

Zumtobel Research

Projet pilote LED Centre administratif Werd
Comparaison entre deux installations d'éclairage dans deux couloirs
identiques, l'une avec des lampes fluorescentes conventionnelles, l'autre
avec la technique LED et une gestion de l'éclairage optimisée

Rapport final de l'Institut de technique de l'énergie et du bâtiment,
office des bâtiments de la Ville de Zurich, Zumtobel Licht AG Zurich
27 10 2011

Zumtobel Research

Projet pilote LED Centre administratif Werd

Avant-propos		5
---------------------	--	---

Récapitulatif		6
----------------------	--	---

1 Données du problème		8
2 État de la science		
3 Hypothèses de recherche		

4 Méthodes de recherche	4.1 Méthode de mesure et installation	10
	4.2 Déroulement des mesures et résultats globaux	11

5 Discussion et perspectives		16
6 Littérature		

7 Partenaires		17
----------------------	--	----



Centre administratif Werd

L'Office des bâtiments de la Ville de Zurich a réalisé avec Eteam GmbH et Zumtobel Licht AG un projet pilote de mesure : durant une période de quatre mois, la solution lumière de deux couloirs similaires a été évaluée au Centre administratif Werd. Le premier couloir est resté inchangé. Les lampes fluorescentes conventionnelles avec détecteurs de présence s'éteignaient dès que, durant dix minutes, personne n'est passé par le couloir. Le second couloir a été équipé de luminaires à LED. En outre, le délai d'extinction des détecteurs de présence a été réduit en plusieurs étapes jusqu'à une minute. Avec les LED, les commutations et gradations fréquentes n'affectent pas le confort et ne provoquent pas d'usure. La consommation électrique mesurée de la solution LED avec surveillance optimisée de la présence était de 81 % inférieure à celle de luminaires comparables équipés de lampes fluorescentes.

Récapitulatif

Au Centre administratif Werd, l'éclairage de deux couloirs identiques a été analysé afin de déterminer le potentiel d'économie d'une solution LED avec régulation optimisée en fonction de la présence.

Couloir 1

avec des lampes fluorescentes et des détecteurs de présence avec un délai d'extinction de 10 minutes

Couloir 2

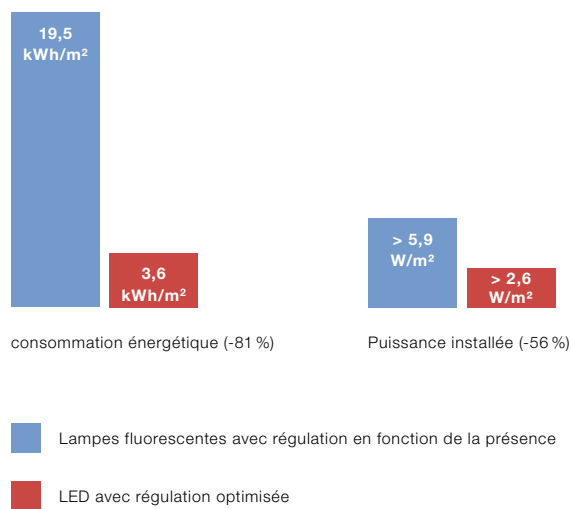
avec une ligne lumineuse à LED et des détecteurs de présence avec des délais d'extinction variables

Le deuxième volet de l'étude consistait à déterminer l'acceptation du système de la part des utilisateurs. Les deux couloirs présentaient les mêmes éclairagements et distributions lumineuses. La régulation et la surveillance de l'installation ont été effectuées avec le calculateur d'automatisation Litenet flexis N2 de Zumtobel. Alors que dans le couloir 1 (8^e étage), l'éclairage et la régulation n'ont pas changé durant les quatre mois que dura la période d'essai, dans le couloir 7 (étage supérieur), le délai d'extinction des détecteurs de présence a été réduit en plusieurs étapes. Grâce au procédé de démarrage immédiat des luminaires à LED - qui ne provoque pas d'usure - le raccourcissement du délai d'extinction ne pose pas de problème, contrairement aux lampes fluorescentes.

