



Un mode de construction durable et plein d'avenir

update 3/12

Réfection des pistes de l'aéroport de Zurich

Dès le décollage, les passagers ayant pris l'avion à Zurich peuvent admirer un panorama alpin imposant. Mais ils peuvent aussi être impressionnés par les travaux de réfection qui sont en cours et ont quelque chose d'unique. L'essentiel de cette activité se déroule la nuit, car le trafic aérien ne peut en aucune manière être interrompu. On utilise pour les pistes un béton à montée en résistance rapide, ce qui permet leur remise en service dès le lendemain à l'aube.

Réfection des pistes de l'aéroport de Zurich

Dès le décollage, les passagers ayant pris l'avion à Zurich peuvent admirer un panorama alpin imposant. Mais ils peuvent aussi être impressionnés par les travaux de réfection qui sont en cours et ont quelque chose d'unique. L'essentiel de cette activité se déroule la nuit, car le trafic aérien ne peut en aucune manière être interrompu. On utilise pour les pistes un béton à montée en résistance rapide, ce qui permet leur remise en service dès le lendemain à l'aube.

L'aéroport de Zurich: histoire de sa construction

Le trafic aérien ne cesse d'augmenter et les aéronefs ont de plus en plus besoin d'aires de stationnement. Aussi est-il de plus en plus difficile de maintenir temporairement hors exploitation les zones où des réfections sont nécessaires. Lorsque de tels travaux impliquent la mise en place d'une nouvelle superstructure, il faut par conséquent recourir à un béton à hautes performances, à faible déformabilité et assurant une durée d'utilisation de la piste, ainsi refaite, d'au moins 30 ans – moyennant un coût de construction acceptable.

L'exigence de la faible déformabilité (l'aéroport de Zurich se trouve dans un site marécageux) et la nécessité de limiter les frais d'entretien avaient déjà conduit - dès la première étape d'extension,

dans les années 1946–1949 - au choix suivant: une superstructure épaisse de 80 cm, constituée d'une dalle en béton de 30 cm posée sur une couche de fondation en gravier lavé. Certaines de ces surfaces sont encore en service aujourd'hui.

L'extension intervenue dans les années septante a tenu compte de l'augmentation considérable du poids des aéronefs et des charges de roue (p ex. B747, Jumbo) : tout en gardant la même épaisseur pour la superstructure et la couche de roulement, la couche de fondation (jusqu'ici en gravier) a été remplacée par du matériau stabilisé au ciment. La superstructure a ainsi été entièrement liée au ciment. La couche de roulement continuait toutefois de n'être pas armée; bien que les charges n'aient cessé de croître au delà de ce qu'on avait prévu, cette solution a fait ses preuves durant plus de 35 ans.



Grâce à la bonne portance de l'infrastructure (notamment : valeur $M_E^1 > 15 \text{ MN/m}^2$, à l'époque améliorée localement par stabilisation ou remplacement du matériau) et la stabilisation de la couche de fondation, les réfections des anciennes surfaces d'exploitation sont aujourd'hui beaucoup plus faciles à réaliser : au lieu de devoir remplacer intégralement la superstructure pour assainir les pistes et voies de roulement, on peut se contenter de renouveler la couche de roulement.

Dans les années nonante, de nouveaux progrès ont été faits en matière de superstructure: l'amélioration de la liaison entre les couches de cette dernière et l'augmentation de la résistance à la traction par flexion de la couche de roulement – sans augmentation des coûts – ont encore une fois accru la portance de la superstructure. De plus, par le recours à des matériaux recyclés, on a ménagé les ressources en granulats naturels. Enfin, pour répondre à l'augmentation des charges de roue et de train d'atterrissage (p ex. A380 et B777), on a fait passer de 30 à 35 cm l'épaisseur de la couche de roulement. Quant à la dimension des dalles, elle a été réduite à 6×6 m, ce qui a permis d'amoindrir les influences thermiques et hygrométriques défavorables qui s'exercent sur ces éléments et d'améliorer la répartition des charges entre les dalles.

Cette conception, qui s'est révélée judicieuse, a aussi trouvé application dans la cinquième étape d'extension, des années 1999–2002. Compte tenu des conditions d'utilisation déterminantes à l'époque – poids des aéronefs 650 tonnes (A380) – et du nombre élevé de passages de ceux-ci, la couche de fondation stabilisée a été augmentée de 15 cm, c'est-à-dire portée à 65 cm.

