

CHÂTEAU D'EAU





_INDEX

- 4_ LES CHÂTEAUX D'EAU DE LA VILLE DE LUXEMBOURG Jean Schiltz, Nico Pundel
- 8_ CHÂTEAU D'EAU Atelier d'Architecture et de Design Jim Clemes
- 16_ LICHTKONZEPT WASSERTURM CLOCHE D'OR LichtKunstLicht
- 18_ UNE PLACE POUR TOUS Metaform atelier d'architecture
- 22_ LE CHÂTEAU D'EAU DE GASPERICH Paul Bretz Architects
- 26_ CHÂTEAU D'EAU CLOCHE D'OR Steinmetz Demeyer architectes urbanistes
- 30_ 283541 Hermann & Valentiny Architects

EDITO_

L'eau est une ressource vitale pour l'homme. Ce bien précieux, également connu sous le nom d'or bleu ou d'or du futur, se distingue de toutes les autres richesses naturelles, car il ne connaît pas de frontières. Pas moins de 148 pays comptent au moins un bassin hydrographique transfrontalier. Voilà pourquoi la coopération dans le domaine de l'eau est cruciale pour la sécurité, la lutte contre la pauvreté et la justice sociale. Elle crée des bénéfices économiques, préserve les ressources vitales, protège l'environnement et construit la paix.

En cette année 2013, nous fêtons le 20^e anniversaire de la Journée mondiale de l'eau. Avec l'augmentation des besoins alimentaires, l'urbanisation rapide et le changement climatique, l'eau occupe une place essentielle dans notre train de vie et l'obligation de garantir son futur doit être notre priorité. Voilà pourquoi la Ville de Luxembourg s'engage incessamment pour une amélioration et une optimisation de son réseau d'alimentation en eau potable. À côté des 856 mètres de nouvelles conduites, les Service des eaux de la Ville a remplacé 3618 mètres de conduites principales et 1449 compteurs en vue d'une modernisation continue des différentes infrastructures. Pour les années à venir, 90 chantiers liés au renouvellement des conduites et raccords du réseau de distribution sur le territoire de la Ville sont prévus.

À côté de l'installation de deux nouvelles stations de pompes dont une avec réacteur de désinfection UV, et d'une station de réduction de pression, des efforts considérables ont été effectués dans les domaines de la sécurisation contre l'intrusion et l'incendie des stations, réservoirs, châteaux d'eau et sources de la Ville. La réalisation de deux autres projets d'envergure est prévue avant la fin de l'année 2016, notamment la construction de deux châteaux d'eau, l'un au Ban de Gasperich, l'autre au Kirchberg.

Afin de garantir une eau propre et saine, la Ville de Luxembourg a investi environ 30.000€ dans des contrôles de qualité et a effectué 2073 analyses d'eau en un an. En vue de protéger au mieux ce bien indispensable à la survie de l'homme, la Ville de Luxembourg envisage la finalisation de la procédure de détermination des zones de protection des sources pour 2015. Ainsi, les parages des sources sont divisés en 3 zones. La zone de captage s'étend sur un radius d'une vingtaine de mètres, la zone de protection restreinte qui se définit par la ligne dite «des 50 jours», se détermine par la distance que l'eau parcourt en 50 jours avant de

ressortir au captage et la zone de protection élargie comprenant le reste du bassin versant d'une source.

La Ville est consciente du fait qu'un travail important en matière de prévention doit être effectué afin de sensibiliser de façon durable le grand public à la problématique de la pollution de notre bien le plus précieux. C'est pour cette raison que le collège échevinal s'engage à motiver d'un côté les personnes privées et d'autre côté les agriculteurs. La sensibilisation des personnes privées se traduit d'un côté par l'organisation de visites interactives et ludiques destinées aux classes scolaires et à diverses associations de la Ville et d'autres communes, et de l'autre côté par la mise en place d'un call center, qui jusqu'à aujourd'hui compte déjà 2000 appels.

Afin de protéger les eaux des pesticides et autres produits nocifs utilisés en agriculture et en sylviculture, la Ville de Luxembourg, en collaboration avec la Chambre d'agriculture, a mis en place un service de conseil qui encourage les agriculteurs non seulement en matière de fumiers et d'engrais, mais les soutient également au niveau des travaux champêtres tels que la plantation et l'arrosage.

En tant que Ville multiculturelle, nous ne sommes pas sans savoir que la situation de vie n'est pas la même dans le monde entier. Voilà pourquoi nous nous engageons également dans les pays tiers pour garantir à tout un chacun l'accès à l'eau potable. La Ville, ensemble avec les «Pharmaciens sans frontières» et la «Croix-Rouge luxembourgeoise», a installé un approvisionnement en eau potable avec la mise en place de châteaux d'eau, de forages de puits, d'installations d'adductions d'eau et de pompes motrices électrique ou humaine au Burkina Faso. Par ailleurs, le chef d'atelier du Service des eaux, en collaboration avec la CGFP, a formé plusieurs mécaniciens sur place et supervisé le montage des pompes à eau au Togo.

Ainsi au nom de la Ville, je tiens à remercier le Service des eaux et tous les autres acteurs institutionnels pour leur engagement inlassable dans le domaine de la protection des eaux, à Luxembourg-Ville, au Grand-Duché et au-delà des frontières. Je saisis également l'occasion pour féliciter particulièrement les citoyens de la capitale luxembourgeoise pour leur participation active aux différentes mesures prises pour la protection de l'or bleu.

Doublons nos efforts et œuvrons ensemble pour garantir une eau saine aux les générations futures dans le monde entier!



Xavier Bettel, *bourgmestre de la ville de Luxembourg*

© Hervé Montagu

Le château d'eau est un maillon important dans la chaîne des éléments qui servent à garantir l'approvisionnement en eau d'une Ville. C'est une construction en élévation destinée à entreposer l'eau. L'alimentation des maisons et bâtiments raccordés se fait gravitairement. L'entreposage en élévation permet de garantir une pression constante dans le réseau de distribution raccordé. L'eau distribuée dans le réseau à partir du château est remplacée dans le réservoir surélevé par pompage, soit avec de l'eau provenant des sources d'eau de la Ville, soit avec de l'eau prise dans la conduite du SEBES c'est-à-dire avec de l'eau provenant du barrage d'Esch/Sûre. Le château d'eau assure ainsi la fonction de tampon entre le débit distribué et l'eau pompée dans le réservoir surélevé. Le niveau d'eau est maintenu à une valeur quasi constante.

LES CHÂTEAUX D'EAU DE LA VILLE DE LUXEMBOURG_

Jean Schiltz, Ingénieur-directeur coordinateur de la Ville de Luxembourg

Nico Pundel, chef du service des Eaux



Le château d'eau sur la place des Bains avant démolition en 1890. A gauche, le couvent des pères rédemptoristes et au fond l'église St Alphonse.

Aspects techniques

La pression d'eau au robinet de l'abonné dépend de la différence de niveau entre le château d'eau et le bâtiment raccordé: 10 m de dénivelé correspondent à une pression de 1 bar.

Le château d'eau est un important élément de la sécurité d'approvisionnement et cela à pression constante. Il sert de repère visuel et d'orientation pour la population.

Aspects historiques

Le château d'eau est un témoin important dans l'évolution des civilisations d'un point de vue technique, sanitaire et

organisationnel. Apparemment en 100 après J.C., il existait quelques 250 châteaux d'eau à Rome. Les châteaux d'eau tombent ensuite à l'oubli pendant une longue période pendant laquelle la distribution d'eau se fait de manière plus rudimentaire par porteur d'eau, dont le métier est de transporter de l'eau. Le manque de qualité dans la distribution d'eau est également à l'origine de nombreuses maladies.

Le château d'eau apparaît au 19^{ème} siècle avec la construction des chemins de fer. Les châteaux d'eau furent construits dans les Gares pour alimenter en eau les locomotives à vapeur.

Innere Medizin

Der Wasserturm auf Limpertsberg

Gleich zwei unnütze Sachen erkennt man auf diesem Bild:

- die deutsche Kanone, die man 1914 aufstellte, um den Deutschen Kaiser vor französischen Angreifern zu schützen,
- den Wasserturm, den die Stadt Luxemburg 1902 erbauen liess, um sich aus den Kopstaler Quellen mit Trinkwasser zu versorgen.

Zur Kanone

Am 1. August drangen deutsche Truppen im Norden Luxemburgs ein und bereiteten sich zum Vorstoss nach Frankreich vor. Am gleichen Tage mobilisierte Frankreich seine 5. Armee im Norden und Osten Frankreichs. Am 3. August erklärte Deutschland seinem Erbfeind Frankreich den Krieg – es war zur grossen Hatz geblasen... In den Vormittagsstunden des 9. August wurden französische Flieger über Luxemburg geschickt und aus Ballonabwehrkanonen (BAK) beschossen (Faber S. 40). In der Nacht vom 22. zum 23. August 1914 warf ein französischer Lenkballon Bomben auf die Gleisanlagen am Hauptbahnhof. Getroffen wurden ein Garten auf Bongeschgöwen, die Gleise südlich der Bonneweger Brücke, das Fürstentapillon neben dem Hauptbahnhof und das Hôtel International - die Stadtluxemburger mussten von nun an täglich mit Luftangriffen rechnen ... Die Bombardierung vom 22/23. August war eine unmissverständliche Warnung an die deutschen Truppen, die sich in Luxemburg sammelten und zum Grossangriff auf Frankreich ansetzten... Der deutsche Kaiser war „persona non grata“ in Luxemburg - seine hochkarätige Gefolge (Reichskanzler v. Bethman-Hollweg, Generalstabschef v. Moltke, Kriegsminister v. Falkenhayn ab dem 28. August 1914 machte die Stadt zu einem möglichen Ziel des Gegners – die Stadtbevölkerung war alles andere als beglückt ob dieses brisanten Besuches. Auch die Deutschen empfanden das Risiko und postierten ein „Abwehrkanonchen“ (zit. Robert S. 48) auf der höchsten Erhebung der Stadt, auf dem Limpertsberg. Das „Kanönchen“ sollte also das Quartier des Kaisers in der deutschen Gesandtschaft im Eicherberg absichern, das Quartier von Moltke im „Köllnischen Hof“ in der v. Porte Neuve, die Quartiere des Reichskanzlers und des Ministers des Äusseren in der Maison Dutreux (heutiges Museum der Stadt Luxemburg) sowie die Unterkunft der Herren vom Stab im Hotel Staar am Bahnhof. Geschützt wurde schliesslich das eigentliche Quartier des Generalstabs im Schulgebäude Aldringen gegenüber der Hauptpost... Schliesslich wimmelte die Stadt und Umgebung nur so von Truppen die für französische Flugzeuge eine lohnenswertes Ziel abgeben hätten: das Zeilager auf dem Plateau Bourbon, von der Bevölkerung „Buffalo Bill“ genannt, war aus der Luft kaum zu verfehlen.

Kanonentypen

Die Forderung nach der Entwicklung von Spezialgeschützen führte zur Konstruktion verschiedener BAK - Typen der Firmen Ehrhardt (Rheinmetall) und Krupp. So entstanden die Typen

- 5 cm L/30 (Ehrhardt 1906),
- 6,5 cm L/35 (Krupp 1908) mit Reichweiten bis zu 5 000 m, später die Typen
- 6,5 cm L/35 auf Kraftwagen (Kv) von Ehrhardt und der
- 7,7 cm BAK L/27 von Krupp mit erweiterter Geschöflughöhe und größerer Anfangsgeschwindigkeit (Vo).

"In 1907 German Army tested as anti-aircraft-guns the guns then adopted by field and foot artillery: 7.7cm field gun, 10.5cm light field howitzer and 10cm heavy gun. In spite of the lack of interest shown by the Army, studies went on. Between 1908 and 1910 a lot of new guns appeared. Krupp produced a 7.5cm L/35 gun on wheels and a 7.7cm L/30 gun on a motor car, while Rheinmetall a 6.5cm L/35 pivot gun. War Ministry ... laid down the rules for the Ballonabwehrkanone (Bak = anti-balloon gun). These demanded the calibre and the ammunition of the 7.7cm L/27 field gun and devices for a rapid change in azimuth and elevation. The gun had to be transported by a field carriage or mounted on a motor car with a pivot. Between 1911 to 1914 both Krupp and Rheinmetall produced some different pattern of Bak. In August 1914 Germany had available six motor Bak with a 7.7mm L/27, two wheeled 7.7mm L/27 with pivots, and ten mixed older models of experimental 7.7mm dating back to 1910-1914. The horse-drawn Bak were emplaced near bridges over the river Rhine at Düsseldorf and Mannheim, at the Zeppelin wharf at Friedrichshafen, and at the dirigible hangar at Metz. The six motorized Bak went to the 4th, 5th, 6th, 7th (two) and 8th Army. They were emplaced to protect areas and objects important for mobilization. The development of anti-aircraft artillery in German Army was very quick."

1909 präsentierte die Firma Krupp eine Anzahl von Varianten ihrer 65-mm-, 75-mm- und sogar 105-mm-Geschütze für die Luftabwehr. Bei Beginn des Ersten Weltkriegs war die 75-mm-Kanone das deutsche Standardgeschütz, das auf einer transportablen Lafette montiert war. Ab 1916 wurde von Krupp die 8,8 cm Kraftwagen-BAK ausgeliefert.

Zum Wasserturm

Unter medizinischem Gesichtspunkt interessiert uns besonders der Wasserturm, im Hintergrund des Bildes zu erkennen. 1885/87 war auf Anregung eines Stadtrates, des Arztes Jean-Pierre HERRIGES (1842-1907) von den Unternehmern Pies und Betz ein Wasserhochbecken auf der höchsten Stelle des Limpertsberges erbaut worden, die "Waasser-Knupp", ein mit Erde überschütteter "unterirdischer" Behälter, der aus Quellen am Eicher Tor gespeist wurde. Diese Quellen aber erwiesen sich 1890 als typhusverseucht - den Luxemburgern steckte der Schrecken der letzten Typhus-Epidemie von 1878 noch tief in den Knochen; man beschloss daher umgehend, Trinkwasser aus dem fernen Kopstal über den Bridel nach dem Limpertsberg heranzuleiten und es vor diesem Punkt aus über die Stadt zu verteilen ... Am 31.3.1902 wurden die Pläne und Kostenanschläge für einen neuen Hochbehälter auf dem Limpertsberg genehmigt, die Arbeiten an den Unternehmer Ledrut vergeben. Der Turm wurde 1902/03 neben dem ersten Behälter erbaut. Der Überlauf des neuen Turmes lag bei 365 müM (der Höhe der Kathedraletürme); das Niveau des Kopstal-Brideler Behälters aber lag 45 m höher. Damit war der Limpertsberger Wasserturm komplett überflüssig, unnütz wie ein Kropf, und wurde nie (!) als Druckausgleichsturm benutzt - er ist und war stets "trocken". Bezeichnenderweise hat nie ein Photograph den Weg dorthin genommen, um den (ansonsten esthetisch durchaus ansprechenden) Turm abzulichten und das Motiv für eine Ansichtskarte zu verwerten.