Avec un fonctionnement optimal (délai d'une minute sans lumière résiduelle à l'état d'extinction, période de mesure 3), l'éclairage à LED économise plus de 80 % d'énergie électrique par rapport aux lampes fluorescentes utilisées jusqu'alors. Premièrement, la puissance installée a été réduite de 5,9 W/m² à 2,6 W/m², deuxièmement la durée de fonctionnement journalière de 13,2 h/j de l'éclairage avec lampes fluorescentes est tombée à 5,7 h/j avec les LED. La réduction du délai d'extinction de 10 à 5 minutes (période de mesure 2) n'apporte pratiquement aucune économie d'énergie, aussi ce réglage n'est pas recommandé. Durant la période de mesure 4, un niveau de gradation de 15 % a été défini pour l'état absence pendant la journée afin d'améliorer l'acceptation de l'extinction abrupte. Les économies réalisées avec une diminution de la lumière résiduelle de 81 % à 77 % n'ont diminué que très légèrement, de sorte que dans ce cas une bonne acceptation s'accompagne d'une grande économie d'énergie.

Ce résultat montre de manière exemplaire que la technique LED, lorsqu'elle va de pair avec une bonne régulation de la lumière, présente un énorme potentiel d'économie d'énergie par rapport aux concepts d'éclairage de couloirs actuellement utilisés, pourtant également considérés comme efficaces en énergie.

Comparaison entre lampes fluorescentes et LED de l'éclairage de couloir



Actuellement, malgré une économie de courant élevée prouvée, la rentabilité de luminaires à LED avec régulation optimisée de l'éclairage n'est pas donnée dans tous les cas. Pour pouvoir atteindre un délai d'amortissement de 5 à 8 ans, le surcoût des LED ne devrait pas dépasser CHF 50.- à CHF 100.- par downlight ou par mètre linéaire de réglette lumineuse.

1 Données du problème

2 État de la science

Données du problème

Le VZ Werd est le premier centre administratif de la Ville de Zurich. L'ancien bâtiment bancaire a été rénové et est entré en service en décembre 2004. Il comporte 620 postes de travail des départements social et financier. Suite à la rénovation, la consommation énergétique du bâtiment a pu être réduite d'environ la moitié. Le VZ Werd porte le label Minergie. Dans les bâtiments Minergie optimisés en énergie, la consommation d'énergie de chauffage est en premier lieu réduite par l'amélioration de l'isolation calorifique et l'exploitation des rejets thermiques internes. Parallèlement, le pourcentage de consommation électrique peut augmenter dans le bilan énergétique si des mesures ne sont pas prises pour améliorer l'efficacité du système électrique. Dans des bâtiments comme le Centre administratif Werd, l'éclairage artificiel représente une part importante de la consommation électrique. Aussi la question était-elle de savoir si des solutions lumineuses optimisées, dans lesquelles des technologies déjà très efficaces sont mises en œuvre, pouvaient apporter un potentiel d'économie d'énergie appréciable.

État de la science

Ce sont moins les connaissances scientifiques que les expériences pratiques qui montrent que les couloirs des bâtiments administratifs recèlent un grand potentiel d'économie d'énergie. Il s'agit là uniquement de zones de passage ou de zones de brève communication informelle. Lorsque l'apport de lumière du jour n'est pas suffisant, la lumière artificielle reste allumée de nombreuses heures de la journée de travail ainsi qu'aux heures marginales. La surveillance de présence offre, en combinaison avec la technologie LED, de remarquables possibilités d'économie d'énergie : dans certains couloirs où la lumière du jour pénètre abondamment, la commande en fonction de la lumière du jour apporte un potentiel supplémentaire. Les fréquentes commutations ou la gradation ne compromettent nullement le confort de l'utilisateur ou la durée de vie de ces sources lumineuses innovantes. En complément, l'étude suivante donne un bon aperçu du bilan énergétique de la surveillance de la présence :

