



Carpark Futures

Opportunities in the Underground

Carpark Futures Opportunities in the Underground

Study of Underground Parking Architecture

Valorisation, Diversification and Integration within Contemporary Urban Dynamics

Sub_Estate for Indigo Group. A report by DPA-X consultancy with Dominique Perrault Architecture.

January 2020

Les futurs du parking. Opportunités dans les sous-sols.

Analyse de l'architecture des parkings souterrains. Valorisation, diversification et intégration au sein des dynamiques urbaines contemporaines.

Sub_Estates pour Indigo. Une étude DPA-X avec Dominique Perrault Architecture.
Commande de Indigo Group.

Janvier 2020.

DPA INDIGO

Table of Contents

Foreword	5
Chapter 1 Introduction	7
Chapter 2 Analysis	16
Chapter 3 Sites	40
Chapter 4 Scenarios	52
Chapter 5 Real Estate	80
Chapter 6 Architecture	94
Colophon	108

Table des matières	5
Avant-propos	7
Chapitre 1 Introduction	16
Chapitre 2 Analyses	40
Chapitre 3 Sites	52
Chapitre 4 Scénarios	80
Chapitre 5 Patrimoine Immobilier	94
Chapitre 6 Architecture	108
Colophon	



Quand on parle d'architecture de parking, on ne considère jamais celle des parkings souterrains. C'est à se demander s'ils n'ont pas eux-mêmes succombé à leur vocation de faire disparaître les voitures de l'espace public. Les centres des villes les plus denses reposent pourtant sur ces infrastructures souterraines dont la présence non-négligeable est absolument indispensable à la vie urbaine contemporaine.

En effet, depuis les années 1970, l'introduction systématique de parkings souterrains dans les centres-villes a permis l'intégration des voitures particulières aux tissus urbains existants, sans pour autant les dénaturer. Dans le cas de la voiture, le souterrain s'est révélé être le lieu propice de localisation de cette nouvelle technologie de mobilité, qui avait réinventé la notion de ville dans son sens le plus large. Les espaces souterrains voués à l'accueil automobile se sont dès lors multipliés pour répondre à une demande croissante, créant ainsi d'importantes réserves de surface, de volume et de foncier, dont le potentiel apparaît aujourd'hui d'autant plus vertigineux, si l'on considère les nouveaux besoins de mobilité et d'écologie des villes contemporaines.

De la Bibliothèque Nationale de France à Paris, à l'université féminine d'Ewha à Séoul, en passant par l'extension du Pavillon Dufour du château de Versailles, la future gare de Villejuif pour le Grand Paris Express ou le Gangnam Intermodal Transit Center à Séoul, Dominique Perrault Architecture n'a cessé de développer des stratégies architecturales ancrées dans l'épiderme du sol. Ce travail a permis de cristalliser le concept de «Groundscape»-alliage entre «Ground» et «Landscape»-qui rassemble depuis plusieurs années les stratégies architecturales engageant le souterrain, qu'elles explorent ses possibilités spatiales ou offrent de nouvelles réponses résilientes, responsables, esthétiques et durables.

When looking at parking architecture, underground car parks are always overlooked. One can wonder whether they were themselves victims of their mission of removing cars from public spaces. The urban centres of the densest cities rely nonetheless on these underground infrastructures whose regular yet invisible presence is absolutely essential to making contemporary urban life possible.

Indeed, the systematic introduction of underground car parks in city centres since the 1970s has enabled private vehicles to be integrated into urban fabrics that predated the car without denaturing them. In the case of the automobile, the underground proved to be the obvious zone to embed the new mobility technology that reinvented the notion of the city in its broadest sense. Underground spaces built for these reasons thus proliferated to meet the demand, creating significant and underestimated surface, volume and land reserves, whose potential is all the more incredible when considering the needs in terms of mobility and ecology of contemporary cities.

Starting with the French National Library in Paris, followed by the Ewha Womans University in Seoul, the refurbishment of the Dufour Pavilion in the Palace of Versailles, the future Villejuif Station for the Grand Paris Express or the Gangnam Intermodal Transit Center in Seoul, Dominique Perrault Architecture has continuously developed architectural strategies engaging with the surface of the ground. This work has made it possible to crystallize the concept of "Groundscape" – fusion of "Ground" and "Landscape" – which has for several years gathered architectural strategies that engage with the underground, whether by exploring its spatial possibilities or offering new responses that are resilient, responsible, aesthetic and sustainable.

It was only natural that Dominique Perrault wanted to place his field of expertise at the service of Indigo Group, through a study of the possible evolutions of this particular typology of space, in response to changes in mobility, as well as in uses and lifestyles. Several strategies are being proposed to address those challenges. It is clear that tomorrow's car park will no longer be a simple inert storage space, but that it will be transformed to integrate changes in mobility by becoming a place at the service of users and vehicles. Existing and future underground car parks will host new programmes: logistics areas (deliveries, storage), mobility services (maintenance, recharge), energy management (geothermal, electricity, water), as well as new offers (services, work, production). Architecture will undeniably add value to the underground by bringing natural air and light.

This study on underground car parks for Indigo Group is an opportunity to broaden the scope of "Groundscape" architectural principles on a less monumental scale than that of large public projects, but just as important, given its potential systematic applications and its many possible variations. The ambition of a more ordinary deployment of these strategies in multiple and varied urban contexts to diversify the programmatic capacity of the subsoil is an opportunity for Dominique Perrault Architecture to introduce the concept of "Sub Estate", the precious "subterranean real estate". Indeed, the topics developed in this study aim to overhaul the relationship to the urban underground beyond space and architecture only. Both of these elements need to be accompanied by innovations in terms of safety, regulation, mapping and ownership, without which the architectural and real estate potential of the subsoil cannot be achieved.

This study is therefore also a call to question the common perception of the underground space as a dark and hostile place, and to embrace it as a resource that extends and completes our world, a nourishing root system without which the ground level cannot last. We already foresee the emergence of the age of deep urbanism.

En toute logique, Dominique Perrault a souhaité placer son champ d'expertise au service d'Indigo Group à travers une réflexion menée sur les potentialités d'évolution de cette typologie particulière d'espace, face aux changements des mobilités, mais également

des usages et des modes de vie. Plusieurs stratégies sont proposées pour répondre à ces défis. Il est évident que le parking de demain ne sera plus un simple espace de stockage inerte mais qu'il se transformera pour intégrer les changements de la mobilité en devenant un lieu mis au service des usagers et des véhicules. Les parkings souterrains existants et futurs permettront d'accueillir de nouveaux programmes: des espaces de logistique (livraisons, stockage), de services liés à la mobilité (maintenance, recharge), de gestion des énergies (géothermie, électricité, eaux) mais aussi de nouvelles offres (services, travail, production). L'architecture y apportera indéniablement une valeur ajoutée, celle d'apporter en sous-sol de nouvelles qualités spatiales avec de l'air et de la lumière naturelle.

Cette étude sur les parkings souterrains pour Indigo Group est l'occasion d'élargir la portée des principes d'une architecture du «Groundscape» dans une échelle moins monumentale que celle de grands projets publics, mais tout aussi importante, de par ses potentielles implémentations systématiques et ses nombreuses déclinaisons possibles. L'ambition d'un déploiement plus ordinaire de ces stratégies dans des contextes urbains multiples et variés afin de diversifier la capacité programmatique du sous-sol est l'occasion pour Dominique Perrault Architecture d'introduire le concept de «Sub Estates», ce précieux «subterranean real estate» qu'est l'immobilier souterrain. En effet, les sujets de développement amorcés par cette étude invitent à une redéfinition profonde de la nature du sous-sol urbain, au-delà de l'espace et de son architecture. Ceux-ci devront être accompagnés par des innovations en termes de sécurité, de réglementation, de cartographie et de propriété, sans lesquels le potentiel architectural et immobilier du sous-sol ne pourra être réalisé.

Cette étude est donc aussi un appel à se détacher de la perception commune de l'espace souterrain comme lieu sombre et hostile pour l'apprécier comme un lieu-ressource qui prolonge et complète notre monde, un système racinaire nourricier sans lequel le dessus ne peut pas perdurer. Nous envisageons déjà l'âge d'un urbanisme enraciné se développer.

Combining the expertise of the operator and the architect.

1.1 Joint Expertise



Indigo is the largest car park operator in the world, with thirty-years of expertise in on-street management and concession-model carparks, especially underground.

- 11 countries
- 750 cities
- 5,380 carparks
- 2.3 million parking spaces
- 150 on-street contracts
- 3,000 km of streets managed
- 20,000 employees

Combiner l'expertise de l'opérateur et celle de l'architecte. Indigo est le premier opérateur mondial de parkings, et possède une expertise de plus de trente ans dans la concession de parkings souterrains et la gestion de parkings de surface.

- 11 Pays
- 750 Villes
- 5 380 Parkings
- 2,3 Millions de places de stationnement
- 150 contrats de voirie
- 3 000 km de voiries gérées
- 20 000 employés



DPA is one of France's leading architecture firms known internationally for its many signature public projects as well as its commitment to the underground through the concept of "groundscaping", which is visible in many of their large public projects.

- 20 countries
- 60 cities
- 500 projects & proposals
- 100 built projects
- 40 urban studies
- 70 employees
- 100 books & exhibitions

DPA est l'un des leaders français de l'architecture, reconnu pour ses nombreux projets publics réalisés dans le monde entier et pour son engagement sur la question d'une architecture du sous-sol, à travers le concept de « groundscaping », mis en œuvre dans nombre de projets développés par l'agence.

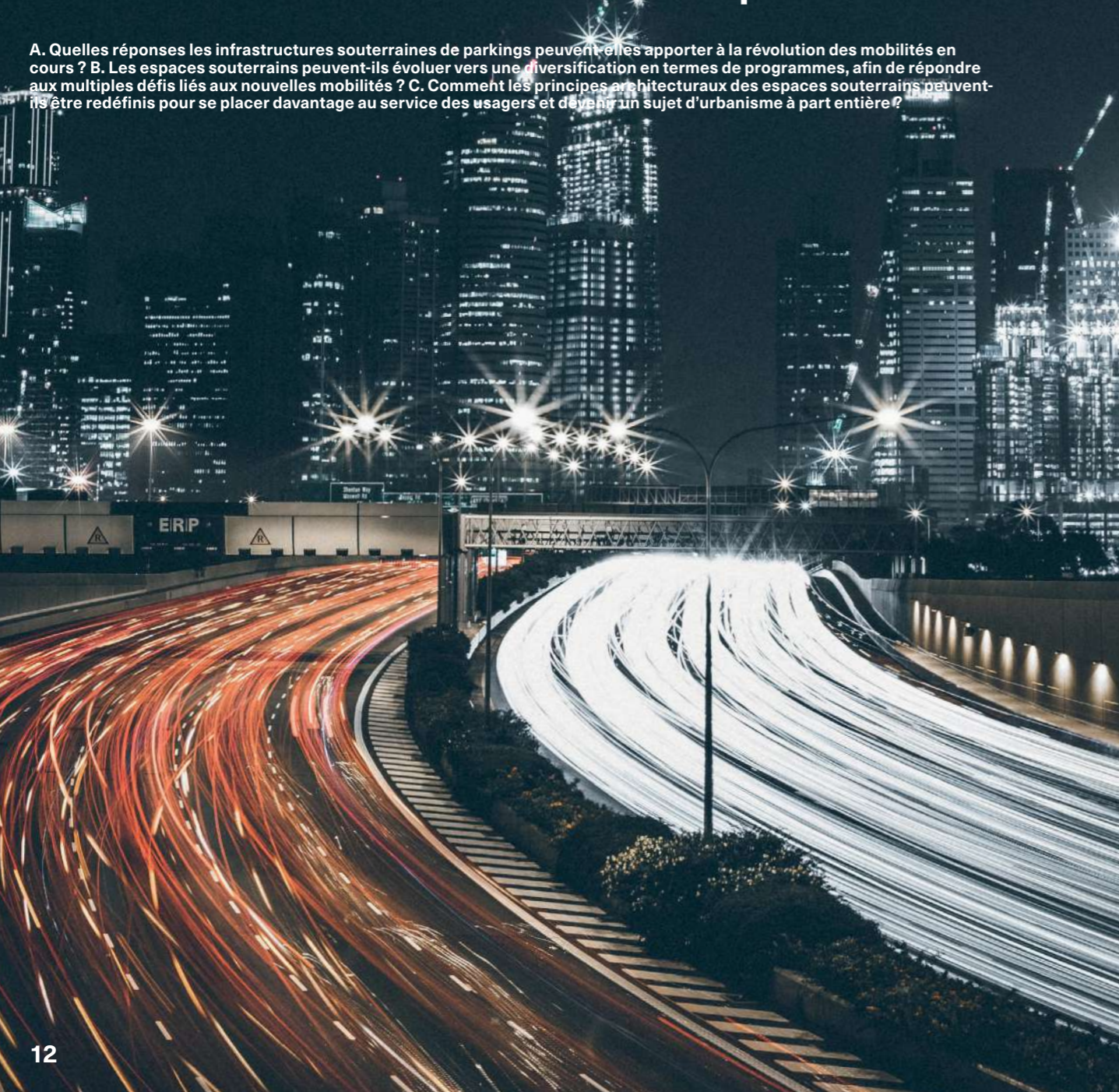
- 20 Pays
- 60 Villes
- 500 Projets
- 100 Réalisations
- 40 Études urbaines
- 70 Employés
- 100 Livres et expositions

A. What answers can underground carpark infrastructures bring to the current mobility revolution?

B. Can subterranean spaces be diversified in terms of program to respond to the many challenges raised by emerging mobilities?

C. Can subterranean spaces be redefined through design to serve users' daily life and become a common consideration for planners?

A. Quelles réponses les infrastructures souterraines de parkings peuvent-elles apporter à la révolution des mobilités en cours ? B. Les espaces souterrains peuvent-ils évoluer vers une diversification en termes de programmes, afin de répondre aux multiples défis liés aux nouvelles mobilités ? C. Comment les principes architecturaux des espaces souterrains peuvent-ils être redéfinis pour se placer davantage au service des usagers et devenir un sujet d'urbanisme à part entière ?



1.2 Reinventing underground car parks

What will the car parks of the mobility revolution look like ?

“Mobility is undergoing one of the most transformational social, technological and economic shifts of a generation, shaped by three key disruptive forces: electric vehicles and alternative powertrains, connected and autonomous vehicles and on-demand mobility services.”
KPMG, Report on Mobility 2019

“The Mobility as a Service (MaaS) market is expected to grow from USD 42.3 billion in 2018 to USD 372.1 billion by 2026, at a Compounded Annual Growth Rate of 23.79% during the forecast period.”
Reports & Data, 2019

“No industry or executive is immune to the profound implications of mobility's second great inflection point.”
McKinsey, 2019

“Road freight will be among the first markets to be disrupted by autonomous vehicles and smart technology.”
Ernst & Young, 2019

After several years of development, the first mass transformations of the mobility revolution have already taken place. Internet-enabled mobility services have become second nature for more and more users. After several years of development, the first mass transformations of the mobility revolution have already taken place. Internet-enabled mobility services have become second nature for many users. Navigating the world without a smartphone is difficult to imagine nowadays. Driving is assisted by computers who participate with safety, efficiency, ecology and parking amongst others. Private car ownership, the holy grail of the modernist city experience of the last century, is being challenged by new types of vehicle access that are more convenient, more affordable and more sustainable. Most importantly, the reign of the combustion engine is waning with the rise of alternative power sources such as electricity and hydrogen that will undoubtedly revolutionise infrastructure in the next few years.

With these evolutions taking place, it is only logical to question the future of parking infrastructures that are so closely related to them. However, the studies and forecasts in this regard all focus on above ground structures. They almost always overlook the specific case of underground parking infrastructure, which, as shown hereinafter, offer particularly relevant opportunities for a range of urban typologies.

Réinventer le parking souterrain

À quoi ressembleront les parkings de la révolution des mobilités ?

Après plusieurs années de développement, les premières grandes transformations de la révolution de la mobilité ont déjà eu lieu. Les services de mobilité disponibles sur Internet ont intégré les habitudes quotidiennes des utilisateurs urbains. Parcourir le monde sans l'assistance d'un smartphone est de moins en moins envisageable. Nos déplacements sont aujourd'hui assistés par des ordinateurs, qui participent, entre autres, à faciliter le stationnement, l'efficacité, la sécurité ou les besoins en énergie. La possession d'une voiture particulière, machine de l'expérience moderniste urbaine du siècle dernier, est désormais remise en question par de nouveaux types d'accès à des véhicules plus pratiques, plus économiques et plus durables. Qui plus est, le règne du moteur à combustion s'estompe face à l'essor de sources alternatives d'énergie électrique ou hydrogène qui révolutionneront dans un futur proche la composition des infrastructures.

Face à ces évolutions, il est logique de s'interroger sur l'avenir des infrastructures de stationnement, qui leur sont si étroitement liées. Toutefois, les études et prédictions existantes sur ce sujet se concentrent toutes sur les structures de surface, sans considérer le cas spécifique des infrastructures souterraines de stationnement qui offrent pourtant des potentiels de développement particulièrement pertinents pour un grand nombre de villes.

GROUNDSCAPE /graundskɛip/

Architectural gestures engaging with the underground. Using the underground as a design resource (light, air, energy, space, ...).

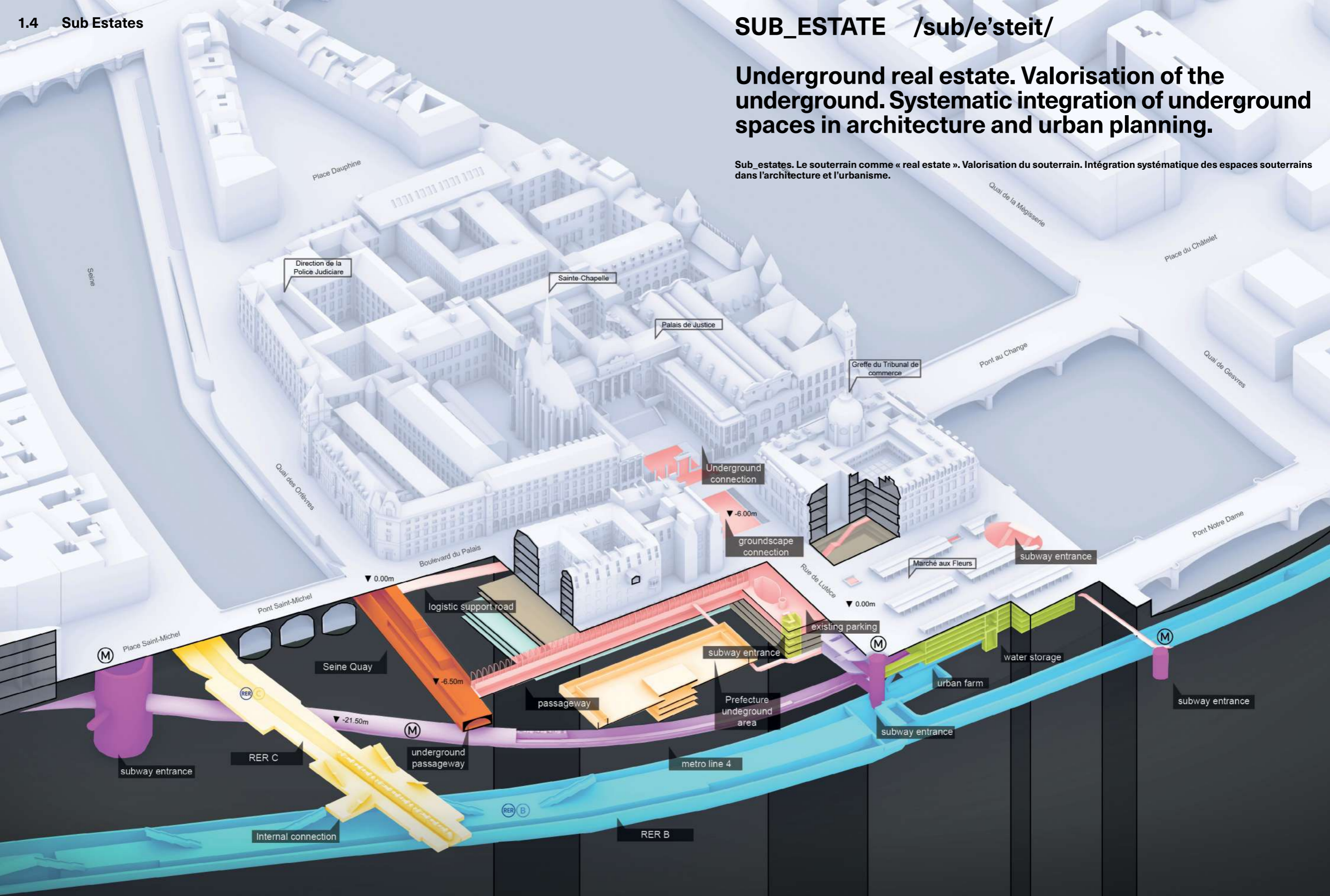
Groundscape Gestes architecturaux qui engagent la question du souterrain. Utilisation du souterrain comme ressource de conception architecturale (lumière, air, espace...).



Fictional collage of Ewha University Campus, Seoul, Korea by DPA overlaid over the Avenue Foch, Paris, France. Collage-fiction du campus de l'université d'Ewha par DPA sur l'Avenue Foch, Paris, France. ©Dominique Perrault Architecture, 2015.

Underground real estate. Valorisation of the underground. Systematic integration of underground spaces in architecture and urban planning.

Sub_estates. Le souterrain comme « real estate ». Valorisation du souterrain. Intégration systématique des espaces souterrains dans l'architecture et l'urbanisme.



Section-Fiction of the Île de la Cité below and around Notre-Dame, Paris, France. Coupe-Fiction de l'Île de la Cité, sous et autour de l'église Notre-Dame de Paris, Paris, France. © Dominique Perrault Architecture. 2019.



2.1 Underground Car Parks. Historical Overview.

Indigo was a pioneer of underground architecture for systematising concession-model parking under public spaces from the 1960s onwards, starting with Paris.

Les parkings souterrains.
Perspective Historique.

Indigo Group a été l'un des pionniers de l'architecture souterraine, par la systématisation, dès les années 1960, du stationnement en concession sous les espaces publics, en commençant par la ville de Paris.

Les parkings souterrains en concession ont été développés à la fin des années 1960 afin d'offrir des solutions en matière de stationnement dans les centres urbains denses. Jusqu'alors, la plupart des bâtiments ne disposaient pas de parking dédié. Les voitures stationnaient le plus souvent en surface, gratuitement et sans règles, aux dépens des autres usagers de l'espace public.

Cette situation était particulièrement marquée à Paris en raison d'un tissu urbain historique particulièrement dense disposant de nombreuses places et avenues monumentales. La volonté politique de libérer les sites historiques majeurs de Paris de l'invasion des voitures a favorisé l'invention du parking souterrain en concession.

Le modèle de concession fait référence à un type de partenariat public-privé dans lequel un organisme public permet à une entité privée de financer, et même de construire, puis d'exploiter, une infrastructure publique, pendant un temps donné. Cela permet à une entité publique de rester propriétaire du bien tout en permettant à une entreprise privée d'offrir ses services. Il s'agit d'un modèle de gestion assez courant qui a accompagné le développement de nombreuses infrastructures depuis le XIXe siècle, utilisé de différentes manières pour les routes, chemins de fer ou réseaux de communication. Le caractère innovant des parkings souterrains en concession repose sur leur particularité d'être construits sous les espaces publics.

Le premier parking souterrain en concession, aujourd'hui géré par Indigo Group, a été construit en 1964 sous l'esplanade des Invalides. D'une profondeur de deux étages et d'une capacité de 600 voitures, il a permis de transformer la place de béton en une surface engazonnée qui a restauré la perspective historique monumentale de l'esplanade.

Cette solution proposée pour la gestion de l'automobile dans la ville de Paris a permis d'intégrer cette technologie envahissante—la voiture—dans le tissu urbain historique préexistant qui n'était pourtant pas conçu ou adapté à celle-ci.

Concession-model underground car parks were developed in the late 1960s in order to provide parking solutions in dense urban centers. Until then, many buildings did not have dedicated parking. Cars would park mostly in public spaces, free of charge and free of regulations, at the expense of the other citizens.

This situation was particularly unmanageable and unsightly in Paris due to the nature of its historic urban fabric with its many monumental public squares and avenues. The political will to clear the most important historical sites of Paris from the invasion of cars led to the invention of the concession-model underground carpark.

The concession-model refers to a type of public private partnership where a public body allows a private entity to operate, finance, and even build a public infrastructure for a certain time. This allows the public entity to remain owner of the asset and the private enterprise to offer its services. It is a rather usual format for infrastructural development since the 19th century that has been used for roads, railways or communications in different ways. The innovation of the concession-model underground carparks was that they were built below public spaces.

The first concession-model carpark was built in 1964 under the Invalides esplanade operated today by Indigo Group. Two storeys deep with a capacity of 600 cars, it enabled the transformation of the concrete plaza into a green esplanade, thereby restoring its monumental historic perspective.

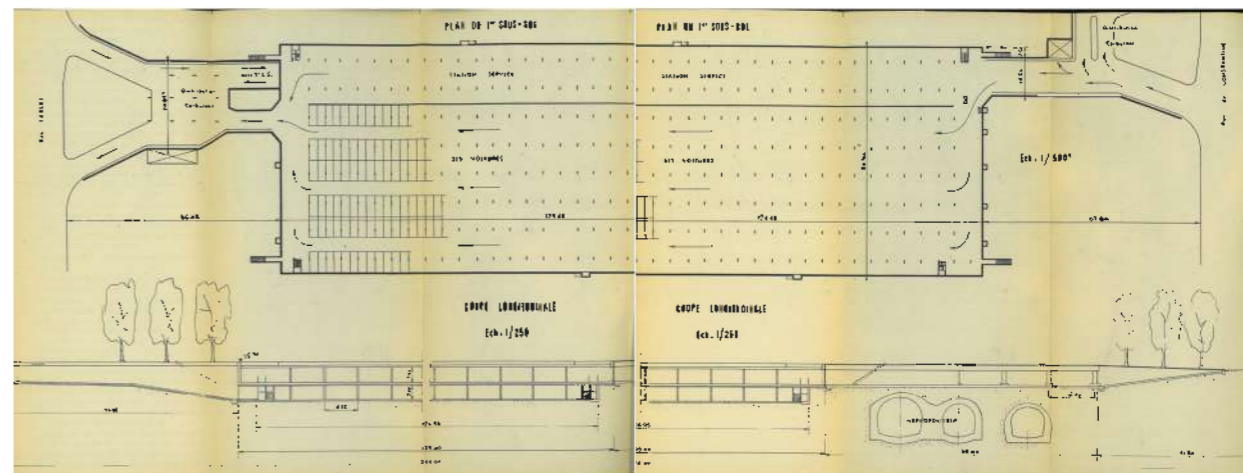
This solution to the post-war car issue encountered by Paris seamlessly integrated an invasive new technology—the car—into a pre-existing historical city fabric that wasn't designed for it.



Construction view of the carpark below the Place du Capitole à Toulouse featuring 855 spots over 5 levels. Vue de la construction du parking situé sous la Place du Capitole à Toulouse, comprenant 855 places réparties sur 5 niveaux. Toulouse, 1971.



Image showing the proximity between the Indigo car park at Les Invalides (purple) and the project Aérog'Art by Dominique Perrault Architecture, Paris, 2019 (yellow). Perspective montrant la proximité entre le parc de stationnement des Invalides (en violet) et le projet Aérog'Art conçu par Dominique Perrault Architecture (en jaune). Paris, 2019



Original plan of the underground parking of Invalides built by GTM. Plan original du parking souterrain des Invalides construit par GTM.



Maps of underground car parks on a portion of central Paris.
Carte des parcs de stationnement souterrains présents sur une portion du centre de Paris.

2.2 Continuing Modernist Urbanism

The location of underground car parks follows the urban logic developed by the planners of the 18th & 19th century.

The spread of underground car parks was rapid from the 1970s onwards. Most West European cities shared similar situations: a growing private car problem and the political will to solve it without spoiling their historic city centers.

Local planning authorities selected sites for the new infrastructure by responding to the specificities of their urban heritage. The open public spaces that were most central and most prized naturally became sites of choice: squares, avenues, and esplanades were often equipped with several underground levels of concrete slabs to accommodate the vehicles.

These sites respect the urban planning logic and the spatial systems developed by the planners of the 18th and the 19th centuries. Most notably, the methodology of the “embellissement” consisted of working like acupuncturists on the chaotic feudal fabric. They introduced geometrical openings in the form of squares, circles and lines in order to punctuate the city with monumental open spaces that stimulated public life and brought natural light and air.

The ordering of public space through simple geometric architectural gestures creating public space propelled Paris and most French cities to the forefront of modernity. The creation of underground car parks continued this project: an infrastructural gesture bringing historic centers into a new technological age, that of private motorised mass-mobility.