Dennoch blieb der Wasserturm das Wahrzeichen des aufstrebenden Wohnviertels!

Nota: der Behälter am Fusse des Turmes ist in Betrieb; davon aber sieht der Wanderer nichts ...



Fotokarte, August 1914

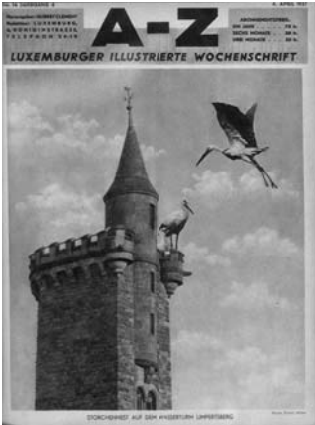
A la 2ième moitié du 19ième siècle, avec la croissance des villes, de nombreux châteaux d'eau furent érigés pour garantir la distribution publique d'une eau propre. Les services d'eau créés à cette époque, les réservoirs, les châteaux d'eau, les réseaux d'alimentation et d'assainissement furent pour une large part responsables dans l'élimination des grandes épidémies.

Les Châteaux d'eau de la Ville de Luxembourg

Au milieu du XIXe siècle, Jean-François Eydt, l'architecte de la Ville présenta un premier projet pour une alimentation en eau plus efficace. Au début de la construction d'un réseau de distribution d'eau en 1866, l'Etat, la garnison et la Ville étaient les maîtres d'ouvrage de la cité fortifiée. La première conduite était alimentée à partir d'un puits situé à la Porte Neuve, qui était relié par une galerie à la source d'Eichtor. Une machine à vapeur, qui se trouvait sur la future Place des Bains, refoulait l'eau dans une citerne sur le plateau Berlaymont d'où elle coulait dans les conduites pour alimenter essentiellement plusieurs bornes-fontaines publiques installées en ville. C'est à ces bornes que les citadins pouvaient s'approvisionner en eau gratuitement.

Le château d'eau Limpertsberg

Le réseau des conduites d'eau a continué à s'étendre de plus en plus dans les quartiers de la Ville. Afin de remédier au manque de pression hydrostatique, le château d'eau Limpertsberg fut construit entre 1896 et 1902.



La tour (Standrohrbehälter) Limpertsberg - hauteur 28m
Inauguration officielle en 1902 / source: www.luxemburgensia.bnl.lu

„Gleich zwei unnütze Sachen erkennt man auf diesem Bild:

Die deutsche Kanone, die man 1914 aufstellte, um den Deutschen Kaiser vor französischen Angreifern zu schützen.

Den Wasserturm, den die Stadt Luxemburg 1902 erbauen ließ, um sich aus den Kopstaler Quellen Trinkwasser zu versorgen.

[...]

Zum Wasserturm:

Unter medizinischem Gesichtspunkt interessiert uns besonders der Wasserturm im Hintergrund des Bildes zu erkennen. 1885/87 war auf Anregung eines Stadtrates, des Arztes Jean-Pierre Herriges (1842-1907) von den Unternehmern Pies und Betz ein Wasserhochbecken auf der höchsten Stelle des Limpertsberges erbaut worden, die "Waasser-Knupp", ein mit Erde überschütteter "unterirdischer" Behälter, der aus Quellen am Eicher Tor gespeist wurde. Diese Quelle aber erwiesen sich 1890 als typhusverseucht – den Luxemburgern steckte der Schrecken der letzten Typhus-Epidemie von 1878 noch tief in den Knochen: man beschloss daher umgehend, Trinkwasser aus dem fernen Kopstal über den Bridel nach dem Limpertsberg heranzuleiten und es von diesem Punkt aus über die Stadt zu verteilen...

Am 31.3.1902 wurden die Pläne und Kostenanschläge für einen neuen Hochbehälter auf dem Limpertsberg genehmigt, die Arbeiten an den Unternehmer Ledrut vergeben. Der Turm wurde 1902/03 neben dem ersten Behälter erbaut. Der Überlauf des neuen Turmes lag bei 365 müM (der Höhe der Kathedraletürme): das Niveau des Kopstal-Brideler Behälters aber lag 45m höher. Damit war der Limpertsberger Wasserturm komplett überflüssig, unnütz wie ein Kropf, und wurde nie (!) als Druckausgleichsturm benutzt – er ist und war stets "trocken".

Bezeichnenderweise hat nie ein Photograph den Weg dorthin genommen, um den (ansonsten esthetisch durchaus ansprechenden) Turm abzulichten und das Motiv für eine Ansichtskarte zu verwerten."

Le château d'eau Tubishof

Suite aux problèmes d'approvisionnement du quartier de Gasperich, les responsables du service des eaux demandaient en date du 11.12.1924 auprès du collège échevinal la construction d'un nouveau château d'eau au Tubishof ainsi que la prolongation de la conduite d'eau entre la route d'Esch vers le nouveau château d'eau.

La construction du château d'eau Tubishof avec une capacité de 800 m³ s'est déroulée entre 1932-1933, selon les plans de l'architecte Nic. Petit. Le niveau du trop-plein était fixé à 328 m. NN (NormalNull)

Le réservoir fonctionnait comme réservoir-tampon du quartier Gasperich, alimenté par les eaux du forage «Mereler Wisen».

Plus tard, une partie des eaux de la station de pompage Pulvermuhl alimentait également le château d'eau Tubishof.

Aujourd'hui le château d'eau Tubishof alimente les réseaux de Cessange, Gasperich, Cloche-d'or et Ban de Gasperich. L'approvisionnement se fait par l'eau du SEBES.

Le château d'eau Route d'Arlon

Le château d'eau de la route d'Arlon abrite un réservoir d'une contenance de 110 m³ situé à la cote 358. Il a été désaffecté lors de la mise en service du réservoir du Baumbusch. Ce petit réservoir fut construit en 1935 dans l'intérêt de l'approvisionnement de la Maternité Grande-Duchesse Charlotte et des maisons avoisinantes.



Château d'eau Tubishof construit en 1932 et en service jusqu'à ce jour.



Le château d'eau Route d'Arlon au lieu dit "Windmuhl"

Le château d'eau au plateau Kaltreis à Bonnevoie

Le château d'eau le plus récent de la Ville a été mis en service en 1988 dans le quartier de "Kaltreis" à Bonnevoie.

Vu la topographie variée du territoire de la ville qui fait que les vallées alternent avec les plateaux, la construction de différents ouvrages devenait nécessaire avec l'urbanisation de ces plateaux. Aussi l'agrandissement du réseau de distribution demandait-il des réservoirs dans le but de pouvoir emmagasiner les quantités d'eau fournies pendant les temps de faible consommation pour ainsi garantir l'approvisionnement de la population, même en cas de rupture d'une conduite principale.



Le château d'eau de 2000 m³ au Kaltreis à Bonnevoie fut construit entre 1981 et 1988 et couta 82.343.979.- francs luxembourgeois. (+/- 2.041.254 Eur)

Le château d'eau de la rue d'Itzig

Dans un extrait du rapport «Historique de la conduite d'eau» du 31 juillet 1946 du Service des eaux, on peut lire ceci:

VI Chateau d'eau de la rue d'Itzig.

Pour l'alimentation de Bonnevoie sud et du nouveau quartier de la rue d'Itzig à Howald un château d'eau du même type que celui de Tubishof à Cessange est prévu et devra être construit lors de l'urbanisation de ce plateau.

VII Une conduite de liaison de la rue de Sedan à la rue Franklin d'une longueur de 400 m. et d'un Ø de 150 m/m est prévue pour augmenter la pression du plateau de Gasperich.

Pour garantir la bonne marche du service et pourvoir aux ~~besoins~~ besoins toujours grandissants de la ville de Luxembourg, les travaux énumérés ci-dessus sont d'une nécessité absolue et seraient à réaliser le plus tôt possible.

31
31 JUL 1946
VILLE DE LUXEMBOURG
SERVICE DES EAUX
le Chef d'exploitation

Le château d'eau à la rue d'Itzig n'a jamais été construit.

Le nouveau château d'eau Ban de Gasperich

Au fil des dernières années, la population de la Ville a constamment augmenté et de nouveaux quartiers sont en voie de réalisation comme par exemple le "Ban de Gasperich". La mise en œuvre d'un nouveau réservoir de distribution en eau potable sous forme d'un château d'eau s'avérerait nécessaire pour le nouveau quartier sud de la Ville. Il a été décidé que le château d'eau à Gasperich devrait avoir une capacité de 500 m³. Il desservira le Ban de Gasperich, une partie des quartiers de Cessange et Gasperich,

le quartier "Cloche d'Or" ainsi que des sites se trouvant à Kockelscheuer.

Le terrain destiné à accueillir l'ouvrage se trouve en bordure sud-ouest du périmètre du Plan Directeur "Grossfeld", à l'intérieur du périmètre du Masterplan Ban de Gasperich.



La parcelle destinée à recevoir le château d'eau est classée en "terrains réservés aux édifices et infrastructures publics" au PAG de la Ville de Luxembourg. Elle se situe dans un rectangle limité

- _au sud par l'autoroute A6
- _à l'est par le futur boulevard Kockelscheuer
- _à l'ouest par une zone verte adjacente au terrain occupé par la division des télécommunications de l'entreprise des P&T
- _au nord par une zone d'activités économiques.

Le château d'eau sera alimenté par le réseau de la SEBES, à partir de la chambre à vannes existante à Cloche d'Or. A cette fin deux conduites principales DN 300 ont été posées en 2003, l'une faisant fonction de conduite de refoulement à partir du réseau de la SEBES, et l'autre pour relier le château d'eau au réseau de distribution existant dans la route d'Esch.

Il disposera d'un réservoir à deux cuves, pour une capacité globale de 1.000 m³. Le niveau minimum de l'eau dans la cuve se situera à 349 m, pendant que le niveau maximum se situera à 355 m. La cote du terrain naturel dans l'emprise sera approximativement de 296 m et celle de la voirie de desserte sera de 298 à 296,5 m ce qui équivaut à une pression moyenne de +/- 5,5 bar au robinet du client.

Perspectives

Les études du service des eaux ont montré que pour répondre aux besoins futurs en eau potable attendus au plateau de Kirchberg un autre château d'eau en relation directe avec le réservoir existant au Senningerberg devra prendre en charge une partie de la distribution en eau de ce plateau étendu afin de garantir les quantités nécessaires et surtout la pression demandée dans ce quartier en développement continu. Un défi pour la prochaine décennie.

Les châteaux d'eau au Burkina Faso

La Ville de Luxembourg a initié en 2009 un projet "Approvisionnement en eau potable et d'assainissement de la Commune de Pabré". La commune de Pabré est l'une de six communes rurales de la Province de Kadiogo au Burkina Faso, située dans la région du Centre.

La commune a une superficie de 411 km² et compte 27 villages. Nouvellement constituée en 2006 la commune de Pabré doit prendre en charge des nouvelles compétences, jusque-là centralisées par l'Etat. Le Plan communal de développement classe la maîtrise de l'eau comme enjeu n°1 de la commune. Le projet a été financé à 20% par la Ville de Luxembourg et à 80% par le Ministère des Affaires Etrangères du Grand-Duché de Luxembourg.

Le dossier technique a été établi par le bureau d'études TR Engineering. La réalisation du projet a été confiée au



Consortium formé par les ONG Croix-Rouge luxembourgeoise et Pharmaciens sans frontières.

Le projet s'inscrit dans le cadre de la coopération au développement et de l'action humanitaire fixée par l'Etat luxembourgeois et est conforme aux Objectifs du Millénaire pour le développement (OMD) visant à œuvrer afin de réduire de moitié la proportion de la population qui n'a pas accès de façon durable à l'eau potable, à l'horizon 2015. Le problème de l'accès à l'eau se pose avec acuité dans les pays en voie de développement, et plus particulièrement en Afrique sahélienne, au Sud du Sahara où l'accès à l'eau est l'un des plus bas du monde.

Le projet du Pabré vise en particulier:

_à fournir de l'eau de bonne qualité chimique et bactériologique et en qualité suffisante à la population de Pabré

_à fournir de l'eau de boisson salubre à l'entièreté de la population de la commune de Pabré

_à améliorer les connaissances et pratiques de la population _en termes de santé hydrique et d'hygiène

_à améliorer l'accès à l'éducation pour les enfants qui ne sont plus contraints à la corvée d'eau

_à améliorer les revenus des femmes qui ne sont plus contraintes à la corvée d'eau.

Les trois communes centrales de Pabré ont été approvisionnées par un château d'eau qui dessert 21 bornes fontaines réparties au sein des trois Villages.

Des adductions d'eau potable simplifiées ont été installées au sein de six villages comptant plus de 1500 habitants. Sur l'ensemble du projet, 7 châteaux d'eau ont été construits, 68 bornes fontaines et 11 forages avec pompes à motricité humaine.

Les pompes à motricité humaine ont été implantées dans les villages comptant moins de 1500 habitants.

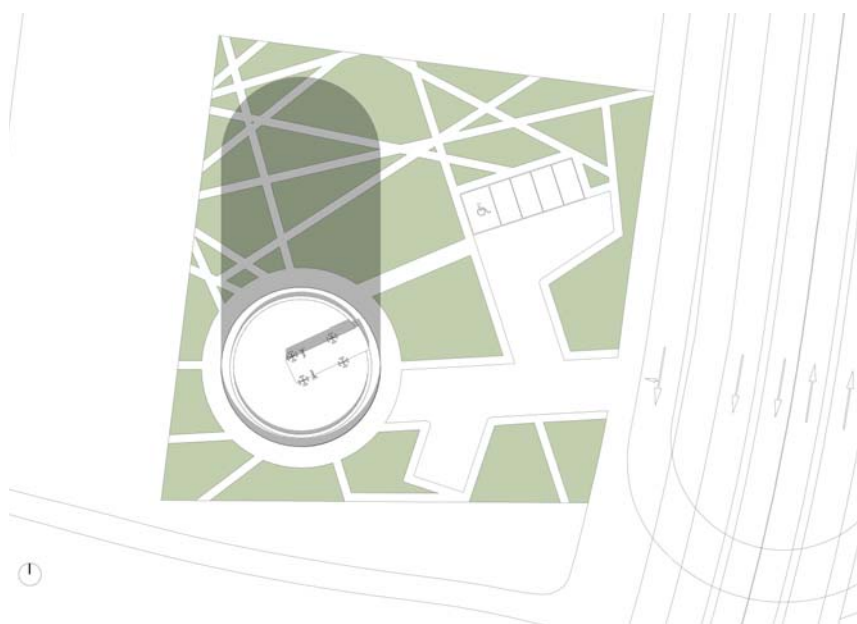
La commune a été soutenue pour la constitution d'un service communal de l'eau. Des Associations d'Usagers de l'Eau (AUE) au niveau des différents villages avec formations à la clé et activités de sensibilisation à l'hygiène ont été constituées.