The performance of occupancy-based lighting control systems:

A review

X Guo, DK Tiller, GP Henze and CE Waters

Lighting Research and Technology 2010

<http://lrt.sagepub.com/content/42/4/415.full.pdf>

Hypothèses de recherche

La première hypothèse était que les innovants luminaires à LED Slot-light contribuent à économiser l'énergie dans les couloirs en fournissant la même qualité de lumière, même en comparaison avec les luminaires déjà très efficaces basés sur les lampes fluorescents.

La deuxième hypothèse était que la surveillance de la présence permet également des économies d'énergie dans l'immeuble Werd, mais que la variation des délais d'extinction n'est pas nécessairement liée à une économie d'énergie correspondante. Il s'agissait donc d'analyser quel mode de fonctionnement des luminaires et des commandes d'éclairage fournit le meilleur bilan énergétique.

4 Méthodes de recherche

4.1 Méthode de mesure et installation

La mesure pilote se présentait comme suit :

- La puissance électrique de deux couloirs identiques éclairés par des chemins lumineux a été relevée continuellement durant plusieurs mois par un enregistreur de données (intervalle d'enregistrement : 1 minute).
- Les éclairagements des deux couloirs étaient comparables.
- Dans les deux couloirs, l'éclairage était régulé par des détecteurs de présence.
- Le couloir du 8^e étage avait des chemins lumineux conventionnels équipés de lampes fluorescentes ; durant toute la période de mesure, cet éclairage a fonctionné comme auparavant, sans modification.
- Le couloir du 7^e étage était équipé de chemins lumineux à LED : la commande de l'éclairage a été modifiée plusieurs fois durant la période de mesure.

Description des luminaires

7 ^e étage	Chemin lumineux à LED SLOTLIGHT de Zumtobel, 1/57 W, 28 m, 23 watts Puissance maximale en fonctionnement pour 100 lx : 187 W ou 2,6 W/m ² sur la surface du couloir.
8 ^e étage	SLOTLIGHT de Zumtobel, 1/35 W T16, 19 lampes de 35 W (+3 W B.E.) Puissance maximale en fonctionnement pour 100 lx : 420 W ou 5,9 W/m ² sur la surface du couloir.



Dans les distributeurs secondaires du 7^e et 8^e étage du bâtiment administratif, un compteur électrique a été installé, relevant uniquement l'éclairage du couloir. Les compteurs disposaient d'un enregistreur de données qui inscrit les différentes valeurs mesurées sur des cartes à mémoire. Les mesures ont été réglées sur un intervalle d'enregistrement d'une minute. 1440 valeurs de puissances ont été enregistrées par jour et par couloir ; au total, cela fait plus de 300 000 valeurs mesurées. En plus de l'enregistrement automatique, des mesures d'essai ont également été effectuées manuellement.

4.2 Déroulement des mesures et résultats globaux

Déroulement des mesures		A	B	C	D	E
Couloir 1 T16	Période de mesure globale	0%	0 sec.	10 min	0 sec.	0 %
Couloir 2 LED	1 ^e période de mesure	0%	0 sec.	10 min	0 sec.	0 %
	2 ^e période de mesure	0%	1 sec.	5 min	5 sec.	0 %
	3 ^e période de mesure	0%	1 sec.	1 min	5 sec.	0 %
	4 ^e période de mesure	15%	1 sec.	1 min	5 sec.	0 %

