



Informations actuelles sur les routes en béton et l'infrastructure routière | Édition avril 2020

update 57

Mise en place du béton sur la voie de circulation Foxtrot de l'aéroport de Zurich

À l'automne 2019, le revêtement en béton de la voie de circulation Foxtrot (TWY-F), située dans l'aire de trafic à l'ouest du dock 4, a été intégralement remplacé par un revêtement flambant neuf, lui aussi en béton. Une fois achevés, ces travaux de remise en état garantissent une exploitation affranchie de toute intervention pendant au moins 40 ans.

Mise en place du béton sur la voie de circulation Foxtrot de l'aéroport de Zurich

Rainer Frick, conducteur de travaux Revêtements en béton, KIBAG Génie civil Müllheim

L'aéroport de Zurich est situé à 13 km au nord de la ville de Zurich, sur le territoire de la commune de Kloten. La zone aéroportuaire complète s'étend sur cinq communes distinctes.

Plaque tournante pour plusieurs compagnies aériennes, l'aéroport est le site d'attache de Swiss, Edelweiss Air et Helvetic Airways. Il abrite également le siège de la Garde aérienne suisse de sauvetage (Rega).

Le sol de fondation de l'ensemble du site aéroportuaire n'offre pas de conditions statiques optimales. En effet, avant la construction de l'aéroport en 1946, le territoire situé entre Kloten, Oberglatt et Rümlang était une zone marécageuse et servait de terrain de tir d'artillerie. Le sol est ainsi composé de matériaux meubles et argileux, peu adaptés à la construction. Il présente également un niveau d'eau élevé dont il faut tenir compte lors de la planification de projets.

Les mesures nécessaires au bon déroulement des travaux sont en partie à l'avenant : coûteuses et compliquées.

Aéroport de Zurich

Inauguration	14 juin 1948
Pistes décollage / atterrissage	10/28 → 2500 m × 60 m 14/32 → 3300 m × 60 m 16/34 → 3700 m × 60 m
Superficie	880 ha
Surface en béton	1 800 000 m²
Surface en asphalte	700 000 m²
Passagers	31,1 millions (2018)
Fret aérien	493 222 t (2018)
Mouvements d'avions	278 458 (2018)

Situation de départ / description du projet

La voie de circulation Foxtrot est située à l'ouest du dock A entre les taxiways Inner et November. Après avoir constaté de nombreuses fissures, des cassures dans le béton et des tassements dans le périmètre du projet, la société Flughafen Zürich AG a, le 1^{er} mars 2019, déposé une demande d'approbation des plans auprès de l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) pour la remise en état de cette voie de circulation. La rénovation comprend le

remplacement intégral de la couche porteuse stabilisée au liant hydraulique (stabilisation au ciment) ainsi que du revêtement en béton.

« Opération chirurgicale au cœur de l'aéroport de Zurich »

Importance du chantier pour l'aéroport

La voie de circulation Foxtrot est empruntée 65 000 fois par an, essentiellement par des avions de code C d'une masse au décollage d'environ 70 tonnes (comme l'A320). Elle subit par ailleurs deux fois par jour la charge d'avions de code E d'un poids de 225 tonnes (comme le B777).