La poursuite de l'urbanisme moderniste

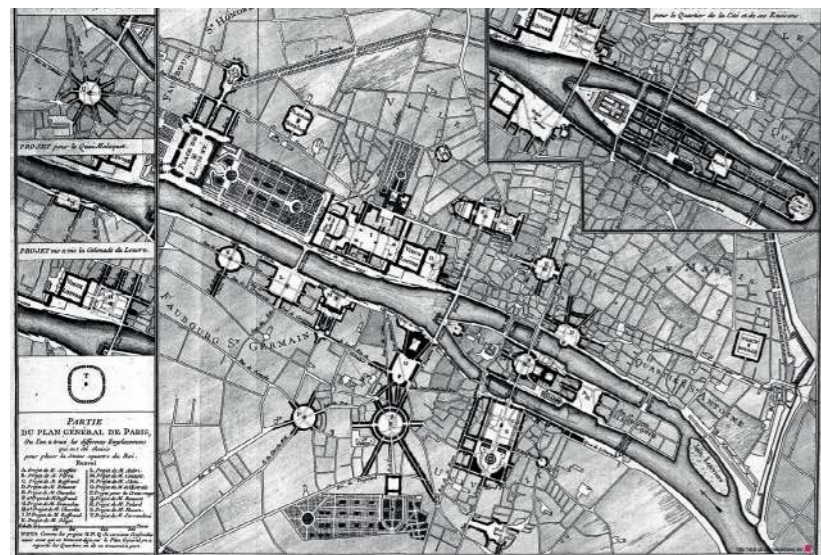
La localisation des parkings souterrains suit la logique urbaine développée par les urbanistes des XVIII et XIXe siècles.

L'expansion des parkings souterrains a été rapide à partir des années 1970. La plupart des villes d'Europe de l'Ouest partageaient des situations similaires: un problème croissant lié à l'usage de la voiture particulière combiné à la volonté politique d'y faire face sans détériorer les centres-villes historiques.

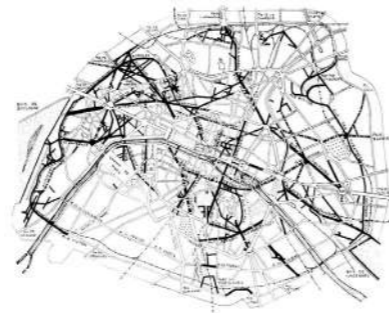
Les autorités locales d'urbanisme ont sélectionné des sites pour l'accueil de ces nouvelles infrastructures en tenant compte des spécificités de leur patrimoine urbain. Les espaces extérieurs ouverts les plus centraux et les plus actifs sont naturellement devenus des sites de choix: places, avenues et esplanades sont désormais quasiment toutes équipées de plusieurs niveaux de dalles de béton pour accueillir des espaces dédiés au stationnement dans leurs sous-sols.

Ces sites respectent en effet la logique urbanistique et le système spatial développé par les urbanistes des XVIIIe et XIXe siècles. La « méthodologie de l'embellissement » les avait notamment amenés à travailler tels des acupuncteurs à partir d'un tissu urbain médiéval chaotique. Ils ont introduit des ouvertures géométriques, sous forme de carrés, de cercles ou de lignes afin de ponctuer la ville d'espaces publics monumentaux capables de stimuler la vie publique et d'apporter à la ville air et lumière naturelle.

L'organisation de l'espace urbain par des gestes architecturaux simples créant de l'espace public a propulsé Paris, et la plupart des villes françaises, à l'avant-garde de la modernité en matière d'urbanisme. L'aménagement des parkings souterrains s'est inscrit dans la continuité de cette logique d'aménagement urbain. Par un geste infrastructural, les centres historiques se sont adaptés à une nouvelle ère technologique: celle de la mobilité de masse, motorisée et privée.



Pierre Patte, “Part of a general plan for Paris illustrating the different sites proposed for an equestrian statue of the king”. “Partie du plan général de Paris illustrant les sites proposés pour disposer d'une statue équestre du roi.”



Plan of Paris with the boulevards by Georges Eugène Haussmann. Plan de Paris avec les boulevards de Georges Eugène Haussmann. c1870.

2.3 Place Vendôme - An Archetype

The underground carpark underneath Place Vendôme re-establishes the historic square as a pioneer for urbanism.

Thanks to its geometric shape, formed by its continuous facades, Place Vendôme in Paris is one of the most emblematic prototypes of Parisian planning and a reference model for modern urbanism. The former Place Royale of Louis XIV was extended by a multi-storey underground car park in 1970, built by GTM, now Indigo Group. Being one of the first, one of the largest and most archetypal underground car parks located under public space, this reinforces Place Vendôme's position as a pioneering site in terms of urban planning.

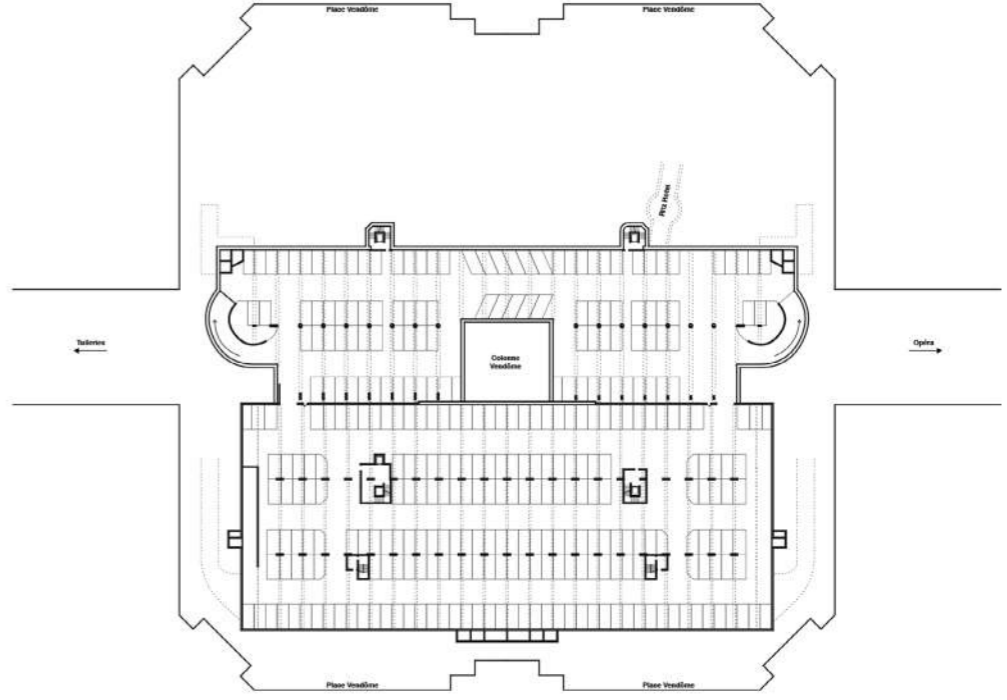
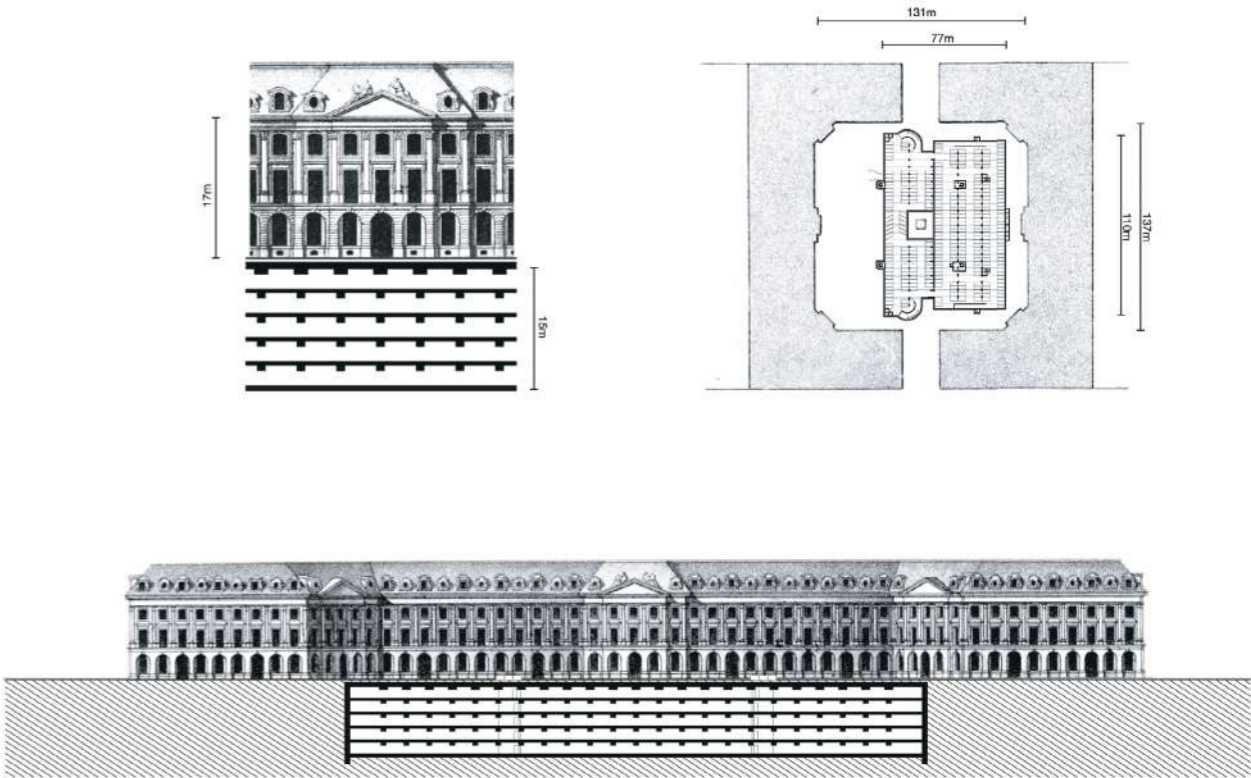
The invisible underground infrastructure frees the surface of the square of parked cars. It restores its original appearance through the radical transformation of its section which becomes as deep as it is high. The five floorplates carefully surround the central historic column and form a 15-meter-deep construction that offers roughly 35,000 m² of usable surface area, located right under one of the most prized and protected real estate in the world. Effectively, the street floor of the Place Vendôme can be compared to the roof of a vehicle warehouse.

La place Vendôme – Un archétype

Le parking souterrain construit sous la Place Vendôme rétabli la place historique comme élément urbain pionnier.

De part la forme géométrique constituée par ses façades continues, la Place Vendôme à Paris est l'une des typologie spatiale les plus emblématique de l'urbanisme parisien et un modèle de référence de l'urbanisme moderne. En 1970, l'ancienne Place Royale de Louis XIV a été augmentée d'un parking souterrain de plusieurs étages. Étant l'un des premiers, l'un des plus grands et des plus archétypiques parking souterrain situé sous un espace public, il rétablit la Place Vendôme comme pionnière en matière d'urbanisme.

L'infrastructure souterraine dissimulée sous la place l'a libérée de la présence de voitures privées. Elle a ainsi retrouvé son aspect d'origine grâce à la transformation radicale de sa section, désormais aussi profonde qu'élevée. Les cinq planchers entourent prudemment la colonne historique centrale pour former une construction souterraine de 15 mètres de profondeur qui offre une surface utile d'environ 35 000 m², directement placés sous l'un des patrimoines immobiliers les plus précieux et protégés au monde. En définitive, le niveau de la Place Vendôme peut être comparé au toit d'un entrepôt de véhicules.



Place Vendôme, Paris, 1890.



Place Vendôme, Paris, 1968.



Place Vendôme, Paris, 2007.

1113 parking spots,
5 levels,
15 meter deep,
35 000 m² usable floor area



Typical plan and section of the Placea Vendôme in 2019. Royal square by Jules Hardouin-Mansart for Louis XIV (1699). Underground car park by Indigo Group (then GTM) for Georges Pompidou (1970).

Plan et coupe type de la Placea Vendôme en 2019. La Place Royale par Jules Hardouin-Mansart pour Louis XIV (1699). Parking souterrain par Indigo Group (ancien GTM) pour Georges Pompidou (1970)

2.4 Avenues – A roll-out system

The open spaces created by large circulation axes quickly came to use the same principles as the ones developed for public squares.

Following the infrastructural logic of many public utility and transportation networks, many underground car parks have been built under boulevards, avenues and roundabouts. The necessary proximity to vehicle traffic and the continuity of the open space of the street rendered circulation axes an obvious choice for such developments. These standardised structures are 'unrolled' like a carpet, under the street level, with regular access points for vehicles and pedestrians along the way.

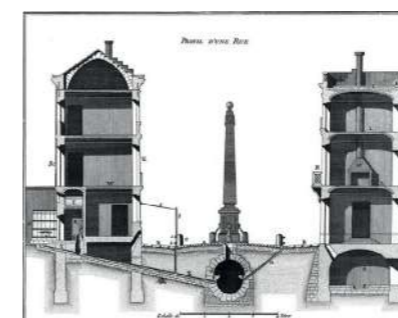
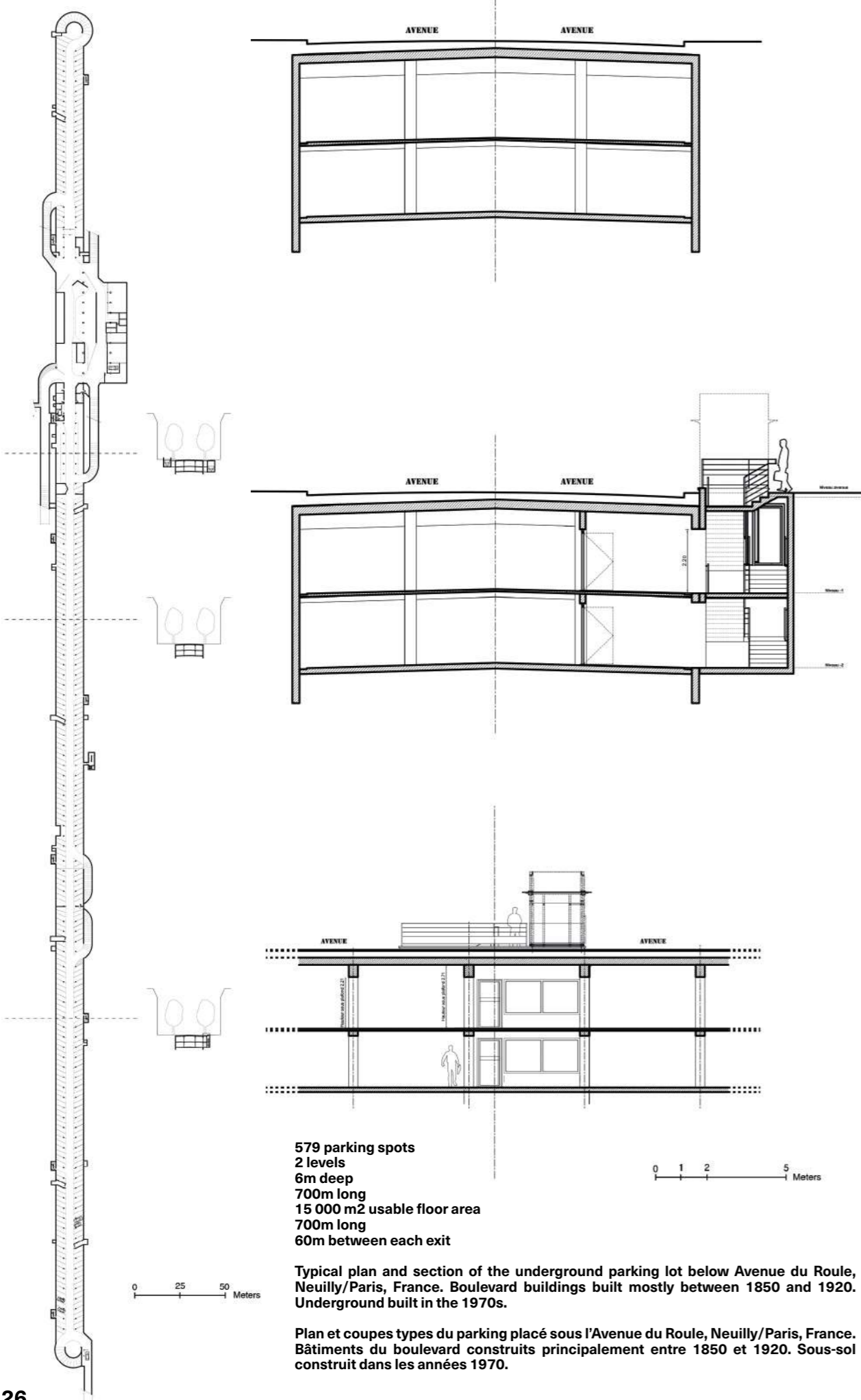
In many ways, these underground linear car parks are the realisation of the many unbuilt projections drafted by the planners and architects of the early years of the car, who often proposed additional street levels in order to cope with the varying vehicles flows. Eugène Hénard, Harvey W. Corbett, Paul Rudolph are some of the architects who furthered the legacy of Pierre Patte by proposing new concepts for street typologies.

Avenues – Un système déroulable

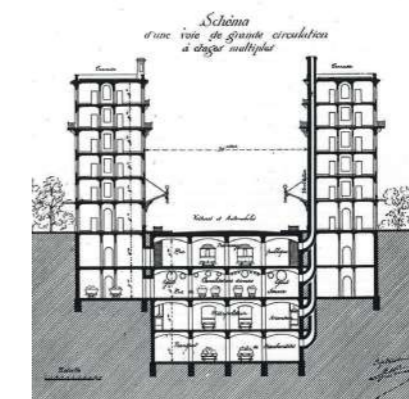
Les espaces ouverts créés par les grands axes de circulation en sont rapidement venus à utiliser les mêmes principes que ceux développés pour les places publiques.

Suivant une logique infrastructurelle comparable à celle des réseaux d'utilité publique et des transports publics, les parkings souterrains sont souvent construits en dessous de boulevards, avenues ou ronds-points. La proximité avec les axes de circulation automobile et la possibilité d'établir une continuité avec l'espace extérieur de la rue ont fait de l'axe de circulation un choix évident pour aménager de tels programmes. Des structures standardisées sont ainsi déployées sous le niveau de la rue et disposent de points d'accès réguliers pour les véhicules et les piétons.

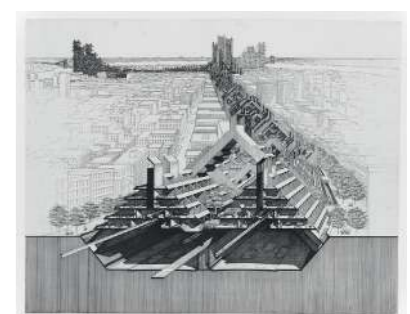
À bien des égards, ces parkings linéaires souterrains constituent une forme d'accomplissement de plusieurs projets non réalisés proposés par les urbanistes et architectes des premières années de l'automobile, qui avaient souvent proposé la démultiplication du niveau de la rue comme solution pour faire face aux différents flux de véhicules. Eugène Hénard, Harvey W. Corbett, Paul Rudolph sont quelques-uns de ces architectes qui, dans la lignée de Pierre Patte, ont imaginé ce type de coupes à plusieurs niveaux sous rue.



Pierre Patte. Pierre Patte. Typical Parisian street section. Profil d'une rue. Mémoires sur les objets les plus importants de l'architecture. 1769.

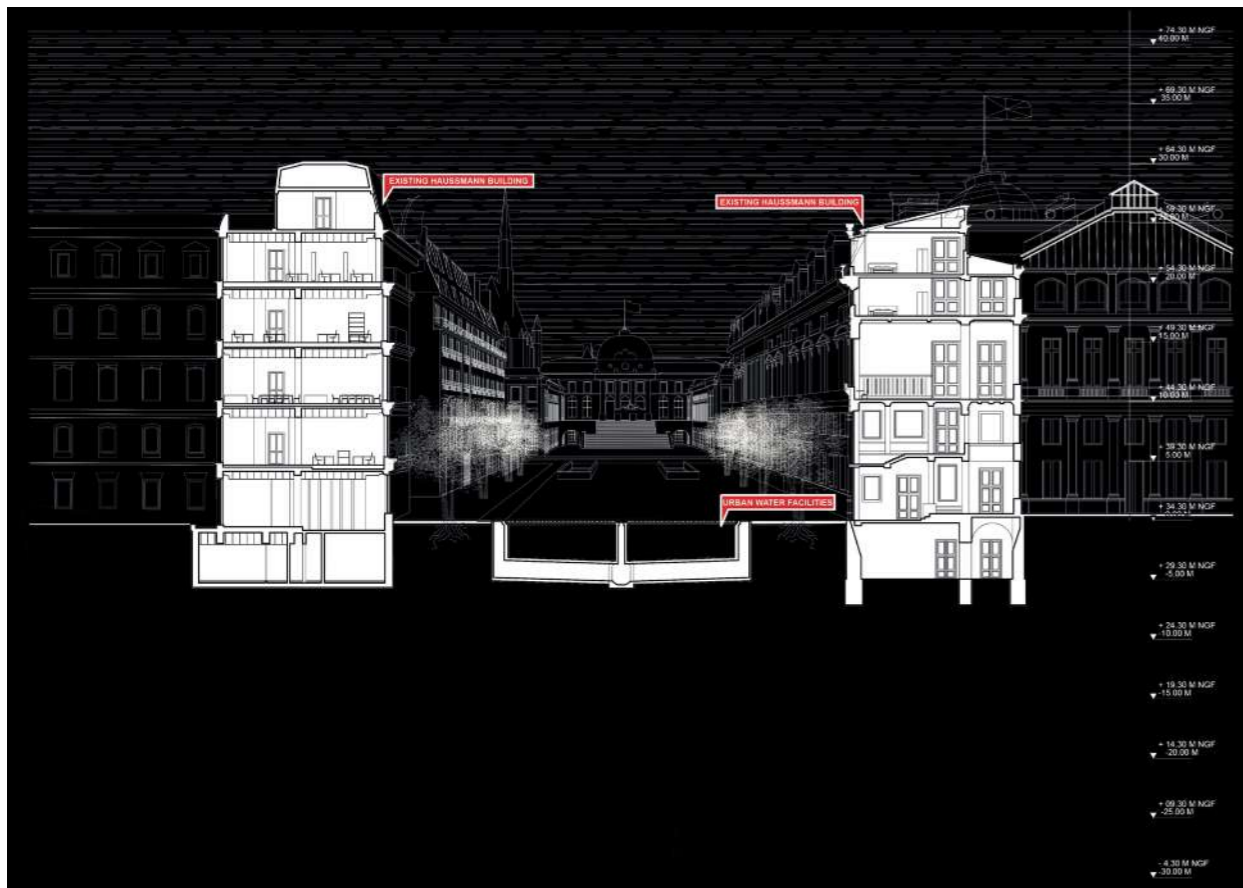


Eugène Hénard. Les villes de l'avenir. Transactions of the Town Planning Conference, London. 10-15 Octobre 1910. From Eugène Hénard, études sur l'architecture et les transformations de Paris, by Jean-Louis Cohen, 2012.



Paul Rudolph. Cross manhattan expressway proposal. 1967-1972.

Street Section late-19th Century



2.5 The Rise of the Deep Street

Since its invention, the modern street has not only grown higher. It has been layering deeper to withstand technological advances.

The modern street is a cleared open space made for circulation, delimited by two facades separating public and private space, and with city utilities embedded in its floor. The utilities started with sewage, clean water gas, to later incorporate electricity, subways, phone lines and internet cables. Underground car parks also belong to this series of utility networks that make daily urban life possible.

The development of car parks below squares and streets has transformed the archetypical architectural street section. Consequently, it has become as deep as it is high, with the street floor being as much of a roof as a floor.

The deepening of the street through the construction of underground parking lots in recent decades realises several urban propositions such as the ones of Eugène Hénard for Paris or Harvey Wiley Corbett for New York City. However, their visions mostly prioritised traffic by adding circulation levels, which overlooked the street's role in centralising city life. On the contrary, the implicit project of the deep street consists of embedding as many machines, utilities and services for urban life into the floor in order to leave the streets and public spaces as free and legible as possible.

L'avènement de la rue épaisse

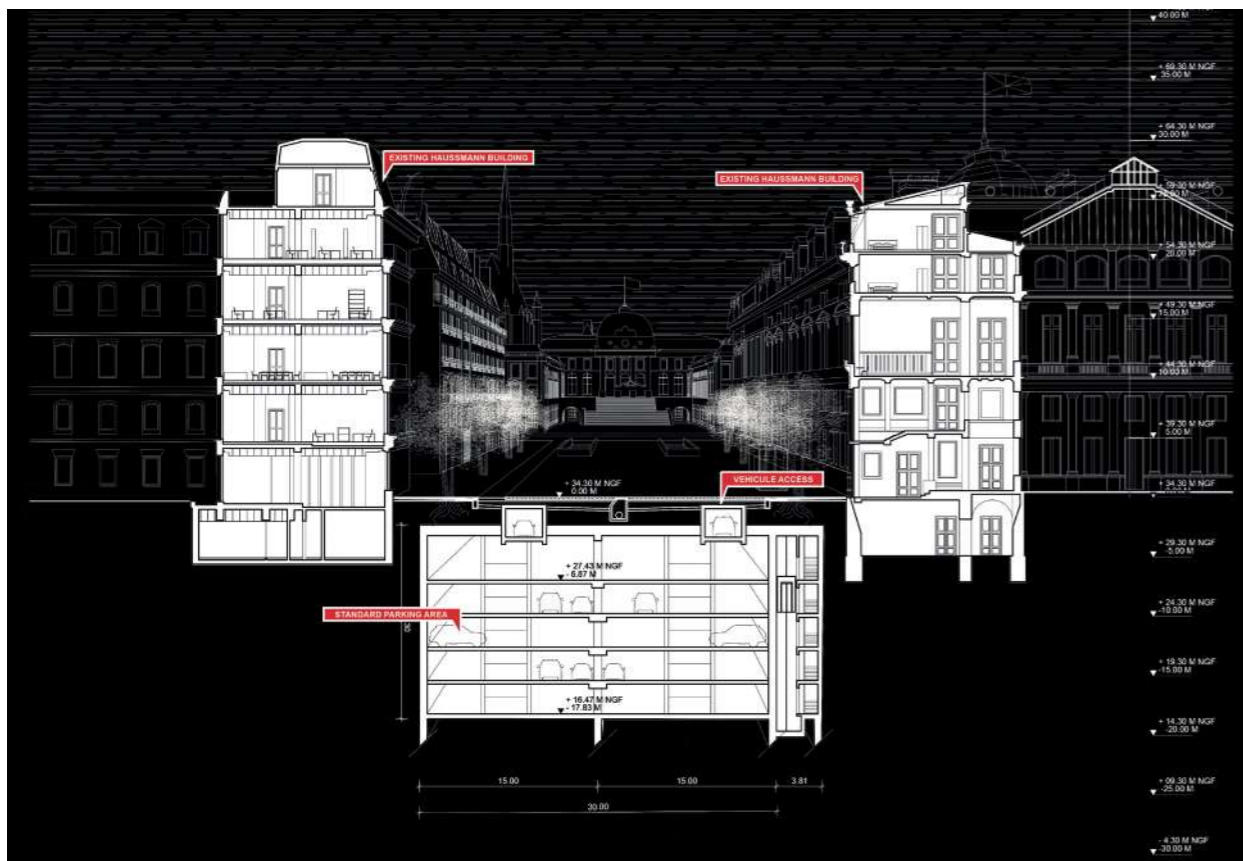
Depuis son invention, la rue moderne ne s'est pas seulement agrandie verticalement. Elle s'est aussi approfondie pour intégrer les évolutions technologiques.

La rue moderne est un espace ouvert et dégagé, délimité par deux façades, permettant la circulation, séparant l'espace public de l'espace privé et hébergeant dans son sol les réseaux techniques publics. Ces réseaux techniques ont d'abord été dévolus aux égouts, à l'eau potable et au gaz, puis à l'électricité, au métro, au téléphone et à Internet. À beaucoup d'égards, les parkings souterrains font partie de ces réseaux publics, sans lesquels la vie urbaine quotidienne ne serait pas possible.

L'aménagement de parkings sous les places et les rues a transformé la coupe architecturale archétypique de la rue. Elle rend celle-ci aussi profonde que haute, la surface de la rue prenant l'apparence d'un toit plus que d'un sol.

L'approfondissement de la rue par la construction de parkings souterrains au cours des dernières décennies a matérialisé plusieurs propositions urbaines, tels les projets d'Eugène Hénard pour Paris ou de Harvey Wiley Corbett pour New York City. Cependant, leurs visions donnaient la priorité à la circulation, en multipliant les niveaux de rue, ce qui atténuait le rôle de la rue en surface comme objet de centralisation de la vie urbaine. Au contraire, le projet de la rue profonde, qui consiste à encastrent dans le sol le plus grand nombre possible de machines, d'équipements et de services liés à la vie urbaine, permet de laisser les rues et les espaces publics aussi libres et lisibles que possible.

Street Section late-20th Century



The development of the Deep Street

Le développement de la rue épaisse.

Section of a typical Parisian street at the end of the 19th and 20th centuries. The city is becoming as deep as high. Profil d'une rue parisienne type à la fin du XIXème et à la fin du XXème siècle. La ville devient aussi haute que profonde.

The metropolitan underground is an untapped urban resource.

Underground urban strategies can provide answers to a many contemporary challenges. The main resource to tap in the underground is space. The construction of underground architectural spaces consolidates the use of urban space without crowding the surface with more volumes or spreading further out. This practice of improving the spaces on the surface increases their real estate value even more. It is a quiet production of space, which is particularly relevant for the most dense and most sensitive urban areas. The expansion of cities downwards through the thickening of their ground is a sensible approach for urban growth, one which has been overlooked by modernist planners of the last century, and one that will surely gain an increasing significance in the near future.