A : niveau de gradation dans le couloir sans présence de personnes

B : flanc d'allumage de l'éclairage lors de la détection de présence

C : délai d'extinction - aucune personne présente

D : flanc d'extinction de l'éclairage à la fin du délai d'extinction

E : la nuit et les week-ends

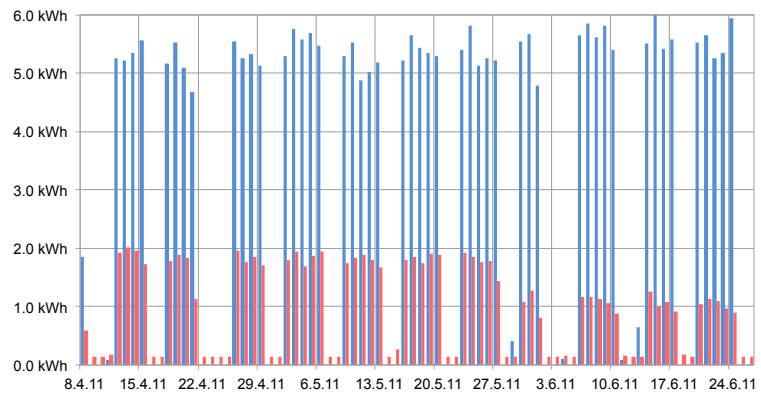
Récapitulatif des résultats	Période 1		Période 2		Période 3		Période 4	
	10. 4 au 21. 4. 2011		22. 4 au 27. 5. 2011		28. 5 au 26. 6. 2011		18. 7 au 3. 8. 2011	
	T16	LED	T16	LED	T16	LED	T16	LED
Délai d'extinction en minutes	10	10	10	5	10	1	10	1
Valeur moyenne de fonctionnement h/jour	12,6	10	12,8	9,7	13,2	5,7	12,8	6,5
Économie		-21 %		-24 %		-57 %		-49 %
Consommation électrique/jour kWh	5,3	1,9	5,4	1,8	5,6	1,1	5,4	1,2
Économie		-65 %		-66 %		-81 %		-77 %
Fréquence de commutation/jour	4,1	32,8	3,4	29,3	3,9	100,1	4,3	101,5

Durant la 1^e période de mesure, le nombre d'heures de fonctionnement de l'éclairage à LED était de 21 % (2,6 h/j) inférieur à celui de l'éclairage conventionnel. La consommation d'énergie avec les LED était 65 % plus faible. L'éclairage à LED a commuté en moyenne 33 x, les luminaires T16 4 x par jour.

Durant la 2^e période de mesure, le nombre d'heures de fonctionnement de l'éclairage à LED était de 24 % (3,1 h/j) inférieur à celui de l'éclairage conventionnel. La consommation d'énergie avec les LED était 66% plus faible. Le raccourcissement du délai d'extinction de 10 à 5 minutes n'apporte pratiquement aucune économie d'énergie. L'éclairage à LED a commuté en moyenne 30 x, les luminaires T16 3,4 x par jour.

Durant la 3^e période de mesure, le nombre d'heures de fonctionnement de l'éclairage à LED était de 57% (7,5 h/j) inférieur à celui de l'éclairage conventionnel. La consommation d'énergie avec les LED était 81% plus faible. Le raccourcissement du délai d'extinction de 10 à 1 minute contribue largement aux économies d'énergie. L'éclairage à LED a commuté en moyenne 100 x, les luminaires T16 4 x par jour.

La 4^e période de mesure correspond à la troisième, sauf que les luminaires à LED n'étaient pas complètement éteints durant la journée, leur intensité était réduite à 15 %. Ceci augmente le confort d'éclairage, mais réduit les économies d'énergie. Au lieu d'avoir une économie de 81 %, on n'a obtenu « que » 77 % ; durant la 4^e période de mesure, les économies réalisées durant les heures à pleine charge ne comportaient plus que 5,7 heures au lieu des 7,5 heures avec extinction complète. L'éclairage à LED a commuté en moyenne 100 x, les luminaires T16 4,3 x par jour.