Le château d'eau métallique de Katabtenga est le plus important avec une capacité de 150 m3. Les châteaux d'eau ont été construits et assemblés sur place par une entreprise locale.

“Un château d’eau, c’est en effet une masse énorme suspendue au sommet d’un mât creux, véritable casse tête en termes de résistance des matériaux, de répartition des masses et de sécurité des fondations. Il existe bien un héroïsme du château d’eau; il est technique, et personne ne veut le connaître pour continuer à le juger indigne.”¹

CHÂTEAU D’EAU_

Atelier d’Architecture et de Design Jim Clemes



ARCHITECTURE

L'échelle urbaine

Le développement et l'étalement urbain de Luxembourg au fil des années entraînent inéluctablement le déplacement des frontières de la ville de plus en plus loin. Avec la barrière visuelle et physique que représente l'axe autoroutier auquel vient aujourd'hui se heurter la ville, il est aisé de faire le parallèle avec les remparts et fortifications de la ville qui marquaient alors l'entrée de la cité. L'autoroute, tel un chemin de ronde, s'accompagne de ses tourelles, ses bastides, ses redoutes, marquant le paysage et annonçant la présence de la cité sur l'ensemble du territoire.

Le château d'eau est un des points fixes de la dynamique urbaine au même titre qu'une fortification millénaire, qu'un rond-point, qu'un carrefour, qu'une tour. En même temps qu'il positionne la ville dans l'espace, il se positionne dans la ville tout comme il établit un repère géographique pour l'individu.

L'importance du château d'eau dans l'orientation spatiale est mesurable par l'analyse des cartes routières où l'en-

semble des châteaux d'eau sont marqués par un large cercle bleu. Celui-ci permet aux automobilistes de prendre un repère fixe, reconnaissable et visible du lointain.

Cependant cette fonction de repère urbain ne peut-être assumée que par la différenciation visuelle du monument par rapport à la modénature architecturale environnante. Ainsi, parce que cet objet tant architectural qu'urbain prend place dans l'espace matériel, la première perception reçue par tout individu réside dans sa qualité visuelle dans le sens qu'il se doit d'être lisible dans le paysage dans lequel il s'inscrit. La qualité de sa fonction de repère urbain réside dans la qualité de l'architecture qu'il offre aux yeux de tous.

De cette première approche plaçant la ville comme produit de développements sociaux, économiques, politiques, philosophiques, religieux et techniques générant et organisant son architecture, son image, son espace urbain, il nous est possible d'émettre une réflexion sur la permanence de la ville et ses mutations.

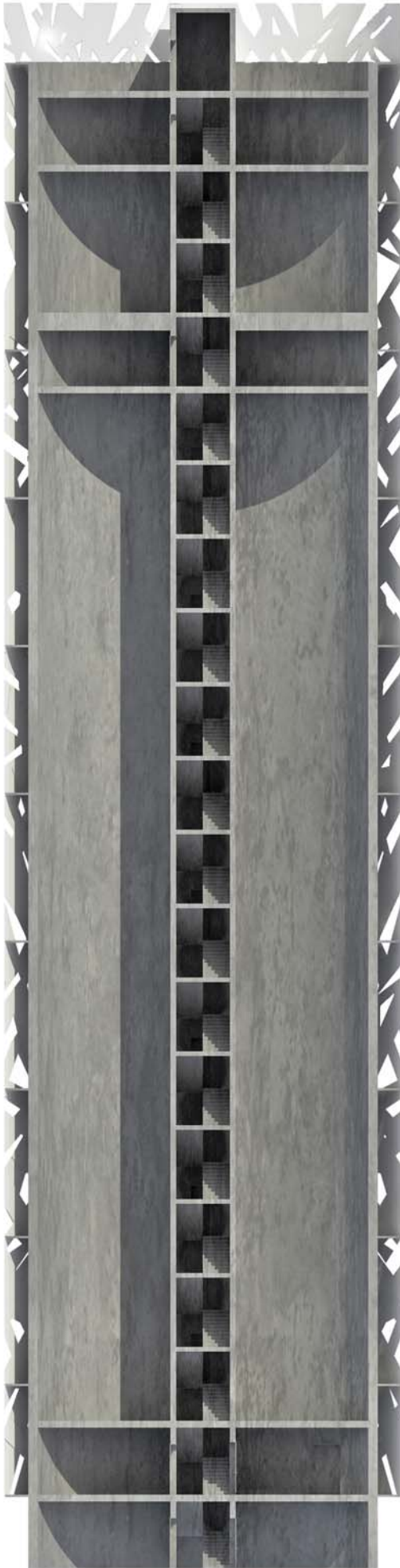
La ville est par définition le lieu d'échange, de rencontre, et donc de mouvements, de déplacements de marchandises, d'individus, d'informations. Or le monument met en place la permanence de la ville. Il établit un repère tant pour le visiteur que pour l'autochtone. Le flux est une constante présente aux abords de toute métropole contemporaine, ainsi cet édifice permet de dialoguer et d'organiser ces flux tant à l'échelle de la ville qu'à l'échelle des déplacements européens traités par l'autoroute européenne 25 reliant Hoek van Holland à Gênes.

Symbole de l'abondance de la ressource en eau mis en exergue par la dimension exceptionnelle de l'installation, presque mystifié et porté au rang de source, le château d'eau est une marque visuelle de l'implantation d'une communauté et au-delà un représentant de la technicité de ses habitants. De ce fait, il joue un rôle comparable à un signal, un phare guidant le voyageur vers une cité, un abri, l'invitant à découvrir le visage de la ville de Luxembourg.

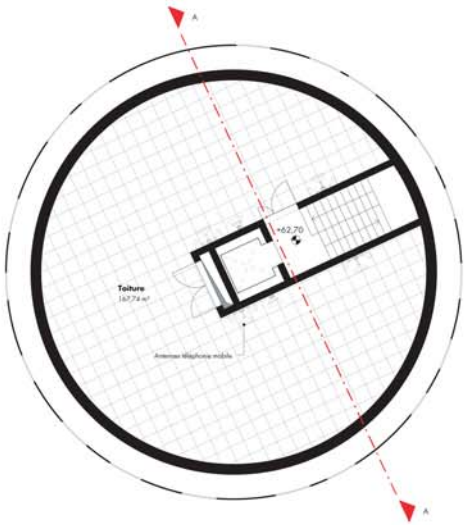
La hauteur de cet événement architectural et symbolique qui projette sa silhouette dans le paysage lointain. Ce volume participe à la qualification d'un horizon qui peut-être familier ou énigmatique suivant le point de vue d'observation choisi.

1_ J-Y Jouannais, Prodiges du calcul des fondations, Prolégomènes à tout château d'eau, Inventaire/Invention, 2001, p26.

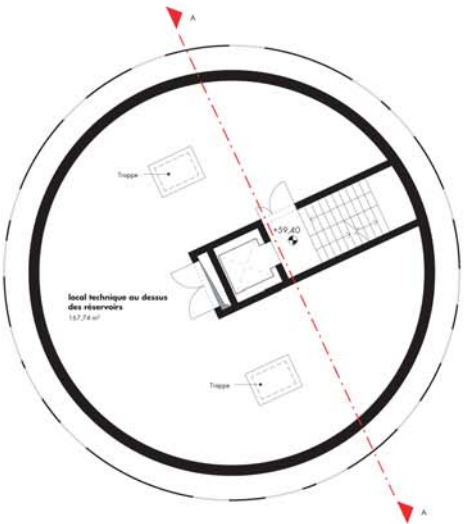




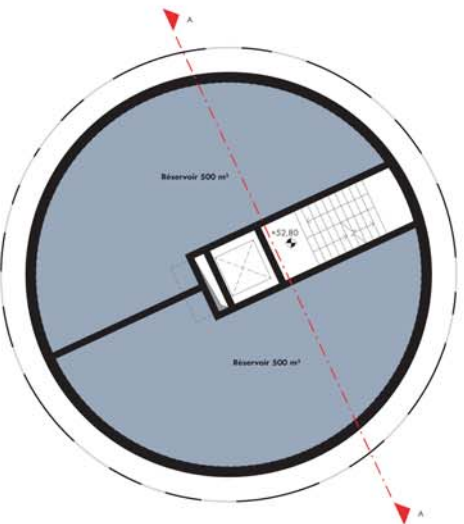
358,90m
Toiture



355,60 m
Local technique au dessus des réservoirs



349,00m
Réservoirs





Le lieu

Situé en bordure du nœud autoroutier formé par l'A6 et l'A3 (Croix de Gasperich), dans un quartier en pleine mutation, le château d'eau est un des premiers éléments du nouveau visage du quartier du Ban de Gasperich. A ce titre, le projet met en place une perception dynamique annonçant tant l'énergie créatrice de la ville que la future image du quartier de Gasperich. Repère urbain, le château d'eau établit un dialogue avec le quartier dans lequel il s'insère. Le traitement spécifique de la façade établit un rapport de bon voisinage avec les constructions alentours à venir.

Le volume

Le choix d'une volumétrie régulière participe du rayonnement isodome du château d'eau. Ainsi à l'inverse de la forme conique ou évasée qui hiérarchisent les niveaux et concentrent le regard sur une partie spécifique de l'ouvrage, le respect de la forme cylindrique sur l'ensemble du volume appuie son rayonnement depuis l'ensemble des échelles de lecture. De près comme de loin le château d'eau affiche sa présence sur le territoire de manière constante et organise des dialogues multiples. L'élancement dynamique vertical de l'objet est renforcé par sa projection dans le plan d'aménagement paysager. Ainsi, les ruisseaux de gravier se croisent et se rejoignent

La peau métallique

Habillé d'une structure métallique optimisée lui conférant une identité propre, rappel à la fois patrimonial et actuel de la technicité des industries du Luxembourg, le château d'eau présente une image unique. Tel un phare reconnaissable par le rythme de son éclairage, le château d'eau s'identifie ici par le traitement délicat de la façade métallique accrochant visuellement les réservoirs au ciel. Avec une intensité dégradée du haut vers le bas, la façade traite avec finesse les échelles visuelles en fonction des différents points de vue, établissant par là même une poésie du lien, du croisement, de la rencontre, faite de ces entrelacs de métal.

La lumière

Notre proposition organise un éclairage progressif sur la hauteur; la lumière se diffusant en douceur et sublimant

l'entrelacs des bandes de métal. La finesse apportée au traitement de la diffusion de la lumière sur la peau de béton est accentuée par le choix de l'emploi de diodes électroluminescentes reliées à un système de captage de luminosité, régulant l'allumage, l'intensité et l'extinction de l'éclairage du château.

Les LED disposées sur les bandes métalliques de la façade et ainsi non visibles depuis l'extérieur du château d'eau, projettent la lumière perpendiculairement à la coque de béton à une distance d'un mètre de cette dernière. Couplées à un système de contrôle central de lumière, il est alors possible de projeter sur la coque béton, des animations en temps réel ou programmées.

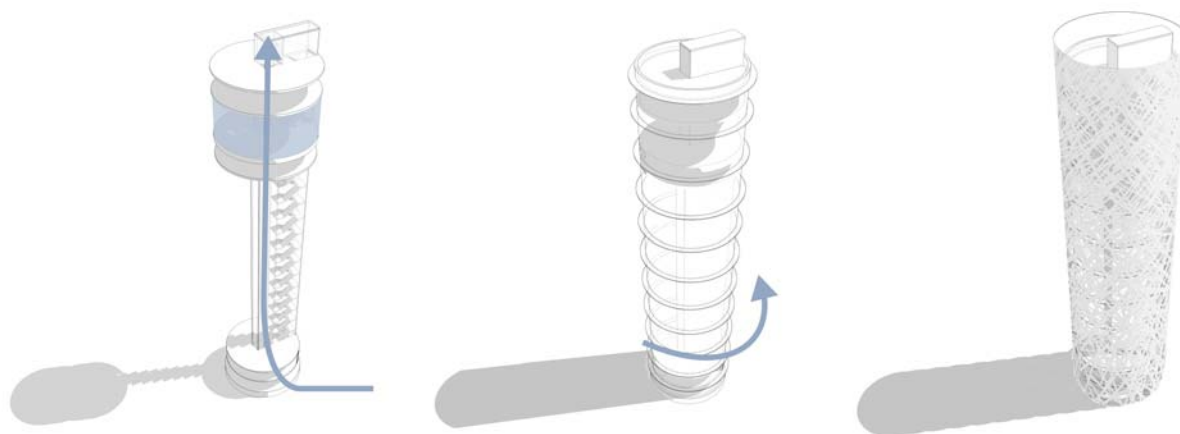
Dès lors, l'imposante construction de béton et de métal se découvre sous un nouveau jour. La mise en lumière met en scène le château d'eau, transformant l'angoisse ressentie à la vision d'une telle masse obscure et par la même dupliquant sa fonction; ce n'est pas qu'un château d'eau, mais également un signal, un symbole visuel, le reflet de la technicité appliquée à une construction au service des habitants et visiteurs de Luxembourg. Cette approche de la lumière prend en compte les contraintes éventuelles de voisinages et permet de varier les intensités lumineuses en respectant l'espace urbain à venir.

Par cette mise en lumière étudiée, notre objectif est de mettre le château d'eau en valeur de la manière la plus délicate, de sorte que la perception de la finesse de la construction fonctionne en tout point de vue, de près comme de loin.

STRUCTURE

A ces exigences d'ordre esthétique, s'ajoute un certain nombre d'exigences constructives qui peuvent être énumérées comme suit:

- _assurer une protection et hygiène parfaite des bassins de stockage d'eau potable
- _garantir la durabilité de l'ouvrage tout en limitant les interventions d'entretien
- _combinaison des impératifs de stabilité de la structure portante avec les exigences relatives aux aspects conceptuels et visuels de l'ouvrage



_réaliser le projet dans le respect des modes de construction sains et écologique.

Dans ce contexte, il est retenu de réaliser la structure de l'ouvrage en béton armé, coulé sur place, à parement vu.

Le choix de la composition de béton est un critère très important pour la réussite de ce projet.

Le béton de classe C30/37 utilisé sera constitué d'un ciment de haut fourneau CEM III/b 32,5 N – LH suivant EN 197-1. Le ciment est composé d'environ 23 % de clinker, 72 % de laitier granulé et de 5 % d'anhydrite. Le taux réduit en clinker s'avère positif en termes de bilan énergétique et la haute teneur en laitier permet d'obtenir la teinte gris claire. Un autre avantage de ce ciment est son faible développement de chaleur d'hydratation, environ 240 Joule/g, ce qui est avantageux pour la réalisation d'éléments de structures d'épaisseurs importantes. De ce fait, la réduction des sollicitations thermiques induites limite l'apparition de fissuration et de faïençage.

