

Extensions de l'aéroport Oslo-Gardermoen

Markus Derix
W.u.J. Derix GmbH & Co.
Poppensieker&Derix GmbH & Co. KG
DE-Niederkrüchten



Extensions de l'aéroport Oslo-Gardermoen

1. Aéroport Oslo-Gardermoen

L'aéroport Oslo était à l'origine un aéroport utilisé à des fins militaires. Le 29/08/1998, il a été agrandi et transformé en aéroport civil. À l'époque, la planification prévoyait d'accueillir 17 millions de passagers par an. En 2013, l'aéroport Oslo-Gardermoen a été rebaptisé officiellement en Aéroport d'Oslo (OSLO-LUFTHAVN). L'aéroport a accueilli en 2013 pas loin de 23 millions de passagers, atteignant ainsi les limites des capacités de l'infrastructure en place. Le nombre des passagers étant en constante progression, il fut décidé déjà en 2007 d'agrandir l'aéroport de manière conséquente.



Illustration 1 : Terminal 1 et Terminal 2 (» SentralbygningVest «)

La phase de planification a débuté en 2007, les premiers petits travaux de préparation en 2010. C'est au printemps 2011 que les travaux sur le corps principal ont débuté alors que l'aéroport conservait sa pleine activité. La mise en service complète et l'inauguration sont prévues pour le 27/04/2017.

Avec une capacité de 28 millions de passagers, l'aéroport d'Oslo sera ainsi le plus grand aéroport de Scandinavie. Pour comparaison : Le plus grand aéroport au monde se situe à Atlanta et accueille 95 millions de passagers par an, l'aéroport de Munich en accueille 38 Mio., celui de Copenhague 21,5 Mio. et celui de Stockholm 17 Mio.

Ce que le maître d'ouvrage a exigé des planificateurs, c'est que l'aéroport conserve sa simplicité, son ordre, son efficacité et son architecture sophistiquée. L'agrandissement représente la continuation rigoureuse de la philosophie architecturale norvégienne, utilisant généreusement des matériaux naturels et adoptant des solutions simples et sobres.

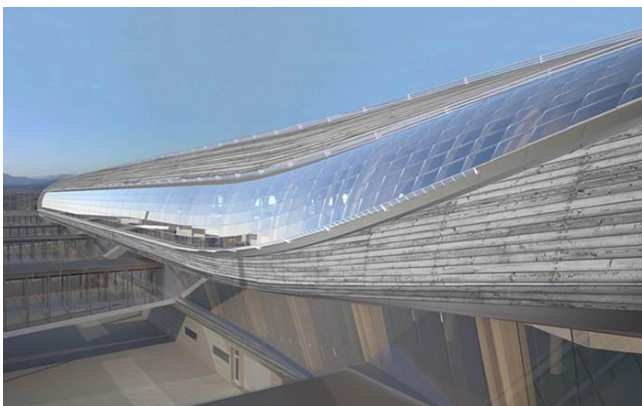


Illustration 2 : « QUAI NORD » avec toiture de quai en bois

De plus, Oslo-Airport s'est donné pour but de protéger l'environnement et de construire l'aéroport de façon écologique qu'il n'est possible pour un aéroport. En grande partie, ce seront des matériaux recyclés qui seront utilisés, et même le béton sera – dans la mesure du possible – mélangé à des matériaux recyclés.

L'aéroport se situe à Gardermoen, à Akershus, 50 km au nord de la capitale norvégienne Oslo. Il est relié à Oslo par les GARDERMOBANEN, ligne ferroviaire sur laquelle avec le FLYTOGET les seuls trains à haute vitesse de Norvège circulent et rendent l'aéroport accessible en 19 minutes depuis Oslo.

En raison de la haute exigence écologique de l'exploitant, les transports publics de proximité sont d'une grande importance pour l'aéroport. En 2013, ce sont 65% des arrivées et départs de l'aéroport qui ont été effectués par transports en commun : le pourcentage le plus élevé en Europe.