Consommation d'énergie par jour durant les trois premières périodes de mesure

■ T16
■ LED

Le graphique indique la consommation journalière d'énergie des deux solutions d'éclairage de couloir durant les trois premières périodes de mesure. Les colonnes bleues représentent l'éclairage conventionnel avec des lampes fluorescentes (8^e étage), les colonnes rouges le nouvel éclairage avec un chemin lumineux à LED (7^e étage). Du fait de la puissance connectée de moitié inférieure de l'éclairage à LED, leur consommation est, à réglage identique, dès la phase de départ nettement plus faible que celle de l'éclairage conventionnel. Alors que la diminution du délai d'extinction de l'éclairage à LED de 10 à 5 minutes le 22 avril n'a apporté aucune économie supplémentaire, une deuxième diminution du délai d'extinction de l'éclairage à LED à 1 minute le 28 mai apporte une nette économie.

Le graphique montre également qu'en raison de la consommation de la commande DALI, l'éclairage à LED consomme un minimum en mode veille (6 watts pour toute la réglette lumineuse de 28 mètres), alors que la consommation de l'éclairage à lampes fluorescentes avec extinction directe par relais commandée par détecteurs de présence est nulle.

Ci-après, vous trouverez à titre d'exemple une comparaison entre journées types des quatre périodes de mesure. Comme les résultats de mesure l'ont indiqué, l'efficacité énergétique en combinaison avec une surveillance de la présence dans les couloirs est liée à de fréquents allumages/extinctions de l'installation. Comme l'illustrent les quatre graphiques.

Schéma diurne de puissance d'une journée de travail type durant la **1^e période de mesure**

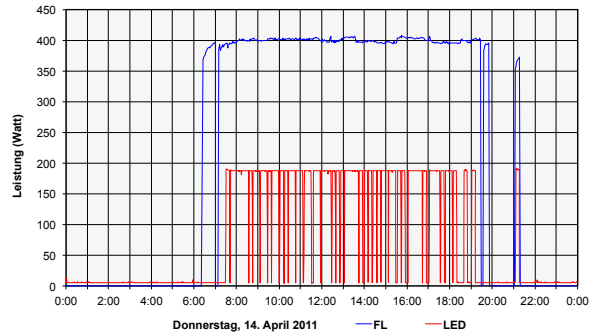


Schéma diurne de puissance d'une journée de travail type durant la **2^e période de mesure**

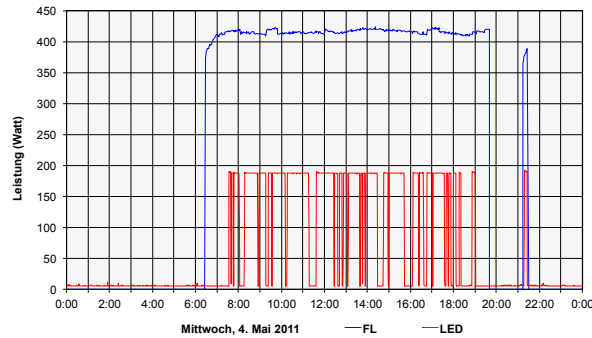


Schéma diurne de puissance d'une journée de travail type durant la **3^e période de mesure**

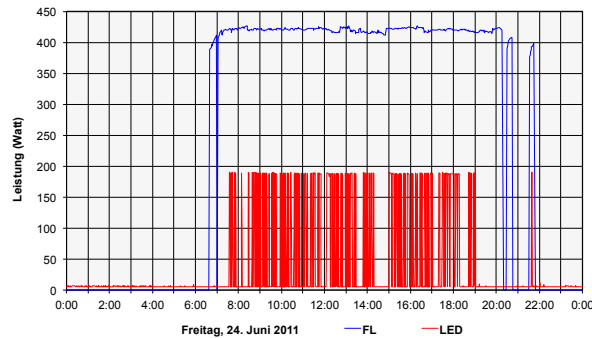
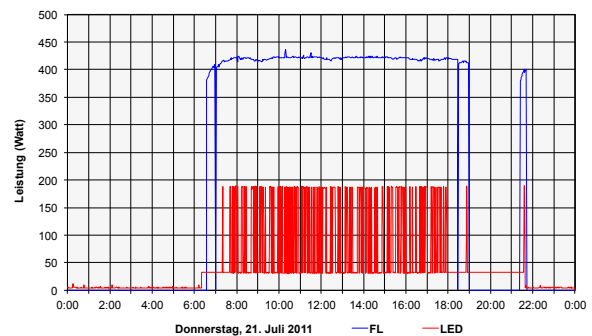


