

CONCEPTION DU BÂTIMENT DU FUTUR POUR LA PRODUCTION DE 5000 DINDONS

Rapport final



Rapport présenté à:

Sébastien Fournel (superviseur)

Projet d'ingénierie I : GAE-3003

Par:

Marjorie Guillot (111 127 759)

Louis-Étienne Lessard (111 127 810)

Thierry Therrien-Champagne (111 121 821)

18 Décembre 2018

Résumé

Les Éleveurs de Volailles du Québec (ÉVQ) nous ont mandatés afin de concevoir un bâtiment d'élevage de 5000 dindons qui sera situé au Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD). Ce bâtiment devra répondre aux besoins futurs de l'élevage en ce qui a trait aux normes de bien-être animal et aux exigences environnementales. Cette étude se déroulera en 2 parties. D'abord, puisque les informations techniques sur la production de dindon fourni par le Service de plans Canada et le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario (MAAARO) datent de plus de 15 ans, une mise à jour des recommandations de conception d'un bâtiment d'élevage de dindons s'avérerait nécessaire. Conséquemment, une recherche approfondie des normes en vigueur à l'échelle provinciale, nationale et internationale a été effectuée. Par la suite, un questionnaire a été soumis à trois producteurs de dindons de la région de Québec lors de visites afin de dresser un portrait de la production de dindon actuelle et de déterminer les besoins futurs de l'élevage. Avec l'aide d'experts en production avicole, une analyse de l'ensemble des données recueillies sur le terrain lors des visites chez les producteurs et des valeurs de références trouvées dans les ouvrages scientifiques a été effectuée. Finalement, les solutions retenues ont été rassemblées dans un feuillet technique afin de dresser les règles de bonnes pratiques pour l'aménagement intérieur des bâtiments d'élevage de dindon. Ce document traite, dans un premier temps, des données agronomiques telles que la densité et le poids moyen d'un dindon, la durée d'élevage et le nombre de cycles par année. Dans un second temps, il contient des recommandations au sujet de la gestion du troupeau telles que le nombre d'oiseaux par mangeoire et par abreuvoir, le type de régie, les exigences pour la biosécurité, l'intensité lumineuse, la température, le type de litière et la fréquence d'écurage des effluents. Des recommandations quant au bâtiment, telles que l'isolation des murs et du plafond, les types de systèmes de chauffage et de ventilation, le revêtement et la hauteur des murs, les composantes du plancher, y sont également présentées. Pour la seconde partie du projet, il s'agira d'effectuer la conception d'un bâtiment typique de 5000 dindons lourds en fonction des données du feuillet technique. Ce choix est basé sur le fait que l'industrie se tourne maintenant davantage vers la production de dindons lourds et délaisse le dindon léger peu à peu. Par contre, le nombre de dindons léger pouvant être accueilli dans ce bâtiment sera déterminé. De plus, l'introduction de nouvelles technologies, le dimensionnement des diverses composantes et les plans du bâtiment seront réalisés.

Table des matières

Résumé	II
Liste des tableaux	VI
Liste des figures	VIII
Liste des abréviations et des symboles	IX
1. Introduction.....	1
2. Synthèse des connaissances.....	2
2.1 Espace par animal.....	2
2.2 Type de bâtiment	3
2.2.1 Gestion des troupeaux	4
2.2.2 Protection incendie	4
2.2.3 Isolation thermique	4
2.3 Ventilation	5
2.3.2 Fonction du système de ventilation	5
2.3.2 Système de ventilation traditionnel	6
2.3.3 Type de système de ventilation	6
2.3.4 Valeurs critiques à respecter	7
2.4 Chauffage	9
2.5 Abreuvoirs et mangeoires	9
2.6 Éclairage	11
2.7 Gestion des effluents.....	12
2.8 Gestion d'élevage	13
2.9 Biosécurité.....	14
2.10 Matériaux de construction	15
2.11 Technologies du marché	16
3. Feuille technique.....	19
3.1 Problématique.....	19
3.2 Méthodologie	19
3.2.1 Recherche des connaissances actuelles.....	19
3.2.2 Visites de ferme.....	20

3.2.3	Compilation des données recueillies.....	20
3.2.4	Validation du feuillet technique	20
3.3	Résultats	20
3.4	Analyse des résultats.....	22
3.4.1	Données agronomiques	22
3.4.2	Équipement	22
3.4.3	Gestion du troupeau	23
3.4.4	Bâtiment.....	24
4.	Analyse économique	25
4.1	Échangeur de chaleur.....	25
4.2	Mur solaire	26
4.3	Géothermie	26
4.4	Convoyeur	27
4.5	Système centralisé à la biomasse	28
5.	Dimensionnement et aménagement du bâtiment	30
5.1	Aménagement du bâtiment	30
5.1	Dimensionnement bâtiment	30
6.	Dimensionnement des équipements de ventilation et de chauffage	31
6.1	Pouponnière	32
	Condition ambiante visée.....	32
6.1.1	Bilan de chaleur	32
6.1.2	Perte de chaleur du bâtiment	33
6.1.3	Débit de ventilation.....	34
6.1.4	Choix des ventilateurs	35
6.1.5	Chauffage du bâtiment.....	35
6.1.6	Éclairage	36
6.1.7	Équipement d'alimentation et de distribution d'eau.....	36
6.2	Engraissement.....	36
6.2.1	Condition ambiante visée.....	36
6.2.2	Bilan de chaleur	37
6.2.3	Perte de chaleur du bâtiment	37
6.3.4	Débit de ventilation.....	38

6.2.5 Choix des ventilateurs	38
6.2.6 Chauffage du bâtiment.....	39
6.2.7 Éclairage	40
6.2.8 Équipement d'alimentation et de distribution d'eau.....	40
7. Structure.....	40
7.1 Calcul des charges	40
7.2 Calculs de dimensionnement des charges gravitérent	41
7.2.1 Colombages	41
7.2.2 Linteaux et jambages.....	43
7.2.3 Solive de plancher	47
7.2.4 Structure d'acier	48
7.3 Calcul dimensionnement contreventement	48
7.3.1 Diaphragme	48
7.3.2 Mur de refend	52
8. Conclusion	54
Bibliographie	55
Annexe 1 : Diagramme des activités	60
Annexe 2 : Questionnaire.....	61
Annexe 3 : Données utilisées pour le feuillet technique.....	64
Annexe 4 : Calculs de structure	65
Annexe 5 : Plans	225

Liste des tableaux

Tableau 1 : Surface requise pour une dinde (MAAARO, 1993)	2
Tableau 2 : Surface requise pour un dindon (MAAARO, 1993)	3
Tableau 3 : Densités de peuplement maximales pour les dindons (CNSAE, 2016).....	3
Tableau 4 : Largeur nécessaire aux mangeoires ou aux abreuvoirs par animal (MAAARO, 1993)	3
Tableau 5 : Résistances thermiques pour un bâtiment de dindon (Agriculture Canada, 1991)	5
Tableau 6 : Besoins en ventilation pour un bâtiment de dindon (Agri-Réseau, 2001)	6
Tableau 7 : Température optimale en fonction de l'âge des dindons (EQCMA, 2013).....	8
Tableau 8 : Concentration maximale pour différents gaz dans les bâtiments d'élevage de dindons (EQCMA, 2013)	8
Tableau 9 : Pression statique cible dans le bâtiment (AQINAC, 2014).....	8
Tableau 10 : Lignes directrices pour l'accès à l'eau et à la nourriture	10
Tableau 11 : Intensité lumineuse selon le stade de croissance du dindon (Les Éleveurs de dindon du Canada, 2010).....	11
Tableau 12 : Période d'éclairage selon le stade de croissance (EQCMA, 2013).....	12
Tableau 13 : Recommandations pour la quantité de litière à épandre (ENVT, 2009)	13
Tableau 14 : Consommation d'eau pour différents stades de croissance (MAAARO, 2015).....	14
Tableau 15 : Composition type d'un mur	15
Tableau 16 : Composition type du plafond	15
Tableau 17 : Composition type d'une fondation.....	16
Tableau 18 : Feuillet technique	21
Tableau 19:Économie de chauffage pour l'échangeur de chaleur ESA (Météo Média, 2019).....	25
Tableau 20 : Données espaces planchers.....	31
Tableau 21 : Dimension intérieure bâtiment	31
Tableau 22: Conditions ambiantes dans la pouponnière.....	32
Tableau 23: Perte de chaleur dans la section pouponnière.....	33
Tableau 24: Débit de ventilation pour chacun des quatre paliers de la pouponnière.....	35
Tableau 25: Besoins en chauffage dans la pouponnière.....	35
Tableau 26: Conditions ambiantes dans l'engraissement.....	36
Tableau 27: Perte de chaleur dans la section engraissement.....	37
Tableau 28: Débit de ventilation pour chacun des quatre paliers de l'engraissement.....	39
Tableau 29: Besoins en chauffage dans l'engraissement	39
Tableau 30 : Ratios de résistance des colombages selon le cas de chargement	42
Tableau 31 : Effort de cisaillement des colombages.....	42
Tableau 32 : Déflexion des colombages	43
Tableau 33 : Résistance en compression de la lisse basse	43
Tableau 34 : Résumé des linteaux et des jambages.....	44
Tableau 35 : Résistance en flexion des linteaux.....	44
Tableau 36 : Résistance en cisaillement des linteaux	45
Tableau 37 : Déflexion des linteaux	45
Tableau 38 : Résistance en compression des poteaux courts.....	46
Tableau 39 : Résistance en cisaillement des solives de plancher	47

Tableau 40 : Résistance en flexion des solives de plancher.....	47
Tableau 41 : Déflexion des solives de plancher.....	47
Tableau 42 : Résistance au cisaillement du diaphragme de l'engraisement (1 ^{er} étage).....	48
Tableau 43 : Résistance au cisaillement du diaphragme de la pouponnière (1 ^{er} étage)	49
Tableau 44 : Résistance en traction de la membrure du diaphragme de l'engraisement (1 ^{er} étage)	49
Tableau 45 : Résistance en traction de la membrure du diaphragme de la pouponnière (1 ^{er} étage)	49
Tableau 46 : Assemblage de la membrure du diaphragme de l'engraisement (1 ^{er} étage).....	50
Tableau 47 : Assemblage de la membrure du diaphragme de la pouponnière (1 ^{er} étage).....	50
Tableau 48 : Déflexion du diaphragme de l'engraisement (1 ^{er} étage)	50
Tableau 49 : Déflexion du diaphragme de la pouponnière (1 ^{er} étage)	50
Tableau 50 : Résistance au cisaillement du diaphragme de l'engraisement (Rez-de-chaussée).....	51
Tableau 51 : Résistance au cisaillement du diaphragme de la pouponnière (Rez-de-chaussée).....	51
Tableau 52 : Résistance en traction de la membrure du diaphragme de l'engraisement (Rez-de-chaussée).....	51
Tableau 53 : Résistance en traction de la membrure du diaphragme de la pouponnière (Rez-de-chaussée)	51
Tableau 54 : Assemblage de la membrure du diaphragme de l'engraisement (Rez-de-chaussée).....	52
Tableau 55 : Assemblage de la membrure du diaphragme de la pouponnière (Rez-de-chaussée).....	52
Tableau 56 : Déflexion du diaphragme de l'engraisement (Rez-de-chaussée)	52
Tableau 57 : Déflexion du diaphragme de la pouponnière (Rez-de-chaussée)	52
Tableau 58 : Résistance au cisaillement des murs de refends des axes A et D (1 ^{er} étage)	53
Tableau 59 : Résistance au cisaillement des murs de refends des axes 1 et 2 (1 ^{er} étage)	53
Tableau 60 : Résistance au cisaillement des murs de refends des axes A et D (Rez-de-chaussée)	53
Tableau 61 : Résistance au cisaillement des murs de refends des axes 1 et 2 (Rez-de-chaussée)	53

Liste des figures

Figure 1 : Vue intérieure d'un bâtiment type (Big Dutchman, 2018).....	4
Figure 2 : Ventilation longitudinale (Kabore, 2014)	7
Figure 3 : Ventilation latérale (Kabore, 2014)	7
Figure 4 : Éleveuse au propane (Avipor, 2018)	9
Figure 5 : Abreuvoir en cloche (Agri Expo, 2018)	10
Figure 6 : Mangeoire à trémie (Big Dutchman, 2018).....	11
Figure 7 : Croissance du dindon en fonction du sexe (New-Life-Mills, 2016)	14
Figure 8 : Robot Octopus (Octopus Robots, 2018).....	16
Figure 9: Bâtiment muni de panneaux solaires (PaysanBreton, 2017)	17
Figure 10 : Réchauffement de l'air dans un échangeur de chaleur (ESA, 2018)	17
Figure 11 : Mouvement d'air dans un bâtiment utilisant un échangeur de chaleur (ESA, 2018)	17
Figure 12 : Mouvement d'air dans un bâtiment utilisant un ventilateur (ESA, 2018).....	18
Figure 13 : Géothermie horizontale (ALGC, 2018)	18
Figure 14 : Mur solaire	19
Figure 15: représentation du convoyeur.....	28
Figure 16: Période de retour sur investissement pour le système centralisé à la biomasse	29
Figure 17: Période de retour sur investissement pour le système centralisé à la biomasse en considérant la subvention	30
Figure 18: Bilan de chaleur de la pouponnière	33
Figure 19: Débits minimaux de ventilation en fonction de la température extérieure pour la pouponnière	34
Figure 20: Bilan de chaleur de la section engraissement.....	37
Figure 21: Débits minimaux de ventilation en fonction de la température extérieure pour l'engraissement	38

Liste des abréviations et des symboles

AQINAC	Association québécoise des industries de nutrition animale et céréalière
AFPG	Association Française des Professionnels de la Géothermie
APCHQ	Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec
CNBA	Code national du bâtiment agricole
CNBC	Code national du bâtiment du Canada
CNSAE	Conseil national pour les soins aux animaux d'élevage
CO	Monoxyde de carbone
CO ₂	Dioxyde de carbone
CRSAD	Centre de recherche en sciences animales de Deschambault
ENVT	École nationale vétérinaire de Toulouse
EQCMA	Équipe québécoise de contrôle des maladies avicoles
ESA	Énergie Solution Air
ÉVQ	Les Éleveurs de volailles du Québec
H ₂ S	Sulfure d'hydrogène
ITAVI	Institut technique des filières avicole, cunicole et piscicole

MAAARO	Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario
NH ₃	Ammoniac
RREAL	Rural Renewable Energy Alliance
WDM	Wood Design Manual

1. Introduction

Les Éleveurs de volailles du Québec (ÉVQ) envisagent d'aménager un bâtiment d'élevage dernier cri pour 5000 dindons au Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD). Ils désirent en tout premier lieu que le nouveau bâtiment ait un design avant-gardiste répondant aux plus récentes exigences en matière d'environnement, de santé et de bien-être animal. Le bâtiment devra aussi répondre aux besoins en recherche du CRSAD et des ÉVQ pour les années à venir.

Comme les informations disponibles sur Agri-Réseau (Agri-Réseau, 2001) concernant la production ont été publiées par le Service de plans Canada et le MAAARO il y a plus de 15 ans, une mise à jour des règles de conception s'impose. De plus, étant donné la désuétude des bâtiments agricoles au Québec, une revue des nouvelles technologies pouvant s'intégrer en production de dindons est souhaitable afin d'outiller davantage les producteurs sur les possibilités d'automatisation des opérations.

Les ÉVQ nous ont donc mandatés afin de concevoir le bâtiment du futur pour l'élevage du dindon. Le mandat se divise en deux sous-objectifs : (1) rédaction d'un feuillet technique, qui se voudra en quelque sorte un guide de bonnes pratiques de conception, à partir d'une révision de l'ensemble des normes concernant les bâtiments d'élevage de dindon; et (2) production d'un plan d'aménagement type pour le bâtiment de recherche du CRSAD.

Pour le sous-objectif 1 (session d'automne 2018), une analyse approfondie de la réglementation en vigueur à l'échelle provinciale, nationale et internationale a été effectuée. Par la suite, un questionnaire a été soumis à trois producteurs de dindons afin de déterminer les besoins actuels et futurs des élevages de dindon. Des experts en production avicole ont ensuite été consultés afin de faire un parallèle entre les données recueillies sur le terrain et les données scientifiques utilisées par l'industrie. L'ensemble des informations a été synthétisé en un feuillet technique regroupant les règles de bonnes pratiques quant à l'aménagement intérieur et à la gestion de l'environnement en production de dindon.

Pour le sous-objectif 2 (session d'hiver 2019), il s'agira d'utiliser les résultats de la revue de littérature et le guide de conception pour esquisser en 2D le bâtiment qui répondra aux besoins des éleveurs de dindons. Par la suite, la structure du bâtiment devra être dimensionnée. Les

livrables pour cette section du projet consisteront en des plans de la vue de dessus, des coupes transversales du bâtiment, de structure, de ventilation et de la gestion de l'environnement.

2. Synthèse des connaissances

2.1 Espace par animal

L'espace nécessaire par animal varie en fonction du sexe et de l'âge de l'oiseau (MAAARO, 1993). Les tableaux 1 et 2 présentent les superficies requises pour la dinde et le dindon, respectivement. Dans le tableau 1 et 2, une diminution de la surface par animal est observée même si les oiseaux passent du stade 0-4 semaines au stade 4-8 semaines. Cela s'explique par le fait que les oiseaux sont beaucoup plus fragiles lors de l'arrivage. Ainsi, une densité moindre est conseillée au départ afin de réduire les risques de divers problèmes. Le tableau 3 présente, quant à lui, la densité maximale du bâtiment en fonction du poids des animaux. Il est cependant possible d'aller au-delà de la densité maximale en respectant certains critères (CNSAE, 2016). Pour ce faire, la consommation d'eau doit être surveillée et consignée, des alarmes doivent être installées afin d'alerter le personnel lorsque les conditions environnementales ne sont pas à l'intérieur des plages de valeur recommandées, un plan de santé du troupeau doit être rédigé et suivi et des données sur la santé doivent être prises afin de démontrer que l'augmentation de la densité n'a aucun effet négatif sur le bien-être des oiseaux.

Tableau 1 : Surface requise pour une dinde (MAAARO, 1993)

Âge (semaines)	Surface par animal (m ²)
0 à 4	0,50
4 à 8	0,22
8 à 12	0,30
12 à 16	0,30
16 à 20	0,30

Tableau 2 : Surface requise pour un dindon (MAAARO, 1993)

Âge (semaines)	Surface par animal (m ²)
0 à 4	0,50
4 à 8	0,25
8 à 12	0,30
12 à 16	0,40
16 à 20	0,40

Tableau 3 : Densités de peuplement maximales pour les dindons (CNSAE, 2016)

Poids moyen des dindons (kg)	Densité maximale (kg/m ²)	Densité maximale conditionnelle (kg/m ²)
<6,2	40	45
6,2-10,8	45	50
10,8-13,3	50	60
>13,3	50	65

Un autre aspect important à considérer est l'espace nécessaire lors de l'alimentation. Le tableau 4 présente la largeur requise par tête aux mangeoires et aux abreuvoirs.

Tableau 4 : Largeur nécessaire aux mangeoires ou aux abreuvoirs par animal (MAAARO, 1993)

Âge (semaines)	Largeur par animal (cm)
0 à 4	3,5
4 à 12	8,0
plus de 12	10,0-12,0

2.2 Type de bâtiment

Les poulaillers de dindons sont habituellement des bâtiments assez longs par rapport à leur largeur (Agri-Réseau, 2001) (figure 1). La longueur est normalement de 60 m, mais celle-ci peut facilement atteindre plus de 90 m (Agriculture Canada, 1991). En ce qui a trait à la largeur, celle-ci est d'environ 12 m (Agri-Réseau, 2001). Par contre, afin d'obtenir une ventilation plus efficace dans le bâtiment, il est conseillé de ne pas dépasser 10 m de largeur (Moreki, 2015). Enfin, une hauteur de 2,75 m est habituellement utilisée (Agri-Réseau, 2001). Évidemment, ces dimensions

peuvent varier en fonction des besoins présents ou futurs de l'entreprise. Le bâtiment est, en général, muni d'une porte coulissante à chaque extrémité, ce qui permet à la machinerie d'entrer pour effectuer le nettoyage de la litière. De plus, la structure est pensée pour avoir une portée libre qui permet d'éliminer les poteaux à l'intérieur et d'ainsi maximiser l'espace utilisable du bâtiment. La figure 1 présente l'intérieur d'un bâtiment de production de volaille typique.



Figure 1 : Vue intérieure d'un bâtiment type (Big Dutchman, 2018)

2.2.1 Gestion des troupeaux

Pour ce qui est de la gestion des troupeaux, la formule tout plein, tout vide est utilisée dans la majorité des cas (EQCMA, 2013). Cela permet d'épargner le temps nécessaire au déplacement des oiseaux d'un bâtiment vers un autre et permet une désinfection des lieux entre les lots d'oiseaux. Par contre, avec ce type de gestion, l'espace est grandement sous-utilisé lors des premiers stades de croissance.

2.2.2 Protection incendie

Le risque d'incendie est un autre point à considérer lors de la conception d'un bâtiment (Agri-Réseau, 2001). D'abord, il est recommandé de laisser une certaine distance entre les bâtiments d'élevage. Il est important de noter qu'une distance supérieure à 10 m permet aussi de réduire les risques de transmission de maladie (Moreki 2015). De plus, en plaçant le système de chauffage dans un autre bâtiment, les risques de feu sont grandement diminués.

2.2.3 Isolation thermique

Les différentes résistances thermiques utilisées pour chaque partie du bâtiment d'élevage sont présentées au tableau 5.

Tableau 5 : Résistances thermiques pour un bâtiment de dindon (Agriculture Canada, 1991)

Résistances thermiques ($\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s} / \text{J}$)	
Plafond	5,3
Périmètre mur-plancher	1,8
Mur	3,5

Le plancher des bâtiments est habituellement en béton tandis que le mur et le plafond sont en contreplaqués ou en acier (Agri-Réseau, 2001).

2.3 Ventilation

2.3.2 Fonction du système de ventilation

Le système de ventilation utilisé pour l'élevage de dindons doit remplir plusieurs fonctions (Agri-Réseau, 2001) :

- Garder la litière sèche ;
- Empêcher la condensation dans le bâtiment ;
- Assurer un renouvellement d'air adéquat en fonction de l'âge et du poids de l'animal et de la température extérieure ;
- Prévenir les courants d'air ;
- Fournir de l'air frais à l'ensemble des oiseaux.

Pour ce qui est du troisième point concernant le renouvellement de l'air, cela veut dire que le système de ventilation doit être en mesure de travailler dans les plages minimales et maximales de ventilation. Le tableau 6 montre les paliers de ventilation habituellement utilisés. Le palier 1 représente le débit minimal d'hiver généré par certains petits ventilateurs qui fonctionnent en tout temps. Le palier 2 est un débit intermédiaire qui active certains autres petits ventilateurs lors des températures printanières et automnales. Ce dernier utilise aussi le débit d'air fourni par le premier palier, ce qui permet de doubler le débit par rapport au premier palier. Le palier 3 représente quant à lui le débit maximal d'été généré par de gros ventilateurs par temps chaud.

Tableau 6 : Besoins en ventilation pour un bâtiment de dindon (Agri-Réseau, 2001)

Palier	Débit de ventilation (pcm/pi ²)	Débit de ventilation (L/s/m ²)
1	0,5	2,54
2	0,5	2,54
3	4	20,32
Capacité totale	5	25,4

2.3.2 Système de ventilation traditionnel

Le système de ventilation qui est traditionnellement utilisé pour l'élevage de dindon est muni de ventilateurs transversaux avec des trappes d'air à l'extrémité opposée. À cela s'ajoutent plusieurs petits ventilateurs latéraux abrités par des hottes communes. Deux options sont utilisées en production : soit la ventilation par pression négative (très utilisée), soit la ventilation par pression positive (peu utilisée) (Agriculture Canada, 1991). La ventilation par pression négative utilise les ventilateurs transversaux pour faire sortir l'air qui entre par les trappes, tandis que la ventilation par pression positive utilise les ventilateurs pour faire entrer l'air et celle-ci ressort ensuite par les trappes. Un des avantages de la pression positive est qu'il est possible de filtrer l'air à l'entrée des ventilateurs, ce qui diminue le risque d'entrée de pathogènes dans la production. Par contre, certains points négatifs sont aussi à considérer. D'abord, la ventilation positive peut créer des courants d'air frais prêt des sorties de ventilateur et l'air peut aussi sortir par les fissures du bâtiment.

2.3.3 Type de système de ventilation

Plusieurs types de ventilation peuvent être considérés pour un poulailler (AQINAC, 2017). Parmi ces options, il y a la ventilation naturelle, la ventilation longitudinale, la ventilation hybride et la ventilation mécanique positive et négative qui ont été abordées dans la section précédente. En ce qui a trait à la ventilation naturelle, l'avantage principal est le faible coût de construction et d'utilisation. Par contre, il est important de vérifier que le bâtiment se trouve dans un emplacement où le vent est assez important pour respecter les débits minimaux. Ensuite, la ventilation tunnel comporte quant à elle un avantage important. En effet, le nombre de ventilateurs étant réduit, la consommation d'énergie est elle aussi réduite. Enfin, la ventilation hybride a comme avantage d'offrir la ventilation mécanique en plus de la ventilation naturelle.

Ainsi, le producteur peut choisir le système qui convient le mieux en fonction de la demande présente et ainsi réaliser des économies d'énergie. Les figures 2 et 3 présentent respectivement un bâtiment en ventilation longitudinale et transversale.

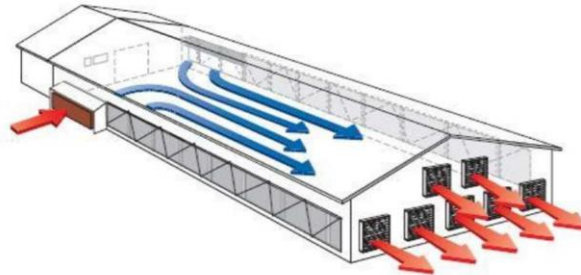


Figure 2 : Ventilation longitudinale (Kabore, 2014)

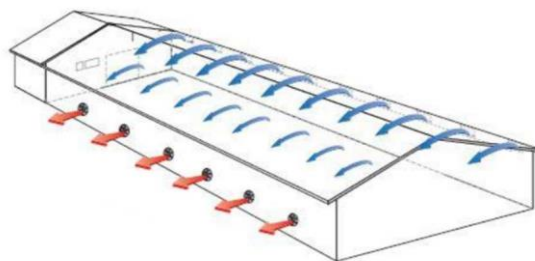


Figure 3 : Ventilation latérale (Kabore, 2014)

2.3.4 Valeurs critiques à respecter

Pour ce qui est de la concentration en dioxyde de carbone (CO_2), celle-ci ne devrait pas dépasser 6500 ppm (CNSAE, 2013). Donc, la valeur de 5000 ppm est à prioriser puisque cette dernière est la valeur recommandée pour la santé et la sécurité des travailleurs (INRS, 1999). Ensuite, la ventilation permet aussi de contrôler la température, l'humidité et les gaz nocifs pour les animaux (EQCMA, 2013). Les valeurs à respecter pour la température et les concentrations de gaz sont présentées aux tableaux 7 et 8. La plage de valeurs acceptable pour l'humidité relative se situe entre 50 et 75 %, avec un optimum entre 60 et 70 % (Agriculture Canada, 1991).

Tableau 7 : Température optimale en fonction de l'âge des dindons (EQCMA, 2013)

Âge (semaines)	Température (°C)
<1	30 à 33
2	27 à 29
3	26 à 28
4	24 à 26
5 à 8	18 à 23
9 à 15	16 à 18
>15	13 à 15

Tableau 8 : Concentration maximale pour différents gaz dans les bâtiments d'élevage de dindons (EQCMA, 2013)

Gaz	Concentration (ppm)
Ammoniac (NH ₃)	25
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S)	10
Monoxyde de carbone (CO)	35

Si les valeurs présentées ne sont pas respectées, plusieurs problèmes peuvent survenir (EQCMA, 2013). Une température en dehors de la plage normale entraîne un retard de croissance. Une concentration de gaz trop élevée crée un stress chez l'animal, qui peut mener jusqu'à la mort si elle surpasse un seuil critique pendant une période prolongée. Une humidité relative trop basse augmente la quantité de poussières provenant de la litière dans l'air, ce qui nuit au système respiratoire de l'animal. Une humidité relative trop élevée, à l'inverse, favorise le développement de bactéries et augmente la production de gaz nocif. De plus, cela augmente l'humidité de la litière et peut créer des lésions au niveau des pattes des oiseaux. Pour maintenir des conditions acceptables, celle-ci doit se retrouver entre 50 et 70 % (CNSAE, 2016).

Les valeurs à respecter pour la pression statique sont quant à elle présentées au tableau suivant.

Tableau 9 : Pression statique cible dans le bâtiment (AQINAC, 2014)

Saison	Vitesse d'air (m/s)	Pression statique cible (po d'eau)
Hiver	6	0,08 à 0,10
Été	3	0,03 à 0,04

Finalement, le bâtiment doit être muni d'un système connexe de ventilation naturelle ou d'une génératrice pour le système en place pour assurer le confort des animaux même en cas de panne (EQCMA, 2013).

2.4 Chauffage

La température ambiante du bâtiment doit pouvoir être modulée selon le stade de croissance du dindon (tableau 7). Selon la période de l'année, l'air du bâtiment doit être chauffé afin d'atteindre les températures intérieures recommandées. Pour ce faire, différents systèmes de chauffage sont utilisés dans les poulaillers (Service de Plans Canada, 1982). Auparavant, les producteurs utilisaient des lampes thermiques ou des éleveuses au mazout, au gaz, au bois et même au charbon (Agriculture Canada, 1991) (figure 4). Ces systèmes ont été délaissés pour des systèmes centraux à eau chaude qui circule dans le bâtiment grâce à une série de conduites. Les chaudières utilisées afin de chauffer l'eau sont normalement alimentées au mazout ou au propane. Cependant, depuis quelques années, des producteurs ont fait le saut vers des systèmes à la biomasse (La Terre de Chez Nous, 2014). L'utilisation de la biomasse permet de diminuer l'empreinte écologique de la ferme puisque celle-ci est considérée comme carboneutre (Dion, 2013). Malgré le coût élevé pour l'achat, le prix du combustible est assez faible.



Figure 4 : Éleveuse au propane (Avipor, 2018)

2.5 Abreuvoirs et mangeoires

L'eau est l'aliment qui est le plus consommé par la volaille ; il s'agit donc d'un élément important à considérer lors de la conception d'un bâtiment (ITAVI, 2014). Il existe différents types d'abreuvoirs dans le milieu avicole, tels les abreuvoirs à cloches, à pipettes ou à godets. Afin que chaque animal ait accès à l'eau, il est recommandé d'avoir un abreuvoir pour 100 têtes,

et ce jusqu'à ce qu'elles aient atteint l'âge de 5 semaines. À 6 semaines, le nombre de têtes par abreuvoir est augmenté, passant de 100 à 120 (ENVV, 2009). Les abreuvoirs doivent cependant être dispersés dans le poulailler de façon à permettre un accès facile aux oiseaux (Agriculture Canada, 1991).

Tout comme pour les abreuvoirs, il existe différents modèles de mangeoires : certaines manuelles et d'autres entièrement automatiques (Agriculture Canada, 1991). Peu importe le système utilisé, il est important d'avoir assez d'espace aux mangeoires pour l'ensemble du lot (tableau 4). Le tableau 9 présente les lignes directrices de base pour l'accès à l'eau et la nourriture. Cependant, si des données des fabricants sont disponibles, ces dernières doivent être consultées. Les figures 5 et 6 présentent le type d'abreuvoir et de mangeoire les plus populaires.

Tableau 10 : Lignes directrices pour l'accès à l'eau et à la nourriture

Eau	
Auges ^a	Minimum 2,5 à 3,2 cm par oiseau
Abreuvoirs en cloche/couppelles	Minimum 1 par 100 oiseaux ^b
Nourriture	
Mangeoires à plateau	Maximum 60 à 75 oiseaux par plateau
Mangeoires à trémie ^a	2,5 à 3,2 cm par oiseau ^b

^a L'espace du périmètre pour les mangeoires et abreuvoirs ronds peut être calculé en multipliant l'espace linéaire par 0,8.

^b Suppose que les deux côtés de la trémie sont accessibles aux oiseaux.



Figure 5 : Abreuvoir en cloche (Agri Expo, 2018)



Figure 6 : Mangeoire à trémie (Big Dutchman, 2018)

2.6 Éclairage

Les oiseaux ont besoin d'une quantité et d'une qualité de lumière précise pour croître et vivre harmonieusement (EQCMA, 2013). En effet, les programmes d'éclairage sont essentiels au bon rendement des troupeaux de dindons (Les Éleveurs de dindon du Canada, 2010). Le gérant de ferme fixe lui-même la durée de la période d'obscurité propre à la ferme, pour chaque tranche de 24 heures, en fonction des circonstances et de l'expérience. Dans un jeune élevage, il est préférable de simuler des jours longs, c'est-à-dire entre 20 et 22 heures de lumière à forte intensité, afin de permettre aux jeunes dindons de trouver l'eau et la nourriture facilement (EQCMA, 2013). De plus, cela facilite l'inspection du troupeau dans le cadre de la gestion quotidienne de celui-ci (Les Éleveurs de dindon du Canada, 2010). Du côté des oiseaux en période de finition, il est recommandé d'avoir au moins 14 heures d'éclairage d'intensité moyenne (EQCMA, 2013). Il est recommandé de prévoir une période d'obscurité d'au moins une heure à partir de l'âge de quatre jours jusqu'à la fin de la période de finition (Les Éleveurs de dindon du Canada, 2010). Les intensités lumineuses et les périodes recommandées sont présentées aux tableaux 10 et 11.

Tableau 11 : Intensité lumineuse selon le stade de croissance du dindon (Les Éleveurs de dindon du Canada, 2010)

Stade de croissance	Intensité lumineuse recommandée (lux)
Trois premiers jours en poulailler	50
Après les trois premiers jours en poulailler	25-50
Période de finition	10-30

Tableau 12 : Période d'éclairage selon le stade de croissance (EQCMA, 2013)

	0-2 jours	2-14 jours	15-42 jours	> 42 jours
Éclairage (h)	23	18-20	16-18	14-16
Obscurité (h)	1	4-6	6-8	8-10
Intensité (lux)	60	60	20	10-20

Les intensités lumineuses indiquées aux tableaux 10 et 11 ne sont que des règles de bonnes pratiques (Les éleveurs de dindon du Canada, 2010). Si l'intensité lumineuse est inférieure à ces recommandations, ce sont les contrôles visuels (intensité lumineuse suffisante pour trouver aliments et eau, éclairage avec un minimum d'ombre, lampes propres, ampoules et lampes en état de marche pour fournir l'éclairage voulu et un éclairage de jour permettant d'inspecter visuellement les dindons) et le comportement des oiseaux qu'il faut analyser afin de vérifier si l'éclairage est suffisant.

Le comportement des oiseaux peut varier selon l'intensité lumineuse. Par exemple, lorsque l'intensité lumineuse est trop forte, cela peut se traduire par du piquage ou d'autres comportements nerveux. À l'opposé, si l'intensité lumineuse est trop faible, il peut s'en suivre une diminution importante de l'alimentation et de la croissance et un indice de consommation insuffisant. Les mesures de contrôle sont nombreuses. D'abord, l'intensité lumineuse minimale pour les trois premiers jours en poulailler doit être suffisante pour que les oiseaux trouvent les aliments et l'eau. Après les trois premiers jours, l'intensité lumineuse doit être suffisante pour permettre aux oiseaux de mener des activités normales (consommation d'aliments et d'eau suffisante). De plus, il faut prévoir une période d'obscurité toutes les 24 heures de l'âge de quatre jours jusqu'à la finition. Un luxmètre est utilisé afin de mesurer l'intensité lumineuse dans le bâtiment.

2.7 Gestion des effluents

Le rôle de la litière est principalement d'assurer le confort des animaux par l'isolation thermique, l'absorption de l'humidité et la prévention des pathologies. De plus, elle intervient sur le comportement et les performances des animaux, la qualité de l'air et le travail de l'éleveur (Synagri, 2012).

La litière utilisée pour l'élevage de dindon est une litière végétale composée de paille, de copeaux ou un mélange des deux. Au cours d'un élevage, le fumier s'accumule dans le bâtiment. C'est à la

fin de la période de finition que le fumier est évacué avant d’être entreposé soit dans un ouvrage de stockage, soit directement au champ. Généralement, le fumier est utilisé sans transformation, que ce soit sur l’exploitation ou chez un tiers selon un plan d’épandage. Dans le cas d’exportation des fumiers, le fumier est parfois composté. On procède alors par retournement mécanique, aération forcée et, depuis peu, par utilisation de complexes de microorganismes (ITAVI, 2014). Les recommandations pour la quantité de litière à épandre au début et pendant la durée totale de l’élevage sont données au tableau 12.

Tableau 13 : Recommandations pour la quantité de litière à épandre (ENVT, 2009)

Type de litière	Démarrage (kg/m ²)		Élevage (kg/m ²)	
	Paille	Copeaux	Paille	Copeaux
Paille hachée	8	0	10-11	0
Paille hachée puis copeaux	8	0	0	2-5
Paille hachée + copeaux	5	5	0	2-5
Copeaux	0	7-8	0	2-5

2.8 Gestion d'élevage

Le marché du dindon est divisé en fonction du poids de ces derniers (Caron Simard, 2017). Le mâle est utilisé afin de produire du dindon lourd de plus de 10,8 kg. La femelle est utilisée afin de faire du dindon léger de moins de 6,2 kg. Le dindon lourd prend entre 17 et 20 semaines afin d'atteindre le poids désiré. Ce dernier est normalement transformé avant d'être mis en marché. Le dindon léger demande une croissance qui varie entre 10 et 12 semaines afin d'atteindre le poids de mise en marché. Ce dindon est normalement vendu entier. Le nombre de cycles de production par année dépend du poids à terme. Un dindon lourd permet de faire 2,5 cycles par années et un peu plus de 4 cycles pour le dindon léger. La figure 7 présente les courbes de croissances des dindons (mâle) et des dindes (femelle). Il est possible de voir que le poids de 18 kg est atteint après 120 jours pour le dindon et que le poids de 5 kg pour la dinde est atteint après 60 jours.

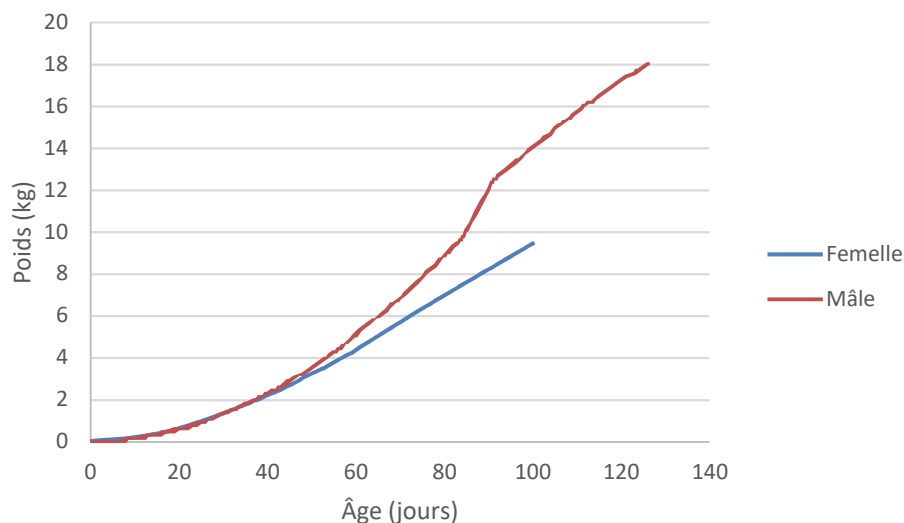


Figure 7 : Croissance du dindon en fonction du sexe (New-Life-Mills, 2016)

Pour ce qui de la consommation d'eau des dindons en fonction de leur âge, celle-ci est présentée au tableau suivant.

Tableau 14 : Consommation d'eau pour différents stades de croissance (MAAARO, 2015)

Âge des dindons (semaines)	Quantité d'eau requise (L/1000 oiseaux/jour)	
	10-21 °C	27-35°C
1-7	38-327	38-448
8-14	403-737	508-1063
15-21	747-795	1077-1139

2.9 Biosécurité

Différentes maladies infectieuses ou bactériennes comme la *Mycoplasma gallisepticum* menacent la production avicole (EQCMA, 2018). Les volailles ne font pas exception aux autres productions et sont à risque de développer des maladies, ce qui peut entraîner d'importantes pertes. Ces maladies peuvent être transmises par la vermine, la litière et même par l'homme (MAAARO, 2016). Il est donc important que chaque ferme soit dotée d'un programme de biosécurité efficace. Ce programme doit être basé sur deux concepts importants : l'exclusion ainsi que le confinement. L'exclusion vise à garder toute maladie à l'extérieur du bâtiment, alors que le confinement vise à empêcher la maladie préalablement introduite par un lot d'atteindre d'autres lots. Le MAAARO propose d'atteindre ce but à l'aide de trois composantes : la gestion de l'accès, la gestion de la

santé des oiseaux ainsi que la gestion de l'exploitation. La gestion de l'accès est le point le plus important afin de limiter les contacts entre l'élevage et les contaminants possibles. Cette dernière vise à délimiter des zones d'accès contrôlé, des zones d'accès restreintes ainsi que des zones de transition entre ces dernières. Les zones de transition doivent être équipées d'équipement de protection individuelle et de désinfectant. Un système d'entrée danoise permet de laisser tout matériel provenant de l'extérieur de l'élevage dans une pièce qui n'est pas en contact avec les animaux et, donc, de garder tout risque de contamination à l'extérieur de lots en production.

2.10 Matériaux de construction

À la suite des différentes visites, les compositions types pour les murs, le plafond et la fondation ont été déterminées. Celles-ci sont présentées respectivement aux tableaux 15 à 17.

Tableau 15 : Composition type d'un mur

Murs
1. Contreplaqué
2. Lattes
3. Pare-vapeur
4. Montant et laine minérale
5. Contreplaqué
6. Papier pare-intempérie
7. Lattes
8. Tôle

Tableau 16 : Composition type du plafond

Plafond
1. Contreplaqué
2. Lattes
3. Pare-Vapeur
4. Laine minérale et fermes
5. Lattes
6. Tôle

Tableau 17 : Composition type d'une fondation

Fondation
1. Muret béton
2. Polystyrène expansé
3. Plaque de béton (durock) (12.7 mm)

2.11 Technologies du marché

Présentement, quelques technologies sont utilisées dans les poulaillers. Le robot Octopus est une des technologies qui peut être utilisée dans les bâtiments de volaille. Ce dernier permet de brasser, d'ameubler et d'aérer la litière (Entraid, 2017). Ce robot est équipé de caméras ainsi que de capteurs qui lui permettent de se diriger dans le bâtiment. Il est capable de traiter 250 m²/h. Ce robot permet aussi de prendre des mesures de température, de luminosité, d'humidité, de concentration en ammoniac (NH₃) et en dioxyde de carbone (CO₂) (TECH Élevage, 2017). Le principal inconvénient est bien sur le coût d'achat. Par contre, en plus de l'ensemble des données recueillies, celui-ci permet de conserver une meilleure qualité de litière. Le robot est présenté à la figure 8.



Figure 8 : Robot Octopus (Octopus Robots, 2018)

D'autres technologies pourraient être ajoutées au poulailler pour que ce dernier ait une empreinte écologique moindre. Par exemple, en Alberta, un poulailler utilise des panneaux solaires ainsi qu'un ventilateur de récupération de chaleur (Les Producteurs d'œufs du Canada, 2016). Les panneaux solaires produisent de l'électricité qui permet d'alimenter différents équipements du bâtiment comme les ventilateurs. Par contre, ceux-ci comportent certains inconvénients. D'abord, le coût d'achat et d'installation est assez élevé. De plus, la présence de neige en hiver peut représenter un problème. Un bâtiment muni de panneaux solaire est présenté à la figure suivante.



Figure 9: Bâtiment muni de panneaux solaires (PaysanBreton, 2017)

Le ventilateur de récupération de chaleur est un outil qui permet aussi de réduire les coûts énergétiques (Agri-Réseau, 2011). Le principe de ce ventilateur est de préchauffer l'air provenant de l'extérieur à l'aide de l'air expulsé du bâtiment (figure 10). Une fois l'air provenant de l'extérieur préchauffé, la différence de température entre cet air et la température intérieure en est diminuée. Une telle diminution permet d'économiser de l'énergie pour chauffer l'air extérieur jusqu'à la température intérieure désirée. De plus, il est possible de produire un mouvement d'air plus intéressant avec un échangeur de chaleur qu'avec un système de ventilation standard. En effet, le profil créé par l'échangeur de chaleur couvre davantage l'ensemble du bâtiment. Les deux profils sont présentés aux figures 11 et 12.



Figure 10 : Réchauffement de l'air dans un échangeur de chaleur (ESA, 2018)

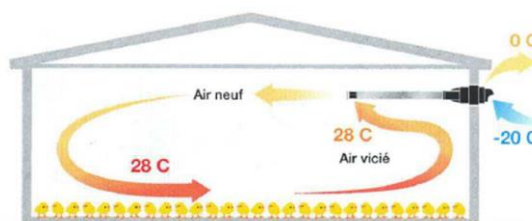


Figure 11 : Mouvement d'air dans un bâtiment utilisant un échangeur de chaleur (ESA, 2018)

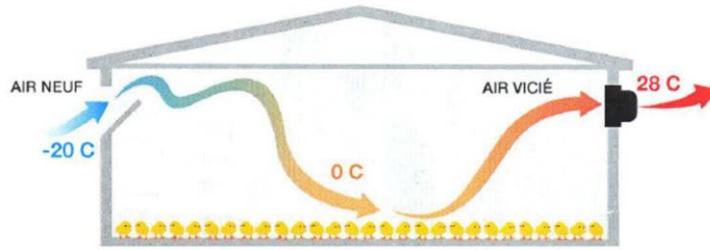


Figure 12 : Mouvement d'air dans un bâtiment utilisant un ventilateur (ESA, 2018)

L'énergie du sol est une source stable qui permet de réchauffer l'air en saison hivernale et de refroidir l'air en saison estivale (Inno, 2018). Une pompe permet de faire circuler l'eau dans un système de canalisation souterrain et de diriger l'eau à une température constante de 6 °C dans un échangeur de chaleur (Fournel, 2018). Ce système permet, lorsque les échangeurs de chaleur sont disposés devant les ventilateurs, de préchauffer l'air extérieur lorsque cette dernière est inférieure à 6 °C. Le préchauffage de l'air permet ainsi de réduire le besoin en chauffage du bâtiment. À l'inverse, lorsque la température extérieure est supérieure à 6 °C, les échangeurs permettent de refroidir l'air qui sera introduite à l'intérieur du bâtiment. Ce refroidissement de l'air permet ainsi de diminuer les débits de ventilation lorsque la température est le paramètre le plus contraignant. Par contre, cette technologie comporte aussi des désavantages. Cela comporte les coûts d'installation, les coûts d'entretien et la grande surface nécessaire pour le bon fonctionnement du dispositif. Une représentation de la géothermie horizontale est présentée à la figure suivante.

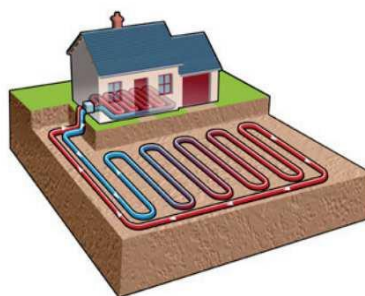


Figure 13 : Géothermie horizontale (ALGC, 2018)

L'énergie solaire peut aussi être utilisée afin de préchauffer l'air qui sera admise dans le bâtiment. Le mur solaire permet une augmentation de 5 °C entre l'air extérieur et l'air derrière le mur solaire en saison hivernale (RREAL, 2014). Ce préchauffage permet de réduire les frais de chauffage en augmentant la température d'entrée dans le bâtiment. Par contre, ceux-ci

représentent un certain coût et imposent une certaine contrainte au niveau de l'entrée de l'air dans le bâtiment. Ces murs sont présentés à la figure 14.



Figure 14 : Mur solaire

Lors de discussion avec les producteurs, une des technologies qui pourraient permettre de réduire la main d'œuvre lors des chargements et de réduire la charge de travail lors des vidanges de litière est un convoyeur. Ce convoyeur positionné sur le côté long du bâtiment permettrait de diriger le fumier de poule à l'extérieur du bâtiment. Ce même convoyeur permettrait aussi de diriger à l'aide de panneau amovible les dindons vers les camions de chargement qui se trouvent au bout du bâtiment. Ce convoyeur permettrait ainsi de diminuer les étapes de manutention des déjections et de réduire la quantité de main d'œuvre nécessaire lors des embarquements de dindons. Par contre, celui-ci nécessite certain investissement, un bon entretien et entraîne une diminution de l'espace d'élevage.

3. Feuille technique

3.1 Problématique

Pour concevoir un nouveau bâtiment destiné à l'élevage de dindon, il est d'abord primordial de bien connaître les normes de production. Puisque le but du présent rapport est de concevoir le bâtiment qui sera encore la référence dans 20 ans, les normes actuellement utilisées, et qui datent déjà de quelques années, doivent être revues.

3.2 Méthodologie

3.2.1 Recherche des connaissances actuelles

Comme le montre l'annexe 1 une grande partie du temps de l'équipe a été consacrée à la recherche de documentation et à la rédaction de la revue de littérature. Cela a permis de

déterminer les différentes normes et pratiques actuellement utilisées pour la production de dindon. La revue de littérature est présentée à la section 2 du présent document.

3.2.2 Visites de ferme

Trois visites de ferme ont été réalisées. Le but de ces visites était de comprendre davantage le fonctionnement de l'élevage et d'avoir le pouls des producteurs. Ainsi, ceux-ci ont pu faire part à l'équipe de leur impression face aux normes actuelles, des points qu'ils aimeraient améliorer dans leur bâtiment, en plus des nouvelles tendances qui se dessinent. Enfin, lors des visites chez les différents producteurs, les questions présentées à l'annexe 2 leur étaient posées.

3.2.3 Compilation des données recueillies

À la suite des différentes visites, l'équipe a compilé les données recueillies chez les producteurs, en plus des différentes données présentes dans la littérature. L'ensemble de ces données a permis de réaliser le feuillet technique.

3.2.4 Validation du feuillet technique

Avant la remise finale, le feuillet technique a été revu par deux professeurs de l'Université Laval. En effet, le professeur Sébastien Fournel, spécialisé en bâtiments agricoles, et le professeur Michel Lefrançois, spécialisé en production avicole, ont approuvé le feuillet technique.

3.3 Résultats

À l'aide des trois visites réalisées par l'équipe et de l'ensemble des données recueillies dans la revue de littérature, un feuillet technique a été produit. Celui-ci est divisé en cinq sous-sections. Ces sections sont les données agronomiques pour le dindon lourd et le dindon léger, les équipements à prioriser, les différents points concernant la gestion du troupeau et les données concernant le bâtiment d'élevage. Le feuillet est présenté au tableau 18.