Another advantage which is specific to the underground is to be in direct contact with the soil and therefore to have direct access to its resources. Water can be managed locally through sponge city principles for instance, and sometimes even sourced locally for consumption. But the most immediate and powerful resource of the ground is its thermal capacity. Virtually unlimited in its availability and rather low-tech in its exploitation, it has the potential of massively reducing the energy consumption of urban centres. Future city developments should think of their soils as massive natural heat sinks.

- Space
- Density
- Connectivity
- Infrastructure
- Energy

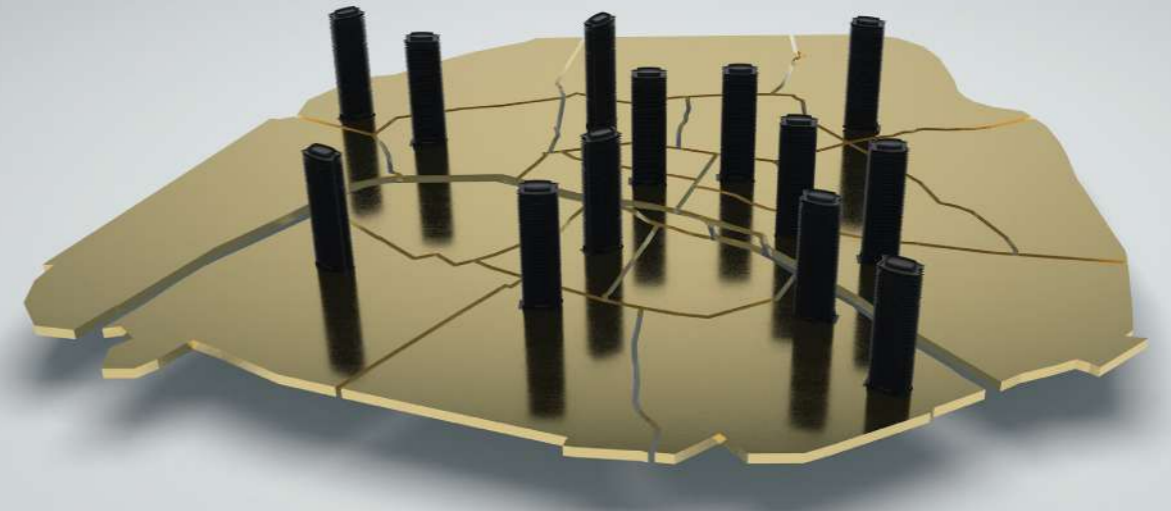
Opportunités dans le souterrain

Le sous-sol métropolitain est une ressource urbaine sous exploitée.

Les stratégies d'aménagement souterrain peuvent apporter des réponses à une multitude de problématiques urbaines contemporaines. La principale ressource à exploiter dans le sous-sol est l'espace. La construction d'espaces architecturaux sous terre optimise ainsi l'utilisation de l'espace urbain sans l'étendre davantage horizontalement ou encombrer l'espace en surface. Cette approche est d'autant plus noble qu'elle valorise l'espace en surface. Elle favorise une production discrète de l'espace particulièrement pertinente dans les zones urbaines les plus denses et les plus sensibles. L'expansion des villes vers le bas, par l'épaississement en profondeur de leurs sols, permet une approche raisonnable de la croissance urbaine, pourtant sous-estimée par les urbanistes modernistes du siècle dernier.

Une autre qualité que possède le sous-sol est son contact direct avec le sol et son accès direct à des ressources naturelles. L'eau par exemple, pourrait être gérée localement en appliquant les principes de la ville éponge, et parfois même être distribuée localement pour la consommation courante. Mais la ressource la plus immédiate et la plus puissante contenue dans le sol est sa capacité thermique. De disponibilité quasi illimitée et d'exploitation peu technologique, l'utilisation du sol a le potentiel de permettre une réduction massive de la consommation d'énergie dans les centres urbains. Les futurs aménagements urbains devraient donc davantage considérer leurs sols comme de potentiels grands dissipateurs de chaleur naturels.

- Espace
- Densité
- Connectivité
- Infrastructure
- Énergie



Indigo manages 1.5 million m² of underground space in Paris, which amounts to 13 Montparnasse Towers.

À Paris, Indigo gère environ 1,5 Million de m² de surface souterraine, ce qui correspond à la surface cumulée de 13 tours Montparnasse.

2.7 Towards a new model

The underground spaces of tomorrow will house more than just mobility and utilities.

The arrival of new mobilities will force parking infrastructures to evolve beyond being simply inert vehicle storage. They will have to become local service providers for a variety of vehicles that might be owned privately, leased or shared either individually or as fleets, and of different typologies, mainly cars, vans, scooters, bicycles, with diverse engines powered with gas, electricity and hydrogen. The default systems embedded in a carpark are already being rethought for that reason.

Then, this trend in mobility is part the broader optimisation of space in high-density high-value urban areas in parallel with the search for sustainable solutions. In this case, underground infrastructures are particularly relevant, especially when they are already built, underused and ready to be converted.

The carpark of the future will cease to be a closed concrete box to become a site of connections directed both vertically as an extension of the street level and as an interface with resources underground, and horizontally by connecting transport lines, retail space, cultural venues to the infrastructure they need, and also to each other.

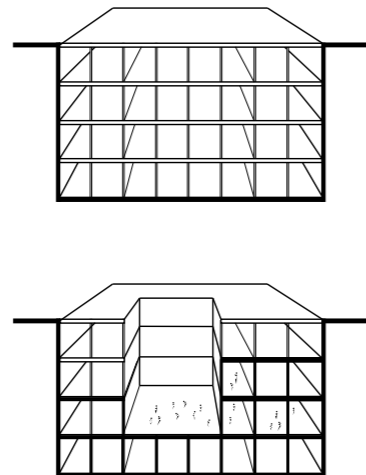
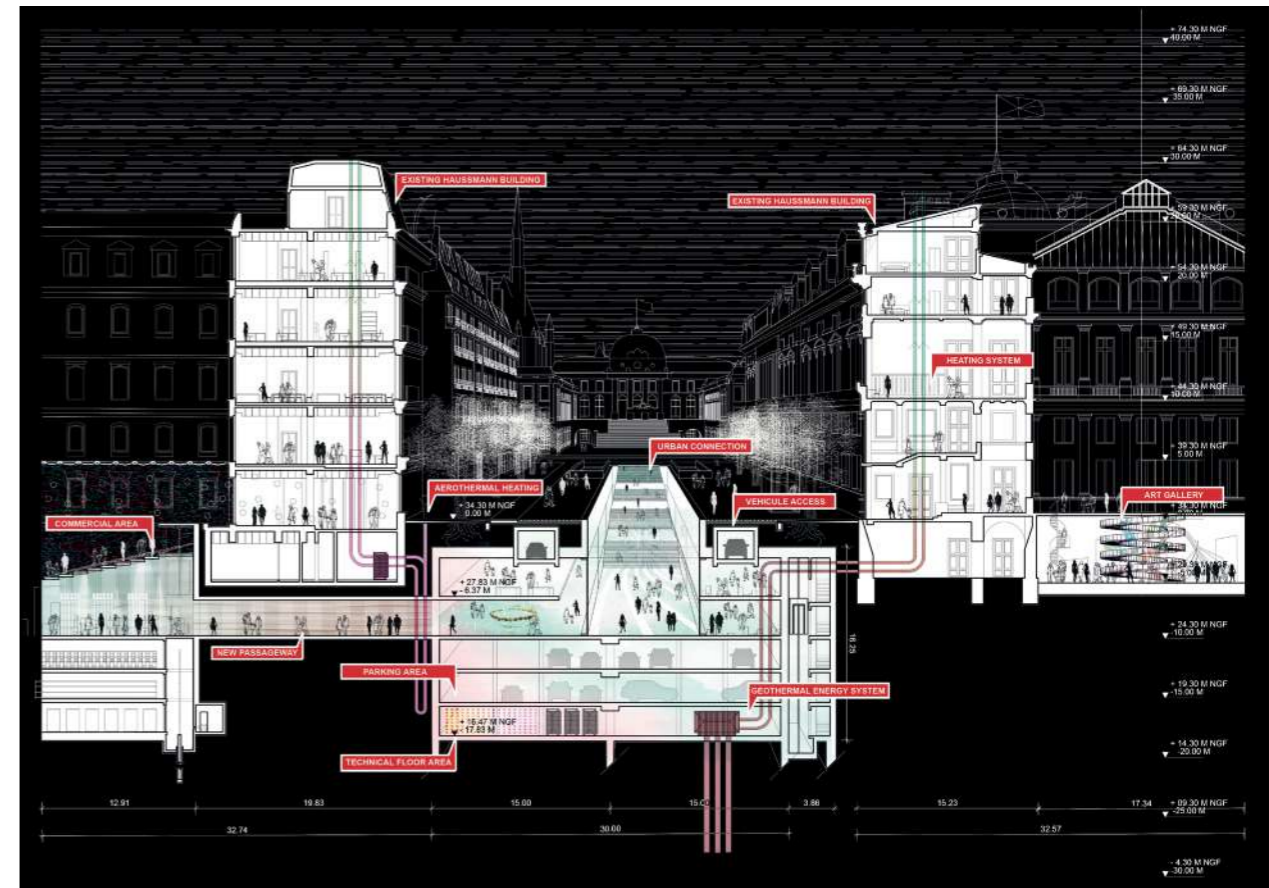
Vers un nouveau modèle

Les espaces souterrains de demain fourniront davantage que de la mobilité et de l'infrastructure.

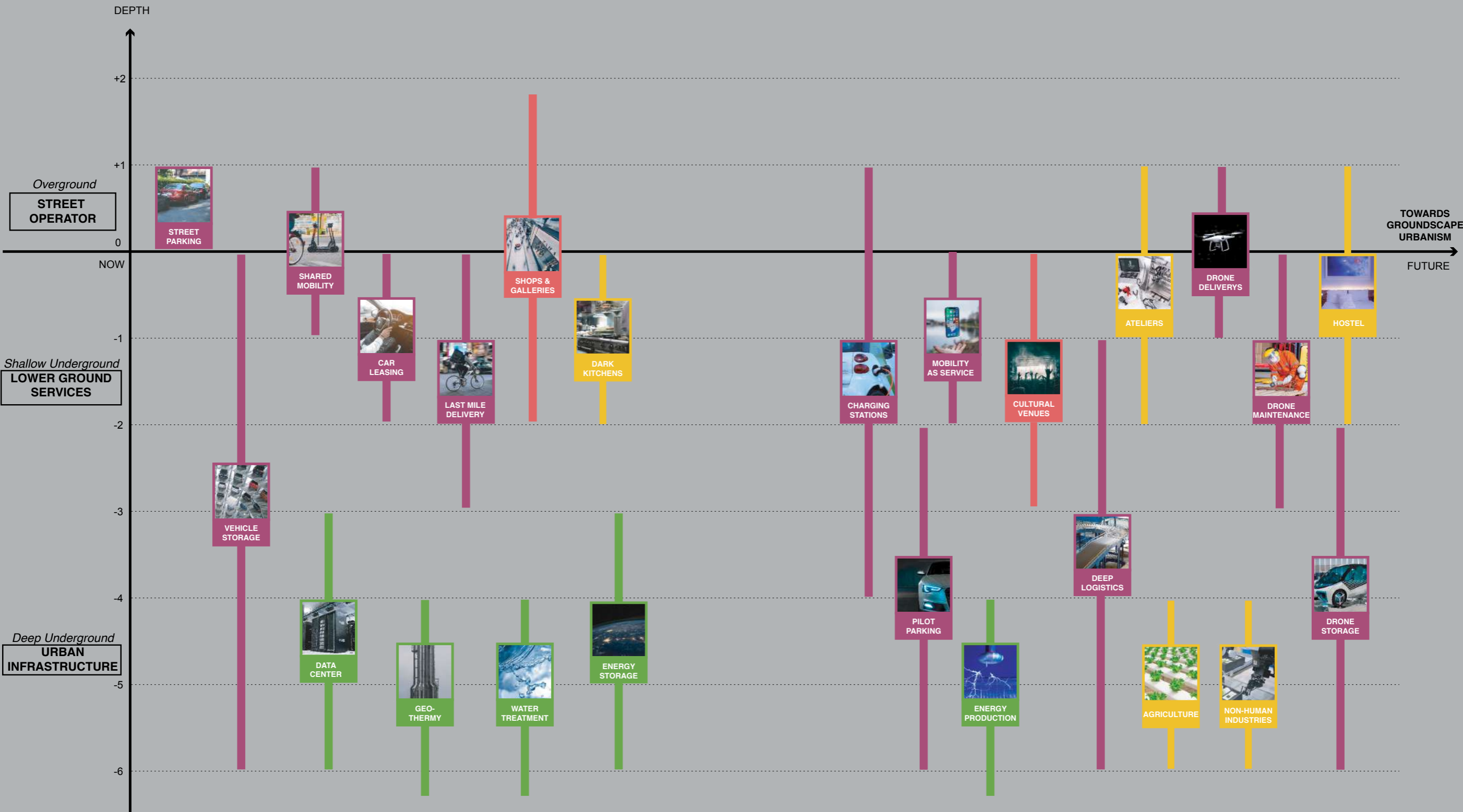
L'arrivée de nouvelles mobilités obligera les infrastructures de stationnement à évoluer pour offrir davantage qu'un simple stockage inerte de véhicules. Les parkings devront devenir des fournisseurs de proximité pour une plus grande variété de véhicules, voitures, fourgonnettes, scooters et bicyclettes, aux systèmes de motorisations variés, à essence, à l'électricité ou à l'hydrogène, et aux systèmes de gestion également variés, qu'ils soient des véhicules privés, loués ou partagés, individuellement ou en flotte. Les systèmes intégrés au parking standard devront donc en premier lieu être repensés pour répondre à ces nouvelles offres de mobilité.

Cette tendance liée à la mobilité s'accompagne d'une évolution à plus long terme qui concerne l'optimisation des usages de surface de l'espace limité des zones urbaines à forte densité et à forte valeur ajoutée, combiné à un besoin accru en solutions durables adaptées. Le développement d'infrastructures souterraines apparaît alors particulièrement pertinent, surtout lorsque celles-ci sont déjà construites, sous-utilisées et prêtes à être reconverties.

Le parking du futur cessera d'être une boîte fermée en béton pour se transformer en un lieu d'interconnexions orientées à la fois verticalement, comme une extension du niveau de la rue et un lieu d'accès aux ressources du sol, et horizontalement, en reliant les transports, les commerces et divers sites entre eux ainsi qu'aux infrastructures dont ils ont besoin.



Slab opening principles. Principe d'ouverture de dalles sur la rue (above). Harvey Wiley Corbett, City of the future. 1913 (left).



Programming the underground real estate of today and tomorrow.

Programmer l'immobilier souterrain d'aujourd'hui et de demain.

Programming the underground. Program distribution for underground car parks according to depth and time. The programs tends to compose two categories, those located close to the surface and those deeper.

Programmer le sous-sol. Distribution des programmes dans les parkings souterrains selon la profondeur et le temps. Les programmes forment deux catégories, qu'ils soient proches de la surface ou profonds.

The full realisation of the underground's potential requires regulatory and legal innovations regarding access and safety as well as planning and ownership.

The underground abides by a different set of rules and laws compared to the surface. These rules are often much less developed than those above ground, and they tend to exacerbate the abrupt transition between above and below. The exploitation of the urban underground through future car parks or other activities requires innovative regulations in terms of safety, design and zoning. For instance, regulatory distinctions could be introduced to distinguish between shallow and deep underground spaces, and also between repurposed buildings and new constructions.

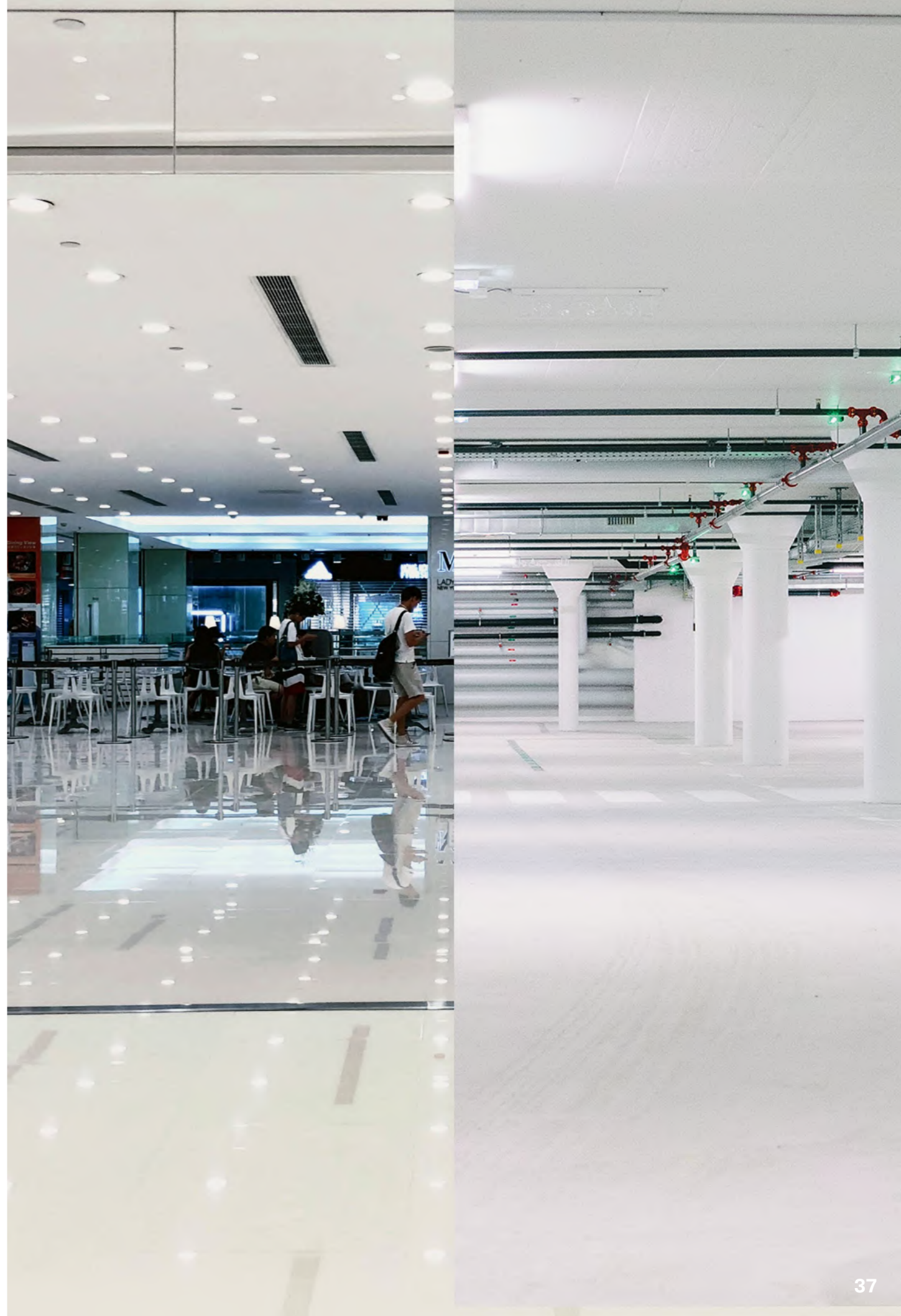
Beyond car parks, the sophistication of the regulatory realm related to underground spaces is an essential element to the rootedness of our cities, and therefore to making them more optimised, resilient and sustainable. The guidelines assembled by the Police authorities in Paris compose an essential basis for the reach of these prospects.

Réglementation : défis et propositions

La pleine réalisation du potentiel du sous-sol nécessite des innovations réglementaires et juridiques en termes d'accès et de sécurité, ainsi que de planification et de propriété.

Le souterrain obéit à un ensemble de normes et de lois différentes de celles appliquées en surface. Ces règles sont souvent moins développées et ont tendance à accentuer la différenciation entre le dessus et le dessous. La mise en valeur des espaces souterrains urbains par le biais de parcs de stationnement ou d'autres activités nécessite des nouvelles régulations en termes de sécurité, d'architecture et de zonage. Par exemple, des distinctions réglementaires pourraient être introduites pour différencier le souterrain de surface du souterrain profond, ou les espaces en reconversion des constructions nouvelles.

Au-delà d'une réglementation applicable aux parcs de stationnement, la définition de normes spécifiques aux espaces souterrains sera un élément essentiel pour favoriser l'enracinement de nos villes, qui les rendrait plus optimisées, résilientes et durables. A ce titre, le guide de préconisation élaboré par la Préfecture de Police de Paris constitue une base essentielle.



Regulation Innovation Regulation Innovation Regulation Innovation Regulation Innovation

Façade Access	Façade accesses describe ramps, stairs and lifts that are located on the ground level of a building and have direct access to the street. Simply by having a façade, they solve many regulatory issues in terms of security, maintenance, property and urban integration. Façade access should be preferred to small ground openings and be facilitated as much as possible.
Groundscape	Naturally lit and ventilated spacious entrances break the regulatory separation between spaces above and below ground. They provide large emergency exits for crowds and easy intervention access points for authorities. They break the psychological barrier of “going underground” and bring out the value of the underground located just under the surface.
Adaptable Design	The structure and layout of underground parking lots is optimised for cars which limits their reconversion potential. Adaptable design principles for underground infrastructure include higher load capacities and more versatile dimensioning and access points amongst others. These possibilities can be incentivised for their long-term economic viability and sustainable capacity, which is particularly relevant in the case of the car which is likely to be profoundly transformed in the near future.
Redefining the level zero	The level zero is defined by the safety services as a reference in case of emergency intervention. It hardly has any relationship to user experience although it remains highly influential in defining the types of programs, and therefore the value of real estate.

Cornerless Design	Claustrophobia and danger generated by underground parking lots can be greatly improved by design. Corners, thresholds, darkness, smells, corridors, mazes, are some of the elements that contribute to the depreciation of underground spaces. High ceilings, convenient exits, natural ventilation and regular maintenance dramatically improve those spaces.
Subsoil vs. Underground	The underground is not uniform in terms of zoning. A distinction emerges from the study of potential programmatic developments in the underground. The subsoil is located on first few levels below the street and offers safe spaces for people thanks to the proximity to the ground. The underground is located on the deeper levels and can host programs involving a more limited amount of personnel. The regulations could integrate this distinction in their composition.
Passive Fire Protection	Fire protection in underground spaces has been a fast developing area of expertise in recent years, in particular with regards to passive protection. Passive fire protection principles are able to solve many of the fire safety requirements for vehicles and users. They are often aligned with quality design (higher ceilings, natural ventilation, etc.) and sustainable (fewer machines, less energy consumption, etc.).
Vehicle Fire Regulation	The greatest fire threat of underground parking lots are related to the high fire load energy density (FLED) of vehicles which is particularly important and toxic. Recent combustion engine vehicles tend to burn longer, hotter and more destructively. The FLED of future vehicles will have to be capped for safety and sustainability reasons.

Accès en façade
Les accès en façade désignent les rampes, escaliers et ascenseurs situés au rez-de-chaussée d'un bâtiment, ayant un accès direct à la rue. Par le simple fait de posséder une façade, ils pallient de nombreux problèmes réglementaires en matière de sécurité, d'entretien, de propriété et d'intégration urbaine. Les accès en façade devraient donc être encouragés autant que possible et préférés aux petites ouvertures au sol.

Groundscape
Des entrées spacieuses apportant lumière et air naturel permettent de supprimer la séparation réglementaire entre espaces aériens et souterrains. Elles offrent de grandes issues de secours pour le public et des points d'accès faciles pour les autorités publiques en cas d'intervention. Elles permettent également de contrer la barrière psychologique liée à la sensation de « descendre dans le sous-sol » et valorisent les espaces souterrains situés à proximité de la surface.

Architecture évolutive
La structure et l'aménagement des parcs de stationnement souterrains sont optimisés pour les voitures, ce qui limite leur potentiel de reconversion. Les possibilités d'évolution dans la conception des infrastructures souterraines comprennent, entre autres, l'augmentation de leurs capacités de charges, la modification de leur dimensionnement et la conception de points d'accès offrant davantage de polyvalence. Ces changements peuvent être encouragés pour favoriser la viabilité économique de ces équipements sur le long terme et leur qualité d'un point de vue de la durabilité, la voiture étant susceptible de subir une transformation importante de son usage dans un avenir proche.

Redéfinir le niveau zéro
Le niveau zéro est défini par les services de secours, en cas d'intervention d'urgence. Il n'est pas forcément lié à l'expérience utilisateur, bien qu'il reste très influent dans la définition et localisation des types d'activités, et donc dans la valorisation des biens immobiliers.

Architecture sans recoins
Le sentiment de danger ou de claustrophobie que produisent les parcs souterrains peut être considérablement atténué par l'architecture et le design. Angles, transitions, pénombre, odeurs, couloirs, dédales, sont autant d'éléments qui contribuent à la dépréciation des espaces souterrains. Les plafonds hauts, le positionnement visible des sorties, la ventilation naturelle et l'entretien régulier les améliorent considérablement.

Sous-Sol versus Souterrain
Le souterrain n'est pas uniforme en termes de zonage. Une distinction entre deux types de souterrains se dégage de l'étude des développements programmatiques potentiels du souterrain. Le sous-sol situé dans les premières couches sous la rue offre des espaces plus facilement sécurisables pour les usagers, grâce à sa proximité avec l'extérieur. Le souterrain situé dans les niveaux les plus éloignés du niveau du sol peut abriter des activités ouvertes à un nombre plus limité de personnes. Les règlements pourraient intégrer cette distinction dans leur composition.

Protection Incendie Passive
La protection incendie dans les espaces souterrains a beaucoup évolué ces dernières années, en particulier pour les rendre passifs. Les dispositifs de protection passive au feu participent à produire des espaces de qualité (plafond plus élevé, ventilation naturelle) et durables (moins de recours aux machines, moins de consommation d'énergie...).

Règles de protection incendie liées aux véhicules
La plus grande menace d'incendie dans les parcs de stationnements souterrains est liée à la charge calorifique des véhicules, particulièrement élevée et toxique. Les véhicules récents équipés d'un moteur à combustion ont tendance à brûler plus longtemps, avec des températures plus élevées et des émissions de gaz plus dangereuses. La charge calorifique des véhicules du futur pourrait être plafonnée pour des questions de sécurité et d'écologie.

novation Regulation Innovation Regulation Innovation Regulation Innovation Regulation

2.10 Underground Operator

The underground operator offers a full-range of expert services for the development and use of underground spaces, from construction to regulation, and from management to ownership.

Over the last decades, Indigo Group has gathered valuable knowledge concerning the development of the metropolitan underground. At the crossroads between urban infrastructure and user services, this expertise is valuable for activities beyond just car parking and mobility. DPA-X introduces therefore the notion of underground operator as much for the future of Indigo Group as for the relevant administrations and businesses.

The positioning as underground operator is strategic and also only natural considering the evolution of mobility and of urban practices. The underground operator mainly identifies a specialised entity with the capacity to assist businesses in establishing themselves in city centres where space is limited and where local politics differ. The geographical distribution of parking lots—both underground and not-already position Indigo Group as the manager of a consolidated network of well-located usable surfaces that could be used for more than car storage. This development is already tentatively underway, but a shift in the appreciation of existing and future carparks is needed. They should be understood as the nodes of an infrastructural grid providing mobility services, energy solutions, logistical spaces, and multi-purpose volumes for a variety of activities. When a new urban services needs to be implemented in a city, the operators of these infrastructural parks should be considered first.

Amongst them, the parks located underground have a different position in this network. More often public than private, they are more expensive and technical to build, they are more difficult to operate and they are necessarily located in dense and prized city centers. It makes them subject to a wealth of issues that are practical, legal and political, and which are precisely rendering them inaccessible to non-specialised enterprises. The underground operator then becomes the mediator between companies needing to deploy services in places where they have no experience with the local authorities, citizens or users.

Such a positioning at the intersection of public and private spheres, as a decentralised global network of localised flexible infrastructural spaces is particularly adapted to the patterns of development of digital services, and has the potential of curbing their disruptive effects, especially because the network of parks is already sufficiently mature.

Opérateur du souterrain

L'opérateur du souterrain offre une gamme complète de services spécialisés pour le développement et l'usage des espaces souterrains, de la construction à la réglementation, de la gestion à la propriété.

Au cours des dernières années, Indigo Group a acquis une connaissance précieuse de l'aménagement du sous-sol métropolitain. À la jonction entre infrastructures urbaines et services aux usagers, cette expertise est utile pour le développement d'activités autres que le stationnement automobile et l'offre liée à la mobilité. DPA-X introduit cette notion d'opérateur souterrain, tant pour l'avenir d'Indigo Group que pour les administrations ou entreprises potentiellement concernées.

Un positionnement en tant qu'opérateur souterrain est à la fois logique et stratégique, compte tenu des évolutions actuelles de la mobilité et des pratiques urbaines. L'opérateur souterrain désigne principalement une entité spécialisée capable d'aider les entreprises à s'établir dans les centres-villes où l'espace est limité et les politiques locales variées. La répartition géographique des parkings, souterrains et en surface, positionne déjà Indigo Group comme le gestionnaire d'un réseau unifié de surfaces utilisables sur des sites de qualité qui pourraient être utilisées pour d'autres fonctions que le simple stockage de véhicules. Cette évolution est déjà en cours, mais un changement dans l'appréciation des parkings existants et futurs est nécessaire. Les parcs doivent être considérés comme les noeuds d'un réseau d'infrastructures fournissant des services de mobilité, des solutions énergétiques, des espaces logistiques et des volumes polyvalents pour l'accueil d'une grande variété d'activités. Lorsqu'un nouveau service urbain a besoin d'être mis en place dans une ville, les opérateurs de ces parkings infrastructuraux seraient placés comme premiers interlocuteurs.