Schéma diurne de puissance d'une journée de travail type durant la **4^e période de mesure**



Éclairage du couloir :

le calcul de l'éclairage à LED optimisé en énergie (1 minute de délai d'extinction, pas de lumière résiduelle), extrapolé sur une année, donne les résultats suivants.

	LED	Lampes fluorescentes T16
Puissance max.	187 watts	420 watts
Heures de fonctionnement	1463 h/a	3343 h/a
Consommation énergétique	274 kWh/a	1404 kWh/a
Indice énergétique	> 3,8 cd/m ² = CHF 0,60/m ² a	> 19,5 cd/m ² = CHF 3,10/m ² a
Valeur seuil SIA 380/4	19,5 kWh/m ²	
Valeur cible SIA 380/4	7,5 kWh/m ²	
Exigences Minergie	10,5 kWh/m ²	

Il en résulte une économie de courant annuelle de 15,7 kWh/m² ou de CHF 2.50/m², ce qui correspond à CHF 6.- par an et par mètre linéaire de couloir. Durant toute la période d'utilisation (15 ans) des luminaires à LED, les lampes ne doivent pas être remplacées, ce qui réduit les coûts d'entretien – par expérience, environ du même montant que les économies de coûts d'énergie. En supposant CHF 100,- d'investissement supplémentaire par mètre linéaire pour l'éclairage à LED du couloir, il en résulte un délai d'amortissement de 8 ans pour l'éclairage à LED.

Éclairage du vestibule d'ascenseur :

parallèlement à l'éclairage du couloir, au 7^e étage, les downlights à lampes fluorescentes ont été remplacés par des modèles à LED. On a gardé le délai d'extinction de 10 minutes pour les lampes régulées par détecteurs de présence. La comparaison entre l'éclairage à LED et l'éclairage conventionnel du vestibule d'ascenseur donne une économie de courant de 66 % sur toute la durée de mesure. Comme le montre le tableau, l'indice énergétique de l'éclairage du vestibule d'ascenseur tombe de 16 kWh/m² (valeur limite SIA = 19,5 kWh/m²) à 7,2 kWh/m², ce qui veut dire qu'avec la solution LED même la sévère valeur cible SIA peut être obtenue.

	LED	Lampes fluorescentes T16
Puissance max.	56 watts	125 watts
Heures de fonctionnement	2765 h/a	2765 h/a
Consommation énergétique	155 kWh/a	346 kWh/a
Indice énergétique	7,2 kWh/m ² = CHF 1,15/m ² a	16 kWh/m ² = CHF 2,55/m ² a
Valeur seuil SIA 380/4	19,5 kWh/m ²	
Valeur cible SIA 380/4	7,5 kWh/m ²	
Exigences Minergie	10,5 kWh/m ²	

Les downlights à LED apportent une économie annuelle des coûts d'énergie de CHF 5,20 par luminaire. Compte tenu de la suppression des coûts d'entretien, le surcoût de CHF 50.- d'un downlight à LED s'amortit en près de 5 ans.

