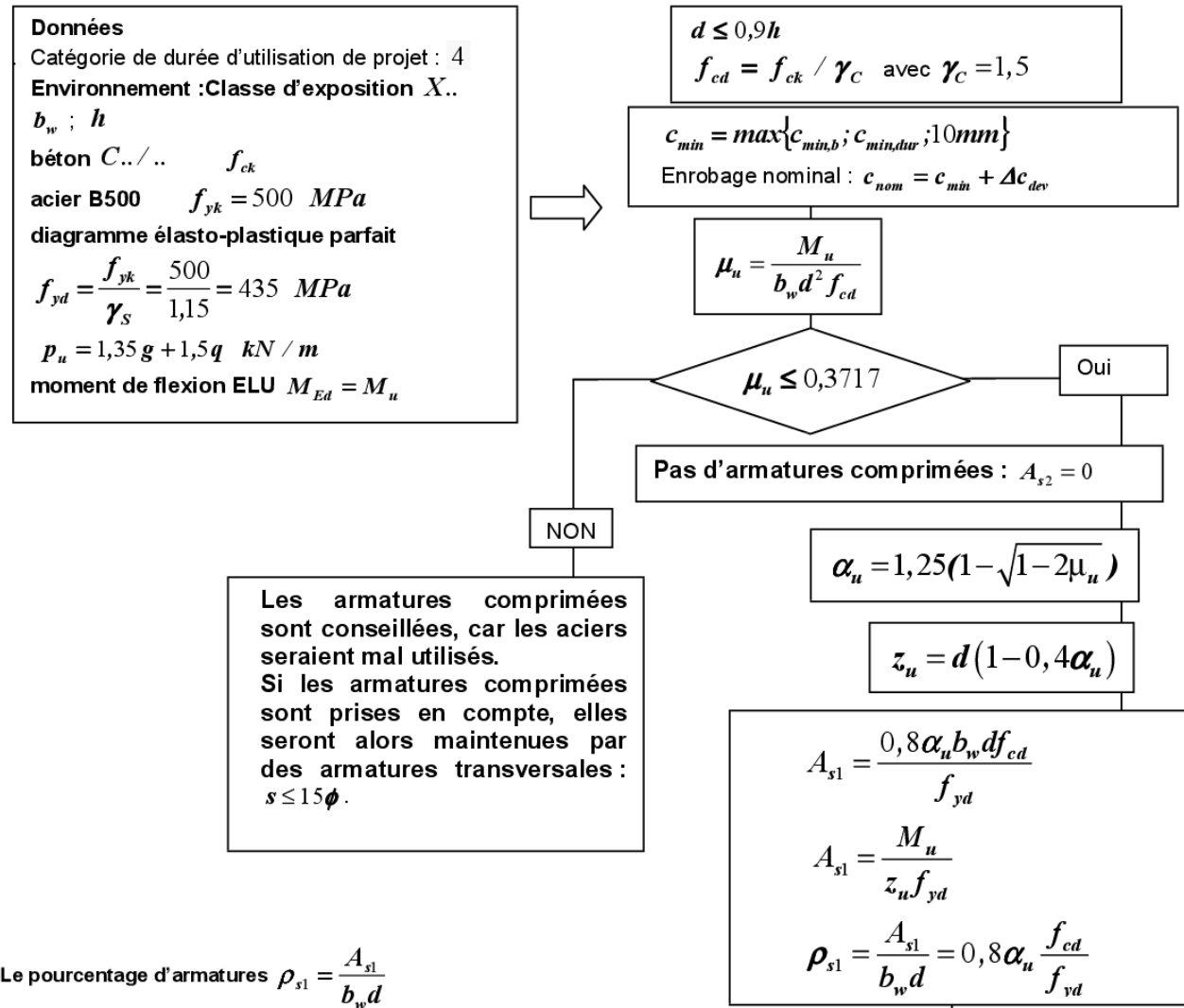
$$\Delta_j = \int_{\text{structure}} \frac{M \times \bar{M}_j^0}{EI} dx + \sum_{\text{poutres bi-articulées}} \frac{N \times \bar{N}_j^0}{EA} L$$