Le fût cylindrique, ainsi que la cage d'escaliers du château d'eau sont en béton armé et seront exécutés par l'utilisation d'un coffrage grimpant. Ce type de coffrage permet la réalisation de tranches verticales successives du fût et permet d'obtenir un parement de béton brut de décoffrage de haute qualité d'aspect.

Les coffrages des dalles et poutres au niveau des cuves à eau reposeront sur les voiles du fût et de la cage d'escaliers ce qui permettra d'éviter un échafaudage pour supporter ces coffrages.

L'ouvrage sera fondé sur le substratum de consistance ferme à dure (marne ferme). La pression sous la fondation est supérieure à 300 kN/m² (360 kN/m²). C'est pour cette raison que l'ouvrage ne nécessite pas une fondation sur pieux.

TECHNIQUES

Le château d'eau sera alimenté depuis le réseau du SEBES, ainsi qu'éventuellement par un forage futur. Les tuyauteries du château d'eau seront toutes réalisées en acier inoxydable tandis que les pièces spéciales seront exécutées en fonte ductile.

La chambre à vannes inférieure reprendra toute l'installation de comptage pour les deux alimentations séparées ainsi que pour la distribution vers le réseau du nouveau quartier. Des conduites de by-pass sont prévues entre les adductions et la conduite de distribution afin de garantir une alimentation en cas de problèmes sur le château d'eau. Dans le cas d'une alimentation directe depuis le réseau SEBES, un réducteur de pression protégera le réseau de distribution de pressions trop élevées. Toutes les vannes sont des vannes-moteurs qui peuvent être commandées depuis un panneau central sans avoir à recourir à une manipulation manuelle. Toutes les conduites seront équipées de robinets de prise d'échantillon pour contrôler la qualité de l'eau à tout moment.

La chambre à vannes supérieure est destinée à reprendre toutes les vannes sur les conduites d'adduction, de distribution et de vidange. La conduite de vidange / trop-plein sera équipée d'un clapet anti-retour. Deux conduites supplémentaires y aboutissent depuis la chambre inférieure pour y amener les eaux pour des travaux de nettoyage ainsi que pour évacuer d'éventuels produits chimiques de ce processus. Les cuves peuvent être isolées entre elles et les conduites de distribution sont équipées de crépines. Les cuves seront étanchéifiées par l'application d'un cuvelage en tôle d'acier inoxydable.

L'alimentation dans les cuves se fait par le biais de tuyaux sous forme de tulipes situées au-dessus du niveau d'eau. Les cuves présentent des aérations latérales qui seront équipées de filtres à air afin de protéger l'eau potable de toute pollution.

En vue de contrôler efficacement le bon fonctionnement de l'ouvrage les paramètres suivants sont enregistrés et contrôlés à distance:

- _niveau d'eau dans les cuves avec niveaux d'alertes
- _débits d'adduction et de distribution
- _état des équipements (marche, arrêt, position, alarmes)
- _valeur pH, conductivité et turbidité (pour le forage)



Weithin sichtbar steht der Wasserturm in exponierter Lage am Rand eines bebauten Gebiets und ist nicht von Nachbargebäuden umgeben. Von den vorbeiführenden Autobahnen haben die Autoinsassen sowohl aus weiter Entfernung als auch aus der Nähe einen ungehinderten Blick auf die gesamte Höhe des Turmes.

LICHTKONZEPT WASSERTURM CLOCHE D'OR_

LichtKunstLicht

Da der eigentliche funktionelle Kern des Wasserturms, der zur Aufnahme des Wasservorrats und der notwendigen Technik dient, von den Architekten mit einer sehr markanten zweiten Außenfassade geplant ist, wird der Turm am Tag schon aus größerer Entfernung auffallen und den Autofahrern veranlassen, immer wieder kurz zum Turm hinzuschauen. Dabei wird die zylindrische Form, vor allem aber die zugleich ungewöhnliche und attraktive Struktur der äußeren Fassadenhülle positiv auffallen, in Erinnerung bleiben und zu einem hohen Wiedererkennungseffekt führen.

Der Beleuchtungsentwurf sieht daher vor, die innere Fassade des funktionellen Gebäudekerns über die gesamte Höhe auszuleuchten, so dass die äußere, nicht angestrahlte Fassadenstruktur, auf Grund des wahrnehmbaren Hell-Dunkel-Kontrasts ablesbar bleibt. Der spannenden Wechselbeziehung zwischen dem statisch ruhenden, massiven Betonkern und der filigran angebundenen äußeren Hülle mit ihrer dynamisch wirkenden Fassadenstruktur wird durch die Ausleuchtung der Betonwand am ehesten entsprochen.

Die dynamische Fassadengestaltung und das Betrachten des Gebäudes aus dem vorbeifahrenden Auto führten zu den weiteren Überlegungen, die Betonwand nicht unveränderlich homogen auszuleuchten, sondern mit einem dynamischen Lichtsystem verschiedene Helligkeits- und Farbvariationen in ruhigen Bewegungssequenzen zu inszenieren. Dazu werden in relativ gleichmäßigen Abständen LED-Leuchten auf die dem Betonkern zugewandte Seite der äußeren Fassadenstruktur montiert. Sie bilden so quasi als dritte Fassadenschicht eine Medienfassade, die mit einer videofähigen zentralen Ansteuerung die Fassade des Betonkerns rundum mit dynamischen Lichtszenen bespielen kann.

Die einzelnen LED-Leuchten und die dazugehörige Daten- und Stromversorgung haben eine für die Witterungseinflüsse im Außenbereich ausreichend hohe Schutzart und werden ab der Dämmerung über einen Helligkeitssensor automatisch eingeschaltet und über den Dämmerungsverlauf in ihrer Lichtstärke gesteuert, damit sich ein weitgehend gleichmäßiger Helligkeitseindruck vermittelt. Bei den programmierten dynamischen Lichtszenen wird zudem darauf geachtet, dass keine zu starken Helligkeitsschwankun-

gen oder zu abrupte Farbwechsel die Aufmerksamkeit des Autofahrers erzwingen. Die Videosequenzen generieren eher ruhige Farbübergänge und einen langsamen Wechsel von Helligkeiten, die aber für den Autofahrer immer noch wahrnehmbar sind.

Wie auf den Abbildungen ersichtlich, bietet die Medienfassade die Möglichkeit, neben einer eher homogenen, flächigen Ausleuchtung des inneren Gebäudekerns in einer Grundfarbe bzw. einem Farbverlauf auch mit einer dynamischen Bespielung die Dynamik der äußeren Fassadentextur aufzugreifen und mit ihr auf spannende Weise zu arbeiten. So können Bewegungen mit linearen Lichtflächen auf der inneren Fassadenwand die äußere Struktur sichtbar und auch wieder unsichtbar erscheinen lassen. Ein einfacher Helligkeitsverlauf von unten nach oben lässt das Gebäude für den Betrachter dem Anschein nach aus dem Boden erwachsen. Ein Helligkeitsverlauf von oben nach unten kehrt die gewohnte Anmutung eines hohen Turmes um und agiert spielerisch mit der Schwerkraft des massiven inneren Gebäudekerns.

Natürlich lassen sich durch entsprechende Farbigkeit und bewegte Oberflächensimulationen auch der inhaltliche Bezug zum Thema Wasser oder allgemeine energetische Zustände innerhalb der Fassadenstruktur inszenieren.

Bei allen denkbaren Möglichkeiten gilt es zu beachten, dass die dynamische Inszenierung nie zum visuellen Selbstzweck wird, sondern immer inhaltlich und gestalterisch mit der Architektursprache verbunden bleibt. Der am Tage auffallende Baukörper soll nachts seine lichtplanerische Entsprechung finden. Diese darf auch, als immaterielle Ausformung, inszenatorisch über die Fassadengestaltung hinaus weiterführende Ausblicke zeigen, die Grundlage sollte aber stets der Wasserturm als Gebäudetyp und seine entworfene Architekturgestalt sein.



L'implantation du château d'eau dégage un espace en front de rue et lui procure une échelle humaine. Le niveau du trottoir est prolongé jusqu'au pied de l'édifice. Le bâtiment devient alors l'arrière-fond d'une place urbaine qui permet aux gens qui travaillent aux alentours de se ressourcer à l'heure du déjeuner et aux résidents de s'approprier leur parc comme équipement de quartier.

UNE PLACE POUR TOUS_

METAFORM atelier d'architecture



Le château d'eau à différentes échelles

En dehors de sa fonction technique, l'Ouvrage, par ses dimensions et sa forme générale, peut être apprécié à différentes échelles:

Tout d'abord, **l'échelle de l'autoroute**, cet axe international qui permet à la Ville de Luxembourg de s'affirmer. Le château d'eau y joue le rôle de symbole de «porte de la Ville». Ensuite, **l'échelle du quartier** et du parc avec les reflets grâce au principe de miroir du château d'eau. Le chemin piéton et cyclable traverse l'édifice qui se greffe ainsi de façon naturelle au nouvel espace paysager. Il participe à l'ambiance et au caractère du parc.

Découvrir un parc à vol d'oiseau

Au Grand-Duché, rares sont les occasions permettant de contempler un paysage du haut d'un observatoire.

La conception d'un château d'eau, dont la hauteur dépasserait les 50 mètres, présente une occasion unique de créer une interaction entre l'ouvrage et son environnement. La courbure du volume des cuves ainsi que l'utilisation d'un matériau miroitant (inox poli miroir) offrent à chacun la possibilité de contempler, de jour comme de nuit, un paysage en perpétuel mouvement (parc, rues, au-

toroute, etc.). Ainsi, suivant la position de chacun, le reflet de l'environnement se verra évoluer grâce à cette surface miroitante.

Perception du parc au-delà des obstacles

Le futur aménagement paysager se voyant inévitablement interrompu par la construction du boulevard Kockelscheuer, notre construction se veut offrir une image de continuité. Cette surface miroitante offrira à tous la vision de l'existence de l'homogénéité du parc, au sein du parcours pédestre autrement invisible, car coupé par le boulevard. Les usagers de l'autoroute se rendront compte, quant à eux, de l'existence d'un magnifique parc à quelques mètres à peine. Le château d'eau devient dès lors un **appel à la découverte d'un quartier et de son environnement**.

Un pôle d'attraction

La place créée peut ainsi étendre ses fonctions en se transformant en lieu d'événements de la Ville de Luxembourg et en étant le support de manifestations sportives ou culturelles de plus grande envergure (Expl: Marathon, course cycliste, etc.). Le château d'eau appartient au nouveau parc non seulement de par son implantation mais aussi et surtout de par sa volumétrie. Son architecture singulière devient un réel pôle d'attraction qu'il s'agit d'atteindre. La végétation en-dessous de l'ouvrage fait partie intégrante du concept paysager de tout le parc et n'appelle pas à un traitement spécifique. Les plantations se développent de manière naturelle le long du chemin.

Concept

Le concept de la structure du château d'eau est très simple : une poutre en acier de section tubulaire qui contient les deux cuves dans le sens longitudinal et qui est appuyée sur deux noyaux en béton à une hauteur de 55m. A la base du projet, il y a une volonté d'utiliser les matériaux de façon efficace, chaque élément remplit plusieurs fonctions.

Section cuves

La tôle en acier inoxydable qui sert à contenir l'eau des cuves forme la section tubulaire de la poutre. La section tubulaire est divisée dans le sens longitudinal pour donner





deux cuves indépendantes. De cette façon, les deux cuves sont accessibles par le même noyau.

La géométrie de la section est le résultat d'une recherche de forme (form-finding) qui s'opère sur la tôle sous le poids maximum de l'eau. La méthode « force-density » est utilisée pour ce processus, qui optimise la forme de la tôle inférieure afin de réduire les contraintes. La forme finale ainsi obtenue est une caténaire, l'optimisation permet d'utiliser la matière de façon plus efficace.

La tôle intérieure qui forme les cuves a une épaisseur de 6mm sur son périmètre. Elle est enveloppée par une isolation de 50mm et ensuite sont posées les tôles de finition en inox poli d'une épaisseur de 4mm.

Des raidisseurs dans le sens transversal sont prévus pour renforcer la section, notamment sur la face supérieure qui est en compression. La paroi-diaphragme centrale qui sépare les deux cuves est également raidie pour pouvoir reprendre la pression hydrostatique dans le cas où une cuve est vidée. Des raidisseurs dans le sens longitudinal sont prévus en forme de T pour faciliter la pose de l'isolant et des panneaux de finition en inox poli. Ainsi, les panneaux de finition participent également à la stabilité sur la face inférieure tendue en tant que tôle collaborante.

Le système statique est celui d'une poutre sur deux appuis rotulés. Les parois longitudinales intérieures qui servent à la circulation de l'eau (chicanes) sont prolongées en-dehors des cuves et prennent appui sur les voiles en béton des noyaux.

Section noyaux

Les deux noyaux en béton armé servent de colonnes à la poutre en acier et sont encastrés en base. Leur section est une anamorphose de la section des cuves en gardant la même largeur de 11m, ce qui facilite le raccord à l'interface entre les deux matériaux. L'inertie de la section béton est plus importante dans le sens perpendiculaire à l'ouvrage, ce qui permet de résister aux efforts de vent sur la face la plus exposée. Dans le sens parallèle à l'ouvrage, et en considérant un vent sur les deux noyaux, les déplacements en tête sont de l'ordre de 120mm à l'ELS ce qui est inférieur au critère visuel de $H/300$. Les noyaux sont encastrés en

base en rotulés en tête, ce qui implique que la dilatation des cuves est reprise par un déplacement latéral des noyaux. Les noyaux peuvent largement reprendre les contraintes provoquées par cet effet.

Construction / Montage

Les deux noyaux en béton seront construits d'abord en béton coulé sur place à l'aide d'un coffrage grim pant (1). L'élément poutre en acier contenant les cuves sera entièrement assemblé au sol à partir des tôles préformées en atelier (2). Cet élément sera ensuite levé à l'aide de vérins positionnés en tête des noyaux jusqu'à sa hauteur finale (3). Une fois l'élément positionné, il est connecté sur les noyaux au moyen d'un boulonnage qui se fait à partir de la plate-forme d'accès technique au dernier niveau des noyaux. Cette méthode permet un montage rapide et assure un niveau de **sécurité élevé** sur le chantier puisque les finitions sont appliquées sur l'élément au sol et les travaux en hauteur sont très limités. Les escaliers à l'intérieur du noyau d'accès sont métalliques et sont placés au fur et à mesure de la construction de la structure béton. De cette façon, **il n'est pas nécessaire de prévoir de grue à grande hauteur sur le chantier**.