Hormis l'aspect architectural, l'exigence écologique vaut également pour l'utilisation. Ainsi, la première installation au monde de refroidissement du bâtiment à l'aide de neige va être installée. Pour ce faire, la neige écartée sur les pistes de décollage et d'atterrissage sera stockée dans un bassin de 30.000 m³. La neige sera protégée des rayons du soleil à l'aide d'une couverture à base de copeaux. Via échangeur thermique, l'énergie nécessaire pour le refroidissement des bâtiments sera alors générée.

2. Projet global et acteurs du projet

2.1. Projet global

Le volume des investissements d'environ 1,7 milliards inclut respectivement la reconstruction ou l'agrandissement du terminal principal (« SentralbygningVest »), la construction d'une troisième jetée (« Pir Nord ») avec 11 nouvelles passerelles d'embarquement, une nouvelle gare grandes lignes, ainsi que d'importants travaux de modernisation et d'agrandissement de l'infrastructure, comme par exemple des pistes et des routes d'accès.

L'ossature porteuse des bâtiments principaux, les terminaux d'arrivée et d'enregistrement, la porte d'embarquement ainsi que la gare grandes lignes seront réalisés avec une toiture à ossature de bois lamellé-collé. Le Pir couvert de 300 m de long et d'une surface de 63.000 m² doit en outre être muni d'une couverture de toit en bois.



Illustration 3 : Projet global

2.2. Acteurs du projet

Le Groupe AVINOR exploite en Norvège 46 aéroports et est également responsable de la sécurité aérienne nationale. OSLO-LUFTHAVN AS (OSL) fait partie du Groupe AVINOR et est commettant et maître d'ouvrage officiel.

L'entreprise norvégienne ADVANSIA, quant à elle, est responsable de la gestion de projet. Concernant l'architecture et le planning d'exécution, une équipe de projet, TEAM_T, a été désignée, équipe dont les bureaux d'architectes NARDUD-STOKKE-WIG, COWI, NORCONSULT, AAS-JACOBSEN, PER RASMUSSEN et quelques autres font partie.

L'attribution à des entrepreneurs généraux a eu lieu en lots partiels. Les lots partiels concernent les bâtiments, le génie civil et en partie seulement la structure porteuse du toit, couverture de toit incluse. L'entreprise KRUSE SMITH a obtenu l'agrandissement du terminal d'enregistrement « SentralbygningVest » et de la jetée « Pir Nord ». Kruse Smith est une entreprise familiale qui emploie 960 salariés, est l'une des six plus grandes entreprises de construction de Norvège, et a un chiffre d'affaires annuel d'environ 500 Mio. d'Euros.

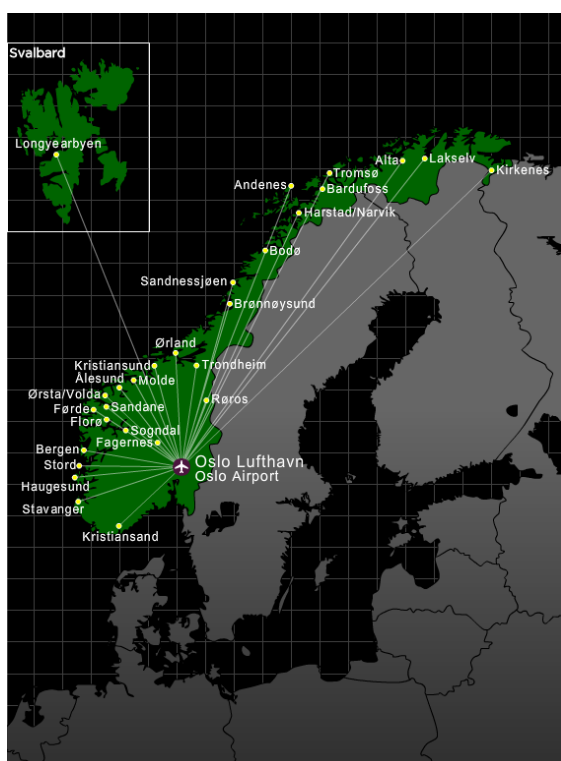


Illustration 4 : Groupe AVINOR

KRUSE SMITH travaille avec succès depuis plusieurs années déjà avec l'entreprise norvégienne AANESLANDLIMTRE qui commercialise en Norvège du bois lamellé-collé.