Tableau des intégrales de MOHR : $\int_0^L m_i(x) \times m_j(x) \times dx$

$m_i(x)$	$m_j(x)$	M_j	M_j	M_j	M_j	M_j	M_j	M_j	M_j
		$LM_i M_j$	$\frac{1}{2} LM_i M_j$	$\frac{1}{2} LM_i (M_j + M'_j)$	$\frac{2}{3} LM_i M_j$	$\frac{2}{3} LM_i M_j$	$\frac{2}{3} LM_i M_j$	$\frac{1}{3} LM_i M_j$	$\frac{1}{3} LM_i M_j$
		$\frac{1}{2} LM_i M_j$	$\frac{1}{3} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i (2M_j + M'_j)$	$\frac{1}{3} LM_i M_j$	$\frac{5}{12} LM_i M_j$	$\frac{1}{4} LM_i M_j$	$\frac{1}{4} LM_i M_j$	$\frac{1}{12} LM_i M_j$
		$\frac{1}{2} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i (M_j + 2M'_j)$	$\frac{1}{3} LM_i M_j$	$\frac{1}{4} LM_i M_j$	$\frac{5}{12} LM_i M_j$	$\frac{1}{12} LM_i M_j$	$\frac{1}{4} LM_i M_j$
		$\frac{1}{2} LM_j (M_i + M'_i)$	$\frac{1}{6} LM_j (2M_i + M'_i)$	$\frac{1}{6} L \left(\frac{2M_i M_j + M_i M'_j + M'_i M_j + 2M'_i M'_j}{M'_i M_j + 2M'_i M'_j} \right)$	$\frac{1}{3} LM_j (M_i + M'_i)$	$\frac{1}{12} LM_j \times (5M_i + 3M'_i)$	$\frac{1}{12} LM_j \times (3M_i + 5M'_i)$	$\frac{1}{12} LM_j \times (3M_i + M'_i)$	$\frac{1}{12} LM_j \times (M_i + 3M'_i)$
		$\frac{1}{2} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j \left(1 + \frac{x'}{L} \right)$	$\frac{1}{6} LM_i \left[M_j \left(1 + \frac{x'}{L} \right) + M'_j \left(1 + \frac{x}{L} \right) \right]$	$\frac{1}{3} LM_i M_j \left(1 + \frac{xx'}{L^2} \right)$	$\frac{1}{12} LM_i M_j \times \left(3 + \frac{3x'}{L} - \frac{x'^2}{L^2} \right)$	$\frac{1}{12} LM_i M_j \times \left(3 + \frac{3x}{L} - \frac{x^2}{L^2} \right)$	$\frac{1}{12} LM_i M_j \times \left(\frac{3x'}{L} + \frac{x^2}{L^2} \right)$	$\frac{1}{12} LM_i M_j \times \left(\frac{3x}{L} + \frac{x'^2}{L^2} \right)$
		$\frac{1}{2} LM_i M_j$	$\frac{1}{4} LM_i M_j$	$\frac{1}{4} LM_i (M_j + M'_j)$	$\frac{5}{12} LM_i M_j$	$\frac{17}{48} LM_i M_j$	$\frac{17}{48} LM_i M_j$	$\frac{7}{48} LM_i M_j$	$\frac{7}{48} LM_i M_j$

Dans le tableau, M_i, M_j, M'_i, M'_j , sont les extremums des fonctions $m_i(x)$ et $m_j(x)$. Ils sont à prendre en valeurs algébriques.

Annexe 21 : Organigramme de calcul poutre en flexion simple

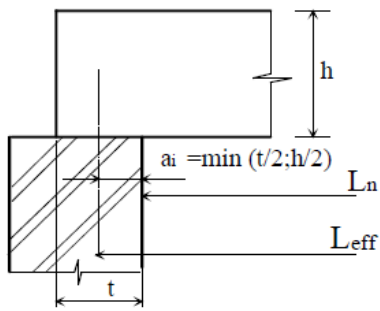


f_{ctm} Valeur moyenne de la résistance à la traction directe du béton (pour le calcul des ouvertures des fissures et de la participation du béton tendu)