Fondations

Le rapport de sol produit par Eurasol en septembre 2012 indique que le substratum est composé de marnes à différents degrés d'altération. Un système de fondations profondes est adopté pour ce projet, d'une part pour palier au risque de gonflement du sol et d'autre part pour reprendre efficacement les charges de compression et de moment à la base des noyaux. Suivant les recommandations du rapport, il est prévu d'utiliser des pieux forés d'une longueur de 15m pour être sous la profondeur critique. Les pieux sont disposés de telle façon à assurer que sous le poids propre de la structure aucun pieu ne soit en traction. Un total de 64 pieux est prévu avec un diamètre de 70cm et un espacement minimum de 2,1m.

Entretien

Le projet est conçu de manière à réduire au maximum la nécessité d'entretien. La face inférieure des cuves n'est pas



élévation sud

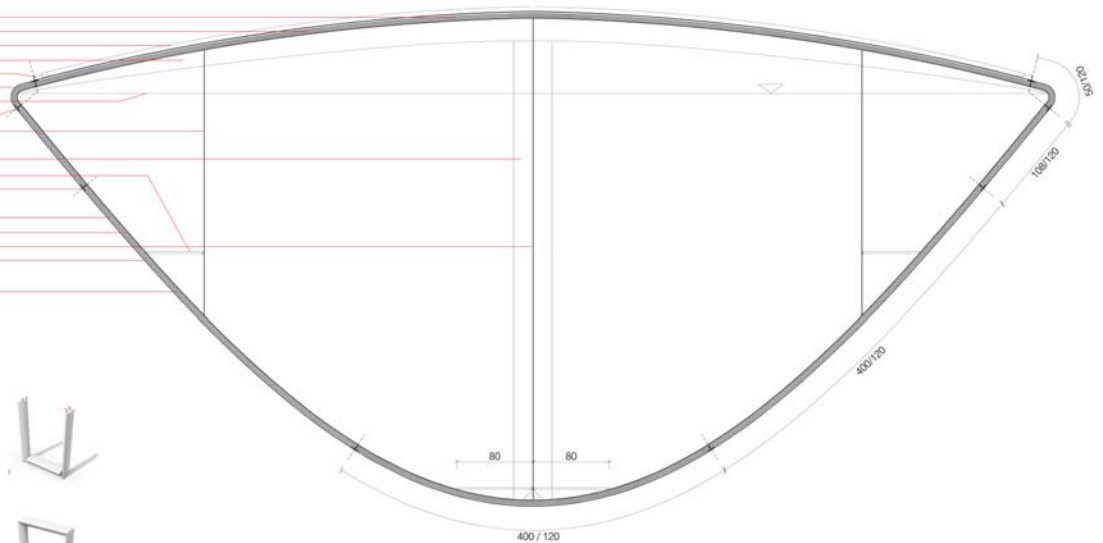
élévation ouest

cupe cuves

- isolation thermique en polystyrène expansé 50mm
- raidisseur extérieur 50mm
- tôle trapézoïdale de finition
- raidisseur intérieur h. max. 200mm
- récupération des eaux pluviales
- élément de finition en inox poli miroir pré-cintré
- niveau maximum d'eau
- cornière en "L" comme casse-gouttes
- plat en acier inoxydable permettant la circulation de l'eau dans la cuve. Ces éléments servent de poutre d'appui
- raidisseur intérieur
- plateforme horizontale pour entretien et circulation
- raidisseur longitudinal servant de support pour la fixation des tôles de finition
- isolation thermique en polystyrène expansé 50mm
- paroi intérieure inox 6mm
- séparation des cuves. Plat acier inoxydable de 6mm
- revêtement extérieur (inox poli miroir) 3mm. Ces panneaux participent à la stabilité de l'ouvrage
- raidisseur extérieur 50mm



montage



exposée à l'humidité, les tôles formant une surface continue en acier inoxydable. Aussi bien l'acier inox que le béton apparent, tous deux sont des matériaux qui résistent très bien au passage du temps et n'ont pas besoin d'être entretenus. Les parties exposées de l'ouvrage, c'est-à-dire la face supérieure et les raccords entre les deux matériaux, sont accessibles facilement à partir des plateformes prévues à cet effet.

Avantages techniques

Les installations électromécaniques et de fontainerie du château d'eau, placées dans la chambre à vannes au sol, permettent une facilité d'intervention pour toutes les manœuvres nécessaires à la gestion et au pilotage de l'ouvrage. Notons par ailleurs que la commande des vannes

principales peut se faire à distance. Au niveau des cuves, les vannes manuelles sont d'accessibilité aisée pour les opérations plus importantes d'entretien. Les cuves sont accessibles via des portes étanches permettant le passage du matériel de nettoyage. La circulation dans les cuves en acier inoxydable est sécurisée par des caillebotis antidérapants. Ceux-ci sont amovibles pour le nettoyage et la désinfection totale des cuves. Les observations de routine sont réalisables par des fenêtres situées au-dessus du niveau de l'eau. Sur ce palier, les travaux de manutention lourds sont facilités par l'arrivée d'un monte-charge. Il est à remarquer que l'accès à cette chambre intermédiaire avant les cuves peut être fermé aux visiteurs se rendant sur la plateforme d'observation.

La croix grecque, formée de quatre branches égales, est à l'origine de la conception de notre proposition pour le château d'eau de Gasperich. En découpant la croix en deux parties égales on obtient les deux structures permettant de porter chacune un réservoir d'eau. L'espace entre les deux structures (placées pour ainsi dire dos à dos) intègre toutes les liaisons verticales, à savoir l'escalier, le monte-charge, les tuyaux et les gaines. Cet espace est éclairé naturellement. Le vitrage transparent permet au passant d'entrevoir le fonctionnement du château d'eau depuis l'extérieur. La fente entre les deux parties de tour est orientée exactement dans l'axe nord-sud. Quand le soleil traversera la tour il sera midi précis.

LE CHÂTEAU D'EAU DE GASPERICH_

Paul Bretz Architects



L'implantation

Le château d'eau est placé au milieu de la parcelle dans un bassin d'eau de forme circulaire. Les accès sont dimensionnés de façon à ce que les camions et voitures de service puissent accéder aisément à tout endroit. Les accès des locaux techniques sont orientés vers la rue. Les bassins d'eau accusent une profondeur de seulement 4 centimètres. En cas de nécessité, des manoeuvres de véhicules y sont possibles. Ils servent à la rétention et à l'évacuation des eaux de pluie provenant de la tour et des surfaces au sol. Le miroitement de la tour dans l'eau renforcera l'élégance de la construction.

L'organisation des niveaux et des fonctions

La tour, en forme de croix grecque, s'inscrit dans un carré dont la base sert de socle regroupant tous les locaux techniques nécessaires au niveau de l'esplanade d'accès au bâtiment. Seuls les raccords d'eau se trouvent à un niveau inférieur et sont facilement accessibles depuis la chambre à vannes. Les réservoirs d'eau sont placés de façon à ce que le niveau d'eau puisse varier exactement entre les côtes 349,00 et 355,00. Chaque réservoir peut contenir 500 m³.

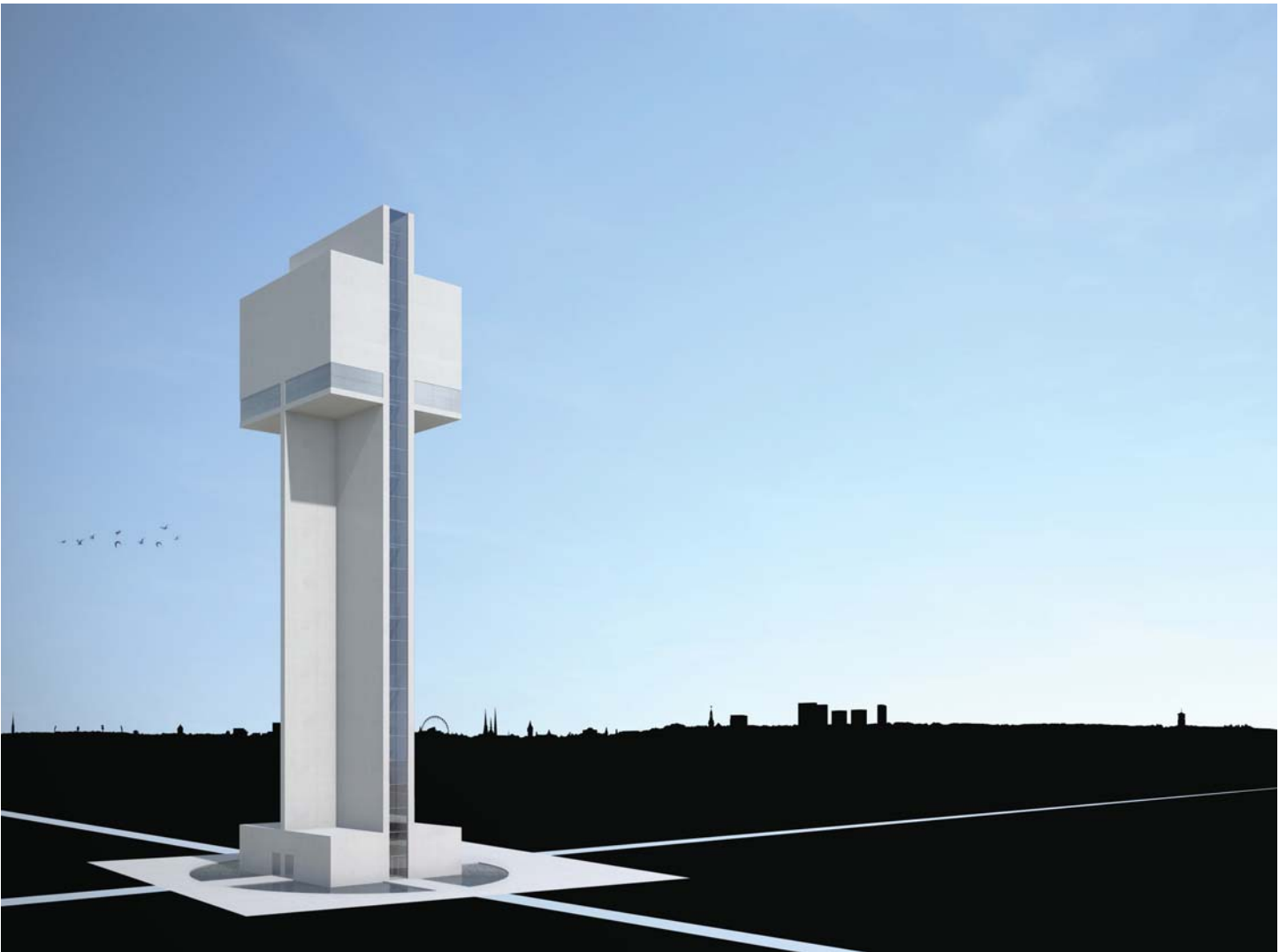
Ils sont isolés thermiquement sur leurs faces exposées au climat extérieur. Les cuves des réservoirs sont accessibles par une porte étanche. Ils peuvent aussi être inspectés depuis l'extérieur par une fenêtre située au-dessus du niveau d'eau maximal. L'étanchéité des réservoirs est assurée par un double dispositif. Tout d'abord par une dalle de fond et des voiles périphériques en béton étanche ("weisse Wanne"), ensuite par une double membrane d'étanchéité extérieure collée à chaud sur la dalle support inférieure, respectivement sur les voiles périphériques avant bétonnage des réservoirs. Ce double dispositif garantit une parfaite étanchéité et permet de renoncer à des couloirs d'inspection en périphérie des réservoirs.

Sous les réservoirs se trouve un niveau supplémentaire répondant à deux fonctions différentes. Il abrite, de chaque côté de la fente, un local technique en relation avec le réservoir d'eau respectif. Ce local est accessible séparément et très facilement depuis un palier intermédiaire. Y sont aménagés le contrôle de la distribution d'eau et les filtres de l'aération des cuves. Sur ce même niveau, sur toute la périphérie de la tour, un espace généreux et très facile d'accès est destiné à recevoir les équipements de télécommunication tant actuels que futurs des opérateurs GSM.

Le choix de placer l'aménagement des antennes sous les réservoirs d'eau résulte du fait que l'émission des antennes n'est plus efficace à des hauteurs trop élevées. La paroi extérieure du local des antennes, réalisée avec des panneaux en GRP (glass reinforced polyester) fixés sur une ossature métallique évite une détérioration de l'image de l'ouvrage par les équipements de télécommunications. Au-dessus des réservoirs on passe par un tube vitré qui donne accès et relie les deux terrasses panoramiques au sommet du château d'eau. D'une manière générale, les accès aux différents locaux techniques, aux réservoirs et à la toiture terrasse sont aménagés de plein pied depuis les différents niveaux de façon à donner à l'ouvrage une fonctionnalité optimale.

Les matériaux

Le château d'eau est réalisé complètement en béton vu brut de décoffrage. Tout l'ouvrage est calepiné de façon à pouvoir être réalisé par l'addition de panneaux de cof-



frages de dimensions identiques. Les banches constituant le coffrage grimpant sont réalisées par un assemblage de panneaux mesurant 1,20 m x 2,40 m. Le recours au béton vu architectonique et à des formes simples mais élégantes confèrent à l'ouvrage une grande rationalité avec en corollaire favorable une réduction des coûts de construction et de maintenance. La fente entre les deux voiles en béton est fermée par un vitrage transparent. Les vitres sont intégrées dans des châssis en aluminium eux-mêmes encastrés dans le béton. La partie supérieure de la fente est couverte par le même vitrage. Toutes surfaces vitrées sont étanches aux intempéries. La partie horizontale en toiture reçoit une protection solaire en forme de lamelles en aluminium orientables.

La qualité des matériaux

Les voiles prévus en béton vu architectonique de qualité supérieure seront réalisés avec du béton de résistance C30/37 catégorie 3 suivant EN 206-DNA Luxembourg.

Une mise en oeuvre rigoureuse et soignée des coffrages et du béton garantit un résultat répondant tout à la fois aux critères de résistance, de facilité de maintenance et de qualité esthétique et constitue la réponse la plus rationnelle aux objectifs à atteindre. Les éléments structuraux de la cage d'escaliers (volées d'escaliers, paliers et planchers intermédiaires) sont prévus en acier galvanisé à chaud de qualité S235.