Tableau 18 : Feuille technique

Données agronomiques (dindon léger)	
Durée d'élevage	65 jours
Poids moyen à l'abatage	5 kg
Courbes de croissance	Figure 7
Densité	40 kg/m ²
Nombre de cycles par année	11
Données agronomiques (dindon lourd)	
Durée d'élevage	119 jours
Poids moyen à l'abatage	18 kg
Courbes de croissance	Figure 7
Densité	50 kg/m ²
Nombre de cycles par année	6
Équipements	
Type de mangeoire	Trémie sur soigneur
Type d'abreuvoir	Cloche
Gestion du troupeau	
Nombre d'oiseaux par mangeoire	30
Nombre d'oiseaux par abreuvoir	50
Type de régie	Tout plein-tout vide par chambre
Biosécurité	Couvre-tout avec couvre-bottes, désinfectant à l'entrée, entrée danoise et espace d'observation
Type de paillage	Copeaux de bois
Fréquence d'écurage	Après chaque cycle
Intensité lumineuse	L'intensité lumineuse doit pouvoir varier entre 10 et 60 lux au minimum
Température intérieure	Tableau 7
Concentration en CO ₂	5000 ppm
Humidité relative optimale	60-70%
Humidité relative acceptable	50-75%
Bâtiment	
Capacité de ventilation minimale	0,03 m ³ /min/kg
Types de système de ventilation	Tunnel et latérale
Vitesse maximale de l'air	2,5 m/s
Type de système de chauffage	Système centralisé
Isolation minimale des murs (RSI)	3,5
Isolation minimale du plafond (m ² *K*s/J)	5,3
Hauteur minimale des murs	3 m
Revêtement des murs	Contreplaqué
Composition du plancher	Béton

3.4 Analyse des résultats

Toutes les données utilisées pour la réalisation du feuillet technique sont présentées à l'annexe 3. Il est en effet possible de remarquer les données provenant de la littérature et celles provenant des visites de ferme.

3.4.1 Données agronomiques

D'abord, en ce qui a trait au poids des animaux, l'équipe s'est davantage basée sur les données des producteurs que celle de la littérature. Cela s'explique par le fait que c'est l'industrie qui décide du poids des oiseaux. Donc, afin de répondre au besoin de l'industrie et du consommateur, le poids cible des oiseaux a été fixé à 18 kg pour le dindon lourd et 5 kg pour le léger.

Pour ce qui est de la densité des animaux, celle utilisée par les producteurs était sensiblement la même que celle retrouvée dans la littérature. Ainsi, les valeurs utilisées sont les mêmes que dans la littérature.

Pour la durée d'élevage, celle-ci dépend grandement du poids visé pour les oiseaux. En effet, plus un oiseau est lourd, plus le temps de production sera long. Puisque les données de poids utilisé dans le feuillet technique sont celles des producteurs, le nombre de jours pour atteindre ce poids est aussi basé sur les données des producteurs. Donc, cela représente bien la réalité en ce qui a trait au temps réellement nécessaire pour atteindre la bonne grosseur d'oiseaux.

Enfin, pour le nombre de cycles par année, cela dépend du type de gestion qui est utilisé. Le type présenté dans la littérature est celui en tout plein-tout vide. Par contre, lors des visites, les producteurs utilisaient le tout plein-tout vide, mais avec un bâtiment divisé en deux chambres distinctes. D'un côté, il y avait les plus jeunes et de l'autre, les plus âgés. Donc, dans le cas de dindons lourds, par exemple, au lieu qu'ils passent 16 semaines dans une chambre, ils passent huit semaines dans la première chambre, puis huit semaines dans la deuxième chambre. Cette technique permet donc de doubler le nombre de cycle de production possible dans une année. Cette technique a donc été choisie pour déterminer le nombre de cycles possible par année.

3.4.2 Équipement

Pour ce qui est des mangeoires et des abreuvoirs, les trémies sur soigneur et les cloches ont respectivement été choisies. Un des premiers facteurs qui a été considéré pour le choix de ces équipements est leur popularité. En effet, ces types d'équipement semblent être davantage

utilisés. De plus, dans le cas des mangeoires, celles-ci sont plus faciles à automatiser si les trémies sont utilisées plutôt que les plateaux. Enfin, pour les abreuvoirs, une grande quantité d'eau stagnante est en contact avec l'environnement quand les auges sont utilisées. Cela peut augmenter l'humidité dans le bâtiment, en plus du risque d'une diminution de la qualité de l'eau si celle-ci n'est pas renouvelée régulièrement.

3.4.3 Gestion du troupeau

D'abord, le nombre d'oiseaux par mangeoire et par abreuvoir observé chez les producteurs est assez faible comparativement à ce que l'on retrouve dans la littérature. Cependant, les valeurs choisies sont légèrement moins conservatrices que les valeurs utilisées par les producteurs. Le nombre d'abreuvoirs et de mangeoires aurait pu être plus faible, mais puisque le coût des équipements n'est pas important par rapport aux autres coûts et que leur durabilité est bonne, un nombre plus élevé de mangeoires et d'abreuvoirs a été sélectionné. Ainsi, les besoins de l'animal sont amplement comblés et l'impact sur la rentabilité de l'entreprise n'est pas vraiment affectée.

Ensuite, comme il a été expliqué dans la section 4.3.1, le mode tout plein-tout vide par chambre a été sélectionné puisqu'il permet d'augmenter le nombre de cycles qu'il est possible de réaliser dans une même année.

En ce qui a trait à la biosécurité, celle-ci ne semble pas encore être la priorité numéro un des éleveurs. Par contre, celle-ci risque d'être de plus en plus importante dans le futur. Donc, l'équipe propose une entrée danoise pour le bâtiment. De plus, les personnes qui entrent dans le bâtiment doivent porter un couvre-tout. Des couvre-bottes doivent aussi être utilisés à moins que des bottes spécifiques à une chambre soient utilisées. Dans ce cas, ces bottes ne devraient être utilisées nulle part ailleurs. Enfin, du désinfectant pour les mains doit être utilisé avant d'entrer et après être sorti de la chambre ou du bâtiment. Enfin, un poste d'observation pourrait même être mis en place afin de permettre au différent visiteur de voir l'intérieur du bâtiment sans avoir à y entrer.

Pour le type de litière, la paille et les copeaux de bois sont les options principales. L'avantage des copeaux de bois est leur grand pouvoir absorbant et leur faible coût (Valacta, 2016; IRDA, 2017). Pour ces deux raisons, l'utilisation des copeaux de bois est à préconiser.

Afin d'éviter tout risque de maladie, l'écurage des chambres se fait après chaque cycle. De plus, puisque les cycles sont réduits de moitié, la litière est renouvelée plus souvent. Donc, cela peut

être un avantage considérant l'élimination des antibiotiques dans le futur. En effet, puisque la litière est renouvelée plus souvent, les risques de maladie seront réduits. Par contre, la litière doit tout de même être soumise à une bonne gestion afin d'en assurer la qualité. Il y a tout de même un désavantage. Puisque la litière est renouvelée plus souvent, cela augmente les coûts liés à celle-ci.

Pour ce qui est de la gestion de l'intensité lumineuse et de la température, il y avait peu de différence entre la littérature et les producteurs. L'important est que dans les deux cas, le système utilisé puisse couvrir toute la plage qui est mentionnée dans le feuillet. De plus, pour les lumières, les ampoules DEL semblent de plus en plus utilisées en raison de leur faible consommation énergétique.

3.4.4 Bâtiment

Pour commencer, tout bâtiment de dindon doit être muni d'un minimum de ventilation. Puisque les données de la littérature et celles des producteurs sont sensiblement les mêmes, la même valeur a été utilisée. Cette valeur devrait donc être un minimum pour le bâtiment.

Pour le type de ventilation, celle-ci peut être transversale ou longitudinale. Dans le cas de la chambre où les plus jeunes dindons sont logés, la ventilation latérale est préférable afin de limiter la vitesse de l'air. Pour l'autre chambre, une combinaison de ventilation latérale (utilisée en hiver) et de ventilation tunnel (utilisée en été) peut être réalisée.

Pour ce qui est de la vitesse maximale de l'air dans le bâtiment, celle-ci ne devrait pas excéder 3 m/s. La littérature montre que cette vitesse peut aller jusqu'à 6 m/s, mais les producteurs visent davantage 2,5 m/s. Pour cela, 2,5 m/s semble plus réaliste dans les bâtiments.

Au niveau du chauffage, les éleveuses au propane sont encore utilisées en majorité dans les bâtiments de dindon. Cependant, ces systèmes sont moins efficaces que les systèmes centralisés. Pour cette raison, un système de chauffage centralisé serait à prioriser même si le coût d'achat au départ est plus élevé. Le combustible utilisé sera déterminé plus tard entre la biomasse, l'énergie fossile ou l'électricité.

Pour ce qui est de l'isolation, les valeurs minimales à respecter sont de 3,5 et de 5,3 RSI pour les murs et le plafond, respectivement. Plus la valeur est grande, plus le bâtiment sera isolé et donc, plus les besoins en chauffage seront faibles.

La hauteur des murs a quant à elle été fixée à 3 m. Cela facilite le passage de la machinerie lors de l'écurage des chambres. De plus, cela procure un plus grand volume d'air dans le bâtiment, ce qui facilite le contrôle de la température.

Finalement, le revêtement des murs est habituellement du contreplaqué et le plancher est en béton.

4. Analyse économique

Afin d'évaluer les différentes technologies qui ont été retenues par l'équipe à l'automne, une analyse économique a été réalisée. Le but était de déterminer s'il serait économiquement viable d'intégrer ces différentes technologies au bâtiment. Des données météo ont dû être utilisées afin de vérifier les économies qui pourraient être obtenues à l'aide de ces technologies. Les données météorologiques de la région de Québec ont été choisies puisque le CRSAD est situé à Deschambault, non loin de Québec.

4.1 Échangeur de chaleur

L'échangeur de chaleur évalué pour le projet est un produit provenant de la compagnie ESA. Pour réaliser l'analyse, les données climatiques de l'année 2018 pour la région de Québec ont été recueillies. Par la suite, la rentabilité a été évaluée. Le tableau suivant présente les différentes données utilisées pour réaliser l'analyse.

Tableau 19: Économie de chauffage pour l'échangeur de chaleur ESA (Météo Média, 2019)

Température extérieure (°C)	-30	-25	-20	-15	-10
Température entrée d'air (°C)	0	0	0	0	0
Nombre de jour dans la zone (j)	0	0	5	7	19
Économie Québec (kW)	0	0	144,32	127,27	159,61

La température d'entrée d'air dans le bâtiment représente la température de l'air à la sortie de l'échangeur de chaleur. En d'autres mots, c'est la température de l'air qui entre dans le bâtiment. Ensuite, le nombre de jours dans la zone représente le nombre de jours dans l'année où la température se situait entre les deux valeurs. Par exemple, en 2018, la température moyenne se situait entre -10 et -15 pendant 19 jours (Météo Média, 2019). Il est ainsi possible à l'aide du bilan de chaleur de l'élevage de déterminer la température de début de chauffage. Puisque les volailles dégagent de la chaleur, il n'est pas nécessaire de chauffer le bâtiment dès que la

température extérieure se trouve sous la température de contrôle. Par la suite, il a été possible de calculer la quantité de kW économiser. Pour un coût du propane de 0.9 \$/L et un pouvoir calorifique de 25,48 MJ/L, cela représente une économie de 1315 \$ par année (Rainville, 2019) (RNC, 2019). Par contre, malgré les économies d'énergie, le coût de l'échangeur de chaleur est beaucoup plus élevé que le coût d'un ventilateur offrant le même débit de ventilation. En effet, le coût d'un échangeur de chaleur est d'environ 6600 \$ par rapport à un coût de 1000 \$ pour un ventilateur 12". De plus, pour combler les besoins minimaux en hivers, 10 échangeurs de chaleur seraient nécessaires par rapport à 7 ventilateurs 12". En prenant tous ces facteurs en considération, le retour sur investissement serait extrêmement long. Pour cette raison, l'équipe a décidé de ne pas intégrer cette technologie dans le bâtiment.

4.2 Mur solaire

En suivant le même principe que celui présenté plus haut pour l'échangeur de chaleur, il a été possible d'évaluer la rentabilité des murs solaires. Par contre, contrairement aux échangeurs de chaleur, les murs permettent une augmentation de 5 °C au niveau de la température entrante par rapport à la température extérieure (RREAL, 2014). En considérant cette augmentation en plus des données météo et du prix du propane (voir section 4.1), il est possible de calculer les économies pour la région de Québec. Ces économies sont de 438 \$ et 668 \$ pour l'engraissement et la pouponnière respectivement. Avec le coût des murs solaire par rapport à un recouvrement de tôle standard, il est possible d'évaluer la rentabilité de la technologie. Pour ce qui est de l'engraissement, la technologie serait rentable après 23 ans. Pour la pouponnière, la rentabilité est atteinte après 3 ans. Cet écart s'explique principalement par le fait que la surface à recouvrir pour la section engraissement est beaucoup plus grande, ce qui augmente les coûts. De plus, l'économie en chauffage est moins élevée dans la section engraissement par rapport à la section pouponnière. Par contre, dans le cas de l'utilisation d'un système de chauffage à la biomasse, la période de retour sur investissement est de 7 ans pour la pouponnière. Puisque la vie utile des murs solaires est de plus de 20 ans, ceux-ci seront installés uniquement pour les deux sections de la pouponnière du bâtiment.

4.3 Géothermie

La géothermie est une technologie verte qui utilise la température du sol pour réchauffer ou refroidir un bâtiment selon la saison (AFPG, 2014). Dans le cas du présent projet, seule la géothermie horizontale est évaluée. Un des principaux avantages par rapport à la géothermie

verticale est le faible coût d'installation. Cependant, certains préalables sont nécessaires en ce qui a trait à l'installation. En effet, le terrain doit être le plus plat possible et ne pas être trop rocheux. Dans le cas contraire, les coûts d'installation augmentent en raison de la complexité des travaux. Un des principaux avantages de cette technologie est qu'elle nécessite très peu d'entretien. De plus, la durée de vie du système est d'environ 50 ans (Hydro Québec, 2019). La géothermie horizontale comporte aussi son lot de désavantages (AFPG, 2014). D'abord, la surface nécessaire pour l'installation des tuyaux doit être au moins deux fois supérieure à la surface que l'on désire chauffer. Par exemple, dans le présent projet, 2260 m² de bâtiment doivent être chauffés en considérant les deux étages. Ainsi, une surface de terrain supplémentaire de 4520 m² est nécessaire pour l'installation des tuyaux, soit l'équivalent de près d'un demi-hectare. En effet, les tuyaux ne peuvent pas être disposés sous le bâtiment puisque cela compliquerait grandement les choses en cas de bris. Ensuite, la profondeur du gel dans la région de Québec est d'environ 5' (APCHQ, 2019). Donc, les tuyaux devraient être enfouis à environ deux mètres de profondeur pour éviter la zone de gel. En ce qui a trait aux coûts d'installation, ils sont évalués à 100 \$/m² de bâtiment chauffés dans des conditions idéales (AFPG, 2014). Donc, dans le cas du bâtiment présenté dans ce projet, le coût minimal serait d'environ 260 000 \$. En raison du coût d'investissement très élevé et du besoin d'espace très grand pour l'installation, l'équipe a décidé de ne pas intégrer cette technologie dans le bâtiment.

4.4 Convoyeur

L'ajout d'un convoyeur peut être très intéressant dans un bâtiment de dindon. Celui-ci a pour principale fonction de faire entrer les dindons en début d'élevage et les sortir du bâtiment à la fin du lot. Ainsi, les attrapeurs n'ont plus besoin de pourchasser les animaux dans le but de les attraper. Ils doivent simplement les diriger sur le convoyeur qui les mène directement dans le camion. De plus, ce système peut aussi être utilisé pour évacuer la litière souillée en fin d'élevage. Le cas échéant, la litière serait dirigée directement dans une remorque qui pourrait ensuite en disposer dans un endroit adéquat.

Dans le but d'évaluer la rentabilité pour ce type d'équipement, le coût du convoyeur ainsi que les économies de main-d'œuvre ont été pris en compte. Le coût pour un convoyeur à courroie serait d'environ 105 \$/pied pour la partie engraissement et 125 \$/pied pour la partie pouponnière (Bastian Solution, 2019). Cet écart de prix s'explique par le fait que le convoyeur dans la partie

engraissement serait 243 pieds de long et 61 pieds dans la partie pouponnière. En effet, plus un convoyeur est long, plus son prix par pied est diminué. Une représentation du convoyeur est présentée à la figure suivante. Il est à noter que ce dernier serait encastré directement au plancher du bâtiment à des fins pratiques.



Figure 15: représentation du convoyeur

Un autre point à ne pas oublier est que le bâtiment est sur deux étages. Le coût total pour les quatre convoyeurs (2 en engraissement et 2 en pouponnière) serait donc de 66280\$.

Pour ce qui est des économies de main-d'œuvre, il serait possible d'éliminer deux attrapeurs sur quatre selon les producteurs rencontrés. Chaque attrapeur travaille en moyenne 25 h par mois. Le salaire moyen d'un attrapeur est de 25 \$/h (Emplois agricoles, 2018). Cela représente donc une économie totale de 15 000 \$ par année pour les deux employés. Il faudrait donc moins de 5 ans pour rendre l'appareil rentable. De plus, avec le phénomène de rareté de la main-d'œuvre dans le secteur agricole, cela peut devenir une possibilité encore plus attrayante.

4.5 Système centralisé à la biomasse

D'abord, pour évaluer le retour sur investissement d'un système de chauffage centralisé à la biomasse, il est primordial de déterminer un coût d'installation (BEIE, 2012). Le coût d'installation pour un système de 250 kW est de 60 000 \$. Ces coûts comprennent l'ensemble des équipements nécessaires. Par contre, ces coûts sont calculés pour un poulailler à un seul étage.

Compte tenu des besoins plus élevés au niveau des tuyaux et des pompes, les coûts sont majorés à 80 000 \$. En comparaison, le coût pour chauffer l'ensemble du bâtiment avec des éleveuses au propane est de 9000 \$. Un autre point à considérer est le coût du combustible. Pour la biomasse, le coût annuel serait d'environ 3000 \$ par rapport à 7200 \$ pour le propane. En considérant tous ces points, il est possible d'évaluer le retour sur investissement de la technologie. Ce retour est présenté à la figure suivante.

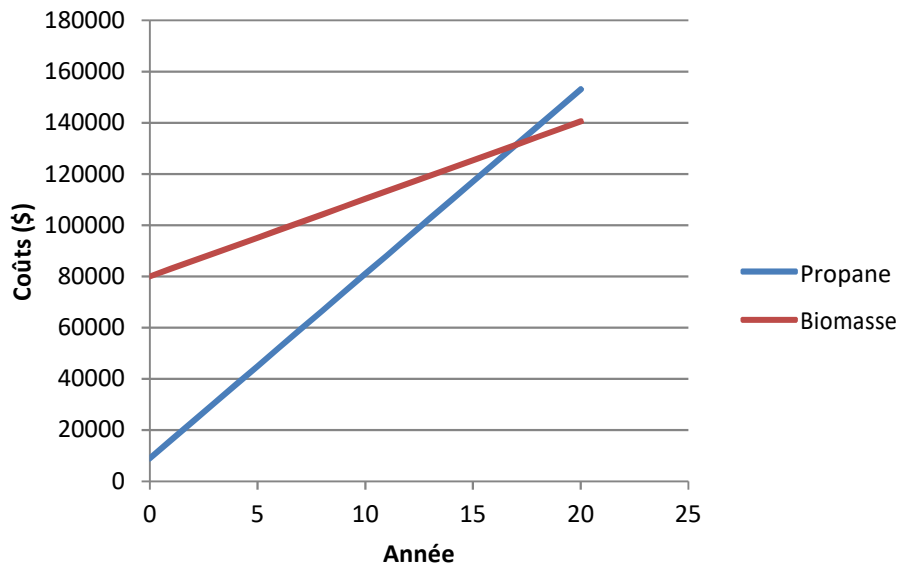


Figure 16: Période de retour sur investissement pour le système centralisé à la biomasse

Comme le montre la figure ci-dessus, le retour sur investissement est de 18 ans. Par contre, il existe des programmes de subvention pour ces technologies (TEQ, 2019). En effet, le programme « Biomasse Forestière Résiduelle », vise l'installation de système de chauffage à la biomasse. Il permet d'obtenir une subvention représentant 50 % des dépenses jusqu'à concurrence de 3 000 000 \$. En considérant cette subvention, il est possible de recalculer la rentabilité économique. Celle-ci est présentée à la figure suivante.

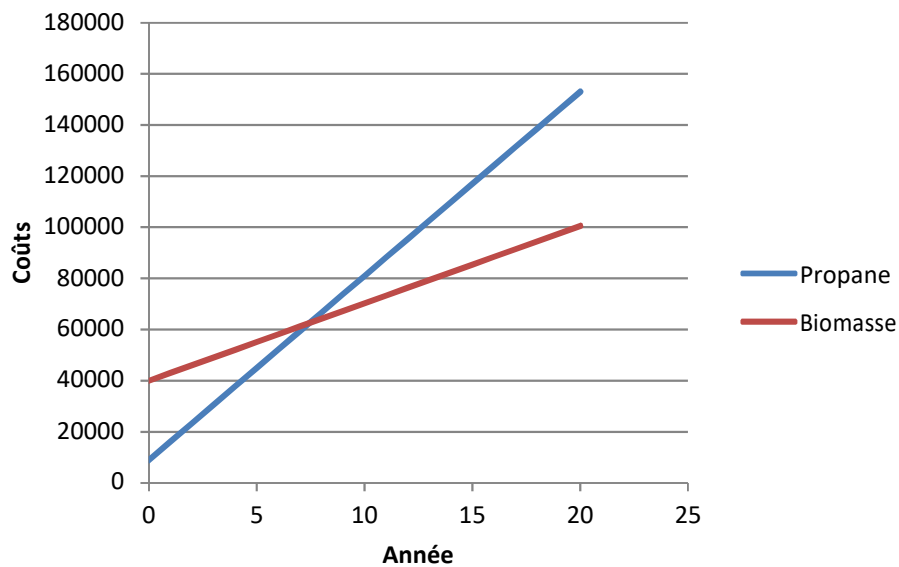


Figure 17: Période de retour sur investissement pour le système centralisé à la biomasse en considérant la subvention

Comme le montre la figure ci-dessus, la période de retour sur investissement est de 8 ans. En considérant que dans le futur le coût des énergies fossiles risque d'augmenter et la réduction des gaz à effet de serre risque d'être de plus en plus importante, la technologie sera incluse dans le bâtiment.

5. Dimensionnement et aménagement du bâtiment

5.1 Aménagement du bâtiment

Afin que le poulailler soit le plus optimal possible, il doit permettre de faire le plus de cycle possible dans une année. Le bâtiment doit donc être muni d'une section pouponnière et d'une section d'engraissement. Cet aménagement permet donc aux dindonneaux de passer 8 semaines en pouponnière avant d'être déplacés dans la section engraissement afin de poursuivre pendant 8 semaines leur croissance. Dans une optique d'économie, le poulailler sera aménagé sur deux étages, permettant de diminuer les coûts liés au béton ainsi qu'aux chevrons. Afin d'obtenir des résultats uniformes entre les deux étages du poulailler, ces derniers seront identiques.

5.1 Dimensionnement bâtiment

Le bâtiment doit permettre de recevoir 5000 dindons lourds à maturité ainsi que 5000 dindonneaux. L'espace plancher de la section en engraissement doit donc être déterminé à l'aide des densités maximales d'élevages à 18 semaines. Au niveau de la pouponnière, l'espace

plancher sera déterminé à l'aide des densités à 8 semaines. Le tableau 2 présente les données liées au bâtiment.

Tableau 20 : Données espaces planchers

Âge (semaine)	Nombre de dindons	Poids (kg)	Densité (kg/m ²)	Aire plancher (m ²)
8	2500	4,5	50	225
16	2500	18	50	900

Puisque le domaine de la construction utilise encore le système impérial, les dimensions utilisées pour le design sont des mesures rondes en pieds et en pouces. Afin d'utiliser les chevrons en bois sans appuis intermédiaire, une largeur intérieure de 40 pieds (12,19 m) a été choisie. Afin de respecter les superficies de planchers, la section engraissement doit avoir une longueur minimale de 73,83 mètres. Au niveau de la section en pouponnière, la longueur doit être égale ou supérieure à 18,46 mètres. Le tableau 3 présente les dimensions des différentes sections du bâtiment.

Tableau 21 : Dimension intérieure bâtiment

	Largeur		Longueur	
	(pi)	(m)	(pi)	(m)
Engraissement	40'	12,19	243'	74,07
Pouponnière	40'	12,19	61'	18,59
Bureau	9' 6"	2,90	25' 8"	7,82
Zone de manutention	40'	12,19	25' 8"	7,82

Les plans complets du bâtiment sont présentés en annexe au document.

6. Dimensionnement des équipements de ventilation et de chauffage

Les différents équipements utilisés dans les sections pouponnière et engraissement du bâtiment sont dimensionnés en fonction de la production de dindon lourd. Il est cependant possible de produire du dindon léger dans le bâtiment, mais le dimensionnement ne sera pas optimal pour la production. De plus, le dimensionnement de chacune des deux sections a été réalisé pour le stade final de la production puisque celui-ci est plus contraignant. Les sections suivantes présentent

l'ensemble de la démarche utilisé pour le dimensionnement des divers équipements du bâtiment. De plus, les valeurs présentées ci-dessous sont pour chaque partie soit l'équivalent d'un seul étage.

6.1 Pouponnière

Condition ambiante visée

Dans cette section du bâtiment, les oiseaux atteignent leur stade final de croissance à 4,5 kg. Les valeurs de température et d'humidité à respecter sont présentées au tableau suivant.

Tableau 22: Conditions ambiantes dans la pouponnière

Température extérieure (°C)	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
Température intérieure (°C)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	21	26	31
Humidité relative extérieure (%)	70	70	70	70	70	65	65	60	60	55	50	50	50
Humidité relative intérieure (%)	75	75	75	75	75	75	75	70	65	55	50	50	50

À ce stade de croissance, la température ne devrait pas descendre sous le seuil des 18 °C et l'humidité à l'intérieur du bâtiment ne devrait pas excéder 75 %.

6.1.1 Bilan de chaleur

Pour être en mesure de calculer les besoins en ventilation, il est important de connaître la chaleur qui est produite par les animaux. Cette chaleur produite se divise en deux parties. La première est la chaleur sensible et la seconde est la chaleur latente. La chaleur sensible correspond à la chaleur qui est échangée entre deux corps à différente température. La chaleur latente quant à elle, correspond à la quantité de chaleur nécessaire pour que l'eau passe de la phase liquide à la phase gazeuse.

Pour réaliser le bilan de chaleur, il faut d'abord calculer la chaleur totale (CIGR, 2002). Par la suite, la chaleur sensible et latente peuvent être obtenues. La figure suivante présente la chaleur produite par les animaux en fonction de la température extérieure.

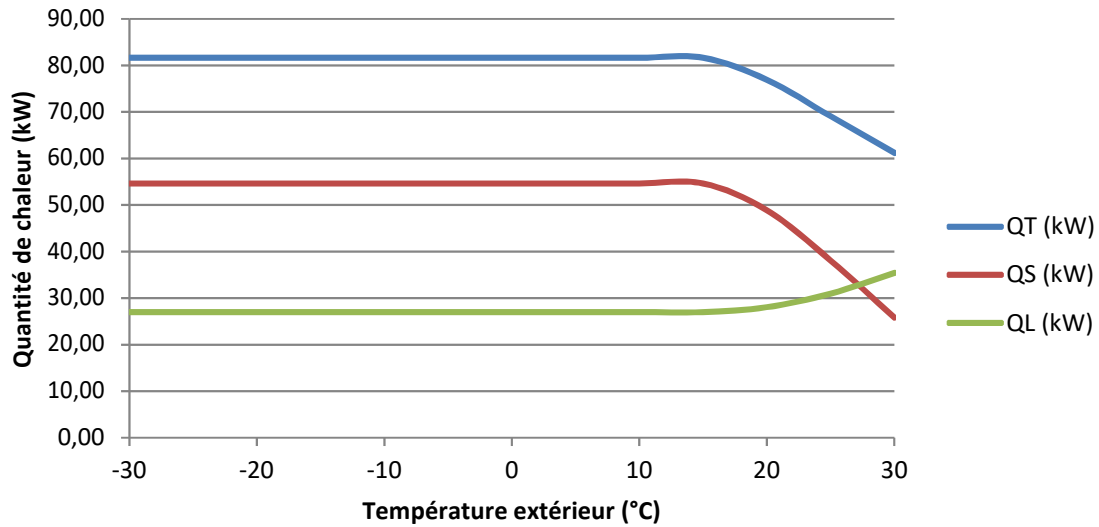


Figure 18: Bilan de chaleur de la pouponnière

La figure ci-dessus montre bien que les pertes de chaleur totales sont plus importantes en période froide. Cela s'explique par le fait que les pertes de chaleur sensibles sont plus élevées dû à la grande différence de température entre les oiseaux et leur environnement. Au contraire, en période chaude, ce sont les pertes de chaleur latente qui sont plus importantes. Ce phénomène s'explique principalement par l'augmentation du rythme de respiration des oiseaux.

6.1.2 Perte de chaleur du bâtiment

Pour calculer les pertes de chaleur dans le bâtiment, il faut tenir compte du revêtement du bâtiment, en plus des différentes entrées d'air telles que les portes de garage. Le tableau suivant montre les pertes de chaleur pour l'ensemble du bâtiment pour une température extérieure de -30 °C. Il est important de noter que plus la température extérieure est élevée, plus les pertes de chaleur sont faibles.

Tableau 23: Perte de chaleur dans la section pouponnière

Q_{murs} (kW)	1.27
Q_{plafond} (kW)	1.27
Q_{plancher} (kW)	2.60
$Q_{\text{fenêtre}}$ (kW)	0.00
Q_{garage} (kW)	0.61
Q_{porte} (kW)	0.065
$Q_{\text{béton}}$ (kW)	0.428

$Q_{\text{batiment}} \text{ (kW)}$	6.25
------------------------------------	------

Dans le tableau ci-haut, les pertes de chaleur par les murs, le plafond, les fenêtres, le plancher les portent et les portes de garage ont été calculées. La somme de ces pertes donne les pertes de chaleur totales du bâtiment.

6.1.3 Débit de ventilation

Avec l'ensemble des informations recueillies jusqu'à maintenant, il est possible de déterminer les débits de ventilation minimaux dans le bâtiment. La ventilation doit permettre de conserver une température, une humidité et une concentration en gaz toxique optimales. Pour se faire, il est important de calculer les débits minimaux pour chacun de ces aspects en fonction de la température extérieure. Ces débits sont présentés à la figure suivante.

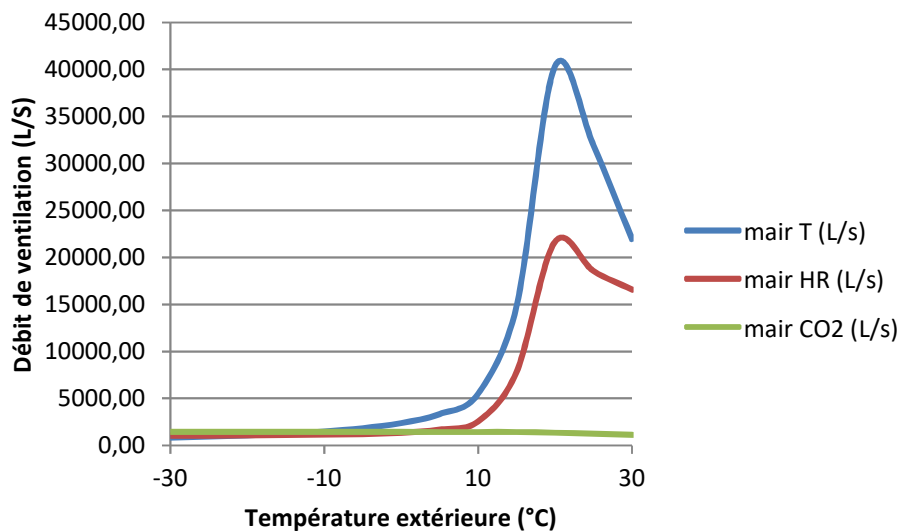


Figure 19: Débits minimaux de ventilation en fonction de la température extérieure pour la pouponnière

La courbe bleue de la figure ci-dessus représente le débit de contrôle pour la température. La ligne rouge et la ligne verte représentent respectivement le débit pour contrôler l'humidité et la concentration en CO₂. Il est possible d'observer que le débit minimal de ventilation sera contrôlé par la concentration en CO₂. Peu après -10 °C, ce sera la température qui contrôlera le débit de ventilation.

6.1.4 Choix des ventilateurs

Pour ce qui est du choix des ventilateurs, ceux-ci doivent permettre de bien couvrir la variation des débits pour l'ensemble de la plage de température. Pour se faire, les ventilateurs sélectionnés sont tous à vitesse variable. Il est ainsi possible pour le responsable d'ajuster précisément le débit de ventilation à la demande réelle. Les ventilateurs sélectionnés sont présentés au tableau suivant. Ils permettent ainsi de coller au maximum la courbe de ventilation.

Tableau 24: Débit de ventilation pour chacun des quatre paliers de la pouponnière

Palier	Besoin (L/s)	Besoin (PCM)	Choix	Débit max du ventilateur (CPM)	Variable (%)	Débit (CPM)	Débit cumulatif (CPM)
1	1428.40	3028.20	2 Ventilateur 12"	1551	100	1551	3102
2	1999.75	4239.48	2 Ventilateur 20"	5280	45	2376	4752
3	3999.51	8478.95	-	5280	85	4488	8976
4	40329.38	85498.28	5 ventilateurs 25" et 3 ventilateurs 39"	7210 et 13441	100	7210 et 13441	86933

Afin de faciliter les calculs, la ventilation a été séparée en quatre paliers distincts. Par contre, puisque l'ensemble des ventilateurs est variable, une multitude de paliers pourraient être utilisés. Pour le tableau ci-dessus, le palier 1 possède 2 ventilateurs 12" qui fonctionnent à 100 %. Pour le second palier, seuls les deux ventilateurs 20" fonctionnent. De plus, ceux-ci sont utilisés à seulement 45 % de leur puissance maximale. Le palier 3 quant à lui utilise les mêmes ventilateurs que ceux du deuxième palier, mais cette fois à 85 % de leur puissance maximale. Finalement, le dernier palier utilise 5 ventilateurs 25", 3 ventilateurs 39" et les 2 ventilateurs 20" du palier 2 et 3. Tous les ventilateurs mentionnés fonctionnent à plein régime pour ce dernier palier.

6.1.5 Chauffage du bâtiment

Pour calculer les besoins en chauffage de la pouponnière, il faut d'abord déterminer les moments où la température dans le bâtiment n'est pas la valeur qui contraint la ventilation. Par la suite, il est important de prendre en compte le préchauffage produit par les murs solaires. Le tableau suivant montre les besoins en chauffage pour la pouponnière.

Tableau 25: Besoins en chauffage dans la pouponnière

Température extérieure (°C)	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
Besoin en chauffage (kW)	18.8	16.6	9.4	7.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Le tableau ci-haut montre que la pouponnière au stade final pour les dindons lourds doit être chauffée jusqu'à une température de -15 °C. Pour répondre à ces besoins en chauffage, le système à la biomasse sera utilisé.

6.1.6 Éclairage

Comme mentionnée dans le feuillet technique, l'intensité lumineuse doit pouvoir varier entre 60 et 10 lux (CDE, 2015). Pour produire cet éclairage, des ampoules DEL sont utilisées. Celle-ci produit en moyenne 60 lumens par watt. Un lux quant à lui représente 1 lumen/m². Puisque la pouponnière possède environ 227 m², l'ensemble des luminaires doit être en mesure de produire au minimum 13620 lumens. Pour se faire, 12 luminaires 20 W sont répartis uniformément dans le bâtiment. Lorsque la demande en éclairage diminue, certains luminaires peuvent être fermés ou un gradateur peut être employé pour obtenir un éclairage plus uniforme.

6.1.7 Équipement d'alimentation et de distribution d'eau

Comme mentionné dans le feuillet technique, les trémies sur soigneur ont été sélectionnées pour les mangeoires et les cloches pour les abreuvoirs. Différents modèles sont produits sur le marché. Il se trouve donc important de comparer ces derniers afin d'obtenir le meilleur rapport qualité-prix.

6.2 Engraissement

6.2.1 Condition ambiante visée

Tout comme dans la section pouponnière, certaines conditions ambiantes doivent être respectées dans le bâtiment. Dans la section engraissement, les dindons atteignent un poids de 18 kg. Le tableau suivant présente les différentes valeurs à respecter en fonction des conditions extérieures.

Tableau 26: Conditions ambiantes dans l'engraissement

Température extérieure (°C)	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
Température intérieure (°C)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	16	21	26	31
Humidité relative extérieure (%)	70	70	70	70	70	65	65	60	60	55	50	50	50
Humidité relative intérieure (%)	75	75	75	75	75	75	75	70	65	55	50	50	50

Comme le montre le tableau ci-haut, la température de la section engraissement ne devrait pas être en dessous des 13 °C et l'humidité relative ne devrait pas excéder 75 %.

6.2.2 Bilan de chaleur

Tout comme dans la section pouponnière, un bilan de chaleur a été réalisé pour la section engraissement (CIGR, 2002). Celui-ci est présenté à la figure suivante.

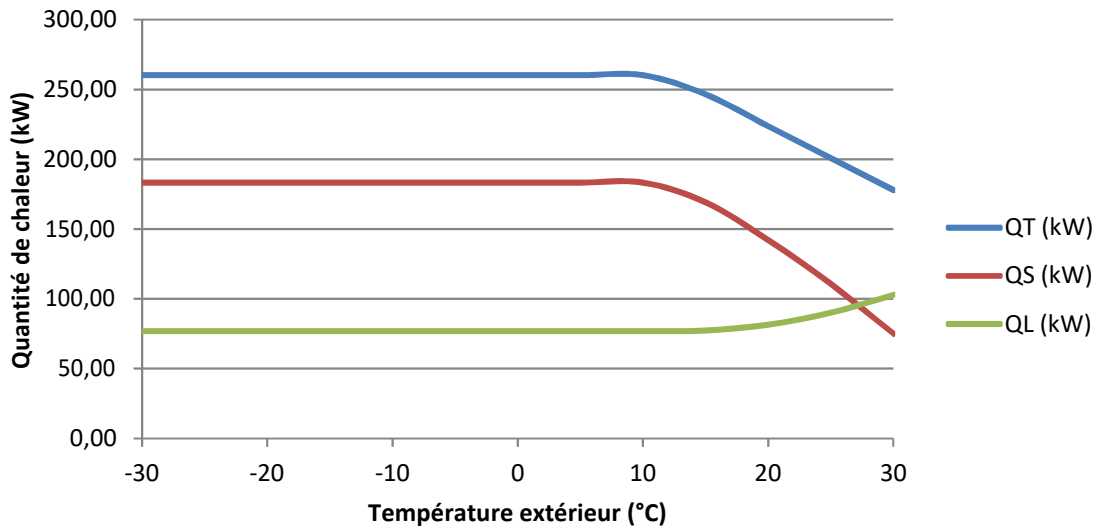


Figure 20: Bilan de chaleur de la section engraissement

Tout comme dans la section pouponnière, les pertes chaleur sensibles sont plus élevées par temps froid tandis que les pertes par chaleur latente sont plus élevées par temps chaud.

6.2.3 Perte de chaleur du bâtiment

Comme pour la section pouponnière il est important de considérer les pertes de chaleur dans le bâtiment pour être en mesure de calculer les débits minimaux dans le bâtiment. Un exemple de perte de chaleur pour la section engraissement est présenté au tableau suivant. Cet exemple est pour une température extérieure de -30 °C.

Tableau 27: Perte de chaleur dans la section engraissement

Q_{murs} (kW)	3.68
Q_{plafond} (kW)	4.54
Q_{plancher} (kW)	6.52
$Q_{\text{fenêtre}}$ (kW)	0.00
Q_{garage} (kW)	0.55
Q_{porte} (kW)	0.058
$Q_{\text{béton}}$ (kW)	1.291
Q_{batiment} (kW)	16.64

Encore une fois, il est possible de connaître les pertes totales du bâtiment en additionnant les pertes de chaleur pour chacune des composantes de la section engraissement. Les valeurs pour ces composantes sont présentées au tableau ci-haut pour une température de -30 °C.

6.3.4 Débit de ventilation

Tout comme la section pouponnière, il est primordial de tenir compte de trois composantes majeures pour déterminer les débits minimaux de ventilation dans le bâtiment. Ces composantes sont la température, l'humidité et la concentration de gaz. La figure suivante présente les débits minimaux à respecter en fonction de la température extérieure.

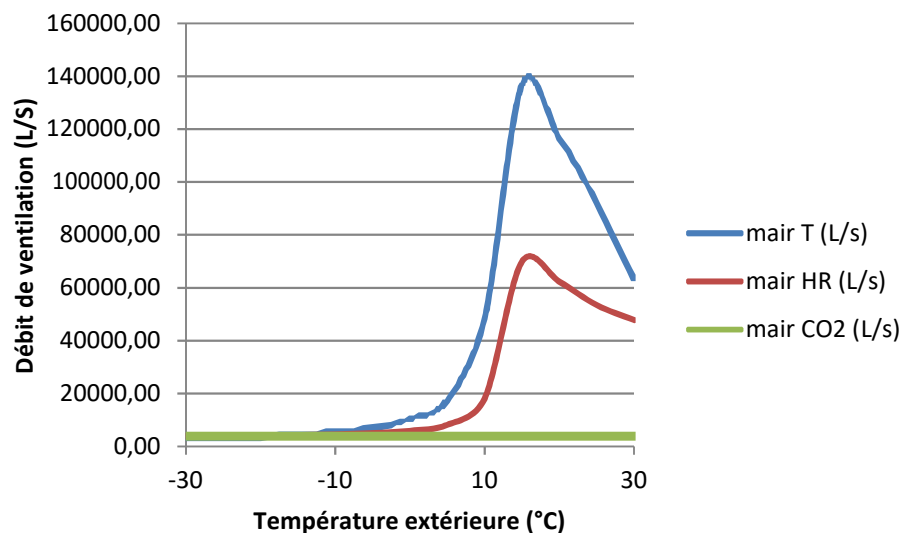


Figure 21: Débits minimaux de ventilation en fonction de la température extérieure pour l'engraissement

Dans la figure ci-haut, les courbes bleu, rouge et verte représentent respectivement les débits minimaux pour la température, l'humidité et la concentration en CO₂. Tout comme dans la pouponnière le débit minimal est contrôlé par la concentration en CO₂. Ce débit se trouve remplacer par un contrôle de température près de -15 °C.

6.2.5 Choix des ventilateurs

Les ventilateurs choisis pour cette section du bâtiment doivent être en mesure de couvrir l'ensemble des besoins en ventilation de la section engraissement. Pour se faire, l'ensemble des ventilateurs choisis est variable. Le responsable de la ventilation pourra donc ajuster la ventilation en fonction des besoins réels du bâtiment. Par contre, pour faciliter les calculs, le

dimensionnement a été réalisé à l'aide de quatre paliers. Ces paliers sont à titre indicatif et comme mentionné, il est possible d'ajouter autant de paliers que souhaité pour répondre de manière plus précise au besoin de ventilation. Le tableau suivant présente les ventilateurs sélectionnés.

Tableau 28: Débit de ventilation pour chacun des quatre paliers de l'engraissement

Palier	Besoin (L/s)	Besoin (PCM)	Choix	Débit max du ventilateur (CPM)	Variable (%)	Débit (CPM)	Débit cumatif (CPM)
1	4455.95	9446.62	2 Ventilateur 20"	5280	90	4752	9504
2	6238.33	13225.26	2 Ventilateur 25"	7210	95	6849.5	13699
3	12476.67	26450.53	2 Ventilateur 25"	7210	95	6849.5	27398
4	137268.74	291009.73	6x25", 8x39" et 6x50"	7210, 13441 et 18529	100	7210, 13441 et 18529	290802

Le tableau ci-dessus présente les quatre paliers utilisés pour réaliser le dimensionnement. Pour le palier 1, deux ventilateurs 20" fonctionnant à 90 % de capacité maximale sont utilisés. Le palier 2 utilise pour sa part 2 ventilateurs 25" fonctionnant à 95 % de leur puissance. Le palier 3 utilise quant à lui deux ventilateurs 25" en plus des deux ventilateurs utilisés au palier 2. Ces quatre ventilateurs fonctionnent tous à 95 % de leur capacité. Finalement, pour le palier 4, 6 ventilateurs 25", 8 39" et 6 50" sont utilisés. De plus, tous les ventilateurs utilisés au palier 3 doivent être en fonction. Tous ces ventilateurs doivent fonctionner à plein régime pour fournir le débit minimal.

6.2.6 Chauffage du bâtiment

Pour les besoins en chauffage, ceux-ci sont calculés à l'aide de la ventilation. En effet, quand ce n'est pas la température qui contrôle la ventilation, le bâtiment doit être chauffé. Ces besoins sont présentés au tableau suivant.

Tableau 29: Besoins en chauffage dans l'engraissement

Température extérieure (°C)	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
Besoin en chauffage (kW)	71.4	41.4	12.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Le tableau ci-dessus montre que le bâtiment doit être chauffé jusqu'à une température extérieure de -10 °C. Ces besoins seront comblés à l'aide du système centralisé à la biomasse.

6.2.7 Éclairage

Dans la section engraissement, les oiseaux sont assez âgés et requièrent donc un éclairage de seulement 10 lux. En se basant sur les mêmes principes que ceux utilisés pour l'éclairage de la section pouponnière, il est possible de calculer le nombre de luminaires nécessaire pour le bâtiment. En considérant une aire d'environ 903 m², 8 luminaires DEL de 20W seraient nécessaires pour obtenir une intensité de 10 lux. Ceux-ci doivent bien sûr être répartis uniformément dans le bâtiment.

6.2.8 Équipement d'alimentation et de distribution d'eau

Au niveau des mangeoires et des abreuvoirs, tout comme dans la section pouponnière, les trémies sur soigneur et les cloches sont utilisées respectivement comme mangeoires et abreuvoirs.

7. Structure

Les calculs de structure ont été divisés en trois sections. La première section est le calcul des charges, cette section a été calculée à l'aide du CNBA 1995 ainsi que du CNBC 2010. La seconde section se trouve à être le calcul des éléments structuraux. La troisième section vise quant à elle le contreventement du bâtiment. Les deux dernières sections ont été calculées à l'aide du WDM 2017 ainsi que de la CSA O86-14. Afin d'alléger le texte, seulement les résultats finaux seront présentés, cependant l'entièreté des calculs se trouvera en annexe au document.

Le bâtiment a été conçu de façon à n'avoir aucun poteau intérieur. Pour ce faire, des cadres d'acier au 16' ont été nécessaires. Ces cadres d'acier rendent ainsi les murs du rez-de-chaussée non-porteur. Ainsi le dimensionnement des murs du rez-de-chaussée et des ouvertures seront les mêmes que pour ceux de l'étage.

7.1 Calcul des charges

Pour ce qui est du calcul de la structure, il est important de faire un résumé des différentes dimensions du bâtiment. Le bâtiment a une largeur de 41' (pieds) 4'' (pouces) à laquelle s'ajoute des corniches de 2' pour une largeur totale de 45'4'' po. La longueur du bâtiment est de 332' avec un débord de toit de 2' pour une longueur totale de 336'. La pente du toit est 5 :12, ce qui équivaut à une pente de 22.62°. La hauteur des murs de bois est de 10' à l'étage et 9' au rez-de-chaussée. Puisqu'il s'agit d'un bâtiment agricole, et que l'occupation humaine est faible, il est possible d'utiliser la catégorie de risque faible, ce qui permet de réduire certaines charges comme

celle de la neige et du vent. Les charges permanentes utilisées selon les composantes des murs et de la toiture sont de 0,75 kPa pour le toit et de 0,40 kPa pour les murs. Le projet est situé dans la province de Québec, dans la région de la Capitale-Nationale et dans la localité de Portneuf. En fonction de cette localisation et du type de toit à deux versants, la charge de neige à considérer est de 3,16 kPa pour le cas balancé (cas 1) et 3,80 kPa pour le cas débalancé (cas 2). Puisque le cas débalancé est le cas le plus critique, c'est la valeur de 3,80 kPa qui est utilisée pour le dimensionnement des éléments structuraux. Les charges de vent à considérer sur le toit sont quant à elle de 0,443 kPa en pression et de -0,811 kPa en succion. Au niveau des charges de vent applicable sur les murs, les valeurs à considérer sont de 0,763 kPa en pression et de -0,692 kPa en succion. Pour ce qui est du contreventement de la partie supérieure du bâtiment, les charges de vent à considérer sont 0,803 kN/m et 1,028 kN/m sur les côtés longs du bâtiment et 1,113 kN/m et 1,670 kN/m sur les côtés courts du bâtiment. Pour la partie inférieure du bâtiment les valeurs de vent à considérer sont 1,582 kN/m et 2,208 kN/m sur les côtés longs du bâtiment et 1,145 kN/m et 1,717 kN/m sur les côtés courts du bâtiment. Il est important de préciser que toutes les charges présentées ici ne sont pas pondérées. Cependant, lors des calculs, les charges sont pondérées avec un facteur de risque selon la nature de la charge (charge de neige (I_s) ou charge de vent (I_w)) et selon l'état limite du chargement (service ou ultime). Pour les charges de neige, le facteur de risque est de 0,8 à l'ultime et de 0,9 en service. Pour les charges de vent, le facteur de risque est quant à lui de 0,8 à l'ultime et de 0,75 en service. En plus de pondérer les charges avec les différents facteurs de risque, les charges sont également pondérées selon les différentes combinaisons de charges. La combinaison la plus critique en fonction de l'élément structural calculé est celle qui est utilisée pour le dimensionnement.

7.2 Calculs de dimensionnement des charges gravitèrent

7.2.1 Colombages

Premièrement, le calcul des colombages de 10' est effectué avec les charges de vents sur le toit et sur les murs, la charge de neige sur le toit et la charge morte de la toiture. La vérification des colombages s'effectue en flexion et compression. En effet, le vent sur les murs est une charge latérale causant la flexion, alors que la charge de neige, de vent et morte de la toiture sont des charges gravières causant la compression. Trois combinaisons de charges critiques en ultime et une combinaison de charges en service sont utilisées pour effectuer le dimensionnement des colombages. La première combinaison de charges critiques est la combinaison causant le

maximum de charges verticales sans charge horizontal. La seconde combinaison de charges critique est la combinaison causant le maximum de charges verticales, tout en considérant une charge horizontale. La troisième combinaison de charges critiques est la combinaison causant le maximum de charges horizontal. Finalement, la dernière combinaison, soit celle en service, permet de vérifier la déflexion dans les colombages. Cette combinaison de charges est celle causant le maximum de charges horizontales. Les combinaisons de charge en ultime permettent de calculer les efforts en compression (P_f) et ceux en flexion (W_f). Ainsi, une section de 38 mm x 140 mm en S-P-F No.1/No.2 espacé au 600mm c/c a été sélectionné. Par la suite, les valeurs de P_r et de M_r sont calculées à partir des articles 6.5.6 et 6.5.4 du CSA O86-14 respectivement. Il est à noter que les calculs ont été effectués avec le coefficient K_D pour des charges de courte durée pour les cas de chargement comprenant du vent et pour des charges de durée normale pour les cas de chargement ou le vent est absent. De plus, les coefficients K_T pour un bois non traité et K_S pour des conditions sèches ont été utilisés. L'équation d'interaction de l'article 6.5.10 du CSA O86-14 permet l'obtention des ratios suivants pour chaque cas de chargement à l'ultime (cas de chargement 1 à 3):

Tableau 30 : Ratios de résistance des colombages selon le cas de chargement

Cas 1	0,57	$\leq$	1
Cas 2	0,57	$\leq$	1
Cas 3	0.22	$\leq$	1

Ensuite, l'effort en cisaillement est calculé avec la combinaison ayant le plus de charges horizontales (cas de chargement 3) et la vérification de la résistance au cisaillement est effectuée à l'aide de l'article 6.5.5 du CSA O86-14. Le résultat obtenu est présenté au tableau suivant.

Tableau 31 : Effort de cisaillement des colombages

V_r (kN)	V_f (kN)	Ratio (V_f/V_r)
10,79	0,32	0,03

La vérification de la flèche est effectuée avec le cas de chargement en service (cas de chargement 4) et l'article 5.4 du CSA O86-14. Le tableau ci-dessous montre le résultat.