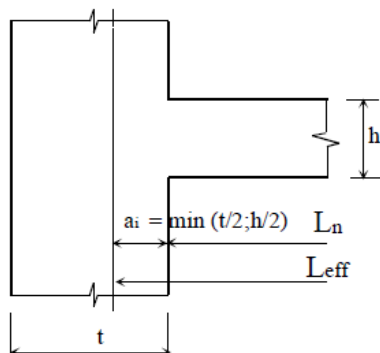
$$C \leq C50/60 \quad f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{\frac{2}{3}}$$

$$C > C50/60 \quad f_{ctm} = 2,12 \ln \left[1 + \frac{f_{cm}}{10} \right]$$

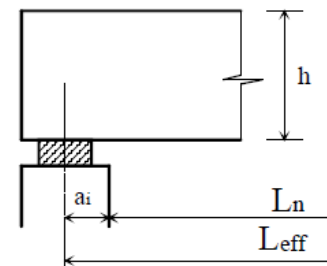
Annexe 22 : détermination des portées de calcul L_{eff}



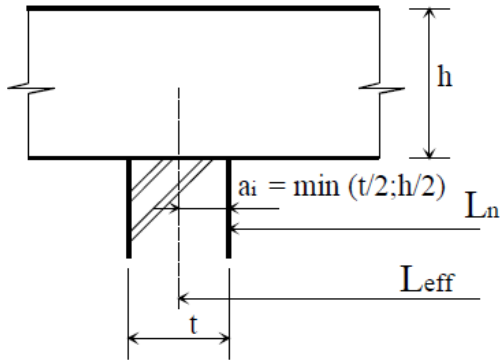
(a) Eléments isostatiques



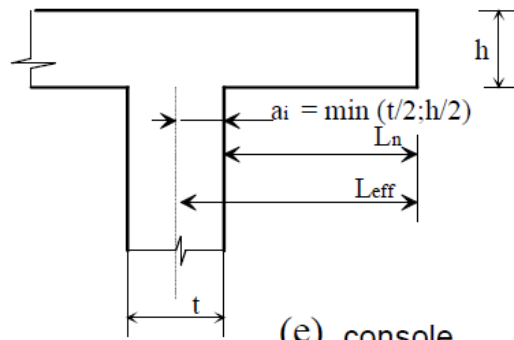
(c) appuis considérés comme des encastres parfaits



(d) présence d'un appareil d'appui



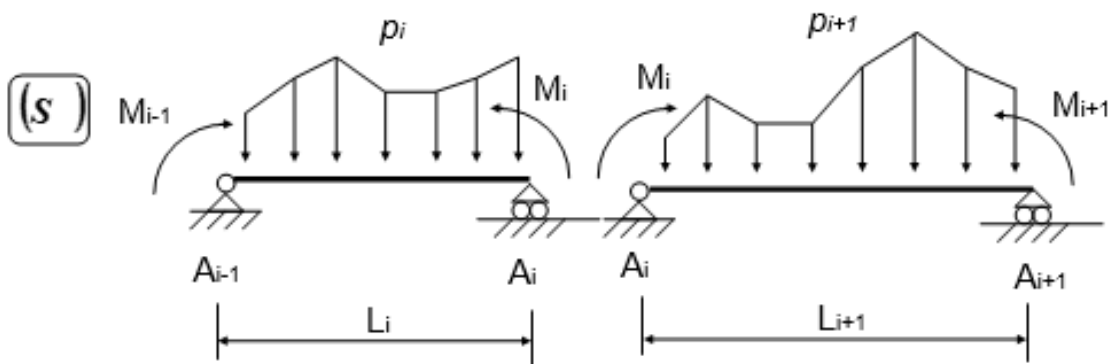
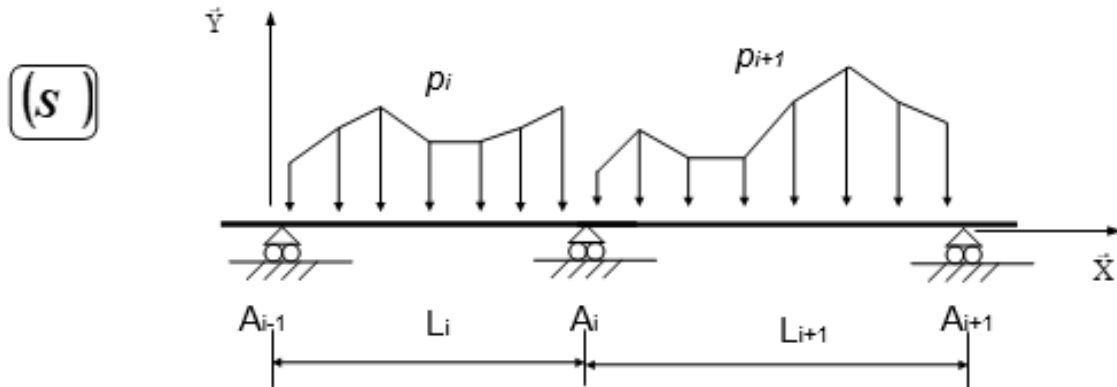
(b) Eléments continus