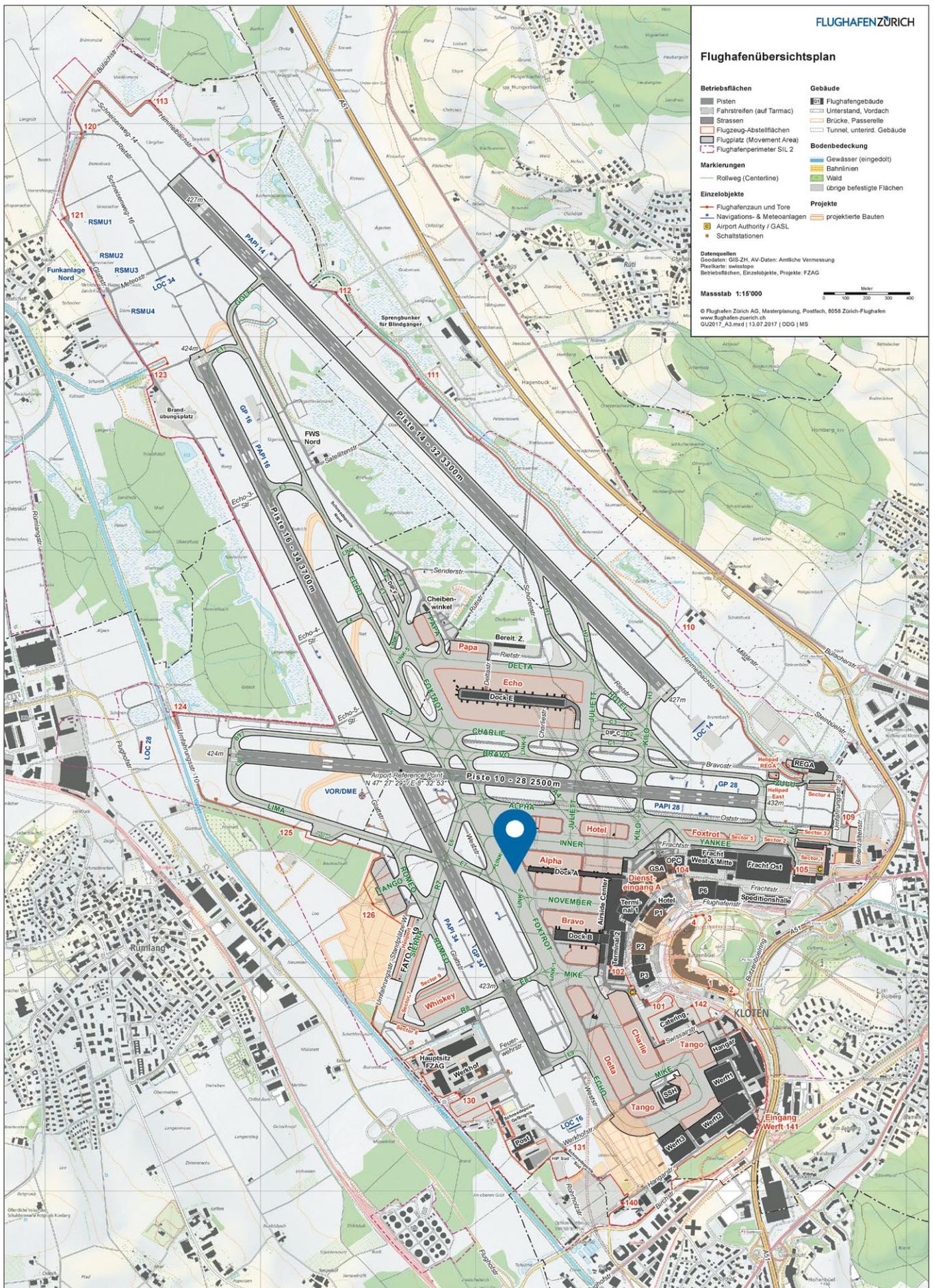
Durant les travaux, une seule voie de circulation est restée ouverte aux mouvements nord-sud, et ce pour les deux sens. La distance réduite entre le chantier et la piste a considérablement réduit les aires de stockage. On peut donc parler d'une « opération chirurgicale au cœur de l'aéroport de Zurich ».