Cette dernière a reçu le mandat de production et de livraison du bois lamellé-collé, y compris des moyens de connexion en acier, et l'a attribué à l'entreprise W. u. J. Derix GmbH & Co. Le montage était de la responsabilité de la KRUSE SMITH.

La KRUSE SMITH a mandaté le groupe d'ingénieurs norvégien SWECO pour les calculs statiques de construction et de détails.

L'ensemble du mandat confié à l'entreprise Derix comprenait, hormis le bois lamellé-collé, tous les moyens de connexion en acier ainsi que le transport jusqu'au chantier. Les éléments en acier ainsi que les moyens de connexion ont été livrés par le partenaire de longue date BRÜNINGHOFFPROJEKTBAU, le transport, quant à lui, a été effectué par notre partenaire logistique ERNST LAUMEYER GMBH, spécialisé dans les transports de longueur et de largeur exceptionnelles.

La préparation des travaux ainsi que le traitement des données 3D mises à disposition par le client ont été réalisés par le bureau d'études DAO Roland Wank.

Le premier appel d'offres concernait la structure portante pour le terminal d'enregistrement « SENTRALBYGNINGVEST ». Le mandat pour les constructions en bois a été attribué en 2012. Après qu'environ 2/3 du mandat ont été remplis avec succès, le maître d'ouvrage a décidé d'attribuer la structure porteuse du toit du « PIR NORD » à la même équipe.

3. Le terminal d'enregistrement « SentralbygningVest »

La superficie de base du terminal est un rectangle de dimensions 91,00 m x 126,00 m. La structure porteuse principale se compose de 7 axes principaux avec chacun 2 poteaux circulaires en béton armé sur lesquels, à partir d'une hauteur respectivement d'env. 12,80 m et 18,80 m au-dessus du niveau supérieur du sol, sont ordonnées de manière centrée des couronnes en acier pour la réception des poutres en treillis doubles à une distance de 3,00 m les unes des autres. La réalisation complète des poutres en treillis sur toute la largeur du bâtiment est d'env. 91,00 m. L'entraxe entre les poteaux est de 54 m, de telle sorte que les poutres en treillis débordent de 23,00 m du côté du champ d'aviation et de 13,65 m du côté ville. La préfabrication de ces poutres en treillis a été réalisée en 3 segments. En tout, ce sont $7 \times 2 \times 3 = 42$ poutres en treillis qui ont dû être fabriquées.

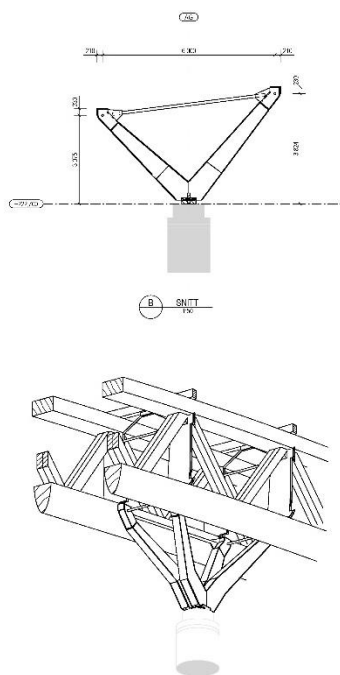


Illustration 5 : Configuration du support

Les dimensions de la membrure supérieure du treillis étaient de l/H 89/53⁵ cm et celles de la membrure inférieure du treillis de 73/105 cm. Membrure supérieure comme membrure inférieure ont été fabriquées selon la classe de résistance GL 32h. Les diagonales ont été échelonnées de 24/52 jusqu'à 56/52 en section transversale. GL 24 a également été utilisée.