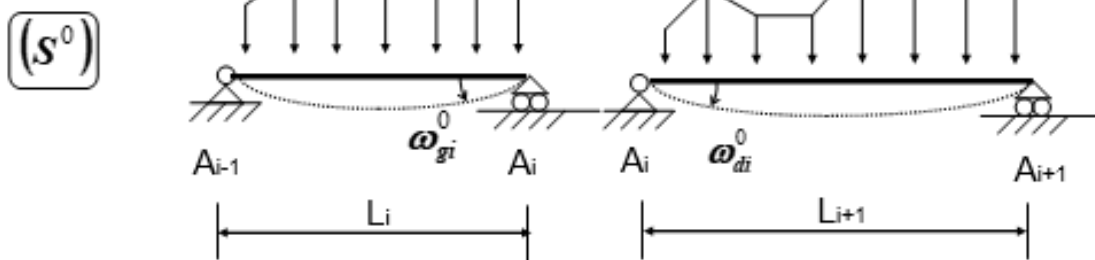
(e) console

Annexe 23 : Théorème des 3 moments

Hypothèses : $EI = \text{constante sur l'ensemble de la poutre, en l'absence de dénivellations d'appuis.}$



Système isostatique associé



$$L_i M_{i-1} + 2(L_i + L_{i+1})M_i + L_{i+1}M_{i+1} = 6EI(\omega_{di}^0 - \omega_{gi}^0)$$

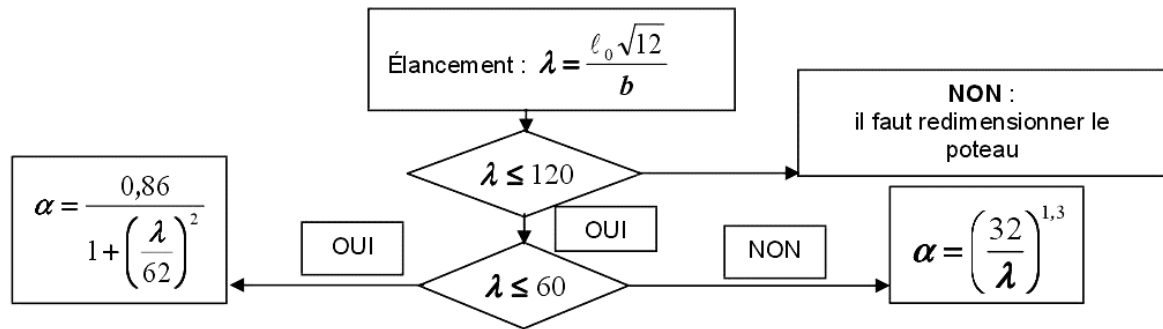
Annexe 24 : Organigramme de calcul poteau BA

ORGANIGRAMME POTEAUX RECTANGULAIRES

Données : Catégorie de durée d'utilisation de projet : 4 ; Classe d'exposition X... donnant un enrobage nominal c_{nom} .