Tableau 32 : Déflexion des colombages

ΔL	$\Delta L_{\max}$	Ratio ($\Delta L/\Delta L_{\max}$)
4,69	16,94	0,28

Finalement, la résistance pondérée à la compression perpendiculaire au fil de la lisse basse est effectuée avec l'article 6.5.7.2 du CSA O86-14 et la combinaison de charge ayant le maximum de charge verticale sans charge horizontale (cas de chargement 1). Le résultat est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 33 : Résistance en compression de la lisse basse

Q_r (kN)	Q_f (kN)	Ratio (Q_f/Q_r)
34,58	22,79	0,66

7.2.2 Linteaux et jambages

Après avoir dimensionné les colombages, les linteaux et les colonnes de chaque ouverture ont été calculés. Pour ce faire, 2 combinaisons de charges critiques ont été utilisées. La première combinaison est en ultime. Il s'agit de la combinaison maximale composée de la charge morte, du vent et de la neige sur le toit. Cette combinaison sera alors utilisée afin de dimensionner les linteaux. La seconde combinaison est en service pour la vérification de la déflexion du linteau et est composée de la charge morte, du vent et de la neige sur le toit. Avec la combinaison de charges en ultime, le moment fléchissant (M_f) et l'effort tranchant (V_f) sont calculés. La flèche maximale est calculée avec la combinaison de charges en service. Avec les valeurs des efforts et de la flèche maximale calculés, un prédimensionnement est effectué à l'aide de la table à la page 78 du WDM 2017. Les différents choix de section sont résumés au tableau suivant :

Tableau 34 : Résumé des linteaux et des jambages

Ouverture	Linteau	Poteau court	Poteau long
Fan 25 ‘’	38mm x 140mm 3 ply (S-P-F No.1/No.2)	38mm x 140mm 1 ply (S-P-F No.1/No.2)	38mm x 140mm 1 ply (S-P-F No.1/No.2)
Fan 39’’	38mm x 184mm 3 ply (S-P-F No.1/No.2)	38mm x 140mm 2 ply (S-P-F No.1/No.2)	38mm x 140mm 1 ply (S-P-F No.1/No.2)
Fan 50’’	38mm x 235mm 3 ply (S-P-F No.1/No.2)	38mm x 140mm 2 ply (S-P-F No.1/No.2)	38mm x 140mm 1 ply (S-P-F No.1/No.2)
Porte humaine	38mm x 140mm 3 ply (S-P-F No.1/No.2)	38mm x 140mm 2 ply (S-P-F No.1/No.2)	38mm x 140mm 1 ply (S-P-F No.1/No.2)
Porte garage 10’	133mm x 301mm (PSL 2.0E)	38mm x 140mm 2 ply (S-P-F No.1/No.2)	38mm x 140mm 2 ply (S-P-F No.1/No.2)
Porte garage 14’	38mm x 184mm 3 ply (S-P-F No.1/No.2)	38mm x 140mm 1 ply (S-P-F No.1/No.2)	38mm x 140mm 1 ply (S-P-F No.1/No.2)
Porte Garage 4’	38mm x 140mm 2 ply (S-P-F No.1/No.2)	38mm x 140mm 1 ply (S-P-F No.1/No.2)	38mm x 140mm 1 ply (S-P-F No.1/No.2)

Il est à noter que les calculs ont été effectués avec le coefficient K_D pour des charges de courte durée pour le cas de chargement en service en comprenant le vent et pour les charges de durée normale pour les cas de chargement en ultime ou le vent est absent. De plus, les coefficients K_T pour un bois non traité et K_S pour des conditions sèches ont été utilisés. La vérification de la résistance à la flexion des linteaux a été réalisée à l’aide de l’article 6.5.4 du CSA O86-14. Les ratios obtenus sont présentés ci-dessous.

Tableau 35 : Résistance en flexion des linteaux

	M_r (kN*m)	M_f (kN*m)	Ratio (M_f/M_r)
Fan 25’’	6,09	2,94	0,48
Fan 39’’	9,02	6,17	0,68
Fan 50’’	13,48	9,6	0,71

Porte humaine	6,09	4,65	0,76
Porte garage 10'	69,56	47	0,68
Porte garage 14'	9,02	6,09	0,68
Porte Garage 4'	4,06	1,06	0,26

Par la suite, la vérification de la résistance au cisaillement des linteaux a été effectuée avec l'article 6.5.5 du CSA O86-14. Ces ratios sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 36 : Résistance en cisaillement des linteaux

	V_r (kN)	V_f (kN)	Ratio (V_f/V_r)
Fan 25''	22,12	14,95	0,68
Fan 39''	24,92	21,65	0,87
Fan 50''	29,17	27,01	0,93
Porte humaine	22,12	18,8	0,85
Porte garage 10'	92,43	61	0,66
Porte garage 14'	24,92	7,8	0,31
Porte Garage 4'	14,75	3,25	0,22

Finalement, la vérification de la flèche admissible a été réalisée avec l'article 5.4 du CSA O86-14. Le tableau suivant montre les ratios obtenus.

Tableau 37 : Déflexion des linteaux

	Δ_{tot} (mm)	$\Delta_{tot, max}$ (mm)	Ratio ($\Delta_{tot}/\Delta_{tot, max}$)	Δ_L (mm)	$\Delta_{L, max}$ (mm)	Ratio ($\Delta_L/\Delta_{L, max}$)
Fan 25 ''	0,6	4,37	0,14	0,48	2,19	0,22
Fan 39''	1,16	6,33	0,18	0,92	3,17	0,29
Fan 50''	1,35	7,9	0,17	1,07	3,93	0,27

Porte humaine	1,5	5,5	0,27	1,19	2,75	0,43
Porte garage 10'	8,8	17,33	0,51	6,99	8,66	0,81
Porte garage 14'	8,59	17,33	0,50	6,83	8,67	0,79
Porte Garage 4'	0,88	7,22	0,12	0,7	3,61	0,19

Pour ce qui est du dimensionnement des poteaux courts, le nombre de poteaux courts requis a été déterminé à l'aide de la longueur d'appuis minimale du linteau avec la vérification de la compression perpendiculaire au fil d'appui de l'article 6.5.7.2 du CSA O86-14. Ensuite, la vérification de la résistance à la compression a été effectuée à l'aide de l'article 6.5.6.2.3 du CSA O86-14. Les ratios sont présentés ci-dessous.

Tableau 38 : Résistance en compression des poteaux courts

	P_r (kN)	P_f (kN)	Ratio (P_f/P_r)
Fan 25''	37,5	14,95	0,40
Fan 39''	76,29	21,65	0,28
Fan 50''	76,35	27,01	0,35
Porte humaine	75,01	18,8	0,25
Porte garage 10'	75,02	60,79	0,81
Porte garage 14'	38,15	7,8	0,20
Porte Garage 4'	37,5	3,25	0,09

Finalement, le calcul des poteaux longs s'effectue de la même façon que le calcul des colombages. Les mêmes combinaisons de charges ont été utilisées.

7.2.3 Solive de plancher

Afin de supporter les dindons ainsi que les déjections de ces derniers, les solives de plancher doivent être suffisamment résistantes pour supporter des charges de 2 kPa (CNBA, 1995). De plus puisqu'un tracteur est généralement utilisé afin de nettoyer les déjections, une surcharge supplémentaire de 2,4 kPa doit être considérée (CNBC, 2010). Pour ce faire, 2 combinaisons de charges critiques ont été utilisées. La première combinaison est en ultime. Il s'agit de la combinaison maximale composée de la charge vive des oiseaux et de la machinerie mobile. Cette combinaison sera alors utilisée afin de dimensionner les solives. La seconde combinaison est en service pour la vérification de la déflexion des solives et est composée des mêmes charges que celles à l'ultime. Avec la combinaison de charges en ultime, le moment fléchissant (M_f) et l'effort tranchant (V_f) sont calculés. La flèche maximale est calculée avec la combinaison de charges en service. Avec les valeurs des efforts et de la flèche maximale calculés, un prédimensionnement est effectué à l'aide de la table à la page 41 du WDM 2017. Ainsi, une section de 38 mm x 286 mm en S-P-F No.1/No.2 espacé au 400mm c/c a été sélectionné. Par la suite, les valeurs de P_r et de M_r sont calculées à partir des articles 6.5.4 et 6.5.5 du CSA O86-14 respectivement. Il est à noter que les calculs ont été effectués avec le coefficient K_D pour des charges de durée normale pour les cas de chargement ou le vent est absent. De plus, les coefficients K_T pour un bois non traité et K_S pour des conditions sèches ont été utilisés. Les tableaux suivants permettent de visualiser les ratios en flexion et cisaillement des solives.

Tableau 39 : Résistance en cisaillement des solives de plancher

V_r (kN)	V_f (kN)	Ratio (V_f/V_r)
15,06	7,6	0,50

Tableau 40 : Résistance en flexion des solives de plancher

M_r (kN*m)	M_f (kN*m)	Ratio (M_f/M_r)
11,85	9,25	0,78

Tableau 41 : Déflexion des solives de plancher

Δ_{tot} (mm)	$\Delta_{tot, max}$ (mm)	Ratio ($\Delta_{tot}/\Delta_{tot, max}$)
19,59	27,06	0,72

7.2.4 Structure d'acier

La structure d'acier est positionnée au 16' de manière à permettre aux solives de plancher de se décharger. Vue les faibles connaissances acquises en structure d'acier cet élément structurale ne sera pas dimensionner. Afin de compléter le design du bâtiment, cette analyse devra être fait à l'externe.

7.3 Calcul dimensionnement contreventement

7.3.1 Diaphragme

Le calcul du contreventement se fait en deux grandes étapes, le calcul du diaphragme et le calcul des murs de refend. D'abord, pour des raisons de conception, un diaphragme indépendant pour l'engraissement et pour la pouponnière a été considéré. Le diaphragme de la partie engraissement a été séparé en deux sections par un câble rigide en acier au centre. Il est à noter que les vérifications pour le dimensionnement du diaphragme sont effectuées pour les deux cas de chargement (cas A et cas B). Il est également important de ne pas oublier que les calculs ont été effectués avec le coefficient K_D pour des charges de courte durée puisque la charge considérée est celle du vent. De plus, les coefficients K_T pour un bois non traité et K_S pour des conditions sèches ont été utilisés. Pour commencer, les efforts tranchants causés par les pressions de vents repris par le diaphragme ont été calculés. Ensuite, en fonction des valeurs des efforts tranchants calculés, un prédimensionnement est effectué à l'aide de la table de la page 591 du WDM 2017. Le choix de dimensions retenu est un OSB de 12 mm avec des clous de 2¼ po de long ayant un diamètre de 2,52 mm et un espacement de 150 mm. Notons que l'épaisseur de 12 mm est l'épaisseur minimale pour le diaphragme joue le rôle de pare-feu. La vérification en cisaillement du diaphragme se fait à l'aide de l'article 11.5.2.3 du CSA O86-14. Les ratios pour l'engraissement et la pouponnière sont présentés aux tableaux suivants.

Tableau 42 : Résistance au cisaillement du diaphragme de l'engraissement (1^{er} étage)

	V_r (kN)	V_f (kN)	Ratio (V_f/V_r)
Cas A	43,47	16,87	0,39
Cas B	87,97	7,8	0,09

Tableau 43 : Résistance au cisaillement du diaphragme de la pouponnière (1^{er} étage)

	V_r (kN)	V_f (kN)	Ratio (V_f/V_r)
Cas A	43,47	11,04	0,25
Cas B	44,99	7,78	0,17

Ensuite, la vérification des membrures a été réalisée. Pour ce faire, le moment fléchissant (M_f) ainsi que l'effort en traction (T_f) sont calculés. Par la suite, un prédimensionnement avec la table de la page 220 du WDM 2017 est fait. Le choix retenu est une sablière en S-P-F No.1/No.2. La vérification en traction est effectuée à partir de l'article 6.5.9 du CSA O86-14. Ces résultats sont présentés ci-dessous.

Tableau 44 : Résistance en traction de la membrure du diaphragme de l'engraisement (1^{er} étage)

	T_r (kN)	T_f (kN)	Ratio (T_f/T_r)
Cas A	39,37	8,1	0,21
Cas B	39,37	0,57	0,01

Tableau 45 : Résistance en traction de la membrure du diaphragme de la pouponnière (1^{er} étage)

	T_r (kN)	T_f (kN)	Ratio (T_f/T_r)
Cas A	39,37	2,12	0,05
Cas B	39,37	1,13	0,03

La vérification des joints à chevauchement des membrures a également été réalisée. Pour ce faire, un clou de 3'' de long et de 3,66 mm de diamètre a été sélectionné pour des considérations de

chantier. La vérification à la résistance latérale est faite à partir de l'article 12.9.4.1 du CSA O86-14. Les quantités de clous sont présentées dans les tableaux suivants.

Tableau 46 : Assemblage de la membrure du diaphragme de l'engraisement (1^{er} étage)

Cas A	10 clous
Cas B	1 clou

Tableau 47 : Assemblage de la membrure du diaphragme de la pouponnière (1^{er} étage)

Cas A	3 clous
Cas B	2 clous

La dernière étape est le dimensionnement du diaphragme par la vérification de la flèche. Le calcul de la flèche dans le diaphragme se divise en quatre composantes. D'abord, il y a la flèche causée par la déformation dans les entures des membrures au périmètre des diaphragmes. Ensuite, il y a la flèche causée par le moment de flexion qui est basé sur la rigidité des membrures au périmètre des diaphragmes. Finalement, il y a la flèche causée par le cisaillement qui est basé sur la rigidité des panneaux de bois (OSB) et la flèche causée par le glissement dans les clous. Voici un résumé des résultats obtenus :

Tableau 48 : Déflexion du diaphragme de l'engraisement (1^{er} étage)

Cas A	7,90 mm
Cas B	0,21 mm

Tableau 49 : Déflexion du diaphragme de la pouponnière (1^{er} étage)

Cas A	1,32 mm
Cas B	0,43 mm

Les mêmes calculs ont été effectués pour le contreventement du rez-de-chaussée. Pour le diaphragme, le choix retenu est un OSB de 12 mm avec des clous de 2¼" de long ayant un diamètre de 2,52 mm et un espacement de 150 mm comme pour l'étage. Un résumé des résultats

obtenus pour la vérification en cisaillement des diaphragmes est présenté dans les tableaux suivants.

Tableau 50 : Résistance au cisaillement du diaphragme de l'engraisement (Rez-de-chaussée)

	V_r (kN)	V_f (kN)	Ratio (V_f/V_r)
Cas A	43,47	34,09	0,78
Cas B	87,97	8	0,09

Tableau 51 : Résistance au cisaillement du diaphragme de la pouponnière (Rez-de-chaussée)

	V_r (kN)	V_f (kN)	Ratio (V_f/V_r)
Cas A	43,47	22,62	0,52
Cas B	44,99	8	0,18

Ensuite, pour la vérification des membrures, le choix retenu est une sablière en S-P-F No.1/No.2 comme pour l'étage. Les ratios sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 52 : Résistance en traction de la membrure du diaphragme de l'engraisement (Rez-de-chaussée)

	T_r (kN)	T_f (kN)	Ratio (T_f/T_r)
Cas A	39,37	15,94	0,40
Cas B	39,37	0,59	0,01

Tableau 53 : Résistance en traction de la membrure du diaphragme de la pouponnière (Rez-de-chaussée)

	T_r (kN)	T_f (kN)	Ratio (T_f/T_r)
Cas A	39,37	4,17	0,11
Cas B	39,37	1,16	0,03

Pour la vérification des joints à chevauchement des membrures, un clou de 3" de long et de 3,66 mm de diamètre a été choisi pour des considérations de chantier comme pour l'étage. Le nombre de clous est présenté ci-dessous.

Tableau 54 : Assemblage de la membrure du diaphragme de l'engraisement (Rez-de-chaussée)

Cas A	20 clous
Cas B	1 clou

Tableau 55 : Assemblage de la membrure du diaphragme de la pouponnière (Rez-de-chaussée)

Cas A	6 clous
Cas B	2 clous

Un résumé des résultats obtenus pour le calcul de la flèche dans le diaphragme est présenté dans les tableaux suivants.

Tableau 56 : Déflexion du diaphragme de l'engraisement (Rez-de-chaussée)

Cas A	12,77 mm
Cas B	0,22 mm

Tableau 57 : Déflexion du diaphragme de la pouponnière (Rez-de-chaussée)

Cas A	2,00 mm
Cas B	0,45 mm

7.3.2 Mur de refend

Pour ce qui est des murs de refend, le calcul a été divisé en deux, un pour les axes longitudinaux (axe 1 et 2) et un pour les axes transversaux (Axe A et D). Sur les axes A et D, deux pans de mur serviront de mur de refend, soit un de 4,37 mètres et un autre de 2,44 mètres. Sur les axes 1 et 2

deux pans de mur d'une longueur de 4,88 m serviront de mur de refend. Pour les calculs, l'effort à considérer est celui transmis par le diaphragme selon l'axe. Les murs de refend des axes A et D reprennent l'effort de cisaillement du cas de chargement A alors que les murs de refend des axes 1 et 2 reprennent l'effort de cisaillement du cas de chargement B. En fonction des valeurs des efforts tranchants, un prédimensionnement est effectué à l'aide de la table de la page 632 du WDM 2017. Le choix de dimensions retenu est un OSB de 11 mm avec des clous de 2 1/4" de long ayant un diamètre de 2,52 mm et un espacement de 150 millimètres aux rives. Le choix de 11 mm est pour des raisons de disponibilité. La vérification de la résistance au cisaillement est effectuée à l'aide de l'article 11.5.1.2 du CSA O86-14. Les ratios sont présentés ci-dessous.

Tableau 58 : Résistance au cisaillement des murs de refends des axes A et D (1^{er} étage)

V_r (kN)	V_f (kN)	Ratio (V_f/V_r)
23,18	16,87	0,73

Tableau 59 : Résistance au cisaillement des murs de refends des axes 1 et 2 (1^{er} étage)

V_r (kN)	V_f (kN)	Ratio (V_f/V_r)
33,21	7,78	0,23

Pour ce qui est des murs de refends du rez-de-chaussée, le choix de dimensions retenu est un OSB de 11 mm avec des clous de 2 1/2" de long ayant un diamètre de 3,33 mm et un espacement de 125 mm. Les ratios sont présentés dans les tableaux suivants.

Tableau 60 : Résistance au cisaillement des murs de refends des axes A et D (Rez-de-chaussée)

V_r (kN)	V_f (kN)	Ratio (V_f/V_r)
40,28	34,09	0,85

Tableau 61 : Résistance au cisaillement des murs de refends des axes 1 et 2 (Rez-de-chaussée)

V_r (kN)	V_f (kN)	Ratio (V_f/V_r)
57,75	8	0,14

8. Conclusion

La revue de littérature ainsi que les rencontres avec les producteurs ont permis de comparer ce qui se fait sur le terrain et ce qui est conseillé de faire dans la littérature. Cette analyse a permis de voir que la majorité des points examinés se ressemblent énormément, c'est-à-dire que les producteurs suivent de près les normes préalablement établies. Le point où nous avons constaté une différence est au niveau de l'alimentation. Le nombre de tête par mangeoire et par abreuvoir est beaucoup plus faible sur le terrain que ce qui est proposé dans la littérature. Ce qui permet aux oiseaux une meilleure accessibilité aux aliments.

Lors de la revue des travaux antérieurs, différentes technologies ou principes touchant l'efficacité énergétique, la main-d'œuvre et le chauffage ont été énoncés. Nous avons décidé d'intégrer des murs solaires, un convoyeur et un échangeur de chaleur. Cependant, suite aux analyse économique, il semble que certains éléments comme les échangeurs de chaleurs ne soit pas rentable à court terme (en mois de 8 ans). De plus l'utilisation de murs solaires semble possible uniquement dans la portion pouponnière. Pour ce faire, le bâtiment sera alors équipé de chauffage à la biomasse, de murs solaires dans la section pouponnière et d'un convoyeur dans les deux sections du bâtiment.

Les bilans de chaleur ont permis de calculer les besoins en ventilation ainsi qu'en chauffage pour les périodes estivales et hivernale du Québec. Une fois les besoins établis il a été possible de déterminer quels équipements permettraient de répondre aux besoins de l'élevage afin d'optimiser le bien-être ainsi que la production des oiseaux. Les calculs de charpente permettent finalement de fusionner le tout et de créer un bâtiment moins futuriste que prévu, mais très bien adapté aux oiseaux ainsi qu'au besoin des éleveurs.

Bibliographie

Agri Expo, 2018, Produits, URL: http://www.agriexpo.online/fr/prod/lubing-maschinenfabrik-gmbh-co-kg/product-172094-35992.html?fbclid=IwAR1nzJvEWm5mU39hPMJXan2jSt79gXgJ7NIVOFZsJk_f-antQ_knR3TTZ60, Consulté le 5 décembre 2018

Agri Réseau. 2001, *Banque de plans Plan M-5000*, URL: <https://www.agrireseau.net/banqueplans/documents?r=dindon>, consulté le 12 septembre 2018

Agri Réseau. 2011, *Le POLYMAIR^{MD}*, URL : https://www.agrireseau.net/energie/documents/Polymair_FT012102Fa.pdf, consulté le 9 octobre 2018

Agriculture Canada. 1991, *L'élevage du poulet et du dindon à griller au Canada*, URL: <http://publications.gc.ca/collections/Collection/A63-1860-1991F.pdf>, consulté le 4 octobre 2018

ALCG, 2018, *Géothermie horizontale*, URL: <https://www.alcg-geo.com/geothermie-horizontale-nantes/>, Consulté le 5 décembre 2018

Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec (APCHQ), 2019, *Profondeur de gel*, URL: <https://www.apchq.com/documentation/technique/guides-techniques/fondations/excavation>, Consulté le 14 février 2019.

Association Française des Professionnels de la Géothermie (AFPG), 2014, *GÉOTHERMIE ASSISTÉE PAR POMPE A CHALEUR ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE*, URL: http://www.afpg.asso.fr/wp-content/uploads/2015/04/AFPG_ETUDE_PAC_2014_WEB.pdf, Consulté le 14 février 2019.

Association québécoise des industries de nutrition animale et céréalière (AQINAC). 2017, *Le rendez-vous avicole*, URL: https://www.rv-aqinac.com/ouvrirfichier.php?fichier=sites/.../cahier_avicole_2017.pdf, consulté le 17 octobre 2018

Association québécoise des industries de nutrition animale et céréalière (AQINAC). 2014, *Comment ventiler votre poulailler en hiver?*, URL: http://www.aqinac.com/client/publications/final_bmarquis_avicole_2014.pdf, Consulté le 21 novembre 2018

Avipor, 2018, *Produits*, URL: <http://www.avipor.com/produits/>, Consulté le 5 décembre 2018

Bastian Solution, 2019, *Shop Material Handling Equipment*, URL: <https://store.bastiansolutions.com/equipment/Belt-Over-Slider-Bed-Conveyor-AC-Motor-Driven-P135689.aspx>, Consulté le 22 janvier 2019.

Bureau de l'efficacité et de l'innovation énergétiques (BEIE), 2012, *Combustion de biomasse*, URL:

http://www.transitionenergetique.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/agroalimentaire_agricole/4-Combustion_de_biomasse.pdf, Consulté le 21 février 2019.

Big Dutchman, 2018, *Poultry production equipment*, URL: <https://www.bigdutchmanusa.com/en/poultry-production/poultry-production>, Consulté le 5 décembre 2018

Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies, 2010, *Code National Du Bâtiment*, Ottawa, Ontario

Connaissance Des Énergies (CDE), 2015, *Éclairage dans l'habitat*, URL: <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/eclairage-dans-lhabitat>, Consulté le 7 février 2019.

Conseil Canadien du Bois, 2017, *Wood Design Manual* (Volume 1 et 2), Ottawa, Ontario

Conseil National de recherches du Canada, 1995, *Code National de construction des bâtiments agricole*, Ottawa, Ontario

Dion, L., (2013), *Le chauffage à la biomasse forestière résiduelle comme source de développement durable*, URL: https://mern.gouv.qc.ca/energie/politique/memoires/20131011_429_LouisMartin_Dion_M.pdf, Consulté le 5 décembre 2018

Entraid. 2017, *UN ROBOT DANS LE POULAILLER, UN BIJOU DE TECHNOLOGIE DE 30 À 50.000 EUROS*, URL : <https://www.entraid.com/articles/un-robot-dans-le-poulailler>, consulté le 8 octobre 2018

École Nationale Vétérinaire Toulouse (ENVT). 2009, *L'élevage de dinde de chair*, URL : <https://www.avicampus.fr/PDF/PDFzoot/Dinde.pdf>, consulté le 9 octobre 2018

Emplois Agricole, 2018, *ATTRAPEUR DE VOLAILLES -133*, URL: <http://www.emploiagricole.com/jobs/attrapeur-de-volailles-2/>, Consulté le 16 janvier 2019.

Équipe Québécoise de Contrôle des Maladies Avicoles (EQCMA). 2013, *Guide d'élevage de volaille de basse-cour*, URL: http://www.EQCMA.ca/uploads/files/elevage_basse_cour/Basse-cour_Document_complet_13_02_2013.pdf, consulté le 4 octobre 2018

Équipe Québécoise de Contrôle des Maladies Avicoles (EQCMA). 2018, *Maladies avicoles*, URL :<http://www.EQCMA.ca/maladies-avicoles/description>, consulté le 20 novembre 2018

ESA, 2018, *Échangeur d'air/Récupérateur de chaleur*, Québec, Canada, 2 pages

Fournel, S., 2018, Note de cours - Environnement des bâtiments agricoles, Québec: Département des sols et de génie agroalimentaire - Université Laval.

Hydro Québec, 2019, *Système géothermique*, URL: <http://www.hydroquebec.com/residentiel/mieux-consommer/fenetres-chauffage-climatisation/geothermie.html>, Consulté le 2 février 2019.

International Commission of Agricultural Engineering, 2002, *Climatization of animal houses - Heat and moisture production at animal and house levels*, URL: http://www.cigr.org/documents/CIGR_4TH_WORK_GR.pdf, , consulté le 7 décembre 2018,

Inno. 2018, *GEOBALANCE*, URL :<http://www.inno-plussystems.com/products/geobalance>, consulté le 21 novembre 2018

INRS. 2013, *Intoxication par inhalation de dioxyde de carbone*, URL: <http://www.inrs.fr/dms/inrs/CataloguePapier/DMT/TI-TC-74/tc74.pdf>, consulté le 21 novembre 2018

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). 2017, *CALCUL DU VOLUME DE FUMIER POUR LE DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES D'ENTREPOSAGE*, URL: https://www.irda.qc.ca/assets/documents/Publications/documents/calcul_volume_de_fumier_pour_le_dimensionnement_des_structures.pdf, consulté le 21 novembre 2018

J.C.Moreki. 2015, *Commercial turkey production*, URL: https://www.researchgate.net/publication/228503047_Commercial_Turkey_Production, consulté le 4 octobre 2018

LaTerre de Chez Nous, *Chauffage à la biomasse dans les poulaillers*, URL : <https://www.laterre.ca/utiliterre/equipement/chauffage-a-la-biomasse-dans-les-poulaillers>, consulté le 8 octobre 2018

Les Éleveurs de dindon du Canada, 2010, *LES PROGRAMMES À LA FERME*, URL : <https://www.leseleveursdedindonduncanada.ca/a-la-ferme/programme-de-salubrite-des-aliments-a-la-ferme-des-edcmc/>, consulté le 6 octobre 2018.

Les producteurs d'œufs du Canada, 2016, *Des nouvelles du projet de poulailler net zéro en Alberta*, URL : <https://www.producteursdoeufs.ca/2017/05/des-nouvelles-du-projet-de-poulailler-net-zero-en-alberta/>, consulté le 8 octobre 2018

L'Institut Technique des filières Avicole, Cunicole et Piscicole (ITAVI). 2014, *Les nouveaux modèles d'élevage avicole*, URL: <https://www.itavi.asso.fr/content/les-nouveaux-modeles-delevage-avicole>, consulté le 15 septembre 2018

M.B.K abore, 2014, *ETUDE DU CONDITIONNEMENT D'AIR DANS UN POULAILLER INDUSTRIEL*, URL: http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2130, Consulté le 5 décembre 2018

Météo Média, 2019, Mensuel, URL:

<https://www.meteomedia.com/ca/mensuel/quebec/saguenay?year=2018&month=1&dispt=calend ar-container-monthly>, Consulté le 13 janvier 2019.

Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales (MAAARO). 1993, *Normes d'élevage pour dindons*, URL:

<http://www.MAAARO.gov.on.ca/french/livestock/poultry/facts/93-040.htm>, consulté le 16 septembre 2018

Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales (MAAARO). 2016, *Recommandations de biosécurité pour les troupeaux commerciaux de volaille de l'Ontario*, URL : <http://www.MAAARO.gov.on.ca/french/livestock/poultry/facts/16-048.htm>, consulté le 20 novembre 2018

Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales (MAAARO). 2015, Les exigences en eau du bétail, URL: <http://www.MAAARO.gov.on.ca/french/engineer/facts/07-024.htm#7>, Consulté le 21 novembre 2018

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). 2011, *Monographie de l'industrie de la volaille au Québec*, URL:

<https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Volaille.pdf>, consulté le 16 septembre 2018

National Farm Animal Care Council (CNSAE). 2016, *Code de pratique pour le soin et la manipulation des Œuf d'incubation, reproducteurs, poulets et dindons*, URL :

http://www.nfacc.ca/pdfs/codes/poultry_code_FR.pdf, Consulté le 21 novembre 2018

National Farm animal care council (CNSAE). 2013, CODE DE PRATIQUES POUR LE SOIN ET LA MANIPULATION DES POULETS, DINDONS ET REPRODUCTEURS : REVUE DES ÉTUDES SCIENTIFIQUES RELATIVES AUX QUESTIONS PRIORITAIRES, URL:

https://www.nfacc.ca/resources/codes-of-practice/chickens-turkeys-and-breeders/Poultry_SCReport_Nov2013_fr.pdf, Consulté le 21 novembre 2018

New-Life-Mills. 2016, *Turkey MANAGEMENT GUIDE*, URL :

<http://www.newlifemills.com/wp-content/uploads/2016/10/0116-Mar-2016-turkey-guide-web-version.pdf>, consulté le 21 novembre 2018

OCTOPUS ROBOTS, 2018, *La Gamme*, URL: <http://octopusrobots.com/>, Consulté le 5 décembre 2018

Paysan Breton, 2017, *La litière chauffera les 5800 m2 de poulaillers* , URL: https://www.paysan-breton.fr/2017/03/la-litiere-chauffera-les-5800-m2-de-poulaillers/?fbclid=IwAR0LPKpn7ReQNN8RwnQ_0ymqB8W6STrYwiBZeL9bcMflTf7HaQF06u0JiCI, Consulté le 5 décembre 2018

Rainville, 2019, PROPRIÉTÉS DU PROPANE, URL:

http://www.gazpropanerainville.com/fichiers/CHARTe_PROPRIETE_DU_PROPANE.pdf, Consulté le 18 janvier 2019.

Ressources Naturelle Canada, 2019, Sources d'énergie, URL:
http://www2.nrcan.gc.ca/eneene/sources/pripri/prices_byyear_f.cfm?ProductID=6, Consulté le 6 février 2019.

Rural Renewable Energy Alliance (RREAL). 2014, *Solar Heating for Turkey Barn Ventilation System*, URL : https://www.cleanenergyresourceteams.org/sites/default/files/Cen-RREAL_ToastyTurkeys_FinalReport_ExhibitA.pdf, consulté le 21 novembre 2018

Service de plan Canada, *Poulaillers*, 2001, URL:
https://www.agrireseau.net/documents/Document_93526.pdf, Consulté le 8 octobre 2018

Synagri. 2012, *Vers une gestion efficace des litières: de l'approvisionnement aux technique d'élevage avicole*, URL:
[http://www.bretagne.synagri.com/ca1/PJ.nsf/TECHPJPARCLEF/24889/\\$File/Aviculture-Guide-Gestion-efficace-liti%C3%A8res2012.pdf?OpenElement](http://www.bretagne.synagri.com/ca1/PJ.nsf/TECHPJPARCLEF/24889/$File/Aviculture-Guide-Gestion-efficace-liti%C3%A8res2012.pdf?OpenElement), Consulté le 9 octobre 2018

TECH Élevage. 2017, *ACTUALITES UN ROBOT DE DÉSINFECTION DES POULAILLERS*, URL :<https://www.techelevage.fr/robot-de-desinfection-poulaillers-autonome/>, consulté le 8 octobre 2018

Transition Énergétique Québec, 2019, Biomasse Forestière Résiduelle, URL:
<http://www.transitionenergetique.gouv.qc.ca/clientele-affaires/biomasse-forestiere-residuelle/aide-financiere/#.XG7IAKJKjIV>, Consulté le 22 février 2019

Valacta. 2016, *Litières, quels sont les choix possibles*, URL:
<http://www.valacta.com/FR/services/Documents/Liti%C3%A8re%20quels%20sont%20les%20choix.pdf>, consulté le 21 novembre 2018

WELFARM. 2016, *Dindes*, URL: <https://welfarm.fr/pdf/presse/viededinde/DP-viededinde-welfarm.pdf>, consulté le 19 septembre 2

Annexe 1 : Diagramme des activités

#	Activités/tâches	Session automne 2018																Session hiver 2019																Nombre d'heures				Nombre de semaines
		Septembre				Octobre				Novembre				Décembre				Janvier				Février				Mars				Avril								
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	M1	M2	M3	Total					
1	Paramètres de conception																																					
1.1	Visites de fermes																												20	20	20	60	4					
1.2	Traitement des questionnaires																												5	5	5	15	4					
1.3	Recherche documentations																												20	20	20	60	3					
1.4	Rédaction revue de littérature																												40	20	15	75	7					
1.5	Rédaction et validation du feuillet technique																												35	55	45	135	7					
1.6	Préparation présentation orale																												15	15	30	60	3					
2	Conception de poulailler																																					
2.1	Plan aménagement																												35	30	40	105	4					
2.2	Plan ventilation																												20	30	25	75	4					
2.3	Plan AutoCAD																												25	15	15	55	4					
2.4	Rédaction rapport final																												40	50	45	135	8					
2.5	Préparation présentation orale																												15	10	10	35	3					

M1 : Thierry Therrien-Champagne

M2 : Louis-Étienne Lessard

M3 : Marjorie Guillot

Total : 270 270 270 810

Annexe 2 : Questionnaire

Questionnaire pour les visites de poulaillers de dindon

1. Information de l'élevage

Propriétaire : _____

Téléphone : _____ Courriel : _____

Nom de la ferme : _____

Adresse de la ferme : _____

2. Cheptel

Nombre de têtes/bâtiment : _____

Moyenne de têtes/bâtiment au Québec: _____

Poids moyen à la vente : _____

Type de dindon produit (lourd ou léger): _____

Densité animale : _____

Race : _____

Durée d'élevage : _____

3. Informations sur le(s) bâtiment(s)

Année de construction : _____

Isolation : _____

Système de ventilation : _____

Système de chauffage : _____

Système d'éclairage/ luminosité : _____

Gestion des effluents : _____

Alimentation : _____

Eau : _____

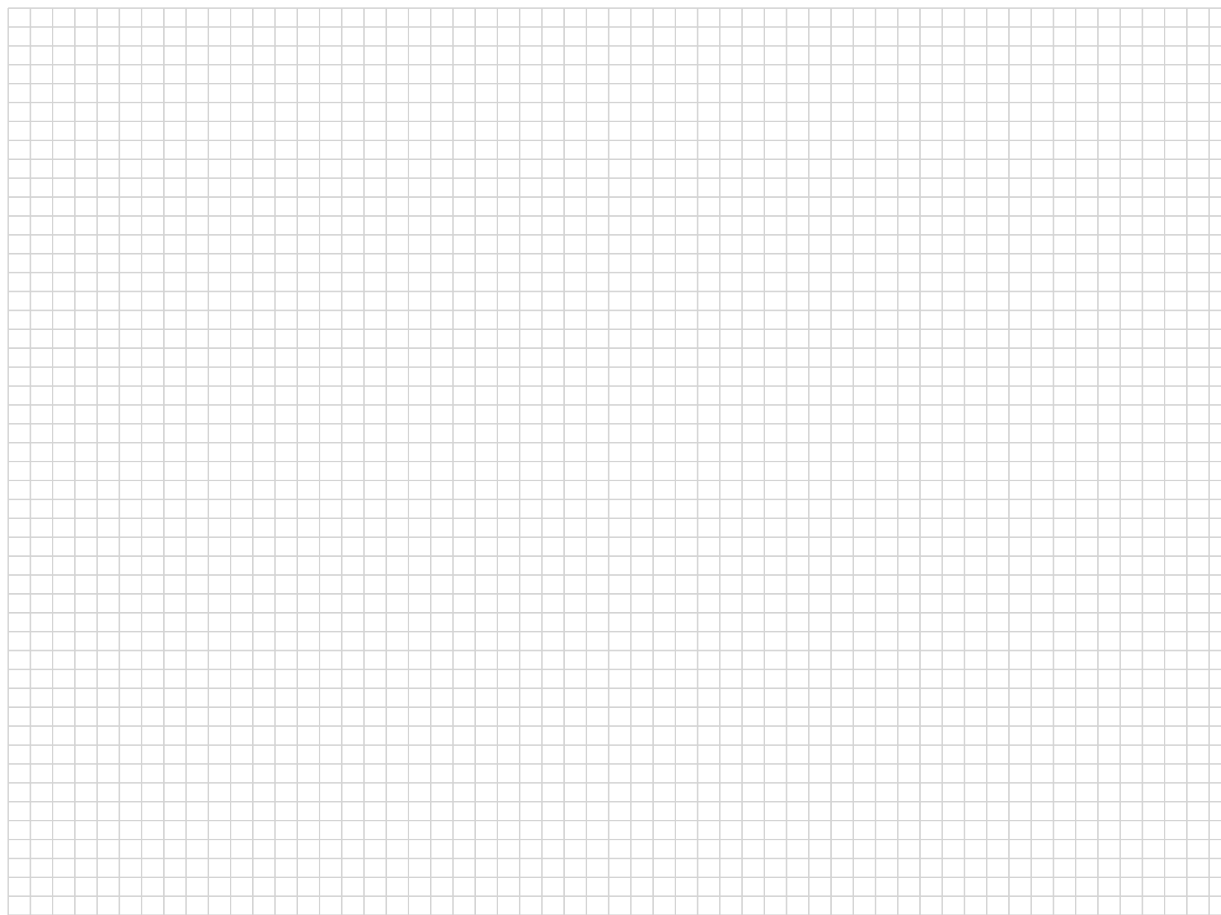
Biosécurité : _____

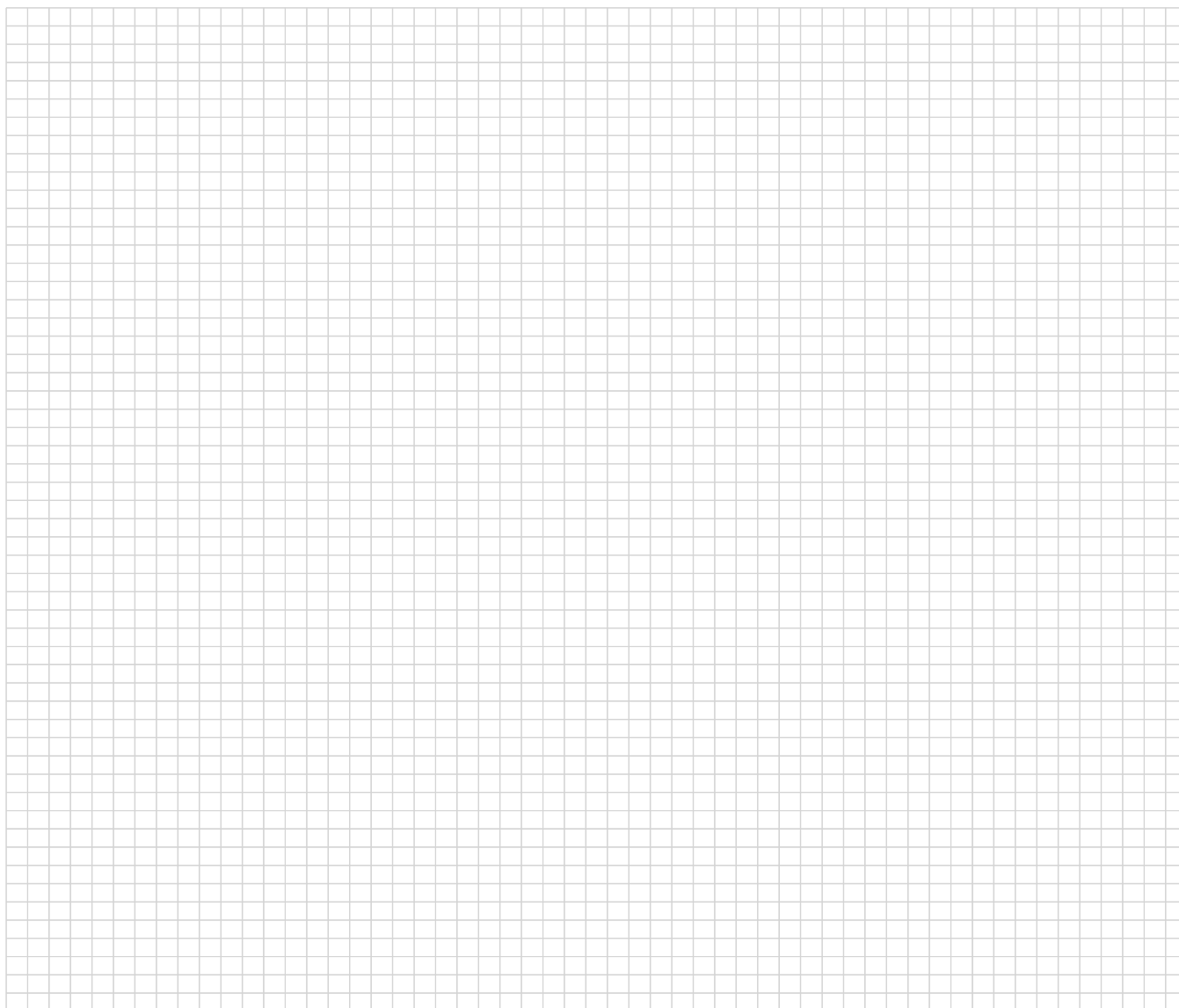
Faiblesses du bâtiment : _____

Points forts du bâtiment : _____

Qu'elles sont les nouvelles tendances dans la production:

Croquis des bâtiments





Points à vérifier :

- Dimensions extérieures
- Dimensions ventilateurs/entrées d'air
- Dimensions des portes de garage
- Hauteur plafond
- Largeur bâtiment
- Longueur bâtiment
- Hauteur abreuvoir
- Hauteur mangeoires

Annexe 3 : Données utilisées pour le feuillet technique

	Littérature	Visite
Donnée agronomique	-	-
Poids moyen dindon lourd (kg)	10,8 et plus	18
Poids moyen dindon léger (kg)	Moins de 6,2	5
Densité dindon lourd (kg/m ²)	50	46
Densité dindon léger (kg/m ²)	40	40
Durée d'élevage lourd (j)	119-140	119
Durée d'élevage léger (j)	70-84	65
Oiseaux/abreuvoir	2,5 cm/oiseau pour auge ou 100 par cloche	36
Type d'abreuvoir	Auge ou cloche	Cloche
Oiseaux/mangeoire	2,5 cm/oiseau pour trémie 12" ou 75 par plateau	27
Type de mangeoire	Trémie ou plateau	Trémie sur soigneur
Nombre de cycles par année (lourd)	2.5	6
Nombre de cycles par année (léger)	4	-
Gestion des nouveaux oiseaux	Tout plein/ tout vide	Tout plein/ tout vide par chambre
Bâtiment	-	-
Ventilation totale min (m ³ /min/kg)	0.03	0.035
Type de ventilation	Latérale	Tunnel et latérale
Vitesse d'air (m/s)	3 à 6	2.54
Type de chauffage	Système centralisé	Éleveuse au propane
Isolation des murs	3.5 RSI	6" laine minérale
Isolation plafond	5.3 RSI	12" cellulose
Lumière (lux)	60 au départ puis 10 en finition	100 pour la première semaine puis 7.5
Hauteur bâtiment (m)	2.75	2.9
Température (°C)	13-33	14-34
Fréquence d'écuration	Après chaque cycle	Après chaque cycle
Revêtement murs	Contreplaqué ou acier	Contreplaqué
Plancher	Béton	Béton
Type de paillage	Paille ou copeaux de bois	Copeaux de bois
Biosécurité	Couvre botte, désinfectant et entrée danoise	Couvre botte, désinfectant et entrée danoise

Annexe 4 : Calculs de structure

Calcul des charges pour l'étage

0. Informations générales

Projet

Entreprise: Projet dindon
Contact: CRSAD
projet: N/A
Région: Capitale-National
Localité: Deschambault

Géométrie du bâtiment

Largeur bâtiment =	41 pi	4 po	=	12,5984 m
Largeur corniche =	2 pi	0 po	=	0,6096 m
Largeur totale =	45 pi	4 po	=	13,8176 m
Longueur bâtiment =	332 pi	0 po	=	101,1936 m
Longueur excédage =	2 pi	0 po	=	0,6096 m
Longueur totale =	336 pi	0 po	=	102,4128 m
Pente du toit =	5	:	12	= 22,61986495 °
Hauteur toit =	9,375 pi	0,833333333 po	=	2,878666667 m
Hauteur mur =	10 pi	0 po	=	3,048 m
Hauteur moy. hors-sol =	0 pi	0 po	=	0 m
Hauteur totale =	19,375 pi	0,833333333 po	=	5,926666667 m

Vérification faible occupation

Nombre d'occupant =	2	personne(s)	
Nombre d'étage =	1		
Aire de plancher/étage =	13722,66667	pi ²	= 1274,87745 m ²
Aire max/etage =			= 4800 m ²
Nombre d'occupant max/etage =			= 31,87193626

Bâtiment de faible occupation ? VRAI

1. Charges permanentes, D

Toiture	pente = $\tan^{-1}(\theta)$ =		22,62 °		
	Épaisseur	Poids unitaire	Poid	Références & notes	
	mm	(N/m ²)/mm	N/m ²		
Membrane supérieure					
Acier ondulé (24 ga.) 0,6 mm			70	WDM 2010 table 11.25b	
Lattage revêtement toit 38x89 mm @ 400 mm c/c			70		
Liens continus & contreventement 19x89 mm			20		
Ferme de toit @ 600 mm c/c			100	WDM 2010 table 11.25b	
Sout-total			260	Hypothèse	
	/cos(θ)		281,7		
Membrane inférieure					
Ferme de toit @ 24" (600 mm) c/c			100	Hypothèse	
Liens continus & contreventement 19x89 mm			20	WDM 2010 table 11.25b	
Isolant en vrac R40 (300 mm)	300	0,5	150	WDM 2010 table 11.25b	
OSB 1/2" (12,7 mm)	12,7	7	88,9		
Pare-vapeur polyéthylène 0,006" (0.15 mm)			0	Négligeable	
Lattage revêtement plafond 19x89 mm			20	WDM 2010 table 11.25b	
Contreplaqué 1/2" (12,7 mm)	12,7	5	63,5	WDM 2010 table 11.25b	
Revêtement de plastique 0,040" (1,5 mm)	1,5	10	15	WDM 2010 table 11.27	
Mécanique, électricité, plomberie, équipement, etc.			15	Hypothèse	
Sout-total			472,4		
Total			754,1 Pa		
			0,75 kPa		
Ferme de noues					
Ferme de noues @ 600 mm c/c			0	Hypothèse	
Lattage de noues toit 38x89 mm @ 200 mm c/c			0	WDM 2010 table 11.25b	
Sout-total			0		

Murs extérieurs				
	Épaisseur mm	Poids unitaire (N/m ²)/mm	Poid N/m ²	Références & notes
Acier ondulé (24 ga.) 0,6 mm			70	WDM 2010 table 11.25b
Lattage revêtement 19x64 mm @ 400 mm c/c			20	WDM 2010 table 11.25b
Pare-air type Typek			0	Négligeable
OSB 1/2" (12.7 mm)	12,7	7	88,9	WDM 2010 table 11.25b
Colombage É-P-S 38x140 mm @ 600 mm c/c			73,41	WDM 2010 table 11.25b, Colombage 38x89 @ 400 = 70 N/m ² --> 38x140 @ 600 = 70* (140/89)*(400/600)
Isolant en nattes de laine minérale R20 (140 mm)	140	0,2	28	WDM 2010 table 11.25b
Pare-vapeur polyéthylène 0.15 mm			0	Négligeable
Lattage revêtement 19x64 mm @ 400 mm c/c			20	WDM 2010 table 11.25b
Contreplaqué 3/8" (9 mm)	9	5	45	WDM 2010 table 11.25b
Revêtement de plastique 0,1" (3mm)	3	10	30	WDM 2010 table 11.27
Mécanique, électricité, divers			15	Énoncé du travail
Total			390,3	
			0,4 kPa	

2. Charges dues à la neige et à la pluie, S

Références & notes

Localisation du bâtiment

Province	Québec
Région	Capitale-Nationale
Localité de référence	Portneuf
Source	SMC

Localisation au nord de la limite des arbres?

non

CNB 2010 4.1.6.2

Équation

$$S = I_s [S_s (C_b \cdot C_w \cdot C_s \cdot C_a) + S_r]$$

CNB 2010 4.1.6.2.1)

Coefficient de risque de la charge de neige, I_s

Catégorie de risque	Faible		CNB 2010 Tableau 4.1.2.1 et CNB 2010 A-Tableau 4.1.2.1.
État limite	À l'ultime	En service	
I_s	0,8	0,9	

Charge de neige au sol, S_s , récurrence 1/50

S_s	3,2	kPa	CNB 2010 Annexe C Tableau C-2
-------	-----	-----	-------------------------------

Charge correspondante due à la pluie, S_r , récurrence 1/50

S_r	0,60	kPa	CNB 2010 Annexe C Tableau C-2
-------	------	-----	-------------------------------

Coefficient de charge de neige sur le toit, C_b

CNB 2010 4.1.6.2.2)

w:	Plus petite dimension horizontale du toit	13,8176	m	Je considère les dimensions du rectangle principale formant le bâtiment.
l:	Plus grande dimension horizontale du toit	102,4128	m	
$l_c = 2w - w^2/l$	Dimension type du toit	25,77	m	
C_b	0,8			CNB 2010 4.1.6.2.2)

Coefficient d'exposition au vent, C_w

Catégorie de risque	Faible	CNB 2010 4.1.6.2.3) et 4)
---------------------	--------	---------------------------

Le bâtiment est exposé, et devrait le demeurer, sur toutes ses faces au vent qui souffle sur un terrain à découvert, c'est-à-dire un terrain plat comportant seulement des bâtiments, des arbres ou d'autres obstacles dispersés, des étendues d'eau ou leur littoral.

non

CNB 2010 4.1.6.2.4)a)

La surface du toit est exposée au vent sur toutes ses faces.

oui

CNB 2010 4.1.6.2.4)b)

Aucun obstacle, comme des parapets, ne se trouve à une distance de moins de 10 fois la différence entre la hauteur de l'obstacle et $C_b \cdot C_w \cdot S_s / \gamma$

oui

CNB 2010 4.1.6.2.4)b)

Distance de l'obstacle (D)

0,00

m

Hauteur de l'obstacle (h)

0,00

m

C_b

0,80

C_w

0,75

CNB 2010 4.1.6.2.3) et 4)

S_s

3,20

kPa

Poids unitaire de la neige au sol (γ)

3,58

kN/m³

CNB 2015 4.1.6.13

$10 \cdot (h - (C_b \cdot C_w \cdot S_s / \gamma))$

-5,37

m

La charge n'est pas due à l'accumulation de la neige provenant de surfaces de toit adjacentes plus élevées.

oui

C_w	1,00
-------	------

CNB 2015 4.1.6.2.3) et 4)

Si toutes les conditions sont remplies le coefficient peut être diminué.