Les poutres en treillis ont été revêtues de planches entre la membrure supérieure et la membrure inférieure du treillis, de telle sorte qu'à la fin des travaux on ne voit essentiellement que la membrure inférieure. En raison de la configuration ovale de la section transversale et de la diminution de la largeur de la section transversale des membrures supérieure et inférieure du treillis au niveau des extrémités des bras en porte-à-faux, les exigences en ce qui concerne la qualité de surface lors de l'usinage CNC ont été extrêmes. En optimisant l'outillage de fraisage, il a été possible d'obtenir une surface qui correspond à une qualité de bois lamellé-collé raboté, et ce sans autre opération de finition.

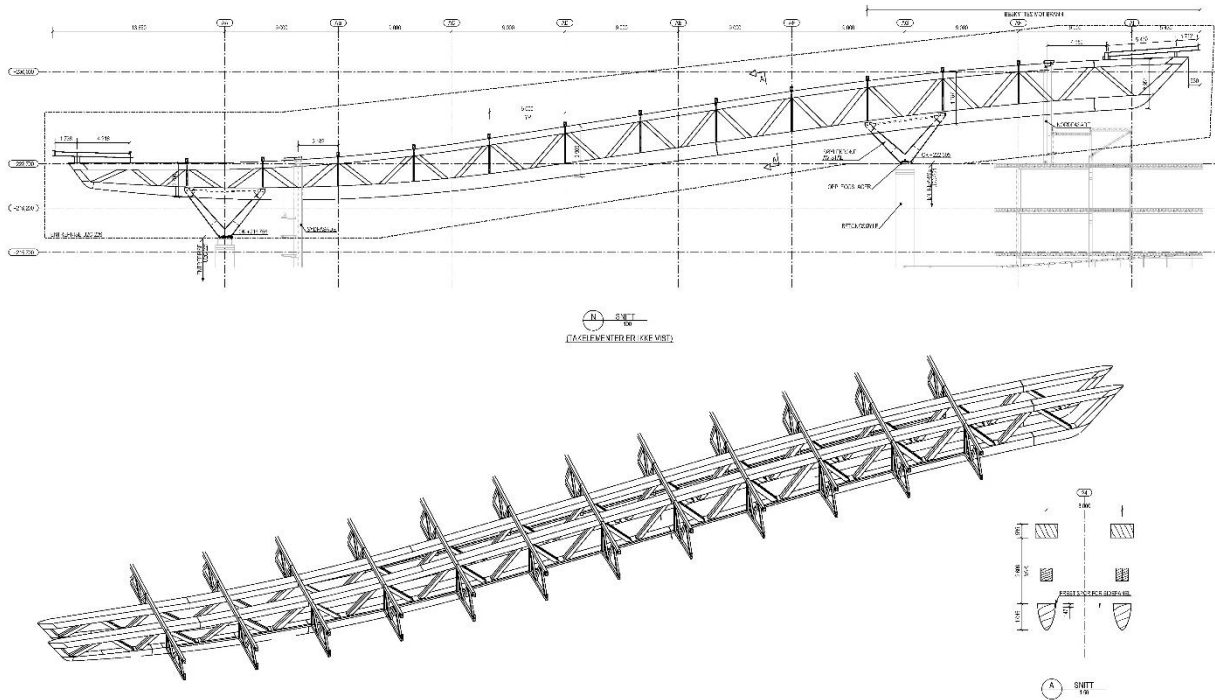


Illustration 6 : Système de la poutre en treillis principale

Entre cette construction principale, des poutres en treillis secondaires légères sont ordonnées, axialement espacées de 6,00 m, d'une étendue d'env. 15 m et d'une hauteur de système d'env. 2,50 m. En raison des nécessités architecturales, les douze poutres en treillis sont toutes différentes au sein d'un champ axial. Au total, 96 supports de cette sorte ont été fabriqués.



Illustration 7 : Vue d'une poutre en treillis secondaire

Pour toutes les connexions, ce sont plutôt des moyens de connexion conventionnels à cisaille en tôle entaillée avec broches de 12 et 16 mm de \varnothing qui ont été choisis.