- N_{Ed} : effort normal centré aux ELU
- A_c : aire du béton $b \times h$, avec $b \leq h$ (ou b en mètre, correspondant au sens du flambement)
- Enrobage relatif $\delta = \frac{d'}{b}$ avec $d' = c_{nom} + \phi_t + \frac{\phi_l}{2}$
- Classe du béton C... donnant f_{ck} et $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,5}$ (âge du béton > 28 jours)
- Acier B500 donnant $f_{yk} = 500$ MPa et $f_{yd} = f_{yk}/1,15 = 434,8$ MPa
- Longueur efficace (ou de flambement) notée $\ell_0 =$ longueur libre du poteau notée l

Si d' est inconnu, prendre :
40 mm pour XC1
55 mm pour XC4



$$N_{Ed} \leq N_{Rd} \text{ et } N_{Rd} = \alpha k_h [A_c f_{cd} + A_s f_{yd}] \text{ ou } N_{Rd} = \alpha k_h A_c [f_{cd} + \rho f_{yd}]$$

$$\text{avec } \rho = \frac{A_s}{A_c} \text{ et si } b < 0,500 \text{ m alors } k_h = [0,75 + 0,5b^{[m]}][1 - 6\rho\delta] \text{ sinon } k_h = 1$$

La valeur de A_s est obtenue en résolvant l'équation du 2^e degré suivante :

$$\left(6 \frac{\delta}{A_c} f_{yd}\right) A_s^2 - (f_{yd} - 6\delta f_{cd}) A_s + \left(\frac{N_{Ed}}{K} - A_c f_{cd}\right) = 0 \text{ avec } K = \alpha(0,75 + 0,5b^{[m]}) \text{ avec } b \text{ en m}$$

En première approximation pour obtenir une valeur approchée de A_s : $N_{Ed} = \alpha k_h A_c [f_{cd} + \rho f_{yd}]$ avec $k_h = 0,93$

Section minimale des armatures longitudinales

$$A_{s,min} = \max \left[0,10 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} ; 0,002 A_c \right] \{9,12N\}$$

A_c = aire de la section brute transversale de béton

f_{yd} limite élastique de calcul de l'armature

Le diamètre des barres longitudinales $\phi_l \geq \phi_{l,min} = 8 \text{ mm}$

Section maximale des armatures longitudinales

en dehors des zones de recouvrement $A_{s,max} = 0,04A_c$

dans les zones de recouvrement $A_{s,max} = 0,08A_c$

Armatures transversales :

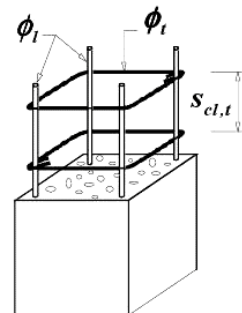
$$\phi_t \geq \max [6 \text{ mm} ; \phi_{l,max} / 4]$$

$$\text{espacement: } s_{cl,t} \leq s_{cl,t,max} = \min [400 \text{ mm} ; 20\phi_{l,min} ; b]$$