Conditions-cadres pour la construction

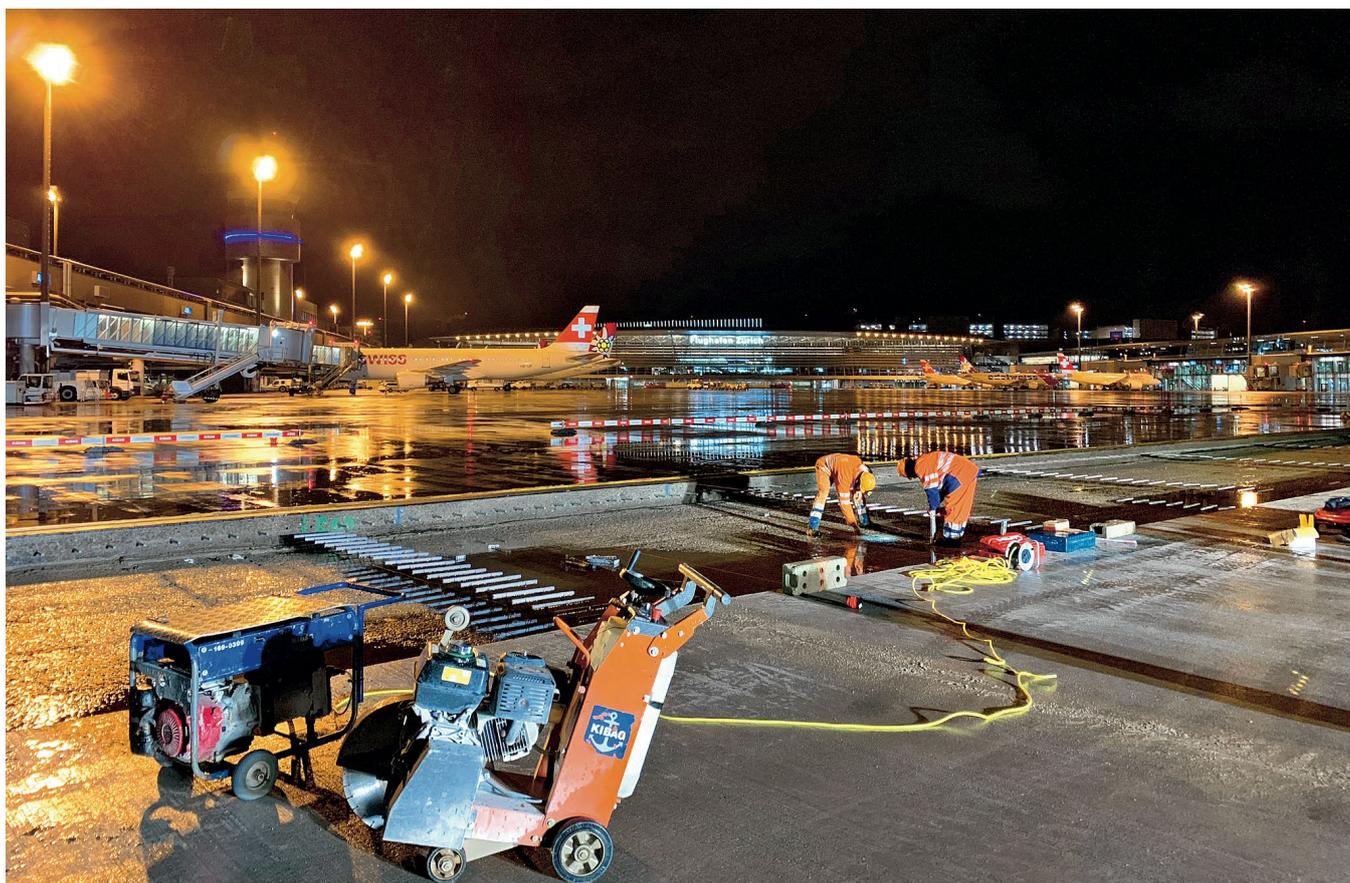
La voie de circulation Foxtrot (TWY-F) a été fermée au trafic aérien durant les travaux de construction. On a observé les distances de sécurité requises de 40 et 51 mètres à partir de l'axe longitudinal des voies concernées. Mais ces distances étant impossibles à respecter parallèlement au taxiway November (voir la limite de construction sur le plan de situation Trafic aérien en page 4), la remise en état des couches stabilisées par liant hydraulique et des dalles de béton a été effectuée pendant les pauses nocturnes du trafic aérien. Le reste des travaux en dehors des surfaces « de survol », autrement dit la zone survolée par les ailes de l'appareil, a pu être exécuté durant la journée. Située dans le dock A, l'antenne A des services de protection et de secours de la ville de Zurich a fait l'objet d'une attention particulière : le service est en effet assuré par deux personnes équipées d'un véhicule de lutte contre les incendies aéroportuaires de 40 tonnes. Or, elles sont tenues de respecter les délais d'intervention requis (trois minutes au maximum en cas d'incidents aériens).