Parmi eux, les espaces de ce réseaux situés en sous-sol occupent une place différente. Plus souvent publics que privés, ils sont plus coûteux et techniquement complexes à construire, plus difficiles à exploiter et sont donc nécessairement implantés dans des centres urbains denses et prisés. Cela les soumet à une multitude de considérations pratiques, juridiques et politiques, qui les rendent précisément inaccessibles à des entreprises non-spécialisées. L'opérateur du souterrain se place alors comme médiateur entre les entreprises qui souhaiteraient déployer leurs services localement, là où elles n'ont pas d'expérience, et les autorités locales, les citoyens et usagers.

Un tel positionnement à l'intersection du public et du privé, en tant que réseau global décentralisé d'espaces infrastructuraux flexibles est particulièrement adapté aux modèles de développement des services numériques, et a le potentiel de freiner leurs effets perturbateurs, en particulier parce que le réseau de parkings est déjà assez mature.

Tesla
Venue
Logistics

Artisans

Customers
Lime
Light Mobility
Drivers

Storage
Industries
Car-Sharing

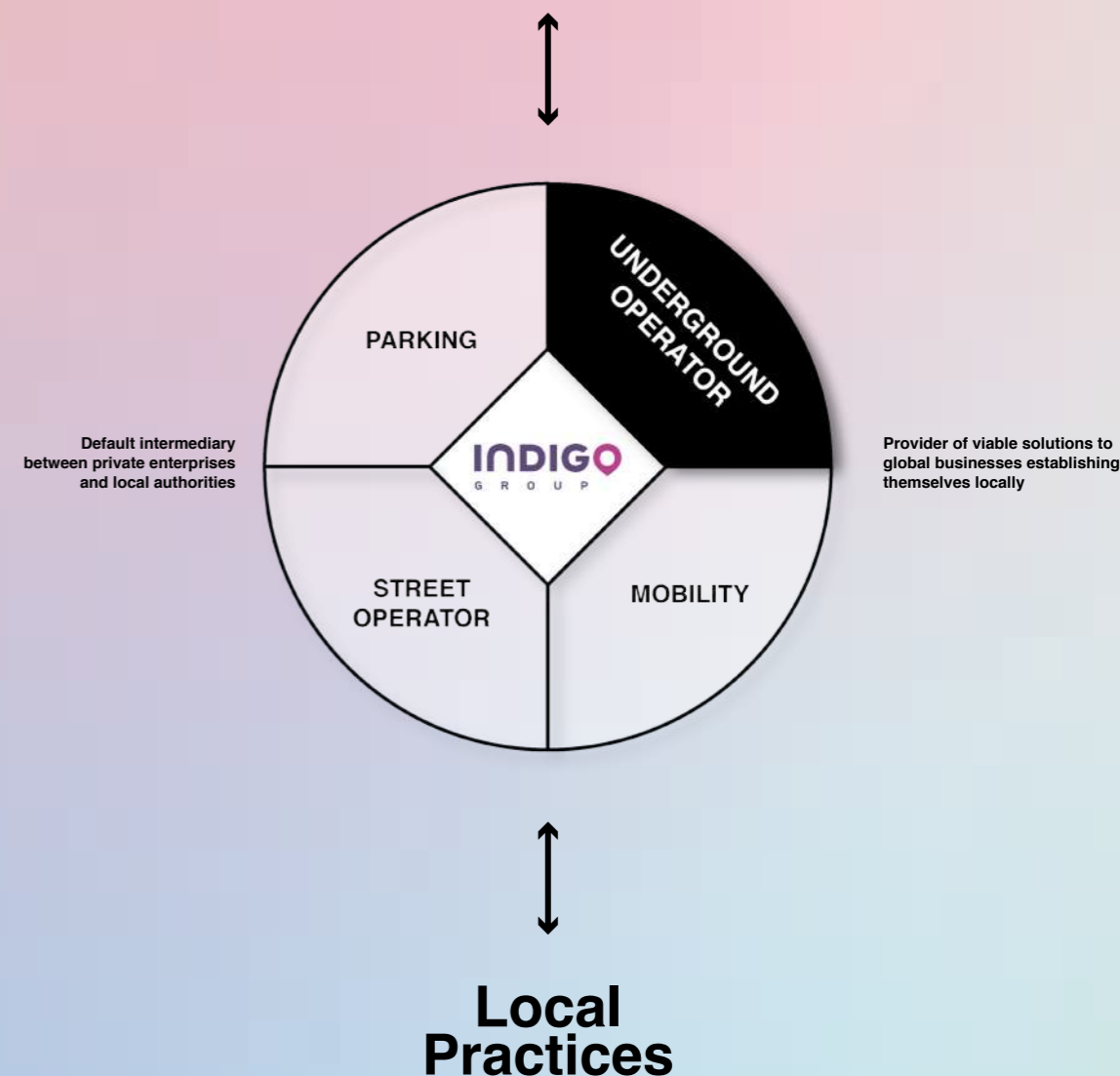
Shoppers
Amazon

Light Industries
Maintenance
BMW

Energy

Vehicules

Global Businesses



Politics
States
Associations

Regions
Ecology

Customers
Planning
Partners

Public
Work
Codes

Authorities
Local Data

Traditions
Fire
Brigade
Construction



Dense Metropolis



Dense metropolitan centres are the most obvious sites for underground car parks. They tend to have a mature urban fabric that was often designed before the invention of the car. They also have developed transportation ecosystems with cars, buses, trains and light mobilities. The traffic in these areas is defined by a reduced number of privately owned cars and a large proportion of logistics for both passengers (taxis, etc.) and goods (delivery, etc.).

Centres Métropolitains Denses: les sites les plus évidents pour l'implantation de parkings souterrains se situent dans les zones métropolitaines denses disposant d'une pluralité de centres. Ils ont tendance à posséder un tissu urbain ancien, souvent conçu avant l'invention de l'automobile, auquel s'ajoute un écosystème de transport développé comprenant voitures, autobus, trains et mobilités légères. Le trafic dans ces zones est défini par un nombre réduit de voitures privées et de grands besoins logistiques autant pour les passagers (taxis, etc.) que les marchandises (livraisons).

Regional City



Regional cities are urban centers with a single identifiable center which often corresponds to the historic heart of the city and its train station. The main particularity of these urban centers is that the traffic is dominated by private car owners who are spread on nearby rural and suburban territories, and whose public transportation options are limited to public buses and tramways at most.

Centres-Villes Régionaux: Les villes régionales sont des entités urbaines comprenant le plus souvent un centre unique et identifiable correspondant souvent au centre historique de la ville et à sa gare. La principale particularité de ces sites est qu'ils manquent d'infrastructures de stationnement alors même que leur trafic est largement dominé par la voiture privée, étant donné une répartition des usagers sur les territoires périurbains et ruraux environnants desservis par un écosystème de transport public limité le plus souvent à un réseau d'autobus ou de tramways.

New Development



New development refer to urban areas built for the car that are equipped by default with parking through planning regulations based on their programs (retail, residential, business, culture, mixed-use, etc.). The required parking surfaces often lead to their integration in the architectural design, and are regularly placed underground in the lowest levels the buildings or even sometimes extend below the public spaces. They are mostly located on private land.

Nouveaux Quartiers: Les nouveaux quartiers font référence aux aménagements urbains construits avec l'automobile et équipés par défaut de zones de stationnement par le biais de règlements d'urbanisme basés sur leurs besoins selon les programmes développés (programme commercial, résidentiel, culturel, mixte,). Les surfaces de parking nécessaires conduisent souvent à leur intégration dès la conception architecturale. Celles-ci sont régulièrement placées en sous-sol dans les niveaux inférieurs des bâtiments et parfois sous les espaces publics. Elles sont pour la plupart situées sur des parcelles privées.

3.1 Urban Condition

Underground car parks are usually implemented in relatively high-density urban areas. Three dominant typologies of urban conditions can be identified, each with its own characteristics.

1. Dense Metropolis
2. Regional City
3. New Development

Contextes urbains

Les parkings souterrains sont toujours installés dans des zones urbaines comprenant une densité relativement élevée d'habitants et de bâtiments. Trois typologies dominantes de villes et de centres urbains peuvent être identifiées, chacune ayant ses propres caractéristiques en termes de types et d'usages de parkings.

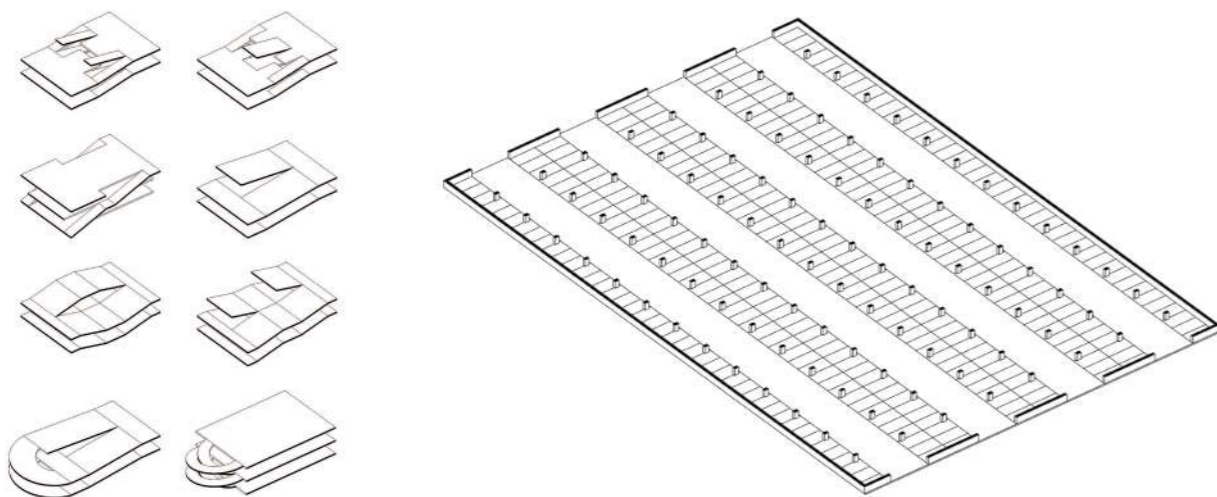
1. Centres Métropolitains Denses
2. Centres-Villes Régionaux
3. Nouveaux Quartiers

Underground car parks have no façade and only interiors. They are mainly defined by their sites.

Although overlooked in specialised literature on car parks design, the architecture of underground parking shares many similarities with its above ground counterpart. It is mainly composed of simple floor plates based on a regular pillars-slab structural system connected by ramps. The main difference is structural to resist the soil's pressure to prevent collapsing on themselves.

The basic structural grid is 15 x 15 meters which allows to have six 5 x 2.5 m parking spots for standard private vehicles and enough room for their respective access. The average surface for a parking spot is 25 m² when all access is considered.

In the case of helicoidal and semi-helicoidal car parks, the ramps work as continuous tilted floorplates.



Architecture

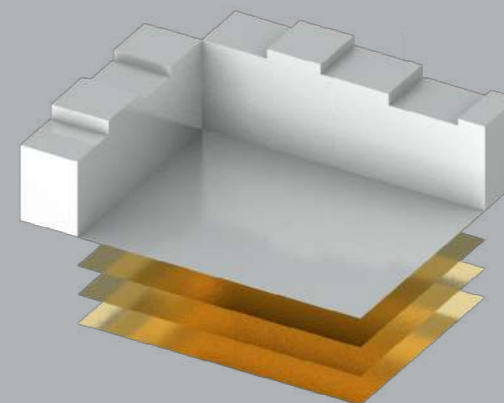
Les parkings souterrains n'ont pas de façades. Ils ne possèdent que des espaces intérieurs. Ils sont principalement définis par leur emplacement.

Bien que négligée dans la littérature spécialisée, l'architecture des parkings souterrains présente de nombreuses similitudes avec son homologue de surface. Ils sont principalement composés de larges dalles soutenues par un système structurel régulier de poteaux-poutres, et reliées par des rampes. La principale différence est d'ordre structurelle, de façon à résister à la pression du sol et à éviter tout effondrement.

La grille structurelle de base est de 15 x 15 mètres, ce qui permet d'obtenir six places de stationnement de 5 x 2,5 m pour les véhicules individuels standards, et suffisamment d'espace pour intégrer les accès. La surface moyenne d'une place de stationnement est de 25 m² si l'on considère l'ensemble de ses accès.

Dans le cas de parkings hélicoïdaux et quasi-hélicoïdaux, les rampes peuvent fonctionner comme des dalles inclinées continues.

Squares Places



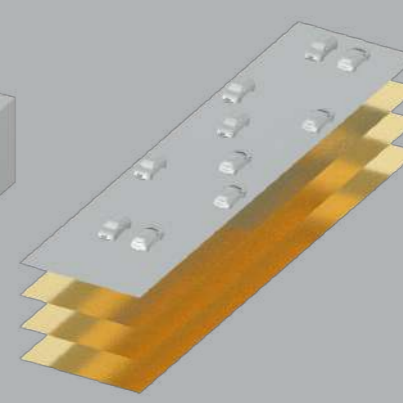
Squares

Open public spaces such as squares, plazas, parks and green fields are a typical urban feature of most cities in the world. They are most often located near buildings of importance, whether a monument, a townhall, a church, a museum, or a temple. The construction of underground levels for vehicles and other urban services improves the functionality of these sites while preserving their original identity. Vehicle access to underground parking consists mostly of ground ramps directly on the street level.

Places

Les espaces publics ouverts tels que les places, les parcs et les espaces verts, sont une caractéristique urbaine que l'on retrouve dans la plupart des villes du monde. Ils sont le plus souvent situés à proximité de bâtiments importants, monument, mairie, église, musée, ou temple. L'aménagement de niveaux souterrains pour le stockage des véhicules ou autres services urbains permet d'améliorer la fonctionnalité de ces sites publics majeurs, tout en préservant leur identité.

Avenues Avenues



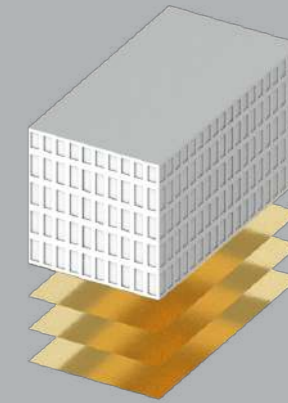
Avenues

The main circulation axes in urban centres represent large amounts of open spaces that offer opportunities for underground interventions. The parking spaces are effectively constructed through the addition of several floor levels below the avenues and roundabouts. The slabs can literally be 'unrolled' under roads, which deepens the street section. These structures can be as long as the streets allow and can even replicate crossings underground. Medium size avenues can accommodate single structural modules while larger avenues can accommodate double modules. The accesses are located at the extremities or at regular intervals along the sides.

Avenues

Les principaux axes de circulation dans les centres urbains constituent de grands espaces ouverts qui offrent un potentiel spatial pour le développement d'interventions souterraines. Les places de stationnement sont construites efficacement grâce à l'ajout de plusieurs niveaux de plancher sous les avenues ou carrefours giratoires. Les dalles peuvent être "déroulées" sous la chaussée, ce qui développe en profondeur la coupe de la rue. Ces structures souterraines peuvent être aussi longues que les rues le permettent et peuvent même reproduire des carrefours de circulation en sous-sol. Les avenues de taille moyenne peuvent accueillir des modules structuraux uniques tandis que les avenues plus importantes peuvent accueillir des modules doubles. L'implantation des accès se fait à intervalles réguliers sur la longueur ou aux extrémités de la rue.

Blocks Îlots







Blocks

In numbers, the large majority of underground parking spaces are located below buildings. Planning regulations almost always require real estate projects to integrate a certain amount of parking spaces calculated according to the program. In the case of blocks, vehicle access is mostly located at street level in the building facades, rather than through ramps in the ground. These parking areas tend to be built as economically as possible, as inert vehicle storage. They represent vast surfaces that already enjoy direct connections to the building they serve.

Îlots




La majorité des espaces de stationnement souterrain est située sous bâtiments. Les règlements d'urbanisme exigent le plus souvent que les projets immobiliers intègrent un certain nombre de places de stationnement, calculées en fonction de leurs programmes. Dans le cas d'îlots, l'accès des véhicules se fait principalement au niveau de la rue sur les façades, plutôt que par des rampes. Les places de stationnement ont tendance à être construites de la façon la plus économique possible pour le stockage inerte des véhicules. Elles représentent une très grande superficie de plancher et disposent de connexions directes avec le bâtiment qu'elles desservent.

Paris, France.
Map of underground car parks
and other underground spaces.

-  Indigo parking
 -  Other parking
 -  Underground spaces
 -  Metro Stations
- 0 10 20 30 40 50 Meters
- N






Mechelen, Belgium.
Map of underground car parks
both existing and potential.

-  Indigo parking
-  Other parking
-  Surface Parking with underground potential

0 10 20 30 40 50 Meters



Tours, France.
Map of underground car parks
both existing and potential.

-  Indigo parking
-  Other parking
-  Surface Parking with underground potential

0 10 20 30 40 50 Meters



“Amazon is a convenience brand. You’re not loyal to Amazon, you’re loyal to the convenience it provides.”
Zoe Harris, Trinity Mirror Group, marketing director

3.3 Proximity & Adaptable Parking
The future of mobility infrastructures is convenience.

New mobility practices are marked by a shift towards access over ownership. Services must be available at all times, in all places, always at hand when they are needed. The flexibility that this ethos requires is much more immediate and dynamic than before. It has to improve the urban experience by being second nature, which calls for a new type of infrastructures.

Proximity Parking

Refers to the establishment of a systematic meshing of car parks in dense metropolitan areas. One should not look for a car parks anymore, but one must know that there is a car park with the services they need which is near them at all times. Proximity parks would be “mobility convenience stores” located at every street corner of cities, with similar geographical distribution as metro, taxi or ride-sharing stations (potentially containing them). They could therefore afford to be smaller in scale, and more connected to the street, as its direct extension. They would be embedded into avenues, squares, and would occupy parking spaces of private buildings that would have been converted to accommodate publicly available mobility rather privately owned vehicles.

Reversible Parking

Refers to the design principles that enable the conversion of a parking infrastructure to other uses. Indeed, the pace of evolution of digitally-enabled services is extremely fast, with specific demands going boom and bust within a matters of months. These short timeframes clash with the slow adaptation of infrastructure and architecture. Reversible design principles facilitate the production of durable constructions despite the rapidly changing programs. When incentivised correctly, it makes the production of new infrastructures viable both economically and ecologically, and is particularly adapted to concession-model exploitation.

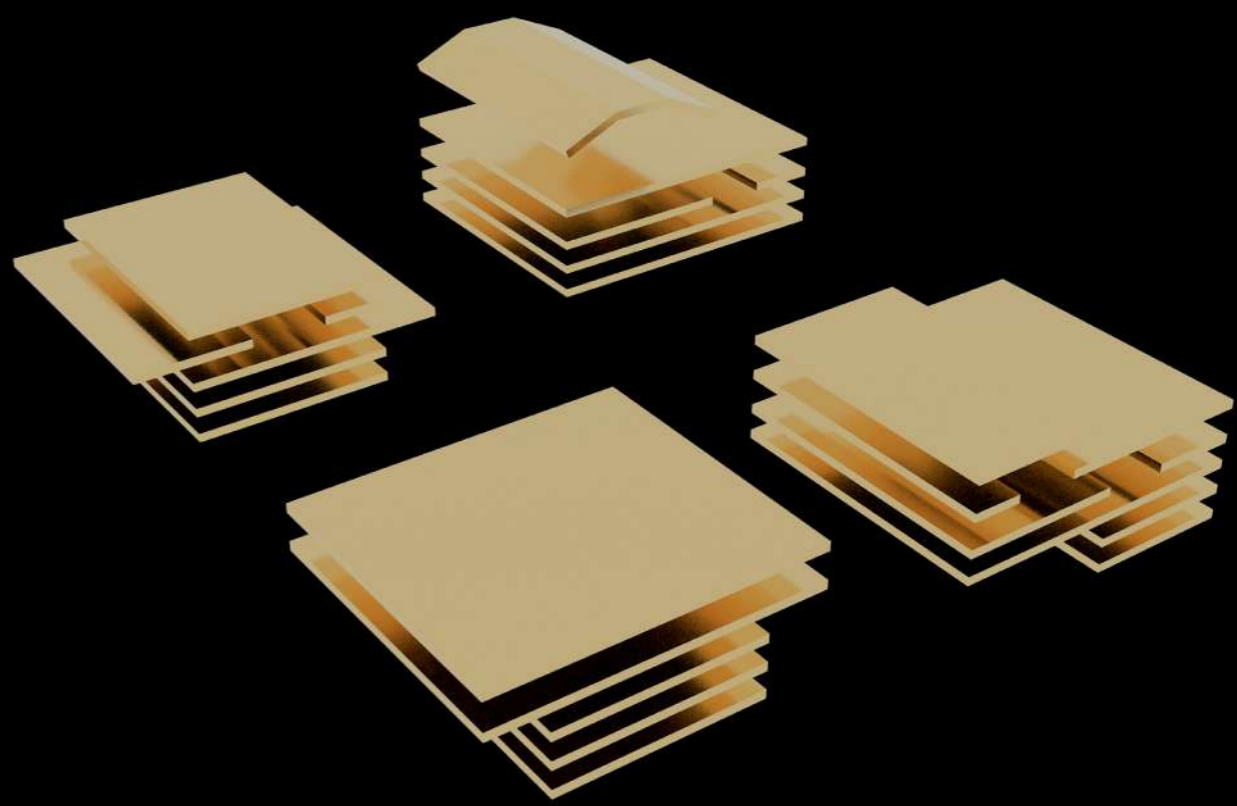
Parkings de proximité et parkings évolutifs
L'avenir des infrastructures de mobilité est la commodité.

Les nouvelles pratiques de mobilité sont marquées par une préférence pour l'accessibilité plutôt que pour la propriété. Les services proposés doivent être disponibles en tout temps et partout, toujours à portée de main. La flexibilité que requiert ce modèle est beaucoup plus immédiate et dynamique qu'auparavant. Elle contribue à augmenter l'expérience urbaine en devenant une seconde nature, et nécessite pour cela un nouveau type d'infrastructures.

Parkings de Proximité
Les parkings de proximité se réfèrent à la mise en place d'un maillage des parkings dans les zones métropolitaines denses. L'utilisateur ne recherche plus le parking, car il y a à sa proximité un parc de stationnement avec ses services adaptés en toute circonstance. Les parkings de proximité seraient des « mobility convenience stores » implantés à tous les coins de rues. Leur implantation serait similaire à celle des services de vélo ou de voitures partagés- qu'ils pourraient d'ailleurs intégrer. Ils pourraient se permettre d'être plus petits et plus proches de la rue, comme un prolongement direct de celle-ci. Ils pourraient être encastrés dans les avenues ou les places ou occuperait des espaces de stationnement d'édifices privés, aménagés pour l'accueil de services de mobilités publics plutôt que de véhicules privés.

Parkings évolutifs
Les parkings évolutifs se réfèrent aux principes architecturaux qui permettent de les rendre facilement adaptables à d'autres usages, et inversement. En effet, les rythmes d'évolution de la mobilité en accès libre sont beaucoup plus rapides que ceux engendrés par la propriété privée. Les nouvelles géographies liées aux services numériques changent extrêmement rapidement, avec des demandes spécifiques qui connaissent des pics et des creux sur des périodes très courtes. Cette temporalité rapide se heurte à la temporalité lente de l'infrastructure et de l'architecture. Les principes d'une conception évolutive permettent de produire des constructions durables, pour des applications appelées à changer. Si les incitations sont correctement mises en œuvre, la production de nouvelles infrastructures peut devenir économiquement et écologiquement viable, et particulièrement adaptées à un modèle d'exploitation en concession.

« Amazon est une enseigne de commodité. Vous n'êtes pas loyal envers Amazon, vous êtes loyal envers la commodité qu'Amazon vous apporte » Zoe Harris, Directrice marketing de Trinity Mirror Group1



4.1 Four Scenarios

- **Carpark Retrofit**
- **Deep Square**
- **Deep Avenue**
- **Deep Ground**

The analysis of many parking lots operated by Indigo Group and their comparisons with others led to the identification of four dominant scenarios for future car parks. Each of them have the ambition to make parking spaces more evolutive and more adapted to their context. These scenarios provide general guidelines for particular sites typologies and city conditions. Yet, the exact architectural solutions and programmatic approaches will have to be adjusted according to the actual site specifics. The services that a station in a metropolis require will differ greatly from the ones of a city square in the historic centre of a regional city, though they both would refer to the same scenario of the Deep Square.

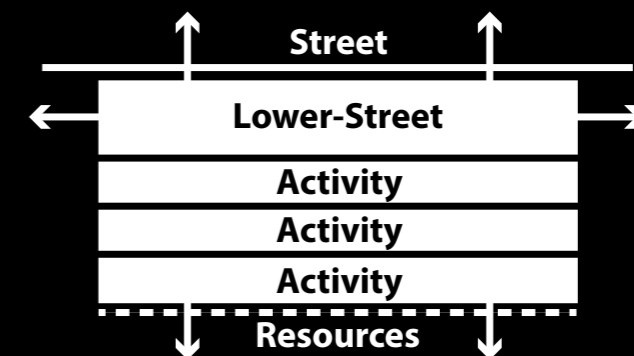
Quatre scénarios

- Parking Réaménagé
- Place Épaisse
- Avenue Épaisse
- Sol Épais

L'analyse des nombreux parkings exploités par Indigo Group et leur comparaison avec d'autres a permis d'identifier quatre scénarios dominants pour orienter l'avenir des parcs de stationnements. Chacun de ces scénarios a l'ambition de rendre les espaces de parkings plus évolutifs et plus adaptés à leur contexte. Les propositions fournissent des orientations générales répondant à des typologies de sites et de conditions urbaines particulières. Les solutions architecturales et les approches programmatiques correspondantes doivent nécessairement être adaptées en fonction des spécificités concrètes du site étudié. Les services qu' exigent une gare métropolitaine seront en effet très différents de ceux liés à une place située dans le centre historique d'une ville régionale, bien que dans les deux cas le parking sera basé sur le même modèle de la Place Épaisse.

Design principles

1. **Street** – Premium level for pedestrian city life and moving vehicles.
2. **Lower-street** – Flexible interface level for mobility and logistics.
3. **Activity** – Functional levels for vehicle management and light industrial production.
4. **Resources** – Systematic use of the ground's resources and their redistribution to the city.



Principes Architecturaux

1. Rue – Voirie privilégiée pour la vie piétonne et les véhicules en mouvement.
2. Rue-Basse – Premier sous-sol flexible comme interface de mobilité et de logistique.
3. Activité – Niveaux inférieurs fonctionnels pour la gestion des véhicules et les industries légères.
4. Ressources – Utilisation systématique des ressources du sol et redistribution de celles-ci à la ville.