$\phi_{l,min}$ = diamètre de la plus petite armature longitudinale

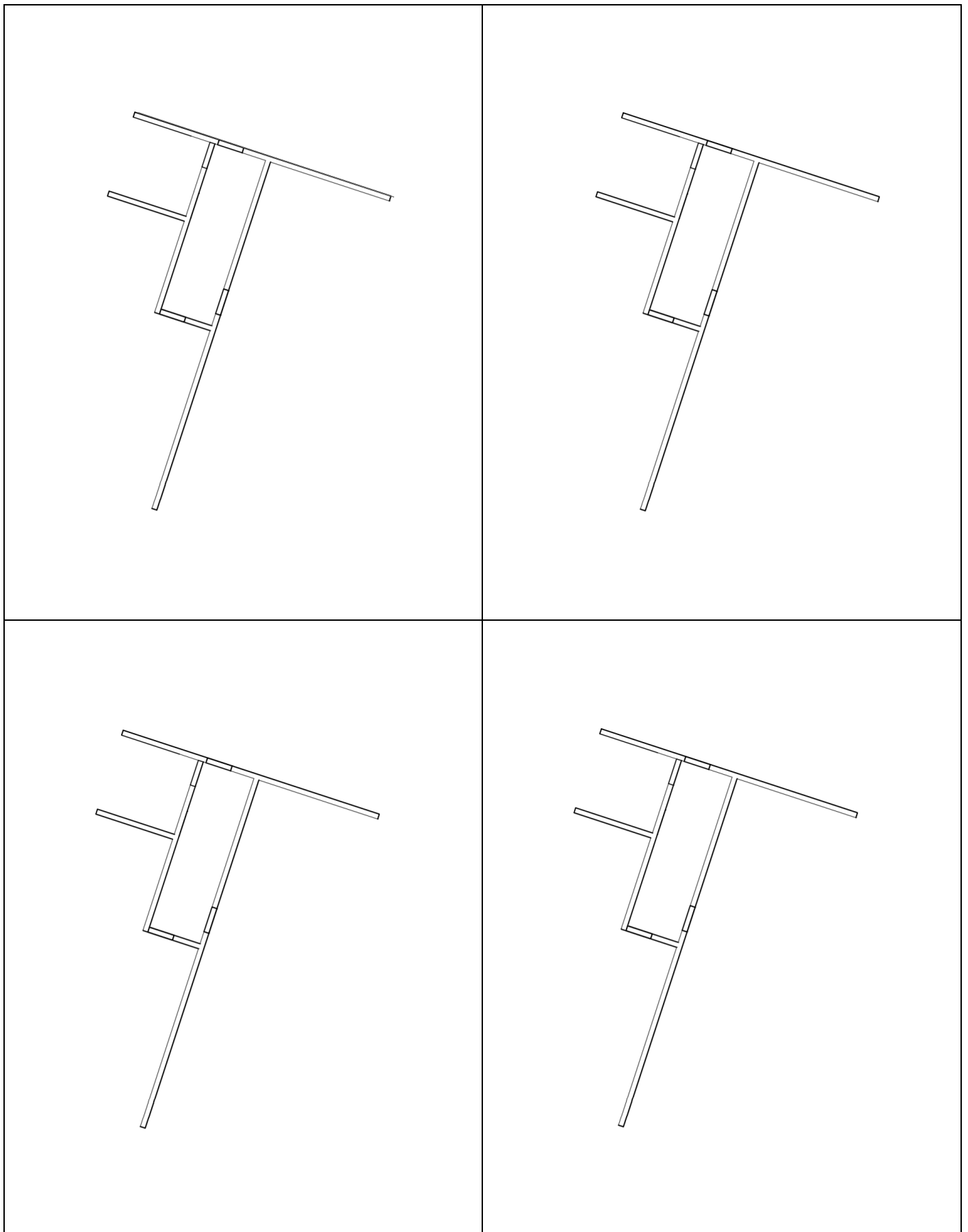
b = plus petite dimension transversale

Les armatures transversales doivent maintenir toutes les barres prises en compte dans les calculs de résistance.



NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR 1 : Rotation de coffrage de voiles, phasage général. (Ech : 1/200)