Flughafenübersichtsplan

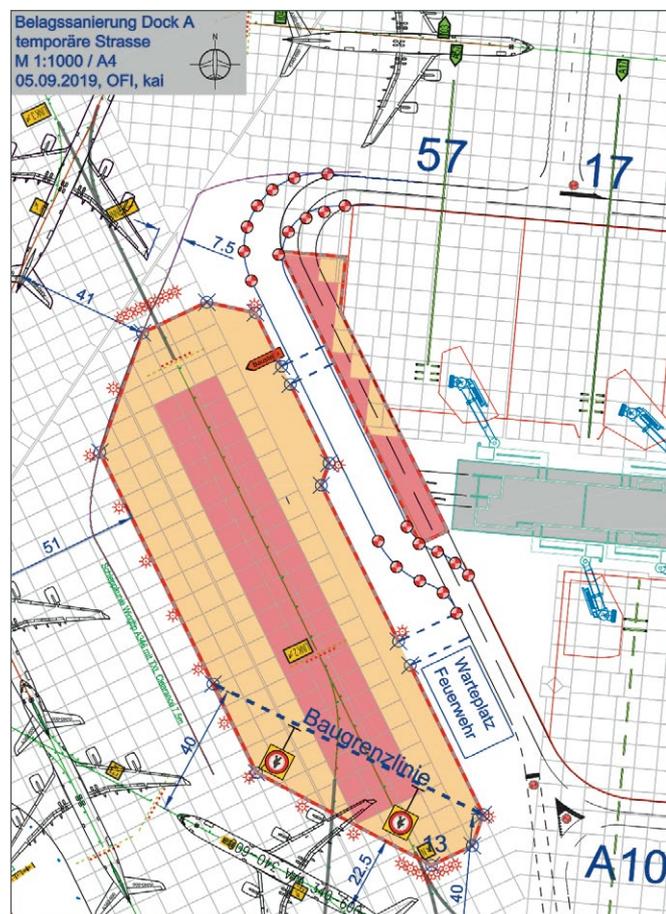
Betriebsflächen	Gebäude
<ul style="list-style-type: none"> ■ Pisten ■ Fahrstreifen (auf Tarmac) ■ Strassen ■ Flugzeug-Abstellflächen ■ Flugplatz (Movement Area) ■ Flughafenperimeter SIL 2 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Flughafengebäude ■ Unterstand, Vordach ■ Brücke, Passerelle ■ Tunnel, unterird. Gebäude
Markierungen	Bodenbedeckung
<ul style="list-style-type: none"> — Rollweg (Centerline) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Gewässer (eingedot.) ■ Bahnliesen ■ Wald ■ übrige befestigte Flächen
Einzelobjekte	Projekte
<ul style="list-style-type: none"> ■ Flughafenzaun und Tore ■ Navigations- & Meteoranlagen ■ Airport Authority / GASL ■ Schaltstationen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ projektierte Bauten
<p>Datenquellen GeoDaten GIS24, AV-Daten: Amtliche Vermessung Pixelkarte: swisstopo Betriebsflächen, Einzelobjekte, Projekte: FZAG</p>	
<p>Masstab 1:15'000</p> <p>© Flughafen Zürich AG, Masterplanung, Postfach, 8058 Zürich-Flughafen www.flughafen-zuerich.ch GUD017_A3-med 13.07.2017 ODG IMS</p>	



Plan d'ensemble de l'aéroport, emplacement du chantier, taxiway Foxtrot



Travaux préparatoires de la bande de remplissage 1



Des horaires de chantier strictement règlementés

Le créneau horaire consacré aux travaux nocturnes s'étend d'ordinaire de 23 h 30 environ (fin du trafic aérien) à 5 h (reprise du trafic), généralement la nuit du dimanche au lundi et celle du jeudi au vendredi. La nuit du vendredi au samedi est réservée aux travaux de maintenance de la société suisse de contrôle aérien Skyguide.

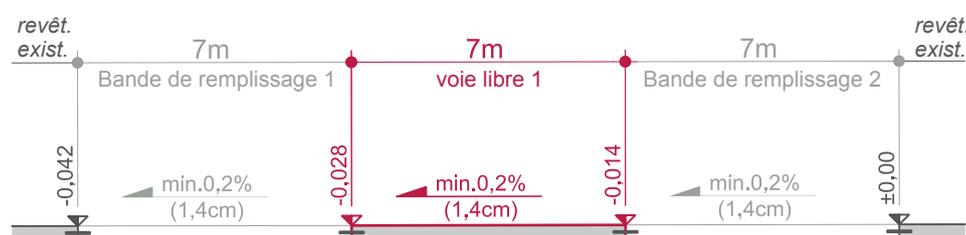
Le matériel qui contrevient aux dispositions relatives à la liberté de manœuvre doit être retiré de la zone de survol au plus tard 30 minutes avant la reprise du trafic aérien (à 5 h).

Plan de situation Trafic aérien avec déviation du taxiway

Boucles de capteurs
Bande de remplissage 1



Coupe transversale de la bande libre et des bandes de remplissage avec les taux de pente



Défis techniques, logistiques et administratifs du projet

Boucles de capteurs

Nécessaires à la surveillance ultérieure des mouvements des avions au sol, des boucles de capteurs ont été coulées dans le béton au milieu du périmètre circonscrit pour le projet. L'emplacement et la hauteur de ces capteurs sont définis de manière très précise, conformément aux normes des aéroports. Une attention toute particulière a été portée à cette exigence afin de respecter le positionnement exact des tubes lors de la mise en place mécanique du béton et afin de ne pas les déplacer.

Pente minimale

La pente minimale a contraint l'entreprise à mettre en œuvre la bande libre avec une précision de l'ordre du millimètre.

Au niveau de la bande de remplissage adjacente d'une largeur de sept mètres et d'une pente transversale de 0,2 % par endroits, la différence de hauteur est de 1,4 cm au maximum (c'est-à-dire de 2 millimètres par mètre).