Etant donné les bonnes expériences faites avec ce type de superstructure, ce dernier est systématiquement adopté pour toute remise en état et pour tout nouveau projet. Suivant l'utilisation prévue pour l'ouvrage en cause et la qualité de l'infrastructure in casu, on adapte toutefois l'épaisseur de la couche de fondation. Par souci d'une bonne qualité d'exécution, on détermine



Démolition du béton usagé



Fraisage de la couche de fondation stabilisée au ciment

¹ Valeur M_E : pour déterminer le tassement d'un sol sous l'effet d'une charge, on peut établir son module de compressibilité, c'est-à-dire sa valeur M_E , au moyen de l'essai de plaque selon la norme suisse SN 670317a.



Mise en place mécanique du béton au moyen d'une finisseuse à coffrage glissant

autant que possible des segments à assainir ou à construire d'une forme rendant possible la mise en œuvre d'une finisseuse à coffrage glissant. Compte tenu des exigences élevées posées au béton du revêtement (résistance à la traction par flexion, durabilité, résistances au jeune âge, etc.), les influences climatiques, la pression des délais et les conditions qu'impose le trafic aérien, ces travaux doivent être confiés à des concepteurs, chefs de chantier et entrepreneurs expérimentés. Suivant la nature du projet et les exigences propres au trafic aérien, le béton de la couche de roulement doit être à durcissement rapide (c'est-à-dire à résistances très élevées au jeune âge), afin que la voie remise en état – généralement de nuit – puisse être rouverte à la circulation dès l'aube. Mais il faut admettre que la durée d'utilisation d'un tel revêtement n'est pas aussi longue que celle d'une dalle en béton normal.

Remise en état des voies de roulement et aires de stationnement

Depuis 2002, on procède chaque année à la réparation de 15 000 m² de surfaces servant à l'exploitation de l'aéroport. Elles sont choisies de la manière la plus cohérente possible. Selon le plan

directeur de l'aéroport de Zurich, on cherche en premier lieu à déterminer les surfaces les plus endommagées : dalles fendues, revêtements dégradés par l'usure ou arêtes brisées, ce qui conduit au remplacement intégral de certaines dalles. Ces travaux démarrent chaque année au printemps (mars/avril). Les aires de stationnement et voies de roulement à remettre en état sont momentanément fermées au trafic d'exploitation. Les aéronefs contournent ces surfaces en réfection, d'environ 300×50 m, afin que les travaux puissent y être effectués de la manière la plus efficace possible, chaque fois en une étape. La démolition du béton usagé se fait à la pelle hydraulique équipée d'un marteau piqueur. Le matériau ainsi dégagé est sommairement trié sur place, puis utilisé dans la région de l'aéroport comme constituant de bétons de recyclage ou comme couches de fondation stabilisées au ciment.

Ce qui reste en place (le plus souvent une couche de fondation stabilisée au ciment ou une couche de support constituée de gravier liée au ciment) fait l'objet d'un examen par mesure de la réflexion et, si les exigences fixées ne sont pas atteintes, est remplacé localement. Pour obtenir la même superstructure comme lors de la cinquième étape d'extension (1999–2002), on rend rugueuse par fraisage la surface de la couche de fondation, puis l'on pose une couche d'au moins 35 cm de béton à

la machine. Ces dalles ne sont pas armées; elles sont goujonnées, de manière que la transmission des forces soit assurée. Pour faciliter la démolition des surfaces adjacentes lors d'une étape de réfection ultérieure, les joints entre celles-ci et les nouvelles dalles sont garnis provisoirement d'une mousse rigide (AIREX) de 10 mm d'épaisseur. Ces joints séparent les deux systèmes, qui se caractérisent par l'absence ou la présence de liaison entre la couche de fondation et la dalle de béton. Pour la mise en place du béton, en une seule couche, on recourt à une finisseuse à coffrage glissant d'une largeur utile de six mètres. La cadence journalière se situe entre 1 500 et 2 000 m². Les performances minimales exigées de ce béton, par ailleurs résistant aux agents de déverglaçage, sont les suivantes:

- Résistance à la compression sur cubes, après 28 jours: 45 N/mm²
- Résistance à la traction par flexion, après 28 jours: 6,0 N/mm²

La cure est effectuée en deux phases. On applique d'abord un produit de cure liquide (curing compound), afin de prévenir la formation de fissures de retrait plastique. Après quelque six heures, on couvre ensuite toute la surface de nattes thermiques, que l'on laisse en place durant sept jours. L'exécution des joints intervient après trois



Mise en place mécanique du béton au moyen d'une finisseuse à coffrage glissant

semaines environ. Une étape de réfection dure quelque trois mois. Pour l'aéroport de Zurich, c'est la durée optimale, après laquelle le trafic aérien intense lié aux départs en vacances peut commencer.