Coefficient de pente, C_s

CNB 2010 4.1.6.2.5) à 7)

Angle du toit 22,62 °

Toit glissant sans sur lequel la neige et la glace ne peuvent s'accumuler?

non

Charge de neige plus importante aux noues?

non

Augmentation des charges de neige ou de glace due à un glissement de la neige ou à l'écoulement de l'eau de fonte de toit adjacents?

non

C _s	1,00
----------------	------

CNB 2015 4.1.6.2 5) à 7)
Doit être égale à 1 pour les cas de charges accrues.
Figure G-1 Guide de l'utilisateur CNB 2010

Coefficient d'accumulation, C_a

Toit à 2 versants, 1 versant et toiture-terrasse

CNB 2015 4.1.6.2.8), Commentaires G 20-42, Figure G-1

Angle du toit 22,62 °
Toit à deux versants? oui
Toit à un seul versant? non
Toiture-terrasse? non

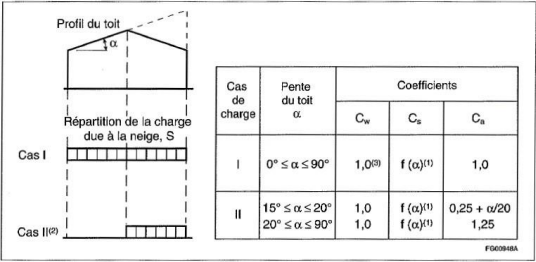
	Cas I	Cas II
C _a	1,0	1,250

CNB 2010 4.1.6.2.1)

Charge spécifiée due à la neige, S
S = I_s [S_s(C_b*C_w*C_s*C_a)+S_r]

S _s	3,20
C _b	0,80
C _w	1,00
C _s	1,00
C _a Cas I	1,00
C _a Cas II	1,25
S _r	0,60
S _{Cas I}	3,16 kPa
S _{Cas II}	3,80 kPa

NON PONDÉRÉE



3. Charges dues au vent, P (éléments structuraux- méthode statique)

Références & notes

Méthode de calcul

Selon la Figure I-1 du Guide de l'utilisateur du CNB 2010, la méthode statique est utilisée.

Localisation du bâtiment

Province	Québec
Région	Capitale-Nationale
Localité de référence	Portneuf
Source	SMC

Équation

$$p = I_w \cdot q \cdot C_e \cdot C_s \cdot C_{pe} \cdot C_{pi}$$

CNB 2010 4.1.7.1.

Coefficient de risque de la charge due au vent, I_w

Catégorie de risque	Faible
État limite	À l'ultime En service
I_w	0,80 0,75

CNB 2010 4.1.7.1. et tableau 4.1.7.1

Pression dynamique de référence, q

CNB 2010 Annexe C Tableau C-2

période de récurrence	1/10
q	0,32 kPa

Coefficient d'exposition, C_e

CNB 2010 4.1.7.2.5) et Guide de l'utilisateur CNB 2010

Hauteur moyenne hors-sol =	0,000 m		
Hauteur de mur =	3,048 m		
Hauteur de toit =	2,879 m		
Hauteur totale du bâtiment (H)	5,927 m	< 20 m ?	VRAI
Plus petite dimension en plan (D _s)	13,818 m	> H total ?	VRAI
Ratio H/D _s	0,43	H/D _s < 1 et H < 20 m, Figure I-7 à I-14 sont bonnes	

Hauteur de référence, h

Murs	1,524 m	mi-hauteur de l'élément au-dessus du sol
Toit	4,487 m	mi-hauteur de l'élément au-dessus du sol
Bâtiment	6,00 m	mi-hauteur du toit au-dessus du niveau moyen de sol, sans être inférieure à 6 m.

CNB 2015 4.1 Hauteur de référence (h)	Pe	Pi	6,00	6,00
CNB 2015 4.1.7.4.7)				

Type de terrain

Découvert Terrain plat comportant seulement des bâtiments, des arbres ou d'autres obstacles dispersés, des étendues d'eau ou leur littoral.

C_{eo}	Pe	Pi	0,903	0,903	$C_{eo} = (h/10)^{0.2} \geq 0.9$
----------	----	----	-------	-------	----------------------------------

Rugueux

Une banlieue, une zone urbaine ou un terrain boisé qui part du bâtiment contre le vent et qui est ininterrompu sur une distance d'au moins 1 km ou 20 fois la hauteur bâtiment, selon la valeur la plus élevée.

C_{eo}	Pe	Pi	0,700	0,700	$C_{eo} = 0.7 \cdot (h/12)^{0.3} \geq 0.7$
----------	----	----	-------	-------	--

Changement de terrain

La nature du terrain change à une distance du bâtiment inférieure à 1 km ou 20 fois la hauteur du bâtiment, selon la plus élevée.

non

x_r	m	Distance du changement de terrain
-------	---	-----------------------------------

C_{eo} = valeur à déterminer

Coefficient d'exposition

C_e	Pe	Pi	0,90	0,90
-------	----	----	------	------

Coefficient topographique, C_t

CNB 2010 4.1.7.2.5) et Guide de l'utilisateur CNB 2010

Coefficient de rafale, C_{pe} , et coefficient de pression extérieure, C_p

Murs

Hauteur moyenne hors-sol =	0,000 m
Hauteur de mur =	3,048 m
Hauteur de toit =	2,879 m
Hauteur totale du bâtiment	5,927 m
Plus petite dimension horizontale	13,818 m
Hauteur (H)	3,048 m
Hauteur de référence (h)	6,00 m

Calcul de z

10% de la plus petite dimension horizontale	1,382 m
40% de la hauteur H	1,219 m
4% de la plus petite dimension horizontale	0,553 m
Valeur minimale	1 m
z	1,22 m

Calcul de la surface tributaire

Espacement théorique des éléments structuraux = 0,610 m

Surface tributaire = Hauteur mur * espacement = 1,86 m²

$C_s \cdot C_{pe}$	zone e	zone w	Pression
	1,74	1,74	
	-2,09	-1,79	Succion

Toit

Deux versants			
Pente du toit	22,62 °	7 < θ < 45	VRAI

Calcul de z

Guide de l'utilisateur CNB 2010 Figure I-8

z 1,22 m

Calcul de la surface tributaire

Figure 4.1.7.6-B
Valeurs extérieures de points du produit C_{pe} mesurées sur un mur pour le calcul des composants structuraux secondaires et du revêtement extérieur
Faisant partie intégrante du paragraphe 4.1.7.6.3)

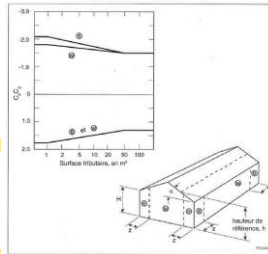


Figure 4.1.7.6-E

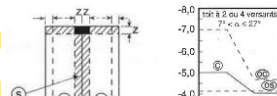
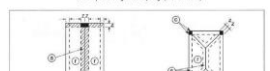
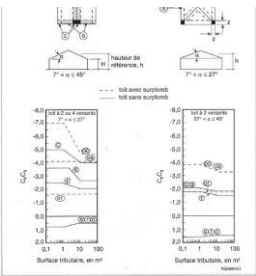
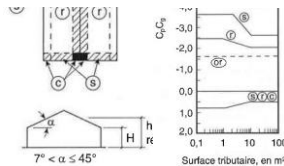


Figure 4.1.7.6-F
Valeurs extérieures de points du produit C_{pe} mesurées sur un toit à 2 versants ou en croupe à pente égale dont la pente est supérieure à 7° pour le calcul des composants structuraux et du revêtement extérieur
Faisant partie intégrante du paragraphe 4.1.7.6.3)



Espacement théorique des éléments structuraux = 0,610 m
Longueur de la toiture = 7,485 m
Surface tributoire = Longueur * espacement = 4,57 m²



Système structural principal

Pente du toit = 22,62 °
Hauteur de référence (h) = 6,00 m
z = 1,219 m

Calcul de y

Distance 1er élément = 0,61 m
2z = 2,4384 m
Valeur minimale = 6 m
y = 6 m

Cas A : calcul des coefficients

Pente	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E
0 à 5	0,75	1,15	-1,3	-2	-0,7	-1	-0,55	-0,8
20	1	1,5	-1,3	-2	-0,9	-1,3	-0,8	-1,2
30 à 45	1,05	1,3	0,4	0,5	-0,8	-1	-0,7	-0,9
90	1,05	1,3	1,05	1,3	-0,7	-0,9	-0,7	-0,9

Zone de toit	1	2	3	4
Cs * Cp	1,013	-0,855	-0,874	-0,774

Zone de toit	1E	2E	3E	4E
Cs * Cp	1,448	-1,345	-1,221	-1,121

Cas B : calcul des coefficients

Zone de toit	1	2	3	4	5	6
Cs * Cp	-0,85	-1,3	-0,7	-0,85	0,75	-0,55

Zone de toit	1E	2E	3E	4E	5E	6E
Cs * Cp	-0,9	-2,0	-1,0	-0,9	1,15	-0,8

Coefficient de rafale intérieure, Cgi

Volume intérieur = 3885,82647 m³
Aire des ouvertures extérieures = 20 m²

Cgi = 2,00

Coefficient de pression intérieure, Cpi

Catégories de bâtiment

Description	Description
Catégorie 1	Bâtiment qui ne comportent pas de grandes ouvertures, mais de petites ouvertures réparties uniformément et représentant moins de 0.1 % de la surface totale du bâtiment. non
Catégorie 2	Bâtiments où les grandes ouvertures peuvent être fermées pendant les tempêtes, mais dont les infiltrations par l'enveloppe ne sont pas nécessairement réparties uniformément. oui
Catégorie 3	Bâtiments qui ont des ouvertures importantes qui risquent fort de demeurer ouvertes pendant une tempête. non

Cpi	0,30 Pression
	-0,45 Suction

Pression extérieure spécifiée Pe

pe= iw*q*Cse*Cse*Cse

Murs

Zone e	Zone w
q	0,32
Ce	0,90
Cs * Cp	1,74
Cs * Cp	-2,09
Pression Pe	0,503 kPa
Suction Ps	-0,604 kPa

Toit

Zone c	Zone s	Zone r
q	0,32	q
Ce	0,90	Ce
Cs * Cp	0,63	Cs * Cp
Suction Cs * Cp	-4,49	Cs * Cp
Cs * Cp	-5,76	Cs * Cp
Pression Pe	0,183 kPa	Pe
Suction Ps	-1,297 kPa	Ps
Suction surpl Ps	-1,664 kPa	Ps

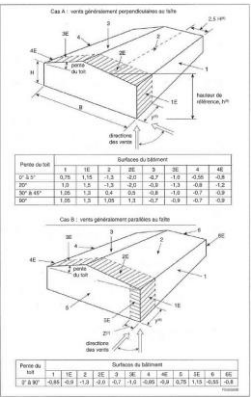
Système structural principal

q 0,32 kPa
Ce 0,90

Cas A

Zone de toit	1	2	3	4
Cs * Cp	1,013	-0,855	-0,874	-0,774
Pe	0,293	-0,247	-0,252	-0,224

Zone de toit	1E	2E	3E	4E
Cs * Cp	1,448	-1,345	-1,221	-1,121
Pe	0,418	-0,389	-0,353	-0,324



Cas B

Zone de toit	1	2	3	4	5	6
C _g *C _g	-0,85	-1,3	-0,7	-0,85	0,75	-0,55
P _e (kPa)	-0,246	-0,376	-0,202	-0,246	0,217	-0,159

Zone de toit	1E	2E	3E	4E	5E	6E
C _g *C _g	-0,9	-2,0	-1,0	-0,9	1,15	-0,8
P _e (kPa)	-0,260	-0,578	-0,289	-0,260	0,332	-0,231

Pression intérieure spécifiée Pe
pi= Iw*q*C_g*C_{pe}*C_{pi}

Murs ettoit

q	0,32
C _q	0,90
C _{qf}	2,00
C _{pi}	0,30
C _{pe}	-0,45
P _e	0,173 kPa
P _e	-0,260 kPa

Pression résultante, P
P = P_{ext} - P_{int}

Murs

	Zone e			Zone w		
	P extérieure	P intérieure	P résultante	P extérieure	P intérieure	P résultante
Pression	0,503	0,173	0,330 kPa	0,503	0,173	0,330 kPa
	0,503	-0,260	0,763 kPa	0,503	-0,260	0,763 kPa
Suction	-0,604	0,173	-0,777 kPa	-0,519	0,173	-0,692 kPa
	-0,604	-0,260	-0,344 kPa	-0,519	-0,260	-0,259 kPa

Toit

	Zone c			Zone s			Zone r		
	P extérieure	P intérieure	P résultante	P extérieure	P intérieure	P résultante	P extérieure	P intérieure	P résultante
Pression	0,183	0,173	0,010 kPa	0,183	0,173	0,010 kPa	0,183	0,173	0,010 kPa
	0,183	-0,260	0,443 kPa	0,183	-0,260	0,443 kPa	0,183	-0,260	0,443 kPa
Suction	-1,297	0,173	-1,470 kPa	-0,887	0,173	-1,061 kPa	-0,638	0,173	-0,811 kPa
	-1,297	-0,260	-1,037 kPa	-0,887	-0,260	-0,627 kPa	-0,638	-0,260	-0,378 kPa
Suction a	-1,664	0,173	-1,837 kPa	-1,199	0,173	-1,372 kPa	-0,477	0,173	-0,650 kPa
	-1,664	-0,260	-1,404 kPa	-1,199	-0,260	-0,939 kPa	-0,477	-0,260	-0,217 kPa

Système structural principal

Pente du toit	22,62 °
Hauteur toit	2,879 m
Hauteur mur	3,048 m

Cas A : charge résultante à la sablière

Zone de toit	1	2	3	4
Pe (kN/m)	0,446	-0,711	-0,727	-0,341

P résultante = 0,803 kN/m

Zone de toit	1E	2E	3E	4E
Pe (kN/m)	0,637	-1,119	-1,016	-0,494

P résultante = 1,028 kN/m

Cas B : charge résultante à la sablière

Zone de toit	1	2	3	4	5	6
Pe (kN/m)	-0,374	-1,081	-0,582	-0,374	0,642	-0,471

P résultante = -0,499 kN/m 1,113 kN/m

Zone de toit	1E	2E	3E	4E	5E	6E
Pe (kN/m)	-0,396	-1,663	-0,832	-0,396	0,985	-0,685

P résultante = -0,832 kN/m 1,670 kN/m

Calcul des charges du bas

Système structural principal

Pente du toit = 22,62 °
Hauteur toit = 2,879 m
Hauteur mur du bas = 3,048 m
Hauteur mur du haut = 3,048 m

Cas A : charge résultante à la sablière

Zone de toit	1	2	3	4
Pe (kN/m)	0,892	-0,376	-0,385	-0,681
P résultante =	1,582 kN/m			

Zone de toit	1E	2E	3E	4E
Pe (kN/m)	1,275	-0,592	-0,538	-0,988
P résultante =	2,208 kN/m			

Cas B : charge résultante à la sablière

Zone de toit	1	2	3	4	5	6
Pe (kN/m)	-0,749	-0,572	-0,308	-0,749	0,660	-0,484
P résultante =	-0,264 kN/m			1,145 kN/m		

Zone de toit	1E	2E	3E	4E	5E	6E
Pe (kN/m)	-0,793	-0,881	-0,440	-0,793	1,013	-0,705
P résultante =	-0,440 kN/m			1,717 kN/m		

Tableau résumé

Paramètres de conception de la toiture

Codes et normes applicable

Code national de construction des bâtiments agricoles - Canada 1995

Code national du bâtiment - Canada 2010 (partie 4)

TPIC 2014 Truss Design Procedure and Specifications

CSA O86-14 Règle de calcul des charpentes en bois

Projet: N/A

Date: 2019-04-05

Information bâtiment

Région:

Capitale-National

Localité:

Deschambault

Catégorie de risque:

Faible

Charges appliquées sur la toiture (non-pondérées)

1. Charges permanentes, D

Membrure supérieure =	0,28 kPa	5,88 lb/pi ²
Membrure inférieure =	0,47 kPa	9,86 lb/pi ²
total =	0,75 kPa	15,74 lb/pi ²
Surcharge de noue =	0,00 kPa	0,00 lb/pi ²

2. Charges dues à la neige et à la pluie, S

Ville de référence =	Portneuf SMC
Récurrence =	1/50 ans
S _e =	3,20 kPa66,82 lb/pi ²
S _w =	0,60 kPa12,53 lb/pi ²
I _s =	0,8 ELU
	0,9 ELS

Calculs et répartition des charges totales et partielles selon les cas de figure du CNB.
Voir diagrammes d'accumulation.

3. Charges dues au vent, W

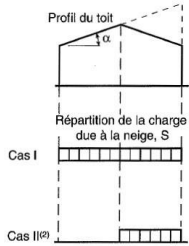
Ville de référence =	Portneuf SMC
Récurrence =	1/10 ans
Pression dynamique q _{1/10} =	0,32 kPa6,68 lb/pi ²
I _w =	0,80 ELU
	0,75 ELS
Type de terrain =	Découvert
Pression intérieure =	Catégorie 2

5. Critère de déformation

Surcharges	L/360
Charges totales	L/180

*Toutes les charges sont non-pondérées

Diagramme d'accumulation de la zone de toit à 2 versants



Zone de toit	Cas de charge	Pente du toit	Coefficients			Charge spécifiée, S	
			C _w	C _s	C _e	kPa	psf
I	I	5/12	1,00	1,00	1,00	3,16	65,98
I	II	5/12	1,00	1,00	1,25	3,80	79,34

*Toutes les charges sont non-pondérées

1. Combinaison de charges

États limites ultimes (ÉLU)

Charges de gravité

D =	0,75 kpa	Unité de référence: kpa
L =	0 kpa	
S _I =	2,528 kpa	
S _{II} =	3,04 kpa	

Charges de vent

Zone			
Pression		Succion	
W _{PV}	0,3544 kpa	W _{SV}	-0,6488 kpa
W _{PH}	0,6104 kpa	W _{SH}	-0,5536 kpa

Combinaisons à l'ÉLU

Combinaison	Équation	Calcul	KD	/KD
1a	1.4D	1,05 kpa	0,65	1,61538462
2a	1.25D + 1.5L	0,9375 kpa	1	0,9375
2b	1.25D + 1.5L + 0.5S _I	2,2015 kpa	1	2,2015
2b-2	1.25D + 1.5L + 0.5S _{II}	2,4575 kpa	1	2,4575
2c	1.25D + 1.5L + 0.4W _{PV}	1,07926 kpa	1,15	0,93848696
	0.4W _{PH}	0,24416 kpa	1,15	0,21231304
2d	0.9D + 1.5L + 0.4W _{SV}	0,41548 kpa	1,15	0,36128696
	0.4W _{SH}	-0,22144 kpa	1,15	-0,19255652
3a	1.25D + 1.5S _I	4,7295 kpa	1	4,7295
3a-2	1.25D + 1.5S _{II}	5,4975 kpa	1	5,4975
3b	1.25D + 1.5S _I + 0.5L	4,7295 kpa	1	4,7295
3b-2	1.25D + 1.5S _{II} + 0.5L	5,4975 kpa	1	5,4975
3c	1.25D + 1.5S _I + 0.4W _{PV}	4,87126 kpa	1,15	4,23587826
	0.4W _{PH}	0,24416 kpa	1,15	0,21231304
3c-2	1.25D + 1.5S _{II} + 0.4W _{PV}	5,63926 kpa	1,15	4,90370435
	0.4W _{PH}	0,24416 kpa	1,15	0,21231304
3d	0.9D + 1.5S _I + 0.4W _{PV}	4,60876 kpa	1,15	4,00761739
	0.4W _{PH}	0,24416 kpa	1,15	0,21231304
3d-2	0.9D + 1.5S _{II} + 0.4W _{PV}	5,37676 kpa	1,15	4,67544348
	0.4W _{PH}	0,24416 kpa	1,15	0,21231304
4a	1.25D + 1.4W _{PV}	1,43366 kpa	1,15	1,24666087
4b	1.4W _{PH}	0,85456 kpa	1,15	0,74309565
	0.9D + 1.4W _{SV}	-0,23332 kpa	1,15	-0,20288696
4c	1.4W _{SH}	-0,77504 kpa	1,15	-0,67394783
	1.25D + 1.4W _{PV} + 0.5L	1,43366 kpa	1,15	1,24666087
4d	1.4W _{PH}	0,85456 kpa	1,15	0,74309565
	0.9D + 1.4W _{SV} + 0.5L	-0,23332 kpa	1,15	-0,20288696
4e	1.4W _{SH}	-0,77504 kpa	1,15	-0,67394783
	1.25D + 1.4W _{PV} + 0.5S _I	2,69766 kpa	1,15	2,3457913
4e-2	1.4W _{PH}	0,85456 kpa	1,15	0,74309565
	1.25D + 1.4W _{PV} + 0.5S _{II}	2,95366 kpa	1,15	2,5684
4f	1.4W _{PH}	0,85456 kpa	1,15	0,74309565
	0.9D + 1.4W _{SV} + 0.5S _I	1,03068 kpa	1,15	0,89624348
4f-2	1.4W _{SH}	-0,77504 kpa	1,15	-0,67394783
	0.9D + 1.4W _{SV} + 0.5S _{II}	1,28668 kpa	1,15	1,11885217
4f-2	1.4W _{SH}	-0,77504 kpa	1,15	-0,67394783

La combinaison des charges L et S n'est pas considéré pour la toiture

La combinaison des charges L et S n'est pas considéré pour la toiture

Max charge ponctuelle

La combinaison des charges L et S n'est pas considéré pour la toiture

La combinaison des charges L et S n'est pas considéré pour la toiture

Max charge ponctuelle + charge latérale

Max charge latérale + charge ponctuelle

États limites de tenue en service (ÉLS)

Charges de gravité

D =	0,75 kN
L =	0 kN
S _I =	2,844 kN
S _{II} =	3,42 kN

Charges de vent

Zone			
Pression		Succion	
W_{PV}	0,33225 kpa	W_{SV}	-0,60825 kpa
W_{PH}	0,57225 kpa	W_{SH}	-0,519 kpa

Combinaisons à l'ÉLS

Combinaison	Équation	Calcul
1a	1.0D	0,75 kpa
2a	1.0D + 1.0L	0,75 kpa
2b	1.0D + 1.0L + 0.5S _I	2,172 kpa
2b-2	1.0D + 1.0L + 0.5S _{II}	2,46 kpa
2c	1.0D + 1.0L + 0.4W _{PV}	0,8829 kpa
	0.4W _{PH}	0,2289 kpa
2d	1.0D + 1.0L + 0.4W _{SV}	0,5067 kpa
	0.4W _{SH}	-0,2076 kpa

La combinaison des charges L et S n'est pas considéré pour la toiture

La combinaison des charges L et S n'est pas considéré pour la toiture

3a	1.0D + 1.0S _I	3,594 kpa
3a-2	1.0D + 1.0S _{II}	4,17 kpa
3b	1.0D + 1.0S _I + 0.5L	3,594 kpa
3b-2	1.0D + 1.0S _{II} + 0.5L	4,17 kpa
3c	1.0D + 1.0S _I + 0.4W _{PV}	3,7269 kpa
	0.4W _{PH}	0,2289 kpa
3c-2	1.0D + 1.0S _{II} + 0.4W _{PV}	4,3029 kpa
	0.4W _{PH}	0,2289 kpa
3d	1.0D + 1.0S _I + 0.4W _{SV}	3,3507 kpa
	0.4W _{SH}	-0,2076 kpa
3d-2	1.0D + 1.0S _{II} + 0.4W _{SV}	3,9267 kpa
	0.4W _{SH}	-0,2076 kpa

La combinaison des charges L et S n'est pas considéré pour la toiture

La combinaison des charges L et S n'est pas considéré pour la toiture

4a	1.0D + 1.0W _{PV}	1,08225 kpa
	1.0W _{PH}	0,57225 kpa
4b	1.0D + 1.0W _{SV}	0,14175 kpa
	1.0W _{SH}	-0,519 kpa
4c	1.0D + 1.0W _{PV} + 0.5L	1,08225 kpa
	1.0W _{PH}	0,57225 kpa
4d	1.0D + 1.0W _{SV} + 0.5L	0,14175 kpa
	1.0W _{SH}	-0,519 kpa
4e	1.0D + 1.0W _{PV} + 0.5S _I	2,50425 kpa
	1.0W _{PH}	0,33225 kpa
4e-2	1.0D + 1.0W _{PV} + 0.5S _{II}	2,79225 kpa
	1.0W _{PH}	0,57225 kpa
4f	1.0D + 1.0W _{SV} + 0.5S _I	1,56375 kpa
	1.0W _{SH}	-0,519 kpa
4f-2	1.0D + 1.0W _{SV} + 0.5S _{II}	1,85175 kpa
	1.0W _{SH}	-0,519 kpa

Calcul Étage

Colombage

Données

L=	3,05 m
Espacement =	0,6 m
L _{tributaire} =	6,91 m

Combinaisons ELU

3a-2	1.25D + 1.5SII	5,4975 kpa
------	----------------	------------

3c-2	1.25D + 1.5SII + 0.4WPV 0.4WPH	5,63926 kpa 0,24416 kPa
------	-----------------------------------	----------------------------

4e-2	1.25D + 1.4WPV + 0.5SII 1.4WPH	2,95366 kpa 0,85456 kpa
------	-----------------------------------	----------------------------

Combinaisons ELU

4e-2	1.0D + 1.0WPV + 0.5SII 1.0WPH	2,79225 kpa 0,57225 kpa
------	----------------------------------	----------------------------

Ultime

Combinaison 1	Max charge ponctuelle
Pf=	22,792635 kN
Combinaison 2	Max charge ponctuelle + Charge latérale
pf=	23,38037196 kN
Wf=	0,146496 kN/m

Combinaison 3	Max charge latérale + charge ponctuelle
Pf=	12,24587436 kN
Wf=	0,146496 kN/m

Service

Combinaison 4	
Pf=	11,5766685 kN
Wf=	0,34335 kN/m

Prédimensionnement

Combinaison 1	Max charge ponctuelle
Pf=	22,792635 kN
Liste de contrôle	WDM 2017 P.147
Table	WDM 2017 P. 154
Choix:	
S-P-F	
No1/No2	
L=	3,05 m
b=	38 mm
d=	140 mm
Combinaison 2	Max charge ponctuelle + Charge latérale
pf=	23,38037196 kN
Wf=	0,146496 kN/m
Combinaison 3	Max charge latérale + charge ponctuelle
Pf=	12,24587436 kN
Wf=	0,146496 kN/m

Liste de contrôle WDM 2017 P.253

Table WDM 2017 P.262

Choix:
S-P-F
No1/No2
L= 3,05 m
b= 38 mm
d= 140 mm
e/d

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la compression

art. 6.5.6,2,3

Longueur effective

Ke=	1	
Leb=	0	Retenu latéralement par OSB
Led=	3,05	

Élancement

Ccb=	0	Retenu latéralement par OSB
Ccd=	21,78571429 <	50
Cc=	21,78571429	

$$Pr = \phi \times FC \times A \times KZc \times KC$$

Ø=	0,8		
FC= fC (KD x KH x KSC x KT)			
fC =	11,5 MPa	S-PF No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée normale	Tab 5,3,2,2
KD=	1,15	Courte durée	Tab 5,3,2,2
KH=	1,1	Classé visuellement cas 2	Tab 6,4,4
KSC=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT=	1	Non traité	Tab 6,4,3
FC=	12,65 MPa	Durée normale	
FC=	14,5475 MPa	Courte durée	
A=	5320 mm ²		
KZc=	1,167844247 <	1,3	
E05=	6500 Mpa	S-PF No1/No2	Tab 6,3,1A
KSE	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3
KC=	0,598285262	Durée normale	
KC=	0,564283134	Courte durée	
Pr=	37,61710548 kN	Durée normale	
Pr=	40,80111021 kN	Courte durée	

2. Vérification de la résistance à la flexion

art. 6.5.4

Mr=Ø x Fb x S x KZb x KL			
Ø =	0,9		
Fb= fb (KD x KH x Ksb x KT)			
fb=	11,8 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
KD=	1,15	Courte durée	Tab 5,3,2,2
KH=	1,4	Classé visuellement cas 2	Tab 6,4,4
Ksb	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3
Fb=	16,52 MPa	Durée normale	
Fb=	18,998 MPa	Courte durée	
S=	124133,3333 mm ³		
Kzb=	1,4	Plus grande dim =	140
		plus petite dim=	38

Tab 6,4,5

KL=	1	d/b=	3,68421053 ≤ 6,5	Tab 6,5,4,2,1
Mr=	2,58386016 kN m	Durée normale		
Mr=	2,971439184 kN m	Courte durée		

3. Combinaison d'interaction

art 6,5,10

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1$$

Combinaison 1	Max charge ponctuelle	Durée normale	
Pf=	22,792635 kN		
Pr=	37,61710548 kN	Durée normale	
Mr=	2,58386016 kN/m	Durée normale	
e=	0,023333333 m		
Mf top=	0,53182815 kN m		
E05=	6500 Mpa	S-PF No1/No2	Tab 6,3,1A
KSE	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3
I=	8689333,333 mm ⁴		
Le=	3050 mm		
PE=	59,92387383 kN		
PΔ=	1,613839875		
Mf milieu=	0,429142738 kN m		
Mf =	0,53182815 kN m		

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \leq 1$$

Combinaison 2	Max charge ponctuelle + Charge latérale	Courte durée
----------------------	---	--------------

Pf=	23,38037196 kN	
Wf=	0,146496 kN/m	
Pr=	40,80111021 kN	Courte durée
Mr=	2,971439184 kN m	Courte durée
Le=	3,05 m	
e=	0,023333333 m	

Mf= 0,443118386 kN m

PE= 59,92387383 kN

PΔ= 1,639795607

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1$$

0,57290243 ≤ 1

Combinaison 3 Max charge latérale + charge ponctuelle Courte durée

Pf= 12,24587436 kN

Wf= 0,146496 kN/m

Pr= 40,80111021 kN Courte durée

Mr= 2,971439184 kN m Courte durée

Le= 3,05 m

e= 0,023333333 m

Mf= 0,313215914 kN m

PE= 59,92387383 kN

PΔ= 1,25684539

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1$$

0,222564102 ≤ 1

2.Vérification de la résistance au cisaillement

art 6,5,5

Combinaison 3 Max charge latérale + charge ponctuelle Courte durée

Pf= 12,24587436 kN

Wf= 0,146496 kN/m

e= 0,023333333 m

L= 3,05 m

Vf= 0,317090685 kN

$$V_r = \phi \times F_v \times \frac{2}{3} \times A_n \times K_{Zv}$$

ϕ = 0,9

Fv= fv (KD x KH x KSv x KT)

fv= 1,5 Mpa

S-P-F No1/No2

Tab. 6.3.1A

KD=	1,15	Courte durée	Tab 5,3,2,2
KH=	1,4	Cas 2	Tab 6,4,4
Ksb	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3
Fv=	2,415		
An=	5320 mm ²		
Kzv=	1,4	Plus grande dim = plus petite dim=	140 38 Tab 6,4,5
Vr=	10,792152 kN/m	≥	Vf= 0,31709068 kN

4.Vérification de la flèche admissible

art 5,4

Combinaison 4

Pf=	11,5766685 kN
Wf=	0,34335 kN/m
L=	3050 mm
e=	0,023333333

Es = E (KSE x KT)

E=	9 500 MPa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KSE=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3
Es=	9500 Mpa		
I=	8689333,333 mm ⁴		
$\Delta_L \leq \frac{L}{180}$			
ΔL=	4,686680011 ≤	16,94444444	

Resistance pondérée à la compression perpendiculaire au fil de la lisse basse

Combinaison 1	Max charge ponctuelle
Pf=	22,792635 kN

Qr=∅ x Fcp x Ab x KB x KZcp

∅ =	0,8
-----	-----

Fcp= fcp (KD x KScp x KT)

fcp=	5,3 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
KScp=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

Fcp=	5,3 Mpa			
Ab=	5320			
KB	1,25	longueur d'appui 38 mm		Tab 6,5,7,5
Kzcp=	1	b/d=	$0,27142857 \leq 1,0$	Tab 6,5,7,4
Qr=	28,196 kN	$\geq$	Pf=	22,792635

Linteau fan 25"

Linteau :	38 x 140	3 ply
Jack :	38 x 140	1 ply
King :	38 x 140	

Données

L= 0,787 m
ELU

3a-2 1.25D + 1.5SII 5,4975 kpa

ELS

3c-2 1.0D + 1.0SII + 0.4WPV 4,3029 kpa
0.4WPH 0,2289 kpa

S₁ = 3,42 kPa

L_{tributaire}= 6,91 m

Wf= 37,987725 kN/m

Wtot= 29,733039 kN/m

Ws= 23,6322 kN/m

Calcul des efforts

Moment fléchissant

Mf= 2,94105241 kN m

Effort tranchant

Vf= 14,9481698 kN

Flèche

$$\Delta_{tot} \leq \frac{L}{180}$$

$$\Delta_L \leq \frac{l}{360}$$

Esl tot requis= 33,9683759 kN m2

Esl L requis= 53,9969999 kN m2

Prédimensionnement

Liste

de contrôle

WDM 2017 P.55

Liste de contrôle : Poutres

Pour s'assurer que les résistances et valeurs de E_sI indiquées dans les tables conviennent à l'ouvrage en cours de conception, il faudra se poser les questions suivantes (le coefficient de correction approprié est indiqué entre parenthèses) :

Bois d'œuvre massif :

1. La durée d'application de la charge est-elle « normale » (K_D) ?
2. Le bois est-il exempt de produits chimiques susceptibles de diminuer sa résistance (K_F) ?
3. La poutre est-elle exempte d'entailles ?

Poutres droites en bois lamellé-collé :

1. La poutre est-elle soumise à des moments de flexion positifs seulement (f_D) ?
2. La durée d'application de la charge est-elle « normale » (K_D) ?
3. La condition d'utilisation est-elle « utilisation en milieu sec » (K_D) ?
4. Le matériau est-il exempt de produits chimiques susceptibles de diminuer sa résistance (K_F) ?
5. La construction assure-t-elle la stabilité latérale de la poutre (K_L) ?
6. Un coefficient de dimensions pour la flexion (K_{2D}) s'applique-t-il ?
7. La poutre est-elle exempte d'entailles (K_F) ?
8. Pour W₁ L^{0.18} seulement, la poutre est-elle simplement supportée et la charge uniformément répartie (C_D) ?

2



Éléments Flèche

Table

WDM 2017 P. 78

Choix:

S-P-F

No1/No2

b= 38 mm

d= 140 mm

Nombre d'élément 3 ply

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la flexion

art. 6.5.4

$$M_r = \phi \times F_b \times S \times K_z \times K_L$$

$$\phi = 0,9$$

$$F_b = f_b (K_D \times K_H \times K_{Sb} \times K_T)$$

fb=	11,8 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
KH=	1,1	Au moins 2 éléments	Tab 6,4,4
Ksb	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

$$F_b = 12,98 \text{ Mpa}$$

$$S = 372400 \text{ mm}^3$$

$$K_z = 1,4 \quad \text{Plus grande dim} = 140 \quad \text{Tab 6,4,5}$$

$$K_L = 1 \quad \text{plus petite dim} = 38 \quad \text{Tab 6,5,4,2,1}$$

$$d/b = 1,22807018 \leq 4$$

$$M_r = 6,09052752 \text{ kN m} \geq M_f = 2,94105241 \text{ kN m}$$

2. Vérification de la résistance au cisaillement

art 6,5,5

$$V_r = \phi \times F_v \times \frac{2}{3} \times A_n \times K_z$$

$$\phi = 0,9$$

$$F_v = f_v (K_D \times K_H \times K_{Sv} \times K_T)$$

fb=	1,5 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
KH=	1,1	Au moins 2 éléments	Tab 6,4,4
Ksb	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

$$F_v = 1,65 \text{ Mpa}$$

$$A_n = 15960 \text{ mm}^2$$

$$K_z = 1,4 \quad \text{Plus grande dim} = 140 \quad \text{Tab 6,4,5}$$

$$\text{plus petite dim} = 38$$

$$V_r = 22,12056 \text{ kN} \geq V_f = 14,9481698 \text{ kN}$$

4.Vérification de la flèche admissible

art 5,4

$$E_s = E (KSE \times K_T)$$

E=	9 500 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KSE=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
K _T	1	Non traité	Tab 6,4,3
E _s =	9500		
I=	26068000 mm ⁴		

$$\Delta_{tot} \leq \frac{L}{180} \quad \Delta_L \leq \frac{l}{360}$$

$$\Delta_{tot} = (5 W_{tot} l^4) / (384 E_s I) \leq L/180$$

$$\Delta_{tot} = 0,59971608 \text{ mm} \leq 4,37222222 \text{ mm}$$

$$\Delta_L = (5 W_L l^4) / (384 E_s I) \leq L/360$$

$$\Delta_L = 0,47666202 \text{ mm} \leq 2,18611111 \text{ mm}$$

Jambage fan 25"**Donné**

Longueur mur =	3,05 m
Longueur du jambage=	2,91 m

Longueur d'appui minimal du linteau

S-P-F

No1/No2

$$b = 38 \text{ mm}$$

$$d = 140 \text{ mm}$$

Nombre d'éléments 3

$$V_f = 14,9481698 \text{ kN}$$

$$Q_r = \phi \times F_{cp} \times A_b \times K_B \times K_{Zcp}$$

$$\phi = 0,8$$

$$F_{cp} = f_{cp} (K_D \times K_{Scp} \times K_T)$$

$$f_{cp} = 5,3 \text{ Mpa} \quad \text{S-P-F No1/No2} \quad \text{Tab. 6.3.1A}$$

$$K_D = 1 \quad \text{Durée Normale} \quad \text{Tab 5,3,2,2}$$

$$K_{Scp} = 1 \quad \text{Conditions sèches} \quad \text{Tab 6,4,2}$$

$$K_T = 1 \quad \text{Non traité} \quad \text{Tab 6,4,3}$$

$$F_{cp} = 5,3 \text{ Mpa}$$

Ab=	114 *lb		
KB	1	à moins de 75 mm de l'extrémité	Tab 6,5,7,5
Kzcp=	1	b/d= 0,27142857 ≤ 1,0	Tab 6,5,7,4
Qr=	483,36 *lb		
lb≥	30,9255416 mm	Minimum 1 jack	

Prédimensionnement

Si au moins 2 jacks

Liste de contrôle	WDM 2017 P.191
Table	WDM 2017 P. 193

Si 1 jack

Liste de contrôle	WDM 2017 P.147
Table	WDM 2017 P. 154

Choix:

S-P-F	
No1/No2	
b=	38 mm
d=	140 mm
Nombre d'élément	1 ply

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la compression

art. 6.5.6,2,3

Longueur effective

Ke=	1	
Leb=	0 m	Supporté sur toute sa longueur
Led=	2,91 m	

Élancement

Ccb=	0	<	50
Ccd=	20,7857143	<	50
Cc=	20,7857143		

$$Pr = \phi \times FC \times A \times KZc \times KC$$

$$\phi = 0,8$$

$$FC = fC (KD \times KH \times KSC \times KT)$$

fC =	11,5 MPa		Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée normale	Tab 5,3,2,2
KH=	1		Tab 6,4,4
KSC=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT=	1	Non traité	Tab 6,4,3

$$FC = 11,5 \text{ MPa}$$

$$A = 5320 \text{ mm}^2$$

KZcb=	0 <	1,3	
KZcd=	1,17499986 <	1,3	
E05=	6500 Mpa	S-PF No1/No2	Tab 6,3,1A
KSE	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3
KCb=	1		
KCd=	0,65214759		
Prb=	38,17632 kN	≥	14,9481698 kN
Prd=	37,5044821 kN	≥	14,9481698 kN
Pr=	37,5044821 kN		

King fan 25"

Le king reprend les efforts gravitaire ½ espacement des colombage. Il reprend les efforts latéraux ½ espacement des colombage et ½ largeur du linteau.

Données

Longueur _{king} =	3,05 m
L _{tributaire, colombage} =	0,6 m
L _{tributaire, toit} =	6,91 m
L _{tributaire, linteau} =	0,787 m

Combinaisons ELU

3a-2	1.25D + 1.5SII	5,4975 kpa
3c-2	1.25D + 1.5SII + 0.4WPV 0.4WPH	5,63926 kpa 0,24416 kPa
4e-2	1.25D + 1.4WPV + 0.5SII 1.4WPH	2,95366 kpa 0,85456 kpa

Combinaisons ELU

4e-2	1.0D + 1.0WPV + 0.5SII 1.0WPH	2,79225 kpa 0,57225 kpa
------	----------------------------------	----------------------------

Ultime

Combinaison 1	Max charge ponctuelle
Pf=	11,3963175 kN
Combinaison 2	Max charge ponctuelle + Charge latérale
pf=	11,690186 kN
Wf=	0,16932496 kN/m
Combinaison 3	Max charge latérale + charge ponctuelle
Pf=	6,12293718 kN
Wf=	0,59263736 kN/m

Service

Combinaison 4

Pf= 5,78833425 kN
Wf= 0,39685538 kN/m

Prédimensionnement

Combinaison 1 Max charge ponctuelle
Pf= 11,3963175 kN

Liste de contrôle WDM 2017 P.147

Table WDM 2017 P. 154

Choix:

S-P-F

No1/No2

L= 3,05 m

b= 38 mm

d= 140 mm

Pr= 55,4 kN

Combinaison 2 Max charge ponctuelle + Charge latérale
pf= 11,690186 kN
Wf= 0,16932496 kN/m

Combinaison 3 Max charge latérale + charge ponctuelle
Pf= 6,12293718 kN
Wf= 0,59263736 kN/m

Liste de contrôle WDM 2017 P.253

Table WDM 2017 P.262

Choix:

S-P-F

No1/No2

L= 3,05 m

b= 38 mm

d= 140 mm

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la compression

art. 6.5.6,2,3

Longueur effective

Ke= 1

Leb= 0 Retenu latéralement par OSB

Led= 3,05

Élancement

Ccb= 0 Retenu latéralement par OSB

Ccd= 21,7857143 < 50

Cc= 21,7857143

$$Pr = \emptyset \times FC \times A \times KZc \times KC$$

$\emptyset = 0,8$

FC= fC (KD x KH x KSC x KT)

fC =	11,5 MPa	S-PF No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée normale	Tab 5,3,2,2
KD=	1,15	Courte durée	Tab 5,3,2,2
KH=	1,1	Classé visuellement cas 2	Tab 6,4,4
KSC=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT=	1	Non traité	Tab 6,4,3

FC= 12,65 MPa Durée normale

FC= 14,5475 MPa Courte durée

A= 5320 mm²

KZc= 1,16784425 < 1,3

E05=	6500 Mpa	S-PF No1/No2	Tab 6,3,1A
KSE	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

KC= 0,59828526 Durée normale

KC= 0,56428313 Courte durée

Pr= 37,6171055 kN Durée normale

Pr= 40,8011102 kN Courte durée

2. Vérification de la résistance à la flexion

art. 6.5.4

$$Mr = \emptyset \times Fb \times S \times KZb \times KL$$

$\emptyset = 0,9$

Fb= fb (KD x KH x KSb x KT)

fb=	11,8 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
KD=	1,15	Courte durée	Tab 5,3,2,2
KH=	1,4	Classé visuellement cas 2	Tab 6,4,4
Ksb	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

Fb= 16,52 MPa Durée normale

Fb= 18,998 MPa Courte durée

S= 124133,333 mm³

Kzb= 1,4 Plus grande dim = 140 Tab 6,4,5

KL= 1 plus petite dim= 38

d/b= 3,68421053 ≤ 6,5 Tab 6,5,4,2,1

Mr= 2,58386016 kN m Durée normale

Mr= 2,97143918 kN m Courte durée

3. Combinaison d'interaction

art 6,5,10

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1$$

Combinaison 1 Max charge ponctuelle Durée normale

Pf= 11,3963175 kN
Pr= 37,6171055 kN Durée normale
Mr= 2,58386016 kN/m Durée normale

e= 0,02333333 m

Mf top= 0,26591408 kN m

E05= 6500 Mpa S-PF No1/No2
KSE 1 Conditions sèches
KT 1 Non traité
I= 8689333,33 mm⁴
Le= 3050 mm

Tab 6,3,1A
Tab 6,4,2
Tab 6,4,3

PE= 59,9238738 kN

PΔ= 1,23484219

Mf milieu= 0,16418096 kN m

Mf = 0,26591408 kN m

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} = 0,19469567 \leq 1$$

Combinaison 2 Max charge ponctuelle + C Courte durée

Pf= 11,690186 kN
Wf= 0,16932496 kN/m
Pr= 40,8011102 kN Courte durée
Mr= 2,97143918 kN m Courte durée

Le= 3,05 m

e= 0,02333333 m

Mf= 0,33327868 kN m

PE= 59,9238738 kN

PΔ= 1,24236559

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_r}} \right] \leq 1 \quad 0,22143622 \leq 1$$

Combinaison 3 Max charge latérale + char Courte durée

Pf= 6,12293718 kN
Wf= 0,59263736 kN/m
Pr= 40,8011102 kN Courte durée
Mr= 2,97143918 kN m Courte durée

Le= 3,05 m

e= 0,02333333 m

Mf= 0,7605604 kN m

PE= 59,9238738 kN

PΔ= 1,11380726

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1 \quad 0,30760704 \leq 1$$

2.Vérification de la résistance au cisaillement

art 6,5,5

Combinaison 3 Max charge latérale + char Courte durée

Pf= 6,12293718 kN
Wf= 0,59263736 kN/m
e= 0,02333333 m
L= 3,05 m
Vf= 0,95061412 kN

$$V_r = \phi \times F_v \times 2/3 \times A_n \times K_zv$$

ϕ = 0,9

Fv= fv (KD x KH x Ksv x KT)

fv=	1,5 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1,15	Courte durée	Tab 5,3,2,2
KH=	1,4	Cas 2	Tab 6,4,4
Ksb	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

Fv= 2,415

An= 5320 mm²

Kzv=	1,4	Plus grande dim =	140	Tab 6,4,5
		plus petite dim=	38	

Vr=	10,792152 kN/m	≥	Vf=	0,95061412	kN
-----	----------------	---	-----	------------	----

4. Vérification de la flèche admissible

art 5,4

Combinaison 4

Pf= 5,78833425 kN
Wf= 0,39685538 kN/m
L= 3050 mm
e= 0,02333333

$$E_s = E (KSE \times KT)$$

E= 9 500 MPa S-P-F No1/No2 Tab. 6.3.1A

KSE= 1 Conditions sèches Tab 6,4,2

KT 1 Non traité Tab 6,4,3

Es= 9500 Mpa

I= 8689333,33 mm⁴

$$\Delta_L \leq \frac{L}{180}$$

ΔL= 5,41701973 ≤ 16,94444444

Resistance pondérée à la compression perpendiculaire au fil de la lisse basse

Combinaison 1 Max charge ponctuelle

Pf= 11,3963175 kN

$$Q_r = \phi \times F_{cp} \times A_b \times K_B \times K_{Zcp}$$

φ = 0,8

Fcp= fcp (KD x KScp x KT)

fcp= 6,5 Mpa MSR 2100Fb-1,8E Tab. 6.3.2

KD= 1 Durée Normale Tab 5,3,2,2

KScp= 1 Conditions sèches Tab 6,4,2

KT 1 Non traité Tab 6,4,3

Fcp= 6,5 Mpa

Ab= 5320

KB 1,25 longueur d'appui 38 mm Tab 6,5,7,5

Kzcp= 1 b/d= 0,27142857 ≤ 1,0 Tab 6,5,7,4

Qr= 34,58 kN ≥ Pf= 11,3963175

Linteau fan 39"

Linteau :	38 x 184	3 ply
Jack :	38 x 140	2 ply
King :	38 x 140	

Données

L= 1,14 m
ELU

3a-2 1.25D + 1.5SII 5,4975 kpa

ELS

3c-2 1.0D + 1.0SII + 0.4WPV 4,3029 kpa
0.4WPH 0,2289 kpa

S₁ = 3,42 kPa

L_{tributaire}= 6,91 m

Wf= 37,987725 kN/m

Wtot= 29,733039 kN/m

Ws= 23,6322 kN/m

Calcul des efforts

Moment fléchissant

Mf= 6,17110593 kN m

Effort tranchant

Vf= 21,6530033 kN

Flèche

$$\Delta_{tot} \leq \frac{L}{180}$$

$$\Delta_L \leq \frac{l}{360}$$

Esl tot requis= 103,244075 kN m2

Esl L requis= 164,119426 kN m2

Prédimensionnement

Liste

de contrôle

WDM 2017 P.55

Liste de contrôle : Poutres

Pour s'assurer que les résistances et valeurs de E_sI indiquées dans les tables conviennent à l'ouvrage en cours de conception, il faudra se poser les questions suivantes (le coefficient de correction approprié est indiqué entre parenthèses) :

Bois d'œuvre massif :

1. La durée d'application de la charge est-elle « normale » (K_D) ?
2. Le bois est-il exempt de produits chimiques susceptibles de diminuer sa résistance (K_F) ?
3. La poutre est-elle exempte d'entailles ?

Poutres droites en bois lamellé-collé :

1. La poutre est-elle soumise à des moments de flexion positifs seulement (f_D) ?
2. La durée d'application de la charge est-elle « normale » (K_D) ?
3. La condition d'utilisation est-elle « utilisation en milieu sec » (K_D) ?
4. Le matériau est-il exempt de produits chimiques susceptibles de diminuer sa résistance (K_F) ?
5. La construction assure-t-elle la stabilité latérale de la poutre (K_L) ?
6. Un coefficient de dimensions pour la flexion (K_{2bD}) s'applique-t-il ?
7. La poutre est-elle exempte d'entailles (K_F) ?
8. Pour W₁ L^{0.18} seulement, la poutre est-elle simplement supportée et la charge uniformément répartie (C_D) ?