Production et acheminement du béton

Afin de garantir la meilleure qualité qui soit, il était très important que le béton ait une consistance stable, mais

aussi qu'il soit fourni sans interruption. Or, cette homogénéité ne peut être garantie que si les centrales à béton renoncent à faire appel à des co-entrepreneurs et que le délai d'acheminement du béton frais reste constant. Par ailleurs, la région de Zurich affiche un risque d'embouteillages élevé dès 6 heures du matin. En raison de ces conditions de trafic et des manœuvres aériennes sur la voie, la mise en œuvre n'a pu être réalisée de manière efficace que de nuit.

Trois centrales à béton installées sur différents sites ont ainsi fourni de nuit le matériau destiné à la mise en place. Du fait des différentes durées de trajet jusqu'au chantier, la coordination et le respect des temps de conduite ont demandé la plus grande précision. Il a fallu également tenir compte d'une certaine perte de temps en raison des contrôles de sécurité de l'aéroport imposés aux livraisons de béton.

Production du béton et acheminement

Moyen de transport	Semi-remorques d'un poids total de 40t
Nombre de véhicules	10 semi-remorques
Quantité chargement par semi-rem.	10 m ³
Nb de chargements	32 bandes libres (30.08.2019) 70 bandes de remplissage (09.09.2019)
Temps charg. à la centrale	10 minutes
Nb centrales à béton	3 installations

Une planification réglée sur le trafic aérien

La partie sud du périmètre concerné par le projet était située dans le « secteur de survo », une raison de plus en faveur d'une mise en place nocturne du béton. Le défi était de taille : il a fallu planifier le démarrage et la vitesse de pose de manière à n'effectuer la mise en place mécanique du béton sur ce secteur qu'après 23 h 30, à la fin du trafic aérien, et à achever la première bande de remplissage, la permutation et la mise en œuvre de la deuxième bande au-delà du périmètre de survol avant 5 h du matin.

Déroulement des travaux

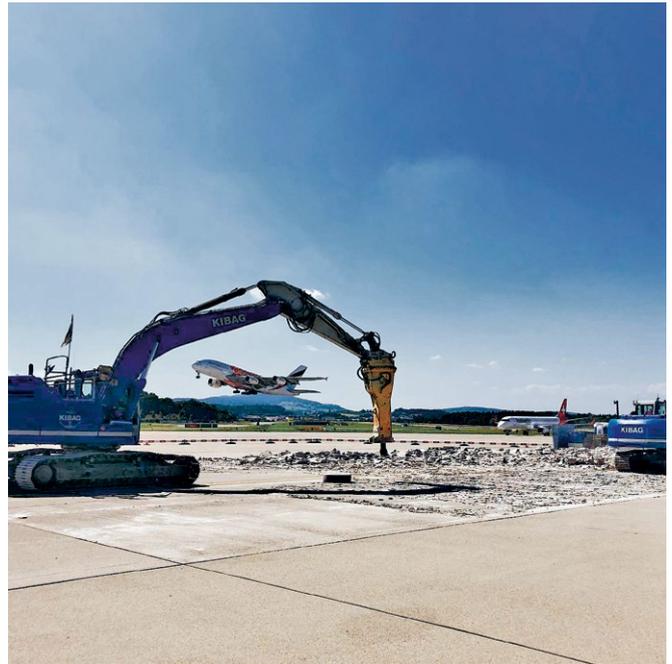
1	Installation
2	Incisions dans le béton
3	Démolition du revêtement de béton en place
4	Examen de l'état de la couche de fondation existante
5	Démolition de la stabilisation au ciment en place
6	Durcissement de la stabilisation au ciment
7	Pose du balisage des lignes de roulage
8	Fraisage de la couche de fondation bâtie
9	Mise en place du béton
10	Installation des joints de retrait
11	Carottages pour le balisage des lignes de roulage
12	Nettoyage de la surface au complet, marquages inclus