4. Jetée « PIR NORD »

Le « PIR NORD » se détache architecturalement délibérément des autres bâtiments afin d'avoir sa propre identité. D'une largeur d'env. 120 m, il se rattache côté nord au Terminal 1 déjà existant. En direction du champ d'aviation, il se réduit successivement, et après env. 160 m, il se fond dans un tube parallèle d'une largeur d'env. 46,00 m et d'une hauteur d'env. 16,00 m. La structure portante se compose de 28 axes au total. Les onze premiers axes sont chacun très différents les uns des autres, les 17 autres semblables dans leur exécution.

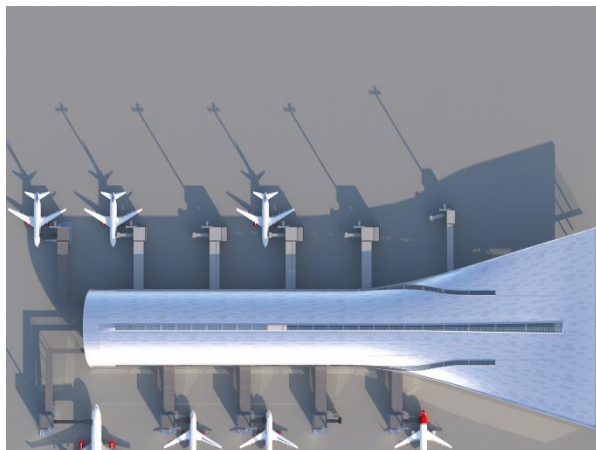


Illustration 8 : « Pir Nord »

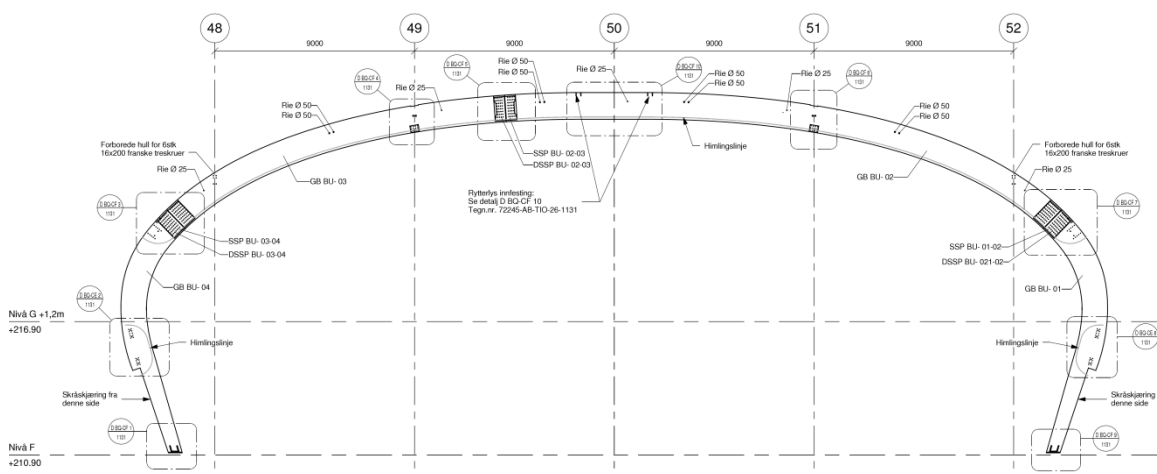


Illustration 9 : Axe Cs - BQ, au total,

par axe principal, sont ordonnés 17 supports doubles avec sections unitaires transversales de 28/120 jusqu'à 28/250 cm, espacés de 32 cm les uns des autres. Les éléments de construction isolés les plus longs sur l'axe BA au niveau de la transition vers le terminal principal sont d'une longueur de 47 m. Les supports sont en partie aboutés avec des tôles entaillées conventionnelles $t=12$ mm de façon à résister à la flexion. Pour l'absorption des déformations par gonflement et par rétraction, des perforations oblongues ont été réalisées dans les tôles en acier.