2



Éléments Flèche

Table

WDM 2017 P. 78

Choix:

S-P-F

No1/No2

b= 38 mm

d= 184 mm

Nombre d'élément 3 ply

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la flexion

art. 6.5.4

$$M_r = \phi \times F_b \times S \times K_z \times K_L$$

$$\phi = 0,9$$

$$F_b = f_b (K_D \times K_H \times K_{Sb} \times K_T)$$

fb=	11,8 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
KH=	1,1	Au moins 2 éléments	Tab 6,4,4
Ksb	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

$$F_b = 12,98 \text{ Mpa}$$

$$S = 643264 \text{ mm}^3$$

$$K_z = 1,2 \quad \text{Plus grande dim} = 184 \quad \text{Tab 6,4,5}$$

$$K_L = 1 \quad \text{plus petite dim} = 38 \quad \text{Tab 6,5,4,2,1}$$

$$d/b = 1,61403509 \leq 4$$

$$M_r = 9,01753206 \text{ kN m} \geq M_f = 6,17110593 \text{ kN m}$$

2. Vérification de la résistance au cisaillement

art 6,5,5

$$V_r = \phi \times F_v \times \frac{2}{3} \times A_n \times K_z$$

$$\phi = 0,9$$

$$F_v = f_v (K_D \times K_H \times K_{Sv} \times K_T)$$

fb=	1,5 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
KH=	1,1	Au moins 2 éléments	Tab 6,4,4
Ksb	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

$$F_v = 1,65 \text{ Mpa}$$

$$A_n = 20976 \text{ mm}^2$$

$$K_z = 1,2 \quad \text{Plus grande dim} = 184 \quad \text{Tab 6,4,5}$$

$$\text{plus petite dim} = 38$$

$$V_r = 24,919488 \text{ kN} \geq V_f = 21,6530033 \text{ kN}$$

4.Vérification de la flèche admissible

art 5,4

$$E_s = E (KSE \times K_T)$$

E=	9 500 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KSE=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
K _T	1	Non traité	Tab 6,4,3
E _s =	9500		
I=	59180288 mm ⁴		

$$\Delta_{tot} \leq \frac{L}{180} \quad \Delta_L \leq \frac{l}{360}$$

$$\Delta_{tot} = (5 W_{tot} l^4) / (384 E_s I) \leq L/180$$

$$\Delta_{tot} = 1,16304577 \text{ mm} \leq 6,33333333 \text{ mm}$$

$$\Delta_L = (5 W_L l^4) / (384 E_s I) \leq L/360$$

$$\Delta_L = 0,92440367 \text{ mm} \leq 3,16666667 \text{ mm}$$

Jambage fan 39"**Donné**

Longueur mur =	3,05 m
Longueur du jambage=	2,866 m

Longueur d'appui minimal du linteau

S-P-F	
No1/No2	
b=	38 mm
d=	184 mm
Nombre d'éléments	3
V _f =	21,6530033 kN

$$Q_r = \phi \times F_{cp} \times A_b \times K_B \times K_{Zcp}$$

$$\phi = 0,8$$

F _{cp} = f _{cp} (K _D x K _{Scp} x K _T)			
f _{cp} =	5,3 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
K _D =	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
K _{Scp} =	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
K _T	1	Non traité	Tab 6,4,3

$$F_{cp} = 5,3 \text{ Mpa}$$

Ab=	114 *lb			
KB	1	à moins de 75 mm de l'extrémité		Tab 6,5,7,5
Kzcp=	1	b/d=	0,20652174 ≤ 1,0	Tab 6,5,7,4
Qr=	483,36 *lb			
lb≥	44,7968455 mm	Minimum 2 jack		

Prédimensionnement

Si au moins 2 jacks

Liste de contrôle	WDM 2017 P.191
Table	WDM 2017 P. 193

Si 1 jack

Liste de contrôle	WDM 2017 P.147
Table	WDM 2017 P. 154

Choix:

S-P-F	
No1/No2	
b=	38 mm
d=	140 mm
Nombre d'élément	2 ply

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la compression

art. 6.5.6,2,3

Longueur effective

Ke=	1	
Leb=	0 m	Supporté sur toute sa longueur
Led=	2,866 m	

Élancement

Ccb=	0	<	50
Ccd=	20,4714286	<	50
Cc=	20,4714286		

$$Pr = \phi \times FC \times A \times KZc \times KC$$

$$\phi = 0,8$$

$$FC = fC (KD \times KH \times KSC \times KT)$$

fC =	11,5 MPa		Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée normale	Tab 5,3,2,2
KH=	1		Tab 6,4,4
KSC=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT=	1	Non traité	Tab 6,4,3

$$FC = 11,5 \text{ MPa}$$

$$A = 10640 \text{ mm}^2$$

KZcb=	0 <	1,3	
KZcd=	1,17732943 <	1,3	
E05=	6500 Mpa	S-PF No1/No2	Tab 6,3,1A
KSE	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3
KCb=	1		
KCd=	0,66199991		
Prb=	76,35264 kN	≥	21,6530033 kN
Prd=	76,2931215 kN	≥	21,6530033 kN
Pr=	76,2931215 kN		

King fan 39"

Le king reprend les efforts gravitaire ½ espacement des colombage. Il reprend les efforts latéraux ½ espacement des colombage et ½ largeur du linteau.

Données

Longueur _{king} =	3,05 m
L _{tributaire, colomage} =	0,6 m
L _{tributaire, toit} =	6,91 m
L _{tributaire, linteau} =	1,14 m

Combinaisons ELU

3a-2	1.25D + 1.5SII	5,4975 kpa
3c-2	1.25D + 1.5SII + 0.4WPV 0.4WPH	5,63926 kpa 0,24416 kPa
4e-2	1.25D + 1.4WPV + 0.5SII 1.4WPH	2,95366 kpa 0,85456 kpa

Combinaisons ELU

4e-2	1.0D + 1.0WPV + 0.5SII 1.0WPH	2,79225 kpa 0,57225 kpa
------	----------------------------------	----------------------------

Ultime

Combinaison 1	Max charge ponctuelle
Pf=	11,3963175 kN
Combinaison 2	Max charge ponctuelle + Charge latérale
pf=	11,690186 kN
Wf=	0,2124192 kN/m
Combinaison 3	Max charge latérale + charge ponctuelle
Pf=	6,12293718 kN
Wf=	0,7434672 kN/m

Service

Combinaison 4	
Pf=	5,78833425 kN

Wf= 0,4978575 kN/m

Prédimensionnement

Combinaison 1 Max charge ponctuelle
Pf= 11,3963175 kN

Liste de contrôle WDM 2017 P.147

Table WDM 2017 P. 154

Choix:

S-P-F

No1/No2

L= 3,05 m

b= 38 mm

d= 140 mm

Pr= kN

Combinaison 2 Max charge ponctuelle + Charge latérale
pf= 11,690186 kN
Wf= 0,2124192 kN/m

Combinaison 3 Max charge latérale + charge ponctuelle
Pf= 6,12293718 kN
Wf= 0,7434672 kN/m

Liste de contrôle WDM 2017 P.253

Table WDM 2017 P.262

Choix:

S-P-F

No1/No2

L= 3,05 m

b= 38 mm

d= 140 mm

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la compression

art. 6.5.6,2,3

Longueur effective

Ke= 1

Leb= 0

Led= 3,05

Retenu latéralement par OSB

Élancement

Ccb= 0

Ccd= 21,7857143 <

Retenu latéralement par OSB

50

Cc= 21,7857143

$Pr = \phi \times FC \times A \times KZc \times KC$

Ø=	0,8		
FC= fC (KD x KH x KSC x KT)			
fC =	11,5 MPa	S-PF No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée normale	Tab 5,3,2,2
KD=	1,15	Courte durée	Tab 5,3,2,2
KH=	1,1	Classé visuellement cas 2	Tab 6,4,4
KSC=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT=	1	Non traité	Tab 6,4,3

FC=	12,65 MPa	Durée normale
FC=	14,5475 MPa	Courte durée

A= 5320 mm²

KZc= 1,16784425 < 1,3

E05=	6500 Mpa	S-PF No1/No2	Tab 6,3,1A
KSE	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

KC=	0,59828526	Durée normale
KC=	0,56428313	Courte durée

Pr=	37,6171055 kN	Durée normale
Pr=	40,8011102 kN	Courte durée

2. Vérification de la résistance à la flexion

art. 6.5.4

$$Mr = \emptyset \times F_b \times S \times KZb \times KL$$

Ø = 0,9

Fb= fb (KD x KH x KSb x KT)			
fb=	11,8 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
KD=	1,15	Courte durée	Tab 5,3,2,2
KH=	1,4	Classé visuellement cas 2	Tab 6,4,4
Ksb	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

Fb=	16,52 MPa	Durée normale
Fb=	18,998 MPa	Courte durée

S= 124133,333 mm³

Kzb=	1,4	Plus grande dim =	140	Tab 6,4,5
		plus petite dim=	38	
KL=	1	d/b=	3,68421053 ≤ 6,5	Tab 6,5,4,2,1

Mr=	2,58386016 kN m	Durée normale
Mr=	2,97143918 kN m	Courte durée

3. Combinaison d'interaction

art 6,5,10

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1$$

Combinaison 1	Max charge ponctuelle	Durée normale
Pf=	11,3963175 kN	
Pr=	37,6171055 kN	Durée normale
Mr=	2,58386016 kN/m	Durée normale
e=	0,02333333 m	
Mf top=	0,26591408 kN m	
E05=	6500 Mpa	S-PF No1/No2
KSE	1	Conditions sèches
KT	1	Non traité
I=	8689333,33 mm ⁴	
Le=	3050 mm	
PE=	59,9238738 kN	
PΔ=	1,23484219	
Mf milieu=	0,16418096 kN m	
Mf =	0,26591408 kN m	

Tab 6,3,1A
Tab 6,4,2
Tab 6,4,3

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} = 0,19469567 \leq 1$$

Combinaison 2

Max charge ponctuelle + C Courte durée

Pf=	11,690186 kN	
Wf=	0,2124192 kN/m	
Pr=	40,8011102 kN	Courte durée
Mr=	2,97143918 kN m	Courte durée
Le=	3,05 m	
e=	0,02333333 m	
Mf=	0,3833892 kN m	
PE=	59,9238738 kN	
PΔ=	1,24236559	

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1 \quad 0,24238754 \leq 1$$

Combinaison 3

Max charge latérale + char Courte durée

Pf= 6,12293718 kN
 Wf= 0,7434672 kN/m
 Pr= 40,8011102 kN Courte durée
 Mr= 2,97143918 kN m Courte durée

Le= 3,05 m

e= 0,02333333 m

Mf= 0,93594722 kN m

PE= 59,9238738 kN

PΔ= 1,11380726

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1 \quad 0,37334863 \leq 1$$

2.Vérification de la résistance au cisaillement

art 6,5,5

Combinaison 3 Max charge latérale + char Courte durée

Pf= 6,12293718 kN
 Wf= 0,7434672 kN/m
 e= 0,02333333 m
 L= 3,05 m
 Vf= 1,18062962 kN

$$V_r = \phi \times F_v \times 2/3 \times A_n \times K_{Zv}$$

ϕ = 0,9

Fv= fv (KD x KH x Ksv x KT)

fv=	1,5 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1,15	Courte durée	Tab 5,3,2,2
KH=	1,4	Cas 2	Tab 6,4,4
Ksb	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

Fv= 2,415

An= 5320 mm²

Kzv=	1,4	Plus grande dim =	140	Tab 6,4,5
		plus petite dim=	38	

Vr=	10,792152 kN/m	≥	Vf=	1,18062962	kN
-----	----------------	---	-----	------------	----

4.Vérification de la flèche admissible

art 5,4

Combinaison 4

Pf= 5,78833425 kN
 Wf= 0,4978575 kN/m
 L= 3050 mm
 e= 0,02333333

$$E_s = E (KSE \times KT)$$

E= 9 500 MPa S-P-F No1/No2 Tab. 6.3.1A

KSE= 1 Conditions sèches Tab 6,4,2

KT 1 Non traité Tab 6,4,3

Es= 9500 Mpa

I= 8689333,33 mm⁴

$$\Delta L \leq \frac{L}{180}$$

ΔL= 6,79568421 ≤ 16,94444444

Resistance pondérée à la compression perpendiculaire au fil de la lisse basse

Combinaison 1 Max charge ponctuelle

Pf= 11,3963175 kN

$$Q_r = \phi \times F_{cp} \times A_b \times K_B \times K_{Zcp}$$

φ = 0,8

F_{cp}= f_{cp} (KD x KScp x KT)

f_{cp}= 6,5 Mpa MSR 2100Fb-1,8E Tab. 6.3.2

KD= 1 Durée Normale Tab 5,3,2,2

KScp= 1 Conditions sèches Tab 6,4,2

KT 1 Non traité Tab 6,4,3

F_{cp}= 6,5 Mpa

A_b= 5320

K_B 1,25 longueur d'appui 38 mm Tab 6,5,7,5

K_{zcp}= 1 b/d= 0,27142857 ≤ 1,0 Tab 6,5,7,4

Q_r= 34,58 kN ≥ P_f= 11,3963175

Linteau fan 50''

Linteau :	38 x	235	3 ply
Jack :	38 x	140	2 ply
King :	38 x	140	

Données

L= 1,422 m
ELU

3a-2 1.25D + 1.5SII 5,4975 kpa

ELS

3c-2 1.0D + 1.0SII + 0.4WPV 4,3029 kpa
0.4WPH 0,2289 kpa

S₁ = 3,42 kPa

L_{tributaire}= 6,91 m

Wf= 37,987725 kN/m

Wtot= 29,733039 kN/m

Ws= 23,6322 kN/m

Calcul des efforts

Moment fléchissant

Mf= 9,60179636 kN m

Effort tranchant

Vf= 27,0092725 kN

Flèche

$$\Delta_{tot} \leq \frac{L}{180}$$

$$\Delta_L \leq \frac{l}{360}$$

Esl tot requis= 200,377694 kN m2

Esl L requis= 318,525513 kN m2

Prédimensionnement

Liste

de contrôle

WDM 2017 P.55

Liste de contrôle : Poutres

Pour s'assurer que les résistances et valeurs de E_sI indiquées dans les tables conviennent à l'ouvrage en cours de conception, il faudra se poser les questions suivantes (le coefficient de correction approprié est indiqué entre parenthèses) :

Bois d'œuvre massif :

1. La durée d'application de la charge est-elle « normale » (K_D) ?
2. Le bois est-il exempt de produits chimiques susceptibles de diminuer sa résistance (K_F) ?
3. La poutre est-elle exempte d'entailles ?

Poutres droites en bois lamellé-collé :

1. La poutre est-elle soumise à des moments de flexion positifs seulement (f_D) ?
2. La durée d'application de la charge est-elle « normale » (K_D) ?
3. La condition d'utilisation est-elle « utilisation en milieu sec » (K_D) ?
4. Le matériau est-il exempt de produits chimiques susceptibles de diminuer sa résistance (K_F) ?
5. La construction assure-t-elle la stabilité latérale de la poutre (K_L) ?
6. Un coefficient de dimensions pour la flexion (K_{2D}) s'applique-t-il ?
7. La poutre est-elle exempte d'entailles (K_F) ?
8. Pour W₁ L^{0.18} seulement, la poutre est-elle simplement supportée et la charge uniformément répartie (C_D) ?

2



Elements Flèche

Table

WDM 2017 P. 78

Choix:

S-P-F

No1/No2

b= 38 mm

d= 235 mm

Nombre d'élément 3 ply

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la flexion

art. 6.5.4

$$M_r = \phi \times F_b \times S \times K_z b \times K_L$$

$$\phi = 0,9$$

$$F_b = f_b (K_D \times K_H \times K_{Sb} \times K_T)$$

$$f_b = 11,8 \text{ Mpa}$$

$$K_D = 1$$

$$K_H = 1,1$$

$$K_{Sb} = 1$$

$$K_T = 1$$

S-P-F No1/No2

Durée Normale

Au moins 2 éléments

Conditions sèches

Non traité

Tab. 6.3.1A

Tab 5,3,2,2

Tab 6,4,4

Tab 6,4,2

Tab 6,4,3

$$F_b = 12,98 \text{ Mpa}$$

$$S = 1049275 \text{ mm}^3$$

$$K_z b = 1,1$$

Plus grande dim = 235

plus petite dim = 38

Tab 6,4,5

$$K_L = 1$$

$$d/b = 2,06140351 \leq 4$$

Tab 6,5,4,2,1

$$M_r = 13,4833936 \text{ kN m}$$

≥

$$M_f = 9,60179636$$

kN m

2. Vérification de la résistance au cisaillement

art 6,5,5

$$V_r = \phi \times F_v \times 2/3 \times A_n \times K_z v$$

$$\phi = 0,9$$

$$F_v = f_v (K_D \times K_H \times K_{Sv} \times K_T)$$

$$f_v = 1,5 \text{ Mpa}$$

$$K_D = 1$$

$$K_H = 1,1$$

$$K_{Sb} = 1$$

$$K_T = 1$$

S-P-F No1/No2

Durée Normale

Au moins 2 éléments

Conditions sèches

Non traité

Tab. 6.3.1A

Tab 5,3,2,2

Tab 6,4,4

Tab 6,4,2

Tab 6,4,3

$$F_v = 1,65 \text{ Mpa}$$

$$A_n = 26790 \text{ mm}^2$$

$$K_z v = 1,1$$

Plus grande dim = 235

plus petite dim = 38

Tab 6,4,5

$$V_r = 29,17431 \text{ kN}$$

≥

$$V_f = 27,0092725$$

kN

4.Vérification de la flèche admissible

art 5,4

$E_s = E (KSE \times K_T)$	
----------------------------	--

E=	9 500 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KSE=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
K _T	1	Non traité	Tab 6,4,3
E _s =	9500		
I=	123289813 mm ⁴		

$$\Delta_{tot} \leq \frac{L}{180} \quad \Delta_L \leq \frac{l}{360}$$

$$\Delta_{tot} = (5 W_{tot} l^4) / (384 E_s I) \leq L/180$$

$\Delta_{tot} =$	1,35152993 mm	$\leq$	7,9 mm
------------------	---------------	--------	--------

$$\Delta_L = (5 W_L l^4) / (384 E_s I) \leq L/360$$

$\Delta_L =$	1,07421329 mm	$\leq$	3,95 mm
--------------	---------------	--------	---------

Jambage fan 50"**Donné**

Longueur mur =	3,05 m
Longueur du jambage=	2,815 m

Longueur d'appui minimal du linteau

S-P-F	
No1/No2	
b=	38 mm
d=	235 mm
Nombre d'éléments	3
V _f =	27,0092725 kN

$Q_r = \phi \times F_{cp} \times A_b \times K_B \times K_{Zcp}$	
---	--

$\phi =$	0,8
----------	-----

$F_{cp} = f_{cp} (K_D \times K_{Scp} \times K_T)$			
$f_{cp} =$	5,3 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
$K_D =$	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
$K_{Scp} =$	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
$K_T =$	1	Non traité	Tab 6,4,3

$F_{cp} =$	5,3 Mpa
------------	---------

Ab=	114 *lb			
KB	1	à moins de 75 mm de l'extrémité		Tab 6,5,7,5
Kzcp=	1	b/d=	0,16170213 ≤ 1,0	Tab 6,5,7,4
Qr=	483,36 *lb			
lb≥	55,8781705 mm	Minimum 2 jack		

Prédimensionnement

Si au moins 2 jacks

Liste de contrôle	WDM 2017 P.191
Table	WDM 2017 P. 193

Si 1 jack

Liste de contrôle	WDM 2017 P.147
Table	WDM 2017 P. 154

Choix:

S-P-F	
No1/No2	
b=	38 mm
d=	140 mm
Nombre d'élément	2 ply

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la compression

art. 6.5.6,2,3

Longueur effective

Ke=	1	
Leb=	0 m	Supporté sur toute sa longueur
Led=	2,815 m	

Élancement

Ccb=	0	<	50
Ccd=	20,1071429	<	50
Cc=	20,1071429		

$$Pr = \phi \times FC \times A \times KZc \times KC$$

$$\phi = 0,8$$

$$FC = fC (KD \times KH \times KSC \times KT)$$

fC =	11,5 MPa		Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée normale	Tab 5,3,2,2
KH=	1		Tab 6,4,4
KSC=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT=	1	Non traité	Tab 6,4,3

$$FC = 11,5 \text{ MPa}$$

$$A = 10640 \text{ mm}^2$$

KZcb=	0 <	1,3	
KZcd=	1,18008071 <	1,3	
E05=	6500 Mpa	S-PF No1/No2	Tab 6,3,1A
KSE	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3
KCb=	1		
KCd=	0,67343232		
Prb=	76,35264 kN	≥	27,0092725 kN
Prd=	77,7920336 kN	≥	27,0092725 kN
Pr=	76,35264 kN		

King fan 50"

Le king reprend les efforts gravitaire ½ espacement des colombage. Il reprend les efforts latéraux ½ espacement des colombage et ½ largeur du linteau.

Données

Longueur _{king} =	3,05 m
L _{tributaire, colombage} =	0,6 m
L _{tributaire, toit} =	6,91 m
L _{tributaire, linteau} =	1,422 m

Combinaisons ELU

3a-2	1.25D + 1.5SII	5,4975 kpa
3c-2	1.25D + 1.5SII + 0.4WPV 0.4WPH	5,63926 kpa 0,24416 kPa
4e-2	1.25D + 1.4WPV + 0.5SII 1.4WPH	2,95366 kpa 0,85456 kpa

Combinaisons ELU

4e-2	1.0D + 1.0WPV + 0.5SII 1.0WPH	2,79225 kpa 0,57225 kpa
------	----------------------------------	----------------------------

Ultime

Combinaison 1	Max charge ponctuelle
Pf=	11,3963175 kN
Combinaison 2	Max charge ponctuelle + Charge latérale
pf=	11,690186 kN
Wf=	0,24684576 kN/m
Combinaison 3	Max charge latérale + charge ponctuelle
Pf=	6,12293718 kN
Wf=	0,86396016 kN/m
Service	
Combinaison 4	
Pf=	5,78833425 kN

Wf= 0,57854475 kN/m

Prédimensionnement

Combinaison 1 Max charge ponctuelle
Pf= 11,3963175 kN

Liste de contrôle WDM 2017 P.147

Table WDM 2017 P. 154

Choix:

S-P-F

No1/No2

L= 3,05 m

b= 38 mm

d= 140 mm

Pr= kN

Combinaison 2 Max charge ponctuelle + Charge latérale
pf= 11,690186 kN
Wf= 0,24684576 kN/m

Combinaison 3 Max charge latérale + charge ponctuelle
Pf= 6,12293718 kN
Wf= 0,86396016 kN/m

Liste de contrôle WDM 2017 P.253

Table WDM 2017 P.262

Choix:

S-P-F

No1/No2

L= 3,05 m

b= 38 mm

d= 140 mm

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la compression

art. 6.5.6,2,3

Longueur effective

Ke= 1

Leb= 0

Led= 3,05

Retenu latéralement par OSB

Élancement

Ccb= 0

Ccd= 21,7857143 <

Retenu latéralement par OSB

50

Cc= 21,7857143

Pr=Ø x FC x A x KZc x KC

Ø=	0,8		
FC= fC (KD x KH x KSC x KT)			
fC =	11,5 MPa	S-PF No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée normale	Tab 5,3,2,2
KD=	1,15	Courte durée	Tab 5,3,2,2
KH=	1,1	Classé visuellement cas 2	Tab 6,4,4
KSC=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT=	1	Non traité	Tab 6,4,3

FC=	12,65 MPa	Durée normale
FC=	14,5475 MPa	Courte durée

A= 5320 mm²

KZc= 1,16784425 < 1,3

E05=	6500 Mpa	S-PF No1/No2	Tab 6,3,1A
KSE	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

KC=	0,59828526	Durée normale
KC=	0,56428313	Courte durée

Pr=	37,6171055 kN	Durée normale
Pr=	40,8011102 kN	Courte durée

2. Vérification de la résistance à la flexion

art. 6.5.4

$$Mr = \emptyset \times F_b \times S \times KZb \times KL$$

Ø = 0,9

Fb= fb (KD x KH x KSb x KT)

fb=	11,8 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
KD=	1,15	Courte durée	Tab 5,3,2,2
KH=	1,4	Classé visuellement cas 2	Tab 6,4,4
Ksb	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

Fb=	16,52 MPa	Durée normale
Fb=	18,998 MPa	Courte durée

S= 124133,333 mm³

Kzb=	1,4	Plus grande dim =	140	Tab 6,4,5
		plus petite dim=	38	
KL=	1	d/b=	3,68421053 ≤ 6,5	Tab 6,5,4,2,1

Mr=	2,58386016 kN m	Durée normale
Mr=	2,97143918 kN m	Courte durée

3. Combinaison d'interaction

art 6,5,10

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1$$

Combinaison 1 Max charge ponctuelle Durée normale

Pf= 11,3963175 kN
Pr= 37,6171055 kN Durée normale
Mr= 2,58386016 kN/m Durée normale

e= 0,02333333 m

Mf top= 0,26591408 kN m

E05= 6500 Mpa S-PF No1/No2
KSE 1 Conditions sèches
KT 1 Non traité
I= 8689333,33 mm⁴
Le= 3050 mm

Tab 6,3,1A
Tab 6,4,2
Tab 6,4,3

PE= 59,9238738 kN

PΔ= 1,23484219

Mf milieu= 0,16418096 kN m

Mf = 0,26591408 kN m

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r}$$

0,19469567 ≤

1

Combinaison 2 Max charge ponctuelle + C Courte durée

Pf= 11,690186 kN
Wf= 0,24684576 kN/m
Pr= 40,8011102 kN Courte durée
Mr= 2,97143918 kN m Courte durée

Le= 3,05 m

e= 0,02333333 m

Mf= 0,42342084 kN m

PE= 59,9238738 kN

PΔ= 1,24236559

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1$$

0,25912486 ≤

1

Combinaison 3 Max charge latérale + char Courte durée

Pf= 6,12293718 kN
 Wf= 0,86396016 kN/m
 Pr= 40,8011102 kN Courte durée
 Mr= 2,97143918 kN m Courte durée

Le= 3,05 m

e= 0,02333333 m

Mf= 1,07605794 kN m

PE= 59,9238738 kN

PΔ= 1,11380726

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1 \quad 0,4258674 \leq 1$$

2. Vérification de la résistance au cisaillement

art 6,5,5

Combinaison 3 Max charge latérale + char Courte durée

Pf= 6,12293718 kN
 Wf= 0,86396016 kN/m
 e= 0,02333333 m
 L= 3,05 m
 Vf= 1,36438139 kN

$$V_r = \phi \times F_v \times 2/3 \times A_n \times K_{Zv}$$

ϕ = 0,9

Fv= fv (KD x KH x Ksv x KT)

fv=	1,5 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1,15	Courte durée	Tab 5,3,2,2
KH=	1,4	Cas 2	Tab 6,4,4
Ksb	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

Fv= 2,415

An= 5320 mm²

Kzv=	1,4	Plus grande dim =	140	Tab 6,4,5
		plus petite dim=	38	

Vr=	10,792152 kN/m	≥	Vf=	1,36438139	kN
-----	----------------	---	-----	------------	----

4. Vérification de la flèche admissible

art 5,4

Combinaison 4

Pf= 5,78833425 kN
 Wf= 0,57854475 kN/m
 L= 3050 mm
 e= 0,02333333

$$E_s = E (KSE \times KT)$$

E= 9 500 MPa S-P-F No1/No2 Tab. 6.3.1A

KSE= 1 Conditions sèches Tab 6,4,2

KT 1 Non traité Tab 6,4,3

Es= 9500 Mpa

I= 8689333,33 mm⁴

$$\Delta L \leq \frac{L}{180}$$

ΔL= 7,89705356 ≤ 16,94444444

Resistance pondérée à la compression perpendiculaire au fil de la lisse basse

Combinaison 1 Max charge ponctuelle
 Pf= 11,3963175 kN

$$Q_r = \phi \times F_{cp} \times A_b \times K_B \times K_{Zcp}$$

φ = 0,8

F_{cp}= f_{cp} (K_D × K_{Scp} × K_T)

f_{cp}= 6,5 Mpa MSR 2100Fb-1,8E Tab. 6.3.2

K_D= 1 Durée Normale Tab 5,3,2,2

K_{Scp}= 1 Conditions sèches Tab 6,4,2

K_T 1 Non traité Tab 6,4,3

F_{cp}= 6,5 Mpa

A_b= 5320

K_B 1,25 longueur d'appui 38 mm Tab 6,5,7,5

K_{zcp}= 1 b/d= 0,27142857 ≤ 1,0 Tab 6,5,7,4

Q_r= 34,58 kN ≥ P_f= 11,3963175

Linteau porte humaine 36 "

Linteau : 38 x 140 3 ply
Jack : 38 x 140 2 ply
King : 38 x 140

Données

L= 0,99 m

ELU

3a-2 1.25D + 1.5SII 5,4975 kpa

ELS

3c-2 1.0D + 1.0SII + 0.4WPV 4,3029 kpa
0.4WPH 0,2289 kpa

S₁ = 3,42 kPa

L_{tributaire} = 6,91 m

Wf = 37,987725 kN/m

Wtot = 29,733039 kN/m

Ws = 23,6322 kN/m

Calcul des efforts

Moment fléchissant

Mf = 4,65397116 kN m

Effort tranchant

Vf = 18,8039239 kN

Flèche

$$\Delta_{tot} \leq \frac{L}{180}$$

$$\Delta_L \leq \frac{l}{360}$$

Esl tot requis = 67,6170422 kN m2

Esl L requis = 107,485781 kN m2

Prédimensionnement

Liste

de contrôle

WDM 2017 P.55

Liste de contrôle : Poutres

Pour s'assurer que les résistances et valeurs de E₀ indiquées dans les tables conviennent à l'ouvrage en cours de conception, il faudra se poser les questions suivantes (le coefficient de correction approprié est indiqué entre parenthèses) :

Bois d'œuvre massif :

1. La durée d'application de la charge est-elle « normale » (K₀) ?
2. Le bois est-il exempt de produits chimiques susceptibles de diminuer sa résistance (K₂) ?
3. La poutre est-elle exempte d'entailles ?

Poutres droites en bois lamellé-collé :

1. La poutre est-elle soumise à des moments de flexion positifs seulement (f₀) ?
2. La durée d'application de la charge est-elle « normale » (K₀) ?
3. La condition d'utilisation est-elle « utilisation en milieu sec » (K₂) ?
4. Le matériau est-il exempt de produits chimiques susceptibles de diminuer sa résistance (K₂) ?
5. La construction assure-t-elle la stabilité latérale de la poutre (K₃) ?
6. Un coefficient de dimensions pour la flexion (K₂₀₀) s'applique-t-il ?
7. La poutre est-elle exempte d'entailles (K₄) ?
8. Pour W₁ L^{0.18} seulement, la poutre est-elle simplement supportée et la charge uniformément répartie (C₄) ?

2

↓

Elements Révisés

Table WDM 2017 P. 78

Choix:

S-P-F
 No1/No2
 b= 38 mm
 d= 140 mm
 Nombre d'élément 3 ply

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la flexion

art. 6.5.4

$$M_r = \phi \times F_b \times S \times K_z b \times K_L$$

$$\phi = 0,9$$

$$F_b = f_b (K_D \times K_H \times K_{Sb} \times K_T)$$

$$f_b = 11,8 \text{ Mpa}$$

$$K_D = 1$$

$$K_H = 1,1$$

$$K_{Sb} = 1$$

$$K_T = 1$$

S-P-F No1/No2

Durée Normale

Au moins 2 éléments

Conditions sèches

Non traité

Tab. 6.3.1A

Tab 5,3,2,2

Tab 6,4,4

Tab 6,4,2

Tab 6,4,3

$$F_b = 12,98 \text{ Mpa}$$

$$S = 372400 \text{ mm}^3$$

$$K_z b = 1,4$$

Plus grande dim =

140

plus petite dim =

38

Tab 6,4,5

$$K_L = 1$$

d/b =

1,22807018

≤ 4

Tab 6,5,4,2,1

$$M_r = 6,09052752 \text{ kN m}$$

≥

M_f =

4,65397116

kN m

2. Vérification de la résistance au cisaillement

art 6,5,5

$$V_r = \phi \times F_v \times 2/3 \times A_n \times K_z v$$

$$\phi = 0,9$$

$$F_v = f_v (K_D \times K_H \times K_{Sv} \times K_T)$$

$$f_v = 1,5 \text{ Mpa}$$

$$K_D = 1$$

$$K_H = 1,1$$

$$K_{Sv} = 1$$

$$K_T = 1$$

S-P-F No1/No2

Durée Normale

Au moins 2 éléments

Conditions sèches

Non traité

Tab. 6.3.1A

Tab 5,3,2,2

Tab 6,4,4

Tab 6,4,2

Tab 6,4,3

$$F_v = 1,65 \text{ Mpa}$$

$$A_n = 15960 \text{ mm}^2$$

$$K_z v = 1,4$$

Plus grande dim =

140

plus petite dim =

38

Tab 6,4,5

$$V_r = 22,12056 \text{ kN}$$

≥

V_f =

18,8039239

kN

4. Vérification de la flèche admissible

art 5,4

$$E_s = E (K_{SE} \times K_T)$$

$$E = 9500 \text{ Mpa}$$

S-P-F No1/No2

Tab. 6.3.1A

$$K_{SE} = 1$$

Conditions sèches

Tab 6,4,2

KT	1	Non traité	Tab 6,4,3		
Es=	9500				
I=	26068000 mm4				
$\Delta_{tot} \leq \frac{L}{180} \qquad \Delta_L \leq \frac{l}{360}$					
$\Delta_{tot}=(5 W_{tot} I^4)/(384 E_s I) \leq L/180$					
$\Delta_{tot}=$	1,50171508 mm	$\leq$	5,5 mm		
$\Delta_L=(5 W_L I^4)/(384 E_s I) \leq L/360$					
$\Delta_L=$	1,19358237 mm	$\leq$	2,75 mm		
Jambage fan 39"					
Donné					
Longueur mur =	3,05 m				
Longueur du jambage=	2,91 m				
Longueur d'appui minimal du l'inteau					
S-P-F					
No1/No2					
b=	38 mm				
d=	140 mm				
Nombre d'éléments	3				
Vf=	18,8039239 kN				
<table><tr><td>Qr=Ø x Fcp x Ab x KB x KZcp</td><td></td></tr></table>				Qr=Ø x Fcp x Ab x KB x KZcp	
Qr=Ø x Fcp x Ab x KB x KZcp					
Ø =	0,8				
Fcp= fcp (KD x KScp x KT)					
fcp=	5,3 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A		
KD=	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2		
KScp=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2		
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3		
Fcp=	5,3 Mpa				
Ab=	114 *Ib				
KB	1	à moins de 75 mm de l'extrémité	Tab 6,5,7,5		
Kzcp=	1	b/d= 0,27142857 $\leq$ 1,0	Tab 6,5,7,4		
Qr=	483,36 *Ib				
Ib≥	38,9025237 mm	Minimum 2 jack			

Prédimensionnement

Si au moins 2 jacks

Liste de contrôle WDM 2017 P.191

Table WDM 2017 P. 193

Choix:

S-P-F

No1/No2

b= 38 mm

d= 140 mm

Nombre d'élément 2 ply

Si 1 jack

Liste de contrôle WDM 2017P.147

Table WDM 2017 P. 154

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la compression

art. 6.5.6,2,3

Longueur effective

Ke= 1

Leb= 0 m

Led= 2,91 m

Supporté sur toute sa longueur

Élancement

Ccb= 0 < 50

Ccd= 20,7857143 < 50

Cc= 20,7857143

$Pr = \phi \times FC \times A \times KZc \times KC$

$\phi = 0,8$

$FC = f_c (KD \times KH \times KSC \times KT)$

fC = 11,5 MPa

KD= 1

Durée normale

KH= 1

KSC= 1

Conditions sèches

KT= 1

Non traité

FC= 11,5 MPa

A= 10640 mm²

KZcb= 0 <

1,3

KZcd= 1,17499986 <

1,3

E05= 6500 Mpa

S-PF No1/No2

KSE 1

Conditions sèches

KT 1

Non traité

KCb= 1

KCd= 0,65214759

Prb= 76,35264 kN

≥

18,8039239 kN

Prd= 75,0089641 kN

≥

18,8039239 kN

Pr= 75,0089641 kN

Tab. 6.3.1A

Tab 5,3,2,2

Tab 6,4,4

Tab 6,4,2

Tab 6,4,3

Tab 6,3,1A

Tab 6,4,2

Tab 6,4,3

King fan 39"

Le king reprend les efforts gravitaire ½ espacement des colombage. Il reprend les efforts latéraux ½ espacement des colombage et ½ largeur du linteau.

Données

Longueur _{king} =	3,05 m
L _{tributaire, colombage} =	0,6 m
L _{tributaire, toit} =	6,91 m
L _{tributaire, linteau} =	0,99 m

Combinaisons ELU

3a-2	1.25D + 1.5SII	5,4975 kpa
------	----------------	------------

3c-2	1.25D + 1.5SII + 0.4WPV	5,63926 kpa
	0.4WPH	0,24416 kPa

4e-2	1.25D + 1.4WPV + 0.5SII	2,95366 kpa
	1.4WPH	0,85456 kpa

Combinaisons ELU

4e-2	1.0D + 1.0WPV + 0.5SII	2,79225 kpa
	1.0WPH	0,57225 kpa

Ultime

Combinaison 1	Max charge ponctuelle
Pf=	11,3963175 kN
Combinaison 2	Max charge ponctuelle + Charge latérale
pf=	11,690186 kN
Wf=	0,1941072 kN/m

Combinaison 3	Max charge latérale + charge ponctuelle
Pf=	6,12293718 kN
Wf=	0,6793752 kN/m

Service

Combinaison 4	
Pf=	5,78833425 kN
Wf=	0,45493875 kN/m

Prédimensionnement

Combinaison 1	Max charge ponctuelle
Pf=	11,3963175 kN

Liste de contrôle	WDM 2017 P.147
--------------------------	----------------

Table	WDM 2017 P. 154
--------------	-----------------

Choix:

S-P-F

No1/No2

L=	3,05 m
b=	38 mm
d=	140 mm

Pr=	kN
Combinaison 2	Max charge ponctuelle + Charge latérale
pf=	11,690186 kN
Wf=	0,1941072 kN/m
Combinaison 3	Max charge latérale + charge ponctuelle
Pf=	6,12293718 kN
Wf=	0,6793752 kN/m
Liste de contrôle	WDM 2017 P.253
Table	WDM 2017 P.262
Choix:	
S-P-F	
No1/No2	
L=	3,05 m
b=	38 mm
d=	140 mm

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la compression

art. 6.5.6,2,3

Longueur effective

Ke=	1	
Leb=	0	Retenu latéralement par OSB
Led=	3,05	

Élancement

Ccb=	0	Retenu latéralement par OSB
Ccd=	21,7857143 <	50
Cc=	21,7857143	

$$Pr = \emptyset \times FC \times A \times KZc \times KC$$

$$\emptyset = 0,8$$

$$FC = fC (KD \times KH \times KSC \times KT)$$

fC =	11,5 MPa	S-PF No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée normale	Tab 5,3,2,2
KD=	1,15	Courte durée	Tab 5,3,2,2
KH=	1,1	Classé visuellement cas 2	Tab 6,4,4
KSC=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT=	1	Non traité	Tab 6,4,3

FC=	12,65 MPa	Durée normale
FC=	14,5475 MPa	Courte durée

$$A = 5320 \text{ mm}^2$$

$$KZc = 1,16784425 < 1,3$$

E05=	6500 Mpa	S-PF No1/No2	Tab 6,3,1A
KSE	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

KC=	0,59828526	Durée normale
KC=	0,56428313	Courte durée
Pr=	37,6171055 kN	Durée normale
Pr=	40,8011102 kN	Courte durée

2. Vérification de la résistance à la flexion

art. 6.5.4

$$M_r = \phi \times F_b \times S \times K_{Zb} \times K_L$$

$$\phi = 0,9$$

$$F_b = f_b (K_D \times K_H \times K_{Sb} \times K_T)$$

fb=	11,8 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
KD=	1,15	Courte durée	Tab 5,3,2,2
KH=	1,4	Classé visuellement cas 2	Tab 6,4,4
Ksb	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

Fb=	16,52 MPa	Durée normale
Fb=	18,998 MPa	Courte durée

$$S = 124133,333 \text{ mm}^3$$

Kzb=	1,4	Plus grande dim =	140	Tab 6,4,5
		plus petite dim=	38	
KL=	1	d/b=	3,68421053 ≤ 6,5	Tab 6,5,4,2,1

Mr=	2,58386016 kN m	Durée normale
Mr=	2,97143918 kN m	Courte durée

3. Combinaison d'interaction

art 6,5,10

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1$$

Combinaison 1	Max charge ponctuelle	Durée normale
----------------------	-----------------------	---------------

Pf=	11,3963175 kN	
Pr=	37,6171055 kN	Durée normale
Mr=	2,58386016 kN/m	Durée normale

$$e = 0,02333333 \text{ m}$$

$$M_f \text{ top} = 0,26591408 \text{ kN m}$$

E05=	6500 Mpa	S-PF No1/No2	Tab 6,3,1A
KSE	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3
I=	8689333,33 mm ⁴		
Le=	3050 mm		

$$P_E = 59,9238738 \text{ kN}$$

$$P_{\Delta} = 1,23484219$$

$$M_f \text{ milieu} = 0,16418096 \text{ kN m}$$

Mf = 0,26591408 kN m

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \leq 1$$

Combinaison 2 Max charge ponctuelle + Charge latérale Courte durée

Pf= 11,690186 kN
 Wf= 0,1941072 kN/m
 Pr= 40,8011102 kN Courte durée
 Mr= 2,97143918 kN m Courte durée

Le= 3,05 m

e= 0,02333333 m

Mf= 0,36209578 kN m

PE= 59,9238738 kN

PΔ= 1,24236559

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1$$

Combinaison 3 Max charge latérale + charge ponctuelle Courte durée

Pf= 6,12293718 kN
 Wf= 0,6793752 kN/m
 Pr= 40,8011102 kN Courte durée
 Mr= 2,97143918 kN m Courte durée

Le= 3,05 m

e= 0,02333333 m

Mf= 0,86142024 kN m

PE= 59,9238738 kN

PΔ= 1,11380726

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1$$

2.Vérification de la résistance au cisaillement

art 6,5,5

Combinaison 3 Max charge latérale + charge ponctuelle Courte durée

Pf= 6,12293718 kN
 Wf= 0,6793752 kN/m
 e= 0,02333333 m
 L= 3,05 m

Vf= 1,08288932 kN

$$Vr = \emptyset \times FV \times 2/3 \times An \times KZv$$

$\emptyset = 0,9$

Fv= fv (KD x KH x KSv x KT)

fv=	1,5 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1,15	Courte durée	Tab 5,3,2,2
KH=	1,4	Cas 2	Tab 6,4,4
Ksb	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

Fv= 2,415

An= 5320 mm²

Kzv=	1,4	Plus grande dim =	140	Tab 6,4,5
		plus petite dim=	38	

Vr=	10,792152 kN/m	≥	Vf=	1,08288932	kN
-----	----------------	---	-----	------------	----

4.Vérification de la flèche admissible art 5,4

Combinaison 4

Pf= 5,78833425 kN
Wf= 0,45493875 kN/m
L= 3050 mm
e= 0,02333333

Es = E (KSE x KT)

E=	9 500 MPa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KSE=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

Es= 9500 Mpa

I= 8689333,33 mm⁴

$$\Delta_L \leq \frac{L}{180}$$

ΔL=	6,20984944 ≤	16,94444444
-----	--------------	-------------

Resistance pondérée à la compression perpendiculaire au fil de la lisse basse

Combinaison 1 Max charge ponctuelle

Pf= 11,3963175 kN

$$Qr = \emptyset \times Fcp \times Ab \times KB \times KZcp$$

$\emptyset = 0,8$

Fcp= fcp (KD x KScp x KT)

fcp=	6,5 Mpa	MSR 2100Fb-1,8E	Tab. 6.3.2
KD=	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
KScp=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

Fcp=	6,5 Mpa				
Ab=	5320				
KB	1,25	longueur d'appui 38 mm			Tab 6,5,7,5
Kzcp=	1	b/d=	0,27142857	≤ 1,0	Tab 6,5,7,4
Qr=	34,58 kN	≥	Pf=	11,3963175	

Linéau porte garage 10'

Linéau :	133 x	301	1 ply
Jack :	38 x	140	2 ply
King :	76 x	140	

Données

ELU		
3a-2	1.25D + 1.5SII	5,4975 kpa
ELS		
3c-2	1.0D + 1.0SII + 0.4WPV	4,3029 kpa
	0.4WPH	0,2289 kpa

S1 =	3,42 kPa	(ELS)
Ltributaire=	6,91 m	
L=	3,12 m	(Longueur non-appuyé)
Wf=	38,9672866 kN/m	
Wtot=	29,733039 kN/m	
Ws=	23,6322 kN/m	

Calcul des efforts

Moment fléchissant	
Mf=	47,4153943 KN m

Effort tranchant	
Vf=	60,7889671 kN

Flèche

$$\Delta_{tot} \leq \frac{L}{180}$$

$$\Delta_L \leq \frac{l}{360}$$

Esl tot requis=	2116,48097 kN m2
Esl L requis=	3364,41233 KN m2

Prédimensionnement

Liste

de contrôle WDM 2017 P.55

Liste de contrôle : Poutres

2

Examen Flèche

Pour s'assurer que les résistances et valeurs de E_d indiquées dans les tables conviennent à l'ouvrage en cours de conception, il faudra se poser les questions suivantes (le coefficient de correction approprié est indiqué entre parenthèses) :

Bois d'œuvre massif :

1. La durée d'application de la charge est-elle « normale » (K_d) ?
2. Le bois est-il exempt de produits chimiques susceptibles de diminuer sa résistance (K_r) ?
3. La poutre est-elle exempte d'entailles ?

Poutres droites en bois lamellé-collé :

1. La poutre est-elle soumise à des moments de flexion positifs seulement (f_d) ?
2. La durée d'application de la charge est-elle « normale » (K_d) ?
3. La condition d'utilisation est-elle « utilisation en milieu sec » (K_d) ?
4. Le matériau est-il exempt de produits chimiques susceptibles de diminuer sa résistance (K_r) ?
5. La construction assure-t-elle la stabilité latérale de la poutre (K_d) ?
6. Un coefficient de dimensions pour la flexion (K_{200}) s'applique-t-il ?
7. La poutre est-elle exempte d'entailles (K_d) ?
8. Pour $W, L^{0.18}$ seulement, la poutre est-elle simplement supportée et la charge uniformément répartie (C_d) ?

Table WDM 2017 P. 74

Choix:
Parallam PSL
2.OE

b= 133 mm
d= 301 mm
Nombre d'élément 1 ply

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la flexion

art. 15,3,3,1

$$M_r = \phi \times F_b \times S \times K_z b \times K_L$$

$$\phi = 0,9$$

$$F_b = f_b (K_D \times K_H \times K_{Sb} \times K_T)$$

$$f_b = 36,95 \text{ Mpa}$$

$$K_D = 1$$

$$K_H = 1,04$$

$$K_{Sb} = 1$$

$$K_T = 1$$

Parallam PSL 2.0E

Durée Normale

Conditions sèches

Non traité

Rapport d'évaluation CCMC 11161-R Prallam® PSL

Tab 5,3,2,2

15,3,2,4

15,3,2,2

15,3,2,3

$$F_b = 38,428 \text{ Mpa}$$

$$S = 2008322,17 \text{ mm}^3$$

$$K_z b = 1,00146791$$

$$K_L = 1$$

$$M_r = 69,5601823 \text{ kN m}$$

≥

$$M_f = 47 \text{ kN m}$$

2. Vérification de la résistance au cisaillement

art 15,3,3,3

$$V_r = \phi \times F_v \times \frac{2}{3} \times A \times K_z v$$

$$\phi = 0,9$$

$$F_v = f_v (K_D \times K_H \times K_{Sv} \times K_T)$$

$$f_v = 3,7 \text{ Mpa}$$

$$K_D = 1$$

$$K_H = 1,04$$

$$K_{Sv} = 1$$

$$K_T = 1$$

Parallam PSL 2.0E

Durée Normale

Conditions sèches

Non traité

Rapport d'évaluation CCMC 11161-R Prallam® PSL

Tab 5,3,2,2

15,3,2,4

15,3,2,2

15,3,2,3

$$F_v = 3,848$$

$$A = 40033 \text{ mm}^2$$

$$K_z v = 1$$

$$V_r = 92,4281904 \text{ kN}$$

≥

$$V_f = 61 \text{ kN}$$

4. Vérification de la flèche admissible

art 5,4

$$E_s = E (K_{SE} \times K_T)$$

$$E = 13 \text{ 790 Mpa}$$

Parallam PSL 2.0E

Rapport d'évaluation CCMC 11161-R Prallam® PSL

$$K_{SE} = 1$$

Conditions sèches

15,3,2,2

$$K_T = 1$$

Non traité

15,3,2,3

$$E_s = 13790$$

I= 302252486 mm⁴

$$\Delta_{tot} \leq \frac{L}{180} \quad \Delta_L \leq \frac{l}{360}$$

$$\Delta_{tot} = (5 W_{tot} l^4) / (384 E I) \leq L / 180$$

$\Delta_{tot} =$ 8,8016138 mm $\leq$ 17,3333333 m

$$\Delta_L = (5 W_L l^4) / (384 E I) \leq L / 360$$

$\Delta_L =$ 6,99563532 mm $\leq$ 8,66666667 m

Jambage poutre

Donné

Longueur mur = 3,05 m

Longueur du jambage = 2,749 m

Longueur d'appui minimal de la poutre

S-P-F

No1/No2

b = 133 mm

d = 301 mm

Nombre d'éléments 1

Vf = 60,7889671 kN

$$Q_r = \emptyset \times F_{cp} \times A_b \times K_B \times K_{Zcp}$$

$\emptyset =$ 0,8

$$F_{cp} = f_{cp} (K_D \times K_{Scp} \times K_T)$$

$f_{cp} =$ 9,4 Mpa

$K_D =$ 1

$K_{Scp} =$ 1

$K_T =$ 1

Parallam PSL 2.0E

Durée Normale

Conditions sèches

Non traité

Rapport d'évaluation CCMC 11161-R Prallam® PSL

Tab 5,3,2,2

Tab 6,4,2

Tab 6,4,3

$F_{cp} =$ 9,4 Mpa

$A_b =$ 133 *Ib

$K_B =$ 1

à moins de 75 mm de l'extrémité

Tab 6,5,7,5

$K_{Zcp} =$ 1

$b/d =$ 0,44186047 $\leq$ 1,0

Tab 6,5,7,4

$Q_r =$ 1000,16 *Ib

$l_b \geq$ 60,7792424 mm

Minimum 2 jack

Prédimensionnement

Si au moins 2 jacks

Si 1 jack

Liste de contrôle WDM 2017 P.191

Liste de contrôle WDM 2017 P.147

Table WDM 2017 P. 193

Table WDM 2017 P. 154

Choix:

S-P-F

No1/No2

b= 38 mm

d= 140 mm

Nombre d'élément 2 ply

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la compression

art. 6.5.6,2,3

Longueur effective

Ke= 1

Leb= 0,4572 m Supporté sur toute sa longueur

Led= 2,749 m

Élancement

Ccb= 6,01578947 < 50

Ccd= 19,6357143 < 50

Cc= 6,01578947

$Pr = \phi \times FC \times A \times KZc \times KC$

$\phi = 0,8$

$FC = fC (KD \times KH \times KSC \times KT)$

fC = 11,5 MPa

KD= 1

Durée normale

KH= 1

Cas 1

KSC= 1

Conditions sèches

KT= 1

Non traité

FC= 11,5 MPa

A= 10640 mm²

KZcb= 1,61815818 < 1,3

KZcd= 1,18372601 < 1,3

E05= 6500 Mpa

S-PF No1/No2

KSE 1

Conditions sèches

KT 1

Non traité

KCb= 0,98250357

KCd= 0,68822653

Prb= 75,0167414 kN ≥ 60,7889671 kN

Prd= 79,7465779 kN ≥ 60,7889671 kN

Pr= 75,0167414 kN

King fan 39"

Le king reprend les efforts gravitaire ½ espacement des colombage. Il reprend les efforts latéraux ½ espacement des colombage et ½ largeur du linteau.