Nuits prévues pour la mise en place

Bande libre : 30 août 2019 de 2 h 30 à 8 h 30

Zone de mise en place manuelle 1 + 2 : 4 septembre 2019

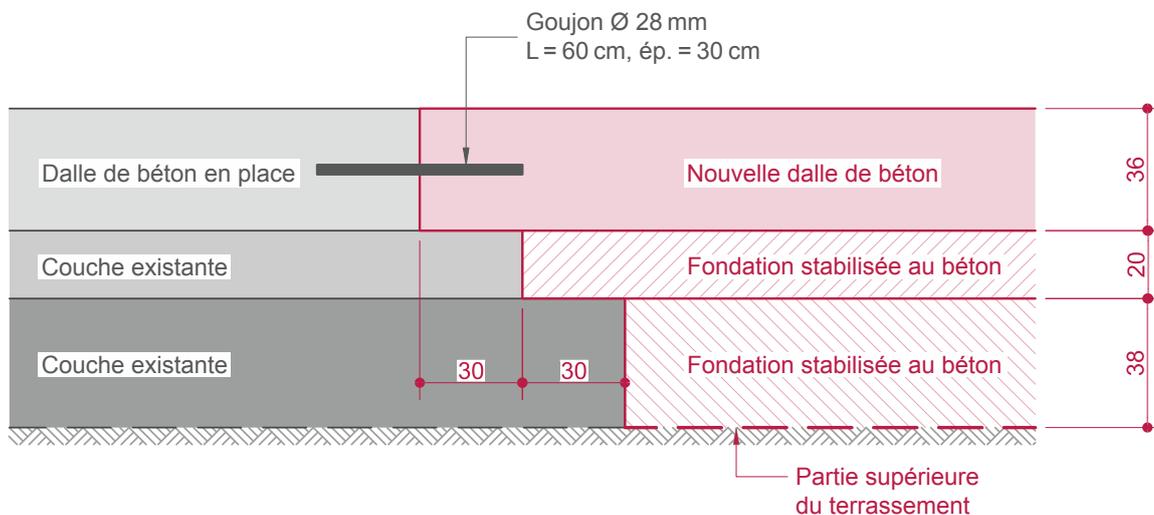
Bande de remplissage 1 + 2 : 9 au 10 septembre 2019 de 21 h 30 à 5 h



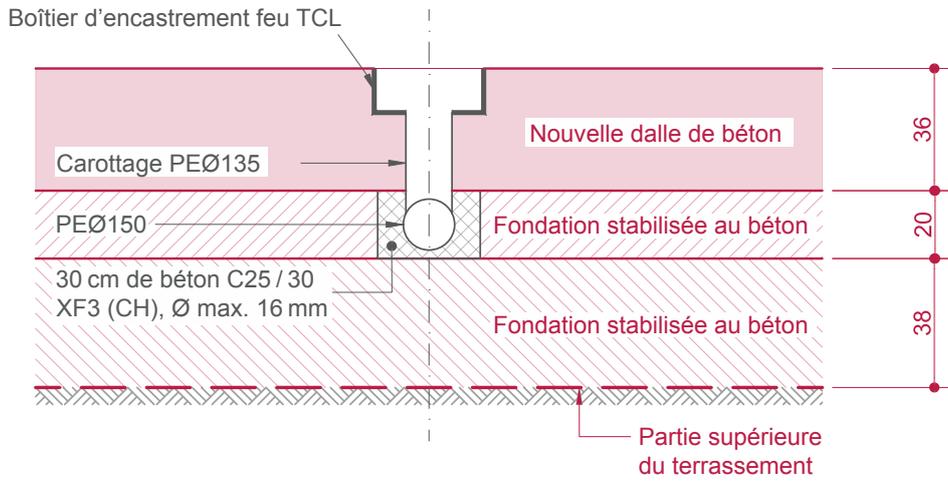
Démolition des dalles de béton en place

« Le trafic aérien a déterminé la planification du projet »