Carpark Retrofit

Le Parking Réaménagé

Deep Avenue

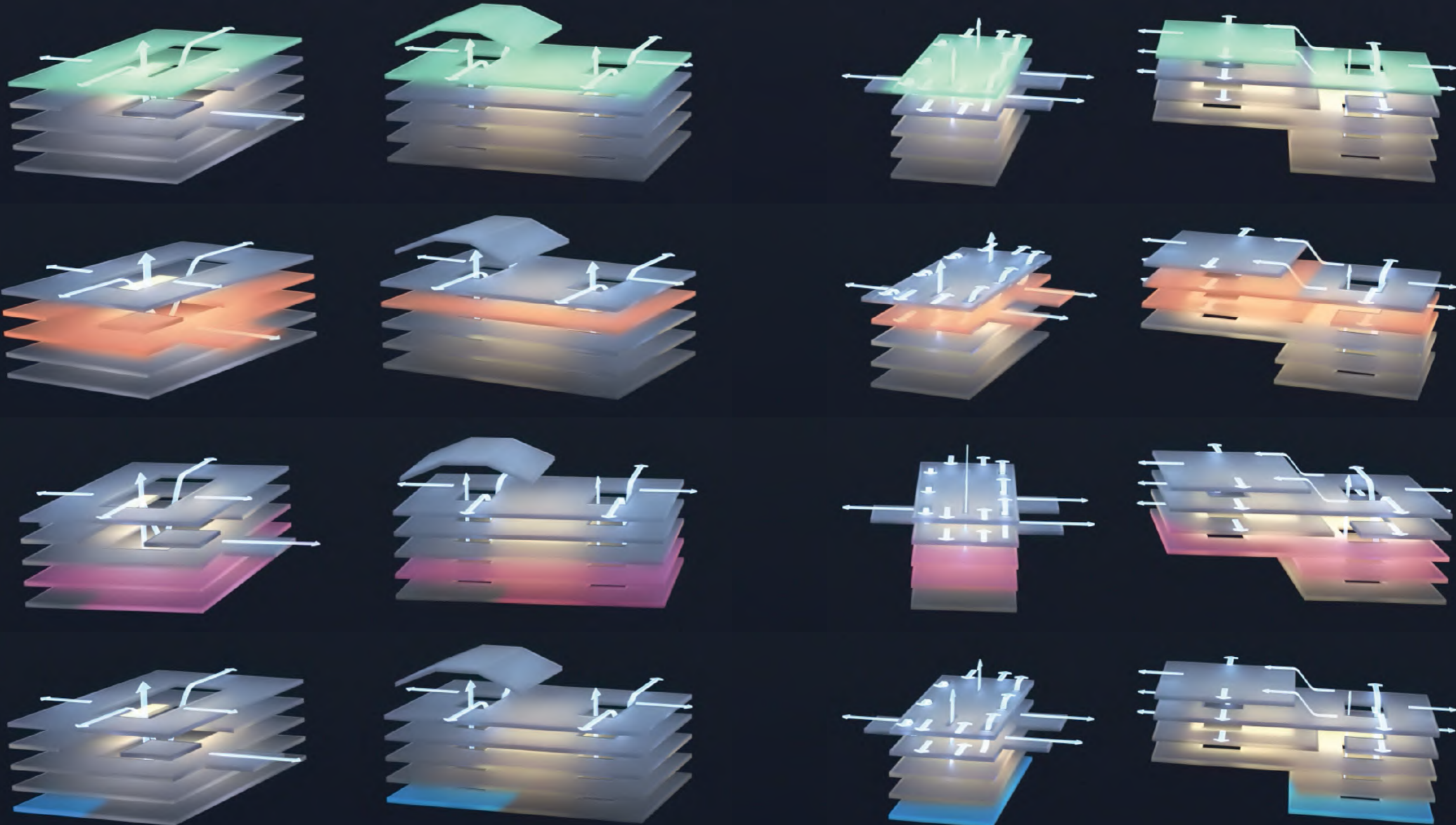
L'Avenue Épaisse

Deep Ground

Le Sol Épais

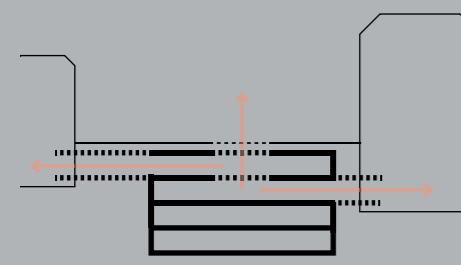
Deep Square

La Place Épaisse



- 1. **Street** – Premium street level for pedestrian city life and moving vehicles.
- 2. **Lower-Street** – Flexible lower-street level as mobility and logistic interface.
- 3. **Activity** – Functional levels for vehicle management and light industrial production.
- 4. **Resources** – Systematic use of the soil's resources and their redistribution to the city.

Carpark Retrofit



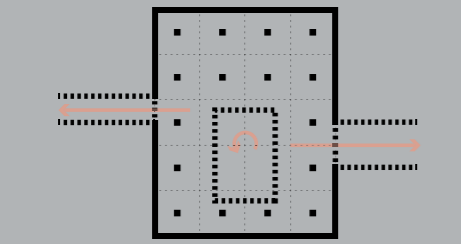
Repurposing strategy for existing underground car parks, mostly in mature metropolitan areas.

- Repurposing of Existing Infrastructure
- Connections to Street, Transport & Nearby Buildings
- Localised Slab Opening & Reinforcements
- Local Mobility Hub
- Light, Air & Access Groundscaping
- Programmatic Diversification

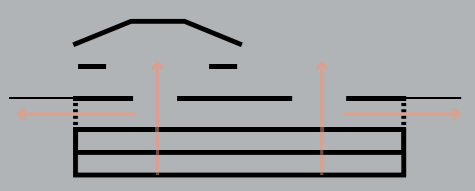
Le Parking Réaménagé

Stratégie de reconversion des parkings souterrains existants, principalement dans les centres métropolitains.

- Reconversion des infrastructures existantes
- Connexions à la rue, aux bâtiments adjacents et à d'autres infrastructures de transports
- Ouvertures et renforcements localisés des dalles
- Plateforme locale de mobilités
- « Groundscaping » des circulations, de la lumière, de l'air.
- Diversification programmatique



Deep Square



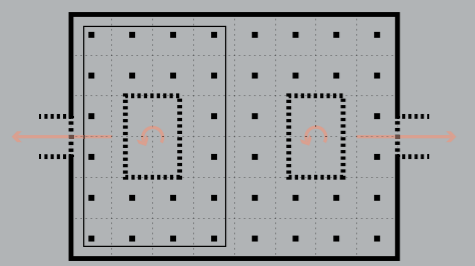
Concept for sustainable public city squares with integrated amenities and a market hall.

- Public Plaza with multi-purpose Hall
- Integrated Sustainable Solution for Short and Long Supply Chains
- Fully Serviced Ground
- Pendular Parking Optimisation
- Light, Air & Access Groundscaping
- Programmatic flexibility

La Place Épaisse

Concept de place publique durable intégrant services et halle de marché.

- Place publique avec halle polyvalente
- Solution de développement durable intégrée pour les chaînes d'approvisionnement courtes et longues
- Espace public doté de services
- Optimisation pendulaire des places de parking
- « Groundscaping » des circulations, de la lumière, de l'air...
- Flexibilité programmatique



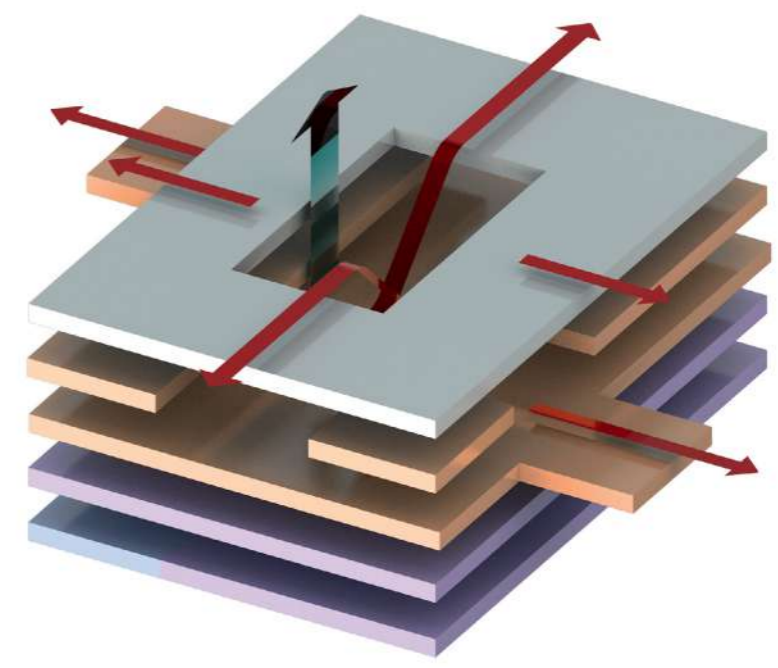
Groundscape connection

Transport connection

Geothermal energy

Mobility-as-Service Hub

Connection to nearby buildings

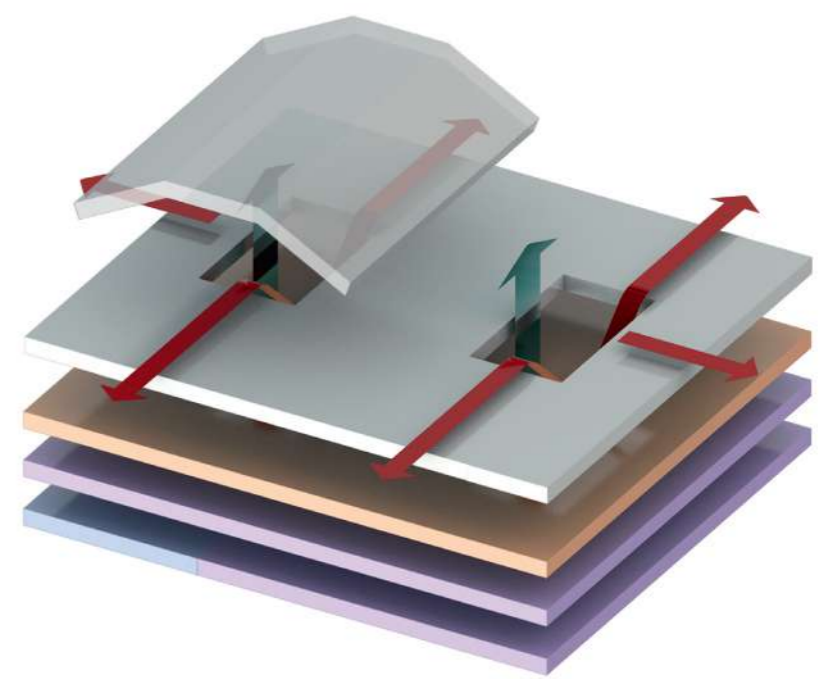


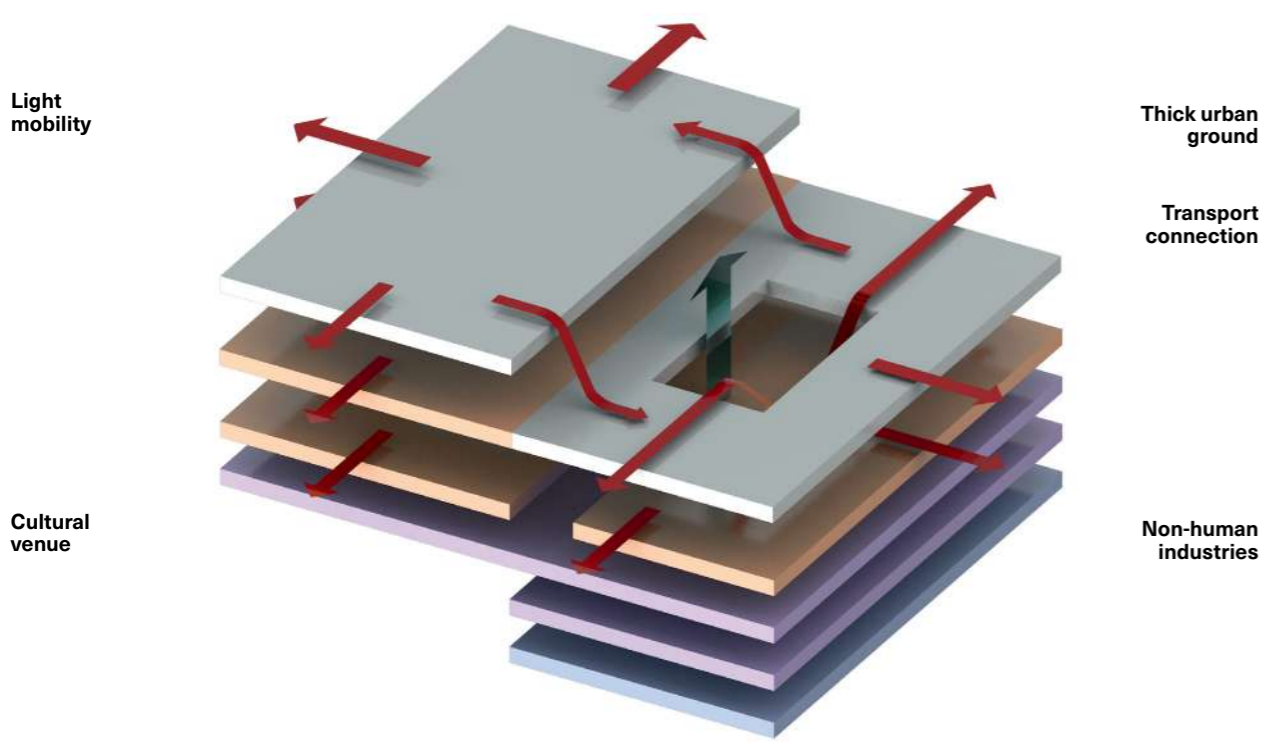
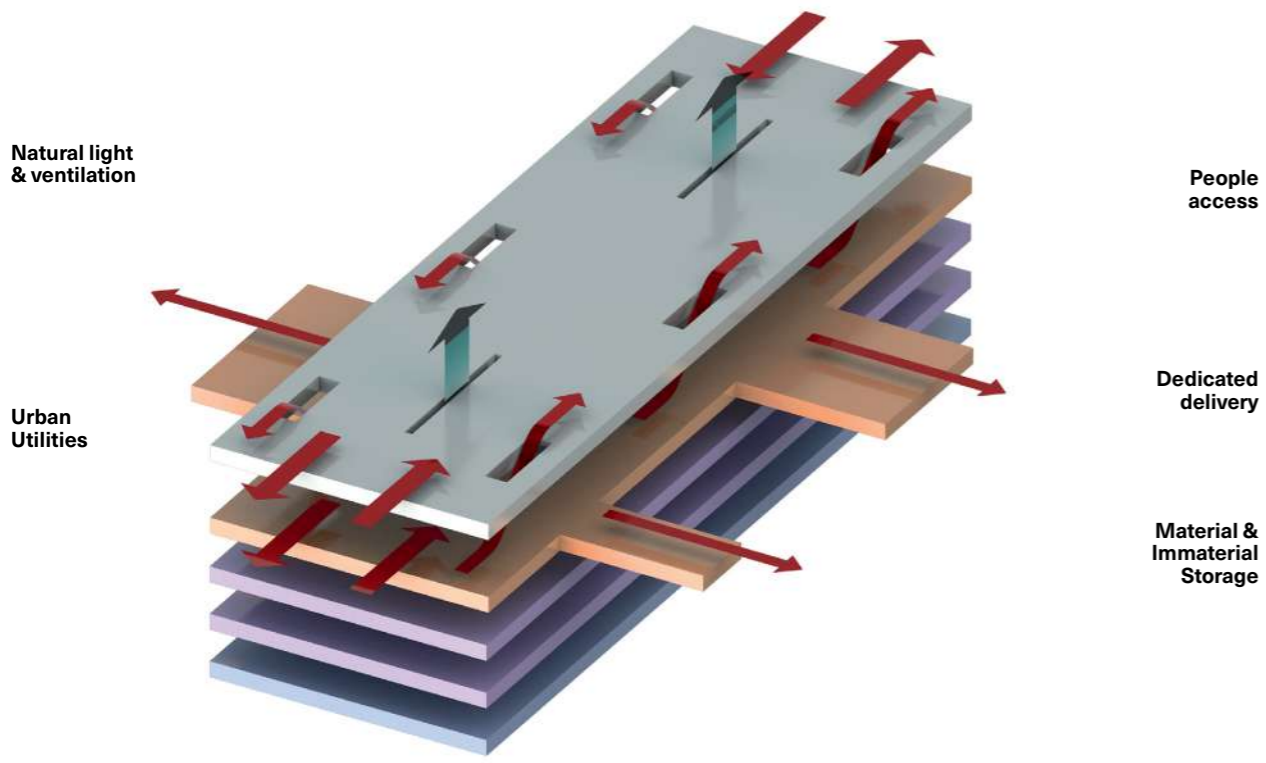
Multi-function public hall

Water management

Open ground level

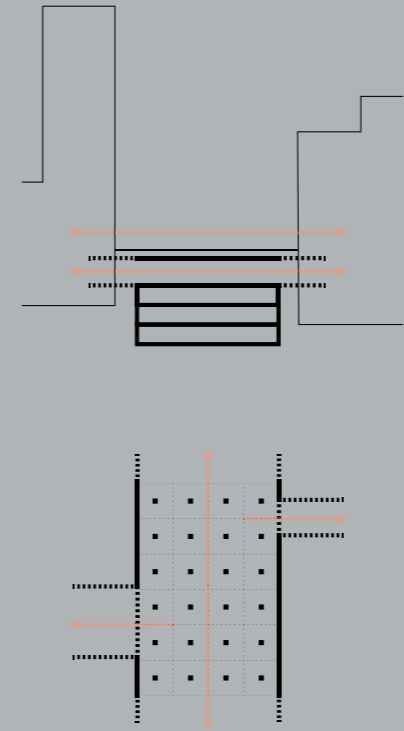
Pendular optimisation





Main Street
 Deep Street
 Vehicle Storage
 Urban Utilities

Deep Avenue



Infrastructural solution for the main circulation axes of dense metropolises.

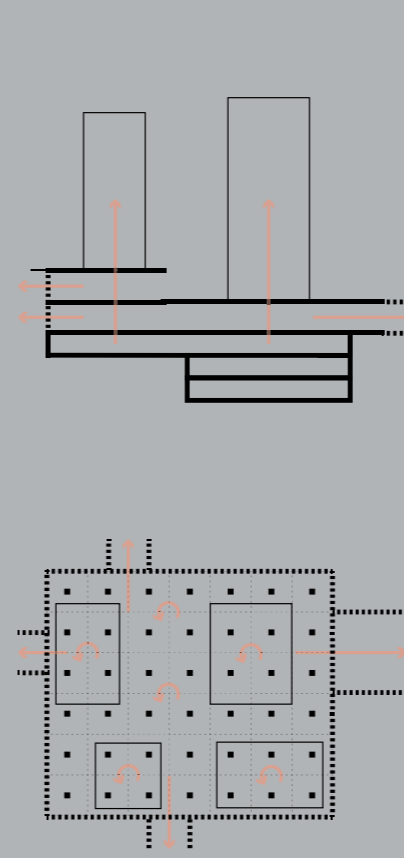
- Flexible lower-ground level
- Linear 'Unrolled' Spatial Principle
- Optimal circulation
- Connection to Neighboring Buildings
- Light, Air & Access Groundscaping

L'Avenue Épaisse

Une solution infrastructurale conçue pour les principaux axes de circulation des métropoles.

- Un premier niveau inférieur flexible
- Un principe spatial de déroulement linéaire
- Optimisation de la circulation
- Connexion aux bâtiments adjacents
- « Groundscaping » des circulations, de la lumière, de l'air.

Deep Ground



Morphological principle for the creation of a common deep ground below and between buildings.

- Scalable principle from buildings to city blocks.
- Collective Sustainable Utility Plinth
- Continuity of Connections
- Integrated Urban Strategy
- Light, Air & Access Groundscaping
- Towards the No-Ground City

Le Sol Épais

Principe morphologique pour la création d'un sol épais commun en dessous et entre les bâtiments.

- Solution adaptable, de l'échelle d'un bâtiment à celle d'un bloc
- Socle de services collectifs durables
- Continuité des connexions
- Solution urbaine intégrée
- « Groundscaping » des circulations, de la lumière, de l'air...
- Vers la Ville Épaisse

The Parking Retrofit scenario concerns the reconversion of existing underground carparks, mainly in dense historic metropolitan areas.

Conceived to respond to rising car ownership in dense urban centers since the 1970s, underground carpark architecture has not changed much since then, although they are the most subject to the evolution of contemporary mobility, namely with the reduction of privately owned cars in favor of new services such as shared mobility, leasing and last mile logistics. These parkings often feature great reconversion opportunities because of their prime location below public squares, near historic monuments or transport hubs.

The main challenge for the reconversion of this typology of carparks are the limitations in terms of ceiling heights, of structural performance, and of access. Designed for one specific program through an infrastructural ethos, their architecture leave little room for other assignments. Such reconversion projects would require the reinforcement of slabs and their opening at various points to create volumes adapted to other programs.

Being in the heart of city centers near monuments and squares, these projects typically welcome a variety of groundscape architectural strategies. On the one hand, these strategies concern the physical connections of the underground spaces to the street, public transportation and neighboring buildings through quality openings and passages that can be either located underground or above ground. On the other hand, they concern air and light supply of the existing structure through architectural devices such as light wells and public access canyons.

The programmatic evolution of these reconverted buildings are manifold and are intricately connected to the surrounding urban context. The integration of a wide array of mobility services from private vehicles to logistics could be systematised. They also offer opportunities to neighboring buildings by providing energy solutions (geothermal energy, etc.) and programmatic extensions (storage, cultural venues, etc.). If it is possible to envision multi-program reconversions, such projects would most likely remain grouped by program types.

Scénario 01 : Le Parking Réaménagé

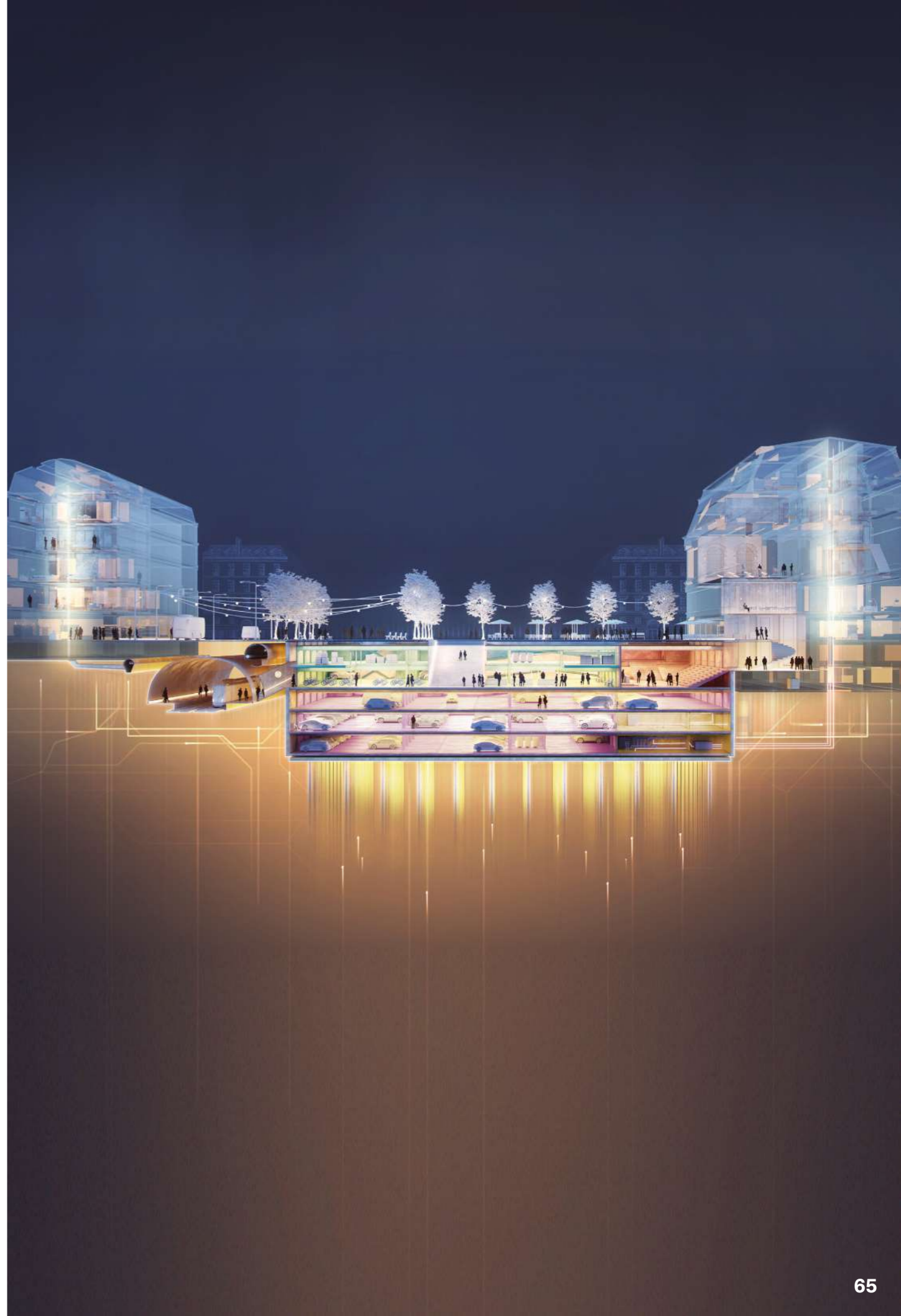
Le scénario du Parking Réaménagé concerne la reconversion de parcs de stationnement souterrains existants, situés principalement dans les centres métropolitains historiques denses.

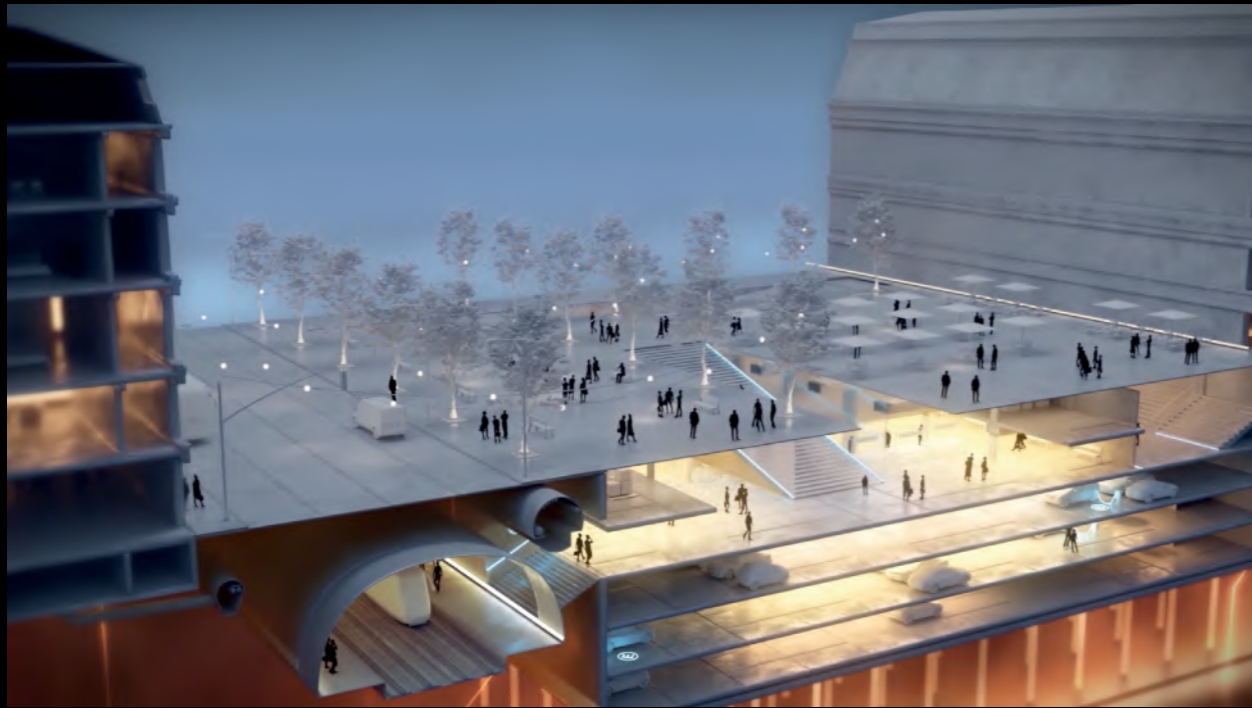
Conçus pour répondre à l'augmentation, depuis les années 1970, du nombre de voitures particulières en circulation dans les centres urbains denses, l'architecture des parkings souterrains existants n'a pas évolué, malgré le fait qu'ils sont les plus touchés par les évolutions actuelles de la mobilité, liées notamment à la baisse de l'utilisation de la voiture particulière au profit de nouveaux services tels que la mobilité partagée, le leasing et la logistique du dernier kilomètre. Ces parkings offrent souvent d'excellentes possibilités en termes de reconversion, en raison de leur situation privilégiée sous des places publiques, à côté de monuments historiques ou à proximité de hubs de transports.

Le principal défi pour la reconversion de cette typologie de parkings concerne les limites qu'ils recèlent en termes de hauteur sous plafond, de capacités structurelles et d'accessibilité. Conçus pour un programme spécifique selon une pure ambition infrastructurelle, leur architecture laisse peu de place à d'autres affectations. Les projets de reconversion nécessiteraient le renforcement des dalles et leur ouvertures en divers points, afin de créer des volumes adaptés à de nouveaux programmes.

Situés au coeur des centres-villes, à proximité des monuments et des places, le réaménagement de ces parkings se ferait au travers d'une variété de stratégies architecturales de « groundscaping ». D'une part, ces stratégies concernent les liaisons physiques entre les espaces souterrains et la rue, les transports en commun et les bâtiments avoisinants, par des ouvertures et des passages de qualité, situés sous terre ou en surface. D'autre part, ils concernent la mise en place d'apports en air et en lumière dans la structure existante par des dispositifs architecturaux tels que puits de lumière et canyons d'accès.

Les possibilités d'évolution programmatique de ces bâtiments reconvertis sont multiples et étroitement liées au contexte urbain environnant. L'intégration d'un large éventail de services de mobilité, des véhicules privés à la logistique, pourra y être systématisée. Ils offrent également des opportunités de développement ou de reconversion partielle des bâtiments voisins en leur fournissant des solutions énergétiques (géothermie,...) et des possibilités d'extensions programmatiques (stockage, salle de théâtre,...). S'il est possible de projeter des reconversions multi-programmes, celles-ci pourront rester « groupées » par affectation : les pôles de mobilité et les lieux culturels ont en effet peu de chances de coexister dans le même espace reconverti, mais seraient insérés dans des sites différents.





Groundscaping and transport connection.



Use and distribution of the underground's resources.



Spacious, naturally lit and flexible lower-street level. Vehicles storage located in the lower levels.



Cultural spaces in a reconverted underground parking lot.

4.3 Scenario 02: Deep Square

The Deep Square is a city square typology where amenities are integrated underground to open up the surface level or to service a multi-purpose hall.

The market place is developed firstly for peripheral and regional city centers that need to restore car access while preserving their sensitive fabric and furthering their sustainability. The deep square is defined by an engagement with the ground that concentrates a diversity of utilities and services which keeps the visual footprint of the project to a minimum.