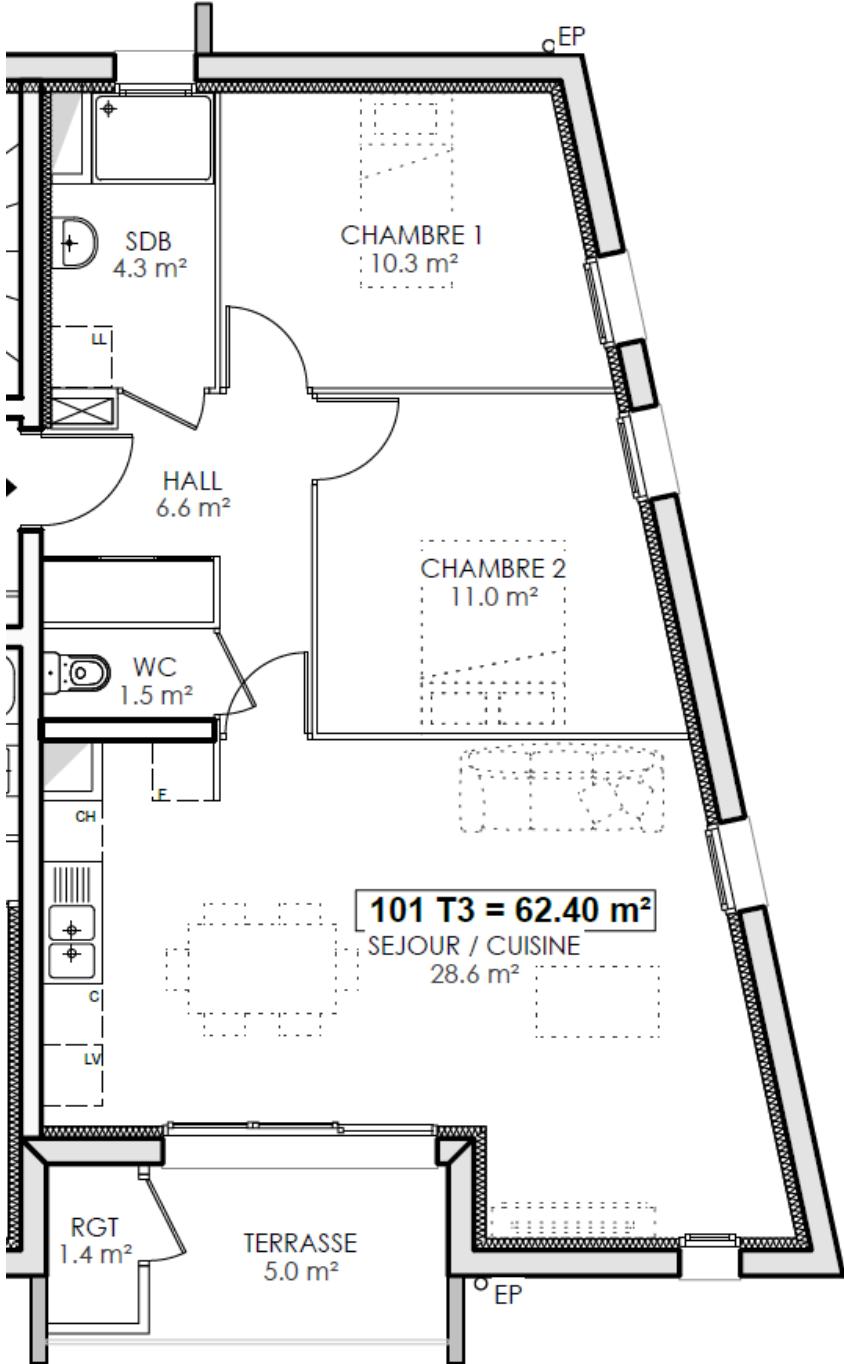
Tournez la page S.V.P.

DR 2 : PIC- pour le lot 8 (Ech : 1/250)



NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Document-réponse 3



Impact d'une mauvaise étanchéité à l'air :



Document-réponse DR4 : Calcul du taux de couverture solaire moyen dans le cas d'une installation d'ECS solaire

Données d'ensoleillement sur le site, d'après l'INES

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Durée du jour (h)	8,58	10,03	11,65	13,46	15,03	15,89	15,48	14,05	12,27	10,45	8,91	8,1
Rayonnement solaire moyen (W/m ²)	323	436	557	663	717	731	721	678	588	462	345	286
Température du réseau d'eau froide (°C)	6,2	7,1	9,3	11	13	14	16	15	14	11	8,7	6,6

Energie produite par 5 capteurs par mois (kWh)												
Besoins ECS mensuel (kWh)												
Taux de couverture (%)												

Calcul du taux de couverture moyen :