La reprise des charges verticales

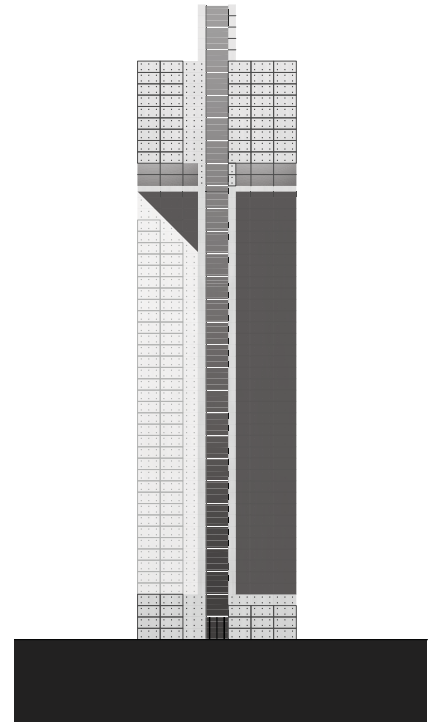
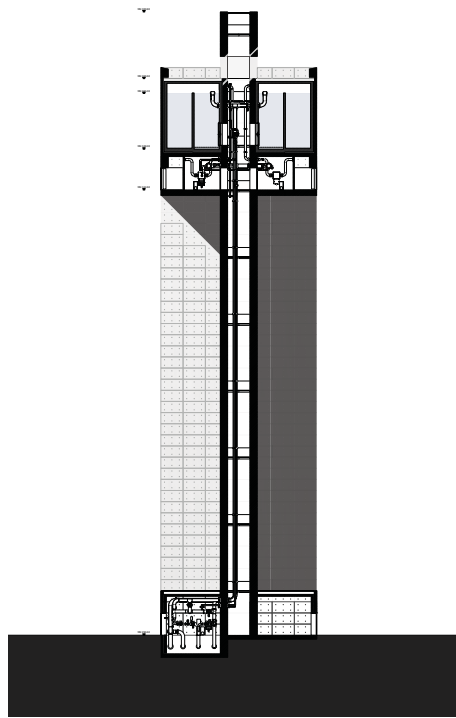
Le château d'eau est constitué de deux demi-tours symétriques par rapport au plan vertical central. La descente des

charges verticales est assurée de manière autonome pour les deux parties supportant chacune un réservoir de 500 m³ de capacité.

Les réservoirs sont des "boîtes" fermées autonomes et sont désolidarisés de la structure portante principale par des joints, respectivement par de l'isolation thermique à haute résistance en compression sous la dalle inférieure et contre les voiles exposés au climat extérieur. Le transfert des charges verticales au pied des voiles des réservoirs de fait au moyen de blocs spéciaux isolants type "Novomur" pour éviter de créer des ponts thermiques à ces endroits.

Les bassins prennent ainsi appui sur une dalle support (niv. $\pm 348,50$), elle-même raidie par les voiles extérieurs de la tête d'ouvrage qui travaillent en porte-à-faux par rapport aux voiles porteurs en forme de double T de la section courante du fût. Les deux dalles planchers (niv. $\pm 346,00$) des locaux techniques aménagés sous les réservoirs pour les antennes et les équipements techniques prennent également appui sur les murs porteurs du fût ainsi que sur des suspentes métalliques en inox supportant les 2 angles libres de ces dalles. Ces tirants sont eux-mêmes accrochés aux voiles périphériques extérieurs de la tête de l'ouvrage.

Les voiles du fût, d'une épaisseur de 80 cm gardent une allure élancée du fait de leur grande hauteur. La stabilité au flambement et au déversement de ceux-ci est assurée par la section en double T. Les charges verticales en pied d'ouvrage sont transférées directement par un système de longrines sur des lignes de pieux de diamètre 150 cm aménagées sous les voiles porteurs principaux. Cette disposition évite des phénomènes de flexion du radier et de tasse-



ments différentiels; les pieux d'entraxes réduits sont prévus de travailler essentiellement en pointe à une profondeur de l'ordre de 14 mètres.

La stabilité sous les efforts horizontaux

La stabilité d'ensemble de l'ouvrage sous les efforts de vent et les charges dissymétriques (réservoirs vide/plein) est assurée efficacement par les 4 voiles verticaux du fût de l'ouvrage.

Les planchers intermédiaires aménagés à intervalles réguliers dans la cage d'escalier centrale forment diaphragmes et assurent un fonctionnement statique solidaire des deux parties symétriques de la tour. De par les dispositions et les dimensions des voiles porteurs, les déplacements horizontaux en tête restent négligeables.

Les efforts de compression, respectivement de traction, apparaissant en pied d'ouvrage sous les effets des charges horizontales et/ou dissymétriques sont équilibrés directement par les pieux de fondation.

Technische Erläuterung

Die Befüllung der Wasserkammern erfolgt über zwei Zuläufe DN 300, durch die Sebes bzw. einem Tiefbrunnen. Der statische Vordruck der Sebes Leitung beträgt 170 mWs. Da der notwendige Fließdruck zur Befüllung der Wasserkammern bei 65 mWs liegt, kommt eine Turbine mit folgender Auslegung zum Einsatz:

Durchfluss: 100 m³/h

Statischer Vordruck: 170 mWs

Hinterdruck: 65 mWs

Elektrische Leistung: 30 kW

Fabr.: KSB

Der Festlegung des Durchflusses erfolgte unter Berücksichtigung der größtmöglichen kontinuierlichen Laufzeiten, kann aber nach Absprache entsprechend angepasst werden.

Der Einsatz der Turbine erfordert zwei über Elektroantriebe absperzbare Zulaufschienen. Beide Schienen erhalten ein über Drehantrieb gesteuertes Ringkolbenventil. Auf der Turbinenseite wird hierdurch das Anfahren geregelt, auf

der Seite der direkten Einspeisung die Druckminderung für den Fall einer Störung/Wartung der Turbinen. Für eventuell auftretende Stromausfälle wurde eine entsprechend große USV-Anlage im Elektroschaltschrank vorgesehen.

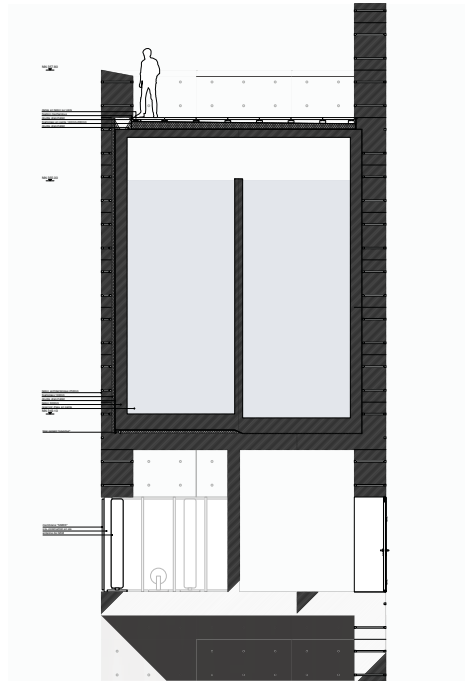
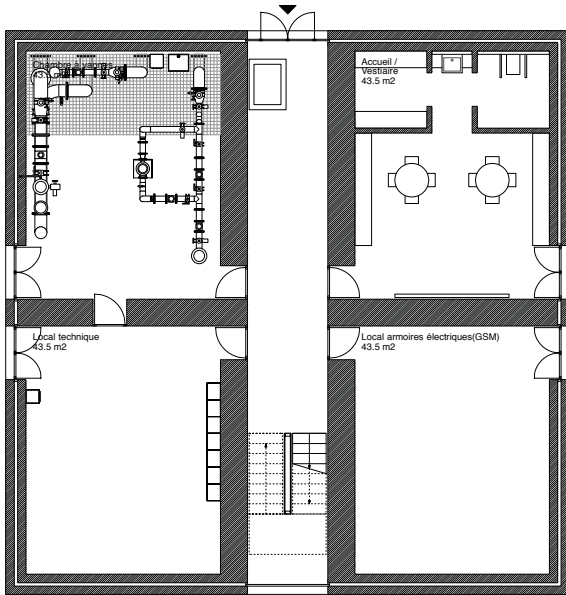
Beide Zuleitungen, die Sebes-Leitung nach den Druckminderern, erhalten eine, über Elektroantriebe absperzbare und durch Rückschlagklappen gesicherte, Verbindung zur Entnahmeleitung als Noteinspeisung.

An dieser Noteinspeisung schließt die Betriebswasserleitung an. Dadurch besteht die Möglichkeit die Leitung bei Bedarf in Betrieb zu nehmen und auch wieder zu entleeren, Totstrecken werden vermieden. Die Leitungsführung des Betriebswassers erfolgt bis unter die Wasserkammern in DN 100, danach in DN 50. Hierbei steht zum einen ein Anschluss in Höhe des Arbeitsraums unter den Wasserkammern, als auch ein Anschluss vor den Drucktüren zu den Wasserkammern zu Verfügung.

Die Be-/Entlüftung der Wasserkammern erfolgt getrennt über jeweils einen Huber LüftungsfILTER L 361, mit Sicherheitsventil zur Vermeidung von Über-/Unterdruck. Zur Gewährleistung der ausschließlichen Be-/Entlüftung der Wasserkammern über die Filteranlagen, erhält die Überlaufleitung DN 350 für jede Kammer einen Siphon mit über Magnetventilen und Druckaufnehmern gesteuerter Frischwassernachspeisung/ Entleerung. Die Trennung zum Kanal wird im Erdgeschoss mit einer Rückschlagklappe vor dem Gebäudeaustritt sichergestellt.

Die Entleerungsleitung schließt unterhalb der Wasserkammern in der Dimension DN 150 an die Überlaufleitung an, und erhält für jede Kammer eine Leckagemessung mit Sammeltopf und Vibrationsgrenzscharter. Etwaige Undichtigkeiten der Absperrklappen fallen hierdurch sofort auf.

Um Platz und Kosten zu sparen erfolgt der Anschluss der Regenwasserleitung DN 100 ein Stockwerk unterhalb der Wasserkammern in die Überlauf-/Entleerungsleitung. Eine Rückspülung in die Anschlüsse der Entleerungsleitung und den Überlaufsiphonen ist dadurch ausgeschlossen. Auf Wunsch kann die Leitung auch komplett getrennt aus dem Gebäude geführt werden.



Die Chemikalienleitung DN 80 verläuft durchgehend vom Erdgeschoss bis zur Ebene unterhalb der Wasserkammern. Eine entsprechende Anpassung in der Leitungsführung sowie Einbau von Armaturen kann gerne nach Klärung der technischen Details stattfinden. Eine Platzreserve für die Lagerung von Chemikalien, Dosierstation und Messstellen wurde im Schaltschrankraum, welcher über einen Durchgang mit der Schieberkammer EG verbunden ist, vorgesehen.

Die ungehinderte Zugänglichkeit aller Armaturen hatte bei der Planung der Leitungsführung oberste Priorität. Daher erfolgte die Anordnung der Entnahmeleitung DN 400 mit Armaturenrampe und darunterliegender Entleerungs-/Überlaufeitung DN 350 auf der rechten Seite der Schieberkammer EG. Die Armaturenrampe der Zuleitung Tiefbrunnen DN 300 verläuft quer zur Stirnseite, danach erfolgt eine Sprung nach oben, unter Weiterführung der Leitung über der Achse der Entnahmeleitung.

Da der Zulauf der Sebes aufgrund des Turbineneinsatzes einen entsprechenden Raum beansprucht, wurde die gesamte linke Seite der Schieberkammer EG hierfür frei gehalten.

Die Umsetzung dieses Konzepts erfordert in der Schieberkammer EG den Einsatz von platzsparenden Zwischenbau-Absperrklappen als Endarmaturen, welche aus technischer Sicht gleichwertig zu den Exzenter-Absperrklappen sind.

Der Leitungseintritt erfolgt mit einer Erdüberdeckung von 1,2 m, in einer mit Gitterrostenabgedeckten Vertiefung der Schieberkammer EG. Die Leitungen springen sofort im Bogen nach oben, die Armaturen liegen alle im Niveau EG. Für eventuell erforderliche Montagen/Demontagen wurde ausreichend Platz in der Eintrittsebene vorgesehen.

Allgemeines

Zulauf- und Entnahmeleitungen erhalten am Ein-/Ausgang des Gebäudes Be-/Entlüftungsventile, Spülanschlüsse und Probenahmehähne. Vor dem Ein-/Ausgang der Wasserkammern wurden ebenfalls Probenahmehähne vorgesehen. Die Anordnung der Hähne erfolgt zentral über einem Ausgussbecken in den jeweiligen Etagen.

Alle Armaturenrampen sowie Leitungsabschnitte können getrennt entleert werden.

Um die problemlose Zugänglichkeit und Betätigung der Armaturen in der Schieberkammer EG, sowie den Bedienebenen unter den Wasserkammern zu gewährleisten, wurde in diesen Räumen auf eine Leitungsisolierung verzichtet. Eventuelle Kondensatbildung wird hier durch Luftentfeuchter unterbunden.

Die Absperrklappen mit Elektro-Antrieb wurden mit Automatic AC 01.2, sowie Profibus DP ausgestattet. Alle Klappen mit Handrad und Getriebe erhalten eine visuelle Stelungsanzeige sowie bei Bedarf Endlagenschalter.

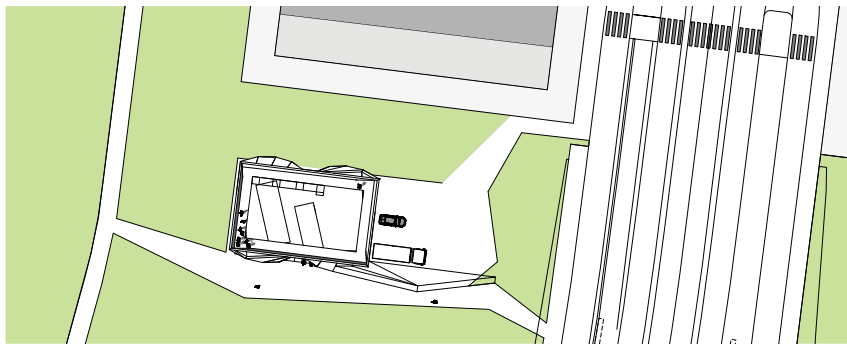
Die Messung und Regelung des Höhenstands in den Wasserkammern erfolgt über Ultraschall, Alarmgebung über Vibrationsgrenzscharter. Diese wurden ebenfalls für den Alarm Wassereintrich vorgesehen.

Die Fördermengen werden über MID in Kompaktbauweise und Profibus DP, wie z.B. Endress und Hauser Promag 53 W erfasst.

La flexibilité maximale intégrée repose sur l'observation des châteaux d'eau anciens et récents qui tous ont fait l'objet à travers le temps d'adjonctions techniques diverses et imprévues au moment de la construction.

CHÂTEAU D'EAU CLOCHE D'OR_

STEINMETZ DEMEYER architectes urbanistes



Le projet pour ce château d'eau repose sur deux idées maîtresses:

_flexibilité maximale intégrée

_point de repère gracieux dans le paysage proche et lointain

Le schéma d'un *noyau central entouré d'une structure portante externe, enveloppante*, permettra dans le futur proche et lointain d'accueillir des équipements ou des infrastructures que nous ne pouvons prévoir à ce jour.