Réfection des pistes de décollage et d'atterrissage

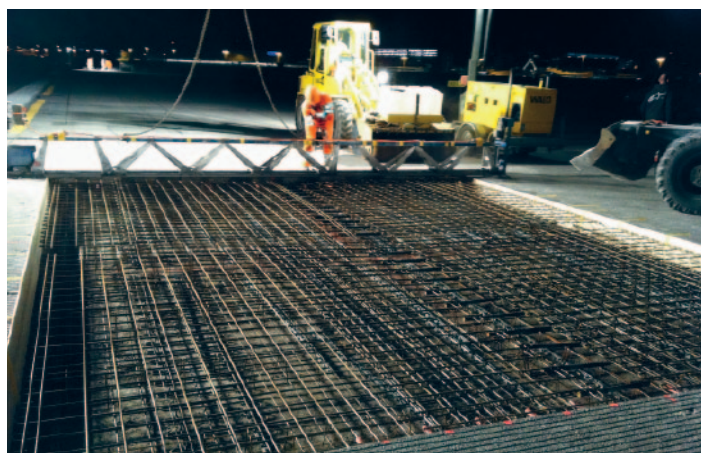
L'aéroport de Zurich est doté de trois pistes de décollage et d'atterrissage formant un triangle. Vu les différents scénarios d'approche à envisager, toutes les trois doivent être constamment disponibles. Voilà pourquoi les travaux de réfection touchant ces pistes ne peuvent être exécutés que de nuit. Depuis plus de 20 ans, des surfaces relativement modestes ont été renouvelées au moyen d'un béton à durcissement rapide. Il y a quelque 10 ans, on s'est mis à remplacer des dalles entières. Aujourd'hui on va jusqu'à remplacer six dalles ($6 \times 6 \times 0,37$ m) par nuit. Ainsi, durant les mois d'été, ce sont quelque 1 200 m³ de béton à montée en résistance rapide qui sont mis en place, ce qui correspond à un maximum de 100 dalles par an. Ledit béton doit bénéficier d'une température d'au moins 21° Celsius pour atteindre une résistance à la compression de 20 N/mm² en 150 minutes. Après 24 heures, il présentera une résistance à la compression d'environ 55 N/mm² et une résistance à la traction par flexion de 5,5 N/mm². Ce remplacement des plaques est effectué dans la zone qui supporte les plus lourdes charges des aéronefs (milieu des pistes).

L'exécution

- Fermeture de la piste vers 23 h. 30
- Sciage préalable de la zone à refaire (nuit précédente)
- Démolition, au marteau piqueur, du béton à remplacer
- Nettoyage en surface de la couche de fondation
- Mise en place du treillis d'armature inférieur (8 kg/m²)
- Collage des goujons (d=32 mm, L=600 mm) dans la dalle voisine après y avoir percé les trous nécessaires



Démolition d'un segment de la piste durant la pause nocturne



Treillis d'armature posé dans l'attente du béton frais



Mise en place du béton à montée en résistance rapide (résistance à la compression après 2,5 heures : 20 N/mm²)

- Mise en place du treillis d'armature supérieur (8 kg/m²)
- Mise en place du béton
- Traitement de la surface au balai et application sur celle-ci d'un produit de cure (Curing)
- Pose d'une natte thermique durant 60 minutes
- Nettoyage de la surface et contrôle des résistances
- Remise en exploitation de la piste à 05 h. 30

Pour arriver à la cadence de 80 m³ de béton par nuit, il faut recourir à un gigantesque parc d'engins (valeur d'inventaire 2,5 mio CHF, soit 2,0 mio euros) et à 20 collaborateurs spécialisés dans la production et la mise en œuvre d'un béton à durcissement rapide.

Logistique du béton

Le béton est produit par une centrale à BPE proche de l'aéroport. Dès l'instant où l'eau est entrée dans le malaxeur, ce béton est encore susceptible d'être mis en œuvre durant 60 minutes. Voilà pourquoi l'ordre de commencer le malaxage doit être donné exactement au bon moment, en fonction de l'état d'avancement des travaux sur le chantier. C'est le chef de chantier qui en assume la responsabilité. Après un nouveau délai additionnel de 90 minutes, le béton doit présenter une résistance à la compression minimale de 20 N/mm². Si cette valeur n'est pas atteinte, on passe immédiatement au scénario d'urgence : extraction du jeune béton à performance insuffisante et remplacement de celui-ci par un revêtement bitumineux provisoire.

Avec ce système, on arrive à prolonger la vie des pistes d'atterrissage de Zurich d'environ 15 ans. L'expérience a montré que cette méthode a fort bien fait ses preuves.

Après quelque 50 années de service, une piste d'atterrissage a besoin d'être totalement refaite. Compte tenu des contraintes qu'il doit respecter (le trafic aérien bénéficie d'une priorité absolue), l'aéroport de Zurich s'est décidé, pour ce travail-là, en faveur de la variante noire. Voilà pourquoi la piste d'atterrissage nord-sud large de 23 m a été dotée d'un revêtement en asphalte. Cette solution



L'aéroport de Zurich du haute

permet, en effet, de poser par saison quelque 80 000 m², alors qu'avec le béton – même à montée en résistance rapide – on n'aurait atteint que 3 500 m² pour une même période.