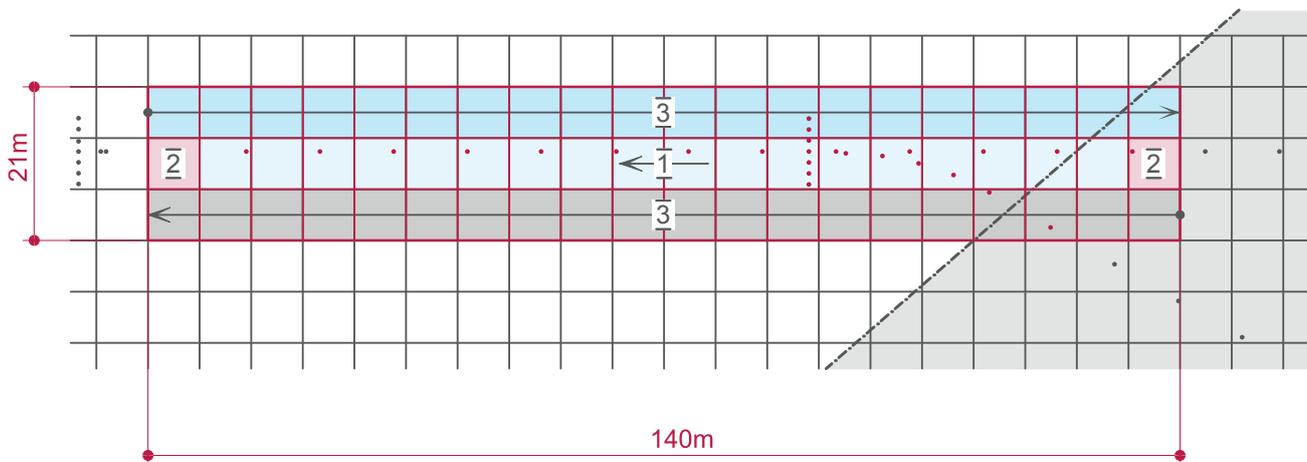
Démolition des dalles de béton en place



Détail du balisage de la voie de circulation



Principe de mise en place



- 1 Bande libre 1, 317,5 m³
- 2 Zones de mise en place manuelle 1+2, 35,5 m³
- 3 Bande de remplissage 1, 353,0 m³
- 3 Bande de remplissage 2, 353,0 m³
- Zone de survol
- Feu de balisage du taxiway



Mise en place de la bande libre

Un béton aux exigences particulières

Afin de répondre aux exigences aéroportuaires élevées, aux conditions spécifiques de l'ouvrage (pente minimale) ainsi qu'aux exigences de l'équipe chargée de la mise en place, l'entreprise KIBAG Baustoffe AG a mis au point des formulations spéciales.

Définie grâce à des essais préliminaires, la classe de consistance du béton devait être comprise entre C0 et C1. Seule cette consistance permet de garantir que le béton ne s'affaisse pas d'un millimètre sur le bord de la bande libre en dépit d'une épaisseur de 36 cm.



Propriétés du béton

Propriétés du béton selon la norme SN EN 206 (incluant l'ensemble des additifs et des granulats nécessaires sur le site de mise en place)

Béton C35/45

XF4, XC4, XD3 (CH)

D_max. 32 mm

Cl 0,2

Exigences supplémentaires requises pour le béton

Résistance à la traction par flexion après 28 jours: – valeur individuelle > 6 N/mm² – valeur moyenne > 6,8 N/mm²

Classe de consistance: – C1, mise en place mécanique – C2, (valeur cible 1,15–1,25), mise en place manuelle

Résistance au gel et aux sels de déverglaçage: élevée

Solidité de tous les types de béton face aux agents de dégivrage suivants:

Produits de dégivrage AVIFORM L50 et AVIFORM S-Solid

Produit de dégivrage Nordway®-KF

Produit de dégivrage pour aéronefs Kilfrost ABC-S Plus, type IV et Kilfrost DF Plus, type I



Tranchée destinée à la pose du balisage des lignes de roulage

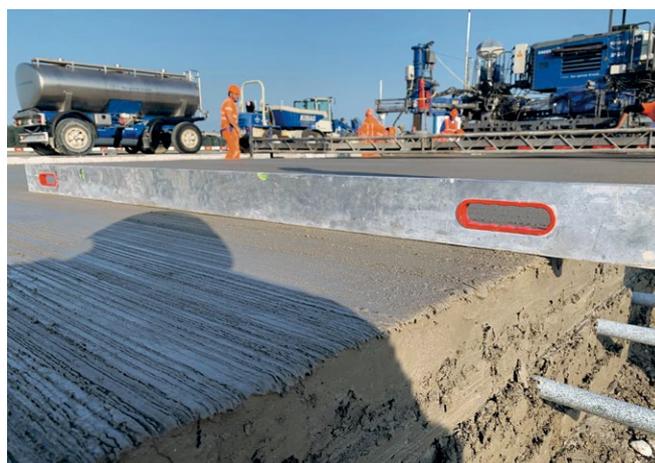


Cure de la bande libre mise en place (pose d'un produit de cure, puis recouvrement au moyen de non-tissés)

Une grande précision à la mise en œuvre

La pente minimale supposait une précision extrême, notamment à la mise en œuvre de la bande libre. Cette mise en place était cruciale pour la réussite ou l'échec du projet.

Si le bord supérieur en béton est trop haut ou le bord inférieur est trop bas, l'eau ne peut plus s'écouler et stagne, formant de grandes étendues. Si l'on considère que pour une pente transversale de 0,2%, la différence de hauteur par bande n'est que de 1,4 cm, il était évident qu'aucune marge de manœuvre n'était possible. Pour satisfaire à ces exigences élevées, le béton a été mis en place au moyen d'un finisseur à coffrage glissant doté d'un système de commande 3D. L'équipe de géomètres a effectué un contrôle continu de la hauteur effectivement mise en place afin de pouvoir intervenir immédiatement en cas d'écart.