Un pied large et généreux complété d'un sommet de mêmes dimensions assurera les réserves en surfaces et en volumes pour accueillir des installations futures, sans nuire à l'aspect extérieur de cet ouvrage d'art, repère important dans le paysage proche et lointain.

Le noyau central est l'épine dorsale qui portera les flux verticaux jusqu'au sommet de la tour: le monte-charge au milieu, les tuyaux d'eau d'un côté et les câbles électriques et d'antennes de l'autre côté.

Au rez-de-chaussée la chambre à vannes profite d'un accès direct, de plein pied depuis l'aire de livraisons des camions 26T. Cette chambre à vannes dispose encore d'une fosse pour raccordements couverte d'un caillebotis, pour vérifications ou interventions faciles aux différentes entrées et sorties, d'aujourd'hui et de demain.

Le local technique électricité est situé de l'autre côté du noyau central, facilitant les transferts à l'épine dorsale sans croisements avec les autres installations.

En face du monte-charge le voile de la structure externe pourra servir de mur d'exposition pour les visiteurs, pour

afficher des panneaux didactiques sur le projet, sa construction, ses équipements, les circuits d'eau depuis SEBES ou depuis des forages de captage d'eau dans les environs...

Au sommet les deux cuves d'une capacité totale de 1000 m³ sont prévues chacune en U avec un voile central garantissant le flux entre l'entrée et la sortie d'eau.

Les dispositifs de ventilation des deux cuves d'eau sont prévus le long du voile arrière du noyau, permettant un accès facile aux filtres dans un placard prévu à cet effet au niveau de la toiture plate.

Directement en-dessous du réservoir d'eau se trouve le local à vannes et de raccordements entre les deux cuves et le noyau central.

Les deux cuves d'eau ainsi que ce local à vannes profitent chacun d'un accès direct et de plein pied depuis des arrêts dédiés du monte-charge, de manière à permettre des interventions et fournitures faciles à tous les niveaux.

Le monte-charge continue sa course jusqu'au niveau de la plateforme sur réservoir, qui est destinée à accueillir les installations techniques des fournisseurs d'antenne GSM.

La plateforme au sommet devient ainsi cette aire technique flexible et adaptable, destinée aux antennes et aux paraboles connues aujourd'hui et à celles de demain. Les locaux fermés pour les tableaux pourront être déposés sur cette plateforme comme des containers et les câbles tirés en périphérie vers les antennes et radars à disposer dans les grandes ouvertures triangulaires au sommet, dans les quatre directions, derrière des parois en polycarbonate compatibles avec les ondes en question.

Les groupes de visiteurs pourront à partir de cette plateforme continuer leur parcours jusqu'au sommet de la structure enveloppante pour admirer depuis une coursive intérieure les paysages spectaculaires sur la Ville et les environs lointains.

Notons encore qu'outre la grande flexibilité cette construction qui rassemble l'enveloppe et la structure en un seul ouvrage se passe de bardages ou d'habillages difficiles à mettre en œuvre sur de telles hauteurs et donc onéreux tant à la réalisation qu'à la maintenance. C'est précisément le *souci d'optimisation et d'économie des moyens de construction qui poussent à l'essentiel*, ici, la simplification



pour une structure enveloppante en béton armé clair, qui devient véritable ouvrage d'art avec toute la profondeur et l'intemporalité que cela lui imprègne.

Le point de repère gracieux dans le paysage proche et lointain découle de l'importance de cet ouvrage d'art comme point de repère visuel, tant depuis différents quartiers de la Ville de Luxembourg, qu'en proue de la capitale vue depuis l'autoroute A6 et les environs plus ou moins lointains au sud.

Implanté au sol à l'extrémité nord-ouest de la fenêtre de construction de la parcelle, ce château d'eau s'inscrit à sa base dans la logique des géométries orthogonales du quartier Ban de Gasperich en devenant.

Les abords sont traités de manière très ouverte, avec des pairies à fauchage tardif, ouvrant les vues transversales sur le parc en arrière-plan. Des longs bancs sont proposés au pied de la tour, les promeneurs profitent ici d'une orientation plein Sud et d'une belle vue sur le verger filtrant la proximité de l'autoroute.

Depuis cette base rectangulaire l'enveloppe structurelle se libère des géométries urbaines et fonctionnelles et opère une torsion par rotations progressives de 10° entre 'étages' et un changement de section depuis le rectangle d'or originel au carré à mi-hauteur. Après une rotation totale de 90° accompagnée d'une inversion de l'orientation des changements de section, le sommet retrouve les proportions du nombre d'or, d'aplomb avec la base, et rappelle au loin la situation urbaine de cette tour iconographique.

Les variations de section et les rotations sur la hauteur génèrent une silhouette élégante et élancée, tel un tourbillon d'eau...

Cette forme fluide et enspiralée, montante ou descendante (comme l'eau dans la tour), sera changeante suivant le point d'observation et le déplacement du spectateur, ce qui s'avère particulièrement intéressant et adapté à sa situation le long de l'autoroute A6 et du pont du futur boulevard Kockelscheuer permettant justement des points de vue dynamiques depuis les véhicules.

La construction de cette forme enveloppante très fluide est simplifiée par la déclinaison des parois en grandes faces

planes triangulaires qui contribuent de par leurs plissés et avec la torsion de l'ensemble à la stabilité globale de cet ouvrage d'art.

La forme résultante est simple, élégante et très homogène, créant avec ses facettes triangulaires de fines nuances de teintes et d'ombrages qui varient très progressivement et subtilement depuis la base jusqu'au sommet.

Mieux que sur un cadran solaire, les ombres subtiles, qui découlent de la torsion de l'enveloppe et qui glissent sur les parois de cette silhouette gracieuse, mettent en scène la lumière naturelle pour imprimer sur cette tour une apparence très changeante, différemment sur les quatre faces, différemment au fil des heures, des jours et des saisons.

Ce défi à la pesanteur, portant avec élan 1000 tonnes d'eau jusqu'à 58 m au-dessus du sol, ce château d'eau devient un point de repère exceptionnel, de par sa finesse, sa fluidité et son élégance de tous points de vues et sous toutes les lumières!

PARTI STRUCTUREL

Préambule

La construction d'un château d'eau est toujours un événement social, architectural et historique pour la Ville de Luxembourg. Ainsi, au-delà de l'importance de l'intégration urbaine et environnementale, cet ouvrage doit être exemplaire pour qu'il remplisse sa fonction mais également en ce qui concerne les matériaux de construction, leur résistance, durabilité et notamment leur entretien.

C'est donc aussi pour ces raisons que le béton armé apparent s'est imposé de façon presque naturelle.

Fondations

Conformément aux principes directeurs de l'investigation géologique et géotechnique du sol de fondation de la société EURASOL, le système choisi est la fondation sur pieux forés tubés. A cet effet, nous avons prévu des pieux de 15 mètres de profondeur dont 30 Ø 120 cm sous les voiles périphériques de la tour et 6 Ø 100 cm sous la cuve de la cage d'ascenseur. Sur ces pieux, un radier de sol d'épaisseur moyenne de 1,0 mètre sera coulé d'où sortiront les armatures d'attente pour les voiles montants.



Tour

Les voiles périphériques de la tour en béton armé gris clair apparent d'une épaisseur maximale à la base de 1,10 m, de 0,75 au milieu et d'environ 30 au sommet se développent en éléments triangulaires selon une rotation progressive verticale de 90° sur des hauteurs maximales d'environ 7,0 mètres d'un côté du triangle. La structure homogène de l'ensemble confère ainsi une stabilité parfaite que ce soit du point de vue vertical qu'horizontal.

Ce choix permet au niveau du coffrage d'avoir toujours des panneaux droits et plans et de pouvoir garantir par le biais des joints de bétonnage de chaque triangle une continuité d'aspect du béton apparent à savoir que les éventuelles imperfections de bétonnage sont éliminées par les cassures d'angle des différents triangles.

Les méthodes de coffrage du type grim pant ont été vérifiées avec les spécialistes internationaux du secteur et les coûts estimés respectent ainsi la complexité de l'ouvrage.

Cage d'ascenseur

La cage d'ascenseur a des voiles latéraux en béton armé d'épaisseur constante reliés entre eux par des poutres en béton armé. En complément, ces voiles seront stabilisés horizontalement par des entretoises en béton ou métalliques qui, placées en éventail, s'appuient sur les surfaces intérieures des voiles périphériques de la tour.

Escaliers

La cage d'escalier

Les escaliers en construction métallique galvanisée et caillebotis se développent du bas vers le haut autour de la cage d'ascenseur et s'appuient sur les entretoises stabilisatrices précitées.

Ascenseur

Un ascenseur de 630 kg et vitesse 2,5 m/s avec quatre arrêts dessert depuis le rez-de-chaussée, l'étage technique sous les réservoirs, les réservoirs et la toiture avec les installations de GSM.

Belvédère

Depuis la toiture-plafond des réservoirs, un escalier permettra l'accès au « balcon-belvédère » à 360°. Le tout en construction métallique galvanisée.

Réservoirs

Les réservoirs (dalles et voiles de 35 cm d'épaisseur) sont en béton armé étanche. Ils reposent de façon « indépendante » sur les voiles périphériques de la tour et sur des voiles porteurs de l'étage technique sous-jacent par l'intermédiaire d'appuis linéaires néoprènes frettés évitant ainsi des fissurations éventuelles dues aux phénomènes climatiques.

PARTI TECHNIQUE

Chambre à vannes

La chambre à vannes est implantée au rez-de-chaussée, ce qui permet d'accéder à plein pied à tous les équipements techniques. Une fosse à l'endroit du passage des conduites à travers les murs extérieurs garantit l'accessibilité de ces conduites sans engendrer des travaux de gros-œuvre à l'intérieur du bâtiment. Tous les équipements sont aménagés de façon à être accessibles sans devoir franchir d'autres équipements ou conduites par des escaliers ou passerelles. Une largeur de passage de 1m est respectée en tout point.

Grâce aux dimensions vastes du pied du château d'eau, une hauteur libre très confortable à l'intérieur de la chambre à vannes est rendue possible. Celle-ci est fixée à 4,5m. Des palans et chariots facilitent le montage et démontage futur de vannes et la maintenance de la turbine.

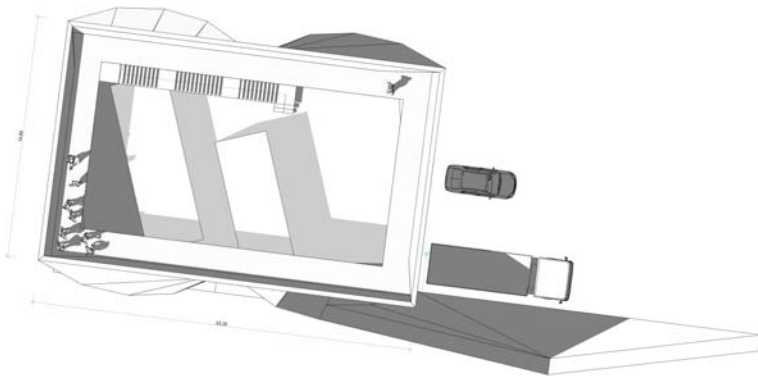
Installations techniques

L'entièreté de la tuyauterie est réalisée en acier inoxydable 1.4571. Les installations techniques et la turbine sont automatisées via un automate programmable Siemens S7-400 et la programmation des écrans HMI comprend l'intégration de la gestion du château d'eau dans le système WinCC Sinaut existant du Service des Eaux.

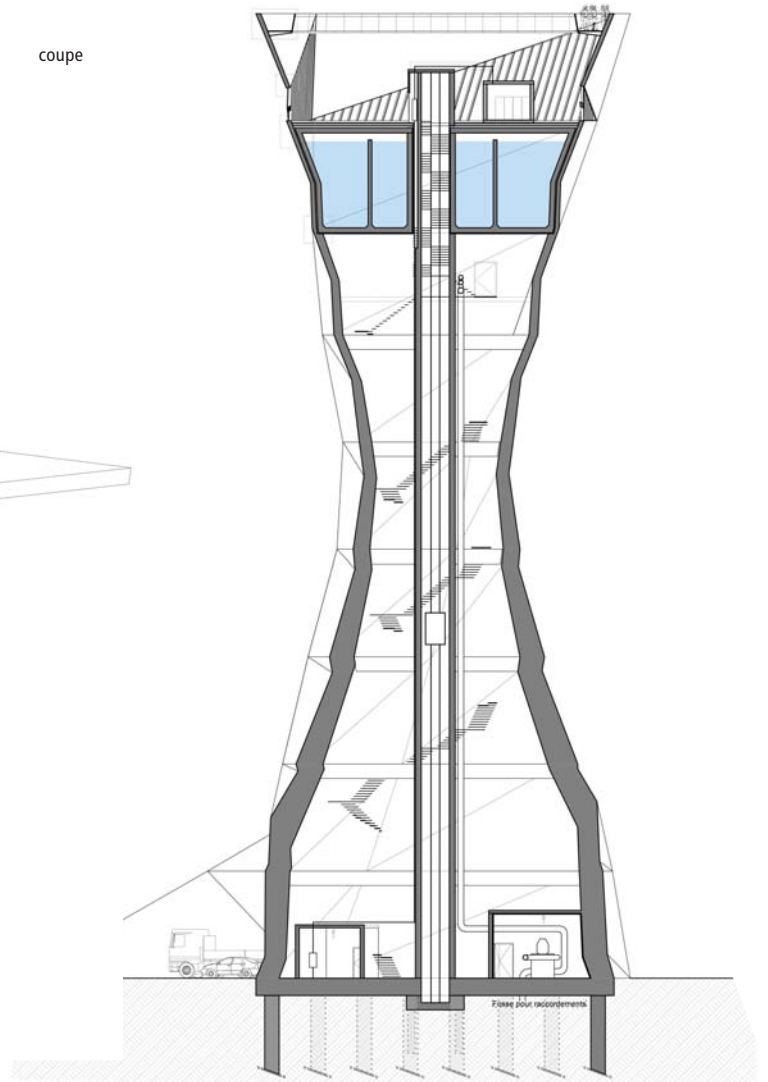
Turbine

Pour les turbines, deux options se présentaient. D'une part, le système classique des pompes inversées PAT qui sont généralement employées comme turbines dans les microcentrales hydrauliques, mais dont l'application est limitée car elles ne peuvent travailler qu'à débit fixe ou peu variable et dont le rendement est nettement plus faible que celui des turbines Pelton et d'autre part, précisément les turbines Pelton. Cependant pour le fonctionnement des turbines Pelton classiques un débit libre à pression atmosphérique à la

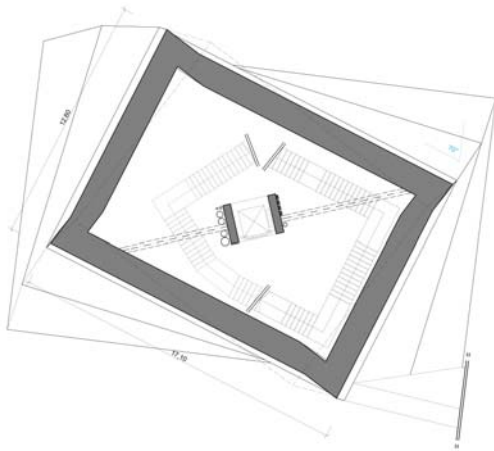
toiture



coupe



niv. 02



principe

sortie est nécessaire, tandis que dans le cadre de ce projet, la pression à la sortie doit être suffisante pour pomper l'eau à une hauteur de 60m.