Les éléments en bois lamellé-collé d'une épaisseur de 28 cm ont été réalisés avec une construction en coupe transversale. Pour ce faire, des lamelles d'une largeur de 18⁶ cm et 9³ cm ont été ordonnées les unes à côtés des autres. Dans la lamelle voisine, l'agencement des lamelles a été réalisé dans l'ordre inverse. Une lamelle en baguette (« superlamelle ») a été utilisée pour la lamelle de traction extérieure et apparente. Cette dernière a été préfabriquée lors d'une opération distincte ; pour le support le plus long, sa longueur est de 47 m !



Illustration 10 : Vue sur le champ d'aviation

5. Exigences

5.1. Classes de résistance

La plus grande partie des au total 2.000 m³ de bois lamellé-collé pour la section de travaux « SENTRALBYGNINGVEST » était annoncée pour une classe de résistance GL 32h selon la norme EN 14080:2005. Pour cela ont été nécessaires par ex. les classes de tri LS 22 selon la norme EN 14081.

Cependant, le problème ici est que, en cas de tri mécanique, la part de cette classe de résistance se situe en général en dessous de 50%. Ainsi, pour un besoin total d'env. 3.000 m³ de matière première, cela signifie qu'une énorme quantité de bois de sciage avec une classe de résistance moindre ne peut pas être utilisée selon les exigences du mandat. Mais ce problème a pu être réduit en prenant plusieurs mesures :

- En coopération avec le bureau d'ingénieurs SWECO, nous avons pu identifier les zones porteuses pour lesquelles une classe de résistance moindre pouvait éventuellement suffire.
- La matière première a été achetée d'après sa classe de résistance auprès d'une scierie suédoise. Dans ce cas, le taux de rendement de la classe LS 22 était d'env. 60%. Les 40% de la classe inférieure LS 15 ont été achetés à un bon ami, grand producteur en marchandise parallèle. Comme, pour la marchandise parallèle, la classe de résistance GL 24 est la norme, la classe LS 15 a pu être utilisée sans limitation et surtout, de par ses grandes capacités, rapidement.
- La répartition des largeurs des éléments de construction a été choisie de telle sorte qu'une partie des lamelles de moindre qualité ait pu être utilisée pour les diagonales dans la classe de résistance GL 24.

5.2. Précision d'ajustage

Les exigences en ce qui concerne la précision d'ajustage étaient exceptionnellement élevées et, de par la largeur imposante des membrures supérieure et inférieure du treillis de respectivement 89 et 73 cm, ainsi que les multiples conditions des entailures, des plus complexes à réaliser. C'est pourquoi, au préalable et en coopération avec le commettant et le bureau d'ingénieurs SWECO, nous avons choisi les solutions suivantes :

- Tous les façonnages devaient être réalisés par machines CNC.
- Afin de rendre cela possible et pour que cela ne mène pas à des limitations massives lors du détail des nœuds d'assemblage, les entailures ont été ordonnées au niveau de la rainure des collages en bloc.

- L'usinage CNC a d'abord été réalisé sur les pièces brutes avant le collage en bloc. Cela garantissait un faible décentrage des perforations isolées ainsi qu'un usinage des entailles par fraisage des surfaces.
- La fabrication et l'usinage des tôles entailées ont été demandés afin de laisser la responsabilité de la précision d'ajustage en une seule main. Tous les éléments en acier ont été fabriqués par l'entreprise BRÜNINGHOFFPROJEKTBAU qui peut grâce aux grandes installations CNC requises usiner les éléments en acier avec une grande précision.
- Les dessins d'exécution ont été établis par SWECO avec un CAD 3D qui a permis une reprise directe et complète des contours complexes dans le logiciel CAM.