Contrôle de la planéité et de la stabilité du béton

Données techniques

Défonçage du béton	1750 m ³
Démolition de la couche de fondation stabilisée au ciment	2750 m ³
Mise en place nouvelle couche de fond. stabilisée au ciment	1740 m ³
Mise en place du revêtement en béton	1080 m ³

Partenaires du projet de construction

Maitre d'ouvrage

Flughafen Zürich AG

Support construction

KIBAG Bauleistungen AG, Zurich

Béton

KIBAG Baustoffe AG, Zurich

Entreprise de construction, mise en place du béton

KIBAG Bauleistungen AG, Müllheim-Wigoltingen

Laboratoire matériaux de construction

KIBAG Management AG, Tuggen

Ingénierie

F. Preisig AG, Zurich



Marquage des surfaces en béton à la fin des travaux

Groupement d'intérêts des routes en béton

cemsuisse

Association suisse de l'industrie
du ciment
Marktgasse 53
3011 Berne
Téléphone 031 327 97 97
info@cemsuisse.ch
www.cemsuisse.ch

Ebicon AG

Breitloostrasse 7
8154 Oberglatt
Téléphone 043 411 28 20
info@ebicon.ch
www.ebicon.ch

Grisoni-Zaugg SA

ZI Planchy
Case postale 2162
1630 Bulle 2
Téléphone 026 913 12 55
info@grisoni-zaugg.ch
www.groupe-grisoni.ch

Holcim (Schweiz) AG

Hagenholzstrasse 83
8050 Zurich
Téléphone 058 850 68 68
betonstrassen@holcim.com
www.holcim.ch

Holcim (Suisse) SA

1312 Eclépens
Téléphone 058 850 92 14
chasseebeton@holcim.com
www.holcim.ch

Implenia Suisse SA

Binzmühlestrasse 11, 8050 Zurich
Téléphone 058 474 75 00
daniel.hardegger@implenia.com
www.implenia.com

Jura-Cement-Fabriken AG

Talstrasse 13
5103 Wildegg
Téléphone 062 887 76 66
info@juracement.ch
www.juracement.ch

Juracime SA

Fabrique de ciment
2087 Cornaux
Téléphone 032 758 02 02
info@juracime.ch
www.juracement.ch

KIBAG Bauleistungen AG

Construction de routes et travaux publics
Müllheimerstrasse 4
8554 Müllheim-Wigoltingen
Téléphone 052 762 61 11
p.althaus@kibag.ch
www.kibag.ch

Müller Engineering GmbH

Conseil et expertise pour les
surfaces de circulation en béton
Kirchstrasse 25
8564 Wäldi TG
Téléphone 079 247 82 49
gm@muller-engineering.ch
www.müller-engineering.ch

Sika Suisse SA

Tüffenwies 16, 8048 Zurich
Téléphone 058 436 40 40
hirschi.thomas@ch.sika.com
www.sika.ch

Specogna Bau AG

Steinackerstrasse 55, 8302 Kloten
Téléphone 044 800 10 60
info@specogna-bau.ch
www.specogna-bau.ch

Synaxis AG Zürich

Thurgauerstrasse 56, 8050 Zurich
Téléphone 044 316 67 86
c.bianchi@synaxis.ch
www.synaxis.ch

Toggenburger AG

Schlossackerstrasse 20
Case postale 3019, 8404 Winterthur
Téléphone 052 244 13 03
info@toggenburger.ch
www.toggenburger.ch

Ciments Vigier SA

Zone industrielle Rondchâtel, 2603 Péry
Téléphone 032 485 03 00
info@vigier-ciment.ch
www.vigier-ciment.ch

Walo Bertschinger SA

Case postale 1155, 8021 Zurich
Téléphone 044 745 23 11
kurt.glanzmann@walo.ch
www.walo.ch

Commercialisation :

BETONSUISSE

BETONSUISSE Marketing AG
Marktgasse 53, CH-3011 Berne
Téléphone +41 (0)31 327 97 87, fax +41 (0)31 327 97 70
info@betonsuisse.ch, www.betonsuisse.ch



InformationsZentrum Beton GmbH
Steinhof 39, D-40699 Erkrath
Téléphone +49 (0)211 28048-1, fax +49 (0)211 28048-320
erkrath@beton.org, www.beton.org



Verein Betonmarketing Österreich
Demandes concernant le domaine des routes en béton à
Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H.
Franz-Grill-Straße 9, O 214, A-1030 Wien
Téléphone +43 (0) 1 714 66 85-0
zement@zement-beton.co.at, www.zement.at