Simultaneously public infrastructure and public architecture, the construction is as deep as high. All of its services are integrated into the ground in order to leave the public square as free as possible. A multi-purpose roof can be added to foster market activities and city life. The layout facilitates parking optimisation 24/7: the space for customer car parking on a market day becomes the stalls' storage the rest of the week; the delivery and storage of goods is contained within the base which is deep enough for trucks; the shops' energy consumption is reduced through by directly tapping into the ground's resources.

The deep square addresses both evolving mobility and ecological imperatives while enhancing city life. It accommodates shorter supply chains requirements of local producers. It provides functional and flexible facilities for both professionals and consumers.

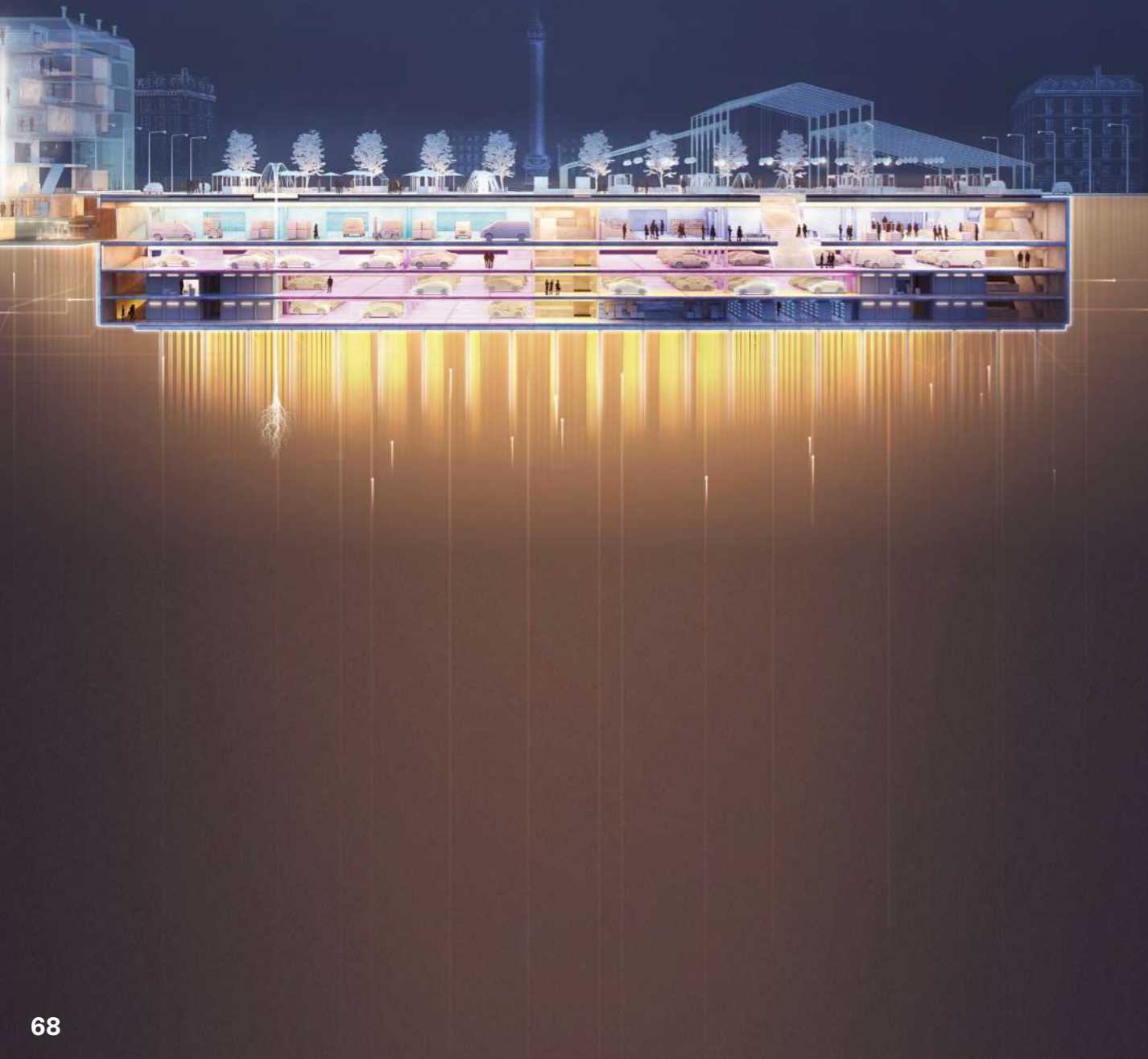
Scénario 02: La Place Épaisse

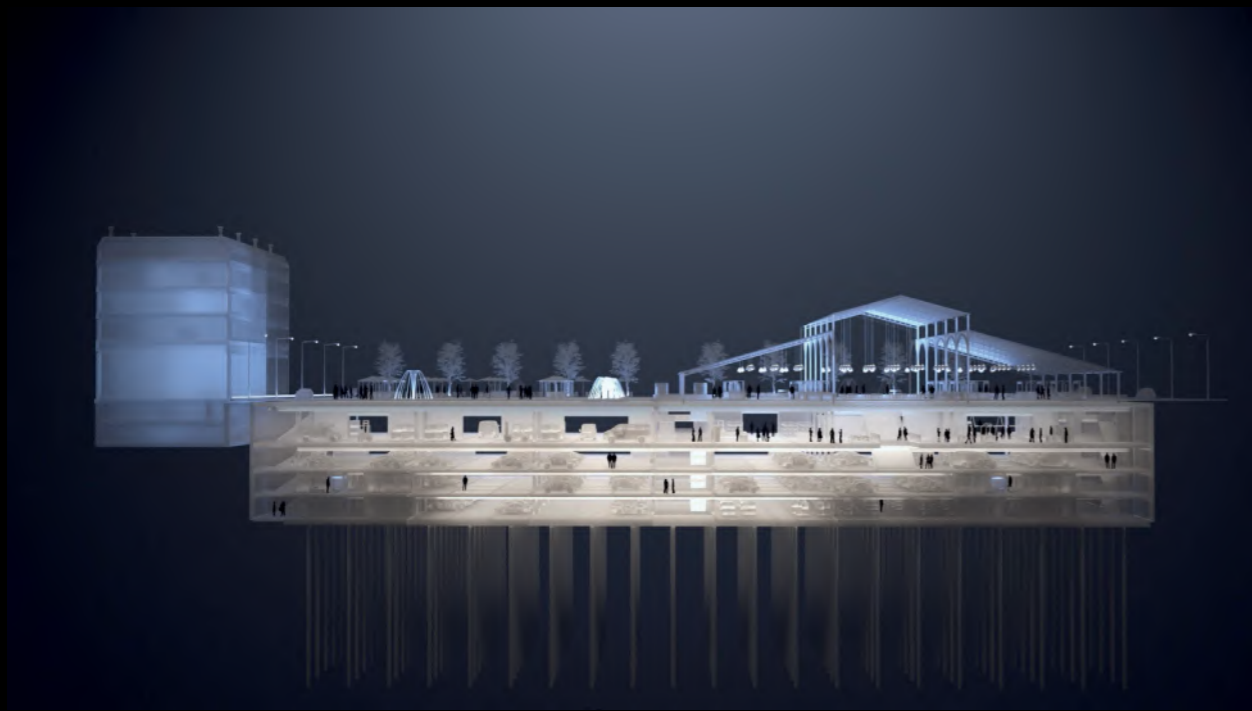
La Place Épaisse est une typologie de place publique où les équipements intégrés dans le sol libèrent la surface et permettent d'implanter et de desservir une halle polyvalente.

La Place Épaisse avec halle de marché est développée en premier lieu pour les centres-villes périphériques et régionaux qui ont besoin de restaurer leur accessibilité aux voitures tout en préservant leur tissu urbain et en améliorant leur durabilité. La place épaisse se distingue par la concentration d'une multiplicité de services dans le sous-sol, permettant de limiter au maximum l'empreinte visuelle du projet.

Cette stratégie architecturale, entre aménagement urbain et bâtiment public, est aussi haute qu'elle est profonde. Les services sont intégrés dans le sol afin de laisser l'espace public aussi libre que possible. Une halle peut être ajoutée pour accueillir un marché et d'autres activités culturelles. L'agencement du bâtiment facilite l'adaptabilité pendulaire des programmes qu'il abrite. L'espace réservé au stationnement des clients un jour de marché peut devenir un espace de stockage le reste de la semaine; le premier niveau est suffisamment haut pour accueillir les camions et les utilitaires; la consommation énergétique des boutiques est réduite grâce à l'exploitation des ressources du sol.

La place épaisse répond à la fois aux problématiques liées à la transformation des mobilités et aux impératifs écologiques, tout en dynamisant la vie urbaine. Elle répond aussi aux besoins en chaînes d'approvisionnement courtes liées à la valorisation des producteurs locaux. Elle offre ainsi des équipements fonctionnels et flexibles aux consommateurs comme aux professionnels.





Conceiving public spaces as vertically layered spaces.



A multi-purpose market hall spread over several levels.



Integrating services below ground to liberate the ground level.



Dedicated logistic areas for users and businesses.

4.4 Scenario 03: Deep Avenue

The Deep Avenue is a multi-level street infrastructure that can be 'unrolled' below the main circulation axes of dense metropolises.

The Deep Avenue responds to the conditions and needs of dense metropolises that require high traffic capacities within highly developed urban centers. It is an approach of strategic densification that consists of 'unrolling' at least one other street level beneath specific portions of medium and large circulation axes.

The lower-ground level is the key feature of the proposal. It is a space that accommodates a variety of mobility services such as passenger delivery, vehicle pick-up, multi-scale logistical delivery, direct connections to public transports and neighboring buildings (retail spaces, offices, cultural venues, etc.). Flexible and connected, the architecture of the deep avenue is made of adaptable open-plan floor plates capable of hosting a variety of activities and providing a high degree of connection. Vehicle ramps are located at regular intervals and can accommodate truck access. Pedestrians connections take place vertically between upper and lower street levels as well as horizontally through a variety of shafts that are used for people as well as for light and air.

The primary goal of the Deep Avenue is to free the upper street level from the urban programs that do not need premium street access. It follows the idea that the upper street should be dedicated to urban public life and to vehicles in movement. The lower ground becomes the default destination for urban mobility with vehicle parking, logistical relays and energy storage (Smart grid, etc) as well as staff facilities for all kinds of drivers and the maintenance of their vehicles. Their positions in the city, their convenience and their energy performance also make them the favored sites for a wealth of businesses linked to today's new economies, including dark kitchens, workshops, light industries, non-human activities (self-parking vehicles, server farms, hydroponic agriculture, etc.).

Scénario 03: L'Avenue Épaisse

L'Avenue Épaisse est une infrastructure de voirie à plusieurs niveaux, "déroulée" sous les principaux axes de circulation des métropoles denses.

L'Avenue Épaisse répond aux conditions et aux besoins des métropoles denses d'optimiser la circulation dans les centres urbains les plus développés. C'est une approche de densification stratégique qui consiste d'abord à « dérouler » au moins un autre niveau de rue sous certaines portions des principaux axes de circulations.

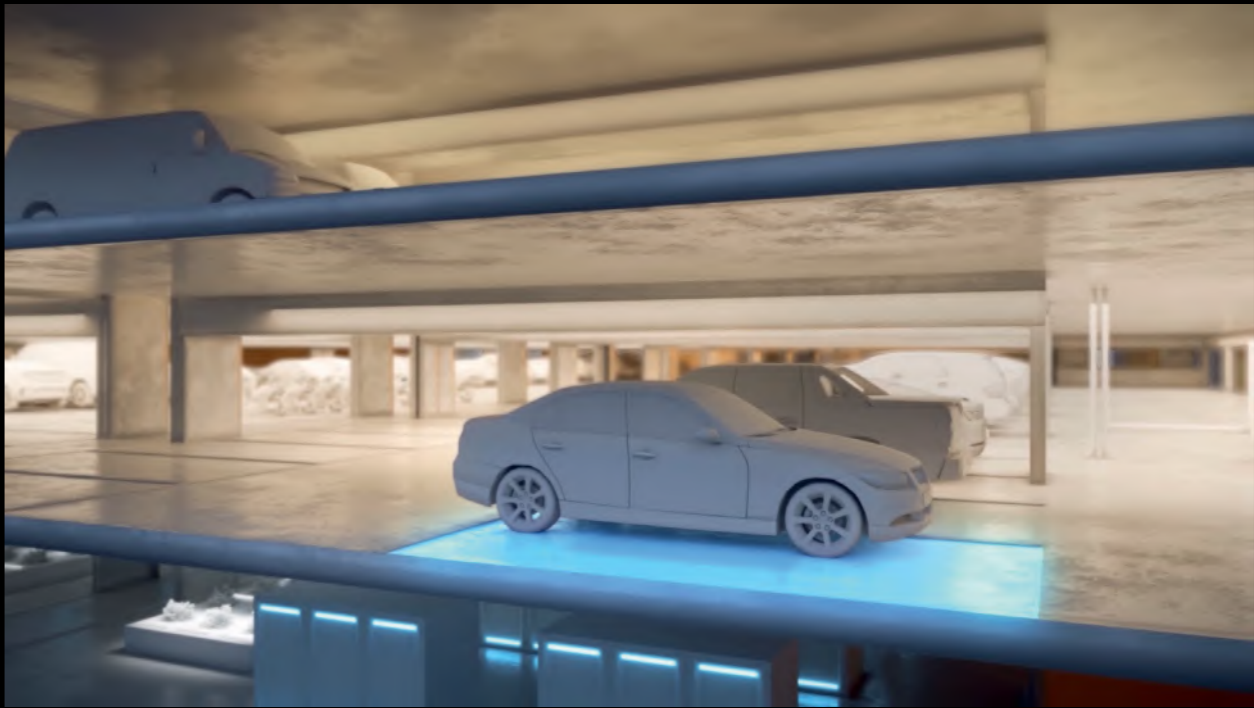
Le premier niveau de sous-sol constitue le coeur de ce scénario. Cet espace accueille une variété de services de mobilité, tels que la dépose de passagers, la prise en charge de véhicules, la livraison logistique à différentes échelles, les liaisons directes avec les transports publics ou les bâtiments voisins (commerces, bureaux, équipements culturels, etc.). Flexible et connectée, l'architecture de l'Avenue Épaisse est composée de dalles polyvalentes, capables d'accueillir une variété d'activités et un haut degré de connexion. Les rampes d'accès pour les véhicules sont situées à intervalles réguliers et permettent l'accès de véhicules utilitaires. Les liaisons piétonnes se font verticalement entre les niveaux supérieurs et inférieurs, ainsi qu'horizontalement à travers une variété de puits qui servent aussi bien la circulation des personnes que celles de l'air et de la lumière.

L'objectif principal de l'Avenue Épaisse est de libérer le niveau supérieur de la rue des programmes urbains qui n'ont pas besoin d'un accès privilégié à la rue extérieure. Il s'ensuit l'idée que la rue extérieure (ou supérieure) devrait être essentiellement dédiée à la vie publique urbaine et à la circulation active des véhicules. Les stationnements permanents et temporaires sont autant que possible amenés un niveau plus bas. Le souterrain devient donc le lieu par défaut de gestion de la mobilité urbaine au sens large : stationnement des véhicules, localisation de relais logistiques et stockage de l'énergie (smart grid, etc.), services pour toutes sortes de conducteurs et l'entretien de leurs véhicules. Le positionnement de ces espaces souterrains en ville, leur commodité et leur performance énergétique en font également les sites privilégiés pour une multitude d'entreprises liées aux nouvelles économies: "Dark Kitchen", ateliers, industries légères, lieux de production sans présence humaine (parking pilote, ferme de serveurs, agriculture hors-sol, etc.)

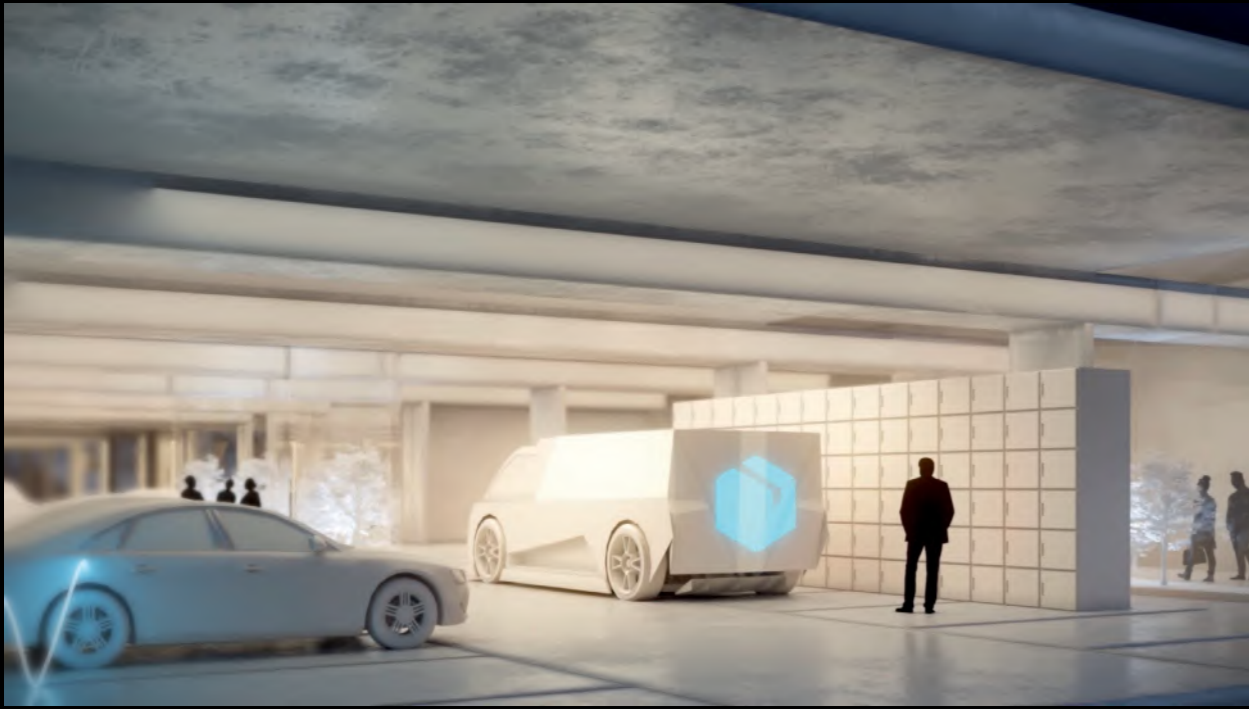




Doubling the street with a service level.



Self-parking vehicles contribute to the decentralised smart energy grid.



Integrating services below ground to liberate the ground level.



Non-human light industries occupy the lowest levels and use the ground's energy.

4.5 Scenario 04: Deep Ground

The Deep Ground scenario consists of creating a thick common ground below and between buildings integrating services and utilities.

The Deep Ground scenario is inspired by contemporary real estate development practices. Indeed, in the search for optimal business, developers have grown to integrate utilities and amenities, including car parking, into several underground levels, that operate continuously for a series of neighboring buildings that are otherwise architecturally distinct. Effectively, the buildings stand on a thick ground layer that frees the street level by transforming it into a multi-level infrastructure, integrating utilities, optimising uses and adding value, especially in the case of multi-building developments.

Architecturally speaking, the Deep Ground is therefore a perforated podium that replaces the usual floor of the city onto which buildings are rooted. While lower building levels have contained car parks and utilities for many years, the creation of a thick common ground shared between several buildings enables the optimisation of certain utilities and renders the transition between services seamless. It is a particularly sustainable architectural approach that embeds inhabitable volumes underground.

The architecture of Deep Ground is driven by flexibility, functionality and accessibility. The floorplates compose continuous spaces for all types of access and for future programmatic adjustments. The full scope of landscaping becomes normalised which brings light and air to every part of the project whether pedestrian or vehicular. It also participates in breaking the separation between upper and lower grounds, which is so detrimental to the quality of urban spaces and the value of real estate.

Scénario 04: Le Sol Épais

Le scénario du Sol Épais consiste à créer un sol épais commun intégrant services et équipements, placé en dessous et entre les bâtiments.

Le Sol Épais s'inspire de pratiques contemporaines de développement immobiliers. En effet, cherchant à optimiser leur revenus, les promoteurs ont de plus en plus tendance à intégrer services et équipements - y compris le stationnement voiture - dans plusieurs niveaux construits en sous-sol et architecturalement distinct. En pratique, les bâtiments se tiennent donc sur un sol épais fonctionnel qui libère le niveau de la rue, le multiplie et optimise ses usages et sa valeur, surtout dans le cas de projets impliquant plusieurs bâtiments.

D'un point de vue architectural, le Sol Épais est donc un podium perforé qui remplace le sol habituel de la ville sur lequel les bâtiments sont enracinés. Alors que les socles de bâtiments abritent depuis de nombreuses années des parkings et des services publics, la création d'un épais territoire commun offre une fonctionnalité et une efficacité accrues, grâce à la mise en commun de certains services publics et à l'intégration d'un plus grand nombre de moyens de circulation. C'est une approche architecturale particulièrement durable, au sens où elle ancre de grands volumes habitables dans le sol.

L'architecture du Sol Épais repose sur la flexibilité, la fonctionnalité et l'accessibilité. Les dalles forment des espaces continus pour tous types d'accès et pour faciliter les transformations programmatiques futures. L'éventail complet du « landscaping » est normalisé. Il apporte air et lumière profondément dans le projet, tant pour les espaces dédiés aux véhicules qu'aux piétons. Cela participe également à supprimer la séparation habituelle entre niveaux inférieurs et supérieurs, si préjudiciable à la qualité de l'espace urbain et à la valorisation des biens immobiliers.





Dissolution of the distinction between overground and underground.



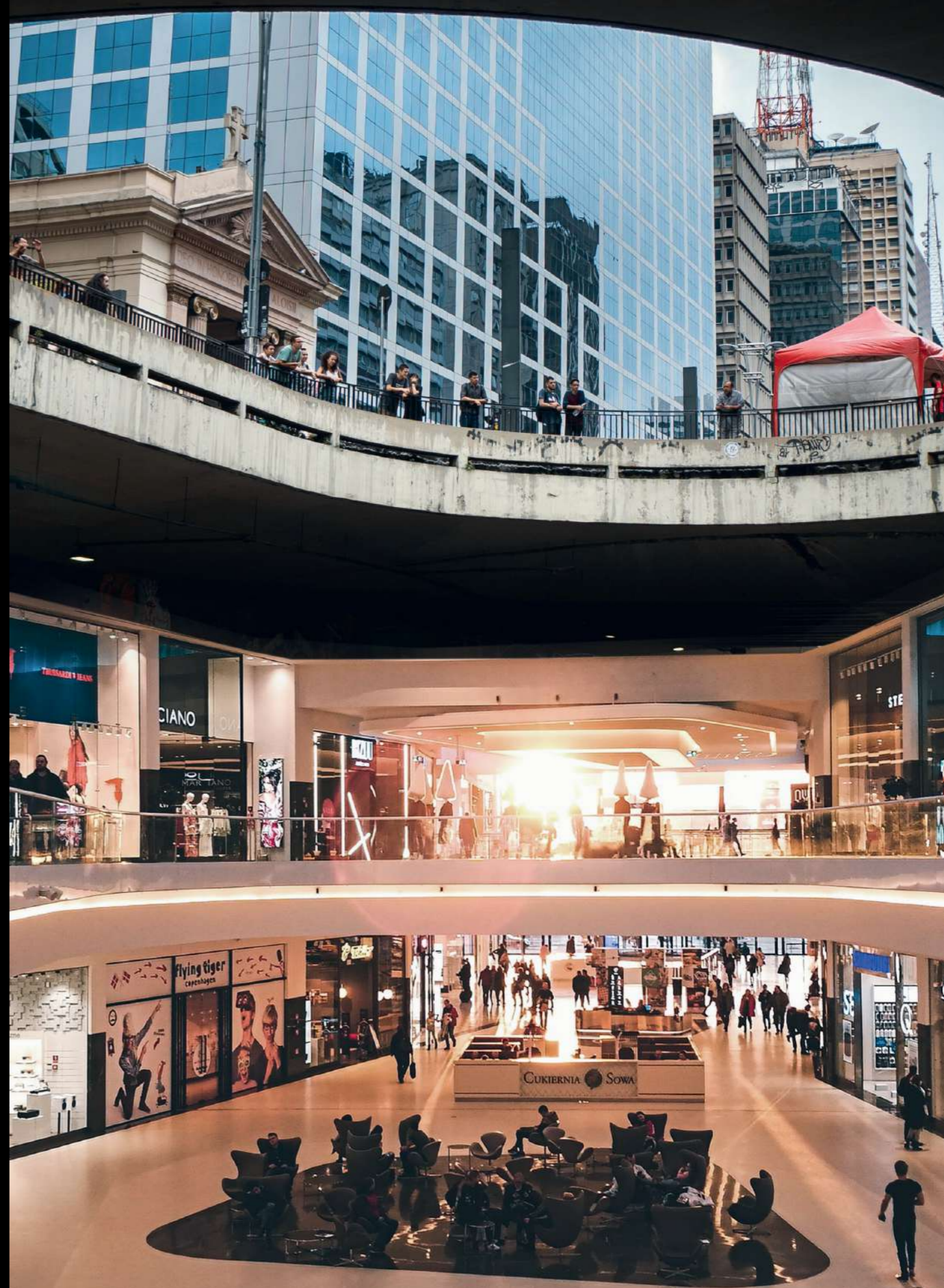
Integrated sustainability solutions for entire city blocks.



Multimodal transportation hub.



A thick common ground servicing several buildings at once.



Underground buildings are naturally more sustainable. This ecological advantage must be measured in order to be valorised and incentivised.

Les bâtiments souterrains sont naturellement plus durables. Pour être valorisé et développé, cet avantage écologique doit être mesuré.



Leed platinum certification labels. The Blue Marble, 1972. Earth seen from space. Photograph by Apollo 17.

5.1 Sustainability Index Towards a sustainability certification for underground architecture.

In the context of increasing stress on the environment and natural resources, it has become obvious the impact of every construction has to be mitigated. This is true not only during the construction phase or when selecting building materials, but also on the long run, during the entire life of the building, until its eventual destruction.

However, other issues have also to be kept in mind, such as the economic sustainability, the social inclusiveness or the comfort the construction can provide to the visitors and workers who experience it on an everyday basis. The challenge for contemporary builders is to promote these values through architecture and planning.

Throughout this study, we have established that underground car parks can be built or transformed to become sustainable landmarks in their own right.

To quantify this, we have estimated the sustainability potential of underground parking using the LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) certification.

Indice de durabilité

Vers une certification de développement durable adaptée à l'architecture souterraine.

Dans un contexte de pression croissante sur l'environnement et les ressources naturelles, il est devenu évident que tout édifice doit aujourd'hui tenir compte de son impact. Cela est vrai non seulement pendant la phase de construction d'un bâtiment, ou lors du choix des matériaux de construction, mais aussi sur le plus long terme, pendant toute la durée de vie du bâtiment, jusqu'à sa destruction éventuelle.

Cependant, il faut garder à l'esprit d'autres questions, telles que celle de la durabilité économique, de l'inclusion sociale ou du confort que la construction peut apporter aux visiteurs et aux travailleurs qui la vivent au quotidien. Le défi auquel les constructeurs contemporains font face est de parvenir à promouvoir ces valeurs à travers l'architecture et la planification urbaine.

Tout au long de cette étude, nous avons établi que les parkings souterrains peuvent être construits ou transformés pour incarner à part entière les symboles d'un développement durable.

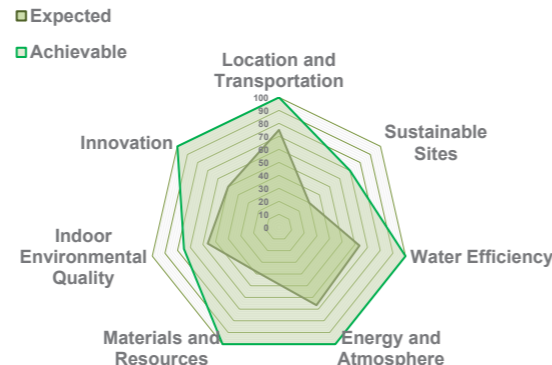
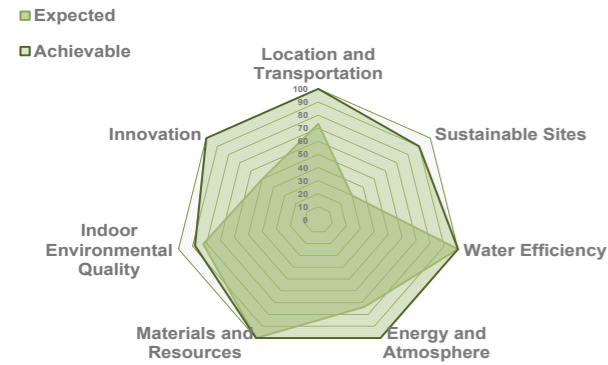
Afin de quantifier cela, nous avons estimé le potentiel de durabilité des parkings souterrains à l'aide de la certification LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).

5.2 LEED Estimates for Underground Carparks

Both new and reconvered underground carparks could achieve the highest level of sustainability certifications.

Designed by the U.S. Green Building Council (USGBC), the LEED certification is the main and most extensively used norm for sustainable buildings. By providing a quantitative evaluation of the performance of a project in various fields such as energy, indoor air quality, water efficiency or materials sourcing, LEED has established itself as a building standard.