Données

Longueurking= 3,05 m
 Ltributaire, colombage= 0,6 m
 Ltributaire, toit= 6,91 m
 Ltributaire, linteau= 6,91 m

Combinaisons ELU

3a-2	1.25D + 1.5SII	5,4975 kpa
------	----------------	------------

3c-2	1.25D + 1.5SII + 0.4WPV 0.4WPH	5,63926 kpa 0,24416 kPa
------	-----------------------------------	----------------------------

4,00E-02	1.25D + 1.4WPV + 0.5SII 1.4WPH	2,95366 kpa 0,85456 kpa
----------	-----------------------------------	----------------------------

Combinaisons ELU

4,00E-02	1.0D + 1.0WPV + 0.5SII 1.0WPH	2,79225 kpa 0,57225 kpa
----------	----------------------------------	----------------------------

Ultime

Combinaison 1 Max charge ponctuelle
 Pf= 11,3963175 kN

Combinaison 2 Max charge ponctuelle + Charge latérale
 pf= 11,690186 kN
 Wf= 0,9168208 kN/m

Combinaison 3 Max charge latérale + charge ponctuelle
 Pf= 6,12293718 kN
 Wf= 3,2088728 kN/m

Service

Combinaison 4
 Pf= 5,78833425 kN
 Wf= 2,14879875 kN/m

Prédimensionnement

Combinaison 1 Max charge ponctuelle
 Pf= 11,3963175 kN

Liste de contrôle WDM 2017 P.147

Table WDM 2017 P. 154

Choix:

S-P-F

No1/No2

L= 3,05 m

b= 76 mm

d= 140 mm

Combinaison 2 Max charge ponctuelle + Charge latérale
 pf= 11,690186 kN
 Wf= 0,9168208 kN/m

Combinaison 3 Max charge latérale + charge ponctuelle
 Pf= 6,12293718 kN
 Wf= 3,2088728 kN/m

Liste de contrôle WDM 2017 P.253

Table WDM 2017 P.262

Choix:

S-P-F

No1/No2

L= 3,05 m

b= 76 mm

d= 140 mm

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la compression

art. 6.5.6,2,3

Longueur effective

Ke= 1

Leb= 0

Led= 3,05

Retenu latéralement par OSB

Élancement

Ccb= 0

Ccd= 21,7857143 <

Retenu latéralement par OSB

50

Cc= 21,7857143

$$Pr = \phi \times FC \times A \times KZc \times KC$$

$\phi = 0,8$

FC= fC (KD x KH x KSC x KT)

fC = 11,5 MPa

KD= 1

KD= 1,15

KH= 1,1

KSC= 1

KT= 1

S-PF No1/No2

Durée normale

Courte durée

Classé visuellement cas 2

Conditions sèches

Non traité

Tab. 6.3.1A

Tab 5,3,2,2

Tab 5,3,2,2

Tab 6,4,4

Tab 6,4,2

Tab 6,4,3

FC= 12,65 MPa

FC= 14,5475 MPa

Durée normale

Courte durée

A= 10640 mm²

KZc= 1,16784425 <

1,3

E05= 6500 Mpa

KSE 1

KT 1

S-PF No1/No2

Conditions sèches

Non traité

Tab 6,3,1A

Tab 6,4,2

Tab 6,4,3

KC= 0,59828526

KC= 0,56428313

Durée normale

Courte durée

Pr= 75,234211 kN

Pr= 81,6022204 kN

Durée normale

Courte durée

2. Vérification de la résistance à la flexion

art. 6.5.4

$$Mr = \phi \times Fb \times S \times KZb \times KL$$

Ø =	0,9		
Fb= fb (KD x KH x KSb x KT)			
fb=	11,8 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
KD=	1,15	Courte durée	Tab 5,3,2,2
KH=	1,4	Classé visuellement cas 2	Tab 6,4,4
KSb	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3
Fb=	16,52 MPa	Durée normale	
Fb=	18,998 MPa	Courte durée	
S=	248266,667 mm ³		
Kzb=	1,4	Plus grande dim =	140
		plus petite dim=	76
KL=	1	d/b=	1,84210526 ≤ 6,5
Mr=	5,16772032 kN m	Durée normale	
Mr=	5,94287837 kN m	Courte durée	

3. Combinaison d'interaction

art 6,5,10

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_{\varepsilon}}} \right] \leq 1$$

Combinaison 1 Max charge ponctuelle Durée normale

Pf=	11,3963175 kN	
Pr=	75,234211 kN	Durée normale
Mr=	5,16772032 kN/m	Durée normale

e= 0,02333333 m

Mf top= 0,26591408 kN m

E05=	6500 Mpa	S-PF No1/No2	Tab 6,3,1A
KSE	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3
I=	17378666,7 mm ⁴		
Le=	3050 mm		

PE= 119,847748 kN

PΔ= 1,10508222

Mf milieu= 0,14692846 kN m

Mf = 0,26591408 kN m

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} = 0,07440229 \leq 1$$

Combinaison 2 Max charge ponctuelle + Charge latérale Courte durée

Pf=	11,690186 kN	
Wf=	0,9168208 kN/m	
Pr=	81,6022204 kN	Courte durée
Mr=	5,94287837 kN m	Courte durée

Le= 3,05 m

e= 0,02333333 m

Mf= 1,20247619 kN m

PE= 119,847748 kN

PΔ= 1,10808478

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1 \quad 0,2447317 \leq 1$$

Combinaison 3 Max charge latérale + charge ponctuelle Courte durée

Pf= 6,12293718 kN

Wf= 3,2088728 kN/m

Pr= 81,6022204 kN Courte durée

Mr= 5,94287837 kN m Courte durée

Le= 3,05 m

e= 0,02333333 m

Mf= 3,80275167 kN m

PE= 119,847748 kN

PΔ= 1,05383994

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1 \quad 0,67996521 \leq 1$$

2.Vérification de la résistance au cisaillement

art 6,5,5

Combinaison 3 Max charge latérale + charge ponctuelle Courte durée

Pf= 6,12293718 kN

Wf= 3,2088728 kN/m

e= 0,02333333 m

L= 3,05 m

Vf= 4,94037316 kN

$V_r = \emptyset \times F_v \times 2/3 \times A_n \times K_z v$

$\emptyset = 0,9$

$F_v = f_v (K_D \times K_H \times K_{Sv} \times K_T)$

$f_v = 1,5$ Mpa

$K_D = 1,15$

$K_H = 1,4$

$K_{sb} = 1$

$K_T = 1$

$F_v = 2,415$

S-P-F No1/No2

Courte durée

Cas 2

Conditions sèches

Non traité

Tab. 6.3.1A

Tab 5,3,2,2

Tab 6,4,4

Tab 6,4,2

Tab 6,4,3

An=	10640 mm ²			
Kzv=	1,4	Plus grande dim = plus petite dim=	140 76	Tab 6,4,5
Vr=	21,584304 kN/m	≥	Vf=	4,94037316 kN

4. Vérification de la flèche admissible

art 5,4

Combinaison 4

Pf=	5,78833425 kN
Wf=	2,14879875 kN/m
L=	3050 mm
e=	0,02333333

$$E_s = E (KSE \times KT)$$

E=	9 500 MPa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KSE=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3
Es=	9500 Mpa		
I=	17378666,7 mm ⁴		

$$\Delta L_{\frac{L}{180}} \leq \frac{L}{180} \quad 14,6653974 \leq 16,94444444$$

Resistance pondérée à la compression perpendiculaire au fil de la lisse basse

Combinaison 1	Max charge ponctuelle
Pf=	11,3963175 kN

$$Q_r = \phi \times F_{cp} \times A_b \times K_B \times K_{Zcp}$$

Ø =	0,8		
Fcp= fcp (KD x KScp x KT)			
fcp=	6,5 Mpa	MSR 2100Fb-1,8E	Tab. 6.3.2
KD=	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
KScp=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3
Fcp=	6,5 Mpa		
Ab=	10640		
KB	1,25	longueur d'appui 38 mm	Tab 6,5,7,5
Kzcp=	1	b/d=	0,54285714 ≤ 1,0 Tab 6,5,7,4
Qr=	69,16 kN	≥	Pf= 11,3963175

Lintheau Porte Garage 10'

Lintheau :	38 x	184	3 ply
Jack :	38 x	140	1 ply
King :	38 x	140	

Données

L= 3,12 m

ELU

3a-2 1.25D + 1.5SII 5,4975 kpa

ELS

3c-2 1.0D + 1.0SII + 0.4WPV 4,3029 kpa
0.4WPH 0,2289 kpa

S₁ = 3,42 kPa

L_{tributaire} = 0,91 m

W_f = 5,002725 kN/m

W_{tot} = 3,915639 KN/m

W_s = 3,1122 kN/m

Calcul des efforts

Moment fléchissant

M_f = 6,08731578 KN m

Effort tranchant

V_f = 7,804251 kN

Flèche

$$\Delta_{tot} \leq \frac{L}{180}$$

$$\Delta_L \leq \frac{l}{360}$$

Esl tot requis = 278,726148 kN m2

Esl L requis = 443,07022 KN m2

Prédimensionnement

Liste

de contrôle

WDM 2017 P.55

Liste de contrôle : Poutres

Pour s'assurer que les résistances et valeurs de E_sI indiquées dans les tables conviennent à l'ouvrage en cours de conception, il faudra se poser les questions suivantes (le coefficient de correction approprié est indiqué entre parenthèses) :

Bois d'œuvre massif :

1. La durée d'application de la charge est-elle « normale » (K_D) ?
2. Le bois est-il exempt de produits chimiques susceptibles de diminuer sa résistance (K_F) ?
3. La poutre est-elle exempte d'entailles ?

Poutres droites en bois lamellé-collé :

1. La poutre est-elle soumise à des moments de flexion positifs seulement (K_D) ?
2. La durée d'application de la charge est-elle « normale » (K_D) ?
3. La condition d'utilisation est-elle « utilisation en milieu sec » (K_D) ?
4. Le matériau est-il exempt de produits chimiques susceptibles de diminuer sa résistance (K_F) ?
5. La construction assure-t-elle la stabilité latérale de la poutre (K_L) ?
6. Un coefficient de dimensions pour la flexion (K_{Z₂₀}) s'applique-t-il ?
7. La poutre est-elle exempte d'entailles (K_D) ?
8. Pour W 1 0.18 seulement, la poutre est-elle simplement supportée et la

2

2

Eléments Flèche

6. Pour VV, L=17,7 seulement, la poutre est-elle simplement supportée et la charge uniformément répartie (C₁) ?

Table WDM 2017 P. 78

Choix:

S-P-F

No1/No2

b= 38 mm

d= 184 mm

Nombre d'élément 3 ply

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la flexion

art. 6.5.4

$M_r = \phi \times F_b \times S \times K_z b \times K_L$		
--	--	--

$\phi = 0,9$

$F_b = f_b (K_D \times K_H \times K_{Sb} \times K_T)$

f _b =	11,8 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
K _D =	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
K _H =	1,1	Au moins 2 éléments	Tab 6,4,4
K _{Sb}	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
K _T	1	Non traité	Tab 6,4,3

F_b= 12,98 Mpa

S= 643264 mm³

K _z b=	1,2	Plus grande dim =	184	Tab 6,4,5
		plus petite dim=	38	

K _L =	1	d/b=	1,61403509	≤ 4	Tab 6,5,4,2,1
------------------	---	------	------------	-----	---------------

M _r =	9,01753206 kN m	≥	M _f =	6,08731578	kN m
------------------	-----------------	---	------------------	------------	------

2. Vérification de la résistance au cisaillement

art 6,5,5

$V_r = \phi \times F_v \times 2/3 \times A_n \times K_z v$	
--	--

$\phi = 0,9$

$F_v = f_v (K_D \times K_H \times K_{Sv} \times K_T)$

f _v =	1,5 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
K _D =	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
K _H =	1,1	Au moins 2 éléments	Tab 6,4,4
K _{Sb}	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
K _T	1	Non traité	Tab 6,4,3

F_v= 1,65 Mpa

A_n= 20976 mm²

K _z v=	1,2	Plus grande dim =	184	Tab 6,4,5
		plus petite dim=	38	

Vr= 24,919488 kN ≥ Vf= 7,804251 kN

4.Vérification de la flèche admissible art 5,4

Es = E (KSE x KT)

E= 9 500 Mpa S-P-F No1/No2 Tab. 6.3.1A
KSE= 1 Conditions sèches Tab 6,4,2
KT 1 Non traité Tab 6,4,3
Es= 9500
I= 59180288 mm4

$$\Delta_{tot} \leq \frac{L}{180} \qquad \Delta_L \leq \frac{l}{360}$$

$$\Delta_{tot}=(5 \text{ Wtot } l^4)/(384 \text{ Es}l) \leq L/180$$

Δtot= 8,59328315 mm ≤ 17,3333333 mm

$$\Delta_L=(5 \text{ WL } l^4)/(384 \text{ Es}l) \leq L/360$$

ΔL= 6,83005144 mm ≤ 8,66666667 mm

Jambage porte de garage 10'

Donné

Longueur mur = 3,05 m
Longueur du jambage= 2,866 m

Longueur d'appui minimal du l'inteau

S-P-F
No1/No2
b= 38 mm
d= 184 mm
Nombre d'éléments 3
Vf= 7,804251 kN

Qr=Ø x Fcp x Ab x KB x KZcp

Ø = 0,8

Fcp= fcp (KD x KScp x KT)
fcp= 5,3 Mpa S-P-F No1/No2 Tab. 6.3.1A
KD= 1 Durée Normale Tab 5,3,2,2
KScp= 1 Conditions sèches Tab 6,4,2
KT 1 Non traité Tab 6,4,3

Fcp=	5,3 Mpa				
Ab=	114 *lb				
KB	1	à moins de 75 mm de l'extrémité			Tab 6,5,7,5
Kzcp=	1	b/d=	0,20652174	≤ 1,0	Tab 6,5,7,4
Qr=	483,36 *lb				
lb≥	16,1458354 mm	Minimum 1 jack			

Prédimensionnement

Si au moins 2 jacks		Si 1 jack	
Liste de contrôle	WDM 2017 P.191	Liste de contrôle	WDM 2017 P.147
Table	WDM 2017 P. 193	Table	WDM 2017 P. 154

Choix:
 S-P-F
 No1/No2
 b= 38 mm
 d= 140 mm
 Nombre d'élément 1 ply

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la compression
 art. 6.5.6,2,3

Longueur effective			
Ke=	1		
Leb=	0 m	Supporté sur toute sa longueur	
Led=	2,866 m		

Élancement			
Ccb=	0	<	50
Ccd=	20,4714286	<	50
Cc=	20,4714286		

Pr=Ø x FC x A x KZc x KC		
--------------------------	--	--

Ø= 0,8

FC= fC (KD x KH x KSC x KT)				
fC =	11,5 MPa			Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée normale		Tab 5,3,2,2
KH=	1			Tab 6,4,4
KSC=	1	Conditions sèches		Tab 6,4,2
KT=	1	Non traité		Tab 6,4,3
FC=	11,5 MPa			

A=	5320 mm ²			
KZcb=	0 <			
KZcd=	1,17732943 <			
E05=	6500 Mpa	S-PF No1/No2		Tab 6,3,1A
KSE	1	Conditions sèches		Tab 6,4,2
KT	1	Non traité		Tab 6,4,3
KCb=	1			
KCd=	0,66199991			
Prb=	38,17632 kN	≥	7,804251	kN
Prd=	38,1465608 kN	≥	7,804251	kN
Pr=	38,1465608 kN			

King porte de garage 10'

Le king reprend les efforts gravitaire ½ espacement des colombage. Il reprend les efforts latéraux ½ espacement des colombage et ½ largeur du linteau.

Données

Longueur _{king} =	3,05 m
L _{tributaire, colombage} =	0,6 m
L _{tributaire, toit} =	0,91 m
L _{tributaire, linteau} =	3,12 m

Combinaisons ELU

3a-2	1.25D + 1.5SII	5,4975 kpa
3c-2	1.25D + 1.5SII + 0.4WPV 0.4WPH	5,63926 kpa 0,24416 kPa
4e-2	1.25D + 1.4WPV + 0.5SII 1.4WPH	2,95366 kpa 0,85456 kpa

Combinaisons ELU

4e-2	1.0D + 1.0WPV + 0.5SII 1.0WPH	2,79225 kpa 0,57225 kpa
------	----------------------------------	----------------------------

Ultime

Combinaison 1

Max charge ponctuelle

Pf= 1,5008175 kN

Combinaison 2

Max charge ponctuelle + Charge latérale

pf= 1,53951798 kN

Wf= 0,4541376 kN/m

Combinaison 3

Max charge latérale + charge ponctuelle

Pf= 0,80634918 kN

Wf= 1,5894816 kN/m

Service

Combinaison 4

Pf=	0,76228425 kN
Wf=	1,064385 kN/m

Prédimensionnement

Combinaison 1	Max charge ponctuelle
Pf=	1,5008175 kN

Liste de contrôle	WDM 2017 P.147
--------------------------	----------------

Table	WDM 2017 P. 154
--------------	-----------------

Choix:

S-P-F

No1/No2

L= 3,05 m

b= 38 mm

d= 140 mm

Combinaison 2	Max charge ponctuelle + Charge latérale
----------------------	---

pf= 1,53951798 kN

Wf= 0,4541376 kN/m

Combinaison 3	Max charge latérale + charge ponctuelle
----------------------	---

Pf= 0,80634918 kN

Wf= 1,5894816 kN/m

Liste de contrôle	WDM 2017 P.253
--------------------------	----------------

Table	WDM 2017 P.262
--------------	----------------

Choix:

S-P-F

No1/No2

L= 3,05 m

b= 38 mm

d= 140 mm

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la compression

art. 6.5.6,2,3

Longueur effective

Ke= 1

Leb= 0

Led= 3,05

Retenu latéralement par OSB

Élancement

Ccb= 0

Retenu latéralement par OSB

Ccd= 21,7857143 < 50

Cc= 21,7857143

Pr= $\emptyset \times FC \times A \times KZc \times KC$

$\emptyset$ = 0,8

FC= fC (KD x KH x KSC x KT)

fC = 11,5 MPa S-PF No1/No2 Tab. 6.3.1A

KD= 1 Durée normale Tab 5,3,2,2

KD= 1,15 Courte durée Tab 5,3,2,2

KH= 1,1 Classé visuellement cas 2 Tab 6,4,4

KSC= 1 Conditions sèches Tab 6,4,2

KT= 1 Non traité Tab 6,4,3

FC= 12,65 MPa Durée normale

FC= 14,5475 MPa Courte durée

A= 5320 mm²

KZc= 1,16784425 < 1,3

E05= 6500 Mpa S-PF No1/No2 Tab 6,3,1A

KSE 1 Conditions sèches Tab 6,4,2

KT 1 Non traité Tab 6,4,3

KC= 0,59828526 Durée normale

KC= 0,56428313 Courte durée

Pr= 37,6171055 kN Durée normale

Pr= 40,8011102 kN Courte durée

2. Vérification de la résistance à la flexion

art. 6.5.4

Mr= $\emptyset \times Fb \times S \times KZb \times KL$

$\emptyset$ = 0,9

Fb= fb (KD x KH x KSb x KT)

fb= 11,8 Mpa S-P-F No1/No2 Tab. 6.3.1A

KD= 1 Durée Normale Tab 5,3,2,2

KD= 1,15 Courte durée Tab 5,3,2,2

KH= 1,4 Classé visuellement cas 2 Tab 6,4,4

Ksb 1 Conditions sèches Tab 6,4,2

KT 1 Non traité Tab 6,4,3

Fb= 16,52 MPa Durée normale

Fb= 18,998 MPa Courte durée

S= 124133,333 mm³

Kzb= 1,4 Plus grande dim = 140 Tab 6,4,5

KL= 1 plus petite dim= 38

d/b= 3,68421053 ≤ 6,5 Tab 6,5,4,2,1

Mr=	2,58386016 kN m	Durée normale
Mr=	2,97143918 kN m	Courte durée

3. Combinaison d'interaction

art 6,5,10

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1$$

Combinaison 1 Max charge ponctuelle Durée normale

Pf=	1,5008175 kN	
Pr=	37,6171055 kN	Durée normale
Mr=	2,58386016 kN/m	Durée normale

e= 0,02333333 m

Mf top= 0,03501908 kN m

E05=	6500 Mpa	S-PF No1/No2	Tab 6,3,1A
KSE	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3
I=	8689333,33 mm4		
Le=	3050 mm		

PE= 59,9238738 kN

PΔ= 1,02568879

Mf milieu= 0,01795934 kN m

Mf = 0,03501908 kN m

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \qquad \qquad \qquad 0,01514479 \leq \qquad \qquad \qquad 1$$

Combinaison 2 Max charge ponctuelle + Charg Courte durée

Pf=	1,53951798 kN	
Wf=	0,4541376 kN/m	
Pr=	40,8011102 kN	Courte durée
Mr=	2,97143918 kN m	Courte durée

Le= 3,05 m

e= 0,02333333 m

Mf= 0,54603792 kN m

PE= 59,9238738 kN

PΔ= 1,02636867

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1$$

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right) + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1 \quad 0,19003139 \leq 1$$

Combinaison 3 Max charge latérale + charge p Courte durée

Pf= 0,80634918 kN
Wf= 1,5894816 kN/m
Pr= 40,8011102 kN Courte durée
Mr= 2,97143918 kN m Courte durée

Le= 3,05 m

e= 0,02333333 m

Mf= 1,85767648 kN m

PE= 59,9238738 kN

PΔ= 1,01363977

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1 \quad 0,6340952 \leq 1$$

2.Vérification de la résistance au cisaillement

art 6,5,5

Combinaison 3 Max charge latérale + charge p Courte durée

Pf= 0,80634918 kN
Wf= 1,5894816 kN/m
e= 0,02333333 m
L= 3,05 m
Vf= 2,43012823 kN

$V_r = \emptyset \times F_v \times 2/3 \times A_n \times K_{Zv}$	
--	--

$\emptyset = 0,9$

$F_v = f_v (K_D \times K_H \times K_{Sv} \times K_T)$

f _v =	1,5 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
K _D =	1,15	Courte durée	Tab 5,3,2,2
K _H =	1,4	Cas 2	Tab 6,4,4
K _{sb}	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
K _T	1	Non traité	Tab 6,4,3

F_v= 2,415

A_n= 5320 mm²

K _{Zv} =	1,4	Plus grande dim =	140	Tab 6,4,5
		plus petite dim=	38	

V _r =	10,792152 kN/m	≥	V _f =	2,43012823	kN
------------------	----------------	---	------------------	------------	----

4.Vérification de la flèche admissible

art 5,4

Combinaison 4

Pf= 0,76228425 kN
Wf= 1,064385 kN/m
L= 3050 mm
e= 0,02333333

Es = E (KSE x KT)

E=	9 500 MPa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KSE=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3
Es=	9500 Mpa		
I=	8689333,33 mm4		

$$\Delta L \leq \frac{L}{180}$$

$$\Delta L = 14,5287023 \leq 16,94444444$$

Resistance pondérée à la compression perpendiculaire au fil de la lisse basse

Combinaison 1 Max charge ponctuelle
Pf= 1,5008175 kN

Qr=Ø x Fcp x Ab x KB x KZcp

Ø =	0,8			
Fcp= fcp (KD x KScp x KT)				
fcp=	6,5 Mpa	MSR 2100Fb-1,8E		Tab. 6.3.2
KD=	1	Durée Normale		Tab 5,3,2,2
KScp=	1	Conditions sèches		Tab 6,4,2
KT	1	Non traité		Tab 6,4,3
Fcp=	6,5 Mpa			
Ab=	5320			
KB	1,25	longueur d'appui 38 mm		Tab 6,5,7,5
Kzcp=	1	b/d=	0,27142857	≤ 1,0
				Tab 6,5,7,4
Qr=	34,58 kN	≥	Pf=	1,5008175

Linteau Porte Garage 4'			
Données	Linteau :	38 x	140
	Jack :	38 x	140
	King :	38 x	140

L=	1,3 m	
ELU		
3a-2	1.25D + 1.5SII	5,4975 kpa
ELS		
3c-2	1.0D + 1.0SII + 0.4WPV	4,3029 kpa
	0.4WPH	0,2289 kpa

S₁ = 3,42 kPa

L_{tributaire} = 0,91 m

Wf = 5,002725 kN/m
Wtot = 3,915639 KN/m
Ws = 3,1122 kN/m

Calcul des efforts

Moment fléchissant

Mf = 1,05682566 KN m

Effort tranchant

Vf = 3,25177125 kN

Flèche

$$\Delta_{tot} \leq \frac{L}{180}$$

$$\Delta_L \leq \frac{l}{360}$$

Esl tot requis = 20,1624818 kN m2

Esl L requis = 32,0507972 KN m2

Prédimensionnement Liste

de contrôle WDM 2017 P.55

Liste de contrôle : Poutres

Pour s'assurer que les résistances et valeurs de E₀ indiquées dans les tables conviennent à l'ouvrage en cours de conception, il faudra se poser les questions suivantes (le coefficient de correction approprié est indiqué entre parenthèses) :

Bois d'œuvre massif :

1. La durée d'application de la charge est-elle « normale » (K₀) ?
2. Le bois est-il exempt de produits chimiques susceptibles de diminuer sa résistance (K₁) ?
3. La poutre est-elle exempte d'entailles ?

Poutres droites en bois lamellé-collé :

1. La poutre est-elle soumise à des moments de flexion positifs seulement (f₀) ?
2. La durée d'application de la charge est-elle « normale » (K₀) ?
3. La condition d'utilisation est-elle « utilisation en milieu sec » (K₂) ?
4. Le matériau est-il exempt de produits chimiques susceptibles de diminuer sa résistance (K₁) ?
5. La construction assure-t-elle la stabilité latérale de la poutre (K₃) ?
6. Un coefficient de dimensions pour la flexion (K₂₀₀) s'appliqu-t-il ?
7. La poutre est-elle exempte d'entailles (K₄) ?
8. Pour W₀ L^{0.18} seulement, la poutre est-elle simplement supportée et la charge uniformément répartie (C₀) ?

Table WDM 2017 P. 78

Choix:
S-P-F

No1/No2

b= 38 mm

d= 140 mm

Nombre d'élément 2 ply

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la flexion

art. 6.5.4

$$M_r = \phi \times F_b \times S \times K_z b \times K_L$$

$$\phi = 0,9$$

$$F_b = f_b (K_D \times K_H \times K_{Sb} \times K_T)$$

$$f_b = 11,8 \text{ Mpa}$$

S-P-F No1/No2

Tab. 6.3.1A

$$K_D = 1$$

Durée Normale

Tab 5,3,2,2

$$K_H = 1,1$$

Au moins 2 éléments

Tab 6,4,4

$$K_{Sb} = 1$$

Conditions sèches

Tab 6,4,2

$$K_T = 1$$

Non traité

Tab 6,4,3

$$F_b = 12,98 \text{ Mpa}$$

$$S = 248266,667 \text{ mm}^3$$

$$K_z b = 1,4$$

Plus grande dim =

140

Tab 6,4,5

plus petite dim =

38

$$K_L = 1$$

d/b =

1,84210526

≤ 4

Tab 6,5,4,2,1

$$M_r = 4,06035168 \text{ kN m}$$

≥

$$M_f =$$

1,05682566

kN m

2. Vérification de la résistance au cisaillement

art 6,5,5

$$V_r = \phi \times F_v \times \frac{2}{3} \times A_n \times K_z v$$

$$\phi = 0,9$$

$$F_v = f_v (K_D \times K_H \times K_{Sv} \times K_T)$$

$$f_v = 1,5 \text{ Mpa}$$

S-P-F No1/No2

Tab. 6.3.1A

$$K_D = 1$$

Durée Normale

Tab 5,3,2,2

$$K_H = 1,1$$

Au moins 2 éléments

Tab 6,4,4

$$K_{Sb} = 1$$

Conditions sèches

Tab 6,4,2

$$K_T = 1$$

Non traité

Tab 6,4,3

$$F_v = 1,65 \text{ Mpa}$$

$$A_n = 10640 \text{ mm}^2$$

$$K_z v = 1,4$$

Plus grande dim =

140

Tab 6,4,5

plus petite dim =

38

$$V_r = 14,74704 \text{ kN}$$

≥

$$V_f =$$

3,25177125

kN

4. Vérification de la flèche admissible

art 5,4

$$E_s = E (K_{SE} \times K_T)$$

$$E = 9500 \text{ Mpa}$$

S-P-F No1/No2

Tab. 6.3.1A

$$K_{SE} = 1$$

Conditions sèches

Tab 6,4,2

$$K_T = 1$$

Non traité

Tab 6,4,3

Es= 9500
I= 17378666,7 mm⁴

$$\Delta_{\tau o \tau} \leq \frac{L}{180} \quad \Delta_L \leq \frac{l}{360}$$

$$\Delta_{tot} = (5 W_{tot} I^4) / (384 E I) \leq L / 180$$

$\Delta_{tot} = 0,88201257 \text{ mm} \leq 7,22222222 \text{ mm}$

$$\Delta_L = (5 W_L I^4) / (384 E I) \leq L / 360$$

$\Delta_L = 0,70103488 \text{ mm} \leq 3,61111111 \text{ mm}$

Jambage porte de garage 4'

Donné

Longueur mur = 3,05 m
Longueur du jambage = 2,91 m

Longueur d'appui minimal du l'inteau

S-P-F
No1/No2
b = 38 mm
d = 140 mm
Nombre d'éléments 2
Vf = 3,25177125 kN

$$Q_r = \emptyset \times F_{cp} \times A_b \times K_B \times K_{Zcp}$$

$\emptyset = 0,8$

$$F_{cp} = f_{cp} (K_D \times K_{Scp} \times K_T)$$

fcp =	5,3 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD =	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
KScp =	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

Fcp = 5,3 Mpa

Ab = 76 *lb

KB = 1 à moins de 75 mm de l'extrémité Tab 6,5,7,5

Kzcp = 1 b/d = 0,27142857 ≤ 1,0 Tab 6,5,7,4

Qr = 322,24 *lb

lb ≥ 10,0911471 mm Minimum 1 jack

Prédimensionnement

Si au moins 2 jacks

Si 1 jack

Liste de contrôle WDM 2017 P.191

Table WDM 2017 P. 193

Choix:

S-P-F

No1/No2

b= 38 mm

d= 140 mm

Nombre d'élément 1 ply

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la compression

art. 6.5.6,2,3

Longueur effective

Ke= 1

Leb= 0 m Supporté sur toute sa longueur

Led= 2,91 m

Élancement

Ccb= 0 < 50

Ccd= 20,7857143 < 50

Cc= 20,7857143

$Pr = \phi \times FC \times A \times KZc \times KC$

$\phi = 0,8$

$FC = fC (KD \times KH \times KSC \times KT)$

fC = 11,5 MPa

KD= 1 Durée normale

KH= 1 Conditions sèches

KSC= 1 Non traité

KT= 1

FC= 11,5 MPa

A= 5320 mm²

KZcb= 0 < 1,3

KZcd= 1,17499986 < 1,3

E05= 6500 Mpa S-PF No1/No2 Tab 6.3.1A

KSE 1 Conditions sèches Tab 6,4,2

KT 1 Non traité Tab 6,4,3

KCb= 1

KCd= 0,65214759

Prb= 38,17632 kN ≥ 3,25177125 kN

Prd= 37,5044821 kN ≥ 3,25177125 kN

Pr= 37,5044821 kN

King porte de garage 4'

Le king reprend les efforts gravitaire ½ espacement des colombage. Il reprend les efforts latéraux ½ espacement des colombage et ½ largeur du linteau.

Données

Longueur _{king} =	3,05 m
L _{tributaire, colombage} =	0,6 m
L _{tributaire, toit} =	0,91 m
L _{tributaire, linteau} =	1,3 m

Combinaisons ELU

3a-2	1.25D + 1.5SII	5,4975 kpa
------	----------------	------------

3c-2	1.25D + 1.5SII + 0.4WPV	5,63926 kpa
	0.4WPH	0,24416 kPa

4e-2	1.25D + 1.4WPV + 0.5SII	2,95366 kpa
	1.4WPH	0,85456 kpa

Combinaisons ELU

4e-2	1.0D + 1.0WPV + 0.5SII	2,79225 kpa
	1.0WPH	0,57225 kpa

Ultime

Combinaison 1	Max charge ponctuelle
Pf=	1,5008175 kN
Combinaison 2	Max charge ponctuelle + Charge latérale
pf=	1,53951798 kN
Wf=	0,231952 kN/m

Combinaison 3	Max charge latérale + charge ponctuelle
Pf=	0,80634918 kN
Wf=	0,811832 kN/m

Service

Combinaison 4	
Pf=	0,76228425 kN
Wf=	0,5436375 kN/m

Prédimensionnement

Combinaison 1	Max charge ponctuelle
Pf=	1,5008175 kN

Liste de contrôle	WDM 2017 P.147
--------------------------	----------------

Table	WDM 2017 P. 154
--------------	-----------------

Choix:

S-P-F
No1/No2

L=	3,05 m
b=	38 mm
d=	140 mm

Combinaison 2	Max charge ponctuelle + Charge latérale
pf=	1,53951798 kN
Wf=	0,231952 kN/m

Combinaison 3 Max charge latérale + charge ponctuelle
Pf= 0,80634918 kN
Wf= 0,811832 kN/m

Liste de contrôle WDM 2017 P.253

Table WDM 2017 P.262

Choix:

S-P-F

No1/No2

L= 3,05 m

b= 38 mm

d= 140 mm

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la compression

art. 6.5.6,2,3

Longueur effective

Ke= 1

Leb= 0

Retenu latéralement par OSB

Led= 3,05

Élancement

Ccb= 0

Retenu latéralement par OSB

Ccd= 21,7857143 <

50

Cc= 21,7857143

$$Pr = \phi \times FC \times A \times KZc \times KC$$

$\phi = 0,8$

FC= fC (KD x KH x KSC x KT)

fC = 11,5 MPa

S-PF No1/No2

Tab. 6.3.1A

KD= 1

Durée normale

Tab 5,3,2,2

KD= 1,15

Courte durée

Tab 5,3,2,2

KH= 1,1

Classé visuellement cas 2

Tab 6,4,4

KSC= 1

Conditions sèches

Tab 6,4,2

KT= 1

Non traité

Tab 6,4,3

FC= 12,65 MPa

Durée normale

FC= 14,5475 MPa

Courte durée

A= 5320 mm²

KZc= 1,16784425 <

1,3

E05= 6500 Mpa

S-PF No1/No2

Tab 6,3,1A

KSE 1

Conditions sèches

Tab 6,4,2

KT 1

Non traité

Tab 6,4,3

KC= 0,59828526

Durée normale

KC= 0,56428313

Courte durée

Pr= 37,6171055 kN

Durée normale

Pr= 40,8011102 kN Courte durée

2. Vérification de la résistance à la flexion

art. 6.5.4

$$M_r = \emptyset \times F_b \times S \times K_{Zb} \times K_L$$

$$\emptyset = 0,9$$

$$F_b = f_b (K_D \times K_H \times K_{Sb} \times K_T)$$

$$f_b = 11,8 \text{ Mpa}$$

$$K_D = 1$$

$$K_D = 1,15$$

$$K_H = 1,4$$

$$K_{Sb} = 1$$

$$K_T = 1$$

S-P-F No1/No2

Durée Normale

Courte durée

Classé visuellement cas 2

Conditions sèches

Non traité

Tab. 6.3.1A

Tab 5,3,2,2

Tab 5,3,2,2

Tab 6,4,4

Tab 6,4,2

Tab 6,4,3

$$F_b = 16,52 \text{ MPa}$$

$$F_b = 18,998 \text{ MPa}$$

Durée normale

Courte durée

$$S = 124133,333 \text{ mm}^3$$

$$K_{Zb} = 1,4$$

Plus grande dim = 140

plus petite dim = 38

Tab 6,4,5

$$K_L = 1$$

d/b = 3,68421053

≤ 6,5

Tab 6,5,4,2,1

$$M_r = 2,58386016 \text{ kN m}$$

$$M_r = 2,97143918 \text{ kN m}$$

Durée normale

Courte durée

3. Combinaison d'interaction

art 6,5,10

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1$$

Combinaison 1 Max charge ponctuelle

Durée normale

$$P_f = 1,5008175 \text{ kN}$$

$$P_r = 37,6171055 \text{ kN}$$

$$M_r = 2,58386016 \text{ kN/m}$$

Durée normale

Durée normale

$$e = 0,02333333 \text{ m}$$

$$M_f \text{ top} = 0,03501908 \text{ kN m}$$

$$E_0 = 6500 \text{ Mpa}$$

$$K_{SE} = 1$$

$$K_T = 1$$

$$I = 8689333,33 \text{ mm}^4$$

$$L_e = 3050 \text{ mm}$$

S-PF No1/No2

Conditions sèches

Non traité

Tab 6,3,1A

Tab 6,4,2

Tab 6,4,3

$$P_E = 59,9238738 \text{ kN}$$

$$P_{\Delta} = 1,02568879$$

$$M_f \text{ milieu} = 0,01795934 \text{ kN m}$$

$$M_f = 0,03501908 \text{ kN m}$$

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} = 0,01514479 \leq$$

Combinaison 2 Max charge ponctuelle + Char Courte durée

Pf= 1,53951798 kN
 Wf= 0,231952 kN/m
 Pr= 40,8011102 kN Courte durée
 Mr= 2,97143918 kN m Courte durée

Le= 3,05 m

e= 0,02333333 m

Mf= 0,28767773 kN m

PE= 59,9238738 kN

PΔ= 1,02636867

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1 \quad 0,10079086 \leq 1$$

Combinaison 3 Max charge latérale + charge Courte durée

Pf= 0,80634918 kN
 Wf= 0,811832 kN/m
 Pr= 40,8011102 kN Courte durée
 Mr= 2,97143918 kN m Courte durée

Le= 3,05 m

e= 0,02333333 m

Mf= 0,9534158 kN m

PE= 59,9238738 kN

PΔ= 1,01363977

$$\left(\frac{P_f}{P_r}\right)^2 + \frac{M_f}{M_r} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_f}{P_E}} \right] \leq 1 \quad 0,32562697 \leq 1$$

2.Vérification de la résistance au cisaillement

art 6,5,5

Combinaison 3 Max charge latérale + charge Courte durée

Pf= 0,80634918 kN
 Wf= 0,811832 kN/m
 e= 0,02333333 m
 L= 3,05 m
 Vf= 1,24421259 kN

$$V_r = \phi \times F_v \times 2/3 \times A_n \times K_z v$$

ϕ = 0,9

$$F_v = f_v (K_D \times K_H \times K_{Sv} \times K_T)$$

fv=	1,5 Mpa	S-P-F No1/No2	Tab. 6.3.1A
KD=	1,15	Courte durée	Tab 5,3,2,2
KH=	1,4	Cas 2	Tab 6,4,4
Ksb	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

Fv= 2,415

An= 5320 mm2

Kzv= 1,4 Plus grande dim = 140 Tab 6,4,5
plus petite dim= 38

Vr= 10,792152 kN/m ≥ Vf= 1,24421259 kN

4.Vérification de la flèche admissible

art 5,4

Combinaison 4

Pf= 0,76228425 kN
Wf= 0,5436375 kN/m
L= 3050 mm
e= 0,02333333

Es = E (KSE x KT)

E= 9 500 MPa S-P-F No1/No2 Tab. 6.3.1A

KSE= 1 Conditions sèches Tab 6,4,2

KT 1 Non traité Tab 6,4,3

Es= 9500 Mpa

I= 8689333,33 mm4

$$\Delta_L \leq \frac{L}{180}$$

ΔL= 7,4205738 ≤ 16,94444444

Resistance pondérée à la compression perpendiculaire au fil de la lisse basse

Combinaison 1 Max charge ponctuelle
Pf= 1,5008175 kN

Qr=Ø x Fcp x Ab x KB x KZcp

Ø = 0,8

Fcp= fcp (KD x KScp x KT)

fcp= 6,5 Mpa MSR 2100Fb-1,8E Tab. 6.3.2
KD= 1 Durée Normale Tab 5,3,2,2
KScp= 1 Conditions sèches Tab 6,4,2
KT 1 Non traité Tab 6,4,3

Fcp= 6,5 Mpa

Ab= 5320

KB 1,25 longueur d'appui 38 mm Tab 6,5,7,5

Kzcp= 1 b/d= 0,27142857 ≤ 1,0 Tab 6,5,7,4

$Q_r = 34,58 \text{ kN} \geq P_f = 1,5008175$

Solive

Données

L=	4,87 m
Wf=	3,12 kN/m
Wtot=	2,08 kN/m
WL=	2,08 kN/m

Calcul des efforts

Moment fléchissant

Mf=	9,249591 kN/m
-----	---------------

Effort tranchant

Vf=	7,5972 kN
-----	-----------

Flèche

$$\Delta_{tot} \leq \frac{L}{180}$$

$$\Delta_L \leq \frac{l}{360}$$

Esl tot requis=	563,068852 kN m2
-----------------	------------------

Esl L requis=	1126,1377 kN m2
---------------	-----------------

Prédimensionnement

Liste de contrôle	WDM 2017 P.35
-------------------	---------------

Liste de contrôle : Solives

Pour s'assurer que les résistances et les valeurs de $E_g I$ indiquées dans les tables de sélection de platelage conviennent à l'ouvrage en cours de conception, il faudra se poser les questions suivantes (le coefficient de correction approprié est indiqué entre parenthèses) :

1. La durée d'application de la charge est-elle « normale » (K_D) ?
2. La condition d'utilisation est-elle « utilisation en milieu sec » (K_S) ?
3. Le bois est-il exempt d'incisions et de produits chimiques susceptibles de diminuer sa résistance (K_T) ?
4. Les solives sont-elles exemptes d'entailles (K_N) ?
5. La construction assure-t-elle la stabilité latérale des solives (K_L) ?

Si la réponse à l'une de ces questions est négative, voir la description des coefficients de correction ci-dessous et apporter les ajustements nécessaires aux valeurs de résistance et de $E_g I$ des tables. Dans le cas contraire, les tables de sélection de solives peuvent être utilisées directement.

2



Elements flechis

Table	WDM 2017 P. 41
-------	----------------

Choix:

Système cas 2

S-P-F

Select

b=	38 mm
d=	286 mm
Mr=	5,72 kN/m
Vr=	12,4 kN
Esl=	390 kN m2

Vérification CSA O86-14

1. Vérification de la résistance à la flexion

art. 6.5.4

$$Mr = \phi \times Fb \times S \times KZb \times KL$$

$$\phi = 0,9$$

$$Fb = fb (KD \times KH \times Ksb \times KT)$$

fb=	16,5 MPa	S-P-F Select	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
KH=	1,4	Cas 2	Tab 6,4,4
Ksb	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

$$Fb = 23,1 \text{ Mpa}$$

$$S = 518041,333 \text{ mm}^3$$

Kzb=	1,1	Plus grande dim =	286	Tab 6,4,5
		plus petite dim=	38	
KL=	1	d/b=	$7,52631579 \leq 6,5$	Tab 6,5,4,2,1
Mr=	11,8470873 kN/m	$\geq$	Mf=	9,249591 kN/m

2. Vérification de la résistance au cisaillement

art 6,5,5

$$Vr = \phi \times FV \times 2/3 \times An \times KZv$$

$$\phi = 0,9$$

$$Fv = fv (KD \times KH \times Ksv \times KT)$$

fv=	1,5 Mpa	S-P-F Select	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
KH=	1,4	Cas 2	Tab 6,4,4
Ksb	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

Fv=	2,1 Mpa			
An=	10868 mm2			
Kzv=	1,1	Plus grande dim = plus petite dim=	286 38	Tab 6,4,5
Vr=	15,063048 kN/m	≥	Vf=	7,5972

3. Vérification de la résistance perpendiculaire au fil aux appuis

$$Q_r = \emptyset \times F_{cp} \times A_b \times K_B \times K_{Zcp}$$

$$\emptyset = 0,8$$

$$F_{cp} = f_{cp} (K_D \times K_{Scp} \times K_T)$$

fcp=	5,3 Mpa	S-P-F Select	Tab. 6.3.1A
KD=	1	Durée Normale	Tab 5,3,2,2
KScp=	1	Conditions sèches	Tab 6,4,2
KT	1	Non traité	Tab 6,4,3

$$F_{cp} = 5,3 \text{ Mpa}$$

$$A_b = 38 * I_b$$

$$K_B = 1 \quad \text{à moins de 75 mm de l'extrémité} \quad \text{Tab 6,5,7,5}$$

$$K_{Zcp} = 1 \quad b/d = 0,13286713 \leq 1,0 \quad \text{Tab 6,5,7,4}$$

$$Q_r = 161,12 * I_b$$

$$I_b \geq 47,152433 \text{ mm}$$

4. Vérification de la flèche admissible

art 5,4

$$E_s = E (K_{SE} \times K_T)$$

$$E = 10\,500 \text{ Mpa} \quad \text{S-P-F Select} \quad \text{Tab. 6.3.1A}$$

$$K_{SE} = 1 \quad \text{Conditions sèches} \quad \text{Tab 6,4,2}$$

$$K_T = 1 \quad \text{Non traité} \quad \text{Tab 6,4,3}$$

$$E_s = 10500$$

$$I = 74079910,7 \text{ mm}^4$$

$$\Delta_{tot} \leq \frac{L}{180} \qquad \Delta_L \leq \frac{l}{360}$$

$$\Delta_{tot} = (5 W_{tot} l^4) / (384 E I) \leq L / 180$$

$$\Delta_{tot} = 19,585209 \text{ mm} \leq 27,0555556 \text{ mm}$$

Diaphragme cas I Engraissement

Données

ELU				
P1-4	0,6424 kN/m	L=	37,15 m	121'10"
PE1-4	0,8224 kN/m	y =	6 m	un cable d'acier est au centre de la partie engraissement
		LD=	13,8176 m	
ELS				
P1-4	0,60225 kN/m	L=	37,15 m	121'10
PE1-4	0,771 kN/m	y =	6 m	un cable d'acier est au centre de la partie engraissement
		LD=	13,8176 m	
Colombage	38 x		140	
Sablère	38 x		140	

Vérification du diaphragme

Calcul des efforts du diaphragme

Vf=	16,86698 kN
vf=	1,220688 kN/m

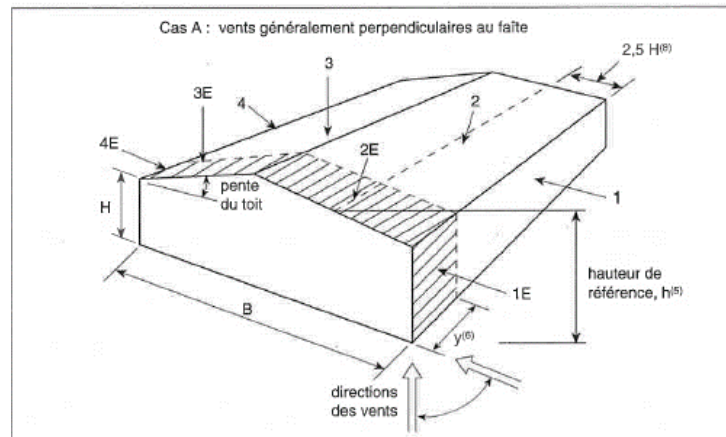
Prédimensionnement du diaphragme

Liste de contrôle

WDM P.576

Table

WDM P.591



OSB		
S-P-F		
Clous	2 1/4 po	long
df=	2,52 mm	Diamètre
s=	150 mm	Espacement
OSB	12 mm	
Vrd=	3,53 kN/m	48,776128 kN

Valeur ajustée avec	0,89	Si diaphragme non bloqué				
Vrd=	3,1417 kN/m	43,41075392 kN				
Vérification CSA du diaphragme		art. 11,5,2,3				11,5,2,3
a)						
Vrs=Ø x Vd x JD x Js x Jf x Jud x LD						
Ø=	0,8					
Vd= Nu/s						12,9,4
Nu= nu (KD x KSF x KT)						
nu =	443,2839 N					
KD=	1,15	Courte durée				
KSF=	1	Conditions sèches				
KT=	1	Non traité				
Nu =	509,7764					
S =	150 mm					
Vd=	3,39851 kN/m					
JD=	1,3	Nails use in diaphragme				12,9,4,1
Js=	1	s	≥	150 mm		11,4,1
	1	50 mm	≤	s	<	150 mm
						11,4,2
Jud=	0,89	Cas 1	Non bloqué			11,4,3
LD=	13,8176 m	Dimension parallèle à la force				
Vrs =	43,46548 kN	≥	16,86698 kN			

b)

Vr=Ø x Vpd x KD x KS x KT x LD

Ø=	0,8		
KS=	1	Conditions sèches	9,4,2
KD=	1,15	Courte durée	
KT=	1	Non traité	
a=	2440 mm	plus grande dimension du panneau	
b=	1220 mm	plus petite dimension du panneau	
B a,0	55 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
B a,90	36 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
Bv=	11 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
t =	12 mm	Épaisseur du panneau	
η=	0,494413		
α=	1,798933		
Kpb=	1,296362		
Vpb =	20,14768 kN/m		
LD =	13,8176 m	Dimension parallèle à la force	
Vrs =	256,1211 kN	≥	16,86698 kN
Vrs =	43,46548 kN	≥	16,86698 kN

Vérification des membrures

Calcul des efforts

Mf=	110,8238 kN m
h=	13,6776 m
Tf=	8,102579 kN

Prédimensionnement des membrures

Liste de contrôle

WDM P.215

Table

WDM P.220

S-P-F
No1/No2

Tr= 34,2 kN

Valeur ajustée avec KD=1,15

Tr= 39,33 kN

Vérification CSA des membrures

6,5,9

Tr=Ø x Ft x An x KZt art. 6,5,9

Ø = 0,9

Ft= ft (KD x KH x KSt x KT)

ft=	5,5 Mpa	S-P-F No1/No2	6,3,1 A
KD=	1,15	Courte durée	5,3,2,2
KH=	1		
KSt=	1	Conditions sèches	6,4,2
KT=	1	Non traité	6,4,3

Ft= 6,325 Mpa

b= 38 mm

d= 140 mm

Nombre d'éléments 1 éléments

An= 5320 mm2

KZt=	1,3	b=	38 mm	6,4,5
		d=	140 mm	

Tr= 39,36933 kN ≥ 8,102579162 kN

Vérification des joints à chevauchement des membrures

Pédimensionnement

Liste de contrôle

WDM p. 329

Table

WDM p. 332

S-P-F No1/No2

Clous	3 po	long
	3,66 mm	diamètre

Minimum pénétration ≥5dF = 18,3 mm

Maximum opénétration = 30 mm

Pénétration réelle 76 mm

N'r ns = 0,707 kN

Nr= N'r ns nF K' JF

K'=KD x KSF x KT

KD= 1,15 Courte durée
KSF= 1 Conditions sèches
KT= 1 Non traité

K'= 1,15

JF= JE x JA x JB x JD

JE= 1
JA= 1
JB= 1
JD= 1

JF= 1

Nr= 0,81305 nF kN ≥ Tf = 8,102579162 kN

nF= 10 Clous

Vérification CSA joints à chevauchement des membrures

Nr= Ø x Nu x nF x nS x JF art. 12,9,4,1

Ø = 0,8

Nu= nu (KD x KSF x KT)

nu= 884,2408 N

KD= 1,15 courte durée

KSF= 1 Conditions sèches

KT= 1 Non traité

Nu= 1016,877 N

nF= x clous

nS= 1 plan de cisaillement

JF= JE x JA x JB x JD

JE=	1
JA=	1
JB=	1
JD=	1
JF=	1
Cas A	
Nr=	813,5015 nF
N	≥
Tf =	8102,579162 N
nF=	10 clous

Calcul de la flèche du diaphragme

Wf=	0,6424 kN/m
W=	0,430179 kN/m
L=	37,15 m
LD=	13,8176 m
Vf=	0,863578 kN/m
V=	0,578289 kN/m

Flèche causée par la déformation dans les entures des membrures au périmètre des diaphragmes

Résistance pondérée d'un clou =	0,813 KN	S-P-F No1/No2 Clou 3 po (Long) 3,66 KD= 1,15	mm (Diamètre)	Tableau 13 Cecobois 2928Guid
---------------------------------	----------	---	---------------	------------------------------

	Distance (m)	Moment à l'enture (kN m)	Force à l'enture (kN) NON PONDÉRÉ	Force à l'enture (kN) PONDÉRÉE	Nombre de clou requis	Force par clou kN (NON PONDÉRÉE)	Δc (mm)	Δc X (mm2)
x9	4	0,275	2,181139788	0,15946802	0,297673637	1	0,15946802	0,047900446
x10	4	3,935	28,11239011	2,055359866	3,836671751	5	0,411071973	0,318293738
x11	4	7,595	48,28114036	3,529942414	6,589225839	9	0,392215824	0,289762767
x12	4	11,255	62,68739054	4,583215662	8,555335902	11	0,416655969	0,326999866
x13	4	14,915	71,33114065	5,215179611	9,73500194	12	0,434598301	0,355769249
x14	4	18,575	74,21239068	5,42583426	10,12822395	13	0,417371866	0,328124532
x15	4	14,915	71,33114065	5,215179611	9,73500194	12	0,434598301	0,355769249
x16	4	11,255	62,68739054	4,583215662	8,555335902	11	0,416655969	0,326999866
x17	4	7,595	48,28114036	3,529942414	6,589225839	9	0,392215824	0,289762767
x18	4	3,935	28,11239011	2,055359866	3,836671751	5	0,411071973	0,318293738
x19	4	0,275	2,181139788	0,15946802	0,297673637	1	0,15946802	0,047900446

Δd1=	4,487189 mm
------	-------------

Σ 124004,361

Flèche causée par le moment de flexion : ce calcul est basé sur la rigidité des membrures au périmètre des diaphragmes (EA)

E=9500 N/mm2

Membrure S-P-F

6,3,1 A

A=5320 mm2

Aire de section des membrures

Δd2=2,211324 mm

Flèche causée par le cisaillement : ce calcul est basé sur la rigidité des panneaux de bois (Bv)