Nous avons donc opté pour une turbine Pelton à contre-pression, une technologie, développée par l'entreprise suisse Blue-Water-Power AG. Un tampon d'air comprimé créé dans le corps de la turbine permet la rotation libre de la roue sans frottement du liquide à l'aube, garantit la régulation du débit, amortit les coups de bélier dans le réseau et développe la contre-pression souhaitée. Ce type de turbine réunit les deux critères de pouvoir fonctionner à contre-pression et d'accepter une variation du débit 15%-100%.

Rendement ETA de la turbine : > 87%

Rendement électrique du générateur : 93%

Cuves du château d'eau

Le réservoir est projeté en béton étanche. La composition du béton sera choisie de façon à respecter les exigences hygiéniques DVGW W 347 et W270. Le recours à des ciments de haut-fourneau CEM III à faible chaleur d'hydratation (LH) limite les contraintes à la prise et donc aussi la fissuration du béton et favorise ainsi l'étanchéité du béton. Des peaux de coffrage légèrement drainantes réduisent la taille des pores du béton et améliorent d'avantage l'étanchéité des

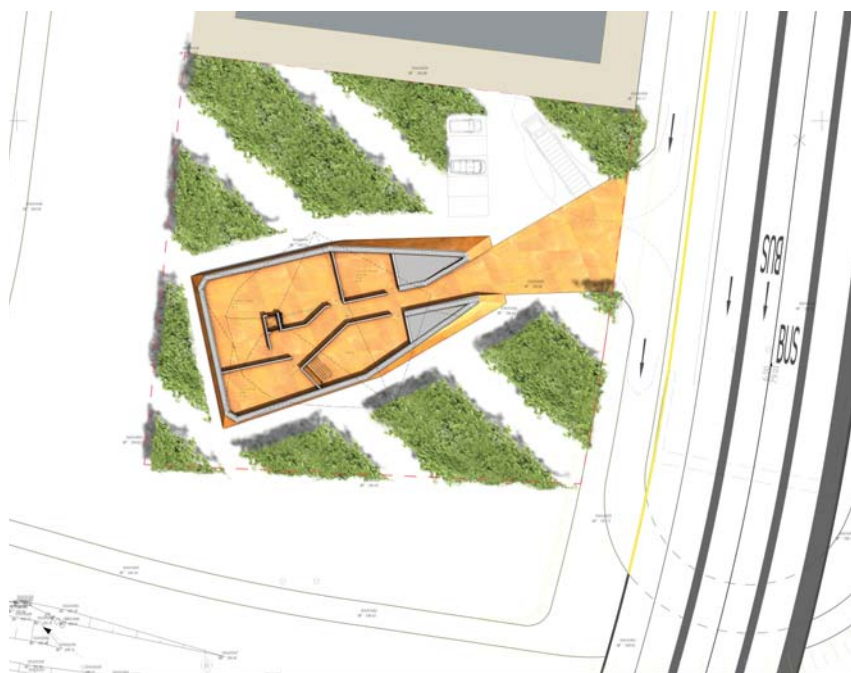
cuves. Des tôles d'étanchéité intégrées au métal déployé garantissent l'étanchéité des reprises de bétonnage, celles-ci étant évidemment réduites au minimum. Le plafond est doté d'une structure de gouttelettes réalisée par du mortier projeté au ciment. Aucun matériau organique et aucun ingrédient organique dans les bétons ou mortiers n'est toléré pour des raisons hygiéniques, ceux-ci favorisant le développement de bactéries.

Les cuves sont complètement désolidarisées du reste de la tour afin de pouvoir isoler thermiquement les réservoirs sans ponts thermiques. Les voiles des cuves sont construits indépendamment des voiles extérieurs, un isolant thermique remplissant l'interstice. L'aménagement de voiles guides à l'intérieur des cuves et la disposition de la prise d'eau du côté opposé de l'entonnoir de remplissage garantissent la circulation permanente de l'eau et évitent des zones de stagnation.

Du point de vue de sa fonction, le château d'eau est une construction relativement simple. Destinée à entreposer une grande quantité d'eau sur un sommet géographique, elle sert à garantir la distribution de l'eau sous pression. Néanmoins, au cours de l'histoire, cette construction purement fonctionnelle et technique a connu une métamorphose remarquable. Similaire au développement des clochers d'église, qui initialement n'étaient rien d'autre que des supports élevés pour transporter les cloches, les châteaux d'eau sont eux aussi devenus, au delà leur fonctionnalité, des symboles culturels de toutes les grandes civilisations.

2 8 3 5 4 1_

Hermann & Valentiny Architects



Réflexions urbanistiques et architecturales

De par sa taille et sa situation, le nouveau château d'eau de la ville de Luxembourg représente une intervention importante dans l'environnement. Visible de partout, il est donc primordial de se poser la question de l'image que cette construction de grande échelle va transmettre. Quel sera le message, quel sera le signal ou la symbolique qu'une ville comme Luxembourg veut transmettre dans notre temps aujourd'hui?

La ville de Luxembourg a elle aussi subi au cours de son histoire une métamorphose remarquable. En parcourant le long chemin de la petite ville forteresse jusqu'à une importante capitale Européenne et un centre économique et financier, elle a toujours su manifester sa volonté de créer des valeurs culturelles durables.

Ainsi, notre approche dans la recherche de la conception du nouveau château d'eau s'oriente sur une plus-value culturelle de cette construction technique et fonctionnelle.

Symétrie et équilibre

Depuis très longtemps déjà, nous nous préoccupons de ces deux paramètres dans l'architecture.

Un objet symétrique donne seulement une seule information sur sa situation dans son environnement. Un objet asymétrique et différencié informe au delà une orientation par rapport à la situation et enrichi ainsi la perception visuelle.

Notre choix de jouer avec les lois de l'équilibre nous permet de travailler la symbolique d'un château d'eau sans courir le risque de friser le pathétique. Ainsi notre projet ne veut pas être un Château fort au bord de la ville mais une forme forte mais transparente et sculptée qui accepte sa taille, l'importance de sa grandeur et son échelle dans l'environnement tout en "s'inclinant devant la ville".

Conception globale de la structure

La conception globale de la structure est basée sur la création d'un équilibre d'une part des charges importantes du réservoir d'eau et du poids propre de la structure et d'autre part de la somme des réactions du sol sans sollicitation des fondations sur traction. La résultante reste dans tous les cas de charges dans le noyau central. La surface de base reste en permanence sous compression.

Détails spécifiques de la structure

La structure portante primaire de l'ouvrage consiste en une coque extérieure perforée qui suit la forme définie par l'architecture.

La structure reprend les installations spécifiques au château d'eau et assure le transfert des charges du réservoir d'eau et du poids propre dans les fondations. La taille de l'ouvrage en combinaison avec la sollicitation importante demande une structure extrêmement performante.

La structure mixte retenue acier-béton de la coque répond parfaitement à la demande et assure d'une manière optimale la réalisation de l'idée architecturale. Elle consiste en une structure sandwich de 800 mm d'épaisseur formée de deux tôles métalliques en acier auto-patiné (Corten) de 12 mm aux deux faces extérieures et d'un noyau en béton armé. La section mixte est caractérisée par sa robustesse et sa capacité portante excellente suite à l'utilisation optimale





des matériaux. La structure de très bonne rigidité sur flexion et torsion garantie la résistance nécessaire à un ouvrage d'une forme exceptionnelle.

Fondations

Suivant la conception de base de l'ouvrage, les centres de gravité de la structure et du système des pieux correspondent. Même sollicités par les charges horizontales extrêmes (vent) les pieux restent sous compression.

Le raccordement des pieux aux voiles extérieures de la coque est réalisé par l'intermédiaire de longrines qui transmettent les réactions directement dans les pieux. Le système de pieux est formé par 34 pieux forés en béton armé de 1,20 m de diamètre d'une longueur de 14 à 18 m. Le dimensionnement est fait sur base du rapport géotechnique. Des pieux inclinés sont prévus afin de transférer les réactions horizontales dans le sol. Un radier en béton armé relie



les longrines en vue de garantir une collaboration uniforme des pieux.

Montage

Il est conçu de réaliser les parois de la coque en utilisant des éléments préfabriqués. La fabrication commence en atelier avec la réalisation des éléments de peau en acier auto-oxydable. Les éléments (tôles) sont complétés par l'ajout de 20 cm de béton armé, reliés aux tôles par l'intermédiaire de goudjons métalliques.

Transportés sur site, 2 éléments de peau forment le coffrage pour la paroi, qui sera complété par coulage du béton du noyau de 40 cm d'épaisseur. Les éléments sont reliés entre eux par soudage des tôles aux extrémités. Les étapes de montage seront optimisées en vue de réduire les structures auxiliaires de montage et de stabilisation au minimum. Une hauteur de 4 m par étape de montage est conçue. La



vue intérieure - lplateforme panoramique

structure reste «autoportante» dans toutes les phases de montage.

L'avantage de cette conception consiste dans le grand degré de préfabrication, ce qui garantit une bonne qualité du travail et un avancement rapide des travaux, la possibilité de définir des unités de transport facilement manipulables et la technologie performante d'assemblage sur site par soudage.

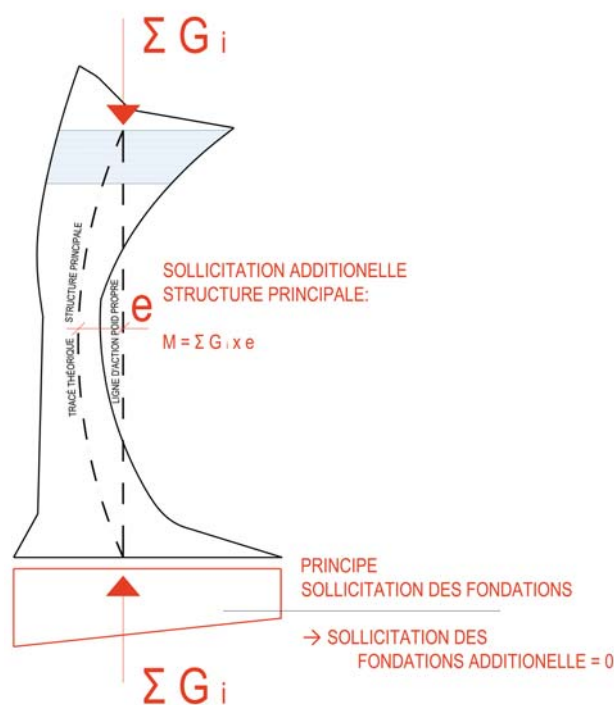
Système statique

La structure a été modélisée en 3D dans sa totalité avec le logiciel performant «Sofistik» qui tient compte de la section mixte des parois formée de 2 tôles extérieures et du noyau en béton. Le système de pieux avec les longrines et le comportement du sol selon rapport géotechnique font également partie de la modélisation du système statique.

Fonctionnalité de l'ouvrage / Équipement technique

La fonctionnalité du château d'eau est parfaitement compatible avec le concept architectural. La chambre à vannes ainsi que les deux locaux techniques sont conformes aux exigences imposées et sont accessibles de plain-pied. Les conduites d'alimentation et de distribution entrent et ressortent de l'ouvrage via un sous-sol intégré (dim. 4.0 m x 2.5 m x 2.5 m) à la chambre à vannes.

La position du sous-sol ainsi que le tracé des conduites à l'intérieur de la chambre à vannes seront définis ultérieurement en fonction de la position des conduites existantes du SEBES et du Service des Eaux à l'extérieur de l'ouvrage et ne sont pas encore représentés dans cette phase du projet. Le raccordement des conduites aux cuves, à partir de la chambre à vannes, est réalisé par l'intermédiaire d'un regard juxtaposé au regard du monte-charge. Les conduites, remplies en permanence d'eau, sont isolées et en raison de la conception ouverte de l'ouvrage équipées d'un système de chauffage (fil chauffant). Toutes les conduites sont amenées par le bas dans les cuves. Une construction métallique suspendue en dessous des cuves fait office de plancher technique d'exploitation. Les cuves ont un revêtement en acier inoxydable, hormis les plafonds. Un contrôle visuel est possible via des fenêtres et les cuves sont accessibles par des portes étanches pour l'entretien.



Le devis estimatif pour l'équipement technique prend en compte les exigences habituelles du Service des Eaux en matière de choix des matériaux et des fabricants (par ex. vanne papillon Erhard Roco Premium avec motorisation Auma de 2ème génération, Tuyauterie et robinetterie en acier inoxydable 1.4571, Turbine hydroélectrique KSB, raccordement au système de télégestion existant, etc...).

Antennes GSM

Des antennes GSM seront installées sur la plateforme panoramique supérieure du château d'eau. Le principe de leur fonctionnement a été analysé et confirmé par des spécialistes de la télécommunication.

Par opérateur on peut compter 3 antennes qui couvrent à chaque fois un angle de 90°. Les différentes orientations habituelles des antennes (30°, 150° et 270°) sont indiquées sur notre plan masse éch: 1/250.



HORS SERIES DE LA REVUE TECHNIQUE LUXEMBOURGEOISE

- #001 Inauguration Forum da Vinci
- #002 40 years of DELPHI in Luxembourg
- #003 100+1 Administration des bâtiments publics
- #004 Ouvrages d'art - ponts - Administration des ponts et chaussées
- #005 Deuxième l'Ecole européenne et Centre polyvalent de l'Enfance
- #006 Concours Construction Belvédère
- #007 Ouvrages d'art - routiers + fluviaux - Administration des ponts et chaussées
- #008 Château d'eau - Ville de Luxembourg

REVUE TECHNIQUE LUXEMBOURGEOISE

www.revue-technique.lu

éditée par

L'Association Luxembourgeoise des Ingénieurs, Architectes et Industriels

Rédacteur en Chef Michel Petit

Responsable Revue Technique Sonja Reichert

tel 26 73 99 email s.reichert@revue-technique.lu

Graphisme Bohumil Kostohryz

Impression 1.000 exemplaires

imprimerie HENGEN

14, rue Robert Stumper L- 1018 Luxembourg

revue imprimée sur du papier_



HORS SERIE

REVUE TECHNIQUE

LUXEMBOURGEOISE

HORS SERIE DE LA REVUE TECHNIQUE LUXEMBOURGEOISE # 008