5 Discussion et perspectives

6 Littérature

5 Discussion et perspectives

Une économie d'énergie notable par une surveillance de présence est directement liée à des fréquents allumages/extinctions ou à la gradation. Dans les couloirs, les LED offrent, en comparaison avec la technologie T16, non seulement des avantages techniques, p.ex. en ce qui concerne la charge du système par les processus d'allumage et de gradation. Dans cette application, le confort d'éclairage augmente également, notamment parce que les diodes lumineuses ne présentent aucun retard de démarrage sensible. En combinaison avec la source adéquate et un système de gestion de l'éclairage parfaitement ajusté, des solutions lumière innovantes, optimisées en énergie, avec un haut niveau d'acceptation de la part des utilisateurs et rapidement amorties sont réalisées pour le futur.

6 Littérature

MINERGIE Suisse
www.minergie.ch

Programme de promotion de solutions d'éclairage à haute efficacité énergétique dans les bâtiments utilitaires
www.ettelux.ch

Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen
www.dgnb.de

Greenbuilding
www.greenbuilding.com

Lighting Research and Technology
<http://lrt.sagepub.com>

7 Partenaires

Donneur d'ordre :

Ville de Zurich
Service des bâtiments
Institut de technique d'énergie et du bâtiment
Amsthaus III, Lindenhofstr. 21
8021 Zurich
www.stadt-zuerich.ch/egt

Élaboration :

eLight GmbH
Schaffhauserstr. 34
CH-8006 Zurich
+41 (44) 273 08 62
sg@eLight.ch

Directeur de projet :

Markus Simon
Institut de technique d'énergie et du bâtiment
Service des bâtiments
markus.simon@zuerich.ch
www.stadt-zuerich.ch/egt

Équipe du projet :

Franz Sprecher (Ville de Zurich, Service des bâtiments)
Stefan Gasser (eLight GmbH, Zurich)



ZUMTOBEL

France

Zumtobel Lumière Sarl
156 bd Haussmann
75008 Paris
T +33/(0)1/56.33.32.50
F +33/(0)1/56.33.32.59
info@zumtobel.fr
www.zumtobel.fr

Zumtobel Lumière Sarl
12 rue du 24 novembre
67120 Duttlenheim
T +33/(0)3/88.13.78.10
F +33/(0)3/88.13.78.14
info@zumtobel.fr
www.zumtobel.fr

Zumtobel Lumière Sarl
3 rue du Général Hulot
54000 Nancy
T +33/(0)6/07.88.46.78
F +33/(0)3/83.27.20.65
info@zumtobel.fr
www.zumtobel.fr

Suisse

Zumtobel Licht AG
Thurgauerstrasse 39
8050 Zurich
T +41/(0)44/305 35 35
F +41/(0)44/305 35 36
info@zumtobel.ch
www.zumtobel.ch

Zumtobel Lumière SA
Ch. des Fayards 2
Z.I. Ouest B
1032 Romanel-sur-Lausanne
T +41/(0)21/648 13 31
F +41/(0)21/647 90 05
info@zumtobel.ch
www.zumtobel.ch

Zumtobel Illuminazione SA
Via Besso 11, C.P. 745
6903 Lugano
T +41/(0)91/942 61 51
F +41/(0)91/942 25 41
info@zumtobel.ch
www.zumtobel.ch

Belgique

N.V. Zumtobel Lighting S.A.
Rijksweg 47 –
Industriezone Puurs Nr. 442
2870 Puurs
T +32/(0)3/860.93.93
F +32/(0)3/886.25.00
info@zumtobel.be
www.zumtobel.be

Luxembourg

N.V. Zumtobel Lighting S.A.
Rue de Luxembourg 177
8077 Bertrange – Luxembourg
T +352/26.44.03.50
F +352/26.44.03.51
info@zumtobel.lu
www.zumtobel.lu

Headquarters

Zumtobel Lighting GmbH
Schweizer Strasse 30
Postfach 72
6851 Dornbirn, Autriche
T +43/(0)5572/390-0
F +43/(0)5572/22 826
info@zumtobel.info

www.zumtobel.com