Bv=11 000 N/mm

OSB 12 mm

9,3,C

Δd3=0,48826 mm

Flèche causée par le glissement dans les clous

s=150 mm

long=2 1/4 po

df=2,52 mm

Charge par clou (Vs) =86,74336 N

en=0,031532 mm

Δd4=0,714571

Flèche totale

Δd=7,901344 mm

Diaphragme cas III Engraissement

Données

ELU					
P5-6	0,8904 kN/m	L=	13,8176 m		
PE5-6	1,336 kN/m	z=	1,219 m		un cable d'acier est au centre de la partie engraissement
		LD=	37,15 m		121'10"
ELS					
P5-6	0,83475 kN/m	L=	13,8176 m		
PE5-6	1,2525 kN/m	z=	1,219 m		un cable d'acier est au centre de la partie engraissement
		LD=	37,15 m		121'10
Colombage	38 x		140		
Sablière	38 x		140		

Vérification du diaphragme

Calcul des efforts du diaphragme

Vf=	7,78018 kN
vf=	0,209426 kN/m

Prédimensionnement du diaphragme

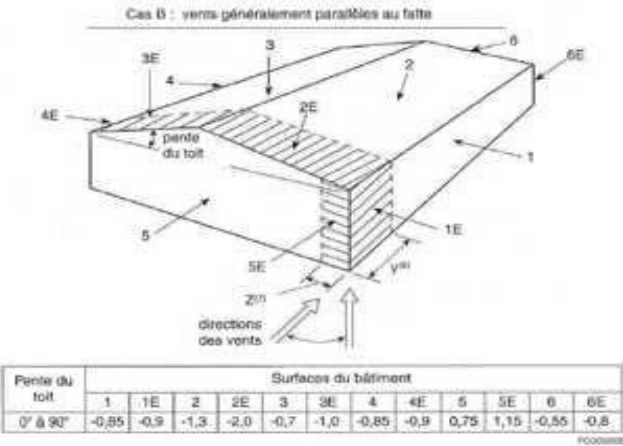
Liste de contrôle

WDM P.576

Table

WDM P.591

OSB		
S-P-F		
Clous	2 1/4 po	long
df=	2,52 mm	Diamètre
s=	150 mm	Espacement
OSB	12 mm	
Vrd=	3,53 kN/m	131,1395 kN
Valeur ajustée avec	0,67	Si diaphragme non bloqué



Vrd=	2,3651 kN/m		87,863465						
Vérification CSA du diaphragme		art. 11,5,2,3		11,5,2,3					
a)									
Vrs=Ø x Vd x JD x Js x Jf x Jud x LD									
Ø=	0,8								
Vd= Nu/s		12,9,4							
Nu= nu (KD x KSF x KT)									
nu =	443,2839 N								
KD=	1,15	Courte durée							
KSF=	1	Conditions sèches							
KT=	1	Non traité							
Nu =	509,7764								
S =	150 mm								
Vd=	3,39851 kN/m								
JD=	1,3	Nails use in diaphragme	12,9,4,1						
Js=	1	s	≥		150 mm	11,4,1			
	1	50 mm	≤	s	<	150 mm	11,4,2		
Jud=	0,67	Cas 2,3,4	Non bloqué						11,4,3
LD=	37,15 m	Dimension parallèle à la force							
Vrs =	87,97423 kN	≥		7,78017952 kN					
b)									
Vr=Ø x Vpd x KD x KS x KT x LD									

Ø=	0,8		
KS=	1	Conditions sèches	9,4,2
KD=	1,15	Courte durée	
KT=	1	Non traité	
a=	2440 mm	plus grande dimension du panneau	
b=	1220 mm	plus petite dimension du panneau	
B a,0	55 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
B a,90	36 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
Bv=	11 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
t =	12 mm	Épaisseur du panneau	
η=	0,494413		
α=	1,798933		
Kpb=	1,296362		
Vpb =	20,14768 kN/m		
LD =	37,15 m	Dimension parallèle à la force	
Vrs =	688,6073 kN	≥	7,78017952 kN
Vrs =	87,97423 kN	≥	7,78017952 kN

Vérification des membrures

Calcul des efforts

Mf=	21,25007 kN m
h=	37,01 m
Tf=	0,574171 kN

Prédimensionnement des membrures

Liste de contrôle

WDM P.215

Table

WDM P.220

S-P-F
No1/No2

Tr=34,2 kN

Valeur ajustée avec KD=1,15

Tr=39,33 kN

Vérification CSA des membrures

6,5,9

Tr=Ø x Ft x An x KZtart. 6,5,9

Ø =0,9

Ft= ft (KD x KH x KSt x KT)

ft=	5,5 Mpa	S-P-F No1/No2	6,3,1 A
KD=	1,15	Courte durée	5,3,2,2
KH=	1		
KSt=	1	Conditions sèches	6,4,2
KT=	1	Non traité	6,4,3

Ft=6,325 Mpa

b=38 mm

d=140 mm

Nombre d'éléments1 éléments

An=5320 mm2

KZt=	1,3	b=38 mm	6,4,5
		d=140 mm	

Tr=39,36933 kN ≥ 0,574171077 kN

Vérification des joints à chevauchement des membrures

Pédimensionnement

Liste de contrôle

WDM p. 329

Table

WDM p. 332

S-P-F No1/No2

Clous	3 po 3,66 mm	long diamètre		
Minimum pénétration	≥5dF	=		18,3 mm
Maximum opénétration		=		30 mm
Pénétration réelle	76 mm			
N'r ns =	0,707 kN			
Nr= N'r ns nF K' JF				
K'=KD x KSF x KT				
KD=	1,15	Courte durée		
KSF=	1	Conditions sèches		
KT=	1	Non traité		
K'=	1,15			
JF= JE x JA x JB x JD				
JE=	1			
JA=	1			
JB=	1			
JD=	1			
JF=	1			
Nr=	0,81305 nF	kN	≥	Tf = 0,574171077 kN
nF=	1 Clous			

Vérification CSA joints à chevauchement des membrures

Nr= Ø x Nu x nF x nS x JF

art. 12,9,4,1

Ø =	0,8	
Nu= nu (KD x KSF x KT)		
nu=	884,2408	N
KD=	1,15	
KSF=	1	
KT=	1	
Nu=	1016,877	N
nF=	x	clous

nS= 1 plan de cisaillement

JF= JE x JA x JB x JD

JE= 1
JA= 1
JB= 1
JD= 1

JF= 1

Cas A

Nr= 813,5015 nF N ≥ Tf = 574,1710771 N

nF= 1 clous

Calcul de la flèche du diaphragme

Wf= 0,8904 kN/m
W= 0,59625 kN/m

L= 13,8176 m
LD= 37,15 m

Vf= 0,165588 kN/m
V= 0,110885 kN/m

Flèche causée par la déformation dans les entures des membrures au périmètre des diaphragmes

Résistance pondérée d'un clou = 0,813 KN S-P-F No1/No2
Clou 3 po (Long) mm (Diamètre) Tableau 13 Cecobois 2928 Guide
3,66
KD= 1,15

	Distance (m)	Moment à l'enture (kN m)	Force à l'enture (kN) NON PONDÉRÉE	Force à l'enture (kN) PONDÉRÉE	Nombre de clou requis	Force par clou kN (NON PONDÉRÉE)	Δc (mm)	Δc X (mm2)
x3	4	3,2488	10,23639539	0,276584582	0,51629122	1	0,276584582	0,144094795 1872,54068
x4	4	6,9088	14,22995864	0,384489561	0,717713846	1	0,384489561	0,278459131 7695,27378
x5	4	3,2488	10,23639539	0,276584582	0,51629122	1	0,276584582	0,144094795 1872,54068
							Σ	11440,3551

Δd1= 0,153975 mm

Flèche causée par le moment de flexion : ce calcul est basé sur la rigidité des membrures au périmètre des diaphragmes (EA)

E= 9500 N/mm2 Membrane S-P-F 6,3,1 A

A= 5320 mm2 Aire de section des membrures

Δd2= 0,008115 mm 9,3,C

Flèche causée par le cisaillement : ce calcul est basé sur la rigidité des panneaux de bois (Bv)

Bv= 11 000 N/mm OSB 12 mm

Δd3= 0,034822

Flèche causée par le glissement dans les clous

s= 150 mm
long= 2 1/4 po
df= 2,52 mm

Charge par clou (Vs) = 16,63273 N
en= 0,001159 mm
 Δd_4 = 0,009772

Flèche totale

Δd = 0,206684 mm

Diaphragme cas I pouponnière

Données

ELU				
P1-4	0,6424 kN/m	L=	19 m	62'4"
PE1-4	0,8224 kN/m	y =	6 m	
		LD=	13,8176 m	

ELS				
P1-4	0,60225 kN/m	L=	19 m	62'4"
PE1-4	0,771 kN/m	y =	6 m	
		LD=	13,8176 m	

Colombage	38 x	140
Sablière	38 x	140

Vérification du diaphragme

Calcul des efforts du diaphragme

Vf=	11,0372 kN
vf=	0,798778 kN/m

Prédimensionnement du diaphragme

Liste de contrôle

WDM P.576

Table

WDM P.591

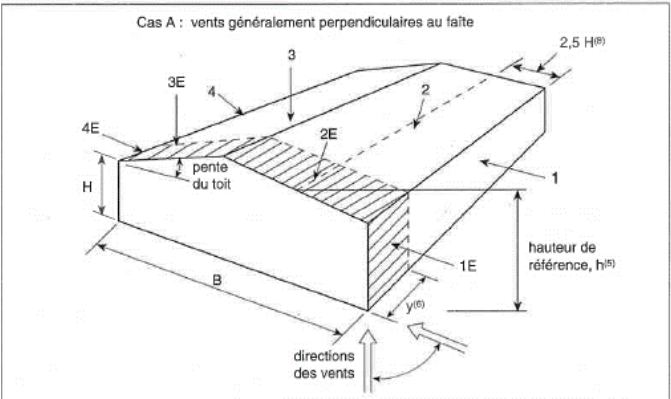
OSB		
S-P-F		
Clous	2 1/4 po	long
df=	2,52 mm	Diamètre
s=	150 mm	Espacement

OSB	12 mm	
Vrd=	3,53 kN/m	48,776128 kN
Valeur ajustée avec	0,89	Si diaphragme non bloqué
Vrd=	3,1417 kN/m	43,41075392 kN

Vérification CSA du diaphragme

a) art 11,5,2,3

11,5,2,3



$$Vrs = \emptyset \times Vd \times JD \times Js \times Jf \times Jud \times LD$$

$$\phi = 0,8$$

Vd= Nu/s	12,9,4
----------	--------

$$Nu = nu (K_D \times K_{SF} \times K_T)$$

nu = 443,2839 N

KD= 1,15 Courte durée

KSF= 1 Conditions sèches

KT=	1	Non traité
-----	---	------------

Nu = 509,7764

$S = 150 \text{ mm}$

Vd= 3,39851 kN/m

JD=	1,3	Nails use in diaphragme	12,9,4,1
-----	-----	-------------------------	----------

Js=	1	s	≥	150 mm	11,4,1
-----	---	---	---	--------	--------

1	50 mm	≤	s	<	150 mm
---	-------	---	---	---	--------

11,4,2

Jud=	0,89	Cas 1	Non bloqué	11,4,3
------	------	-------	------------	--------

LD= 13,8176 m Dimension parallèle à la force

$$V_{rs} = 43,46548 \text{ kN} \geq 11,0372 \text{ kN}$$

b)

$$V_r = \emptyset \times V_{pd} \times K_D \times K_S \times K_T \times L_D$$

$$\varnothing = 0,8$$

KS=	1	Conditions sèches	9,4,2
-----	---	-------------------	-------

KD= 1,15 Courte durée

KT=	1	Non traité
-----	---	------------

a= 2440 mm plus grande dimension du panneau

b= 1220 mm plus petite dimension du panneau

B a,0	55 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
B a,90	36 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
Bv=	11 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C

t = 12 mm Épaisseur du panneau

η= 0,494413

α= 1,798933

Kpb= 1,296362

Vpb = 20,14768 kN/m

LD = 13,8176 m Dimension parallèle à la force

Vrs = 256,1211 kN ≥ 11,0372 kN

Vrs = 43,46548 kN ≥ 11,0372 kN

Vérification des membrures

Calcul des efforts

Mf= 28,9883 kN m

h= 13,6776 m

Tf= 2,1194 kN

Prédimensionnement des membrures

Liste de contrôle

WDM P.215

Table

WDM P.220

S-P-F
No1/No2

Tr= 34,2 kN

Valeur ajustée avec KD=1,15

Tr= 39,33 kN

Vérification CSA des membrures

6,5,9

Tr=Ø x Ft x An x KZt art. 6,5,9

Ø = 0,9

Ft= ft (KD x KH x KSt x KT)				
ft=	5,5 Mpa	S-P-F No1/No2		6,3,1 A
KD=	1,15	Courte durée		5,3,2,2
KH=	1			
KSt=	1	Conditions sèches		6,4,2
KT=	1	Non traité		6,4,3
Ft=	6,325 Mpa			
b=	38 mm			
d=	140 mm			
Nombre d'éléments	1 éléments			
An=	5320 mm2			
KZt=	1,3	b=	38 mm	6,4,5
		d=	140 mm	
Tr=	39,36933 kN	≥	2,119399602 kN	

Vérification des joints à chevauchement des membrures

Pédimensionnement

Liste de contrôle

WDM p. 329

Table

WDM p. 332

S-P-F No1/No2

Clous	3 po	long	
	3,66 mm	diamètre	
Minimum pénétration	≥5dF	=	18,3 mm
Maximum opénétration		=	30 mm
Pénétration réelle	76 mm		
N'r ns =	0,707 kN		
Nr= N'r ns nF K' JF			
K'=KD x KSF x KT			
KD=	1,15	Courte durée	
KSF=	1	Conditions sèches	
KT=	1	Non traité	
K'=	1,15		

JF= JE x JA x JB x JD

JE= 1
JA= 1
JB= 1
JD= 1
JF= 1

Nr= 0,81305 nF kN ≥ Tf = 2,119399602 kN
nF= 3 Clous

Vérification CSA joints à chevauchement des membrures

Nr= Ø x Nu x nF x nS x JF art. 12,9,4,1

Ø = 0,8

Nu= nu (KD x KSF x KT)

nu= 884,2408 N

KD= 1,15 courte durée

KSF= 1 Conditions sèches

KT= 1 Non traité

Nu= 1016,877 N

nF= x clous

nS= 1 plan de cisaillement

JF= JE x JA x JB x JD

JE= 1
JA= 1
JB= 1
JD= 1

JF= 1

Cas A

Nr= 813,5015 nF N ≥ Tf = 2119,399602 N
nF= 3 clous

Calcul de la flèche du diaphragme

Wf= 0,6424 kN/m
W= 0,430179 kN/m

L= 19 m
LD= 13,8176 m

Vf= 0,441669 kN/m
V= 0,29576 kN/m

Flèche causée par la déformation dans les entures des membrures au périmètre des diaphragmes

Résistance pondérée d'un clou =	0,813 KN	S-P-F No1/No2 Clou 3 po (Long) 3,66 KD= 1,15	mm (Diamètre)	Tableau 13 Cecobois 2928 Guid
---------------------------------	----------	---	---------------	-------------------------------

	Distance (m)	Moment à l'enture (kN m)	Force à l'enture (kN) NON PONDÉRÉ	Force à l'enture(kN) PONDÉRÉE	Nombre de clou requis	Force par clou kN (NON PONDÉRÉE	Δc (mm)	Δc X (mm2)
x12	4	2,18	7,886807893	0,576622207	1,076361452	2	0,288311103	0,156572359 1365,31097
x13	4	5,84	16,530558	1,208586155	2,25602749	3	0,402862052	0,305706786 7141,31052
x14	4	9,5	19,41180804	1,419240805	2,649249503	4	0,354810201	0,237128937 9010,89961
x15	4	5,84	16,530558	1,208586155	2,25602749	3	0,402862052	0,305706786 7141,31052
x16	4	2,18	7,886807893	0,576622207	1,076361452	2	0,288311103	0,156572359 1365,31097

Δd1= 0,941703 mm

Σ 26024,1426

Flèche causée par le moment de flexion : ce calcul est basé sur la rigidité des membrures au périmètre des diaphragmes (EA)

E= 9500 N/mm2 Membrure S-P-F 6,3,1 A

A= 5320 mm2 Aire de section des membrures

Δd2= 0,151297 mm

Flèche causée par le cisaillement : ce calcul est basé sur la rigidité des panneaux de bois (Bv)

Bv= 11 000 N/mm OSB 12 mm 9,3,C

Δd3= 0,127715 mm

Flèche causée par le glissement dans les clous

s= 150 mm
long= 2 1/4 po
df= 2,52 mm

Charge par clou (Vs) = 44,36403 N

en= 0,008248 mm

Δd4= 0,095594

Flèche totale

Δd= 1,316309 mm

Diaphragme cas III pouponnière

Données

ELU			
P5-6	0,8904 kN/m	L=	13,8176 m
PE5-6	1,336 kN/m	z=	1,219 m
		LD=	19 m
ELS			
P5-6	0,83475 kN/m	L=	13,8176 m
PE5-6	1,2525 kN/m	z=	1,219 m
		LD=	19 m
Colombage	38 x	140	
Sablère	38 x	140	

Vérification du diaphragme

Calcul des efforts du diaphragme

Vf=	7,78018 kN
vf=	0,409483 kN/m

Prédimensionnement du diaphragme

Liste de contrôle

WDM P.576

Table

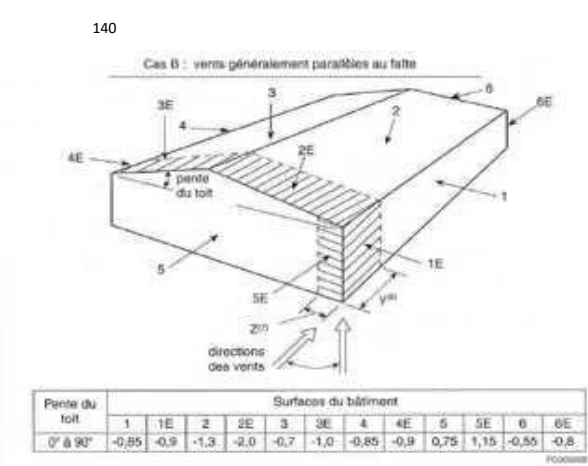
WDM P.591

OSB		
S-P-F		
Clous	2 1/4 po	long
df=	2,52 mm	Diamètre
s=	150 mm	Espacement

OSB	12 mm	
Vrd=	3,53 kN/m	67,07 kN
Valeur ajustée avec	0,67	Si diaphragme non bloqué
Vrd=	2,3651 kN/m	44,9369

Vérification CSA du diaphragme

a)	art. 11,5,2,3
Vrs=Ø x Vd x JD x Js x Jf x Jud x LD	



11,5,2,3

Ø=	0,8								
Vd= Nu/s									12,9,4
Nu= nu (KD x KSF x KT)									
nu =	443,2839 N								
KD=	1,15	Courte durée							
KSF=	1	Conditions sèches							
KT=	1	Non traité							
Nu =	509,7764								
S =	150 mm								
Vd=	3,39851 kN/m								
JD=	1,3	Nails use in diaphragme							12,9,4,1
Js=	1	s	≥			150 mm			11,4,1
	1	50 mm	≤	s		<	150 mm		11,4,2
Jud=	0,67	Cas 2,3,4	Non bloqué						11,4,3
LD=	19 m	Dimension parallèle à la force							
Vrs =	44,99355 kN	≥			7,78017952 kN				
b)									
Vr=Ø x Vpd x KD x KS x KT x LD									
Ø=	0,8								
KS=	1	Conditions sèches							9,4,2
KD=	1,15	Courte durée							
KT=	1	Non traité							
a=	2440 mm	plus grande dimension du panneau							
b=	1220 mm	plus petite dimension du panneau							
B a,0	55 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm							9,3C

B a,90	36 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
Bv=	11 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
t =	12 mm	Épaisseur du panneau	
η=	0,494413		
α=	1,798933		
Kpb=	1,296362		
Vpb =	20,14768 kN/m		
LD =	19 m	Dimension parallèle à la force	
Vrs =	352,1814 kN	≥	7,78017952 kN
Vrs =	44,99355 kN	≥	7,78017952 kN

Vérification des membrures

Calcul des efforts

Mf=	21,25007 kN m
h=	18,86 m
Tf=	1,126727 kN

Prédimensionnement des membrures

Liste de contrôle

WDM P.215

Table

WDM P.220

S-P-F
No1/No2

Tr=	34,2 kN
-----	---------

Valeur ajustée avec KD=1,15

Tr=	39,33 kN
-----	----------

Vérification CSA des membrures

6,5,9

Tr=Ø x Ft x An x KZt	art. 6,5,9
----------------------	------------

Ø =	0,9
-----	-----

$F_t = f_t (K_D \times K_H \times K_{St} \times K_T)$

$f_t =$	5,5 Mpa	S-P-F No1/No2	6,3,1 A
$K_D =$	1,15	Courte durée	5,3,2,2
$K_H =$	1		
$K_{St} =$	1	Conditions sèches	6,4,2
$K_T =$	1	Non traité	6,4,3

$F_t = 6,325 \text{ Mpa}$

$b = 38 \text{ mm}$

$d = 140 \text{ mm}$

Nombre d'éléments 1 éléments

$A_n = 5320 \text{ mm}^2$

$K_{Zt} =$	1,3	$b =$	38 mm	6,4,5
		$d =$	140 mm	

$T_r =$	39,36933 kN	$\geq$	1,126727018 kN
---------	-------------	--------	----------------

Vérification des joints à chevauchement des membrures

Pédimensionnement

Liste de contrôle

WDM p. 329

Table

WDM p. 332

S-P-F No1/No2

Clous	3 po 3,66 mm	long diamètre	
Minimum pénétration	$\geq 5d_f$	=	18,3 mm
Maximum opénétration		=	30 mm
Pénétration réelle	76 mm		
$N'r \text{ ns} =$	0,707 kN		
$N_r = N'r \text{ ns } n_F K' J_F$			
$K' = K_D \times K_{SF} \times K_T$			
$K_D =$	1,15	Courte durée	
$K_{SF} =$	1	Conditions sèches	
$K_T =$	1	Non traité	
$K' =$	1,15		

$J_F = J_E \times J_A \times J_B \times J_D$

JE= 1
JA= 1
JB= 1
JD= 1

JF= 1

Nr= 0,81305 nF kN ≥ Tf = 1,126727018 kN

nF= 2 Clous

Vérification CSA joints à chevauchement des membrures

Nr= Ø x Nu x nF x nS x JF art. 12,9,4,1

Ø = 0,8

Nu= nu (KD x KSF x KT)

nu= 884,2408 N

KD= 1,15 courte durée

KSF= 1 Conditions sèches

KT= 1 Non traité

Nu= 1016,877 N

nF= x clous

nS= 1 plan de cisaillement

JF= JE x JA x JB x JD

JE= 1
JA= 1
JB= 1
JD= 1

JF= 1

Cas A

Nr= 813,5015 nF N ≥ Tf = 1126,727018 N

nF= 2 clous

Calcul de la flèche du diaphragme

Wf= 0,8904 kN/m
W= 0,59625 kN/m

L= 13,8176 m
LD= 19 m

Vf= 0,323768 kN/m
V= 0,216809 kN/m

Flèche causée par la déformation dans les entures des membrures au périmètre des diaphragmes

Résistance pondérée d'un clou =	0,813 KN	S-P-F No1/No2 Clou 3 po (Long) 3,66 KD= 1,15	mm (Diamètre)	Tableau 13 Cecobois 2928 Guid						
	Distance (m)	Moment à l'enture (kN m)	Force à l'enture (kN)	NON PONDÉRÉ	Force à l'enture(kN) PONDÉRÉE	Nombre de clou requis	Force par clou kN (NON PONDÉRÉE	Δc (mm)	Δc x (mm2)	
x3	4 3,2488	10,23639539	0,542756913		1,013146238		2 0,271378457	0,138721283	1802,71081	
x4	4 6,9088	14,22995864	0,7545047		1,408408773		2 0,37725235	0,26807497	7408,30541	
x5	4 3,2488	10,23639539	0,542756913		1,013146238		2 0,271378457	0,138721283	1802,71081	
Δd1=	0,289835 mm							Σ	11013,727	

Flèche causée par le moment de flexion : ce calcul est basé sur la rigidité des membrures au périmètre des diaphragmes (EA)

E=	9500 N/mm2	Membrure S-P-F	6,3,1 A
A=	5320 mm2	Aire de section des membrures	
Δd2=	0,031023 mm		9,3,C

Flèche causée par le cisaillement : ce calcul est basé sur la rigidité des panneaux de bois (Bv)

Bv=	11 000 N/mm	OSB 12 mm
Δd3=	0,068086	

Flèche causée par le glissement dans les clous

s=	150 mm
long=	2 1/4 po
df=	2,52 mm

Charge par clou (Vs) =	32,52136 N
en=	0,004432 mm
Δd4=	0,037358

Flèche totale

Δd=	0,426302 mm
-----	-------------

Mur de refend Axe A-D

Mur de refend

Données

Vf=	16,87 kN	Ls1	4,37 m
		Ls2	2,44 m
		Σ Lsi	6,81 m

Prédimensionnement du mur de refend

Liste de contrôle

WDM P.608

Table

WDM P.632

OSB
S-P-F

Clous	2 1/4 po	long
df=	2,52 mm	Diamètre
s=	150 mm	Espacement
OSB	11 mm	

Longueur minimale requise

Vrs=	3,4 kN/m			
Vr=	X	kN	≥	Vf= 16,86698 kN
L min =	4,960876471 m			
Vrs1=	3,4 kN/m	4,37 m	14,858 kN	
Vrs2=	3,4 kN/m	2,44 m	8,296 kN	

Vr=	23,154 kN	≥	Vf=	16,86698 kN
-----	-----------	---	-----	-------------

Vérification CSA

11,5,1,2

a)
 $Vrs=\emptyset \times Vd \times JD \times ns \times Jus \times Js \times Jhd \times Ls$

Ø=	0,8		
Vd= Nu/s			
Nu= nu (KD x KSF x KT)			12,9,4
nu=	426,8168414 N		
KD=	1,15	Courte durée	
KSF=	1	Conditions sèches	
KT=	1	Non traité	
Nu=	490,8393676		
s =	150 mm		
Vd =	3,272262451 kN/m		

JD=	1,3	Nails use in Shearwall	12,9,4,1
ns=	1 plan de cisaillement		11,5,3,4
Jus=	1	Bloqué	11,4,4
Js=	1	s ≥ 150 mm	11,4,1
Jhd=	1		11,4,5
Ls1 =	4,37 m	Dimension parallèle à la force	
Ls2 =	2,44 m	Dimension parallèle à la force	

Vrs1 =	14,87177839 kN		
Vrs2 =	8,303693195 kN		
Vrs=	23,17547158 kN	≥	16,86698 kN

b)

Vr=Ø x Vpb x KD x KS x KT x Ls	
--------------------------------	--

Ø=	0,8		
KS=	1	Conditions sèches	9,4,2
KD=	1,15	Courte durée	
KT=	1	Non traité	
a=	2440 mm	plus grande dimension du panneau	
b=	1220 mm	plus petite dimension du panneau	

B a,0	48 000 N/mm	Épaisseur du panneau 11mm	9,3C
B a,90	36 000 N/mm	Épaisseur du panneau 11mm	9,3C
Bv=	11 000 N/mm	Épaisseur du panneau 11mm	9,3C
t =	11 mm	Épaisseur du panneau	

η= 0,529237747

α= 1,861209718

Kpb= 1,301157982

Vpb = 16,42370916 kN/m

Ls1 = 4,37 m Dimension parallèle à la force

Ls2 = 2,44 m Dimension parallèle à la force

Vrs1 = 66,0298803 kN

Vrs2 = 36,86794232 kN

Vrs= 102,8978226 kN ≥ 16,86698 kN

Vrs = 23,17547158 kN

Mur de refend Axe 1-2

Mur de refend

Données

Vf=	7,78017952 kN	Ls1	4,88 m
		Ls2	4,88 m
		Σ Lsi	9,76 m

Prédimensionnement du mur de refend

Liste de contrôle

WDM P.608

Table

WDM P.632

OSB
S-P-F

Clous	2 1/4 po	long
df=	2,52 mm	Diamètre
s=	150 mm	Espacement
OSB	11 mm	

Longueur minimale requise

Vrs=	3,4 kN/m		
Vr=	X	kN	≥ Vf= 7,78017952 kN
L min =	2,288288094 m		
Vrs1=	3,4 kN/m	4,88 m	16,592 kN
Vrs2=	3,4 kN/m	4,88 m	16,592 kN

Vr=	33,184 kN	≥	Vf= 7,78017952 kN
-----	-----------	---	-------------------

Vérification CSA

11,5,1,2

a)

$$Vrs = \emptyset \times Vd \times JD \times ns \times Jus \times Js \times Jhd \times Ls$$

$$\emptyset = 0,8$$

$$Vd = Nu/s$$

$$Nu = nu \text{ (KD x KSF x KT)} \quad 12,9,4$$

$$nu = 426,8168414 \text{ N}$$

$$KD = 1,15 \quad \text{Courte durée}$$

KSF=	1	Conditions sèches	
KT=	1	Non traité	
Nu=	490,8393676		
s =	150 mm		
Vd =	3,272262451 kN/m		
JD=	1,3	Nails use in Shearwall	12,9,4,1
ns=	1 plan de cisaillement		11,5,3,4
Jus=	1	Bloqué	11,4,4
Js=	1	s ≥ 150 mm	11,4,1
Jhd=	1		11,4,5
Ls1 =	4,88 m	Dimension parallèle à la force	
Ls2 =	4,88 m	Dimension parallèle à la force	

Vrs1 = 16,60738639 kN
Vrs2 = 16,60738639 kN

Vrs= 33,21477278 kN ≥ 7,78017952 kN

b)

Vr=Ø x Vpb x KD x KS x KT x Ls	
--------------------------------	--

Ø=	0,8		
KS=	1	Conditions sèches	9,4,2
KD=	1,15	Courte durée	
KT=	1	Non traité	
a=	2440 mm	plus grande dimension du panneau	
b=	1220 mm	plus petite dimension du panneau	
B a,0	48 000 N/mm	Épaisseur du panneau 11mm	9,3C
B a,90	36 000 N/mm	Épaisseur du panneau 11mm	9,3C
Bv=	11 000 N/mm	Épaisseur du panneau 11mm	9,3C
t =	11 mm	Épaisseur du panneau	
η=	0,529237747		
α=	1,861209718		
Kpb=	1,301157982		
Vpb =	16,42370916 kN/m		
Ls1 =	4,88 m	Dimension parallèle à la force	
Ls2 =	4,88 m	Dimension parallèle à la force	

Vrs1 = 73,73588463 kN
Vrs2 = 73,73588463 kN

Vrs= 147,4717693 kN ≥ 7,78017952 kN

Vrs = 33,21477278 kN

nu Diaphragme

t1=	12 mm	OSB
dF=	2,52 mm	clou 2 1/4 po
$f2=50 \times G \times (1-0,01dF) Jx$		
G=	0,42 Mpa	S-P-F
Jx=	1	Autre que CLT
dF	2,52 mm	
f2=	20,4708 Mpa	
t2=	38 mm	
$f3=110 \times G^{1,8} \times (1-0,01 dF) Jx$		
G=	0,42 Mpa	S-P-F
Jx=	1	Autre que CLT
dF=	2,52 mm	
f3=	22,4986743 Mpa	
$f_y=50 (16-dF)$		
dF=	2,52 mm	
f _y =	674 Mpa	
Pour bois et CLT		
$f1=50 G (1-0,01 dF) Jx$		
G=	0,42 Mpa	S-P-F
Jx=	1	Autre que CLT
dF=	2,52 mm	
f1=	20,4708 Mpa	

Pour Panneaux structuraux

f1=104 G (1-0,1 dF)

G=	0,42 MPa	CSP et OSB
----	----------	------------

dF=	2,52 mm
-----	---------

f1=	32,67264 Mpa
-----	--------------

a)	988,020634 N
----	--------------

b)	1960,28381 N
----	--------------

c)	980,141904 N
----	--------------

d)	443,283852 N
----	--------------

e)	871,426127 N
----	--------------

f)	589,660888 N
----	--------------

g)	491,35945 N
----	-------------

Si 2 éléments

nu=	443,283852 N
-----	--------------

S1 3 éléments

nu=	443,283852 N
-----	--------------

nu mur de refend

t1=	11 mm	OSB
dF=	2,52 mm	clou 2 1/4 po
$f2=50 \times G \times (1-0,01dF) Jx$		
G=	0,42 Mpa	S-P-F
Jx=	1	Autre que CLT
dF	2,52 mm	
f2=	20,4708 Mpa	
t2=	38 mm	
$f3=110 \times G^{1,8} \times (1-0,01 dF) Jx$		
G=	0,42 Mpa	S-P-F
Jx=	1	Autre que CLT
dF=	2,52 mm	
f3=	22,4986743 Mpa	
$f_y=50 (16-dF)$		
dF=	2,52 mm	
f _y =	674 Mpa	
Pour bois et CLT		
$f1=50 G (1-0,01 dF) Jx$		
G=	0,42 Mpa	S-P-F
Jx=	1	Autre que CLT
dF=	2,52 mm	
f1=	20,4708 Mpa	

Pour Panneaux structuraux

f1=104 G (1-0,1 dF)

G=	0,42 MPa	CSP et OSB
----	----------	------------

dF=	2,52 mm
-----	---------

f1=	32,67264 Mpa
-----	--------------

a)	905,685581 N
----	--------------

b)	1960,28381 N
----	--------------

c)	980,141904 N
----	--------------

d)	426,816841 N
----	--------------

e)	871,426127 N
----	--------------

f)	573,193878 N
----	--------------

g)	491,35945 N
----	-------------

Si 2 éléments

nu=	426,816841 N
-----	--------------

S1 3 éléments

nu=	426,816841 N
-----	--------------

Contreventement Rez-de-chaussé

Diaphragme Engraissement cas I

Données

ELU					
P1-4	1,264 kN/m	L=	37,15 m	121'10"	un cable d'acier est au centre de la partie engraissement
PE1-4	1,768 kN/m	y =	6 m		
		LD=	13,8176 m		
ELS					
P1-4	1,185 kN/m	L=	37,15 m	121'10	un cable d'acier est au centre de la partie engraissement
PE1-4	1,6575 kN/m	y =	6 m		
		LD=	13,8176 m		
Colombage	38 x		140		
Sablière	38 x		140		

Vérification du diaphragme

Calcul des efforts du diaphragme

Vf=	34,0868 kN
vf=	2,466912 kN/m

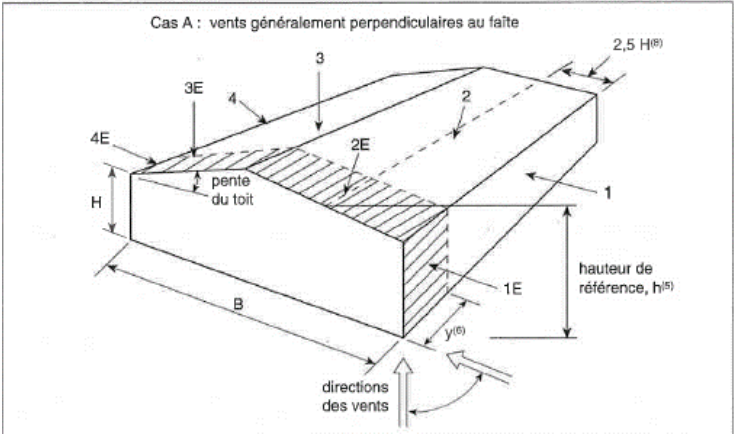
Prédimensionnement du diaphragme

Liste de contrôle

WDM P.576

Table

WDM P.591



OSB		
S-P-F		
Clous	2 1/4 po	long
df=	2,52 mm	Diamètre
s=	150 mm	Espacement
OSB	12 mm	
Vrd=	3,53 kN/m	48,776128 kN

Valeur ajustée avec	0,89	Si diaphragme non bloqué					
Vrd=	3,1417 kN/m	43,41075392 kN					
Vérification CSA du diaphragme							11,5,2,3
a)							
Vrs=Ø x Vd x JD x Js x Jf x Jud x LD							
Ø=	0,8						
Vd= Nu/s							12,9,4
Nu= nu (KD x KSF x KT)							
nu =	443,2839 N						
KD=	1,15	Courte durée					
KSF=	1	Conditions sèches					
KT=	1	Non traité					
Nu =	509,7764						
S =	150 mm						
Vd=	3,39851 kN/m						
JD=	1,3	Nails use in diaphragme					12,9,4,1
Js=	1	s	≥	150 mm			11,4,1
	1	50 mm	≤	s	<	150 mm	11,4,2
							11,4,3
Jud=	0,89	Cas 1	Non bloqué				
LD=	13,8176 m	Dimension parallèle à la force					
Vrs =	43,46548 kN	≥	34,0868 kN				

b)

Vr=Ø x Vpd x KD x KS x KT x LD

Ø=	0,8		
KS=	1	Conditions sèches	9,4,2
KD=	1,15	Courte durée	
KT=	1	Non traité	
a=	2440 mm	plus grande dimension du panneau	
b=	1220 mm	plus petite dimension du panneau	
B a,0	55 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
B a,90	36 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
Bv=	11 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
t =	12 mm	Épaisseur du panneau	
η=	0,494413		
α=	1,798933		
Kpb=	1,296362		
Vpb =	20,14768 kN/m		
LD =	13,8176 m	Dimension parallèle à la force	
Vrs =	256,1211 kN	≥	34,0868 kN
Vrs =	43,46548 kN	≥	34,0868 kN

Vérification des membrures

Calcul des efforts

Mf=	218,0594 kN m
h=	13,6776 m
Tf=	15,94281 kN

Prédimensionnement des membrures

Liste de contrôle

WDM P.215

Table

WDM P.220

S-P-F
No1/No2

Tr= 34,2 kN

Valeur ajustée avec KD=1,15

Tr= 39,33 kN

Vérification CSA des membrures 6,5,9

$Tr = \varnothing \times Ft \times An \times KZt$

$\varnothing = 0,9$

$Ft = ft \times (KD \times KH \times KSt \times KT)$

ft=	5,5 Mpa	S-P-F No1/No2	6,3,1 A
KD=	1,15	Courte durée	5,3,2,2
KH=	1		
KSt=	1	Conditions sèches	6,4,2
KT=	1	Non traité	6,4,3

Ft= 6,325 Mpa

b= 38 mm

d= 140 mm

Nombre d'éléments 1 éléments

An= 5320 mm2

KZt=	1,3	b= 38 mm	6,4,5
		d= 140 mm	

Tr= 39,36933 kN ≥ 15,94280831 kN

Vérification des joints à chevauchement des membrures

Pédimensionnement

Liste de contrôle

WDM p. 329

Table

WDM p. 332

S-P-F No1/No2

Clous	3 po 3,66 mm	long diamètre
-------	-----------------	------------------

Minimum pénétration ≥5dF = 18,3 mm

Maximum opénétration = 30 mm

Pénétration réelle 76 mm

N'r ns = 0,707 kN

Nr= N'r ns nF K' JF

K'=KD x KSF x KT

KD= 1,15 Courte durée
KSF= 1 Conditions sèches
KT= 1 Non traité

K'= 1,15

JF= JE x JA x JB x JD

JE= 1
JA= 1
JB= 1
JD= 1

JF= 1

Nr= 0,81305 nF kN ≥ Tf = 15,94280831 kN

nF= 20 Clous

Vérification CSA joints à chevauchement des membrures

Nr= Ø x Nu x nF x nS x JF

Ø = 0,8

Nu= nu (KD x KSF x KT)

nu= 884,2408 N

KD= 1,15 courte durée

KSF= 1 Conditions sèches

KT= 1 Non traité

Nu= 1016,877 N

nF= x clous

nS= 1 plan de cisaillement

JF= JE x JA x JB x JD

JE=	1
JA=	1
JB=	1
JD=	1
JF=	1
Cas A	
Nr=	813,5015 nF
N	≥
Tf =	15942,80831 N
nF=	20 clous

Calcul de la flèche du diaphragme

Wf=	1,264 kN/m
W=	0,846429 kN/m
L=	37,15 m
LD=	13,8176 m
Vf=	1,699195 kN/m
V=	1,137854 kN/m

Flèche causée par la déformation dans les entures des membrures au périmètre des diaphragmes

Résistance pondérée d'un clou =	0,813 KN	S-P-F No1/No2	
		Clou 3 po (Long)	
		3,66	mm (Diamètre)
		KD= 1,15	

Tableau 13 Cecobois 2928Guid

	Distance (m)	Moment à l'enture (kN m)	Force à l'enture (kN) NON PONDÉRÉ	Force à l'enture (kN) PONDÉRÉE	Nombre de clou requis	Force par clou kN (NON PONDÉRÉE)	Δc (mm)	Δc X (mm2)
x9	4	0,275	4,291657366	0,313772692	0,585709024	1	0,313772692	0,18544821 203,993031
x10	4	3,935	55,31454094	4,044170098	7,549117517	10	0,40441701	0,308071261 4849,04165
x11	4	7,595	94,99900594	6,945590304	12,9651019	16	0,434099394	0,354952891 10783,4688
x12	4	11,255	123,3450524	9,018033307	16,83366217	21	0,429430157	0,347358107 15638,062
x13	4	14,915	140,3526802	10,26149911	19,15479834	24	0,427562463	0,34434319 20543,5147
x14	4	18,575	146,0218895	10,67598771	19,92851039	25	0,427039508	0,343501369 25522,1517
x15	4	14,915	140,3526802	10,26149911	19,15479834	24	0,427562463	0,34434319 20543,5147
x16	4	11,255	123,3450524	9,018033307	16,83366217	21	0,429430157	0,347358107 15638,062
x17	4	7,595	94,99900594	6,945590304	12,9651019	16	0,434099394	0,354952891 10783,4688
x18	4	3,935	55,31454094	4,044170098	7,549117517	10	0,40441701	0,308071261 4849,04165
x19	4	0,275	4,291657366	0,313772692	0,585709024	1	0,313772692	0,18544821 203,993031

Δd1=	4,688163 mm
------	-------------

Σ 129558,312

Flèche causée par le moment de flexion : ce calcul est basé sur la rigidité des membrures au périmètre des diaphragmes (EA)

E=9500 N/mm2Membrure S-P-F6,3,1 A

A=5320 mm2Aire de section des membrures

Δd2=4,351048 mm

Flèche causée par le cisaillement : ce calcul est basé sur la rigidité des panneaux de bois (Bv)

Bv=11 000 N/mmOSB 12 mm9,3,C

Δd3=0,960711 mm

Flèche causée par le glissement dans les clous

s=150 mm

long=2 1/4 po

df=2,52 mm

Charge par clou (Vs) =170,6781 N

en=0,122079 mm

Δd4=2,766488

Flèche totale

Δd=12,76641 mm

Diaphragme Engraissement cas III

Données

ELU					
P5-6	0,916 kN/m	L=	13,8176 m		
PE5-6	1,3736 kN/m	z=	1,219 m	un cable d'acier est au centre de la partie engraissement	
		LD=	37,15 m	121'10"	
ELS					
P5-6	0,85875 kN/m	L=	13,8176 m		
PE5-6	1,28775 kN/m	z=	1,219 m	un cable d'acier est au centre de la partie engraissement	
		LD=	37,15 m	121'10"	
Colombage	38 x		140		
Sablère	38 x		140		

Vérification du diaphragme

Calcul des efforts du diaphragme

Vf=	8,002879 kN
vf=	0,215421 kN/m

Prédimensionnement du diaphragme

Liste de contrôle

WDM P.576

Table

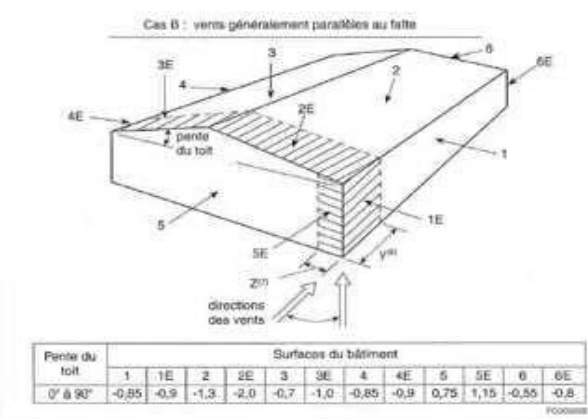
WDM P.591

OSB		
S-P-F		
Clous	2 1/4 po	long
df=	2,52 mm	Diamètre
s=	150 mm	Espacement

OSB	12 mm	
Vrd=	3,53 kN/m	131,1395 kN
Valeur ajustée avec	0,67	Si diaphragme non bloqué
Vrd=	2,3651 kN/m	87,863465

Vérification CSA du diaphragme

a)
Vrs=Ø x Vd x JD x Js x Jf x Jud x LD



Ø=	0,8											
Vd= Nu/s												12,9,4
Nu= nu (KD x KSF x KT)												
nu =	443,2839 N											
KD=	1,15	Courte durée										
KSF=	1	Conditions sèches										
KT=	1	Non traité										
Nu =	509,7764											
S =	150 mm											
Vd=	3,39851 kN/m											
JD=	1,3	Nails use in diaphragme									12,9,4,1	
J _s =	1	s	≥	150 mm				11,4,1				
	1	50 mm	≤	s	<	150 mm		11,4,2				
Jud=	0,67	Cas 2,3,4	Non bloqué								11,4,3	
LD=	37,15 m	Dimension parallèle à la force										
Vrs =	87,97423 kN	≥	8,0028792 kN									
b)												
Vr=Ø x Vpd x KD x KS x KT x LD												
Ø=	0,8											
KS=	1	Conditions sèches									9,4,2	
KD=	1,15	Courte durée										
KT=	1	Non traité										
a=	2440 mm	plus grande dimension du panneau										
b=	1220 mm	plus petite dimension du panneau										
B a,0	55 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm									9,3C	

B a,90	36 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
Bv=	11 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
t =	12 mm	Épaisseur du panneau	
η=	0,494413		
α=	1,798933		
Kpb=	1,296362		
Vpb =	20,14768 kN/m		
LD =	37,15 m	Dimension parallèle à la force	
Vrs =	688,6073 kN	≥	8,0028792 kN
Vrs =	87,97423 kN	≥	8,0028792 kN

Vérification des membrures

Calcul des efforts

Mf=	21,86103 kN m
h=	37,01 m
Tf=	0,590679 kN

Prédimensionnement des membrures

Liste de contrôle

WDM P.215

Table

WDM P.220

S-P-F
No1/No2

Tr=	34,2 kN
-----	---------

Valeur ajustée avec KD=1,15

Tr=	39,33 kN
-----	----------

Vérification CSA des membrures

6,5,9

Tr=Ø x Ft x An x KZt

Ø =	0,9
-----	-----

$F_t = f_t (K_D \times K_H \times K_{St} \times K_T)$

$f_t =$	5,5 Mpa	S-P-F No1/No2	6,3,1 A
$K_D =$	1,15	Courte durée	5,3,2,2
$K_H =$	1		
$K_{St} =$	1	Conditions sèches	6,4,2
$K_T =$	1	Non traité	6,4,3

$F_t = 6,325 \text{ Mpa}$

$b = 38 \text{ mm}$

$d = 140 \text{ mm}$

Nombre d'éléments 1 éléments

$A_n = 5320 \text{ mm}^2$

$K_{Zt} =$	1,3	$b = 38 \text{ mm}$	6,4,5
		$d = 140 \text{ mm}$	

$T_r = 39,36933 \text{ kN} \geq 0,59067914 \text{ kN}$

Vérification des joints à chevauchement des membrures

Pédimensionnement

Liste de contrôle

WDM p. 329

Table

WDM p. 332

S-P-F No1/No2

Clous	3 po 3,66 mm	long diamètre	
Minimum pénétration	$\geq 5d_f$	=	18,3 mm
Maximum opénétration		=	30 mm
Pénétration réelle	76 mm		
$N'r \text{ ns} =$	0,707 kN		
$N_r = N'r \text{ ns } n_F K' J_F$			
$K' = K_D \times K_{SF} \times K_T$			
$K_D =$	1,15	Courte durée	
$K_{SF} =$	1	Conditions sèches	
$K_T =$	1	Non traité	
$K' =$	1,15		

$J_F = J_E \times J_A \times J_B \times J_D$

JE= 1
JA= 1
JB= 1
JD= 1

JF= 1

Nr= 0,81305 nF kN ≥ Tf = 0,59067914 kN
nF= 1 Clous

Vérification CSA joints à chevauchement des membrures

$$Nr = \phi \times Nu \times nF \times nS \times JF$$

$\phi = 0,8$
Nu= nu (KD x KSF x KT)
nu= 884,2408 N
KD= 1,15 courte durée
KSF= 1 Conditions sèches
KT= 1 Non traité
Nu= 1016,877 N

nF= x clous
nS= 1 plan de cisaillement
JF= JE x JA x JB x JD

JE= 1
JA= 1
JB= 1
JD= 1

JF= 1

Cas A

Nr= 813,5015 nF N ≥ Tf = 590,6791404 N
nF= 1 clous

Calcul de la flèche du diaphragme

Wf= 0,916 kN/m
W= 0,613393 kN/m

L= 13,8176 m
LD= 37,15 m

Vf= 0,170349 kN/m
V= 0,114073 kN/m

Flèche causée par la déformation dans les entures des membrures au périmètre des diaphragmes

Résistance pondérée d'un clou =		0,813 KN	S-P-F No1/No2 Clou 3 po (Long) 3,66 KD= 1,15	mm (Diamètre)	Tableau 13 Cecobois 2928 Guid					
	Distance (m)		Moment à l'enture (kN m)	Force à l'enture (kN) NON PONDÉRÉ	Force à l'enture(kN) PONDÉRÉE	Nombre de clou requis	Force par clou kN (NON PONDÉRÉE	Δc (mm)	Δc x (mm2)	
x3	4	3,2488	10,53070325	0,2845367	0,531135173		1	0,2845367	0,152499682 1981,76387	
x4	4	6,9088	14,63908593	0,395544067	0,738348926		1	0,395544067	0,294701339 8144,13043	
x5	4	3,2488	10,53070325	0,2845367	0,531135173		1	0,2845367	0,152499682 1981,76387	
Δd1=	0,162956 mm							Σ	12107,6582	

Flèche causée par le moment de flexion : ce calcul est basé sur la rigidité des membrures au périmètre des diaphragmes (EA)

E=	9500 N/mm2	Membrure S-P-F		6,3,1 A
A=	5320 mm2	Aire de section des membrures		
Δd2=	0,008348 mm			9,3,C

Flèche causée par le cisaillement : ce calcul est basé sur la rigidité des panneaux de bois (Bv)

Bv=	11 000 N/mm	OSB12 mm
Δd3=	0,035823	

Flèche causée par le glissement dans les clous

s=	150 mm
long=	2 1/4 po
df=	2,52 mm

Charge par clou (Vs) =	17,11094 N
en=	0,001227 mm
Δd4=	0,010342

Flèche totale

Δd=	0,217469 mm
-----	-------------

Diaphragme cas I pouponnière

Données

ELU				
P1-4	1,264 kN/m	L=	19 m	62'4"
PE1-4	1,768 kN/m	y =	6 m	
		LD=	13,8176 m	

ELS				
P1-4	1,185 kN/m	L=	19 m	62'4"
PE1-4	1,6575 kN/m	y =	6 m	
		LD=	13,8176 m	

Colombage	38 x	140
Sablière	38 x	140

Vérification du diaphragme

Calcul des efforts du diaphragme

Vf=	22,616 kN
vf=	1,636753 kN/m

Prédimensionnement du diaphragme

Liste de contrôle

WDM P.576

Table

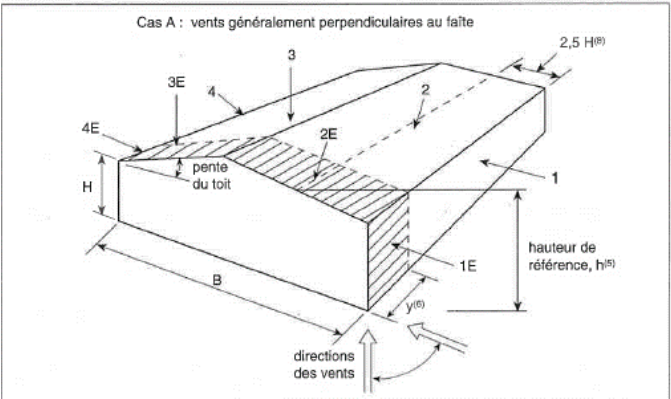
WDM P.591

OSB		
S-P-F		
Clous	2 1/4 po	long
df=	2,52 mm	Diamètre
s=	150 mm	Espacement

OSB	12 mm	
Vrd=	3,53 kN/m	48,776128 kN
Valeur ajustée avec	0,89	Si diaphragme non bloqué
Vrd=	3,1417 kN/m	43,41075392 kN