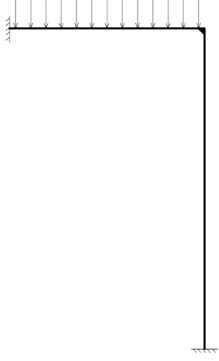
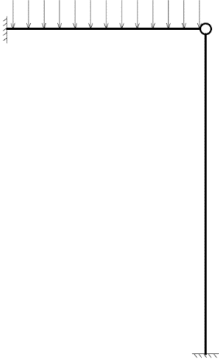
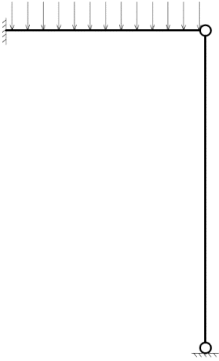
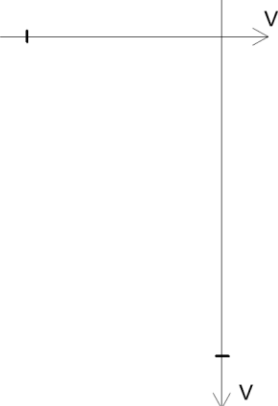
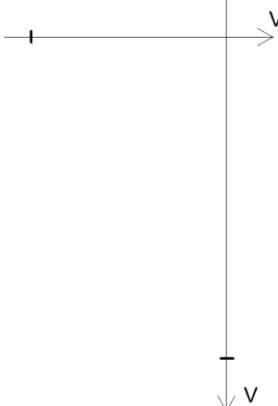
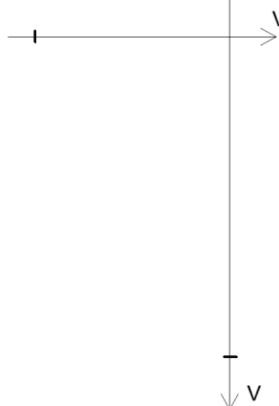
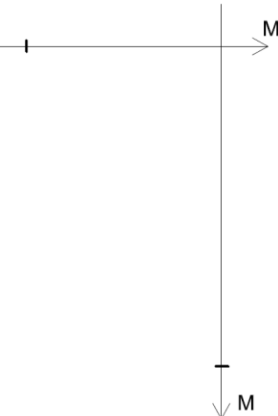
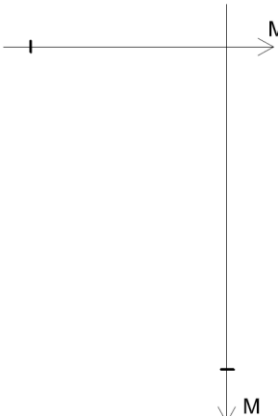
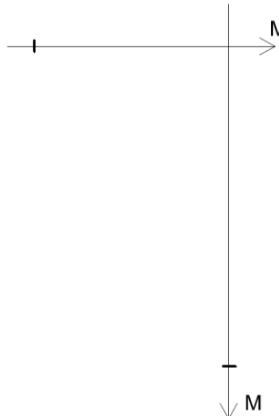
Taux de couverture moyen (%)	
------------------------------	--

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Document-réponse DR5

POSTE DE CONSOMMATION		VARIANTE		
		A	B	C
CHAUFFAGE	B_{CH-net} (kWh/m ² _{SHONRT})			
	C_{EF-CH} (kWh _{EF} /m ² _{SHONRT})			
	C_{EP-CH} (kWh _{EP} /m ² _{SHONRT})			
ECS	B_{ECS} (kWh/m ² _{SHONRT})			
	C_{EF-ECS} (kWh _{EF} /m ² _{SHONRT})			
	C_{EP-ECS} (kWh _{EP} /m ² _{SHONRT})			
ECLAIRAGE	C_{EF-ECL} (kWh _{EF} /m ² _{SHONRT})			
	C_{EP-ECL} (kWh _{EP} /m ² _{SHONRT})			
AUXILIAIRES	C_{EF-AUX} (kWh _{EF} /m ² _{SHONRT})			
	C_{EP-AUX} (kWh _{EP} /m ² _{SHONRT})			
C_{EP} (kWh _{EP} /m ² _{SHONRT})				
$C_{EP max}$ (kWh _{EP} /m ² _{SHONRT})				
Respect RT2012 ?				

DR6 : Structure poteau/poutre.

CAS	1	2	3
Schéma mécanique			
Degré d'hyperstaticité			
Allure du diagramme d'Effort tranchant			
Allure du diagramme de Moment fléchissant			
Principe de ferrailage			

DR 7 : ferrailage poteau – échelle 1/25