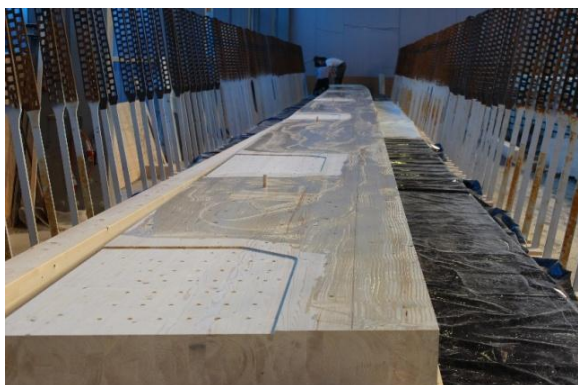


Illustration 11 : Fraisage des tôles entailées dans la rainure de collage

5.3. Collage en bloc



Illustration 12 : Collage en bloc des sections unitaires transversales

La plus grande partie des éléments a dû être collée en bloc, formant ainsi de grands éléments de construction. Afin de pouvoir réaliser cela dans les temps impartis tout en atteignant un haut niveau de qualité, une presse à blocs a été réalisée tout spécialement pour ce projet.



Illustration 13 : Pièce brute avant fraisage des contours



Illustration 14 : Après usinage

5.4. Besoin en matière de capacité Usinage CNC



Illustration 15 : CNC avec fonctionnement à deux broches et dimensions d'usinage 6,00 x 78,00 m



Illustration 16 : Poutre en treillis assemblée

Lors des premiers calculs, il résultait un besoin en matière de capacité d'env. 2.500 heures de pur usinage CNC. Non seulement l'usinage des contours en forme d'aile de la membrure inférieure du treillis a été difficile, mais aussi l'usinage individuel avec les perforations et le fraisage des surfaces. L'assemblage des diagonales et des plus petites poutres en treillis a aussi été très exigeant et long à mettre en œuvre.

Au total, ce sont env. 230 m³ de bois lamellé-collé qui ont été découpés complètement pour le fraisage des contours.

Cette exigence n'a pu être réalisée que parce que au total six installations d'usinage CNC sont installées dans le groupe de sociétés, parmi elles trois grandes installations d'assemblage.

5.5. Transport



Illustration 17 : Transport par bac

Les éléments de près de 5,00 m de large et 47,00 m de long ont beaucoup exigés des moyens logistiques.

En dépit des mauvaises conditions climatiques et de l'obligation du port des chaînes à neige en Norvège, toutes les livraisons ont eu lieu à la date exacte prévue.

5.6. Mentalité norvégienne et concurrence

Le bois et les constructions en bois sont - selon un avis très répandu - une affaire scandinave.

C'est pourquoi il nous a fallu convaincre l'entrepreneur général, le bureau d'ingénieurs ainsi que le commettant qu'une entreprise allemande en était digne. Nous avons donc très vite invité tous les acteurs afin qu'ils se fassent une image de l'efficacité de l'entreprise. Lors de leur visite et aussi grâce à la maquette 1:1, les représentants de l'aéroport OSL ont vite été convaincus qu'un niveau de qualité très élevé pouvait être atteint grâce à l'assemblage CNC.

5.7. Exigences de qualité

Pour atteindre un niveau de qualité aussi élevé que possible, un ensemble de mesures a été au préalable convenu :

- Élaboration d'une analyse des risques avec déduction des contre-mesures correspondantes
- Élaboration de « Method-Statements » pour chaque étape du traitement.
- Réception par le commettant, le bureau d'ingénieurs et le représentant du maître d'ouvrage des premiers éléments d'une série au sein de l'usine.
- Contrôles d'usinage supplémentaires pour le processus de production global par un institut établi et certifié selon la norme EN 14080.
- Formulaire de réception détaillés pour la propre réception finale à l'usine avec documentation photographique, et pour l'acceptation de la marchandise sur le chantier par le commettant.
- Scellage des bois de bout de toutes les surfaces d'extrémité
- Emballage double des éléments de construction pour le stockage temporaire sur le chantier.
- Montage d'un système de suivi par l'Université Technique de Munich pour la documentation du climat et de l'évolution du taux d'humidité du bois sur toute la largeur de coupe transversale, à plusieurs points de mesure, ainsi que pour la gestion climatique lors de la mise en service du bâtiment.



Illustration 18 : Réception d'un axe complet prémonté à l'usine



Illustration 19 : Montage