Vérification CSA du diaphragme

a)



$$V_{rs} = \emptyset \times V_d \times J_D \times J_s \times J_f \times J_{ud} \times L_D$$

$$\emptyset = 0,8$$

Vd= Nu/s 12,9,4

$$Nu = n_u (KD \times KSF \times KT)$$

nu = 443,2839 N

KD= 1,15 Courte durée

KSF= 1 Conditions sèches

KT=	1	Non traité
-----	---	------------

Nu = 509,7764

$S = 150 \text{ mm}$

Vd= 3,39851 kN/m

JD=	1,3	Nails use in diaphragme	12,9,4,1
-----	-----	-------------------------	----------

J _s =	1	s	≥	150 mm	11,4,1
------------------	---	---	---	--------	--------

1	50 mm	≤	s	<	150 mm	11,4,2
---	-------	---	---	---	--------	--------

Jud=	0,89	Cas 1	Non bloqué	11,4,3
------	------	-------	------------	--------

LD= 13,8176 m Dimension parallèle à la force

$$V_{rs} = 43,46548 \text{ kN} \geq 22,616 \text{ kN}$$

b)

$$V_r = \emptyset \times V_{pd} \times K_D \times K_S \times K_T \times L_D$$

$$\phi = 0,8$$

KS=	1	Conditions sèches	9,4,2
-----	---	-------------------	-------

KD= 1,15 Courte durée

KT=	1	Non traité
-----	---	------------

a= 2440 mm plus grande dimension du panneau

b= 1220 mm plus petite dimension du panneau

B a,0	55 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
B a,90	36 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
Bv=	11 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C

t = 12 mm Épaisseur du panneau

η= 0,494413

α= 1,798933

Kpb= 1,296362

Vpb = 20,14768 kN/m

LD = 13,8176 m Dimension parallèle à la force

Vrs = 256,1211 kN ≥ 22,616 kN

Vrs = 43,46548 kN ≥ 22,616 kN

Vérification des membrures

Calcul des efforts

Mf= 57,038 kN m

h= 13,6776 m

Tf= 4,170176 kN

Prédimensionnement des membrures

Liste de contrôle

WDM P.215

Table

WDM P.220

S-P-F
No1/No2

Tr= 34,2 kN

Valeur ajustée avec KD=1,15

Tr= 39,33 kN

Vérification CSA des membrures

6,5,9

Tr=Ø x Ft x An x KZt

Ø = 0,9

Ft= ft (KD x KH x KSt x KT)				
ft=	5,5 Mpa	S-P-F No1/No2		6,3,1 A
KD=	1,15	Courte durée		5,3,2,2
KH=	1			
KSt=	1	Conditions sèches		6,4,2
KT=	1	Non traité		6,4,3
Ft=	6,325 Mpa			
b=	38 mm			
d=	140 mm			
Nombre d'éléments	1 éléments			
An=	5320 mm2			
KZt=	1,3	b=	38 mm	6,4,5
		d=	140 mm	
Tr=	39,36933 kN	≥	4,170176054 kN	

Vérification des joints à chevauchement des membrures

Pédimensionnement

Liste de contrôle

WDM p. 329

Table

WDM p. 332

S-P-F No1/No2

Clous	3 po	long	
	3,66 mm	diamètre	
Minimum pénétration	≥5dF	=	18,3 mm
Maximum opénétration		=	30 mm
Pénétration réelle	76 mm		
N'r ns =	0,707 kN		
Nr= N'r ns nF K' JF			
K'=KD x KSF x KT			
KD=	1,15	Courte durée	
KSF=	1	Conditions sèches	
KT=	1	Non traité	
K' =	1,15		

JF= JE x JA x JB x JD

JE= 1
JA= 1
JB= 1
JD= 1
JF= 1

Nr= 0,81305 nF kN ≥ Tf = 4,170176054 kN
nF= 6 Clous

Vérification CSA joints à chevauchement des membrures

$$Nr = \emptyset \times Nu \times nF \times nS \times JF$$

∅ = 0,8

Nu= nu (KD x KSF x KT)

nu= 884,2408 N

KD= 1,15 courte durée

KSF= 1 Conditions sèches

KT= 1 Non traité

Nu= 1016,877 N

nF= x clous

nS= 1 plan de cisaillement

JF= JE x JA x JB x JD

JE= 1
JA= 1
JB= 1
JD= 1
JF= 1

Cas A

Nr= 813,5015 nF N ≥ Tf = 4170,176054 N
nF= 6 clous

Calcul de la flèche du diaphragme

Wf= 1,264 kN/m
W= 0,846429 kN/m

L= 19 m
LD= 13,8176 m

Vf= 0,869037 kN/m
V= 0,581944 kN/m

Flèche causée par la déformation dans les entures des membrures au périmètre des diaphragmes

Résistance pondérée d'un clou =	0,813 KN	S-P-F No1/No2 Clou 3 po (Long) 3,66 KD= 1,15	mm (Diamètre)	Tableau 13 Cecobois 2928 Guid
---------------------------------	----------	---	---------------	-------------------------------

	Distance (m)	Moment à l'enture (kN m)	Force à l'enture (kN) NON PONDÉRÉ	Force à l'enture(kN) PONDÉRÉE	Nombre de clou requis	Force par clou kN (NON PONDÉRÉE	Δc (mm)	Δc X (mm2)
x12	4	2,18	15,51825214	1,134574205	2,117871849	3	0,378191402	0,269411209 2349,26574
x13	4	5,84	32,52588	2,378040007	4,439008013	6	0,396340001	0,295888558 6911,95672
x14	4	9,5	38,19508929	2,792528608	5,212720068	7	0,398932658	0,299772328 11391,3485
x15	4	5,84	32,52588	2,378040007	4,439008013	6	0,396340001	0,295888558 6911,95672
x16	4	2,18	15,51825214	1,134574205	2,117871849	3	0,378191402	0,269411209 2349,26574

Δd1= 1,082453 mm

Σ 29913,7934

Flèche causée par le moment de flexion : ce calcul est basé sur la rigidité des membrures au périmètre des diaphragmes (EA)

E= 9500 N/mm2 Membrure S-P-F 6,3,1 A

A= 5320 mm2 Aire de section des membrures

Δd2= 0,297696 mm

Flèche causée par le cisaillement : ce calcul est basé sur la rigidité des panneaux de bois (Bv)

Bv= 11 000 N/mm OSB 12 mm 9,3,C

Δd3= 0,251294 mm

Flèche causée par le glissement dans les clous

s= 150 mm
long= 2 1/4 po
df= 2,52 mm

Charge par clou (Vs) = 87,29162 N

en= 0,031932 mm

Δd4= 0,370095

Flèche totale

Δd= 2,001538 mm

Diaphragme cas III pouponnière

Données

ELU			
P5-6	0,916 kN/m	L=	13,8176 m
PE5-6	1,3736 kN/m	z=	1,219 m
		LD=	19 m
ELS			
P5-6	0,85875 kN/m	L=	13,8176 m
PE5-6	1,28775 kN/m	z=	1,219 m
		LD=	19 m
Colombage	38 x		140
Sablère	38 x		140

Vérification du diaphragme

Calcul des efforts du diaphragme

Vf=	8,002879 kN
vf=	0,421204 kN/m

Prédimensionnement du diaphragme

Liste de contrôle

WDM P.576

Table

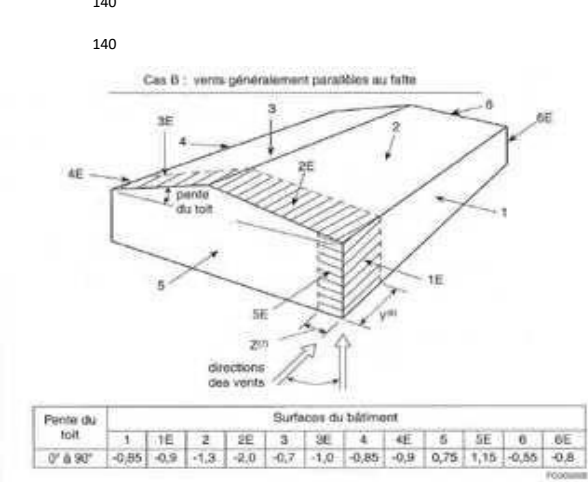
WDM P.591

OSB		
S-P-F		
Clous	2 1/4 po	long
df=	2,52 mm	Diamètre
s=	150 mm	Espacement

OSB	12 mm	
Vrd=	3,53 kN/m	67,07 kN
Valeur ajustée avec	0,67	Si diaphragme non bloqué
Vrd=	2,3651 kN/m	44,9369

Vérification CSA du diaphragme

a)
 $Vrs = \emptyset \times Vd \times JD \times Js \times Jf \times Jud \times LD$



Ø=	0,8								
Vd= Nu/s									12,9,4
Nu= nu (KD x KSF x KT)									
nu =	443,2839 N								
KD=	1,15	Courte durée							
KSF=	1	Conditions sèches							
KT=	1	Non traité							
Nu =	509,7764								
S =	150 mm								
Vd=	3,39851 kN/m								
JD=	1,3	Nails use in diaphragme							12,9,4,1
Js=	1	s	≥			150 mm			11,4,1
	1	50 mm	≤	s		<	150 mm		11,4,2
Jud=	0,67	Cas 2,3,4	Non bloqué						11,4,3
LD=	19 m	Dimension parallèle à la force							
Vrs =	44,99355 kN	≥			8,0028792 kN				
b)									
Vr=Ø x Vpd x KD x KS x KT x LD									
Ø=	0,8								
KS=	1	Conditions sèches							9,4,2
KD=	1,15	Courte durée							
KT=	1	Non traité							
a=	2440 mm	plus grande dimension du panneau							
b=	1220 mm	plus petite dimension du panneau							
B a,0	55 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm							9,3C

B a,90	36 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
Bv=	11 000 N/mm	Épaisseur du panneau 12mm	9,3C
t =	12 mm	Épaisseur du panneau	
η=	0,494413		
α=	1,798933		
Kpb=	1,296362		
Vpb =	20,14768 kN/m		
LD =	19 m	Dimension parallèle à la force	
Vrs =	352,1814 kN	≥	8,0028792 kN
Vrs =	44,99355 kN	≥	8,0028792 kN

Vérification des membrures

Calcul des efforts

Mf=	21,86103 kN m
h=	18,86 m
Tf=	1,159122 kN

Prédimensionnement des membrures

Liste de contrôle

WDM P.215

Table

WDM P.220

S-P-F
No1/No2

Tr=	34,2 kN
-----	---------

Valeur ajustée avec KD=1,15

Tr=	39,33 kN
-----	----------

Vérification CSA des membrures

6,5,9

Tr=Ø x Ft x An x KZt

Ø =	0,9
-----	-----

$F_t = f_t (K_D \times K_H \times K_{St} \times K_T)$

$f_t =$	5,5 Mpa	S-P-F No1/No2	6,3,1 A
$K_D =$	1,15	Courte durée	5,3,2,2
$K_H =$	1		
$K_{St} =$	1	Conditions sèches	6,4,2
$K_T =$	1	Non traité	6,4,3

$F_t = 6,325 \text{ Mpa}$

$b = 38 \text{ mm}$

$d = 140 \text{ mm}$

Nombre d'éléments 1 éléments

$A_n = 5320 \text{ mm}^2$

$K_{Zt} =$	1,3	$b =$	38 mm	6,4,5
		$d =$	140 mm	

$T_r =$	39,36933 kN	$\geq$	1,159121685 kN
---------	-------------	--------	----------------

Vérification des joints à chevauchement des membrures

Pédimensionnement

Liste de contrôle

WDM p. 329

Table

WDM p. 332

S-P-F No1/No2

Clous	3 po 3,66 mm	long diamètre	
Minimum pénétration	$\geq 5d_f$	=	18,3 mm
Maximum opénétration		=	30 mm
Pénétration réelle	76 mm		
$N'r \text{ ns} =$	0,707 kN		
$N_r = N'r \text{ ns } n_F K' J_F$			
$K' = K_D \times K_{SF} \times K_T$			
$K_D =$	1,15	Courte durée	
$K_{SF} =$	1	Conditions sèches	
$K_T =$	1	Non traité	
$K' =$	1,15		

$J_F = J_E \times J_A \times J_B \times J_D$

JE= 1
JA= 1
JB= 1
JD= 1

JF= 1

Nr= 0,81305 nF kN ≥ Tf = 1,159121685 kN

nF= 2 Clous

Vérification CSA joints à chevauchement des membrures

$Nr = \phi \times Nu \times nF \times nS \times JF$

$\phi = 0,8$

 $Nu = nu \text{ (KD x KSF x KT)}$

nu= 884,2408 N

KD= 1,15 courte durée

KSF= 1 Conditions sèches

KT= 1 Non traité

Nu= 1016,877 N

nF= x clous

nS= 1 plan de cisaillement

JF= JE x JA x JB x JD

JE= 1
JA= 1
JB= 1
JD= 1

JF= 1

Cas A

Nr= 813,5015 nF N ≥ Tf = 1159,121685 N

nF= 2 clous

Calcul de la flèche du diaphragme

Wf= 0,916 kN/m
W= 0,613393 kN/m

L= 13,8176 m
LD= 19 m

Vf= 0,333077 kN/m
V= 0,223043 kN/m

Flèche causée par la déformation dans les entures des membrures au périmètre des diaphragmes

Résistance pondérée d'un clou =	0,813 KN	S-P-F No1/No2 Clou 3 po (Long) 3,66 KD= 1,15	mm (Diamètre)	Tableau 13 Cecobois 2928 Guid					
	Distance (m)	Moment à l'enture (kN m)	Force à l'enture (kN)	NON PONDÉRÉ	Force à l'enture(kN) PONDÉRÉE	Nombre de clou requis	Force par clou kN (NON PONDÉRÉE	Δc (mm)	Δc x (mm2)
x3	4 3,2488	10,53070325	0,558361784		1,042275331	2	0,279180892	0,146812739	1907,8609
x4	4 6,9088	14,63908593	0,776197557		1,448902107	2	0,388098779	0,283711481	7840,42352
x5	4 3,2488	10,53070325	0,558361784		1,042275331	2	0,279180892	0,146812739	1907,8609
Δd1=	0,306741 mm							Σ	11656,1453

Flèche causée par le moment de flexion : ce calcul est basé sur la rigidité des membrures au périmètre des diaphragmes (EA)

E=	9500 N/mm2	Membrure S-P-F	6,3,1 A
A=	5320 mm2	Aire de section des membrures	
Δd2=	0,031915 mm		9,3,C

Flèche causée par le cisaillement : ce calcul est basé sur la rigidité des panneaux de bois (Bv)

Bv=	11 000 N/mm	OSB 12 mm
Δd3=	0,070043	

Flèche causée par le glissement dans les clous

s=	150 mm
long=	2 1/4 po
df=	2,52 mm

Charge par clou (Vs) =	33,45638 N
en=	0,004691 mm
Δd4=	0,039537

Flèche totale

Δd=	0,448236 mm
-----	-------------

Mur de refend Axe A-D

Mur de refend

Données

Vf=	34,09 kN	Ls1	4,37 m
		Ls2	2,44 m
		Σ Lsi	6,81 m

Prédimensionnement du mur de refend

Liste de contrôle

WDM P.608

Table

WDM P.632

OSB
S-P-F

Clous	2 1/2 po	long
df=	3,33 mm	Diamètre
s=	125 mm	Espacement
OSB	11 mm	

Longueur minimale requise

Vrs=	5,55 kN/m		
Vr=	X	kN	≥ Vf= 34,0868 kN
L min =	6,141765766 m		
Vrs1=	5,55 kN/m	4,37 m	24,2535 kN
Vrs2=	5,55 kN/m	2,44 m	13,542 kN

Vr=	37,7955 kN	≥	Vf= 34,0868 kN
-----	------------	---	----------------

Vérification CSA

a) 11,5,1,2

$$Vrs = \emptyset \times Vd \times JD \times ns \times Jus \times Js \times Jhd \times Ls$$

$$\emptyset = 0,8$$

$$Vd = Nu/s$$

$$Nu = nu \text{ (KD x KSF x KT)}$$
 12,9,4

$$nu = 618,4630248 \text{ N}$$

$$KD = 1,15$$
 Courte durée

KSF=	1	Conditions sèches					
KT=	1	Non traité					
Nu=	711,2324785						
s =	125 mm						
Vd =	5,689859828 kN/m						
JD=	1,3	Nails use in Shearwall					12,9,4,1
ns=	1 plan de cisaillement						11,5,3,4
Jus=	1	Bloqué					11,4,4
J _s =	1 0,999460782	s 50 mm	≥ ≤	s	150 mm <	150 mm	11,4,1
Jhd=	1						11,4,5
Ls1 =	4,37 m	Dimension parallèle à la force					
Ls2 =	2,44 m	Dimension parallèle à la force					
Vrs1 =	25,84533115 kN						
Vrs2 =	14,43080275 kN						
Vrs=	40,27613389 kN	≥		34,0868 kN			

b)

$V_r = \emptyset \times V_{pb} \times K_D \times K_S \times K_T \times L_s$	
---	--

Ø=	0,8		
KS=	1	Conditions sèches	9,4,2
KD=	1,15	Courte durée	
KT=	1	Non traité	
a=	2440 mm	plus grande dimension du panneau	
b=	1220 mm	plus petite dimension du panneau	
B a,0	55000 N/mm	Épaisseur du panneau 11 mm	9,3C
B a,90	36000 N/mm	Épaisseur du panneau 11 mm	9,3C
Bv=	11000 N/mm	Épaisseur du panneau 11 mm	9,3C
t =	11 mm	Épaisseur du panneau	
η=	0,494413232		
α=	1,798932834		
Kpb=	1,296361959		
Vpb =	16,92964521 kN/m		
Ls1 =	4,37 m	Dimension parallèle à la force	
Ls2 =	2,44 m	Dimension parallèle à la force	

Vrs1 = 68,06394558 kN
Vrs2 = 38,00366756 kN

Vrs= 106,0676131 kN ≥ 34,0868 kN

Vrs = 40,27613389 kN

Mur de refend Axe 1-2

Mur de refend

Données

Vf=	8,0028792 kN	Ls1	4,88 m
		Ls2	4,88 m
		Σ Lsi	9,76 m

Prédimensionnement du mur de refend

Liste de contrôle

WDM P.608

Table

WDM P.632

OSB

S-P-F

Clous	2 1/2 po	long
df=	3,33 mm	Diamètre
s=	125 mm	Espacement
OSB	11 mm	

Longueur minimale requise

Vrs=	5,55 kN/m		
Vr=	X	kN	≥ Vf= 8,0028792 kN
L min =	1,441960216 m		
Vrs1=	5,55 kN/m	4,88 m	27,084 kN
Vrs2=	5,55 kN/m	4,88 m	27,084 kN

Vr=	54,168 kN	≥	Vf= 8,0028792 kN
-----	-----------	---	------------------

Vérification CSA

11,5,1,2

a)

$$Vrs = \emptyset \times Vd \times JD \times ns \times Jus \times Js \times Jhd \times Ls$$

$$\emptyset = 0,8$$

$$Vd = Nu/s$$

$$Nu = nu \text{ (KD x KSF x KT)} \quad 12,9,4$$

$$nu = 618,4630248 \text{ N}$$

$$KD = 1,15 \quad \text{Courte durée}$$

KSF=	1	Conditions sèches	
KT=	1	Non traité	
Nu=	711,2324785		
s =	125 mm		
Vd =	5,689859828 kN/m		
JD=	1,3	Nails use in Shearwall	12,9,4,1
ns=	1 plan de cisaillement		11,5,3,4
Jus=	1	Bloqué	11,4,4
Js=	1	s ≥ 150 mm	11,4,1
Jhd=	1		11,4,5
Ls1 =	4,88 m	Dimension parallèle à la force	
Ls2 =	4,88 m	Dimension parallèle à la force	

Vrs1 = 28,8771766 kN
Vrs2 = 28,8771766 kN

Vrs= 57,7543532 kN ≥ 8,0028792 kN

b)

Vr=Ø x Vpb x KD x KS x KT x Ls	
--------------------------------	--

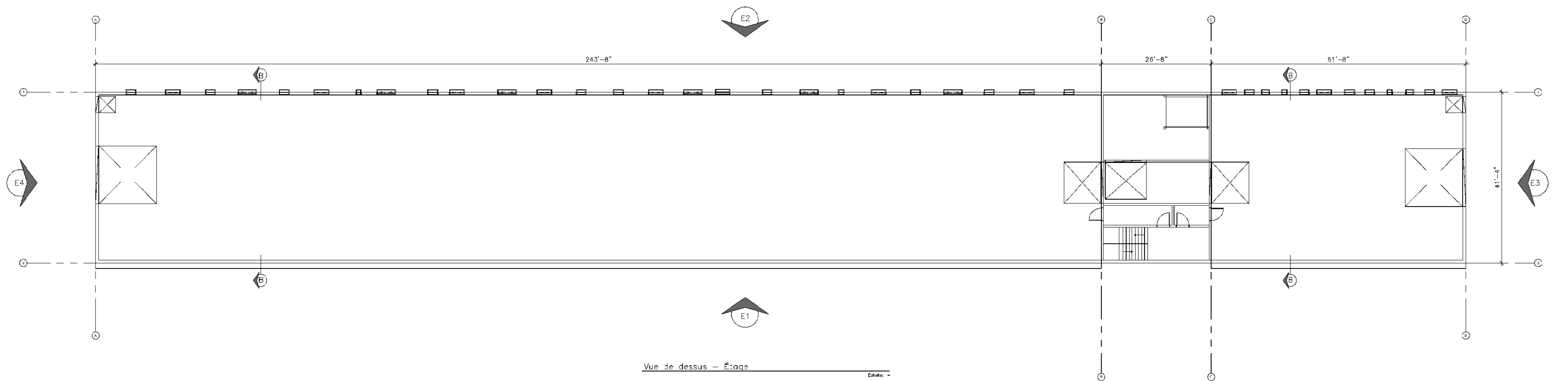
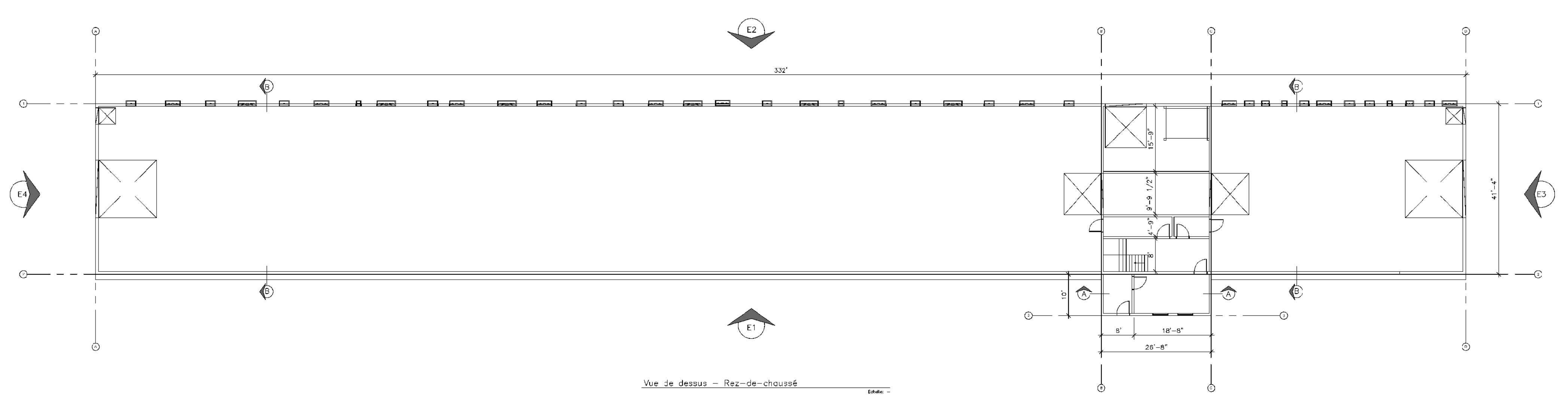
Ø=	0,8		
KS=	1	Conditions sèches	9,4,2
KD=	1,15	Courte durée	
KT=	1	Non traité	
a=	2440 mm	plus grande dimension du panneau	
b=	1220 mm	plus petite dimension du panneau	
B a,0	48000 N/mm	Épaisseur du panneau 11mm	9,3C
B a,90	36000 N/mm	Épaisseur du panneau 11mm	9,3C
Bv=	11000 N/mm	Épaisseur du panneau 11mm	9,3C
t =	11 mm	Épaisseur du panneau	
η=	0,529237747		
α=	1,861209718		
Kpb=	1,301157982		
Vpb =	16,42370916 kN/m		
Ls1 =	4,88 m	Dimension parallèle à la force	
Ls2 =	4,88 m	Dimension parallèle à la force	

Vrs1 = 73,73588463 kN
Vrs2 = 73,73588463 kN

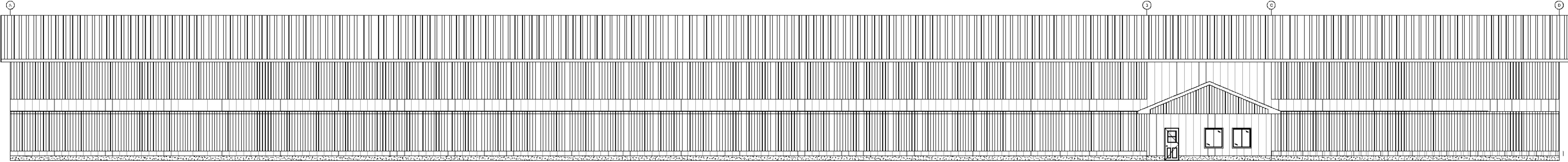
Vrs= 147,4717693 kN ≥ 8,0028792 kN

Vrs = 57,7543532 kN

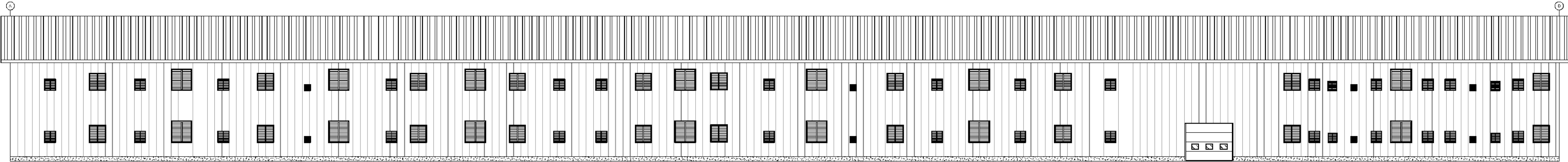
Annexe 5 : Plans



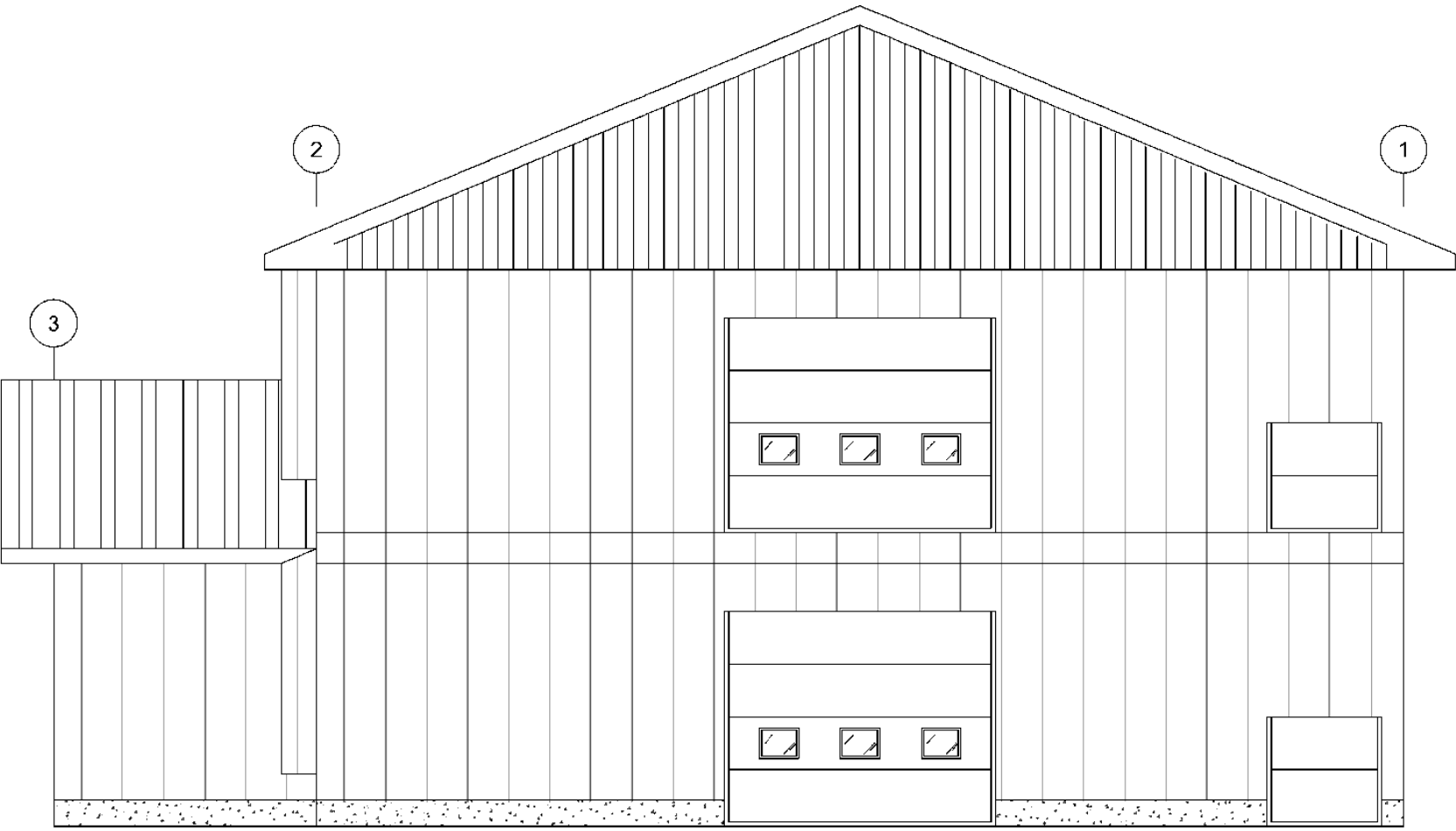
PLAN D'AMÉNAGEMENT



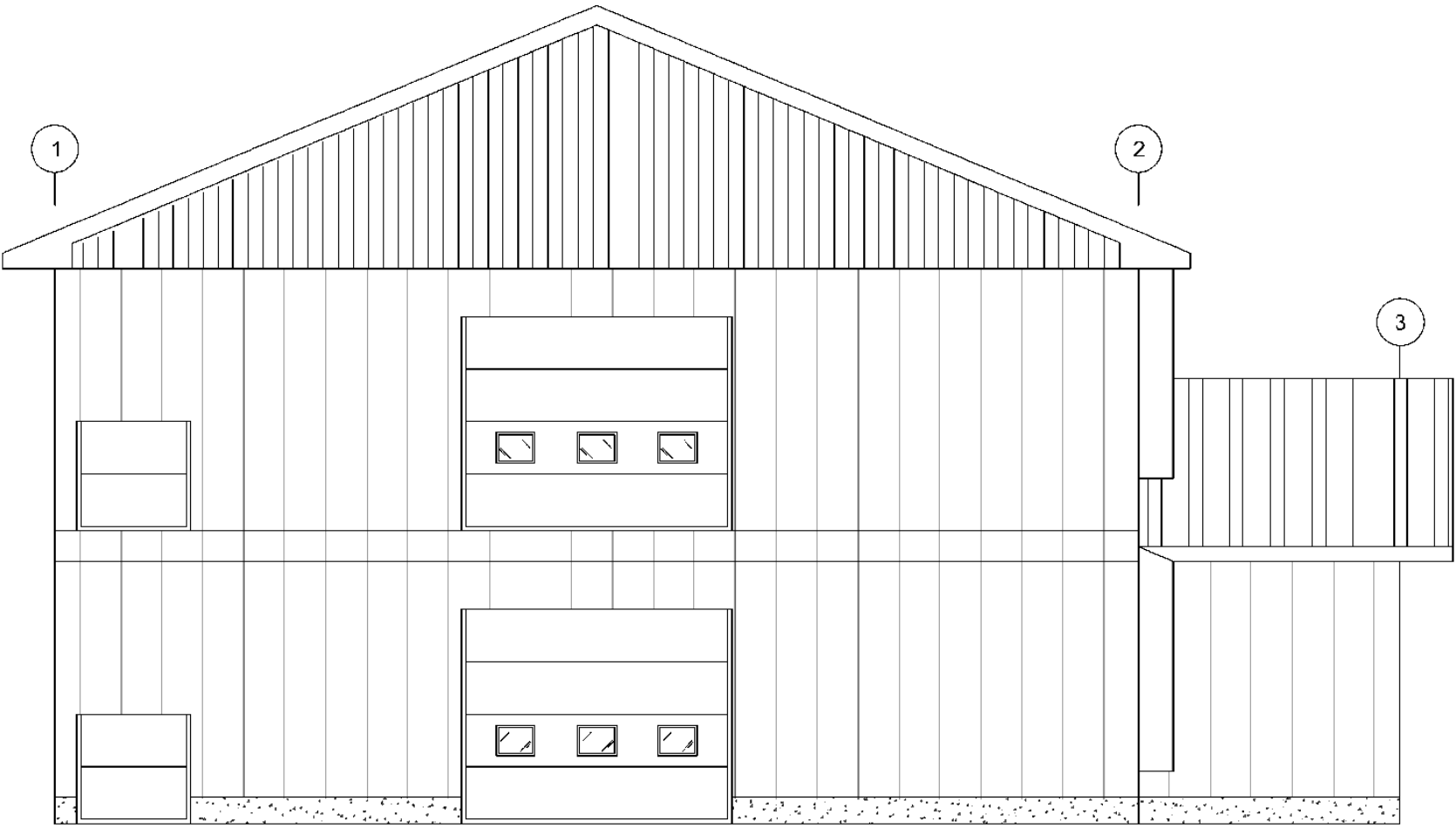
Élévation E1
Echelle: 3/32"=1'



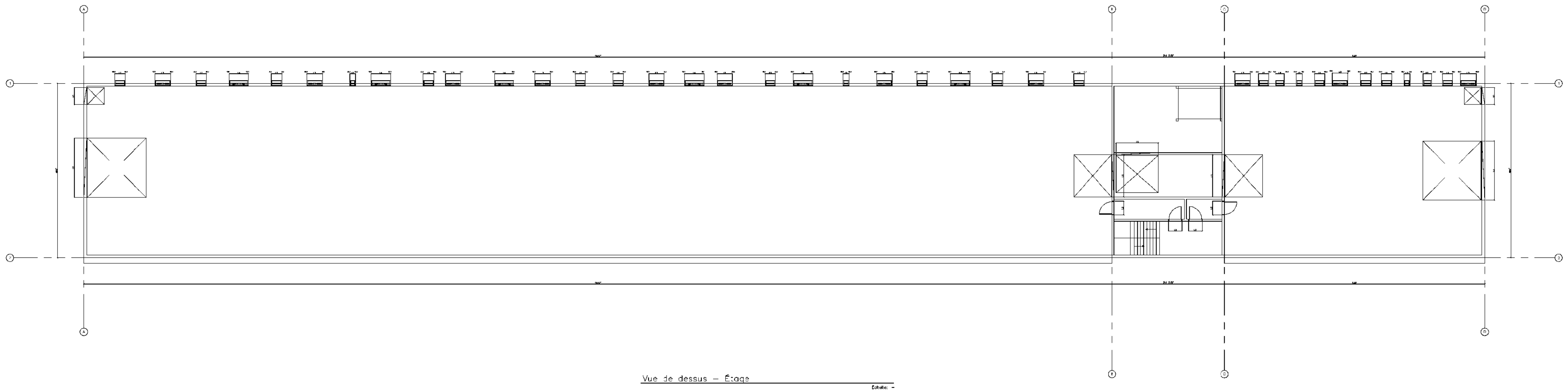
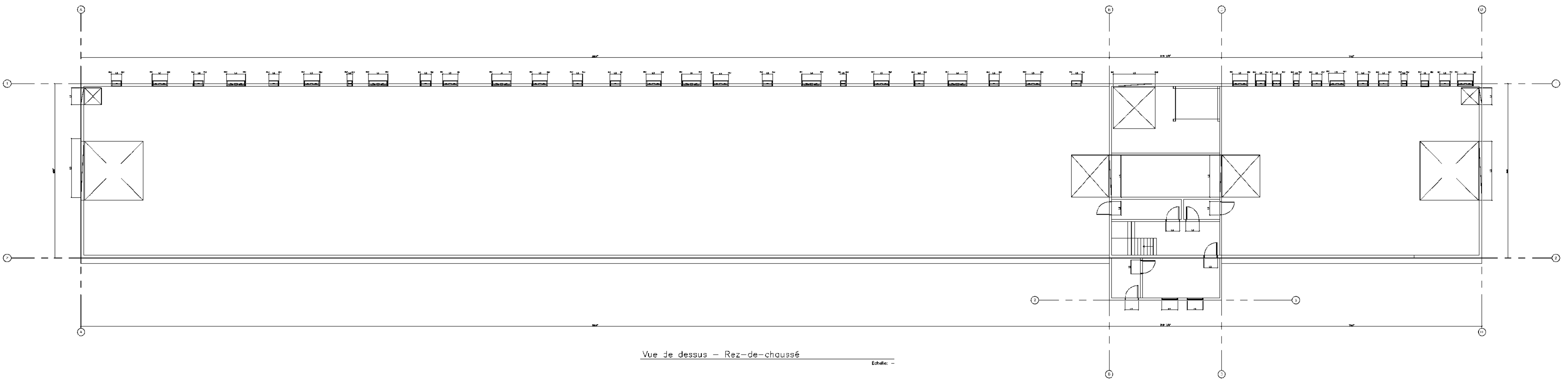
Élévation E2
Echelle: 3/32"=1'



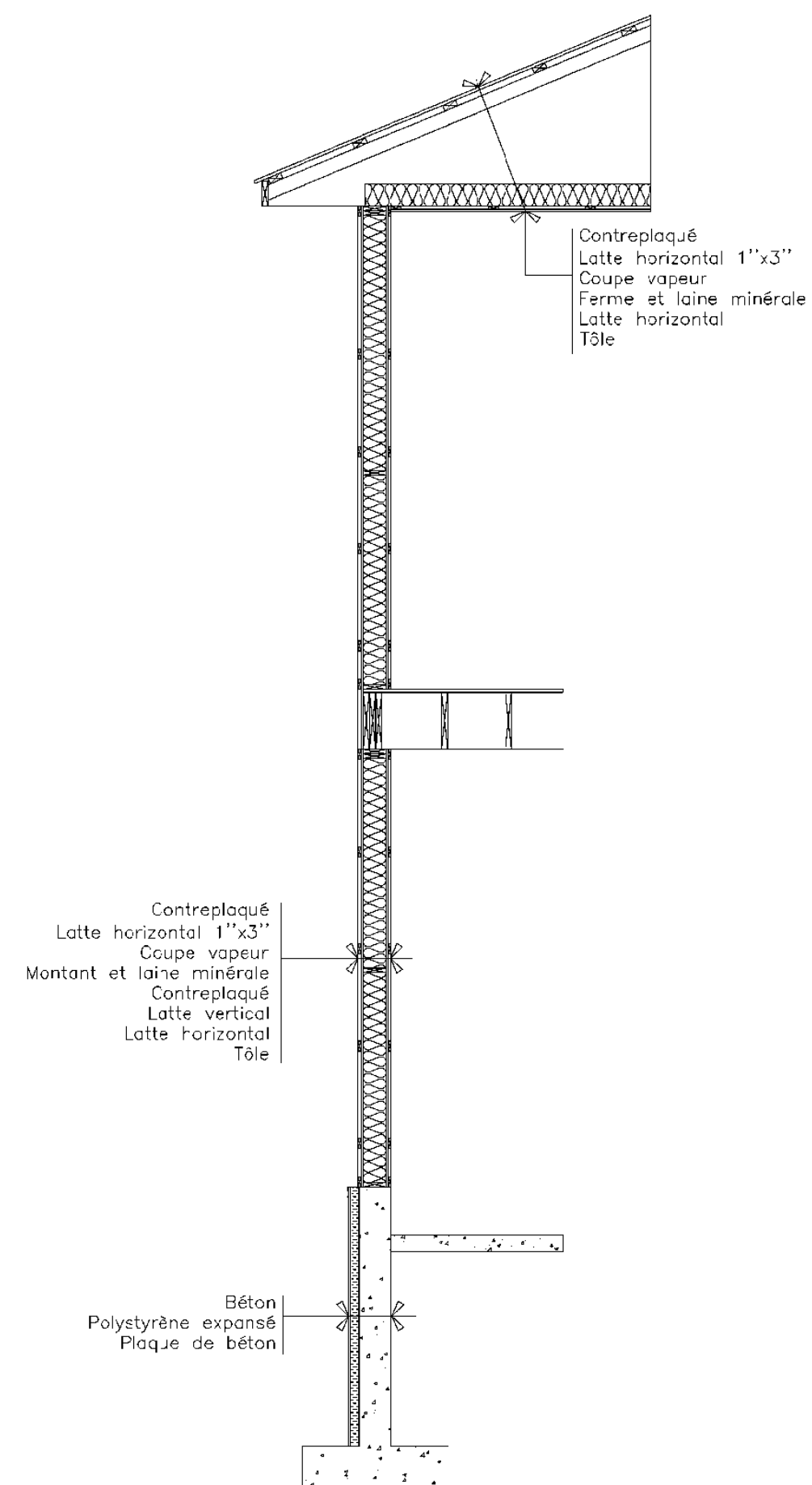
Élévation 3
Echelle: 1/4"=1'



Élévation E4
Echelle: 1/4"=1'

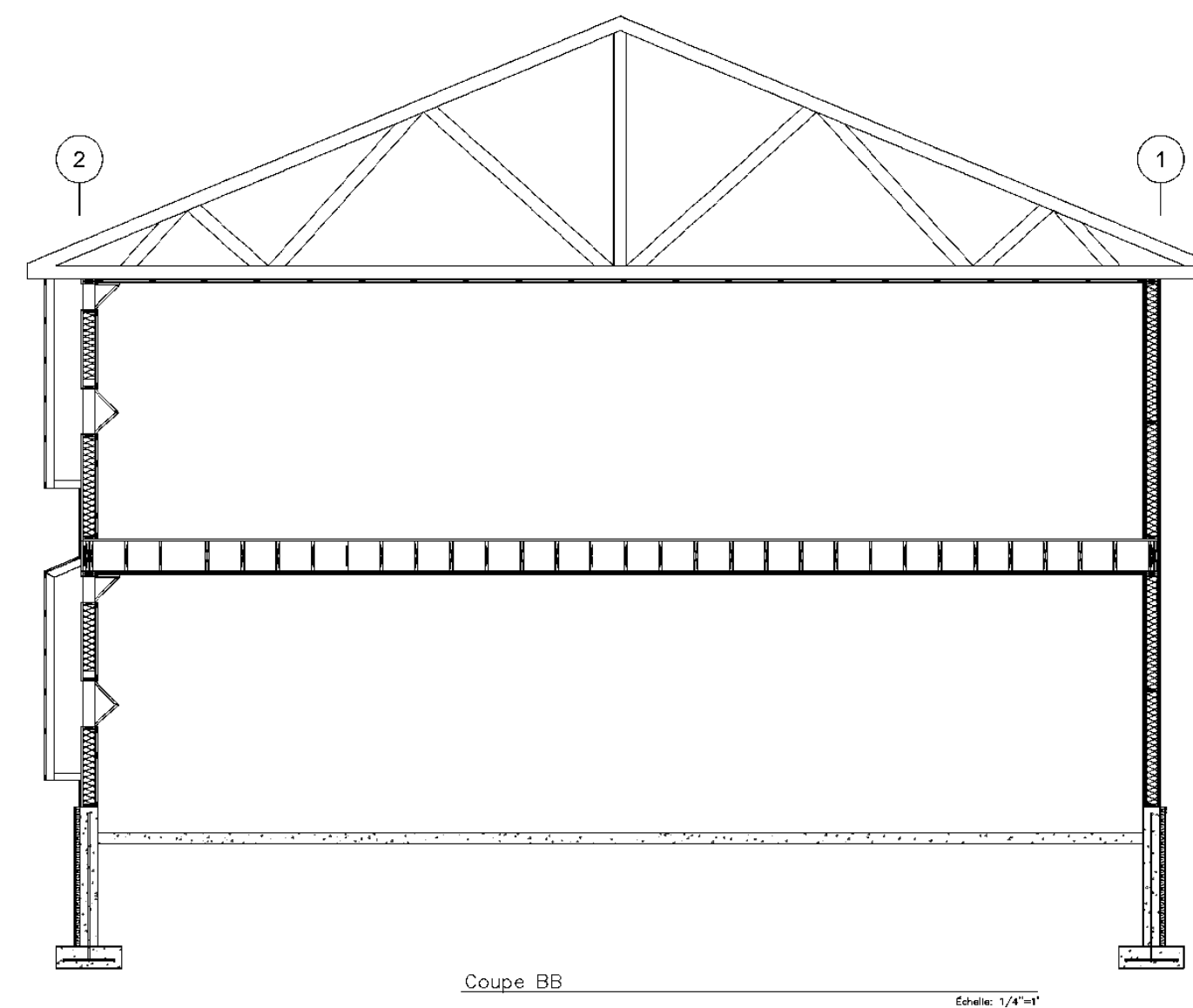


PLAN DE STRUCTURE

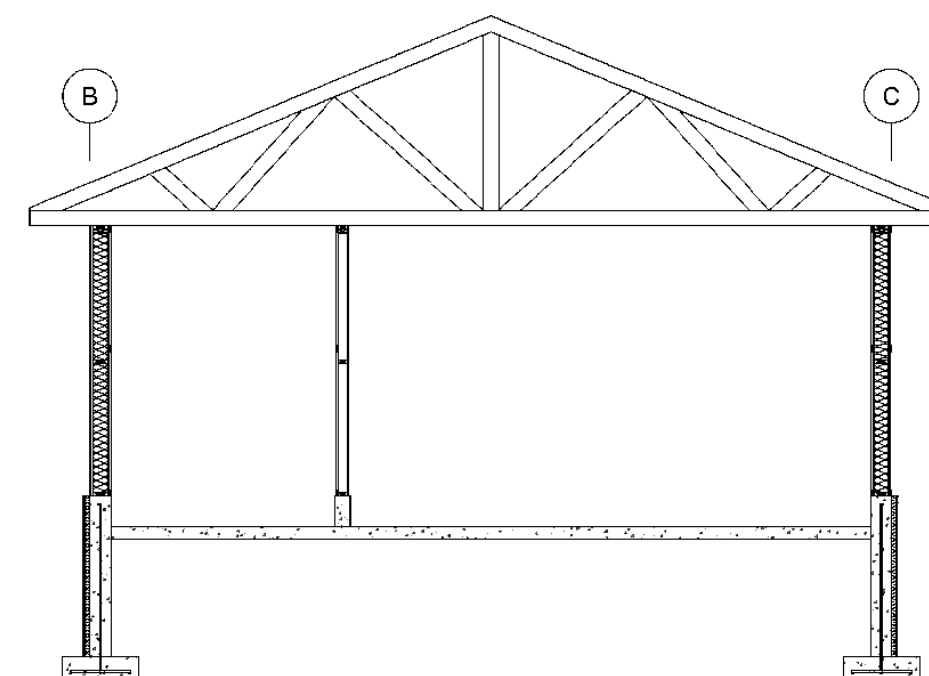


Élévation 3

Echelle: 1/4"=1'

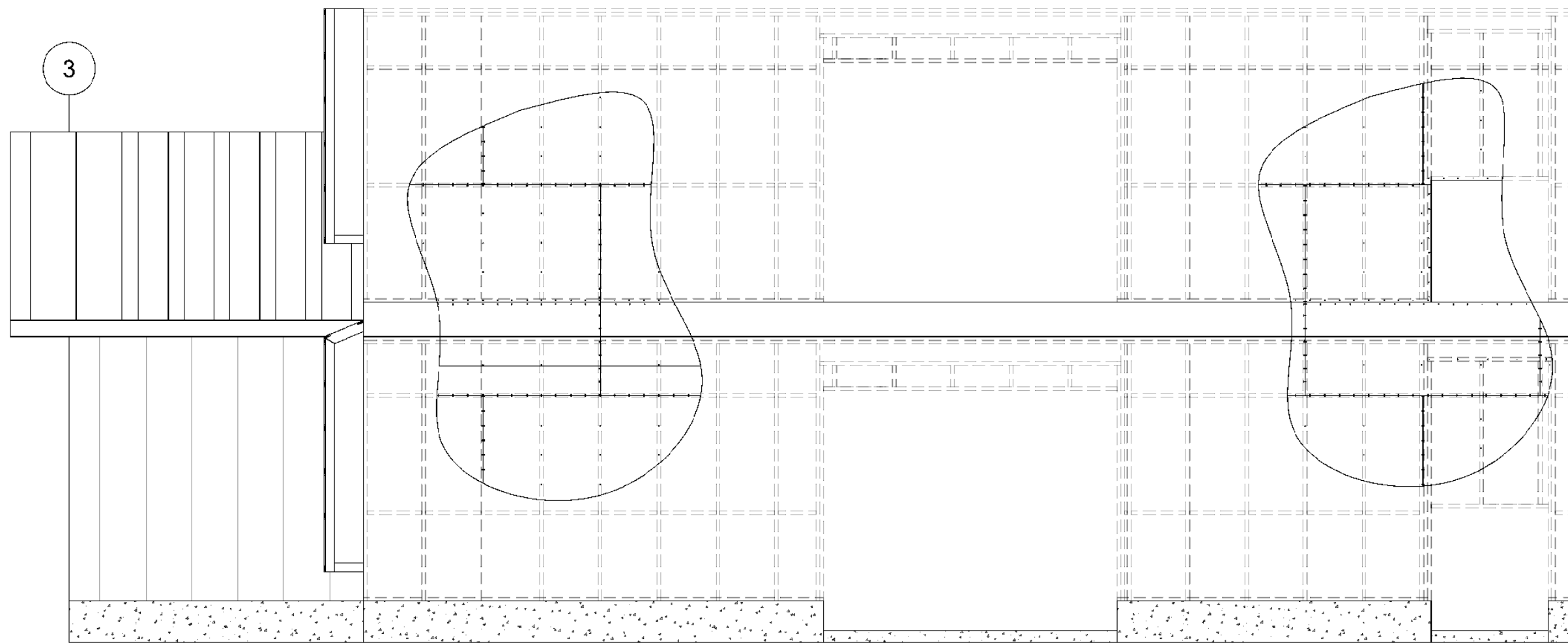


Echelle: 1/4"=1'



Élévation 3

Echelle: 1/4"=1'



Élévation structurale

Echelle: 3/8" = 1'



Élévation structurale

Echelle: 3/8" = 1'

PLAN STRUCTURE