Credits are allocated according to the project's ability to best address the social, environmental and economic issues, as defined by the USGBC. To gain the LEED certification, all required credits and a number of optional goals must be met. Higher levels of performance are granted a higher level of certification according to the following table.



LEED assesment graphs for converted carparks (left) and for new built (right)

CREDIT CATEGORY	POSSIBLE LEED POINTS
0 INTEGRATIVE PROCESS	1
1 LOCATION AND TRANSPORTATION	16
2 SUSTAINABLE SITE	10
3 WATER EFFICIENCY	11
4 ENERGY & ATMOSPHERE	33
5 MATERIALS & RESOURCES	13
6 INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY	16
7 INNOVATION	6
TOTAL	106

CERTIFICATION	REQUIRED CREDITS
LEED CERTIFIED	40
LEED SILVER	50
LEED GOLD	60
LEED PLATINUM	80

Estimation LEED des parkings souterrains

Les parkings souterrains, qu'ils soient nouveaux ou en reconversion, peuvent obtenir la plus haute certification environnementale,

Conçue par le United States Green Building Council (USGBC), la certification LEED est la principale norme (et la plus largement utilisée) dans la construction de bâtiments durables. En fournissant les moyens d'une évaluation quantitative du rendement d'un projet dans divers domaines comme l'énergie, la qualité de l'air intérieur, l'économie d'eau ou l'approvisionnement en matériaux, le LEED s'est établi comme norme de construction.

Un certain nombre de crédits sont attribués en fonction de la capacité du projet à traiter les questions sociales, environnementales et économiques, telles que définies par l'USGBC. Pour obtenir la certification LEED, tous les crédits doivent être obtenus et un certain nombre d'objectifs doivent être atteints. Les niveaux de performance les plus élevés se voient accordé un niveau de certification plus élevé selon le tableau suivant.



LEED v4 for Operations & Maintenance: Existing Buildings Project Checklist

Project Name: **Carpark Retrofit**
Date: **Sept 2019**

Y	?	N	Points
11	4	0	15
11	4	0	15

3 6 1 Sustainable Sites 10

Y	?	N	Points
1	1	1	2
3	0	0	3
1	1	0	2
1	0	0	1
1	0	0	1
1	0	0	1

12 0 0 Water Efficiency 12

Y	?	N	Points
2	0	0	2
5	0	0	5
3	0	0	3
2	0	0	2

28 10 0 Energy and Atmosphere 38

Y	?	N	Points
2	0	0	2
2	0	0	2
3	0	0	3
10	10	0	30
2	0	0	2
3	0	0	3
5	0	0	5
1	0	0	1

8 0 0 Materials and Resources 8

Y	?	N	Points
1	0	0	1
1	0	0	1
2	0	0	2
2	0	0	2
2	0	0	2

14 1 2 Indoor Environmental Quality 17

Y	?	N	Points
2	0	0	2
1	1	0	2
1	0	0	1
2	0	0	2
2	2	0	4
1	0	0	1
1	0	0	1
1	0	0	1
2	0	0	2
1	0	0	1

3 3 0 Innovation 6

Y	?	N	Points
2	3	0	5
1	0	0	1

0 0 0 Regional Priority 4

Y	?	N	Points
1	0	0	1
1	0	0	1
1	0	0	1
1	0	0	1

79 24 3 TOTALS Possible Points: 110
Certified: 40-49 points, Silver: 50-59 points, Gold: 60-79 points, Platinum: 80+ points

LEED v4.1 for BD+C: New Construction & Major Renovation Project Checklist

Project Name: **Carpark New-Built**
Date: **Sept 2019**

Y	?	N	Points
1	0	0	1

12 4 0 Location and Transportation 16

Y	?	N	Points
1	1	0	1
1	1	0	2
5	0	0	5
5	0	0	5
1	1	0	1
1	1	0	1
1	1	0	1

3 4 3 Sustainable Sites 10

Y	?	N	Points
1	0	0	1
2	0	0	2
1	0	0	1
3	0	0	3
1	1	0	2
1	1	0	2

7 4 0 Water Efficiency 11

Y	?	N	Points
2	0	0	2
2	4	0	6
2	0	0	2
1	0	0	1

22 11 0 Energy and Atmosphere 33

Y	?	N	Points
5	1	0	6
10	8	0	18
1	0	0	1
1	1	0	2
4	1	0	5
1	0	0	1

5 8 0 Materials and Resources 13

Y	?	N	Points
5	0	0	5
2	0	0	2
2	0	0	2
2	0	0	2
1	1	0	2

9 3 4 Indoor Environmental Quality 16

Y	?	N	Points
1	1	0	2
3	0	0	3
1	0	0	1
1	1	1	2
1	0	0	1
1	1	1	2
1	1	2	3
1	0	0	1

3 3 0 Innovation 6

Y	?	N	Points
2	3	0	5
1	0	0	1

0 0 0 Regional Priority 4

Y	?	N	Points
1	0	0	1
1	0	0	1
1	0	0	1
1	0	0	1

62 37 7 TOTALS Possible Points: 110
Certified: 40 to 49 points, Silver: 50 to 59 points, Gold: 60 to 79 points, Platinum: 80 to 110

As detailed above, the LEED credit potential for underground car parks lies between 62 and 102 points. Each underground car park, either new or retrofitted, has therefore the potential of achieving Platinum certification in the LEED standard. Many of the propositions in this report would contribute to reach this objective.

Tel que détaillé ci-dessus, le potentiel de crédit LEED pour les parkings souterrains se situe entre 62 et 102 points. Chaque parking souterrain, qu'il soit neuf ou réaménagé, a donc le potentiel d'obtenir la certification Platinum de la norme LEED. Beaucoup des propositions faites dans ce rapport contribueraient à atteindre cet objectif.

5.3 Digital Mapping

As the extension of the street, the car parks of the future must be mapped like the street is.

A place that does not exist online does not exist in the mind of an increasing number of people. This new dependence on online mapping technology is a quiet but fundamental shift impacting urban design.

The car created a city full of signs that could be consumed while driving. But this is changing. Finding a carpark – or a parking spot – is already less about finding a sign in the street than following a path on the app. Whether a private user, a delivery driver or a taxi drone, the experience of finding a parking spot is part of “finding your way” through the city. It is a digital experience.

Motorised mobility has been an essential impetus for the digital mapping revolution, first and foremost through the mainstream accessibility of GPS. Mapping apps are already a mature ecosystem which has changed traffic management for good and which has become a second nature for most users, whether drivers or pedestrians.

One of the primary actions to undertake to transform underground car parks is to put them on the map like the street already is, just as train stations, shopping malls, bus stops, etc. This mapping is particularly advanced on the Chinese internet ecosystem, with Baidu amongst others.

Cartographie digitale

En tant qu'extension de la rue, les parkings de demain devront être cartographiés comme elle.

A l'heure actuelle, un lieu qui n'est pas trouvable en ligne n'existe tout simplement pas dans l'esprit d'un nombre croissant de personnes. Cette transformation de l'orientation est un changement relativement invisible mais pourtant fondamental pour le design et l'expérience de l'espace urbain.

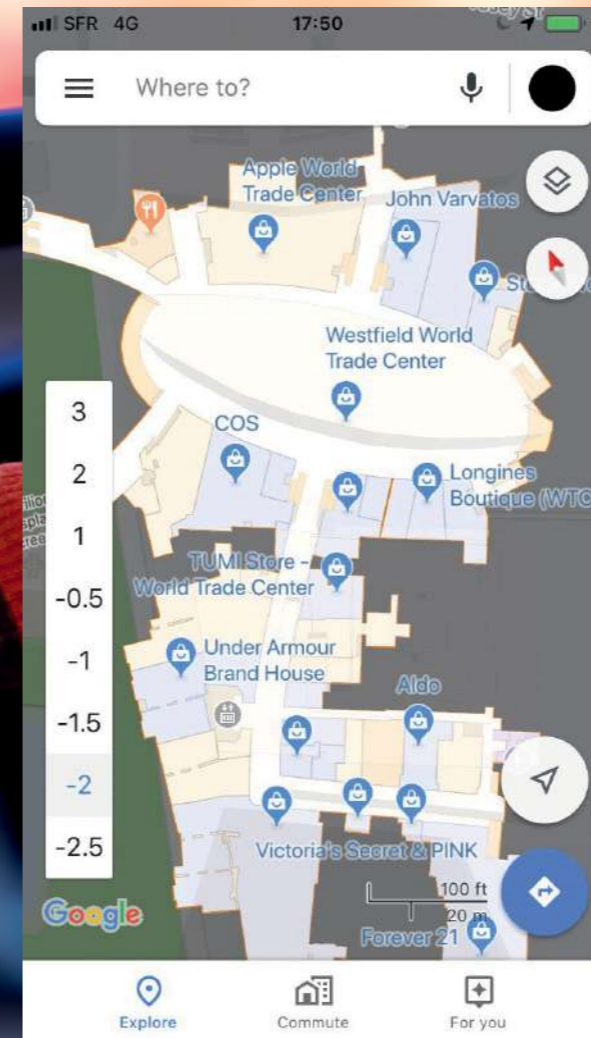
La voiture a rempli la ville d'une signalétique qui peut être vue et appréciée en conduisant. Ceci est en train de changer. Trouver un parking - ou une place de parking - implique déjà moins aujourd'hui la recherche visuelle d'un panneau dans la rue que le chemin indiqué sur une application. Qu'il s'agisse d'un particulier, d'un livreur ou d'un taxi drone, la recherche d'une place de parking fait partie de tout trajet. En tant que telle, elle est une expérience éminemment digitale.

La mobilité motorisée a été le moteur essentiel de la révolution de la cartographie numérique, d'abord et avant tout grâce à l'accessibilité généralisée du GPS. Les applications de cartographie constituent un écosystème avancé qui a irrémédiablement modifié la gestion du trafic et qui est devenu une seconde nature pour la plupart des utilisateurs, qu'ils soient conducteurs ou piétons.

L'une des premières résolutions à prendre afin de transformer les parkings souterrains en prolongements de la voirie est de les placer sur la carte, tels que d'autres infrastructures, gares, centres commerciaux, etc. Actuellement, cette cartographie est particulièrement avancée au sein de l'internet chinois, principalement via le moteur de recherche Baidu.

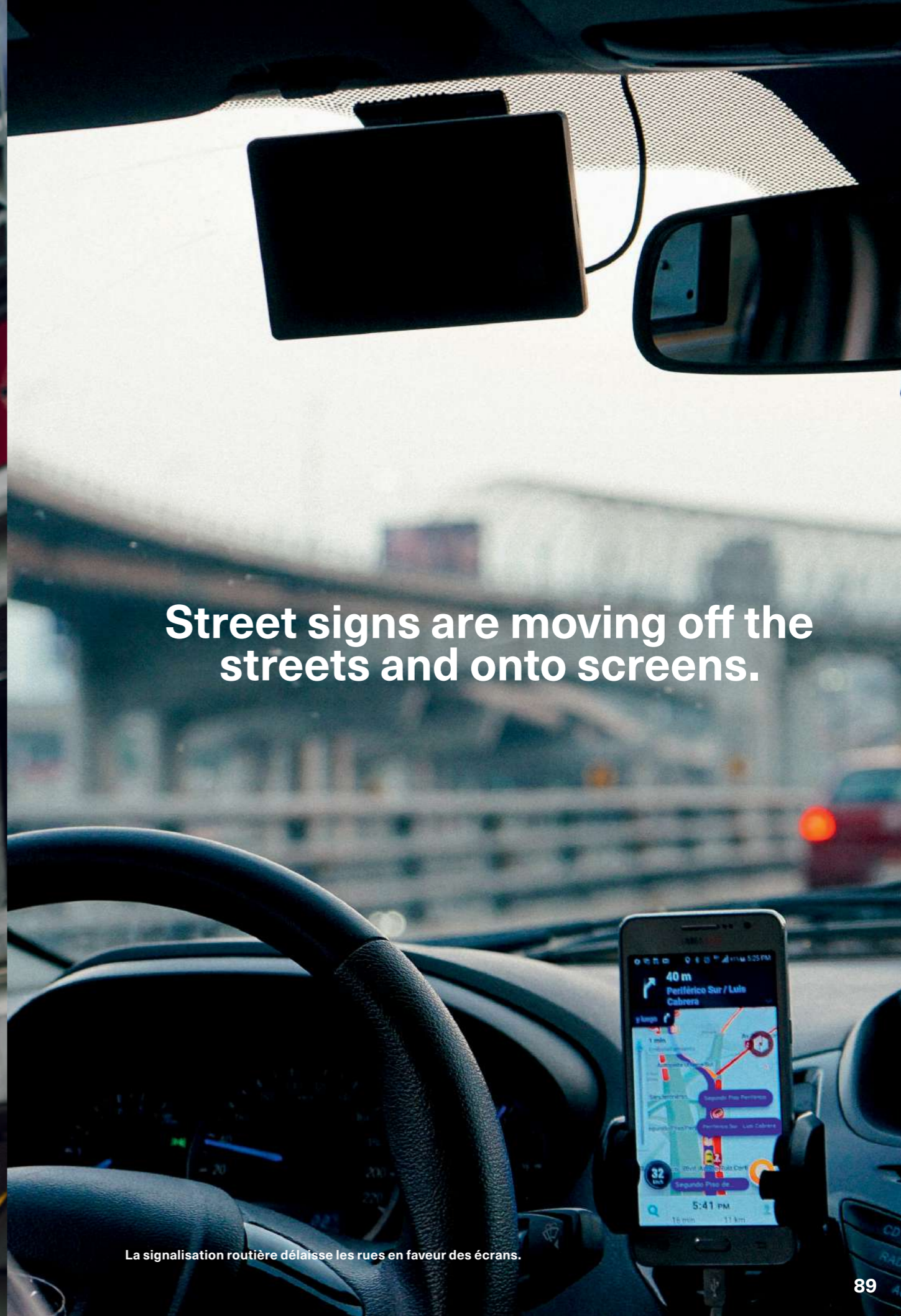
Being on the map. A non-referenced space does not exist.

Être sur la carte. Un espace non référencé n'existe pas.



The mapping of multi-level interiors, including underground spaces, is of the most innovative features of digital mapping. This feature is progressively becoming a new norm in real estate. Screenshot of Google Maps in New York City and of Baidu Maps in Shenzhen, 2019.

La localisation détaillée d'espaces intérieurs comprenant plusieurs niveaux, y compris en sous-sol, est l'un des éléments les plus novateurs de la cartographie digitale. Cette pratique est en passe de devenir une nouvelle norme dans tous les projets immobiliers. Captures d'écran extraites de Google Maps à New York City et de Baidu Maps à Shenzhen, 2019.



Street signs are moving off the streets and onto screens.

La signalisation routière délaisse les rues en faveur des écrans.



5.4 Systematic Underground Surveying

The systematic cartography of the metropolitan underground is key to the densification and exploitation of its assets, whether geological or commercial.

The metropolitan underground is rich in geological, infrastructural, and real estate resources. The optimisation of the underground relies on understanding where the opportunities reside, both in relation to above ground activities and to other underground assets. An abandoned tunnel from a 20th century train station can become the access to a carpark or a temporary nightclub. The aquifer that makes the construction of an underground carpark difficult can become a geothermal opportunity for the neighboring enterprises searching for cheap local cooling solutions.

The mapping of the underground must become systematic and include both present and future constructions, transports and utility networks as well as geological resources. The knowledge that needs to be gathered concerns architecture, urbanism, infrastructure and geology.

Systematic underground mapping is a valorisation project in terms of real estate assets as much as in terms of quality of life. It is therefore beneficial to owners, operators, users, service providers and designers of the underground.

Such a project goes against many mapping reflexes and urban principles inherited from 20th century planners. A strong political will combined with the latest digital tools will be required to collectively define a reliable mapping standard for the underground of every city.

Le recensement systématique des espaces souterrains

La cartographie systématique du sous-sol métropolitain est l'une des clés pour la densification et l'optimisation de ses ressources, qu'elles soient géologiques ou immobilières.

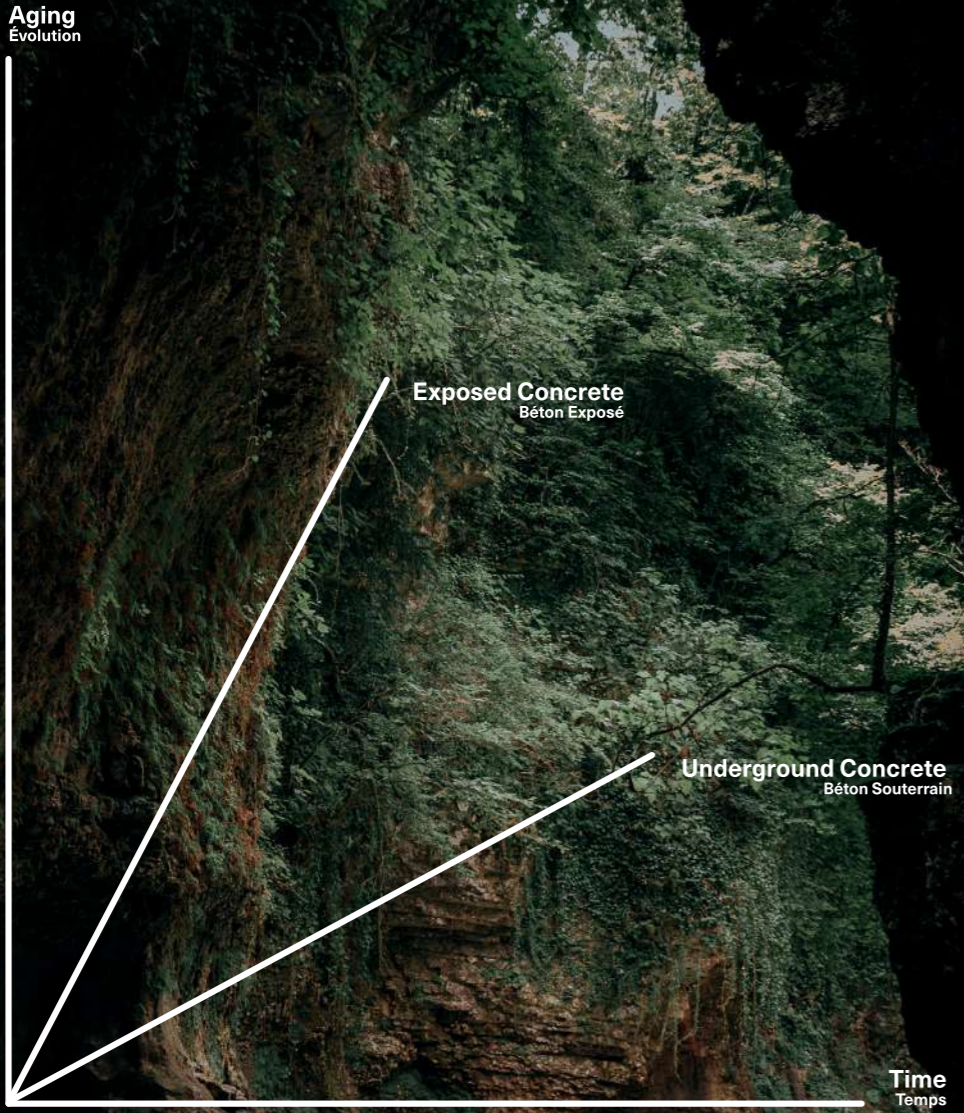
Le sous-sol métropolitain est riche en ressources géologiques, infrastructurelles et immobilières. L'optimisation de l'utilisation du sous-sol repose sur la bonne compréhension des opportunités souterraines. Le tunnel abandonné d'une gare du XXème siècle peut devenir l'accès d'un parking ou un «night-club» temporaire. L'aquifère, qui rend difficile la construction d'un parking souterrain peut au contraire devenir une opportunité géothermique pour une entreprise voisine à la recherche de solutions locales de refroidissement bon marché.

La cartographie du sous-sol doit devenir systématique. Elle doit inclure les constructions actuelles et futures, les réseaux de transport et de services publics ainsi que les ressources géologiques. Les connaissances à acquérir se situent au croisement de l'architecture, de l'urbanisme, de l'infrastructure et de la géologie.

La cartographie souterraine systématique est un projet de valorisation tant en termes d'actifs immobiliers qu'en termes de qualité de vie. Elle est donc bénéfique pour les propriétaires, les exploitants, les utilisateurs, les fournisseurs de services et les concepteurs du souterrain.

Un tel projet va à l'encontre de nombreux réflexes cartographiques et principes urbains hérités de l'urbanisme du XXe siècle. Une volonté politique forte, associée aux outils numériques les plus avancés, sera nécessaire pour définir collectivement une norme de cartographie fiable de l'espace souterrain des villes.

Underground assets usually age slower than above ground due to stable temperatures and humidity.



Les biens souterrains peuvent vieillir plus lentement que les biens localisés en surface, en raison de la stabilité des conditions de température et d'humidité.

5.5 Valorisation of Underground Assets

Ensuring long-term benefits of underground architectural and infrastructural assets.

The underground is known to provide an excellent environment for the preservation of cave paintings or fossils for example, thanks to stable conditions. Similarly, underground structures tend to age slower than their overground counterparts because they are exposed to more predictable environmental conditions. Their performance can be reliably forecasted and therefore can be designed accordingly. Consequently, they tend to last longer and can therefore be more valuable investments.

This is particularly true for most underground concrete infrastructures, and therefore for underground parking garages.

The particular lifespan of underground concrete infrastructure deserves to be measured and valued adequately. The savings in terms of maintenance and deterioration are non-negligible for both public and private owners.

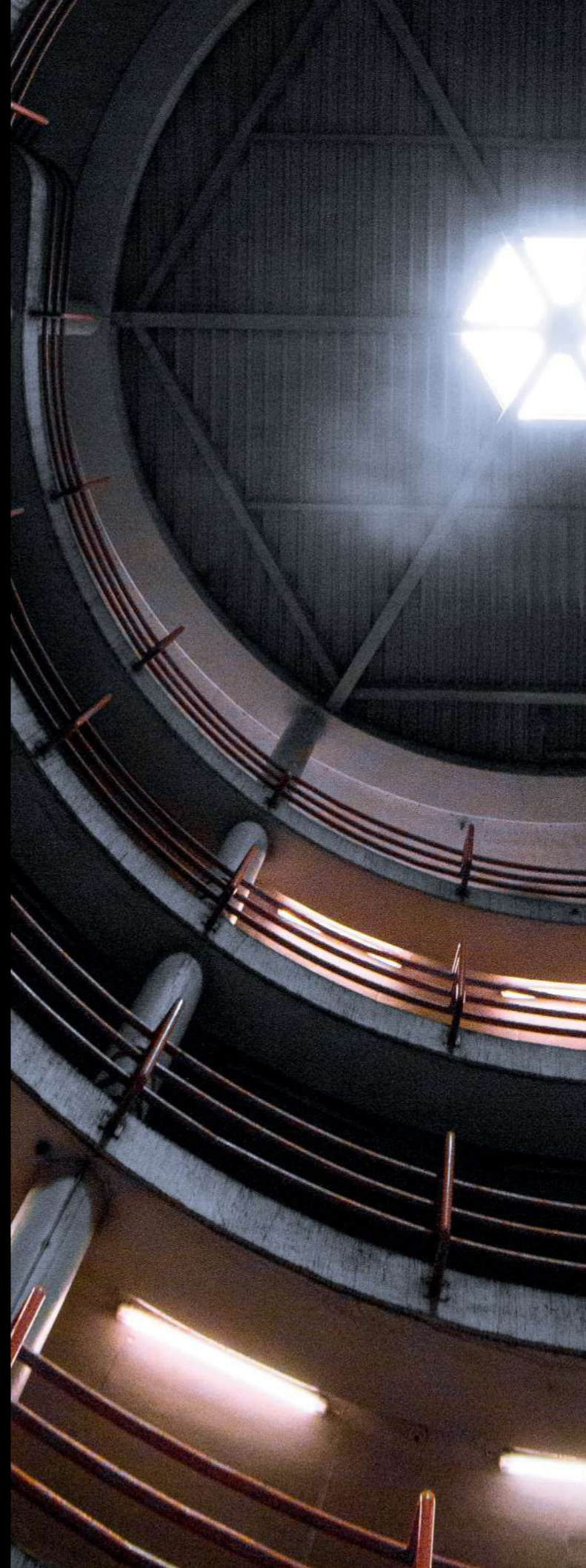
Valorisation des actifs souterrains

Vers une valorisation temporelle des actifs architecturaux et infrastructurel, y compris ceux situés dans le sous-sol.

L'espace souterrain est connu pour fournir le meilleur environnement de préservation pour les peintures ou les fossiles, en raison de sa stabilité climatique. De même, les structures souterraines ont tendance à vieillir plus lentement que les structures de surface car elles sont exposées à des conditions environnementales plus prévisibles. Leurs performances peuvent être précisément anticipées et leur conception pensée en conséquence. Elles durent plus longtemps et constituent ainsi des investissements plus précieux.

Cela est particulièrement vrai pour la plupart des infrastructures souterraines construites en béton, dont les parkings souterrains.

La durée de vie particulière de l'infrastructure souterraine en béton mérite d'être mesurée et évaluée de façon précise. Les économies en termes d'entretien et de détérioration représentent des économies non négligeables pour les propriétaires publics et privés.





6.1 Accesses & Emergences

The sensation of going underground is mainly defined by the transitional spaces between the above and the below.

Until now, underground car parks have mostly been designed as hidden spaces following a logic of spatial and material optimisation. Their evolution into mobility hubs and the development of new activities underground will require the re-thinking of entrances in order to render them as a continuation and an augmentation of the street.

Horizontal “hole-in-the-ground” vehicle entrances should be limited as much as possible in favor of vertical “street-facade” entrances that not only provide more accessibility for the users but make the security, the maintenance and the urban integration of underground spaces more seamless.

Similarly, the pedestrian accesses should refrain from being small and hidden. They can become legitimate urban elements through a clearer presence amongst public spaces. They can also participate in the improvement of underground environments as air and light shafts.

Accès & Édicules

La sensation de descente dans le sous-sol est principalement définie par les espaces de transitions entre le dessus et le dessous.

Jusqu'à présent, les parkings souterrains ont principalement été conçus comme des espaces dissimulés, nés d'une logique d'optimisation spatiale et matérielle. Leur évolution en plateforme des mobilités ainsi que le développement de nouvelles activités souterraines nécessiteront de repenser leurs entrées afin qu'ils deviennent des prolongements et agrandissements de la rue.

Les entrées de véhicules de type «ouverture dans le sol» devraient être limitées au maximum afin de favoriser des entrées verticales de type «façade sur rue», qui non seulement offrent une meilleure accessibilité aux usagers mais rendent plus facile la sécurité, l'entretien et l'intégration urbaine des espaces souterrains.

De la même manière, les accès piétons doivent cesser d'être réduits et dissimulés. Ils peuvent devenir des éléments urbains légitimes en assumant plus clairement leur présence au sein de l'espace public. Ils ont également la capacité d'améliorer la qualité de l'environnement souterrain, en tant que puits apportant, en plus de l'accès, de l'air et de la lumière.

The Apple Store in Milan is located underneath a public square in the heart of the historic center of the city. This deep square is composed of monumental glass fountain and a stepped plaza that leads to the interior of the store, 6 meters below ground, lit by skylights. The Apple Stores of New York City, Istanbul, and Shanghai are also located under public spaces. They are all designed by Foster & Partners.

The design lexicon for bringing light and air deep in the ground is rich, accessible and undervalued

Until modernism, all ancient architectures were using a variety of passive climatic design solutions in order to produce comfortable spaces throughout the year across regions and cultures. Being underground, car parks are ideal sites for the systematic installation of passive and natural light and air design.

Beyond the obvious advantages in terms of sustainability performances, the naturally ventilated underground spaces are easier to maintain and much more comfortable. Spaces that are naturally ventilated help dissipate the feeling of entrapment and claustrophobia that mechanically ventilated spaces often produce.

In addition to passive low-tech design solutions such as light and air canyons, there are also a wealth of new options to conduct them deep into any construction with light pipes and condensers for example. The ambition of both sub-estate valorisation and of the expansion of their programmatic potential makes passive and natural designs in the underground not only relevant but inevitable.

Lumière et Ventilation Naturelle

Le lexique architectural permettant d'apporter air et lumière dans les espaces souterrains est riche, accessible et sous-estimé.

Jusqu'au mouvement moderniste, les architectures anciennes utilisaient une variété de solutions de conception climatique passive afin de produire des espaces confortables tout au long de l'année, quel que soient les différences culturelles d'usage ou les localisations géographiques. Placés en sous-sol, les parkings sont des sites idéaux pour l'installation de systèmes passifs et naturels d'apport d'air et de lumière.

Au-delà des avantages évidents en termes de performances écologiques, les espaces souterrains ventilés naturellement sont plus faciles à entretenir et sont beaucoup plus confortables, car ils atténuent notamment le sentiment de claustrophobie que souvent généré par les espaces ventilés mécaniquement.

Outre les solutions passives de conception n'exigeant qu'un faible niveau d'élaboration technologique, tels que les puits d'air ou de lumière, il existe également une multitude de nouvelles options, tels que les tuyaux ou condensateurs de lumière par exemple. La double ambition de valorisation immobilière et d'extension du potentiel programmatique des espaces souterrains rend ce type de projets passifs et naturels non seulement pertinents mais inévitables.