Conclusion

Les procédures de réfection appliquées, maintenant depuis des années, à l'aéroport de Zurich ont fort bien fait leurs preuves. Elles sont parfaitement conciliables avec l'utilisation des surfaces existantes par le trafic aérien. La méthode de réfection, par étapes, des voies de roulement et aires de stationnement est maintenant ancrée dans un plan directeur et assure à cet aéroport la permanence de son exploitation avec des limitations minimales. Les surfaces pourront ainsi être maintenues en bon état d'utilisation durant les cinquante prochaines années. Avec le recours au béton à durcissement rapide, on est arrivé à retarder pour des années certains investissements lourds, ce qui permet au maître d'ouvrage de bénéficier d'une certaine liberté d'action dans la planification de ses investissements.

Groupement d'intérêts des routes en béton

cemsuisse

Association suisse de l'industrie
du ciment

Marktgasse 53, 3011 Berne

Téléphone 031 327 97 97

Fax 031 327 97 70

info@cemsuisse.ch

www.cemsuisse.ch

BEVBE

Beratung und Expertisen für

Verkehrsflächen in Beton

Herenholzweg 5, 8906 Bonstetten

Téléphone 044 700 14 02

Fax 044 700 14 03

werner@bevbe.ch

www.bevbe.ch

Grisoni-Zaugg SA

Rue de la Condémine 60

Case postale 2162, 1630 Bulle 2

Téléphone 026 913 12 55

Fax 026 912 74 54

info@grisoni-zaugg.ch

www.grisoni-zaugg.ch

Holcim (Schweiz) AG

Hagenholzstrasse 83, 8050 Zurich

Téléphone 058 850 62 15

Fax 058 850 62 16

betonstrassen@holcim.com

www.holcim.ch

Holcim (Suisse) SA

1312 Eclépens

Téléphone 058 850 91 11

Fax 058 850 92 95

chausseebeton@holcim.com

www.holcim.ch

Implenia Bau AG

Infra Ost Tiefbau

Binzmühlestrasse 11, 8008 Zurich

Téléphone 044 307 90 90

Fax 044 307 93 94

daniel.hardegger@implenia.com

www.implenia-bau.com

Jura-Cement-Fabriken AG

Talstrasse 13, 5103 Wildegg

Telefon 062 887 76 66

Fax 062 887 76 69

info@juracement.ch

www.juracement.ch

Juracime SA Fabrique de ciment

2087 Cornaux

Téléphone 032 758 02 02

Fax 032 758 02 82

info@juracime.ch

www.juracement.ch

Specogna Bau AG

Lindenstrasse 23, 8302 Kloten

Téléphone 044 800 10 60

Fax 044 800 10 80

spc@specogna.ch

www.specogna.ch

Synaxis AG Zürich

(autrefois Wolf, Kropf & Partner AG)

Thurgauerstrasse 56, 8050 Zurich

Téléphone 044 316 67 86

Fax 044 316 67 99

c.bianchi@synaxis.ch

www.synaxis.ch

Toggenburger AG

Schlossackerstrasse 20

8404 Winterthur

Téléphone 052 244 13 03

Fax 052 244 12 24

info@toggenburger.ch

www.toggenburger.ch

Ciments Vigier SA

Zone industrielle Rondchâtel

2603 Péry

Telefon: 032 485 03 00

Fax: 032 485 03 32

info@vigier-ciment.ch

www.vigier-ciment.ch

Walo Bertschinger AG

Case postale 7534, 8023 Zürich

Téléphone 044 745 23 11

Fax 044 745 23 65

kurt.glanzmann@walo.ch

www.walo.ch

BETONSUISSE

BETONSUISSE Marketing AG

Marktgasse 53, CH-3011 Bern

Téléphone +41 (0)31 327 97 87, Fax +41 (0)31 327 97 70

info@betonsuisse.ch, www.betonsuisse.ch

vdz.

VDZ, Verein Deutscher Zementwerke e.V.

Tannenstraße 2, D-40476 Düsseldorf

Telefon: +49 (0)211 45 78-1, Telefax: +49 (0)211 45 78-296

info@vdz-online.de, www.vdz-online.de

beton

Gruppe Betonmarketing Österreich

Anfragen für den Bereich Betonstraßen an Zement + Beton Handels-
und Werbeges.m.b.H., Reisnerstraße 53, A-1030 Wien

Téléphone +43 (0) 1 714 66 85-0, www.zement.at