Light Pipes, Berlin Potsdamer Platz Three imposing columns of light extend upwards from Potsdamer Platz. These "Light Pipes" transport sunlight into the regional train station below, illuminating selected areas with natural daylight. At night, the pipes are artificially illuminated from inside. Building owner Deutsche Bundesbahn.



Original perspective view of the interior light shaft of the Galician Cultural Center (unbuilt) by DPA in 1999. This project initiated many of the strategies to bring natural light and ventilation into underground projects, even when underground without a façade.

What are the design requirements of self-driving vehicles?

The advent of autonomous cars and vehicles is taking place first in controlled environments such as warehouses, carparks and freeways. Their spread through the rest of the more unpredictable city will come in a later stage.

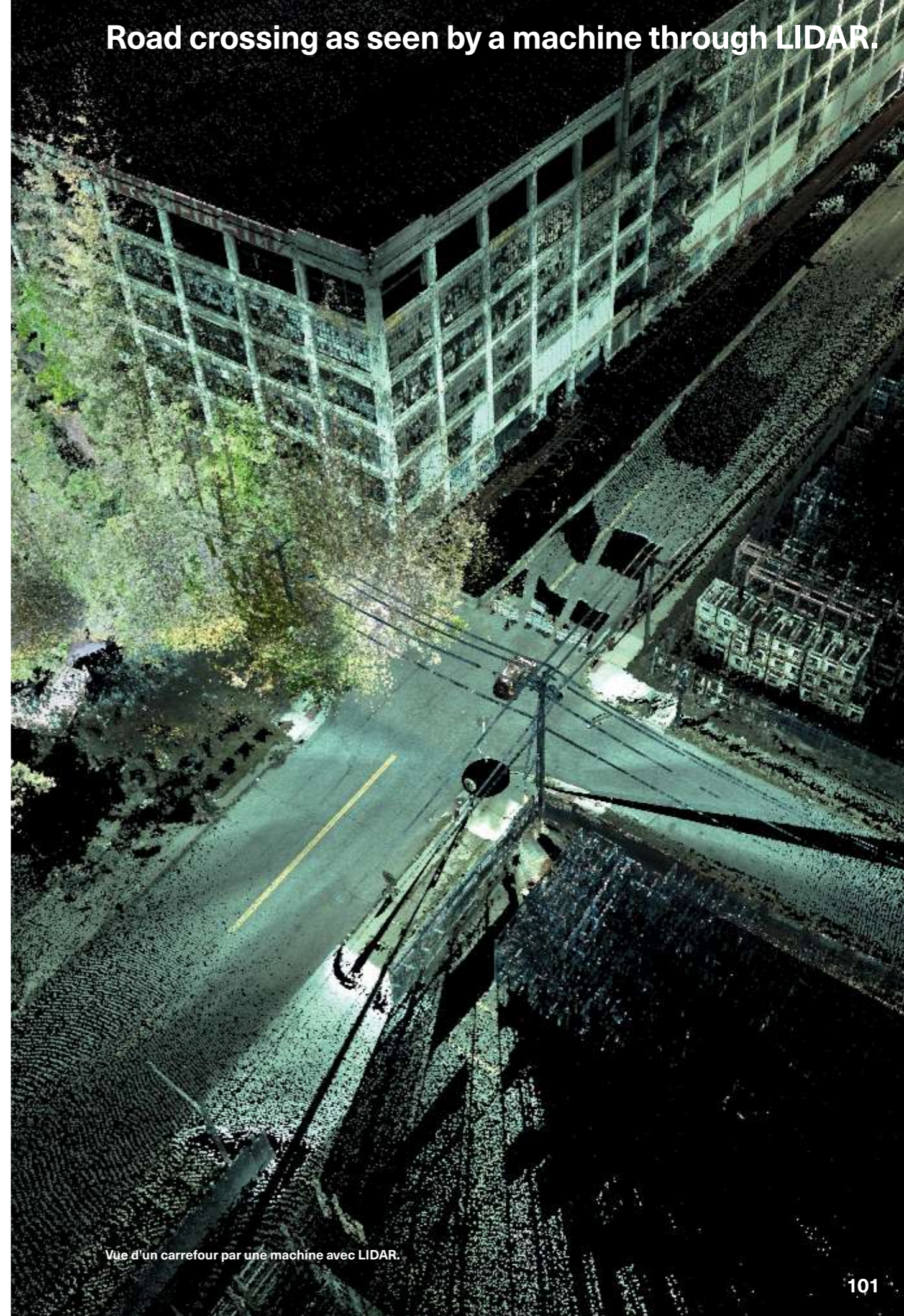
New carparks must be conceived to easily accommodate the development of autonomous vehicles, whether cars or other means of transportation. The infrastructure built today must be designed with robots in mind although there might be a few years before their presence becomes the norm.

Des environnements "robot-friendly"

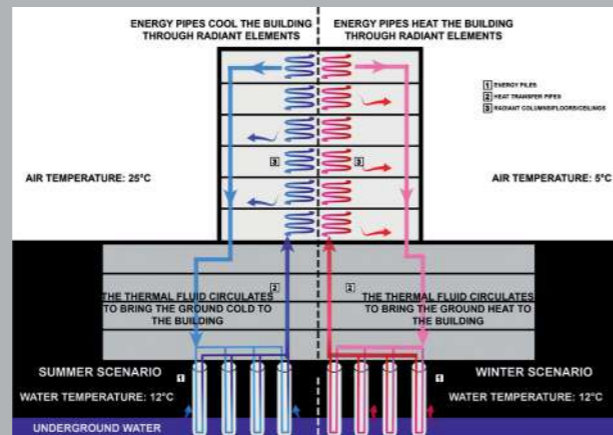
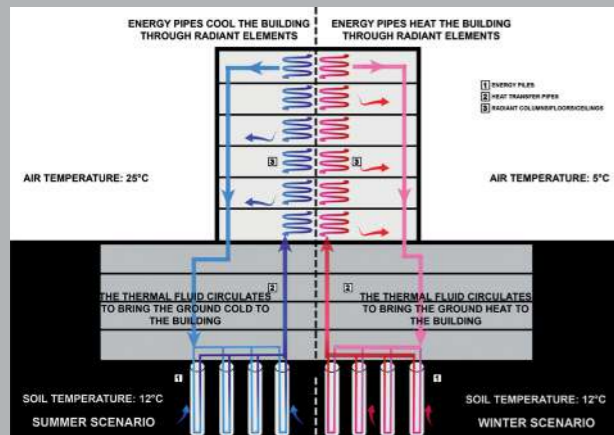
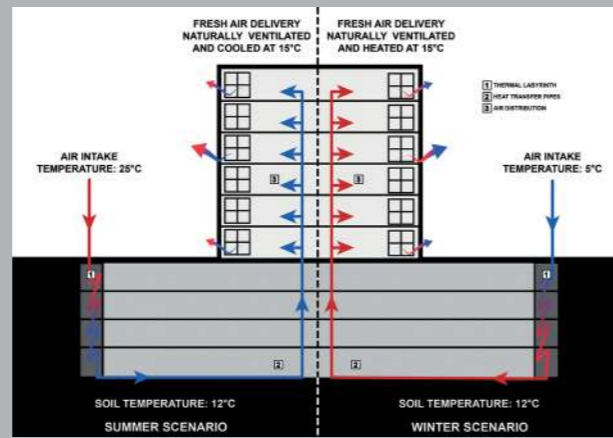
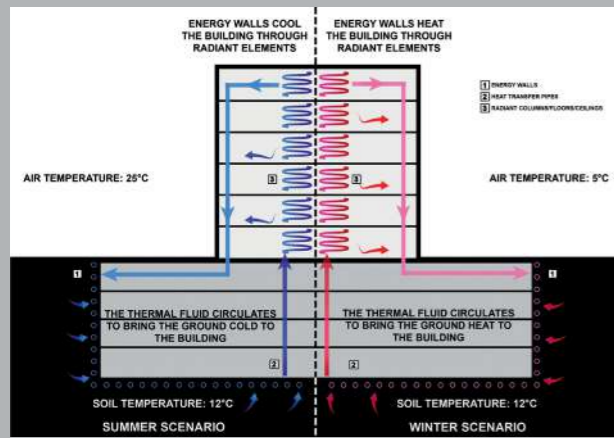
L'avènement des voitures et des véhicules autonomes se réalise d'abord dans des environnements contrôlés, tels que des entrepôts, parkings et autoroutes, avant de s'étendre progressivement dans le contexte plus imprévisible qu'est la ville.

Les nouveaux parkings doivent être conçus pour accueillir facilement le développement de véhicules autonomes, qu'il s'agisse de voitures ou d'autres moyens de transports. L'infrastructure construite aujourd'hui doit être conçue en anticipant ces transformations, même s'il peut s'écouler quelques années avant que leur usage ne devienne la norme.

Road crossing as seen by a machine through LIDAR.



Vue d'un carrefour par une machine avec LIDAR.



6.4 Using the geothermal potential of the metropolitan underground

The geothermal potential of the underground is largely untapped although it is virtually infinite.

Geothermal efficiency, and therefore its viability, depends on the heat exchange technology considered and on the geology of the soil, mainly its humidity. The geothermal capacity of aquifers is so much greater than dry soil that it has the potential of balancing the costs of construction on buildings on aquifers if they are paired with the industries in need of steady access to cooling solutions.

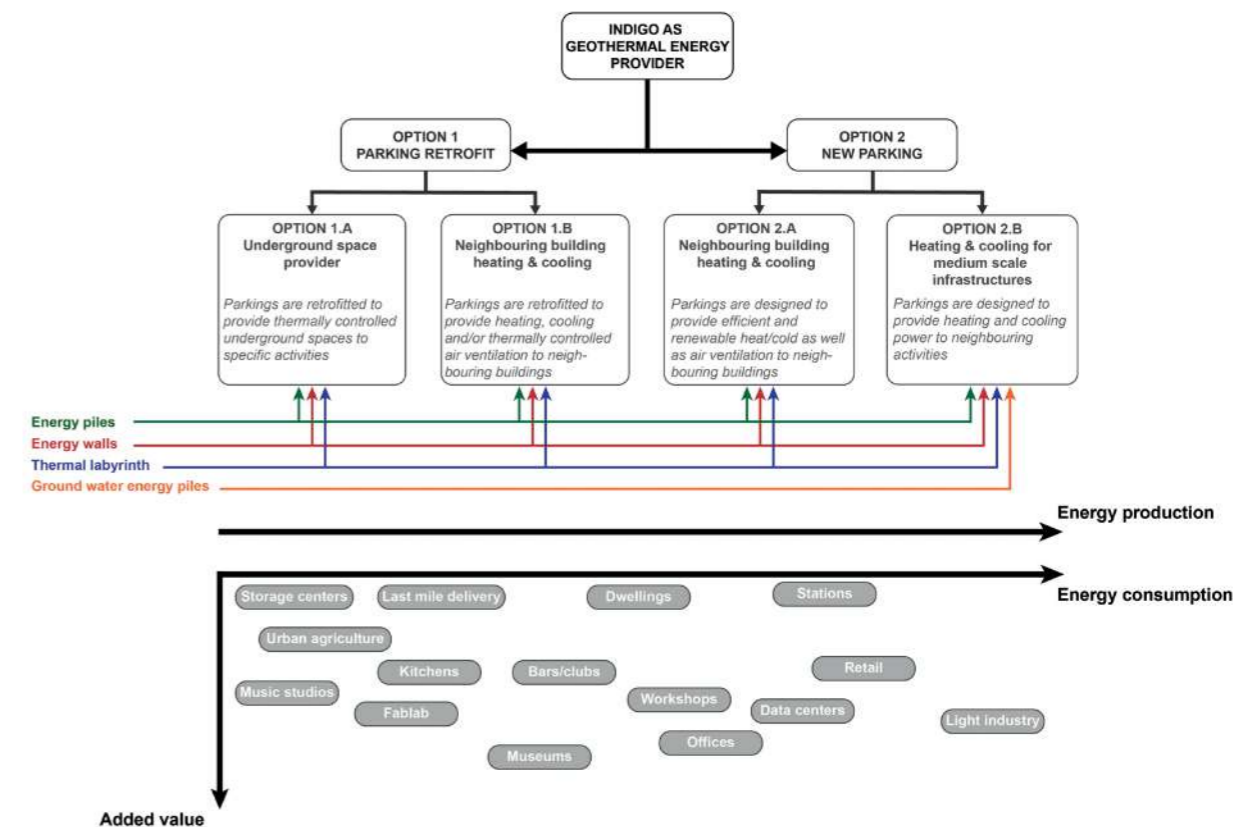
Many technologies are available for the extraction of geothermal potential of the underground. The main ones are energy walls, thermal labyrinths and energy piles which can be either integral to the design of the building or installed as additions after the structure is built. Geopiles can also combine structural and thermal performance.

Utiliser le potentiel géothermique du sous-sol métropolitain

Le potentiel géothermique des sous-sols est largement inutilisé alors qu'il est pratiquement infini.

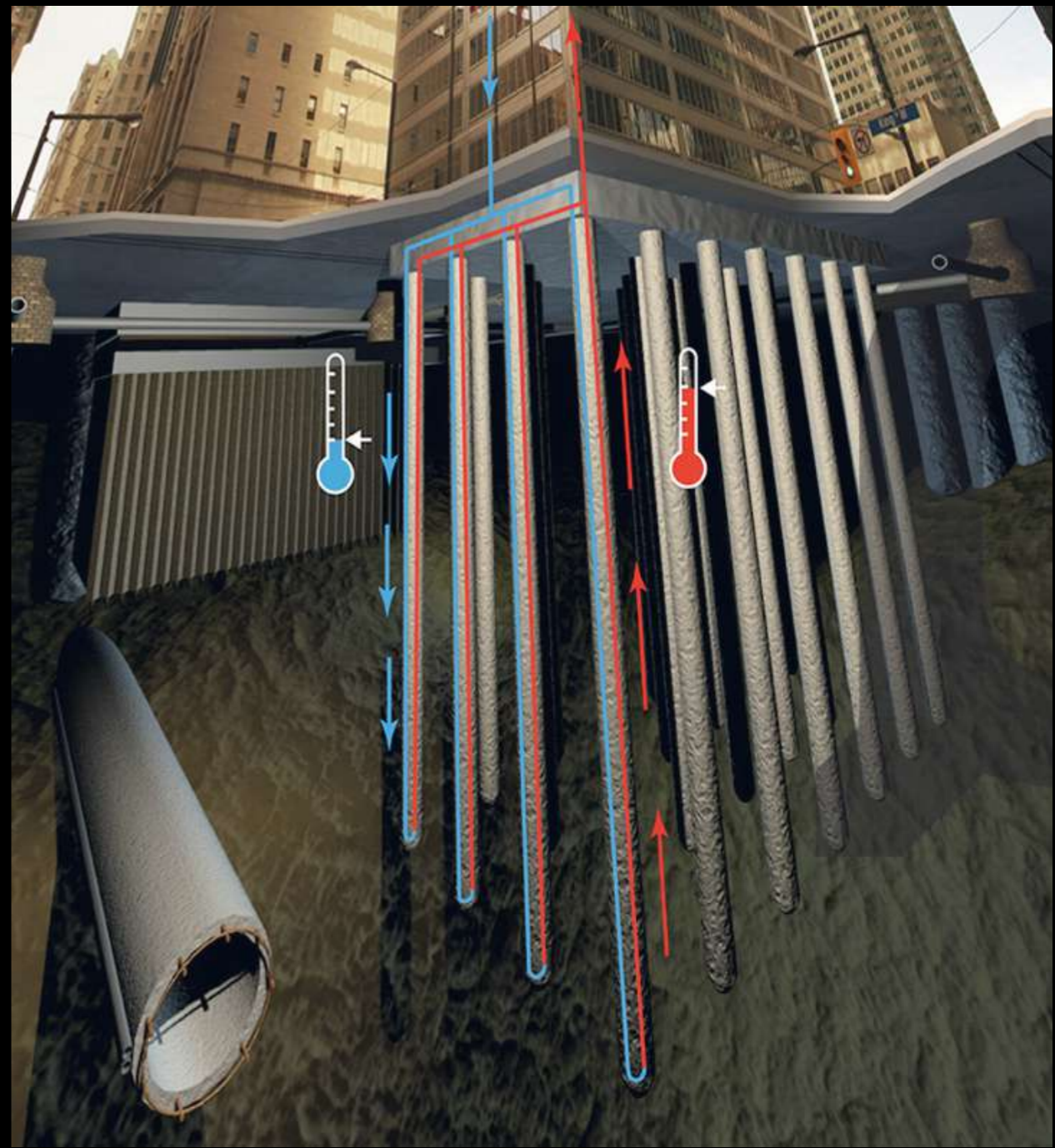
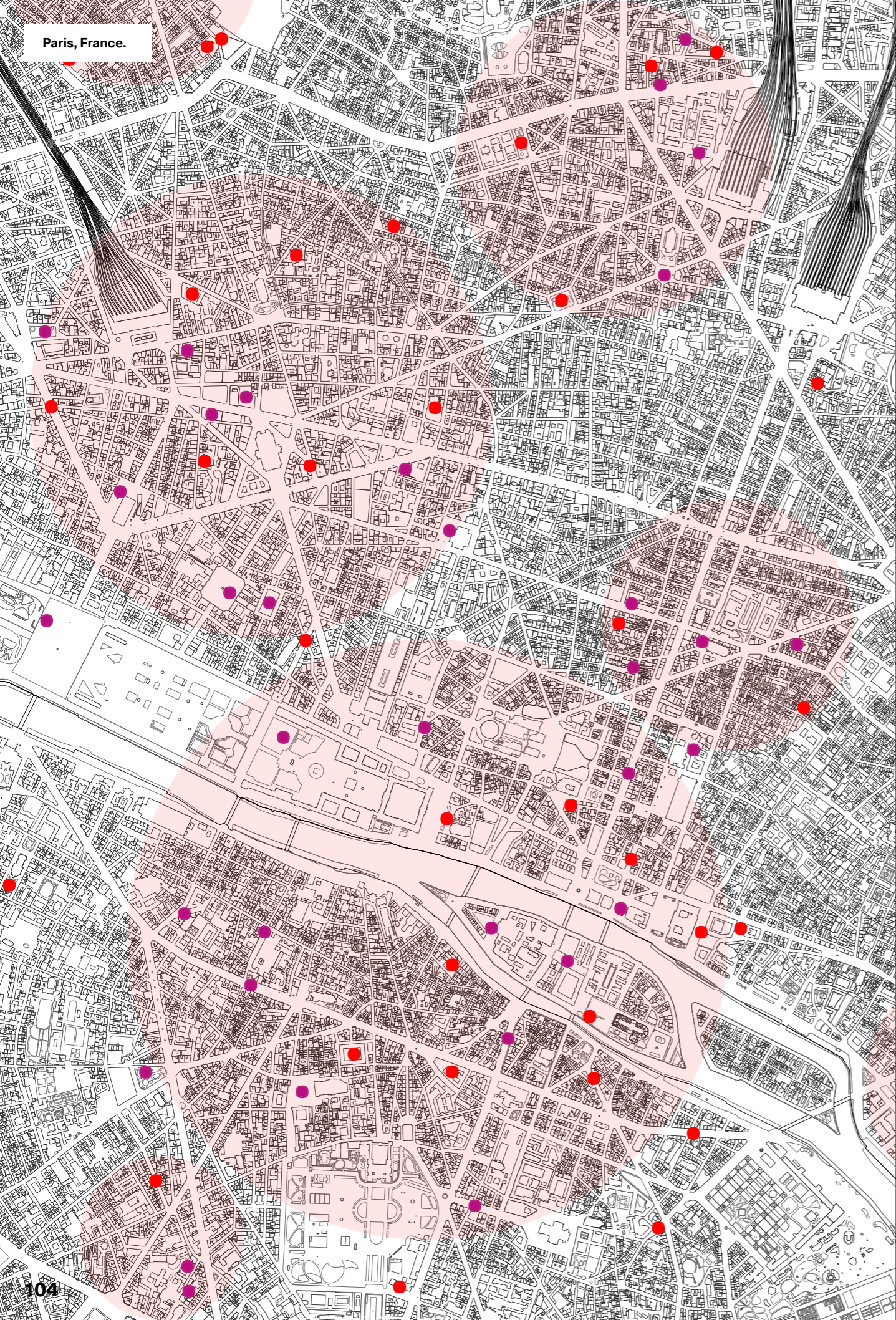
L'efficacité de la géothermie, et donc sa viabilité, dépend de la technologie d'échange thermique envisagée ainsi que de la géologie du sol, et notamment son humidité. La capacité géothermique des aquifères est tellement plus importante que celle des sols secs qu'elle a le potentiel d'équilibrer les coûts de construction d'un projet, s'il répond aux besoins en froid d'industries proches.

De nombreuses technologies sont disponibles pour l'extraction du potentiel géothermique du sous-sol. Les principales sont les murs énergétiques, les labyrinthes thermiques et les pieux énergétiques, qui peuvent faire partie intégrante de la structure du bâtiment ou être ajoutés par la suite. Les pieux géothermiques peuvent également combiner des performances à la fois structurelles et thermiques.



Energy walls and thermal labyrinth draw energy directly from the structure of the buildings. Deep soil heat exchangers vary depending on the type of soil, whether standard soil and on aquifer. Aquifer's heat exchange capacities are much greater than on dry soil.

Indigo as geothermal energy provider. Application and programs according to geothermal solutions.



A future where underground car parks compose a network of local geothermal batteries absorbing the city's heat production.

Un futur où les parkings souterrains forment un réseau de batteries géothermiques de proximité, qui absorbent la production calorifique de la ville.

“Energy geostructure are an innovative integrated technology that can be used for providing renewable energy and structural support to any type of built environment by coupling the structural support role of the geostructure with the heating-cooling role of the geothermal heat exchangers” - GEOG website, 2019 Energy geostructures are the result of the Research & Development at EPFL University, Lausanne. They have demonstrated their efficiency and relevance for building the city of the 21st century.

« La géostructure énergétique est une technologie intégrée innovante qui peut être utilisée pour fournir de l'énergie renouvelable et un support structurel à tout type d'environnement bâti, en couplant le rôle de support structurel de la géostructure avec le rôle de chauffage-refroidissement des échangeurs de chaleur géothermiques » - GEOG, 2019. Les géostructures énergétiques sont le résultat de la recherche et du développement de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Elles ont démontré leur efficacité et leur pertinence pour la construction de la ville du XXIe siècle.



6.5 Water management

Sponge city principles can guide future underground parking design.

Sponge city refers to a series of design principles for the management of water in metropolitan centers. Amongst others, they apply to urban water resourcing, ecological water management, green-blue infrastructures, and urban permeable pavements. They mainly focus on water management of storm surges in order to reduce the damages but also extend to the general optimisation of metropolitan water supply both grey and clean waters. Cities where sponge city designs have been implemented can absorb 70% of their rainwater locally, which can then be diverted to greenfields or used for cleaning. China and India are some of the leading countries in this new field of sustainable urban design.

Underground car parks already feature sophisticated systems for the management of water. The main ones are drainage waters that are constantly pumped out of the structures, especially in car parks located on aquifers. This water is usually discharged into the sewer system or directly into nearby rivers. It is hardly ever valorised as a sustainable source of grey water for the city and even less as drinkable water. In the case of storm surges, underground car parks are both most exposed to the damages and offer opportunities for the integration of discharge management volumes capable of regulating the waterflow and protecting sensitive flooding areas.

The proximity of underground parking with fresh and grey underground water resources could be used to provide public spaces with water features and drinking fountains. Not only this could be a beautiful way of manifesting the richness of the soil below the city but it has the capacity to combat heat island effects with locally supplied fountains. Drinking fountains are also an option in certain case.

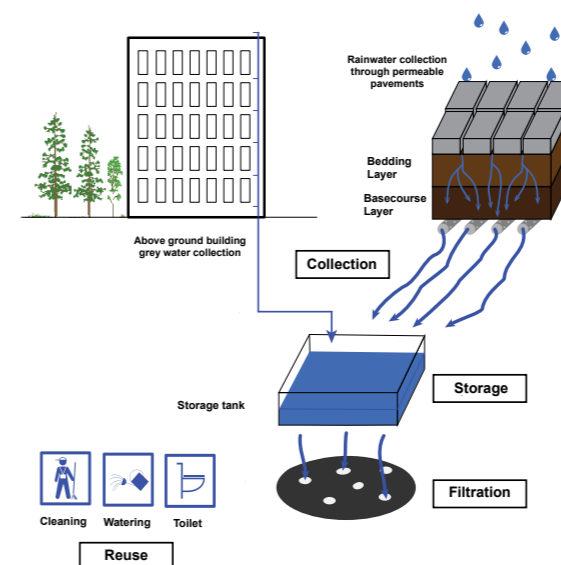
Gestion de l'eau

Les principes de la "ville-éponge" peuvent guider la conception des futurs parkings souterrains.

La "ville-éponge" fait référence à une série de principes de design en matière de gestion de l'eau dans les centres métropolitains. Ils s'appliquent notamment aux ressources en eau urbaines, à la gestion écologique de l'eau, aux infrastructures Blue-Green et aux revêtements urbains perméables. Ceux-ci se sont principalement concentrés sur la gestion de l'eau lors des épisodes de crues, afin de réduire les dégâts, mais couvrent également l'optimisation générale de l'approvisionnement en eaux grises et potables des métropoles. Les villes qui ont mis en place des modèles de "villes-éponges" peuvent absorber localement 70 % de leurs eaux pluviales, celles-ci pouvant ensuite être déviées vers des zones vertes ou utilisées pour l'entretien courant de la ville. La Chine et l'Inde comptent parmi les principaux pays ayant développé ce nouveau mode d'aménagement urbain écologique.

Les parkings souterrains disposent déjà de systèmes sophistiqués pour la gestion de l'eau. Les principales eaux sont des eaux de drainage qui sont constamment pompées hors des structures, en particulier dans les parkings situés sur les aquifères. Ces eaux sont généralement rejetées dans le réseau d'égouts ou directement dans les cours d'eau avoisinants. Elles ne sont pratiquement jamais valorisées comme source durable d'eaux grises pour la ville et encore moins comme source d'eau potable. Dans le cas des crues, les parkings souterrains sont à la fois les plus exposés aux dégâts, tout en offrant la possibilité d'offrir des volumes permettant d'étaler le débit et de protéger les zones inondables sensibles.

La proximité des parkings souterrains avec des ressources en eaux souterraines douces et grises pourrait être mise à profit pour équiper les espaces publics de points d'eau et de fontaines à boire. Cela serait une belle façon de manifester à tous la richesse du sol situé sous la ville, mais permettrait également de lutter contre les effets d'îlot de chaleur, au moyen de fontaines alimentées localement. Les fontaines d'eau potable peuvent également être une option réalisable dans certains cas.



Sponge city water management. Basic principles. Gestion de l'eau de la "ville-éponge". Principes généraux.

**“The underground is the real estate frontier of the 21st century city.”
Dominique Perrault, Architect & Planner**

**“The car park of tomorrow is opened to its environment and at the heart of the Smart City of the future.”
Serge Clément, President of Indigo Group**



**"Le souterrain est la frontière immobilière du 21ème siècle."
Dominique Perrault, Architecte & Urbaniste**

**"Le parc de stationnement de demain sera ouvert sur son environnement et sera au coeur de la Smart City du futur."
Serge Clément, Président de Indigo Group**

**Carpark futures
Opportunities in the Underground**

**Sub_Estate for Indigo Group.
A report by DPA-X consultancy with
Dominique Perrault Architecture.**

January 2020

DPA 

DPA-X

**Octave Perrault
with
Camille Abeille
Chang Fan
Fabien Pacory
Claire Marrache
Julien Pringuet
Ernesto Urquizar**

DPA

**Dominique Perrault
with
Louis Hénaux
Gaëlle Lauriot-Prévost
Denis Thélot**

Indigo Group

**Serge Clément
with
Olivier Challe
Coline Chaumont
Philippe Deval
Sébastien Fraisse
Vincent Miller
Paul Valencia
Benjamin Voron**

3D Visuals

Arqui9

Video

**Timothy George Kelly
Gaétan Nivon**

Graphic Design

Thomas Hervé

Images credits

The editors greatly acknowledge the permissions granted to reproduce the copyrighted material in this publication. Every effort has been made to trace the ownership of all copyrighted material and to secure proper credits and permissions from the appropriate copyright holders. In the event of any omission or oversight, necessary corrections will be made in future releases. Unless otherwise noted, all images are public domain and/or courtesy of the author.

Copyrights

© ADAGP/Dominique Perrault Architecte/Indigo Group
© ADAGP/Dominique Perrault Architecte/Indigo Group/Arqui9
© Archives Municipales de Toulouse
© Indigo Group
© NASA
© Roger Wollstadt, through Wikimedia Commons
© Yair Haklai, through Wikimedia Commons
© Liam Young & Geoff Manaugh
© GEOG

Study of Underground Car Park Architecture

Valorisation, Diversification and Integration within Contemporary Urban Dynamics

Sub_Estate for Indigo Group.
A report by DPA-X consultancy with
Dominique Perrault Architecture.

January 2020

Analyse de l'architecture des parcs de stationnement souterrains.

Valorisation, diversification et intégration au sein des dynamiques urbaines contemporaines.

Sub_Estates pour Indigo Group.
Un rapport de conseil par DPA-X avec Dominique Perrault Architecture.

Janvier 2020.